



ESTUDIO DE
SUSCEPTIBILIDAD POR
MOVIMIENTOS EN
MASA EN EL ÁREA
ORIENTAL DEL
MUNICIPIO DE
SANTACRUZ
(GUACHAVÉS) A
ESCALA 1:25.000.
2018



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO
SUBDIRECCIÓN DE CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL
SUBCEA.

**ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA
ORIENTAL DEL MUNICIPIO DE SANTACRUZ (GUACHAVÉS). ESCALA 1:25.000.**



SAN JUAN DE PASTO, SEPTIEMBRE DE 2018

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO
SUBDIRECCIÓN DE CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL
SUBCEA.

EQUIPO GESTIÓN AMBIENTAL DEL RIESGO

ELABORÓ:

DAVID RICARDO SALAZAR GOYES
INGENIERO AGROFORESTAL

MARIO ALEXANDER GUERRERO ORTEGA
GEÓGRAFO PLANIFICADOR

DANIA SOFÍA VARONA BRAVO
GEÓLOGA

DIANA MARCELA CASTAÑEDA RÍOS
GEÓLOGA



SUPERVISÓ:

JUAN GUILLERMO DELGADO
GEÓLOGO

APROBÓ:

HERNÁN MODESTO RIVAS ESCOBAR
SUBDIRECTOR DE CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

SAN JUAN DE PASTO, SEPTIEMBRE DE 2018

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES	2
3	OBJETIVOS	4
3.1	Objetivo general.....	4
3.2	Objetivos específicos.....	4
4	METODOLOGÍA.....	5
5	CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES GEOAMBIENTALES DEL oriente del MUNICIPIO DE SANTACRUZ (GUACHAVÉS).....	7
5.1	GEOLOGÍA	7
5.1.1	GRUPO DAGUA Kmsv (Turoniano - Maastrichtiano):	7
5.1.2	GRUPO DIABÁSICO Kvs (Campaniano - Maastrichtiano)	8
5.1.3	DEPÓSITOS IGNIMBRÍTICOS N2Q1i (Plioceno - Pleistoceno).....	9
5.1.4	LAVAS AZUFRAL Q1la (0.58 +/- 3 m.a.).....	9
5.1.5	DEPOSITOS PIROCLÁSTICOS Q2dp.....	9
5.1.6	DEPÓSITOS GLACIARES Q1dg.....	10
5.1.7	DEPÓSITOS DE TERRAZAS Qt.....	10
5.1.8	DEPÓSITOS ALUVIALES Qal	10
5.1.9	GEOLOGÍAS ESTRUCTURAL	10
5.2	GEOMORFOLOGÍA.....	13
5.2.1	GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL.....	13
5.2.2	GEOFORMAS DE ORIGEN VOLCÁNICO	16
5.2.3	GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL.....	18
5.2.4	GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL.....	20
5.2.5	ORIGEN GLACIAL Y PERIGLACIAL.....	21
5.3	PENDIENTE.....	23
5.4	COBERTURAS DE LA TIERRA.....	25
5.4.1	BOSQUE FRAGMENTADO.....	25
5.4.2	PASTOS LIMPIOS	26
5.4.3	MOSAICO DE CULTIVOS, PASTOS Y ESPACIOS NATURALES	27
5.4.4	MOSAICO DE PASTOS CON ESPACIOS NATURALES.....	28
5.4.5	PASTOS ENMALEZADOS.....	29
5.4.6	MOSAICO DE CULTIVOS	29
5.4.7	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	30

5.4.8	VEGETACIÓN SECUNDARIA O EN TRANSICIÓN	30
5.4.9	ARBUSTAL.....	31
5.4.10	HERBAZAL.....	31
5.5	USO DEL SUELO	34
6	IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FENÓMENOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	36
6.1	Deslizamientos.....	36
6.2	Caídas.....	38
6.3	Reptación.....	38
7	ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.....	40
7.1	Susceptibilidad alta.....	40
7.2	Susceptibilidad media.....	40
7.3	Susceptibilidad baja.....	41
8	CONCLUSIONES.....	43
9	RECOMENDACIONES.....	44
10	BIBLIOGRAFÍA.....	45

Figura 1. Localización área de estudio.	3
Figura 2. Mapa geológico área de estudio municipio de Santacruz. Fuente Servicio Geológico Colombiano.	12
Figura 3. Geoformas: Sce (Cerro estructural), Slfe (Escarpe de línea de falla), Ses (Espolón) y Fta (Terraza de acumulación). Figura tomada de Google Earth.	14
Figura 4. Se muestra las unidades geomorfológicas: Ses (Espolón), Sce (Cerro estructural) y Slfe (Escarpe de línea de falla). Imagen tomada de Google Earth.....	15
Figura 5. Unidades geomorfológicas: Slf (Lomo de falla) y Vfp (Flujo piroclástico aterrazado)	16
Figura 6. Geoformas: Vfll (Flujo de Lava), Vmp (Manto de piroclastos), Vfle (Escarpe de flujo de lava), Deem (Escarpe de erosión mayor).	17
Figura 7. Geogformas Vfle (Escarpe de flujo de lava), Deem (Escarpe de erosión mayor), Vfll (Flujo de Lava), Vmp (Manto de piroclastos).....	17
Figura 8. Imagen tomada de Google Earth que muestra las geogformas: Vfp (Flujo piroclástico aterrazado) y Vfll (Flujo de Lava).	18
Figura 9. Se muestra las unidades geomorfológicas: Deem (Escarpe de erosión mayor) y Fpac (Planicie aluvial confinada). Imagen tomada de Google Earth	19
Figura 10. Unidades geomorfológicas: Deem (Escarpe de erosión mayor) y Fpac (Planicie aluvial confinada). Imagen tomada de Google Earth.	20
Figura 11. Unidades geomorfológicas: Fta (terrazza de acumulación) y Fpac (planicie aluvial confinada). Imagen tomada de Google Earth	21
Figura 12. Mapa Geomorfológico, del área de estudio del Municipio de Santacruz (Guachavés).	22
Figura 13. Mapa de pendientes, del área de estudio. Fuente IGAC 2012 y el presente estudio.	24
Figura 14. Mapa de Cobertura de la tierra, del área de estudio.....	33
Figura 15. Mapa de uso del suelo, del oriente del Municipio de Santacruz (Guachavés)	35
Figura 16. Esquema de deslizamiento rotacional (Tomado de Cruden & Varnes, 1996)..	37
Figura 17. Esquema de caídas de roca, (Tomado de USGS, 2004).....	38
Figura 18. Esquemas de reptación, según Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.	38
Figura 19. Mapa de inventario de movimientos en masa del área de estudio del Municipio de Santacruz.....	39
Figura 20. Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Oriente del municipio de Santacruz.....	42

1 INTRODUCCIÓN

A raíz de las catástrofes causadas por fenómenos naturales, el tema de las amenazas naturales ha cobrado una mayor importancia en el país desde hace algunos años, gracias al interés que ha manifestado la comunidad internacional por reducir la magnitud de las pérdidas que estos ocasionan. Los fenómenos de remoción en masa constituyen una de las causas más frecuentes de desastres en Colombia y son una amenaza cuya distribución o magnitud se deben conocer para mejorar el manejo de las zonas propensas a ellos.

La Corporación Autónoma Regional de Nariño, CORPONARIÑO, a solicitud del alcalde Municipal de Santacruz de Guachavés, se realizó un estudio de Susceptibilidad por Movimientos en Masa, teniendo en cuenta que este municipio se caracteriza por presentar puntos inestables; por las condiciones geológicas, topográficas y climáticas en la región. Como consecuencia de esto, se generan movimientos lentos de solifluxión, hundimientos, y deslizamientos que taponan las vías como ha sucedido entre Guachavés – Guamanchag, sobre la Quebrada La Honda, y entre Balalaica – Guachavés, donde también se tienen otras acciones o actividades no menos importantes de origen antrópico, como la explotación antitécnica de canteras a cielo abierto, las quemas y la tala indiscriminada del bosque natural, que contribuyen a acelerar los fenómenos erosivos y de sedimentación.

Para la elaboración del mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa, se utilizó el método estadístico bivariado, en el cual se establecen variables como Geología, Geomorfología, pendiente, cobertura de la tierra y uso del Suelo, como factores que condicionan la ocurrencia movimientos en masa. También se elabora un inventario de los diferentes procesos de remoción en masa, siendo este el insumo más importante para establecer la zonificación de la susceptibilidad a la ocurrencia de estos procesos. Una vez obtenida la cartografía de las diferentes variables y definido el inventario, en el lenguaje de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se realiza la superposición de las capas y de esta manera obtener la capa final de resultado de Susceptibilidad por movimientos en masa.

2 LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES

El municipio de Santacruz se encuentra localizado al centro del Departamento de Nariño, a 108 kilómetros de la ciudad de San Juan de Pasto, por la carretera pavimentada que conduce al municipio de Samaniego, hasta el corregimiento de Balalaica, de donde se continua en un tramo de aproximadamente 9 kilómetros hasta la cabecera municipal Guachaves.

El municipio de Santacruz tiene una altura promedio de 2250 m.s.n.m y su localización está delimitada entre la latitud $01^{\circ} 05' 40''$ - $01^{\circ} 12' 35''$, y longitud $77^{\circ} 37' 05''$ - $77^{\circ} 51' 00''$.

Orográficamente el municipio de Santacruz se localiza en las estribaciones de la Cordillera Occidental; zona de confluencia de las regiones Pacífica y Andina.

El municipio de Santacruz limita al Norte con el municipio de Samaniego, al Sur con el municipio de Sapúyes, al Oriente con los municipios de Túquerres y Providencia y por el Occidente con los municipios de Mallama y Ricaurte.

El municipio de Santacruz tiene una extensión de 53.400 hectáreas, que representan el 1.6% del total de la superficie del Departamento de Nariño, con una población aproximada de 24.886 habitantes (DANE 2011). Donde se encuentra los resguardos indígenas Etnia Awa Y Etnia de Los Pastos que representan el 11,27% y el 28,9% del total de la población del Municipio.

La elaboración del mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa, se realizó al este del Municipio de Santacruz abarcando un área de 6712.44 hectár, que incluye los corregimientos de Guachavés, Manchag, Santa Rosa, Piaramag y Balalaica, donde se han presentado la mayoría de procesos por remoción en masa. (Figura 1).

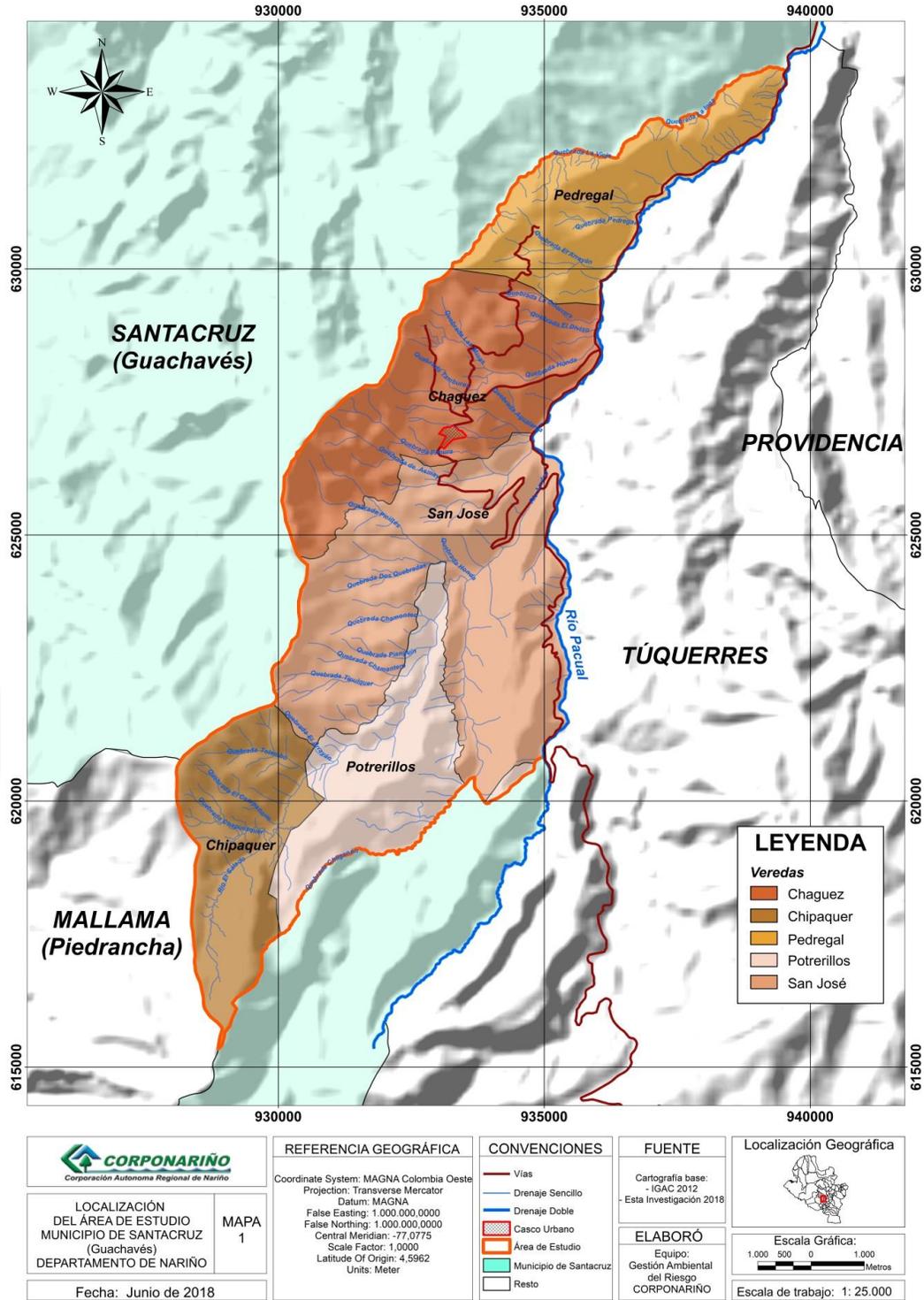


Figura 1. Localización área de estudio.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Generar el mapa de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa a escala 1:25.000 del oriente del Municipio de Santacruz de Guachavés, Departamento de Nariño, como insumo para realizar la evaluación y ajuste al Esquema de Ordenamiento Territorial en el tema de riesgo, amenaza y vulnerabilidad, con el fin de fortalecer el tema de prevención, atención de emergencias y mitigación de riesgos a nivel municipal.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, clasificar y realizar un inventario de los Fenómenos de Remoción en Masa que se presentan en el Municipio de Santacruz de Guachavés.
- Generar un mapa a escala 1:25.000 acompañado del informe final que sirva como insumo para articular los diferentes procesos de ordenamiento territorial y gestión del riesgo en el Municipio de Santacruz de Guachavés.

