



ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD FRENTE A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA i

**ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD FRENTE A FENÓMENOS
DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA**

**MARIO GERMAN BENAVIDES PAZ
MARCO AURELIO CANDO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
SAN JUAN DE PASTO**

2017

**ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD FRENTE A FENÓMENOS
DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA**

**MARIO GERMAN BENAVIDES PAZ
MARCO AURELIO CANDO**

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

**ASESOR:
GEÓGRAFO CESAR IVÁN CÓRDOBA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
SAN JUAN DE PASTO**

2017

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad de
los autores

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el honorable
Consejo Directivo de la Universidad De Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO DELEGADO
MSc ANDRES VELASQUEZ

JURADO DELEGADO
MSc CARLOS ALBERTO TORRES

ASESOR
CESAR IVAN CORDOBA

SAN JUAN DE PASTO, 01 DE JUNIO DE 2017.

DEDICATORIA

En primer lugar a DIOS, la luz de nuestras vidas y el que nunca desampara por más problemas que estemos atravesando. .

Como no dedicar este logro a mi Mamá Doris Paz Hidalgo, a mi Papá Germán Benavides que son las personas que nunca dejaron de creer en mí y me apoyaron en este largo camino, el apoyo incondicional y el amor de ustedes me ayudo a saltar los obstáculos más difíciles de esta etapa de mi vida. A mi Esposa Katherine Fajardo, mis Hijos Juan David Benavides y Mathew Benavides que son el motor de mi vida y a quienes les agradezco por tanto amor y el apoyo de ustedes es lo que me ayudo durante este largo trayecto.

A mis Abuelitos, Abuelitas y mi Primo que se encuentran en el cielo que con su amor, su apoyo y consejos me ayudo a poder alcanzar esta meta con mucha alegría y fortaleza. A toda mi familia que siempre me apoyo durante este largo trayecto que culmina con una gran alegría, gracias por todo.

A mi Amiga Anyela Martínez, quedan cortas las palabras para agradecer de todo corazón toda la ayuda, consejos, la amistad incondicional que me brindo y que esta meta que cumplí usted es participe en todo este proceso de formación como profesional.

De igual manera en esta dedicación a todos mis compañeros y amigos principalmente a Marco Cando que fue muy importante en este proceso para poder culminar nuestro pregrado.

MARIO GERMAN BENAVIDES PAZ

RESUMEN

Los fenómenos de remoción en masa son causas muy frecuentes de desastres en Colombia y se hace necesario este estudio para Esquemas y Planes de Ordenamiento Territorial en entes gubernamentales para prevenir futuros desastres.

Este trabajo se desarrolló con la ayuda de la metodología propuesta por el IDEAM en el cual se la adapto a nuestra area de donde se busca automatizar la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de La Laguna, Municipio de Pasto, con la ayuda del software ArcGis 10,4 que ayudo a ejecutar los análisis geográficos requeridos, en este caso la identificación, zonificación y análisis de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa, uniendo los procesos obtenidos de las variables importantes como los son: pendientes, geomorfología, geología, suelos y cobertura de la tierra a las cuales se les determinara unos ponderados y la suma de estos nos permitirá determinar el cálculo general de la susceptibilidad del terreno.

Finalmente, Con base en la clasificación y tratamiento de las variables de pendientes, geomorfología, geología, suelos y cobertura de la tierra se combinan mediante la ecuación

$$("geol_lg_r" * 0.20) + ("geomor_lg_r" * 0.24) + ("pend_lg_r" * 0.36) + ("cobertu_lg_r" * 0.20)$$

Dando cierto porcentaje de importancia a cada mapa usando el sistema de información geográfica (ArcGis 10.4) y de esta manera se obtiene el mapa de susceptibilidad por deslizamientos que ayudara a permite identificar las zonas potenciales a sufrir estos fenómenos, en base a las condiciones específicas del terreno.

ABSTRACT

The phenomena of mass removal are very frequent causes of disasters in Colombia and this study is necessary for Schemes and Plans of Territorial Ordering in governmental entities to prevent future disasters.

This work was developed with the help of the methodology proposed by IDEAM in which it is adapted to our area where it is sought to automate the susceptibility due to phenomena of mass removal in the community of La Laguna, Municipality of Pasto, with the help Of the ArcGis 10,4 software that helped to execute the required geographic analyzes, in this case the identification, zoning and susceptibility analysis by mass removal phenomena, joining the processes obtained from the important variables such as slopes, geomorphology, geology , Soils and land cover to which weighted ones are determined and the sum of these will allow us to determine the general calculation of the susceptibility of the land.

Finally, based on the classification and treatment of slope variables, geomorphology, geology, soils and land cover are combined by equation

$$("geol_lg_r" * 0.20) + ("geomor_lg_r" * 0.24) + ("pend_lg_r" * 0.36) + ("cobertu_lg_r" * 0.20)$$

Giving a certain percentage of importance to each map using the geographic information system (ArcGis 10.4) and in this way is obtained the map of susceptibility by landslides that will help to identify potential zones to suffer these phenomena, based on the specific conditions of the ground.

GLOSARIO

DECRETO: Decisión de un gobernante o de una autoridad, o de un tribunal o juez, sobre la materia o negocio en que tengan competencia. (Centro Regional de Información sobre Desastres).

FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA: es un movimiento hacia abajo y hacia fuera de los materiales que forman una ladera abajo la influencia de la gravedad, acompañadas a veces por otras fuerzas naturales como las sísmicas, volcánicas o la presión de gases. (Varnes, 1978).

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD: Es un mapa en el cual se zonifica las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable entre los factores que pueden producir deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos. (Suarez, 2015)

PENDIENTES: La pendiente del terreno está condicionada por diversos factores, entre los que se puede mencionar: la litología y estructura geológica, la geometría de las vertientes y la intensidad y tipo de procesos modeladores del relieve. El análisis de pendientes tiene como objetivo caracterizar las formas del relieve en función del grado de inclinación y procesos erosivos que la modelan. (Chinchilla, 2015).

RASTER: Un raster es una imagen digital representada en mallas, en donde esta malla contiene celdas con cierto tipo de valores. En este modelo, las entidades geográficas son representadas por medio de celdas y está organizada en forma de renglones y columnas, como una matriz. La posición de cada celda está definida por una columna y un renglón. El valor de cada celda indica el valor del atributo o características que representa, cuyo origen se sitúa en el extremo superior izquierdo, al contrario de lo que ocurre con el sistema de coordenadas cartesiano cuyo origen se encuentra en el punto inferior izquierdo. (SIG, 2015)

SIG: es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.(SIG, 2015).

SUSCEPTIBILIDAD: Expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. Es por ello, que el mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable. El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. (Suarez Diaz , 1998)

VECTOR: El modelo vectorial constituye una codificación de los datos geográficos en la que se representa una variable geográfica por su geometría, independientemente de su escala y son almacenados con un formato digital fácilmente convertible en un dibujo; las porciones del territorio y su representación digital suelen constituir una lista de coordenadas de puntos y vértices que definen la geometría de los elementos. Su codificación se realiza a través de una base de datos de tipo relacional asociada a la representación gráfica (SIG, 2015)

Contenido

	Pág.
INTRODUCCION.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Descripción Del Problema	15
1.2 Formulación Del Problema	15
2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	16
2.1 Objetivo General.....	16
2.2Objetivos Específicos	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. LOCALIZACION.....	18
5. ANTECEDENTES	20
6. MARCO CONCEPTUAL	22
6.1 Análisis y evaluación de susceptibilidad de un terreno a presentar posibles movimientos en masa.....	22
6.2 Remoción en masa.....	23
6.3 Aspectos generales de las laderas	25
6.4 Aspectos generales de los procesos de remoción en masa	28
6.5 Sistemas de Información Geográfica.....	29
6.5.1 Sistemas de Teledetección.....	31
7. MARCO LEGAL.....	32
8. METODOLOGIA.....	36
8.1 Línea de investigación Sistemas de información Geográfica.....	36
8.2 Enfoque investigativo cuantitativo-cualitativo.....	36
8.3 Método analítico descriptivo	37
8.4 FASES	38
8.4.1 Fase 1. Recopilación y análisis de información secundaria	38
8.5 Fase 2. Procesamiento y análisis de productos e identificación de la susceptibilidad en el área de estudio.....	40
8.5.1 Fotointerpretación de aerofotografías.....	40

8.5.2 Elaboración del Mapa Base.	40
8.5.3 Procesamiento digital de imágenes.....	41
8.5.4 Generar la Unidad mínima de mapeo para el caso.	41
8.6 Fase 3 Sistematización e identificación de la susceptibilidad por campos.....	42
8.6.1 Geología.....	42
8.6.2 Pendiente.....	47
8.6.3 Geomorfología.....	49
8.6.4 Cobertura de la tierra	54
8.7 Fase 4. Ponderación de las variables por la susceptibilidad y generación de mapas.....	59
8.7.1 Generación de mapa de susceptibilidad en Geología	59
8.7.2 Generación de mapa de susceptibilidad por Pendiente.....	62
8.7.3 Generación del mapa de susceptibilidad de cobertura de la tierra.....	65
8.7.5 Generación de mapa de susceptibilidad por Geomorfología.	67
8.8 Generación del mapa final de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de la laguna	69
9 CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFIA	76

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Identificación de planchas topográficas.	39
Tabla 2. Identificación de aerofotografías	39
Tabla 3. Identificación de imágenes satelitales	39
Tabla 4. Clasificación de la Pendiente según IGAC 2016.....	49
Tabla 5. Clasificación de Cobertura del Corregimiento de la Laguna según la Metodología Coriland Cover 2007, Fuente POT.....	56
Tabla 6. Ítems para la calificación de las variables Geológicas.	59
Tabla 7. Calificación de variables Geológicas del Área de Estudio, Fuente esta Investigación.....	60
Tabla 8. Reclasificación.....	63
Tabla 9. Pendientes del are de estudio.....	63
Tabla 10. Ponderación	66
Tabla 11. Ponderación de los tipos de cobertura en el área de estudio, fuente elaboración Propia.....	66
Tabla 12. Tabla base para la ponderación de las variables Geomorfológicas.....	68
Tabla 13. Ponderación de la Geomorfología del área de estudio, fuente elaboración Propia.....	68
Tabla 14. Ponderación de las variables para la elaboración final del mapa de susceptibilidad, fuente elaboración Propia	70
Tabla 15. Variables de ponderación	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa localización corregimiento de la laguna.....	19
Figura 2. Perfil de una ladera natural.....	26
Figura 3. Partes que conforman una ladera afectada por un proceso de remoción (Suárez, 1998).....	28
Figura 4. Mapa Geológico del Corregimiento de laLaguna, Fuente, Adaptación Ingeominas 2002.	44
Figura 5. Mapa geológico simplificado de los andes colombianos (modificado de toussaint, 1993).	46
Figura 6. Imagen DEM GEOSAR con resolución espacial de 5m.....	48
Figura 7. Distribución de las unidades geomorfológicas dentro del ambiente Denudacional.	51
Figura 8. Mapa Cobertura de la Tierra para l Corregimiento de la Laguna Nivel 3	55
Figura 9. Mapa de susceptibilidad geológica por fenómenos de remoción en masas en el corregimiento de la Laguna,.....	62
Figura 10. Calificación de variables de Pendiente del Área de Estudio,	64
Figura 11. Mapa de susceptibilidad de Pendientes del terreno por fenómenos de remoción en masas en el corregimiento de la Laguna,.....	65
Figura 12. Mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción de la Cobertura de la tierra en el corregimiento de la Laguna,	67
Figura 13. Mapa de susceptibilidad geomorfológica por fenómenos de remoción del corregimiento de la Laguna,.....	69
Figura 14. Mapa susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa.....	73

INTRODUCCION

En el corregimiento de La Laguna se han presentado diversos incidentes de diferentes características donde se han presentado emergencias que ha afectado la población, por fenómenos naturales donde el más perjudicial son los movimientos en masa que son las causas más frecuentes de desastres en Colombia, comúnmente conocidos como deslizamientos o derrumbes dichos eventos están relacionados con fenómenos antrópicos como naturales. En los fenómenos naturales se relaciona a los aspectos físicos de nuestro territorio que por su clima y geología principalmente se presentan una serie de fenómenos que han afectado al corregimiento de La Laguna donde puede haber una afectación de muy alta consideración

La susceptibilidad de deslizamientos depende de las condiciones topográficas y geológicas de un área específica y de los eventos ocurridos en el pasado. La gravedad puede mover los materiales térreos sólo cuando es capaz de vencer la resistencia del material que le impide moverse. Es claro, entonces, que cualquier factor que reduzca esta resistencia hasta el punto donde la gravedad pueda intervenir, contribuye al movimiento de masa (recursos naturales, 2004).

La elaboración de un mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa, es de suma importancia para el diseño de medidas de mitigación, prevención y elaboración de normas de construcción adecuadas a las características de la zona y que ayudaran a identificar áreas potencialmente susceptibles y no implica un período de tiempo durante el cual pueda ocurrir un proceso; permite sectorizar las zonas potenciales a sufrir estos fenómenos, en base a las condiciones intrínsecas del terreno.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción Del Problema

Los fenómenos de remoción en masa, son las causas más frecuentes de desastres en Colombia, comúnmente conocidos como deslizamientos o derrumbes, se encuentra que la cartografía del municipio de Pasto y por ende sus corregimientos esta desactualizada como en la mayoría de los municipios del país, con indicadores morfodinámicos, relieve, litología, cobertura, sismos, lluvias a un nivel de estudio semidetallado, que presentan características únicas para analizar, planificar y prevenir futuros desastres.

La Zona Andina del Departamento de Nariño, posee características biofísicas inestables y susceptible a presentar eventos de remoción en masa, un aspecto determinante son los factores antrópicos como el mal uso de la cobertura del suelo, el área de estudio muestran evidencias del mal uso de los recursos y las trasgresión del ciclo Natural en todos los aspectos vitales como la economía, el ambiente, la cultura y la organización territorial.

Se considera necesaria la planificación y el ordenamiento del territorio ya que en el en el corregimiento de La Laguna la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa de tipo está presente en diferentes zonas, teniendo en cuenta las condiciones del terreno como: pendientes y tipo de suelo; factores ambientales del clima y sus temporadas invierno o verano, el drenaje, las escorrentías de aguas y la deforestación, que convierten al área de estudio en una zona propensa a este tipo de fenómenos por sus particularidades

1.2 Formulación Del Problema

¿Cuál es el grado de susceptibilidad en el Corregimiento de La Laguna, ante fenómenos de remoción en masa?

2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

2.1 Objetivo General

Determinar la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de la Laguna mediante el uso de imágenes satelitales y herramientas SIG.

2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar la caracterización físico Natural en el Corregimiento de la Laguna.
2. Ponderación de las Variables a través de la metodología Multicriterio.
3. Mapificar la susceptibilidad por fenómenos de Remoción en masa en el corregimiento de la Laguna.

3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto pretende analizar la susceptibilidad en cuanto a la inestabilidad que ha experimentado el corregimiento de la laguna , a partir de su composición litológica, geomorfológica, actividad sísmica y altas precipitaciones evidenciadas en este sector, que traen como consecuencia fuertes deslizamientos de tierra que llevan consigo daño de infraestructura, áreas incomunicadas, pérdida de cosechas presentes y futuras, pérdidas económicas y en especial pérdida de vidas humanas; sin embargo existen acontecimientos previos que anuncian una futura catástrofe que pueden ser evitada y controlada sí el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control.

Es por ello, que debe simultáneamente pensarse e investigarse sobre factores de origen y efectos del desastre, diagnósticos actuales y formulación de proyectos que tiendan a prevenir o mitigar nuevas tragedias en estas zonas u otras del país, donde las características de los fenómenos naturales son similares.

Este trabajo se desarrolla con la ayuda de la metodología propuesta por el IDEAM en el cual se la adapto a nuestra área de donde se busca automatizar la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de La Laguna, Municipio de Pasto, con la ayuda del software ArcGis 10,4 que ayudo a ejecutar los análisis geográficos requeridos, en este caso la identificación, zonificación y análisis de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa

Al final con la elaboración de un mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa, es de suma importancia para el diseño de medidas de mitigación, prevención y elaboración de normas de construcción adecuadas a las características de la zona y que ayudaran a identificar áreas potencialmente susceptibles y no implica un período de tiempo durante el cual pueda ocurrir un proceso; permite sectorizar las zonas potenciales a sufrir estos fenómenos, en base a las condiciones intrínsecas del terreno.

4. LOCALIZACION

Camino al oriente, por la vía que de San Juan de Pasto se va al Putumayo, a ocho kilómetros de nuestra ciudad capital y a una altura de 2800 mts., sobre el nivel del mar, se encuentra localizado en una pequeña planicie un pintoresco poblado cuyo nombre genérico es La Laguna, posee siete veredas Aguapamba, Alto San Pedro, El Barbero, San Luis, San Fernando, Dolores y la Playa

Los límites de este corregimiento son: Por el norte, Corregimiento de Cabrera y el municipio de Buesaco. Por el sur, Corregimientos de Calambuco y El Encano. Por el oriente, Corregimiento de El Encano. Por el occidente, con Perímetro urbano.

