

INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA SOBRE LOS MÁRGENES DEL RÍO GUÁITARA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO ESCALA 1:25.000



EQUIPO GESTIÓN
AMBIENTAL DEL RIESGO

SUBDIRECCIÓN DE
CONOCIMIENTO Y
EVALUACIÓN AMBIENTAL

Corponariño 

Conserua la vida



**INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA SOBRE
LOS MÁRGENES DEL RÍO GUÁITARA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO,
ESCALA 1:25.000.**

Elaborado por:

Mahra Guisell Pismag Salazar

Geóloga

Karold Yojana Ceballos Cabrera

Geógrafa – Esp. Gerencia de Proyectos

Supervisor del estudio:

Juan Guillermo Delgado Noguera

Profesional Universitario

Geólogo

Equipo de Gestión Ambiental del Riesgo

Subdirección de Conocimiento y evaluación ambiental - SUBCEA

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO – CORPONARIÑO

Pasto, Nariño, 2024

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1 OBJETIVOS.....	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos específicos	12
2 MARCO TEÓRICO	12
2.1 CONCEPTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO	12
2.2 MOVIMIENTOS EN MASA	13
2.3 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES	14
2.4 GEOMORFOLOGÍA	15
2.5 CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS CORINE LAND COVER	16
2.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	16
2.7 SENSORES REMOTOS Y TELEDETECCIÓN	17
2.8 MORFODINÁMICA	17
3 METODOLOGÍA	18
3.1 FASE DE APRESTAMIENTO	20
3.1.1 Delimitación área de estudio	20
3.1.2 Información secundaria	20
3.1.3 Ajuste y definición del área de estudio	21
3.1.4 Levantamiento de información primaria	21
3.2 FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	21
3.2.1 Factores condicionantes	21
3.2.2 Identificación de Movimientos en Masa	22
3.2.3 Sectorización del río Guátara a partir de las Unidades Geológicas Superficiales	23
3.2.4 Caracterización de Movimientos en Masa	23

3.3	INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA	23
3.3.1	Superposición Ponderada en Análisis de Evaluación Multicriterio	23
3.3.2	Estudio “Inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guátara en el departamento de Nariño a escala 1:25.000”	24
4	RESULTADOS	24
4.1	FASE DE APRESTAMIENTO	24
4.1.1	Delimitación área de estudio	24
4.1.2	Información secundaria	25
4.1.3	Ajuste y definición del área de estudio	26
4.1.4	Levantamiento de información primaria	27
4.2	FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	28
4.2.1	Cobertura y uso del suelo	28
4.2.2	Identificación de movimientos en masa	32
4.2.3	Caracterización de movimientos en masa	34
4.2.4	MORFOMETRIA	92
4.2.5	HIDROLOGÍA	102
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	117
5.1	Superposición ponderada en análisis de evaluación multicriterio	117
5.1.1	Análisis de evaluación multicriterio área de influencia río Guátara por sectores	118
5.1.2	Análisis de evaluación multicriterio área total de influencia río Guátara	123
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
6.1	CONCLUSIONES	1255
6.2	RECOMENDACIONES	1265
7	BIBLIOGRAFÍA	1266

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos y subtipos de procesos y sus características más importantes.....	14
Tabla 2 Recopilación de insumos para la etapa de aprestamiento	25
Tabla 3 Sectorización del río Guáitara.....	26
Tabla 4 Inventario de deslizamientos identificados en los márgenes del río Guáitara	32
Tabla 5 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1	35
Tabla 6 Pendientes identificadas en el SECTOR 1	41
Tabla 7 Ocupación de cobertura de la tierra en el SECTOR 1.....	42
Tabla 8 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2.....	46
Tabla 9 Pendientes identificadas en el SECTOR 2	54
Tabla 10 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 2	55
Tabla 11. Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3A	61
Tabla 12 Pendientes identificadas en el SECTOR 3A	68
Tabla 13 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 3A	69
Tabla 14 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3B	72
Tabla 15 Pendientes identificadas en el SECTOR 3B	78
Tabla 16 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 3B	79
Tabla 17 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 4.....	83
Tabla 18 Pendientes identificadas en el SECTOR 4.....	89
Tabla 19 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 4	90
Tabla 20 Área y perímetro de la cuenca del Río Guáitara.	93
Tabla 21 Clasificación de las cuencas hidrográficas de acuerdo al valor de la relación hipsométrica.	94
Tabla 22 Elevación y pendiente media, cuenca del río Guáitara	95
Tabla 23 Rangos de clasificación coeficiente de compacidad (Kc).....	97
Tabla 24 Clasificación del índice de alargamiento (Ia).....	98
Tabla 25 Coeficientes de compacidad e Índices de alargamiento de la cuenca del Río Guáitara.....	99
Tabla 26 Índices de asimetría de la cuenca del río Guáitara	99
Tabla 27 Tiempos de concentración cuenca del Río Guáitara.	100
Tabla 28 Tiempos de concentración en la cuenca del Río Guáitara	101
Tabla 29 Categoría del índice morfométrico de torrencialidad para la cuenca del Río Guáitara	101
Tabla 30 Precipitación máxima para diferentes Tr	107
Tabla 31 Porcentaje Análisis de Evaluación Multicriterio.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama metodología inventario de procesos de remoción en masa.....	19
Figura 2. Delimitación área de estudio	25
Figura 3 Sectorización del río Guáitara	27
Figura 4 Visitas de reconocimiento en campo, equipo de Gestión Ambiental del Riesgo de Corponariño.	28
Figura 5 Sectorización y deslizamientos identificados en los márgenes del río Guáitara	34
Figura 6 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1	36
Figura 7 Fotografía tomada en el Santuario de Las Lajas (coordenadas: 0°48'19.9"N, 77°35'07.4"W), se evidencian suelos transportados de origen volcánico de cenizas de Rumichaca (Stvcr) y depósitos aluviales (Stal).....	37
Figura 8 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 1	38
Figura 9 Fotografía tomada en el puente que conduce de Ipiales al municipio de Potosí (coordenadas: 0°48'21.25"N, 77°34'44.04"W), se evidencian Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe), donde se aprecia el encañonamiento del río Guáitara.	39
Figura 10 Mapa de geomorfología SECTOR 1	40
Figura 11 Mapa de pendientes SECTOR 1	41
Figura 12 Cobertura Mosaico de cultivos-Sector 1	42
Figura 13 Coberturas de la tierra, SECTOR 1	43
Figura 14 Extracción de materiales de construcción en el municipio de Potosí (coordenadas: 0°48'21.25"N, 77°34'44.04"W), se identifican unidades de Rocas diaclasadas de origen ígneo volcánico de las Andesitas del Guáitara (Rbvag), Suelos transportados volcánico de flujos piroclásticos (Stvfp); geomorfológicamente se encuentra en Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe).....	44
Figura 15 Extracción de materiales de construcción en el municipio de Puerres (coordenadas: 0°53'38.39"N, 77°32'28.99"W).....	45
Figura 16 Fotografía tomada en la vía Potosí-Las Lajas (coordenadas: 0°48'21.25"N, 77°34'44.04"W), se evidencia material inconsolidado que cae al río Guáitara aportando sedimentos al caudal.....	46
Figura 17 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2	48
Figura 18 Fotografía tomada en la vía antigua Pasto – Ipiales (Coordenadas: 0°57'10.7"N, 77°28'08.4"W), se evidencia Roca intermedia volcánica de lavas y cenizas (Rivlc).	49
Figura 19 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 2.....	50

Figura 20 Fotografía tomada en cercanías al corregimiento del Pedregal municipio de Imués (Coordenadas: 1°03'33.9"N, 77°26'43.8"W), se identifican: Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe), Flujo piroclástico aterrazado (Vfp), Sierra desnuda (Dsd), Flujos de lava (Vfl), Escarpes de erosión mayor (Deem), Sierra residual (Dsr).....	52
Figura 21 Mapa de geomorfología SECTOR 2.	53
Figura 22 Mapa de pendientes SECTOR 2.....	54
Figura 23 Cobertura Mosaico de pastos con espacios naturales, SECTOR 2.....	55
Figura 24 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 2.	56
Figura 25 Minería de materiales de construcción municipio de Funes (Coordenadas: 0°59'57.21"N, 77°28'24.99"W).	57
Figura 26 Movimiento en masa en inmediaciones del Corregimiento de El Pedregal, jurisdicción del municipio de Funes (coordenadas de referencia: 1° 2'42.14"N, 77°27'9.38"W).	58
Figura 27 Movimiento en masa en inmediaciones del Corregimiento de El Pedregal, jurisdicción del municipio de Imues (coordenadas de referencia: 1° 3'30.26"N, 77°27'4.35"W).	59
Figura 28 Movimiento en masa en el municipio de Iles (coordenadas de referencia: 0°58'41.87"N, 77°27'54.20"W). Se identifica una urbanización en construcción la cual se encuentra en la zona de inundación del río Guáitara, susceptibilidad alta para flujos torrenciales.....	60
Figura 29 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3A	62
Figura 30 Fotografía tomada en la vereda San Antonio municipio de Consacá (Coordenadas: 77° 28' 48.545" W, 1° 11' 16.815" N), se evidencia un conjunto de deslizamientos en Roca blanda de lluvias de ceniza (Rbvs) y Suelo transportado aluvial (Stal).....	64
Figura 31 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 3A.	65
Figura 32 Fotografía tomada en la vereda San Antonio municipio de Consacá (Coordenadas: 77° 28' 48.545" W, 1° 11' 16.815" N). Se evidencian geoformas de tipo: Sierra residual (Dsr), Terraza de acumulación (Fta), Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), Cauce aluvial (Fca), Escarpe de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe), Flujo piroclástico aterrazado (Vfp).	66
Figura 33 Mapa geomorfológico SECTOR 3A.	67
Figura 34 Mapa de pendientes SECTOR 3A.	68
Figura 35 Mosaico de pastos y cultivos, SECTOR 3A.....	69
Figura 36 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 3A.	70
Figura 37 Deslizamiento traslacional en inmediaciones del municipio de Consacá, vereda Campamento. Coordenadas de referencia: N: 1°12'59,000" W: 77°29'53,000".....	71

Figura 38 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3B.....	73
Figura 39 Fotografía tomada desde el puente que comunica al municipio de Sandoná con el municipio de Ancuya (coordenadas: 1°16'15.6"N 77°30'28.1"W), se observa en el margen occidental del río Guáitara Rocas de la Formación Esmita (Rbsale), se identifica en la parte convexa del río que la roca es tan competente que se mantiene a pesar de ser el margen erosivo. La unidad Stal corresponde a Suelo transportado aluvial.....	74
Figura 40 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 3B.	75
Figura 41 Desde el municipio de Sandoná con una visual al municipio de Ancuya (coordenadas: 1°16'10.52"N, 77°30'19.08"W), se identifican geformas de tipo: Escarpe de erosión mayor (Deem), Planicie aluvial confinada (Fpac), Cauce aluvial (Fca), Sierra homoclinal (Ssh).....	76
Figura 42 Mapa de geomorfología SECTOR 3B.....	77
Figura 43 Mapa de pendientes SECTOR 3B.	78
Figura 44 Mosaico de pastos y cultivos, SECTOR 3B.....	79
Figura 45 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 3B.....	80
Figura 46 Mina de materiales de construcción en el municipio de Sandoná (coordenadas: 1°16'7.39"N, 77°30'18.00"W). El material que se extrae corresponde a Roca blanda sedimentaria areniscas y limolitas de la Formación Esmita (Rbsale) y geomorfológicamente se ubica en una Sierra homoclinal (Ssh).....	81
Figura 47 Se identifican dos deslizamientos traslacionales en la vereda El Llano en el municipio de Ancuya (Coordenadas de referencia: 1°16'13.88"N, 77°30'29.70"W).	82
Figura 48 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 4	84
Figura 49 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 4.....	85
Figura 50 Usando el sistema de información Geográfica Google Earth se toma una fotografía para visualizar la geomorfología del SECTOR 4. En el margen Occidental en el municipio de Linares, se identifican las geformas: Sierra denudada (Dsd) y Planicie Aluvial Confinada (Fpac). En el margen Oriental en el municipio de Sandoná se identifica la geforma Sierra Homoclinal (Ssh). El cauce del río Guáitara se ubica entre la división de los dos municipios, se identifica como Cauce aluvial (Fca).	87
Figura 51 Mapa de geomorfología SECTOR 4.	88
Figura 52 Mapa de pendientes SECTOR 4.....	89
Figura 53 Herbazal denso de tierra firme, SECTOR 4.	90
Figura 54 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 4.	91
Figura 55 Deslizamientos rotacionales retrogresivos en inmediaciones del municipio de Ancuya vereda Los Naranjos.	92

Figura 56 Edad de los ríos de acuerdo a la forma de la curva Hipsométrica, Fuente: (Ibáñez, Ascensio, 2004).	94
Figura 57 Curva hipsométrica cuenca del río Guáitara.	95
Figura 58 Tiempos de concentración cuenca del Río Guáitara.	100
Figura 59 Clasificaciones obtenidas del índice morfométrico de torrencialidad para la cuenca del Río Guáitara.	102
Figura 60 Localización estaciones meteorológicas. Fuente Consorcio POMCA, 2015.	104
Figura 61 Precipitación media mensual (mm). Periodo 1990-2014. Fuente: Consorcio POMCA, 2015.	105
Figura 62 Océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad, en la región de desarrollo del ENSO. Fuente: http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/el_nino.php	106
Figura 63 Precipitación media anual cuenca Río Guáitara. Fuente: Consorcio POMCA 2015.	109
Figura 64 Balance hídrico de largo plazo cuenca del río Guáitara. Fuente: Consorcio POMCA 2015.	110
Figura 65 Localización de estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA	111
Figura 66 Caudales medios, máximos y mínimos (m ³ /s) en la estación Pilcuan. Fuente: Equipo técnico POMCA	113
Figura 67 Caudales medios, máximos y mínimos (m ³ /s) en la estación Carlosama. Fuente: Equipo técnico POMCA	113
Figura 68 Caudales medios, máximos y mínimos (m ³ /s) en la estación San Pedro. Fuente: Equipo técnico POMCA	114
Figura 69 Caudales medios, máximos y mínimos (m ³ /s) en la estación San Pedro. Fuente: Equipo técnico POMCA	114
Figura 70 Caudales medios (m ³ /s) en las estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA.	115
Figura 71 Variabilidad interanual de caudales medios (m ³ /s) en las estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA	116
Figura 72 Caudal medio anual (m ³ /s) en las estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA	116
Figura 73 Variabilidad espacial caudales medios, cuenca del Río Guáitara. Fuente: Equipo técnico POMCA	117
Figura 74 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 1	119
Figura 75 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 2	120
Figura 76 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 3A	121
Figura 77 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 3B.	122



Figura 78 Mapa de Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 4..... 123

Figura 79 Análisis de Evaluación Multicriterio Área Total De Estudio..... 124

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Guáitara en el departamento de Nariño ha sido objeto de incentivo para realizar el presente estudio, debido a que, por sus condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrológicas y coberturas de la tierra, manifiestan propensión a la ocurrencia de fenómenos naturales relacionados con la gestión del riesgo de desastres, lo cual puede alterar el curso del río, afectar la biodiversidad, y aumentar la erosión y sedimentación, impactando en la calidad del agua y los ecosistemas del área de influencia de la cuenca.

Por lo anterior y en aras de dar cumplimiento a la visión y misión de la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, se da la necesidad de realizar un *“Inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guáitara a escala 1:25.000”*, con la finalidad que el presente documento sea una herramienta para los municipios que están en el área de influencia de esta cuenca y así, puedan desarrollar estrategias para prevenir daños y tomar medidas de mitigación, ya sea con soluciones basadas en la naturaleza (sbn) protegiendo tanto el entorno natural como las comunidades locales, o desde su integración en el ordenamiento ambiental y territorial en el marco de la gestión del riesgo de desastres.

Así mismo, este estudio permite promover la investigación y el desarrollo del conocimiento articulado entre entidades, siguiendo lo establecido en el fallo del Tribunal Administrativo De Nariño – Sala Primera De Decisión, el cual mediante sentencia del 20 de noviembre de 2023 DECLARÓ al RÍO GUÁITARA, su cuenca y afluentes como sujeto de derechos a la protección, conservación, mantenimiento y restauración a cargo del Estado y de las comunidades que habitan en los municipios del DEPARTAMENTO DE NARIÑO por donde hace su recorrido, y cuya tutoría y representación legal de los derechos del río, estará a cargo de la NACIÓN – MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, quien además será su guardián.

De esta forma, para el presente estudio se toman como factores más relevantes las Unidades Geológicas Superficiales, la cobertura y uso del suelo, las pendientes y los movimientos en masa identificados a lo largo de los márgenes del río Guaitara permitiendo así, realizar un análisis de evaluación multicriterio de los atributos mencionados, con lo cual se obtiene como resultado un inventario de procesos de remoción en masa en los márgenes del río Guáitara a escala 1:25.000, una susceptibilidad cualitativa y la identificación de áreas vulnerables a estos fenómenos naturales.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Realizar un inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guáitara en el departamento de Nariño a escala 1:25.000.

1.2 Objetivos específicos

- Ubicar e identificar los procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guáitara.
- Elaborar una caracterización de los procesos de remoción en masa.
- Realizar una aproximación cualitativa de la susceptibilidad de amenaza por remoción en masa sobre los márgenes del río Guáitara.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO

Para el desarrollo del presente estudio es importante indagar sobre algunos conceptos fundamentales y aportes de autores, que permitan explicar y construir los temas de interés para este estudio. Se presentan algunas definiciones de riesgo y sus componentes, extraídas del libro guía metodológica para zonificación de avenidas torrenciales, guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa a escala detallada, guía para zonificación de movimientos en masa a escala 1:25000 del Servicio Geológico Colombiano, y definiciones descritas en la ley 1523 de 2012.

Riesgo de desastres: Daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un periodo de tiempo específico (SGC 2021).

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Art. 4 Ley 1523 de 2012).

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de

subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos. (Art.4 Ley 1523 de 2012).

Exposición: Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. (Art.4 Ley 1523 de 2012).

Susceptibilidad: Posibilidad que tiene un área a presentar un evento peligroso (SGC, 2021).

2.2 MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa son desplazamientos del terreno a favor de la pendiente que se generan por acción de la fuerza de gravedad, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros. El SGC clasifica los movimientos en masa conforme a la Guía para la Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa propuesta por el Proyecto Multinacional Andino (PMA), adoptada por Colombia (PMA: GCA, 2007), en la que movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (SGC 2017).

Según el SGC, los factores y causas de los movimientos en masa se pueden considerar como factores inherentes (estado original) y factores modificadores. Los Factores inherentes se relacionan con la naturaleza de los materiales, con el complemento de la cobertura natural y la presencia de agua: Tipo de materiales (rocas, suelos) y su origen, condición de los materiales (ejemplos, estado de fracturamiento, grado de descomposición, consistencia), actitud estructural (discontinuidades estructurales con influencia regional o local), presencia de agua (patrón de flujo y distribución), presencia de coberturas vegetales. La interacción de estos factores constituye la causa real de la inestabilidad, es decir, el conjunto de factores que definen la posibilidad de falla. Se expresan como unidades de relieve más o menos susceptibles a la falla.

De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano, se consideran cinco tipos de movimientos en masa de más frecuencia de ocurrencia: caídas, volcamientos, deslizamientos, flujo y reptación. Se tienen en cuenta, además, los movimientos complejos, que son resultado de la combinación cinemática de los movimientos básicos. (SGC & MINMINAS, 2017).

Tabla 1. Tipos y subtipos de procesos y sus características más importantes

Tipo	Mecanismo	Material desplazado	Subtipo
Caídas,	Desprendimiento de material que se desplaza por el aire, brinca o rueda.	Rocas, Suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de rocas y suelos • Rodamiento de bloques • Torrentes de bloques
Volcamientos	Masas que rotan en un punto sin desprenderse.	Rocas, detritos	<ul style="list-style-type: none"> • Único o múltiple de conjunto de bloques de roca. • De bloques individuales liberados por tensión. • De detritos.
Deslizamientos	La masa se desplaza sobre una superficie de falla por cortante sin desintegrarse apreciablemente	Rocas, Suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Rotacional (hundimiento) • Rotacional retrogresivo múltiple, traslacional planar, traslacional en cuna, Compuesto.
Flujos, avalanchas y deslizamientos por flujo	La masa se mueve grandes distancias la mayor parte del trayecto en forma viscosa		<ul style="list-style-type: none"> • Flujos de detritos (lahares y avenidas torrenciales), flujos de tierras, flujos de lodo, avalanchas de detritos. • Deslizamiento por flujos de material granular-licuación (Flow slide). • Deslizamiento por flujo de arcilla sensitiva (Clay-flow slide).
Creep (Reptación)	La masa se deforma muy lentamente sin fallar.	Rocas, suelos, talud	<ul style="list-style-type: none"> • Creep superficial • Creep profundo • Soliflucción y Geliflucción (flujo)

Fuente: (SGC & MINMINAS, 2017)

2.3 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES

Las unidades geológicas superficiales son uno de los factores condicionantes más importantes en la inestabilidad de las laderas, por lo que es necesario obtener y mapear datos relacionados con sus

características. Para la escala de trabajo y metodología propuesta en este documento, se requiere de un mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS), cuyos datos serán utilizados directamente como un factor condicionante en el análisis y elaboración de un inventario de procesos de remoción en masa.

Cada Unidad Geológica Superficial se considera como el resultado de una serie de procesos tanto exógenos como endógenos que modelan la superficie terrestre y le confieren al terreno una serie de propiedades que la hacen más o menos susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa (SGC, 2017).

2.4 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es la ciencia que trata de la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno (tanto terrestres como submarinas) y su relación con las estructuras infrayacentes. Esta ciencia está enfocada al análisis de la superficie de la tierra en donde interactúan la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biosfera. Igualmente, las geoformas por definición son la expresión superficial del terreno, de la interacción dependiente de los materiales constituyentes de las mismas y su disposición estructural, de los procesos geomórficos que interactúan según el ambiente morfogenético específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de los mencionados procesos (Carvajal, 2012).

Los procesos geomorfológicos son dinámicos y corresponden a todos los cambios que ha sufrido la tierra desde sus comienzos, tanto aquellos originados en su interior (geodinámica interna, o procesos endogenéticos), como los generados en su superficie por la interacción con la hidrósfera, la atmósfera y la biósfera (geodinámica externa, o procesos exógenos). Los procesos exógenos determinan los cambios de la superficie terrestre que contribuyen al remodelado y reducción de los relieves primarios por la acción aislada o combinada de la meteorización física o química de las rocas, la erosión y transporte de los materiales resultantes y de los fenómenos de remoción en masa. Estos procesos que destruyen o modifican las geoformas iniciales, son a la vez constructores de rocas, la erosión y transporte de los materiales resultantes y de los fenómenos de remoción en masa. Estos procesos que destruyen o modifican las geoformas iniciales, son a la vez constructores de nuevas formas del terreno mediante la sedimentación o depositación de los materiales transportados, estableciendo un equilibrio entre denudación - acumulación, cuya estabilidad depende de la resistencia, tipo de roca o sedimento, la acción y tiempo de duración de los agentes meteóricos propios de las condiciones climáticas prevalecientes (Carvajal, 2012).

2.5 CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS CORINE LAND COVER

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC 1990), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra, apoyando su papel como estándar 18 para la generación de información sobre dinámicas de coberturas y cambios en el uso del suelo. En el caso colombiano, desde 2005, el país ha consolidado una adaptación metodológica de este estándar europeo para fortalecer la capacidad nacional de identificar las dinámicas de las coberturas de la tierra como aporte a la planificación del territorio (IDEAM, 2010). La base de datos de CORINE Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas.

2.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Debido a la necesidad de integrar el conocimiento técnico de manera interdisciplinaria, los Sistemas de Información Geográfica – SIG, son una herramienta idónea que permite utilizar información variada de distintas fuentes, y que, a su vez, facilita el análisis simultáneo de un mismo problema, en este sentido, los SIG suelen aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales, constituyéndose en una herramienta para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales (Díaz & Mercado, 2017).

Para Olaya (2014), “*un SIG es un elemento que permite analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre*”, teniendo en cuenta lo anterior, es importante entender que los SIG han sido una herramientas que tiene como objetivo la visualización de la superficie terrestre a diferentes escalas permitiendo de esta manera la identificación de las problemáticas socio-espaciales, es la conjunción de representación del espacio geográfico, la unión de componentes de base de datos alfanuméricos y base de datos gráficas Buzai G. (2013).

Según Sarría (2006), quien menciona que los Sistemas de Información Geográfica se definen como: “*sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación de datos espaciales en el campo de estudio*”. De esta manera, se puede dar un acercamiento frente a los SIG como: la unión de información digital y herramientas informáticas que ayudan y facilitan el análisis de datos georreferenciados (incluyen ubicación y una proyección), algunas características importantes de los SIG son: Capacidad de gran almacenamiento, agilización en consultas, selecciones y la interrelación que se maneja entre diferentes disciplinas y profesionales.

2.7 SENSORES REMOTOS Y TELEDETECCIÓN

Según López (2020), en su libro Fundamentos para la teledetección, menciona que: *“La teledetección o percepción remota (‘Remote Sensing’) es una disciplina científica que integra un amplio conjunto de conocimientos y tecnologías utilizadas para la observación, el análisis y la interpretación de fenómenos terrestres y atmosféricos”*, es así como sus bases para la adquisición de información se remiten directamente a imágenes obtenidas con la ayuda de plataformas aéreas y espaciales. Por lo cual, es importante resaltar que la teledetección adquiere la información a una determinada distancia, sin que se tenga contacto directo con el objeto estudiado.

Los sensores remotos para la teledetección, particularmente aquellos ubicados sobre satélites, otorgan una percepción importante de la Tierra en un espacio y lugar determinado, capturando datos relevantes para identificar diferentes variables y componentes de ciencias como: geología y geomorfología, hidrología, coberturas de la tierra, la respectiva morfodinámica que se presenta en el transcurso del tiempo; de esta forma, para el estudio permite la monitorización y análisis del efecto de las actividades humanas sobre la misma como puede ser crecimiento urbano, deforestación, adquisición y demanda de recursos naturales, mapeado, topografía, entre otros.

2.8 MORFODINÁMICA

Según la guía para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa a escala detallada (SGC, 2016), se debe establecer aquellos movimientos en masa que afectan o afectaron a la zona de estudio. De esta manera, se consolida el catálogo histórico municipal de procesos de inestabilidad o se hace un registro de los movimientos en masa actuales a partir de la información levantada en campo y con el uso de imágenes de sensores remotos de resolución adecuada.

De acuerdo con lo anterior, se debe determinar los procesos morfodinámicos, que corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfodinámicos están asociados a una secuencia conformada por la erosión de las rocas, el transporte de los materiales removidos y la sedimentación de dichos detritos. En consecuencia, los procesos morfodinámicos dependen de una serie de factores externos relacionados con la energía del agente morfogenético, la posición geomorfológica; así mismo, la incidencia de factores internos tales como la composición mineralógica de las rocas, su textura y grado de cohesión.

Para identificar dichos procesos morfodinámicos se lo debe hacer en términos de sus factores causales (condicionantes y detonantes), distribución espacial y frecuencia de ocurrencia, esto con base a lo establecido en la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimiento en masa a escala 1:25.000 (SGC, 2017).

3 METODOLOGÍA

La metodología que se describe a continuación se basó en las guías de zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala detallada y escala básica del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Se presenta el diagrama metodológico, en el cual se describen los procesos desarrollados para realizar el inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guátara en el departamento de Nariño a escala 1:25.000.

METODOLOGÍA

INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

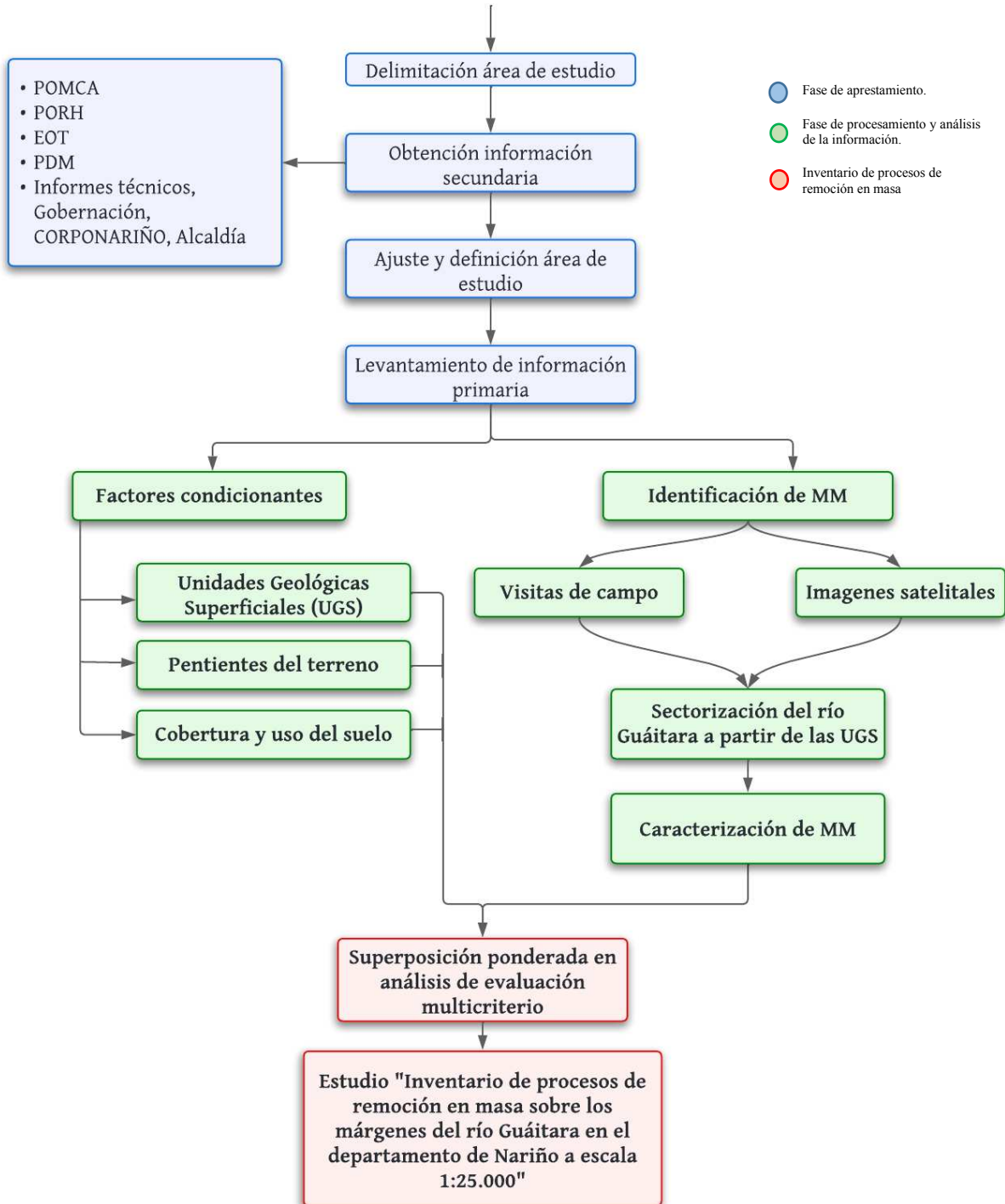


Figura 1. Diagrama metodología inventario de procesos de remoción en masa

3.1 FASE DE APRESTAMIENTO

3.1.1 Delimitación área de estudio

Se delimitó el área de estudio inicial tomando como referente principal informes técnicos realizados por la Corporación, donde se identificaron movimientos en masa en varios sectores cercanos a la delimitación del cauce del río Guáitara; teniendo en cuenta lo anterior y mediante reuniones con el equipo técnico de gestión ambiental del riesgo de Corponariño, se decidió realizar un estudio de procesos de remoción en masa identificados en los márgenes de la cuenca del río Guáitara.

El río Guáitara nace en Ecuador donde toma el nombre de río Carchi, allí está influenciado por tres poblaciones, la más grande Tulcán, Tufiño y Urbina. El actual Plan de manejo y ordenamiento de la Cuenca en territorio colombiano, dividió el territorio en 7 zonas operativas, las cuales reúnen los 33 municipios de la cuenca y se muestran a continuación:

- Zona 1: Tangua, Pasto y Yanquanquer
- Zona 2: Funes, Cordoba y Puerres
- Zona 3: Ipiales, Cumbal, Cuaspud, Potosí, Aldana, Gualmatan, Pupiales, Contadero, Guachucal
- Zona 4: Iles, Sapuyes, Tuquerres, Ospina, Imues
- Zona 5: Providencia, Linares, Samaniego, Los Andes, La Llanada, Santa Cruz
- Zona 6: El Tambo, El Peñol, La Florida
- Zona 7: Guaitarilla, Ancuya, Consacá, Sandoná

La cuenca cuenta con 20 subcuencas de orden 3 más otros tres grupos de cauces que le vierten directamente al río Guáitara en la parte alta, media y baja. En el orden 4 se contabilizan 147 microcuencas, de las cuales hay al menos 20 con grandes afectaciones por vertimientos urbanos.

El cauce del río Guáitara tiene una longitud aproximada de 158 km, es una cuenca transfronteriza compartida entre Colombia y Ecuador, ubicándose entre el Departamento de Nariño (Colombia) y la provincia del Carchi (Ecuador) está enmarcada en los pisos térmicos muy frío, frío, templado y cálido.

3.1.2 Información secundaria

Se recolectó información secundaria de los diferentes estudios que se han realizado en el área de interés entre los cuales se destaca el POMCA de río Guáitara. De igual manera, se tomó como referencia algunos informes técnicos realizados por la corporación referentes a movimientos en masa presentados en los márgenes del río Guáitara en los municipios de Consacá, Ancuya, Guaitarilla, Imues e Iles. Así mismo, se

consultó información disponible en las alcaldías de los municipios que forman parte de la cuenca del río Guáitara y la gobernación del departamento de Nariño.

3.1.3 Ajuste y definición del área de estudio

El área final de estudio se definió a partir de la información primaria recolectada en campo y la información secundaria disponible. Finalmente se ajusta el área la cual cubre un bufer de 300 m al lado y lado del cauce promedio del río Guaitara para un total de 600 m, la delimitación se hace con el fin de realizar el inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guáitara en el departamento de Nariño a escala 1:25.000.

3.1.4 Levantamiento de información primaria

Para el levantamiento de información primaria, se realizaron 4 visitas de reconocimiento en campo en el área de influencia del río Guáitara, con el fin de identificar movimientos en masa en los márgenes de la cuenca y la caracterización de los más relevantes; así mismo, se analiza y se describe la geología, geomorfología, pendientes y coberturas presentes en la zona de estudio, además de la identificación y localización de elementos expuestos que podrían verse afectados por la ocurrencia de movimientos en masa.

3.2 FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.2.1 Factores condicionantes

Se definieron tomando como referencia la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 del Servicio Geológico Colombiano, la información primaria recolectada en campo y la información secundaria disponible. Teniendo en cuenta lo anterior, para el presente estudio se definieron los siguientes factores condicionantes: a) Unidades Geológicas Superficiales; b) Geomorfología; c) Pendientes del terreno; d) Coberturas del suelo.

3.2.1.1 Unidades Geológicas Superficiales (UGS)

Durante los recorridos de campo que se realizaron para identificar y caracterizar movimientos en masa en los márgenes del río Guáitara, también se tomaron puntos de control con el fin de identificar características como litología, textura, humedad, permeabilidad, estructuras, granulometría, entre otros; lo anterior con el objetivo de comparar y verificar la información del POMCA del río Guáitara en cuanto a las unidades geológicas superficiales (UGS) que afloran en el terreno.

3.2.1.2 Pendientes del terreno

La pendiente del terreno se determinó mediante el uso de herramientas SIG, tomando como insumo principal el correspondiente a Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución de 5 metros de pixel del POMCA del río Guáitara. De igual manera, se corroboraron los resultados obtenidos con lo observado en campo mediante las visitas de reconocimiento en la cuenca del río Guáitara.

3.2.1.3 Coberturas y uso del suelo

A partir de la “Leyenda Nacional de Coberturas de la tierra, Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1: 100.000” se establecieron los criterios para levantar la capa de coberturas de la tierra a escala 1:25.000. Teniendo en cuenta lo anterior, para el presente estudio se utilizó información secundaria como imágenes satelitales Esri, Bing Satélite y Google Satélite y se complementó la información con visitas de reconocimiento en campo. Posteriormente en oficina, se trabajó con un software SIG y la clasificación Corine Land Cover, para el procesamiento y ajuste de la capa de cobertura de la tierra obtenida del POMCA del río Guáitara.

3.2.1.4 Geomorfología

De igual manera que con las UGS, los puntos de control tomados en los recorridos de campo, sirvieron para identificar características geomorfológicas relevantes en el área de estudio, lo anterior con el objetivo de verificar la información obtenida del POMCA del río Guáitara; sin embargo, esta información no será tenida en cuenta para el análisis de evaluación multicriterio.

3.2.2 Identificación de Movimientos en Masa

Para la identificación de movimientos en masa se tuvieron en cuenta las 4 visitas de reconocimiento en campo a lo largo de la cuenca del río Guáitara y se complementó con información obtenida mediante insumos como imágenes satelitales, dando como resultado la caracterización de movimientos en masa y permitiendo el análisis de los mismos.

3.2.2.1 Visitas de campo

Durante las visitas de campo se identificaron y georreferenciaron todos los movimientos de remoción en masa a los cuales se tuvo acceso y visualización desde puntos estratégicos a lo largo de la cuenca del río Guáitara. Para su caracterización se utilizaron los formatos establecidos en la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 del servicio geológico colombiano y se complementó con herramientas de georreferenciación adecuadas.

3.2.2.2 Imágenes satelitales

Uno de los insumos más importantes para el levantamiento del inventario de movimientos en masa fueron las imágenes satelitales. Para ello se investigaron varias fuentes como el portal EO Browser de Sinergise en el cual se obtienen imágenes de diferentes satélites como Sentinel, landsat,alos palar, entre otros. Por otra parte, se obtuvieron imágenes del satélite RASTER de google Earth mediante herramientas SIG como SAS Planet. El objetivo de la actividad fue obtener imágenes actualizadas y con buena resolución, sin obstáculos como nubosidad en el área de estudio, con el fin de corroborar la localización de los movimientos en masa levantados en campo y complementar la información con deslizamientos que no fueron identificados en campo por su difícil acceso.

3.2.3 Sectorización del río Guáitara a partir de las Unidades Geológicas Superficiales

Para realizar la sectorización de la cuenca del río Guáitara, se tuvo en cuenta principalmente las Unidades Geológicas superficiales como determinantes para su delimitación, de esta forma cada sector fue acotado con respecto al cambio de litología que se presenta en el área de estudio, dando como resultado un total de 6 sectores a lo largo de la cuenca.

3.2.4 Caracterización de Movimientos en Masa

Teniendo en cuenta la información levantada en campo mediante visitas de reconocimiento y el complemento de la información por medio de imágenes satelitales, se obtiene una tabla con los movimientos en masa georreferenciados a lo largo de la cuenca del río Guáitara. Posteriormente se realiza la caracterización de los principales movimientos en masa identificados, teniendo en cuenta la magnitud del deslizamiento. Lo anterior se define en el marco de la sectorización de la cuenca y la densidad de movimientos obtenidos en cada sector.

3.3 INVENTARIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

3.3.1 Superposición Ponderada en Análisis de Evaluación Multicriterio

Para el análisis se empleó una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación, que permite integrar diferentes criterios de acuerdo a la opinión de actores en un solo marco de análisis, para dar una visión integral.

En SIG el análisis multicriterio se define como todo aquel proceso analítico que permite identificar diversas soluciones ante un problema, utilizando principalmente variables cartográficas como datos de partida; para el presente estudio y con base en los resultados obtenidos de cada sector evaluado en la cuenca del río

Guaitara, se toma como factores más relevantes para el respectivo análisis, las Unidades Geológicas Superficiales, el Uso y Cobertura del suelo y Pendientes.

3.3.2 Estudio “Inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guaitara en el departamento de Nariño a escala 1:25.000”

Una vez se tiene la información completa relacionada con las características físicas del terreno y factores condicionantes (UGS, geomorfología, pendientes, coberturas del suelo); así como, identificados y georreferenciados los movimientos en masa por sectores y los resultados de la superposición ponderada del análisis de evaluación multicriterio, se procede con la consolidación del “Inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guaitara en el departamento de Nariño a escala 1:25.000”

4 RESULTADOS

4.1 FASE DE APRESTAMIENTO

4.1.1 Delimitación área de estudio

Teniendo en cuenta que, se tiene como información base el POMCA del río Guaitara para el desarrollo del presente estudio, se toma también un Buffer con un área de influencia de 300 metros a cada lado de la cuenca del río para delimitar la zona de interés; así mismo, se toma como punto de partida el puente de Rumichaca en el municipio de Ipiales limitando en la frontera con el Ecuador coordenadas de referencia: 77°39'50,000" W, 0°48'55,360" N y finaliza en su desembocadura con el río Patía en el municipio de El Peñol coordenadas de referencia: 77°26'49,840" W, 1°35'9,930"N (Figura 2).

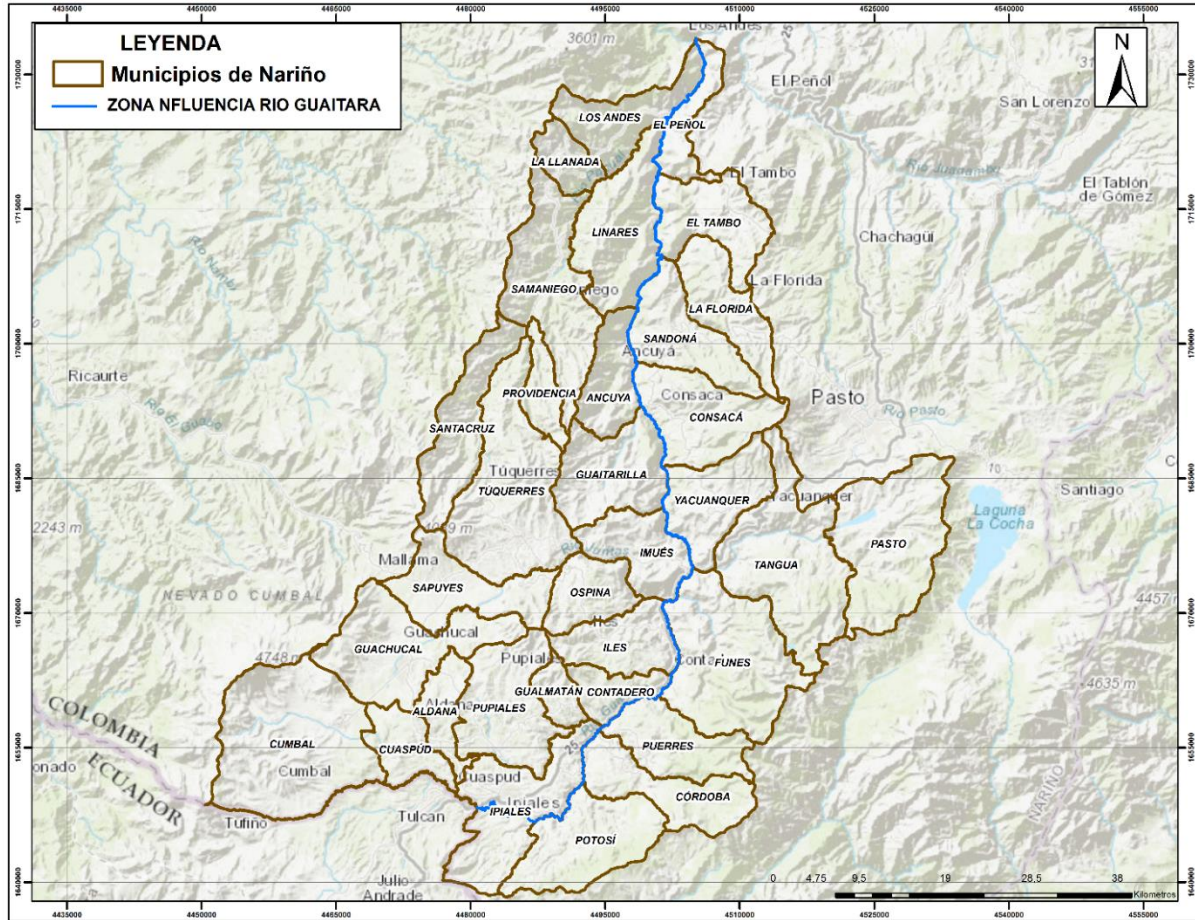


Figura 2. Delimitación área de estudio

4.1.2 Información secundaria

En la tabla 2 se registra la información documental y cartográfica encontrada en la fase de aprestamiento, con el fin de ser utilizada en el presente estudio.