4 METODOLOGÍA

Para obtener el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, se empleó la metodología descrita en los protocolos de los POMCAS (que básicamente utiliza la metodología propuesta por el SGC a escala 1:25.000), la cual combina las variables: Geología, geomorfología, pendientes, cobertura de la tierra, usos del suelo e inventario de movimientos en masa.

La metodología utilizada para obtener el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para el área priorizada del Municipio de Santacruz, tiene en cuenta la Evaluación Espacial Multicriterio, que de acuerdo a Barredo 1996, se define como "un conjunto de operaciones espaciales para lograr un objetivo teniendo en consideración simultáneamente todas las variables que intervienen". Tomando en cuenta lo anterior, los Sistemas de Información Geográfica – SIG, se convierten en una herramienta fundamental para el tratamiento de la información.

Para desarrollar la metodología planteada inicialmente se recolectó información oficial de diferentes entes como el Instituto Agustín Codazzi- IGAC, Servicio Geológico Colombiano- SGC, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM, Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas-POMCA Guaitarra, y de la Corporación Autónoma Regional de Nariño- CORPONARIÑO, la cual se recolectó, analizó y se depuró, específicamente para el área de interés, con relación a las temáticas o variables ya definidas.

La información encontrada hace relación a formato digital y análogo, entre las cuales están, información cartográfica a escala 1:25.000 en formato shape, Modelos Digitales de Elevación (DEM), Coberturas de la tierra y usos de suelo.

Con el fin de verificar y complementar dicha información se llevaron a cabo salidas de campo en el área de estudio, donde se corroboró la cartografía a escala 1:25.000 de los aspectos tales como:

- Geología
- Geomorfología
- Cobertura
- Uso de Suelo
- Inventario de movimientos en masa

Entre los aspectos más relevantes de las temáticas a tratadas, se observó lo siguiente:

Geología, se tuvo en cuenta litología y rasgos estructurales, estado de meteorización de los materiales, resistencia y susceptibilidad a los procesos erosivos y rasgos topográficos.

Geomorfología, se observó la morfología del área de estudio y los diferentes procesos que modelan el relieve.

Coberturas de la tierra y usos de suelo, estados naturales y cómo influyen las diferentes actividades antrópicas en el entorno natural.

Por otra parte, en el inventario de puntos se identificó tres (3) tipos de movimientos en masa; Deslizamientos (Rotacional), Caída de roca y Reptación, los cuales se clasificaron y se describieron, con base en el “formato modificado para inventarios de movimientos en masa”, propuesto por el Servicio Geológico Colombiano, año 2012, teniendo en cuenta las características geológicas, geomorfológicas, pendientes, coberturas de la tierra y uso de suelo del área de estudio.

Con la información primaria y secundaria, y teniendo en cuenta las características del área de estudio, se procede a asignar diferentes pesos a las variables geoambientales que se utilizaron para realizar el presente estudio. La influencia de cada una de las variables se da en porcentaje, de la siguiente manera:

$$\text{Susceptibilidad} = (\text{Geomorfología } 35\%) + (\text{Geología } 15\%) + (\text{Coberturas de la tierra } 10\%) + (\text{Usos de Suelo } 10\%) + (\text{Inventario de Mov en Masa } 30\%)$$

En primera instancia, fue necesario hacer una reclasificación de la información en cada una de las capas o shapes, en su tabla de atributos, asignando a cada atributo un valor en escala de 1 a 3. Posteriormente, se identifica en la tabla de atributos cuantos elementos existen con el mismo valor, se suman dichos valores, se dividen por el total de atributos y se multiplica por el porcentaje dado a cada una de las variables geoambientales; este proceso permite estandarizar la información para cada una de las capas o variables; y por último, se suma el total de las variables utilizando el método álgebra de mapas, obteniendo el peso total para cada área del mapa de susceptibilidad, en formato *Raster (Pixel)*, para finalmente se categorizó la susceptibilidad del área de estudio en baja, media y alta.

5 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES GEOAMBIENTALES DEL ORIENTE DEL MUNICIPIO DE SANTACRUZ (GUACHAVÉS).

5.1 GEOLOGÍA

Dentro del análisis de las diferentes unidades geológicas observadas en el Municipio de Santacruz de Guachavés, se tomó a consideración las características descritas en la memorias realizadas por Ingeominas con base en la información de los mapas geológicos 428 Túquerres escala 1:100.000 (2002), y el Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Nariño; 1:250.000 (1980), y compilado por Jorge Luis Arango C. y Alvaro Ponce M.

La sucesión estratigráfica del municipio de Guachavés comprende rocas de diferentes edades, iniciando en el Cretácico con rocas conocidas en la literatura geológica, como el Grupo Dagua relacionado a un ambiente de dorsal oceánica o isla oceánica asociada y presente como rocas metavolcánicas (metabasaltos, metatobas y meta-aglomerados) y metasedimentitas (intercalaciones de metalimolitas, metachert, metagrawacas y algunos niveles de pizarras) en facies prehnita-pumpellita y esquisto verde; el Grupo Diabásico conformado por tres conjuntos litológicos Kv (lavas básicas, piroclastos y algunas intercalaciones sedimentarias, con metamorfismo en facies ceolita, prehnita-pumpellita y esquisto verde), Kvd (basaltos y diabasas, y esporádicas intercalaciones sedimentarias, con metamorfismo en facies ceolitas a esquisto verde) y Kvs, y las Rocas Ultramáficas del Chacaguaico, cuerpos pequeños de forma ovalada, compuestos por wehrlitas. (INGEOMINAS 2002).

La presencia y acción de volcanes como el Azufral, entre otros es muy importante en la dinámica y evolución del área de estudio. De acuerdo con estudios realizados, el vulcanismo Cenozoico de la Cordillera Occidental comenzó hace unos 4 o 5 ma y se ha prolongado por el tiempo hasta la actualidad; en coherencia con lo anterior, fueron estos eventos eruptivos los que modelaron principalmente la zona durante el Plioceno y el Cuaternario, acumulando espesas y extensas capas de material, modelando el área y generando sus principales rasgos fisiográficos.

El estilo estructural de la región es importante e igualmente complejo, pues predominan fallas de ángulo alto de dirección norte - noreste con una deformación notoria sobre la Cordillera Occidental producida por un proceso continuo de acreción – subducción. De esta forma las fallas, la estratificación y la esquistosidad tienen, en general, rumbo NE-SW y se encuentran tres sistemas principales de fracturas NE-SW, NW –SE y N-S. (INGEOMINAS 2002).

5.1.1 GRUPO DAGUA Kmsv (Turoniano - Maastrichtiano):

El Grupo Dagua fue definido por Nelson (1957), como una serie de filitas, calizas, areniscas, chert negro y pizarras silíceas que afloran por la vía Cali - Buenaventura. Está constituida por rocas siliciclásticas de composición areno – arcillosas y con aporte

volcánico, correlacionables con la Formación Espinal y la Formación Cisneros. Se distingue rocas como metalimolita, metadiabasa y metabasaltos. Además, metatobas aglomeráticas violáceas y metatobas verdes de grano fino, algunas redepositadas.

Localmente presentan estructura esquistosa, que define un posible metamorfismo dinamo-térmico de muy bajo grado o un metamorfismo dinámico, mostrando evidencias claras de cataclasis y ocasionalmente de milonización, cuya intensidad de deformación varía de acuerdo con la naturaleza de las rocas involucradas, y que estarían relacionadas al fallamiento. Este bloque está limitado al oriente por las Fallas Cauca-Patía y Aguada-San Francisco, pertenecientes al Sistema de Fallas Cauca – Patía.

Esta unidad geológica es la más extensa dentro del territorio municipal, aflorando como una franja alargada, restringida al sector norte y noroccidental de la cuenca hidrográfica del Río Guátara y comprende las vertientes de los ríos Telembí, Vargas y Cristal; haciendo parte de las veredas El Edén, La Ceiba, Chapital, Sabaleta, Campo Alegre, Claraval, Sande, Guadalito, El Madroño y Barazón.

5.1.2 GRUPO DIABÁSICO Kvs (Campaniano - Maastrichtiano)

El término litoestratigráfico de “Grupo Diabásico” ha sido utilizado en el sector meridional de la Cordillera Occidental para agrupar las rocas volcánicas básicas de afinidad oceánica y edad cretácica, y que localmente se intercalan tectónicamente con sedimentitas marinas de edades similares y agrupadas en el denominado “Grupo Dagua”, teniendo en cuenta la nomenclatura empleada en el mapa geológico de Nariño (Arango & Ponce, 1980).

Está conformada principalmente por secuencias volcano – sedimentarias de afinidad oceánica. Su litología incluye diabasas y andesitas porfiríticas, tobas aglomeráticas con intercalaciones de areniscas, calizas, limolitas y chert. Estas son masivas y son afectadas por un diaclasamiento con dirección y buzamientos variables con predominio de entre N30°E y E-W con buzamientos de unos pocos grados hasta verticales.

Morfológicamente no son claras las expresiones topográficas que permitan separar al Grupo Dagua del Diabásico, pues se encuentran intercalados o asociados a éste y su extensión regional es reducida, por lo cual, no es posible seguir sobre el terreno una geoforma particular, aunque en términos generales por su menor competencia y naturaleza lítica tienden a constituir formas más suaves que las de las rocas volcánicas a las cuales se relacionan, con drenajes paralelos a la dirección de los planos de estratificación predominante N10-30°E.

Esta unidad se localiza sobre la vertiente del Río Pacual, desde el Río Azufral hacia abajo, comprendiendo la población de Guachavés y las veredas El Arrayán, Piciltes, Corralina, San Martín, Manchag, Yascum, Cambueran, Inga, Chaguan, El Guabo, Puspan, y Peña Blanca.

5.1.3 DEPÓSITOS IGNIMBRÍTICOS N2Q1i (Plioceno - Pleistoceno)

Se trata de depósitos de flujos piroclásticos de bloques de ceniza y pómez consolidados o no, a veces con escorias o con éstas en lugar de pómez, provenientes de antiguas estructuras volcánicas; hacia la base predominan tobas soldadas y hacia el techo pómez de composición riodacítica. Estos depósitos se encuentran rellenando los valles de los ríos y son altamente resistentes a la erosión, lo cual explica su morfología actual. Se presentan como varias unidades de flujo donde es posible observar el contacto basal con rocas básicas del Grupo Diabásico.

Se diferencian dos niveles de depósitos ignimbríticos limitados lateralmente por escarpes semiverticales producidos por erosión intensa y disección adyacente a los drenajes que ocupan; estos drenajes son fácilmente identificables aun a grandes distancias, porque se encuentran cubiertos por eflorescencias blancas debidas a la acumulación de líquenes y musgos.

Sobre esta unidad se han labrado geoformas de valles profundos en V con montañas de cima plana que conforman lenguas tabulares y taludes casi verticales donde se observan estructuras columnares con columnas de hasta 70 – 100 m de altura. Su distribución y morfología indican que estas ignimbritas se formaron por avalanchas o flujos de material piroclástico provenientes del este.

Estos depósitos se localizan sobre las faldas del Azufral y están relacionados a la actividad volcánica, sobre los cuales se desarrollan los mejores suelos del municipio; cubriendo sectores de las veredas de Piaramag, Candagan, Gualchag, Taquelán y Chapuesquer.

5.1.4 LAVAS AZUFRAL Q11a (0.58 +/- 3 m.a.)

Como unidad litoestratigráfica de origen volcánico se han agrupado los depósitos lávicos de composición predominantemente andesítica que constituyen la base del edificio volcánico actual del Azufral y que está compuesta por lavas andesíticas masivas y en bloques, estas últimas, asociadas a depósitos laháricos y flujos piroclásticos de igual composición. Se observa sobre las vertientes altas de los ríos Pacual y Azufral.