La ubicación Geográfica del corregimiento de la Laguna se encuentra establecida por las siguientes coordenadas planas.

X 9966000

Y 6300000

CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA

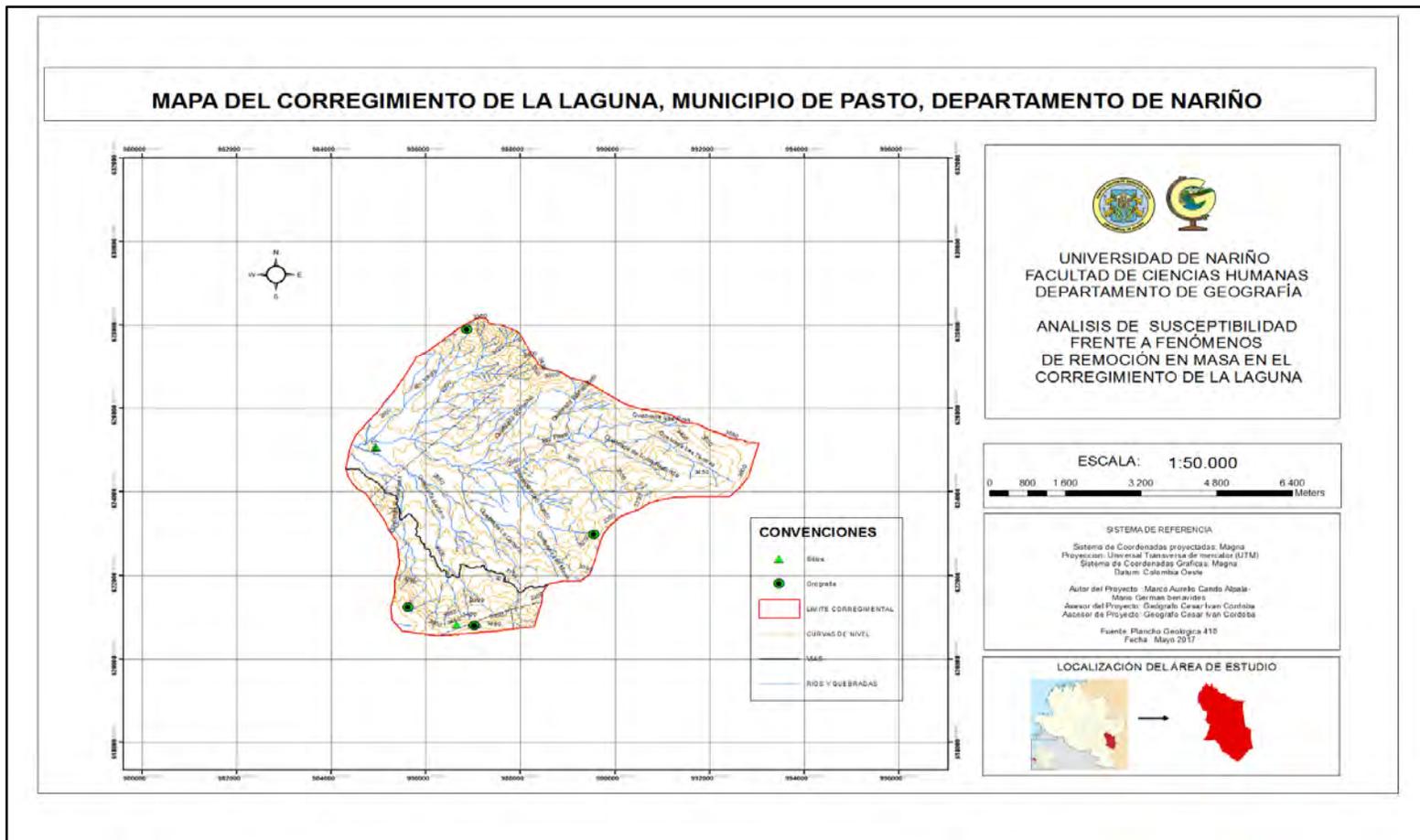


Figura 1. Mapa localización corregimiento de la laguna
Fuente Elaboración Propia 2016, mapa base (LANDSAT 1989) POT Pasto.

5. ANTECEDENTES

Como proceso relacionado a la presente investigación se encuentra el estudio en del valle-quebrada de Socoroma, región de Arica y Parinacota, Chile susceptibilidad de movimientos en masa en el valle de Socoroma, precordillera andina de Arica y Parinacota en este estudio se analiza factores condicionantes de la inestabilidad del terreno (litología, pendientes, sentido de las pendientes, lineamientos estructurales, distancia a los drenajes principales, altura, inventario de movimientos en masa e Índice Normalizado de Diferencias Vegetacionales). El resultado es la sectorización de la susceptibilidad de movimientos en masa en el área estudiada, según el Índice de Susceptibilidad obtenido a partir del método de Evaluación Multicriterio de las Jerarquías Analíticas. Sobre la base de los resultados obtenidos respecto del fenómeno de movimiento de masas, se establece que el pueblo de Socoroma se emplaza en un sector de baja susceptibilidad, a diferencia del sector sureste del área considerada que concentra los mayores grados de susceptibilidad al fenómeno estudiado, sección en que se encuentra un segmento de la carretera internacional 11-CH, la principal vía de comunicación de Bolivia con el litoral del océano Pacífico, y la más importante conexión entre los poblados altoandinos de la provincia de Parinacota con los valles bajos y la ciudad de Arica (**Alan Rodríguez Valdivia, Alejandro Tapia Tosetti y Cristián Albornoz Espinoza.2014**)

Como resultado de las investigaciones similares en Colombia donde hacen la determinación de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en gramalote norte de Santander en donde se desarrolló el estudio en la zona del municipio de Gramalote el cual cuenta principalmente con unidades geomorfológicas de relieve montañoso. El modelo estructural de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de estructuras como, fallas de tipo normal (tendencia NW-SE y NNE-SSW). Plegamientos con tendencia general N-S en las secuencias de origen sedimentario, cuerpos coluviales de origen tectónico de espesor variable, fallas de tipo lateral dextral con tendencia NE y generación de zonas extensionales (fallas normales) y zonas compresivas (cabalgamientos), en este estudio para determinar la susceptibilidad de la zona se implementaron la recopilación y análisis de documentación de

orden geológico-geotécnico para caracterizar el material de la zona, identificación de metodologías de susceptibilidad de la unidad geológica en estudio, escogencia de los parámetros a utilizar y ordenarlos para su uso en el mapa y en el programa, Implementar el uso de la información como un medio de obtención de resultados y la generación del mapa de susceptibilidad por deslizamientos(Chinchilla.2015).

Como estudio similar encontramos en Nariño un estudio sobre la zonificación de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa mediante geoprocésamiento con herramientas sig en la cuenca del río azulfral donde el propósito de este trabajo busca automatizar la metodología empleada para el análisis de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en la cuenca del río Azufral del municipio de Consacá, mediante el desarrollo y ejecución de herramientas de geoprocésamiento, ejecutadas mediante el álgebra de mapas con funciones identificadas en arctoolbox como Spatial Analyst, 3D Analyst, Analysis Tools entre otros del software ArcGis 10, conocida como una herramienta sencilla pero a la vez muy potente para ejecutar los análisis geográficos requeridos, en este caso la identificación, zonificación y análisis de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa, uniendo los procesos obtenidos del modelo digital de elevación (MDE), la geología, la cobertura del suelo y otros factores externos como la precipitación y áreas de influencia por sismos causados por las fallas de Romeral y Buesaco y generando el resultado final en ModelBuilder (Hidalgo)

6. MARCO CONCEPTUAL

En la zona de estudio se estableció que la amenaza identificada más común es la ocasionada por los fenómenos de remoción en masa, porque se encuentran registros históricos de deslizamientos, su condición topografía, su relieve o geomorfología, su cobertura de suelos actual y su geología de alguna forma son factores y condiciones que no son muy favorables, además la alta pendiente, geomorfología de montaña escarpada y la falta de cobertura vegetal que actúa como una capa protectora contra el impacto directo de la precipitación convierten a esta zona en una área susceptible a deslizamientos, que relacionados estrictamente con hechos de precipitación, en este caso son los detonantes de fenómenos de remoción en masa (FRM) de tipo hidrogravitatorio, en algunas ocasiones es el mismo drenaje de alcantarillado que se satura y sus aguas se sobrecargan convirtiéndose en detonantes que reactivan estos movimientos por la humedad del terreno y la inclinación del mismo. en este sentido este proyecto se enfoca en el análisis de la susceptibilidad a presentarse fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de la laguna, municipio de Pasto.

6.1 Análisis y evaluación de susceptibilidad de un terreno a presentar posibles movimientos en masa.

Existen diversos métodos de evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos a través de SIG. Soeters y van Westen (1996), Aleotti y Chowdhury (1999) y Guzzetti et al. (1999), entre otros autores, proporcionan una amplia visión de los más utilizados, entre los que se incluyen principalmente los métodos estadísticos, determinísticos, indexación y de evaluación directa de la susceptibilidad. La aplicabilidad de cada método a una zona determinada depende sobre todo de las características y extensión de dicha zona, del tipo y extensión de los deslizamientos existentes, de los datos geotécnicos e hidrogeológicos disponibles y de la escala de trabajo (Hervas, 2001). Con respecto a la utilización de los SIG en estudios de amenaza de movimientos en masa, Mora y Vahrson (1993), realizaron estudios de casos de fallas de taludes en Centroamérica y propusieron un método de

predicción de amenaza. En este método se incluyeron tres factores relacionados con la susceptibilidad como: relieve relativo, condiciones litológicas y humedad. El método empleado para la evaluación de la susceptibilidad requiere en primer lugar la creación de la base de datos mediante la elección de mapas temáticos y cartografía de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad. Para ello se utilizan técnicas tradicionales, como la fotointerpretación y el reconocimiento directo de campo, junto con otras de tratamiento digital de imágenes de satélite, imágenes de sombreado del relieve a partir de Modelos digitales del Terreno (MDT) de alta resolución (Hervas, 2001).

El álgebra de mapas se utiliza como herramienta informática por medio de una serie de mapas, donde se realiza un análisis de la susceptibilidad del terreno ante un posible fenómeno natural como los movimientos en masa; considerando las pendientes de sus laderas, usos del suelo, coberturas vegetales, tipos de roca que permiten integrar diferentes temáticas con el fin de dar como resultado un área susceptible a los movimientos en masa. Esta aplicación proporciona información indicativa de inestabilidad o propensión del terreno de acuerdo a sus condiciones intrínsecas donde la amenaza se consolida como detonante o desencadenante de zonas críticas.

6.2 Remoción en masa

La ‘remoción en masa’, se define como el deslizamiento de una parte del material superficial (suelos, agregados, rocas) de una ladera, por la acción directa de la fuerza de la gravedad, hasta encontrar un nuevo punto de reposo en el que el material alcanza un estado de equilibrio. El concepto de remoción en masa engloba una serie de procesos geofísicos, conocidos como: flujos (de lodo, de detritos, laháricos, reptación y soliflujión), deslizamientos (bloques rocosos, detritos), desprendimientos y aludes. (Cruden, 1997).

Los principales factores que influyen en los procesos de remoción en masa están asociados con la litología-geología de un lugar; el tipo de suelo, la pendiente (a mayor pendiente, mayor amenaza); las precipitaciones y condiciones climatológicas (intensidad y

cantidad de precipitaciones); los sismos intensos; la cobertura y tipo de vegetación, y las actividades ejercidas por el ser humano (deforestación, construcción sin medidas de mitigación, entre otras) (Mardones y Vidal 2001).

El fenómeno amenazante por remoción en masa se deriva de la inestabilidad de laderas, lo cual, se ha convertido en uno de los desastres naturales más recurrentes y amenazantes que en la actualidad se registran en el Municipio de Pasto. La mayoría de esos eventos, son el resultado de la interacción entre las condiciones climáticas y la vulnerabilidad de un gran número de población afectada, sobre todo en el área urbana. Esto se viene presentando sobre todo desde 2008 cuando el fenómeno de la Niña se agudizó y el territorio fue afectado por una prolongada lluvia que rebasó los promedios normales de precipitación anual y que trajo como consecuencia la activación de procesos de remoción en masa.

En general el municipio de Pasto presenta un relieve montañoso con pendientes mayores a 45° y desniveles topográficos de más de 2.000 metros. La topografía refleja por sí misma la presencia de escarpes con cambio de dirección que marcan zonas de posibles procesos de ladera y que con la ocurrencia del fenómeno hidrológico pasaron a ser áreas susceptibles a movimientos en masa como es el caso del corregimiento de la laguna.

La configuración del drenaje sigue un patrón de tipo dendrítico en la zona montañosa, donde el Río Pasto como red hídrica principal localizada dentro de una planicie intermontaña, donde se observan leves meandros, lo que puede decir que el drenaje puede ampliar y suavizar el valle. La disección en el área de montaña, puede verse en lo profundo y angosto de sus valles como consecuencia de los procesos tectónicos de la zona y de la erosión vertical. La profundidad de disección varía de entre 1.600 y 3.600 msnm. Debido a los materiales

6.3 Aspectos generales de las laderas

A diferencia de los taludes creados por el ser humano, las laderas son masas de tierra y roca que tienen una conformación actual debido a procesos naturales. De manera aparente la mayoría de laderas permanecen estables por muchos años, pero por los procesos de evolución del relieve las laderas pueden fallar en forma imprevista debido principalmente a cambios en la topografía, sismicidad, en los flujos de agua subterránea, en las precipitaciones, en la resistencia al corte, meteorización o en factores de tipo antrópica. (Dikau et al., 1996)

Las zonas montañosas del Municipio de Pasto, se encuentran afectadas por muchos de los cambios mencionados, destacando las abundantes precipitaciones y las diferencias en los materiales en cuanto a la resistencia al corte, por consiguiente, las variaciones de los niveles freáticos y el efecto erosivo que el agua genera dentro y fuera de las laderas constituyen uno de los principales agentes desencadenantes de deslizamientos. Existe evidencia clara de la relación directa entre el régimen de aguas subterráneas, debido principalmente, a las lluvias y a la ocurrencia de deslizamientos. Los últimos procesos erosivos notorios fueron los registrados durante la temporada de lluvias de 2008, 2009, 2010 y 2011, que registró cientos de procesos erosivos (DGRD).

Según Suárez (1998) quien ha trabajado ampliamente en zonas de inestabilidad de laderas por lluvias, la ladera ésta conformada por una serie de elementos que a continuación se describe.

Una ladera puede definirse con los siguientes elementos :

- Altura. Distancia entre el pie y la cabeza. Resulta difícil determinar la cabeza en laderas naturales ya que la vegetación y los accidentes topográficos pueden ocultarla.
- Pie. Sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

- Cabeza o escarpe. Sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
- Altura del nivel freático. Distancia del pie del talud hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.
- Pendiente. Medida de la inclinación de la ladera. Se mide en grados o en porcentaje.



Figura 2. Perfil de una ladera natural

Una vez que una ladera sea afectada por un proceso gravitacional, esta puede modificar su conformación natural quedando con rasgos específicos que delatan el tipo de proceso al que fue sometida. Una nomenclatura para describir las partes de una ladera modificada ha sido presentada por Suárez (1998) y a continuación se describe:

- Escarpe principal. Una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causada por el desplazamiento del material fuera del terreno original.
- Escarpe secundario. Superficie inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.
- Cabeza. Partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

- Cima. El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- Corona. El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
- Superficie de falla. Área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado.
- Pie de la superficie de falla. Línea de intersección entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- Base. Área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- Punta o uña. El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- Costado o flanco. Un lado del movimiento.
- Superficie original del terreno. Superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- Derecha e izquierda. Deben utilizarse estas palabras refiriéndose al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie.

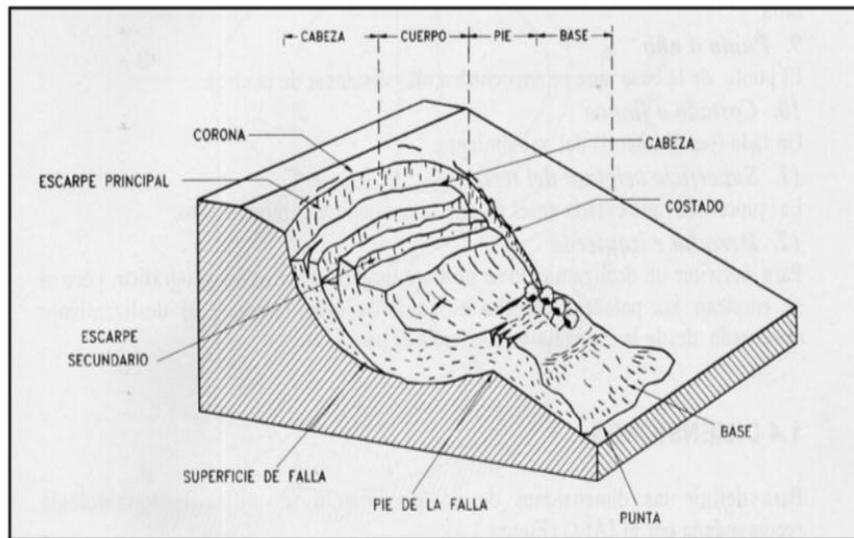


Figura 3. Partes que conforman una ladera afectada por un proceso de remoción (Suárez, 1998).