Tabla 2 Recopilación de insumos para la etapa de aprestamiento

No.	Tema	Insumo	Origen	Año
1	Información base	POMCA Río Guaitara	Corponariño	2015
2	Informes técnicos	Informe técnico No. 2779/23 municipio de Funes sector Pedregal	Corponariño	2023
		Informe técnico No. 099/24 municipio de Ancoya		2024
3	Imágenes satelitales	Google Satélite, Esri Satélite y Bing Satélite	ArcGis Google Earth	2024

4	Modelo de Elevación Digital de 5 metros	POMCA Río Guátara	Corponariño	2015
---	---	-------------------	-------------	------

4.1.3 Ajuste y definición del área de estudio

De acuerdo a la información secundaria obtenida en la fase de aprestamiento y las visitas de reconocimiento en campo, se define sectorizar el área para facilitar el análisis y la caracterización del inventario de procesos de remoción en masa sobre los márgenes del río Guátara (Tabla 3 y Figura 3).

Tabla 3 Sectorización del río Guátara

SECTOR	COORDENADAS				VEREDAS	MUNICIPIOS	VEREDAS	MUNICIPIOS
	GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		ORIENTE	ORIENTE	OCCIDENTE	OCCIDENTE
	LONGITUD W	LATITUD N	X	Y				
1	77° 39' 50,000" W	0° 48' 55,360" N	4480708	1648439	LA PLAYA	IPIALES	LA PLAYA	IPIALES
2	77° 32' 31,260" W	0° 53' 37,110" N	4494317	1657097	SAN JUAN CHICO	CORDOBA	GUAIMARAL	IPIALES
3A	77° 28' 22,000" W	1° 5' 23,140" N	4502071	1678823	TACUAYA	YACUANQUER	SANTA ROSA	IMUES
3B	77° 30' 24,660" W	1° 15' 16,470" N	4498300	1697095	HATILLO	CONSACA	SAN LUIS	ANCUYA
4	77° 30' 44,580" W	1° 16' 59,710" N	4497688	1700275	EL CHUPADERO	SANDONA	EL LLANO	ANCUYA
Final	77° 26' 49,840" W	1° 35' 9,930" N	4505027	1733823	GUAYABILLO	EL PEÑOL	PANGAS	SOTOMAYOR

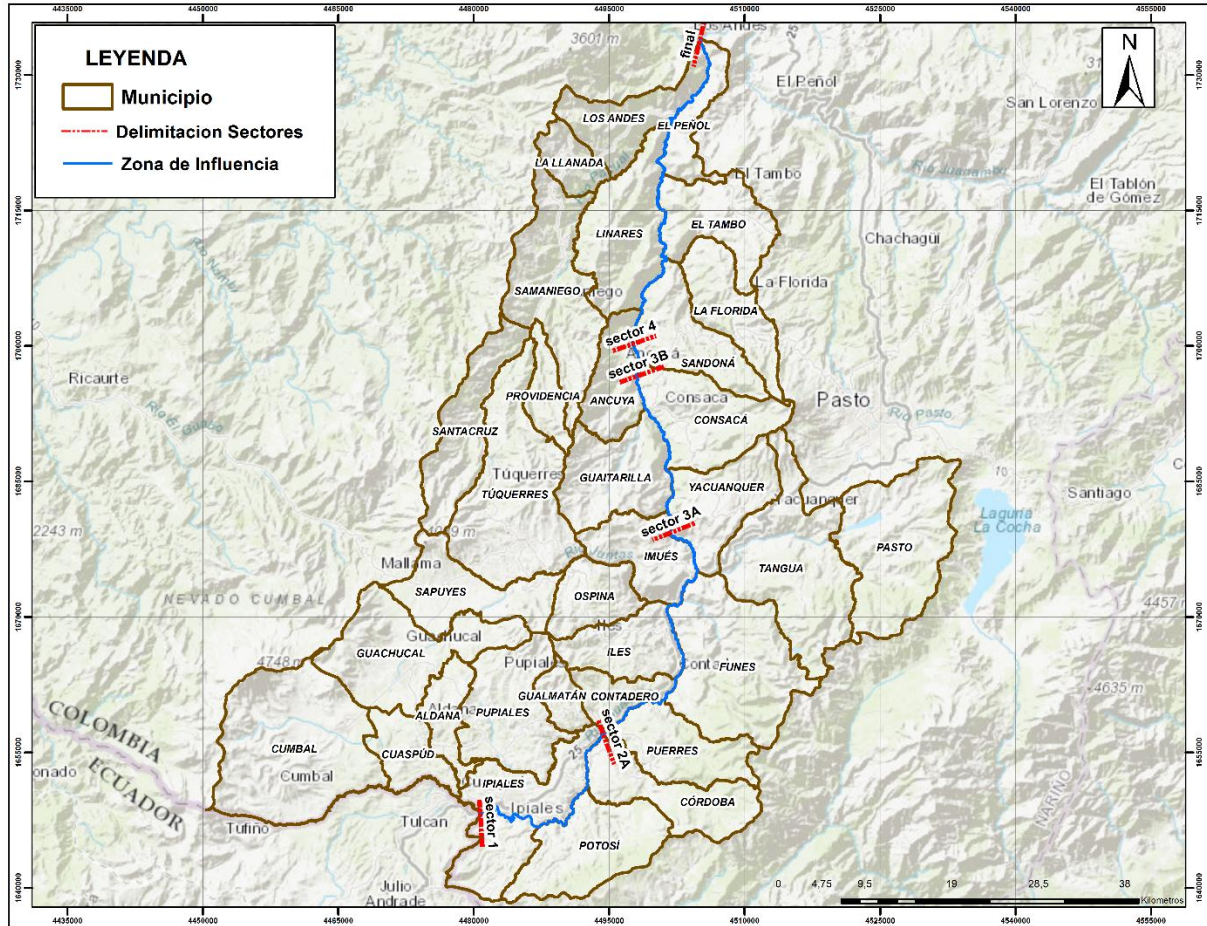


Figura 3 Sectorización del río Guáitara

4.1.4 Levantamiento de información primaria

El levantamiento de información primaria se realizó mediante 4 visitas de reconocimiento en campo, las cuales tenían como objetivo principal la identificación y caracterización de movimientos en masa en los márgenes del río Guáitara y la toma de registro fotográfico; de igual manera, en las salidas de campo se observaron y analizaron las coberturas y usos del suelo, unidades geológicas superficiales, geomorfología y pendientes, con el fin de comparar y corroborar la información contenida en el POMCA del río Guáitara.



Figura 4 Visitas de reconocimiento en campo, equipo de Gestión Ambiental del Riesgo de Corponariño.

4.2 FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.2.1 Cobertura y uso del suelo

En este capítulo se describe el uso y la cobertura del suelo identificada en el área de estudio de forma general; no obstante, en la descripción de cada sector se mencionará con precisión las coberturas que predominan.

4.2.1.1 Diagnóstico de coberturas del suelo

Para la identificación y clasificación de la cobertura y uso actual del suelo, se utilizó la metodología Corine Land Cover, de la representación de la cobertura actual basada en un nivel de 1 a 3 que de acuerdo a la metodología corresponde a un grado de detalle a escala 1:25.000 para clasificar las coberturas de la tierra, que se presentan en esta zona y que se encuentran ubicadas en los Municipios de Ipiales, Potosí, Córdoba, Puerres, Contadero, Iles, Funes, Imués, Yacuanquer, Guaitarilla, Consacá, Ancuya, Sandoná, Linares, El Tambo, Los Andes y El Peñol.

Con apoyo de imágenes satelitales gratuitas de alta resolución se identificaron veinte (20) tipos de coberturas diferentes, las cuales se agrupan en:

- **Arbustal abierto:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre el 30% y el 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. (IDEAM, 2010).

- **Arbustal denso:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más del 70% del área total de la unidad. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. (IDEAM, 2010).
- **Bosque abierto alto de tierra firme:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a quince (15) metros, se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos (IDEAM, 2010).
- **Bosque de Galería y ripario:** Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Se evidencia esta clase de cobertura con vegetación de tipo boscoso y arbustivo.
- **Bosque denso alto de tierra firme:** Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. (IDEAM, 2010).
- **Bosque Fragmentado:** Esta cobertura comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se ha presentado intervención humana de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de pastos y cultivos.
- **Herbazal denso de tierra firme:** Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso, el cual se desarrolla en áreas que no están sujetas a períodos de inundaciones, las cuales presentan elementos arbóreo o arbustivos dispersos, generalmente en alturas entre 300 a 800 msnm, así como en las zonas de páramo y subpáramo en la alta montaña (IDEAM, 2010).
- **Mosaico de cultivos, pastos y 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.

- **Mosaico de cultivos:** Son unidades que reúnen dos (2) o más clases de coberturas agrícolas de tipo transitorio o permanente, dispuestas en un patrón intrincado de mosaico geométrico que hace difícil su separación en coberturas individuales. (IDEAM, 2010).
- **Mosaico de cultivos, pastos y 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.
- **Mosaico de pastos con espacios naturales:** Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. 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. (IDEAM, 2010).
- **Mosaico de pastos y cultivos:** Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (IDEAM, 2010). Para su identificación y clasificación se requiere el uso de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos, control de campo y otra información agrícola (IDEAM, 2010).
- **Pastos arbolados:** Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. (IDEAM, 2010).

- **Pastos enmalezados:** Este tipo de cobertura está conformada 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.
- **Pastos limpios:** La 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.
- **Plantación forestal:** Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación.
- **Tejido urbano continuo:** Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano (IDEAM, 2010).
- **Tejido urbano discontinuo:** Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. (IDEAM, 2010).
- **Tierras desnudas y degradadas:** Durante el recorrido de la zona de estudio, se identificó este tipo de vegetación en las áreas de deslizamiento, donde se evidencia esta unidad de cobertura de tierras desnudas y degradadas, ocasionado por diferentes movimientos en masa ocurridos en la zona, con pendiente mayor al 45%. Dicha área se encuentra desprovista de vegetación, con características edafológicas propias de este tipo de cobertura.
- **Zonas de extracción minera:** Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras, de construcción, producción industrial y vertimiento de

residuos de diferente origen. Las áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales son las que se encuentran a cielo abierto (IDEAM, 2010).

4.2.2 Identificación de movimientos en masa

La identificación de movimientos en masa se realizó a partir de visitas de reconocimiento en campo donde se localizaron la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en los márgenes del río Guaitara, dicha información fue complementada mediante el reconocimiento de movimientos en masa con imágenes satelitales y el programa Google Earth, esta herramienta fue usada principalmente en los sectores de difícil acceso.

A continuación, en la tabla 4 se encuentra la ubicación en coordenadas geográficas y planas CTM12 de los movimientos en masa identificados en los márgenes del río Guaitara.

Tabla 4 Inventario de deslizamientos identificados en los márgenes del río Guaitara

INVENTARIO DESLIZAMIENTOS IDENTIFICADOS EN LOS MÁRGENES DEL RÍO GUAITARA						
PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LONGITUD W	LATITUD N	X	Y	
1	DESLIZAMIENTO	77° 37' 9.334" W	0° 48' 39.719" N	4485688	1647951	2700
2	DESLIZAMIENTO	77° 36' 26.410" W	0° 48' 5.056" N	4487017	1646882	2650
3	DESLIZAMIENTO	77° 35' 32.377" W	0° 48' 30.685" N	4488693	1647670	2700
4	DESLIZAMIENTO	77° 35' 5.484" W	0° 48' 18.382" N	4489526	1647290	2600
5	DESLIZAMIENTO	77° 35' 3.236" W	0° 48' 18.717" N	4489596	1647300	2600
6	DESLIZAMIENTO	77° 34' 43.190" W	0° 48' 32.166" N	4490217	1647713	2550
7	DESLIZAMIENTO	77° 34' 17.983" W	0° 49' 38.943" N	4491001	1649769	2500
8	DESLIZAMIENTO	77° 34' 0.058" W	0° 49' 55.421" N	4491557	1650275	2500
9	DESLIZAMIENTO	77° 33' 28.007" W	0° 50' 32.811" N	4492552	1651425	2450
10	DESLIZAMIENTO	77° 33' 28.030" W	0° 51' 26.869" N	4492553	1653090	2450
11	DESLIZAMIENTO	77° 33' 29.500" W	0° 51' 36.169" N	4492508	1653376	2350
12	DESLIZAMIENTO	77° 29' 28.641" W	0° 55' 40.787" N	4499982	1660898	2200
13	DESLIZAMIENTO	77° 29' 19.780" W	0° 55' 38.502" N	4500256	1660827	2150
14	DESLIZAMIENTO	77° 29' 17.399" W	0° 55' 23.721" N	4500329	1660372	2350
15	DESLIZAMIENTO	77° 29' 13.902" W	0° 55' 38.781" N	4500438	1660836	2300
16	DESLIZAMIENTO	77° 29' 8.305" W	0° 55' 29.134" N	4500611	1660538	2300
17	DESLIZAMIENTO	77° 29' 6.454" W	0° 55' 31.079" N	4500669	1660598	2200
18	DESLIZAMIENTO	77° 28' 57.891" W	0° 55' 44.181" N	4500935	1661001	2150
19	DESLIZAMIENTO	77° 28' 55.931" W	0° 55' 51.033" N	4500996	1661212	2150
20	DESLIZAMIENTO	77° 28' 42.432" W	0° 55' 40.337" N	4501413	1660882	2100
21	DESLIZAMIENTO	77° 28' 42.942" W	0° 56' 6.615" N	4501399	1661691	2050
22	DESLIZAMIENTO	77° 28' 33.302" W	0° 55' 55.461" N	4501697	1661348	2100
23	DESLIZAMIENTO	77° 28' 13.498" W	0° 57' 7.543" N	4502314	1663566	2100
24	DESLIZAMIENTO	77° 28' 30.481" W	1° 0' 9.465" N	4501795	1669167	1900
25	DESLIZAMIENTO	77° 28' 31.856" W	1° 0' 23.867" N	4501753	1669610	1850
26	DESLIZAMIENTO	77° 28' 32.454" W	1° 0' 25.021" N	4501734	1669646	1850
27	DESLIZAMIENTO	77° 27' 59.142" W	1° 1' 49.102" N	4502770	1672233	1850
28	DESLIZAMIENTO	77° 27' 7.960" W	1° 2' 38.849" N	4504358	1673762	1700
29	DESLIZAMIENTO	77° 27' 1.406" W	1° 3' 3.467" N	4504562	1674520	1700
30	DESLIZAMIENTO	77° 27' 0.652" W	1° 3' 5.726" N	4504586	1674589	1700

31	DESLIZAMIENTO	77° 27' 2.607" W	1° 3' 24.074" N	4504526	1675154	1700
32	DESLIZAMIENTO	77° 27' 10.296" W	1° 3' 30.983" N	4504288	1675367	1700
33	DESLIZAMIENTO	77° 27' 9.955" W	1° 3' 58.314" N	4504300	1676208	1650
34	DESLIZAMIENTO	77° 26' 55.253" W	1° 4' 26.920" N	4504757	1677088	1700
35	DESLIZAMIENTO	77° 27' 2.967" W	1° 4' 33.499" N	4504518	1677291	1650
36	DESLIZAMIENTO	77° 27' 15.664" W	1° 4' 27.170" N	4504124	1677097	1650
37	DESLIZAMIENTO	77° 27' 14.870" W	1° 4' 40.891" N	4504150	1677519	1600
38	DESLIZAMIENTO	77° 28' 49.422" W	1° 7' 9.444" N	4501227	1682097	1150
39	DESLIZAMIENTO	77° 28' 25.596" W	1° 8' 0.559" N	4501967	1683669	1450
40	DESLIZAMIENTO	77° 28' 14.314" W	1° 8' 10.890" N	4502317	1683987	1450
41	DESLIZAMIENTO	77° 28' 17.082" W	1° 8' 16.550" N	4502232	1684161	1450
42	DESLIZAMIENTO	77° 28' 52.593" W	1° 9' 41.035" N	4501136	1686764	1350
43	DESLIZAMIENTO	77° 28' 40.235" W	1° 10' 32.369" N	4501521	1688344	1350
44	DESLIZAMIENTO	77° 28' 54.305" W	1° 11' 10.824" N	4501087	1689528	1300
45	DESLIZAMIENTO	77° 28' 48.545" W	1° 11' 16.815" N	4501266	1689712	1350
46	DESLIZAMIENTO	77° 29' 0.480" W	1° 11' 27.913" N	4500896	1690054	1300
47	DESLIZAMIENTO	77° 29' 2.992" W	1° 11' 48.750" N	4500820	1690696	1300
48	DESLIZAMIENTO	77° 29' 8.927" W	1° 11' 46.971" N	4500636	1690642	1300
49	DESLIZAMIENTO	77° 28' 58.145" W	1° 11' 54.010" N	4500970	1690858	1300
50	DESLIZAMIENTO	77° 29' 9.846" W	1° 11' 53.554" N	4500608	1690844	1300
51	DESLIZAMIENTO	77° 29' 23.458" W	1° 12' 24.870" N	4500187	1691809	1250
52	DESLIZAMIENTO	77° 29' 22.896" W	1° 12' 36.643" N	4500205	1692172	1400
53	DESLIZAMIENTO	77° 29' 30.384" W	1° 12' 39.615" N	4499973	1692263	1200
54	DESLIZAMIENTO	77° 29' 50.420" W	1° 12' 35.745" N	4499352	1692145	1200
55	DESLIZAMIENTO	77° 29' 45.111" W	1° 12' 50.737" N	4499518	1692607	1200
56	DESLIZAMIENTO	77° 29' 48.905" W	1° 13' 3.985" N	4499401	1693015	1250
57	DESLIZAMIENTO	77° 30' 21.451" W	1° 14' 29.381" N	4498397	1695645	1100
58	DESLIZAMIENTO	77° 30' 37.091" W	1° 14' 40.381" N	4497913	1695985	1100
59	DESLIZAMIENTO	77° 30' 36.989" W	1° 14' 43.044" N	4497916	1696067	1100
60	DESLIZAMIENTO	77° 30' 27.955" W	1° 14' 54.801" N	4498197	1696428	1100
61	DESLIZAMIENTO	77° 30' 34.721" W	1° 15' 0.144" N	4497987	1696593	1100
62	DESLIZAMIENTO	77° 30' 42.063" W	1° 15' 1.038" N	4497760	1696621	1150
63	DESLIZAMIENTO	77° 30' 28.803" W	1° 15' 53.507" N	4498173	1698236	1100
64	DESLIZAMIENTO	77° 30' 29.697" W	1° 16' 13.877" N	4498147	1698863	1050
65	DESLIZAMIENTO	77° 30' 25.970" W	1° 16' 25.473" N	4498263	1699220	1050
66	DESLIZAMIENTO	77° 30' 29.097" W	1° 16' 27.936" N	4498166	1699296	1050
67	DESLIZAMIENTO	77° 30' 30.978" W	1° 16' 28.205" N	4498108	1699304	1050
68	DESLIZAMIENTO	77° 30' 43.095" W	1° 16' 33.503" N	4497733	1699468	1050
69	DESLIZAMIENTO	77° 30' 37.223" W	1° 16' 43.641" N	4497915	1699780	1100
70	DESLIZAMIENTO	77° 30' 31.765" W	1° 16' 47.097" N	4498085	1699886	1100
71	DESLIZAMIENTO	77° 30' 39.977" W	1° 16' 50.240" N	4497830	1699983	1100
72	DESLIZAMIENTO	77° 30' 48.378" W	1° 16' 47.985" N	4497570	1699914	1100
73	DESLIZAMIENTO	77° 30' 34.652" W	1° 16' 54.861" N	4497996	1700125	1100
74	DESLIZAMIENTO	77° 30' 40.133" W	1° 16' 55.224" N	4497826	1700136	1100
75	DESLIZAMIENTO	77° 30' 35.814" W	1° 17' 0.723" N	4497960	1700305	1000
76	DESLIZAMIENTO	77° 30' 52.525" W	1° 17' 6.949" N	4497442	1700498	1000
77	DESLIZAMIENTO	77° 30' 41.179" W	1° 17' 11.810" N	4497794	1700647	1000
78	DESLIZAMIENTO	77° 30' 59.687" W	1° 17' 29.468" N	4497222	1701192	1050
79	DESLIZAMIENTO	77° 31' 1.351" W	1° 17' 36.924" N	4497171	1701421	1100
80	DESLIZAMIENTO	77° 30' 31.747" W	1° 18' 42.658" N	4498091	1703443	950
81	DESLIZAMIENTO	77° 30' 23.409" W	1° 18' 50.734" N	4498350	1703692	1000
82	DESLIZAMIENTO	77° 30' 26.988" W	1° 19' 10.877" N	4498241	1704312	1000
83	DESLIZAMIENTO	77° 30' 17.317" W	1° 19' 28.897" N	4498541	1704866	900
84	DESLIZAMIENTO	77° 29' 59.791" W	1° 19' 37.996" N	4499085	1705145	900
85	DESLIZAMIENTO	77° 29' 54.637" W	1° 19' 42.109" N	4499245	1705272	1000
86	DESLIZAMIENTO	77° 30' 24.769" W	1° 19' 42.447" N	4498311	1705284	900
87	DESLIZAMIENTO	77° 29' 10.125" W	1° 24' 14.382" N	4500640	1713651	700
88	DESLIZAMIENTO	77° 29' 7.573" W	1° 27' 15.069" N	4500729	1719214	650
89	DESLIZAMIENTO	77° 28' 43.893" W	1° 28' 50.614" N	4501469	1722153	575
90	DESLIZAMIENTO	77° 28' 47.795" W	1° 29' 2.016" N	4501349	1722505	575

91	DESPLIZAMIENTO	77° 27' 28.115" W	1° 31' 46.003" N	4503828	1727548	525
92	DESPLIZAMIENTO	77° 26' 43.548" W	1° 32' 38.898" N	4505212	1729173	550
93	DESPLIZAMIENTO	77° 26' 34.286" W	1° 33' 18.169" N	4505501	1730382	525

4.2.3 Caracterización de movimientos en masa

4.2.3.1 Sectorización de la cuenca del río Guáitara

Con el objetivo de facilitar el desarrollo del presente estudio, se definió dividir la cuenca del río Guáitara por sectores, teniendo como base para su delimitación las Unidades Geológicas Superficiales (UGS); de igual manera, para cada sector y con el fin de realizar una adecuada caracterización de movimientos en masa, se tendrán en cuenta factores relevantes como geomorfología, pendientes y cobertura y uso del suelo en su descripción.

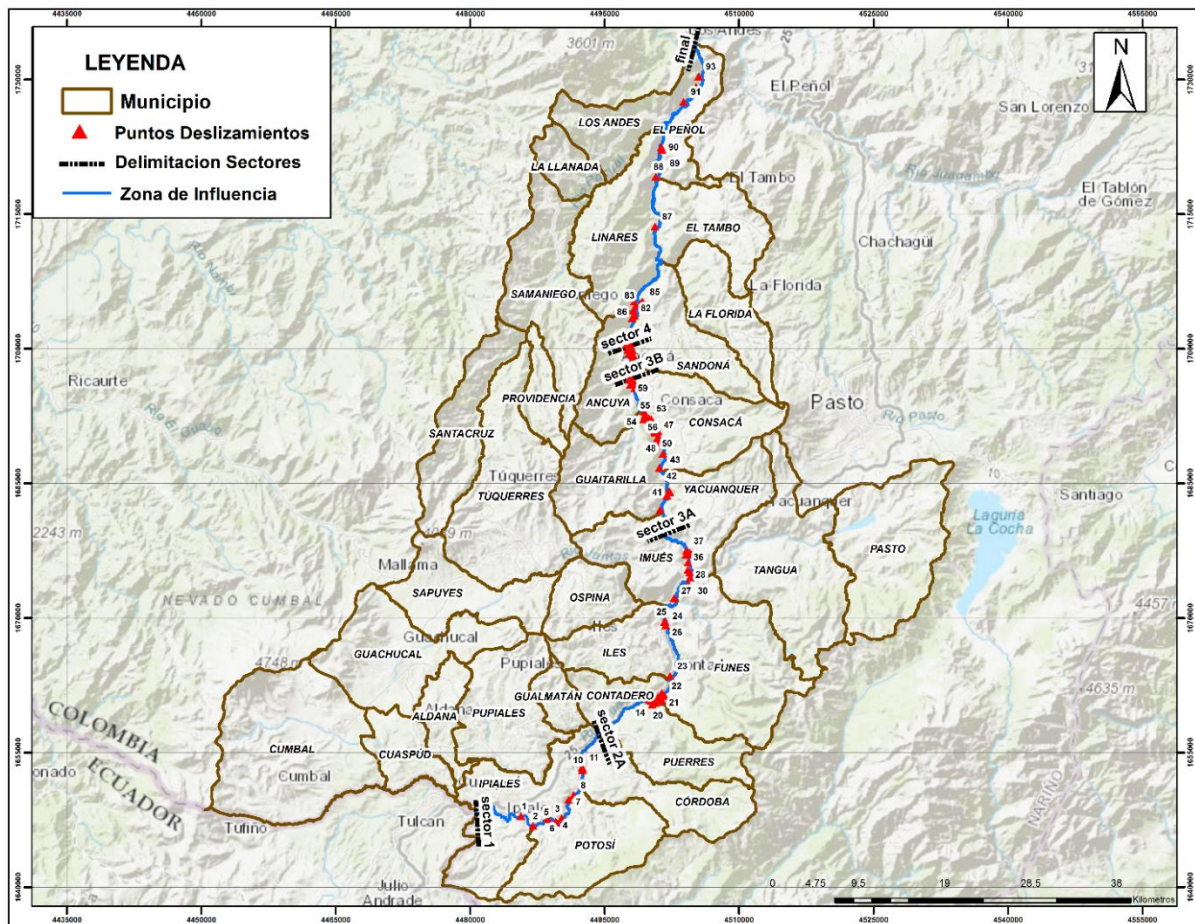


Figura 5 Sectorización y deslizamientos identificados en los márgenes del río Guáitara

4.2.3.1.1 SECTOR 1

El SECTOR 1 inicia al sur en el puente de Rumichaca municipio de Ipiales limitando en la frontera con el Ecuador, coordenadas de referencia: 77°39'50,000"W, 0°48'55,360"N. En este sector se identificaron un total de 11 movimientos en masa en los márgenes del río Guátara (Tabla 5).

Tabla 5 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1

DESGLIZAMIENTOS IDENTIFICADOS EN LOS MÁRGENES DEL RÍO GUÁTARA, SECTOR 1						
PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LONGITUD W	LATITUD N	X	Y	
1	Deslizamiento rotacional	77° 37' 9.334" W	0° 48' 39.719" N	4485688	1647951	2700
2	Deslizamiento rotacional	77° 36' 26.410" W	0° 48' 5.056" N	4487017	1646882	2650
3	Deslizamiento rotacional	77° 35' 32.377" W	0° 48' 30.685" N	4488693	1647670	2700
4	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 35' 5.484" W	0° 48' 18.382" N	4489526	1647290	2600
5	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 35' 3.236" W	0° 48' 18.717" N	4489596	1647300	2600
6	Deslizamiento rotacional	77° 34' 43.190" W	0° 48' 32.166" N	4490217	1647713	2550
7	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 34' 17.983" W	0° 49' 38.943" N	4491001	1649769	2500
8	Deslizamiento traslacional	77° 34' 0.058" W	0° 49' 55.421" N	4491557	1650275	2500
9	Deslizamiento traslacional	77° 33' 28.007" W	0° 50' 32.811" N	4492552	1651425	2450
10	Deslizamiento traslacional	77° 33' 28.030" W	0° 51' 26.869" N	4492553	1653090	2450
11	Deslizamiento traslacional	77° 33' 29.500" W	0° 51' 36.169" N	4492508	1653376	2350

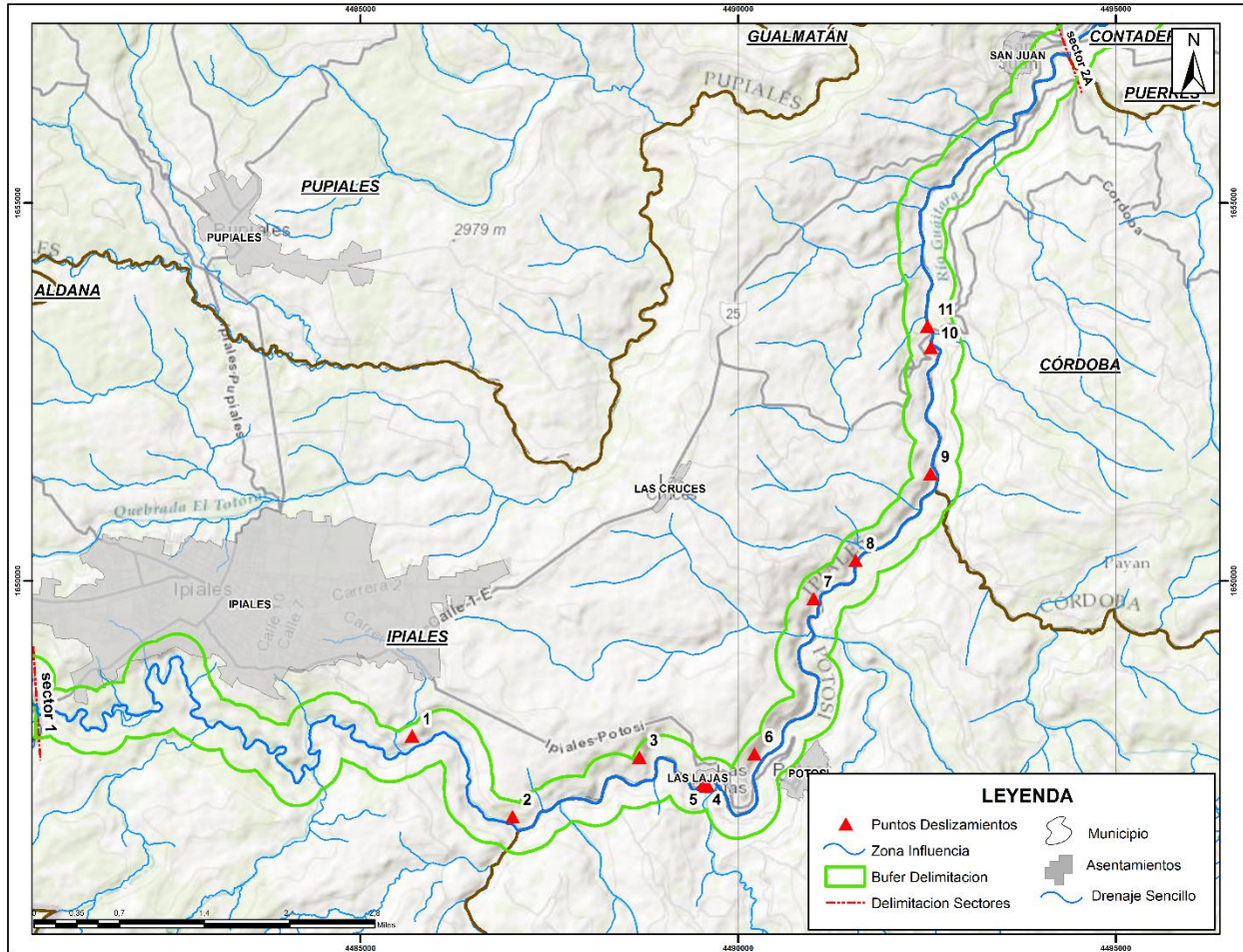


Figura 6 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 1

- Unidades Geológicas Superficiales que afloran en el SECTOR 1

De acuerdo al POMCA del Río Guáitara, en los dos márgenes del SECTOR 1 afloran rocas diaclasadas de origen ígneo volcánico de las Andesitas del Guáitara (Rbvag) de tonalidades gris verdosa, la roca se presenta débil a moderadamente fuerte, moderadamente a muy meteorizada (III-IV), siendo esta unidad en la que se presentan la mayoría de deslizamientos para este sector; de igual manera, se presentan suelos transportados aluviales (Stal) que corresponde a depósitos cuaternarios, se caracterizan por ser un área plana, muy húmeda por los drenajes, están compuestos por material areno-gravoso de color variable, principalmente marrón amarillento moderado, compuesto por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeados a sub-angulares, si bien esta unidad no es propensa al desarrollo de movimientos en masa, puede verse afectada por eventos de tipo avenida torrencial.

En el margen occidental, se identifican suelos transportados volcánicos de flujos piroclásticos (Stvfp) de tonalidades cafés y grises de material areno-limoso proveniente de lapilli y cenizas de tipo ash fall y toba de ceniza. En el margen oriental, se presentan suelos transportados volcano – sedimentarios de cenizas de Rumichaca (Stvcr) de tonalidades gris y marrón, el tipo de material es limo-arenoso provenientes de ceniza y lapilli poco consolidadas y capas de arena.



Figura 7 Fotografía tomada en el Santuario de Las Lajas (coordenadas: 0°48'19.9"N, 77°35'07.4"W), se evidencian suelos transportados de origen volcánico de cenizas de Rumichaca (Stvcr) y depósitos aluviales (Stal).

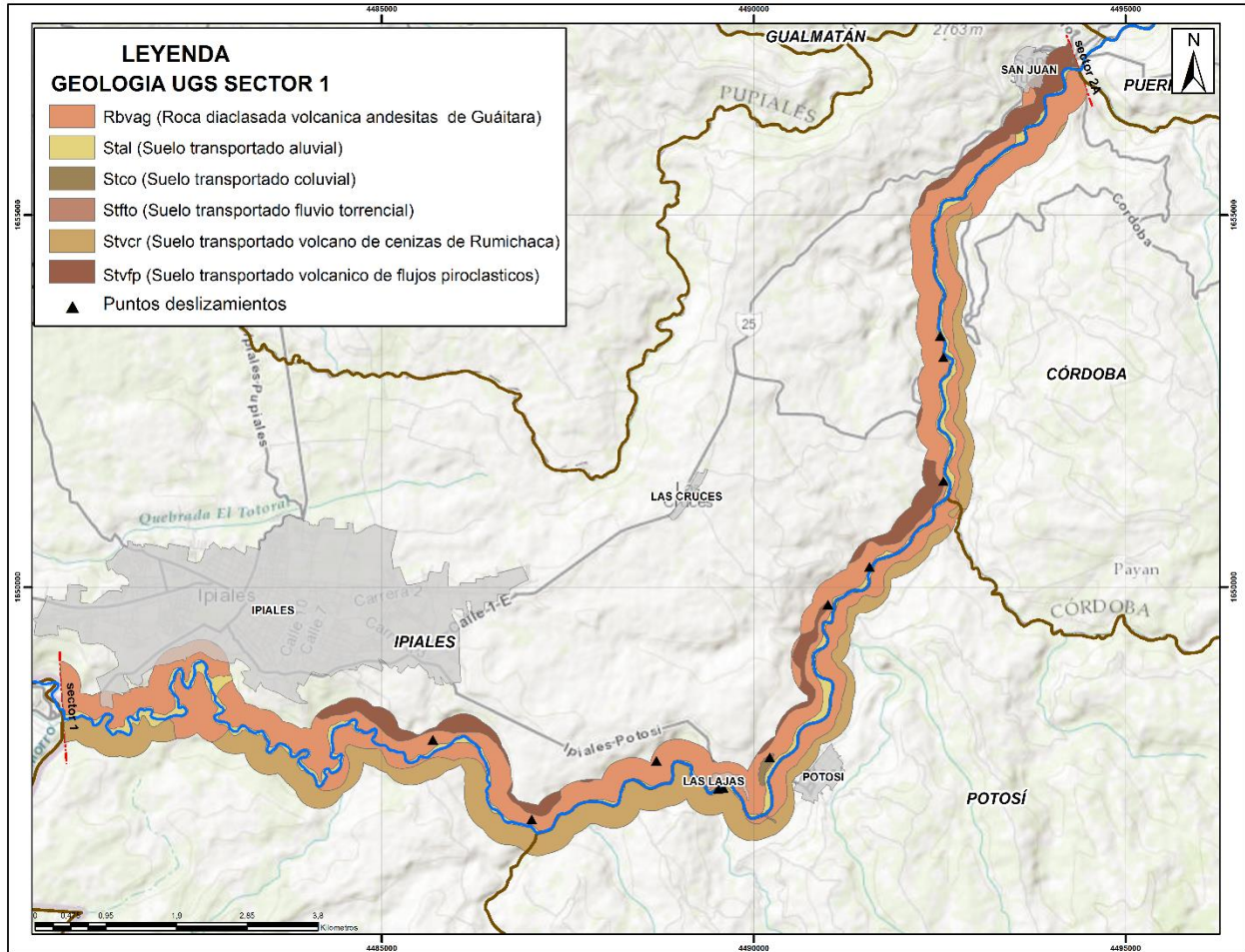


Figura 8 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 1.

- Geomorfología identificada en el SECTOR 1

De acuerdo al POMCA del río Guaitara, en los dos márgenes del río se encuentran geformas de tipo Flujo piroclástico aterrazado (Vfp) que son lóbulos alomados de aspecto tabular y plano a suavemente inclinado. Localmente se localiza paralelo al río Guaitara, conformando un abanico. Su génesis está asociada a la acumulación de productos de flujos piroclásticos que van quedando elevados conforme la corriente hídrica va erosionando y recobrando su cauce. Esta geofoma limita con escarpes de diferente altura correspondiente a Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo piroclástico. Su génesis está asociada a la incisión y socavación de las corrientes hídricas en los depósitos de flujo piroclástico.

De igual manera en los dos márgenes del río, se presentan planicies aluviales confinadas (Fpac), muy angostas, con forma de “U” y eventualmente inundables, limitadas por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean el cauce del río Guáitara, en el cual se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo (Figura 9).



Figura 9 Fotografía tomada en el puente que conduce de Ipiales al municipio de Potosí (coordenadas: 0°48'21.25"N, 77°34'44.04"W), se evidencian Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe), donde se aprecia el encañonamiento del río Guáitara.

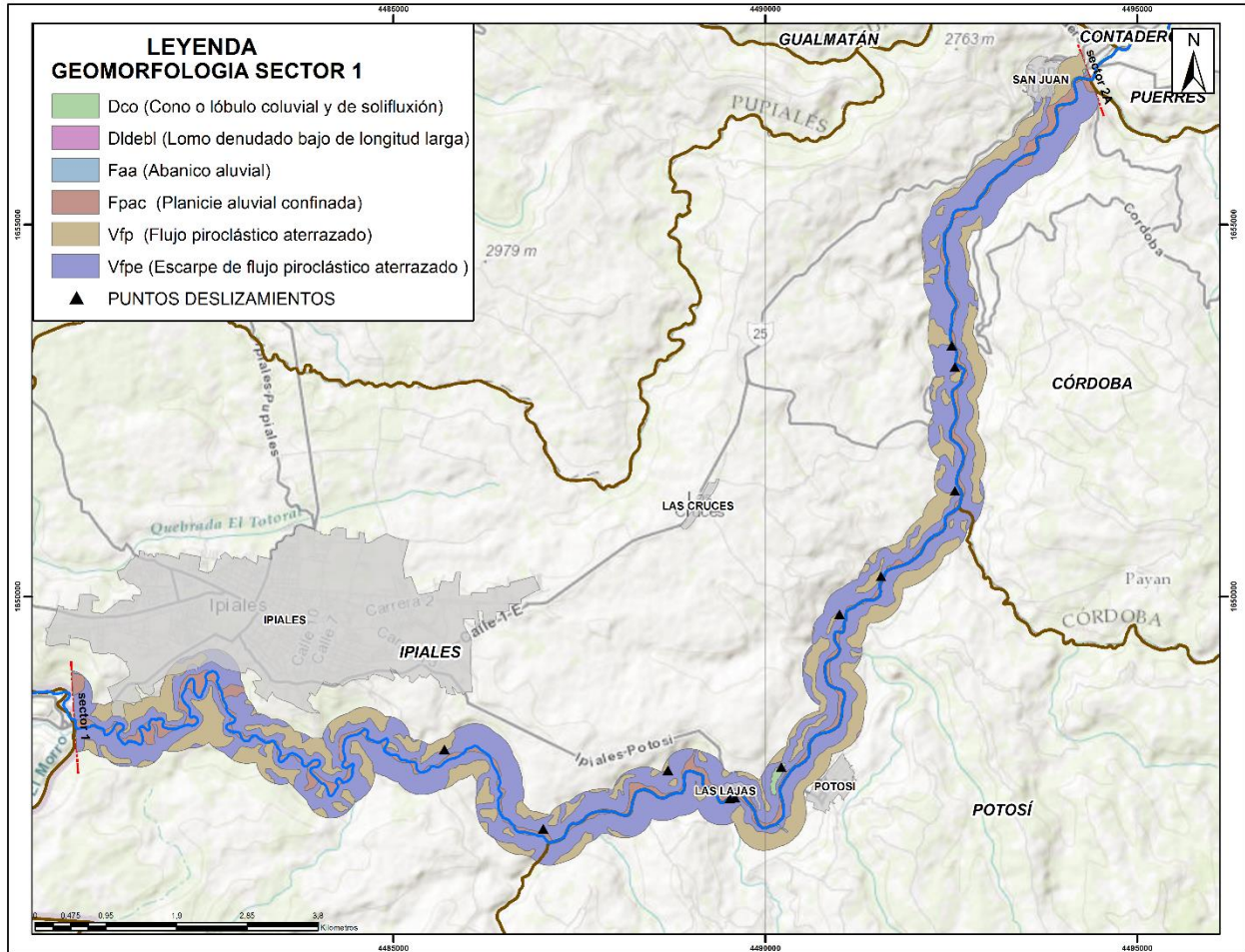


Figura 10 Mapa de geomorfología SECTOR 1.