Fontaine (1994) considera que estas lavas de composición andesítica representan la etapa inicial de la actividad actual del volcán Azufral que se inicia con coladas masivas que forman la base del edificio volcánico y, posteriormente, las erupciones producen coladas de lavas en bloques, lavas masivas y piroclástitas de composición andesítica y que en la removilización de las coladas en bloques y de los flujos piroclásticos producen los depósitos laháricos.

5.1.5 DEPOSITOS PIROCLÁSTICOS Q2dp.

Estos depósitos piroclásticos provienen del volcán Azufral. Corresponden a depósitos de caída (con buena selección, estratificación paralela y compuestos por pómez, líticos y

cristales), flujo (con pobre a muy pobre selección, masivos a gradacionales, y compuestos por pómez, líticos y cristales) y oleadas piroclásticas (con buena a media selección, estratificación cruzada, ondulada y paralela, y compuestos por líticos, accesorios, juveniles, pómez y cristales), donde el tamaño de los constituyentes varía ampliamente, así como su distribución a lo largo del depósito.

Se localizan principalmente en el fondo del Valle del Río Pacual, sobre la carretera que de Balalaica conduce a Samaniego y sobre los ríos Telembí y Vargas.

5.1.6 DEPÓSITOS GLACIARES Q1dg.

Los depósitos glaciares corresponden a morrenas del Azufral que se componen de bloques de lavas andesíticas y lavas de composición similar dispuestas en forma caótica sin ninguna clase de selección, ni de estratificación interna, en una matriz areno arcillosa de color amarillo a blanco amarillento y su continuidad está interrumpida por depósitos piroclásticos recientes.

Las evidencias de glaciaciones se encuentran en los alrededores del volcán Azufral y al suroccidente de la población de Túquerres en una estructura semicircular abierta hacia el noreste donde se aprecia una geoforma que correspondería a un circo glacial.

5.1.7 DEPÓSITOS DE TERRAZAS Qt.

Son depósitos recientes de origen fluvial, tiene un espesor de aproximadamente 80 metros, conformados por gravas heterolitológicas, arenas con estratificación fina y ondulitas, y limos con laminación fina, algunas de las cuales corresponden a cenizas. Están asociadas a la actividad de ríos como el río Pacual, donde se forman terrazas. Murcia (1981) reporta actividad tectónica cuaternaria en las terrazas, asociada a la reactivación de la Falla Cauca-Patía, que da idea del levantamiento de la región.

5.1.8 DEPÓSITOS ALUVIALES Qal

Los depósitos recientes que se ubican en los canales actuales, representan un aporte detrítico proveniente tanto de material desprendido de las laderas y del material no consolidado que se encuentra cubriendo unidades litológicas antiguas y es erosionado en las partes altas. Estos depósitos constan de material suelto formado por bloques y gravas de rocas ígneas volcánicas (basaltos, diabasas y andesitas), plutónicas (diorita, cuarzodiorita), sedimentarias (chert) y cuarzo en diferentes proporciones de acuerdo con la posición geográfica del depósito aluvial, en una matriz de arena gruesa o gravas medias a finas no coherente.

5.1.9 GEOLOGÍAS ESTRUCTURAL

El Departamento de Nariño está atravesado principalmente por el Sistema de Fallas de Romeral y Sistema de Falla Cauca – Patía; a los cuales están asociados los diferentes trazos de fallas existentes en el municipio de Santacruz. Con base en el Mapa Geológico

de INGEOMINAS 2002 se evidencia la Falla Cauca – Patía a lo largo del Río Pacual, la Falla Cerro Negro que atraviesa todo el extremo Occidental por la margen derecha del río Telembí.

El tectonismo existente en el municipio de Santacruz, se refleja en los deslizamientos que se presentan en los alrededores de Guachavés y en las vías de acceso.

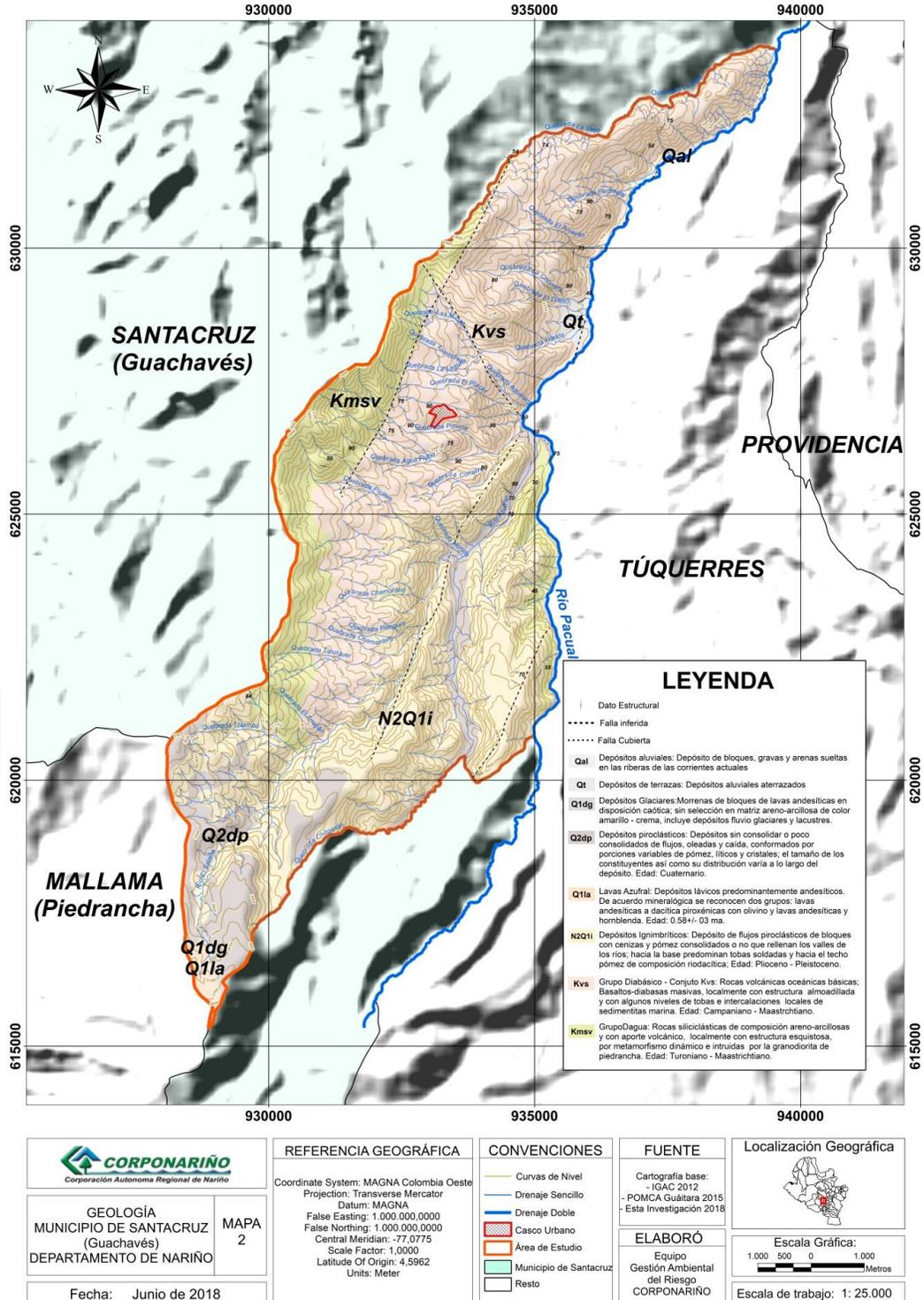


Figura 2. Mapa geológico área de estudio municipio de Santacruz. Fuente Servicio Geológico Colombiano.

5.2 GEOMORFOLOGÍA

En el Municipio de Santacruz, se presentan geoformas muy complejas y variadas, debido a la presencia de diferentes litologías y depósitos superficiales de distintos ambientes morfogenéticos. Las rocas están formando estructuras geológicas, las cuales han sido el resultado de los procesos orogénicos y volcánicos, asociados a la actividad tectónica, como respuesta a la acción de la dinámica interna de la tierra y que han sido las responsables de la generación de fracturas, plegamientos y levantamientos. Por otra parte, existen otros factores y procesos de origen exógeno que han influido, en el modelado, de las geoformas, tales como: la erosión, transporte y sedimentación, a los cuales han estado sometidos los diferentes paisajes y geoformas antiguas y actuales.

En el municipio de Santacruz se identifica diferentes tipos de ambientes morfogenéticos como el estructural, volcánico, denudacional, fluvial y glacial, que ha dado como resultado varias unidades geomorfológicas que modelan el relieve del área de estudio (Figura 3).



Imagen 1. Paisaje del Municipio de GUACHAVÉS, Fotografía tomada en campo desde el Municipio de Yascual – Nariño.

5.2.1 GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL

En este ambiente se encuentran las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades. Esta unidad geomorfológica es la que predomina ocupando el 44,36 % del área de estudio.

➤ **ESCARPE DE LÍNEA DE FALLA Slfe**

Plano sub-vertical de longitud corta a moderada, cóncavo a convexo de pendiente abrupta. Su origen se relaciona a las superficies definidas por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas que han sido afectadas por procesos de erosión acentuada sobre el plano de la zona de falla. Esta morfología se identifica a lo largo de la quebrada la Vieja y Quebrada La Inga en las veredas de Las Minas y Manchag (Figura 4).

➤ **CERRO ESTRUCTURAL Sce**

Prominencia topográfica aislada de morfología montañosa a colinada, con laderas de longitud corta a moderadamente larga, cóncavas a irregulares, poco disectadas. Se caracteriza por unas pendientes muy abruptas a escarpadas, que están parcialmente aisladas de zonas montañosas por efecto de fallamiento.

En la zona de estudio esta morfología se desarrolló sobre rocas volcánicas del Grupo Diabásico en el sector de Chaguez asociada a la actividad de la falla Cauca – Patía, donde se observa movimientos del terreno por procesos de reptación (Figura 4).



Figura 3. Geoformas: **Sce** (Cerro estructural), **Slfe** (Escarpe de línea de falla), **Ses** (Espolón) y **Fta** (Terraza de acumulación). Figura tomada de Google Earth.

➤ **ESPOLÓN Ses**

Saliente con una morfología alomada, que se dispone perpendicularmente a la tendencia estructural dominante de la región, poseen laderas de longitudes moderadamente largas a largas, cuyas pendientes se ven reducidas de abruptas a

inclinadas por intensos procesos erosivos; se encuentran en general limitados por drenajes sub-dendríticos a sub-paralelos.

Esta forma se reconoce a lo largo de la zona de estudio, sobre el cual se ubica el casco urbano Guachaves y las veredas Cuesta de la Cruz, Yascun Manchag, Peña Blanca, principalmente, modelada sobre rocas volcánicas del Grupo Dagua que están siendo afectados por movimientos en masa como deslizamientos traslacionales y reptación (Figura 4 y 5).

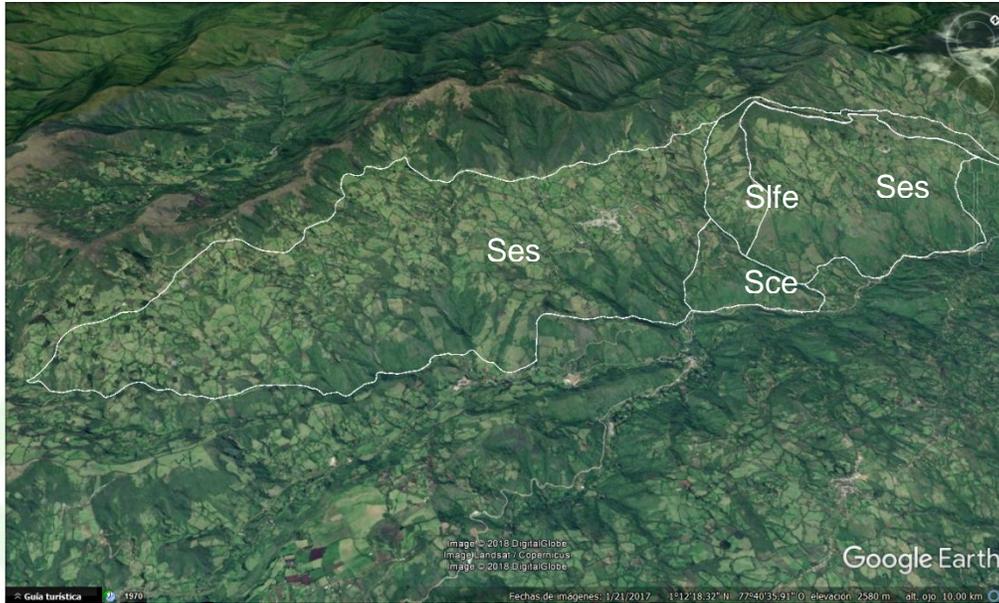


Figura 4. Se muestra las unidades geomorfológicas: **Ses** (Espolón), **Sce** (Cerro estructural) y **Sife** (Escarpe de línea de falla). Imagen tomada de Google Earth

➤ **LOMO DE FALLA Sif**

Prominencia topográfica de morfología alomada, con laderas cortas a muy cortas, forma convexa y pendiente abrupta a escarpada, localizados a lo largo de una zona de falla y formados por el efecto combinado del desplazamiento lateral y la geometría del plano falla que determina la expulsión de un bloque de terreno. Se caracteriza por su alto fracturamiento.