6.4 Aspectos generales de los procesos de remoción en masa

La dinámica de la superficie de la Tierra puede observarse debido a que cualquier terreno que no sea horizontal está sujeto a una serie de fuerzas que tienden a nivelarlo y a otra serie de fuerzas que se oponen a ese cambio. La mayoría de las pendientes abruptas que existen en la naturaleza se han formado por diversos procesos geomorfológicos que actúan de manera individual o conjunta, siendo la erosión en general y los fenómenos de inestabilidad los que tienden a suavizar dichas pendientes.

Los movimientos de ladera, entendidos como fenómenos naturales de evolución del relieve terrestre, constituyen uno de los procesos geológicos más frecuentes que siempre han afectado la superficie de la Tierra y una de las amenazas naturales que en la actualidad han incrementado su presencia dentro del territorio nacional debido principalmente a la recurrente formación de fenómenos meteorológicos extraordinarios, a la generación de sismos, a procesos volcánicos y en muchos casos como respuesta a actividades antrópicas, como el caso de la inestabilidad de laderas debida a cortes carreteros. Los efectos

socioeconómicos debido a estos movimientos de remoción son cada vez mayores debido al aumento en la vulnerabilidad social y a la múltiple variedad de procesos detonadores que los generan. (SMN. 2007).

Un análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio esto a través de imágenes satelitales, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje; este proceso debe ir acompañado una verificación en campo para la identificación de coberturas de suelo y la corroboración en las imágenes satelitales.(Ruiz, Savé, Herrera, 2013)

6.5 Sistemas de Información Geográfica

A partir de la década del 80 del siglo pasado se produjo un fuerte desarrollo de los llamados Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales rescataron técnicas de análisis, propias de la geografía regional y la geografía cuantitativa, permitiendo un gran desarrollo de la denominada geografía automatizada como la denominó Dobson(1983); podemos afirmar que la aparición de los SIG ha sido muy importante a lo largo de la historia ya que contribuyen a comprender mediante el uso de computadoras la evolución y la aparición de problemáticas durante un determinado tiempo y poder analizar y observar los cambios de usos del suelo.

Así mismo podemos hablar de la importancia de las herramientas SIG al contribuir a estudios sobre los diferentes procesos que se presentan en los cambios en el usos del suelo y la vegetación natural como afirma Flamenco, Veldkamp , Lambin, Xiang Clarke, (2001)citado por Sanabria(2015):

“El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) han contribuido al desarrollo de estudios que tienen como objetivos: a) describir y evaluar, desde el punto de vista cuantitativo, la dinámica de cambios de las coberturas vegetales y usos del suelo de un

determinado territorio y en una dimensión temporal; b) identificar y predecir las áreas más susceptibles a cambiar; c) comprender los procesos que conllevan a los cambios, con relación al uso y la aplicación de variables espaciales explicativas y d) modelar los procesos de cambio para la construcción de escenarios prospectivos”

Según lo anterior podemos establecer que esta herramienta ha contribuido en diversos estudios enfocados al análisis de los usos del suelo y las coberturas, este análisis al desarrollarse en un determinado lapso de tiempo se considera como una herramienta que conlleva a la visualización de unos escenarios. El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa en el caso de un estudio multitemporal se podrá reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo siendo una herramienta que permite resolver problemas complejos de planificación y ordenamiento territorial.

Hace tiempo atrás se ha venido utilizando diferentes herramientas para poder realizar estudios muy precisos sobre los cambios en los que se han visto afectados la cobertura y usos del suelo y analizar los impactos que han sufrido durante el tiempo también lo importante en estos estudios que es poder reconstruir la dinámica en el crecimiento de las ciudades y eso se lo puede hacer a partir de un análisis con la ayuda de fotografías aéreas pero también podemos estimar que otros estudios evalúan específicamente el ritmo de expansión urbana han utilizado imágenes satelitales de distinta resolución espacial como las adquiridas por los satélites LANDSAT o SPOT.

Los sensores (*IKONOS, QuickBird, OrbView*) han proporcionado nuevas herramientas, siendo entonces las fotografías aéreas las fuentes más utilizadas dado que constituyen una opción más accesible esto influenciado por el alto costo de las imágenes satelitales de alta resolución, las cuales, además, son inexistentes para estudios de fechas históricas. (Pascual, (2006) citado por Merlotto, piccolo y Bertola (2012); según lo anterior podemos afirmar que estudios anteriores se pueden realizar con aerofotografías siendo estas más fáciles de adquirir que las antiguas imágenes satelitales.

6.5.1 Sistemas de Teledetección

las técnicas de teledetección nos permiten obtener procesos de observación a distancia y la obtención de imágenes de la superficie terrestre obteniendo imágenes producto de sensores remotos instalados en plataformas Satelitales (satélites artificiales) o desde aeronaves tripuladas y no tripuladas. Estos procesos permiten obtener insumos que facilitan la observación de la tierra, procesos de planificación y toma de decisiones sobre la utilización de los recursos naturales. La utilización de los mismos complementados con análisis desde sistemas de información le permiten al investigador además de tener datos más precisos crear información espacial y referenciada, de esta forma crear bases de datos geográficas que se realicen bajo un tipo de estándares de calidad y a su vez crear modelos de infraestructura de datos espaciales, lo que garantiza que la información resultante de estos procesos pueda ser utilizada en otro tipo de proyectos como insumos o como referente para el desarrollo de nuevos proyectos.

7. MARCO LEGAL

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991: EL PUEBLO DE COLOMBIA, en ejercicio de su poder soberano, representado por sus delegatarios a la Asamblea Nacional Constituyente, invocando la protección de Dios, y con el fin de fortalecer la unidad de la Nación y asegurar a sus integrantes la vida, la convivencia, el trabajo, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político, económico y social justo, y comprometido a impulsar la integración de la comunidad latinoamericana, decreta, sanciona y promulga.

El Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres es un conjunto de entidades públicas, privadas y comunitarias que de manera integral buscan presentar soluciones a los problemas del entorno físico de la sociedad frente a la ocurrencia de eventuales fenómenos naturales o antrópicos.

El marco legal del proyecto es vital para prevenir la amenaza, el riesgo y la vulnerabilidad, no podríamos justificar que por desconocimiento de la normatividad, la negligencia propicie el escenario de la improvisación de un deber constitucional para las autoridades. Para atender con responsabilidad los desastres naturales, por eso es indispensable, aplicar las normas y tener un plan de prevención que permita conocer desde la información los tres espacios de tiempo en que se desarrollan los sucesos: antes, durante y después.

Ley 46 de 1988: “Por la cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, se otorgan facultades extraordinarias al Presidente de la República y se dictan otras disposiciones. Según esta ley permite que el Estado implemente una política de atención a víctimas de la tragedia natural, ambiental o social, como política todas las autoridades deben implementar la Prevención y Atención de Desastres como parte esencial de los programas de gobierno.

Ley 388 de 1997: En el Artículo 8 numeral 11 se establece la localización de las áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres, así como las áreas con fines de conservación y recuperación paisajística⁸². Lo cual es muy importante para el desarrollo y planificación de un espacio geográfico, teniendo en cuenta estas áreas de posible riesgo

Ley 1523 del 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.

Decreto 919 de 1989: “Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones.” En este decreto se especifican los objetivos e integrantes del Sistema Nacional, así como los aspectos del Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, la participación de las entidades y organismos públicos y privados en su elaboración y ejecución y su inclusión en las actividades de planeación nacional, departamental y municipal

Por otro lado, habla del Sistema Integrado de Información y de la necesidad de que se realice análisis de vulnerabilidad. Dentro de las funciones de la Oficina Nacional de Prevención y Atención de Desastres establece la definición de condiciones mínimas de protección, criterios para diagnóstico y prevención de riesgos, para los mecanismos de información de desastres y calamidades e Impulsar y promover el sistema Integrado de Información y asegurar su actualización y mantenimiento, con la colaboración de los Comités Regionales y Locales y de las entidades públicas y Privadas. Promover estudios e investigaciones históricos sobre la ocurrencia de desastres, tanto a nivel nacional como en los niveles regionales y locales.

Esto conlleva a que esta investigación se establezca como un aporte a la mitigación y prevención de desastres y tomarla como una fuente de información y actualización de datos de la zona de estudio y una herramienta metodológica para la estimación y

caracterización de los grados de riesgo en zonas de similares condiciones geográficas.

También enuncia los elementos del planeamiento de operaciones en caso de situaciones de desastre, exige la realización de planes de contingencia por parte de los comités locales y regionales.

Decreto 879 de 1998: Capítulo III, en el artículo 9 del componente general en el numeral 3. Se establecerá las zonas de alto riesgo para la localización de asentamientos humanos.(Ministerio de desarrollo, 1998) para cualquier proyecto urbanístico se debe tener en cuenta las zonas de alto riesgo con el propósito de establecer si la zona es apta para los asentamientos humanos, también es relevante llevar a cabo alguna metodología para determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa, por lo cual esta investigación será un aporte a este tipo de estudios como una herramienta metodológica como primer paso en la identificación de zonas con probabilidad a que ocurran este tipo de fenómenos.

LEY 388 DE 1997: En el Artículo 8 numeral 11 se establece la localización de las áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres, así como las áreas con fines de conservación y recuperación paisajística⁸². Lo cual es muy importante para el desarrollo y planificación de un espacio geográfico, teniendo en cuenta estas áreas de posible riesgo

Ley 15 23 del 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.

Decreto 919 de 1989: “Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones.” En este decreto se especifican los objetivos e integrantes del Sistema Nacional, así como los aspectos del Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, la participación de las entidades y

organismos públicos y privados en su elaboración y ejecución y su inclusión en las actividades de planeación nacional, departamental y municipal.

Por otro lado habla del Sistema Integrado de Información y de la necesidad de que se realice análisis de vulnerabilidad. Dentro de las funciones de la Oficina Nacional de Prevención y Atención de Desastres establece la definición de condiciones mínimas de protección, criterios para diagnóstico y prevención de riesgos, para los mecanismos de información de desastres y calamidades e Impulsar y promover el sistema Integrado de Información y asegurar su actualización y mantenimiento, con la colaboración de los Comités Regionales y Locales y de las entidades públicas y Privadas. Promover estudios e investigaciones históricos sobre la ocurrencia de desastres, tanto a nivel nacional como en los niveles regionales y locales

Esto conlleva a que esta investigación se establezca como un aporte a la mitigación y prevención de desastres y tomarla como una fuente de información y actualización de datos de la zona de estudio y una herramienta metodológica para la estimación y caracterización de los grados de riesgo en zonas de similares condiciones geográficas, También enuncia los elementos del planeamiento de operaciones en caso de situaciones de desastre, exige la realización de planes de contingencia por parte de los comités locales y regionales.

Decreto 879 de 1998: Capítulo III, en el artículo 9 del componente general en el numeral 3. Se establecerá las zonas de alto riesgo para la localización de asentamientos humanos⁸⁴. para cualquier proyecto urbanístico se debe tener en cuenta las zonas de alto riesgo con el propósito de establecer si la zona es apta para los asentamientos humanos, también es relevante llevar a cabo alguna metodología para determinar las áreas de riesgo, por lo cual esta investigación será un aporte a este tipo de estudios como una herramienta metodológica.

8. METODOLOGIA

8.1 Línea de investigación Sistemas de información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se establece como una herramienta científico-técnica que permite desarrollar sus funciones, en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales permite abordar y analizar diferentes investigaciones y proyectos interdisciplinarios; el SIG se puede establecer como la herramienta de procesamiento de cartografía digital, teledetección, infraestructuras de datos espaciales (IDE), etc.; aportando su formación y experiencia especializada al desarrollo de diferentes estudios y proyectos de que impliquen la generación y el procesamiento de información geoespacial, de forma que sea posible el análisis de los diferentes aspectos que interactúan en el territorio, convirtiéndose en un pilar básico y eficaz para los proyectos de investigación que requieren un análisis espacial.

8.2 Enfoque investigativo cuantitativo-cualitativo.

Desde el punto cuantitativo se refiere a el tipo de procedimiento de la información, la cual es principalmente alfa numérica cuyos resultados se analizan desde un punto de vista espacial y estadístico los cuales son corroborados mediante la observación en campo es ahí cuando pasamos al campo cualitativo donde identificamos las causas de cambio en el estudio descrito como Análisis de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de la Cocha, en las ciencias sociales se basa en cortes metodológicos y principios teóricos en los cuales la interacción social emplea métodos de recolección de datos que son no cuantitativos, con el propósito de explorar las relaciones sociales y describir la realidad que mediante la investigación cuantitativa se confronta y emplea modelos matemáticos, teorías e hipótesis que competen a los fenómenos naturales conllevando a desarrollar una confrontación y procesamiento de datos de distintas índole dando solución a la hipótesis formulada en la investigación.

8.3 Método analítico descriptivo

En el método descriptivo pretende el objetivo de la investigación por lo cual, el investigador se limita a medir la presencia, características o distribución de un fenómeno dentro de la población de estudio en un corte en el tiempo.

Según Lopera, Ramírez, Zuluaga Ortiz y Vanegas,(2010, p.20) el método analítico consiste un procedimiento que va de lo general a lo específico, es posible concebirlo también como un camino que parte de los fenómenos para llegar a los efectos a las causas. Desde esta perspectiva, puede entenderse como análisis descriptivo”.

Este método analítico descriptivo en la presente investigación se aplica en función de los objetivos que permitan alcanzarlos; en los estudios descriptivos, el investigador se limita a medir la presencia, características o distribución de un fenómeno dentro de la población de estudio con la relación al tiempo. Por lo tanto se complementa con los estudios analíticos, en ellos el investigador pretende relacionar causalmente algún factor o agente causal con unos determinados efectos, estableciendo una relación causal entre dos fenómenos dados con iguales o similares en causales en determinado tiempo.

8.4 FASES

8.4.1 Fase 1. Recopilación y análisis de información secundaria

En esta fase se recurrirá a la búsqueda de información secundaria que facilite la familiarización con el área de estudio y por tanto el conocimiento de las principales características físicas, bióticas y sociales del área de estudio. En este contexto, se recopila información bibliográfica.

El proceso investigativo estará acompañado de la documentación e información secundaria pertinente. Los registros, cartografía (análoga y digital), fotografías aéreas, imágenes satelitales, estudios, documentos de diverso orden (jurídico, técnico, económico, ambiental, social y cultural), que se desarrollaran bajo una reflexión crítica, se apoyaron en la elaboración de esta investigación, con el propósito de dar validez, credibilidad y confiabilidad a esta información para determinar lo conocido, lo inadvertido, los aportes, las creencias, los vacíos, y lo que se debió indagar o replantearse en beneficio de la investigación.

Sintetizar diversas fuentes documentales específicas y generales, considerando todas las teorías, aspectos históricos, conceptos relevantes, estado actual, entre otros criterios, para consolidar un constructo teórico, lo suficientemente claro y preciso referente a el Análisis de un corregimiento rural, contribuyendo así a estructurar un conocimiento concreto del tema de investigación en todo sentido.

Identificación y selección de productos de sensores remotos e información cartográfica. En esta actividad fue importante la selección y adquisición de este tipo de información para el desarrollo de la investigación, en cuanto a la elaboración en primer lugar del mapa topográfico de la zona de estudio, conveniente subrayar que dicho período fue ajustado dependiendo de la disponibilidad de la información.

Tabla 1. Identificación de planchas topográficas.

Planchas Topográficas	Escala	Proveedor
410 II C	1:100.000	Insumos IGAC

Tabla 2. Identificación de aerofotografías

Aerofotografías	
No. vuelo	C-2237
No. foto	87,88,89
Cantidad	3

Insumos IGAC:

Tabla 3. Identificación de imágenes satelitales

Cantidad	Descripción	Proveedor
2	Imágenes ASTER de 15 bandas multiespectrales de fechas 5 de febrero de 2007 y 24 de octubre de 2009	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), Cotopaxi, Ecuador
1	Imagen LANDSAT-5, Path 10 Row 59 del 29 de septiembre de 1997	
1	Imagen LANDSAT-8, ETM del año 2016	GEOSAR.

Actividades

- Recopilación de la información teórica, conceptual y metodológica de estudios multitemporales en general para el área de estudio.
- Identificación y selección de productos de sensores remotos e información cartográfica.

8.5 Fase 2. Procesamiento y análisis de productos e identificación de la susceptibilidad en el área de estudio.

Para desarrollar este análisis se utilizará las diversas funciones disponibles en el software de procesamiento digital de imágenes Arcgis 10.4 ®, donde se realizará el respectivo ajuste de contraste de manera que las coberturas con mayor representatividad y extensión sean destacadas y por tanto diferenciables en términos de tono e intensidad del color. Para este proceso se seleccionará la combinación en falso color 453, (considerada adecuada en la distinción de las coberturas de interés).