- Pendientes identificadas en el SECTOR 1

En el SECTOR 1 predominan las pendientes entre 0° y 30° en un área aproximada entre 1250 has que correspondientes al 76% del área total de este sector, la mayoría de los deslizamientos identificados en campo se ubican en pendientes que oscilan entre los 30° y mayores a 45° ubicados principalmente en el municipio de Ipiales (sectores Saguarán y las Lajas) y la vía que conduce al Municipio de Potosí en el sector de Santa Rosa y Yanalá.

Tabla 6 Pendientes identificadas en el SECTOR 1

PENDIENTES SECTOR 1 AREA DE ESTUDIO GUAITARA				
Simbolo	Pendiente en grados	Descripcion	Area Has	Porcentaje (%)
a	0-15°	Plano a moderadamente inclinado	667	40,76
b	15-30°	Inclinada a fuertemente inclinada	581	35,54
c	30-45°	Escarpado	288	17,59
d	>45°	Muy Escarpado	100	6,11
TOTAL			1636	100

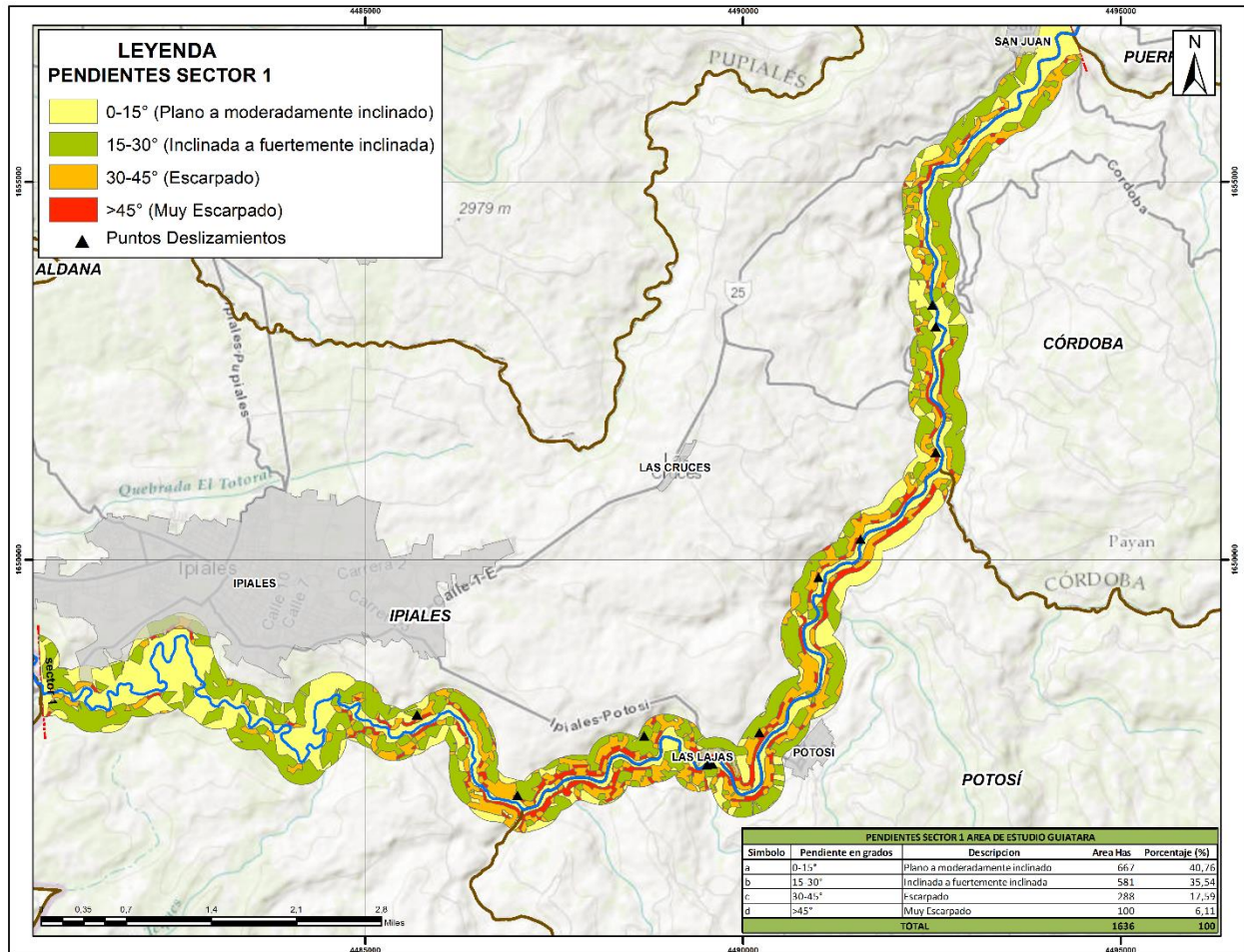


Figura 11 Mapa de pendientes SECTOR 1

- Coberturas de la tierra identificadas en el SECTOR 1

En cuanto a coberturas del suelo, predominan los mosaicos de pastos y cultivos y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales que en suma abarca un área aproximada de 972 has, equivalente al 60% del área total en el SECTOR 1 (Figura 12).

Tabla 7 Ocupación de cobertura de la tierra en el SECTOR 1.

Nivel 3_Cobertura	Area Has	Porcentaje
Arbustal denso	5,67	0,35
Bosque abierto alto de tierra firme	64,12	3,92
Bosque de galería y/o ripario	212,45	12,98
Bosque denso alto de tierra firme	18,81	1,15
Bosque fragmentado	16,88	1,03
Herbazal denso de tierra firme	73,12	4,47
Mosaico de cultivos	7,00	0,43
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	367,10	22,44
Mosaico de pastos con espacios naturales	154,90	9,47
Mosaico de pastos y cultivos	604,89	36,97
Pastos arbolados	19,22	1,17
Pastos enmalezados	18,76	1,15
Pastos limpios	30,54	1,87
Tejido urbano continuo	11,94	0,73
Tejido urbano discontinuo	11,15	0,68
Tierras desnudas y degradadas	16,02	0,98
Zonas de extracción minera	3,72	0,23
TOTAL	1636,26	100,0



Figura 12 Cobertura Mosaico de cultivos-Sector 1

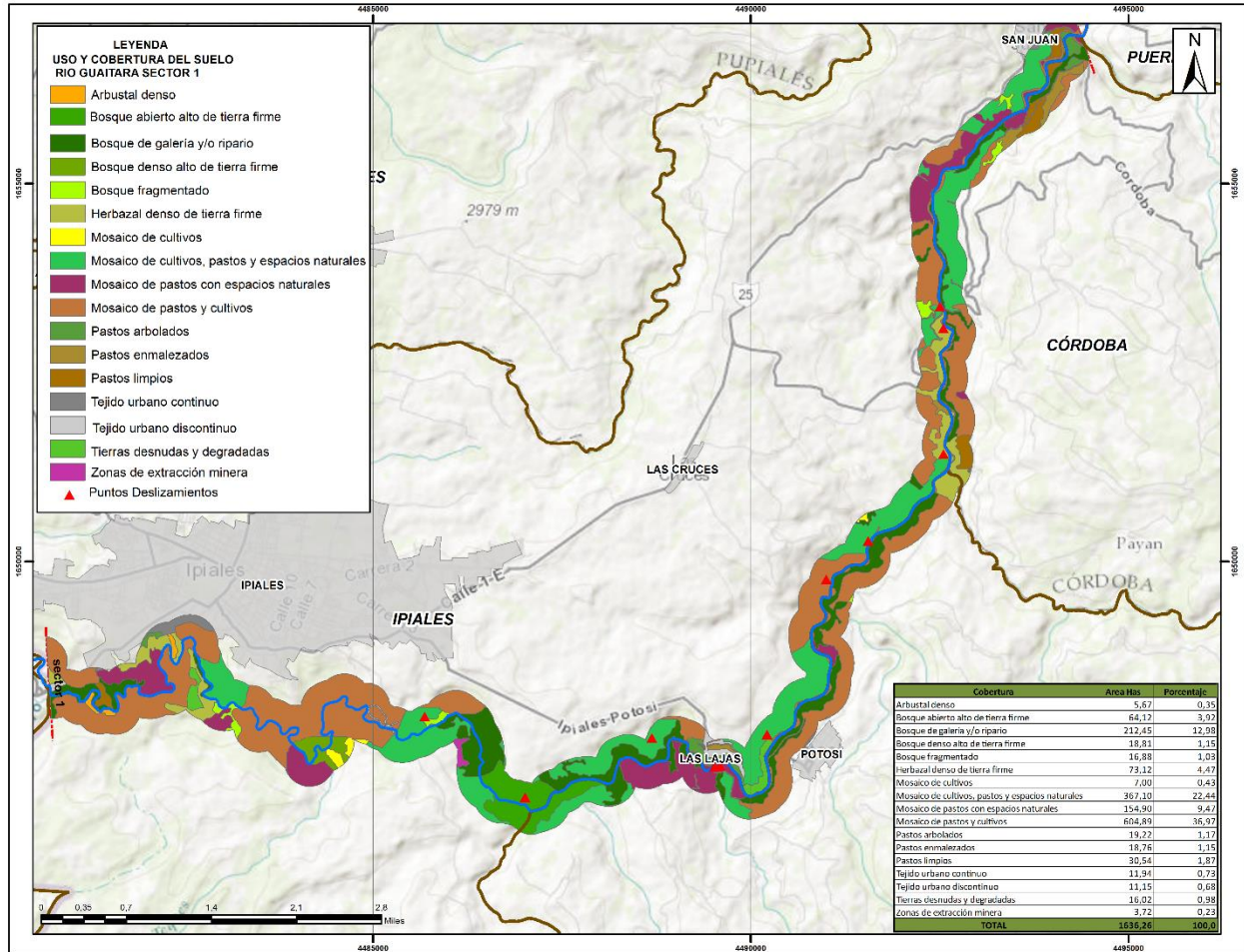


Figura 13 Coberturas de la tierra, SECTOR 1.

- Usos del suelo identificados en el SECTOR 1

En el margen occidental del río Guaitara en inmediaciones del municipio de Potosí, se llevaban a cabo actividades de extracción de materiales para la construcción, el área se encuentra desprovista de cobertura vegetal. Se identifican unidades como Rocas diaclasadas de origen ígneo volcánico - las Andesitas del Guaitara (Rbvag) de tonalidades gris verdosa, la roca se presenta débil a moderadamente fuerte, moderadamente a muy meteorizada (III-IV); así mismo, se encuentran Suelos transportados volcánico de flujos piroclásticos (Stvfp) de material areno-limoso proveniente de lapilli y cenizas de tipo ash fall y toba de ceniza. Geomorfológicamente se encuentra en Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo piroclástico; con una pendiente que varía de escarpado a muy escarpado.



Figura 14 Extracción de materiales de construcción en el municipio de Potosí (coordenadas: 0°48'21.25"N, 77°34'44.04"W), se identifican unidades de Rocas diaclasadas de origen ígneo volcánico de las Andesitas del Guáitara (Rbvag), Suelos transportados volcánico de flujos piroclásticos (Stvfp); geomorfológicamente se encuentra en Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe).

De igual manera, estas actividades se llevan a cabo en el municipio de Puerres en inmediaciones del río Guáitara; dicha actividad aporta sedimentos al caudal influyendo en la dinámica del río, la unidad que se identifica es suelos transportados aluviales (Stal), que se caracterizan por ser un área plana, muy húmeda por los drenajes, compuestos por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeados a sub-angulares, correspondiente a depósitos no consolidados, presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular, así mismo, se encuentran rocas diaclasadas de origen ígneo volcánico de las Andesitas del Guáitara (Rbvag) de tonalidades gris verdosa, la roca se presenta débil a moderadamente fuerte, moderadamente a muy meteorizada (III-IV). Geomorfológicamente se identifican escarpes de diferente altura correspondiente a Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa.



Figura 15 Extracción de materiales de construcción en el municipio de Puerres (coordenadas: 0°53'38.39"N, 77°32'28.99"W).

- **Descripción de principales deslizamientos identificados en el SECTOR 1**

En el municipio de Potosí – Las Lajas, donde se realizaba la extracción de materiales para construcción, se identificaron algunos deslizamientos de tipo transnacional, esta actividad aporta en la desestabilización del talud y el material removido cae directamente al río Guátara aportando sedimentos de diferente tamaño al caudal, representando una amenaza para las personas que habitan en cercanías del cauce aguas abajo en el caso de un represamiento del río.

Afloran rocas diaclasadas volcánicas de las Andesitas del Guátara, de tonalidades gris verdosa, la roca se presenta débil a moderadamente fuerte, moderadamente a muy meteorizada (III-IV). Geomorfológicamente se identifican escarpes de flujo piroclástico aterrazado, conformados por laderas casi verticales de longitud y altura variable, de formas cóncavas y convexas, provocando el estrechamiento del cauce del río Guátara (Figura 16).



Figura 16 Fotografía tomada en la vía Potosí-Las Lajas (coordenadas: 0°48'21.25"N, 77°34'44.04"W), se evidencia material inconsolidado que cae al río Guáitara aportando sedimentos al caudal.

4.2.3.1.2 SECTOR 2

El SECTOR 2 inicia al sur-occidente con la vereda Guaimaral en el municipio de Ipiales y al Sur-oriente con la vereda San Juan Chico en el municipio de Córdoba, coordenadas geográficas de referencia: 77°32'31,260"W, 0°53'37,110"N. En este sector, se identificaron un total 26 movimientos en masa en los márgenes del río Guáitara (Tabla 8).

Tabla 8 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2

DESGLIZAMIENTOS IDENTIFICADOS EN LOS MÁRGENES DEL RÍO GUÁITARA, SECTOR 2						
PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LONGITUD W	LATITUD N	X	Y	
12	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 28.641" W	0° 55' 40.787" N	4499982	1660898	2200
13	Deslizamiento traslacional	77° 29' 19.780" W	0° 55' 38.502" N	4500256	1660827	2150
14	Deslizamiento rotacional	77° 29' 17.399" W	0° 55' 23.721" N	4500329	1660372	2350
15	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 13.902" W	0° 55' 38.781" N	4500438	1660836	2300
16	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 8.305" W	0° 55' 29.134" N	4500611	1660538	2300
17	Deslizamiento rotacional	77° 29' 6.454" W	0° 55' 31.079" N	4500669	1660598	2200
18	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 28' 57.891" W	0° 55' 44.181" N	4500935	1661001	2150

19	Deslizamiento traslacional	77° 28' 55.931" W	0° 55' 51.033" N	4500996	1661212	2150
20	Deslizamiento rotacional	77° 28' 42.432" W	0° 55' 40.337" N	4501413	1660882	2100
21	Deslizamiento rotacional	77° 28' 42.942" W	0° 56' 6.615" N	4501399	1661691	2050
22	Deslizamiento traslacional	77° 28' 33.302" W	0° 55' 55.461" N	4501697	1661348	2100
23	Deslizamiento traslacional	77° 28' 13.498" W	0° 57' 7.543" N	4502314	1663566	2100
24	Deslizamiento rotacional	77° 28' 30.481" W	1° 0' 9.465" N	4501795	1669167	1900
25	Deslizamiento traslacional	77° 28' 31.856" W	1° 0' 23.867" N	4501753	1669610	1850
26	Deslizamiento traslacional	77° 28' 32.454" W	1° 0' 25.021" N	4501734	1669646	1850
27	Deslizamiento rotacional	77° 27' 59.142" W	1° 1' 49.102" N	4502770	1672233	1850
28	Deslizamiento rotacional	77° 27' 7.960" W	1° 2' 38.849" N	4504358	1673762	1700
29	Deslizamiento rotacional	77° 27' 1.406" W	1° 3' 3.467" N	4504562	1674520	1700
30	Deslizamiento rotacional	77° 27' 0.652" W	1° 3' 5.726" N	4504586	1674589	1700
31	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 27' 2.607" W	1° 3' 24.074" N	4504526	1675154	1700
32	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 27' 10.296" W	1° 3' 30.983" N	4504288	1675367	1700
33	Deslizamiento traslacional	77° 27' 9.955" W	1° 3' 58.314" N	4504300	1676208	1650
34	Deslizamiento traslacional	77° 26' 55.253" W	1° 4' 26.920" N	4504757	1677088	1700
35	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 27' 2.967" W	1° 4' 33.499" N	4504518	1677291	1650
36	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 27' 15.664" W	1° 4' 27.170" N	4504124	1677097	1650
37	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 27' 14.870" W	1° 4' 40.891" N	4504150	1677519	1600

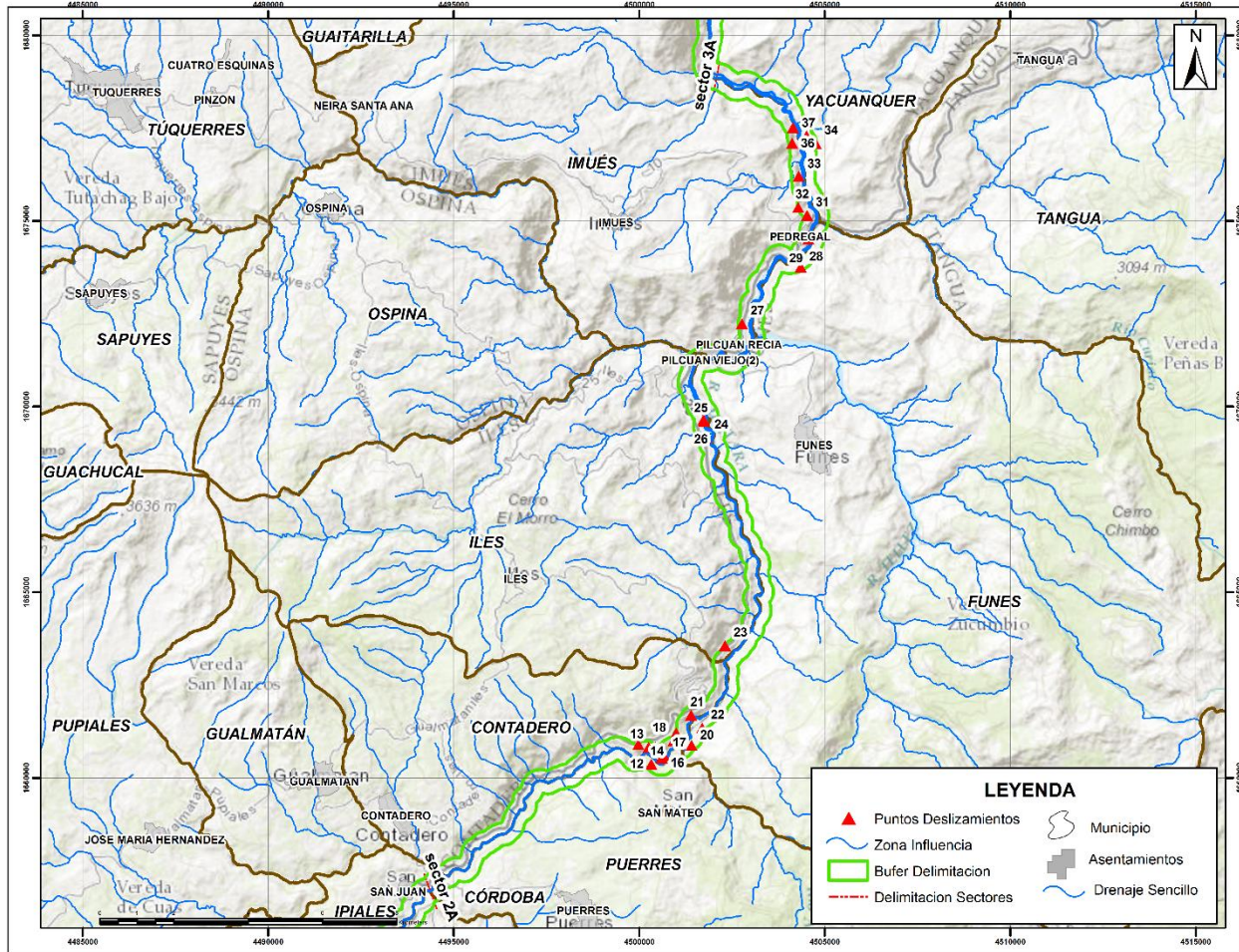


Figura 17 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 2

- Unidades Geológicas Superficiales que afloran en el SECTOR 2

De acuerdo al POMCA del río Guáitara, en los dos márgenes del SECTOR 2 afloran rocas intermedias de origen ígneo volcánico de lavas y cenizas (Rivlc), de tonalidades marrones y cremas, la roca se presenta medianamente fuerte a débil, altamente meteorizada (IV), siendo esta unidad en la que se presentan más movimientos en masa para este sector. De igual manera, se identifican Suelos transportados fluviales de terraza (Stft) que corresponde a los depósitos localizados hacia los márgenes del río Guáitara como producto de la acumulación sobre una antigua planicie de inundación, son producto de la erosión, depositación en incisión fluvial, en épocas recientes y subrecientes. En estos depósitos los sedimentos se acumulan en forma escalonada a ambos lados del curso del río Guáitara, cuyo cauce se va profundizando con el tiempo formando terrazas; los materiales de los depósitos de terraza pueden ir desde muy gruesos

tipo gravas a más finos tipo arcilla, con presencia de capas de material grueso y fino, reflejando épocas de alta y baja energía.

En el margen occidental del SECTOR 2 se encuentran principalmente suelos transportados coluviales (Stco), que corresponde a acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño, pero de litología homogénea, englobados en una matriz arenosa arcillosa que se distribuye irregularmente en las vertientes de la cuenca hidrográfica del río Guáitara, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad; el corregimiento de Pedregal del municipio de Imues se encuentra ubicado sobre esta unidad.

En el margen oriental se identifican Suelos transportados volcano sedimentarios de flujos de ceniza y pumita (Stvfc), están compuestos por coladas sin soldar y soldadas, las cuales presentan fragmentos de pumita y a veces con bajas proporciones de fragmentos de lava en una matriz de ceniza; no presentan texturas eutaxítica. De igual manera, se presentan rocas intermedias de origen ígneo volcánico de los flujos de lavas (Rivl), de tonalidades marrones y rojizos, la roca se presenta medianamente fuerte.



Figura 18 Fotografía tomada en la vía antigua Pasto – Ipiales (Coordenadas: 0°57'10.7"N, 77°28'08.4"W), se evidencia Roca intermedia volcánica de lavas y cenizas (Rivlc).

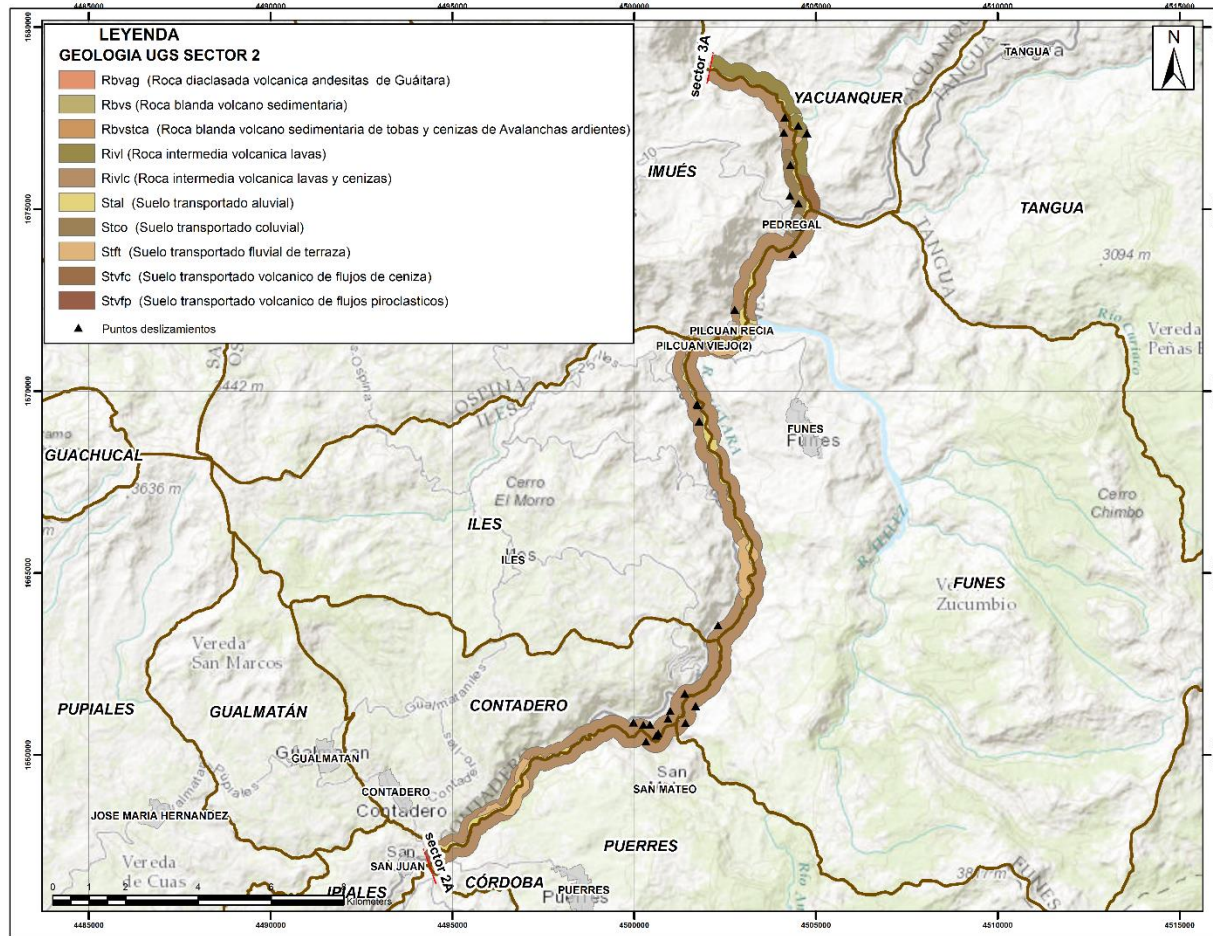


Figura 19 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 2.

- Geomorfología identificada en el SECTOR 2

En los dos márgenes del SECTOR 2 se encuentran geformas de tipo Flujo piroclástico aterrazado (Vfp) que son lóbulos alomados de aspecto tabular y plano a suavemente inclinado. Localmente se localiza paralelo al río Guaitara, conformando un abanico. Su génesis está asociada a la acumulación de productos de flujos piroclásticos que van quedando elevados conforme la corriente hídrica va erosionando y recobrando su cauce. Esta geforma limita con escarpes de diferente altura correspondiente a Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo piroclástico. Su génesis está asociada a la incisión y socavación de las corrientes hídricas en los depósitos de flujo piroclástico. De igual manera, se presentan Escarpes de erosión mayor (Deem) que corresponde a laderas abruptas o a desplome de altura variable que pueden formarse por distintas causas (tectónicas,

abrasión, gravitacionales, etc), de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada.

Así mismo, en los dos márgenes del SECTOR 2 se identifican terrazas de acumulación (Fta) que son superficies elongadas, planas a suavemente onduladas, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce del río Guáitara; su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación, su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical; su depósito está constituido por gravas, arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del río. También se presentan planicies aluviales confinadas (Fpac) que corresponde a franjas de terreno de morfología plana, muy angosta, eventualmente inundable, en forma de “U”, limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean los cauces fluviales, en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento del río Guáitara.

Hacia el norte del SECTOR 2 en los dos márgenes del río, se presentan Flujos laháricos aterrazados (Vfla) que son lóbulos alomados de aspecto tabular y plano a suavemente inclinado, con Escarpes de flujo lahárico aterrazado (Vflae) correspondiente a laderas casi verticales de longitud y altura variada, de forma cóncava y convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo lahárico; así mismo, se presentan escarpes de flujo de lava que son laderas casi verticales de longitud y alturas variadas, de forma cóncava o convexa.

En el margen oriental de este sector, se identifican Sierras denudadas (Dsd) que son prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados, su origen está relacionado a procesos de erosión acentuada en sustratos ígneos y metamórficos. De igual manera, se presentan flujos de lava (Vfl) que son lóbulos alargados relativamente estrechos y delgados, limitado por escarpes de diferente altura, con pendientes y formas de laderas variadas dependiendo de la composición, viscosidad, cantidad de gases, volumen del magma emitido y la topografía preexistente sobre la que se depositó, su génesis está asociada a la extrusión y posterior enfriamiento de flujos de lava. También, se identifican Escarpes de flujo de lava (Vfle) que son laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de un depósito de flujo de lava; su génesis está asociada al enfriamiento y reología de un flujo de lava, además, se pueden localizar en el interior del depósito como resultado de la acción de procesos

erosivos o tectónicos. Así mismo, se encuentran Mantos de piroclastos (Vmp) que son planos amplios de pendientes inclinadas, localmente aterrazados, 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.



Figura 20 Fotografía tomada en cercanías al corregimiento del Pedregal municipio de Imués (Coordenadas: 1°03'33.9"N, 77°26'43.8"W), se identifican: Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe), Flujo piroclástico aterrazado (Vfp), Sierra denudada (Dsd), Flujos de lava (Vfl), Escarpes de erosión mayor (Deem), Sierra residual (Dsr).

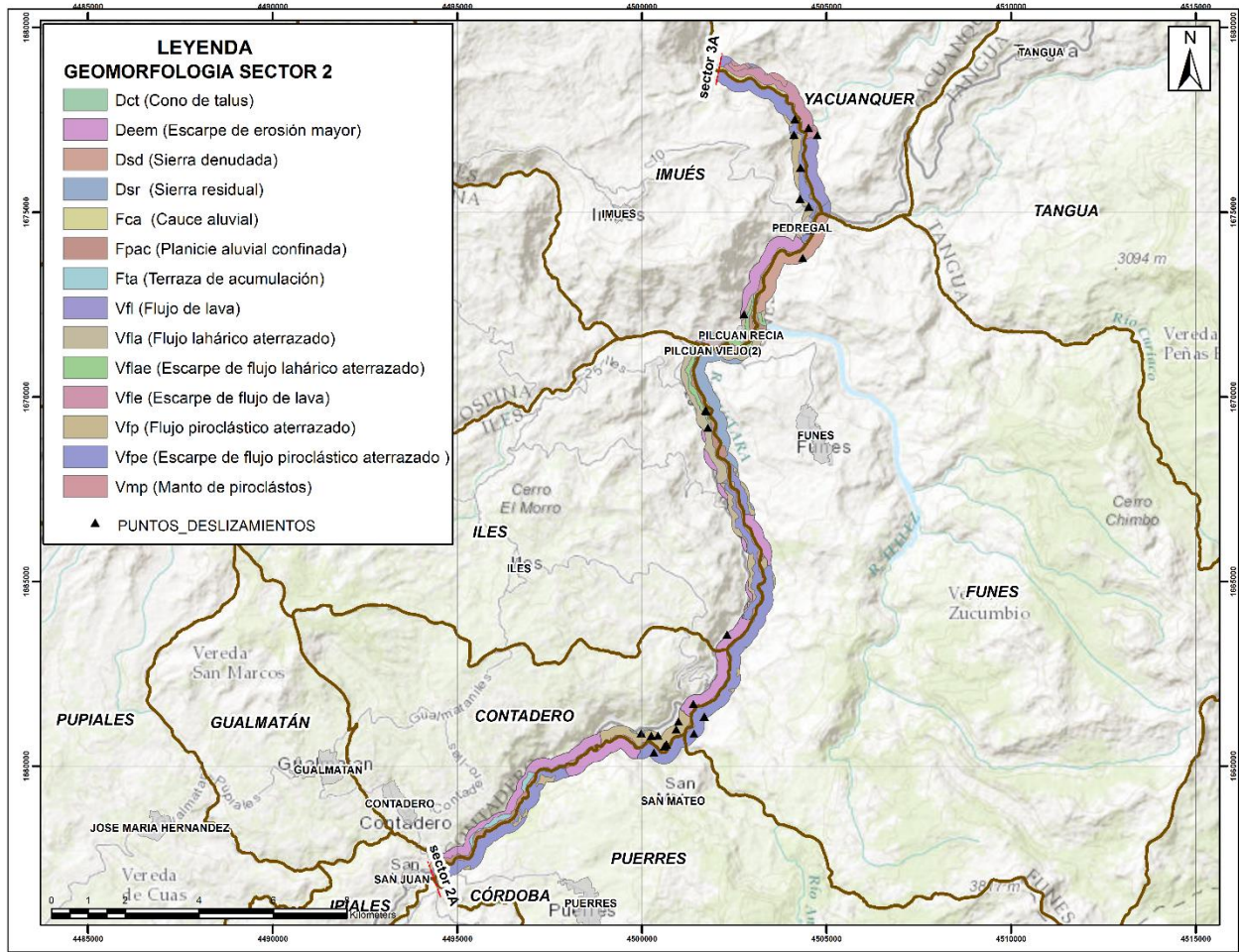


Figura 21 Mapa de geomorfología SECTOR 2.

- Pendientes identificadas en el SECTOR 2

En el SECTOR 2 se encuentran pendientes entre los 0° y 45° distribuidos en un área aproximada que abarca 1878 has correspondientes al 90% de la superficie total de este sector y un 9,88% a muy escarpado; los deslizamientos identificados en campo se ubican en pendientes que oscilan entre los 30° y mayores a 45° ubicados especialmente en los municipios de Puerres (vereda San Mateo), Contadero (veredas La Josefina y El Juncal), Iles (veredas Pilcuán y Capulá), Funes (veredas Chitarran y El Salado), Imues (corregimiento El Pedregal) y Yacuanquer (veredas Tasnaque, Inantas y Santa Rosa).

Tabla 9 Pendientes identificadas en el SECTOR 2

PENDIENTES SECTOR 2 AREA DE ESTUDIO GUAITARA				
Simbolo	Pendiente en grados	Descripcion	Area Has	Porcentaje (%)
a	0-15°	Plano a moderadamente inclinado	773	37,08
b	15-30°	Inclinada a fuertemente inclinada	581	27,88
c	30-45°	Escarpado	524	25,16
d	>45°	Muy Escarpado	206	9,88
TOTAL			2084	100

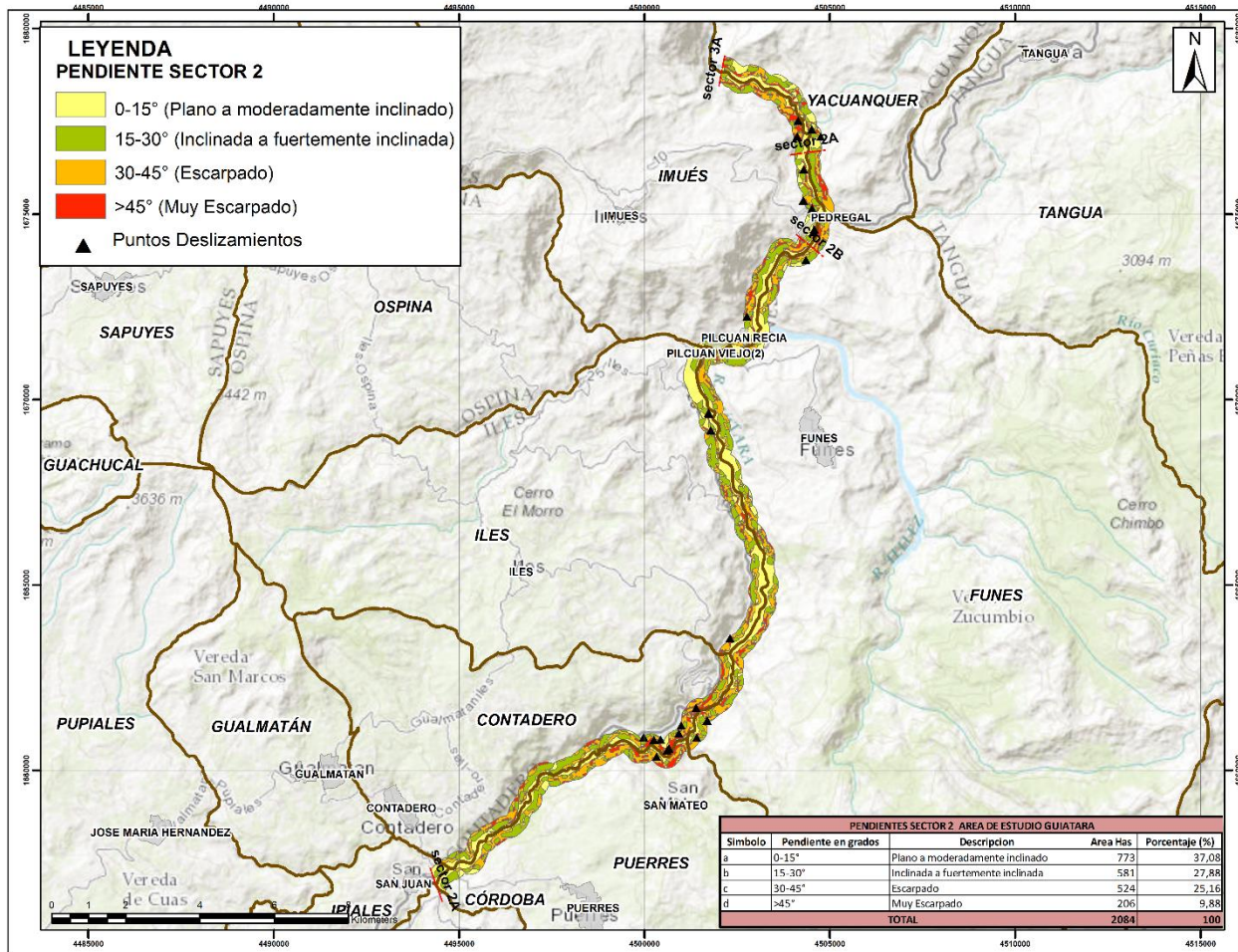


Figura 22 Mapa de pendientes SECTOR 2

- Coberturas de la tierra identificadas en el SECTOR 2

En cuanto a coberturas de la tierra para el SECTOR 2, se tiene que la cobertura dominante es mosaico de pastos con espacios naturales y pastos enmalezados, que abarca un área aproximada de 1001 has, equivalente al 48,04 % del área total para este sector (Figura 23), coberturas susceptibles a deslizamientos.

Tabla 10 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 2

Nivel 3_Cobertura	Area Has	Porcentaje
Bosque de galería y/o ripario	42	2
Bosque fragmentado	74	3,57
Herbazal denso de tierra firme	220	10,55
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	278	13,36
Mosaico de pastos con espacios naturales	654	31,37
Mosaico de pastos y cultivos	216	10,34
Pastos arbolados	53	2,56
Pastos enmalezados	347	16,67
Pastos limpios	118	5,64
Tejido urbano continuo	36	1,74
Tejido urbano discontinuo	13	0,64
Tierras desnudas y degradadas	15	0,72
Zonas de extracción minera	18	0,85
TOTAL	2084	100



Figura 23 Cobertura Mosaico de pastos con espacios naturales, SECTOR 2

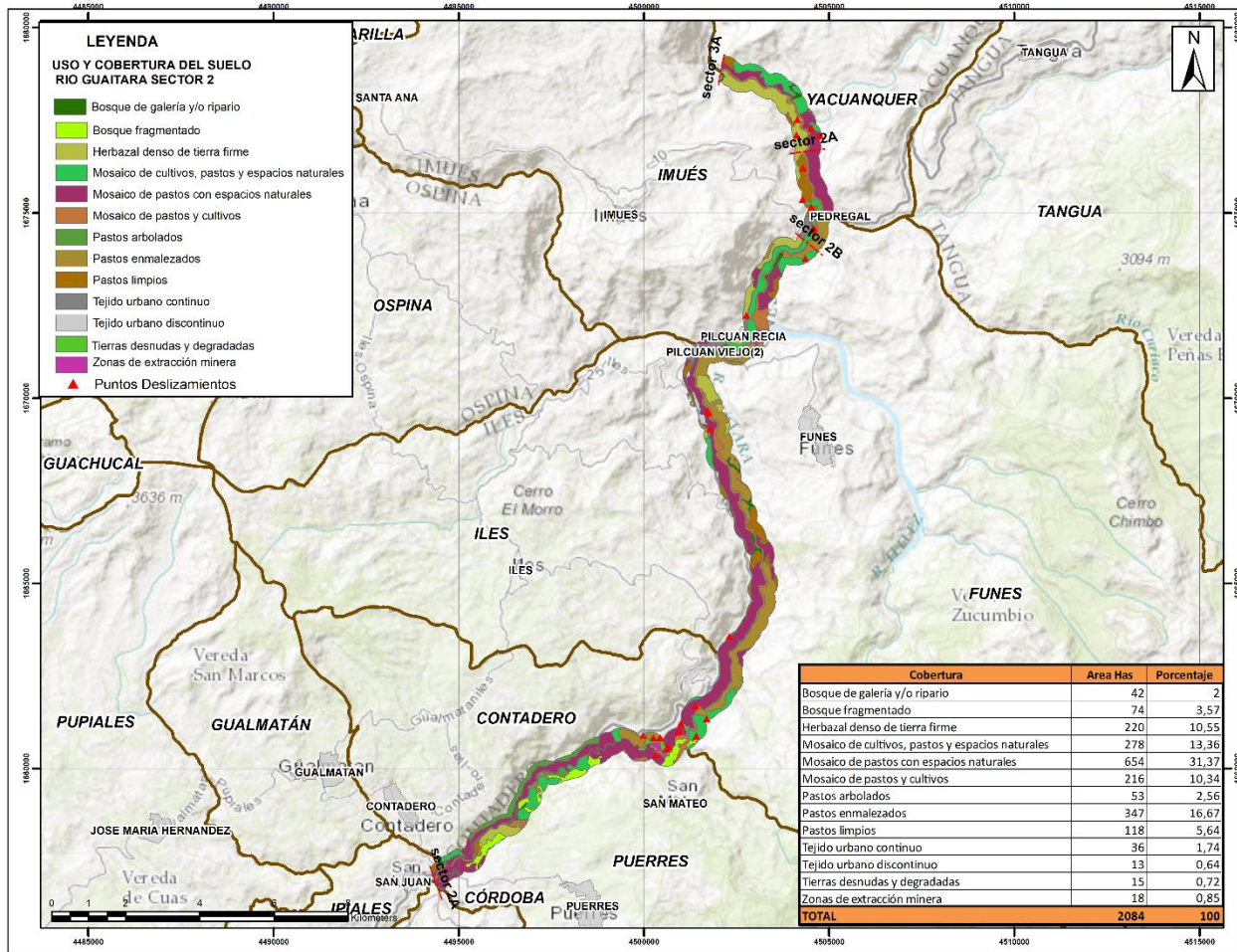


Figura 24 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 2.