Los lomos de falla se encuentran asociados a lineamientos con dirección NE correspondientes a la falla Cauca – Patía, en el sector de Balalaica, Corralira y Cuesta de La Cruz (Figura 6).



Figura 5. Unidades geomorfológicas: **Slf** (Lomo de falla) y **Vfp** (Flujo piroclástico aterrizado)

5.2.2 GEOFORMAS DE ORIGEN VOLCÁNICO

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la actividad del complejo volcánico Azufral, asociados principalmente a erupciones explosivas y/o efusivas, acumulación de productos y remoción de estos, así como a la intrusión submagmática en los niveles superiores de la corteza.

➤ **FLUJO DE LAVA Vfi**

Lóbulo alargado relativamente estrecho y delgado, localmente puede estar festoneado en su frente y limitado por escarpes de diferente altura, con pendientes y formas de laderas que varían dependiendo de su composición, viscosidad, cantidad de gases, volumen del magma emitido, la pendiente y la topografía preexistente sobre la que fue depositado. Esta geoforma corresponde a flujos de lava de bloques, cenizas y pómez, emitidos por el Volcán Azufral, los cuales generaron durante el Plioceno – Pleistoceno y se depositaron modelando el relieve en el sector de Piaramag, disectado por el Río Azurfal (Figura 7 y 8).

➤ **MANTO DE PIROCLÁSTOS Vmp**

Planos amplios de pendientes inclinadas, localmente aterrizados, de morfología suavemente ondulada debida al suavizado del relieve preexistente por la cobertura de material piroclástico. Su génesis se asocia al depósito de piroclastos de caída o al emplazamiento de corrientes de densidad piroclástica en zonas amplias y no encañonadas. Esta Subunidad aflora al sur del área de estudio, en las veredas de Chipacuer, Potrerillos y San José, se asocia a la actividad del volcán Azufral (Figura 7 y 8).

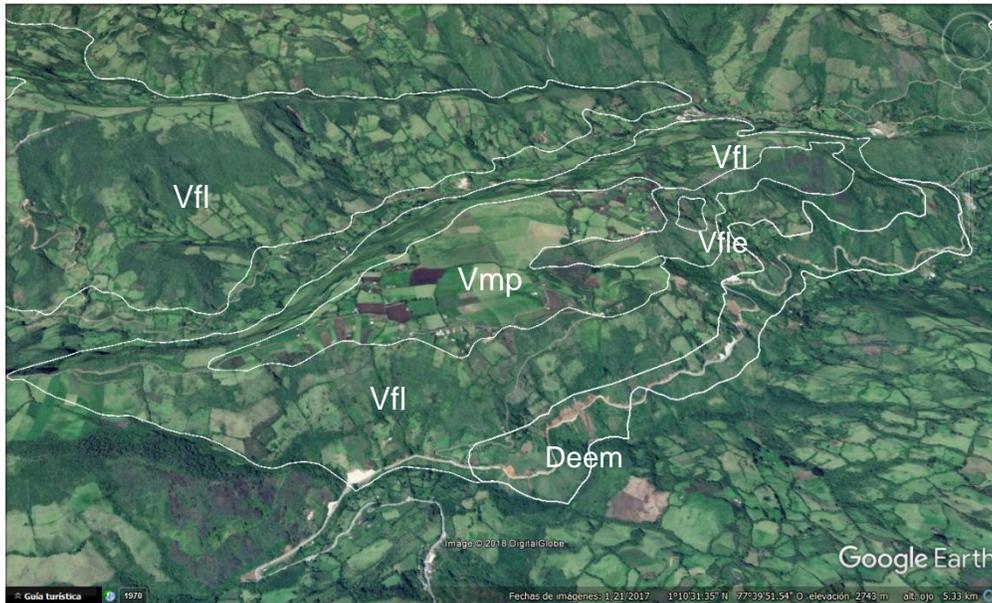


Figura 6. Geoformas: **Vfl** (Flujo de Lava), **Vmp** (Manto de piroclástos), **Vfle** (Escarpe de flujo de lava), **Deem** (Escarpe de erosión mayor).

➤ **ESCARPE DE FLUJO DE LAVA Vfle**

Son laderas casi verticales de longitudes y alturas variadas, de formas cóncava o convexa, las cuales están presentes en los bordes de las unidades de flujo de lava. Su génesis está asociada al enfriamiento y reología de flujos de lava del Volcán Azufral y también como resultado de la acción de procesos erosivos o tectónicos (Figura 7 y 8).

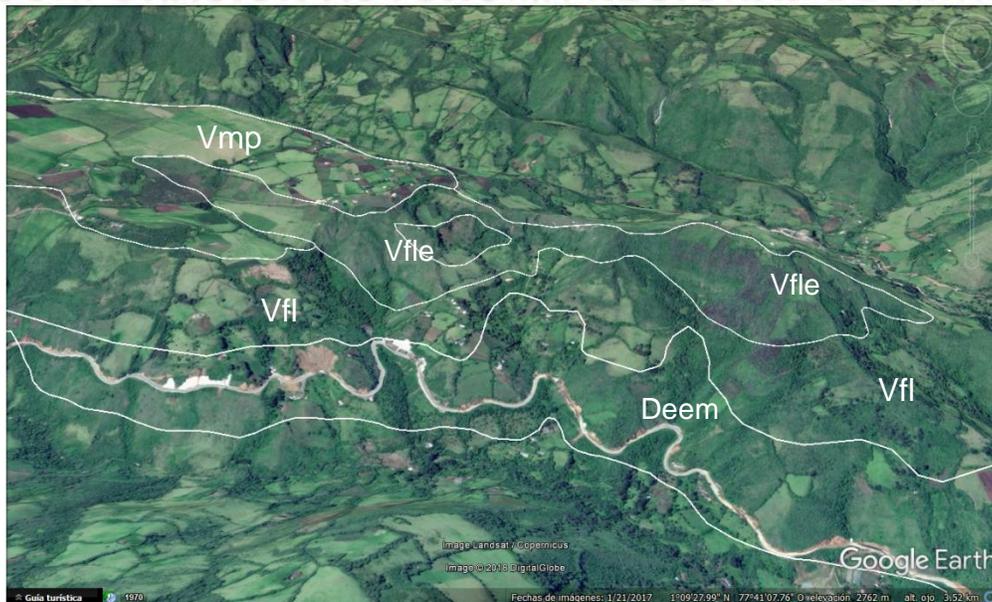


Figura 7. Geoformas **Vfle** (Escarpe de flujo de lava), **Deem** (Escarpe de erosión mayor), **Vfl** (Flujo de Lava), **Vmp** (Manto de piroclástos)

➤ **FLUJO PIROCLÁSTICO ATERRAZADO Vfp**

Lóbulo alomado con aspecto tabular y plano o con una leve inclinación (2° - 3°), con escarpes de diferente altura. Localmente se ubica paralelo a Río Azufral, o conformando un abanico. Su génesis está asociada a la acumulación de productos de flujos piroclásticos de composición principalmente andesítica y dacítica, que para esta zona corresponde a depósitos sin consolidar o poco consolidados por flujos, oleadas y caídas, donde se observa actividad minera para explotar estos materiales. Esta subunidad aflora en las veredas Potrerillos y San Jose en límites con el río Pacual (Figura 6 y 9).



Figura 8. Imagen tomada de Google Earth que muestra las geogformas: Vfp (Flujo piroclastico aterrazado) y Vfl (Flujo de Lava).

➤ **ESCARPE DE FLUJO PORICLÁSTICO ATERRAZADO Vfpe**

Ladera casi vertical cuya longitud y alturas son variables, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo piroclástico, siendo generados por la incisión y socavación del denso drenaje sobre los depósitos de flujo piroclástico al sur – occidente del área de estudio , en la vereda Chipacued.

5.2.3 GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

Dentro de estas geogformas se encuentran aquellas que presenta una expresión morfológica definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan, dejando remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas unidades donde se acumulan los de sedimentos.

➤ **ESCARPE DE EROSIÓN MAYOR Deem.**

Ladera abrupta o desplome de altura variable que puede formarse por distintas causas: tectónicas, erosión fluvial o procesos gravitacionales, eventualmente de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada.

Este tipo de unidad puede ser desarrollada sobre cualquier tipo de litología, en esta zona, se presentan modelado sobre las rocas del Grupo Dagua y del Grupo Diabásico sobre la vía principal que conduce al Municipio de Samaniego, desde el sector de Cualchag. En esta geoforma se presenta diversos deslizamientos y caída de roca, debido al alto fracturamiento de las unidades geológicas expuestas (Figura 8 y 10).



Figura 9. Se muestra las unidades geomorfológicas: **Deem** (Escarpe de erosión mayor) y **Fpac** (Planicie aluvial confinada). Imagen tomada de Google Earth

➤ **SIERRA DENUDADA Dsd**

Unidades con morfología montañosa de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión y movimientos en masa acentuados tipo deslizamiento traslacional y rotacional. Su origen se relaciona a procesos de meteorización acentuada produciendo un saprolito, que para esta zona se forma en rocas del grupo Dagua al oeste de la zona de estudio.



Figura 10. Unidades geomorfológicas: **Deem** (Escarpe de erosión mayor) y **Fpac** (Planicie aluvial confinada). Imagen tomada de Google Earth.

5.2.4 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL

En las geoformas de origen fluvial, se presentan terrazas de erosión fluvial formadas en las partes bajas del Río Pacual en el área de estudio. En las partes altas, el río corre por profundos valles en V, mientras que en las partes bajas lo hace por amplios valles en U conformando las terrazas mencionadas. Las corrientes superficiales a medida que van tomando fuerza hídrica en caudal, ganan terreno a las montañas y laderas circundantes, formando así las terrazas de erosión.

➤ **PLANICIE ALUVIAL CONFINADA Fpac**

Franja de terreno con morfología plana y en general muy angosta que eventualmente puede ser inundada, se caracteriza por su forma en “U” y por estar limitada por otras geoformas de morfología montañosa o colinada que bordean los cauces fluviales. Se puede observar un estrangulamiento o estrechamiento del cauce. En general la planicie está constituida por material aluvial (arenas limos y arcillas). Esta planicie aflora en las Veredas Pedregal y Chaguez, y pertenece al río Pacual en límites con el Municipio de Samaniego (Figura 10 y 12).

➤ **TERRAZA DE ACUMULACIÓN Fta**

Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, que se ha modelado sobre sedimentos fluviales y que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diversas alturas que siguen el cauce de un río. Su origen se relaciona con procesos de erosión y acumulación aluvial, sobre antiguas llanuras de inundación. Su formación se compone por fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Su

depósito está constituido de gravas, arenas, limos y arcillas, disminuyendo su tamaño de grano a medida que se alejan del cauce principal (Figura 4 y 12).



Figura 11. Unidades geomorfológicas: **Fta** (terraza de acumulación) y **Fpac** (planicie aluvial confinada). Imagen tomada de Google Earth

5.2.5 ORIGEN GLACIAL Y PERIGLACIAL

➤ FLUJO VOLCÁNICO GLACIADO (GFV)

Lóbulos elongados de morfología alomada de laderas cortas a moderadamente largas y formas convexas y escalonadas por el apilamiento de flujos de lava antiguos. Limitan valles glaciales y están asociados con circos del mismo origen. Estas geofomas presentan laderas muy largas convexas escalonadas por la erosión diferencial de superposición de secuencias de lavas las cuales fueron posteriormente modeladas por glaciación. Presentan coberteras a manera de mantos piroclásticos de caída. Esta subunidad aflora al Sur de la zona de estudio en la vereda Chipacuer del Municipio de GUACHAVÉS, limita con las unidades de origen volcánico causadas por el volcán Azufra.