8.5.1 Fotointerpretación de aerofotografías.

En esta actividad se requiere la utilización de estereoscopios de espejos, necesarios para observar de forma apropiada las fotografías aéreas utilizadas de la zona de estudio. El objetivo principal de la interpretación es el de complementar y precisar el reconocimiento del área de estudio y de la geomorfología. Además a través del análisis de las fotografías aéreas se afianza la información de la metodología computarizada, y se realiza la identificación de la red hidrográfica, divisorias de aguas, además de detallar algunos rasgos de cobertura vegetal, concentración social de poblados, morfología, entre otros, correspondientes a las áreas del Corregimiento de la Cocha.

8.5.2 Elaboración del Mapa Base.

En primer lugar se genera el mapa topográfico, tomando como base el Modelo de Elevación Digital (DEM) de la NASA, realizando el respectivo recorte del área de estudio, luego de este proceso se generaran las curvas de nivel, las cuales serán representadas en la base topográfica; En cuanto a la mapificación de la red de drenaje también se genera con el corte del DEM del área de estudio y al igual que con las curvas de nivel, Para la elaboración de la cartografía se usaron diferentes fuentes de información primaria y

secundaria, como planchas topográficas, mapas de entidades gubernamentales (POT) y no gubernamentales.

Por medio del software de ESRI se utilizó las curvas de nivel para procesarlas y obtener un Modelo Digital de Terreno de 5m de resolución, con el cual se produjeron curvas de nivel cada 50 m e hidrografía; este mismo modelo permitió obtener las corrientes hídricas de los mismos sectores.

8.5.3 Procesamiento digital de imágenes

Corrección radiométrica hace mención a la sensibilidad del sensor, esto es, a la capacidad de detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. El número máximo de niveles digitales que puede detectar un sensor óptico – electrónico es lo que recibe el nombre de resolución radiométrica. Los primeros sensores ofrecían 64 o 128 niveles digitales. Actualmente ofrecen más de 1024. Sin embargo los más utilizados son los de 256 niveles digitales (ND).

Corrección atmosférica este proceso de corrección atmosférica puede aplicar opcionalmente la corrección de neblina y el enmascaramiento de nubes, por lo cual es necesario inspeccionar previamente la imagen para detectar la presencia de nubes y/o neblina evidente. Como resultado final de este sub-proceso, se obtiene una imagen en valores de reluctancia que mejora la separabilidad espectral de los objetos presentes en la imagen corregida (coberturas de la Tierra) respecto a la imagen original, mejorando los resultados finales del proceso de clasificación digital.

8.5.4 Generar la Unidad mínima de mapeo para el caso.

para este proceso de delimitación y edición es pertinente tener en cuenta algunas reglas de generalización básica y decidir sobre algunos polígonos que no cumplían ciertos criterios del área mínima de mapeo, durante la clasificación puede ocurrir que algunos polígonos

que se encuentren rodeados por una unidad mayor en forma individual o que formen parte de un grupo de unidades que no reúnen los requisitos de mapeo, en nuestro caso la escala será de 1:50 000 y se ha identificado una área mínima de mapeo alrededor de 6,5 Hectáreas desde esa margen se tomara como referencia para la cartografía y se identificara solo los territorios superiores a ese valor los inferiores se agruparan con el valor mayor de las coberturas vecinas.

8.6 Fase 3 Sistematización e identificación de la susceptibilidad por campos.

Esto se realiza a través de diferentes parámetros técnicos los cuales inciden en la remoción de masa, esos parámetros se clasifican según una metodología de zonificación por Variables en geología, geomorfología, pendiente y cobertura.

8.6.1 Geología

En esta etapa se discriminan las diferentes unidades geológicas amparadas por el lineamiento estructural del Servicio geológico colombiano, El mapa geológico a escala 1:100 en general contiene la información litológica a nivel de formación e información superficial convencional, que permiten la caracterización lito-estratigráfica de las unidades cartografiadas a la escala del estudio.

Dentro del factor geológico a tener en cuenta para analizar la susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa en un territorio determinado se encuentra la litología y dentro de ella específicamente el grado de permeabilidad de las rocas, es decir, la velocidad con que el agua se infiltra en el suelo, lo que condiciona la permanencia de esa lámina de agua en la superficie.

La información sobre las unidades geológicas superficiales presentes en nuestra área de estudio fue adquirida en formato shapefile por parte de la Subsecretaria de Ordenamiento Territorial perteneciente a la Secretaria de Planeación de la Alcaldía de Pasto; esta

información espacial adquirida es posible cargar en ArcGIS ArcView y otros productos comerciales de ESRI.

Dentro del factor geológico a tener en cuenta para analizar la susceptibilidad fenómenos de remoción en masa en un territorio determinado se encuentra la litología y dentro de ella específicamente el grado de permeabilidad de las rocas, es decir, la velocidad con que el agua se infiltra en el suelo, lo que condiciona la permanencia de esa lámina de agua en la superficie.

1. Unidades litológicas

Se procede a clasificar la litología a través del tipo rocas que constituyen la zona de estudio. Teniendo en cuenta la clasificación antes expuesta se puede conocer cuáles son las rocas que facilitan la infiltración del terreno, generando inconsistencia de materiales y por ende serán más probables a desplomarse estas superficies. Por otra parte se conoce cuáles son las impermeables y por lo tanto su infiltración será lenta o nula y por consiguiente se producirá una acumulación de agua. Mientras que para aquellas que son medianamente impermeables es necesario tener en cuenta otros factores para su análisis como su pendiente, precipitaciones etc.

En el área se identificaron 5 tipos de litologías de cuales conforman coberturas de orden Geológico en dos tipos de rocas, entre las que están de origen Volcánico y Sedimentario (ver gráfico 1) cada uno posee características únicas de acuerdo a los factores de conformación de los materiales ya que en el proceso de generación geológica intervienen factores climáticos, físicos naturales, antrópicos y temporales, el mapa de cobertura geológica se desarrolló a partir de la información geológicas y los lineamientos estructurales que han sido

Identificados por el Servicio Geológico Colombiano, apoyándose en la cartografía a escala 1:100.000 elaborada por la misma institución en el año 2002, así como en la información compilada en el Mapa Geológico de Colombia 2015 publicada por la misma institución.

Mapa Geológico del Área de estudio clasificado.

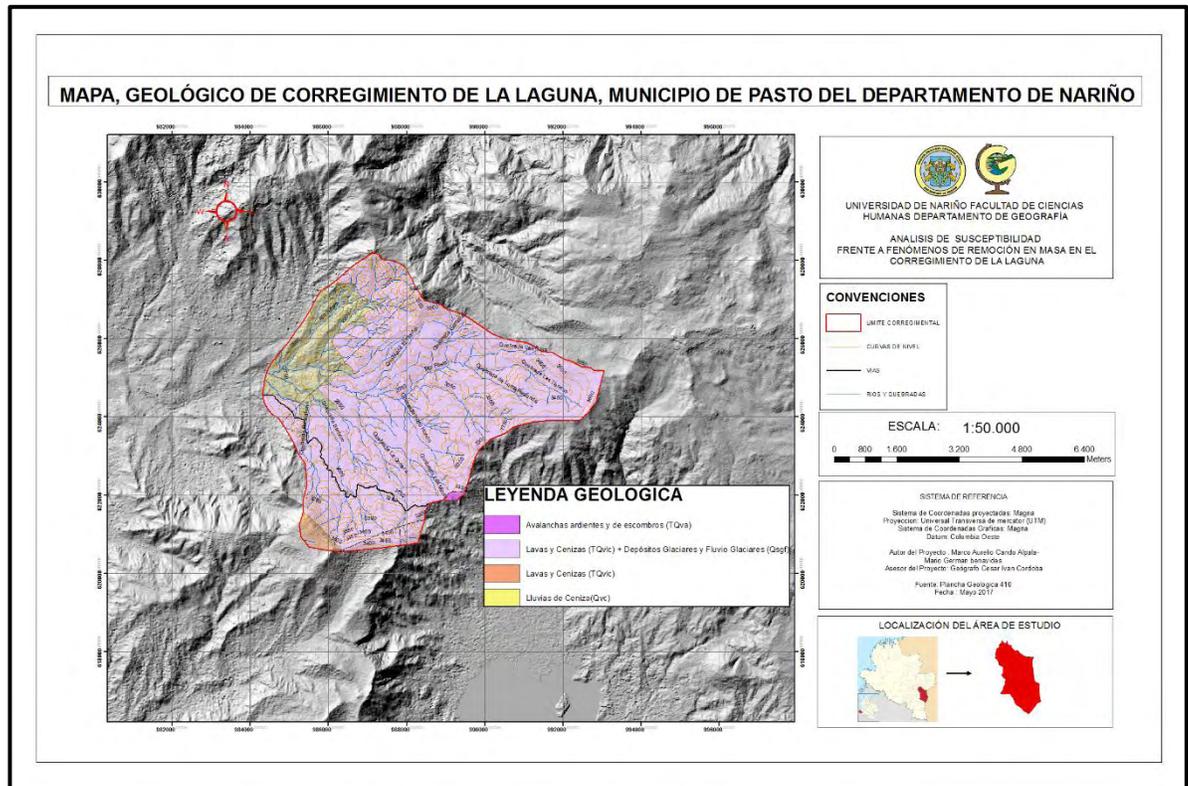


Figura 4. Mapa Geológico del Corregimiento de la Laguna, Fuente, Adaptación Ingeominas 2002.

2. Rocas Volcánicas

A nivel Nacional se encuentran a lo largo del flanco de la Cordillera Central, como una faja larga y estrecha limitada por fallas de rumbo del sistema Romeral y constituyen las denominadas en el norte Formación Quebrada grande, El límite oriental de esta faja corresponde a la falla principal del sistema de fallas del Romeral que en algunos sitios, a su vez, marca al límite occidental de los esquistos paleozoicos.

La mayoría de estas formaciones tiene una relación directa, en tiempo y espacio, con actividad volcánica pero se dispone de poca información sobre su cronología, especialmente en los litotipos volcánicos y por ello se describen por unidades litológicas. Este tipo de depósito Provenientes de erupciones volcánicas del (triásico-Jurásico y Cretáceo) se encuentran dinamizados por las divisorias de aguas y el viento en alta pendiente.

Lavas y Cenizas (TQvlc) esta unidad trata de la combinación con cenizas de tipo “ash fall” con lavas y flujos donde las dos unidades se intercalan y no son diferenciables, por lo general hay predominancia de lavas que hallan sido cubiertas por ceniza y tienen intercalaciones de ellas, la lava trata de composición andesítica perteneciente a la serie calcoalcalina, con variaciones locales que pueden ser ácidas o básicas, los flujos masivos descienden desde los 3.400 m.s.n.m.

Avalanchas ardientes y de escombros (TQva) Esta unidad se compone de Tobas de lapilli y aglomerados producidos a partir de emisiones volcánicas, generalmente violentas, material generado a partir de magma juvenil. Se presentan 3400 y 3350 m.s.n.m en el área de estudio, son rocas compuestas principalmente por fragmentos de material formado en el momento de la explosión o de fragmentos de un domo o lava que se colapsa. El color rojizo se debe a los óxidos de hierro sineruptivos, este depósito abarca las 9 Hectáreas que corresponden a un 4% sobre el área total de estudio.

3. Rocas sedimentarias

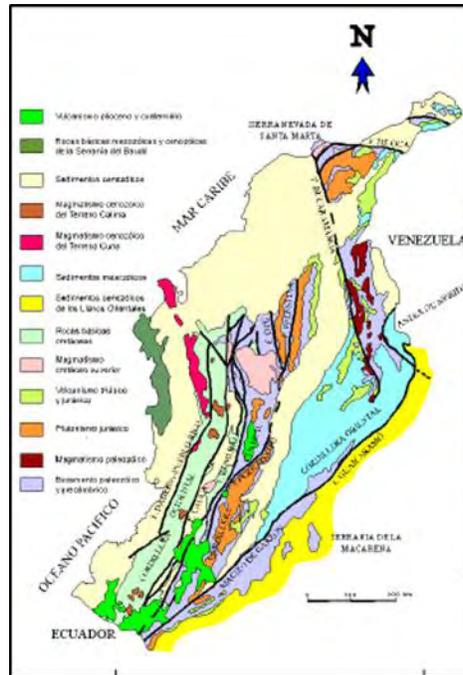


Figura 5. Mapa geológico simplificado de los andes colombianos (modificado de toussaint, 1993).

La zona andina Nariñense en el área de estudio del Corregimiento de la Laguna, establece que el tipo de roca sedimentaria de origen por Vulcanismo entre el plioceno y cuaternario. Los depósitos sedimentarios reciben denominaciones dependiendo del agente que los transporta, el lugar donde se depositan o la estructura del depósito. De acuerdo con el agente, pueden ser coluviales (ladera), eólicos (aire), aluviales (ríos) y glaciales (hielo); según el lugar, serán palustre, lacustre, marino y terrígeno, y por la estructura, clástico y no clástico, en el área de estudio todos los materiales son depositados por el Rio Negro, Rio Pasto y sus afluentes.

Lluvias de Ceniza (Qvc) el proceso resulta de la actividad explosiva de diferentes focos volcánicos y persistentes erupciones que también contribuyen a suavizar la morfología actual, se desarrolla en el periodo cuaternario y se encuentra asociada a depósitos glaciares

y depósitos fluvio glaciares, esta unidad se conforma por depósitos sedimentarios como gradación, compuesta por vidrio, biotita, plagioclasa, hornblenda, cuarzo, feldespato potásico, presenta un morfología de lomas pequeñas la cual está rodeada y compuesta por dichos depósitos.

En el área de estudio se encuentra alrededor de los 2800 y 2900 m.s.n.m, hidrográficamente se encuentra dinamizada por el río Negro, la quebrada Wilque, la quebrada La Chorrera y Río Pasto, abarcan 456 hectáreas que corresponden al 10.4% del total del área.

Depósitos Glaciares y Fluvio Glaciares (Qsgf) estos depósitos se encuentran en áreas de alta montaña cerca los 3100 m.s.n.m, se compone de diversos materiales como gravas y brechas que están asociadas a campos morrénicos de diferente tipo (morrenas laterales, de retroceso, de fondo y terminales) encontrándose sobre una matriz arcillosa y en menor proporción arenosa, esta unidad geológica abarca un área de 2038 hectáreas correspondiendo a un 10.6 % del área total.

8.6.2 Pendiente

Las pendientes están relacionadas con las variaciones en la inclinación del terreno lo cual identifica las zonas más escarpadas, planas o plano-inclinadas. En el área de estudio se generó a través del modelo digital de elevación DEM con una resolución espacial de 5m. Así este feature class se elaboró por el método TIN (modelamiento de superficie), el cual se clasificó de acuerdo a los rangos de pendientes establecidos por el IGAC, por último se vectorizó la información y se estableció como unidad mínima 6,5 ha.

Al calcular la pendiente como factor intrínseco del terreno a fenómenos de remoción en masa, ya que a mayor valor de porcentaje o mayor grado de pendiente aumenta la susceptibilidad a movimientos en masa, el DEM, definiendo la pendiente como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Los valores de la pendiente se van a trabajar en porcentajes, en relación a los deslizamientos, cuanto menor sea el porcentaje de

la pendiente es más plano el terreno, cuanto mayor sea el porcentaje de la pendiente más pronunciado el terreno aumentando la susceptibilidad a los movimientos en masa, el documento por el cual se toma referencia es la clasificación IGAC 2016 diccionario de datos geográficos ANLA, (referirse a Tabla No1).

Teniendo en cuenta la escala 1:50.000 que se aborda en este trabajo, se tomó en cuenta el MDE disponible en los productos GEOSAR con resolución espacial de 5m el cual brinda un cubrimiento del 100% del área de estudio.

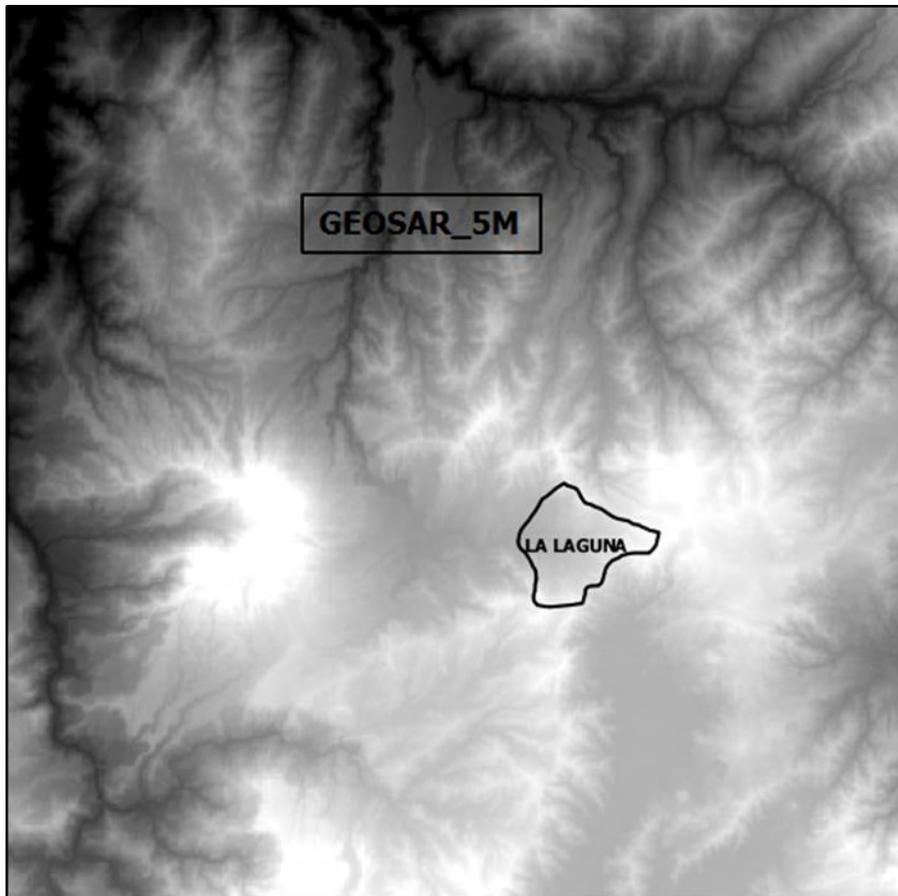


Figura 6. Imagen DEM GEOSAR con resolución espacial de 5m.