- Uso del suelo en el SECTOR 2

En el municipio de Funes se llevan a cabo actividades de extracción de materiales para la construcción en inmediaciones del río Téllez en su confluencia con el río Guáitara, dicha actividad aporta sedimentos al caudal influyendo en la dinámica del río; los materiales corresponden a suelos transportados aluviales (Stal), que se caracterizan por ser un área plana, muy húmeda por los drenajes, compuestos por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeados a sub-angulares, correspondiente a depósitos no consolidados, presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular, así mismo, se presentan Flujos laháricos aterrazados (Vfla) que son lóbulos alomados de aspecto tabular y plano a suavemente inclinado. Geomorfológicamente se identifican escarpes de diferente altura correspondiente a Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa.



Figura 25 Minería de materiales de construcción municipio de Funes (Coordenadas: 0°59'57.21"N, 77°28'24.99"W).

Descripción de principales deslizamientos identificados en el sector 2

- **Movimiento en masa en inmediaciones del corregimiento El Pedregal, jurisdicción del municipio de Funes, tuvo lugar el día 11 de julio de 2023.** Coordenadas de referencia: 1° 2'42.14"N y 77°27'9.38"W. Medidas aproximadas de 220m de altura y 117m de longitud. Deslizamiento de tipo rotacional con comportamiento retrogresivo. El material que conforma la zona corresponde a rocas intermedias de origen ígneo volcánico de lavas y cenizas (Rivlc), de tonalidades marrones y cremas, la roca se presenta medianamente fuerte a débil y altamente meteorizada (IV). Geomorfológicamente se encuentran Sierras desnudas (Dsd) que son prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados, su origen está relacionado a procesos de erosión acentuada en sustratos ígneos. Este deslizamiento ocasiono el represamiento del río Guáitara, no obstante, el mismo flujo del caudal fue erosionando el material depositado y permitió la salida del agua. Cabe anotar que lo mismo sucedió hace aproximadamente 20 años, al sur en el sector de la Josefina dónde los deslizamientos en el margen del río igualmente ocasionaron un represamiento.



Figura 26 Movimiento en masa en inmediaciones del Corregimiento de El Pedregal, jurisdicción del municipio de Funes (coordenadas de referencia: 1° 2'42.14"N, 77°27'9.38"W).

- **Movimiento en masa, en inmediaciones del corregimiento El Pedregal, jurisdicción del municipio de Imues.** Coordenadas de referencia: 1° 3'30.26"N, 77°27'4.35"W. Medidas aproximadas de 320m de altura y 424m de longitud.

Deslizamiento de tipo rotacional con comportamiento retrogresivo. El material que conforma la zona corresponde a Suelos transportados coluviales (Stco), que pertenece a acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño, pero de litología homogénea, englobados en una matriz arenosa arcillosa que se distribuye irregularmente en las vertientes de la cuenca hidrográfica del río Guáitara, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad. Geomorfológicamente el terreno presenta Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes

de un depósito de flujo piroclástico. Su génesis está asociada a la incisión y socavación de las corrientes hídricas en los depósitos de flujo piroclástico.

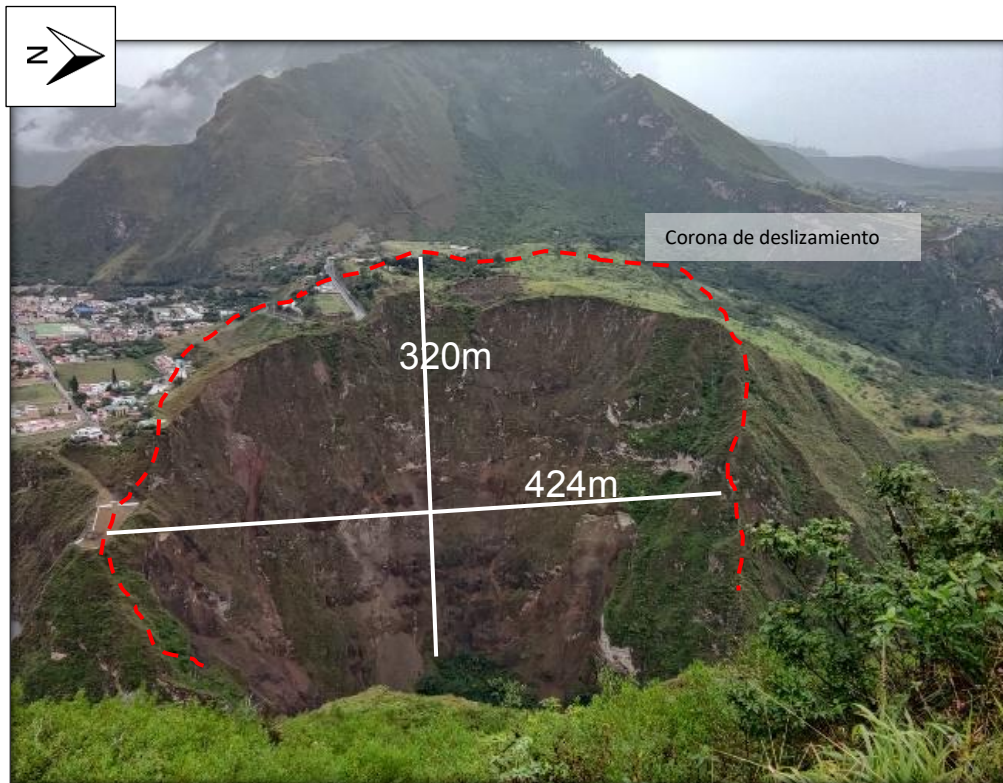


Figura 27 Movimiento en masa en inmediaciones del Corregimiento de El Pedregal, jurisdicción del municipio de Imues (coordenadas de referencia: 1° 3'30.26"N, 77°27'4.35"W).

- **Movimiento en masa municipio de Iles.** Coordenadas de referencia: 0°58'41.87"N, 77°27'54.20"W. Medidas aproximadas de 54m de altura y 250m de longitud.

Deslizamiento transnacional, el material que conforma la zona corresponde a Rocas de lavas y cenizas (Rivlc), de tonalidades marrones y cremas, medianamente fuerte a débil y altamente meteorizada; de igual manera, se evidencian suelos transportados aluviales (Stal), que se caracterizan por ser un área plana, muy húmeda por los drenajes, compuestos por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeados a sub-angulares, correspondiente a depósitos no consolidados, presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular.

En cuanto a geomorfología, se presentan Escarpes de erosión mayor (Deem) que corresponde a laderas abruptas o a desplome de altura variable que pueden formarse por distintas causas (tectónicas, abrasión, gravitacionales, etc), de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y

recta, con pendiente escarpada a muy escarpada. De igual manera, se presentan Planicies aluviales confinadas (Fpac) que son franjas de terreno de morfología plana, muy angosta eventualmente inundable, en forma de “U”, limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean el cauce del río Guátara, en donde se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo; esta geoforma está constituida por material aluvial como arenas, limos y arcillas. También, se presentan Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo piroclástico.

En este sector existe una urbanización en construcción que se encuentra en el área inundable del río Guátara, por lo cual se localiza en una zona con susceptibilidad alta en cuanto a flujos torrenciales.

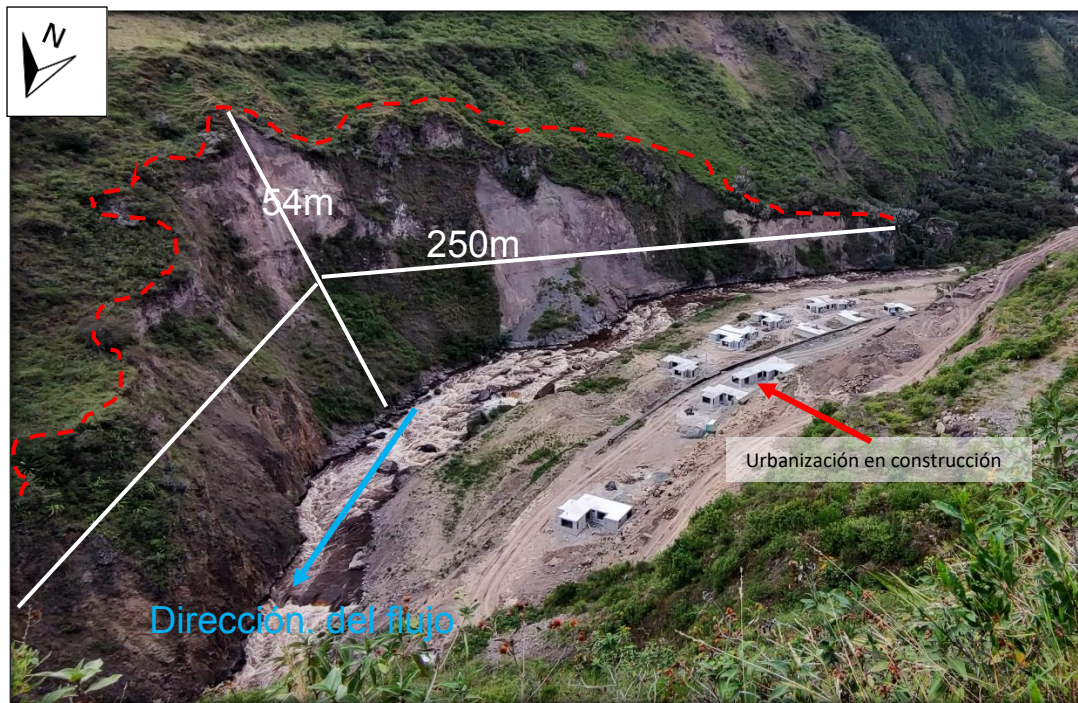


Figura 28 Movimiento en masa en el municipio de Iles (coordenadas de referencia: 0°58'41.87"N, 77°27'54.20"W). Se identifica una urbanización en construcción la cual se encuentra en la zona de inundación del río Guátara, susceptibilidad alta para flujos torrenciales.

4.2.3.1.3 SECTOR 3

Teniendo en cuenta que, se definió dividir la cuenca del río Guáitara con base en las Unidades Geológicas Superficiales que se presentan en cada sector, para el caso del SECTOR 3 se subdividió a la vez en SECTOR 3A y SECTOR 3B con el fin de describir a detalle los cambios en la geología, geomorfología, coberturas del suelo y pendientes, y su incidencia en la ocurrencia de movimientos en masa.

- SECTOR 3A

El SECTOR 3A inicia al sur - oriente en la vereda Tacuaya municipio de Yacuanquer y al sur - occidente con la vereda Santa Rosa municipio de Imues, coordenadas geográficas de referencia: 77° 28' 22,000" W, 1° 5' 23,140" N. En este sector se identificaron un total de 25 movimientos en masa en los márgenes del río Guáitara (Tabla 11).

Tabla 11. Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3A

PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LONGITUD W	LATITUD N	X	Y	
38	Deslizamiento rotacional	77° 28' 49.422" W	1° 7' 9.444" N	4501227	1682097	1150
39	Deslizamiento traslacional	77° 28' 25.596" W	1° 8' 0.559" N	4501967	1683669	1450
40	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 28' 14.314" W	1° 8' 10.890" N	4502317	1683987	1450
41	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 28' 17.082" W	1° 8' 16.550" N	4502232	1684161	1450
42	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 28' 52.593" W	1° 9' 41.035" N	4501136	1686764	1350
43	Deslizamiento rotacional	77° 28' 40.235" W	1° 10' 32.369" N	4501521	1688344	1350
44	Deslizamiento rotacional	77° 28' 54.305" W	1° 11' 10.824" N	4501087	1689528	1300
45	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 28' 48.545" W	1° 11' 16.815" N	4501266	1689712	1350
46	Deslizamiento traslacional	77° 29' 0.480" W	1° 11' 27.913" N	4500896	1690054	1300
47	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 2.992" W	1° 11' 48.750" N	4500820	1690696	1300
48	Deslizamiento traslacional	77° 29' 8.927" W	1° 11' 46.971" N	4500636	1690642	1300
49	Deslizamiento rotacional	77° 28' 58.145" W	1° 11' 54.010" N	4500970	1690858	1300
50	Deslizamiento traslacional	77° 29' 9.846" W	1° 11' 53.554" N	4500608	1690844	1300
51	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 23.458" W	1° 12' 24.870" N	4500187	1691809	1250
52	Deslizamiento traslacional	77° 29' 22.896" W	1° 12' 36.643" N	4500205	1692172	1400
53	Deslizamiento traslacional	77° 29' 30.384" W	1° 12' 39.615" N	4499973	1692263	1200
54	Deslizamiento traslacional	77° 29' 50.420" W	1° 12' 35.745" N	4499352	1692145	1200
55	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 45.111" W	1° 12' 50.737" N	4499518	1692607	1200
56	Deslizamiento traslacional	77° 29' 48.905" W	1° 13' 3.985" N	4499401	1693015	1250
57	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 21.451" W	1° 14' 29.381" N	4498397	1695645	1100
58	Deslizamiento traslacional	77° 30' 37.091" W	1° 14' 40.381" N	4497913	1695985	1100
59	Deslizamiento traslacional	77° 30' 36.989" W	1° 14' 43.044" N	4497916	1696067	1100
60	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 27.955" W	1° 14' 54.801" N	4498197	1696428	1100
61	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 34.721" W	1° 15' 0.144" N	4497987	1696593	1100

62	Deslizamiento rotacional	77° 30' 42.063" W	1° 15' 1.038" N	4497760	1696621	1150
----	--------------------------	-------------------	-----------------	---------	---------	------

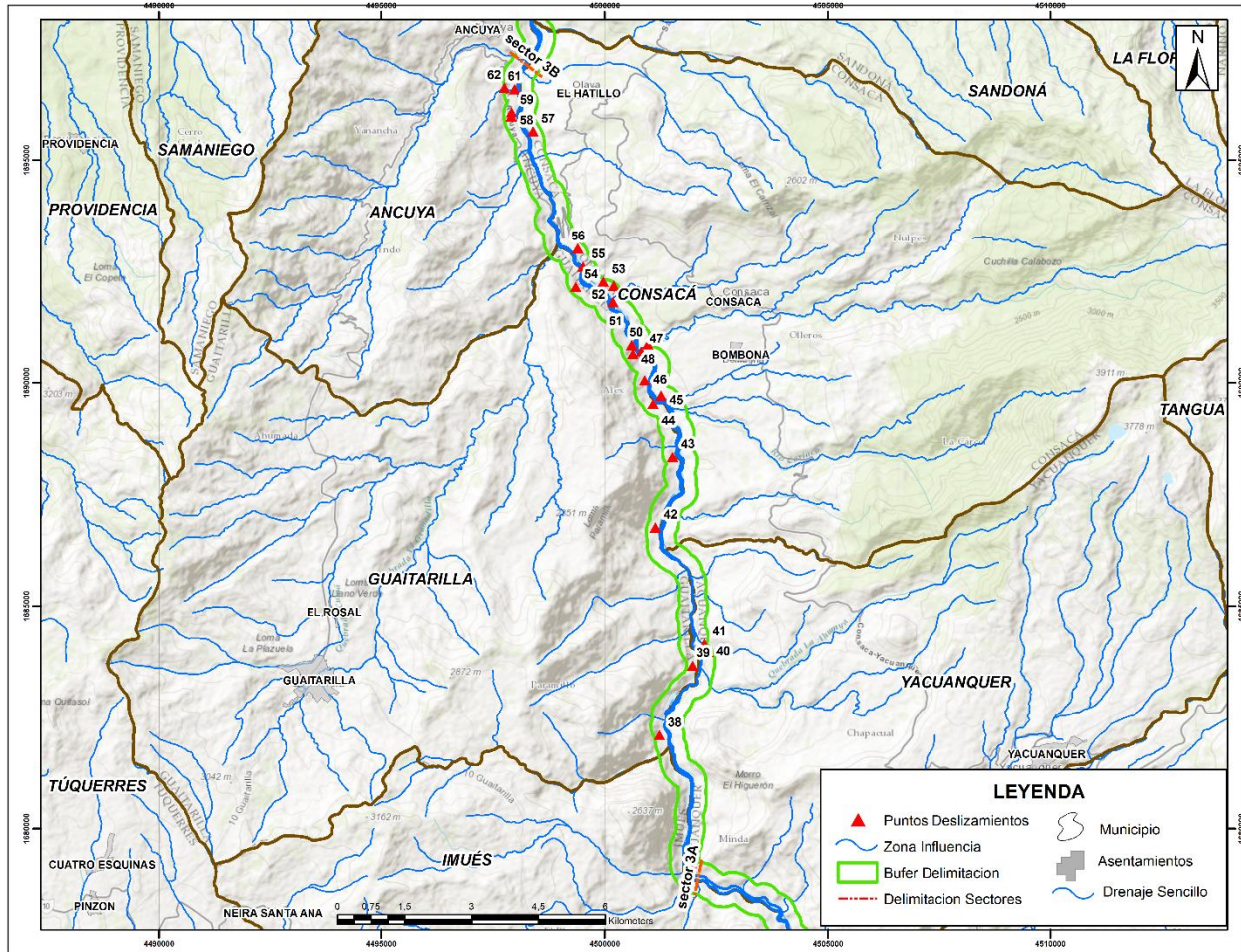


Figura 29 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3A

- Unidades Geológicas Superficiales que afloran en el SECTOR 3A

De acuerdo al POMCA del río Guaitara, en los dos márgenes del SECTOR 3A, afloran rocas de origen ígneo vulcano-sedimentario de las avalanchas ardientes y escombros (Rbvstca) de tonalidades gris a cremas, débil a moderadamente fuerte, moderadamente a muy meteorizada (III-IV), presenta varias familias de diaclasas con algunas fracturas aleatorias. Así mismo, se encuentran suelos transportados fluviales de terraza (Stft) correspondiente a depósitos localizados hacia los márgenes del río Guaitara, como producto de la acumulación sobre la planicie de inundación, se forman producto de la erosión, depositación e incisión fluvial, en épocas recientes y subrecientes. En estos depósitos los sedimentos se acumulan en forma escalonada a ambos lados del curso de un río, cuyo cauce se va profundizando con el

tiempo, formando terrazas poco consolidadas susceptibles a movimientos en masa. Los materiales de los depósitos de terraza pueden ir desde muy gruesos tipo gravas a más finos tipo arcilla, con presencia de capas de material grueso y fino, reflejando épocas de alta y baja energía, De igual forma se podrá observar una gradación lateral, con materiales más gruesos en las cercanías de los cauces y los más finos en las partes más lejanas. De igual manera, se encuentra Suelo transportado aluvial (Stal) compuestos por material areno-gravoso de color variable, principalmente marrón amarillento moderado, compuesto por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeadas a sub-angulares, son depósitos no consolidados; presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular.

En el margen oriental se encuentran rocas de origen vulcano-sedimentario de Lahares y piroclastos (Rbvslp), de tonalidades gris verdoso, la roca se presenta débil, moderadamente a muy meteorizada (III-IV), varias familias de diaclasas con algunas fracturas aleatorias. De igual manera se identifican rocas de origen ígneo volcánico de flujos de lavas (Rivl), de tonalidades marrones rojizo, altamente meteorizada. También, se encuentran rocas de lluvias de ceniza (Rbvs), de tonalidades cafés y amarillas de textura arcillo-limosa, consistencias blandas a medias, plasticidad media a alta, humedades moderadas a altas y saprolitos que conservan la textura y estructura parental.

En el margen occidental del SECTOR 3A se identifican Rocas de lavas y cenizas (Rivlc), de tonalidades marrones y cremas, medianamente fuerte a débil y altamente meteorizada.



Figura 30 Fotografía tomada en la vereda San Antonio municipio de Consacá (Coordenadas: 77° 28' 48.545" W, 1° 11' 16.815" N), se evidencia un conjunto de deslizamientos en Roca blanda de lluvias de ceniza (Rbvs) y Suelo transportado aluvial (Stal).

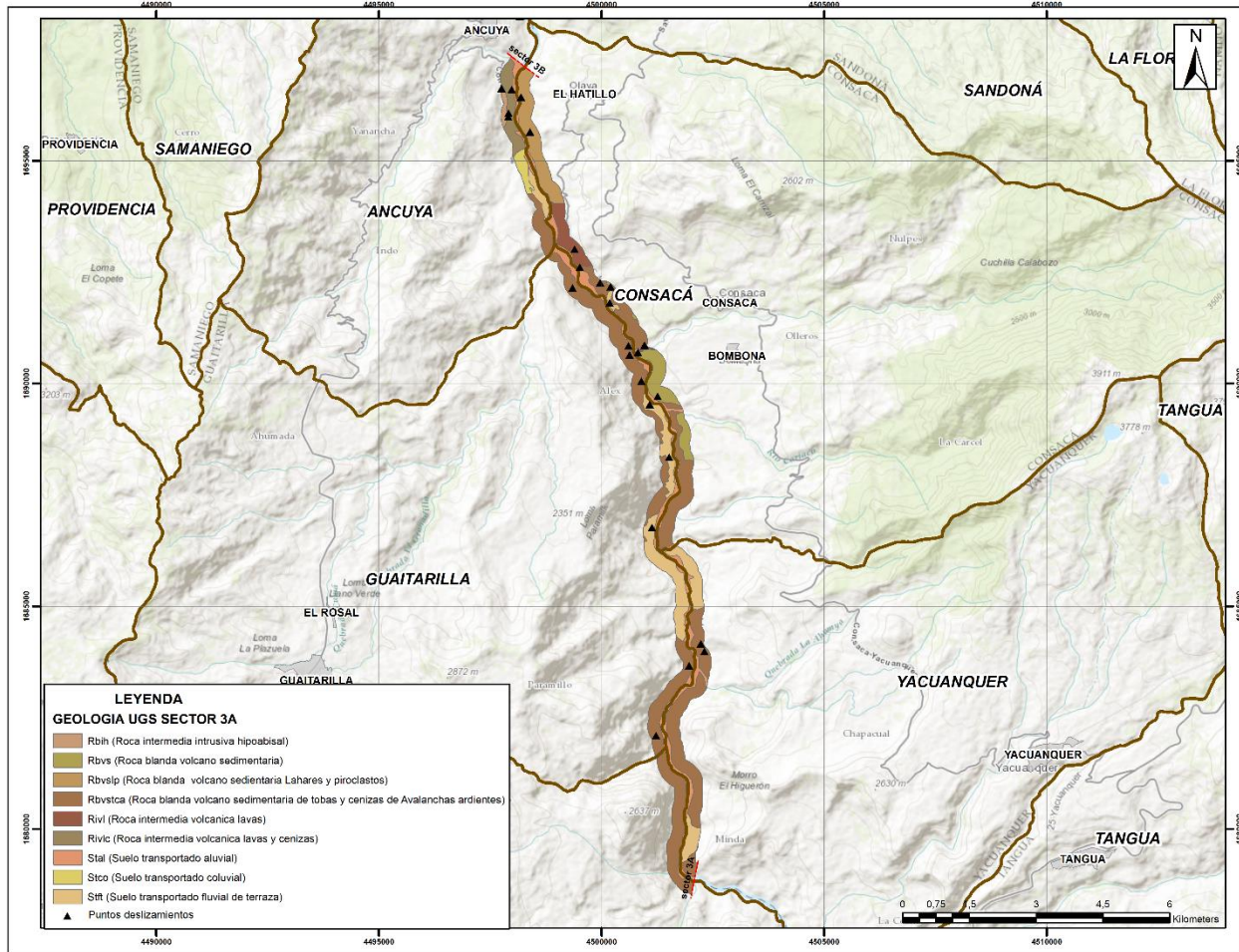


Figura 31 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 3A.

- Geomorfología identificada en el SECTOR 3A

En el margen occidental del SECTOR 3A, se identifica una morfología alomada correspondiente a Espolón (Ses), dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general del sector, con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. De igual manera se evidencia prominencias topográficas correspondiente a Sierra residual (Dsr) de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen los procesos de meteorización intensa en unidades generalmente ígneas, asociada con suelos residuales con espesores mayores a 3 metros. Siguiendo el mismo margen, también se identifica Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml) que corresponde a sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas, con formas alargadas en dirección perpendicular al río Guaitara, el tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo

del grado de incisión del drenaje. También se presentan Terrazas de acumulación (Fta) con superficie elongada, plana a suavemente ondulada, moderada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce del río Guáitara; su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical.

En el margen oriental del SECTOR 3A se identifican lóbulos alomados de aspecto tabular y plano a suavemente inclinado que corresponde a Flujo piroclástico aterrazado (Vfp), y a su vez su contraparte que son Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo piroclástico. De igual manera, se encuentran Cerros remanentes o relicto (Dcrem) de prominencias topográficas aisladas de morfología colinada, alomada o montañosa que sobresalen de la topografía circundante; la unidad presenta cimas agudas a redondeadas, laderas de longitud moderadamente corta a larga de forma convexa. También se identifica Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl) son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas, con formas alargadas en dirección perpendicular al río Guáitara.



Figura 32 Fotografía tomada en la vereda San Antonio municipio de Consacá (Coordenadas: 77° 28' 48.545" W, 1° 11' 16.815" N). Se evidencian geformas de tipo: Sierra residual (Dsr), Terraza de acumulación (Fta), Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), Cauce aluvial (Fca), Escarpe de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe), Flujo piroclástico aterrazado (Vfp).

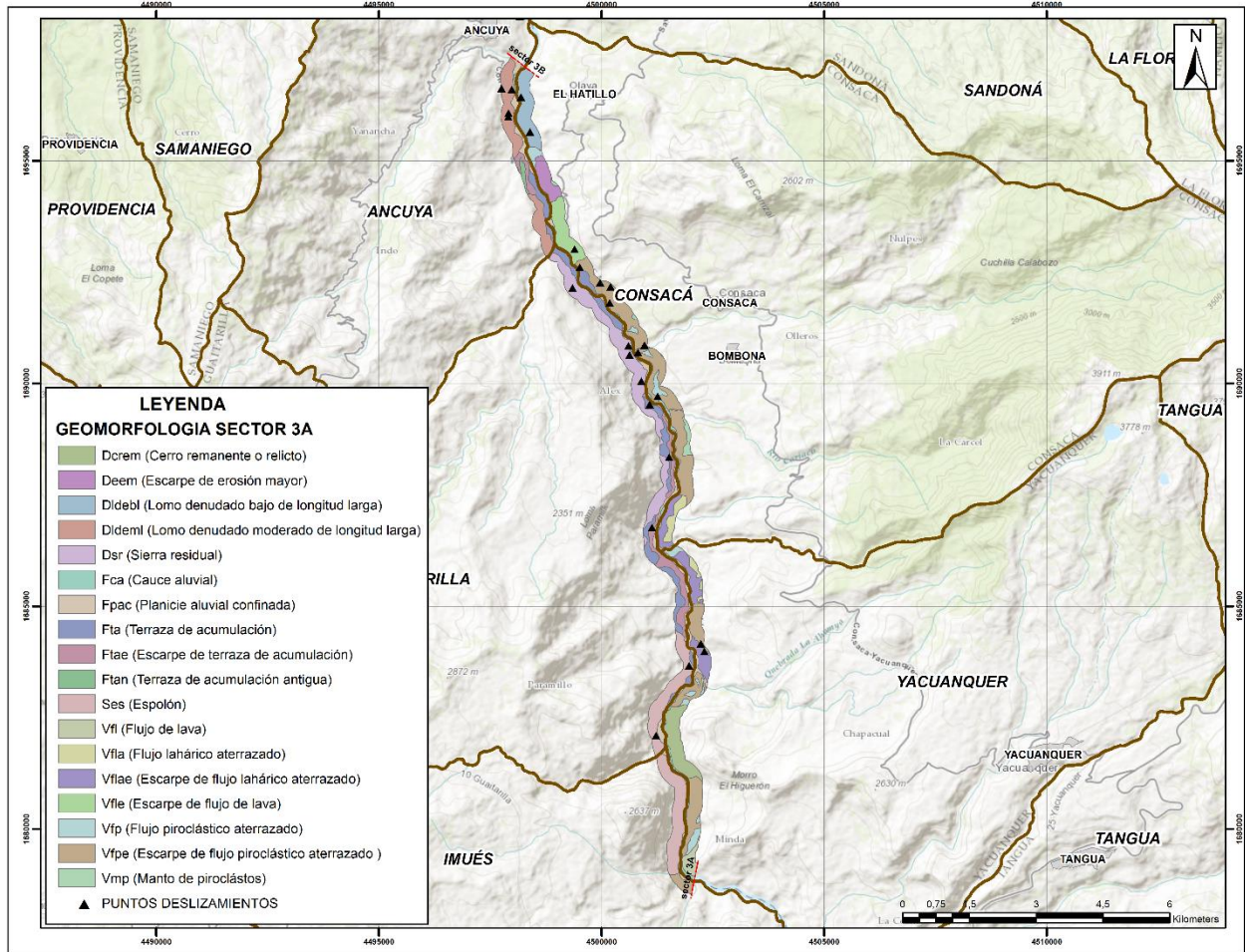


Figura 33 Mapa geomorfológico SECTOR 3A.

- Pendientes identificadas en el SECTOR 3A

En el SECTOR 3A se encuentran pendientes entre los 0° y 30° que corresponden a planas y fuertemente inclinadas y que representan en suma una superficie aproximada de 851 has que corresponde al 62% del área total del sector 3A, los deslizamientos reconocidos en campo se ubican en este tipo de pendientes ubicados en el municipio de Yacuanquer (veredas Minda, Saragoza y Arguello), Consaca (veredas Cariaco Bajo, La joya y Campamento), Guaitarilla (veredas El Chorillo, Plan Grande y San Antonio).

Tabla 12 Pendientes identificadas en el SECTOR 3A

PENDIENTES SECTOR 3A AREA DE ESTUDIO GUAITARA				
Simbolo	Pendiente en grados	Descripcion	Area Has	Porcentaje (%)
a	0-15°	Plano a moderadamente inclinado	466	33,99
b	15-30°	Inclinada a fuertemente inclinada	385	28,13
c	30-45°	Escarpado	349	25,46
d	>45°	Muy Escarpado	170	12,42
TOTAL			1370	100

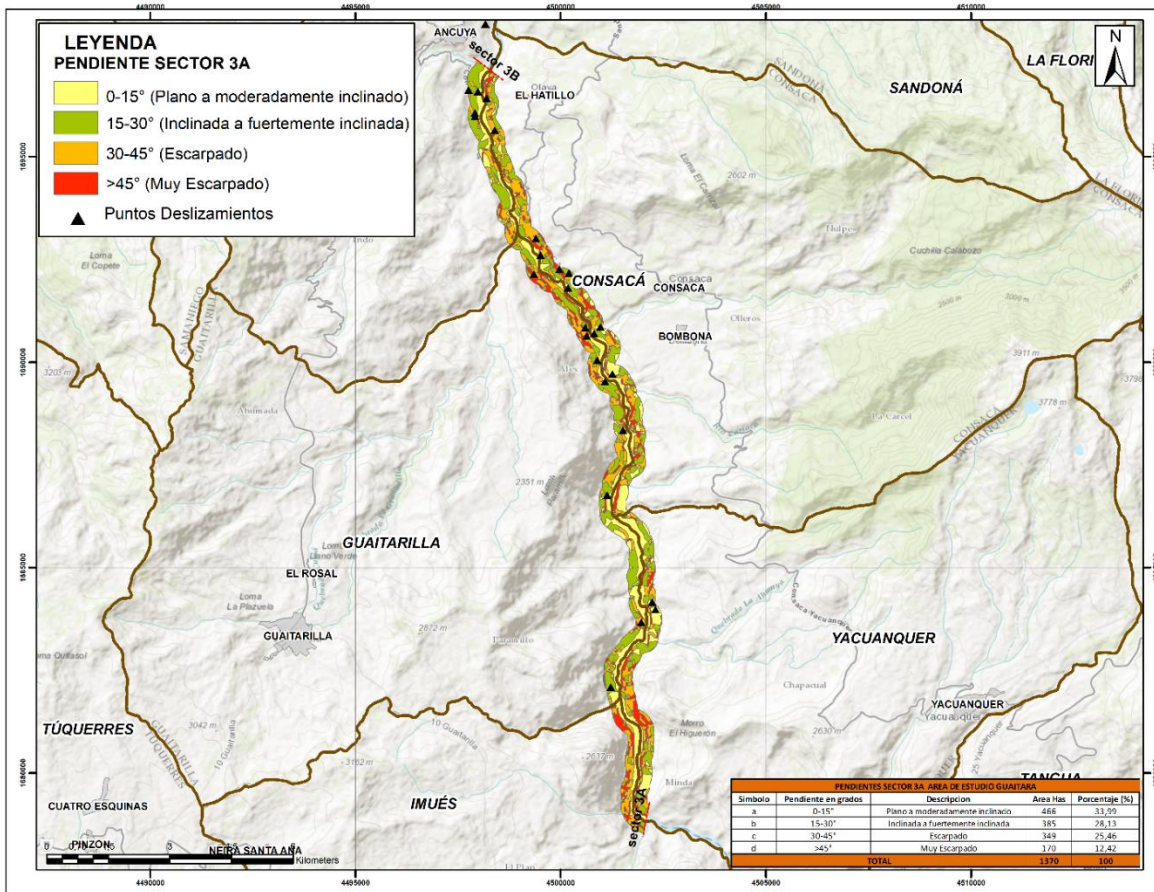


Figura 34 Mapa de pendientes SECTOR 3A.

- Coberturas de la tierra identificadas en el SECTOR 3A

En el SECTOR 3A, la cobertura que tiene mayor prelación es herbazal denso de tierra firme no arbolada y mosaico de pastos y cultivos que abarca en suma un área aproximada de 894 has, que representa el 65,27% del área total en este sector (Figura 35).

Tabla 13 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 3A

Nivel 3_Cobertura	Area Has	Porcentaje
Arbustal abierto	6	0,46
Arbustal denso	5	0,33
Bosque de galería y/o ripario	35	2,57
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	500	36,48
Mosaico de cultivos	5	0,37
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	134	9,79
Mosaico de pastos con espacios naturales	192	14,04
Mosaico de pastos y cultivos	394	28,79
Pastos limpios	54	3,95
Plantación forestal	5	0,34
Tierras desnudas y degradadas	39	2,88
TOTAL	1369	100



Figura 35 Mosaico de pastos y cultivos, SECTOR 3A

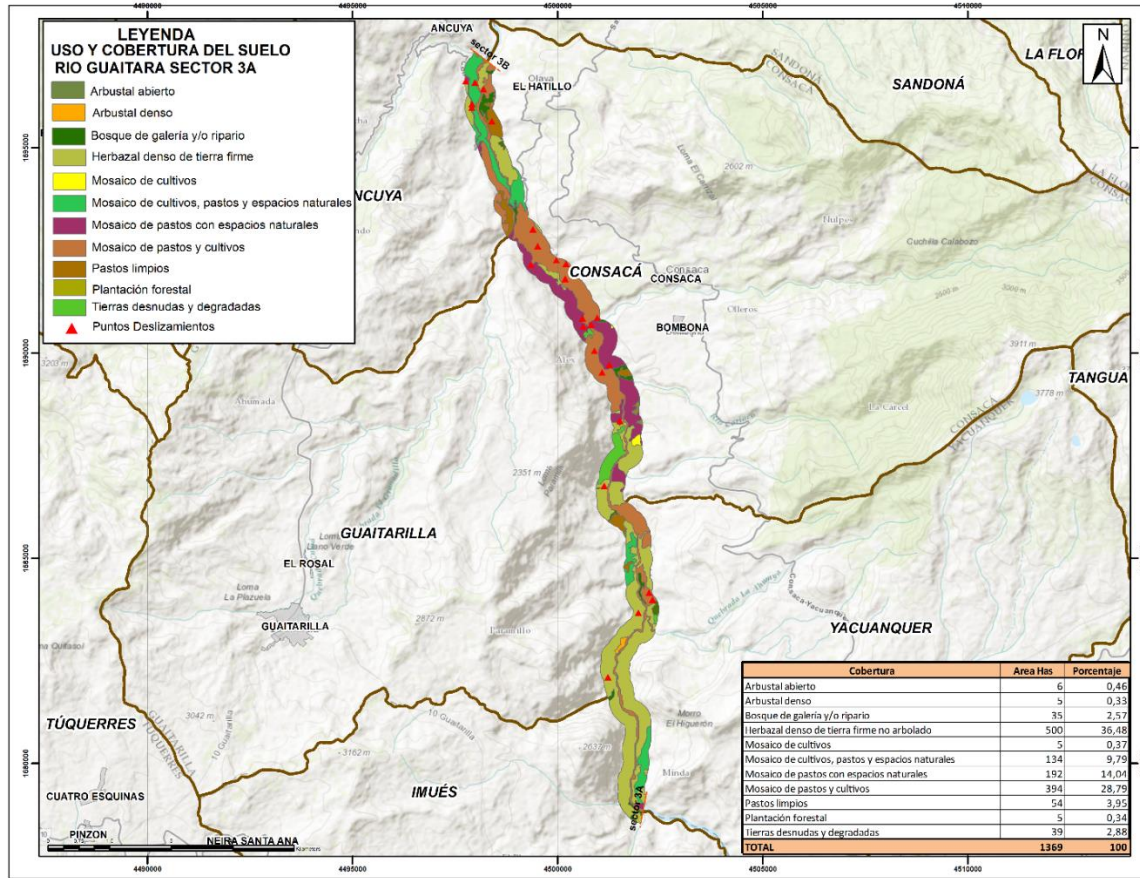


Figura 36 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 3A.

Descripción de deslizamientos identificados en el sector 3A

- **Deslizamiento traslacional en inmediaciones del municipio de Consacá, vereda Campamento.**
 Coordenadas de referencia: N: 1°12'59,000" W: 77°29'53,000". Medidas aproximadas: 80m de altura y 55m de longitud

De manera general se observa que la roca que conforma la zona tiene un origen ígneo volcánico de flujos de lavas (Rivl), de tonalidades marrones rojizo, altamente meteorizada. Suelo transportado aluvial (Stal) compuestos por material areno-gravoso de color variable, principalmente marrón amarillento moderado, compuesto por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeadas a sub-angulares, son depósitos no consolidados; presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular.

Geomorfológicamente se encuentran Escarpes de flujo de lava (Vfle) que son laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie

de un depósito de flujo de lava; su génesis está asociada al enfriamiento y reología de un flujo de lava.

Se evidencia afloramiento de agua en el contacto rocoso, lo cual pudo favorecer en la disminución de la resistencia y rigidez de la roca, haciendo que la roca saturada sea más susceptible a la deformación y falla, generando el desprendimiento de material que posteriormente se depositó en el río Guáitara y un represamiento que se extendió aproximadamente a 2km aguas arriba en dirección al municipio de Yacuanquer.

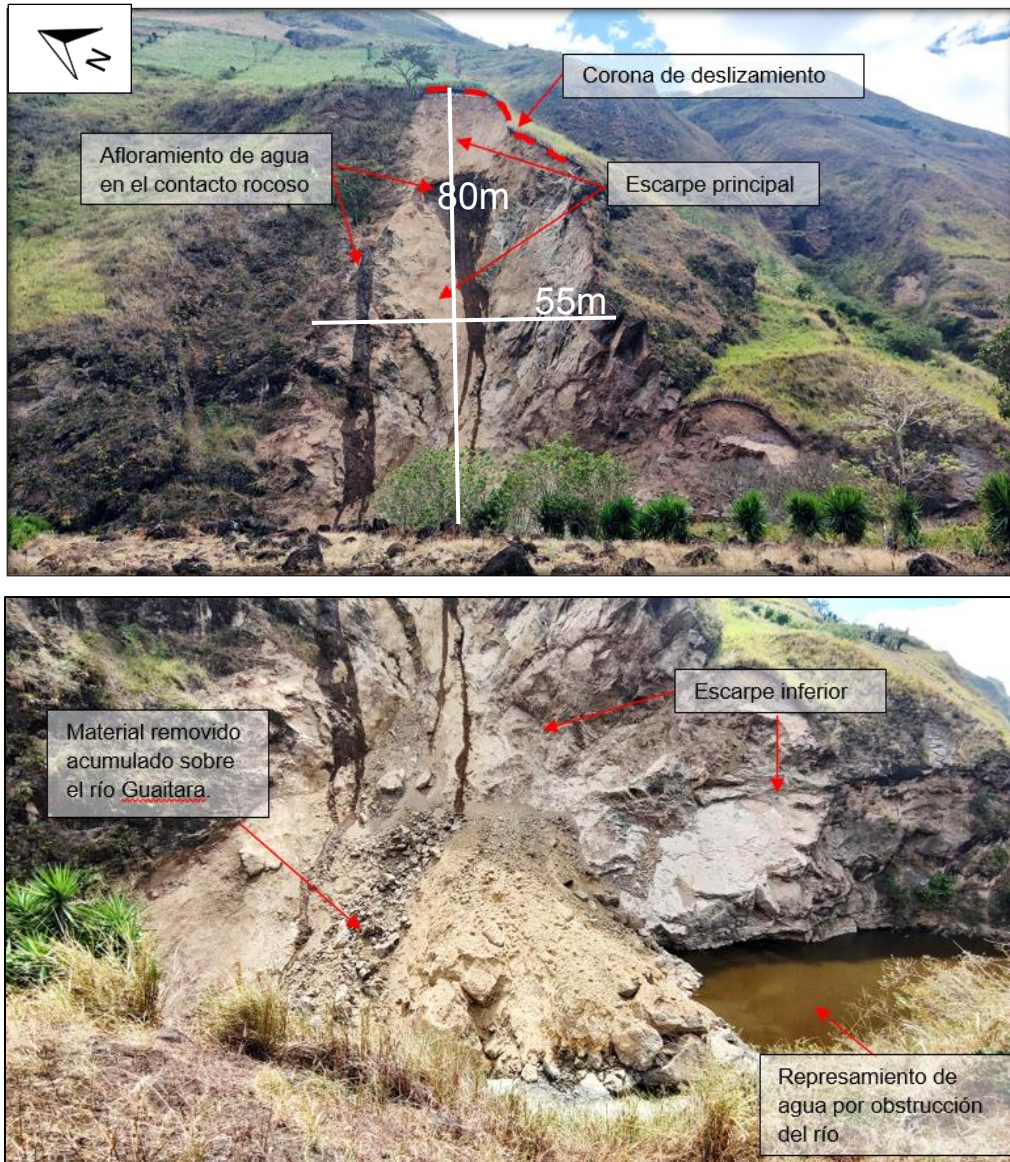


Figura 37 Deslizamiento traslacional en inmediaciones del municipio de Consacá, vereda Campamento. Coordenadas de referencia: N: 1°12'59,000" W: 77°29'53,000".

- **SECTOR 3B**

El SECTOR 3B inicia al oriente con la vereda El Hatillo en el municipio de Consacá, al occidente con la vereda San Luis del municipio de Ancuya, con coordenadas geográficas de referencia: 77° 30' 24,660" W, 1° 15' 16,470" N. En este sector se identificaron un total de 13 movimientos en masa en los márgenes del río Guáitara (Tabla 14).