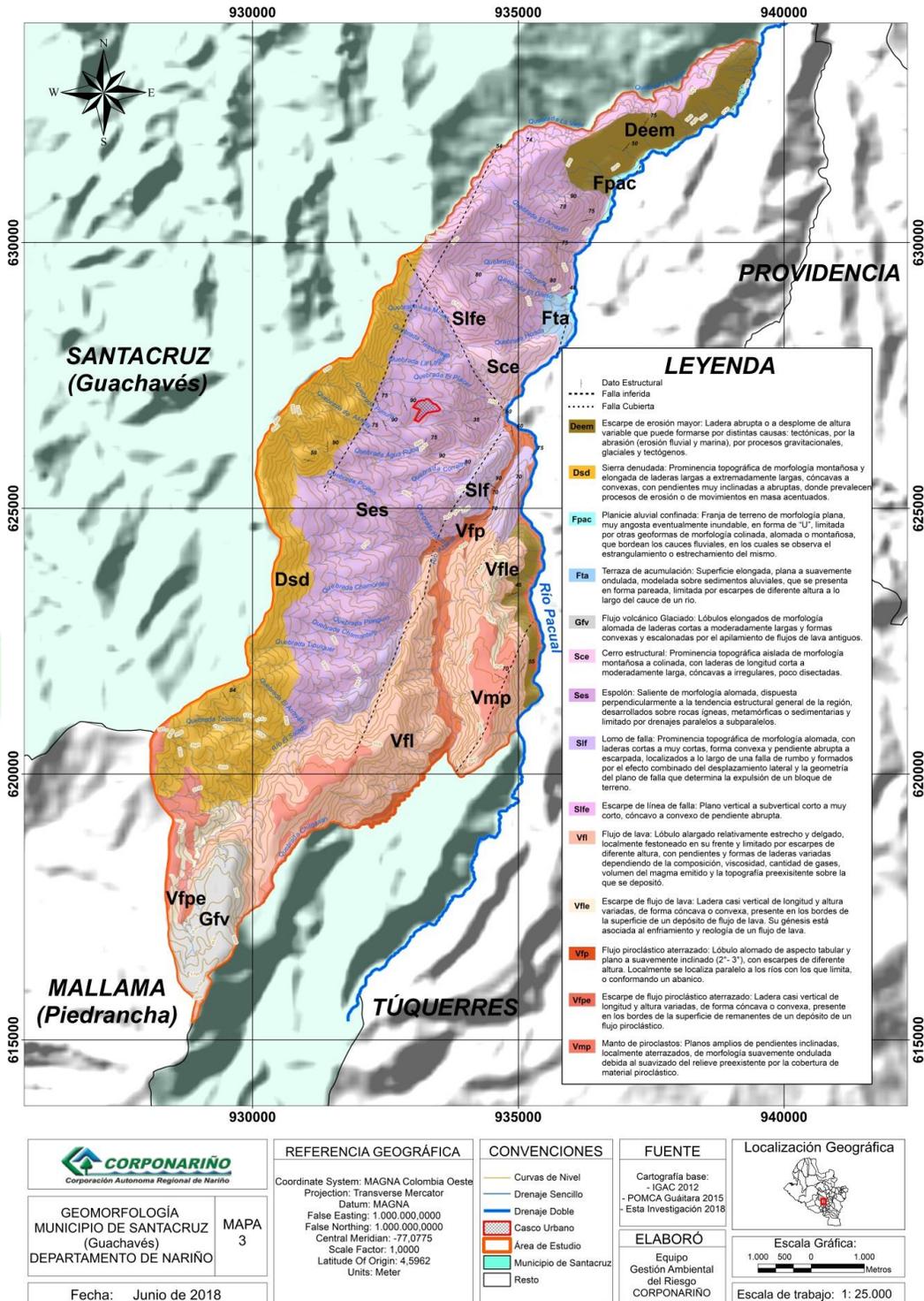


Figura 12. Mapa Geomorfológico, del área de estudio del Municipio de Santacruz (Guachavés).

5.3 PENDIENTE

La pendiente hace referencia al ángulo que existe entre la superficie del terreno y la horizontal (POMCAS Guaitara, 2015), es un factor de gran importancia puesto que se relaciona con la morfología y la dinámica que modelan el relieve, por lo tanto es un factor que interviene en la generación de movimientos de remoción en masa e inestabilidad del terreno.

Para generar el mapa de pendiente se utilizó como insumo el DEM (Modelo Digital de Elevación), y se tomó la clasificación propuesta por el IGAC 2012, donde las pendientes se expresan en porcentaje de 0% a mayor de 75%, y se clasifica en las siguientes categorías: ligeramente plano (0 – 3 %), ligeramente inclinado (3 – 7 %), moderadamente inclinado (7 – 12%), fuertemente inclinado (12 – 25%), ligeramente escarpado (25 – 50%), moderadamente escarpado (50 – 75%) y fuertemente escarpado (>75%) (Figura 14).

En el área de estudio predominan las pendientes de mayor porcentaje, como ligeramente escarpado (25 – 50%), moderadamente escarpado (50 – 75%) y fuertemente escarpado (>75%), en las cuales se modela en general el relieve del terreno y sobre las cuales ocurren la mayoría de procesos de remoción en masa. En menor cantidad se observan superficies ligeramente planas (0 – 3%) tanto en las partes altas de la ladera como en los márgenes de ríos y quebradas donde se forman niveles de terrazas, en este tipo de pendiente la ocurrencia de movimientos en masa es baja a casi nula.

En este orden de ideas el porcentaje de la pendiente se relaciona con los fenómenos de remoción en masa de manera que; a mayor porcentaje aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa. En la tabla 1 se relaciona la cantidad en porcentaje del área de estudio con los rangos de las pendientes mencionadas.

Tabla 1. Rangos y clasificación de pendiente tomada del IGAC 2012 y el respectivo porcentaje en el área de estudio

Rango de en porcentaje	Clasificación	% en el área de estudio
0 – 3 %	ligeramente plano	21,34
3 – 7 %	ligeramente inclinado	0,02
7 – 12 %	moderadamente inclinado	0,20
12 – 25 %	fuertemente inclinado	3,85
25 – 50 %	ligeramente escarpado	31,87
50 – 75 %	Moderadamente escarpado	25,22
> 75 %	Fuertemente escarpado	17,50

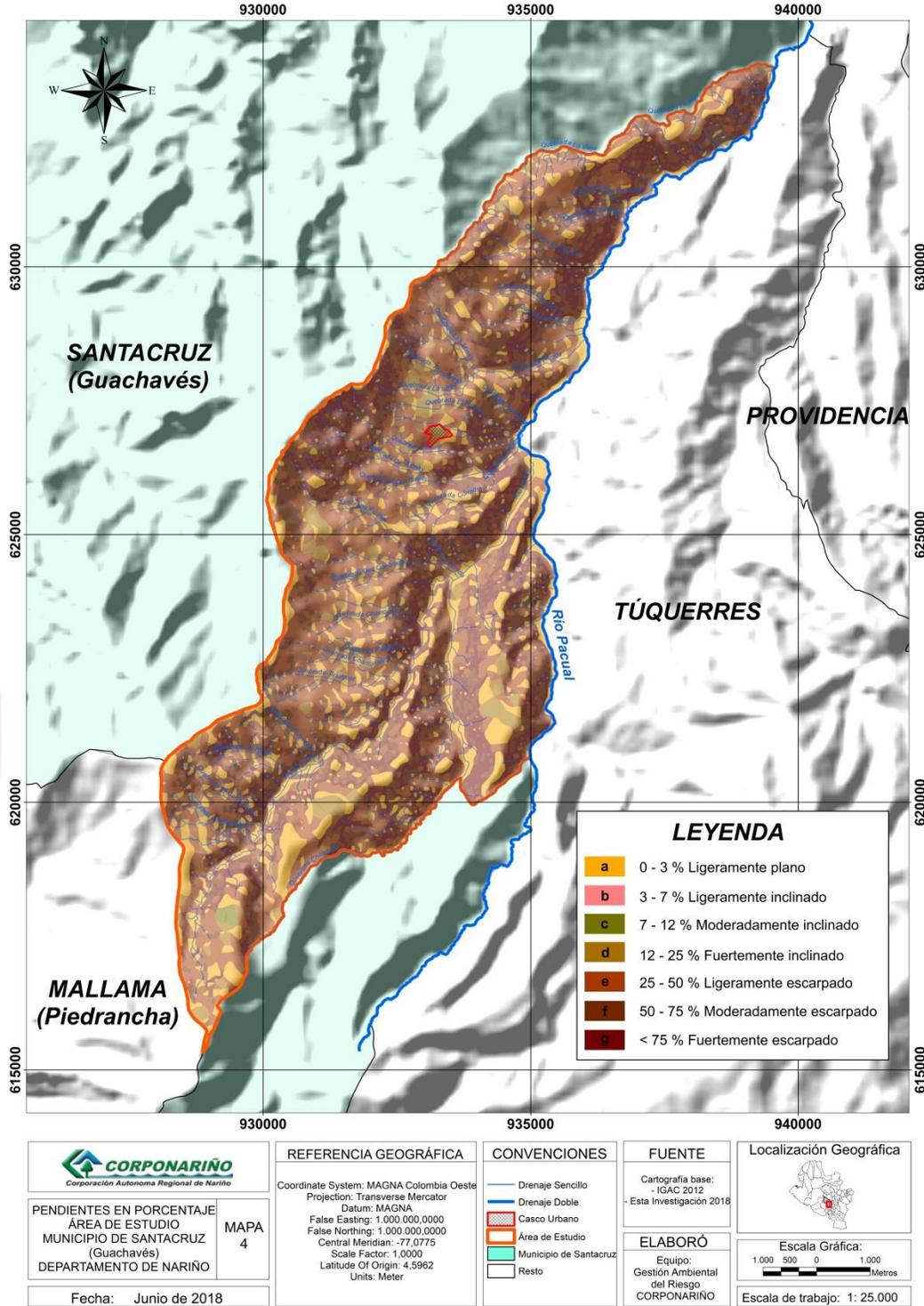


Figura 13. Mapa de pendientes, del área de estudio. Fuente IGAC 2012 y el presente estudio.

5.4 COBERTURAS DE LA TIERRA.

La metodología conocida como CORINE LAND COVER (2010) se adaptó para el análisis de coberturas en el presente estudio. Esta permitió describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes tipo Landsat 8 y Google Earth Base Map, para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:25.000 (Figura 15).

En el municipio de GUACHAVÉS se usó la información de coberturas del IDEAM (2015) con el fin de determinar el tipo de cobertura que se encuentra presente en el área de estudio. El uso de esta información fue validada en campo mediante puntos de control que permitieron registrar geográficamente el tipo de cobertura presente en dichos puntos.

Cabe resaltar que para el presente estudio, se tomó el último nivel de clasificación (Nivel 3, 4, 5 y 6), con el fin de describir lo mejor posible las coberturas presentes en el área de estudio.

Se realizó clasificación supervisada en ArcGis 10.2 y rectificación de la información secundaria de 6719,22 ha, correspondiente al estudio en un área priorizada del municipio de GUACHAVÉS. Una vez procesada esta información se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 2. Coberturas de la tierra con sus respectivas hectáreas y porcentajes que ocupan en el área de estudio.

Cobertura	Hectáreas	Porcentaje
Bosque fragmentado	7,12	0,1
Pastos limpios	1643,48	24,45
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1428,91	21,26
Mosaico de pastos con espacios naturales	333,79	4,97
Pastos enmalezados	97,37	1,45
Mosaico de cultivos	397,55	5,92
Mosaico de pastos y cultivos	1702,47	25,35
Vegetación secundaria o en transición	445,23	6,63
Arbustal	197,17	2,93
Herbazal	459,36	6,84
Tejido Urbano discontinuo	6,75	0,1
TOTAL	6719,22	100

La metodología adaptada por el IDEAM (2010), es la guía oficial para la clasificación de coberturas de la tierra, la cual se describe a continuación conforme a los resultados obtenidos en el área priorizada del municipio de GUACHAVÉS:

5.4.1 BOSQUE FRAGMENTADO

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30%

del área total de la unidad de bosque natural (Imagen 1). La distancia entre fragmentos de intervención no es mayor a 250 metros.

Incluye:

- Coberturas de cultivos con área menor a 25 ha y que no constituyen más de 30% del área de la cobertura total
- Coberturas de pastos con área menor a 25 ha y que no constituyan más de 30% del área de la cobertura total
- Áreas degradadas (minería) y/o afloramientos rocosos incluidos dentro de la cobertura de bosque natural con tamaño menor a 25 ha.



Imagen 2. Bosque fragmentado. Foto tomada en la parte alta del sector de Pisiltes.

5.4.2 PASTOS LIMPIOS

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas (Imagen 2). En Colombia, se encuentran coberturas de pastos limpios asociadas con una amplia variedad de relieves y climas, con un desarrollo condicionado principalmente a las prácticas de manejo utilizadas según el nivel tecnológico disponible o las costumbres de cada región.

Incluye:

- Pastos limpios con área mayor o igual a 25 ha
- Cuerpos de agua asociados (jagüeyes) con área menor a 25 ha
- Zonas de pastos limpios sujetas a inundaciones temporales con área menor a 25 ha
- Pastos con presencia esporádica a ocasional de arbustales o árboles, con cubrimiento menor a 30% del área de pastos

- Pastos limpios con presencia de áreas de cultivos, con cubrimiento menor a 30% del área de pastos
- Infraestructuras asociadas con los pastos manejados (viviendas rurales, cercas vivas, setos).
- Coberturas de pastos ubicadas en zonas inundables, que durante el período de estiaje (niveles bajos del agua) de los ríos y las ciénagas permiten el uso para pasturas, con un nivel mínimo de manejo.



Imagen 3. Pastos limpios, sobre la vía que conduce al casco urbano de Guachavés.

5.4.3 MOSAICO DE CULTIVOS, PASTOS Y ESPACIOS NATURALES

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

Incluye:

- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos con intercalaciones de espacios naturales, con área mayores a 25 ha
- Parcelas agrícolas de cultivos anuales o transitorios con área menor a 25 ha
- Zonas pantanosas con área menor a 25 ha
- Pequeños cuerpos de agua naturales con área menor a 25 ha
- Relictos de bosques con área menor a 25 ha

- Bosques de galería o riparios y arbustales con área menor a 25 ha
- Parcelas de cultivos confinados y frutales con área menor a 25 ha
- Infraestructuras asociadas con los pastos manejados (viviendas rurales, setos, vías).