El tratamiento del MDE a través del Software ArcGIS 10.4.1 utilizando las herramientas del módulo de Spatial Analyst Tools – Surface. Inicialmente se generó un mapa de

pendientes en porcentaje sin clasificar, posteriormente fueron reclasificados de acuerdo a los intervalos de pendiente descritos en la tabla 1. La información fue vectorizada a polígonos, y con la herramienta Eliminate se agruparon los polígonos con área menor a 1.6 ha ya que es el área mínima cartografiable para 1:50.000.

Tabla 4. Clasificación de la Pendiente según IGAC 2016

ID	PORCENTAJE	TIPO DE PENDIENTE
1	0-1%	A nivel
2	1-3%	Ligeramente plana
3	3-7%	Ligeramente inclinada
4	7-12%	Moderadamente inclinada
5	12-25%	Fuertemente inclinada
6	25-50%	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada
7	50-75%	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada
8	75-100%	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada
9	>100%	Totalmente escarpada

8.6.3 Geomorfología

Como resultado de la orogenia andina la cual hasta el momento sigue vigente, conforme distintos tipos de pisos Bioclimáticos altitudinales, obviamente cada piso térmico desarrollo características únicas en cuanto a la fauna, vegetación, clima y procesos Morfogenicos, a partir del mioceno se desarrollaron Procesos morfo estructurales asociados a vulcanismo y fluvio Glaciares mientras que a altitudes más elevadas depósitos Glaciares que durante la

mayor parte del cuaternario, el clima se caracterizó por procesos fríos, acompañado de Glaciaciones en las altas montañas al igual que por procesos periglaciares, de estos depósitos conformados por capas detríticas, aluviales y lacustres los cuales conformaron una serie de sedimentos durante todo este periodo.

Las erupciones Volcánicas (Complejo Volcánico de Galeras) desarrollaron una fusión con los sedimentos lacustres y aluviales, caracterizando las Geoformas temporalmente, la actividad tectónica también forma un papel importante en la conformación de Geoformas, el área de estudio se encuentra bajo la influencia de factores internos como la tectónica local conformando el plegamiento de rocas ígneas y sedimentarias más el proceso de Vulcanismo del área, paisajística y eco sistémica se destaca el ambiente lacustre que se compone de las lagunas y sus bordes de sedimentación, en el estudio se clasifico las coberturas geomorfológicas por el tipo de ambiente en el que se desarrollaron los procesos, discrimina nadas a continuación.

1. Ambiente denudacional

Las unidades geomorfológicas de este ambiente se caracterizan por presentar los relieves más ondulados, quebrados y escarpados, permitiendo también identificar los rasgos geomorfológicos de algunos eventos relacionados con fenómenos de remoción en masa y su resultado en el relieve. Por las características de este ambiente se presentan unidades geomorfológicas como las laderas que fueron clasificadas morfométricamente en intervalos de pendiente y son las que mayor extensión tienen dentro de este ambiente.

La distribución porcentual de las unidades que conforman este ambiente morfogenético pueden observarse en la figura 2, seguidamente se describen las características y principales procesos morfodinámicos que se identificaron para cada una de las unidades de este ambiente.

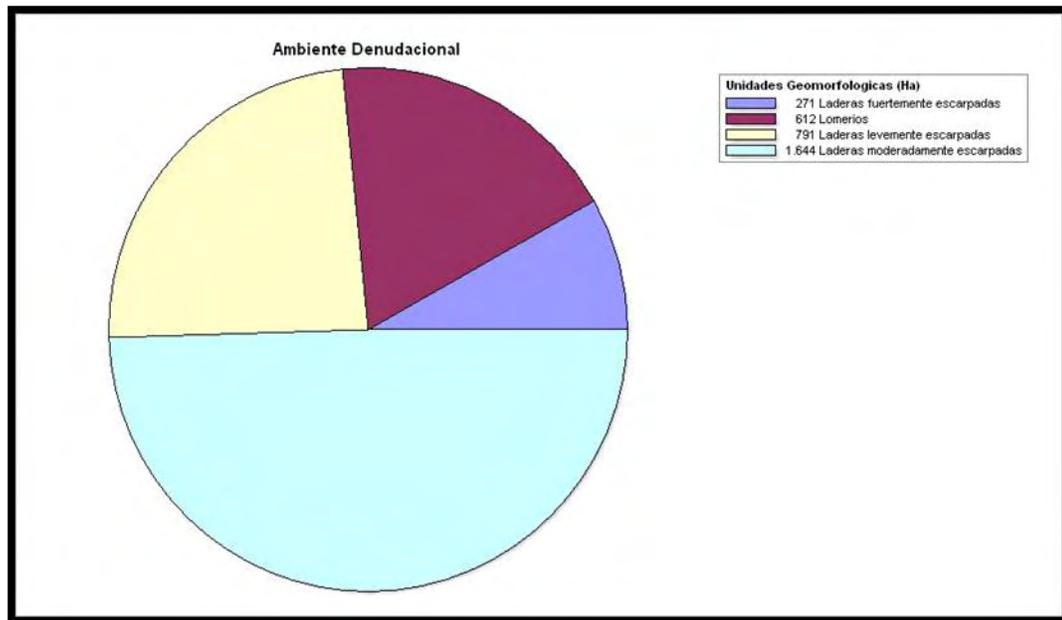


Figura 7. Distribución de las unidades geomorfológicas dentro del ambiente Denudacional. Fuente esta investigación.

Laderas moderadamente escarpadas.

En el área de estudio esta unidad corresponde a un 51% del área total, Este tipo de laderas se clasifican con un rango de pendiente que van desde los 25 a 50 % que son ligeramente escarpadas o ligeramente empinadas según la clasificación IGAC 2016 con un grado de inclinación de los 7 y los 30 grados y se distribuyen sobre todas las cuencas hidrográficas. Este unidad se encuentra tiene una densidad importante es en la cuenca del Río Pasto, donde la baja pendiente se debe a procesos de sedimentación de depósitos Glaciares y fluvio-glaciar. En el resto del entorno estas laderas se distribuyen de forma dispersa con áreas relativamente pequeñas cercanas a 1,4 ha.

Laderas levemente escarpadas.

Las unidades geomorfológicas de estas áreas son muy pequeñas que se relacionan con zonas de transición entre depósitos mixtos propios del modelado glaciar heredado

(depósitos fluvioglaciares que conforman zonas de sedimentación) y otros tipos de unidades geomorfológicas como las laderas moderadamente escarpadas.

Se localizan principalmente en la cuenca las Quebradas, Campo Alegre, Río San Agustín o Quebrada del Retiro, vale tener en cuenta que en esta zona se empleó un DEM con resolución de 5 m de y la presencia de esta unidad puede estar ligada a la baja resolución del insumo topográfico. Corresponde a áreas sin ningún tipo de aplanamiento identificable, sedimentación coluvio-aluvial o fluvioglacial y sin modelado glacial heredado, presentando pendientes en un intervalo entre los 25 y 50% de pendiente que corresponde a una área ligeramente escarpada o ligeramente empinada, localizándose altitudinalmente desde los 2.800 m.s.n.m. hasta los 3.500 m.s.n.m. Los procesos morfogénicos de las laderas se encuentran asociados al levantamiento de los bloques cordilleranos durante la orogenia andina y a actividad volcánica antigua.

Laderas fuertemente escarpadas

Se Localiza entre los límites corregimientales del corregimiento de la cocha, sobre esta unidad, se encuentran principalmente coberturas bosque denso y Pastos, generalmente corresponde a zonas cubiertas por bosque natural denso y vegetación arbustal abierta mesófila, morfo genéticamente está relacionada con procesos de naturaleza orogénica (plegamiento, fracturamiento y levantamiento), conformando una buena parte de las vertientes de los sistemas montañosos que a su vez se ven expuestos a eventos degradacionales asociados al potencial hidrogravitatorio y a la disección de la red de drenaje, se clasificó teniendo en cuenta un valor de pendiente 50 a 75% en clasificación IGAC 2016 que corresponde a áreas moderadamente escarpada o moderadamente empinada.

Lomeríos

Son geoformas semi-redondeadas y alargadas con pendientes fuertemente inclinadas a moderadamente escarpadas formadas por la acumulación de materiales volcánicos y bastos de diverso origen que durante su sedimentación se ven expuestos a la disección hídrica. Geológicamente por intercalaciones de lavas y cenizas, depósitos glaciares y fluvio glaciares cubiertos por lluvia de ceniza, los lomeríos pertenecientes al corregimiento de la Cocha corresponden a una cobertura amplia de áreas agrícolas heterogéneas, altitudinalmente se encuentra entre los 2.750 m.s.n.m. y 3.000 m.s.n.m. con una pendiente fuertemente inclinada que corresponde a los 12 y 25 % en la clasificación IGAC 2016.

2. Ambiente glaciar heredado

Las unidades geomorfológicas pertenecientes a este ambiente tanto de tipo agradacionales como degradacionales, están ligadas morfogénicamente al comportamiento erosivo del hielo y por ende a su acumulación y posterior abrasión, en la fase pleniglacial hace 25.000 A.P. se dio la máxima extensión de los glaciares. “la última glaciación en Colombia se conoce como Cocuy o Fuquense (Van der Hammen, 1985) donde según Flórez los hielos alcanzaron a cubrir una extensión de 17.109 Km² y descendieron hasta los 3.000 ± 100m, actualmente los glaciares colombianos se encuentran en procesos de recesión acelerada desde 1850 A.D. aproximadamente, que corresponde al final de la pequeña edad glaciar. Para el caso del área de estudio las masas de hielo desaparecieron por completo, pero dejaron su rastro tras de sí formando una variedad de geoformas entre las cuales encontramos:

Valle glaciar.

Estas unidades geomorfológicas se forman por los procesos abrasivos del hielo, a partir del movimiento de una lengua glaciar cuesta abajo por acción de la gravedad. A medida que el hielo se desliza desprende pedazos de rocas y materiales que quedan suspendidos en la base

del hielo, generando una presión y fricción en el sustrato rocoso que se comporta como una retro excavadora, socavando su propio lecho, finalmente deja una superficie plana alargada con paredes abruptas, al conjunto de estas geoformas se denomina valle glaciar. En el área de estudio se identificaron 2 valles glaciares. Estos se extienden en promedio desde la cota de los 3250 m.s.n.m. hasta los 3550 m.s.n.m. aproximadamente. La mayoría están orientados hacia el oriente.

8.6.4 Cobertura de la tierra

La cobertura de la tierra hace alusión a la cubierta de la superficie terrestre incluyendo no solo la parte vegetal, sino también elementos antrópicos, cuerpos de agua, afloramientos rocosos, entre otros. Para el área de estudio, estas unidades se identificaron de acuerdo a los criterios de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia desde el año 2007, a partir de la cual se establece como unidad mínima de mapeo 1,6 ha para una escala de trabajo 1:50.000. Este parámetro sirve para determinar cuáles unidades se identifican y cuáles no, a excepción de aquellas que se consideraron muy importantes por sus características ecosistémicas, y que se tuvieron en cuenta independientemente de su extensión, tal como se verá más adelante.

El área de estudio si bien está ocupada en su gran mayoría por vegetación natural, hacia el flanco occidental Norte presenta Áreas Agrícolas con un mosaico de pastos y cultivos y pastos enmalecidos, rasgos de intervención al interior de la cobertura boscosa, donde se observan parches de pastos y cultivos dispersos con una extensión en promedio de una hectárea. Estas áreas han sido aprovechadas principalmente para la extracción de carbón vegetal o la instauración temporal de cultivos de papa, la información es tomada de los estudios de Plan de Ordenamiento Territorial 2017 exponciadas a un nivel 3 en la Metodología Coriland Cover.

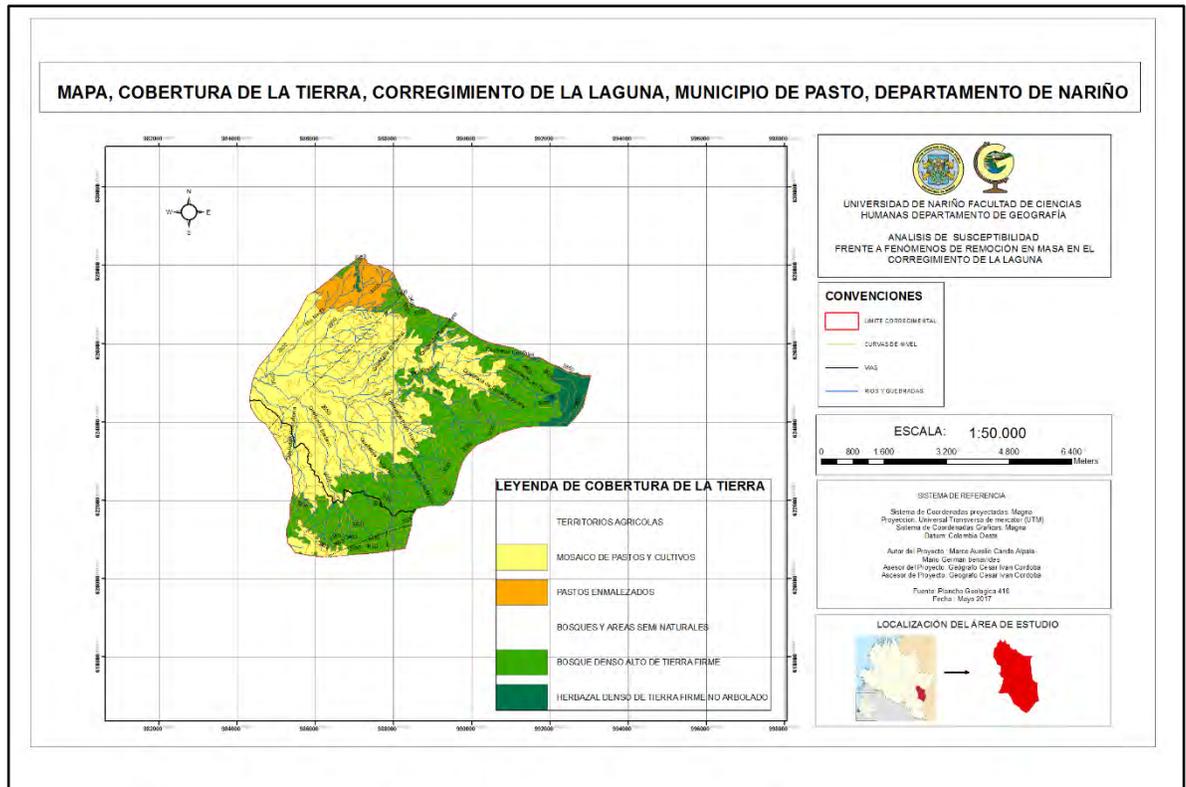


Figura 8. Mapa Cobertura de la Tierra para el Corregimiento de la Laguna Nivel 3

Tabla 5. Clasificación de Cobertura del Corregimiento de la Laguna según la Metodología Coriland Cover 2007, Fuente POT.

NIVELES DE COBERTURA DE LA TIERRA EN EL ENTORNO AL CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA			
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Area (Ha)
TERRITORIOS AGRICOLAS	PASTOS	PASTOS ENMALEZADOS	164
BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	BOSQUE DENSO	BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME	7
BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	AREAS CON VEGETACION HERBACEA Y/O ARBUSTIVA	HERBAZAL DENSO DE TIERRA FIRME NO ARBOLADO	111
BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	BOSQUE DENSO	BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME	1436
TERRITORIOS AGRICOLAS	AREAS AGRICOLAS HETEROGENEAS	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1879

Territorios agrícolas.

Dentro de los cultivos, se identificaron los cultivos de Papa Principalmente y plantas ornamentales como mora Y fresa en Invernadero. Dentro de la zona de estudio los territorios agrícolas ocupan el 2043 Ha, las cuales están localizadas hacia el flanco occidental Norte del Corregimiento de la Cocha, en límites con la vegetación boscosa. Esta categoría, está relacionada principalmente con áreas Pasto enmalecidos y de pastos y cultivos, los cuales en su mayoría se identifican en conjunto, puesto que de manera individual no cumplen con la unidad mínima de mapeo.