Tabla 14 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3B

PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LONGITUD W	LATITUD N	X	Y	
63	Deslizamiento traslacional	77° 30' 28.803" W	1° 15' 53.507" N	4498173	1698236	1100
64	Deslizamiento traslacional	77° 30' 29.697" W	1° 16' 13.877" N	4498147	1698863	1050
65	Deslizamiento traslacional	77° 30' 25.970" W	1° 16' 25.473" N	4498263	1699220	1050
66	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 29.097" W	1° 16' 27.936" N	4498166	1699296	1050
67	Deslizamiento rotacional	77° 30' 30.978" W	1° 16' 28.205" N	4498108	1699304	1050
68	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 43.095" W	1° 16' 33.503" N	4497733	1699468	1050
69	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 37.223" W	1° 16' 43.641" N	4497915	1699780	1100
70	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 31.765" W	1° 16' 47.097" N	4498085	1699886	1100
71	Deslizamiento rotacional	77° 30' 39.977" W	1° 16' 50.240" N	4497830	1699983	1100
72	Deslizamiento rotacional	77° 30' 48.378" W	1° 16' 47.985" N	4497570	1699914	1100
73	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 34.652" W	1° 16' 54.861" N	4497996	1700125	1100
74	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 40.133" W	1° 16' 55.224" N	4497826	1700136	1100
75	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 35.814" W	1° 17' 0.723" N	4497960	1700305	1000

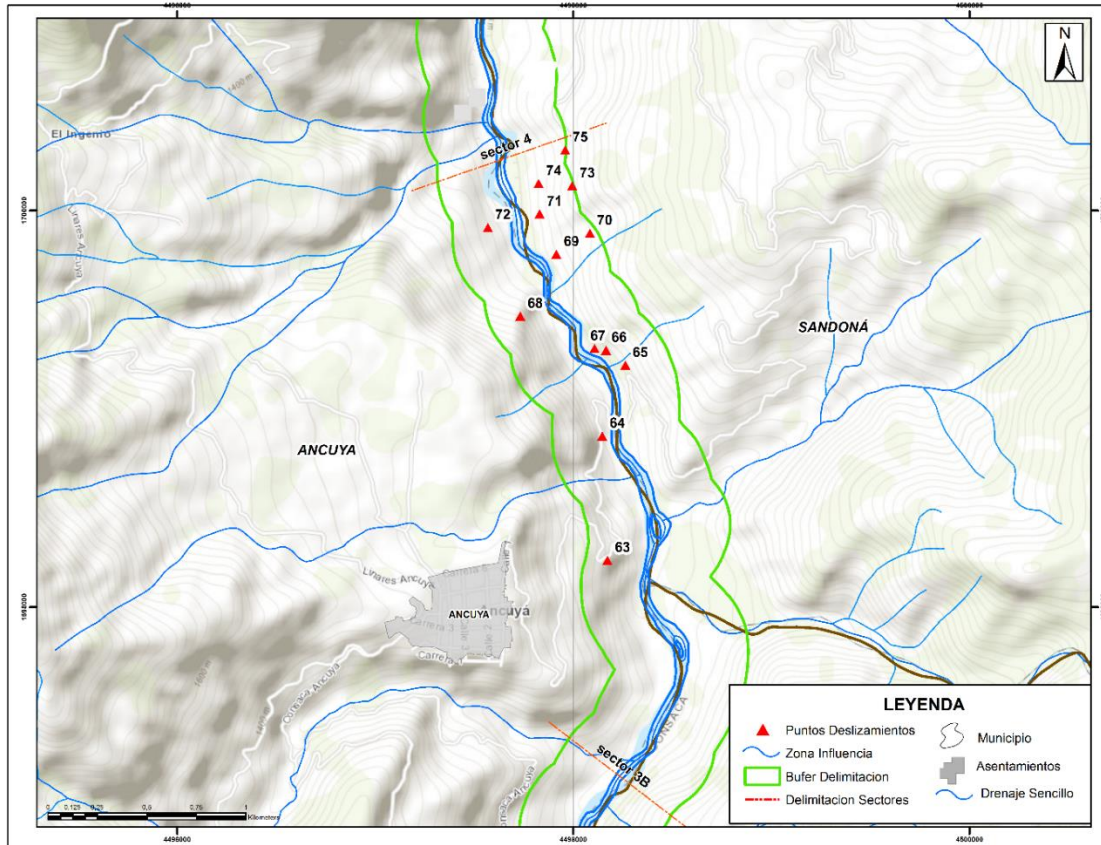


Figura 38 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 3B

- Unidades Geológicas Superficiales que afloran en el SECTOR 3B

En los dos márgenes del SECTOR 3B, afloran rocas blandas de origen sedimentario de la Formación Esmita (Rbsale) de tonalidades marrones y rojizas, la roca se presenta débil a muy débil, moderadamente meteorizada; esta unidad es la más susceptible a movimientos en masa para este sector. De igual manera, se presentan suelos transportados coluviales (Stco) que se constituyen por acumulaciones conformadas por materiales de diverso tamaño, pero de litología homogénea, englobados en una matriz areno arcillosa, se distribuye irregularmente en las vertientes de la cuenca del río Guátara, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad.

En el margen oriental del SECTOR 3B, también afloran rocas intermedias de origen ígneo hipoabisal (Rihi), de tonalidades marrones y rojizas, la roca se presenta altamente meteorizada. Así mismo, se presenta roca blanda de origen vulcano sedimentario de los lahares y piroclastos (Rbvslp), de tonalidades gris

verdoso, la roca se presenta débil, moderadamente a muy meteorizada, presenta varias familias de diaclasas con algunas fracturas aleatorias.

En el margen occidental del SECTOR 3B afloran así mismo rocas intermedias de origen ígneo volcánico del Grupo Diabásico conjunto Kvd (Rivgdd) de tonalidades gris oscuro a verdoso, la roca se presenta altamente meteorizada (IV), presenta varias familias de diaclasas con algunas fracturas aleatorias.

A lo largo del cauce del río Guáitara se evidencian suelos transportados aluviales (Stal), que se caracterizan por ser un área plana, muy húmeda por los drenajes, compuestos por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeados a sub-angulares, correspondiente a depósitos no consolidados, presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular. Es importante mencionar que, a pesar de que esta unidad está clasificada como susceptibilidad baja en cuanto a movimientos en masa, presentará mayor susceptibilidad en cuando a eventos de torrencialidad.

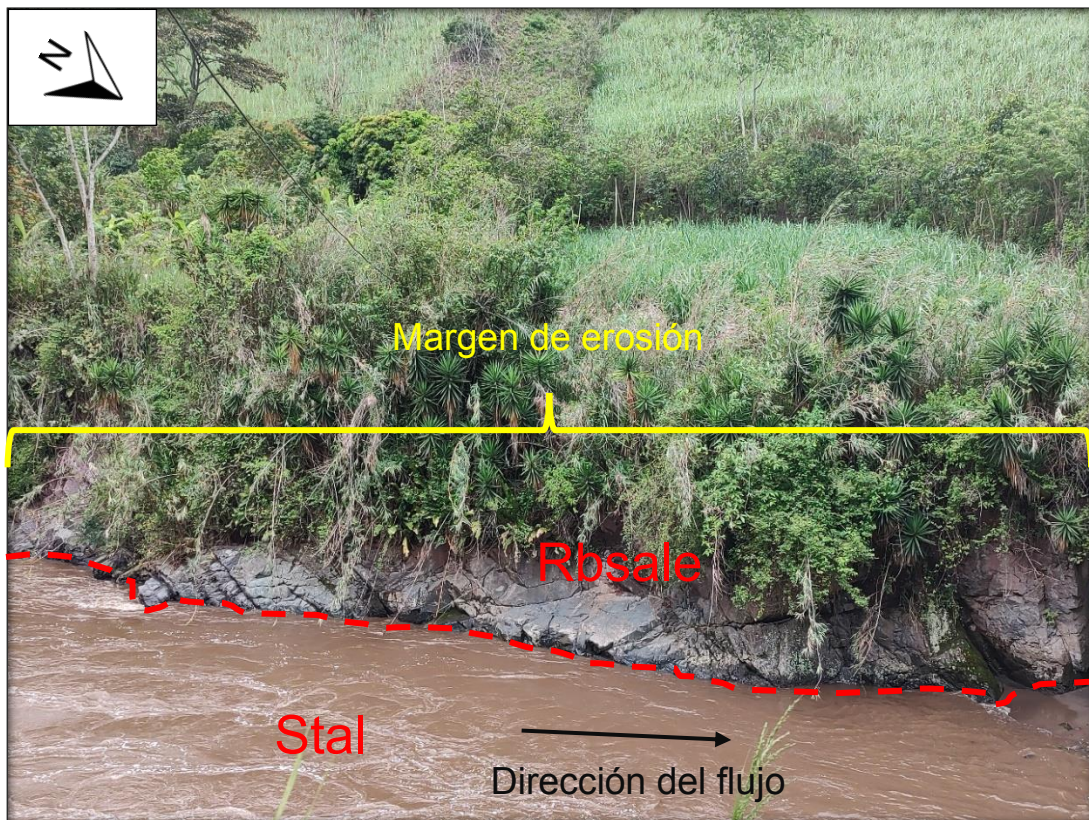


Figura 39 Fotografía tomada desde el puente que comunica al municipio de Sandomá con el municipio de Ancuya (coordenadas: 1°16'15.6"N 77°30'28.1"W), se observa en el margen occidental del río Guáitara Rocas de la Formación Esmite (Rbsale), se identifica en la parte convexa del río que la roca es tan competente que se mantiene a pesar de ser el margen erosivo. La unidad Stal corresponde a Suelo transportado aluvial.

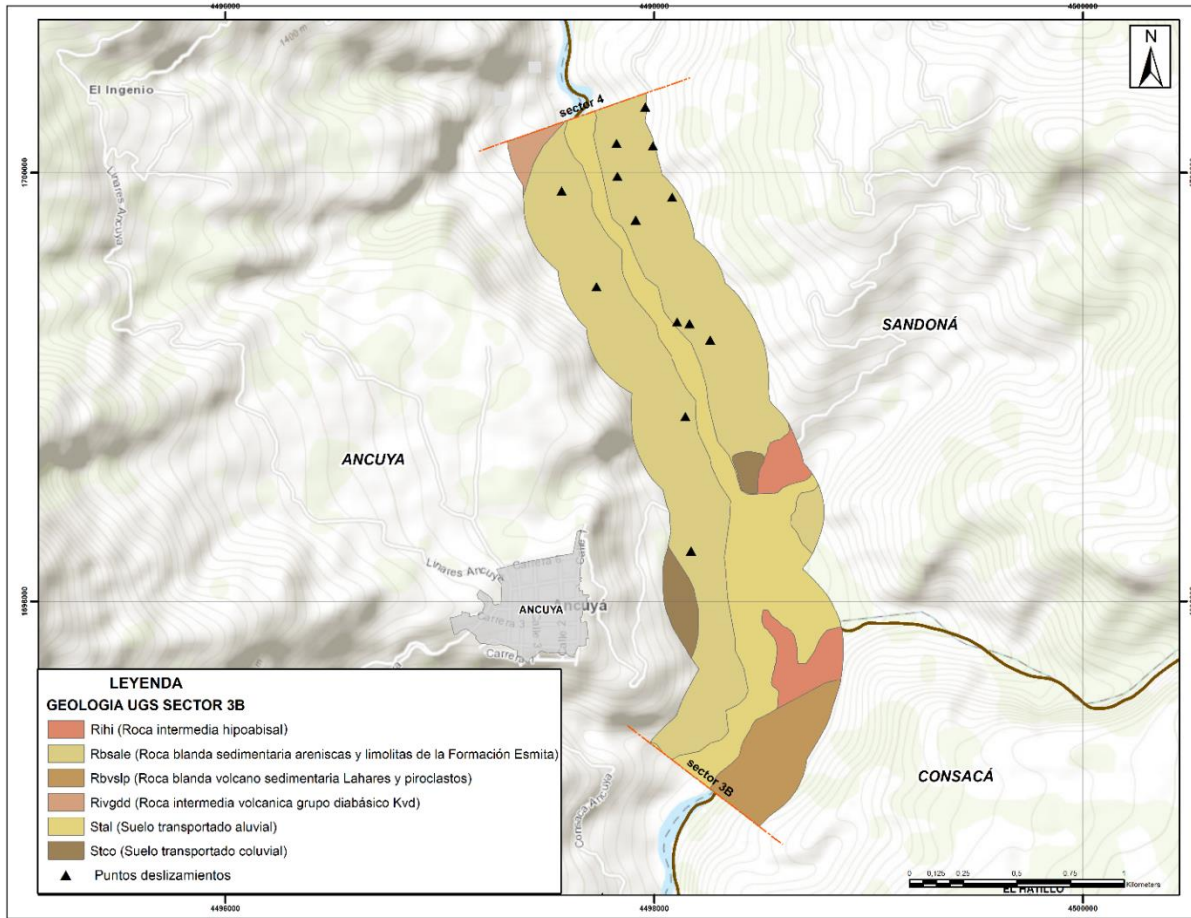


Figura 40 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 3B.

- Geomorfología identificada en el SECTOR 3B

En cuanto a geomorfología, al margen occidental del SECTOR 3B se identifican Escarpes de erosión mayor (Deem) correspondiente a laderas abruptas o desplome de altura variable que puede formarse por distintas causas: tectónicas, por erosión fluvial, por procesos gravitacionales, etc, eventualmente de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada.

En el margen oriental se presentan geoformas se tipo Sierra homoclinal (Ssh), que son prominencias topográficas simétricas o ligeramente simétricas elongadas y de morfología montañosa a colinada de cimas agudas, definidas por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados (>35°) en una misma dirección, generalmente es producto del desarrollo o erosión de un solo flanco de una estructura geológica. También se encuentran Ladera erosiva (Dle) son superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, presenta procesos erosivos intensos como cárcavas y surcos sobre materiales de suelo o roca. Además, se

observa Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl) que corresponde a sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con formas alargadas en dirección perpendicular al río Guáitara. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico.

En el SECTOR 3B se identifica una unidad geomorfológica que bordea el cauce del río Guáitara y en la cual se observa el estrangulamiento y estrechamiento del mismo, se trata de Planicies aluviales confinadas (Fpac) que corresponde a franjas del terreno de morfología plana, muy angosta, eventualmente inundable, en forma de “U”, limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa. Así mismo, se identifica como una geoforma el Cauce aluvial (Fca) del río Guáitara el cual tiene una forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales; esta unidad depende de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, para persistir por grandes distancias.

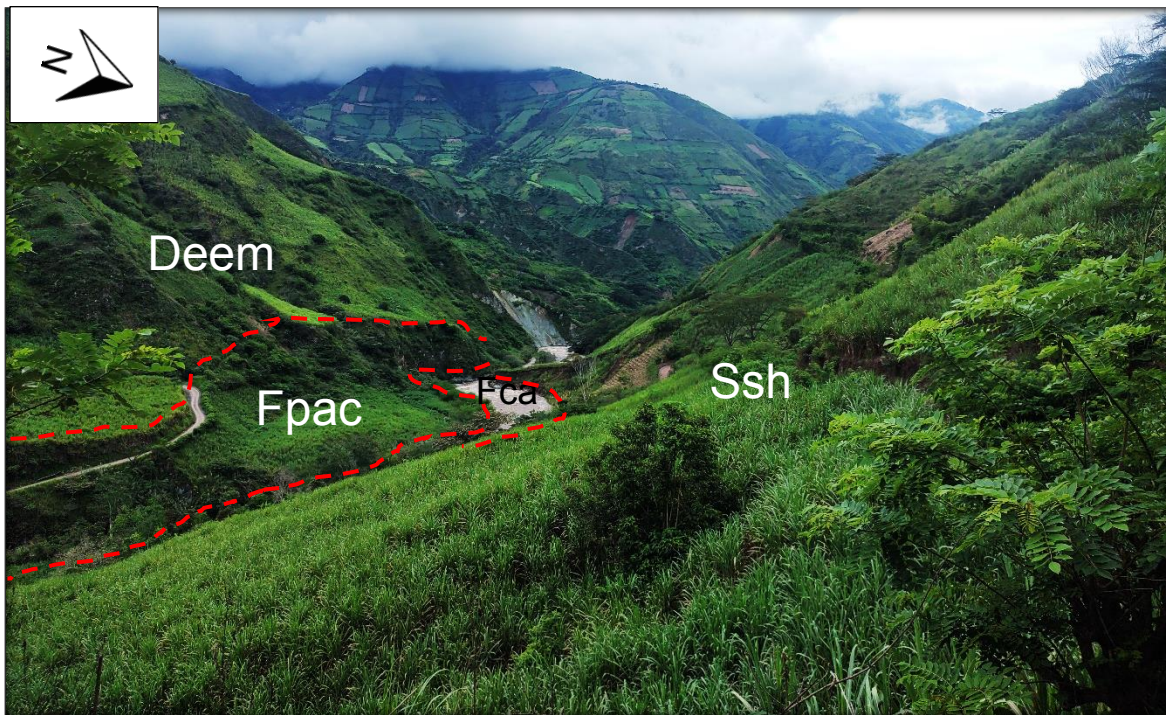


Figura 41 Desde el municipio de Sandoná con una visual al municipio de Ancuya (coordenadas: 1°16'10.52"N, 77°30'19.08"W), se identifican geoformas de tipo: Escarpe de erosión mayor (Deem), Planicie aluvial confinada (Fpac), Cauce aluvial (Fca), Sierra homoclinal (Ssh).

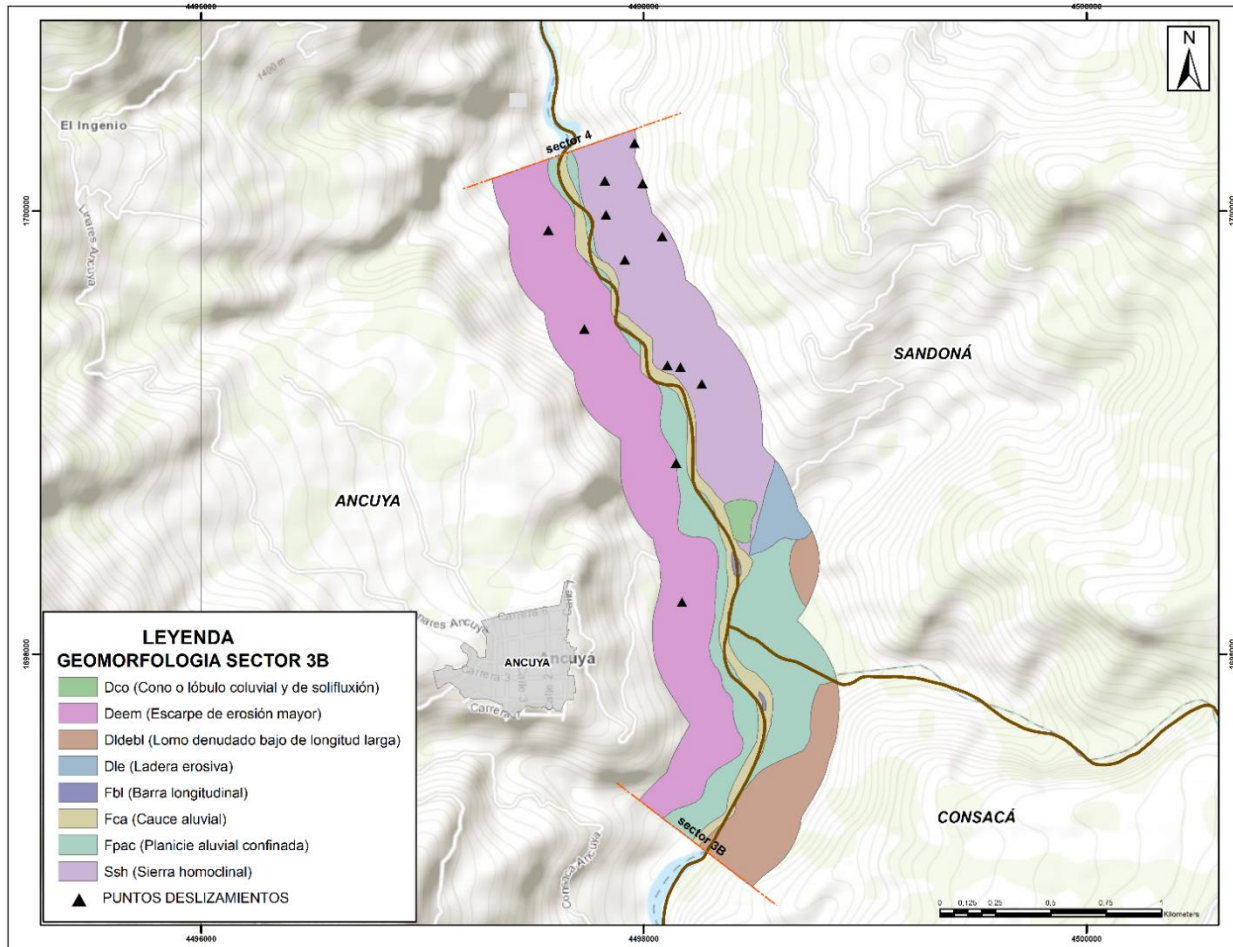


Figura 42 Mapa de geomorfología SECTOR 3B.

- Pendientes identificadas en el SECTOR 3B

En el sector 3B predominan las pendientes que oscilan entre los 0° y 30° que corresponden a pendientes planas y fuertemente inclinadas y que representan un área aproximada de 183 has que corresponde al 80% del área total del sector 3B, los deslizamientos identificados en campo y que se ubican en este tipo de pendientes se localizan en el municipio de Sandoná (Sector de Porto Viejo y la vereda El Chupadero) y en el municipio de Ancuya (veredas San Luis y El Llano).

Tabla 15 Pendientes identificadas en el SECTOR 3B

PENDIENTES SECTOR 3B AREA DE ESTUDIO GUAITARA				
Simbolo	Pendiente en grados	Descripcion	Area Has	Porcentaje (%)
a	0-15°	Plano a moderadamente inclinado	97	42,2
b	15-30°	Inclinada a fuertemente inclinada	86	37,44
c	30-45°	Escarpado	40	17,42
d	>45°	Muy Escarpado	7	2,94
TOTAL			230	100

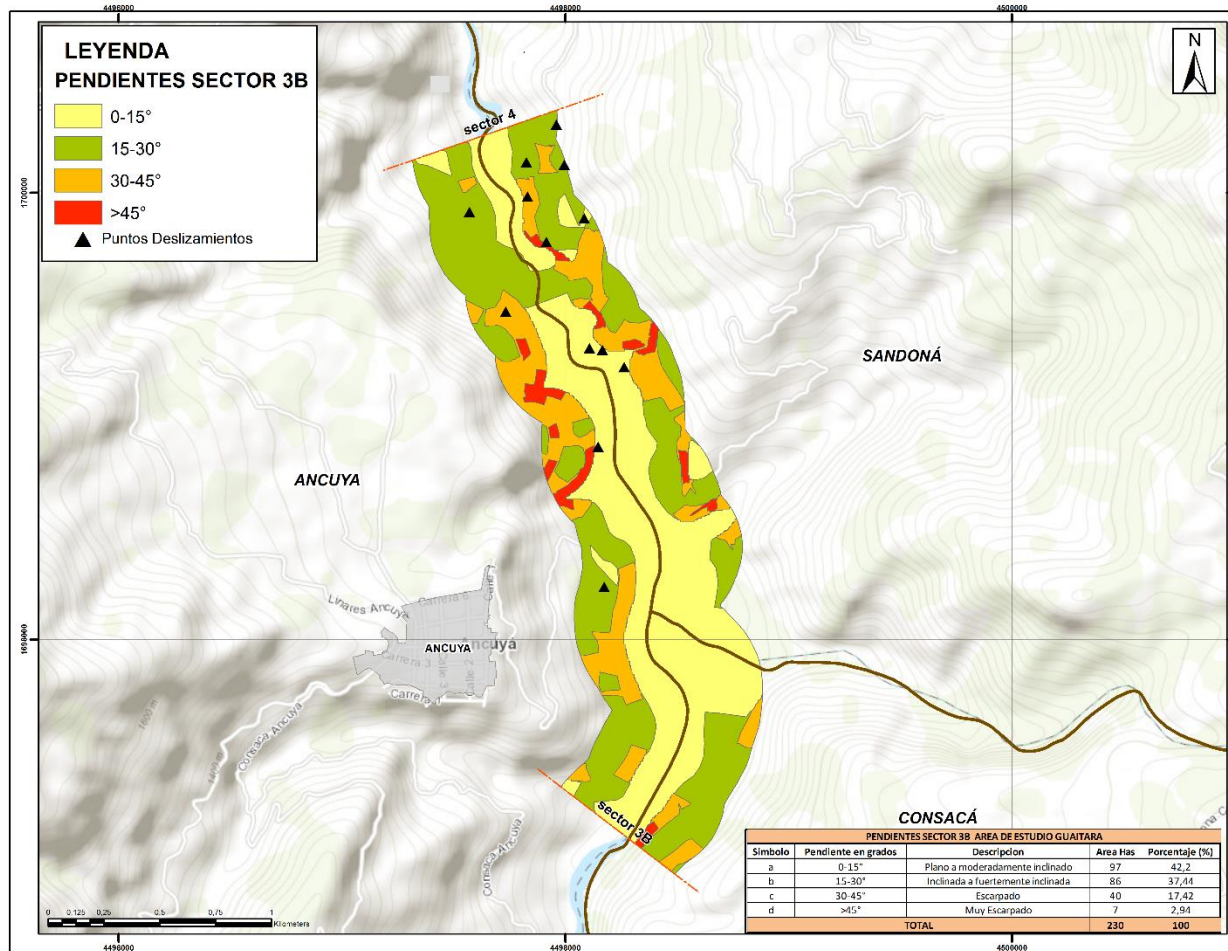


Figura 43 Mapa de pendientes SECTOR 3B.

- Cobertura de la tierra identificada en el SECTOR 3B

En el sector 3B, la cobertura que prevalece es mosaico de pastos y cultivos y mosaico de cultivos que en suma abarca un área aproximada de 159 has, equivalente al 70%. (Figura 44).

Tabla 16 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 3B

Nivel 3_Cobertura	Area Has	Porcentaje
Arbustal abierto	3	1,35
Herbazal denso de tierra firme	16	6,92
Mosaico de cultivos	46	20,01
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	12	5,04
Mosaico de pastos con espacios naturales	18	7,63
Mosaico de pastos y cultivos	113	49,22
Pastos arbolados	19	8,23
Pastos limpios	4	1,59
TOTAL	231	100

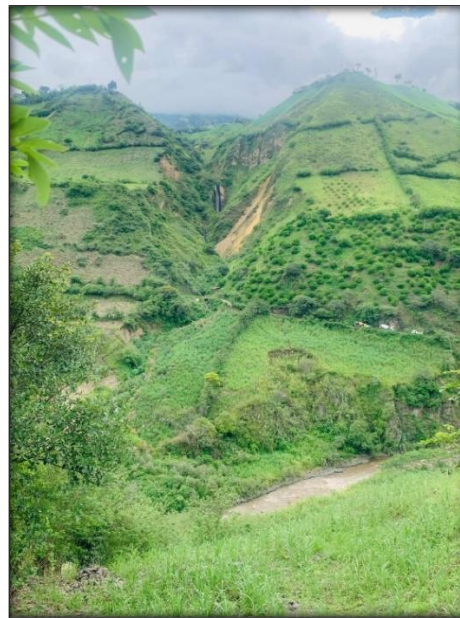


Figura 44 Mosaico de pastos y cultivos, SECTOR 3B

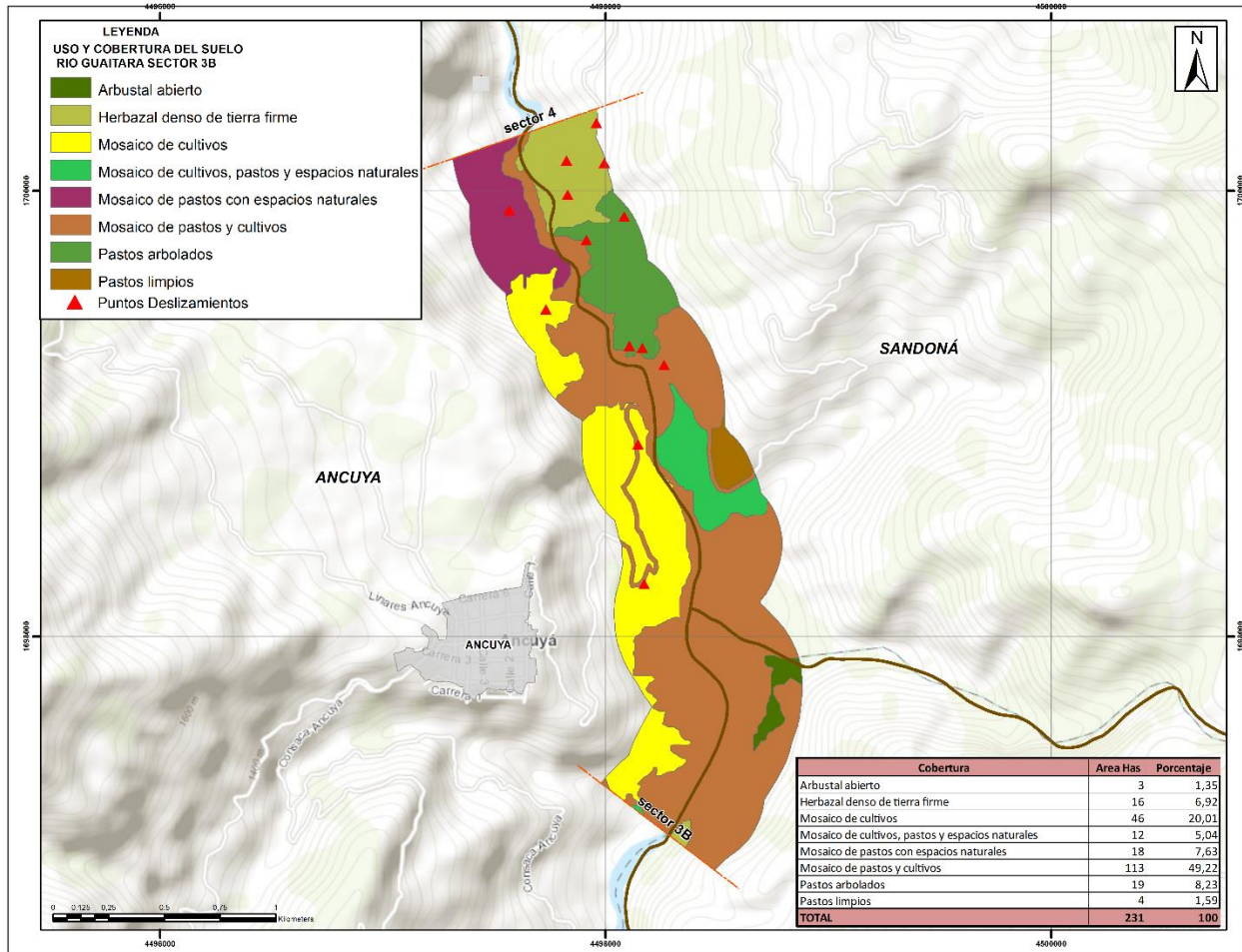


Figura 45 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 3B.

- Usos del suelo identificados en el sector 3B

En el margen oriental del río Guáitara en inmediaciones del municipio de Sandoná, se llevan a cabo actividades de extracción de materiales para la construcción, el área se encuentra desprovista de cobertura vegetal. El material que se identifica es de tipo Roca blanda de la formación Esmita (Rbsale), se presenta débil a muy débil, y moderadamente meteorizada (III); geomorfológicamente se encuentra en una Sierra homoclinal (ssh) de morfología montañosa a colinada y cimas agudas, con una pendiente de 30° aproximadamente y laderas alargadas.

Esta actividad aporta en la desestabilización del talud y representa un riesgo para las personas y vehículos que transitan por el lugar, por su cercanía a la carretera que conecta al municipio de Sandoná con el municipio de Ancuya.

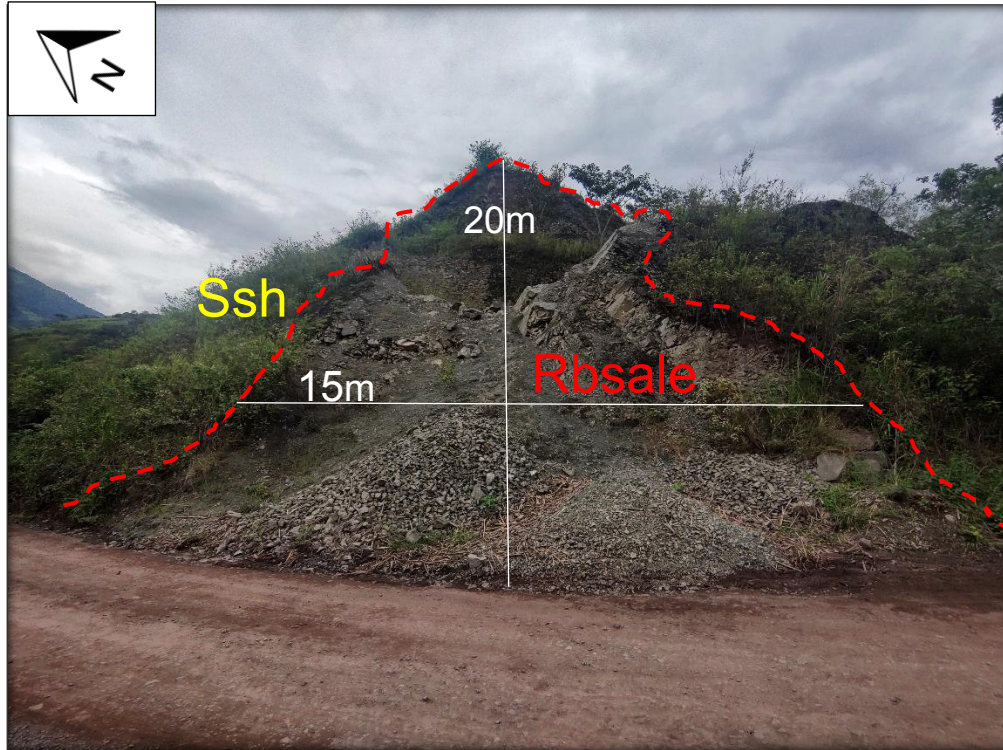


Figura 46 Mina de materiales de construcción en el municipio de Sandoná (coordenadas: 1°16'7.39"N, 77°30'18.00"W). El material que se extrae corresponde a Roca blanda sedimentaria areniscas y limolitas de la Formación Esmita (Rbsale) y geomorfológicamente se ubica en una Sierra homoclinal (Ssh).

Descripción de deslizamientos identificados en el SECTOR 3B

- **Deslizamientos traslacionales en inmediaciones del municipio de Ancuya, vereda El Llano.**

A) Deslizamiento traslacional: coordenadas de referencia: 1°16'7.95"N, 77°30'36.01"W.

De manera general se observa que, el deslizamiento se encuentra sobre una quebrada que desemboca en el río Guáitara, tiene unas medidas aproximadas de 100m de altura y 50m de longitud. La roca que conforma la zona corresponde a Roca blanda de origen sedimentario de la Formación Esmita (Rbsale), de tonalidades marrón y rojizas, la roca se presenta débil a muy débil, moderadamente meteorizada (III), presenta baja densidad de fracturas y diaclasas, los procesos de erosión y meteorización se intensifican en temporadas de lluvia (Figura).

Geomorfológicamente el deslizamiento se ubica en un Escarpe de erosión mayor (Deem), que corresponde a una ladera abrupta de altura variable que puede formarse por distintas causas (tectónicas, abrasión, gravitacionales, etc); eventualmente de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada.

B) Deslizamiento traslacional: Coordenadas de referencia: 1°16'13.88"N, 77°30'29.70"W.

Este deslizamiento se encuentra en el margen occidental del río Guáitara, tiene unas medidas aproximadas de 70m de altura y 220m de longitud. La roca que conforma la zona es la misma que se identifica en el deslizamiento "A"; sin embargo, se evidencia que, en la parte convexa del río, la roca presenta competencia media que se mantiene a pesar de ser el margen erosivo.

Geomorfológicamente el deslizamiento se ubica en una planicie aluvial confinada (Fpac) que corresponde a una franja de terreno de morfología plana, muy angosta, eventualmente inundable, en forma de "U", limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, en este caso un escarpe de erosión mayor (Deem); la geoforma se encuentra bordeando el cauce del río Guáitara, aportando en el estrangulamiento o estrechamiento del mismo.

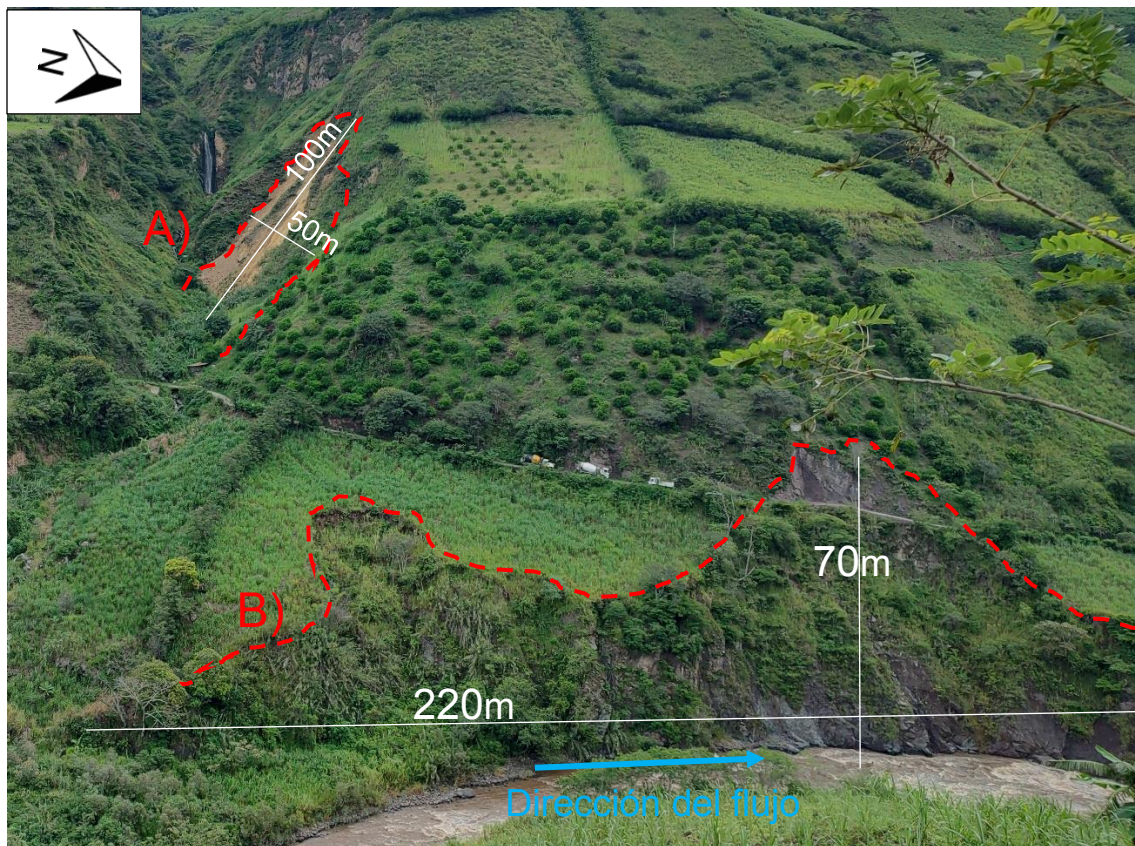


Figura 47 Se identifican dos deslizamientos traslacionales en la vereda El Llano en el municipio de Ancyua (Coordenadas de referencia: 1°16'13.88"N, 77°30'29.70"W).

4.2.3.1.2 SECTOR 4

El SECTOR 4 inicia al Sur-oriente con la vereda El Chupadero en el municipio de Sandoná y al Sur-Occidente con la vereda El Llano del municipio de Ancuya, coordenadas geográficas de referencia: 77° 30' 44,580" W, 1°16'59,710"N. Así mismo, este sector y a la vez el área de estudio termina al Norte en la desembocadura del río Guaitara al río Patía Coordenadas de referencia 77° 26' 49,840" W, 1° 35' 9,930" N

En el SECTOR 4 se identificaron un total de 18 movimientos en masa en los márgenes del río Guáitara (Tabla 17)

Tabla 17 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 4

DESPLIZAMIENTOS IDENTIFICADOS EN LOS MÁRGENES DEL RÍO GUÁITARA, SECTOR 4						
PUNTO	EVENTOS	COORDENADAS				ALTURA
		GEOGRAFICAS		PLANAS CTM12		
		LONGITUD W	LATITUD N	X	Y	
76	Deslizamiento traslacional	77° 30' 52.525" W	1° 17' 6.949" N	4497442	1700498	1000
77	Deslizamiento rotacional	77° 30' 41.179" W	1° 17' 11.810" N	4497794	1700647	1000
78	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 59.687" W	1° 17' 29.468" N	4497222	1701192	1050
79	Deslizamiento traslacional	77° 31' 1.351" W	1° 17' 36.924" N	4497171	1701421	1100
80	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 31.747" W	1° 18' 42.658" N	4498091	1703443	950
81	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 23.409" W	1° 18' 50.734" N	4498350	1703692	1000
82	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 26.988" W	1° 19' 10.877" N	4498241	1704312	1000
83	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 17.317" W	1° 19' 28.897" N	4498541	1704866	900
84	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 59.791" W	1° 19' 37.996" N	4499085	1705145	900
85	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 54.637" W	1° 19' 42.109" N	4499245	1705272	1000
86	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 30' 24.769" W	1° 19' 42.447" N	4498311	1705284	900
87	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 29' 10.125" W	1° 24' 14.382" N	4500640	1713651	700
88	Deslizamiento traslacional	77° 29' 7.573" W	1° 27' 15.069" N	4500729	1719214	650
89	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 28' 43.893" W	1° 28' 50.614" N	4501469	1722153	575
90	Deslizamiento rotacional retrogresivo	77° 28' 47.795" W	1° 29' 2.016" N	4501349	1722505	575
91	Deslizamiento traslacional	77° 27' 28.115" W	1° 31' 46.003" N	4503828	1727548	525
92	Deslizamiento traslacional	77° 26' 43.548" W	1° 32' 38.898" N	4505212	1729173	550
93	Deslizamiento traslacional	77° 26' 34.286" W	1° 33' 18.169" N	4505501	1730382	525

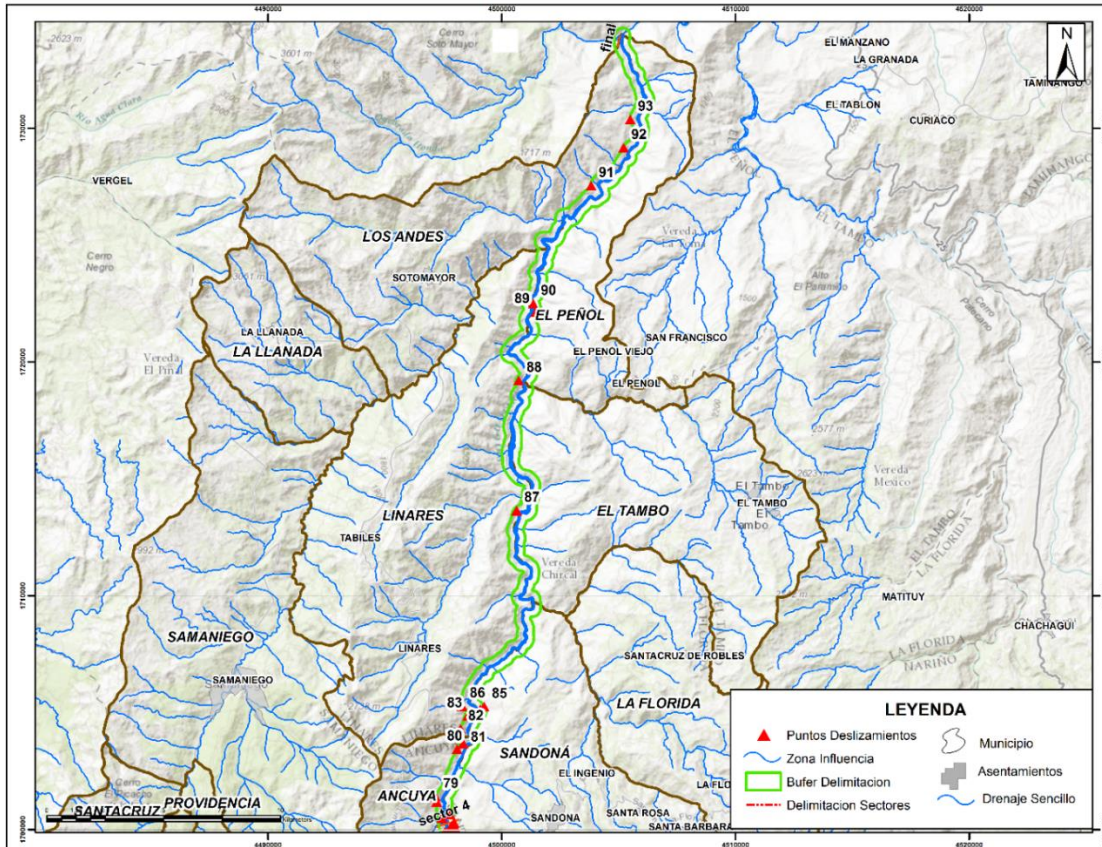


Figura 48 Movimientos en masa identificados en el SECTOR 4

- Unidades Geológicas Superficiales que afloran en el SECTOR 4

De acuerdo al POMCA del río Guáitara, en los dos márgenes del SECTOR 4 afloran rocas intermedias de origen ígneo volcánico del Grupo Diabásico conjunto Kvd (Rivgdd) de tonalidades color gris oscuro a verdoso, la roca se presenta medianamente fuerte y altamente meteorizada (IV); siendo esta la unidad en la que se presentan más movimientos en masa para este sector. De igual manera, se presentan rocas blandas de origen metamórfico del Grupo Dagua de tonalidades gris, café violáceas a verdosas, la roca se presenta débil a muy débil y muy meteorizada (IV).