5.4.4 MOSAICO DE PASTOS CON ESPACIOS NATURALES

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural (Imagen 3).

Incluye:

- Mezcla de parcelas de pastos y zonas de espacios naturales con área mayor a 25 ha
- Zonas pantanosas con área menor a 25 ha
- Pequeños cuerpos de agua con área menor a 25 ha
- Relictos de bosques con área menor a 25 ha
- Bosques de galería y/o riparios y arbustales con área menor a 25 ha
- Infraestructuras asociadas con los pastos manejados (viviendas rurales, setos, vías).



Imagen 4. Mosaico de pastos con espacios naturales. Foto tomada en el sector de San Jose.

5.4.5 PASTOS ENMALEZADOS

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono (Imagen 4). En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m.

Incluye:

- Pastos enmalezados bordeados con setos
- Pastos enmalezados que incluyen zonas inundables o pantanos con área menor a 25 ha
- Pequeñas áreas de cultivos que no representan más de 25% del área de la superficie de pastos enmalezados.



Imagen 5. Pastos enmalezados, en laderas del sector El Arrayan.

5.4.6 MOSAICO DE CULTIVOS

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

Incluye:

- Dos o más cultivos con un patrón espacial intrincado que en conjunto suman un área mayor a 25 ha
- Cultivos permanentes bajo sombrío asociados con cultivos anuales o transitorios
- Cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos (frutales o no)

- Mezcla de parcelas de cultivos permanentes, anuales o transitorios, donde ninguno de los cultivos representa más de 70% del área total del mosaico.
- Infraestructuras asociadas con los mosaicos de cultivos (viviendas rurales, setos, vías) con área menor a 5 ha.

5.4.7 MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (Imagen 5).

Incluye:

- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos con un patrón espacial intrincado con área mayor a 25 ha
- Pastos y cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos (frutales o no)
- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos, donde ninguno de los cultivos representa más de 70% del área total del mosaico
- Infraestructuras asociadas con los mosaicos de pastos y cultivos (viviendas rurales, setos, vías) con área menor a 5 ha
- Mezcla de pastos y árboles frutales.



Imagen 6. Mosaico de pastos y cultivos.

5.4.8 VEGETACIÓN SECUNDARIA O EN TRANSICIÓN

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la

vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre (Imagen 6).



Imagen 7. Vegetación secundaria o en transición. Imagen tomada al N-W del casco urbano de Guachavés, en la vía que conduce a la vereda las minas.

5.4.9 ARBUSTAL

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001).

5.4.10 HERBAZAL

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación) (Imagen 7). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).

Para su diferenciación, los herbazales fueron clasificados de acuerdo con tres criterios: por la densidad de la cobertura herbácea, en densos y abiertos; de acuerdo con la

condición de inundabilidad se clasifican en inundables y de tierra firme; y de acuerdo con la presencia de árboles y arbustos, en arbolados y no arbolados.

Los criterios utilizados para la diferenciación entre los diferentes tipos de herbazales tienen como fundamento los elementos pictóricos de las imágenes de sensores remotos, los cuales pueden ser identificados directamente en las imágenes, tales como la presencia de árboles y arbustos, o una característica inferida del terreno como es la condición de inundabilidad y densidad del herbazal.



Imagen 8. Herbazal. Imagen tomada en las laderas entre las veredas El Arrayan y San Martín.

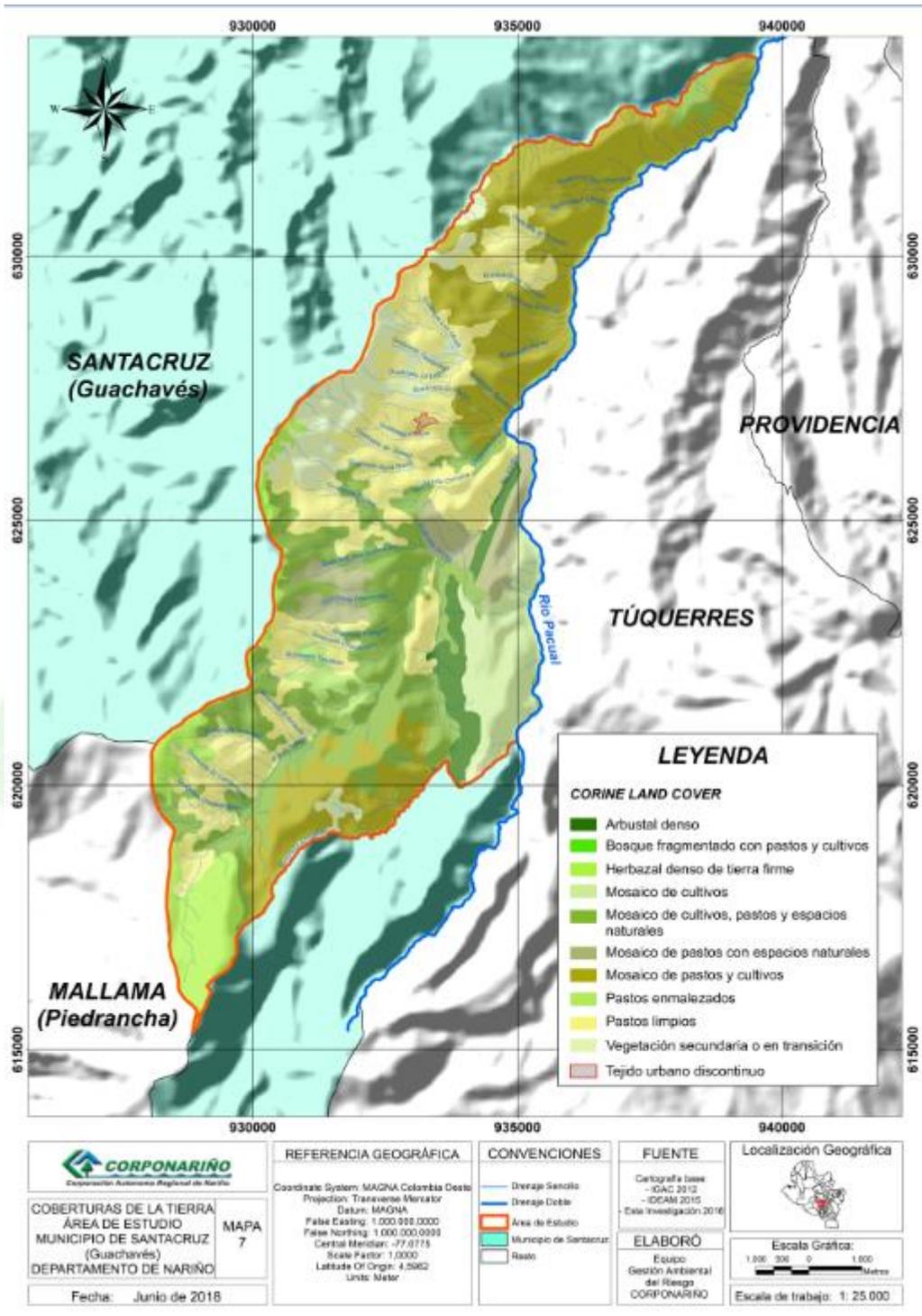


Figura 14. Mapa de Cobertura de la tierra, del área de estudio.

5.5 USO DEL SUELO

El uso del suelo es la utilidad que presta la cobertura de la tierra al ser humano, las funciones económicas de una porción específica de la Tierra (como el uso urbano o industrial, de reserva natural, entre otros) (IDEAM, 2012); o la dinámica antrópica implementada en cada una de las unidades de cobertura. El término uso se aplica al empleo o aprovechamiento cíclico o permanente que el ser humano da a los diferentes tipos de cobertura para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Por lo tanto, se entiende que el uso de la tierra apunta a la producción de bienes y servicios para la población y su dinámica, es un indicador de los cambios en la cobertura de la tierra (IGAC & UPRA, 2015).

Uno de los factores condicionantes para la ocurrencia de fenómenos en masa es el uso intensivo del suelo como factor antrópico, por lo cual se genera el mapa de uso de suelo de la zona de estudio, que sirve como insumo para la elaboración y análisis de susceptibilidad por movimientos de remoción en masa, y además sirve como información que representa las condiciones actuales de la dinámica antrópica dentro del territorio (Figura 16). Debido a lo anteriormente expuesto, muchos investigadores han estudiado desde el punto de vista mecánico e hidrológico la dinámica de los efectos de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes.

Los cambios en el uso del suelo tienen una gran influencia sobre la estabilidad de las laderas, ya que se ha visto, en las regiones con mayor dinámica poblacional, el impacto de los seres humanos en el medio ambiente contribuyendo significativamente a la iniciación y la reactivación de movimientos en masa. Se ha observado que el aumento y la conversión de los bosques secundarios a pastizales y/o las tierras de cultivo, inciden en el incremento de los movimientos superficiales y que el abandono de campos de cultivo induce a una significativa disminución de la frecuencia de deslizamientos y pérdida de suelo (Reichenbach et al., 2014). Las coberturas densas ofrecen una mejor protección; contribuyen a la disipación de la energía de la lluvia lo que genera un mayor factor de protección al suelo.

En el municipio de Santacruz de GUACHAVÉS se denota una fuerte intervención antrópica con cultivos transitorios y actividades pecuarias en las zonas medias y bajas de las microcuencas abastecedoras. Estas áreas se caracterizan por tener pendientes que oscilan entre los 20° y 35°, y se relaciona de manera directa con los movimientos en masa que se han presentado en el municipio. Por ejemplo, el sobrepastoreo ha sido un factor condicionante para la formación de reptaciones en el sector objeto de estudio. Las actividades mineras en el área de estudio también son un factor que acelera la erosión y produce deslizamientos dados a una explotación inadecuada del recurso.

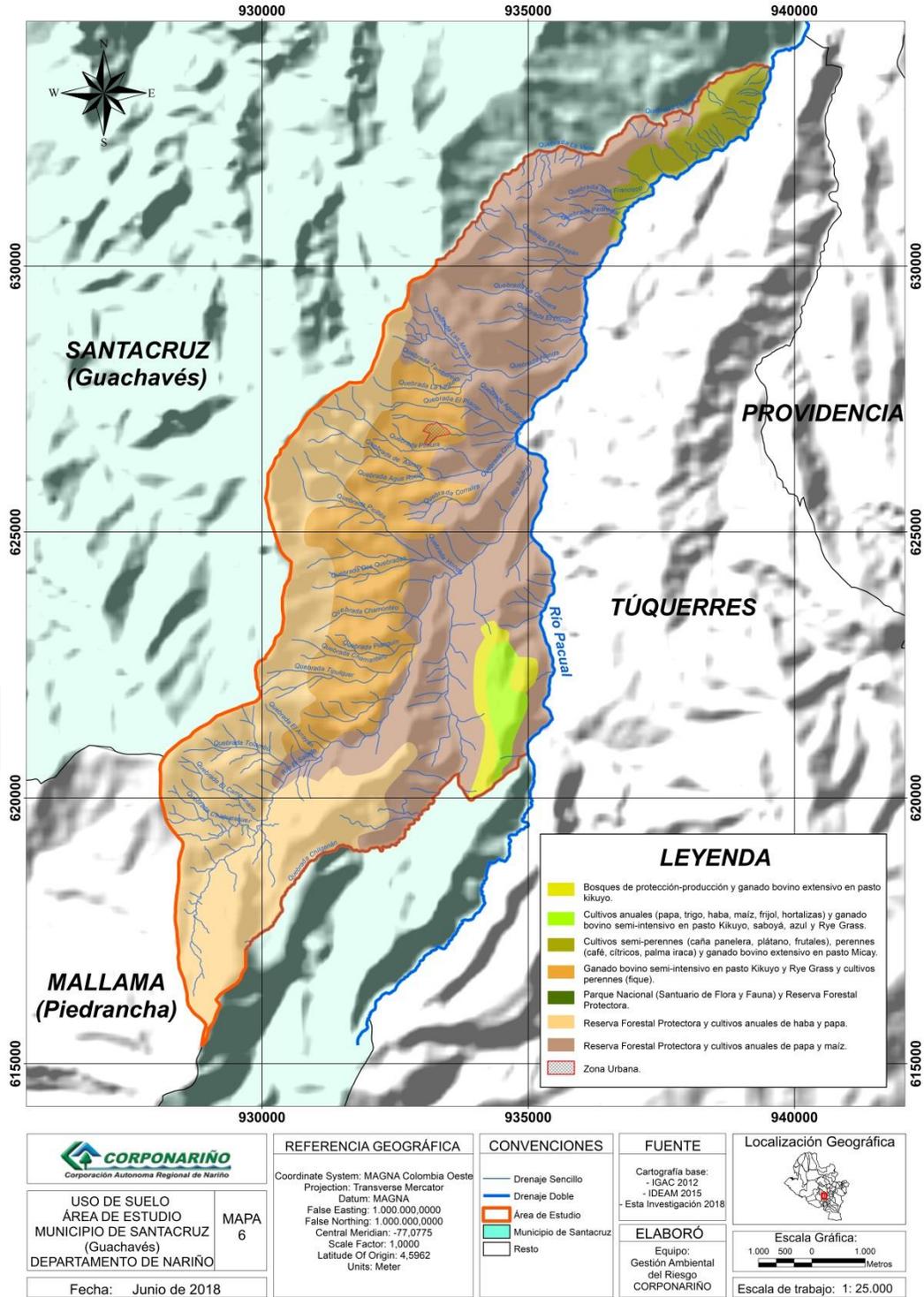


Figura 15. Mapa de uso del suelo, del oriente del Municipio de Santacruz (Guachavés).