Mosaicos de pastos y cultivos.

Constituyen una unidad identificada dentro del entorno local con un área total de 11879.3 Ha., los cuales se localizan principalmente en el flanco occidental del área de estudio. Este

tipo de cobertura tiene un uso agropecuario, puesto que hace referencia a pequeñas parcelas con cultivos y áreas de pastos. Hacia el suroccidente del entorno se caracterizan por presentar espacios naturales asociados a vegetación arbustiva y adicionalmente cercas vivas que marcan el límite de los predios, mientras que hacia el nororiente se encuentran árboles plantados como ciprés, aliso o pino utilizados para secar el suelo y poder instaurar posteriormente cultivos o destinar estas áreas para pastos.

Pastos Enmalezados.

Esta cobertura incluye pastos con especie arvenses (consideradas por algunos productores como malezas para el cultivo principal), son frecuentes estas asociaciones debidas principalmente a la falta de escasas prácticas de manejo que permiten el crecimiento de las especies distintas del pastizal, cubriendo un total de 164.4 Ha del área total de estudio, ubicados en el flanco norte del área con pendientes que van desde los 50 a 75 % que corresponden a la clasificación de IGAC 2016 como Moderadamente escarpada o moderadamente empinada.

Bosques y áreas Seminaturales.

Esta categoría abarca las coberturas más resistentes a presentar susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa, incluye las áreas con vegetación boscosa y paramuna. Coberturas que actualmente se ven afectadas por procesos de ampliación de la frontera agrícola, carboneo y extracción de madera, la categoría de Bosque Denso Alto de Tierra Firme representa la segunda extensión en orden de Coberturas de Suelo con un área equivalentes a 1.444 ha; seguidos de los herbazal denso de tierra firme no arbolados que tienen un área de 112 ha.

Bosque denso alto de Tierra Firme

Esta unidad de cobertura se localiza principalmente sobre laderas levemente escarpadas y

laderas moderadamente escapadas, ubicadas hacia el sur oriente del área de estudio. Esta cobertura, se discrimina en bosque denso alto y bajo dependiendo de la altura de los árboles.

Para el área de estudio, al interior de esta unidad hoy en día se encuentran parches pequeños de pastos o cultivos que muestran procesos de colonización en busca de nuevas tierras productivas, aprovechando a su vez el material vegetal removido para obtener leña y carbón.

Herbazal denso de Tierra Firme no arbolada

Esta unidad representa el área más pequeña en cuanto a cobertura de la tierra, la extensión en la zona ocupan el 11% del área total de la misma. Esta categoría incluye coberturas de herbazal y arbustal, dentro de los que se identificó la vegetación conocida como subpáramo y páramo ubicados la Mayoría en el Valle glaciar, alberga diversa flora y fauna, altitudinalmente está entre los 3300 y 3600 m.s.n.m. Este tipo de cobertura se ve expuesta a procesos de intervención antrópica como por ejemplo, el asentamiento de población, han contribuido significativamente para la ampliación de la frontera agropecuaria en estas áreas.

8.7 Fase 4. Ponderación de las variables por la susceptibilidad y generación de mapas.

8.7.1 Generación de mapa de susceptibilidad en Geología

La elaboración del mapa de susceptibilidad por Fenómenos de remoción en masa se desarrollaran a partir de la ponderación dada por el análisis en cada campo, se discrimina los materiales geológicos por el tipo de rocas las cuales presentan características que definen el grado de susceptibilidad del material a los movimientos de masa. En su composición litológica se puede encontrar materiales meteorizado, material con baja y moderada resistencia al corte, consistencia poco firme, permeabilidad moderada a baja. Por tanto, materiales poco cementados, con tamaños de grano fino (limo-arcilla o arenas limo-arcillosas), o de un amplio rango granulométrico son litologías más propensas al deslizamiento

Cabe anotar que se utiliza un rango de calificación frente a la susceptibilidad de 1 a 5 donde 1 se encuentra en un nivel bajo de susceptibilidad y así sucesivamente hasta 5 el cual es un grado alto de susceptibilidad, a continuación presentamos la calificación estándar propuesta por nuestra metodología de trabajo de los ítems que se utiliza para la calificación de variables.

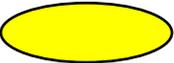
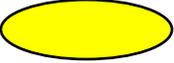
Tabla 6. Ítems para la calificación de las variables Geológicas.

Peso	Criterio	Color
1	Baja	
2	Medio Bajo	
3	Medio	
4	Media Alto	
5	Alta	

Para la clasificación geológica se utilizó la metodología de valoración de parámetros de susceptibilidad litológica de la Universidad de Cuenca en México en desarrolla esta

metodología de acuerdo a la humedad relativa de cada material y su resistencia frente a irritación de sísmica, remoción de la vegetación o inundación parcial, fue adaptada a el área de estudio discriminada de la siguiente forma.

Tabla 7. Calificación de variables Geológicas del Área de Estudio, Fuente esta Investigación.

GEOLOGÍA DEL CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA			
TIPO	PESO	COMPOSICIÓN	COLOR
Lavas y Cenizas (TQvlc) + Depósitos Glaciares y Fluvio Glaciares (Qsgf)	5	(TQvlc) lavas de composición andesítica perteneciente a la serie calcoalcalina.	
		(Qsgf) gravas y brechas que están asociadas a campos morrénicos de diferente tipo.	
Avalanchas ardientes y de escombros (TQva)	3	(TQva) Tobas de lapilli y aglomerados a partir de emisiones volcánicas	
Lluvias de Ceniza (Qvc)	2	(Qvc) depósitos sedimentarios como gradacion, compuesta por vidrio, biotita, plagioclasa, hornblenda, cuarzo, feldespato potásico.	
Lavas y Cenizas (TQvlc)	2	(TQvlc) lavas de composición andesítica perteneciente a la serie calcoalcalina.	

El mapa Geológico frente a fenómenos de remoción en masa nos arroja un nivel alto, que va desde un nivel 5, 3 y 2 discriminados como valores altos a la susceptibilidad de los materiales que lo componen, por ejemplo en el caso de áreas cubiertas por lavas y cenizas se determinó que este tipo de material presenta un diaclasa miento durante el periodo de enfriamiento y este tipo de fractura miento puede ser un factor detonante para que estos materiales presenten fenómenos de Remoción en masa, ahora bien esta unidad se compone por depósitos glaciares y fluvio glaciares los cuales son muy recientes y cuando se localizan en zonas de alta pendiente como es el caso de nuestra cobertura pueden padecer al fenómeno, en el flanco oriental presentan formas como morrenas laterales y terminales las cuales no se encuentran masificadas debido a la escala mínima de mapeo, pero pueden ser un factor de los fenómenos de remoción en masa, por esta razón esta área recibe un peso de 5 en Susceptibilidad Alta.

Las lluvias de ceniza están en un peso 2 de característica medio bajo puesto que son áreas con un relieve ondulado ligeramente suavizado, con pendientes poco significativas correspondiendo geomorfológicamente a Lomeríos con coberturas de pastos y cultivos, dando una baja susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa, ahora bien respecto a las avalanchas ardientes y de escombros se le da un nivel 3 de susceptibilidad ya que esta área se encuentra en una zona escarpada, todas las ponderaciones o peso asignado se toma independientemente del área que cubre ya que no es un factor que influya en el tipo de estudio.

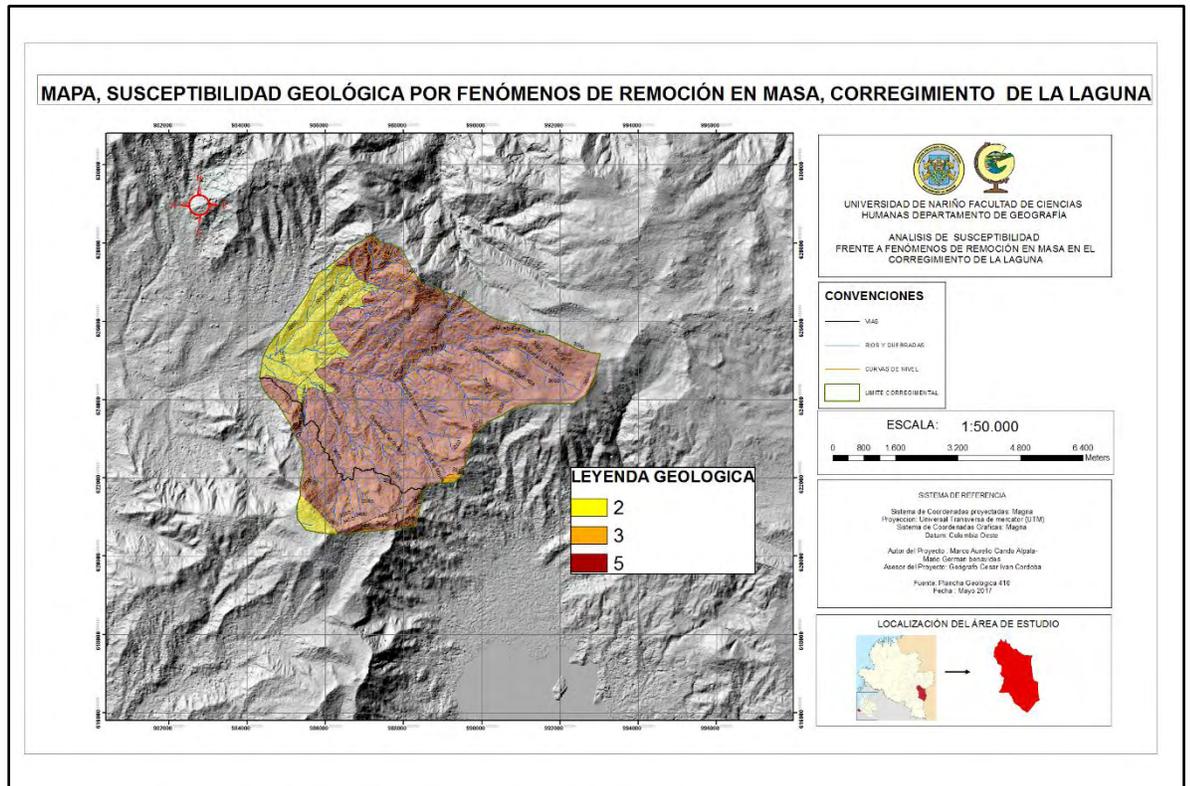


Figura 9. Mapa de susceptibilidad geológica por fenómenos de remoción en masas en el corregimiento de la Laguna, Fuente elaboración Propia.

8.7.2 Generación de mapa de susceptibilidad por Pendiente.

Para este proceso se toma en cuenta todo los parámetros dados por IGAC en cuanto a la clasificación de la pendiente de acuerdo a el grado de inclinación, para la la ponderación de la Susceptibilidad a fenómenos de Remoción en Masa, se procede con la clasificación de las pendientes según los criterios de análisis; las pendientes entre los valores 1 a 10 donde 10 debería ser alta susceptibilidad y la pendiente entre el porcentaje 0-1% sería de baja susceptibilidad, se realiza una tablas de clasificación, donde su función primordial es obtener la información trascendental, que ayude a enlazar los datos por variable, determinar las áreas de afectación y poder representar en el mapa.

Se desarrolla una reclasificación por peso a ser susceptible en el tipo de pendientes utilizando la tabla de Peso expuesta a continuación.

Tabla 8. Reclasificación

Peso	Criterio	Color
1	Baja	
2	Medio Bajo	
3	Medio	
4	Media Alto	
5	Alta	

Las Pendientes resultantes del área de Estudio y su ponderación según la Metodología: las pendientes discriminadas entre el 12-25% ponderada a un nivel 2 es media baja la susceptibilidad a fenómenos de Remoción en masa, la segunda clasificación va representada por los rangos entre 25-50% con una ponderación de 3 donde está es medianamente susceptible a los fenómenos de remoción en masa con sus relieves Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, La tercera categoría ponderada a un nivel 4 se encuentre entre un 50-75% esta área es medianamente alta y la última categórica calificada con pendientes Fuertemente escarpada o fuertemente empinada se le otorgo una calificación de Alta susceptibilidad a los deslizamientos, claro que depende de otros detonantes como la lluvia, consistencia y cobertura, Geología, geomorfología etc.

Tabla 9. Pendientes del are de estudio

Descripción	Porcentaje	Peso	Color
Fuertemente inclinada	12-25%	2	
Ligeramente escarpada o ligeramente empinada	25-50%	3	
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50-75%	4	
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	75-100%	5	

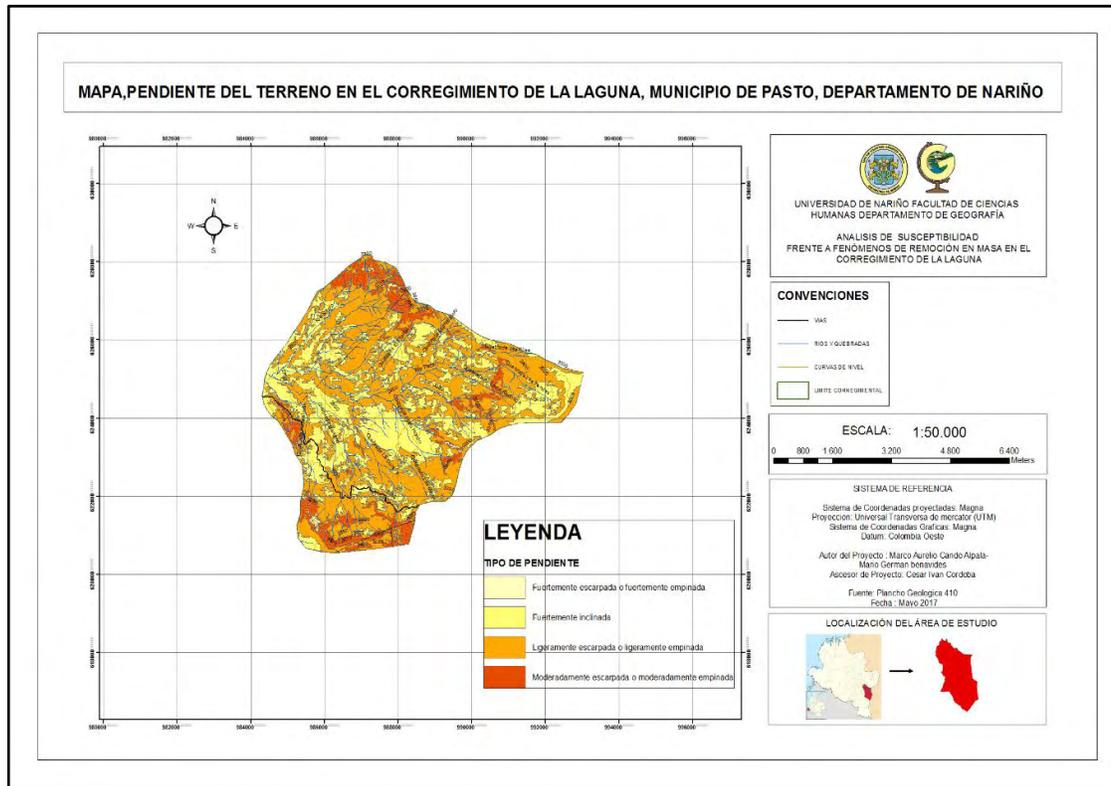


Figura 10. Calificación de variables de Pendiente del Área de Estudio, Fuente esta Investigación.

Como Primer Resultado se obtiene el Mapa de pendiente del área en formato vector. Figura No 7. Mapa de Pendiente del Terreno en el corregimiento de la Laguna, Fuente elaboración Propia.

Mediante la implementación de peso por las características del grado de inclinación y el porcentaje según la clasificación IGAC 2016 antes expuesta en la tabla No5 obtenemos como resultado el siguiente mapa de pendientes, el cual está dado por el peso de Susceptibilidad, este mapa se convierte en formato Raster con dominio del peso asignado anteriormente en la a cada variable de pendiente esto se desarrolló mediante la clasificación de la tabla de atributos del mapa en el Programa Arcgis 10.4.1.