Así mismo, en los dos márgenes del SECTOR 4 se encuentran Suelos transportados fluviales de terraza (Stft) que corresponden a los depósitos localizados en los márgenes del río Guáitara como producto de la acumulación sobre antiguas planicies de inundación, esta unidad se forma producto de la erosión, depositación e incisión fluvial, en épocas recientes y subrecientes. En estos depósitos los sedimentos se acumulan en forma escalonada a ambos lados del curso de un río, cuyo cauce se va profundizando con el tiempo, formando terrazas poco consolidadas susceptibles a movimientos en masa. Los materiales de los

depósitos de terraza pueden ir desde muy gruesos tipo gravas a más finos tipo arcilla, con presencia de capas de material grueso y fino, reflejando épocas de alta y baja energía, De igual forma se podrá observar una gradación lateral, con materiales más gruesos en las cercanías de los cauces y los más finos en las partes más lejanas.

En el margen occidental del SECTOR 4 afloran así mismo, rocas intermedias de origen ígneo volcánico del Grupo Diabásico Conjunto Kvs (Rivgds) de tonalidades grises, la roca se presenta medianamente fuerte y altamente meteorizada (IV).

A lo largo del cauce del río Guátara se evidencian suelos transportados aluviales (Stal), que se caracterizan por ser un área plana, muy húmeda por los drenajes, compuestos por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas a cantos redondeados a sub-angulares, correspondiente a depósitos no consolidados, presentan un contraste de permeabilidad en los materiales debido al contenido de suelo finogranular y gruesogranular. Es importante mencionar que, a pesar de que esta unidad está clasificada como susceptibilidad baja en cuanto a movimientos en masa, presentará mayor susceptibilidad en cuando a eventos de torrencialidad.

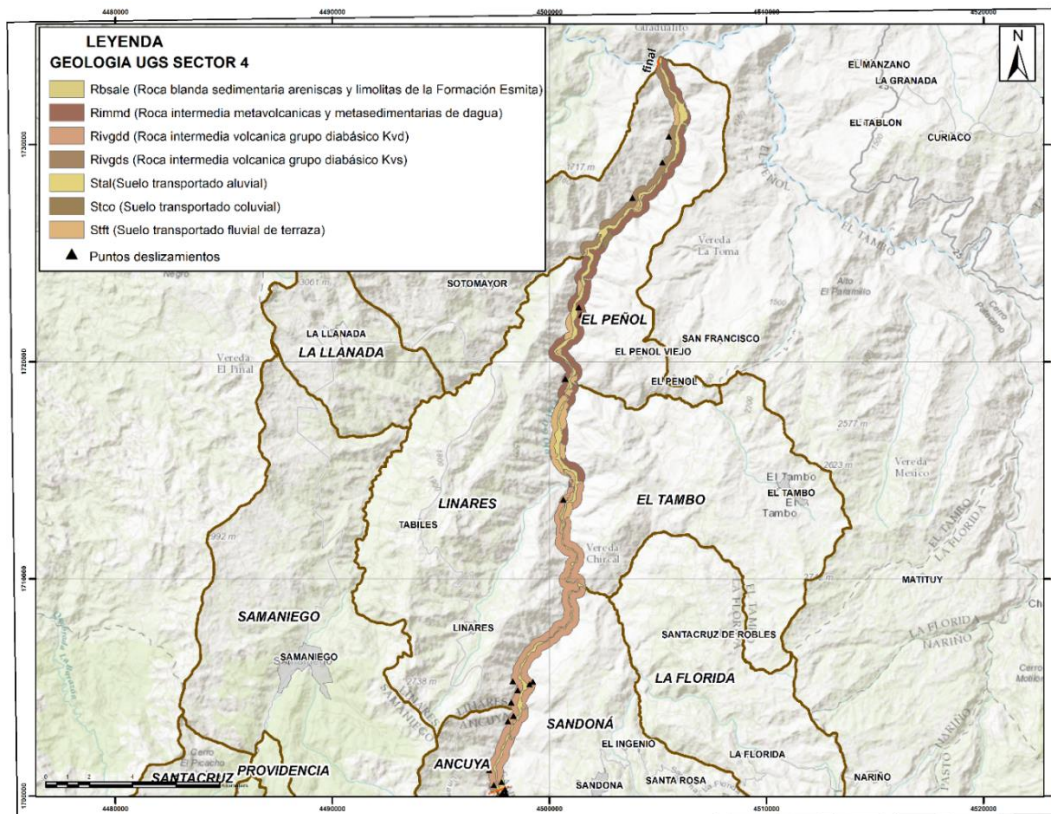


Figura 49 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales SECTOR 4.

- **Geomorfología identificada en el SECTOR 4**

En los dos márgenes del SECTOR 4 se encuentran geoformas de tipo Sierra desnuda (Dsd) que corresponde a una prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados. Su origen es relacionado a procesos de erosión acentuada en sustratos rocosos ígneos y metamórficos. De igual manera, se presentan Planicies aluviales confinadas (Fpac) que son franjas de terreno de morfología plana, muy angosta eventualmente inundable, en forma de “U”, limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean el cauce del río Guáitara, en donde se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo; esta geoforma está constituida por material aluvial como arenas, limos y arcillas.

Por otra parte, en los dos márgenes del SECTOR 4 se presentan geoformas de tipo Terraza de acumulación (Fta) que corresponde a una superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Su depósito está constituido por gravas, arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del río Guáitara. Esta unidad está limitada por Escarpes de terraza de acumulación (Ftae) de morfología plana vertical a subvertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación. Su origen está relacionado a la incisión y profundización del cauce. La altura de los escarpes puede alcanzar decenas de metros.

En el margen oriental del SECTOR 4, se identifican Espolones moderados de longitud larga (Sesml) de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias y limitado por drenajes paralelos a subparalelos; con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. Así mismo, se presentan Sierras homoclinales (Ssh) que son prominencias topográficas simétricas o ligeramente simétricas, elongadas y de morfología montañosa a colinada de cimas agudas, definida por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados en una misma dirección; generalmente es producto del desarrollo o erosión de un solo flanco de una estructura geológica. De igual manera, se presentan Sierras (Ss) que corresponde a prominencias topográficas de morfología montañosa, de laderas simétrica o asimétricas, de longitudes largas a extremadamente largas, de formas cóncavas, convexas o rectas, con pendientes muy inclinadas a escarpadas; su origen está relacionado con procesos de fallamiento intenso en macizos rocosos ígneos, metamórficos y sedimentarios.

En el margen occidental se presentan geoformas de tipo Flujo piroclástico aterrazado (Vfp) que son lóbulos alomados de aspecto tabular y plano a suavemente inclinado. Localmente se localiza paralelo al río Guáitara, conformando un abanico. Su génesis está asociada a la acumulación de productos de flujos piroclásticos que van quedando elevados conforme la corriente hídrica va erosionando y recobrando su cauce. Esta geoforma limita con escarpes de diferente altura correspondiente a Escarpes de flujo piroclástico aterrazado (Vfpe) de laderas casi verticales de longitud y altura variadas, de forma cóncava o convexa, presente en los bordes de la superficie de remanentes de un depósito de flujo piroclástico. Su génesis está asociada a la incisión y socavación de las corrientes hídricas en los depósitos de flujo piroclástico.

La geoforma Sierra desnuda (Dsd) es en la que se presentan más movimientos en masa para el SECTOR 4.

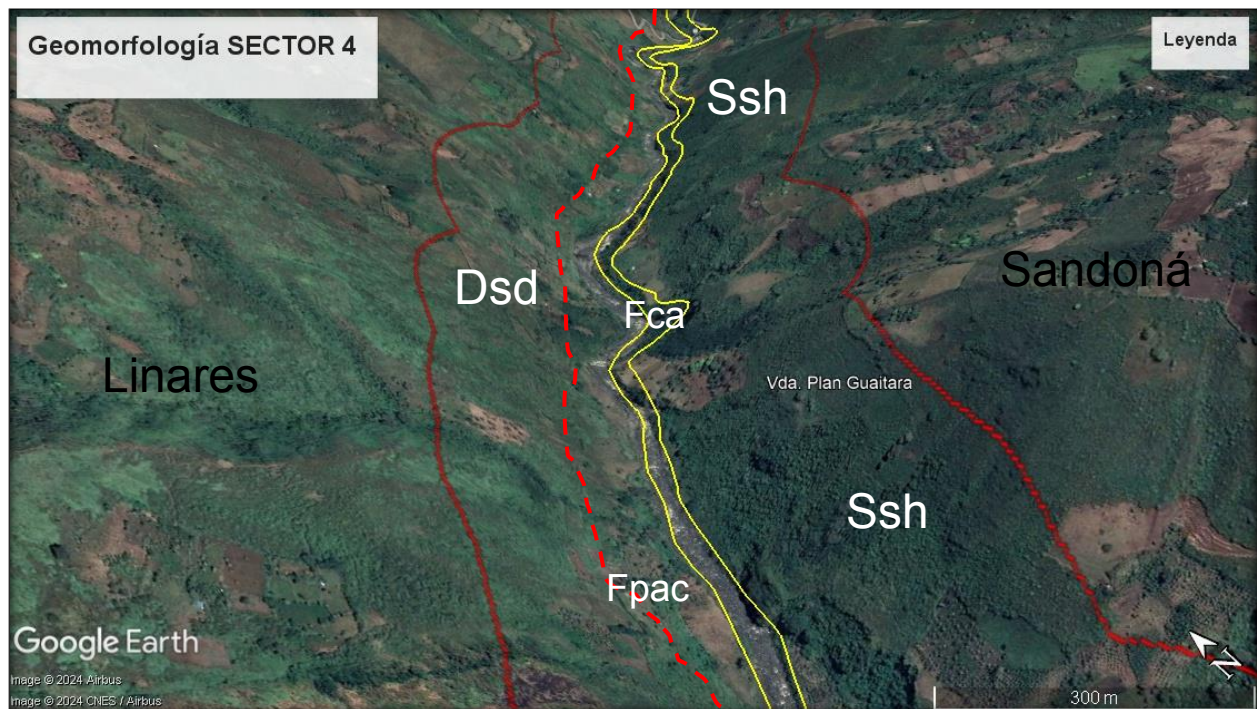


Figura 50 Usando el sistema de información Geográfica Google Earth se toma una fotografía para visualizar la geomorfología del SECTOR 4. En el margen Occidental en el municipio de Linares, se identifican las geoformas: Sierra desnuda (Dsd) y Planicie Aluvial Confinada (Fpac). En el margen Oriental en el municipio de Sandóna se identifica la geoforma Sierra Homoclinal (Ssh). El cauce del río Guáitara se ubica entre la división de los dos municipios, se identifica como Cauce aluvial (Fca).

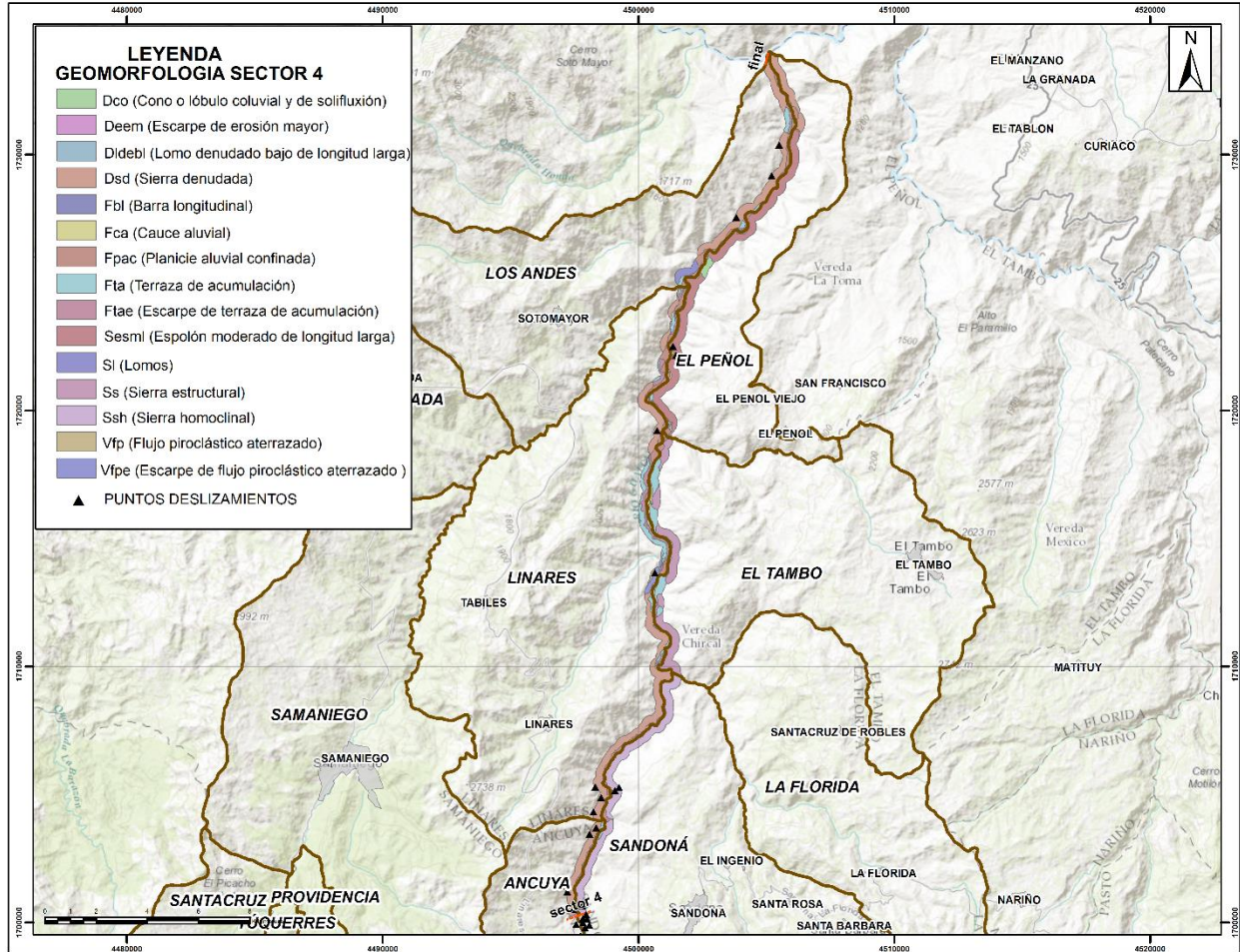


Figura 51 Mapa de geomorfología SECTOR 4.

- Pendientes identificadas en el SECTOR 4

En el SECTOR 4 prevalecen las pendientes escarpadas que oscilan entre los 30° y 45° que representan un área aproximada de 843 has que corresponden al 30,4% del área total del SECTOR 4 y donde se ubican la mayoría de los deslizamientos identificados en campo, este tipo de pendientes se localizan en el municipio de Sandomá (veredas El Chupadero, El Ingenio, Bolívar y la Felician), en el municipio de Ancuya en el sector rural, en el municipio de Linares (veredas El Balsal y la Palma), en el municipio de El Peñol (veredas Pueblo Viejo y la Burrera) y en el municipio de Los Andes Sotomayor (vereda Pangus).

Tabla 18 Pendientes identificadas en el SECTOR 4

PENDIENTES SECTOR 4 AREA DE ESTUDIO GUAITARA				
Simbolo	Pendiente en grados	Descripcion	Area Has	Porcentaje (%)
a	0-15°	Plano a moderadamente inclinado	945	34,05
b	15-30°	Inclinada a fuertemente inclinada	622	22,42
c	30-45°	Escarpado	843	30,4
d	>45°	Muy Escarpado	364	13,13
TOTAL			2774	100

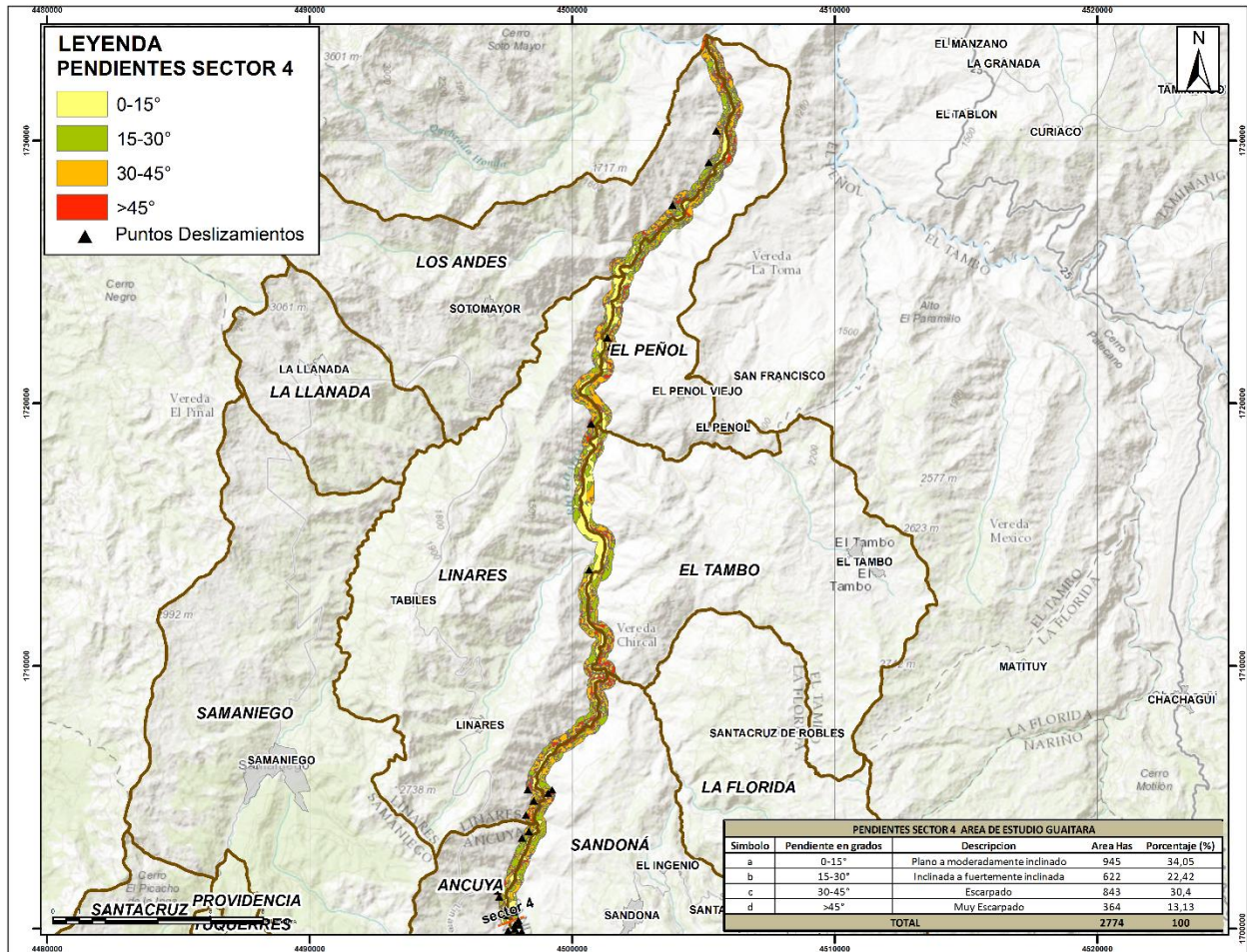


Figura 52 Mapa de pendientes SECTOR 4.

- Coberturas de la tierra identificadas en el SECTOR 4

En cuanto a coberturas del suelo, predomina el herbazal denso de tierra firme y mosaico de pastos y cultivos que en suma abarca un área aproximada de 2070 has, que representa el 75 % del área total en el SECTOR 4 (Figura 53).

Tabla 19 Ocupación de cobertura de la tierra, SECTOR 4

Nivel 3_Cobertura	Area Has	Porcentaje
Arbustal abierto	43	1,55
Arbustal denso	10	0,37
Bosque de galería y/o ripario	110	3,96
Herbazal denso de tierra firme	1738	62,66
Mosaico de cultivos y espacios naturales	22	0,8
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	163	5,88
Mosaico de pastos con espacios naturales	204	7,34
Mosaico de pastos y cultivos	332	11,98
Pastos arbolados	38	1,36
Pastos enmalezados	27	0,98
Pastos limpios	33	1,17
Tierras desnudas y degradadas	54	1,95
TOTAL	2774	100



Figura 53 Herbazal denso de tierra firme, SECTOR 4.

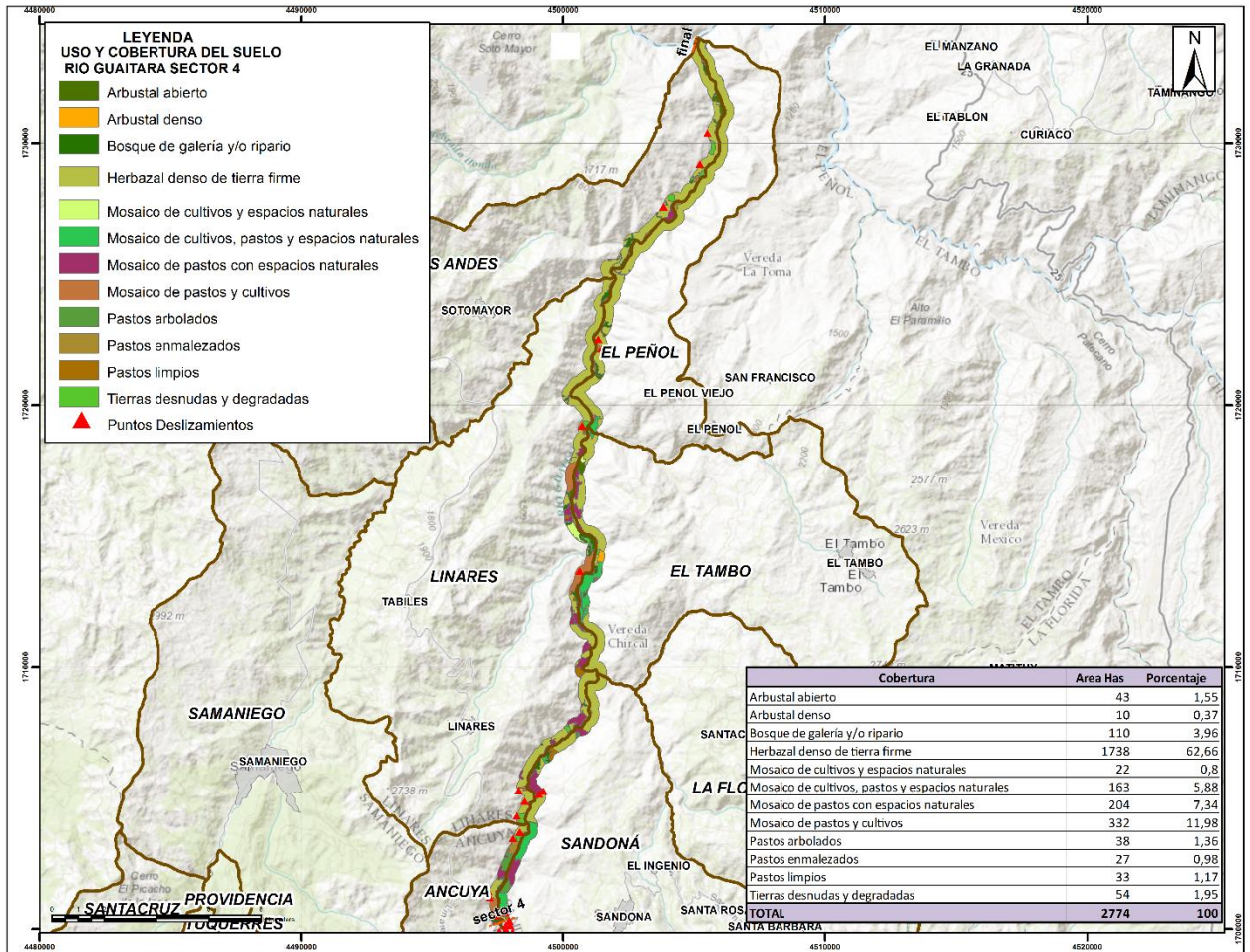


Figura 54 Mapa de coberturas de la tierra, SECTOR 4.

Descripción de deslizamientos identificados en el sector 4

- **Deslizamientos rotacionales retrogresivos en inmediaciones del municipio de Ancyua, vereda Los Naranjos.**
 - A) **Deslizamiento rotacional retrogresivo:** Coordenadas de referencia: 77° 30' 31.747" W, 1°18'42.658" N. Medidas aproximadas de 440m de altura y 308m de longitud
 - B) **Deslizamiento rotacional retrogresivo:** Coordenadas de referencia: 77° 30' 23.409" W, 1°18'50.734" N. Medidas aproximadas de 125m de altura y 87m de longitud

Se destacan dos deslizamientos de tipo rotacional con comportamiento retrogresivo. La roca que conforma la zona corresponde a rocas intermedias de origen ígneo volcánico del Grupo Diabásico conjunto Kvd

(Rivgdd) de tonalidades color gris oscuro a verdoso, la roca se presenta medianamente fuerte y altamente meteorizada (IV).

Geomorfológicamente los deslizamientos se ubican en una Sierra denudada (Dsd) que corresponde a una prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados. Su origen es relacionado a procesos de erosión acentuada en sustratos rocosos ígneos y metamórficos.

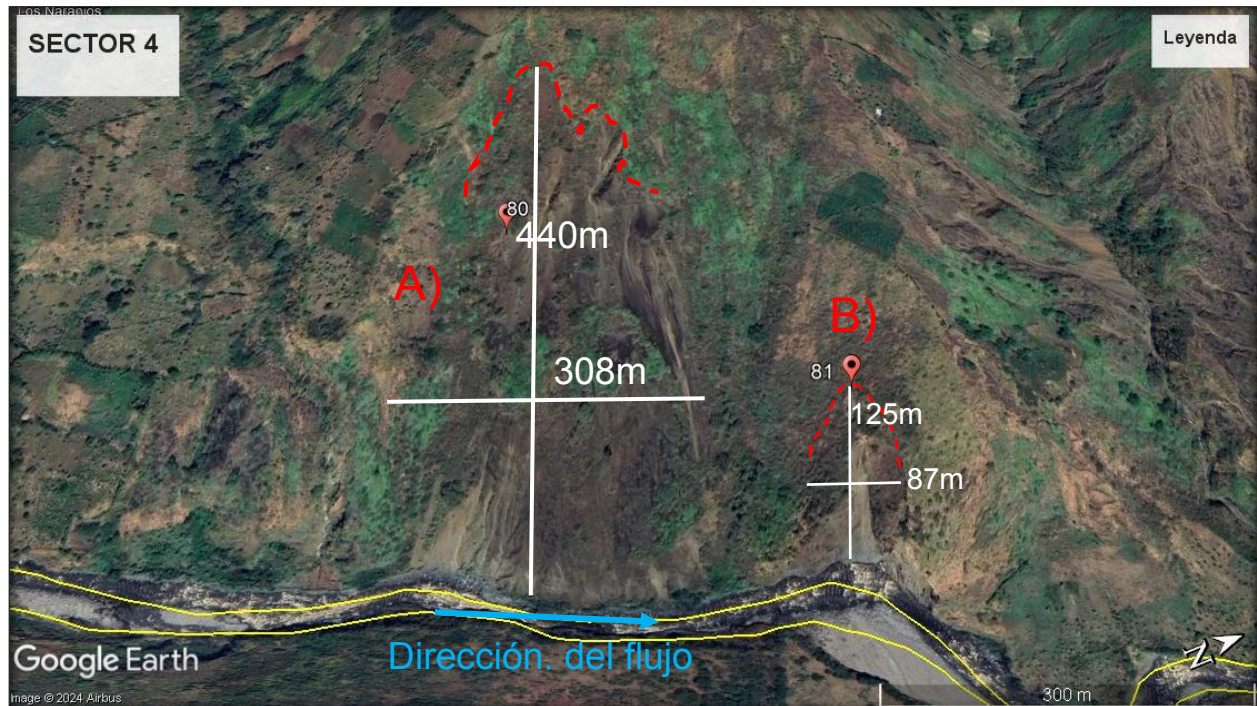


Figura 55 Deslizamientos rotacionales retrogresivos en inmediaciones del municipio de Ancuya vereda Los Naranjos.

4.2.4 MORFOMETRIA

La información consultada y analizada en este documento fue tomada como referencia del POMCA del río Guáitara, en la sección Morfometría de la cuenca Guáitara. Fuente: POMCA 2015 053 CORPONARIÑO.

4.2.4.1 Área y perímetro de la cuenca

El área de la cuenca hidrográfica tiene gran importancia en lo que a la estimación de la magnitud del caudal se refiere. Se define como la proyección horizontal delimitada por la línea parteaguas, siendo ésta la que

define el límite de la cuenca uniendo los puntos topográficos de mayor elevación, la longitud de la línea de divisoria representa el perímetro de la cuenca hidrográfica en ordenación.

La cuenca hidrográfica del Río Guáitara tiene un área correspondiente a 3636.449 km² (363644.972 ha) y un perímetro de 386.424 km.

Tabla 20 Área y perímetro de la cuenca del Río Guáitara.

Código	Nivel SZH	Área		Perímetro (km)
		Km ²	has	
5205	Río Guáitara	3636.45	363644.871	386.424

4.2.4.2 Relieve de la cuenca.

Dentro de los aspectos a considerar en el relieve de la cuenca del Río Guáitara se tienen la curva hipsométrica, la elevación media de la cuenca y la pendiente media de la cuenca hidrográfica.

Curva hipsométrica.

La curva hipsométrica es la representación gráfica del relieve de la cuenca hidrográfica, donde se caracteriza la variación del terreno de la cuenca con referencia al nivel medio del mar. Esta variación se muestra por medio de un gráfico que representa el porcentaje de áreas de drenaje que existen por encima o por debajo de un nivel específico, donde la ordenada de dicha gráfica corresponde a la elevación o cota, mientras que la abscisa representa el porcentaje de área acumulada de la cuenca hidrográfica.

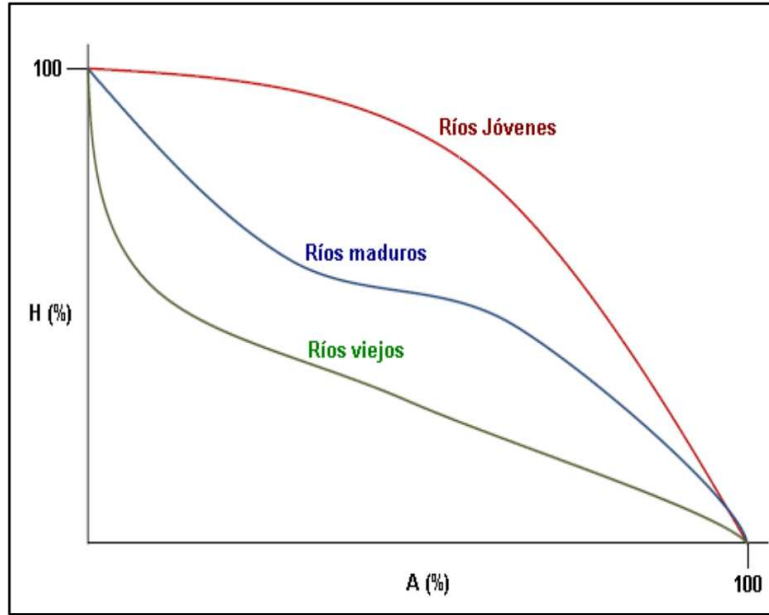


Figura 56 Edad de los ríos de acuerdo a la forma de la curva Hipsométrica, Fuente: (Ibáñez, Ascensio, 2004).

A partir del análisis de la curva nombrada se obtiene la relación hipsométrica (Rh), la cual corresponde al cociente del área sobre la curva (Ss) entre el área bajo la curva (Si). Tanto el comportamiento de la curva hipsométrica, como el valor de la relación hipsométrica permiten clasificar la cuenca hidrográfica en función de su capacidad de transportar materiales y edad de la cuenca, dicha clasificación con base en el parámetro de Rh .

Tabla 21 Clasificación de las cuencas hidrográficas de acuerdo al valor de la relación hipsométrica.

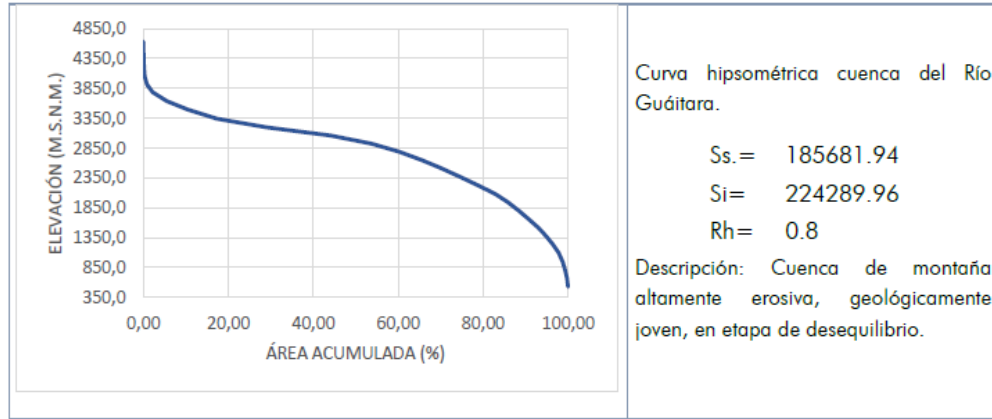
Relación hipsométrica (Rh)	Edad	Tipo de cuenca
$Rh > 1.0$	Viejo	Se considera como una cuenca de valle que deposita sedimentos.
$Rh = 1.0$	Maduro	Se considera como una cuenca intermedia y cuya función es transportar sedimentos.
$Rh < 1.0$	Joven	Este tipo de cuencas se consideran como cuencas de montaña altamente erosivas.

Curva hipsométrica cuenca del Río Guátara.

$Ss = 185681.94$

$Si = 224289.96$

$Rh = 0.8$



Fuente: Consorcio POMCA 2015 053

Figura 57 Curva hipsométrica cuenca del río Guaitara

Se puede concluir con base en el análisis de la curva hipsométrica y la relación hipsométrica obtenida, que la cuenca del Río Guaitara tiene características de una cuenca de montaña altamente erosiva, geológicamente joven y en etapa de desequilibrio.

Elevación Media.

Corresponde a la elevación media con respecto al nivel del mar, calculada mediante la herramienta de análisis de estadística zonal incluida en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde se tiene como insumo el Modelo Digital de Elevación (MDE) de la cuenca del Río Guaitara con una resolución de celda de 8.0 x 8.0 metros. El MDE se intersecta con los diferentes niveles de unidades hidrográficas y por medio de la herramienta de SIG nombrada anteriormente se obtiene el valor de la elevación media para dichas unidades representados en la tabla 3.

Tabla 22 Elevación y pendiente media, cuenca del río Guaitara

Nivel de U.H.	Código	Unidad hidrográfica	Elevación media (m.s.n.m.)	Pendiente media (%)
SZH	2907	Río Guaitara	2703.17	32.67

Pendiente Media de la cuenca.

Este parámetro tiene gran influencia en la velocidad con que se desarrolla la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que consume el agua lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje. La pendiente media de la cuenca se obtiene mediante procesamiento SIG, donde a partir

del MDE se elabora el mapa de pendientes y sobre éste se aplican herramientas de estadísticas zonales para determinar el valor del parámetro nombrado en los diferentes niveles de unidades hidrográficas estudiados. Los resultados de esta característica se presentan en la Tabla 22. Elevación y pendiente media cuenca del Río Guátara.

4.2.4.3 Longitud y pendiente del cauce principal.

Longitud del cauce principal.

La longitud del cauce principal corresponde a la distancia medida desde el punto de desembocadura hasta el punto de nacimiento localizado en la parte alta de la cuenca, esta característica generalmente se expresa en kilómetros (km) y es de gran importancia en la definición de otras propiedades físicas como la pendiente y el tiempo de concentración.

El cauce principal del Río Guátara tiene una longitud total de 167.92 Km. Para la cuenca del Río Guátara

Pendiente del cauce principal.

La pendiente del cauce principal es un parámetro necesario para definir la velocidad de escurrimiento del agua por los canales fluviales de la cuenca. Para el cauce principal del Río Guátara se tiene una pendiente media del 3.41%.

4.2.4.4 Forma de la cuenca.

Longitud axial y ancho promedio de la cuenca.

La longitud axial de la cuenca se mide mediante una línea en forma aproximadamente paralela al cauce principal, desde la desembocadura hasta el punto más alto en los límites de la cuenca.

El ancho promedio de la cuenca se define como la relación existente entre el área de la cuenca y su longitud axial; se denota con la letra W y matemáticamente se expresa como:

$$W = \frac{Ac}{Lax}$$

Donde, W : Ancho de la cuenca.

Ac : Área de la cuenca

Lax : Longitud axial de la cuenca

La cuenca del Río Guáitara tiene un ancho (W) de 37.14, una longitud axial de 97.905 km y un ancho medio de 37.743 km.

Factor de forma de Horton (kf).

Es la relación entre el ancho medio (W) y la longitud axial de la cuenca (Lax). Este factor permite la comparación entre cuencas hidrográficas, donde una cuenca con un factor de forma bajo (cerca de cero) relaciona menor susceptibilidad a persistencia de eventos de crecientes máximas, que otras cuencas del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma. El factor de forma de Horton se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{Ac}{Lax \cdot W} = \frac{Ac}{Lax^2} = \frac{W}{Lax}$$

En el caso de la cuenca del Río Guáitara se tiene un factor de forma de Horton de 0.38 lo que representa un valor alto y, por lo tanto, la probabilidad de que se presenten eventos de crecientes máximas es mayor.

Coefficiente de compacidad (Kc).

Consiste en la relación entre el perímetro de la cuenca hidrográfica y la longitud de la circunferencia cuya área es igual al de la cuenca. Una cuenca circular posee un coeficiente de compacidad mínimo igual a 1.0, a medida que kc se aproxime a la unidad será mayor la tendencia a crecientes.

Tabla 23 Rangos de clasificación coeficiente de compacidad (Kc).

Rangos kc	Compacidad
1-1.25	Redonda a Oval redonda
1.25-1.50	Oval redonda a Oval oblonga

1.50-1.75	Oval oblonga a Rectangular
>1.75	Rectangular-muy lobuladas

Fuente: Instituto nacional de Ecología, 2004.

Para la cuenca del Río Guáitara se tienen un coeficiente de compacidad de 1.81, lo que indica que la cuenca tiene una forma Rectangular-muy lobulada, la tendencia a que se presenten crecientes será menor a si fuera una cuenca redondeada.

Índice de alargamiento

Este índice muestra el comportamiento de la forma de la cuenca respecto a la tendencia de que dicha forma sea alargada en relación a la longitud axial y el ancho de la cuenca, el índice de alargamiento fue propuesto igualmente por Horton y se define mediante la siguiente expresión:

$$Ia = \frac{Lax}{W}$$

Donde,

Ia: Índice de alargamiento

Lax: Longitud axial de la cuenca

W: Ancho de la cuenca

En función del índice de alargamiento la cuenca podrá ser clasificada acorde a los rangos presentados

Tabla 24 Clasificación del índice de alargamiento (*Ia*)

Rangos <i>Ia</i>	Clases alargamiento
0.0-1.4	Poco alargada
1.5-2.8	Moderadamente alargada
2.9-4.2	Muy alargada

Fuente: Instituto nacional de Ecología, 2004.

Tabla 25 Coeficientes de compacidad e Índices de alargamiento de la cuenca del Río Guáitara

Nivel De U.H.	Código	Unidad Hidrográfica	Coeficiente De Compacidad (Kc)		Índice De Alargamiento	
			1.81	Rectangular - muy lobuladas	2.64	Moderadamente alargada
SZH	5205	Río Guáitara	1.81	Rectangular - muy lobuladas	2.64	Moderadamente alargada

El índice de alargamiento permite hacer referencia a la respuesta rápida o lenta del agua en los drenajes y su potencial erosivo o de arrastre. En el caso de la cuenca del Río Guáitara el índice de alargamiento es Moderadamente alargada.