6 IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FENÓMENOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

El trabajo de campo se desarrolló mediante visitas de carácter técnico a las diferentes veredas y casco urbano del municipio, basándose en la observación directa del fenómeno; describiendo, geología, ubicación, uso de suelo, cobertura, actividad del movimiento, clasificación del movimiento, morfometría, causas del movimiento, y georeferenciado cada evento encontrado (Figura 20).

Al desarrollar el trabajo de campos se identificó tres tipos de movimientos:

- Deslizamientos de tipo Rotacional.
- Caída.
- Reptación

A continuación se describe cada tipo de movimiento en masa de acuerdo a las clasificaciones establecidas por diferentes autores.

6.1 DESLIZAMIENTOS

Cruden & Varnes (1996), definen un desplazamiento como un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca, predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o de zonas relativamente delgadas sometidas a intensos esfuerzos de corte. Según estos autores, la superficie de ruptura no se desarrolla de manera simultánea a lo largo de la masa que va a ser desplazada, sino que se inicia por agrietamientos en el terreno en la parte superior de la ladera, donde más tarde se conforma la corona del deslizamiento. En la parte inferior de la masa desplazada se conforma la pata del deslizamiento, la cual puede ser rebasada por la masa movilizada.

Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento (Cruden & Varnes, 1996). El material desplazado puede deslizarse más allá de la punta de la superficie de ruptura, cubriendo la superficie original del terreno, la cual, a su vez, se convierte en superficie de separación (Cruden & Varnes, 1996). Estos a su vez pueden ser:

➤ **Deslizamientos Rotacionales.**

Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve casi verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia él. El escarpe principal es prácticamente vertical y carente de soporte, por lo que se pueden esperar movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona (Cruden & Varnes, 1996).

Ocasionalmente, los márgenes laterales de la superficie de ruptura pueden ser los suficientemente altos y empinados, como para producir deslizamientos hacia la zona de pérdida. El agua de escorrentía o un nivel freático somero pueden causar el desarrollo de lagunas en las secciones basculadas de material desplazado, lo que a su vez, mantiene el material saturado y perpetúa el movimiento hasta que se desarrolle una pendiente suficientemente baja (Cruden & Varnes, 1996) (Figura 17).

➤ **Deslizamientos traslacionales.**

En este tipo de movimiento la masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura es planar (Cruden & Varnes, op. cit.), la cual, además, puede ser escalonada (Hutchinson 1988). El deslizamiento traslacional en roca es, por lo general, estructuralmente controlado. En la corona, la masa puede estar separada del terreno estable por una enorme grieta de tensión (Figura 17).

La superficie de ruptura usualmente se orienta a lo largo de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación o el contacto entre roca y suelos residuales o transportados (Cruden & Varnes, 1996). En los deslizamientos traslacionales la masa desplazada puede también fluir, convirtiéndose en un flujo de detritos ladera.

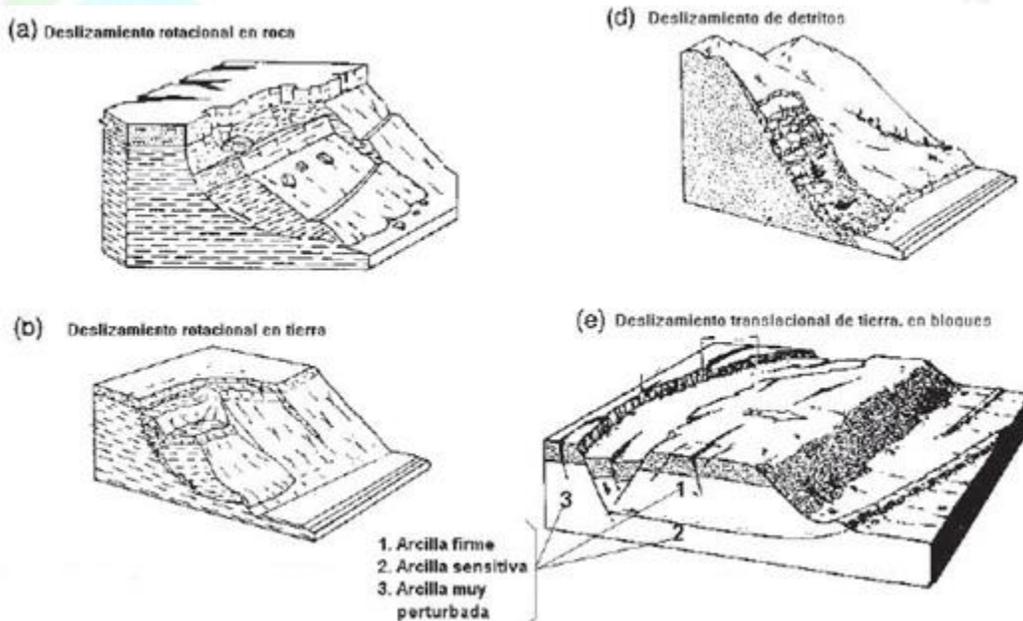


Figura 16. Esquema de deslizamiento rotacional (Tomado de Cruden & Varnes, 1996).

6.2 CAÍDAS

Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla (Cruden & Varnes, 1996). El material desciende en caída libre, saltando o rodando. Solo cuando la masa desplazada es socavada, las caídas son precedidas por pequeños deslizamientos o movimientos de basculamiento que separan el material de la masa no perturbada (Cruden & Varnes, 1996) (Figura 18).

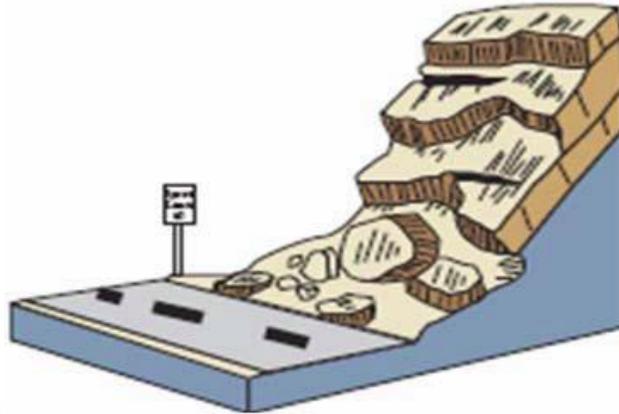
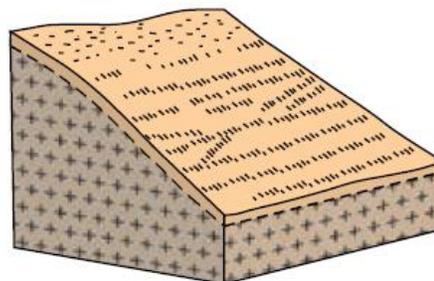


Figura 17. Esquema de caídas de roca, (Tomado de USGS, 2004).

6.3 REPTACIÓN

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla (Hungry et al., 2014). La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. Los procesos de reptación se generan por la escasa consolidación del suelo en la parte superior del perfil, los cambios en el uso del suelo, la deforestación y plantación de cultivos limpios, y en general con usos y manejos del suelo que producen altas concentraciones de humedad (Figura 19).



(c) Reptación

Figura 18. Esquemas de reptación, según Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.

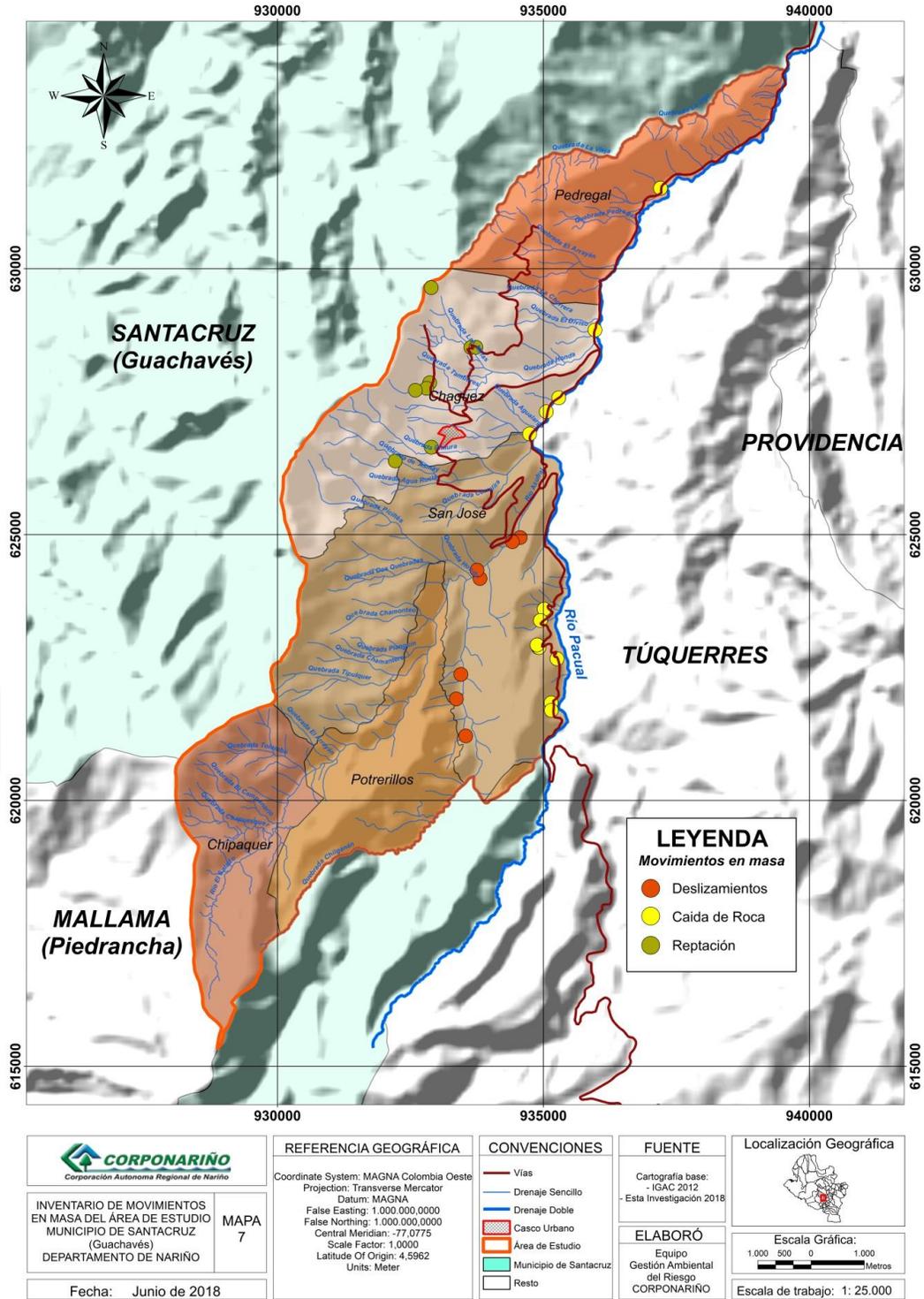


Figura 19. Mapa de inventario de movimientos en masa del área de estudio del Municipio de Santacruz.

7 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa se cruzó digitalmente los mapas de geología, geomorfología, cobertura de la tierra, usos de suelo e inventario de procesos de remoción en masa (Figura 21).

En el mapa resultante se identifican 3 rangos de susceptibilidad Alta, Media y Baja, donde se indica la ocurrencia de 3 tipos de fenómenos de remoción en masa: deslizamientos, caída de roca y reptación.

7.1 SUSCEPTIBILIDAD ALTA

Esta zona comprende el 14,10% del área de estudio y geológicamente se presenta en rocas siliciclásticas (filitas, calizas, areniscas, chert negro y pizarras silíceas) y rocas volcánicas basálticas, correspondientes al Grupo Dagua y Grupo Diabásico respectivamente, las cuales presentan alto grado de fracturamiento y meteorización. La susceptibilidad alta se localiza en dos sectores, uno de ellos al este del municipio de Santacruz, donde se observa deslizamientos por caída de roca a lo largo de la vía que conduce al Municipio de Samaniego y hacia el oeste del casco urbano del Municipio de GUACHAVÉS; morfológicamente se observa escarpes de erosión mayor (Deem), en laderas fuertemente escarpadas con altas pendientes entre 50 y 75 %. Los deslizamientos por caída de roca se presentan principalmente en las laderas fuertemente escarpadas en la vía municipal, en las veredas Cualchag, Pipala, Porvenir, Chaguez, Yascun, El Hato, Cundes y Santa Rosa.

El segundo sector se localiza al oeste del casco urbano en el trayecto comprendido entre la Quebrada Pisiltes y El Sector las Minas, se caracteriza por presentar movimientos rotacionales y en una topografía donde prevalecen procesos denudacionales, que forman sierras denudas (Dsd) con morfología montañosa y pendientes muy inclinadas a abruptas donde prevalecen procesos de erosión.

Las características geomorfológicas de esta zona, así como el aporte de agua en temporada de lluvia y otros eventos como sismos, son factores que favorecen la generación de deslizamientos rotacionales y por caída de roca, que a su vez generan inestabilidad en las partes altas del talud, donde se ubican viviendas y cultivos.