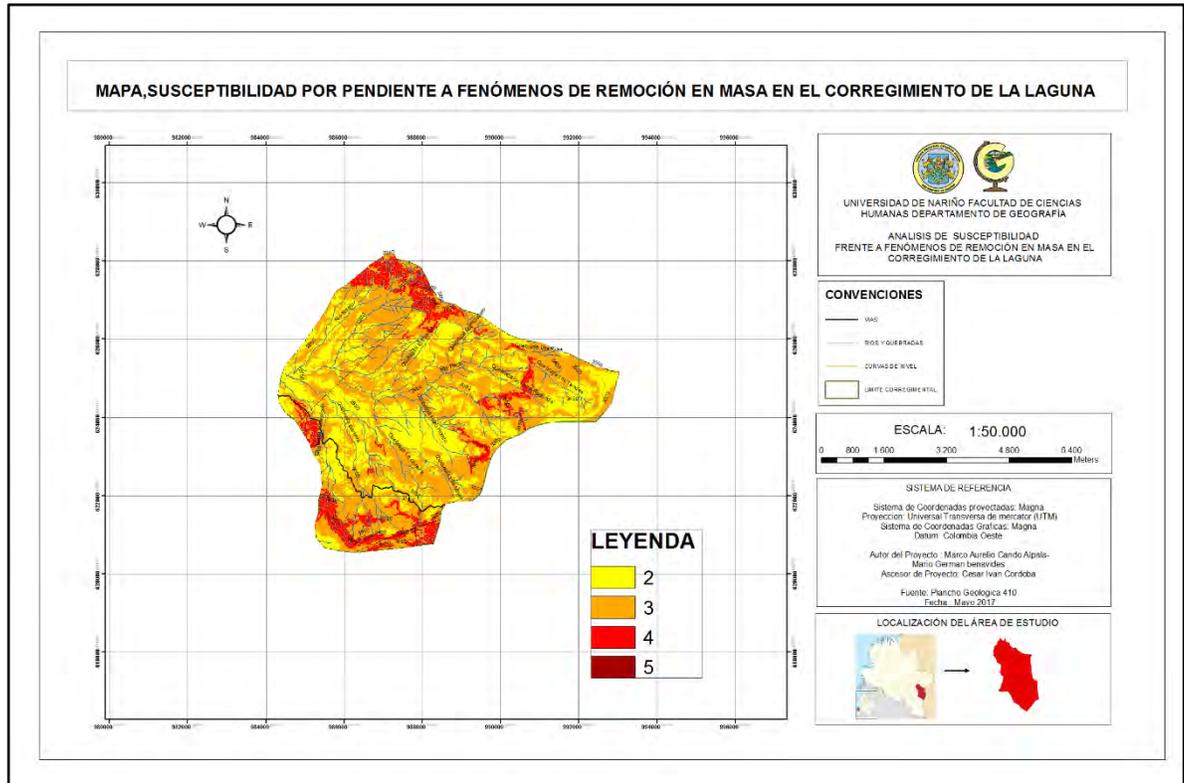


Figura 11. Mapa de susceptibilidad de Pendientes del terreno por fenómenos de remoción en masas en el corregimiento de la Laguna, Fuente elaboración Propia.

8.7.3 Generación del mapa de susceptibilidad de cobertura de la tierra

Para la adaptación y la respectiva delimitación de las diferentes unidades expuestas en la leyenda del mapa de uso y cobertura de la tierra en la metodología Corine Land Cover la cual nos expone unidades con una unidad mínima de mapeo 25 has. y en elementos lineales 50 m para escalas de 1:100.000; además de que la información base del plan de Ordenamiento territorial del Municipio de Pasto año 2016 esta tomada a una escala de 1:25.000 se readaptar y reclasificar todas las coberturas que posee el área de estudio, con una unidad mínima de mapeo de 6,5 Ha. Ya que la escala de trabajo es de 1:50.000.

Para la ponderación de peso de las Variables de cobertura se utilizó la tabla expuesta en las otras unidades, con cinco valores de Susceptibilidad.

Tabla 10. Ponderación

Peso	Criterio	Color
1	Baja	
2	Medio Bajo	
3	Medio	
4	Media Alto	
5	Alta	

La aplicación de este peso a las variables discriminadas y clasificadas en el análisis de cada una, nos da como resultado la siguiente Tabla.

Tabla 11. Ponderación de los tipos de cobertura en el área de estudio, fuente elaboración Propia

Ponderación del Tipo de Cobertura de la tierra para el Corregimiento de la Laguna		
Nivel 3	Peso	Color
Pastos enmalezados	4	
Bosque denso alto de tierra firme	2	
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	2	
Bosque denso alto de tierra firme	2	
Mosaico de pastos y cultivos	3	

Como Resultado Cartográfico obtenemos una agrupación de coberturas en tres clases, agrupadas por el grado de susceptibilidad que estas áreas tienen, se concluye que el área de mayor susceptibilidad se ubica en el flanco norte del área de estudio y que las áreas menos susceptibles se encuentran ubicadas en el lado oriental donde se encuentran pendientes pronunciadas y alturas entre los 3100 y los 3600 msnm. Las áreas menos susceptibles están en el flanco occidental donde se ubica frontera urbana que corresponde a un Mosaico de Pastos y Cultivos, este Mapa se transformamos en formato Raster lo cual genera una facilidad para el cruce final de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa, a través de la algebra de mapas.

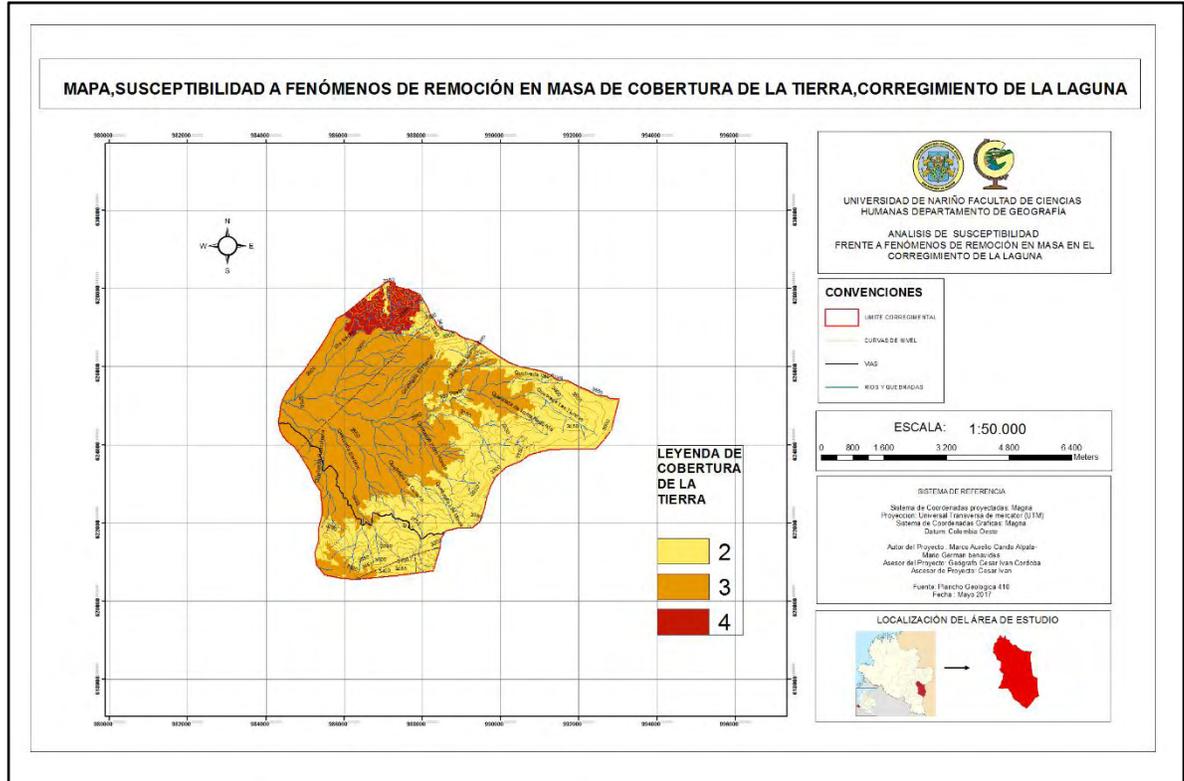


Figura 12. Mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción de la Cobertura de la tierra en el corregimiento de la Laguna, Fuente elaboración Propia.

8.7.5 Generación de mapa de susceptibilidad por Geomorfología.

Para estimar la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa se retomó la ponderación de peso aplicada para cada variable que se ha aplicado a el análisis en toda la metodología del estudio, donde el valor mas alto es de cinco que estima áreas con mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, se emplea una serie de colores enmarcados en los estudios de susceptibilidad y su representación cartográfica de acuerdo a los niveles de exposición de cada campo a ser susceptible a Fenómenos de Remoción en masa, a continuación presentamos la tabla base para la ponderación de las variables Geomorfológicas.

Tabla 12. Tabla base para la ponderación de las variables Geomorfológicas.

Peso	Criterio	Color
1	Baja	
2	Medio Bajo	
3	Medio	
4	Media Alto	
5	Alta	

Para la discriminación de estas variables geomorfológicas, se tuvo en cuenta el documento fuente guiado por el factor pendiente el cual asociado a el tipo y origen de las unidades geomorfológicas nos da un Peso significativo característico en cada una de las variables geomorfológicas, esta variable nos da una apreciación más clara y detallada de las formas del relieve que se presenta en la zona de estudio y nos da los indicio claros de la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

La ponderación de variables entorno a la geomorfología característica de la zona de estudio son:

Tabla 13. Ponderación de la Geomorfología del área de estudio, fuente elaboración Propia

GEOMORFOLOGÍA DEL CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA		
TIPO	Peso	Color
Valle glaciario	3	
Laderas levemente escarpadas	1	
Laderas moderadamente escarpadas	3	
Laderas fuertemente escarpadas	5	
Lomeríos	2	

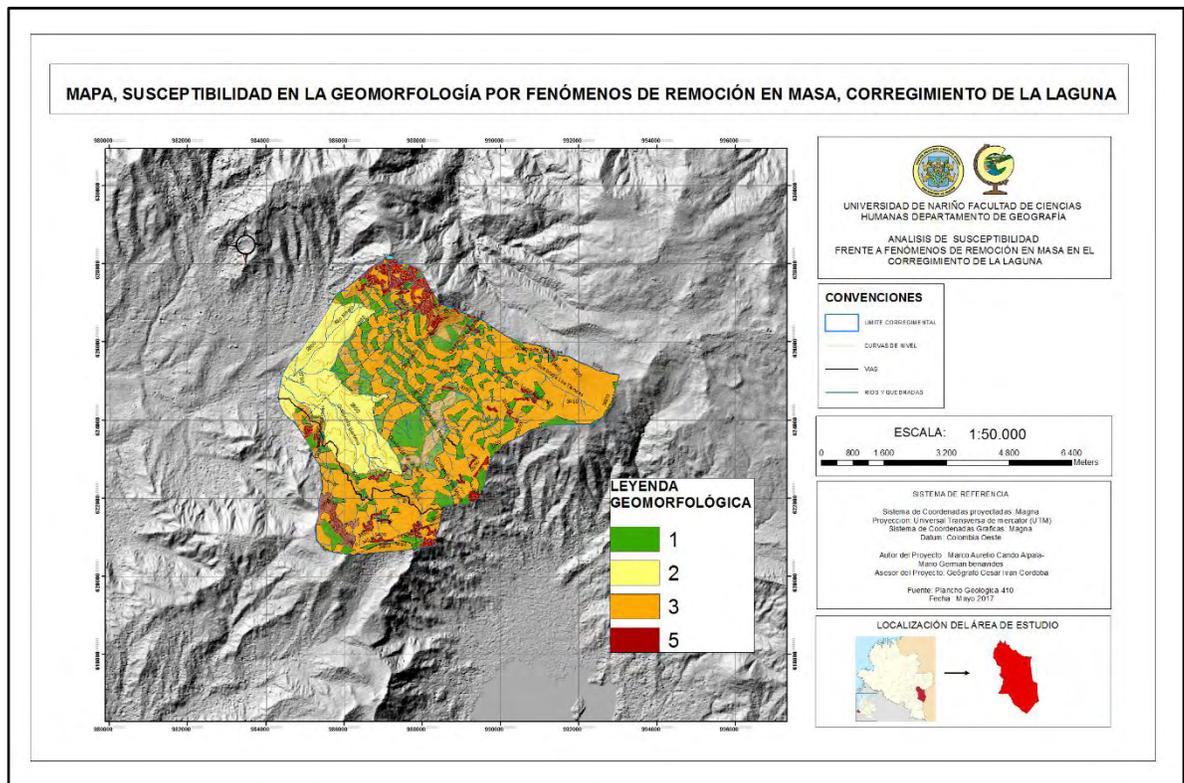


Figura 13. Mapa de susceptibilidad geomorfológica por fenómenos de remoción del corregimiento de la Laguna, Fuente elaboración Propia.

8.8 Generación del mapa final de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de la laguna

Para estimar la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa se desarrolló una ponderación final frente a cada elemento evaluado con anterioridad, estableciendo porcentajes para cada indicador, nos presenta un 100% en la suma de las cuatro variables analizadas, desde la geomorfología, la pendiente, la geología y la Cobertura, todo esto con el fin de que se desarrolle el método de algebra de mapas, el cual funciona en valor de cada pixel dándole un valor desde cada variable hasta llegar a los indicadores que al cruzarse dan como resultado el mapa de Susceptibilidad por fenómenos de remoción en Masa, a continuación presentamos los grados de Porcentaje dados por el análisis y las metodologías estudiadas para la identificación de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa.

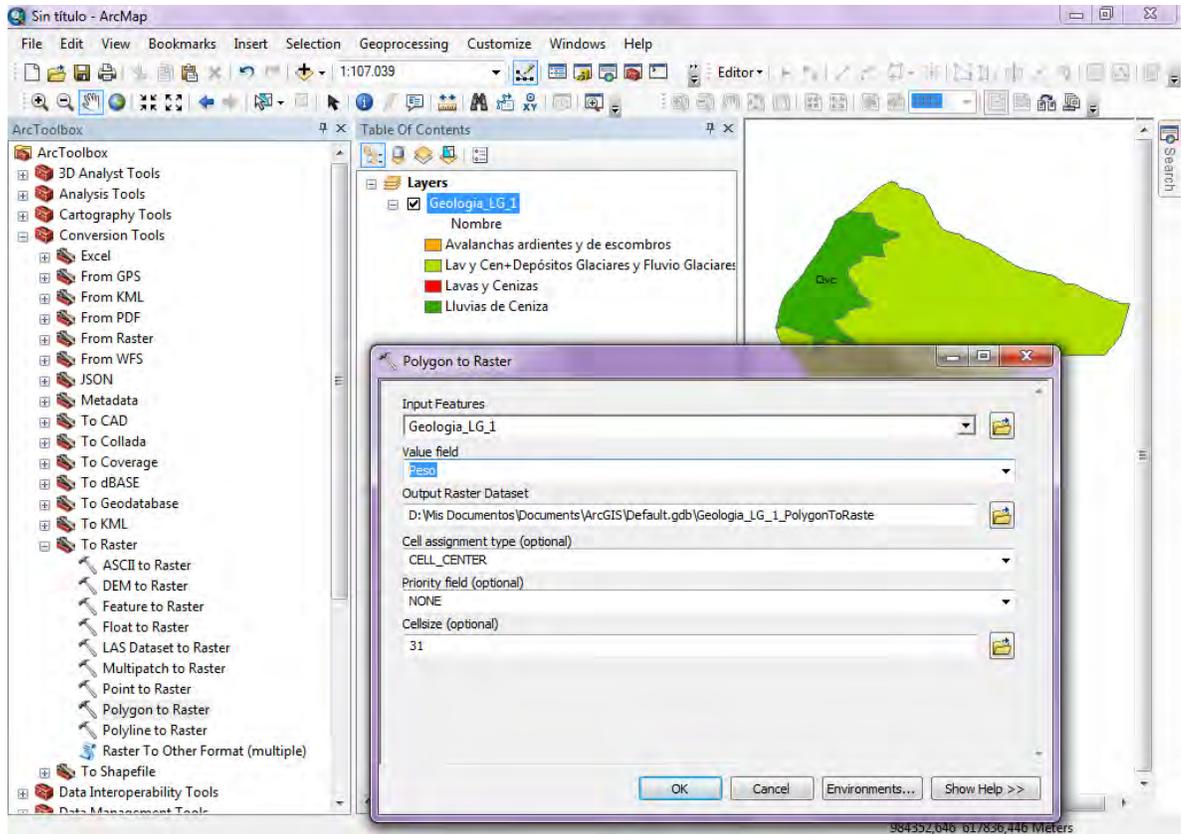
Tabla 14. Ponderación de las variables para la elaboración final del mapa de susceptibilidad, fuente elaboración Propia

INDICADOR	PESO (PORCENTAJE)
GEOLOGÍA	20 %
GEOMORFOLOGÍA	24 %
PENDIENTE	36 %
COBERTURA DE LA TIERRA	20 %
TOTAL	100 %

Asignados los porcentajes a cada indicador se procede al cálculo del mapa final de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa, el peso que se otorgo es el resultado de todo el análisis cartográfico y geográfico de cada cobertura, el proceso se discrimina de la siguiente forma.

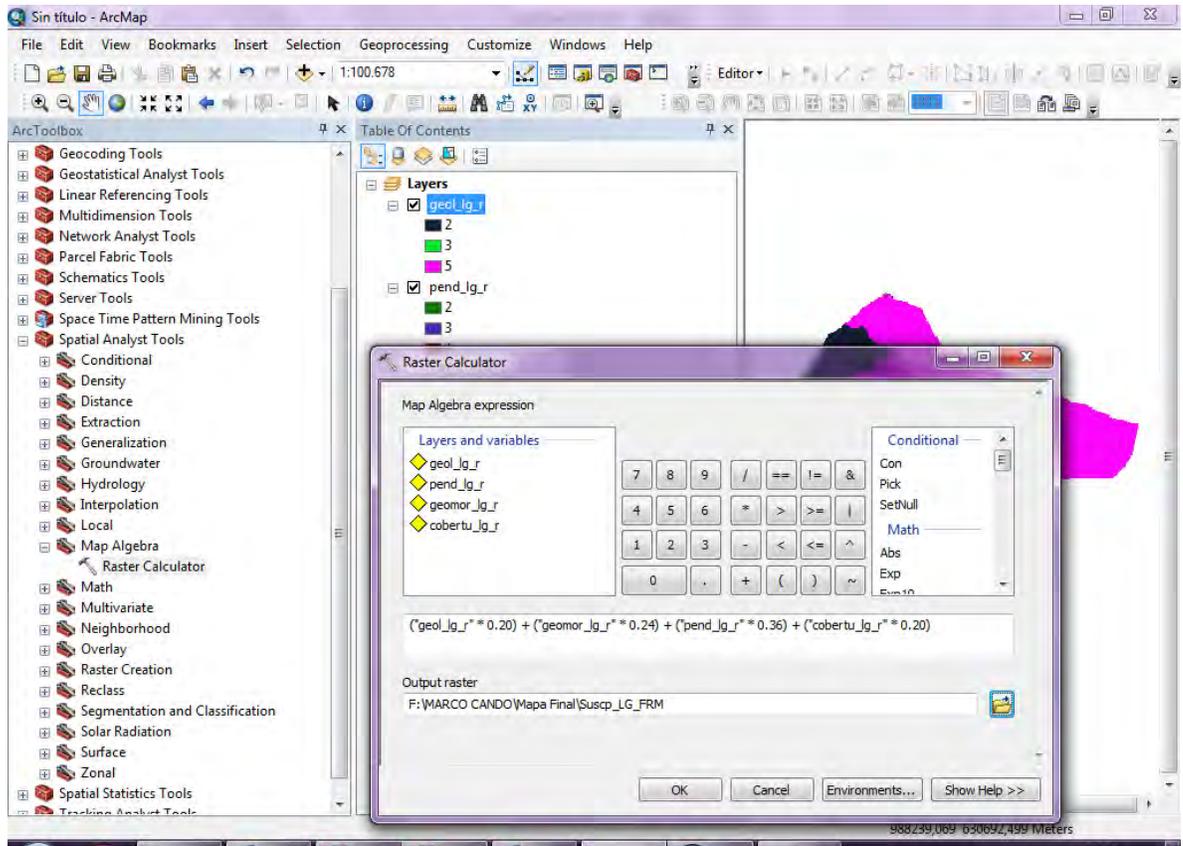
- Teniendo en cuenta los mapas de geología, cobertura, geomorfología y pendiente se han discriminado por un valor de 1 a 5 en cuanto al grado de susceptibilidad por los factores que componen cada indicador como es su litología, el grado de inclinación de la pendiente, la cobertura más resistente a desplome, y las estructuras más resistentes a el desmoronamiento etc.,
- Se procede a transformar cada mapa de susceptibilidad a formato raster para obtener un estado más preciso y matemático de cada elemento en el mapa, puesto que los resultados obtenidos en un principio fueron en un formato vector a estos se les asigno un valor de peso que mediante ala conversión a raster se desarrolló en función de ese peso para el resultado del mapa ponderado con la susceptibilidad Propuesta, cabe decir que todo el proceso de

mapificación y desarrollo del proyecto se realizó en el software Arcgis 10.4 a través de la herramienta Conversión Tools de Polígono a Raster.



- Este Procedimiento se tomó para cada Variable siguiendo con la Pendiente, la geomorfología y la cobertura, después de todo este proceso se continua con el cruce de los cuatro mapas en formato raster a través de la herramienta Raster Calculador, en la que se establece una fórmula para el cálculo de la susceptibilidad en función de su porcentaje.
- Fórmula para calcular la susceptibilidad total del Corregimiento de la laguna.

$$("geol_lg_r" * 0.20) + ("geomor_lg_r" * 0.24) + ("pend_lg_r" * 0.36) + ("cobertu_lg_r" * 0.20)$$



- El mapa resultante de este Proceso se reclasifica a través de la herramienta Reclassify para generar los cinco valores de ponderación que se ha utilizado durante toda la metodología que se encuentra uno es la ponderación baja, 2 con ponderación media baja, 3 con ponderación media, 4 con ponderación media alta y 5 con ponderación alta a ser susceptible por fenómenos de remoción en masa.

Tabla 15. Variables de ponderación

Peso	Criterio	Color
1	Baja	
2	Medio Bajo	
3	Medio	
4	Media Alto	
5	Alta	

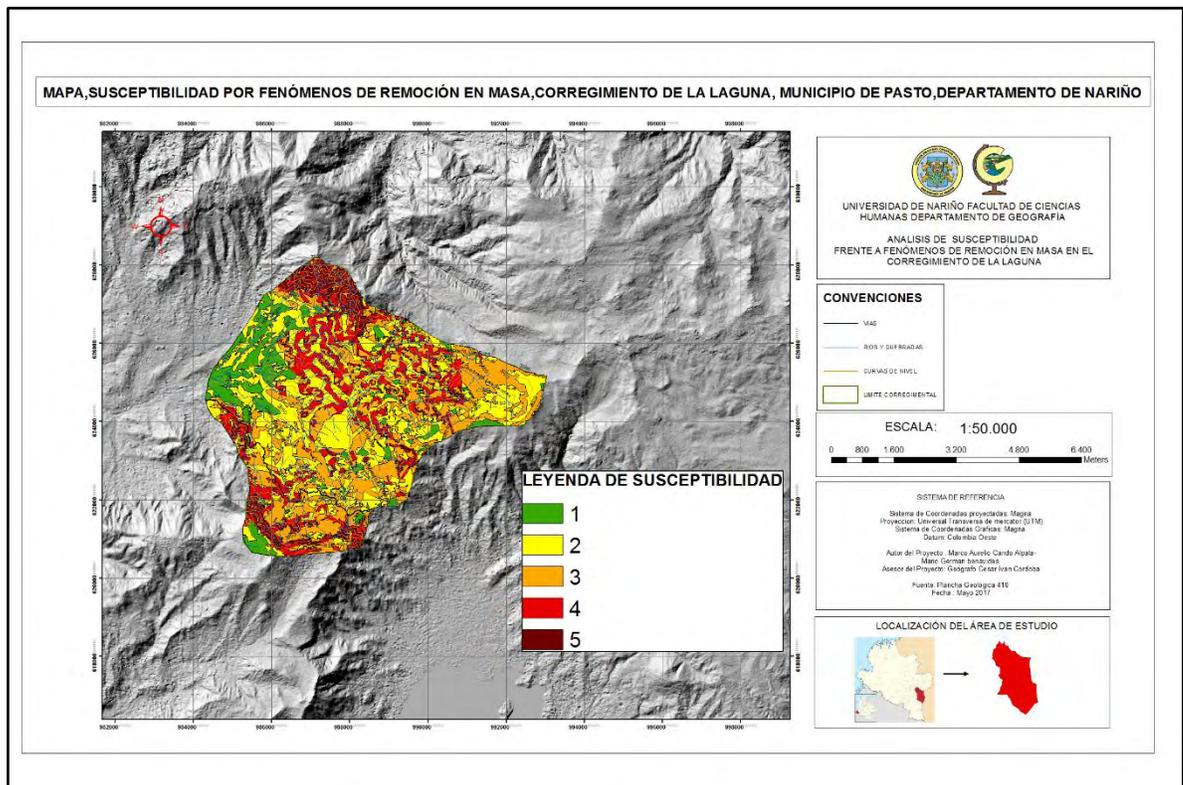


Figura 14. Mapa susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa

En este estudio se consideró incluir la geología, geomorfología, pendientes y la cobertura de la tierra, cuya relación define los valores de la susceptibilidad. Esta relación es expresada en valores ponderados los cuales se derivan en la definición de los temáticos utilizados para este análisis final, sin embargo la preferencia más importante para el análisis de susceptibilidad está fuertemente ligada a las pendientes y la geología, ya que son las variables que representan la dinámica, su evolución a través del tiempo geológico y de manera implícita determina la naturaleza y las propiedades de los materiales (suelo y roca) de las cuales se puede predecir, el comportamiento, estado y forma.

Después de aplicar la metodología del álgebra de mapas explicada anteriormente se obtuvo el mapa de susceptibilidad que se presenta en la siguiente imagen, representando por rangos la clasificación de la susceptibilidad como: baja, media baja, media, media alta y alta.

Susceptibilidad baja: se consideran zonas con geoformas de Lomeríos donde se despliega la frontera agrícola y así mismo la población rural, con valores de pendiente de 12 a 25 % , donde su composición litológica corresponde a rocas sedimentarias con resistencia extremadamente dura a dura. En estas áreas se pueden encontrar un Mosaico de pastos y cultivos y algún medio de preservación forestal, lo cual se considera como medio de preservación del suelo y no genera susceptibilidad a movimientos en masa.

Susceptibilidad Media baja: se consideran zonas de ladera con pendientes fuertemente inclinadas, con rangos entre 12 y 25 %, de composición litológica de rocas Volcánicas, con espesores de suelos residuales superiores a los 5 m, puede tener la posibilidad de ocurrencia de procesos de movimientos en masa tales como rotacionales.

Susceptibilidad media: se consideran zonas de ladera moderadamente escarpadas, litológicamente se expresan en rocas Volcánicas, existe la presencia de procesos erosivos hidrológicos los cuales generan sedimentación y la formación de terrazas las cuales no obtuvieron la unidad mínima de mapeo para ser cartografiadas e identificadas en los Mapas.

Susceptibilidad Media alta: se consideran zonas de laderas levemente escarpadas con rangos de 50 a 75 % de pendiente, litológicamente se originan en rocas que han sido altamente fracturadas, rocas duras con espesores grandes de suelo residual, o con presencia de depósitos fluvio glaciares de poca extensión; zonas propicias para la generación de procesos tipo flujo, caída de suelos y de rocas.

Susceptibilidad alta: se consideran zonas de laderas fuertemente escarpadas, con valores entre 75 y 100% de pendiente, se encuentran en el valle glaciar heredado, con zonas muy afectados estructuralmente debido a que son zonas muy recientes geológicamente, están han sido afectadas intensamente por procesos dinámicos hidrológicos y por ende existe presencia de depósitos coluviales de poca extensión, zonas propicias para la generación de procesos tipo flujo, caída de suelos y de rocas, presentando procesos erosivos, además de mal uso del suelo como la deforestación y el mal uso de prácticas agrícolas.

9. CONCLUSIONES

- Considerando el área a desarrollar, el presente estudio involucró información con las características propias de herramientas SIG para el manejo, procesamiento, análisis y publicación de la información geoespacial con que se contó en las diferentes temáticas plasmadas en el documento final.
- Las susceptibilidades altas en la zona de estudio corresponden principalmente a las zonas donde se encuentra sedimentación de origen Volcánica y las zonas con pendientes altas a muy altas.
- Se obtuvieron mapas temáticos para desarrollar el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, a los cuales se les asignaron valores de peso de manera subjetiva, con el fin de observar las zonas con menor riesgo en movimientos en masa.
- Los estudios de susceptibilidad a posibles fenómenos geológicos como lo son los movimientos en masa nos permiten estar un paso adelante en gestión del riesgo, se identifican sectores idóneos para que se presenten dichos eventos y de esta manera estamos generar conciencia a posibles desastres, igualmente contar con una organización más detallada de una zona o región.
- Los SIG nos permiten modelar infinidad de variables, ya que estos pueden procesar gran cantidad de información siendo una herramienta de alto valor que nos dejara plasmar en un solo mapa las características e información de varias temáticas.

BIBLIOGRAFIA

Benavente, F. (2006). Predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos basados en autómatas celulares. *GeoFocusArt*, 6, 81-113. Recuperado de http://geofocus.rediris.es/2006/Articulo4_2006.pdf

Chinchilla, J. (2015). Determinación de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en gramalote norte de Santander. Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7453/1/ChinchillaVallejoJuanDavid2016.pdf>

Caicedo, J y Ruiz, C. (2008) Propuesta de zonificación ambiental para la recomendación del uso del suelo rural y urbano con miras a un ordenamiento territorial del Municipio de Ancuya, Nariño. Pasto. *Universidad de Nariño*.

Castell, M. (1997) *Reestructuración Económica, Revolución Tecnológica, Y Nueva Organización Del Territorio*. Santiago de Chile.

Camargo, C. (2012) Aporte al concepto teórico de suburbano según la dinámica de producción urbana en el proceso de crecimiento de Bogotá hacia el primer anillo de periferia. Santa Fe de Bogotá. Recuperado de [file:///C:/Documents%20and%20Settings/German/Mis%20documentos/Downloads/VillalobosCamargoCarlosFernando2012%20\(1\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/German/Mis%20documentos/Downloads/VillalobosCamargoCarlosFernando2012%20(1).pdf)

Da Silva, J. Cardozo, O. Odriozola, J. y Bondar, C. (2013). USOS DEL SUELO: DISTRIBUCIÓN, ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG). Recuperado de: <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2013/ARTICULO-08-DA-SILVA>.

Flick U. (2007) *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata Paideia; p.89-109. Recuperado de:
http://investigacionsocial.sociales.uba.ar/files/2013/03/INVESTIGACIONCUALITATIVA_FLICK.pdf

García, R. (2009) *Crecimiento urbano y el modelo de ciudad*. Catalunya. Recuperado de:
http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11343/01_PROCEEDINGS_M1_04_0018.pdf

Calderón, Á. y Corredor, S. (2012). Los equipamientos urbanos como instrumentos para la construcción de ciudad y ciudadanía. *DEARQ; Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes*. Recuperado de:
https://www.redib.org/recursos/Record/oai_articulo177931-equipamientos-urbanos-instrumentos-construccion-ciudad-ciudadania

Hernández, A. Rojas, R. (2013) *Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá*. Cuadernos De Geografía | Revista Colombiana De Geografía | Vol. 22, n.º 2, del 2013. Recuperado de:
http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/viewFile/37024/pdf_282

Hernández, Y. (2010). El ordenamiento territorial y su construcción social en Colombia: ¿un instrumento para el desarrollo sustentable? *Territorialordaining and its social construction in Colombia: An instrument for sustainable development?*. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía*, (19), 97-109. Recuperado de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2010000100008&lng=en&tlng=es

Martínez, M.(1998) La investigación cualitativa etnográfica en educación. México. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102006000400020

Medrano, H.(2010)La participación en la plusvalía urbana como recuperación de costos de inversión e instrumento de redistribución de beneficios. *Instituto de Estudios Geográficos Guillermo Rohmeder*.Universidad de san Buenaventura, Santiago de Cali Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3947070>

Muñoz, D. Rodríguez, M.Romero, M. (2008) Analisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca las minas, corregimiento de la laguna, municipio de Pasto, Departamento de Nariño Recuperado de:<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5104161.pdf>

Organización de Naciones Unidas.ONU. (2000). Análisis Multitemporal, Recuperado de:<http://www.biesimci.org/SIMCI>

Osorio, F.Ramírez, F.y Valencia,I. (2000) El impacto de las variantes viales en los espacios económicos locales: casos Briceño y Caqueza, universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

República de Colombia. (1991) Constitución Política de Colombia .Recuperado de: http://www.procuraduria.gov.co/guiamp/media/file/Macroproceso%20Disciplinario/Constitucion_Pol%C3%ADtica_de_Colombia.htm

República de Colombia. (1993) Ministerio Del Medio Ambiente .Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

República de Colombia. (2002) Decreto 1729 Guía Técnica de Manejo de Cuencas. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5534>

República de Colombia. (1997) Ley 388 Ordenamiento Territorial. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

República de Colombia. (2007) Decreto 3600. Ordenamiento suelo Rural. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=26993>

Ruiz, V. Savé, R. Herrera, A. (2013) Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – *Ecosistemas Revista Científica De Ecología Y Medio Ambiente Issn* Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/814-2077-1-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/814-2077-1-PB%20(3).pdf)

Salas, S. y Durán A (2014) *Caracterización Del Uso Del Suelo En Las Principales Áreas Agrícolas De La Gran Área Metropolitana (Gam) De Costa Rica*. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43638524012>

Sanabria, J (2015) Modeling of land use/cover changes: prospective scenarios in the Estado de Mexico. Case study - Amanalco de Becerra. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 21, núm. Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/629/62941169001.pdf>

Santana, L Escobar, L. Capote, P. (2009). Dinámica de la ocupación del suelo en la ciudad de Cali, entre 1984 y 2003, usando imágenes de satélite Artículo Revista: *El Hombre y la Máquina Revista* <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47812225004>

UNESCO, (2014). La Investigación Urbana en América Latina Tendencias Actuales y Recomendaciones. Recuperado de <http://www.unesco.org/most/vallspa.htm>

Valdés, G. Osorio, E. Tobón, L. Zapata, M. (2015). LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL SUELO SUBURBANO DEL MUNICIPIO DE PEREIRA, ESTUDIO DE CASO Revista Luna Azul, núm. 40, enero-junio, pp. 240-259 Universidad de Caldas. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a16.pdf>

Vergés, F. Pérez, J. Bocco, G. (2008) *Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México Investigaciones Geográficas* Instituto de Geografía Distrito Federal, México. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56911125004>