Índice asimétrico.

El índice de asimetría intenta cuantificar la ausencia o existencia de basculamiento a escala de cuenca de drenaje, cuando el valor de la asimetría para cada una de las vertientes se aproxima al 50% indica que la influencia de la actividad tectónica en la cuenca es o ha sido baja, cuando este valor se aleja del 50% indica que la actividad tectónica ha tenido gran influencia en la formación de la cuenca y la definición de su patrón de drenaje representados en la tabla 26.

$$AFD = \frac{AD}{AT} * 100$$

$$AFi = 100 - AFD$$

Dónde,

AFD: Es el valor del índice de asimetría calculado para la vertiente derecha de la cuenca.

AD: Es el área de la vertiente derecha y

AT: Es el área total de la cuenca.

AFi: Valor del índice asimétrico calculado para la vertiente izquierda.

Tabla 26 Índices de asimetría de la cuenca del río Guáitara

Código	Unidad Hidrográfica	Índice De Asimetría				Descripción
		<i>Ad</i> (Km2)	<i>Ai</i> (Km2)	<i>AF_D</i> (%)	<i>AF_i</i> (%)	
5205	Río Guáitara	2102.0	1534.5	57.8	42.2	Asimétrica. Basculamiento hacia vertiente derecha.

Fuente: Consorcio POMCA 2015 053

4.2.4.5 Tiempo de concentración.

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. En el caso de la cuenca del Río Guáitara se obtienen los tiempos de concentración presentados en la Tabla 27.

Tabla 27 Tiempos de concentración cuenca del Río Guáitara.

Método (Fórmula Empírica)	Tiempo De Concentración	
	Horas	Minutos
Kirpich	12.58	755.03
U.S.B.R	14.06	843.35
Giandotti	8.15	489.00
Temez	11.67	700.21
Bransby-Williams	34.20	2052.08
Williams	35.04	2102.36
Johnstone & Cross	13.95	836.80
Ventura-Heras	11.12	667.28
V.T. Chow	21.38	1282.54
Cuerpo de Ingenieros EE. UU	26.13	1567.71

Fuente: Consorcio POMCA 2015 053

Se puede apreciar que los tiempos de concentración descartados son: Giandotti, Bransby-Williams y Williams. A partir del promedio de los valores ubicados dentro de los límites se obtiene un tiempo de concentración para la cuenca estudiada igual a $T_c=15.84$ horas (950.4 minutos).

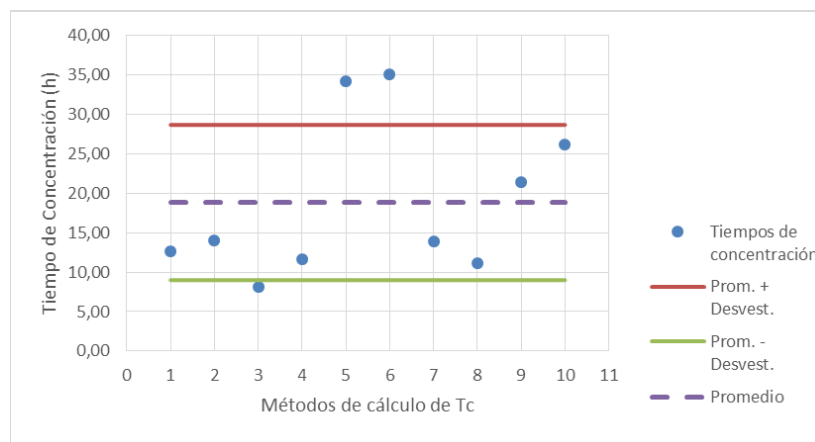


Figura 58 Tiempos de concentración cuenca del Río Guáitara.

Tabla 28 Tiempos de concentración en la cuenca del Río Guáitara

Nivel De U.H.	Código	Unidad Hidrográfica	Tiempo De Concentración (Hr)
SZH	5205	Río Guáitara	15.84

Fuente: Consorcio POMCA 2015 053

4.2.4.6 Índice morfométrico de torrencialidad.

Es la relación de índices morfométricos como la densidad de drenaje, la pendiente media de la cuenca y el coeficiente de compacidad de la misma, a fin de llegar a un indicador de la vulnerabilidad de la zona a eventos torrenciales ante un evento de precipitación. Se relacionan los parámetros nombrados dado que “en conjunto definen la facilidad para concentrar la escorrentía, la oportunidad de infiltración, la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos, la eficiencia o rapidez de la escorrentía y de los sedimentos para salir de la cuenca.” (Maribel Rivas, 2009). El índice morfométrico es uno de los insumos utilizados para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales dentro de la caracterización de las condiciones de riesgo de la cuenca. En la Tabla 10, puede apreciarse la clasificación obtenida del índice morfométrico de torrencialidad para la cuenca del Río Guáitara.

Tabla 29 Categoría del índice morfométrico de torrencialidad para la cuenca del Río Guáitara

Código U.H.	Nombre	Categoría Índice Morfométrico.
5205	Río Guáitara	Moderada

Fuente: Consorcio POMCA 2015 053

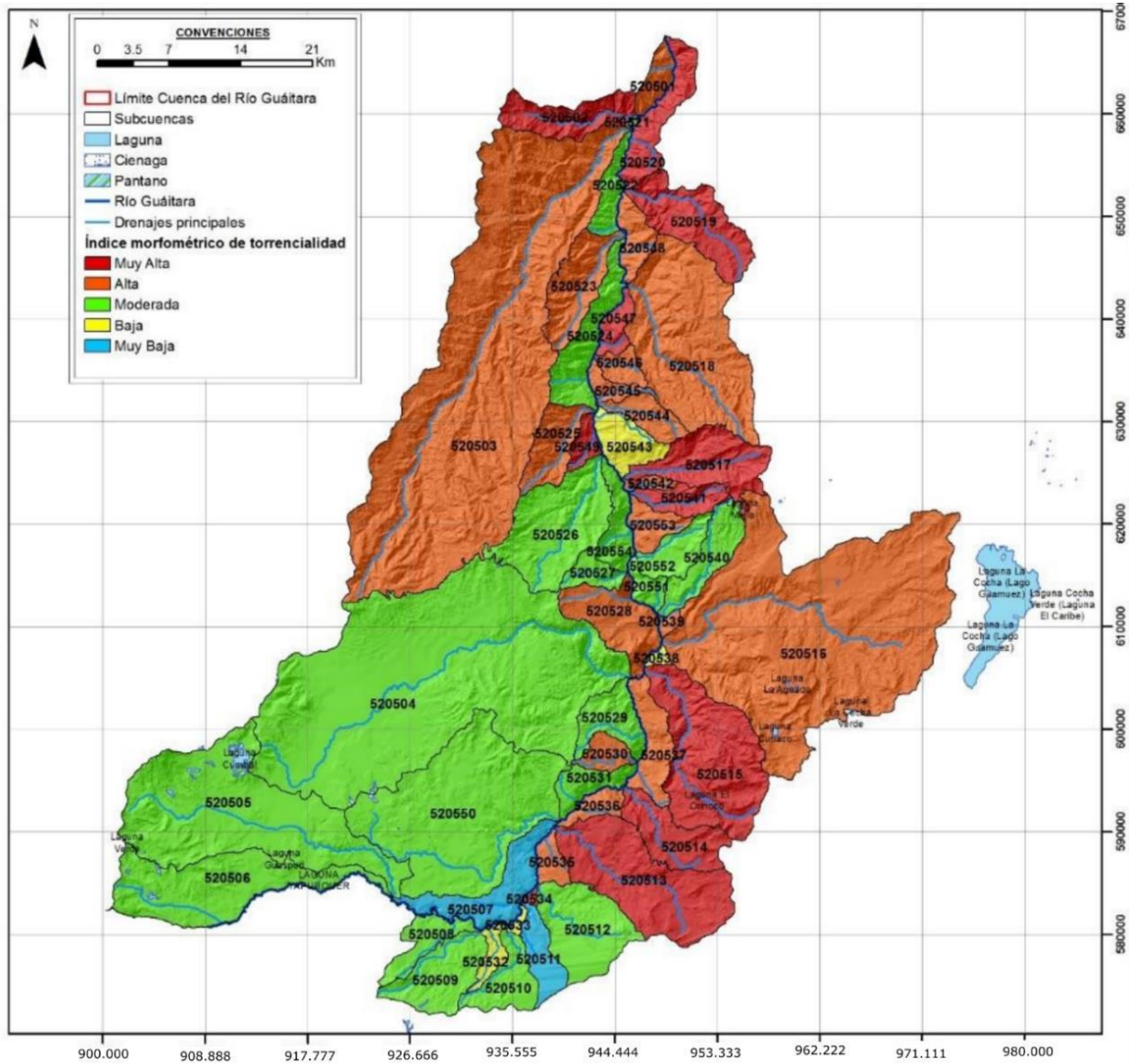


Figura 59 Clasificaciones obtenidas del índice morfométrico de torrencialidad para la cuenca del Río Guaitara

4.2.5 HIDROLOGÍA

4.2.5.1 Precipitaciones y caudales

En el proceso del conocimiento de las amenazas naturales, en particular para inundaciones, avenidas torrenciales y procesos de remoción en masa (deslizamientos, caída de rocas, reptaciones, etc.) el conocimiento de las precipitaciones es necesario e indispensable, dado que son el factor detonante con mayor frecuencia, existen otros factores detonantes como sismos o actividades antrópicas que son de menor frecuencia; en este sentido en el presente estudio abordamos las lluvias del área de influencia del cauce del

río Guátara, y asumimos el área de la cuenca tomando las descripciones y trabajos ya realizadas en el POMCA Guátara.

No obstante, por ser un inventario de deslizamientos que no pretende zonificar la amenaza, y se limita a la definición cualitativa de la susceptibilidad a la amenaza por deslizamientos, la descripción de las precipitaciones se hace de manera general y por tanto no se tiene en cuenta en los cálculos para determinar susceptibilidad a amenaza.

Por otra parte, también se retoma del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca, los análisis relacionados a caudales, dado que el presente estudio es sobre los procesos de remoción en masa sobre los márgenes del cauce del río Guátara, y las precipitaciones tienen una relación directa con los caudales producidos en el río.

4.2.5.2 Caracterización de la Precipitación

Según Chow, Maidment, & Mays, (1994) “La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca” y se mide en altura de precipitación por unidad de área correspondiente a la altura de agua que cubriría un suelo totalmente impermeable.

En el Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca, la caracterización de la precipitación la realizan a nivel regional para la cuenca del Río Guátara, teniendo en cuenta la información histórica a escala mensual de los registros de las 24 estaciones.

La Figura (60), indica la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis de la variable precipitación en la cuenca del Río Guátara. Es necesario aclarar que todas las estaciones son administradas por el IDEAM y las trabajaran a escala mensual para efectos del documento POMCA.

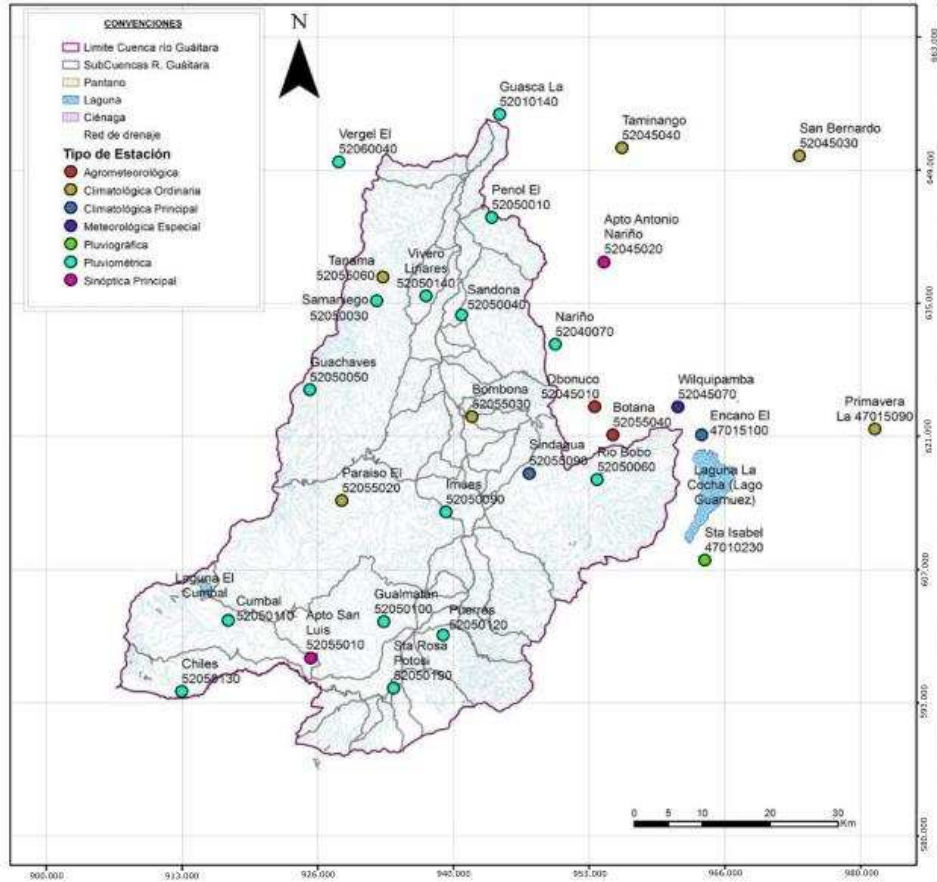


Figura 60 Localización estaciones meteorológicas. Fuente Consorcio POMCA, 2015.

4.2.5.3 Análisis Temporal de precipitación media

- Variación Intra-Anual

La Figura 61, muestra la variabilidad intra-anual de la precipitación (mm), en esta se marca una tendencia bimodal en las estaciones al interior de la cuenca con dos picos o épocas de alta precipitación, (aunque monomodal en las estaciones Sta Isabel, El Encano, y Wilqipamba que se localizan fuera de los límites de la cuenca en cercanías con la laguna de Cocha). En el trimestre de mayor precipitación conformado por los meses de marzo, abril y mayo se pueden alcanzar valores medios mensuales multianuales desde los 49 mm/mes hasta los 250 mm/mes en la zona, con un promedio mensual alrededor de los 128 mm/mes, el pico de precipitación es relativamente más bajo que el presentado en los meses de octubre, noviembre y diciembre donde la precipitación alcanza los 374 mm/mes, desde los 65 mm/mes con un promedio mensual multianual de 143 mm/mes que lo convierte en la temporada más lluviosa de la cuenca del Río Guaitara. Los meses de menor precipitación son de junio a septiembre, oscilan entre los 9.8 mm/mes en el mes de

agosto como el más seco, y los 118 mm/mes en septiembre, cuando esta próxima a empezar la temporada de lluvias, con un promedio de la temporada seca de 49 mm/mes. A continuación, se presentan la figura que representan la variabilidad mensual multianual de la red de monitoreo identificada.

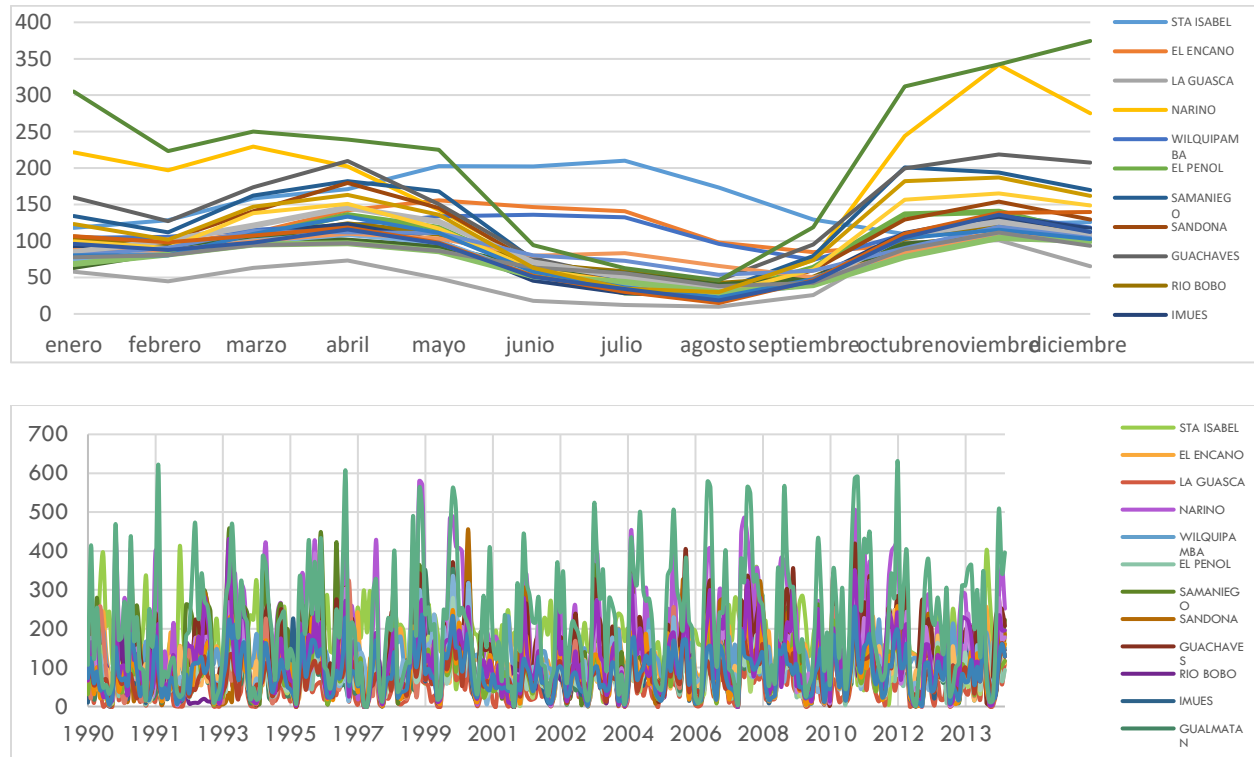


Figura 61 Precipitación media mensual (mm). Periodo 1990-2014. Fuente: Consorcio POMCA, 2015.

Conforme a las precipitaciones, la mayor parte los procesos de remoción en masa, tanto en la zona andina del Departamento de Nariño, como en la cuenca del río Guáitara, se presentan principalmente en los dos trimestres de mayores lluvias, y teniendo en cuenta los parámetros de filtración, retención y cobertura del suelo.

- Variación interanual

De acuerdo al POMCA, 2015, el análisis interanual de la precipitación en la cuenca del Río Guáitara se realiza teniendo en cuenta los fenómenos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), que “son impulsados por el desplazamiento de masas de agua cálidas o frías en el océano Pacífico ecuatorial y subtropical, entre las costas occidentales de Suramérica y el continente asiático.” (IDEAM, ENA Estudio del Agua, 2014). En la Figura 62, se describe el fenómeno.

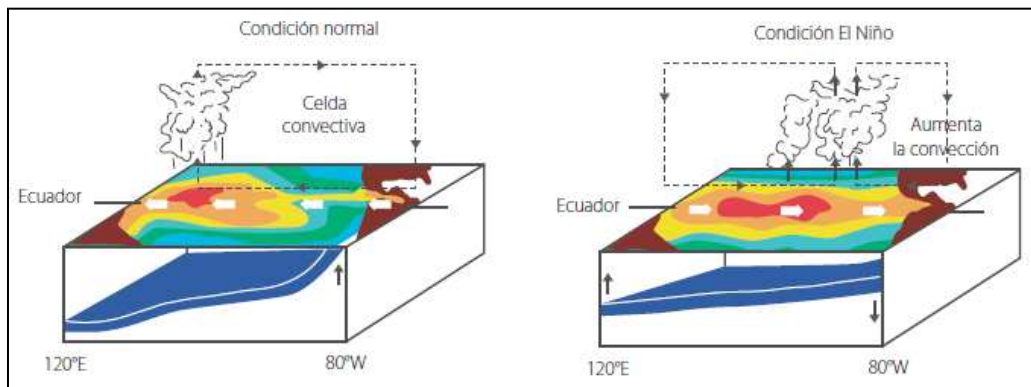


Figura 62 Océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad, en la región de desarrollo del ENSO.

Fuente: <http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/elnino.php>

En cuanto a la variación interanual se puede afirmar que la cuenca del Río Guátara se caracteriza por la presencia de años húmedos y secos.

Para identificar los años húmedos se llevó a cabo un procedimiento, observando el comportamiento de la serie y los índices de variabilidad climática y se determinó que los años 1996, 1999, 2000, 2008 Y 2011 tenían marcados los mayores excesos de precipitación, destacándose el año 1999, en el que se presentó el valor de mayor precipitación de 3465.6 mm/año en la estación El Vergel que presenta un promedio 2594.3 mm/año, y un promedio de las estaciones en el año 1739.5 mm/año; seguido del año 2011 como segundo año más húmedo de la serie con 1577.3 mm/año en promedio que se destacó a nivel nacional por ser un periodo fuerte de fenómeno de la Niña (Consortio POMCA, 2015).

4.2.5.4 Análisis de precipitaciones máximas en 24 horas.

De acuerdo al POMCA, a nivel mensual multianual, los registros no muestran tendencia marcada entre los periodos de alta o baja precipitación, lo que se muestra es aleatoriedad de las precipitaciones, de lo cual se determina que las precipitaciones máximas en 24 horas pueden presentar su máximo en cualquier mes del año, aun así si es posible decir que las precipitaciones máximas en 24 horas de la región, tienen una línea media que define los 50 mm, con un rango de variación promedio entre los 34 mm a 92 mm.

4.2.5.5 Análisis de frecuencias de precipitaciones máximas

El análisis de frecuencias es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de eventos pasados o futuros (Monsalve G., 1995), y se realiza para determinar las precipitaciones máximas de una estación a partir de los datos registrados, aplicando técnicas analíticas basadas en suposiciones de distribución probabilística a diferentes periodos de retorno. Debido a las

características de microclimas las estaciones pueden estar representadas por diferentes distribuciones, razón por la cual se aplican las descritas a continuación, para cada estación se selecciona el mejor ajuste de distribución utilizando la prueba de chi-cuadrado, obteniéndose así la representación de la precipitación máxima 24 horas para diferentes periodos de retorno de todas las estaciones pluviométricas.

4.2.5.6 Estimación de precipitación máxima para diferentes periodos de retorno (Tr)

La implementación de las metodologías ya descritas en las estaciones de monitoreo, por las que se calcularon las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno (Tr), se muestran en la siguiente Tabla 30.

Tabla 30 Precipitación máxima para diferentes Tr.

Estación/ Tr(Años)	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
Sta Isabel	52.0	76.1	94.4	105.6	113.8	120.3	125.8	141.8	165.2	228.3
El Encano	36.8	42.4	45.4	47.0	48.0	48.8	49.4	51.0	53.0	57.1
La Guasca	44.7	60.6	71.6	78.0	82.5	86.0	88.9	97.1	108.6	136.8
Narino	81.0	94.7	101.9	105.5	107.7	109.4	110.7	114.2	118.4	126.5
Wilquipamba	39.9	50.2	57.1	60.9	63.6	65.7	67.4	72.1	78.4	93.1
El Penol	52.6	71.4	83.9	90.9	95.8	99.6	102.7	111.3	122.8	149.6
Samaniego	59.6	77.4	89.3	95.9	100.6	104.2	107.1	115.2	126.2	151.6
Sandona	42.6	63.3	78.8	88.0	94.8	100.1	104.6	117.5	136.0	184.5
Guachaves	56.7	72.2	82.4	88.2	92.3	95.4	98.0	105.0	114.6	136.7
Rio Bobo	39.8	53.6	62.7	67.8	71.4	74.2	76.5	82.7	91.2	110.8
Imues	47.8	63.9	74.5	80.6	84.8	88.0	90.7	98.0	107.9	130.9
Gualmatan	39.2	56.5	72.4	83.3	91.9	99.1	105.3	124.8	156.7	264.4
Cumbal	38.6	49.1	57.1	61.9	65.4	68.2	70.5	77.3	87.2	113.8
Puerres	41.3	53.3	61.3	65.8	69.0	71.4	73.4	78.9	86.3	103.5
Chiles	41.4	55.3	66.1	72.8	77.7	81.6	84.9	94.6	109.0	148.9
Vivero Linares	53.3	72.9	92.5	106.5	117.9	127.5	136.0	163.3	210.0	382.7
Sta Rosa Potosi	43.8	55.4	61.5	64.6	66.5	68.0	69.1	72.0	75.6	82.3
Apto San Luis	35.4	43.5	48.8	51.9	54.0	55.6	56.9	60.6	65.6	77.2
El Paraiso	36.3	46.1	53.2	57.5	60.6	63.0	65.0	70.9	79.3	101.5
Bombona	43.0	50.4	54.6	56.8	58.3	59.4	60.3	62.6	65.6	72.1
Botana	35.3	40.7	42.7	43.5	44.0	44.3	44.5	45.0	45.5	46.1

Tanama	60.7	75.2	84.8	90.2	94.0	96.9	99.3	105.9	114.8	135.4
Sindagua	38.8	44.9	48.1	49.6	50.6	51.3	51.9	53.4	55.1	58.5
El Vergel	95.1	112.5	121.3	125.6	128.4	130.4	132.0	136.1	141.0	150.4

Fuente: Consorcio POMCA 2015

Estas estimaciones son importantes en la medida de lo explicado anteriormente, en el sentido que las precipitaciones son los detonantes más frecuentes de procesos de remoción en masa, como los deslizamientos.

4.2.5.7 Análisis Espacial

La realización del análisis espacial permite identificar y clasificar las zonas con similitudes en cuanto a condiciones pluviométricas. Para la realización de este análisis el Consorcio Pomca utilizó una distribución espacial de la precipitación media anual, para el periodo de estudio comprendido entre los años 1990-2014.

A nivel anual, describen rangos de valores de precipitación entre los 750 mm/año y los 2000 mm/año siendo mayores los valores en la zona sureste y noroeste de la cuenca hidrográfica en ordenación y las menores en el noreste en el punto de cierre de la cuenca en intersección con el Río Patía y centro. El valor medio anual corresponde a 1171.4 mm/año. Figura 63.

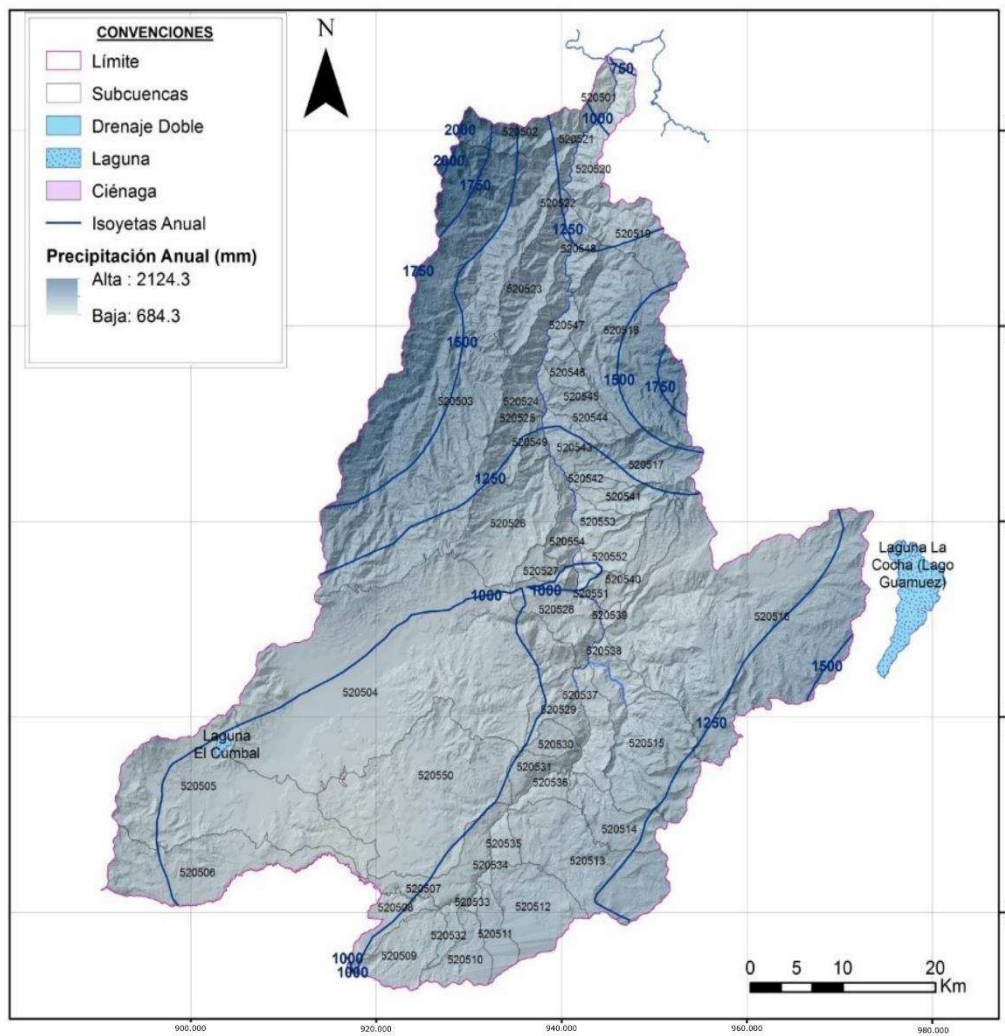


Figura 63 Precipitación media anual cuenca Río Guaitara. Fuente: Consorcio POMCA 2015

4.2.5.8 Balance Hídrico de Largo Plazo.

En este ítem el Consorcio Pomca evalúa el comportamiento de la cuenca hidrográfica, lo que permite evaluar, identificar y priorizar estrategias para el manejo del recurso hídrico, esto con el fin de preservarlo y fomentar la conservación de los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico, que dependen de la disponibilidad de agua.

El Balance Hídrico de Largo Plazo es un método para estimar de manera muy general la respuesta hidrológica (déficit o exceso de agua) en un área determinada (cuenca) a partir de los parámetros climatológicos y de estado del tiempo de una forma simplificada, realizando una limitación personal a escala anual a largo plazo, considerando que por tratarse de un tiempo amplio la variación en el

almacenamiento es prácticamente nula, por lo que no se considera el almacenamiento ni la infiltración, y de esta manera estimar el escurrimiento superficial teniendo en cuenta únicamente la entrada por precipitación y la evapotranspiración real como salida.

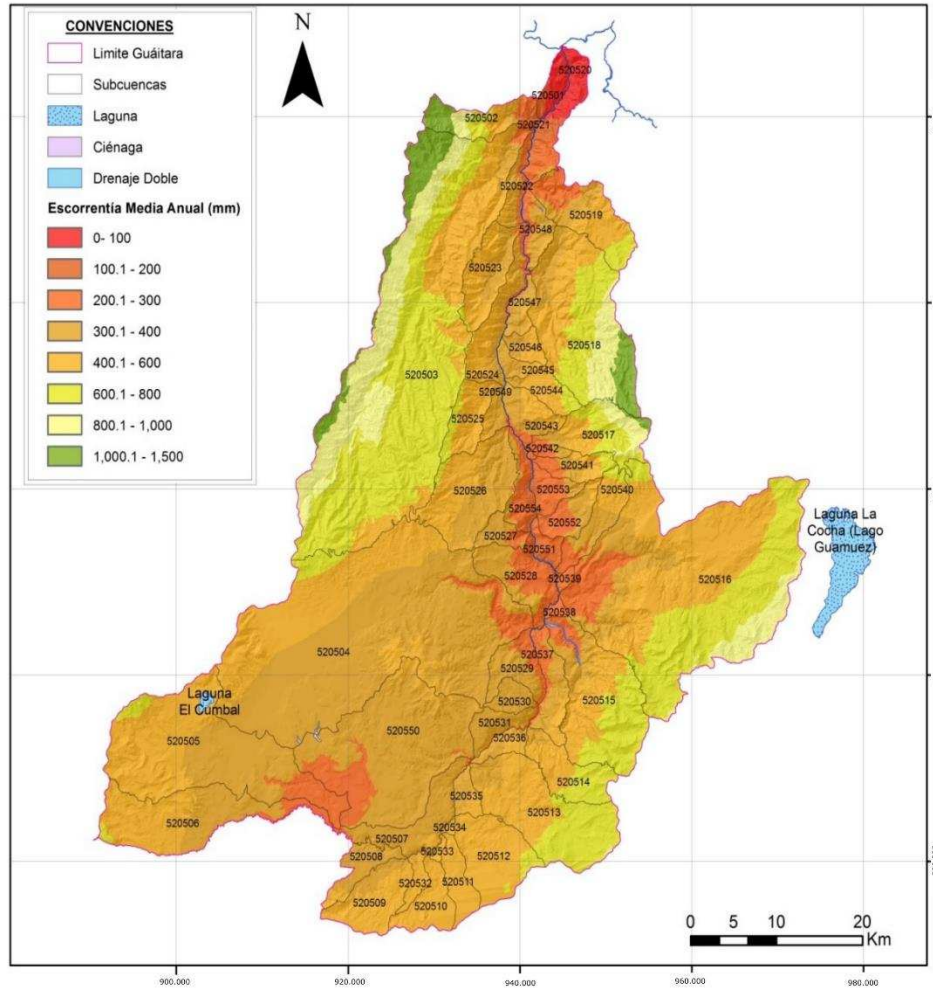


Figura 64 Balance hídrico de largo plazo cuenca del río Guátara. Fuente: Consorcio POMCA 2015

En términos generales en la figura 64, se observa que predomina una escorrentía media anual entre los 300 y 600 mm en la mayor parte de la cuenca, área donde se presenta la mayor densidad de deslizamientos, y la escorrentía es baja del orden de 0 a 100 mm al año en la parte Norte de la cuenca, en la confluencia con el río Patía, zona donde la cantidad de deslizamientos es menor.

4.2.5.9 Caracterización de caudales del área de drenaje.

En este ítem de acuerdo al Pomca Guátara se representan las condiciones espaciales y temporales del flujo de agua en el área de estudio, se realiza la representación intranual e interanual de los caudales estimados.

De manera preliminar con base a los catálogos disponibles del IDEAM, identifican y preselecciona un total de 8 estaciones hidrométricas que se encuentran dentro de la cuenca del Río Guátara. En la Figura 65, se muestran los cauces principales de la cuenca y la ubicación geográfica de las estaciones hidrométricas preseleccionadas, las cuales caracterizan el régimen hidrológico en sus áreas de drenaje.

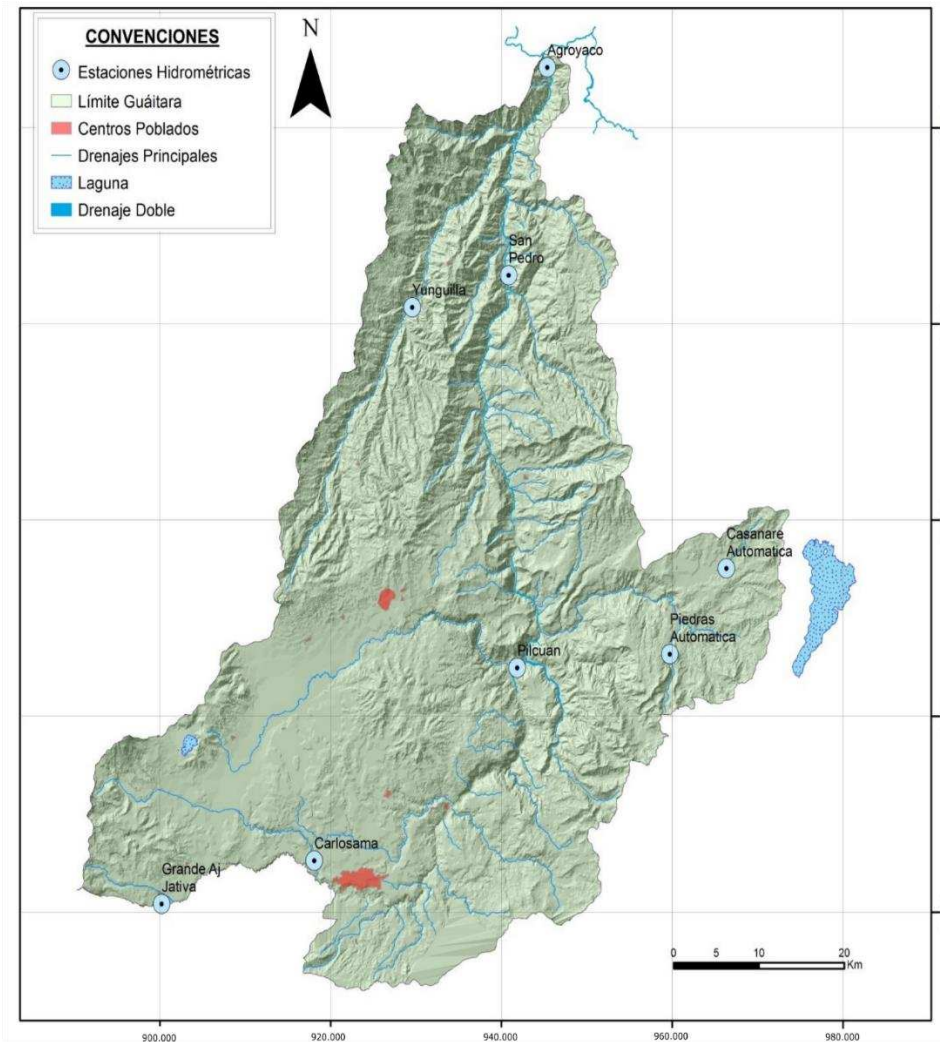


Figura 65 Localización de estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA

4.2.5.10 Análisis temporal de estaciones hidrométricas.

Para la caracterización de la información hidrométrica emplean los datos de caudales medios, máximos y mínimos mensuales de las estaciones aferentes a la cuenca y que cumplen con la continuidad de datos requeridos para el análisis, correspondiente a Carlosama, Pilcuan, San Pedro y Yunguilla tomando como referencia el periodo 1990-2014.

- Variación Intranual.

De acuerdo a las siguientes cuatro Figuras (66, 67, 68, 69), los caudales observados en las estaciones aferentes a la cuenca del Río Guátara presentan un régimen bimodal, caracterizado por dos periodos de altos caudales, el de mayor aforo entre los meses de abril a mayo y el segundo entre noviembre y diciembre, los caudales más bajos se presentan en los meses de agosto a octubre y de enero a febrero; los flujos de altos volúmenes responden a la llegada de la precipitación a la cuenca y coincide con los periodos identificados previamente en la sección de caracterización de precipitaciones donde el primer trimestre de alta precipitación se presenta entre marzo a mayo y con mayor intensidad de octubre a diciembre, y los flujos de bajos caudales responden a la reducción de la precipitación que se registra de junio a septiembre y enero a febrero siendo estos periodos donde el caudal base es el flujo presente.

Los caudales presentan una relación directa con la precipitación, el régimen define proporcionalidad en los periodos altos y bajos, con la característica de que las magnitudes difieren entre sí, por la relación continua entre la escorrentía superficial y la dinámica de los acuíferos.

Se presta atención en que los picos de los caudales suelen tener un retraso en tiempo con respecto a las precipitaciones, esto se debe a las características de las subcuencas relacionadas con los tipos de suelos y coberturas que permiten menor o mayor infiltración y retención de la humedad, también otros parámetros que inciden en la concentración de los caudales es las formas de las subcuencas.