7.2 SUSCEPTIBILIDAD MEDIA

Esta zona es la más representativa del área de estudio, ya que representa el 83,15%. Se localiza a lo largo del Municipio de GUACHAVÉS, está dominada por procesos de reptación y algunos deslizamientos sobre las laderas. Geológicamente estos movimientos en masa se presentan en rocas volcánicas básicas del Grupo Dagua, las cuales para la zona se encuentran altamente meteorizadas y en menor proporción moderadamente fracturada, modeladas geomorfológicamente por unidades de origen estructural como

Espolones, Escarpes de líneas de falla, Cerros estructurales y Lomos de falla, con morfologías colinadas y montañosas ligeramente escarpadas, con pendientes entre 25 % y 50 %.

Esta zona está influenciada por la actividad de tres fallas que se identificaron en las visitas realizadas en campo y en las características estructurales y geomorfológicas del área de estudio. Una de las fallas tiene una dirección entre N30°E y N40°E, la cual limita las rocas del grupo Dagua con las rocas del Grupo Diabásico al oeste del casco urbano de GUACHAVÉS, en el sector de Manchag. La segunda falla tiene una dirección de N40°W – N50°W, donde el trazo se encuentra sobre la unidad de rocas del Grupo Diabásico al NE del casco urbano, y se observa en las laderas de la Vereda Las Minas y en algunos sectores de la quebrada las minas siguiendo la dirección del cauce. La tercera falla tiene una dirección N30°E – N40°E y el trazo se observa sobre depósitos de flujos piroclásticos que se ubican en las veredas San Martín y El Arrayán.

En esta zona predominan procesos de reptación y erosión en terracetas (pata de vaca), que se generan por la acción de factores como las altas pendientes, el agua de escorrentía que satura los materiales, el sobrepastoreo y el uso del suelo. Otro factor importante para la ocurrencia de estos movimientos en masa son los rasgos estructurales que se evidencian en campo, los cuales fracturan las rocas y ayuda a los procesos de meteorización, indicando un movimiento lento del terreno y por tanto un desplazamiento a favor de la pendiente, que se evidencia en escalonamientos, grietas y hundimientos, siendo el casco urbano de Guachaves y las veredas Las Minas, Cuesta de la Cruz, Pisiltes, Balalaica y San Martín las que presentan una susceptibilidad media a la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa.

7.3 SUSCEPTIBILIDAD BAJA

Esta zona simboliza el 2,75% del área de estudio y se localiza principalmente a lo largo de las márgenes del Río Azufral, donde se encuentra depósitos de flujos piroclásticos aterrazados sin consolidar o poco consolidadas, que forman lóbulos alomados suavemente inclinados a ligeramente planos, con escarpes de diferente altura.

Esta zona se ubica en las partes bajas cercanas a los ríos. Estos depósitos son usados para explotación minera, en los márgenes del Río Azufral y algunos afluentes, los métodos de extracción modifican la morfología de la zona dejando expuestos taludes desde 10 metros hasta aproximadamente 35 metros de alto, donde no se observa medidas de contención o extracción adecuadas. Los taludes quedan expuestos a procesos de erosión, y la acción de flujos de agua de escorrentía sobresatura los materiales y se generan deslizamientos, depositando los materiales en la parte baja del talud en sectores de bajas pendientes. La zonas de susceptibilidad baja abarca sectores en las laderas de las veredas Piaramag, El Arrayán y San José.

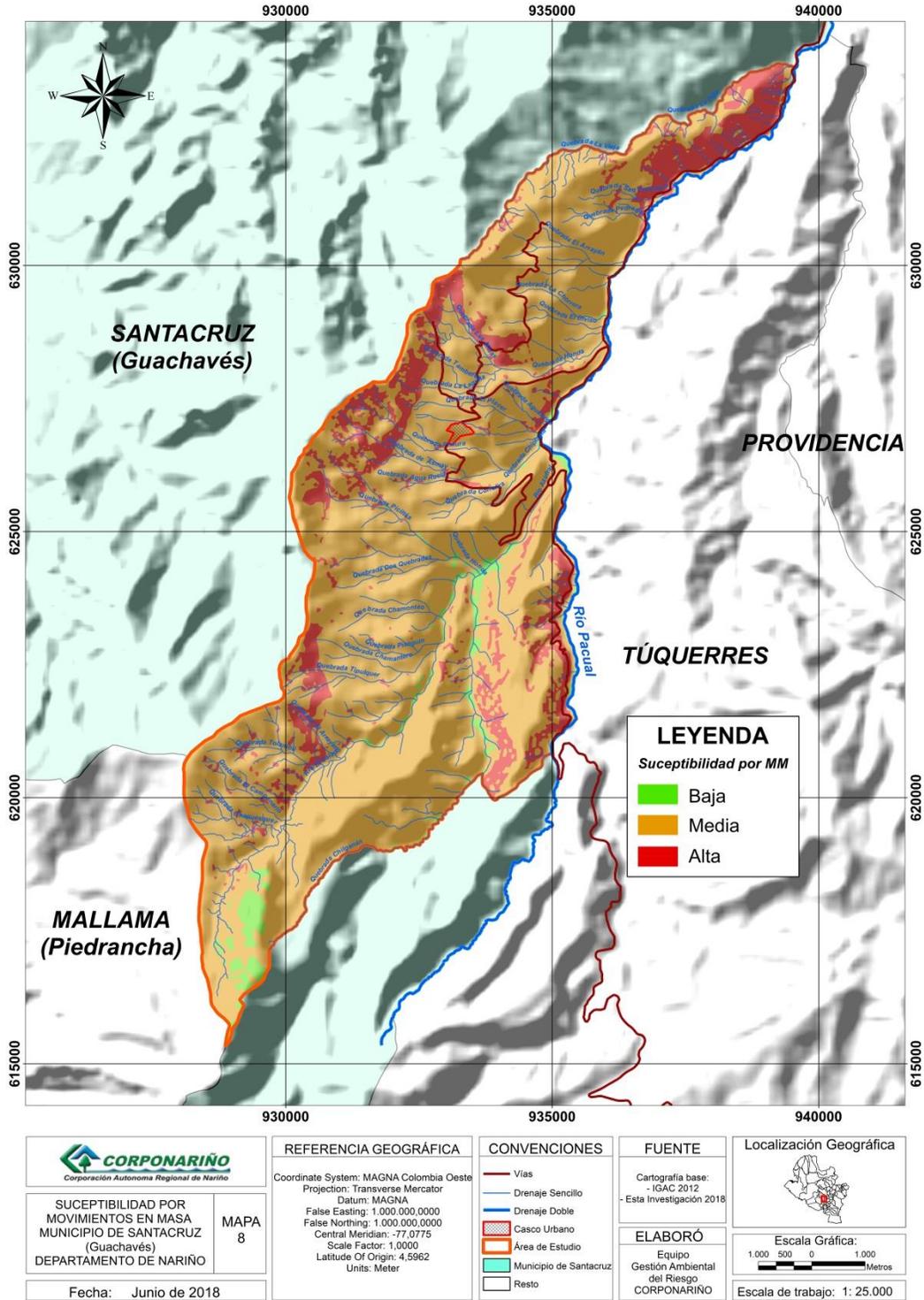


Figura 20. Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Oriente del municipio de Santacruz.

8 CONCLUSIONES

Según el mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa del área priorizada del Municipio de Santacruz, el 2,75% representa una susceptibilidad baja donde ocurren deslizamientos en taludes inestables, por intervención antrópica debido a actividades mineras que no cuentan con proceso de extracción adecuados. El 83,15% corresponde a una susceptibilidad media, cubriendo la mayor parte del área de estudio, en la cual se observan procesos de remoción en masa y en menor proporción deslizamientos, que indican movimientos lentos del terreno, los cual se acelera por las prácticas agrícolas y ganaderas; este movimientos también está influenciado por el movimiento de las fallas presentes en la zona. Finalmente el 14,10% representa una susceptibilidad alta, donde se presenta principalmente caída de roca sobre la vía que conduce al municipio de Samaniego.

Los factores como geomorfología y geología, son de gran importancia para el análisis de la ocurrencia de movimientos en masa, puesto que permiten identificar los sectores que presentan mayor inestabilidad y determinar la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, brindando información como morfología, morfodinámica, condiciones del suelo y pendiente del terreno.

En esta zona donde el ecosistema es frágil, es importante evaluar los conflictos de suelo bajo el marco del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, debido a los usos que la comunidad le da al suelo, en zonas donde la aptitud es otra. Cabe resaltar que en la zona alta-media, media y baja se están desarrollando actividades antrópicas que degradan los suelos de manera directa, afectando otros recursos que son importantes para las comunidades aledañas.

La frontera agropecuaria y las intervenciones antrópicas (minería, apertura de vías, expansión urbanística, entre otros), han sido factores que han acelerado los procesos de remoción en masa e inestabilidad en el suelo. Las zonas de conservación con altas pendientes no han sido un obstáculo para que las comunidades aprovechen de estas, generando impactos ambientales negativos.

La identificación y clasificación de la cobertura y uso de la tierra resultado del presente trabajo se constituyen en un aporte fundamental para el conocimiento de la situación del municipio en este aspecto, permitiendo una visión territorial integral y contextualizada en el ámbito geográfico municipal y regional de manera tal que se puedan emprender acciones con objeto de propender por el desarrollo sostenible del municipio.

El estudio de susceptibilidad en un área oriental del Municipio de Santacruz, sirve como insumo para realizar la evaluación y ajuste al Esquema de Ordenamiento Territorial, para implementar el tema de gestión del riesgo, con el fin establecer las medidas de prevención, corrección y mitigación necesarias para evitar futuros desastres.

9 RECOMENDACIONES

Se requiere establecer medidas de control para estabilizar los taludes susceptibles a la generación de caída de roca y deslizamientos, principalmente de los sectores inestables que se encuentran sobre la vía que comunica con el municipio de Samaniego.

Se recomienda evitar el sobrepastoreo y las actividades agrícolas en las zonas donde se observe mayores afectaciones por procesos de remoción en masa, con el fin de evitar la aceleración a la cual se mueve el terreno

Es importante que tomen medidas de control en las zonas donde se ubican actividades mineras que no cuentan con las respectivas medidas de explotación adecuadas, para evitar la inestabilidad de los taludes y por tanto la generación de deslizamientos.

Bajo el aspecto ambiental, se recomienda liderar campañas de reforestación, restauración y/o rehabilitación, según sea el caso. Existen técnicas de bioingeniería que logran estabilizar taludes y cumplir una función ambiental que genera servicios ecosistémicos favorables para el sector.

Se deben mejorar las prácticas agropecuarias en el sector, mediante capacitación, sensibilización y orientación a las comunidades que se encuentran sobre las áreas de influencia de coberturas de bosque denso, vegetación secundaria y fuentes hídricas, debido a la fragilidad del ecosistema y zonas con pendientes que se deben conservar sin intervenciones antropógenicas.

10 BIBLIOGRAFÍA

- (2004), M. (10 de Junio de 2018). *Miliaurium* . Obtenido de Miliaurium : <http://www.miliarium.com/Proyectos/SuelosContaminados/ArchivosMemoria/Contaminacionsuelos.asp>
- Arango Calad, J. L., & Ponce Muriel, Á. (1980). *Reseña Explicativa del Mapa Geológico del Departamento de Nariño, a Escala 1:250.000*. Bogotá: Instituto Colombiano de Geología y Minas INGEOMINAS.
- Servicio Geológico Colombiano SGC. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa. Escala 1:25.000*. Bogotá: Dirección de Geoamenazas. Grupo ed Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa.
- ECOSISTEMAS,I.(2012). Obtenido del sitio web:
<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
- González , Humberto ; Zapata, Gilberto; Montoya , Diana María;. (2002). *Geología y Geomorfología de la Plancha 428 Túquerres, a Escala 1:100.000. Departamento de Nariño*. Medellín: Instituto Colombiano de Geología y Minas. INGEOMINAS.
- Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas POMCA - GUAITARA, (2015).
- IGAC, & UPRA. (2015). *Leyenda de Usos Agropecuarios del Suelo a escalas mayores a la 1:25.000* . Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Instituto de Hidrología, M. y. (2007). *Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático (Nota técnica)*. 102 p.
- Instituto de Hidrología, M. y. (s.f.). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá, D. C., 72p.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- Lambin, E F; Baulies , N; Bockstael, G; Fisher , T; Krug, E; Lemmans, E F; Moran, R R; Rindfuss, Y; Sato, D; Skole, B L; Turner, I I; Vogel, C;. (1999). Land use and land cover change implementation strategy. *IGBP report, 48, IHDP, report 10, Estocolmo*.
- Portilla Gamboa ,et. al;. (2014). *Memoria Explicativa de Zonificación de la Susceptibilidad y La Amenaza relativa por Movimientos en Masa de la Plancha 429 - Pasto, Escala: 1:100.000*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano SGC.
- Rosete, F A; Pérez, J L; Bocco, G;. (1978-2000). Contribución al análisis del cambio de uso de suelo y vegetación. *Investigación Ambiental* . , 1:70-82 p.
- Turner, M. G. (s.f.). Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual review of ecology and systematics,. 171-197.