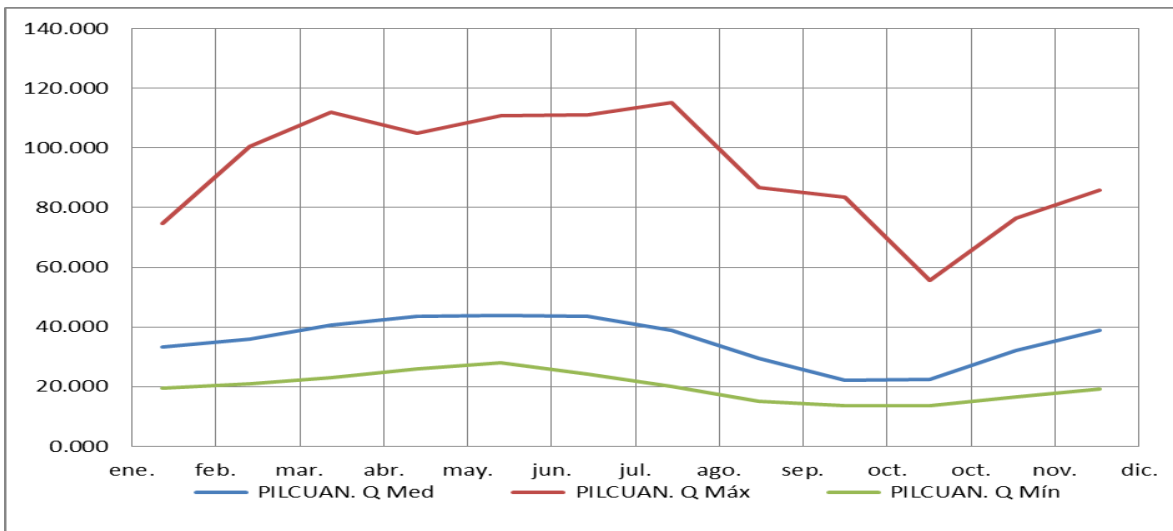


Figura 66 Caudales medios, máximos y mínimos (m³/s) en la estación Pilcuan. Fuente: Equipo técnico POMCA

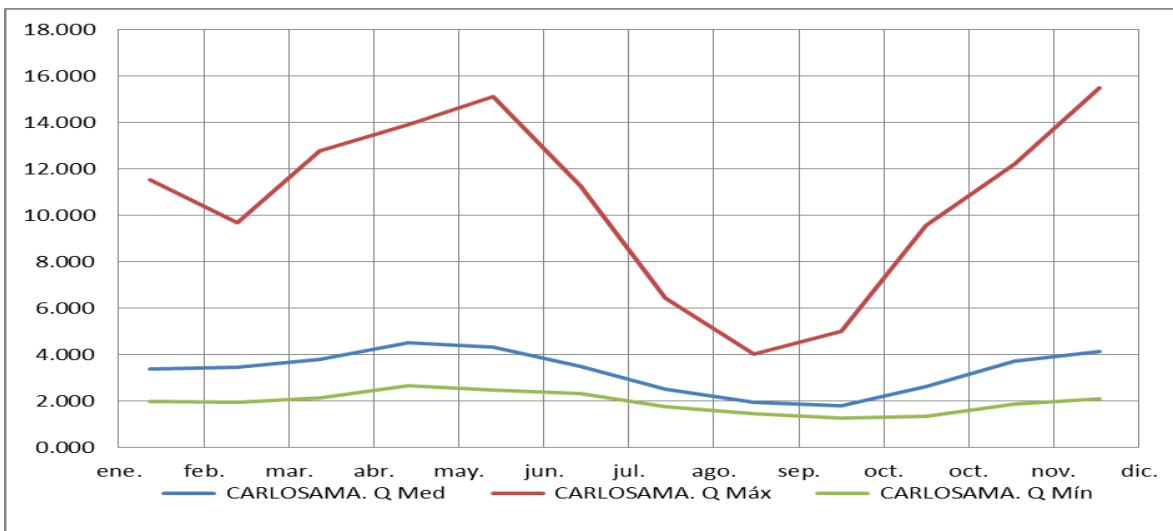


Figura 67 Caudales medios, máximos y mínimos (m³/s) en la estación Carlosama. Fuente: Equipo técnico POMCA

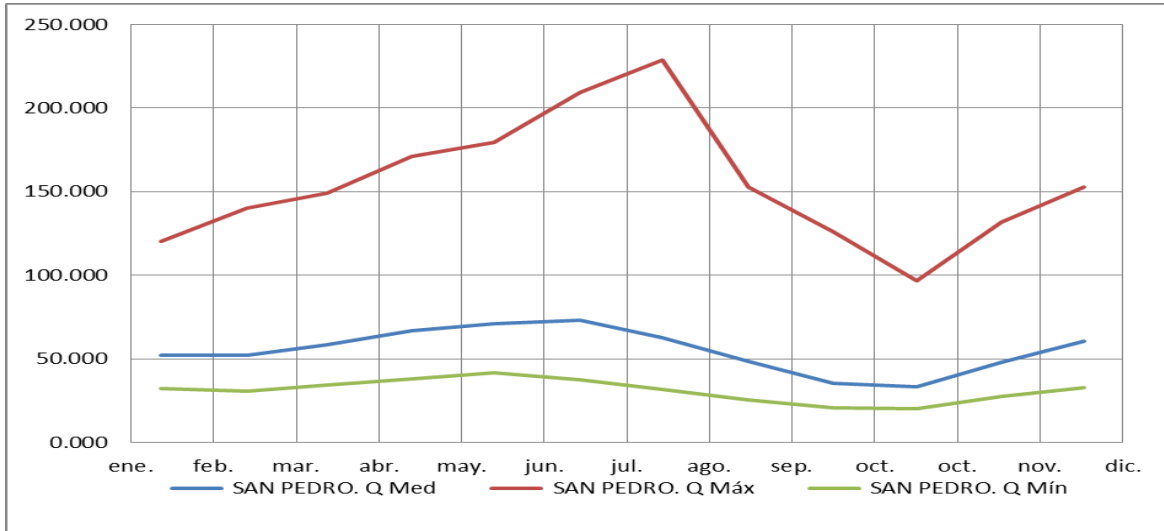


Figura 68 Caudales medios, máximos y mínimos (m³/s) en la estación San Pedro. Fuente: Equipo técnico POMCA

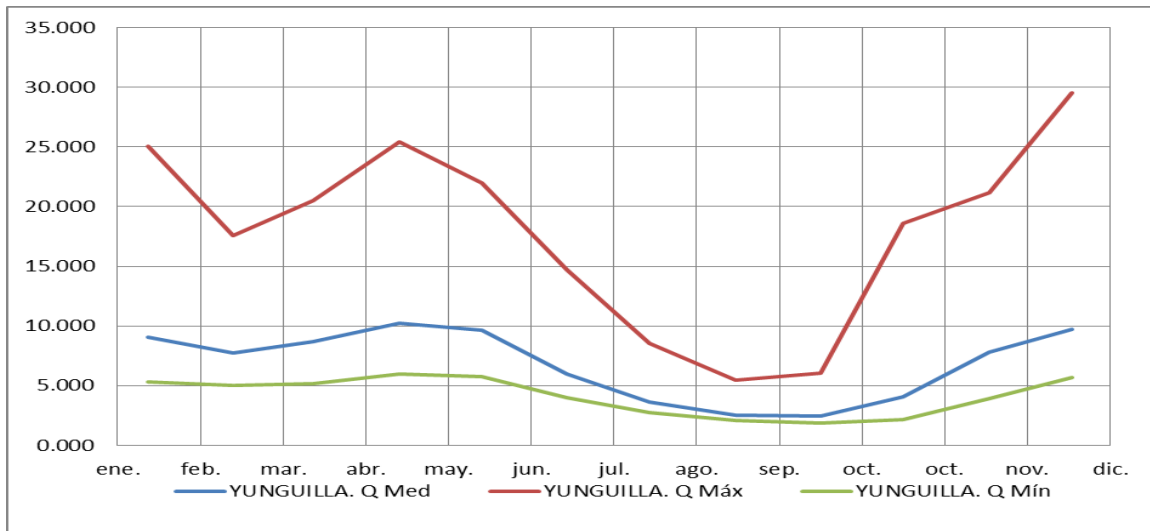


Figura 69 Caudales medios, máximos y mínimos (m³/s) en la estación San Pedro. Fuente: Equipo técnico POMCA

A nivel de caudales medios (Ver Figura 70), se percibe en diferentes el régimen bimodal, donde se identifica a Pilcuán con similar tendencia y valor medio cercano a los 35.4 m³/s, sus picos máximos se presentan en los meses de abril a junio y con menor intensidad de noviembre a diciembre cuyo valor máximo corresponde a 43.76 m³/s en mayo, los meses de bajos caudales se registran entre septiembre a octubre y enero a febrero, presentándose el valor más bajo en el mes de septiembre con 22.17 m³/s. Carlosama persiste en el régimen bimodal, cuyo pico máximo se focaliza en el mes de abril con 4.5 m³/s y el valor mínimo en septiembre con 1.8 m³/s, su promedio se centraliza en los 3.3 m³/s. La estación San Pedro también comprende el

régimen caracterizado, con valores medios de 55.1 m³/s y extremos máximos en junio con 73.2 m³/s y el mínimo en el mes de octubre con 33.2 m³/s. La estación Yunguilla referencia promedios cercanos a los 6.8 m³/s, picos máximos en abril con 10.3 m³/s, y valores mínimos en septiembre con 2.5 m³/s.

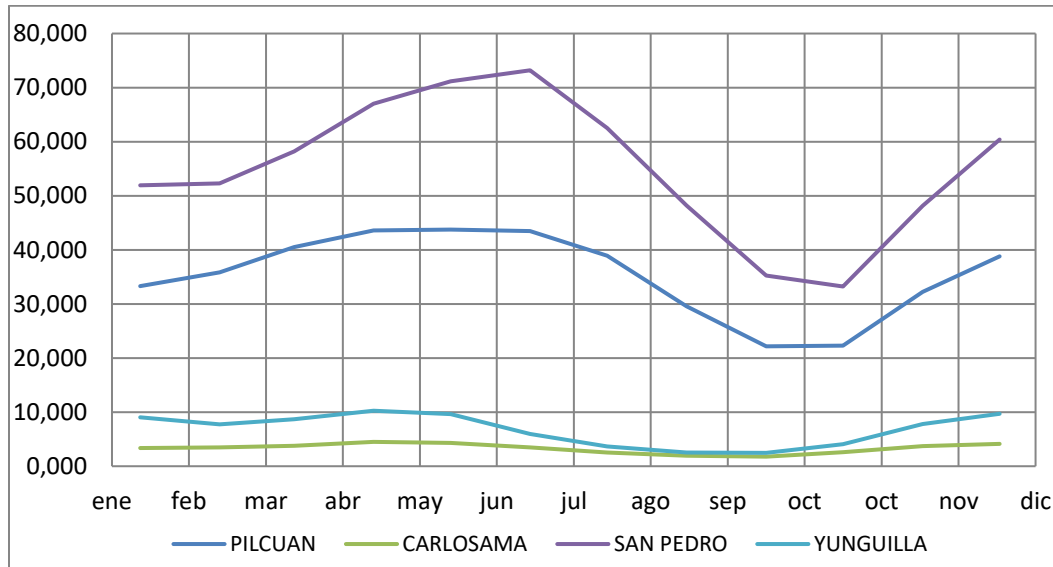


Figura 70 Caudales medios (m³/s) en las estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA

- Variación Interanual.

En la Figura 71 podemos observar la variación interanual de los caudales medios para el periodo 1990-2014, se identifican años de caudales bajos (épocas de estiaje) y volúmenes altos, correspondientes a los reseñados anteriormente en la variable de precipitación dada la relación directa entre ambos, estableciéndose así años húmedos (de alta precipitación catalogados como Niña) en 1993, 1994, 1996, 1999, 2000, 2008 y 2011 donde se destacan los picos presentados en 1999, 2000 y 2011 con incrementos que fluctúan desde los 8% hasta 88% respecto a la media; por otra parte también se distinguen los años secos (baja precipitación catalogados como Niño), relacionados a 1992, 1995, 1998, 2001 y 2002 destacándose 1992 y 1995, por presentar los caudales más bajos registrados con reducciones hasta del 60% respecto al caudal medio, una vez estos periodos coinciden con el fenómeno El Niño de mayor intensidad en la cuenca durante la ventana de tiempo analizada.

4.2.5.11 Análisis espacial de la red hidrométrica.

En la Figura 72 se observa el comportamiento a escala mensual de las diferentes estaciones de la cuenca (régimen bimodal), presentándose los mayores caudales en la zona norte (parte baja) sobre la corriente principal del Río Guátara en la estación San Pedro con caudal medio de 55.14 m³/s; aguas arriba en la

zona media, se definen caudales medios sobre la corriente principal de 35.37 m³/s registrados por la estación Pilcuán; la estación Carlosama ubicada sobre el río Blanco en inmediaciones de su punto de entrega al Río Guátara registra 3.31 m³/s y la estación Yunguilla sobre el río Pacual en la zona nororiental de la cuenca registra en promedio 6.8 m³/s.

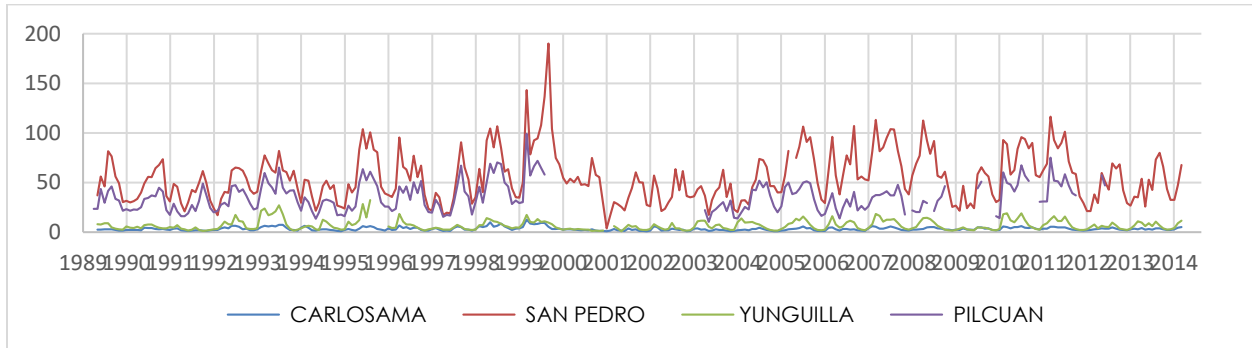


Figura 71 Variabilidad interanual de caudales medios (m³/s) en las estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA

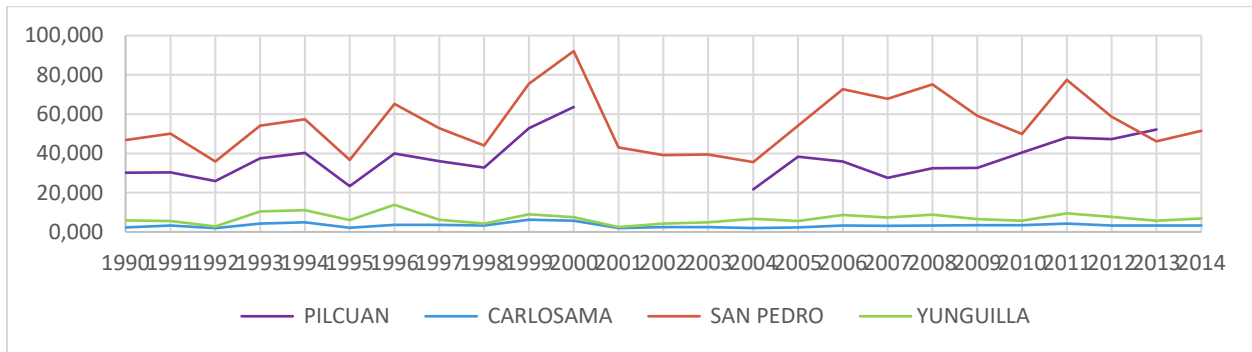


Figura 72 Caudal medio anual (m³/s) en las estaciones hidrométricas. Fuente: Equipo técnico POMCA

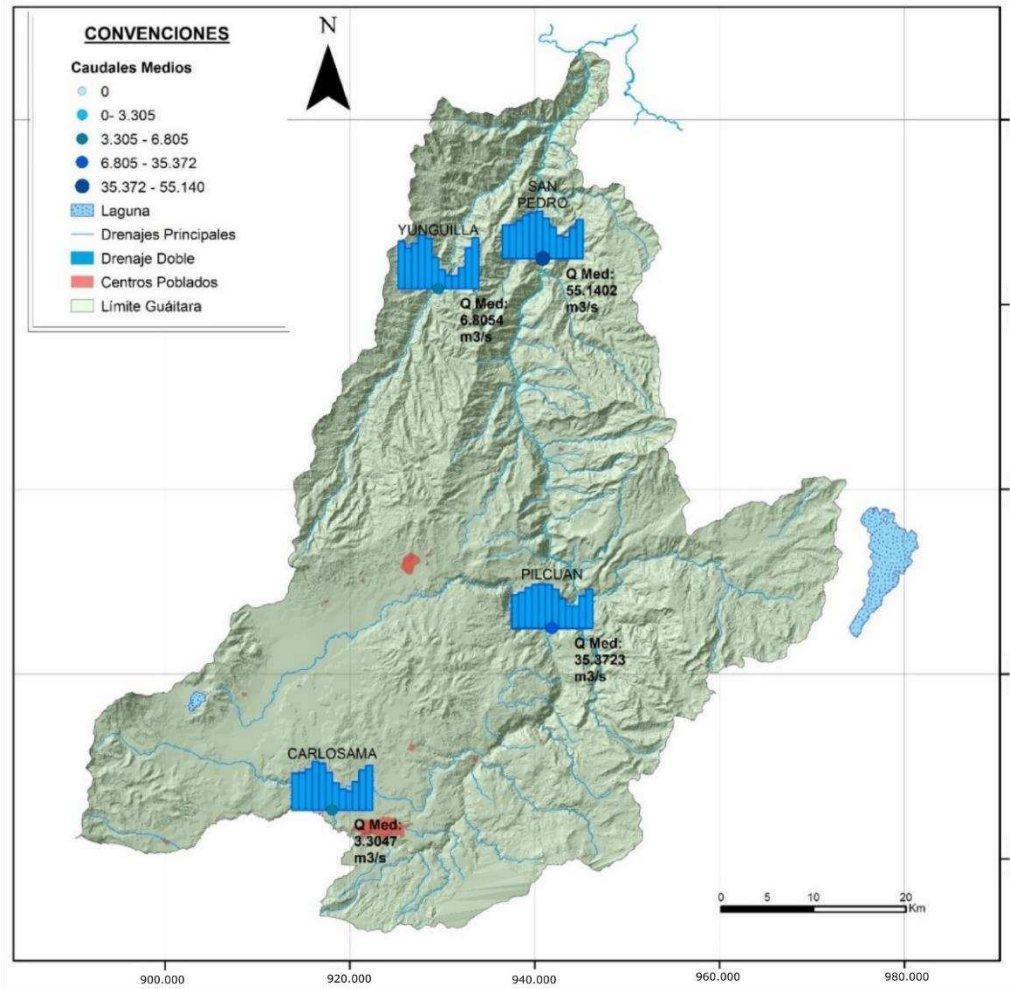


Figura 73 Variabilidad espacial caudales medios, cuenca del Río Guaitara. Fuente: Equipo técnico POMCA

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Superposición ponderada en análisis de evaluación multicriterio

Con base en los resultados obtenidos de cada sector evaluado en la cuenca del río Guaitara, se toman como factores más relevantes para realizar el análisis de evaluación multicriterio a las Unidades Geológicas Superficiales, el Uso y Cobertura del suelo y Pendientes.

Teniendo en cuenta lo anterior y siguiendo lo establecido en la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa a Escala 1:25.000 del Servicio Geológico Colombiano (2017); a cada unidad geológica, cobertura del suelo y pendiente se le asigna un valor

de 1 a 3 de acuerdo a la susceptibilidad que presente ante la ocurrencia de movimientos en masa, siendo 1 susceptibilidad baja, 2 susceptibilidad media y 3 susceptibilidad alta.

De igual manera, a cada factor se le asigna un peso en porcentaje total que le dará un valor mayor o menor dentro del análisis de evaluación multicriterio, teniendo en cuenta su relevancia ante la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en el área objeto de estudio (tabla 31).

Tabla 31 Porcentaje Análisis de Evaluación Multicriterio

PORCENTAJE TOTAL DENTRO DEL ANÁLISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO	
FACTOR	PORCENTAJE
Unidades Geológicas Superficiales	40%
Cobertura y Uso del Suelo	40%
Pendientes	20%
Total	100%

5.1.1 Análisis de evaluación multicriterio área de influencia río Guátara por sectores

- SECTOR 1

En el SECTOR 1 las variables más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa para cada factor son: En Unidad Geológica Superficial la Roca diaclasada volcánica andesitas del Guátara (Rbvag); para Cobertura del suelo se tiene Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, y en cuanto a Pendientes corresponde a Inclinado a fuertemente inclinado (15-30°).

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio en el SECTOR 1, para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa se pudo determinar que, predomina la susceptibilidad media, que abarca un área de 1269,15 has, equivalent0e al 77,6% del área total para este sector.

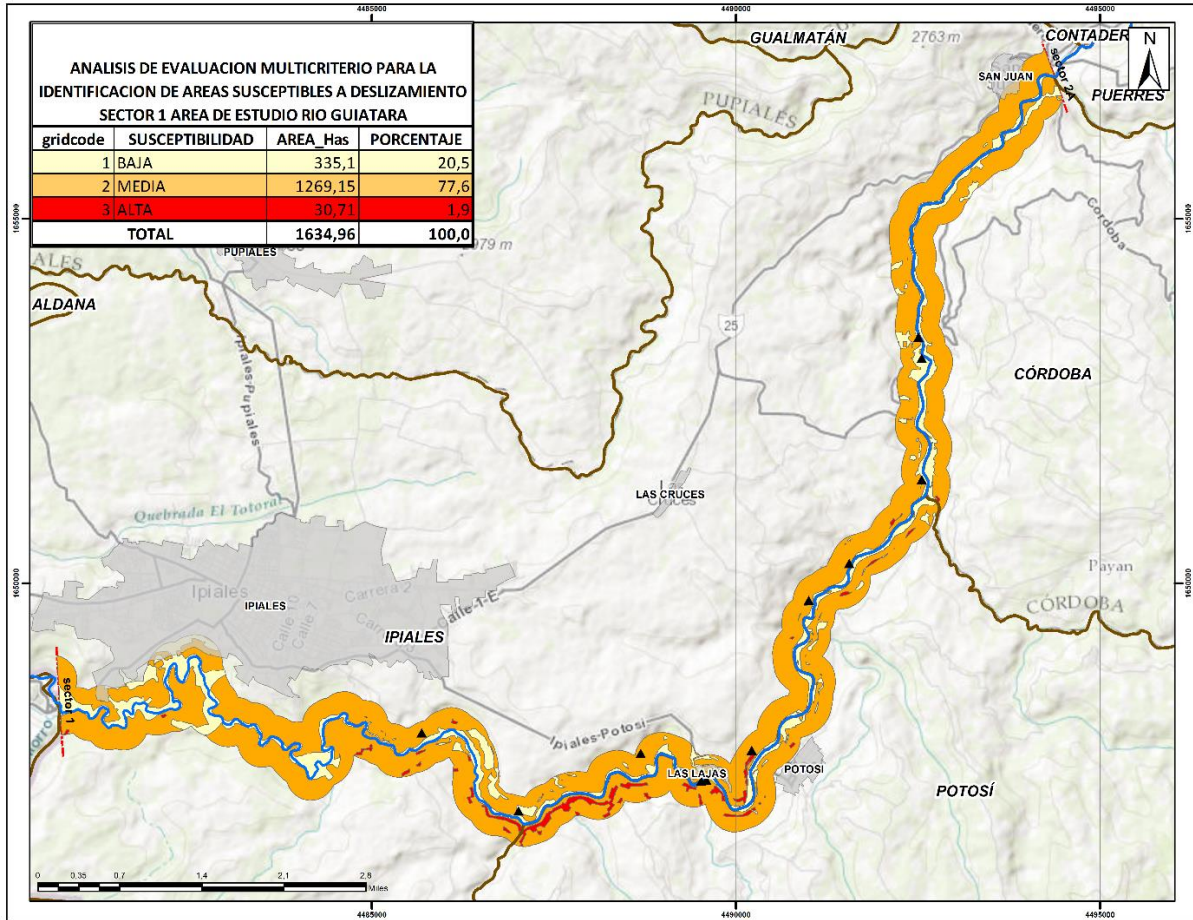


Figura 74 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 1

- SECTOR 2

En el SECTOR 2 las variables más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa para cada factor son: En Unidad Geológica Superficial es la Roca intermedia volcánica lavas y cenizas (Rivlc); para Cobertura del suelo se tiene Mosaico de pastos con espacios naturales, y en cuanto a Pendientes corresponde a Escarpado (30°-45°).

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio en el SECTOR 2, para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa se pudo determinar que, prevalece la susceptibilidad baja, que comprende un área de 1394 has, equivalente al 66,9% del área total para este sector.

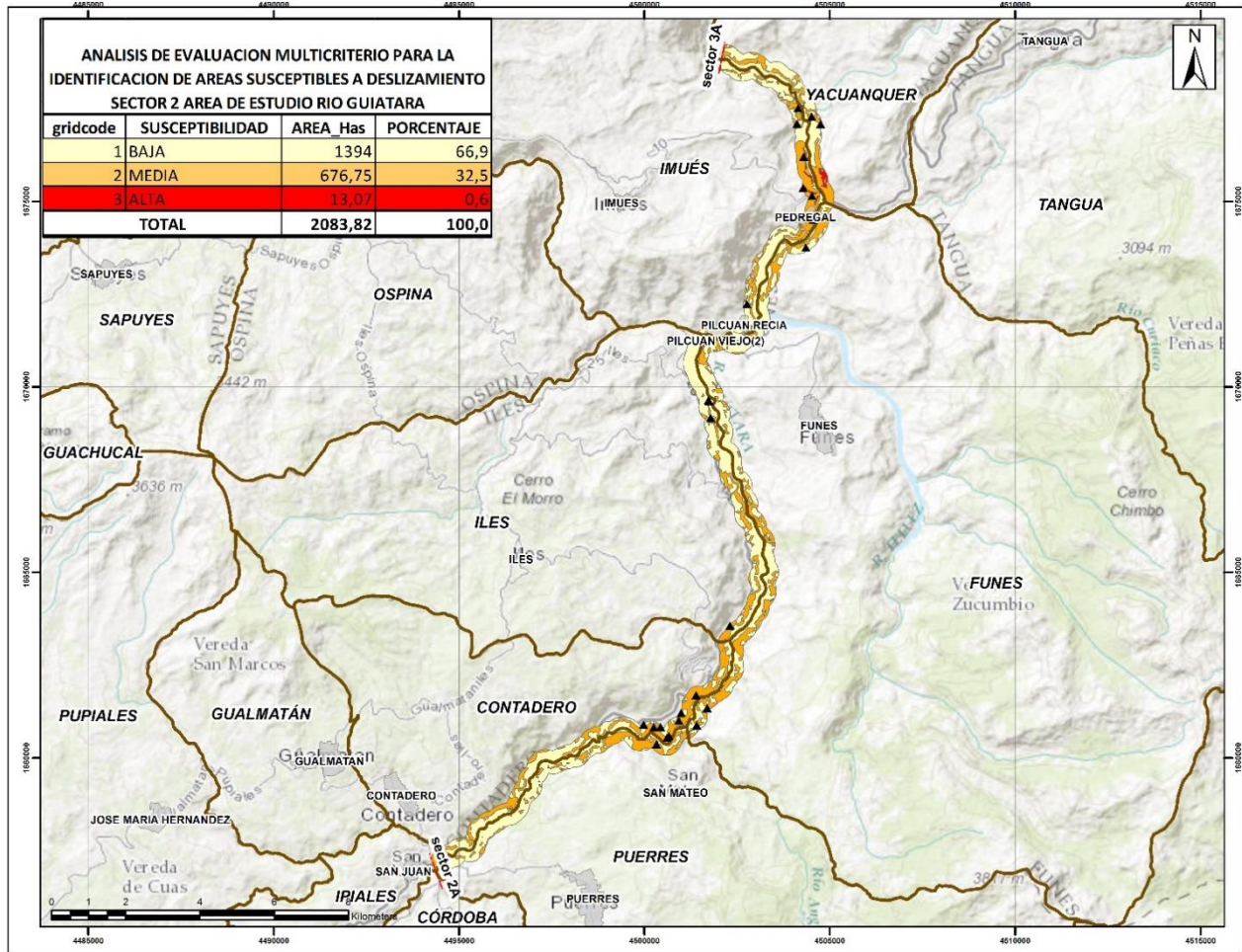


Figura 75 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 2

- SECTOR 3A

En el SECTOR 3A las variables más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa para cada factor son: En Unidad Geológica Superficial es la Roca blanda volcano sedimentarias de tobas y cenizas de avalanchas ardientes (Rbvstca); para Cobertura del suelo se tiene Mosaico de pastos y cultivos, y en cuanto a Pendientes corresponde a Escarpado (30°-45°).

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio en el sector 3A, para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa se pudo determinar que, sobresale la susceptibilidad media que comprende un área de 712,04 has, equivalente al 52% del área total para este sector.

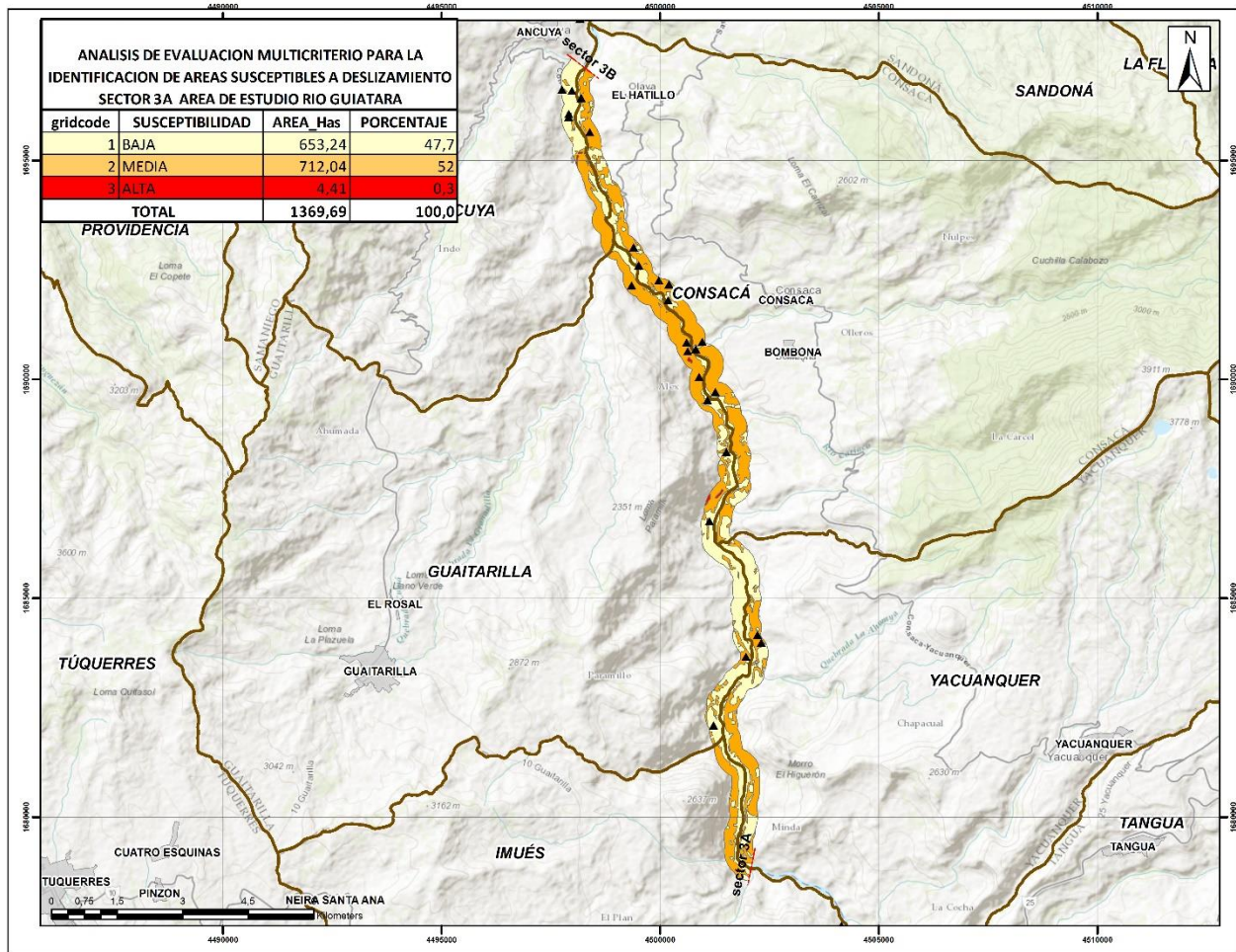


Figura 76 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 3A

- SECTOR 3B

En el SECTOR 3B las variables más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa para cada factor son: En Unidad Geológica Superficial es la Roca blanda sedimentaria areniscas y limolitas de la Formación Esmita (Rbsale); para Cobertura del suelo se tiene Pastos arbolados y Herbazal denso de tierra firme, y en cuanto a Pendientes corresponde inclinada a fuertemente inclinada (15°-30°).

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio en el SECTOR 3B, para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa se pudo determinar que, resalta la susceptibilidad media que contiene un área de 152,09 has, equivalente al 65,8% del área total para este sector.

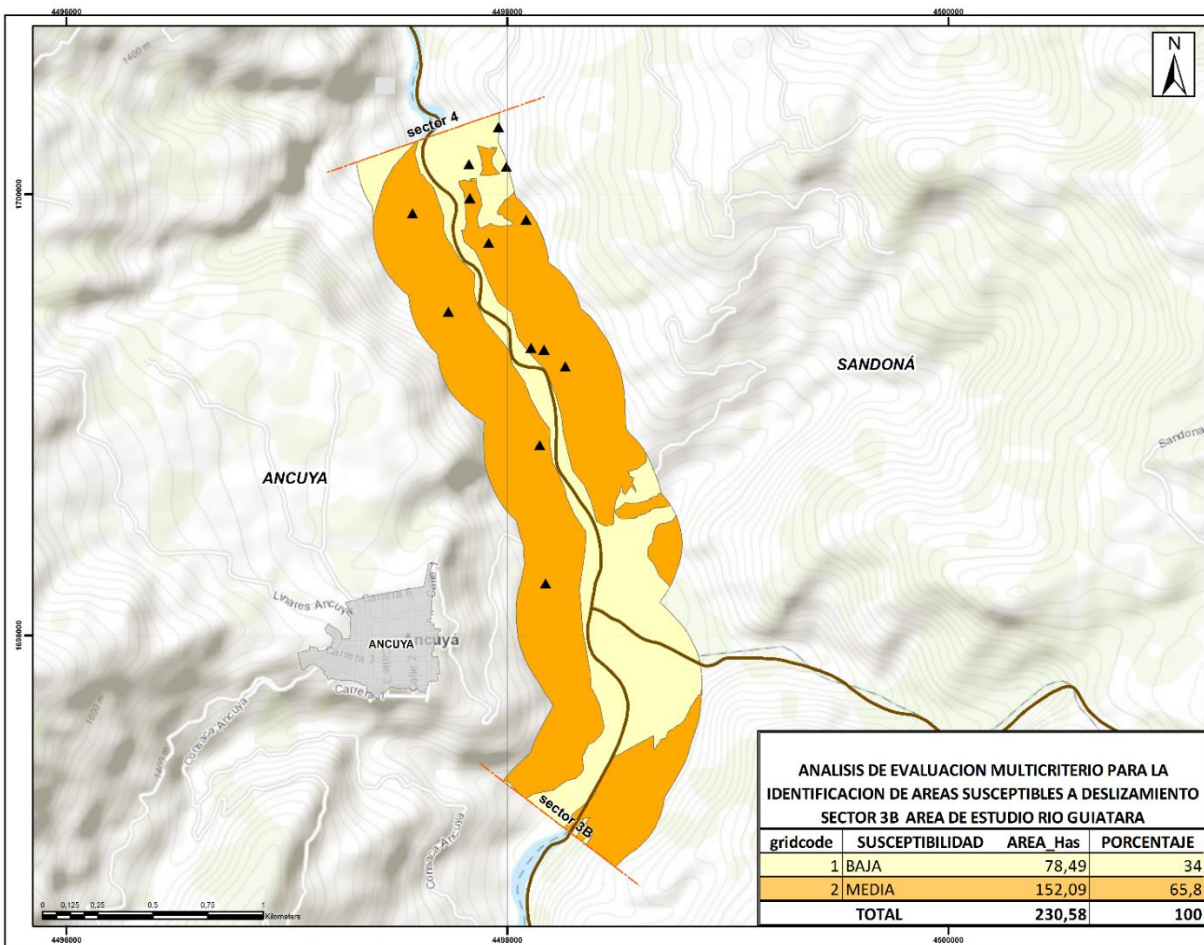


Figura 77 Mapa Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 3B.

- SECTOR 4

En el SECTOR 4 las variables más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa para cada factor son: En Unidad Geológica Superficial es la Roca intermedia volcánica Grupo Diabásico Kvd (Rivgdd); para el caso de Cobertura del suelo se tiene el Herbazal denso de tierra firme y en cuanto a pendientes predomina de escarpado a muy escarpado ($30 > 45^\circ$).

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio en el SECTOR 4, para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa se pudo determinar que, tiene mayor influencia la susceptibilidad baja que abarca un área de 1629,41 has, equivalente al 58,7% del área total para este sector.

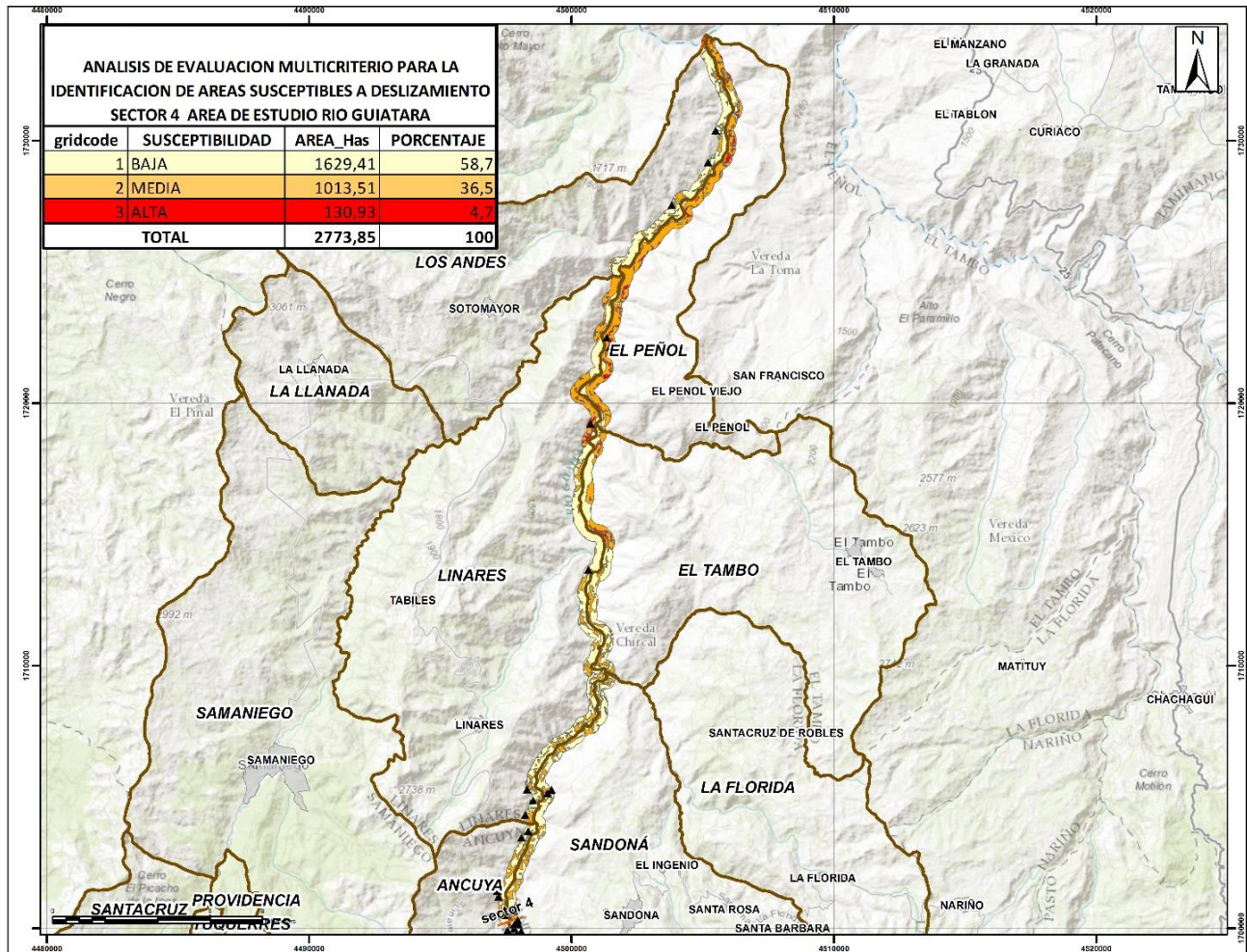


Figura 78 Mapa de Análisis de Evaluación Multicriterio SECTOR 4

5.1.2 Análisis de evaluación multicriterio área total de influencia río Guaitara

De acuerdo al análisis de evaluación multicriterio para la identificación de áreas susceptibles a movimientos en masa que se realizó para cada sector evaluado en la cuenca del río Guaitara, se obtiene como resultado final que prevalece la susceptibilidad baja, con un área 4088,7 has equivalente a un porcentaje del 50,5% en el área total de estudio; sin embargo, la susceptibilidad media ocupa un área de 3820,77 has equivalente a un porcentaje del 47,2% en el área total del estudio, muy cercano a la susceptibilidad baja.

ANÁLISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTO			
ÁREA TOTAL DE ESTUDIO (300 mts) RÍO GUIATARA			
gridcode	SUSCEPTIBILIDAD	AREA_Has	PORCENTAJE
1	BAJA	4088,07	50,5
2	MEDIA	3820,77	47,2
3	ALTA	178,92	2,2
TOTAL		8087,76	100

Figura 79 Análisis de Evaluación Multicriterio Área Total De Estudio.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El mayor número de movimientos en masa identificados en los márgenes del río Guáitara, se encuentran en el SECTOR 2, que inicia al sur en las coordenadas geográficas de referencia: $77^{\circ}32'31,260''W$, $0^{\circ}53'37,110''N$ con un total de 26 deslizamientos que afloran principalmente en la Unidad Geológica Superficial Rocas intermedias de origen ígneo volcánico de lavas y cenizas (Rivlc), las pendientes oscilan entre los 30° y mayores a 45° , y en coberturas de Mosaico de pastos con espacios naturales.

De igual manera, el segundo sector con más deslizamientos identificados en campo corresponde al SECTOR 3A, que inicia al sur en las coordenadas $77^{\circ} 28' 22,000'' W$, $1^{\circ} 5' 23,140'' N$, con un total de 25 deslizamientos que se ubican en la unidad geológica superficial Roca blanda volcano sedimentarias de tobas y cenizas de avalanchas ardientes (Rbvstca), en una Cobertura del suelo de Mosaico de pastos y cultivos, y en cuanto a Pendientes corresponde a Escarpado (30° - 45°).

Se puede concluir con base en el análisis de la curva hipsométrica y la relación hipsométrica obtenida, que la cuenca del Río Guáitara tiene características de una cuenca de montaña altamente erosiva, geológicamente joven y en etapa de desequilibrio, lo cual se evidencia en la cantidad de procesos de remoción en masa que se presentan a lo largo del cauce del río y de su área de influencia.

Con respecto a las precipitaciones, que son el factor detonador más frecuente de los deslizamientos en el área de estudio, es necesario resaltar que la variación intranual media mensual muestra que la cuenca del río Guáitara, tiene principalmente un régimen bimodal y las mayores lluvias se presentan de abril a mayo y de octubre a noviembre, de igual manera los caudales del río responden a este régimen bimodal, en algunas ocasiones desplazándose en el tiempo con respecto a las precipitaciones dadas las diferentes características específicas de las subcuencas como pendientes, forma e infiltración transmitida por el suelo y la cobertura.

A nivel espacial, se describen rangos de valores de precipitación entre los 750 mm/año y los 2000 mm/año siendo mayores los valores en la zona sureste y noroeste de la cuenca hidrográfica y las menores en el noreste en el punto de cierre de la cuenca en intersección con el Río Patía. El valor medio anual corresponde a 1171.4 mm/año.

6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda a los municipios que están en el área de influencia de la cuenca del río Guátara tener en cuenta lo dispuesto en el Decreto 1077 de 2015, Título 2, Sección 3: “*Incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los planes de ordenamiento territorial*”; por lo anterior, resulta necesario realizar los estudios básicos y detallados de gestión del riesgo, dado que, son insumos importantes que permitirán orientar de forma correcta la propuesta del modelo de ocupación del territorio, y aportan en el proceso de revisión y ajuste de los instrumentos de planificación territorial.

De igual manera, se recomienda tener en cuenta el Decreto 1076 del 2015 Artículo 2.2.1.1.18.2. “*Protección y conservación de los bosques*”; lo anterior, debido a la necesidad de proteger y conservar las áreas forestales en los márgenes del río Guátara por parte de los municipios que se encuentran dentro del área de influencia del mismo.

Así mismo, se recomienda tener en cuenta las soluciones basadas en la naturaleza con enfoques que permitan utilizar principios y procesos naturales para abordar los desafíos ambientales y sociales; medidas como la conservación y restauración de ecosistemas ribereños que ayudan a estabilizar el suelo, reducir la erosión, estas soluciones no solo ayudan a resolver problemas específicos, sino que también pueden mejorar la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades humanas al trabajar en armonía con la naturaleza.

7 BIBLIOGRAFÍA

Carvajal, J. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*.

Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.

CORPONARIÑO (2015). *Elaboración del Plan de ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Guátara*. Pasto, Nariño. Corporación Autónoma Regional de Nariño.

IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Retrieved from

http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1ea561fc16b8037522&groupId=762

MADS. (2012). *Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*.

Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



SGC. (2015a). *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.* (p. 41). p. 41. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.

SGC. (2017). *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25000* (p. 218). p. 218. <https://doi.org/10.1002/chem.201301917>

SGC. (2021). *Guía Metodológica para Zonificación de Amenaza por Avenidas Torrenciales.* Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano