

# POMCA

## RÍO MOCOA

Plan de Ordenación y Manejo  
de la Cuenca Hidrográfica



## FASE DE DIAGNOSTICO





## FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MOCO

### FASE DE DIAGNOSTICO

# CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOMORFOLÓGICA POMCA DEL RÍO MOCO

**CONTRATO DE CONSULTORÍA 343 DE 2020**

**INPRO SAS**

**MOCO, 2021**

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*

*Contrato 343 de 2020*

2



### A. Información del Documento.

Nombre del documento:	Plan operativo Detallado		
Código de documento:	P6- POD-POMCAMOCCA		
Preparado por:	EUGENIA VILLEGAS BOTERO	Cargo:	Directora
Fecha:	25/03/2021		

### B. Registro de revisión.

Fecha de entrega:	DD/MM/AAAA		
Versión de revisión			
Revisado Por:		Fecha de revisión:	DD/MM/AAAA
Cargo:			

### C. Registro de versiones (Control de Cambios)

Ver. No.	Fecha Ver.	Descripción/ Motivo del ajuste	Actualizado Por	Nombre Archivo

### D. Control de Distribución. (Aplica para cada documento – No se reportan antecedentes).

De:	Fecha	Teléfono/Email
	DD/MM/AAAA	

### E. Aprobación de cambios

Versión	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha
1	Geólogo Guillermo Vargas	Ingeniero Flavio Soler		13-12-2021
2	Geólogo Guillermo Vargas	Ingeniero Flavio Soler		08-04-2022



## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	23
2	OBJETIVOS .....	24
2.1	Objetivo General.....	24
2.2	Objetivos Específicos.....	24
3	METODOLOGÍA .....	25
3.1	Fase Pre-campo.....	25
3.1.1	Revisión de información secundaria .....	25
3.1.2	Procesamiento de planchas 1:100.000 .....	26
3.1.3	Fotointerpretación .....	29
3.2	Fase Campo .....	40
3.3	Fase Post-campo .....	47
4	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL .....	52
5	EVOLUCIÓN GEOLÓGICA – GEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA .....	54
6	UNIDADES LITOESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MOCOA .....	58
6.1	Precámbrico (Pε).....	58
6.1.1	Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez (PRmgct) .....	58
6.2	Triásico (T).....	60
6.2.1	Formación Saldaña (TJsal) .....	60
6.3	Jurásico (J) .....	62
6.3.1	Cuarzomonzodiorita Sombrerillos (Jcmdsom) .....	62
6.3.2	Monzogranito Mocoa (Jmgmoc).....	63



6.4	Cretácico (K)	66
6.4.1	Formación Caballos (K1K2cb)	66
6.4.2	Formación Villeta (K2v)	68
6.4.3	Formación Rumiayaco (K2E1rum)	70
6.5	Paleógeno (E)	72
6.5.1	Formación Pepino (E2E1pe)	72
6.5.2	Grupo Orito (E3N1or)	76
6.6	Neógeno (N)	78
6.6.1	Lavas y piroclastos (NQlp)	78
6.7	Cuaternario (Q)	80
6.7.1	Depósitos Aluviotorrenciales Subrecientes (Q1dats)	80
6.7.2	Depósitos Aluviotorrenciales Recientes (Q2datr)	81
6.7.3	Depósitos Aluviales Recientes (Q2dar)	82
6.7.4	Depósitos Coluviales Recientes (Q2c)	83
6.7.5	Depósitos Aluviotorrenciales (Q2dat)	84
6.7.6	Depósitos Aluviales (Q2da)	87
7	<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b>	88
7.1	Fallas	90
7.1.1	San Francisco – Yunguillo	90
7.1.2	Falla de La Tebaida	92
7.1.3	Falla del Carmen	93
7.1.4	Fallas Pepino y Dorado	94
7.1.5	Falla Campucana - Churumbelo	95



7.1.6	Falla Titango .....	96
7.1.7	Falla San Antonio.....	96
7.1.8	Fallas asociadas a las quebradas de la cabecera municipal de Mocoa 97	
8	GEOMORFOLOGÍA CON CRITERIOS GEOMORFOGENÉTICOS .....	99
8.1	Sistema de clasificación y jerarquización de las categorías geomorfológicas. ....	102
8.2	Mapa Geomorfológico.....	106
8.3	Morfometría.....	108
8.4	Morfoestructura .....	110
8.5	Morfodinámica .....	115
8.6	Inventario zonas de erosión y de movimientos en masa con base en fotointerpretación .....	116
8.6.1	Procesos de erosión .....	116
8.6.2	Movimientos en masa .....	123
8.7	Inventario zonas de erosión y de movimientos en masa con base en inventario de eventos.....	134
8.8	Morfogénesis .....	140
8.8.1	Ambiente Denudacional.....	144
8.8.2	Ambiente Fluvial .....	171
8.8.3	Ambiente Estructural.....	200
8.8.4	Ambiente Volcánico .....	225
8.8.5	Ambiente Mixto Denudacional- Fluvial.....	226
9	CONCLUSIONES .....	228



10 BIBLIOGRAFÍA ..... 231



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de fotos aéreas utilizadas en la interpretación fotogeológica.....	32
Tabla 2. Estaciones realizadas en campo, coordenadas MAGNA SIRGAS origen único nacional. ....	41
Tabla 3. Unidades Geológicas presentes en la cuenca del río Mocoa.....	55
Tabla 4. Valores de estratificación (azimut de buzamiento / buzamiento) medidos en campo .....	89
Tabla 5. Clasificación de las Pendientes.....	104
Tabla 6. Índices de Longitud de la ladera.....	105
Tabla 7. Formas de la Ladera. ....	105
Tabla 8. Unidades de Ambiente Denudacional presente en el mapa de Geomorfología con Criterios Geomorfológicos. ....	106
Tabla 9. Morfometría de la cuenca del río Mocoa. ....	111
Tabla 10. Procesos de movimientos en masa inventariados en la cuenca del río Mocoa. ....	133
Tabla 11. Fuentes de información de donde se realizó el inventario de movimientos en masa.....	134
Tabla 12. Inventario de eventos en la zona de estudio .....	135
Tabla 13. Distribución de los ambientes morfogenéticos en la cuenca del río Mocoa. ....	141



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Índice de planchas 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano, SGC, que cubren la zona de estudio. ....	27
Figura 2. Mapa de Geología Regional a escala 1:100.000 de la cuenca del río Mocoa, resultado de la integración de diferentes mapas geológicos del SGC, todos a escala 1:100.000. ....	28
Figura 3. Mapa geomorfológico a escala 100.000 del Servicio Geológico Colombiano. ....	30
Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología empleada en la fotointerpretación del presente estudio. ....	31
Figura 5. Localización de las líneas de vuelo empleadas en la fotointerpretación del presente estudio. ....	33
Figura 6. Fotografía 225 del vuelo C -2554 interpretada por el profesional fotointérprete. ....	34
Figura 7. Fotografía 194 del vuelo C - 2555, ejemplo de foto con alta nubosidad. ....	35
Figura 8. Mapa fotogeológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Mocoa. ....	36
Figura 9. Diagrama de flujo en la obtención del mapa fotogeomorfológico a escala 1:25.000. ....	38
Figura 10. Mapa fotogeomorfológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Mocoa. ....	39
Figura 11. Localización de estaciones de campo en la cuenca del río Mocoa. ....	48
Figura 12. Mapa de geología básica con fines de ordenación de la cuenca del río Mocoa escala 1:25.000. ....	49
Figura 13. Mapa de Geomorfología con Criterios Morfogenéticos. ....	50
Figura 14. Índice de planchas a escala 1:25.000. ....	51
Figura 15. Coordenadas: E= 4572648, N=1690186, en la vereda Minchoy del municipio de San Francisco. Afloramiento rocoso de la Migmatita La Cocha – Río Téllez. ....	59



Figura 16. Coordenadas: E= 4572141, N=1690177, en la vereda Minchoy del municipio de San Francisco. Afloramiento de roca del Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez.....	60
Figura 17. Coordenadas: E= 4587096, N=1677955, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa, afloramiento fracturado de la Formación Saldaña. ....	61
Figura 18. Coordenadas: E= 4594662, N=1690613, en la vereda Alto Afán del municipio de Mocoa. ....	62
Figura 19. Coordenadas: E= 4590276, N=1691444, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa. ....	64
Figura 20. Coordenadas: E= 4584458, N=1676494, en la vía Mocoa – Pasto, sobre el sector jurídico de Baldío Nacional. ....	65
Figura 21. Coordenadas: E= 4597606, N=1680246, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa. Capa mediana conformada por arenisca de grano medio. ....	67
Figura 22. Coordenadas: E= 4597786, N=1680184, en la vereda San Jose Del Pepino del municipio de Mocoa. Sector de la quebrada el Fin del Mundo, donde afloran capas de areniscas y capas de lodolitas carbonosas.....	67
Figura 23. Coordenadas: E= 4596919, N=1674473, en la vereda San Carlos del municipio de Mocoa. Afloramiento de lodolitas grises oscuras moderadamente meteorizadas y físilas.....	69
Figura 24. Coordenadas: E= 4596472, N=1680077, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa.....	69
Figura 25. Coordenadas: E= 4596919, N=1674473, en la vereda San Carlos del municipio de Mocoa. Limolitas grises físilas, con moderado grado de meteorización. ....	71
Figura 26. Coordenadas: E= 4594229, N=1677079, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa. Suelo residual de la Formación Rumiayaco, donde se extrae arcillas para fabricar ladrillos. ....	72



Figura 27. Coordenadas: E= 4592552, N=1689979, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. Afloramiento de un escarpe conglomerático en donde se ubica un parqueadero de maquinaria pesada..... 73

Figura 28. Coordenadas: E= 4592288, N=1690035, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, afloramiento meteorizado de las arcillolitas de la Formación Pepino Medio. .... 74

Figura 29. Coordenadas: E= 4592965, N=1692435, en la vereda Monclar del municipio de Mocoa. .... 75

Figura 30. Coordenadas: E= 4591882, N=1690754, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. Saprolitos de lodolitas evidenciadas sobre un talud de la futura variante Mocoa – San Francisco. .... 76

Figura 31. Coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. Intercalación de lodolitas y areniscas a la margen derecha de la quebrada Taruca. .... 77

Figura 32. Coordenadas: E= 4590112, N=1678452, en la vereda La Tebaida del municipio de Mocoa. Estratos aflorantes del Grupo Orito, que se encuentra cubierta por un depósito coluvial..... 78

Figura 33. Depósitos de Lavas y Piroclastos sobre el noroccidente de la cuenca del río Mocoa. .... 79

Figura 34. Depósitos aluviotorrenciales subrecientes sobre el piedemonte de las laderas al oeste de la vereda Las Planadas..... 80

Figura 35. Coordenadas: E= 4593125, N=1678081, en la vereda El Pepino del municipio de Mocoa, suelo residual de los depósitos aluviotorrenciales recientes, donde exponen una plasticidad alta y alto grado de meteorización en la matriz como en los clastos..... 81

Figura 36. Coordenadas: E= 4591335, N=1688952, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, depósito aluviotorrencial conformado por una matriz arenociliosa con bloques angulares. .... 82



Figura 37. Coordenadas: E= 4601330, N=1668726, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón, deposito aluvial reciente (Q2dar) modelando una morfología aterrazada. .... 83

Figura 38. Coordenadas: E= 4596705, N=1675637, en la vereda San Carlos del municipio de Mocoa. Depósito Coluvial sobre la vía que comunica a Mocoa con Villagarzón..... 84

Figura 39. Coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, depósito aluviotorrencial de la quebrada Taruca. .... 85

Figura 40. Coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, Bloque transportado y depositado durante el evento de 2017, con un diámetro de 4 m en su eje mayor. .... 86

Figura 41. Coordenadas: E= 4592593, N=1686144, Barrio San Miguel, cabecera municipal de Mocoa, Depósito aluviotorrencial, de la quebrada Taruca, siendo erosionado por la misma acción del drenaje; el barrio fue destruido durante el evento del 2017. .... 86

Figura 42. Coordenadas: E= 4602844, N=1671683, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón. Depósito aluvial del río Mocoa donde se observan los clastos subredondeados sobre el cauce del río, adicionalmente, se observan, barras longitudinales vegetalizadas..... 87

Figura 43. Geología estructural a escala 1:25.000 de la cuenca del río Mocoa. ... 91

Figura 44. Falla San Francisco – Yunguillo identificada al noroccidente de la cuenca del río Mocoa..... 92

Figura 45. Trazo de la Falla Tebaida al costado occidental de la cabecera municipal de Mocoa..... 93

Figura 46. Falla El Carmen, localizada al suroeste de la cuenca del río Mocoa, generando un contacto fallado entre la Formación Saldaña y el Monzogranito de Mocoa. .... 94



Figura 47. Fallas Pepino y Dorado, sobre la vereda el Pepino que se encuentran afectando las rocas sedimentarias Formación Pepino (Inferior, Medio y Superior) y Grupo Orito.....	95
Figura 48. Fallas de la zona norte de la cuenca del río Mocoa. ....	97
Figura 49. Fallas asociadas a los cuerpos de agua cercanos a la cabecera municipal de Mocoa.....	98
Figura 50. Corte geológico AA'.....	100
Figura 51. Corte geológico BB'.....	101
Figura 52. Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto por INGEOMINAS .....	103
Figura 53. Leyenda del mapa morfográfico de la cuenca del río Mocoa. ....	110
Figura 54. Mapa morfográfico de la cuenca del río Mocoa. ....	112
Figura 55. Distribución morfométrica de la cuenca del río Mocoa.....	113
Figura 56. Mapa de procesos morfodinámicos.....	118
Figura 57. Proceso de erosión laminar.....	119
Figura 58. Erosión en surcos sobre suelos residuales de la Formación Rumiayaco, registrada en las coordenadas: E= 4594229, N=1677079, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa. ....	120
Figura 59. Cárcava observada sobre la cicatriz de un movimiento en masa, registrado en las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.....	121
Figura 60. Socavación lateral desarrollada por el Río Sangoyaco, sobre un talud rocoso de la Formación Rumiayaco, registrado en las coordenadas: E= 4596275, N=1678502, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa. ....	123
Figura 61. Bloques caídos dentro de un coluvial, localizado al borde de un escarpe de contrapendiente de la Formación Pepino Inferior, registrado en las coordenadas: E= 4592109, N=1677764, en la vereda El Pepino del municipio de Mocoa.....	125
Figura 62. Enjambre de flujos sobre la cuenca alta de las quebradas Taruca y Taruquita. ....	127



Figura 63. Flujo de lodos y detritos, desarrollado sobre la Formación Pepino Inferior, registrado en las coordenadas: E= 4592433, N=1689372, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa.....	128
Figura 64. Esquema de un deslizamiento traslacional. ....	129
Figura 65. Esquema de un deslizamiento rotacional.....	130
Figura 66. Deslizamientos múltiples sobre la Formación Saldaña, registrado desde las coordenadas: E= 4591448, N=1691270, en la vereda Galicias del municipio de Mocoa. ....	131
Figura 67. Deslizamiento rotacional observado al costado oriental de la vía, sobre suelos residuales de la Formación Saldaña, registrado en las coordenadas: E= 4594556, N=1691626, en la vereda Alto Afan del municipio de Mocoa. ....	132
Figura 68. Deslizamiento sobre la vía con pérdida de parte de la bancada, contribuido por la socavación lateral del Río Mocoa en su margen derecha, registrado en las coordenadas: E= 4596240, N=1678772, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa. ....	132
Figura 69. Distribución porcentual Movimientos en masa. ....	133
Figura 70. Distribución de las fuentes de información de donde se realizó el inventario de movimientos en masa. ....	134
Figura 71. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de INYPSA 2017. ....	136
Figura 72. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de la plancha 430 del SGC.....	137
Figura 73. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de estudios del SGC a escala 1:5.000. ....	138
Figura 74. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de otros. ....	139
Figura 75. Mapa de geomorfología básica con fines de ordenación de la cuenca del río Mocoa escala 1:25.000. ....	143
Figura 76. Loma Residual localizada en las veredas El Diamante y El Titango. Formado sobre Cuarzomonzodiorita Sombrerillos. ....	144



Figura 77. Cono o Lóbulo Coluvial localizado en la vereda San José del Pepino. ....	145
Figura 78. Fotografía Panorámica registrada desde las Coordenadas: E= 4594914, N=1684941, en la vereda Bajo Afán del municipio de Mocoa, donde se observa un lóbulo coluvial (Dco) al occidente de la cabecera municipal de Mocoa. ....	146
Figura 79. Escarpe De Erosión Mayor observado en la vereda La Florida, formado sobre rocas del Monzogranito de Mocoa y Formación Saldaña. ....	147
Figura 80. Escarpe De Erosión Menor delimitado al margen derecho del río Mocoa, sobre el municipio homónimo. ....	148
Figura 81. Escarpe de erosión menor desarrollado sobre los materiales mas competentes de la Formación Rumiyocho observado en las Coordenadas: E= 4593941, N=1677097, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa. ....	149
Figura 82. Escarpes Facetados identificados sobre la Formación Saldaña, se ubica al SE del municipio de Mocoa, entre las veredas La Palmera y San Carlos. ....	150
Figura 83. Panorámica registrada desde las coordenadas: E= 4597828, N=1670672, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón. ....	151
Figura 84. Laderas Erosivas sobre rocas de la Formación Saldaña, se ubica en la vereda La Palmera del municipio de Mocoa. ....	152
Figura 85. Loma Denudada identificada sobre la Formación Saldaña. Se ubica en la vereda Los Andes, municipio de Mocoa. ....	153
Figura 86. Montículos Denudacionales sobre rocas de la Formación Pepino Medio, ubicado en las veredas La Palmera y Piedras Blancas, municipio de Mocoa. ....	154
Figura 87. Panorámica registrada desde el mirador de la Policía, en las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa. ....	155
Figura 88. Lomos Denudados Bajos De Longitud Larga; localizados en la vereda La Florida, municipio de Mocoa. ....	156
Figura 89. Lomos Denudados Moderado De Longitud Corta interpretados en la cuenca del río Mocoa. ....	157



Figura 90. Lomos desnudados Moderados de Longitud Corta, delimitados sobre el modelo de sombras de la cuenca del río Mocoa. ....	158
Figura 91. Lomos Desnudados Moderado De Longitud Corta. ....	159
Figura 92. Lomeríos Disectados sobre rocas de la Formación Saldaña, en la vereda La Florida del Municipio de Mocoa. ....	160
Figura 93. Lomeríos Muy Disectados ubicados en la vereda Minchoy, municipio San Francisco. Formados sobre la Formación Caballos y parte de la Formación Saldaña. ....	161
Figura 94. Ladera Ondulada desarrollada sobre rocas meteorizadas de la Formación Saldaña hacia el sector de Churumbelos. ....	162
Figura 95. Lóbulo De Flujo De Detritos identificado en la Vereda La Florida, municipio de Mocoa. ....	163
Figura 96. Depósito De Flujo De Tierra Y Lodo, producto de un evento fluviotorrencial formado sobre material de Monzogranitos de Mocoa. ....	164
Figura 97. Planicie Colinada Residual sobre la Formación Saldaña, registrada sobre la vereda Alto Afán, municipio de Mocoa. ....	165
Figura 98. Planicie Colinada Residual (Dpcr) observada desde la vereda Alto Afán del municipio de Mocoa en las Coordenadas: E= 4595152, N=1691218. ....	166
Figura 99. Colina Remanente identificada sobre la Formación Pepino, Miembro superior. ....	167
Figura 100. Colina Remanente Disectada formada sobre material del Grupo Orito. Se ubica en la vereda Monclar, municipio de Mocoa. ....	168
Figura 101. Colina remanente disectada sobre rocas del Grupo Orito, registrada en una fotografía panorámica desde las Coordenadas: E= 4591448, N=1691270, en la vereda Galicias del municipio de Mocoa. ....	169
Figura 102. Cerro Remanente o Relicto formado sobre Monzogranito Mocoa, se ubica en la vereda La Florida, municipio de Mocoa. ....	170
Figura 103. Sierra Denudada formada sobre Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos. Se ubica en la vereda El Titango, municipio de Mocoa. ....	171



Figura 104. Abanico Aluvial modelado sobre el centro de la cuenca, donde se localizad actualmente la cabecera municipal de Mocoa.....	172
Figura 105. Coordenadas: E= 4591718, N=1688774, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, Ladera ondulada del Abanico Aluvial (Faa). .....	173
Figura 106. Abanico aluvial antiguo, cartografiado sobre la vereda Planadas del municipio de Mocoa. ....	174
Figura 107. Barras compuestas identificadas sobre el tramo final del río Mocoa, entre los límites municipales de Mocoa y Villagarzón. ....	175
Figura 108. Barras compuestas observadas sobre el río Mocoa en las coordenadas: E= 4602844, N=1671683, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón.....	176
Figura 109. Cono de deyección identificado donde se unen las quebradas Taruca y Taruquita, sobre la vereda San Antonio del municipio de Mocoa.....	177
Figura 110. Laderas onduladas de un cono de deyección, registrado sobre las Coordenadas: E= 4591015, N=1689178, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. ....	178
Figura 111. Escarpe de abanico aluvial a la margen izquierda del río Rumiayaco sobre las veredas El Diviso y Rimuyaco del municipio de Mocoa. ....	179
Figura 112. Escarpe de abanico aluvial, sobre la margen derecha de la quebrada Taruca, fotografía registrada en las Coordenadas: E= 4593688, N=1685415, en la cabecera municipal de Mocoa.....	180
Figura 113. Plano aluvial confinado de la quebrada Curiyaco, en el sector de Churumbelos, en el municipio de Mocoa. ....	181
Figura 114. Lagunas presentes en la cuenca alta, sobre el límite norccidental del área de estudio.....	182
Figura 115. Plano de inundación identificado sobre las terrazas más bajas al costado derecho del río Mocoa, sobre el municipio de Villagarzón. ....	183
Figura 116. Fotografías registradas en las coordenadas: E= 4602084, N=1671816, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón. A. Potrero desarrollado	



sobre la planicie de inundación. B. Drenaje sencillo que desemboca al río Mocoa y tiene su paso sobre la llanura de inundación. ....	184
Figura 117. Terraza de acumulación subreciente a la margen derecha del río Mocoa sobre el municipio de Villagarzón. ....	185
Figura 118. Terraza de acumulación subreciente observada en las coordenadas: E= 4601330, N=1668726, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón. ....	186
Figura 119. Terraza de acumulación subreciente a la margen derecha del río Mocoa sobre el municipio de Villagarzón. ....	187
Figura 120. Terraza de acumulación torrencial cartografiada en la cuenca del río Mocoa, a las márgenes del río Rumiyocho. ....	188
Figura 121. Valle de inundación y torrencial sobre las quebradas Taruca y San Antonio, donde se observa la afectación del evento torrencial del 2017. ....	189
Figura 122. Valle inundable y torrencial del río Mulato, observado en las coordenadas: E= 4593487, N=1684832, en la cabecera municipal de Mocoa, donde se observa un depósito. ....	190
Figura 123. Valle de inundación y avenida torrencial del río Pepino. Fotografía registrada sobre las coordenadas: E= 4591966, N=1677690, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa. ....	191
Figura 124. Sistema fluvial. ....	192
Figura 125. Perfiles de las zonas que tiene un drenaje. ....	193
Figura 126. Cauce aluvial de montaña cartografiado en el río Patoyaco. ....	194
Figura 127. Cauce de montaña observado en el río Campucana observado en las coordenadas: E= 4589936, N=1691887, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa. ....	195
Figura 128. Cauce aluvial de piedemonte del río Pepino. ....	196
Figura 129. Cauce aluvial de piedemonte sobre el río Mocoa observado en las coordenadas: E= 4594693, N=1684929, en la vereda Los Guadales II del municipio de Mocoa. ....	197



Figura 130. Cauce aluvial de piedemonte de la quebrada Taruca registrada en las coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. ....	198
Figura 131. Cauce aluvial sobre el río Mocoa en el sureste de la cuenca. ....	199
Figura 132. Cauce aluvial del río Mocoa, visto desde las coordenadas: E= 4598124, N=1673142, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón. ....	199
Figura 133. Cerro Estructural ubicado entre las veredas Las Mesas y La Tebaida. ....	200
Figura 134. Espolón Facetado Alto De Longitud Media, ubicado en la vereda La Florida del municipio de Mocoa. ....	201
Figura 135. Espolón Festoneado, formado sobre material del Complejo Migmatítico La Cocha - Río Téllez. Se ubica en la vereda Agua Bonita, municipio San Francisco. ....	202
Figura 136. Espolón Festoneado Alto De Longitud Media, formada sobre el Monzogranito de Mocoa, ubicado en las veredas La Florida, San Antonio y Las Palmeras, municipio de Mocoa. ....	203
Figura 137. Espolón Festoneado Moderado De Longitud Media, se ubica en la vereda Campucana, en el municipio de Mocoa. ....	204
Figura 138. Espolón identificado sobre la Formación Saldaña, se ubica en la vereda La Esperanza, municipio San Francisco. ....	205
Figura 139. Espolón Bajo De Longitud Larga, sobre la Formación Saldaña, ubicado en la vereda La Florida del municipio Mocoa. ....	206
Figura 140. Espolón Moderado De Longitud Corta, se forma sobre el Monzogranito de Mocoa. ....	207
<b>Figura 141. Espolón Moderado De Longitud Larga, formado sobre el Monzogranito de Mocoa, se ubica en la vereda La Florida, municipio de Mocoa. ....</b>	<b>208</b>



<b>Figura 142. Espolon moderado de longitud larga observado en las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.....</b>	<b>209</b>
<b>Figura 143. Escarpe de falla asociado a Falla Campucana-Churumbelo, ubicado en las veredas Campucana y La Florida, municipio de Mocoa. ....</b>	<b>210</b>
<b>Figura 144. Escarpe de Lína de Falla observado en la variante de Mocoa – San Francisco sobre las coordenadas: E= 4589936, N=1691887, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa. ....</b>	<b>211</b>
<b>Figura 145. Meseta estructural sobre Formación Rumiyocho, ubicado en su mayoría sobre la vereda La Eme, municipio de Mocoa. ....</b>	<b>212</b>
<b>Figura 146. Relieve colinado y alomado de la meseta estructural, observado desde las coordenadas: E= 4595885, N=1674786, en la vereda El Danubio del municipio de Villagarzón. ....</b>	<b>213</b>
<b>Figura 147. Escarpe de Meseta Estructural sobre la Formación Pepino, Miembro Inferior y Miembro Medio, vereda Buenos Aires, municipio de Mocoa. ....</b>	<b>214</b>
<b>Figura 148. Lomo de falla, asociado a la falla La Tortuga. Se ubica en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.....</b>	<b>215</b>
<b>Figura 149. Lomo de falla apreciado en las Coordenadas: E= 4590234, N=1691767, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa. ....</b>	<b>216</b>
<b>Figura 150. Lomo de obturación, asociado a la falla El Carmen (Dirección NW-SE). Se ubica en la vereda La Florida del municipio de Mocoa. ....</b>	<b>217</b>
<b>Figura 151. Sierra desarrollada sobre la Formación Saldaña; se ubica en las veredas La Esperanza y Minchoy, municipio San Francisco.....</b>	<b>218</b>
<b>Figura 152. Sierra Homoclinal, formado sobre material del Grupo Orito. ....</b>	<b>219</b>
<b>Figura 153. Ladera Estructural De Sierra Homoclinal (Sshle) desarrollado sobre la Formación Caballos, se ubica en el flanco Este del Río Mocoa.....</b>	<b>220</b>



<b>Figura 154. Ladera De Contrapendiente De Sierra Homoclinal (Sshlc) desarrollado sobre las Formaciones Caballos y Saldaña, se ubica a la margen izquierda del Río Mocoa. ....</b>	<b>221</b>
<b>Figura 155. Laderas estructurales y de contrapendiente modelados por la Formación Caballos, hacia el sector de Churumbelos, registrada desde las coordenadas: E= 4597828, N=1670672, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón. ....</b>	<b>222</b>
<b>Figura 156. Sierra Y Lomo De Presión formado sobre el Monzogranito de Mocoa y Formación Saldaña, se ubica en la vereda La Florida, municipio de Mocoa. ....</b>	<b>223</b>
<b>Figura 157. Sierras y lomos de presión producto del fallamiento sobre rocas de la Formación Saldaña y Monzogranito de Mocoa, registrado desde las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa. ....</b>	<b>224</b>
<b>Figura 158. Plano Aluvial Confinado, esta geoforma deja al descubierto la Formación Saldaña que es suprayacida por la Formación Caballos, se ubica en la vereda El Zarzal, municipio de Mocoa. ....</b>	<b>225</b>
<b>Figura 159. Mantos piroclásticos modelados identificados al límite noroccidental de la cuenca, modelado por depósitos de Lavas y Piroclastos. ....</b>	<b>226</b>
<b>Figura 160. Cuenca alta de la quebrada Taruquita donde hay una presencia densa de movimientos en masa. ....</b>	<b>227</b>



## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Salidas gráficas documentos

Anexo 2. Salidas cartográficas definitivas

Anexo 3. Shapes Gg y Gmf

Anexo 4. MM (Movimientos en masa, inventario de eventos)

Anexo 5. MM (movimientos en masa fotointerpretados)

Anexo 6. Perfiles geológicos

Anexo 7. Libretas de campo



## **1 INTRODUCCIÓN**

En este informe se presenta la caracterización geológica – geomorfológica de la cuenca del río Mocoa, con base en la metodología incluida en la Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MINAMBIENTE. 2014), la cual incluye la revisión de la información secundaria disponible, incluyendo la compilación de las planchas geológicas 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano (SGC) e información cartográfica 1:25.000 de la actualización del PBOT de Mocoa (2018), para luego proseguir con la adquisición e interpretación de las fotos aéreas e imágenes satelitales cuyas áreas incluyen la zona de estudio, complementado con el análisis del modelo de sombras como subproducto del Modelo de Elevación Digital y el apoyo de las herramientas SIG, con el fin de obtener las salidas fotogeológicas preliminares a escala 1:25.000. Estas salidas fotogeológicas posteriormente son ajustadas y precisadas con base en la información geológica y geomorfológica recolectada directamente en campo en varias transversas diseñadas para tal fin.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General.

Caracterizar la cuenca del río Mocoa en el componente de riesgos del POMCA con el propósito de obtener los mapas de geología y geomorfología a escala 1:25.000, al igual que elaborar una memoria técnica que incluya el marco geológico – geomorfológico regional, la descripción estratigráfica con el control de campo de las unidades aflorantes, la definición de las estructuras (pliegues y fallas) presentes, la evolución geológica de la cuenca, caracterización de las subunidades geomorfológicas y la descripción de la morfodinámica.

### 2.2 Objetivos Específicos.

Revisar la información secundaria disponible sobre la geología de la cuenca del río Mocoa incluyendo entre otros informes y mapas a diferentes escalas del SGC, que permitan obtener el mapa de geología regional con fines de ordenación de cuencas hidrográficas a escala 1:100.000.

Interpretar diferentes fotografías aéreas de líneas de vuelo disponibles, cuyas áreas cubren la totalidad de la cuenca del río Mocoa con el propósito de obtener las salidas cartográficas de fotogeología para geología básica.

Interpretar diferentes imágenes de sensores remotos como satélite, radar, DEM y fotografías aéreas que cubren la zona de estudio, como insumo para generar la salida cartográfica de geomorfología con criterios geomorfogenéticos.

Describir las unidades litoestratigráficas geológicas aflorantes en la cuenca al igual que las estructuras (pliegues y fallas) cartografiadas en el mapa geológico a escala 1:25.000.

Inventariar y describir los procesos morfodinámicos que suceden y afectan localmente la cuenca del río Mocoa.

Definir y describir las diferentes subunidades geomorfológicas jerarquizadas, fundamentadas en la génesis geológica de las geoformas, los ambientes morfogenéticos y procesos morfodinámicos.



Presentar la evolución geológica a partir de la revisión de información secundaria disponible.

### **3 METODOLOGÍA**

Para adelantar la caracterización geológica de la cuenca del río Mocoa en el componente de riesgos del POMCA se siguió una metodología conformada por tres fases como se explica a continuación:

#### **3.1 Fase Pre-campo**

En esta fase se recopiló y analizó la información geológica y geomorfológica existente, entre otras del Servicio Geológico Colombiano, SGC, y de la actualización del PBOT para el municipio de Mocoa por parte de Informes y Proyectos Colombia S.A.S., INYPSA, además de la información temática suministrada en diferentes estudios por parte de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, CORPOAMAZONIA. También se identificaron y adquirieron fotografías aéreas cuyas áreas contienen la zona de estudio en líneas de vuelo de diferentes años en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, para realizar la fotointerpretación.

##### **3.1.1 Revisión de información secundaria**

Se revisó la información existente del área de estudio en los centros documentales de entidades como Servicio Geológico Colombiano (SGC), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Universidad Nacional de Colombia (UN), Planes de Ordenamiento Territorial (PBOT's) y catálogos virtuales en línea. Igualmente se adelantó la recopilación de insumos como la base cartográfica a escala 1:25.000, el Modelo Digital de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés) con resolución espacial de 12,5 metros e imágenes de sensores remotos. Así mismo se adquirieron insumos temáticos como los mapas geológicos y las memorias explicativas de las planchas escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano, los cuales contienen la información cartográfica y descriptiva de la litología, como de rasgos estructurales



regionales de la zona de estudio, del mismo modo, se tomó la información proveniente de la actualización del PBOT del municipio de Mocoa.

### **3.1.2 Procesamiento de planchas 1:100.000**

#### **3.1.2.1 Compilación de planchas de Geología a escala 1:100.000**

Se compilaron las siguientes planchas geológicas, del Servicio Geológico Colombiano, SGC, cuyas áreas incluyen parte de la zona de estudio: 411 La Cruz, 430 Mocoa y 431 Piamonte, todas a escala 1:100.000, las cuales se distribuyen como se observa en la Figura 1, con el fin de obtener el mapa preliminar de geología regional con fines de ordenación de cuencas hidrográficas (Figura 2).

En la unificación de las planchas geológicas fue necesario establecer los siguientes criterios:

- Concordancia de la litología y posición estratigráfica.
- Unificación de unidades (nomenclatura geológica), con base en similitud litológica y cronoestratigráfica.

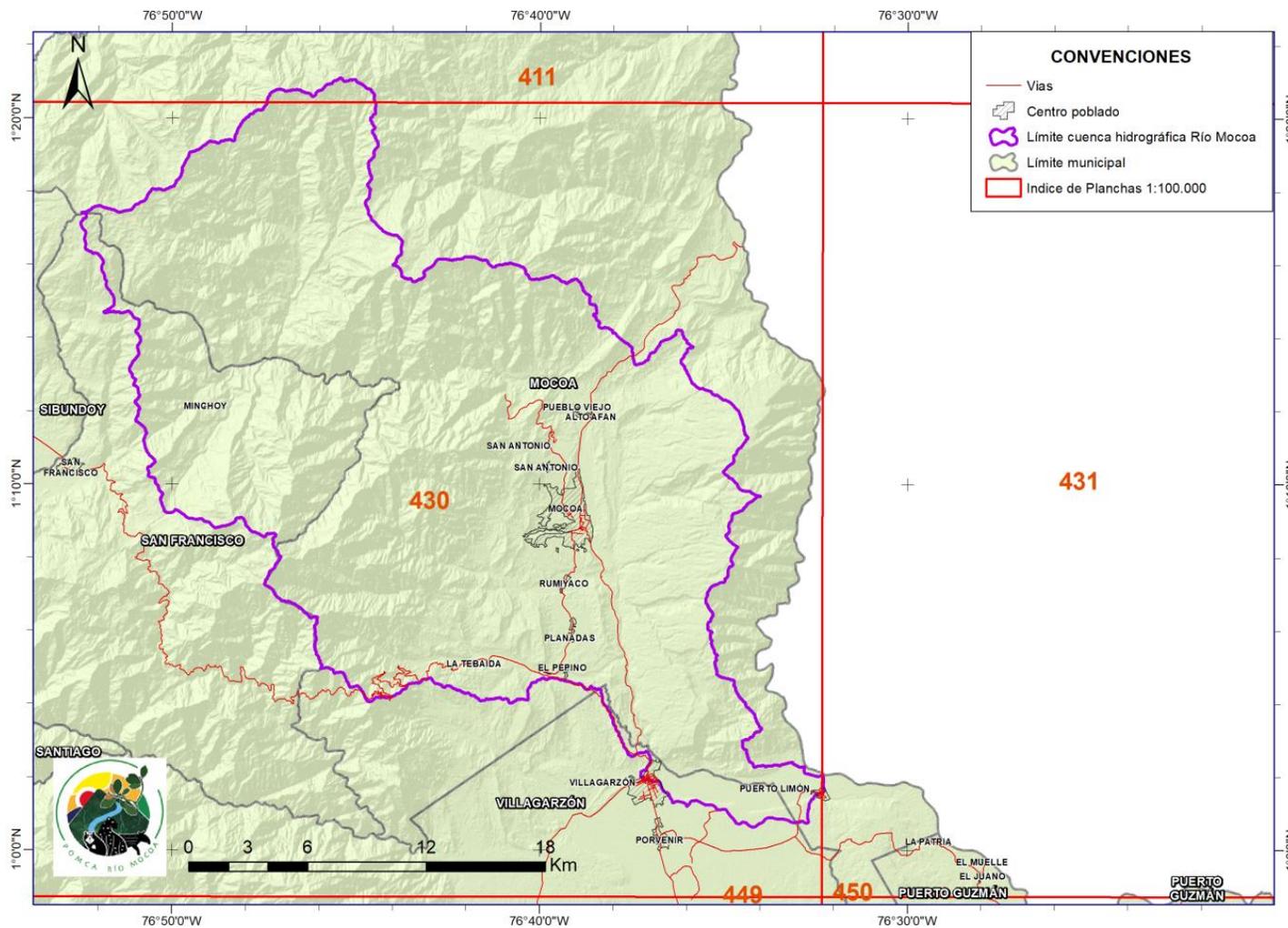


Figura 1. Índice de planchas 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano, SGC, que cubren la zona de estudio.  
Fuente: Adaptado y modificado del SGC, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

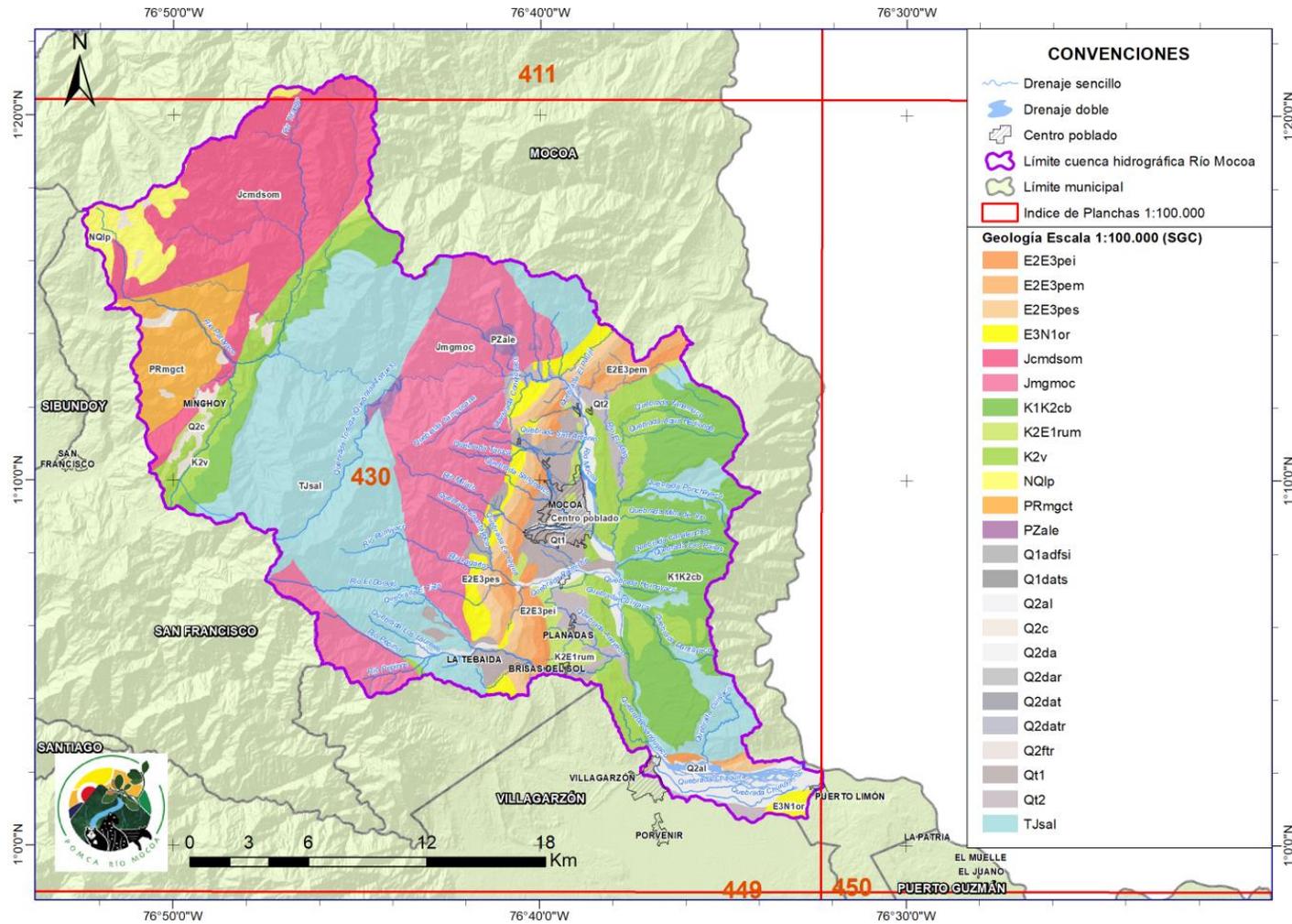


Figura 2. Mapa de Geología Regional a escala 1:100.000 de la cuenca del río Mocoa, resultado de la integración de diferentes mapas geológicos del SGC, todos a escala 1:100.000.

Fuente: Compilado de SGC por INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
 Contrato 343 de 2020



### 3.1.2.2 Compilación de plancha Geomorfología 1:100.000

Con base a la información recolectada del Servicio Geológico Colombiano, donde se integró: las planchas geomorfológicas a escala 1:100.000: 411 – La Cruz, 430 – Mocoa y 431 - Piamonte, distribuidas como se observa en la Figura 3, y la propuesta metodológica de Carvajal, 2011 para la generación de mapas geomorfológicos, se identificaron cuatro (4) ambientes morfogenéticos:

- **Ambiente Morfogenético Estructural:** siendo el que mayor área de la cuenca ocupa, debido a la basta presencia de control estructural, con fallas y pliegues regionales en la cuenca del río Mocoa.
- **Ambiente Morfogenético Denudacional:** localizado en mayor extensión sobre el norte en la parte alta de la cuenca, desarrollado sobre rocas cristalinas que presentan mayor grado de meteorización.
- **Ambiente Morfogenético Fluvial:** identificado en el río Mocoa y sus alrededores, principalmente en la zona correspondiente al piedemonte donde se ubica la cabecera municipal de Mocoa y Villagarzón
- **Ambiente Morfogenético Volcánico:** este ambiente esta demarcado hacia el noroccidente de la cuenca desarrollado por flujos de lavas y piroclastos y cubre la menor extensión de área de la cuenca del río Mocoa.

### 3.1.3 Fotointerpretación

Una vez se integró la información de las planchas del Servicio Geológico Colombiano a escalas 1:100.000, en fase posterior se realiza la fotointerpretación para precisar y ajustar los contactos, y así obtener las unidades geológicas de la cuenca a escala 1:25.000. Esta fase responde a una metodología que se divide en varias etapas, como se ilustra en la Figura 4. De aquí se observa que en primera instancia se obtuvieron las fotografías aéreas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), luego se interpretaron los contactos litológicos y la geología

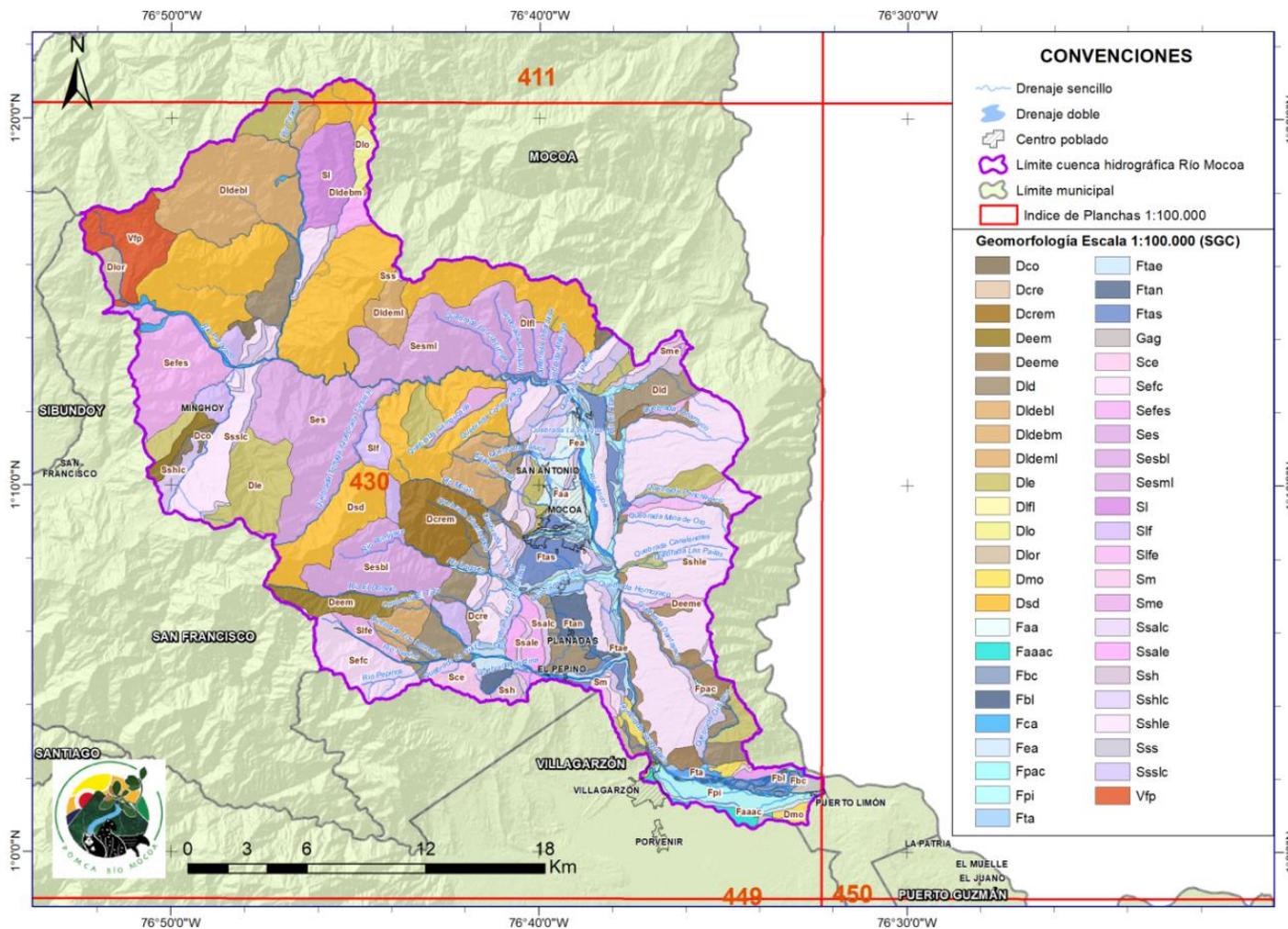


Figura 3. Mapa geomorfológico a escala 100.000 del Servicio Geológico Colombiano.

Fuente: Tomado y modificado del SGC, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa

Contrato 343 de 2020

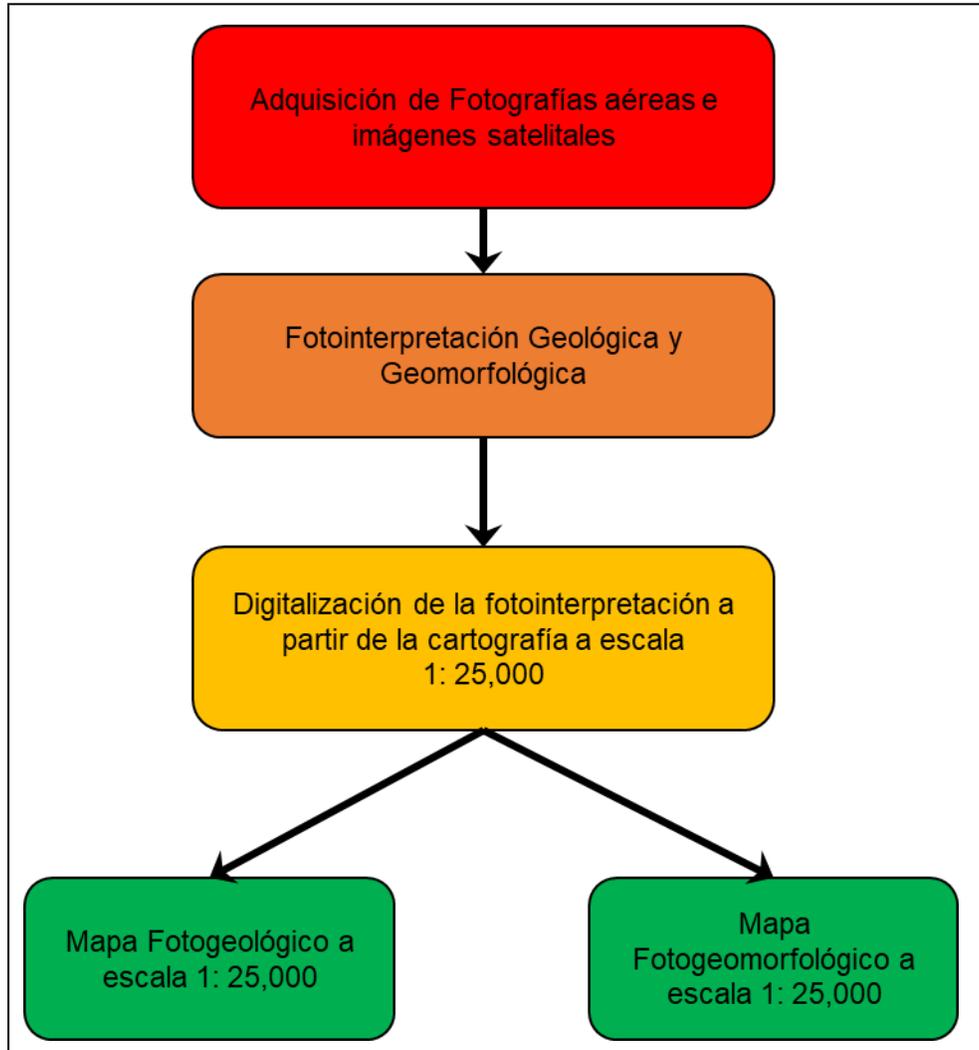


Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología empleada en la fotointerpretación del presente estudio.  
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

estructural, para luego ser transferidos mediante técnicas de fotogrametría y finalmente ser digitalizados mediante herramientas SIG con el objeto de obtener el insumo del mapa fotogeológico a escala 1:25.000 (Figura 8). A continuación, se describen cada una de las etapas desarrolladas en la fotointerpretación.

### 3.1.3.1 Fotointerpretación Geológica

En primera instancia fue necesario adquirir en el IGAC 44 fotografías aéreas en formato digital con resolución de 15 micrones, las cuales cubren toda el área de la cuenca del río Mocoa y tienen escalas de toma entre 1:35.000 y 1:60.000, que fueron tomadas entre los años 1984 y 1995. Estas fotos se encuentran dispuestas



en seis líneas de vuelo (ver Tabla 1 y Figura 5) con orientación aproximada nort-sur, a excepción de la línea R-925 que tiene orientación NE-SW.

**Tabla 1. Lista de fotos aéreas utilizadas en la interpretación fotogeológica.**

Vuelo	Sobre	Fecha	Escala	Fotos	Cantidad
C-2555	S-37301	1/08/1995	1:45.000	149-155	7
C-2555	S-37302	1/08/1995	1:49.000	170-180	11
C-2569	S-37334	2/09/1995	1:54.000	270-273	4
C-2554	S-37292	1/05/1995	1:60.000	224-233	10
R-925	S-6346	1984	1:35.000	202-208	7
C-2555	S-37303	1/08/1995	1:55.000	193-201	8

Fuente: IGAC, 2021.

Seguidamente se realizó la fotointerpretación de las líneas de vuelo, mediante el uso de estereoscopios de espejos, en los cuales, al ubicar dos fotografías continuas, una al lado de la otra (solapamiento), otorgan la sensación de relieve por efecto de la estereoscopia. Posteriormente se superpuso un acetato sobre una de estas fotos y sobre este se identificaron y trazaron los contactos geológicos, drenajes, fallas, estructuras y la inclinación de las capas. En la Figura 6, se observa un ejemplo de una foto interpretada. De esta manera se interpretaron todos los pares estereoscópicos con el objetivo de obtener la salida de cartografía de fotogeología básica a escala 1:25.000 (Figura 8).

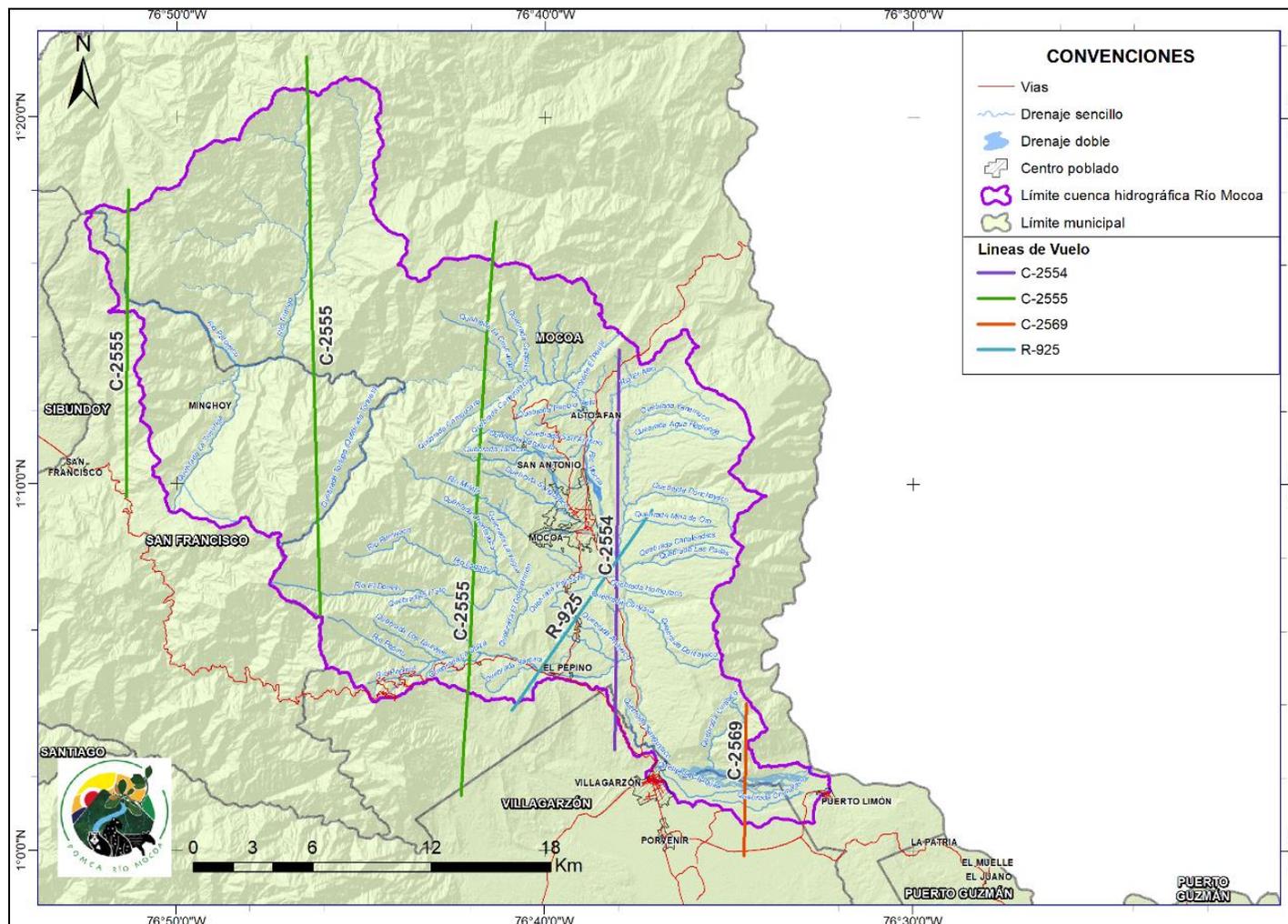


Figura 5. Localización de las líneas de vuelo empleadas en la foteointerpretación del presente estudio.

Fuente: IGAC compilado por INPRO S.A.S, 2021.

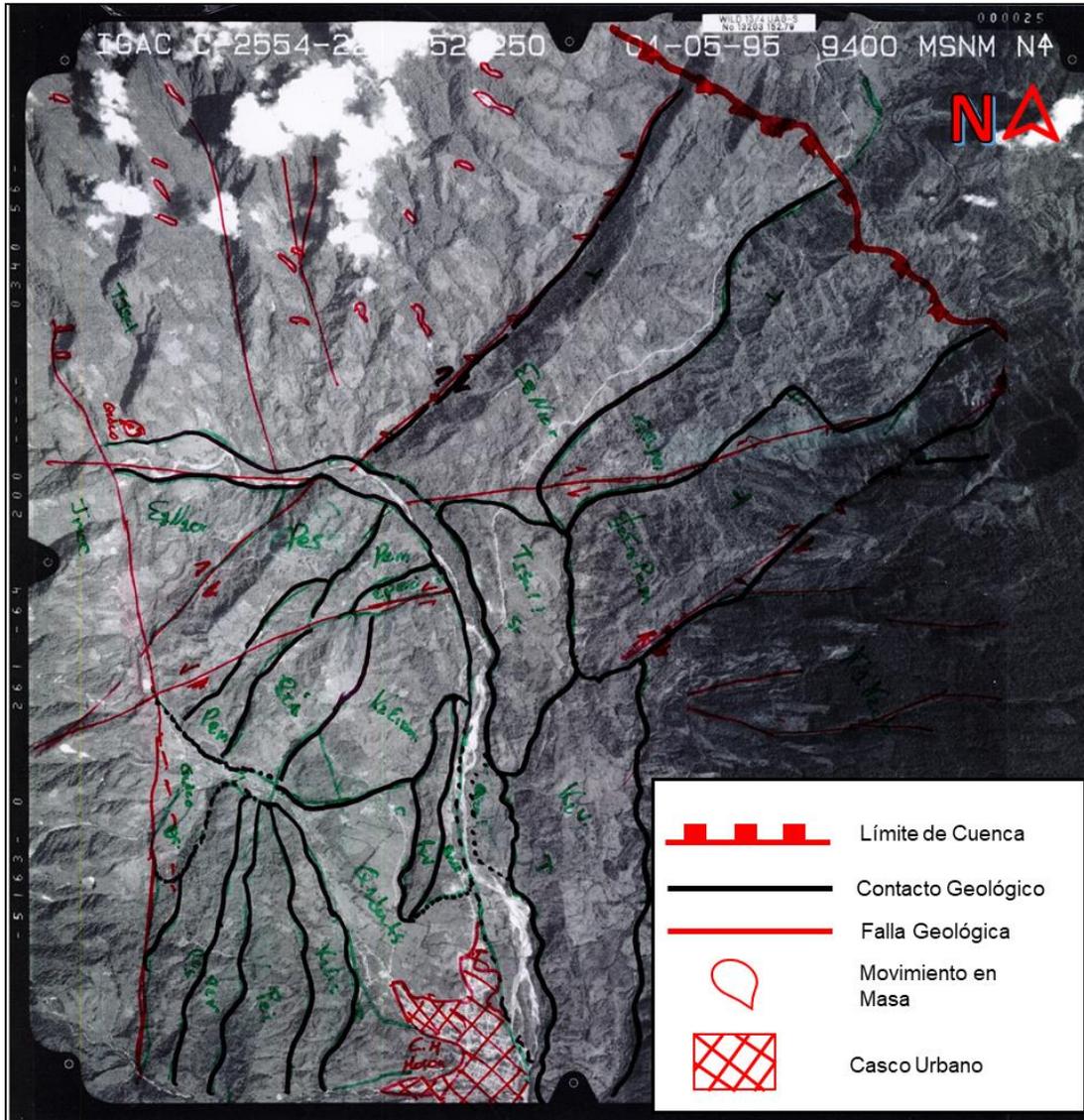


Figura 6. Fotografía 225 del vuelo C -2554 interpretada por el profesional fotointérprete.

**Fuente: INPRO S.A.S, 2021.**

Durante fotointerpretación geológica se presentaron algunos inconvenientes, entre ellos se tiene que algunas líneas de vuelo no abarcaron totalmente la zona de estudio, o que algunas fotografías presentaron alta nubosidad y sombras o contraste deficiente (Figura 7), lo que dificulta el reconocimiento de la geología en las fotos. En estos casos fue necesario el uso del modelo de sombra digital, como insumo para complementar dichos espacios de nula interpretación, puesto que permitió el reconocimiento de características geológico – geomorfológicas de las unidades aflorantes de la cuenca, para la interpretación en estas áreas faltantes.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*

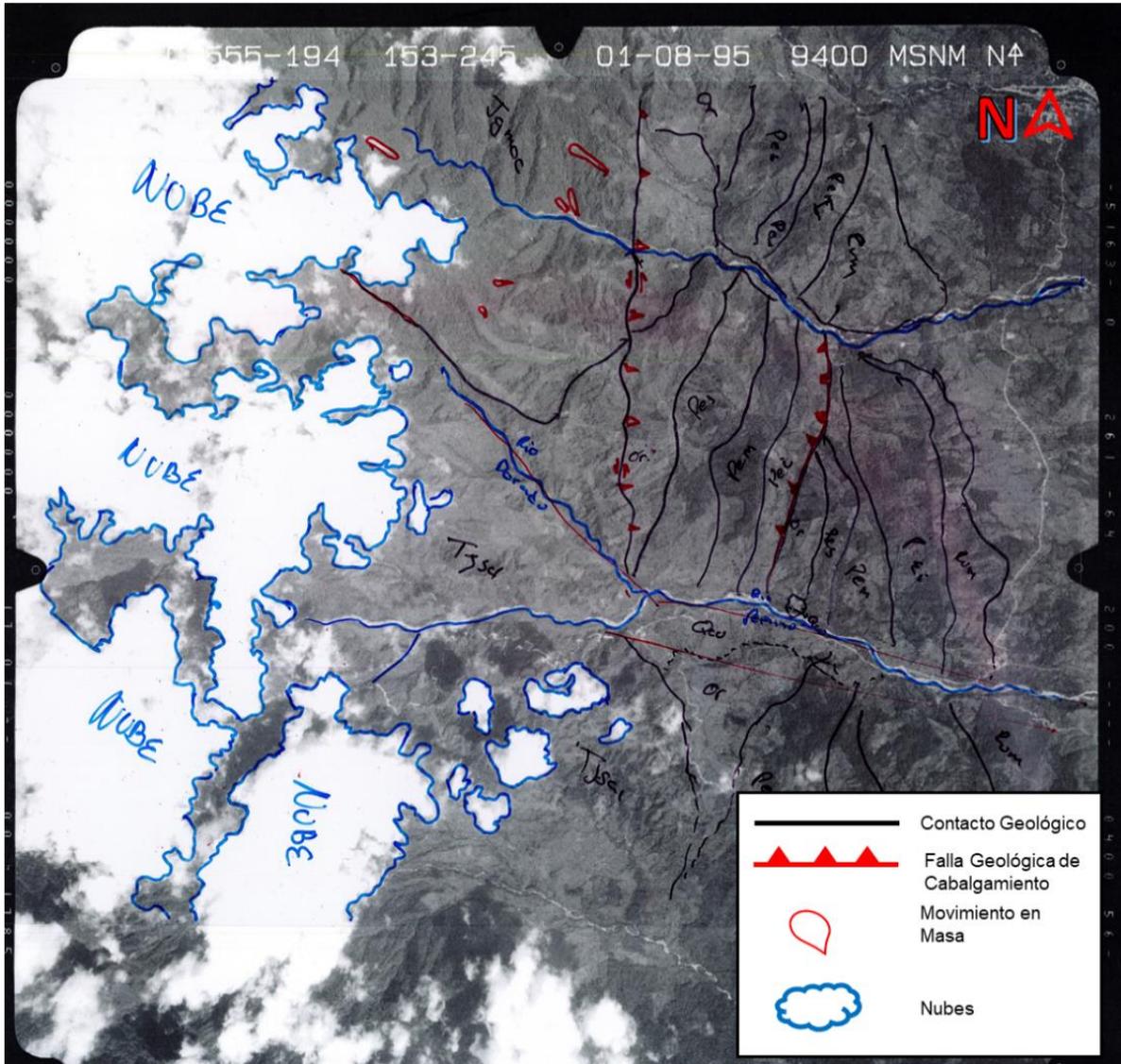


Figura 7. Fotografía 194 del vuelo C - 2555, ejemplo de foto con alta nubosidad.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

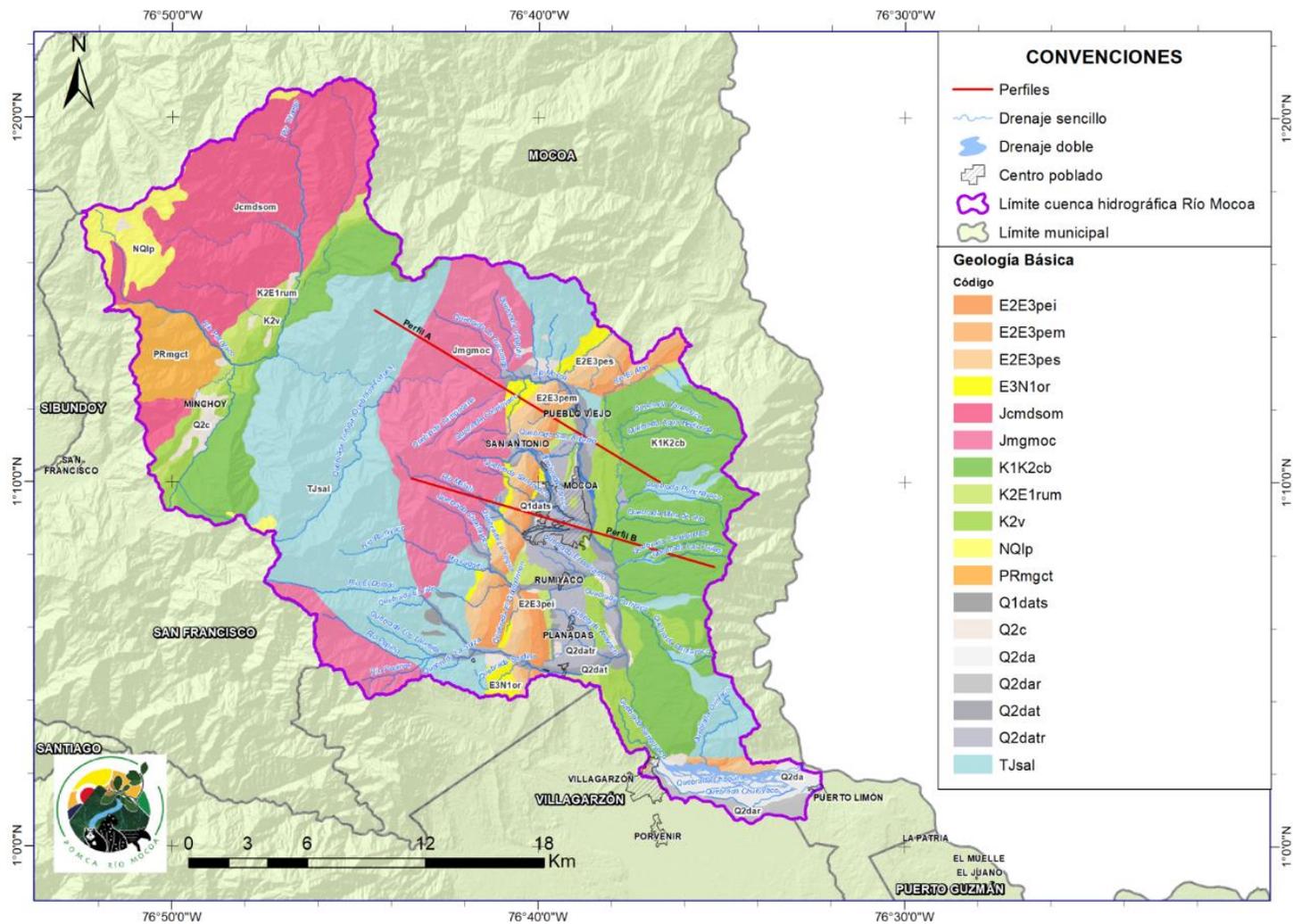


Figura 8. Mapa fotogeológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Mocoa.  
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



### 3.1.3.2 Interpretación de sensores remotos en Geomorfología

La interpretación para la geomorfología a escala 1:25.000 se realizó a partir de la imagen satelital otorgada por CORPOAMAZONIA, de imágenes satelitales multitemporales de Google Earth e imágenes satelitales de información secundaria proveniente de la fase de apresamiento, con el objetivo de observar a totalidad el área de la cuenca, dado que, en diferentes imágenes se puede apreciar una considerable área cubierta por nubes

A estas fotografías se les fueron superpuestas el mapa geológico a escala 1:25.000, con el objetivo de realizar la fointerpretación, definiendo los principales ambientes morfogenéticos, como el estructural que abarca el mayor porcentaje en la cuenca, los denudacionales como sitios con inestabilidades recientes o antiguas y los fluviales delimitados por los principales depósitos aluviales identificados en la cuenca del río Mocoa

Asimismo, se identificaron las principales geoformas con rasgos específicos del terreno, como los escarpes, laderas denudadas, laderas muy inclinadas, canteras y demás actividades antrópicas, presentes en las principales unidades y paisajes geomorfológicos.

En el desarrollo de cada mapa geomorfológico se requirió un enfoque diferente en la interpretación de sensores remotos, los cuales se encuentran explicados en detalle a continuación.

En la obtención del mapa fotogeomorfológico con criterios geomorfogenéticos, fue necesario seguir la metodología tomada y adaptada del Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. (Minambiente, 2014), la cual se sintetiza en la Figura 9.

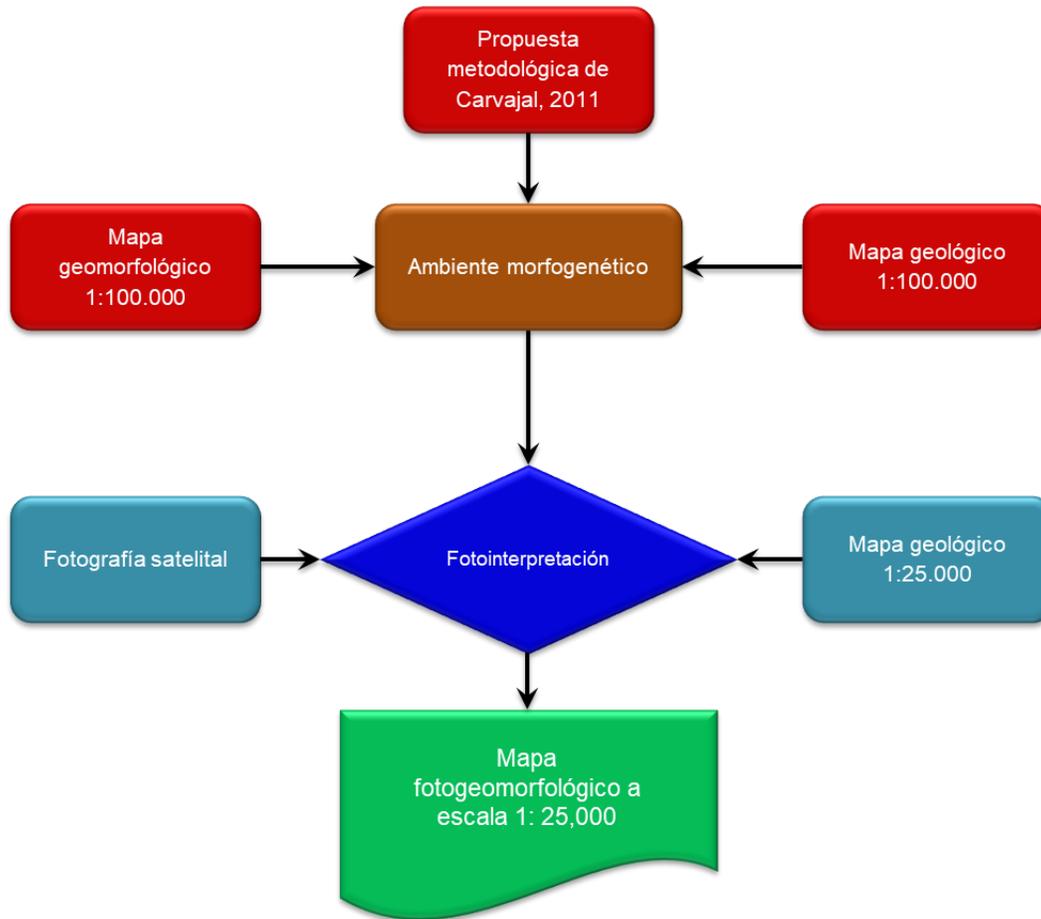


Figura 9. Diagrama de flujo en la obtención del mapa fotogeomorfológico a escala 1:25.000.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

En primera instancia se recopiló la información del Servicio Geológico Colombiano, las planchas geológicas a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano (Figura 2), las planchas geomorfológicas a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano (Figura 3) y la propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 (Figura 10). En esta etapa se clasificaron los ambientes morfo-genéticos presentes en la cuenca, con la adición del ambiente antrópico para aquellos polígonos que presentaban intervención antrópica apreciable, como centros poblados, cascos urbanos y canteras.

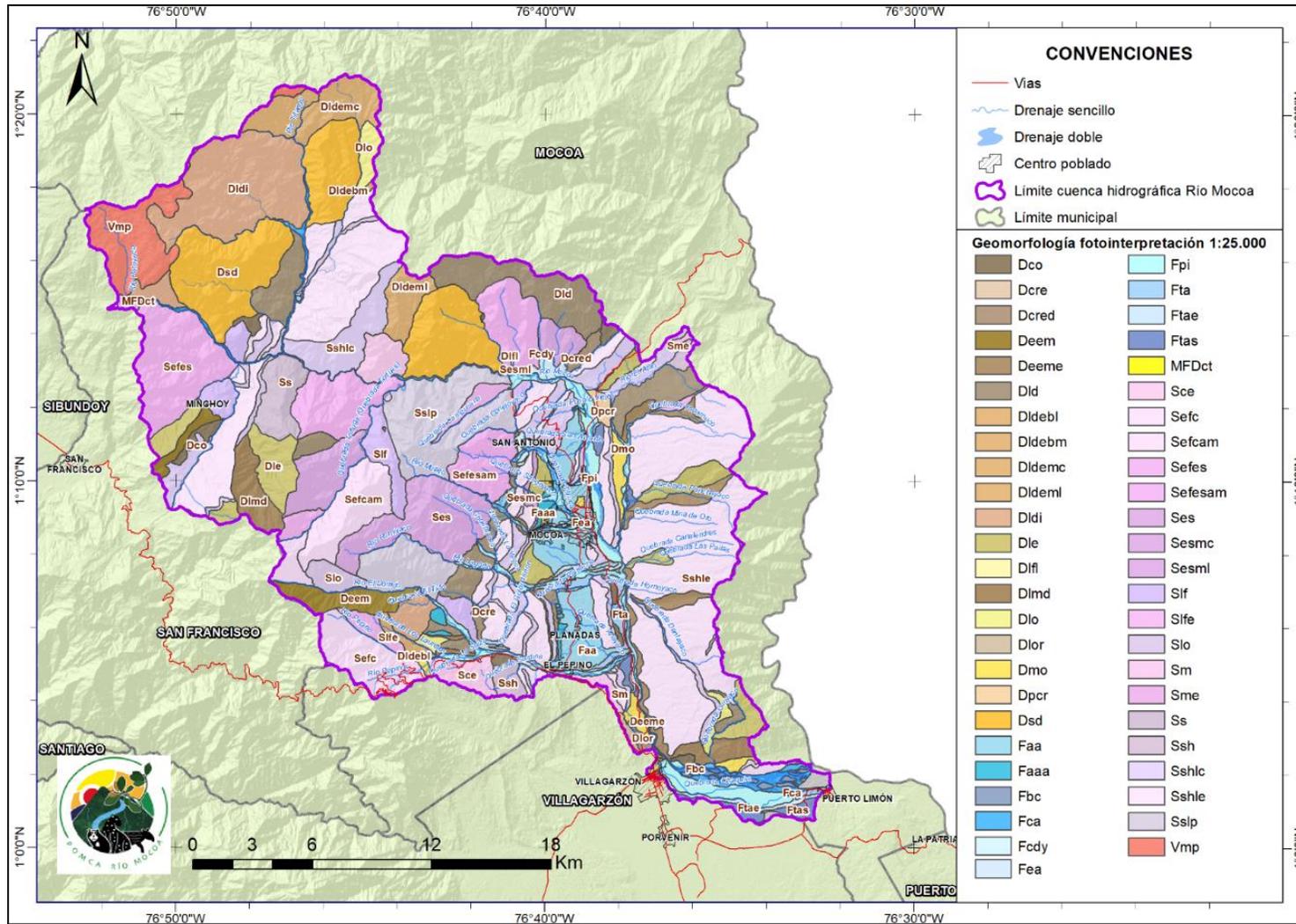


Figura 10. Mapa fotogeomorfológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Mocoa.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.



### **3.2 Fase Campo**

Para esta fase se plantearon una serie de recorridos en campo (traversas geológicas) para observar los materiales geológicos y las principales geoformas de la cuenta, además de verificar y cualificar movimientos en masa; para esto se tuvo en cuenta factores entre otros como: vías presentes, relieve presente, distancias a centros urbanos, zonas de interés planteados en la fase de fotointerpretación, y complejidad litológica y estructural.

Las estaciones fueron planeadas previamente enfocándose en el reconocimiento de zonas que presentaron dudas e inconvenientes en la fotointerpretación (zonas de interés geológico y geomorfológico). En la fase de pre-campo, con base en la fotointerpretación se reconoció una gran área dentro de la cuenca que posee relieve montañoso influenciado principalmente por diferentes fallas geológicas, que modelan ambientes estructurales, con geoformas de lomos de presión, sierras estructurales, entre otras, de igual manera, hay presencia de rocas de la Formación Saldaña, Monzogranito de Mocoa y rocas sedimentarias del Mesozoico con altos grados de meteorización, que generan geoformas extensas y de suaves pendientes, con poca ocurrencia de afloramientos. Finalmente, hacía la zona de la cabecera municipal de Mocoa, se generan geoformas de ambiente fluvial, predominando los depósitos aluviotorrenciales de abanico y cauces aluviales originados de eventos aluviotorrenciales.

Por consiguiente, se planteó la salida de campo con el objetivo de reconocer las diferentes unidades geológicas, tomando información de grado de meteorización, reconocimiento de macizos rocosos, toma de datos estructurales, identificación de depósitos cuaternarios, entre otras.

En cada estación se siguió la siguiente metodología: se le dio un código que incluye las iniciales del nombre del geólogo que realiza la descripción y un número consecutivo, y se registraron las coordenadas planas referidas al sistema Magna Sirgas, Datum Único Nacional (CTM12) con ayuda de GPS, seguido se realizó la descripción general del afloramiento, anotando sus características en la libreta y los formatos de campo definidos para el POMCA; luego con el martillo geológico se



extrajeron muestras de roca y/o suelo, con el fin de analizarlas y clasificarlas macroscópicamente con ayuda de la lupa y ácido, según su composición, textura, dureza y disposición en el terreno.

Igualmente se corroboraron las unidades geológicas y estructuras como fallas y pliegues interpretadas en el mapa preliminar, ajustando los contactos y trazos en los casos que se requirieron. En las estaciones donde se observaron planos de estratificación y/o diaclasas, se procedió con ayuda de la brújula, a tomar dichos datos; además, con el esclerómetro se realizaron mediciones en el macizo rocoso. Así mismo se procedió con la toma de fotografías convencionales, tanto a escala de afloramiento como panorámicas, donde se capturaron los principales rasgos de las unidades geológicas aflorantes al igual que las estructuras presentes en la cuenca. Con base en el reconocimiento de la fotointerpretación, anudado a base de datos de movimientos en masa de entidades como: DESINVENTAR (<https://www.desinventar.org/es/database>), SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa), entre otras bases de información consultadas en la fase de aprestamiento, se determinaron zonas o sectores, que en un momento han presentado inestabilidad del terreno siendo sectores propuestos como sitios de interés para control geomorfológico.

En total se realizaron 231 estaciones de control geológico y geomorfológico en campo (Tabla 2), representadas gráficamente en la Figura 11, donde se puede observar la distribución de las estaciones en la zona trabajadas en campo, que fueron realizadas en diez (10) días en diferentes traversas.

**Tabla 2. Estaciones realizadas en campo, coordenadas MAGNA SIRGAS origen único nacional.**

Estación	Día	Este	Norte	Municipio	Vereda
RSM-1	Día 1	4.594.300	1.684.815	Mocoa	Cabecera municipal
RSM-2		4.594.499	1.690.680	Mocoa	Alto Afán
RSM-3		4.594.236	1.690.685	Mocoa	Alto Afán
RSM-4		4.594.662	1.690.613	Mocoa	Alto Afán
RSM-5		4.595.932	1.688.512	Mocoa	Medio Afán
RSM-6		4.596.224	1.688.361	Mocoa	Medio Afán
RSM-7		4.596.229	1.688.434	Mocoa	Medio Afán



Estación	Día	Este	Norte	Municipio	Vereda	
RSM-8	Día 1	4.596.140	1.688.999	Mocoa	Medio Afán	
RSM-9		4.596.184	1.688.973	Mocoa	Medio Afán	
RSM-10		4.595.152	1.691.218	Mocoa	Alto Afán	
RSM-11		4.595.124	1.691.162	Mocoa	Alto Afán	
RSM-12		4.594.516	1.691.677	Mocoa	Alto Afán	
RSM-13		4.594.556	1.691.626	Mocoa	Alto Afán	
RSM-14		4.594.550	1.691.700	Mocoa	Alto Afán	
RSM-15		4.596.608	1.693.702	Mocoa	Las Toldas	
RSM-16		4.592.965	1.692.435	Mocoa	Monclar	
RSM-17		4.592.980	1.692.504	Mocoa	Monclar	
RSM-18		4.593.983	1.689.165	Mocoa	La Reserva	
RSM-19		4.593.916	1.688.678	Mocoa	La Reserva	
RSM-20		4.595.111	1.684.994	Mocoa	Bajo afán	
RSM-21		4.594.914	1.684.941	Mocoa	Bajo afán	
RSM-22		4.594.693	1.684.929	Mocoa	Los Guaduales II	
RSM-23		4.594.322	1.687.264	MOCOA	Los Guaduales II	
RSM-24		Día 2	4.584.107	1.676.444	MOCOA	La Florida
RSM-25			4.572.648	1.690.186	San Francisco	Minchoy
RSM-26			4.572.627	1.690.096	San Francisco	Minchoy
RSM-27			4.572.728	1.690.187	San Francisco	Minchoy
RSM-28			4.572.141	1.690.177	San Francisco	Minchoy
RSM-29			4.572.221	1.689.424	San Francisco	Minchoy
RSM-30			4.570.381	1.686.900	San Francisco	Chorlavi
RSM-31	4.571.115		1.685.715	San Francisco	La Siberia	
RSM-32	4.584.458		1.676.494	Mocoa	Baldío Nacional	
RSM-33	4.583.915		1.677.593	Mocoa	Baldío Nacional	
RSM-34	4.584.499		1.677.451	Mocoa	Baldío Nacional	
RSM-35	4.586.247		1.677.758	Mocoa	La Florida	
RSM-36	4.586.463		1.678.144	Mocoa	La Florida	
RSM-37	4.587.096		1.677.955	Mocoa	La Florida	
RSM-38	4.589.350		1.678.344	Mocoa	La Tebaida	
RSM-39	4.590.079		1.678.476	Mocoa	La Tebaida	
RSM-40	4.590.112		1.678.452	Mocoa	La Tebaida	
RSM-41	4.592.109		1.677.764	Mocoa	El Pepino	
RSM-42	Día 3		4.593.742	1.683.627	Mocoa	El Diviso
RSM-43			4.593.594	1.682.805	Mocoa	Rumiyaco
RSM-44			4.593.269	1.682.418	Mocoa	Rumiyaco
RSM-45			4.593.217	1.681.652	Mocoa	Rumiyaco
RSM-46			4.593.125	1.678.081	Mocoa	El Pepino
RSM-47		4.591.966	1.677.690	Mocoa	La Eme	
RSM-48		4.592.173	1.677.600	Mocoa	El Pepino	
RSM-49		4.592.554	1.677.508	Mocoa	La Eme	
RSM-50		4.593.031	1.677.459	Mocoa	La Eme	



Estación	Día	Este	Norte	Municipio	Vereda
RSM-51		4.593.941	1.677.097	Mocoa	La Eme
RSM-52		4.594.229	1.677.079	Mocoa	La Eme
RSM-53		4.595.885	1.674.786	Villagarzón	Las Toldas
RSM-54		4.596.456	1.673.771	Villagarzón	Las Toldas
RSM-55		4.598.124	1.673.142	Villagarzón	Brisas de Mocoa
RSM-56		4.602.844	1.671.683	Villagarzón	La Concepción
RSM-57		4.602.084	1.671.816	Villagarzón	La Concepción
RSM-58		4601330	1.668.726	Villagarzón	El porvenir
RSM-59		4.597.828	1.670.672	Villagarzón	El porvenir
RSM-60		4.596.919	1.674.473	Mocoa	San Carlos
RSM-61		4.596.705	1.675.637	Mocoa	San Carlos
RSM-62		4.596.275	1.678.502	Mocoa	San José del Pepino
RSM-63		4.596.240	1.678.772	Mocoa	San José del Pepino
RSM-64		4.595.053	1.682.570	Mocoa	Los Guadales II
RSM-65		Día 4	4.592.433	1.689.372	Mocoa
RSM-66	4.592.430		1.689.401	Mocoa	San Antonio
RSM-67	4.592.495		1.689.788	Mocoa	San Antonio
RSM-68	4.592.100		1.691.264	Mocoa	San Antonio
RSM-69	4.591.448		1.691.270	Mocoa	Galicias
RSM-70	4.590.276		1.691.444	Mocoa	Campucana
RSM-71	4.589.936		1.691.887	Mocoa	Campucana
RSM-72	4.590.234		1.691.767	Mocoa	Campucana
RSM-73	4.591.882		1.690.754	Mocoa	San Antonio
RSM-74	4.592.288		1.690.035	Mocoa	San Antonio
RSM-75	4.592.552		1.689.979	Mocoa	San Antonio
RSM-76	4.593.026		1.688.552	Mocoa	San Antonio
RSM-77	4.591.718		1.688.774	Mocoa	San Antonio
RSM-78	4.591.512		1.688.876	Mocoa	San Antonio
RSM-79	4.591.015		1.689.178	Mocoa	San Antonio
RSM-80	4.591.335	1.688.952	Mocoa	San Antonio	
RSM-81	4.592.221	1.687.795	Mocoa	San Antonio	
RSM-82	4.592.593	1.686.144	Mocoa	Cabecera municipal	
RSM-83	4.593.688	1.685.415	Mocoa	Cabecera municipal	
RSM-84	4.593.487	1.684.832	Mocoa	Cabecera municipal	
RSM-85	4.593.791	1.684.797	Mocoa	Cabecera municipal	
RSM-86	4.594.537	1.685.158	Mocoa	Cabecera municipal	
RSM-87	Día 5	4.594.361	1.684.657	Mocoa	Los Guadales II
RSM-88		4.594.425	1.684.355	Mocoa	Los Guadales II
RSM-89		4.594.534	1.684.118	Mocoa	Los Guadales II
RSM-90		4.594.701	1.683.792	Mocoa	Los Guadales II
RSM-91		4.596.433	1.680.092	Mocoa	San José del Pepino
RSM-92		4.596.472	1.680.077	Mocoa	San José del Pepino
RSM-93		4.597.085	1.680.219	Mocoa	San José del Pepino



Estación	Día	Este	Norte	Municipio	Vereda
RSM-94		4.597.606	1.680.246	Mocoa	San José del Pepino
RSM-95		4.597.660	1.680.230	Mocoa	San José del Pepino
RSM-96		4.597.786	1.680.184	Mocoa	San José del Pepino
HPB-093	Día 6	4.597.339	1.693.771	Mocoa	Las Toldas
HPB-094		4.596.696	1.693.725	Mocoa	Las Toldas
HPB-095		4.594.936	1.692.489	Mocoa	Alto Afán
HPB-096		4.595.335	1.690.937	Mocoa	Alto Afán
HPB-097		4.595.305	1.690.934	Mocoa	Alto Afán
HPB-098		4.596.271	1.688.423	Mocoa	Medio Afán
HPB-099		4.592.945	1.692.439	Mocoa	Monclar
HPB-100		4.591.135	1.692.864	Mocoa	Monclar
HPB-101		4.590.656	1.692.792	Mocoa	Monclar
HPB-102		4.590.458	1.692.809	Mocoa	Monclar
HPB-103		4.590.210	1.692.516	Mocoa	Monclar
HPB-104		4.590.204	1.692.482	Mocoa	Campucana
HPB-105		4.590.225	1.692.460	Mocoa	Campucana
HPB-106		4.590.267	1.691.899	Mocoa	Campucana
HPB-107		4.590.224	1.691.883	Mocoa	Campucana
HPB-108		4.594.372	1.690.333	Mocoa	Alto Afán
HPB-109		4.592.406	1.689.367	Mocoa	San Antonio
HPB-110		4.592.283	1.690.017	Mocoa	San Antonio
HPB-111		4.591.803	1.690.274	Mocoa	San Antonio
HPB-112		Día 7	4.590.275	1.685.551	Mocoa
HPB-113	4.590.094		1.685.757	Mocoa	Las Palmeras
HPB-114	4.589.936		1.685.810	Mocoa	Las Palmeras
HPB-115	4.589.756		1.685.893	Mocoa	Las Palmeras
HPB-116	4.589.627		1.686.037	Mocoa	Las Palmeras
HPB-117	4.589.212		1.686.137	Mocoa	San Luis de Chontoyaco
HPB-118	4.590.215		1.685.652	Mocoa	Las Palmeras
HPB-119	4.588.864		1.683.482	Mocoa	San Luis de Chontoyaco
HPB-120	4.590.305		1.685.021	Mocoa	San Luis de Chontoyaco
HPB-121	4.593.341		1.682.369	Mocoa	Rumiyaco
HPB-122	4.590.097		1.678.446	Mocoa	La Tebaida
HPB-123	4.587.817		1.677.965	Mocoa	La Tebaida
HPB-124	4.584.556		1.677.444	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-125	4.584.614		1.677.348	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-126	4.584.922		1.677.103	Mocoa	La Florida
HPB-127	4.584.747		1.677.127	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-128	4.584.439		1.676.998	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-129	4.584.286		1.677.274	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-130	4.583.957		1.677.228	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-131	4.583.753		1.677.295	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-132	4.583.705	1.677.360	Mocoa	Baldío Nacional	



Estación	Día	Este	Norte	Municipio	Vereda
HPB-133		4.584.085	1.677.637	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-134		4.583.501	1.677.158	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-135		4.583.898	1.676.925	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-136		4.584.378	1.676.476	Mocoa	Baldío Nacional
HPB-137		4.583.071	1.676.666	Mocoa	La Florida
HPB-138		4.577.079	1.678.089	San Francisco	Los monos
HPB-139		4.572.693	1.680.307	San Francisco	Los monos
HPB-140		4.572.127	1.689.709	San Francisco	Minchoy
HPB-141		4.565.560	1.693.069	Sibundoy	La Hidráulica
HPB-142		4.566.826	1.693.250	Sibundoy	Sibundoy Parte Alta
HPB-143	4.566.967	1.693.477	Sibundoy	La Cumbre	
HPB-144	4.567.395	1.693.764	Sibundoy	La Cumbre	
HPB-145	4.567.598	1.693.820	Sibundoy	La Cumbre	
HPB-146	4.567.717	1.694.034	Sibundoy	La Cumbre	
HPB-147	4.566.837	1.693.269	Sibundoy	Sibundoy Parte Alta	
HPB-148	4.572.356	1.690.042	San Francisco	Minchoy	
HPB-149	4.573.251	1.690.252	San Francisco	Minchoy	
HPB-150	4.573.441	1.690.345	San Francisco	Minchoy	
HPB-151	4.573.540	1.690.324	San Francisco	Minchoy	
HPB-152	4.573.794	1.690.618	San Francisco	Minchoy	
HPB-153	4.573.850	1.690.643	San Francisco	Minchoy	
HPB-154	4.574.211	1.690.755	San Francisco	Minchoy	
HPB-155	4.574.535	1.691.109	San Francisco	Minchoy	
HPB-156	4.574.942	1.691.071	San Francisco	Minchoy	
HPB-157	4.575.818	1.691.616	San Francisco	Minchoy	
HPB-158	4.576.089	1.691.642	San Francisco	Minchoy	
HPB-159	4.576.181	1.691.724	San Francisco	Minchoy	
HPB-160	4.576.182	1.691.721	San Francisco	Minchoy	
HPB-161	4.576.138	1.691.991	San Francisco	Minchoy	
HPB-162	4.576.272	1.692.175	San Francisco	Minchoy	
HPB-163	4.576.306	1.692.161	San Francisco	Minchoy	
HPB-164	4.576.318	1.692.200	San Francisco	Minchoy	
HPB-165	4.576.313	1.692.244	San Francisco	Minchoy	
HPB-166	4.576.625	1.692.429	San Francisco	Minchoy	
HPB-167	4.576.639	1.692.468	San Francisco	Minchoy	
HPB-168	4.576.641	1.692.496	San Francisco	Minchoy	
HPB-169	4.576.691	1.692.640	San Francisco	Minchoy	
HPB-170	4.576.693	1.692.733	San Francisco	Minchoy	
HPB-171	4.576.877	1.692.832	San Francisco	Minchoy	
HPB-172	4.576.984	1.692.778	San Francisco	Minchoy	
HPB-173	4.577.390	1.692.901	San Francisco	Minchoy	
HPB-174	4.577.588	1.693.099	San Francisco	Minchoy	
HPB-175	4.577.965	1.693.324	San Francisco	Minchoy	



Estación	Día	Este	Norte	Municipio	Vereda
HPB-176		4.577.953	1.693.275	San Francisco	Minchoy
HPB-177		4.578.007	1.693.175	San Francisco	Minchoy
HPB-178		4.578.312	1.693.327	San Francisco	La Esperanza
HPB-179		4.578.321	1.693.331	San Francisco	La Esperanza
HPB-180		4.578.976	1.693.284	San Francisco	La Esperanza
HPB-181		4.578.999	1.693.255	San Francisco	La Esperanza
HPB-182		4.579.011	1.693.250	San Francisco	La Esperanza
HPB-183		4.579.488	1.693.121	San Francisco	La Esperanza
HPB-184		4.579.842	1.692.117	San Francisco	La Esperanza
HPB-185		4.579.893	1.692.084	San Francisco	La Esperanza
HPB-186		4.580.079	1.692.130	San Francisco	La Esperanza
HPB-187		4.580.404	1.692.217	San Francisco	La Esperanza
HPB-188		4.580.616	1.692.058	San Francisco	La Esperanza
HPB-189		4.580.705	1.691.617	San Francisco	La Esperanza
HPB-190		4.580.968	1.691.829	San Francisco	La Esperanza
HPB-191		4.581.447	1.691.371	San Francisco	La Esperanza
HPB-192		4.581.478	1.691.356	San Francisco	La Esperanza
HPB-193		4.581.534	1.691.495	San Francisco	La Esperanza
HPB-194		4.582.118	1.692.046	San Francisco	La Esperanza
HPB-195		4.582.151	1.692.033	San Francisco	La Esperanza
HPB-196		4.583.149	1.691.543	San Francisco	La Esperanza
HPB-197		4.583.164	1.691.102	San Francisco	La Esperanza
HPB-198		4.583.308	1.691.021	San Francisco	La Esperanza
HPB-199		4.583.934	1.690.358	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-200		4.583.940	1.690.400	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-201		4.584.325	1.691.117	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-202		4.584.873	1.691.170	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-203		4.584.882	1.691.189	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-204		4.585.290	1.691.609	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-205		4.585.333	1.691.672	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-206		4.585.395	1.691.814	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-207		4.585.638	1.691.681	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-208		4.586.126	1.691.092	Baldío Nacional	Baldío Nacional
HPB-209		4.586.163	1.691.096	Mocoa	Campucana
HPB-210	Día 10	4.586.412	1.691.564	Mocoa	Campucana
HPB-211		4.586.668	1.691.448	Mocoa	Campucana
HPB-212		4.586.666	1.691.661	Mocoa	Campucana
HPB-213		4.587.095	1.691.563	Mocoa	Campucana
HPB-214		4.587.109	1.691.547	Mocoa	Campucana
HPB-215		4.587.387	1.691.594	Mocoa	Campucana
HPB-216		4.587.428	1.691.527	Mocoa	Campucana
HPB-217		4.587.556	1.691.814	Mocoa	Campucana
HPB-218		4.587.688	1.691.849	Mocoa	Campucana



Estación	Día	Este	Norte	Municipio	Vereda
HPB-219		4.587.875	1.691.972	Mocoa	Campucana
HPB-220		4.587.916	1.692.247	Mocoa	Campucana
HPB-221		4.587.967	1.692.681	Mocoa	Campucana
HPB-222		4.588.075	1.692.654	Mocoa	Campucana
HPB-223		4.588.235	1.692.568	Mocoa	Campucana
HPB-224		4.588.423	1.692.567	Mocoa	Campucana
HPB-225		4.589.518	1.692.313	Mocoa	Campucana
HPB-226		4.590.165	1.692.316	Mocoa	Campucana
HPB-227		4.590.203	1.691.891	Mocoa	Campucana

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

En el Anexo 7. Libretas de campo, se puede ampliar esta información, en donde se tiene la descripción de las unidades observadas y de las fotografías tomadas.

### 3.3 Fase Post-campo

Finalmente, en esta fase se procesó e íntegro la información obtenida en las etapas anteriores. Se compilaron los datos de la salida de campo: datos estructurarles, información de los afloramientos, disposición general de las unidades en los puntos visitados, datos morfodinámicos, morfoestructurales, paisajes y ambientes geomorfológicos. Se clasificaron las fotografías tomadas en campo de donde se obtienen fotografías de afloramiento y panorámicas que nos muestran con mayor claridad la forma del terreno y los contactos o estructuras presentes en el área.

Con la información expuesta por medio de los diferentes geólogos participantes en las campañas de campo, se procedió a complementar los mapas de fotointerpretación geológica y geomorfológica, teniendo como fin el mapa de geología básica con fines de ordenamiento y de geomorfología con criterios morfogenéticos (Anexo 1. Salidas gráficas documentos), como se muestran respectivamente en las Figura 12 y Figura 13, de igual modo en la Figura 14, se presenta la distribución e índice de las 8 planchas a escala 1:25.000 (Anexo 2. Salidas cartográficas definitivas). En el Anexo 3. Shapes Gg y Gmf, se encuentran los shapes de estas unidades.

Posteriormente se redactó la memoria técnica donde se compila toda la información que configura la geología del POMCA de la cuenca del río Mocoa.

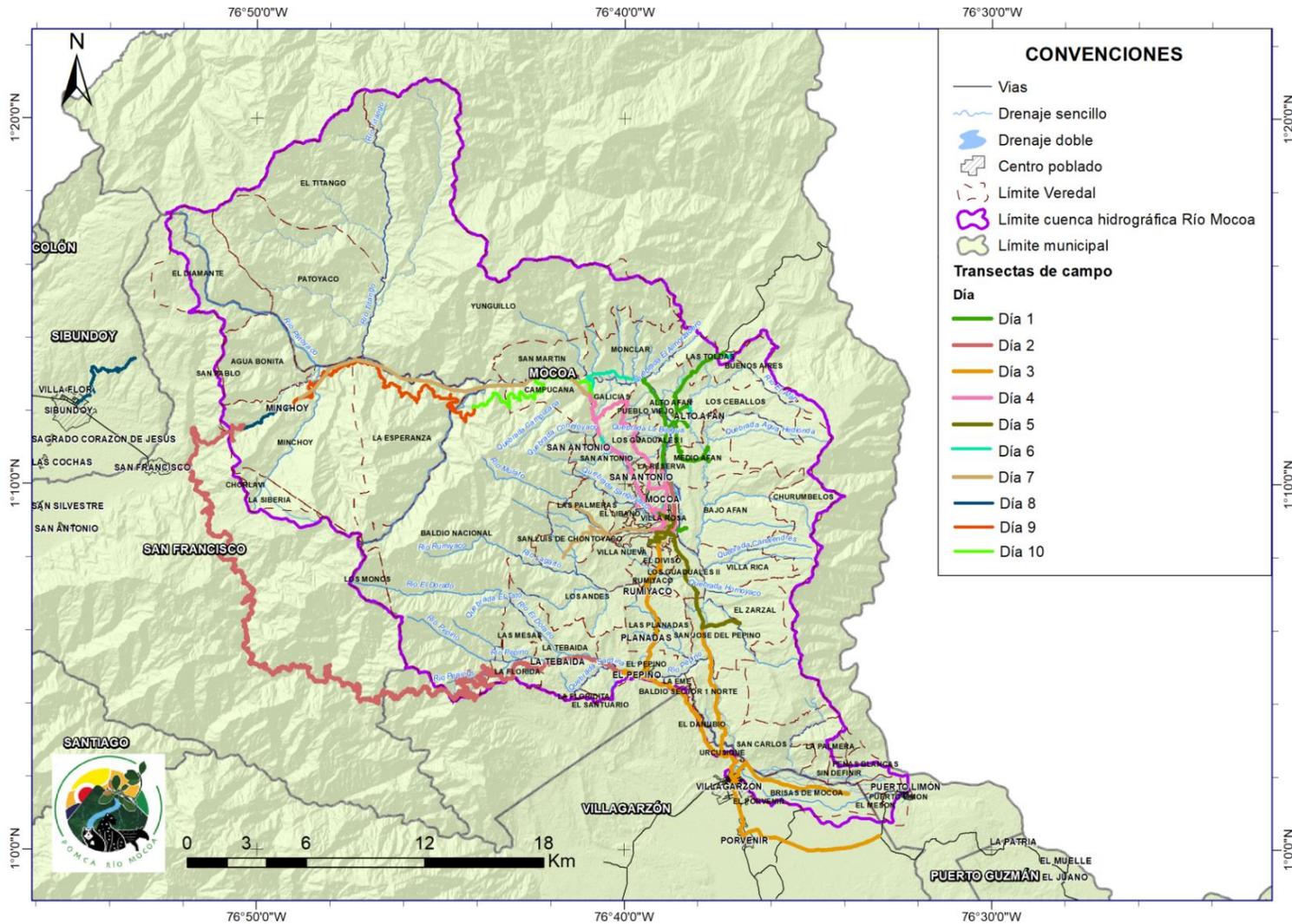


Figura 11. Localización de estaciones de campo en la cuenca del río Mocoa.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

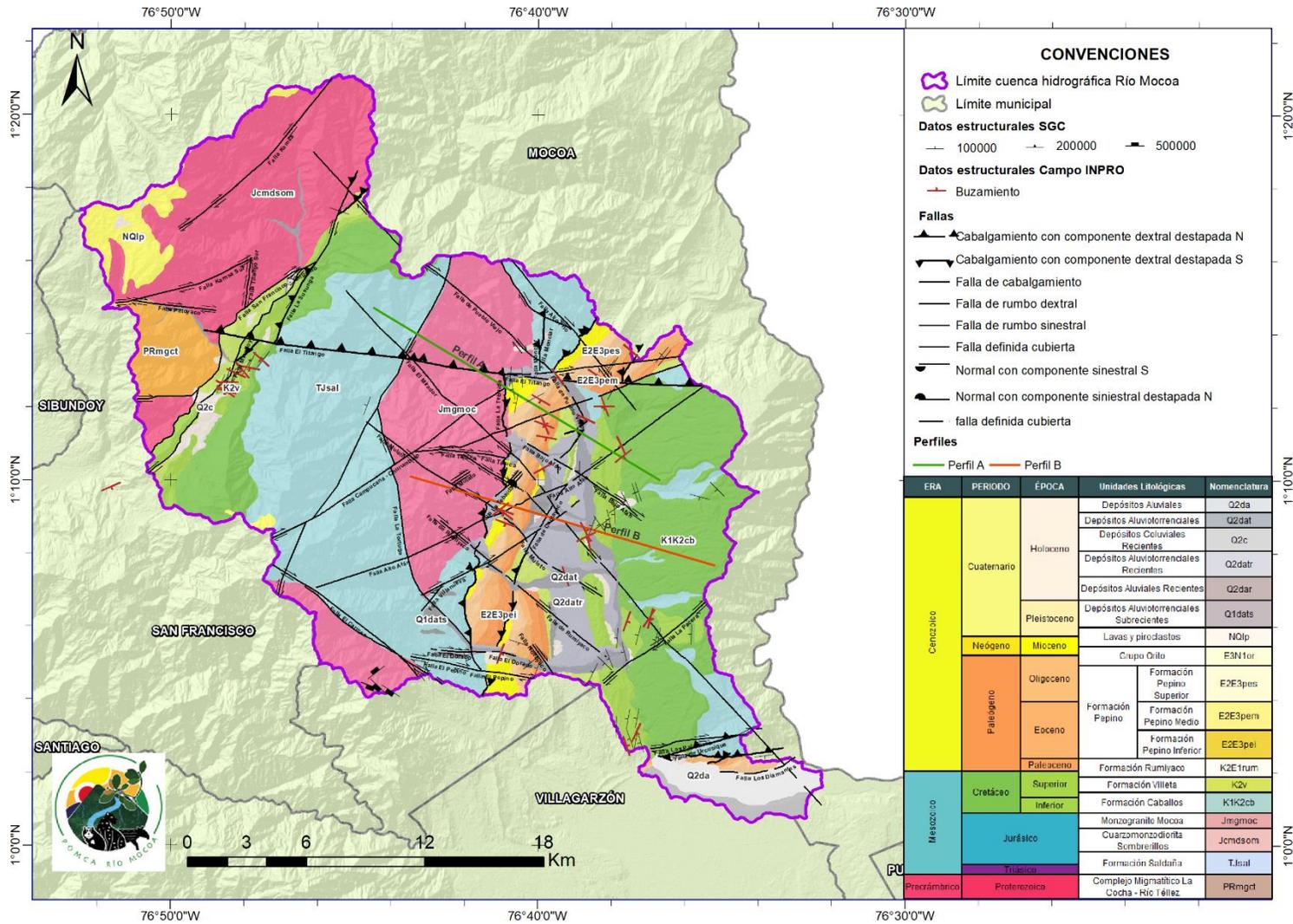


Figura 12. Mapa de geología básica con fines de ordenación de la cuenca del río Mocoa escala 1:25.000.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
 Contrato 343 de 2020

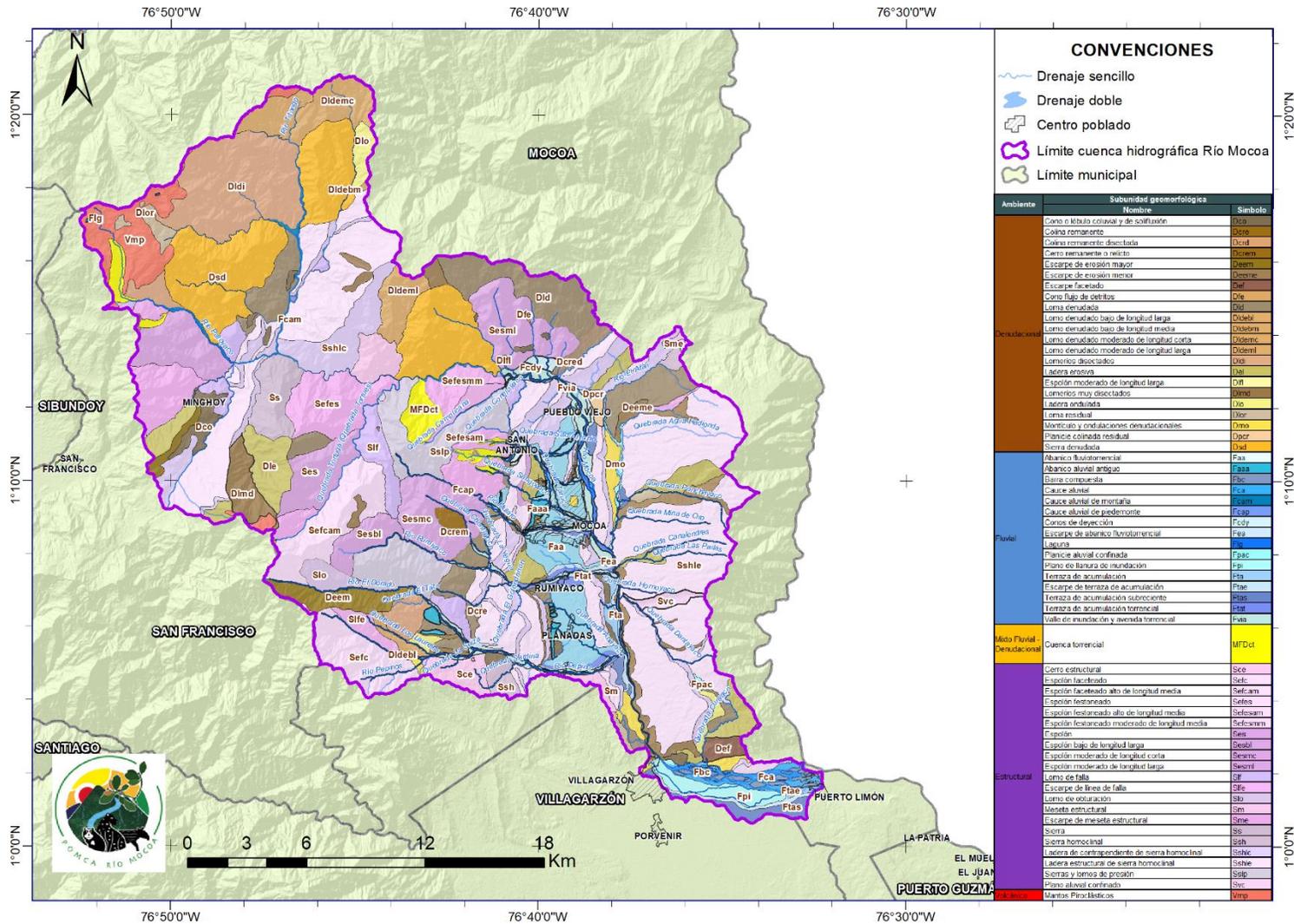
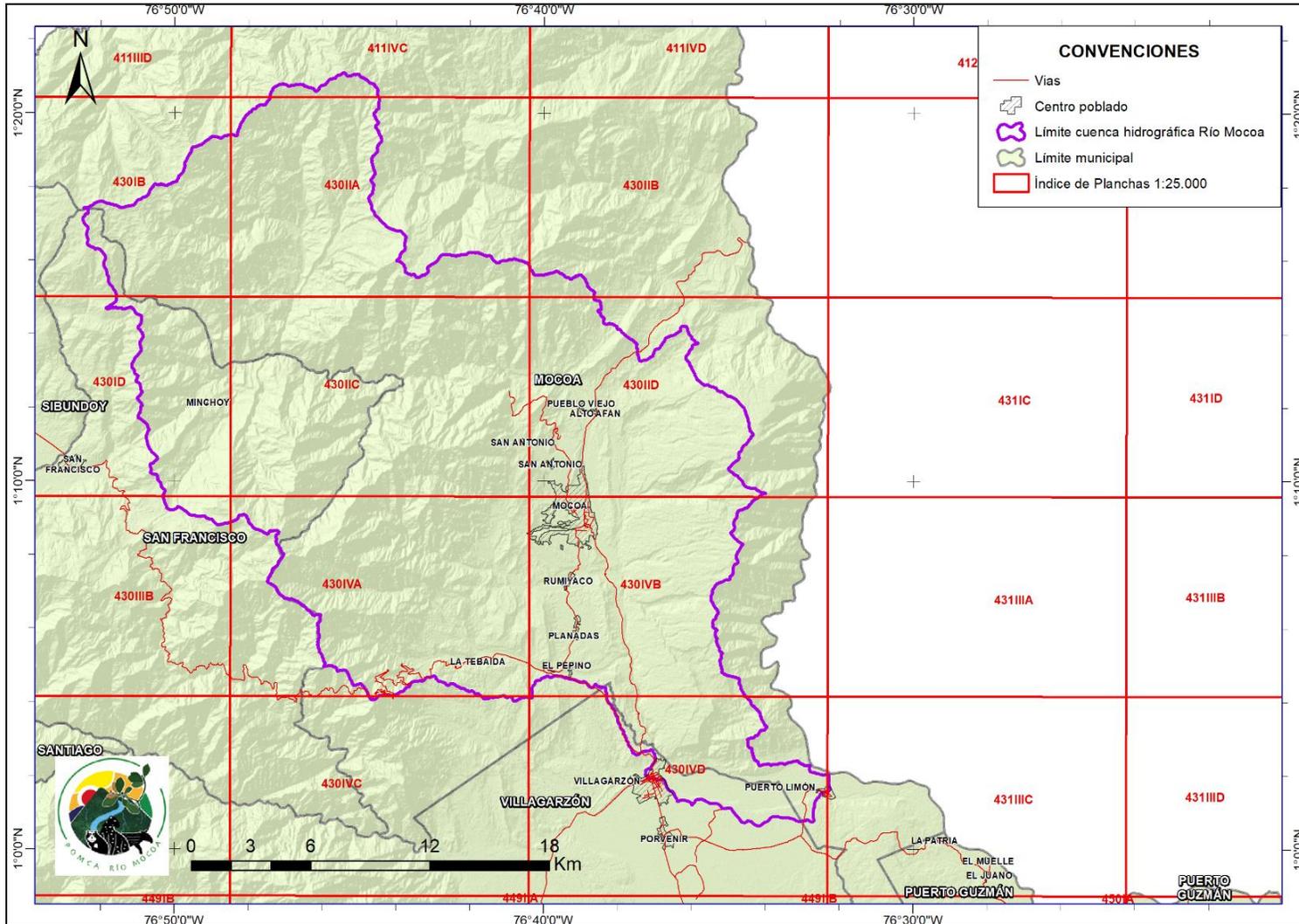


Figura 13. Mapa de Geomorfología con Criterios Morfogenéticos.  
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
 Contrato 343 de 2020



## 4 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La cuenca del río Mocoa es una región muy compleja desde el punto de vista geológico, tanto en la parte tectónica como en los aspectos estratigráficos. Esto se debe, porque afloran rocas muy antiguas como es el Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez, que datan del eón precámbrico, hasta depósitos cuaternarios recientes que conforman una morfología muy irregular, dominada por grandes sistemas de fallas de dirección NE – SW predominante (INGEOMINAS, 2003).

Como se mencionó previamente el Precámbrico está representado por las rocas del Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez, expuestas sobre el sector montañoso de la cuenca hacia el norte, en el piedemonte de la Cordillera Oriental, esta unidad fue expuesta por efecto de la Orogenia Andina. Kroonenberg (1982) sugiere que el metamorfismo de esta unidad es el resultado de la colisión continente – continente entre los escudos de Guayana y Canadiense, Cediél & Cáceres (2002) denominan este evento como Orogenia Orinoco, ocurrida hace 1200 Millones de años (Ma).

Las rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Saldaña y los intrusivos (Monzogranito Mocoa y Cuarzomonzodiorita Sombrerillos) son interpretados como producto de una cuenca trans-arco, lo que sugiere la presencia de un arco volcánico continental y una zona de subducción al oeste del área actual, durante el Triásico – Jurásico. Mojica & Dorado (1987) toman las características litológicas de los cuerpos intrusivos y de las rocas volcánicas como evidencia de una tectónica de rift a lo largo del proto Valle Superior de Magdalena, que se extendía lógicamente hacia el sur del país en las cuencas altas de los ríos Caquetá y Putumayo, por consiguiente provocó la generación de fallas normales profundas, que facilitaron el ascenso de lava y formación de volcanes que dieron origen a los extensos depósitos de la Formación Saldaña. Cediél et al (2002) consideran que un importante magmatismo calco alcalino metaluminoso (Tipo I) ocurrió en el territorio colombiano durante el Triásico – Jurásicos y que estuvo asociado con el contexto tafrogenético del emplazamiento del Batolito de Mocoa.



El magmatismo, seguido por un proceso fuerte de erosión, pudo persistir hasta comienzos del Cretácico cuando, de acuerdo con Etayo et al (1969), tuvo lugar una regresión marina desde el norte, las unidades sedimentarias cretácicas expuestas en la Cuenca del Putumayo muestran que las condiciones se establecieron solo a finales del Cretáceo Temprano (Formación Caballos); a comienzos del Cretácico Tardío se alcanzó un ambiente de plataforma somera con condiciones reductoras, lo que permitió la acumulación de sedimentos finos (Formación Villeta). Las condiciones de avance del mar y su fase de retroceso también se marcan en las rocas aflorantes en la región, lo mismo que las características de la regresión marina a finales del Cretácico Tardío (Formación Rumiayaco).

El ambiente de acumulación de sedimentos marinos se mantuvo hasta finales del Cretácico cuando se registró el cambio de un medio continental, durante el Maastrichtiano – Paleoceno, que según Irving (1971) coincide con el levantamiento de la Cordillera Occidental y el emplazamiento de batolitos en la Cordillera Central, esto generó la acumulación de sedimentos continentales, apreciables en la Formación Pepino, esta misma, evidencia los pulsos de levantamiento de las cordilleras y el emplazamiento del mar hacia el oriente, registrado por la sedimentación del Grupo Orito. Con base a Mojica & Franco (1990), este desplazamiento tuvo lugar en el sector donde las cordilleras Central y Oriental inician su individualización, sobre el Municipio de Moca.

A partir del Mioceno las cuencas del Putumayo y la Llanura Amazónica, en el área, se independizan, por efecto del levantamiento de la Cordillera Oriental, que separó el Valle del Magdalena de la cuenca de los Llanos y la cuenca del Putumayo (Van der Wiel (1991)).

El sistema de Fallas Algeciras podría representar un gran frente de cabalgamiento (fallas del frente o piedemonte) con despegue profundo, a partir del cual se da la transpresión; este sería un modelo que algunos llaman “Orógeno Florante”; también se puede tratar de una gran “Estructura Flor”, muy regional, donde la falla principal sería el Sistema de Fallas Algeciras, de igual modo, en algún momento hubo un



cambio hacia una partición de esfuerzos que dio lugar a movimiento de rumbo fuerte (2001a).

Finalmente, durante el cuaternario se formaron los depósitos coluviales por grandes movimientos en masa provenientes de la zona montañosa de la cordillera oriental, a su vez, la dinámica del río Mocoa generó depósitos aluviales de terraza y depósitos aluviales más recientes.

En la Tabla 3, se expresa un resumen de las unidades litoestratigráficas y su disposición en el subsuelo, presentes en la cuenca del río Mocoa.

## **5 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA – GEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA**

Se considera el punto de partida al eón precámbrico, dado que, se encuentran rocas cristalinas masivas perteneciente al Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez, asociadas al Macizo de Garzón con una edad de 1.2 Ga (Ordoñez, Restrepo, & Martins, 2006) (Cardona, y otros, 92-104), periodo en el cual fueron afectados por un metamorfismo de alto grado por colisión continental (Orogenia Grenviliiana). Posterior a esta colisión se da una separación dando lugar a la apertura de cuencas donde se acumularon secuencias Ediacara y Cámbricas, conformando los protolitos del Complejo Aleluya, sometidas a metamorfismo en el Ordovícico Inferior (Silva, Sial, Ferreira, Arenas, & Jimenez, 2005), formando un segundo paquete de rocas cristalinas masivas y cristalinas foliadas.

Las rocas cristalinas de mayor antigüedad fueron expuestas posteriormente por el levantamiento de la orogenia andina, que provoco una serie de fallas de cabalgamiento, haciendo que se encuentren en contacto fallado con rocas paleozoicas y Triásicas – Jurásicas, constituidas por la Formación Saldaña y los intrusivos de Mocoa y Sombrerillos, que a su vez son fallados sobre el registro cretácico (Falla San Francisco - Yunguillo). Lo anterior permite la aparición de elementos estructurales asociados al trazo de la falla como lo es la formación de familias de espolones y lomos de falla (SGC, 2013). Cabe resaltar que dentro de la



cuenca no hay registro sedimentario del Paleozoico, que evidencie alguna evolución o ambientes sedimentarios durante esta era.

Tabla 3. Unidades Geológicas presentes en la cuenca del río Mocoa.

ERA	PERIODO	ÉPOCA	Unidades Litológicas		Nomenclatura
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales		Q2da
			Depósitos Aluviotorrenciales		Q2dat
			Depósitos Coluviales Recientes		Q2c
			Depósitos Aluviotorrenciales Recientes		Q2datr
			Depósitos Aluviales Recientes		Q2dar
	Neógeno	Mioceno	Depósitos Aluviotorrenciales Subrecientes		Q1dats
			Lavas y piroclastos		NQlp
	Paleógeno	Oligoceno	Grupo Orito		E3N1or
			Formación Pepino	Formación Pepino Superior	E2E3pes
				Formación Pepino Medio	E2E3pem
Formación Pepino Inferior		E2E3pei			
Eoceno					
Paleoceno					
Mesozoico	Cretáceo	Superior	Formación Rumiyaco		K2E1rum
			Formación Villeta		K2v
		Inferior	Formación Caballos		K1K2cb
	Jurásico	Monzogranito Mocoa		Jmgmoc	
		Cuarzomonzodiorita Sombrerillos		Jcmdsom	
		Formación Saldaña		TJsal	
	Triásico				
Preocrámbrico	Proterozoico	Complejo Migmatítico La Cocha - Río Téllez		PRmgct	

Fuente: SGC, compilado y ajustado por INPRO S.A.S, 2021.



Una vez expuestas las Formaciones Saldaña y los cuerpos intrusivos, los procesos denudativos producto de las condiciones ambientales y al alto fracturamiento por efecto de estos sistemas de fallas, se vieron altamente favorecidos, especialmente en la Formación Saldaña, por consiguiente, estas unidades presentan morfologías escarpadas con procesos erosivos marcados y morfologías alargadas en formas de sierras con altos grados de meteorización. El avanzado estado de meteorización de los intrusivos ha transformado la roca en un saprolito areno arcilloso, y en conjunto, los cuerpos que conforman estas unidades se presentan como prominencias montañosas que destacan del relieve circundante, donde ha tenido lugar la formación de sierras denudadas, lomos denudados, sierras residuales, escarpes de erosión mayor, laderas erosivas y cerros. Al mismo tiempo los diferentes rasgos estructurales que atraviesan el centro de la plancha, están asociados a la formación de familias de espolones, sierras, lomos y lomos de falla.

El periodo Cretácico se encuentra representado por las Formaciones Caballos, Villeta y Rumiyo. En cuanto a la Formación Caballos, sus conglomerados basales reflejan ambientes de alta energía, mientras que para los Miembros Medio y Superior impera la influencia marina y una profundización hacia el tope de la unidad. Sobre esta sucesión yacen las Formaciones Villeta y Rumiyo, y en conjunto, las tres formaciones registran la transgresión marina del Cretácico. Los remanentes de estas rocas sedimentarias frente a los procesos erosivos y tectónicos, los cuales han fracturado, plegado y dislocado estas unidades, se configuraron como sierras sinclinales, anticlinales y homoclinales con laderas estructurales y de contrapendiente, donde debido a las altas pendientes y el intenso fracturamiento de los estratos, son frecuentes las caídas de rocas hacia los contrapendientes, mientras que hacia las laderas estructurales lo son los deslizamientos.

Para las épocas de Eoceno y Mioceno, al menos dos eventos de exhumación asociados a la Cordillera Central son identificados, produciendo una flexión en el cratón que genera la acumulación de los sedimentos del Grupo Orito y la Formación Pepino (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2011). Este levantamiento está



asociado con el avance progresivo del Sistema de Fallas de Algeciras que presentó fallas relacionadas con el levantamiento y al mismo tiempo involucró un componente de rumbo que produjo cuencas de tracción como el Valle de Sibundoy (INGEOMINAS, 2003), de esta manera son levantados los bloques más antiguos hacia el norte de la cuenca y basculadas las rocas cretácicas.

Dentro de las microcuencas del área de estudio en los valles aluviales estrechos, que drenan hacia el valle principal del río Mocoa, ocurre socavación del cauce y de las laderas debido a la torrencialidad de las corrientes y a la poca consolidación del material geológico que constituye esta región (SGC, 2013).

La actividad de la cadena volcánica del suroccidente colombiano, de los volcanes Doña Juana y Ánimas, que son los más cercanos al área de la cuenca del río Mocoa, que surgieron entre materiales proterozoicos, paleozoicos y cretácicos hace 2 y 2.5 Ma (INGEOMINAS, 2003), generó una extensa cobertura de depósitos piroclásticos y flujos volcánicos (Plioceno – Pleistoceno) que recubren rocas proterozoicas hasta depósitos recientes; desarrollando una morfología irregular, generalmente ondulada y suavizando la topografía cuando los piroclastos son abundantes. Los materiales que constituyen estos depósitos presentan diaclasamiento y se encuentran en un avanzado estado de meteorización que ha favorecido el desarrollo de suelos arcillosos de colores pardos y grises y al mismo tiempo eventos morfodinámicos tipo flujo y deslizamiento.

En cuanto los depósitos volcánicos han dado lugar a que geomorfológicamente sean reconocibles flujos piroclásticos aterrizados hacia el noroeste de la cuenca, dando lugares de baja inclinación y relieves suaves en zonas de alta montaña

Finalmente, durante el periodo cuaternario se han desarrollado grandes eventos fluviotorrenciales, sobre distintas microcuencas que se localizan dentro del área de estudio, formando una serie de abanicos fluviotorrenciales como donde se localiza la cabecera municipal de Mocoa, los cuales se encuentran disectados por drenajes, de igual modo, dentro de las unidades cenozoicas que desarrollan lomos, sierras, colinas todas afectadas por procesos denudacionales, han ocurrido una serie de



movimientos en masa de tipo flujo y deslizamiento que generan geoformas de lóbulos o conos y en algunos casos depósitos extensos del material desplazado, modelando nuevas geoformas.

## 6 UNIDADES LITOESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MOCOA

### 6.1 Precámbrico (Pε)

#### 6.1.1 Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez (PRmgct)

El complejo Migmatítico se localiza en jurisdicciones del municipio de San Francisco, hacia el noroccidente de la cuenca del río Mocoa, donde se encuentra aflorando debido al levantamiento producto del sistema de Fallas de Algeciras, que en la zona se conoce como falla San Francisco – Yunguillo. Litológicamente se trata de un conjunto de rocas metamórficas, principalmente migmatitas, esquistos, neises y anfibolitas, junto con rocas de aspecto granitoide afectadas por blastesis, la unidad se considera precámbrica según las consideraciones de Murcia & Cepeda (1983) La unidad fue reconocida a partir de la información secundaria del SGC y la fotointerpretación, puesto que, esta unidad exhibe laderas alargadas y forma espolones, perpendiculares al río Patoyaco, con drenajes contralados estructuralmente por fallas y lineamientos.

La unidad fue identificada mediante fotointerpretación hacia el noroccidente de la cuenca del río Mocoa, localizándose en el municipio de San Francisco, vereda Agua Bonita, en donde logró identificarse sobre el camino que conduce hacia el centro poblado de Minchoy, observándose en rocas fracturadas y diaclasadas, de mediana rugosidad, con espaciamiento de 0,5 m y sin presencia de agua; para la extracción de la muestra se requirieron una serie de golpes, por la fuerte dureza de la roca catalogada como R4-R5. La roca está compuesta por cuarzo, plagioclasa y biotitas orientadas (174°/60°).

De igual modo, camino hacia el centro poblado Minchoy, se logró reconocer una litología diferente, dentro de la unidad geológica, esta roca es de color gris, de

textura afanítica, con cristales negros tabulares y alargados de hornblenda (Figura 15 y Figura 16), está roca se encuentra moderadamente fracturada y se observan venas de cuarzo intruidas en medio de algunas fracturas, está roca requirió de algunos golpes para la extracción de su muestra, por lo que se considera de tipo R3.

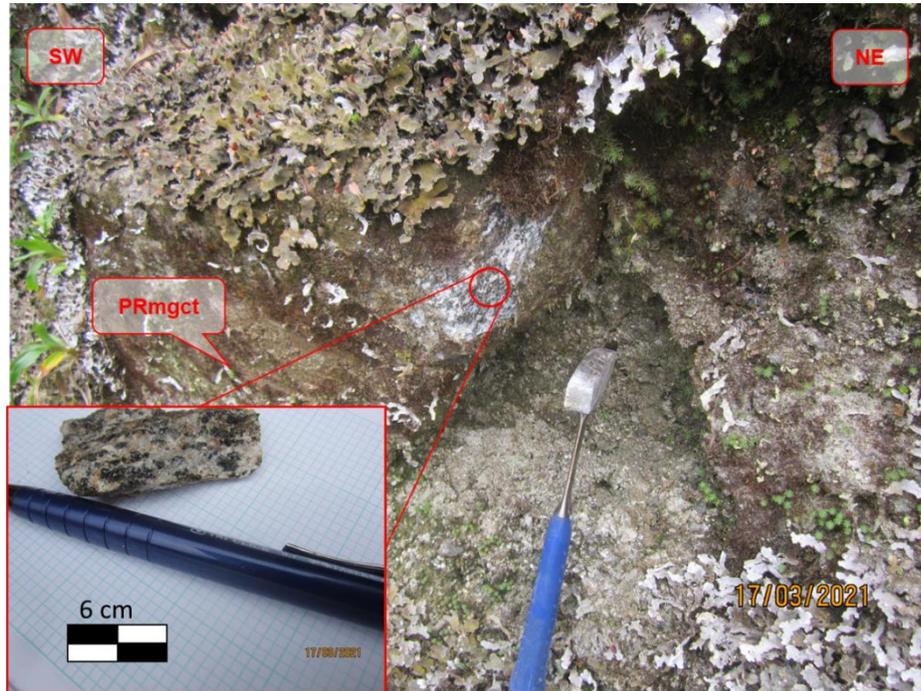


Figura 15. Coordenadas: E= 4572648, N=1690186, en la vereda Minchoy del municipio de San Francisco. Afloramiento rocoso de la Migmatita La Cocha – Río Téllez.

Fuente: INPRO SAS, 2021.



Figura 16. Coordenadas: E= 4572141, N=1690177, en la vereda Minchoy del municipio de San Francisco. Afloramiento de roca del Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

## 6.2 Triásico (T)

### 6.2.1 Formación Saldaña (TJsal)

Se describe como una sucesión de capas finas, medias y gruesas macizas, con fracturamiento medio a alto, de rocas volcánicas lavas y piroclastitas, de textura porfirítica a afanítica, composición riolítica, dacítica, latítica, traquítica y andesítica; las tobas son líticas, cristalinas, vítreas y mezclas de ellas. También se encuentran aglomerados, arenitas tobáceas, limolitas y tufas. Los colores son muy variados encontrándose verde, rojo, morado, pardo, gris y negro como los más comunes. El tamaño de grano varía entre tobas de ceniza y lapilli, hasta aglomerados. (INGEOMINAS, 2003).

En la cuenca del río Mocoa, se reconocieron dos tipos de litologías de esta unidad, siendo la primera, tobas cristalinas, de color gris, expuestas en un afloramiento fracturado y meteorizado, de color café en superficie, conformado por rocas de

matriz grisácea oscura, con cristales de plagioclasa y biotita, que presentan alteración en algunos cristales, observándose cloritización sobre los cristales de biotita (Figura 17). Este material se distribuye principalmente sobre el suroccidente de la cuenca del río Mocoa como sucede en las veredas: La Tebaida y La Florida, y en el recorrido de Minchoy a Campucana en la vereda La Esperanza y en zona de Baldío Nacional.

El segundo tipo de litología observada en el área de estudio, se identificó hacia el nororiente de la cuenca, sobre la vereda del Alto Afán, en la vía que conduce de la cabecera municipal de Mocoa a Pitalito, en el sitio se observó un afloramiento de 8 m de alto con 10 m de ancho, conformado por una capa superficial de aproximadamente 10 cm de espesor de suelo residual rojizo, de alta plasticidad y humedad, al remover la delgada capa de suelo residual se encuentran saprolitos de rocas grises, que se tratan de lavas de composición dacítica - andesítica, con cristales finos de feldespatos alterados, evidenciando caolinitización, dentro de una matriz de color gris claro (Figura 18).



Figura 17. Coordenadas: E= 4587096, N=1677955, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa, afloramiento fracturado de la Formación Saldaña.

Fuente: INPRO SAS, 2021.



Figura 18. Coordenadas: E= 4594662, N=1690613, en la vereda Alto Afán del municipio de Mocoa.  
Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 6.3 Jurásico (J)

En la cuenca del río Mocoa, las unidades del Jurásico están representadas por cuerpos ígneos intrusivos, que se extienden sobre el extremo noroccidente (Jcmdsom) hacia el límite del área y sobre el centro de la cuenca, al occidente de la cabecera municipal de Mocoa (Jmgmoc), estos cuerpos ígneos son principalmente intermedios a ácidos. A continuación, se hace detallan cada una de las unidades.

#### 6.3.1 Cuarzomonzodiorita Sombrerillos (Jcmdsom)

La Cuarzomonzodiorita Sombrerillos corresponde a los denominados por Grosse ( (1930), (1935)) como Macizos del Río Sombrerillos, Yunguillo - Descanse y Tarabita que afloran en la cuenca alta del río Caquetá. Esta unidad se constituye por rocas de color gris y rosado, con diversas tonalidades que dependen de la cantidad de máficos y el grado de meteorización. Por lo regular las rocas se encuentran entre



mediana y altamente meteorizadas, y generan suelos y saprolito areno arcillosos, con espesores que superan los 12 a 15 m. Macroscópicamente tienen textura fanerítica media a gruesa y en algunas zonas se presentan texturas levemente porfíricas. Con alguna frecuencia hay presencia de xenolitos o gabarros. También se presentan diques andesíticos a dacíticos, con espesor entre pocos centímetros y hasta 30-40 cm de choque que cortan las rocas intrusivas. Con menor frecuencia se encuentran diques y venillas cuarzofeldespáticas, aplíticas y de cuarzo (INGEOMINAS, 2003).

La unidad se reconoció a través de fotointerpretación, en vista que, se logra observar una textura fina y masiva, sobre las laderas noroccidentales de la cuenca del río Mocoa, las cuales no presentan una disposición de orientación en específico, se encuentran afectadas por lineamientos, a su vez, se observó el contacto con la Formación Caballos, no obstante, en la vereda Minchoy sobre la ladera donde se encuentra el antiguo camino real, esta unidad está cabalgando sobre la Formación Villeta. La unidad se puede identificar al norte y noroccidente de la cuenca, en vista que, no se logra reconocer sus características al sur del Sistema de Fallas de San Francisco – Yunguillo.

### **6.3.2 Monzogranito Mocoa (Jmgmoc)**

La unidad fue reconocida en un principio como Batolito de Mocoa por Escorce (1977), sin embargo, al realizarse el trabajo geológico de la plancha 430 – Mocoa, la unidad fue renombrada bajo las recomendaciones de la International Subcommission on Stratigraphic Classification, ISSC (1994), otorgándosele el nombre de Monzogranito de Mocoa, teniendo en cuenta la composición litológica predominante, monzogranito y la región donde se ha descrito el cuerpo, el río y la ciudad de Mocoa (INGEOMINAS, 2003)

Macroscópicamente la unidad tiene una composición granitoide con zonas pegmatíticas, que composicionalmente se describen como monzogranitos con variaciones a granito, granodiorita, cuarzomonzonita, cuarzodiorita y monzodiorita, con facies porfídicas de composición similar hacia los bordes del intrusivo

(INGEOMINAS, 2003). Dentro del área de la cuenca del río Mocoa se pudo reconocer la unidad en dos sitios, primeramente, hacía el noroccidente en la vereda Campucana, sector donde se encuentra ubicado el trazo de la futura variante Mocoa – San Francisco, en este lugar la roca se encuentra moderadamente fracturada, con moderado grado de meteorización, compuesta por cristales medianos, de plagioclasa en mayor proporción (55%), seguidos por Feldespatos alcalinos (30%) y cuarzo (5%), por consiguiente, según el triángulo de Streckeisen (IUGS, 1961) la roca se clasifica como una roca plutónica Monzonita, adicionalmente, en la roca se pudo observar la presencia de Biotitas en una proporción del 10%, éstas se encuentran alteradas en algunos casos, con evidencias de cloritización(Figura 19).

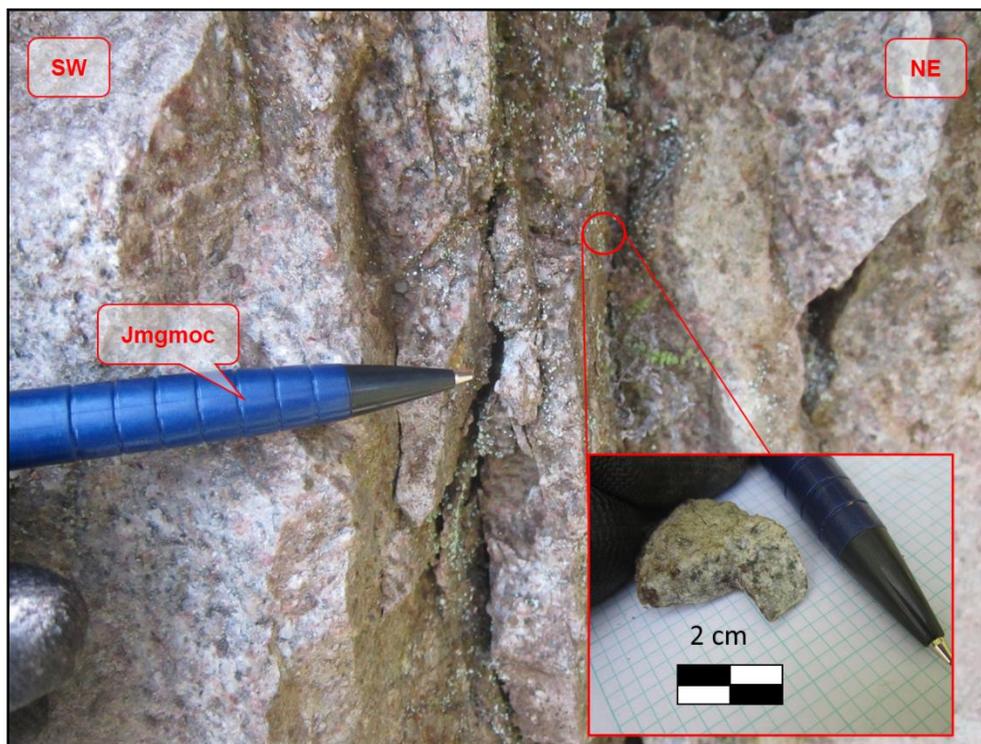


Figura 19. Coordenadas: E= 4590276, N=1691444, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa.  
Fuente: INPRO SAS, 2021.

De igual modo, en la vía que lleva de la cabecera municipal de Mocoa a la cabecera municipal de San Francisco (Vía Mocoa - Pasto), se puede observar a la unidad litológica aflorando, específicamente sobre el sitio que dentro del mapa de veredas

tiene por nombre Baldío Nacional, a las inmediaciones de la vereda La Florida, en el sitio la unidad se encuentra muy fracturada y con grados de meteorización entre moderados a altos, se puede evidenciar principalmente sobre los taludes de la vía, donde por el corte de carretera queda expuesta. En Figura 20, se expone un sitio de roca muy fracturada con moderado grado de meteorización, que en superficie presenta color blancuzco, la roca se conforma por una matriz afanítica masiva gris, conformada por plagioclasa, con minerales negros formados por oxidación al estar expuestos a condiciones ambientales, la roca se define como una monzodiorita, según su composición principal de plagioclasa y muy escasa presencia de feldespato alcalino y cuarzo. La extracción de la muestra requirió de varios golpes del martillo, considerándose R4.



Figura 20. Coordenadas: E= 4584458, N=1676494, en la vía Mocoa – Pasto, sobre el sector jurídico de Baldío Nacional.

Fuente: INPRO SAS, 2021.



## 6.4 Cretácico (K)

El periodo cretácico se encuentra representado en la cuenca del río Mocoa, por la secuencia sedimentaria de las formaciones: Caballos (K1K2cb), Villeta (K2v) y Rumiayaco (K2E1rum), las cuales se encuentran aflorando de más antigua a más joven, en sentido Este – Oeste, esto se observa sobre el sector de Churumbelos y la cabecera municipal de Mocoa, así como, en el occidente de la cuenca sobre el municipio de San Francisco (veredas Minchoy y Patoyaco) y Mocoa (vereda Yunguillo), a continuación, se describen con detalle estas unidades.

### 6.4.1 Formación Caballos (K1K2cb)

En la región esta unidad ha sido mencionada en varias ocasiones por diferentes autores, quienes recomiendan no utilizar el este nombre para la cuenca del Putumayo, en vista que no se tienen los suficientes criterios para extenderla desde el Valle Superior del Magdalena, no obstante, en el informe de la plancha 430 – Mocoa, se utilizó ese término debido a que su uso es muy común en los diferentes estudios del área, y hasta ese momento, la información estratigráfica y cronoestratigráfica no es suficiente para postular una nueva unidad (INGEOMINAS, 2003), en consecuencia, para el área de la cuenca del río Mocoa, se considera a la Formación Caballos con este nombre oficial del Servicio Geológico Colombiano.

Las rocas de la Formación Caballos son esencialmente cuarzoareniscas limpias, de color blanco a grisáceo, estratificadas en capas medias a gruesas, con tamaño de grano medio a grueso, granos subredondeados, de calibrado moderado y porosidad media a alta. Esta litología se puede evidenciar principalmente en la cuenca sobre el sector de Churumbelos, donde la unidad se encuentra formando una morfología regional de ladera estructural, en este sector la formación se encontró aflorando en capas medias a gruesas, conformadas por rocas de areniscas grises y friables, de grano medio, subredondeados y moderada calibración, como se observa en la Figura 21.



Figura 21. Coordenadas: E= 4597606, N=1680246, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa. Capa mediana conformada por arenisca de grano medio.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

De igual forma, se reconocieron sectores donde la unidad presenta una intercalación de las areniscas con lodolitas carbonosas (Figura 22)



Figura 22. Coordenadas: E= 4597786, N=1680184, en la vereda San Jose Del Pepino del municipio de Mocoa. Sector de la quebrada el Fin del Mundo, donde afloran capas de areniscas y capas de lodolitas carbonosas.

Fuente: INPRO SAS, 2021.



#### **6.4.2 Formación Villeta (K2v)**

De manera similar como ocurre con la Formación Caballos, el termino de Formación Villeta, se toma como oficial, debido a que es la terminología utilizada en el informe oficial de la Plancha 430 – Mocoa, realizada por el INGEOMINAS (2003), la cual define que la unidad en la zona se encuentra deformada producto de la actividad de las fallas de cabalgamiento y transcurrentes presentes en la cuenca; litológicamente se encuentra formada principalmente por lodolitas de color gris muy oscuro a negro, estratificadas en láminas, con estructuración de laminación plano paralela a ondulada y en ocasiones con presencia de bivalvos fósiles.

Durante la visita de campo se pudo reconocer la unidad sobre la vía más reciente que comunica las cabeceras municipales de Mocoa y Villagarzón, donde al costado occidental de esta vía sobre la vereda San Carlos, aflora la unidad, conformada por lodolitas grises oscuras y fósiles (el termino fisil hace referencia a la meteorización en forma de láminas presentes en estas rocas), dentro de un afloramiento con meteorización moderada a alta (Figura 23)

En el sector de Churumbelos también pudo identificarse la unidad, exponiéndose un afloramiento de lodolitas grises oscuras a negras, con algunas laminas rojizas por oxidación (Figura 24), mientras en otros afloramientos la unidad se extrae fácilmente sin necesidad de martillo, en el lugar la roca requirió del golpeteo del martillo para su extracción, determinándose como R2, según la tabla índice de ISRM (1981).



Figura 23. Coordenadas: E= 4596919, N=1674473, en la vereda San Carlos del municipio de Mocoa. Afloramiento de lodolitas grises oscuras moderadamente meteorizadas y físilas. Fuente: INPRO SAS, 2021.



Figura 24. Coordenadas: E= 4596472, N=1680077, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa. Fuente: INPRO SAS, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



### **6.4.3 Formación Rumiyaco (K2E1rum)**

La unidad ha sido referenciada bajo el nombre de Formación Rumiyaco desde el trabajo de Saville en el trabajo de Miley & McGirk (1948); según Julivert (1968) el nombre deriva probablemente de la quebrada Rumiyaco, sin que se precise si se refiere al afluente del río Mocoa. La unidad se describe como una sucesión monótona, predominantemente arcillolítica de color rojo y gris, con diversas tonalidades, en la cual se intercalan capas delgadas de conglomerados finos, areniscas cuarzosas, líticas y sublíticas (INGEOMINAS, 2003).

Dentro de la zona de estudio la Formación Rumiyaco se localiza en el centro de la cuenca, aflorando en las inmediaciones de la cabecera municipal de Mocoa y otra franja localizada al noroccidente del área de cuenca, sobre el área rural de los municipios San Francisco y Mocoa. Durante la visita de campo, la unidad sedimentaria se reconoció sobre la vía antigua que comunica a las cabeceras municipales de Mocoa y Villagarzón, donde en diversos afloramientos se pueden observar arcillolitas y limolitas grises, que toman coloraciones rojizas por oxidación (Figura 25), dispuestas en capas de delgadas a medianas, con moderada meteorización y en algunos casos se presentan en macizos fracturados.



Figura 25. Coordenadas: E= 4596919, N=1674473, en la vereda San Carlos del municipio de Mocoa. Limolitas grises físis, con moderado grado de meteorización.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

Esta unidad está siendo explotada económicamente, como materia primara para la fabricación de ladrillos, dado que al alterarse por completo la unidad genera suelos residuales arcillosos, abigarrados, de alta plasticidad y humedad, que pueden ser aprovechados para tal fin (Figura 26).



Figura 26. Coordenadas: E= 4594229, N=1677079, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa. Suelo residual de la Formación Rumiayaco, donde se extrae arcillas para fabricar ladrillos.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

## 6.5 Paleógeno (E)

El Paleógeno está representado en la cuenca del río Mocoa, por la secuencia estratigráfica de la Formación Pepino (E2E1pe) y el Grupo Orito (E3N1or), los cuales continúan la secuencia estratigráfica del Cretáceo, estas unidades litológicas afloran principalmente en el centro de la cuenca y se extienden como una franja al occidente de la cabecera municipal de Mocoa, la cual se repite por efecto de la Falla de Cabalgamiento Cantoyaco. En seguida se explica con mejor detalle cada unidad litológica.

### 6.5.1 Formación Pepino (E2E1pe)

La unidad aparentemente fue definida por Saville, en el trabajo de Miley & McGirk (1948), al sur del municipio de Mocoa, cerca de la población San José de Pepino,

donde se exhiben sus secciones tipo, en las quebradas Sardina y Tobonyaco (INGEOMINAS, 2003). La Formación Pepino se encuentra cartografiada diferenciada en sus tres miembros, inferior, medio y superior, los cuales se describen cada uno a continuación.

#### Formación Pepino Inferior (E2E1pei)

En la zona de estudio la unidad se conforma por un potente conglomerado clastosoportado, cuyos gránulos, compuestos por chert y cuarzo está en proporción de 3:1, de igual modo, se encuentran algunos clastos de lutitas; en los clastos no se evidencia imbricación, estos son usualmente redondeados a subredondeados, con diámetros entre 3 – 6 cm, con algunos que llegan hasta los 15 cm, estos se encuentran embebidos en una matriz arenosa; la unidad se observó en capas gruesas a muy gruesas que generan escarpes de inclinaciones entre 80° a 90° (Figura 27).



Figura 27. Coordenadas: E= 4592552, N=1689979, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. Afloramiento de un escarpe conglomerático en donde se ubica un parqueadero de maquinaria pesada.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 6.5.1.1 Formación Pepino Medio (E2E1pem)

El miembro medio de la Formación Pepino aflora en un contacto neto con sus demás miembros y puede ser reconocido sobre la futura variante Mocoa – San Francisco, un sitio puntual se evidencia en la Figura 28, donde se aprecia un afloramiento moderadamente meteorizado, conformado por capas medianas de saprolitos de rocas arcillolíticas físisles, de color rojizo, altamente meteorizados y alterados, y capas delgadas a medianas de lodolitas abigarradas, que permiten tomar el dato estructural  $158^{\circ}/11^{\circ}$  (azimut de buzamiento / buzamiento).



Figura 28. Coordenadas: E= 4592288, N=1690035, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, afloramiento meteorizado de las arcillolitas de la Formación Pepino Medio.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 6.5.1.2 Formación Pepino Superior (E2E1pes)

Esta unidad se caracteriza por desarrollar cerros continuos y es la unidad más uniforme, en la unidad predominan los conglomerados sobre las lodolitas, en la zona

la unidad aflora en varios sectores, uno de estos sitios reconocidos se observa en la Figura 29, donde al cruzar el puente del río Mocoa que conduce a la vereda Monclar, se observan capas gruesas a medianas y onduladas, de areniscas de grano muy fino a fino, con presencia de líticos, de calibración moderada.

Adicionalmente, durante la salida de campo se evidenciaron aflorando los niveles lodosos, sobre la futura variante Mocoa – San Francisco, donde se observa un estrato grueso conformado por saprolitos de limolitas grises oscuras a negras, con óxidos de hierro (Figura 30).



Figura 29. Coordenadas: E= 4592965, N=1692435, en la vereda Monclar del municipio de Mocoa.  
Fuente: INPRO SAS, 2021.



Figura 30. Coordenadas: E= 4591882, N=1690754, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. Sapolitos de lodolitas evidenciadas sobre un talud de la futura variante Mocoa – San Francisco.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 6.5.2 Grupo Orito (E3N1or)

El Grupo Orito fue definido por Miley y McGirk (1948) y en el trabajo del INGEOMINAS (2003) se reitera como oficial el nombre para esta unidad litológica, la cual se caracteriza por estar formado por estratos delgados a gruesos de lodolitas, limolitas arenosas de color gris, rojo, morado, amarillo y moteadas, litología que pudo corroborarse en la cuenca en dos sectores, el primero sobre el margen derecho de la quebrada Taruca, sitio donde se exponen una intercalación de capas delgadas lenticulares de areniscas finas a medias de color gris y de moderada calibración, con capas medianas de limolitas arenosas de color café, con alto grado de meteorización y formación de suelos residuales limo-arenosos (Figura 31).

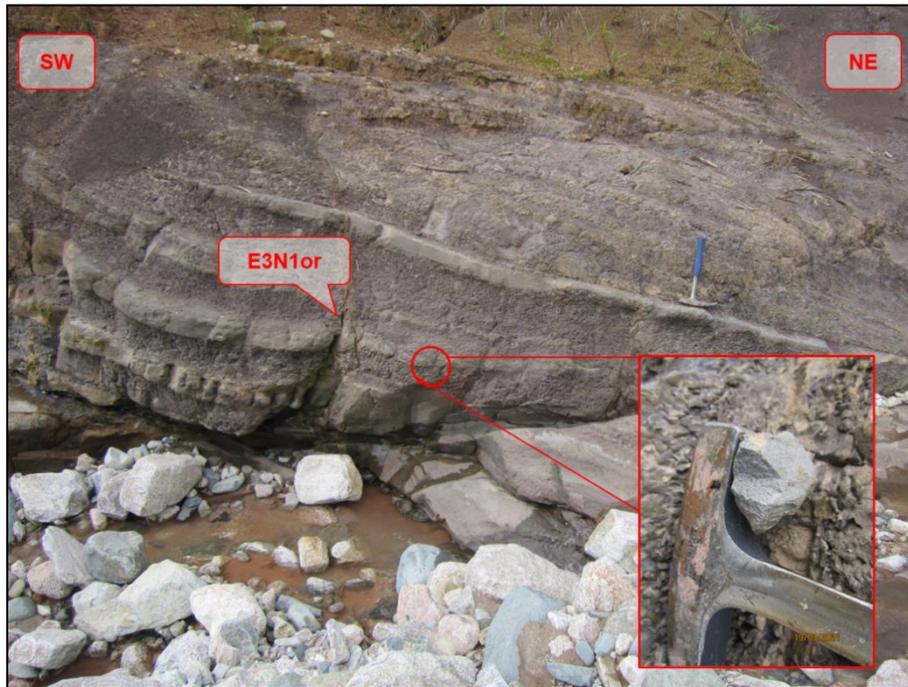


Figura 31. Coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa. Intercalación de lodolitas y areniscas a la margen derecha de la quebrada Taruca.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

De igual modo, hacía el sur de la cuenca sobre la vereda La Tebaida se puede observar este material, que se encuentra aflorando sobre un corte de la vía, que al mismo tiempo, se encuentra cubierto por un depósito coluvial siendo únicamente apreciable los estratos que afloran por el corte vial, en este sitio la litología se compone por limolitas y arcillolitas grises, con algunos niveles de limolitas arenosas, que muestran oxidación por la alteración atmosférica (Figura 32)



Figura 32. Coordenadas: E= 4590112, N=1678452, en la vereda La Tebaida del municipio de Mocoa. Estratos aflorantes del Grupo Orito, que se encuentra cubierta por un depósito coluvial.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

## 6.6 Neógeno (N)

### 6.6.1 Lavas y piroclastos (NQlp)

El termino es utilizado por el INGEOMINAS (2003) para agrupar los depósitos volcánicos y volcanosedimentarios, tanto flujos de lava como lahares y depósitos piroclásticos de flujo y caída, que constituye el sector nororiental de la cuenca del río Mocoa, se identificó mediante interpretación de aerofotografías e imágenes satelitales, dado a su morfología irregular, generalmente ondulada y en ocasiones donde abunda el material piroclástico que suaviza y aterriza la topografía (Figura 33).

Con base a lo descrito en la memoria de la plancha 430 – Mocoa (INGEOMINAS, 2003) gran parte de la unidad está conformada por depósitos piroclásticos de flujo

y caída que generalmente se presentan en avanzado estado de meteorización, que generan suelos arcillosos de color pardo, gris blanco de diversas tonalidades; algunos de los depósitos piroclásticos tienen posiblemente composición riolítica y desarrollan material caolinítico. Interestratificados con estos depósitos piroclásticos, o bajo ellos, se presentan derrames lávicos de espesor considerable que en algunas ocasiones pueden ser seguidos por varios kilómetros, y en otras oportunidades son afloramientos aislados a manera de ventanas bajo la cubierta piroclástica. También se incluyen depósitos de flujos de escombros o lahares.

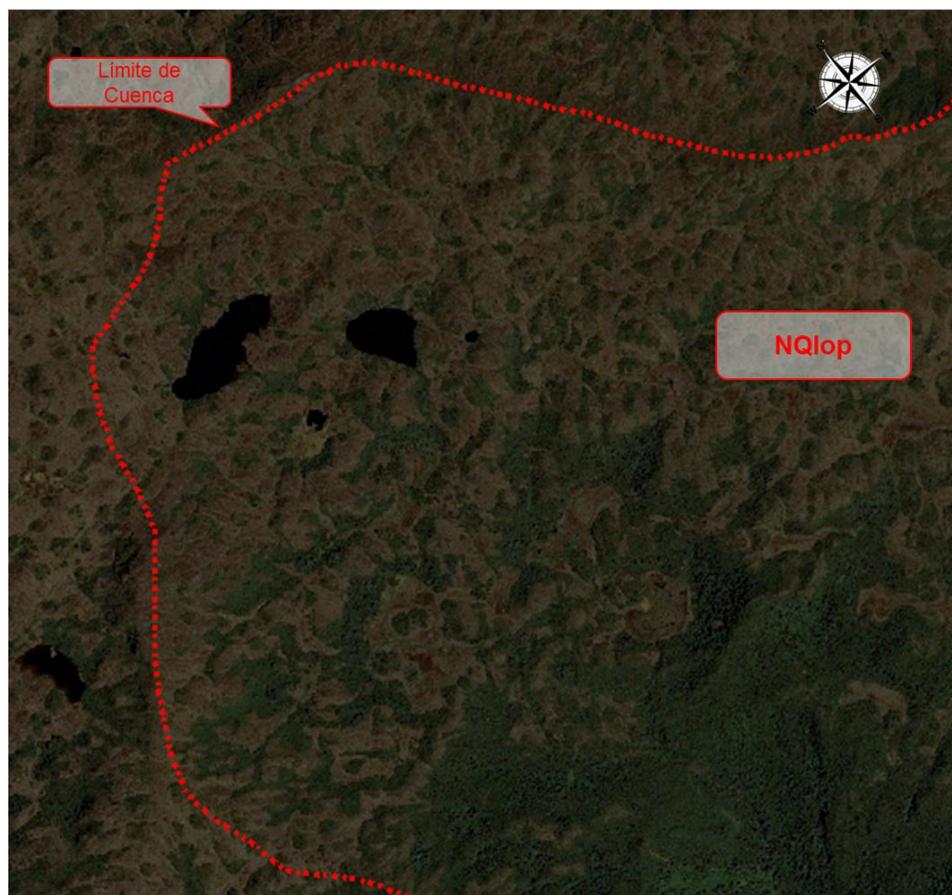


Figura 33. Depósitos de Lavas y Piroclastos sobre el noroccidente de la cuenca del río Mocoa.  
Fuente: Tomado y adaptado de Imagery, 2021.

## 6.7 Cuaternario (Q)

El cuaternario está identificado por diversos depósitos que fueron agrupados, según su proximidad a la fuente del depósito y diferencia de alturas, como es el caso de los depósitos aluviales, por su nivel de disección en el caso de los depósitos aluviotorrenciales (abanicos) y morfología que desarrollan.

### 6.7.1 Depósitos Aluviotorrenciales Subrecientes (Q1dats)

Corresponde a depósitos antiguos formados por la dinámica fluvio torrencial de piedemonte; se constituyen por clastos y bloques, angulares a subangulares, con matriz arcillo-arenosa, que generan morfologías alomadas y con altos niveles de disección por la erosión de fondo de los drenajes. En la cuenca del río Mocoa, esta unidad se identificó mediante la interpretación de sensores remotos, sobre el piedemonte de laderas hacia el centro de la cuenca, como se observa en las veredas Las Mesas, Tebaida y Planadas del municipio de Mocoa (Figura 34).

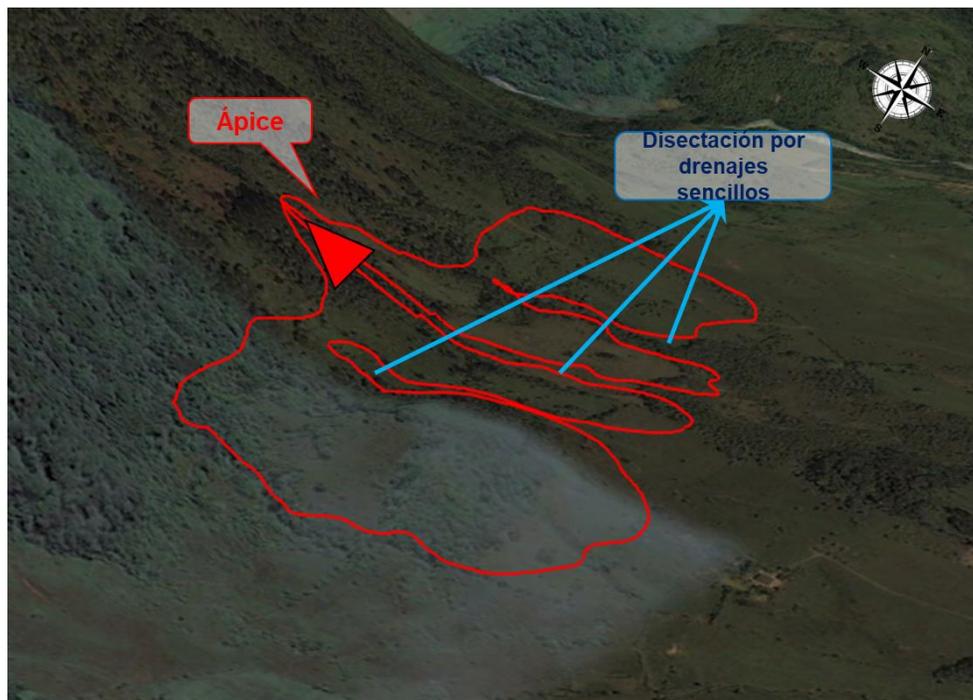


Figura 34. Depósitos aluviotorrenciales subrecientes sobre el piedemonte de las laderas al oeste de la vereda Las Planadas.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021.

### 6.7.2 Depósitos Aluviotorrenciales Recientes (Q2datr)

Se tratan de depósitos formados por clastos completamente meteorizados y se integran con la matriz, dando la misma coloración y textura, siendo está rojiza cuando está altamente meteorizada (Figura 35), hacia la zona más distal de la geoforma de abanico, mientras que hacia el ápice la matriz es de color café con textura arenosa y los clastos también meteorizados tienen coloración blancuzca (Figura 36). Estos depósitos generan suelos residuales de hasta 2 m de espesor, de composición arcillosa, plásticos, cohesivos y muy blandos, de coloración pardos, rojizos y naranjas. Se encuentran disectados por pequeños drenajes sencillos, mediante la socavación de fondo, generando valles escarpados de hasta 20 m de altura, que inducen inestabilidad en estas zonas, hacia la vereda san Antonio los espesores pueden ser mayores a 30 m, debido que, es el ápice y se localiza muy cercano a la fuente de donde se formaron estos depósitos (SGC, 2017).

Esta unidad se extiende sobre la zona rural y casco urbano del municipio de Mocoa, hacia el centro de la cuenca, fue reconocida mediante interpretación de sensores remotos y luego descrita mediante observaciones de campo.



Figura 35. Coordenadas: E= 4593125, N=1678081, en la vereda El Pepino del municipio de Mocoa, suelo residual de los depósitos aluviotorrenciales recientes, donde exponen una plasticidad alta y alto grado de meteorización en la matriz como en los clastos.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020



Figura 36. Coordenadas: E= 4591335, N=1688952, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, depósito aluviotorrencial conformado por una matriz areno-arcillosa con bloques angulares.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 6.7.3 Depósitos Aluviales Recientes (Q2dar)

Se trata de depósitos aluviales aterrizados, que tiene su origen en la dinámica fluvial del río Mocoa, moderadamente antiguos, que se encuentran alejados del río y con una altura mayor a 2 m con respecto a la lámina de agua, desarrolla una morfología plana, disectada por corrientes de agua. Se constituye de depósitos de gravas, esporádicamente arenas; las gravas son de tamaño: bloques, quijos y guijarros; la composición de los clastos es variable y la matriz es principalmente de textura arenosa de grano medio.

En campo la unidad pudo ser reconocida en la zona rural del municipio de Villagarzón, en la vereda Brisas de Mocoa, a la margen derecha del río Mocoa, donde a una distancia aproximada de un 1 km del cauce del río, se observa el escarpe que diferencia los niveles de los depósitos aluviales. Esa se reconoció principalmente por presentar una morfología de planicie extensa, con esporádicos clastos dispuesto en superficie por erosión diferencial (Figura 37).



Figura 37. Coordenadas: E= 4601330, N=1668726, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón, deposito aluvial reciente (Q2dar) modelando una morfología aterrazada.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 6.7.4 Depósitos Coluviales Recientes (Q2c)

Se tratan de depósitos distribuidos a lo largo de la cuenca, en las laderas bajas, asociados a movimientos en masa antiguos y recientes. Se caracterizan por estar constituido por detritos y/o bloques angulares a subangulares, heterométricos, con mala calibración, dispuestos sobre una matriz de textura areno-arcillosa.

La unidad fue reconocida a través de fotointerpretación, puesto que desarrolla morfologías alomadas y lobuladas, a lo largo de la base de algunas laderas, y zonas de fallamiento; así mismo, al ser un material no consolidado, su textura difiere de los materiales que los rodean, al tener tonalidades de grises más claros que los materiales que los rodean. En la salida de campo se visitaron algunos de estos sitios corroborando la presencia de estos depósitos, como se evidencia en la Figura 38.



Figura 38. Coordenadas: E= 4596705, N=1675637, en la vereda San Carlos del municipio de Mocoa. Depósito Coluvial sobre la vía que comunica a Mocoa con Villagarzón.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 6.7.5 Depósitos Aluviotorrenciales (Q2dat)

Deposito identificado en primer lugar mediante sensores remotos, en vecindades de los cauces de las quebradas Taruca, Taruquita y San Antonio y los ríos Sangoyaco, Mulato y Pepino, los cuales al localizarse en esta zona de piedemonte o de transición, tienden a ser rectos y pocos sinuosos, sus valles tienen una forma de “V” principalmente hacia la zona de mayor topografía.

La unidad tiene su origen a varios eventos de avenidas torrenciales, siendo el más reciente el ocurrido en el año 2017, se trata de un depósito clasto-soportado de cantos y bloques, con nula a baja meteorización, de rocas ígneas provenientes del Monzogranito de Moca, que se disponen en los cauces actuales, presentan formas angulares a subangulares, con tamaños de grano que van desde centímetros hasta

bloques de más de 5 metros de diámetros embebidos en una matriz de textura areno-arcillosa (SGC, 2017).

La unidad se considera como un depósito activo, en vista que, el evento más reciente de formación data del año 2017, donde por el cauce de la quebrada Taruca transcurrió una avenida torrencial; sobre los bordes de este cuerpo de agua se observan bloques angulares a subangulares que van desde tamaños centimétricos (Figura 39) hasta superar los 5 m (Figura 40), como se relató previamente.



Figura 39. Coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, depósito aluviotorrencial de la quebrada Taruca.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

Adicionalmente, se observa que a lo largo del cauce de la quebrada Taruca, se encuentran clastos de tamaños de al menos 2 m de diámetro, de igual manera, a los bordes del cuerpo de agua, se observa que el depósito contiene mayor nivel de matriz de textura areno-arcillosa, de mediana plasticidad y fácilmente deleznable (Figura 41).



Figura 40. Coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, Bloque transportado y depositado durante el evento de 2017, con un diámetro de 4 m en su eje mayor.  
Fuente: INPRO SAS, 2021.



Figura 41. Coordenadas: E= 4592593, N=1686144, Barrio San Miguel, cabecera municipal de Mocoa, Depósito aluviotorrencial, de la quebrada Taruca, siendo erosionado por la misma acción del drenaje; el barrio fue destruido durante el evento del 2017.  
Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 6.7.6 Depósitos Aluviales (Q2da)

Se tratan de los sedimentos que ha acumulado el río Mocoa, en su sección final antes de tener su desembocadura en el río Caquetá. Se reconocieron inicialmente mediante la interpretación de fotografías aéreas, posteriormente, con base al DEM y sus derivados (Hillshade y Pendientes) e imágenes satelitales recientes, se actualizó el contacto litológico.

Durante la visita de campo se observó el depósito, estando conformado por clastos de tamaños bloque, canto, grava, arena limo y arcillas, de composición variada (rocas ígneas y sedimentarias), redondeados a subredondeados, con esfericidad media a alta, de tonalidades café hasta grises, en algunas partes se encuentran embebidos en una matriz areno-limosa (barras y terrazas bajas) y en otras la matriz es casi inexistente por el continuo drenado del caudal (cauce aluvial). El espesor es muy variable y se encuentra en permanente proceso de acumulación y reorganización (Figura 42).

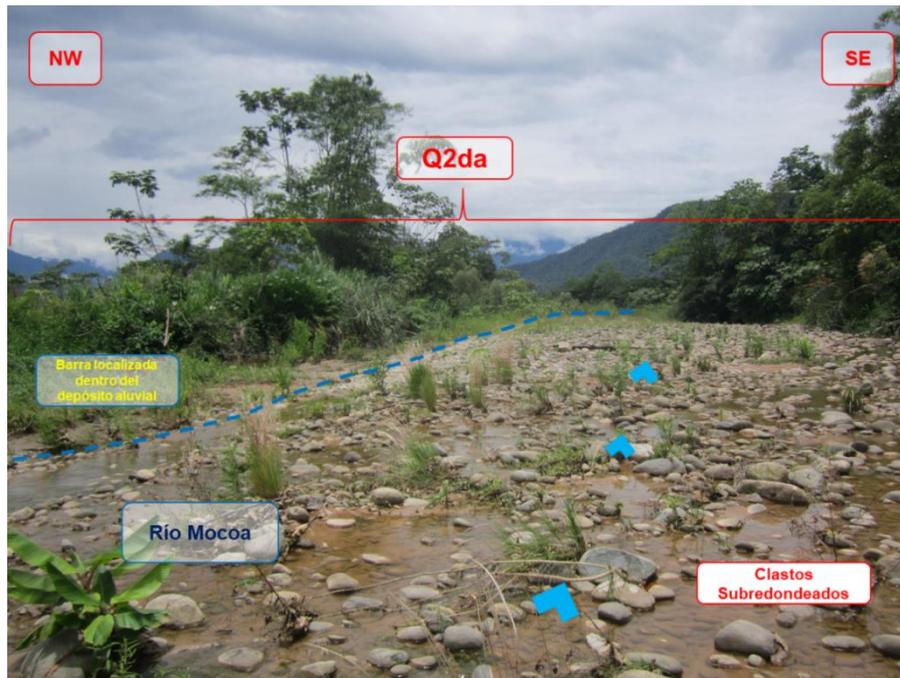


Figura 42. Coordenadas: E= 4602844, N=1671683, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón. Depósito aluvial del río Mocoa donde se observan los clastos subredondeados sobre el cauce del río, adicionalmente, se observan, barras longitudinales vegetalizadas.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



## 7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La cuenca del río Mocoa se encuentra en una zona tectónicamente compleja, dado que, se encuentra regionalmente sobre el área de influencia del Nudo de Pasto, donde se dividen las tres (3) cordilleras colombianas, por lo que la zona tiene una alta complejidad estructural, adicionalmente, la cuenca se encuentra ubicada sobre el área de influencia del Sistema de Fallas de Algeciras, específicamente la Falla San Francisco – Yunguillo, que funciona como un límite entre el Borde o Piedemonte Amazónico y la Cordillera Oriental. Las Fallas Principales son transcurrentes (cabalgamiento con componentes de rumbo) con una orientación NE-SW, del mismo modo, se aprecian una serie de fallas de menor extensión con sentido NW-SE (INGEOMINAS, 2003). En la Figura 43, se observa la disposición de las trazas de las principales fallas de la zona de estudio.

En la Tabla 4 se indican los valores de estratificación (azimut de buzamiento / buzamiento) medidos por estación. En los mismos se observa que no existe una polaridad constante regional, sino que hay variaciones de estos datos como consecuencia de pliegues que son el resultado de la tectónica imperante en este sector del país, que se traduce en numerosas trazas de falla que inicialmente fueron cabalgamientos de alto ángulo, y con el tiempo son trazas de fallas transcurrentes; esta alta densidad de trazas de falla inducen a que encontremos un macizo rocoso muy fracturado (se observan espaciamientos variables de diaclasas entre 10 cm y 60 cm, siendo más juntos cuando se está cerca de las trazas de fallas), en un clima tropical húmedo con desarrollo de suelos residuales, en topografías escarpadas, elementos que son contribuyentes a la generación de movimientos en masa.

Sumado a lo anterior, tenemos condiciones meteorológicas que favorecen la inestabilidad del subsuelo al aportar grandes cantidades de agua lluvia, la cual, además de aumentar la presión de poros y fisuras en el suelo y el peso del mismo, favorece los procesos erosivos al formar corrientes superficiales.

Los valores de buzamientos se observan impresos en el **Mapa de geología básica con fines de ordenación de la cuenca del río Mocoa escala 1:25.000** (Figura 12).

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*



**Tabla 4. Valores de estratificación (azimut de buzamiento / buzamiento) medidos en campo**

Estación	Este	Norte	Municipio	Vereda	UG	Az. Buz	Buz
RSM-08	4.596.183	1.688.973	Mocoa	Medio Afán	K2v	245	12
RSM-29	4.570.381	1.686.899	San Francisco	V. Chorlaví	K2E1rum	156	70
RSM-54	4.596.456	1.673.771	Villagarzón	Las Toldas	K2v	72	8
RSM-60	4.596.919	1.674.472	Mocoa	San Carlos	K2v	115	5
RSM-68	4.592.099	1.691.264	Mocoa	Pueblo Viejo	E2E3pes	210	24
RSM-74	4.592.288	1.690.034	Mocoa	San Antonio	E2E3pem	68	11
RSM-81	4.592.220	1.687.795	Mocoa	San Antonio	Q2dat	151	10
RSM-87	4.594.361	1.684.656	Mocoa	Caliyaco	K2v	62	5
RSM-88	4.594.425	1.684.355	Mocoa	Caliyaco	K2v	154	18
RSM-89	4.594.534	1.684.118	Mocoa	Caliyaco	K2v	76	5
RSM-92	4.596.472	1.680.076	Mocoa	San José Del Pepino	K2v	110	19
RSM-94	4.597.605	1.680.246	Mocoa	San José Del Pepino	K1K2cb	124	4
RSM-95	4.597.660	1.680.229	Mocoa	El Zarzal	K1K2cb	104	18
HPB-94	4.596.696	1.693.724	Mocoa	Las Toldas	E2E3pei	220	40
HPB-95	4.594.935	1.692.488	Mocoa	Alto Afán	E2E3pem	215	45
HPB-96	4.595.335	1.690.936	Mocoa	Alto Afán	K1K2cb	250	25
HPB-97	4.595.304	1.690.933	Mocoa	Alto Afán	K1K2cb	180	18
HPB-98	4.596.270	1.688.422	Mocoa	Medio Afán	K2v	142	40
HPB-99	4.592.944	1.692.438	Mocoa	Monclar	E3E3pes	235	30
HPB-108	4.594.371	1.690.332	Mocoa	Alto Afán	Q2dat	205	25
HPB-109	4.592.406	1.689.367	Mocoa	San Antonio	E2E3pei	190	45
HPB-110	4.592.283	1.690.016	Mocoa	San Antonio	E2E3pem	200	15
HPB-112	4.590.274	1.685.551	Mocoa	Las Palmeras	E2E3pem	217	31
HPB-113	4.590.093	1.685.756	Mocoa	Las Palmeras	E3N1or	142	40
HPB-118	4.590.214	1.685.652	Mocoa	Las Palmeras	E2E3pes	200	21
HPB-120	4.590.304	1.685.020	Mocoa	San Luis de Chontoyaco	E2E3pem	200	24
HPB-121	4.593.341	1.682.368	Mocoa	Rumiyaco	Q2dat	252	5
HPB-122	4.590.096	1.678.446	Mocoa	La Tebaida	Q2c	110	15
HPB-159	4.576.180	1.691.724	San Francisco	Minchoy	K2v	195	15
HPB-160	4.576.181	1.691.721	San Francisco	Minchoy	K2v	212	40
HPB-161	4.576.137	1.691.991	San Francisco	Minchoy	K2v	212	55
HPB-163	4.576.306	1.692.161	San Francisco	Minchoy	K2v	180	32
HPB-169	4.576.691	1.692.640	San Francisco	Minchoy	K2v	205	25
HPB-172	4.576.983	1.692.777	San Francisco	Minchoy	K2v	230	25



Estación	Este	Norte	Municipio	Vereda	UG	Az. Buz	Buz
HPB-173	4.577.390	1.692.901	San Francisco	Minchoy	K2v	190	14
HPB-175	4.577.965	1.693.323	San Francisco	Minchoy	K1K2cb	222	32

Az. Buz: azimut de buzamiento

**Buz: buzamiento**

**UG: Unidad Geológica**

Fuente: INPRO SAS, 2021.

## 7.1 Fallas

### 7.1.1 San Francisco – Yunguillo

Es una de las fallas principales del Sistema de Fallas de Algeciras y la cuenca del río Mocoa, según lo descrito en el informe del INGEOMINAS (2003), presenta actividad reciente, evidenciada por la formación del Valle de Sibundoy, la falla evidencia el ambiente de transcurrencia que se aprecia sobre el territorio colombiano, dado que primeramente realizó un movimiento de cabalgamiento de mediano a alto ángulo, poniendo en contacto la unidad Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos, con unidades sedimentarias como las Formaciones Saldaña y Villeta, asimismo, la falla presenta movimientos de rumbo dextral. La falla presenta una dirección NE35°, donde según Velandía *et al* (2001b) a lo largo de su trazo se identificaron fallas tipo *Riedel*, sintéticas y antitéticas, que forman lentes generando geoformas de lomos de falla.

Dentro de la cuenca este sistema de fallas se ubica al noroccidente, y se logró identificar por ser un lineamiento continuo en dirección SW – NE (Figura 44), del cual se observan facetas triangulares y lineamientos que se desprenden o se ven afectados por el trazo de esta falla, adicionalmente, durante la etapa de fotointerpretación se evidenció que ponía en contacto a la unidad de Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos con las unidades sedimentarias: Fm Saldaña y Fm Villeta.

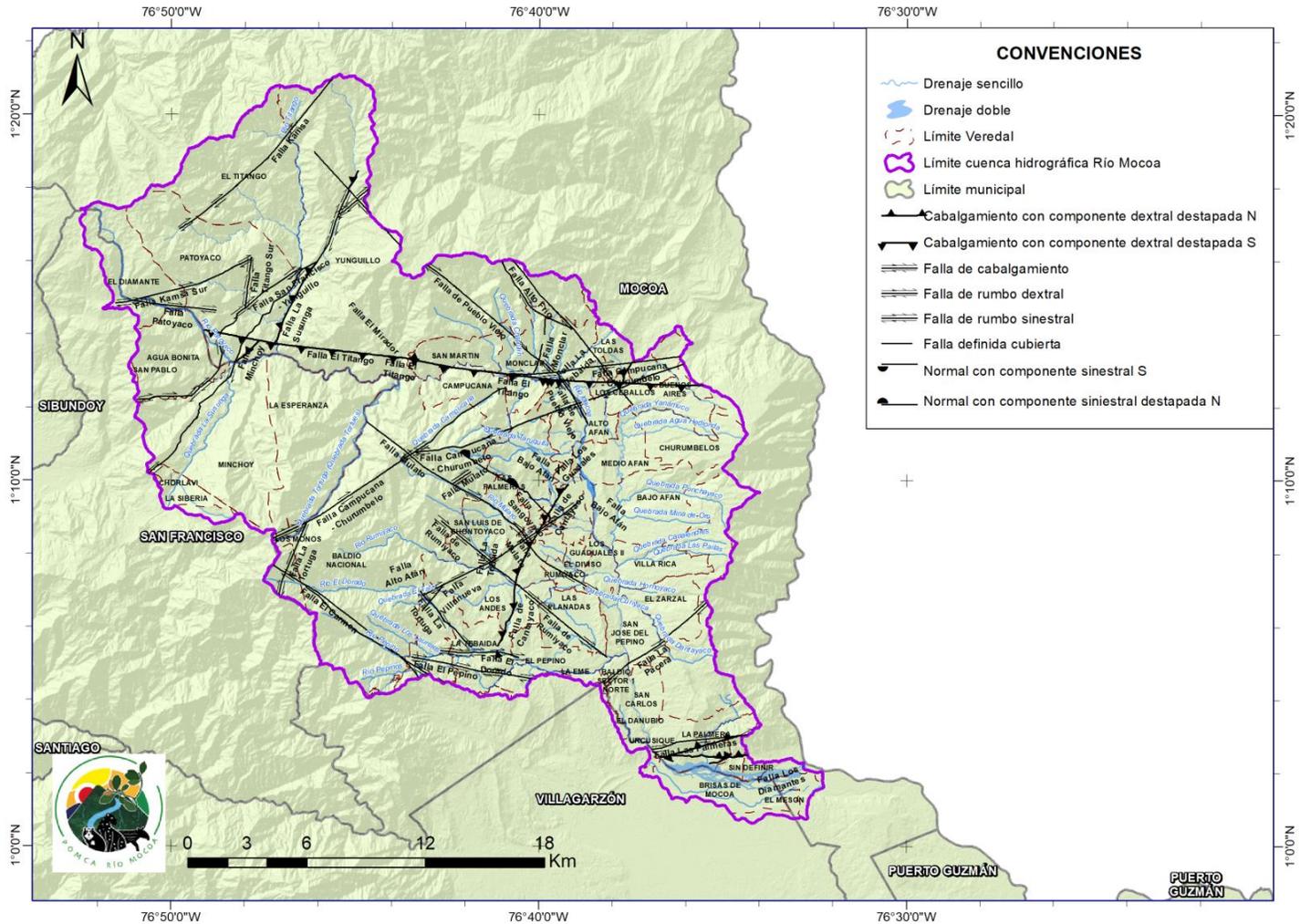


Figura 43. Geología estructural a escala 1:25.000 de la cuenca del río Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

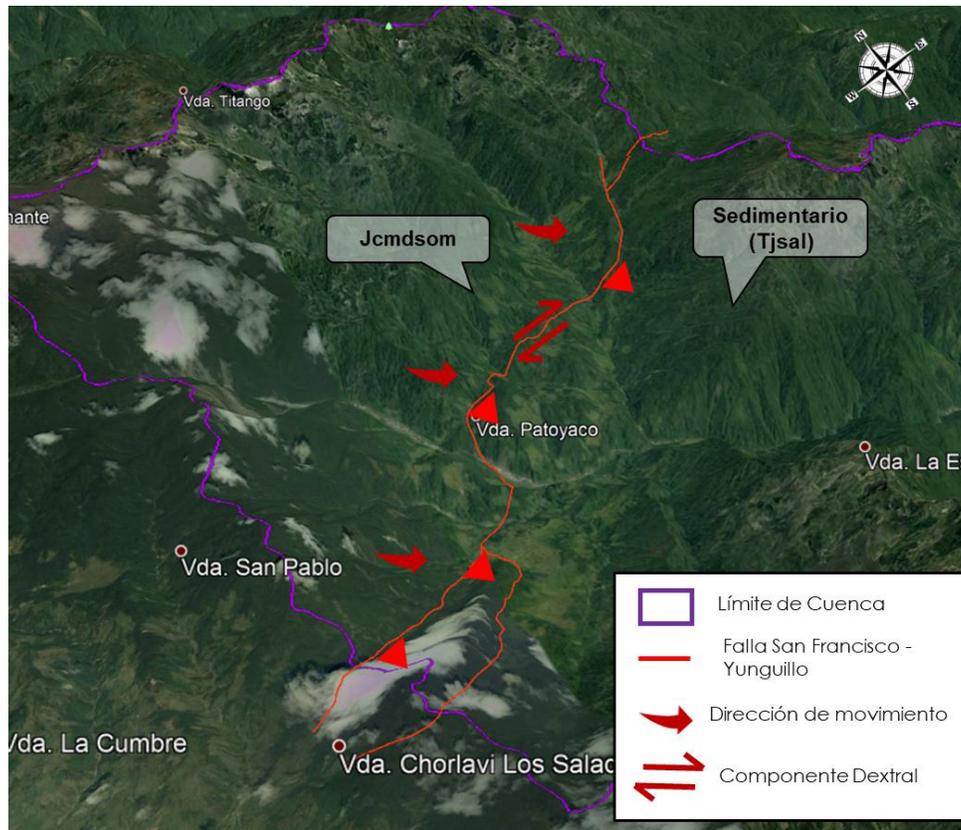


Figura 44. Falla San Francisco – Yunguillo identificada al noroccidente de la cuenca del río Mocoa.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

### 7.1.2 Falla de La Tebaida

La falla de La Tebaida marca el límite más occidental de las unidades sedimentarias, poniéndolas en contacto con el Monzogranito de Mocoa (Figura 45), según lo descrito por el INGEOMINAS (2003), la falla tiene una inclinación cercana a los 30°, con vergencia oriental, igualmente, se considera que la falla es inactiva, en vista que, no se muestra un registro de actividad durante el Holoceno, estando cubierta en algunos sectores por depósitos cuaternarios. El trazo de la falla trunca las fallas de Campucana - Churumbelos y San Antonio.

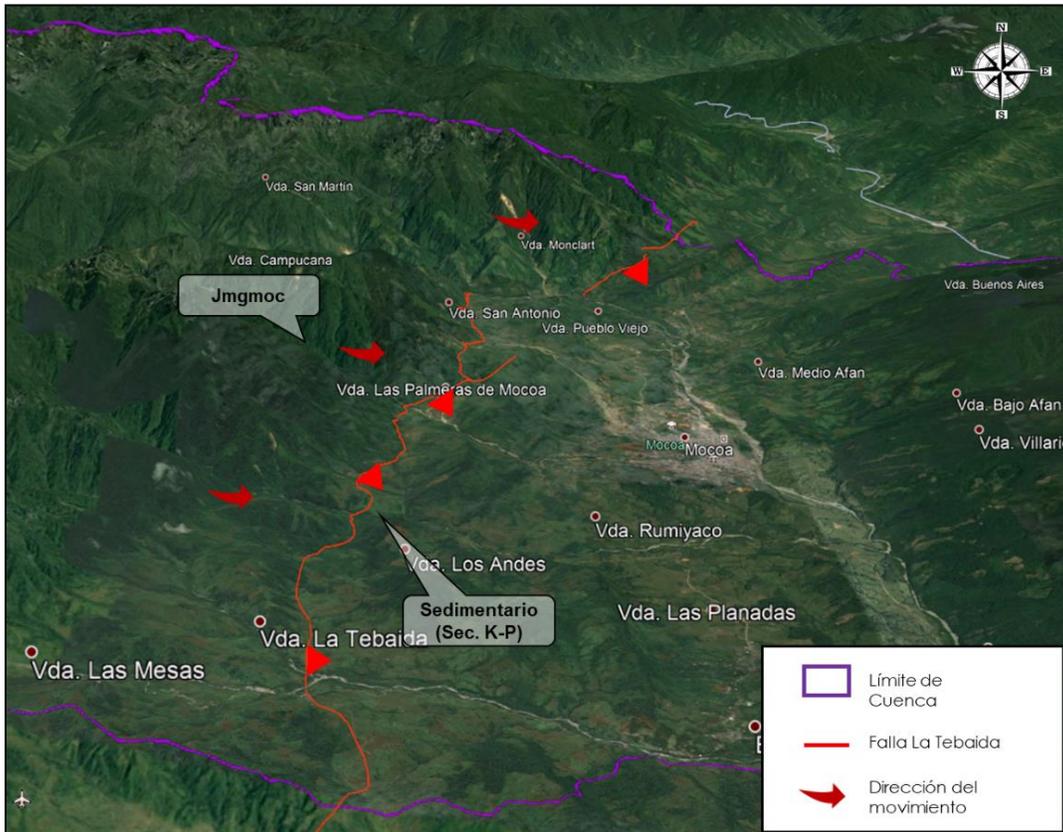


Figura 45. Trazo de la Falla Tebaida al costado occidental de la cabecera municipal de Mocoa.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

### 7.1.3 Falla del Carmen

La falla del Carmen marca el límite entre la secuencia sedimentaria (Fm Saldaña) y el Monzogranito de Mocoa en el sur de la cuenca, la falla es originalmente normal, que corresponde a los esfuerzos tectónicos de distensión ocurridos durante el Jurásico, que por la dinámica del levantamiento de la orogenia Andina, su dinámica actual es transcurrente, teniendo esfuerzos de cizallamiento de tipo dextral, que afectaron a las dos unidades que pone en contacto, según lo expresado por INGEOMINAS (2003), del mismo modo, que la falla anterior, está no muestra evidencias de actividades recientes y hace parte a ese segundo grupo de fallas de dirección NW-SE, que se encuentran a lo largo de la cuenca del río Mocoa (Figura 46).

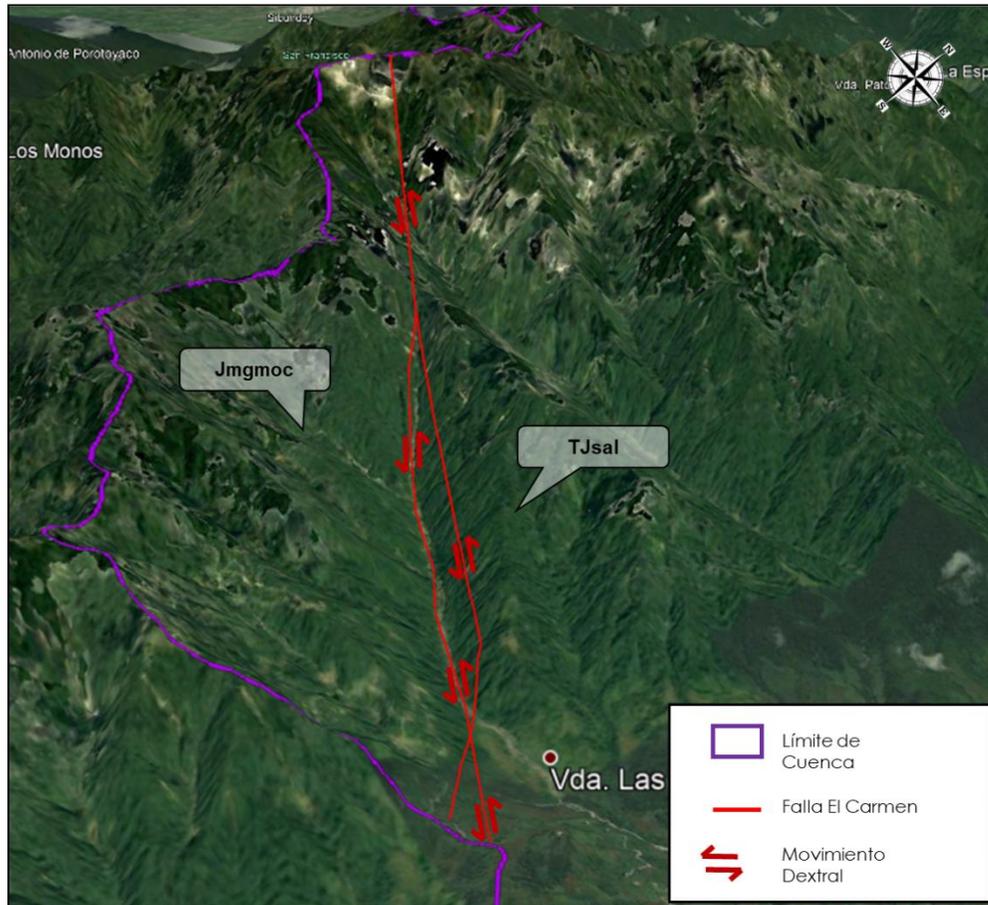


Figura 46. Falla El Carmen, localizada al suroeste de la cuenca del río Mocoa, generando un contacto fallado entre la Formación Saldaña y el Monzogranito de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 7.1.4 Fallas Pepino y Dorado

Las Fallas del Pepino y Dorado, fueron identificadas mediante fotointerpretación como lineamientos en sentido W-E, los cuales son paralelos al cauce del río Pepino (Figura 47), estas fallas se infieren que posee un movimiento dextral, afectando las Formaciones Pepino y Grupo Orito (secuencia P-N) desplazándolas horizontalmente desde vista en planta.

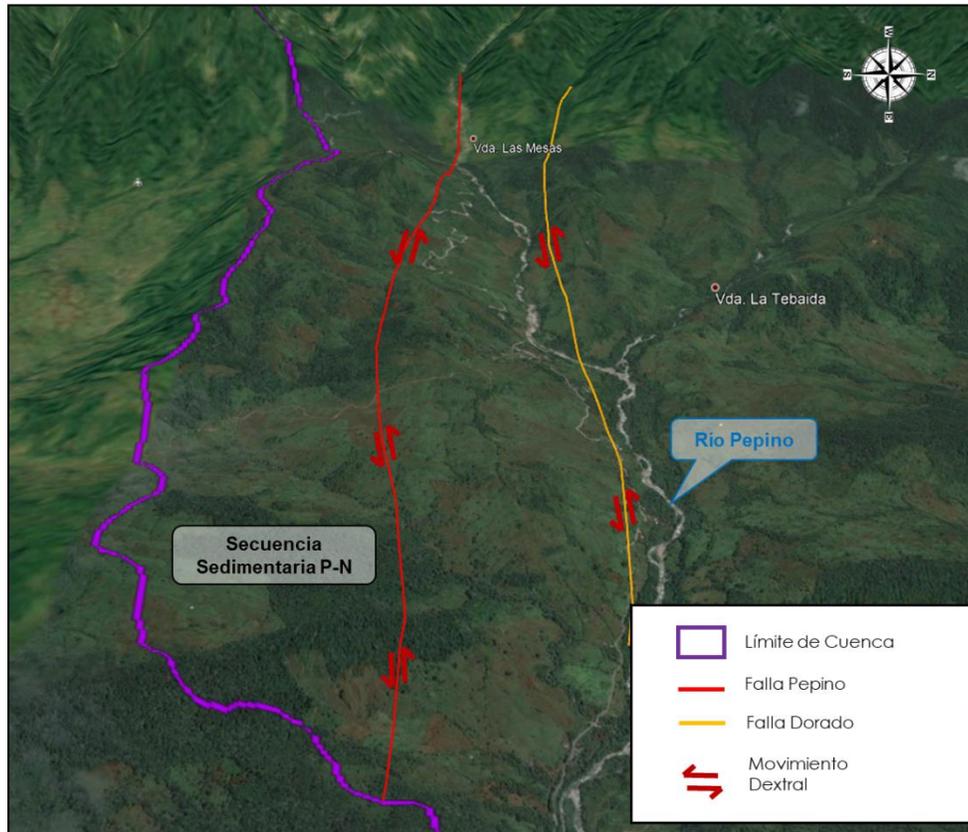


Figura 47. Fallas Pepino y Dorado, sobre la vereda el Pepino que se encuentran afectando las rocas sedimentarias Formación Pepino (Inferior, Medio y Superior) y Grupo Orito.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

### 7.1.5 Falla Campucana - Churumbelo

La Falla Campucana – Churumbelo es una estructura atípica en la región; su plano de falla, muy verticalizado (cerca 60°), tiene vergencia noroccidental y rumbo ENE; de occidente a oriente la estructura pone en contacto la Formación Saldaña con rocas más jóvenes (Formaciones del Pepino Grupo Orito y Formación Rumiyaco). Fue cartografiada como una falla de cabalgamiento con vergencia noroccidental, que tiene a la Formación Saldaña en el bloque colgante, mientras que en el yacente se encuentran las unidades sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico. No se observó rasgos de actividad neotectónica (INGEOMINAS, 2003). Esta falla se encuentra demostrando el ambiente transpresional de la cuenca, generando un desplazamiento del bloque norte hacia el nororiente, como lo expresa el SGC, en la

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020



Figura 48 se puede observar espacialmente esta estructura. El nombre de la falla proviene de su paso de la vereda Campucana y que se dirige al sector de Churumbelos.

#### **7.1.6 Falla Titango**

Estructura con desplazamiento oblicuo dextral e inverso con plano inclinado hacia el norte. Parece ser una falla regional con más de 50 km de longitud. Controla, junto con la falla Campucana, la torsión regional de las rocas sedimentarias que tienen un rumbo sostenido norte sur hacia el sur de la vereda Pueblo Viejo y hacia el norte se disponen N35E, aproximadamente. También se relaciona el afloramiento de las rocas volcánicas de la Formación Saldaña al norte de la Serranía de Los Churumbelos. Se relaciona con el alineamiento W–E del río Mocoa a lo largo de decenas de kilómetros en la parte alta de la cuenca y genera anomalías en los cursos de la quebrada Paujil hacia el sector de Pueblo Viejo (Consortio Inypsa, Argea, Acceplan & Ur, 2018). La estructura se observa en la Figura 48.

#### **7.1.7 Falla San Antonio**

Estructura con dirección N20E con desplazamiento oblicuo dextral inverso. Afecta la Formación Pepino y Grupo Orito (Consortio Inypsa, Argea, Acceplan & Ur, 2018), la falla afecta a la Formación Pepino, repitiendo la secuencia de sus miembros, de manera que el Pepino Superior se encuentra en contacto con el Pepino Inferior (Figura 48).

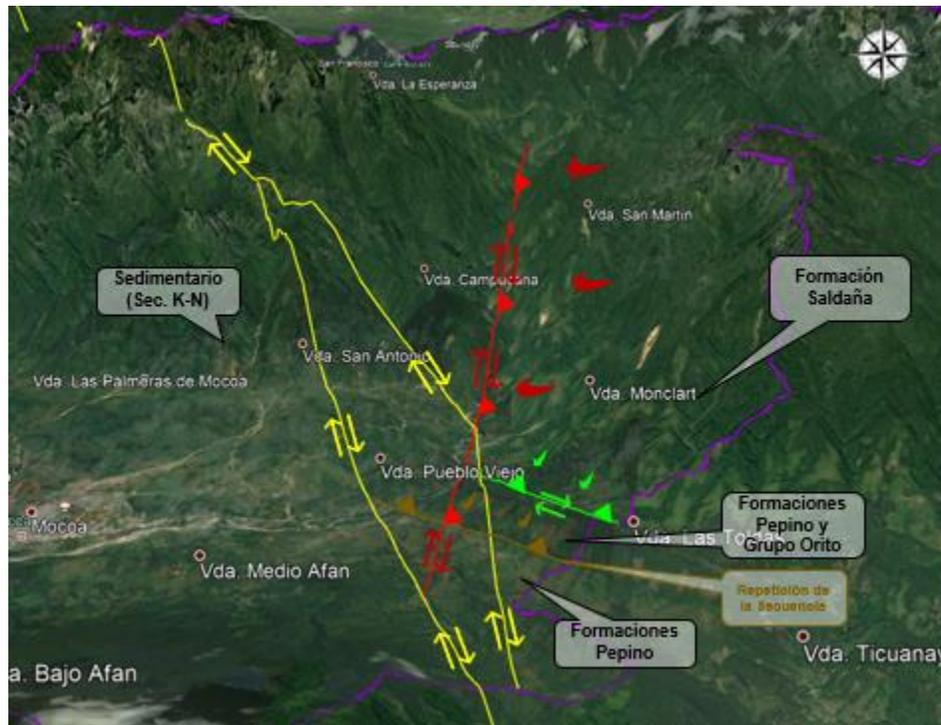


Figura 48. Fallas de la zona norte de la cuenca del río Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

### 7.1.8 Fallas asociadas a las quebradas de la cabecera municipal de Mocoa

Estas fallas fueron identificadas mediante interpretación de sensores remotos, siendo lineamientos muy marcados, que controlan en un el cauce de los cuerpos de agua de los que tiene su nombre, principalmente en la parte alta de sus cuencas, de igual manera, estas fallas se encuentran deformando y fracturando a los materiales litológicos que afloran a lo largo de su trazo, teniendo mayor afectación sobre las rocas del Monzogranito de Mocoa.

Las fallas se pueden observar en la Figura 49, donde mediante el sensor remoto de Google Earth, se ha podido espacializar y graficar el trazo de estas fallas, sobre las laderas occidentales de la cabecera municipal de Mocoa, la descripción de estas estructuras se encuentra a continuación, a partir del informe del Inypsa y PBOT (2018)

**Falla Sangoyaco:** Estructura con dirección N65W con desplazamiento oblicuo sinistral normal con inclinación hacia el NE. Genera torsiones y desplazamientos en las rocas sedimentarias. Controla la mayor parte del curso de la quebrada Sangoyaco.

**Falla Mulato:** Estructura con dirección N60W con desplazamiento sinistral. Genera torsiones en rocas de las formaciones Villeta, Pepino y Orito. Controla la mayor parte del río Mulato.

**Falla Rumiyo:** Estructura con dirección N45W con desplazamiento sinistral. Genera torsiones en rocas sedimentarias Paleógenas y corta al norte las volcánicas de la Formación Saldaña. Controla la depositación de torrenciales antiguos en la vereda Los Prados. Controla tramos de los ríos Rumiyo y Llanoyaco.

**Falla Taruca:** Estructura con desplazamiento dextral. Afecta la Cuarzomonzonita de Mocoa y controla el curso de la quebrada en la parte alta de la cuenca.

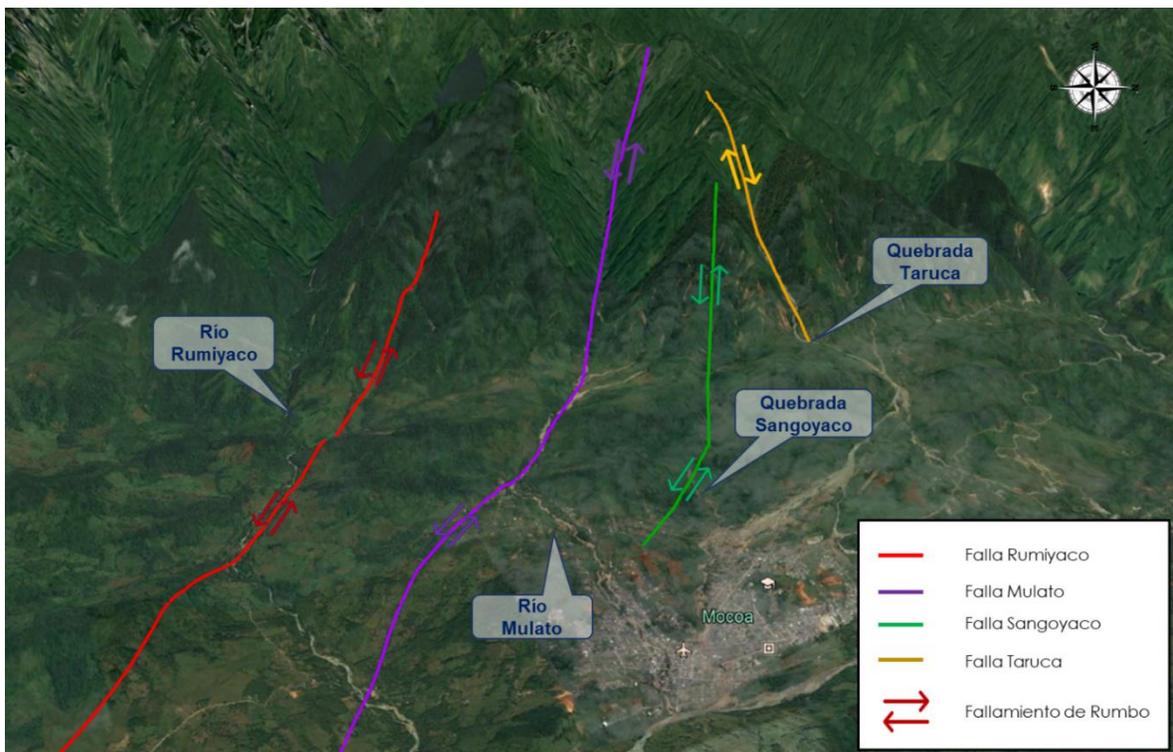


Figura 49. Fallas asociadas a los cuerpos de agua cercanos a la cabecera municipal de Mocoa.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.



La disposición de un gran número de estas fallas en el subsuelo, se observa en la Figura 50 e Figura 51 En el **Mapa de geología básica con fines de ordenación de la cuenca del río Mocoa escala 1:25.000** (Figura 12), se observa la localización de estos perfiles (Anexo 6. Perfiles geológicos 6).

## 8 GEOMORFOLOGÍA CON CRITERIOS GEOMORFOGENÉTICOS

La geomorfología es la rama de la geología que estudia las formas actuales y antiguas en la superficie terrestre y los procesos que las generan. Dentro de este estudio, los aspectos más importantes corresponden a la génesis de las formas, los procesos que las crearon, la relación con las estructuras infrayacentes, su evolución y su interacción con el medio ambiente circundante, la atmósfera, hidrosfera y biosfera.

La unidad básica en la cartografía geomorfológica corresponde a la Geoforma, que es un cuerpo tridimensional: tiene forma, tamaño, volumen, topografía, elementos que generan un relieve. Una geoforma está compuesta por materiales de variada naturaleza, que le son característicos: como arenas, gravas, arcilla o cuerpos masivos; tiene una génesis y por lo tanto una dinámica que explica los materiales que la forman. Como geoformas, son, por ejemplo. Laderas rocosas, lechos rocosos, los deltas, abanicos, terrazas y llanuras de inundación, y otros materiales transportados, etc.

Un primer paso metodológico fundamental en el trabajo geomorfológico es la identificación de las geoformas con su topografía, drenaje, textura, tono, vegetación natural y uso del suelo.

Las geoformas o elementos de la geomorfología inciden y condicionan muchos factores y actividades; algunos ejemplos de ello son el uso actual y potencial del suelo, las actividades humanas, la construcción de su infraestructura, etc. El origen y desarrollo de las geoformas depende de la ubicación espacial y temporal del lugar de estudio, la composición litológica y las características estructurales de las rocas.

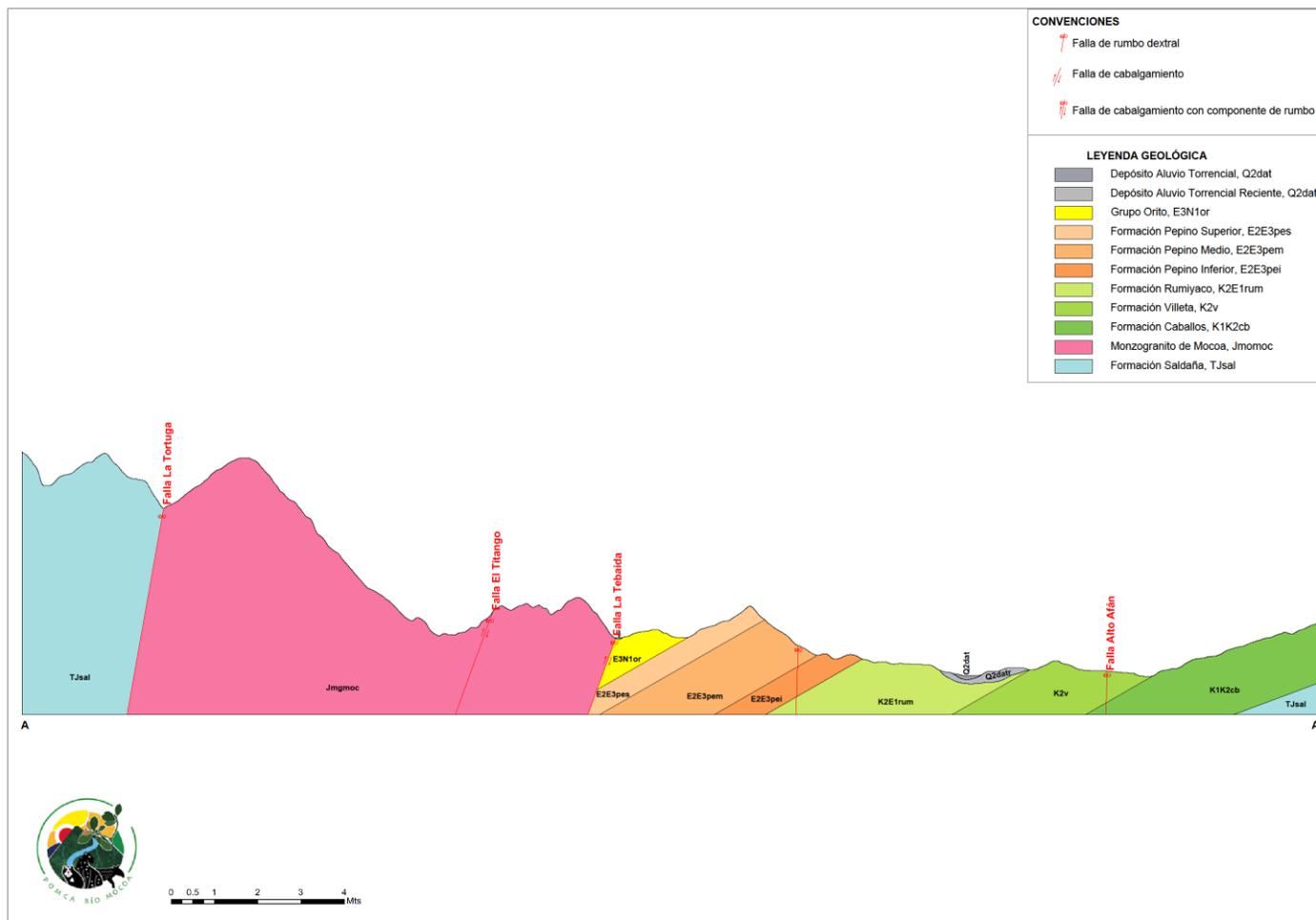


Figura 50. Corte geológico AA'  
Fuente: INPRO SAS, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

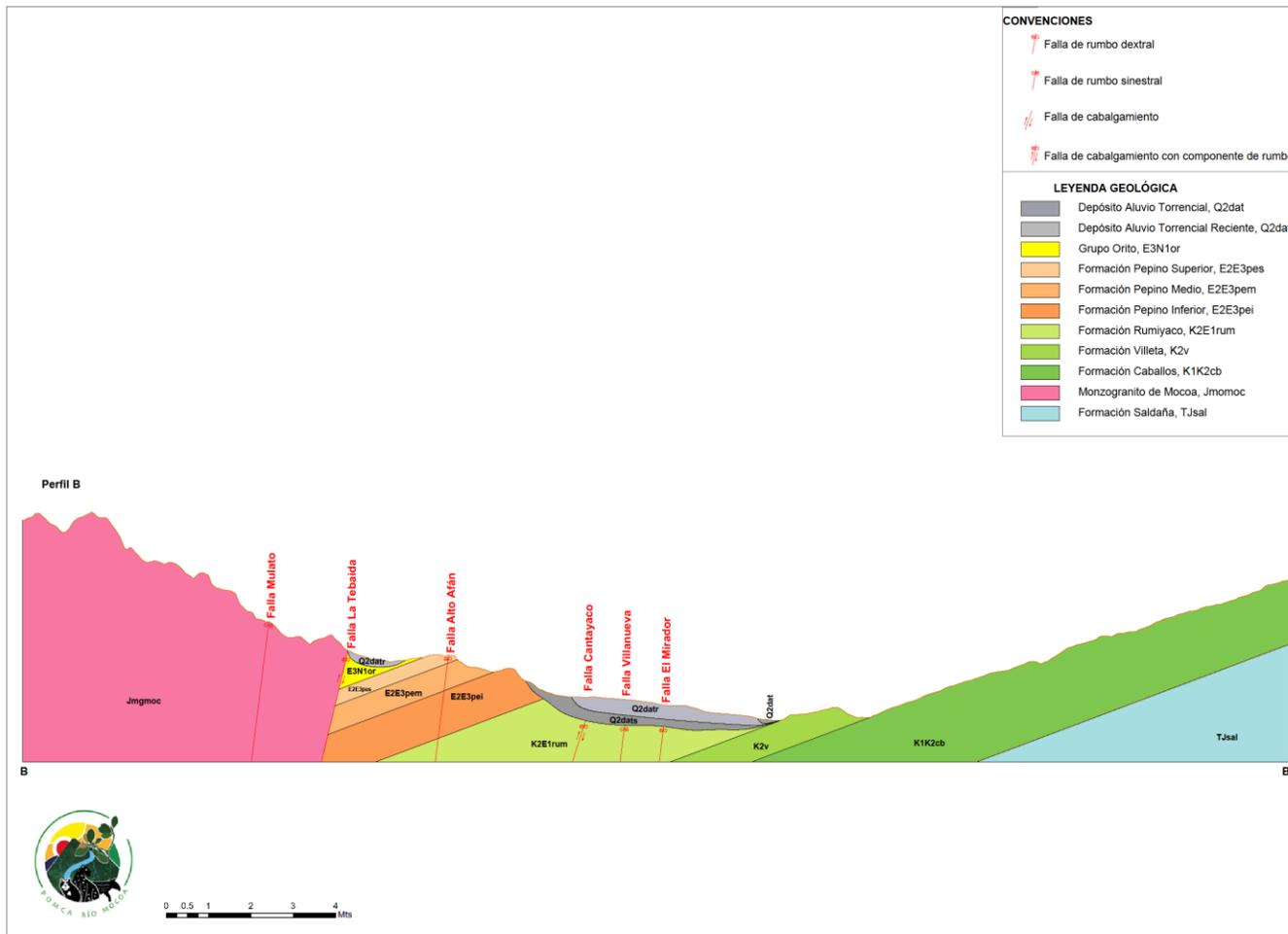


Figura 51. Corte geológico BB'  
Fuente: INPRO SAS, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



Dentro de un plan de ordenamiento o de análisis geotécnico, muchas de las geoformas, en especial las de gran escala, y los factores morfodinámicos incidentes no pueden ser modificados ni alterados sustancialmente, pues se encuentran dentro de su normal desarrollo geológico, que se ha llevado a cabo durante millones de años.

Las características geomorfológicas de los terrenos del área y alrededores son el resultado de los procesos tectónicos, denudativos, y en menor proporción ambientales.

Se anota igualmente, que en la temática de la geomorfología aplicada como herramienta de utilidad en los estudios de riesgo, para la clasificación y caracterización de los tipos de terrenos o unidades geomorfológicas, se tuvo en cuenta los parámetros básicos de la geología aplicada a la ingeniería como son: composición litológica de las rocas y depósitos, características tectónicas o condiciones estructurales de las laderas (laderas estructurales, en contrapendiente, grado de inclinación de las pendientes, etc.), características morfológicas, entre otras.

### **8.1 Sistema de clasificación y jerarquización de las categorías geomorfológicas.**

En los estudios de cartografía geomorfológica aplicada a la cuenca, es fundamental la diferenciación de unidades geomorfológicas que estén íntimamente relacionadas de acuerdo con los objetivos de los estudios, los métodos de zonificación y la escala de trabajo, y estos a su vez ligados con los procesos de generalización de polígonos en un Sistema de Información Georreferenciada.

Para la identificación y clasificación morfológica se utiliza la metodología del sistema ITC de Holanda (Verstappen y Van Zuidam, 1992), e implementada en la metodología para la temática de la geomorfología aplicada a la ingeniería (Carvajal, Henry et al, 2005), así como la “Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa”, (SGC, 2012).

El análisis de los diferentes rasgos geomorfológicos permite plasmar una idea de las expresiones del relieve y la dinámica superficial en función de aspectos como:

**Morfografía:** Características de las geoformas con base en criterios métricos.

**Morfoestructura:** Rasgos asociados a la deformación tectónica que incide en el modelado del paisaje

**Morfodinámica:** Procesos denudativos que han modelado y continúan modelando las geoformas.

**Morfogénesis:** Estudia el origen y evolución de las formas del terreno.

De acuerdo con la metodología propuesta por Carvajal y Otros, (Carvajal, Henry et al, 2005), y adaptado por Carvajal (Carvajal, 2011), las categorías definidas en los estudios de geomorfología de escala mayor a menor son: zona geoestructural, provincia geomorfológica, región geomorfológica, unidades y subunidades geomorfológicas y componente geomorfológico (Figura 52). Con base en los objetivos del presente estudio se define como unidad cartográfica la **Subunidad Geomorfológica (Geoforma)** (escala, >1:25.000).

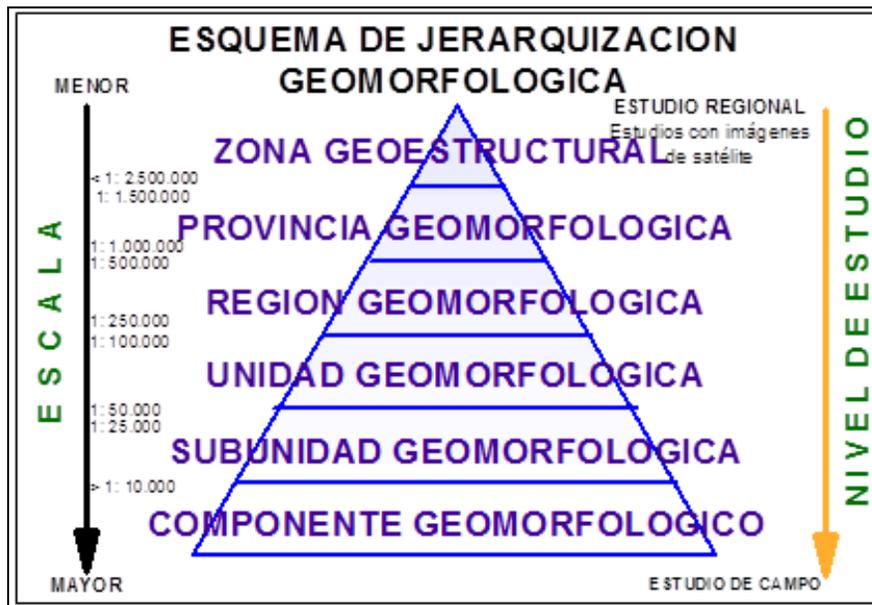


Figura 52. Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto por INGEOMINAS  
Fuente: (Tomado y adaptado de Carvajal y Otros, 2005).



La categoría de Geoforma está caracterizada por los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle, escarpes estructurales, perfiles de suelos característicos o remanentes, entre otros), definidos en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica.

Entre las herramientas de importancia de la temática geomorfológica aplicada a riegos se tiene la Morfometría, que trata los aspectos cuantitativos de las geoformas o elementos, medidas, dimensiones y valores, para la caracterización de las formas de los terrenos por su génesis y parámetros morfométricos, de los cuales se consideran por su importancia ingenieril: la inclinación de la ladera, la longitud de la ladera y la forma de estas.

La Inclinación de la ladera, parámetro fundamental en los análisis de estabilidad de los terrenos, corresponde al ángulo de inclinación que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal imaginario. Los índices de inclinación de la pendiente de las laderas se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5. Clasificación de las Pendientes.**

PARÁMETRO	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO	INCLINACIÓN
Inclinación de las laderas	Plana	<1°
	Suave	1° - 5°
	Moderada	5° - 10°
	Inclinada	10° - 15°
	Abrupta	15° - 30°
	Escarpada	30° - 45°
	Muy escarpada	>45°

**Fuente: Carvajal, 2012.**

La longitud de la ladera, es un posible indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas, y se puede establecer una relación entre la longitud de la ladera y la homogeneidad del material (a mayor longitud mayor homogeneidad). Igualmente, la longitud de la ladera puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de procesos morfodinámicos. Las anteriores relaciones



no siempre son válidas y se deben analizar en conjunto con otros atributos que califican la ladera. La Tabla 6, muestra la categorización de las longitudes de ladera.

**Tabla 6. Índices de Longitud de la ladera.**

LONGITUD (METROS)	DESCRIPCIÓN
<50	Muy corta
50-250	Corta
250-500	Moderadamente larga
500-1000	Larga
1000-2500	Muy larga
>2500	Extremadamente Larga

**Fuente: Carvajal, 2012.**

La forma de la ladera se puede categorizar en términos o clases, recta, cóncava, convexa, ondulada, irregular ó escalonada y compleja (Ver Tabla 7). Esta expresión de la pendiente refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas.

**Tabla 7. Formas de la Ladera.**

CLASE	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO	INCLINACIÓN
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente	Movimiento traslacional
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciado	Deslizamiento rotacional
Convexa	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal	Predomina meteorización y erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales
Irregular o Escalonada	Materiales con resistencia variada y disposición estructural en contra de la pendiente	Caída de bloques, erosión diferencial
Compleja	Mezcla de materiales y disposición estructural no definida	Deslizamientos complejos

**Fuente: Carvajal, 2012.**

La forma de la ladera igualmente, condiciona los tipos de movimientos que pueden desarrollarse en un terreno. Es común relacionar deslizamientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas, movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente, o movimientos complejos a pendientes irregulares.



## 8.2 Mapa Geomorfológico

Los mapas geomorfológicos permiten delimitar unidades de terreno o geoformas con diferentes características, para la definición de sectores territoriales básicos para la toma de decisiones y evaluación del geopotencial de un área.

Para el análisis de la temática geomorfológica en el presente estudio, y con base en las metodologías temáticas propuestas (Carvajal, 2011), se utilizó como método de trabajo: un análisis del mapa geológico a escala 1:25.000 desarrollado por la consultoría previamente, un análisis fotointerpretativo de aerofotografías e imágenes satelitales tomadas por el IGAC y sensores remotos como Google Earth como se observa en el 3.1.3.2. Interpretación de sensores remotos en Geomorfología, el cual se ayudó con ayuda de imágenes en diferentes años y a diferentes escalas se logró obtener una visión histórica de la evolución morfológica de la región, las cuales fueron complementadas con un reconocimiento al área de estudio desarrollado en el capítulo 3.2. Fase Campo, con el fin de verificar en campo las formas comunes de los terrenos o geoformas, su definición y cartografiar las diferentes unidades geomorfológicas, y el establecimiento de la relación entre los procesos morfodinámicos tanto antiguos como recientes. En la Figura 13, se observan los rasgos geomorfológicos obtenidos en las etapas anteriores, la leyenda de este mapa se encuentra en la Tabla 8. Este Mapa se encuentra dentro del Anexo 1. Salidas gráficas documentos y Anexo 2. Salidas cartográficas definitivas, donde se puede apreciar con mayor detalle.

**Tabla 8. Subunidades geomorfológicas presentes, POMCA río Mocoa**

Ambiente	Nombre	Subunidad
Denudacional	Cono o lóbulo coluvial y de soliflucción	Dco
	Colina remanente	Dcre
	Colina remanente disectada	Dcrd
	Cerro remanente o relicto	Dcrem
	Escarpe de erosión mayor	Deem
	Escarpe de erosión menor	Deeme
	Escarpe facetado	Def
	Cono flujo de detritos	Dfe

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*



Ambiente	Nombre	Subunidad
	Loma denudada	Dld
	Lomo denudado bajo de longitud larga	Dldebl
	Lomo denudado bajo de longitud media	Dldebm
	Lomo denudado moderado de longitud corta	Dldemc
	Lomo denudado moderado de longitud larga	Dldeml
	Lomeríos disectados	Dldi
	Ladera erosiva	Dle
	Espolón moderado de longitud larga	Dlfl
	Lomeríos muy disectados	Dlmd
	Ladera ondulada	Dlo
	Loma residual	Dlor
	Montículo y ondulaciones denudacionales	Dmo
	Planicie colinada residual	Dpcr
	Sierra denudada	Dsd
	Fluvial	Abanico fluviotorrencial
Abanico aluvial antiguo		Faaa
Barra compuesta		Fbc
Cauce aluvial		Fca
Cauce aluvial de montaña		Fcam
Cauce aluvial de piedemonte		Fcap
Conos de deyección		Fcdy
Escarpe de abanico fluviotorrencial		Fea
Laguna		Flg
Planicie aluvial confinada		Fpac
Plano de llanura de inundación		Fpi
Terraza de acumulación		Fta
Escarpe de terraza de acumulación		Ftae
Terraza de acumulación subreciente		Ftas
Terraza de acumulación torrencial		Ftat
Valle de inundación y avenida torrencial		Fvia
Mixto Fluvial - Denudacional	Cuenca torrencial	MFDct
Estructural	Cerro estructural	Sce
	Espolón facetado	Sefc
	Espolón facetado alto de longitud media	Sefcam

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



Ambiente	Nombre	Subunidad
	Espolón festoneado	Sefes
	Espolón festoneado alto de longitud media	Sefesam
	Espolón festoneado moderado de longitud media	Sefesmm
	Espolón	Ses
	Espolón bajo de longitud larga	Sesbl
	Espolón moderado de longitud corta	Sesmc
	Espolón moderado de longitud larga	Sesml
	Lomo de falla	Slf
	Escarpe de línea de falla	Slfe
	Lomo de obturación	Slo
	Meseta estructural	Sm
	Escarpe de meseta estructural	Sme
	Sierra	Ss
	Sierra homoclinal	Ssh
	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	Sshlc
	Ladera estructural de sierra homoclinal	Sshle
	Sierras y lomos de presión	Sslp
	Plano aluvial confinado	Svc
Volcánico	Mantos Piroclásticos	Vmp

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 8.3 Morfometría

Trata de aspectos cuantitativos en términos de: contrastes de relieve o relieve relativo, inclinación de ladera, longitud de la ladera, forma de la ladera.

El relieve relativo se define como la diferencia de altitud de la geoforma, independientemente de su altura absoluta al nivel del mar. El relieve relativo se mide por la diferencia de alturas entre la parte más baja y alta de cada unidad geomorfológica dentro de sus respectivos ambientes morfogenéticos.

La inclinación de la pendiente está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de movimientos en masa.

Los sectores con relieve mayormente plano (0 – 5°) corresponden principalmente a las geoformas del ambiente fluvial, en las zonas cercanas y misma cabecera



municipal de Mocoa, donde se modelan las geoformas de abanicos (Faa), abanicos antiguos (Faaa), terrazas de acumulación torrencial (Ftat), los valles de inundación y avenidas torrenciales (Fvia), del mismo modo, hacia la zona del municipio de Villagarzón, se observan estos relieves planos, sobre las subunidades de terraza de acumulación (Fta) y el cauce aluvial (Fca) junto con sus barras longitudinales (Fcb), ocupando un 8.02% de la cuenca correspondiendo a 5403.89 Ha.

Los relieves de tipo ondulado o inclinado con pendientes entre 5 – 15° ocupan un 24.22% del área total de la cuenca, equivaliendo a 16314.10 Ha, representados principalmente por la zona de Churumbelos, donde las laderas estructurales de los homoclinales (Sshle) presentan estas inclinaciones ligeramente inclinadas, de igual modo, hacia el occidente de la cabecera municipal, las lomas desnudas (Dld) sobre el Grupo Orito desarrollan este tipo de morfografía.

Las laderas fuertemente inclinadas o fuertemente onduladas, con inclinaciones entre 15 – 25°, ocupan un 23.59% (15889.36 Ha) del área total de la cuenca, estas se caracterizan por representar los taludes marginales de las quebradas Taruca, Taruquita y Sangoyaco y los ríos Mulato y Pepino, los cuales se encuentran contenidos en las geoformas de Valle de inundación y avenida torrencial (Fvia), escarpe de abanico fluvial (Fea) y escarpe de terraza de acumulación (Ftae). Asimismo, sobre las laderas estructurales de la Formación Caballos hacia el sector de Churumbelos, se desarrollan este tipo de pendientes.

Las laderas fuertemente quebradas que tienen inclinaciones entre 25 – 35°, representan el 25.08% del área de la cuenca correspondiente a 16892.56 Ha, que se desarrollan en la zona montañosa del centro de la cuenca, donde se modelan todas las geoformas de espolones (Ses), lomos de falla (Sif) y Sierras desnudas (Dsd), del mismo modo, sobre estas unidades se evidencian las laderas escarpadas de pendientes entre 35 – 45° que ocupan 10422.39 Ha que son el 15.47% del área, adicionalmente, sobre esta pendientes se modelan los escarpes de erosión mayor (Deem) y los escarpes de falla (Sife), que a su vez ocupan gran parte de las 2439.85 Ha (3.62%) con inclinaciones mayores a 45°.



En la Figura 53, exhibe la leyenda correspondiente al mapa morfográfico de la cuenca del río Mocoa, apreciable en la Figura 54, el cual resume y expone lo descrito anteriormente.

Rango de pendiente en grados (°)	Relieve	Área (Ha)	%
0-5°	Plano, Plano-cóncavo y Ligeramente Plano	5403.89	8.02
5-15°	Ondulado, Inclinado	16314.10	24.22
15-25°	Fuertemente Ondulado, Fuertemente Inclinado	15889.36	23.59
25-35°	Fuertemente Quebrado	16892.56	25.08
35-45°	Escarpado	10422.39	15.47
>45°	Muy Escarpado	2439.45	3.62
<b>TOTAL</b>		67361.75	100.00

**Figura 53. Leyenda del mapa morfográfico de la cuenca del río Mocoa.**  
Fuente: INPRO SAS, 2021.

La forma de la ladera se puede categorizar en términos de recto, cóncavo, convexo, ondulada, irregular o escalonada y compleja. Esta expresión de la homogeneidad e la resistencia de los materiales y la presencia de control de estructuras geológicas. Mediante la función de curvatura se calculó las formas de las laderas de la cuenca del río Mocoa, diferenciando los relieves entre laderas convexas, planas y cóncavas, de la manera que se expresa en la Tabla 9, donde se tiene que las laderas se distribuyen casi que uniformemente entre convexas y cóncavas, dado que tienen porcentajes de 49.19% y 47.85 % respectivamente, mientras que la zona plana ocupa un 15 % de la cuenca. Esto se puede ver reflejado en la Figura 55, sin embargo, los porcentajes difieren a la clasificación de las pendientes (Figura 53), en vista que, esta herramienta calculó la curvatura de la pendiente y visualiza la forma, más no toma los rangos de pendiente.

#### 8.4 Morfoestructura

Indican el modelaje del relieve, según composición, disposición, y dinámica interna de la tierra. La morfoestructura incide en el modelaje del paisaje según: condición pasiva que analiza las formas resultantes de los procesos o deformaciones

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020



tectónicas (activas o inactivas) expresadas en el relieve de la superficie terrestre, con dimensiones y configuraciones variables, y la condición activa que corresponde a los procesos morfogenéticos endógenos asociados a la deformación y al fracturamiento tectónico como al vulcanismo que determina geoformas de configuraciones y dimensiones variables.

La cuenca del río Mocoa cuenta con una gran cantidad de fallas que presentan vergencias SW-NEE principalmente, de la misma manera, se observan fallas de vergencias NW – SE. Este control estructural y alto fracturamiento genera unas zonas de morfoestructuras en la cuenca.

**Tabla 9. Morfometría de la cuenca del río Mocoa.**

Curvatura	Área (Ha)	Área (%)
Cóncava	32235.91	47.85
Plano	1993.68	2.96
Convexa	33132.17	49.19
Total	67361.75	100

**Fuente: INPRO SAS, 2021.**

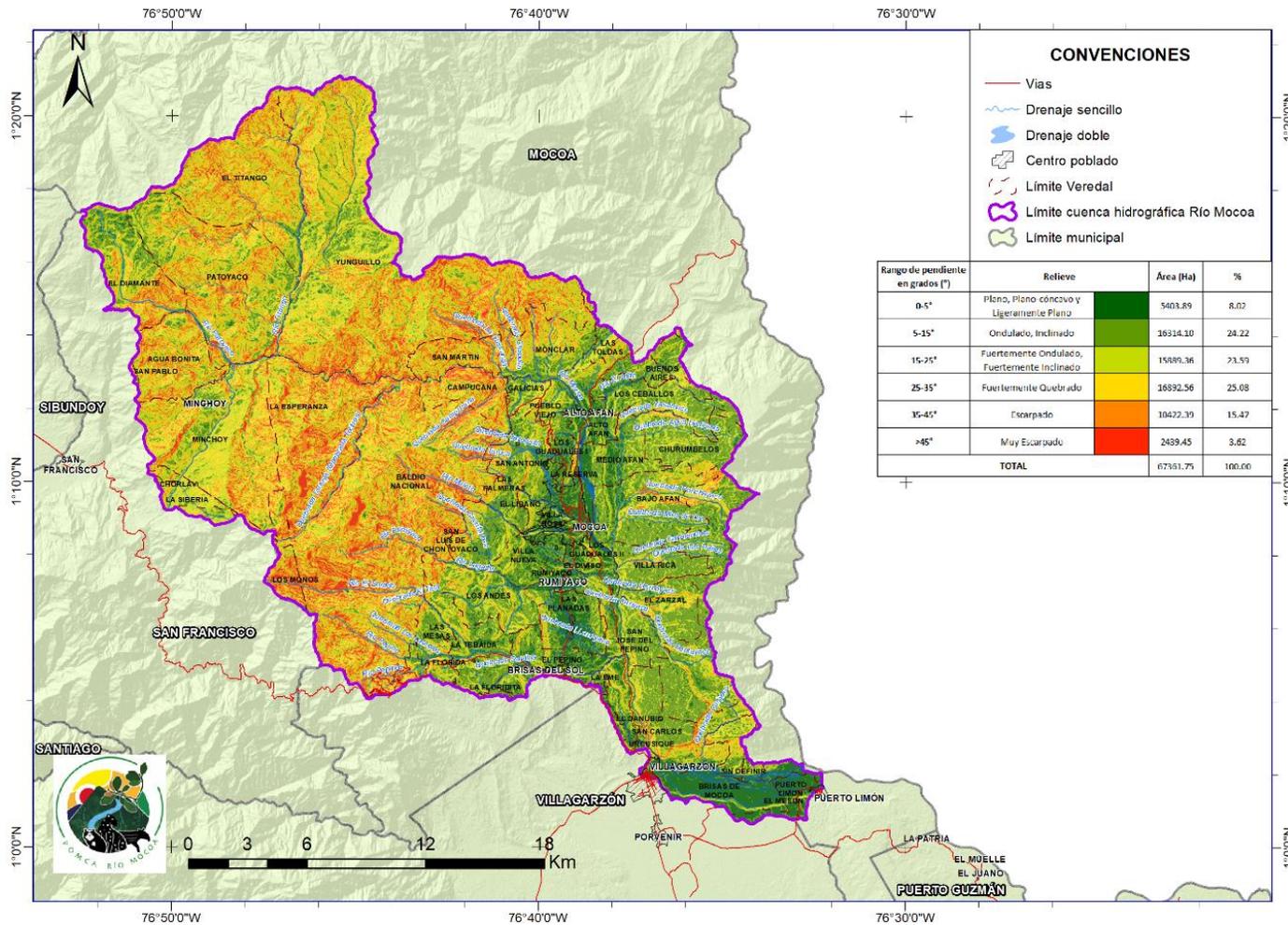


Figura 54. Mapa morfográfico de la cuenca del río Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

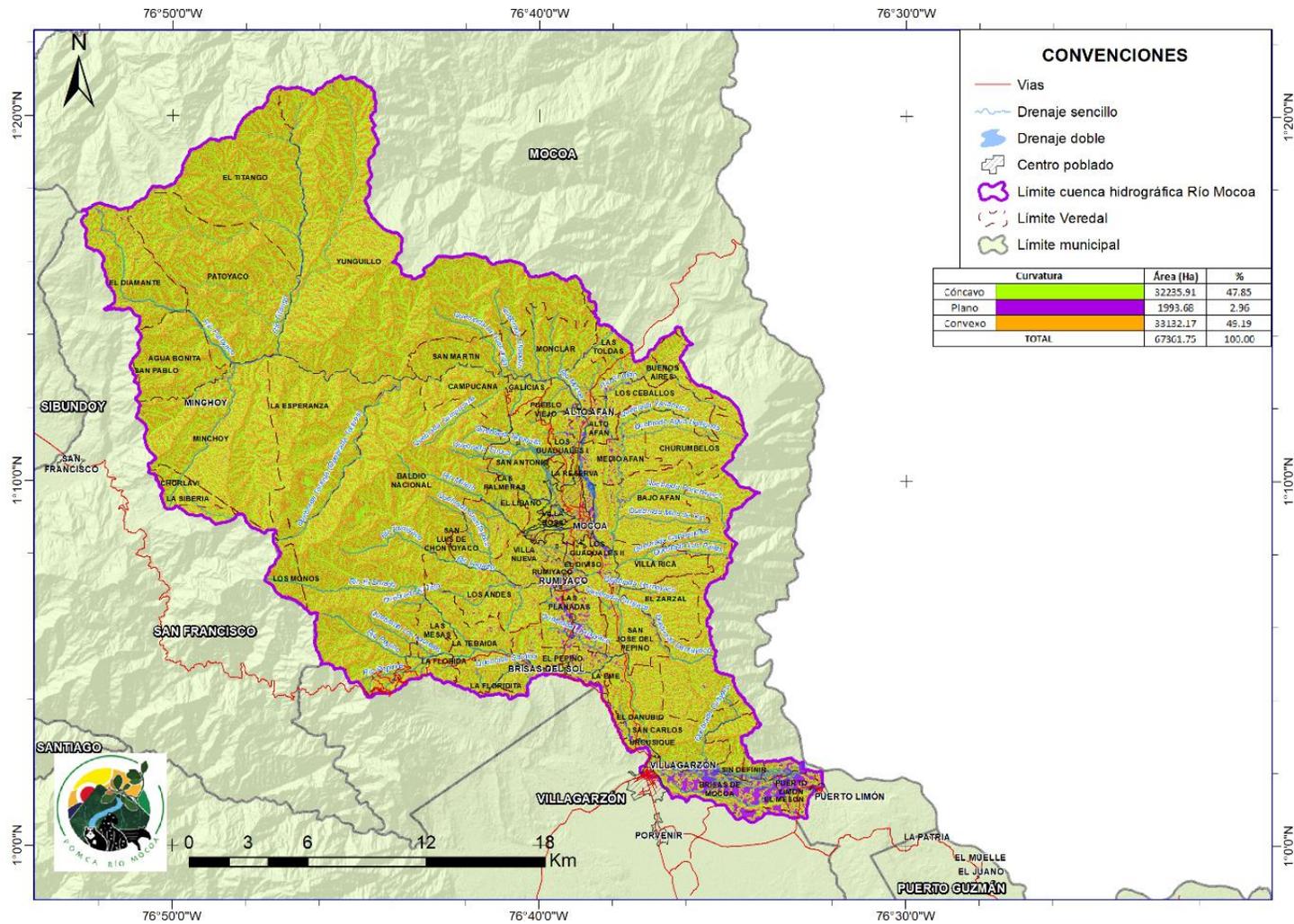


Figura 55. Distribución morfométrica de la cuenca del río Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



La zona occidental y norte, se caracteriza por presentar fallas regionales de vergencia SW-NEE, donde destaca, la falla San Francisco – Yunguillo, que hace parte del sistema de fallas de Algeciras, las cuales generan cabalgamientos de rocas antiguas sobre rocas de menor edad, adicionalmente, sobre estas fallas existe un componente de rumbo, que genera un desplazamiento regional hacia el noreste, generando una faja alargada y apretada de una secuencia de rocas en orden cronoestratigráfico que comienza con las rocas del Complejo Migmatítico La Cocha – Río Téllez del Precámbrico y terminando con las rocas sedimentaria de la Formación Caballos. En esta región se generan laderas de diferentes pendientes con una tendencia mayor a pendientes por abruptas a escarpadas de inclinaciones superiores a los 25°; también se observan que los azimuts de rumbo de las unidades sedimentarias son paralelas a estas fallas regionales con buzamientos que se dirigen hacia el SW.

La segunda morfoestructura se observa hacia el centro de la cuenca, donde una serie de abanicos antiguos han modelado, relieves planos y de poca inclinación, los cuales están siendo disectados por diferentes quebradas y ríos de piedemonte, adicionalmente, estos cuerpos de agua son contralados estructuralmente por fallas de rumbo, que han fracturado y debilitado los materiales principalmente a las rocas del Monzogranito de Mocoa, localizado en las cuencas altas de los drenajes. De igual modo, sobre esta región las rocas sedimentarias se encuentran buzando con predominancia hacia el oeste, desarrollando estructuras de homoclinales, con una secuencia estratigráfica ascendente desde Churumbelos con la Formación Saldaña hasta el Grupo Orito; además de que la falla La Tebaida genera la repetición de la secuencia al desarrollar un cabalgamiento de la Formación Pepino Inferior al Grupo Orito.

La tercera y última morfoestructura se localiza hacia el final de la cuenca al sureste, donde los depósitos aluviales aterrizados y de cauce, generan planicies extensas con algunos escarpes que diferencia los niveles de aluviales, asimismo, las fallas de Diamantes y Palmeras, se observa un bloque de rocas del Paleógeno



cabalgando sobre la Formación Saldaña, que desarrollan laderas estructurales con buzamientos en dirección sur y algunas zonas de montículos modelado sobre rocas meteorizadas.

## **8.5 Morfodinámica**

Este capítulo tiene el fin de contextualizar sobre la naturaleza y los tipos de procesos morfodinámicos identificados. La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades de terreno (SGC, 2012).

Los procesos morfodinámicos agrupan todos los productos activos e inactivos que modifican e influyen en las geoformas existentes. Estos procesos pueden ser erosivos (denudativos) o constructivos (agradacionales) y la interacción de ellos o entre ellos modifica el relieve.

Procesos denudativos:

- Procesos erosivos.
- movimientos en masa.

Es de recordar que los procesos erosivos, si no son mitigados a tiempo, pueden favorecer la ocurrencia de movimientos en masa. La probabilidad de ocurrencia de estos eventos, constituyen amenazas que al materializarse pueden generar riesgo para la infraestructura y/o poblaciones (SGC, 2016).

A partir de la fotointerpretación y las observaciones de campo, se identificaron algunas zonas susceptibles a procesos morfodinámicos, debido al tipo de material que los componen y los procesos que actúan sobre ellos.

Mediante información secundaria proveniente del SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa), DESINVENTAR (Sistema de Inventario de Efectos de Desastres), los estudios provenientes de la actualización del PBOT de Mocoa; se identificaron procesos morfodinámicos correspondientes a movimientos en masa, los cuales fueron corroborados con ayuda de imágenes satelitales con el objetivo



de reconocer aquellos que presenten actividad. De la información se obtuvo que algunos inventarios no poseen localización exacta de los procesos, y que la mayoría de los eventos registrados presentan dimensiones inferiores a las áreas mínimas cartografiadas a la escala de salida del producto (1 ha), por lo que se filtró la información para las áreas mayores o iguales a 1 ha. No obstante, debido al conocimiento que se posee dentro de la cuenca, en donde se ha expresado en estudios previos, que los movimientos en masa de tipo flujo y deslizamiento son precursores de la generación de avenidas torrenciales, estos serán incorporados dentro del inventario, teniendo prioridad, los que se interpreten en cuencas altas de las corrientes de agua. En el Anexo 4. MM (Movimientos en masa, inventario de eventos), se encuentra la base de datos en formato shape de estos procesos.

El inventario de procesos morfológicos fue complementado, con base a observaciones realizadas en la fase de control de campo, la previa interpretación de fotografías aéreas provenientes del IGAC y la interpretación de imágenes satelitales (Google Earth, Imagery).

## **8.6 Inventario zonas de erosión y de movimientos en masa con base en fotointerpretación**

Con base en imágenes satelitales y fotografías aéreas, se identificaron 1198 procesos de movimientos en masa, los cuales se indican en la Figura 56. A continuación, se describen los principales tipos de procesos erosivos y de movimientos en masa, observados en la zona de estudio. En el Anexo 5. MM (movimientos en masa fotointerpretados), se encuentra la base de datos en formato shape de estos procesos.

### **8.6.1 Procesos de erosión**

La erosión es un proceso de pérdida continua y selectiva de materiales ocasionada por agentes naturales o antrópicos. Cuando la erosión se produce sin intervención antrópica, se denomina erosión geológica o natural, debido a la acción de agentes como el agua (hídrica), viento (eólica), deshielo (glaciar), entre otros, sobre los materiales de las capas superficiales del terreno ya sea roca o suelo; de lo contrario



se considera erosión antrópica o acelerada, en la que el hombre altera los procesos naturales principalmente con prácticas como el laboreo en el sentido de la pendiente, cultivos, compactación del terreno, deforestación, quemas, minería, entre otras actividades. En el caso de zonificación de amenazas por movimientos en masa, es importante caracterizar la erosión superficial que puede dar origen a movimientos en masa, principalmente la relacionada con el agente agua en forma de erosión pluvial o hídrica (surcos, cárcavas y hondonadas o tierras malas) y erosión fluvial (socavación lateral) (SGC, 2017).

#### 8.6.1.1 Procesos de erosión pluvial o hídrica.

##### 8.6.1.1.1 Erosión laminar

La erosión laminar consiste en el desprendimiento y transporte en capas bien definidas superficiales de suelo por acción de la escorrentía difusa, haciendo que el suelo se vaya perdiendo casi en forma imperceptible (Figura 57). Este tipo de erosión es muy común en los suelos residuales y en las zonas recientemente deforestadas (Suárez, 2001).

El agua lluvia, durante los fuertes aguaceros, ataca el suelo en su parte superficial, donde sus partículas son desprendidas por el impacto de las gotas y al saturarse el suelo, son arrastradas por el agua en forma homogénea durante la fase de escurrimiento como un flujo delgado y relativamente uniforme (Van Zuidam, 1985). Algunos autores se refieren a este tipo de erosión como “erosión hídrica pluvial” y “escurrimiento superficial difuso”, haciendo la separación entre el momento en que las partículas de suelo son dispuestas para el transporte como un flujo laminar y el movimiento mismo de las partículas.

La costumbre que tienen muchos agricultores de efectuar quemas y cultivos limpios, conjuntamente con las prácticas de desyerbe con azadón favorecen este tipo de erosión (Bahamón & Gaitán, 1981).

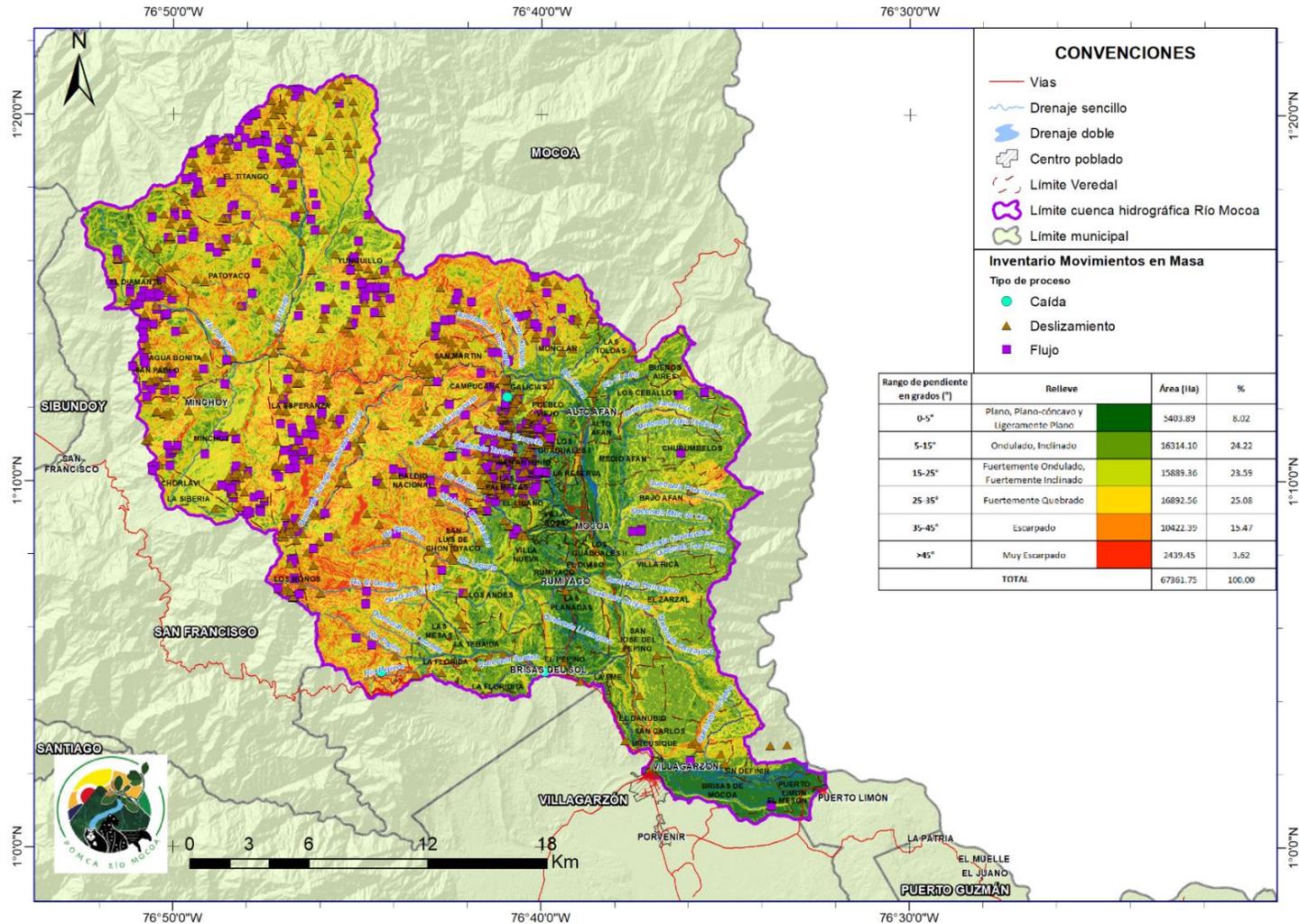


Figura 56. Mapa de procesos morfodinámicos.  
Fuente: INPRO SAS, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

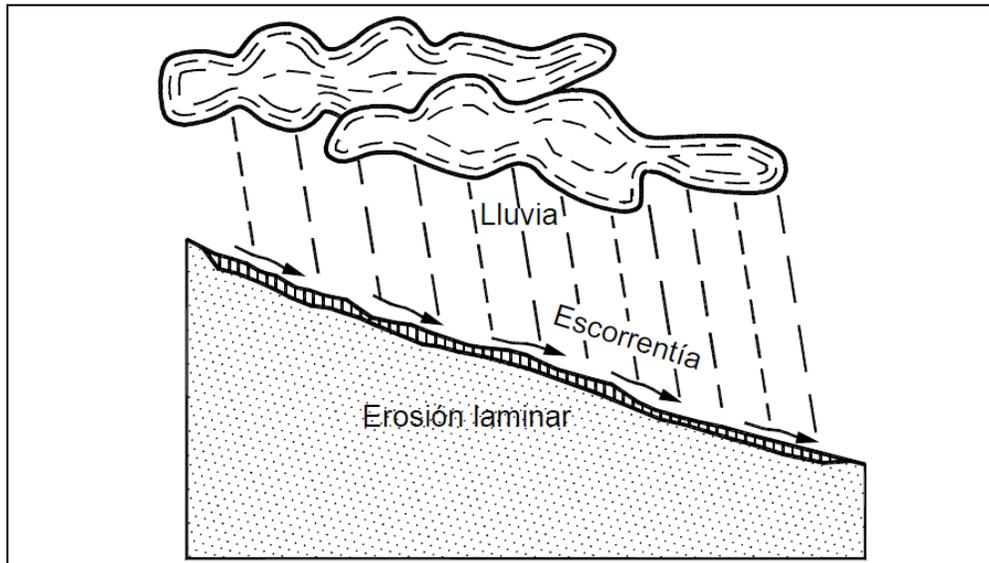


Figura 57. Proceso de erosión laminar.

Fuente: Suárez, 2001.

#### 8.6.1.1.2 Erosión en surcos y cárcavas

Este es un tipo de erosión concentrada, se presenta cuando el agua de escorrentía se concentra donde antes existía una zona con procesos de erosión laminar, debido a la irregularidad natural de la superficie, formando pequeños canales, que se denominan surcos, de poca profundidad y donde se produce arrastre de partículas de suelo, que pueden ser observadas dentro de los canales cuando éstos están secos.

Al concentrarse el flujo en pequeñas corrientes sobre una pendiente, se genera una concentración del flujo el cual por la fuerza tractiva de la corriente produce erosión formándose pequeños surcos o canales, los cuales inicialmente son prácticamente imperceptibles, pero poco a poco se van volviendo más profundos. En estos surcos la energía del agua en movimiento adquiere cada vez, una fuerza mayor capaz de desprender y transportar partículas de suelo. Inicialmente, los pequeños canales presentan una forma en V la cual puede pasar a forma en U (Suarez Díaz, 2009). La formación de surcos y cárcavas se presenta generalmente en suelos poco

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*

permeables, en los que la escorrentía excede ampliamente a la infiltración durante las lluvias, depende también de la pendiente del terreno, la cobertura vegetal y el régimen lluvias.

Los suelos residuales de la Formación Rumiyaco, por su calidad de ser un material suelto y muy blando, se ve altamente afectado por la escorrentía de aguas lluvias de la manera que se puede observar en la Figura 58, donde el agua de escorrentía ha desarrollado canales pocos profundos donde transitan hacia la ladera baja, contribuyendo al deterioro del material.



Figura 58. Erosión en surcos sobre suelos residuales de la Formación Rumiyaco, registrada en las coordenadas: E= 4594229, N=1677079, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

Cuando se da una mayor concentración del flujo de escorrentía, las irregularidades del terreno propician la profundización o ampliación de los surcos, y/o la unión de varios de estos, hasta convertirse en canales mucho más largos, amplios y profundos, conocidos con el nombre de cárcavas. Se denomina cárcava a un canal de erosión con una sección superior a  $1\text{m}^2$  (Suarez Díaz, 2009) o profundidades mayores a 1,5m (Van Zuidam, 1985).

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020

Este tipo de erosión es común que ocurra en escarpes o cicatrices de movimientos en masa, debido a que, por el eventos el material queda expuesto a condiciones ambientales, adicionado, por la pérdida de su cobertura vegetal, un ejemplo de este proceso se presenta en la Figura 59, dado que, en el lugar sucedió un movimiento en masa de tipo deslizamiento, que posteriormente, ha estado sufriendo de procesos erosivos hídricos que conllevaran a la detonación de un segundo movimiento en masa.



Figura 59. Cárcava observada sobre la cicatriz de un movimiento en masa, registrado en las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.6.1.2 Procesos de Erosión, tipo socavación lateral

Este tipo de erosión se produce cuando en épocas de lluvias, el aumento de los caudales de corrientes de agua como ríos y quebradas, trae como consecuencia el aumento en la capacidad de carga y poder erosivo de las corrientes, dando lugar al



socavamiento lateral de los cauces o a la profundización de los mismos (socavación de fondo), que puede llegar a desestabilizar los taludes aledaños.

Las corrientes de alta montaña, de cauces siempre más rectos e incisados, rara vez presentan socavamiento lateral; en cambio la ganancia en la capacidad de carga y poder erosivo de la corriente se invierte en la profundización de su canal, que puede llegar a desestabilizar las márgenes de las corrientes por falta de soporte, provocando remociones en masa hacia las mismas.

La deforestación de las márgenes de los ríos y quebradas, así como el establecimiento de cultivos limpios en los taludes que dan hacia las corrientes favorece ampliamente la ocurrencia de la erosión (Bahamón & Gaitán, 1981).

Este tipo de erosión excava la parte inferior de los escarpes de las márgenes de los cauces, específicamente hacia el costado convexo en los cambios de dirección del cauce. Se observa a lo largo de las márgenes de los drenajes principales, y secundarios, afectando depósitos de terrazas subrecientes y recientes, además de escarpes rocosos que limitan los cauces. En la salida de campo pudo observarse este proceso a lo largo de los depósitos aluviales que bordean los diferentes ríos y quebradas de la cuenca.

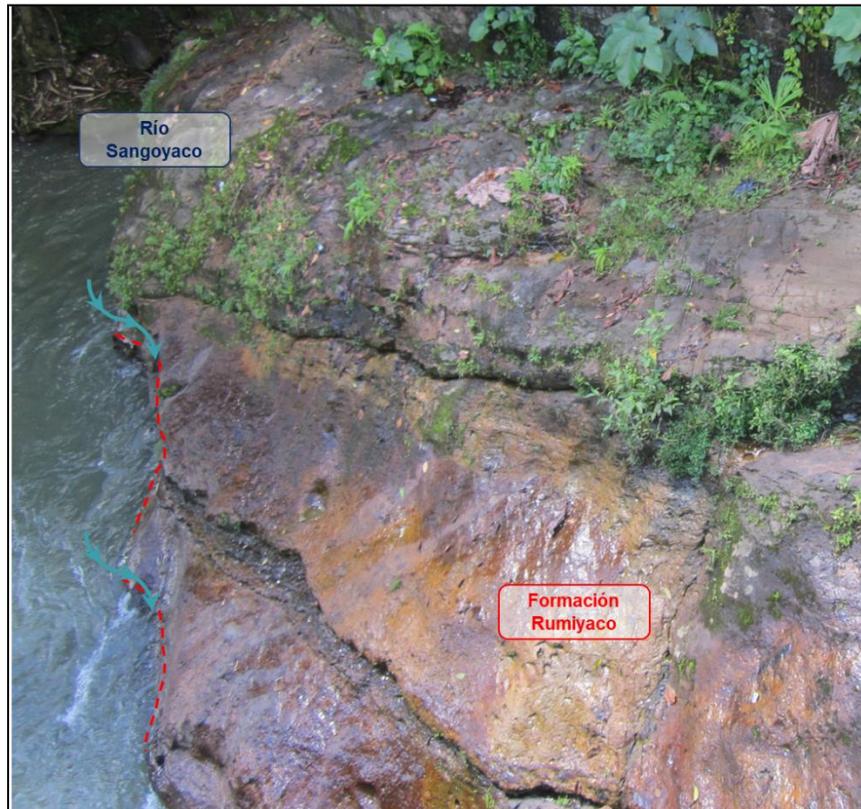


Figura 60. Socavación lateral desarrollada por el Río Sangoyaco, sobre un talud rocoso de la Formación Rumiayaco, registrado en las coordenadas: E= 4596275, N=1678502, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 8.6.2 Movimientos en masa

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras, por efectos de la gravedad. Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (GEMMA, 2007).

Los principales factores que contribuyen el desencadenamiento de movimientos en masa son: el relieve, la inclinación del terreno, la litología, usos del suelo, cobertura vegetal, condiciones meteorológicas, e indudablemente la acción antrópica. Por lo general el detonante es el agua lluvia.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*



El relieve influye en la medida en que las rocas y suelos poseen propiedades mecánicas que determinan la altura y pendiente máxima a la que el material es estable, por debajo de las cuales existe una susceptibilidad muy baja a presentar movimientos remociones en masa.

El tipo de litología acompañada de la presencia de estructuras como fallas, actividades volcánicas y sísmicas, pueden de cierta forma aportar a la generación de diversos movimientos en masa.

Las condiciones meteorológicas, puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar grandes cantidades de agua lluvia, la cual, además de aumentar la presión de poros y fisuras en el suelo y el peso del mismo, favorece los procesos erosivos al formar corrientes superficiales.

Cuando la actividad humana se realiza sin ninguna planificación, especialmente en obras viales, explotación de minas, desarrollos urbanísticos, rellenos mal efectuados, cortes en el perfil natural de las laderas, deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas entre otros, promueve procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son vulnerables a esta clase de fenómenos.

En la zona de estudio se observan movimientos en masa tipo: caídas, deslizamientos y flujos.

#### 8.6.2.1 Caída de rocas

La caída de roca es un tipo de movimiento en masa, en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes D. , 1978).

En la cuenca del río Mocoa, no se logró reconocer sitios con procesos de caídas de rocas mediante interpretación de sensores remotos, no obstante, durante el recorrido de campo se lograron evidenciar, zonas de laderas escarpadas con depósitos de rocas y bloques de gran tamaño (diámetros > 1 m), en las bases de sus laderas, como es el caso de la vía Mocoa – San Francisco, en la vereda la

Tebaida (Mocoa), sitio conocido como el trampolín de la muerte, de igual modo, en la vereda el Pepino (Mocoa), sobre la vía que lleva a la cabecera municipal de Villagarzón, se observaron bloques angulares de diámetros de 2 m, conformados por areniscas conglomeráticas, que provienen de la parte alta de la ladera, donde se modela la contrapendiente estructural de la Formación Pepino Inferior (Figura 61).

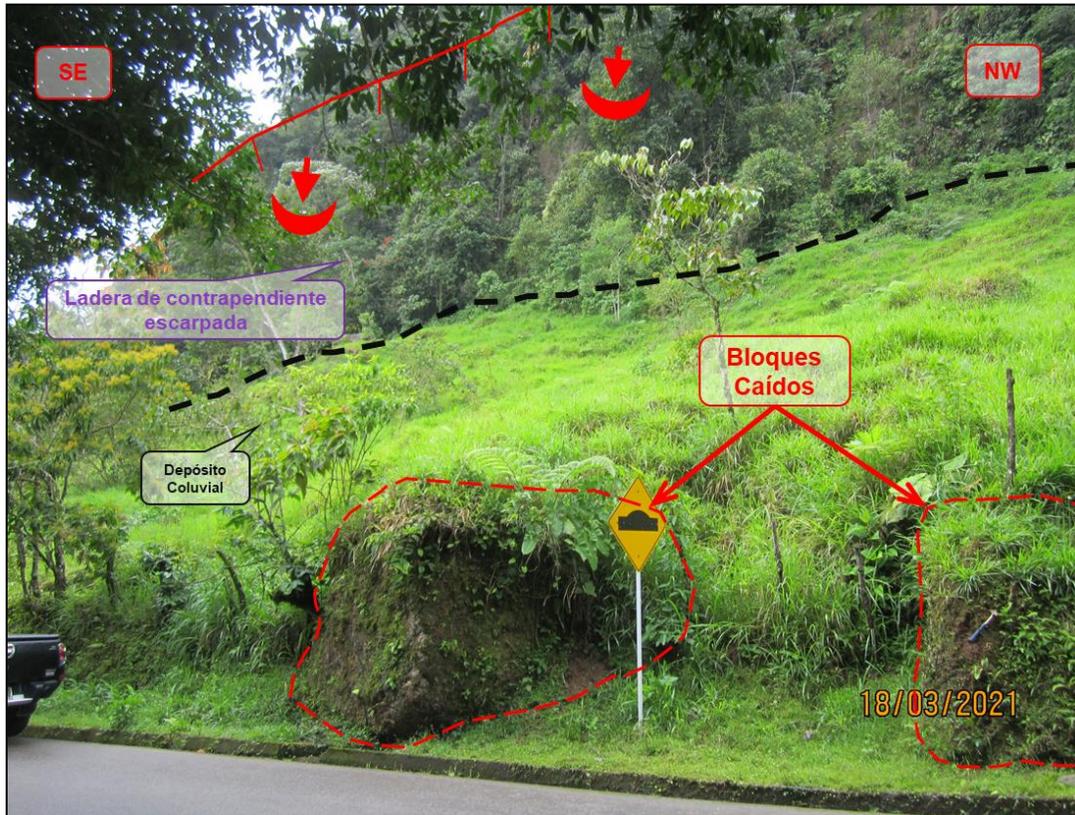


Figura 61. Bloques caídos dentro de un coluvial, localizado al borde de un escarpe de contrapendiente de la Formación Pepino Inferior, registrado en las coordenadas: E= 4592109, N=1677764, en la vereda El Pepino del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.6.2.2 Flujos

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes D. , 1978)



En (O. Hungr, 2001), clasifican los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; así mismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico, útiles para el estudio de amenazas.

Es importante hacer la distinción entre los diferentes tipos de flujos cuando se analiza la amenaza a que está sometida un área ya que existe un potencial destructivo, característico de cada tipo. Por ejemplo, es importante establecer la diferencia entre flujo de detritos y avalancha de detritos. En el caso del flujo de detritos (movimiento en masa canalizado) la amenaza se deberá concentrar en una trayectoria pre-establecida o canal y en el área de deposición o abanico, áreas potencialmente afectadas. En cambio, una avalancha de detritos puede desplazarse sobre áreas abiertas en laderas de alta pendiente. Por supuesto las avalanchas de detritos con frecuencia encuentran un canal pre-existente y se convierten en flujos de detritos.

Otra distinción importante de uso práctico para el estudio de amenazas es aquella entre flujos de detritos y crecidas de detritos (inundaciones o avenidas de detritos). Las crecidas (debris flood) presentan un potencial destructivo relativamente bajo con respecto a los flujos de detritos (debris flow) (Hungr O. , 2005) (Tomado de Movimientos en Masa en la Región Andina. (Oldrich Hungr, 2007).

Los movimientos en masa de tipo flujo son comunes en la zona de estudio, debido a la alta precipitación y zonas montañosas con formación de drenajes intermitentes por escorrentía, los materiales se desplazan ladera abajo canalizados por estos cauces intermitentes o cárcavas, especialmente sobre la unidad litológica de Monzogranito de Mocoa, como se puede observar en la Figura 62, donde hacía la cuenca alta de las quebradas Taruca y Taruquita se desarrolló un enjambre de flujos, que depositaron el material desplazado sobre sus cauces, que posteriormente desencadenaron un evento de avenida torrencial.

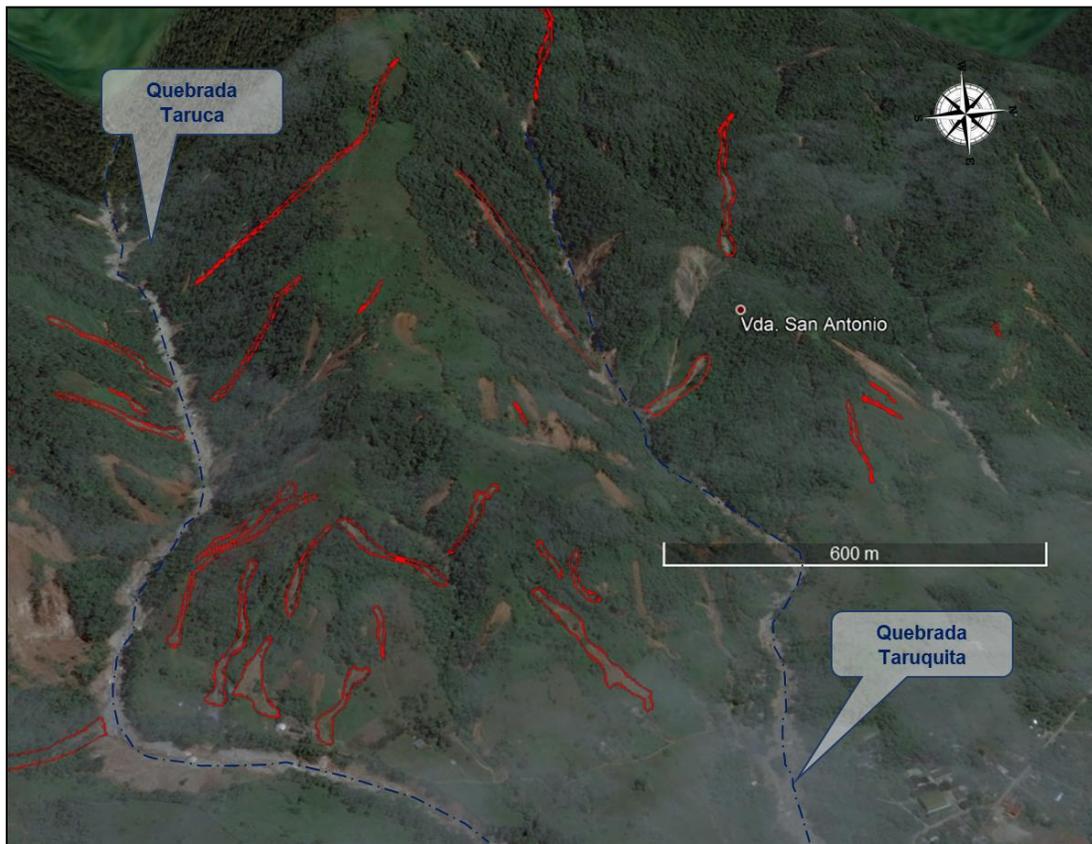


Figura 62. Enjambre de flujos sobre la cuenca alta de las quebradas Taruca y Taruquita.  
Fuente: Imagen Google Earth, 2021.

Analizada por INPRO 2021.

En la vista de campo, se pudieron identificar procesos de flujos de menores dimensiones y locales, sobre rocas meteorizadas de las formaciones Pepino, como se expresa en la Figura 63, donde por medio de un canal angosto se movilizaron suelos residuales y rocas meteorizadas (Regolitos y Bloques Angulares), provocando que al llegar a la vía se encontrase con una zona amplia de relieves suaves, donde depósito el material, el cual también se compone por material vegetal, el evento fue detonado por las lluvias de la noche anterior al registro fotográfico y en el momento aún se encontraba activo.



Figura 63. Flujo de lodos y detritos, desarrollado sobre la Formación Pepino Inferior, registrado en las coordenadas: E= 4592433, N=1689372, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 8.6.2.3 Deslizamientos

Es un movimiento ladero abajo, de una masa de suelo o roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuna. Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablara de deslizamientos compuestos (Hungry, Evans, Bovis, & Hutchinson, 2001) y (GEMMA, 2007).

- **Deslizamientos traslacionales**

En este tipo de deslizamiento la masa se mueve a lo largo de la superficie de falla plana u ondulosa. Se generan en superficies más o menos planas presentes en las rocas; dichas superficies pueden ser diaclasas, planos de estratificación, planos de fallas, entre otros. Por lo general ocurren cuando los planos estructurales se inclinan en la misma dirección de la pendiente del terreno (Figura 64), con un ángulo peligroso, lo que hace que ocurran (GEMMA, 2007).

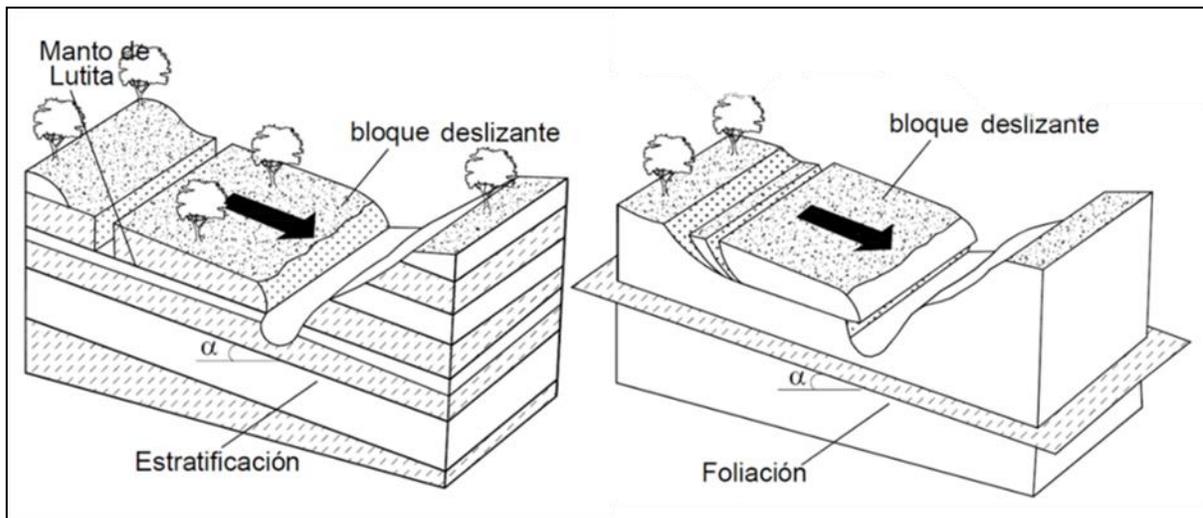


Figura 64. Esquema de un deslizamiento traslacional.

Fuente: Suárez, 2013.

- **Deslizamientos rotacionales**

Se dan a lo largo de superficies curvas con forma de cuchara con su concavidad hacia arriba. Este tipo de deslizamiento se presenta principalmente en materiales arcillosos, suelos residuales, o no consolidados. El material se puede desplazar como un todo sobre la superficie curva o como una serie de unidades a lo largo de sucesivos desplazamientos (Figura 65).

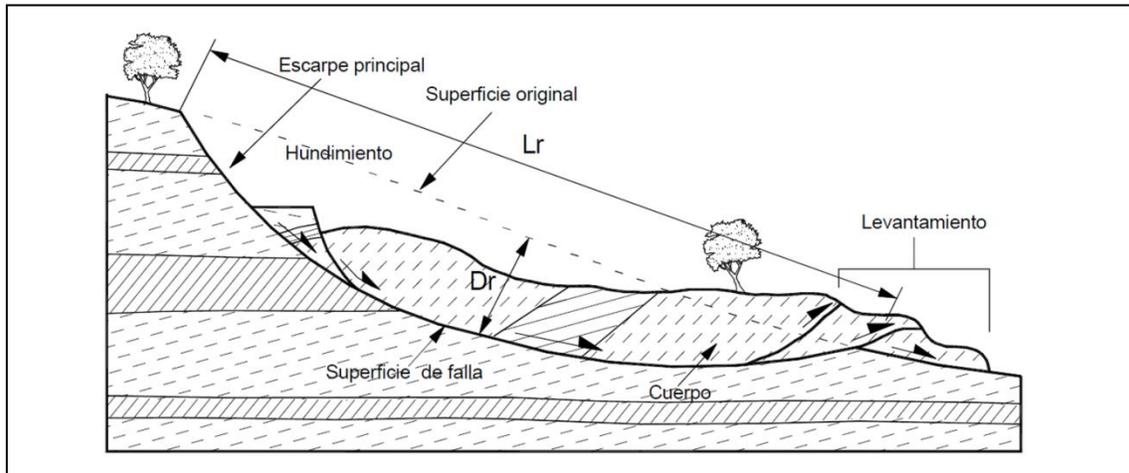


Figura 65. Esquema de un deslizamiento rotacional.

Fuente: Suárez, 2013.

En la zona de estudio se observaron deslizamientos que fueron reconocidos e identificados con la interpretación de imágenes satelitales, no diferenciándose entre traslacionales o rotacionales, debido a que en la interpretación de las imágenes satelitales no fue posible en la mayoría de casos llegar a ese detalle.

Las laderas abruptas y escarpadas de la cuenca son altamente susceptibles a generar deslizamientos debido a que, por las condiciones ambientales propias del piedemonte amazónico, las rocas desarrollan niveles espesos de meteorización con rocas saprolitizadas y suelos residuales. La Formación Saldaña se observó con varios procesos de movimientos en masa, como se expresa en la Figura 66, donde en la vereda Monclar de Mocoa, sobre una ladera abrupta se desarrollaron dos (2) deslizamientos que posteriormente se unieron y crearon un movimiento en masa de mayores dimensiones con el transporte de mayor material que termino uniéndose a un cauce que lleva el material al río Mocoa, de igual modo, se logra observar que sobre la cicatriz escarpada del proceso, se ha desarrollado una cárcava por efecto de las aguas de escorrentía, por lo que se intuye que el deslizamiento sigue activo y se desencadenarán más eventos.



Figura 66. Deslizamientos múltiples sobre la Formación Saldaña, registrado desde las coordenadas: E= 4591448, N=1691270, en la vereda Galicias del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

Igualmente, sobre los taludes de las vías es común encontrar procesos de deslizamientos, contribuido por la desconfinamiento de la base del talud por el tramo vial, como se presenta en el deslizamiento de la Figura 67, el cual tiene unas dimensiones de 9 m de alto con 20 m de ancho y un largo de 7 m, del mismo modo, contribuidos por la erosión por socavación lateral sobre la base del escarpe, afectando la vía al generarse la corona del deslizamiento, perdiéndose la bancada de la manera que se evidencia en la Figura 68, este último presenta dimensiones de 13 m de altura, con 7 m de largo y una corona con 10 m de ancho.



Figura 67. Deslizamiento rotacional observado al costado oriental de la vía, sobre suelos residuales de la Formación Saldaña, registrado en las coordenadas: E= 4594556, N=1691626, en la vereda Alto Afan del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.



Figura 68. Deslizamiento sobre la vía con pérdida de parte de la bancada, contribuido por la socavación lateral del Río Mocoa en su margen derecha, registrado en las coordenadas: E= 4596240, N=1678772, en la vereda San José Del Pepino del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020

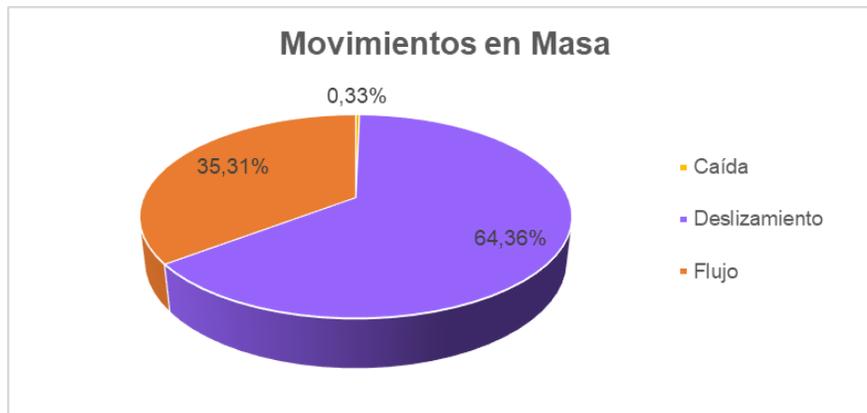


En total en la cuenca del río Mocoa, se registraron 1198 procesos de movimientos en masa, siendo el deslizamiento el de mayor ocurrencia con 771 eventos cartografiados, seguido del tipo flujo con 423 procesos y las caídas con 4, dado que, este proceso solamente pudo ser reconocido en campo. En la Tabla 10 se presenta la cantidad de procesos inventariados, de igual modo, en la Figura 69 se evidencia su distribución porcentual.

**Tabla 10. Procesos de movimientos en masa inventariados en la cuenca del río Mocoa.**

Tipo de Proceso	Cantidad	Porcentaje
Caída	4	0,33%
Deslizamiento	771	64,36%
Flujo	423	35,31%
Total	1198	100%

**Fuente: INPRO SAS, 2021.**



**Figura 69. Distribución porcentual Movimientos en masa.**

**Fuente: INPRO SAS, 2021.**

Adicionalmente en la Tabla 11 se presenta las diferentes fuentes consultadas para el levantamiento del inventario de movimientos en masa (Google Earth, Imagery), mientras que en la Figura 70 se presenta su distribución.



Tabla 11. Fuentes de información de donde se realizó el inventario de movimientos en masa.

Fuente	Cantidad
Campo	17
Google Earth	468
Imagery	713
Total	1198

Fuente: INPRO SAS, 2021.

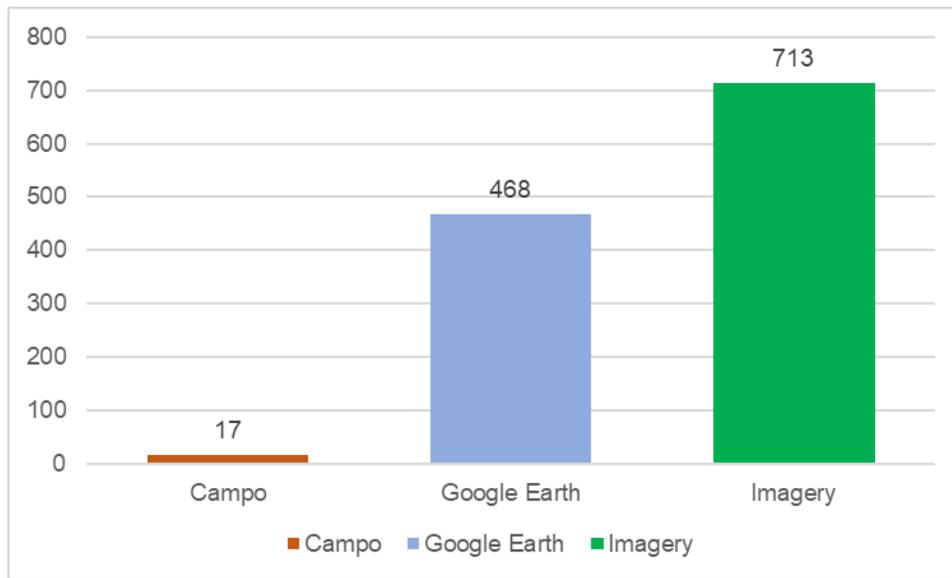


Figura 70. Distribución de las fuentes de información de donde se realizó el inventario de movimientos en masa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 8.7 Inventario zonas de erosión y de movimientos en masa con base en inventario de eventos

Mediante información secundaria proveniente del SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa del SGC), DESINVENTAR (Sistema de Inventario de Efectos de Desastres), los estudios provenientes de la actualización del PBOT de Mocoa (Inypsa, 2017) y otras fuentes, se reportan los procesos identificados en la Tabla 12 dentro de la zona de estudio.



Tabla 12. Inventario de eventos en la zona de estudio

Fuente	Deslizamientos	Flujos	Reptación	Caída de rocas	Total
<b>Inypsa, 2017</b>	<b>1640</b>	<b>3285</b>	<b>45</b>	<b>2</b>	<b>4972</b>
<b>SGC. Movimientos en masa, plancha 430</b>	<b>49</b>	<b>8</b>			<b>57</b>
<b>SGC, estudios a escala 1:5.000</b>					<b>805</b>
<b>Otros (UNGRD, INVIAS, comunidad, noticias, CORPOAMAZONIA)</b>	<b>75</b>	<b>110</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>180</b>

Recopilo: INPRO SAS, 2021.

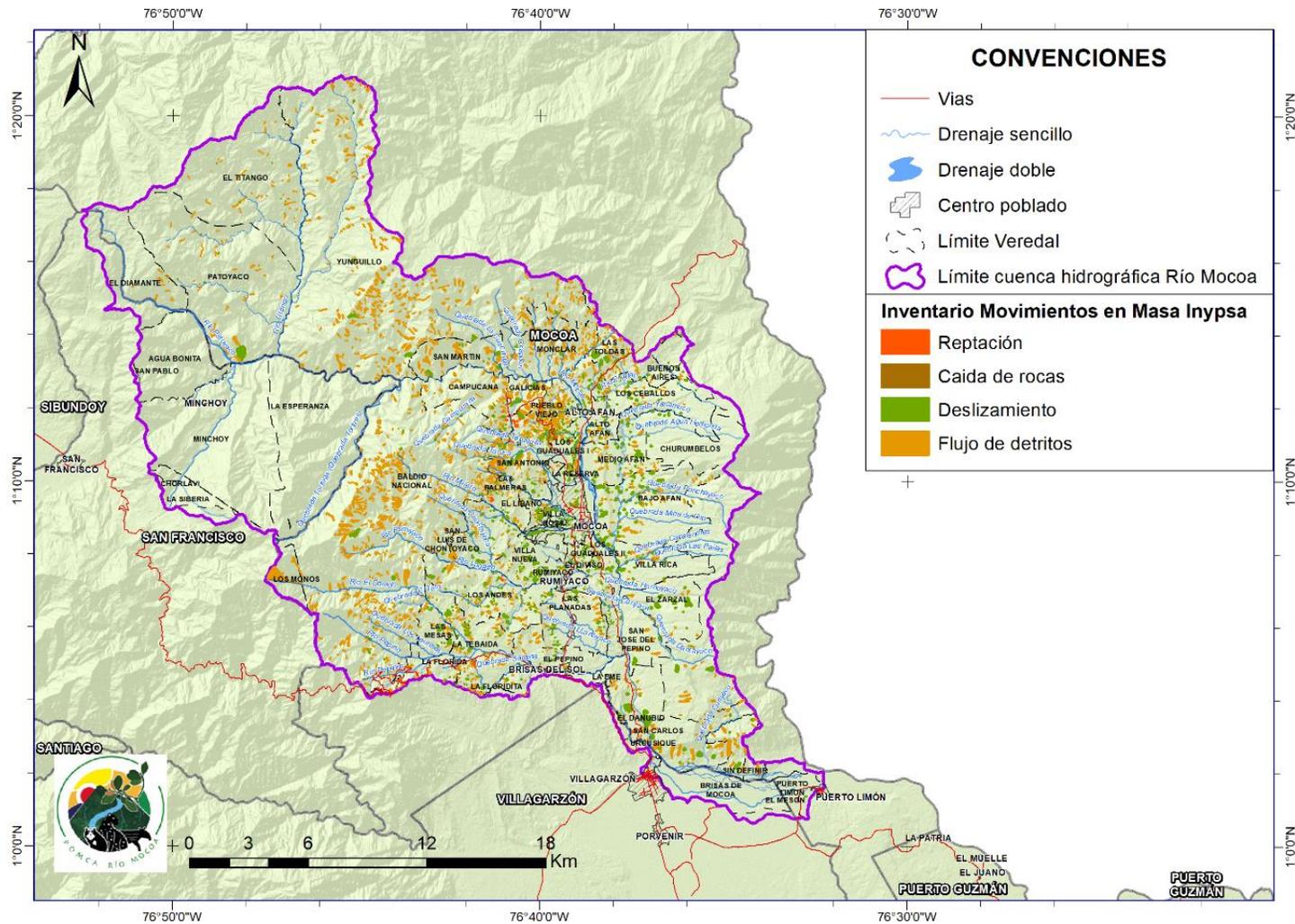


Figura 71. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de INYPSA 2017.  
Modificado por INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

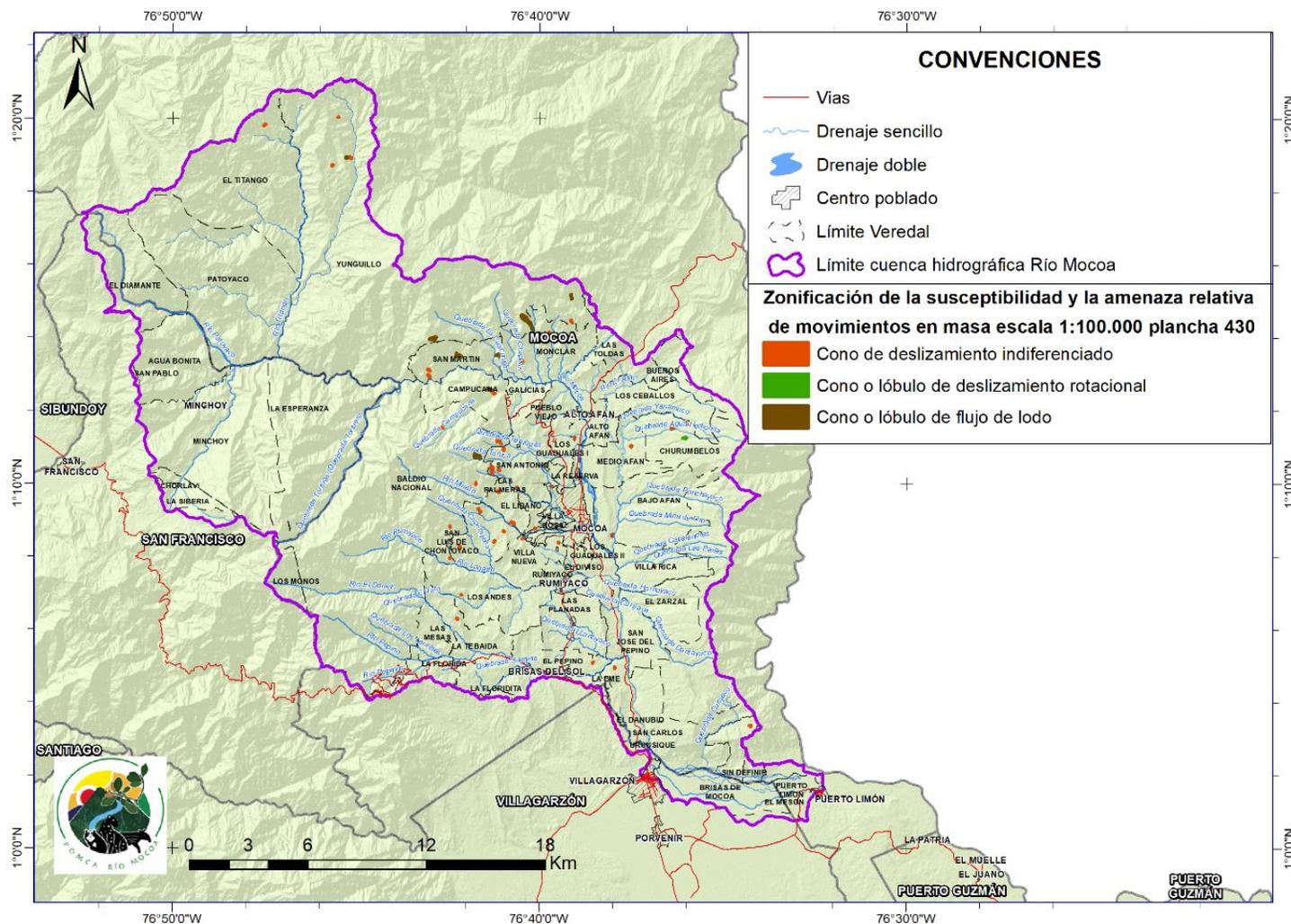


Figura 72. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de la plancha 430 del SGC.  
Modificado por INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

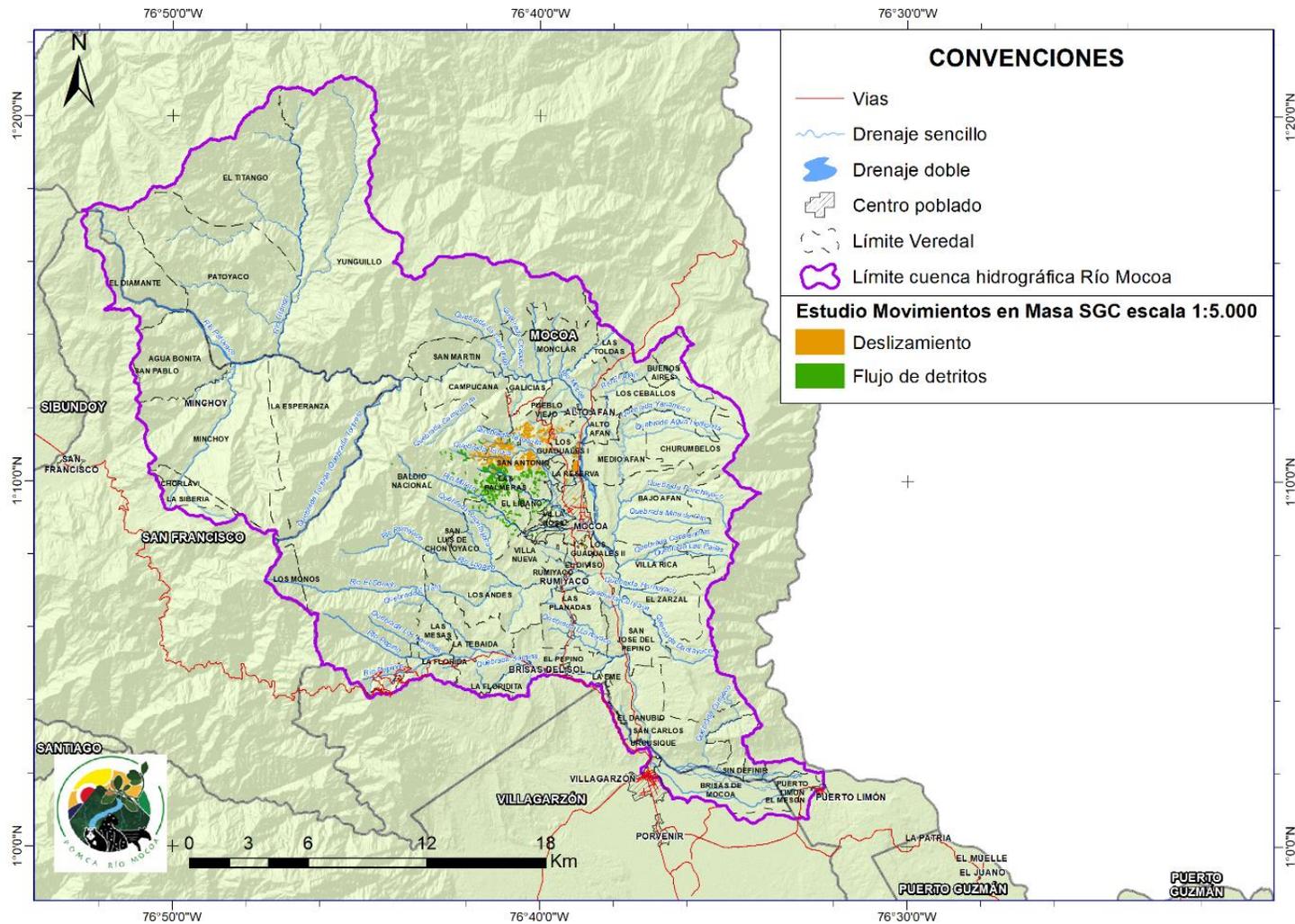


Figura 73. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de estudios del SGC a escala 1:5.000. Modificado por INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

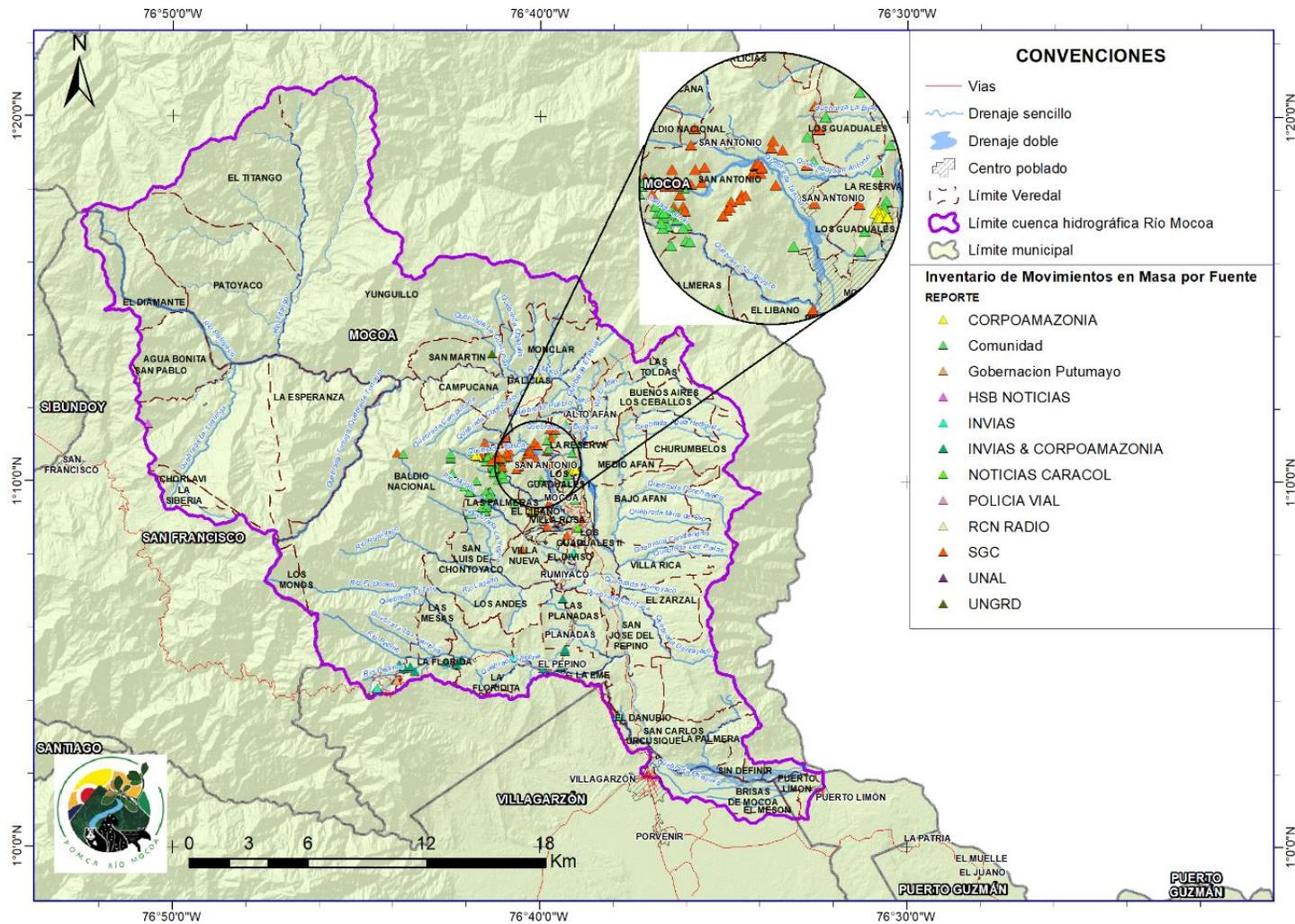


Figura 74. Inventario de eventos en la zona de estudio. Tomado de otros.  
Modificado por INPRO S.A.S, 2022

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020



## 8.8 Morfogénesis

Con base en la elaboración cartográfica de geología y de acuerdo con las interpretaciones hechas sobre fotografías aéreas, imágenes de satélite y reconocimientos de campo en la zona del proyecto se pueden reconocer cuatro (4) ambientes fundamentales y un (1) ambiente mixto:

**Ambiente Morfogenético Denudacional.** Constituido principalmente por zonas que han estado sometidas a los procesos erosivos, así como de acumulación en las laderas y esto principalmente se encuentra hacia la zona de piedemonte, donde las rocas de las formaciones Saldaña, Rumiayaco, Villeta y el Grupo Orito, presentan morfologías onduladas y de bajo relieve topográfico, indicando que sus rocas presentan altos procesos de meteorización, adicionalmente, sobre estos materiales es común encontrar procesos de movimientos en masa y de erosión.

**Ambiente Morfogenético Fluvial.** Característico de los ríos que drenan la zona formando franjas aluviales principalmente y eventualmente algunos conos de deyección. Las franjas aluviales más destacadas son las del río Mocoa y sus afluentes siendo los más importantes los cuerpos de agua que tienen su paso por la cabecera municipal de Mocoa y zonas aledañas, de igual modo, sobre el municipio de Villagarzón se modela ampliamente este ambiente sobre los depósitos aluviales maduros del río Mocoa. Las características principales del ambiente es conformarse por depósitos aluviales no consolidados y poseer zonas de relieve plano a suavemente inclinado

**Ambiente Morfogenético Estructural.** Se encuentra ampliamente representado en la cuenca, sobre la zona montañosa del municipio de Mocoa y San Francisco, hacia la cuenca alta, debido a que son rocas que se ven altamente influenciadas por la complejidad estructural que se desarrolla en la zona, siendo relieves montañosos afectados por la gran cantidad de fallas de la cuenca, las rocas en este sector presentan altos grados de fracturamiento y con presencia de movimientos en masa derivados del debilitamiento de los materiales. Se caracterizan por tener



laderas amplias y de inclinaciones abruptas a escarpadas, con relieves relativos altos (> 1000 m).

**Ambiente Morfogenético Volcánico:** Se trata de zonas de pendientes suavemente inclinadas a abruptas, modeladas por las ondulaciones y degradación de los depósitos piroclásticos que se localizan en la cuenca alta y zonas de mayor altura topográfica

**Ambiente Morfogenético Mixto Denudacional – Fluvial.** Se trata de las cuencas o microcuencas altamente susceptibles a presentar procesos de movimientos en masa que desencadenan en eventos de avenidas torrenciales, que fueron priorizadas en su delimitación cartográfica geomorfológica, en orden del alcance del trabajo.

**Ambiente Morfogenético Antrópico.** Hace referencia a las diferentes geoformas resultando de las diferentes actividades efectuadas por el hombre, como son explanaciones para urbanismo y cortes para corredores viales. Cuando la actividad humana se realiza sin ninguna planificación, especialmente en obras viales, explotación de minas, desarrollos urbanísticos, rellenos mal efectuados, cortes en el perfil natural de las laderas, deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas entre otros, promueve procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son vulnerables a esta clase de fenómenos.

En la Tabla 13 se presenta la distribución tanto en área como en porcentaje de los ambientes morfogenéticos identificados y clasificados en la cuenca del río Mocoa, a su vez en la Gráfica 1 se representa esta distribución en porcentajes y en la Figura 75, se observa la extensión y distribución de las subunidades que conforman estos ambientes morfogenéticos.

**Tabla 13. Distribución de los ambientes morfogenéticos en la cuenca del río Mocoa.**

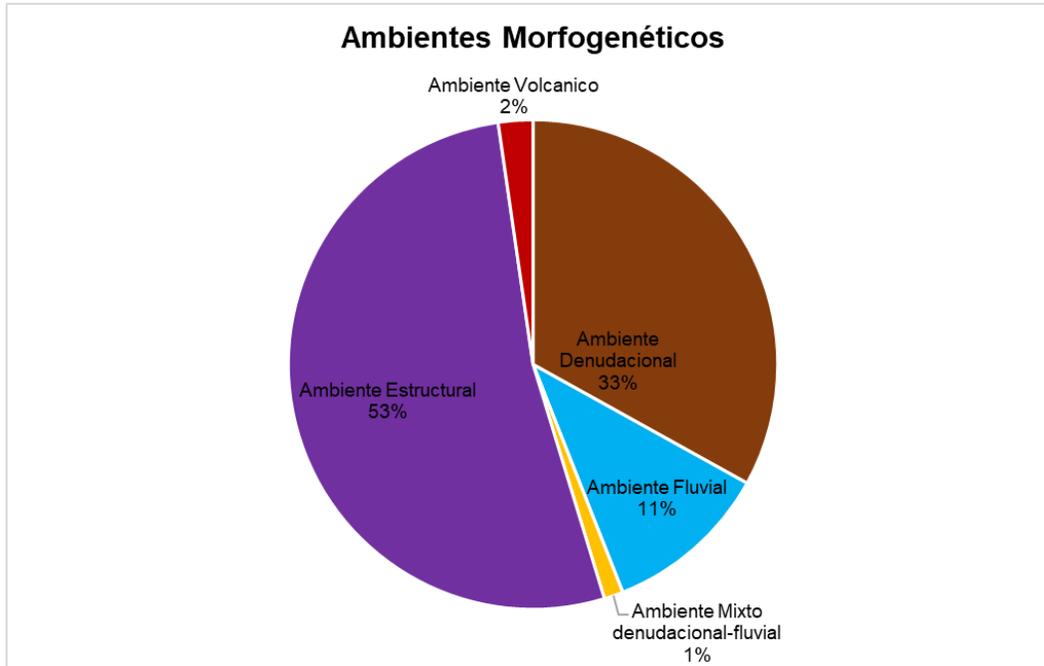
Ambiente Morfogenético	Área (Ha)	Área (%)
Ambiente Denudacional	22.270,65	33,06%
Ambiente Fluvial	7.386,86	10,97%
Ambiente Mixto denudacional-fluvial	850,63	1,26%
Ambiente Estructural	35.313,47	52,42%
Ambiente Volcánico	1.540,15	2,29%

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*



Ambiente Morfogénético	Área (Ha)	Área (%)
Total	67.361,76	100%

Fuente: INPRO SAS, 2021.



Gráfica 1. Distribución de los ambientes morfogénéticos en la cuenca del río Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

A continuación, y de manera jerárquica por ambientes morfogénéticos, describen las unidades que se lograron diferenciar adoptando y modificando ligeramente la nomenclatura de la propuesta del Servicio Geológico Colombiano, (2011), dado que, con el objetivo de cumplir con la salida de la escala a 1:25.000 se agregaron sub unidades que no se contemplan en el catálogo de geformas del SGC que se encuentra a escala 1:100.000.

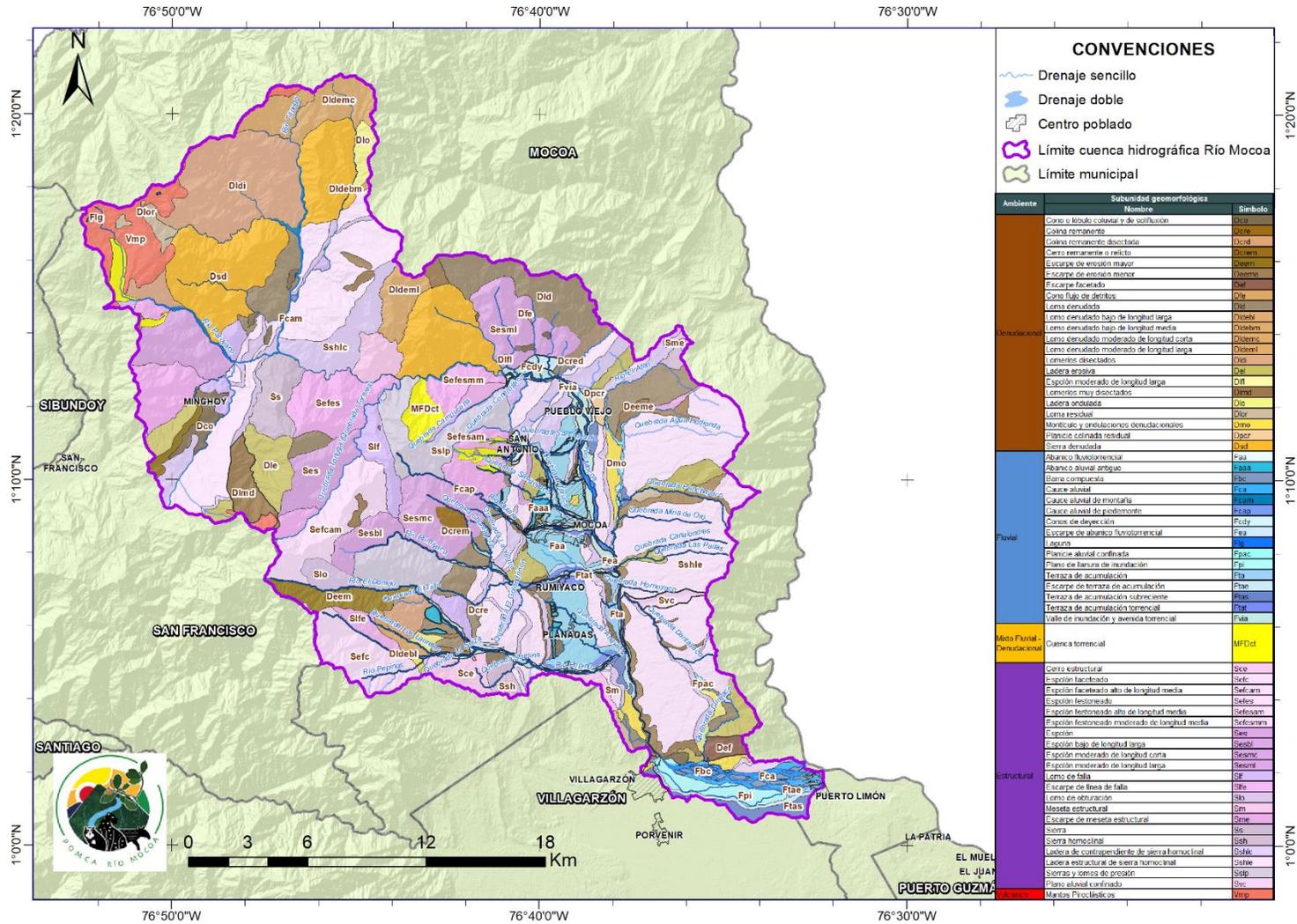


Figura 75. Mapa de geomorfología básica con fines de ordenación de la cuenca del río Mocoa escala 1:25.000.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020

### 8.8.1 Ambiente Denudacional

Se incluyen las geformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geformas preexistentes y además crean nuevas por acumulación de sedimentos. Las unidades de origen denudacional identificadas hasta el momento y su definición se listan a continuación. Loma Residual (Dlor) Prominencia topográfica que presenta una morfología alomada y elongada de laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, cubiertos por niveles de material coluvial, constituida por suelos residuales. Su origen es relacionado a erosión diferencial y a procesos intensos de meteorización (Figura 76).

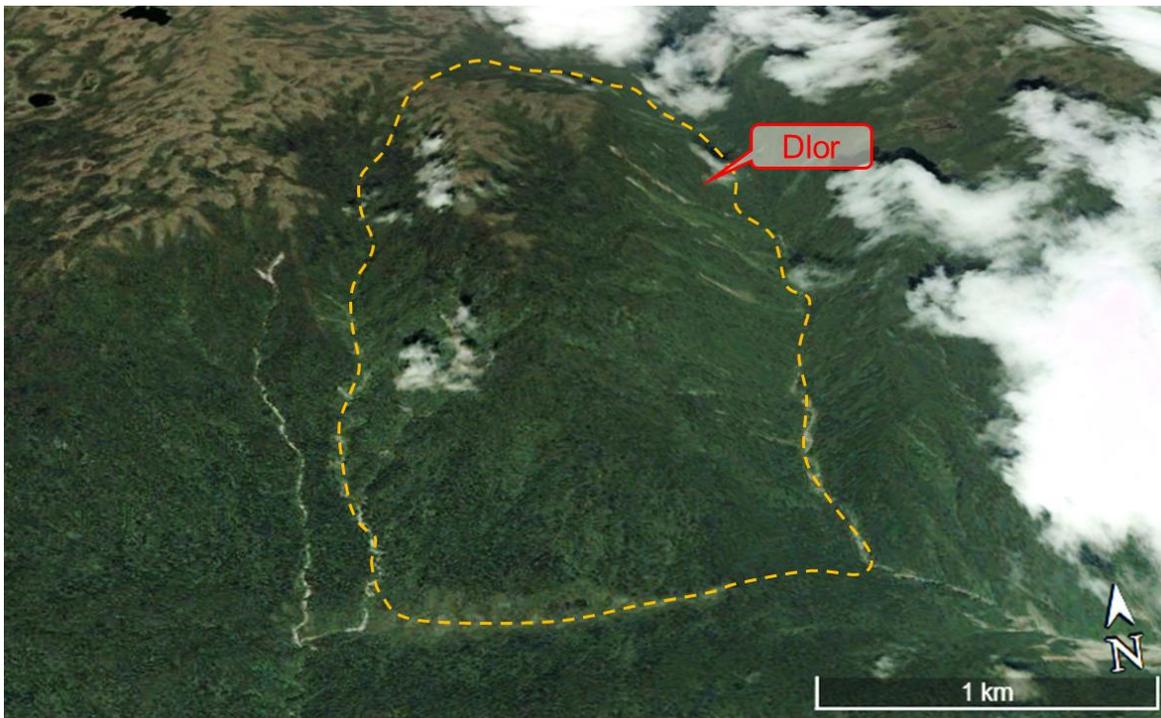


Figura 76. Loma Residual localizada en las ve redas El Diamante y El Titango. Formado sobre Cuarzomonzodiorita Sombrerillos.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.1 Cono y Lóbulo Coluvial y de Soliflucción (Dco):

Estructura en forma de cono o lóbulo, está relacionado a procesos de transporte y depósito de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de origen sedimentario, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a areno limo arcilloso.

Corresponden a depósitos de ladera, formados principalmente por materiales de cantos rodados, bloques dispersos embebidos en un matriz areno-arcillosa. Se encuentra indistintamente en toda la extensión de la zona, esta geoforma fue cartografiada por medio de métodos de fotointerpretación, basándose en las diferencias de tonalidad y texturales que forman los materiales inconsolidados respecto a los consolidados (Figura 77).

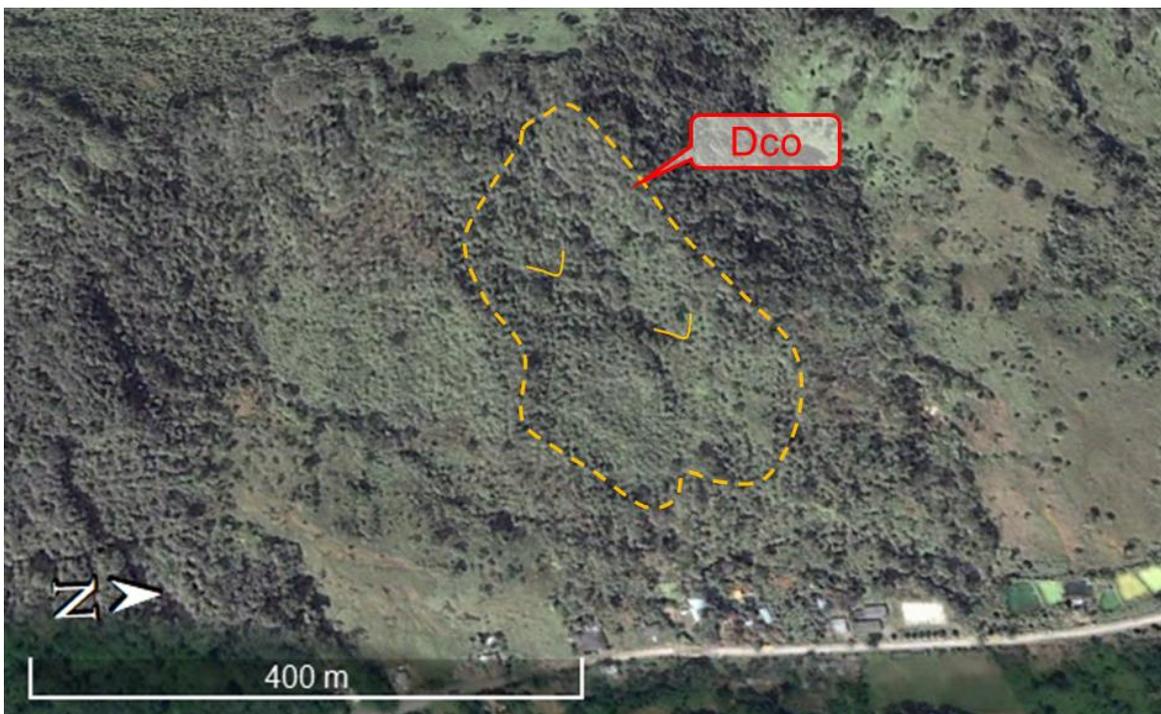


Figura 77. Cono o Lóbulo Coluvial localizado en la vereda San José del Pepino.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

Sobre la margen izquierda del río Mocoa se registró una imagen panorámica, que permite ver un depósito coluvial, al costado occidental de la cabecera municipal de Mocoa, como se observa en la Figura 78, el cual está modelando una geoforma lobulada, a la base de la ladera de contrapendiente homoclinal de la Formación Pepino Inferior (E2E3pei), este tiene su origen en procesos antiguos de movimientos en masa, asociados al levantamiento tectónico de la unidad.



Figura 78. Fotografía Panorámica registrada desde las Coordenadas: E= 4594914, N=1684941, en la vereda Bajo Afán del municipio de Mocoa, donde se observa un lóbulo coluvial (Dco) al occidente de la cabecera municipal de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.1.2 Escarpe de Erosión Mayor (Deem)

Ladera abrupta, de altura variable que puede generarse por distintas causas: tectónicas, por la abrasión (erosión fluvial y marina), por procesos glaciales y gravitacionales. A veces de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada.

Son geoformas largas, de 4 a 7 Km de extensión en el área de estudio, formadas sobre rocas de diferente litología, tanto sedimentarias como la Formación Villeta y

Formación Saldaña, como ígneas, Monzogranito de Mocoa (Figura 79). En todos los casos se combinan procesos denudativos y tectónicos, ya que estos escarpes se encuentran asociados de algún modo a fallamientos regionales.

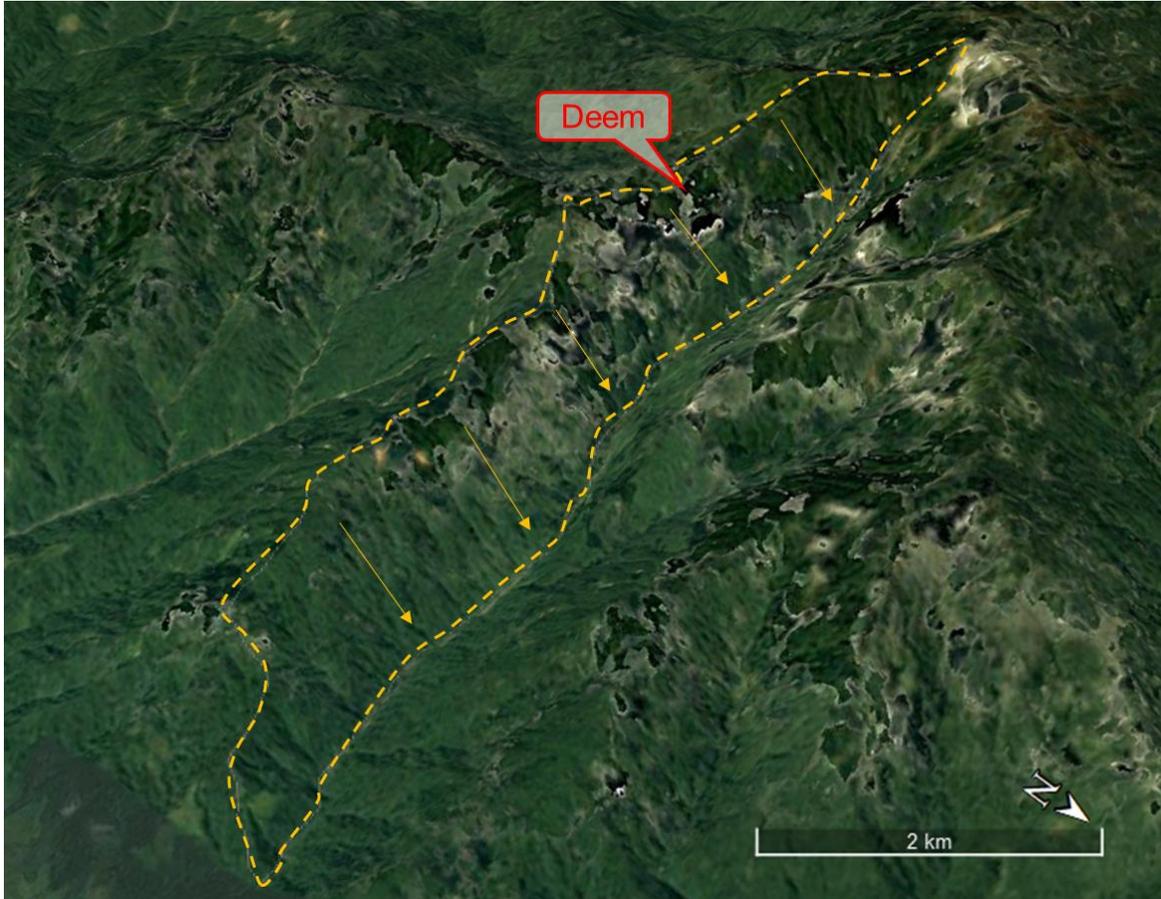


Figura 79. Escarpe De Erosión Mayor observado en la vereda La Florida, formado sobre rocas del Monzogranito de Mocoa y Formación Saldaña.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.3 Escarpe de Erosión Menor (Deeme):

Ladera de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, abrupta o a desplome de longitud corta a larga con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje.

En la cuenca, sobre la margen derecha del río Mocoa se identifica esta geoforma en una extensión de 10Km (Figura 80), con pendientes que varían entre 100 y 400

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*

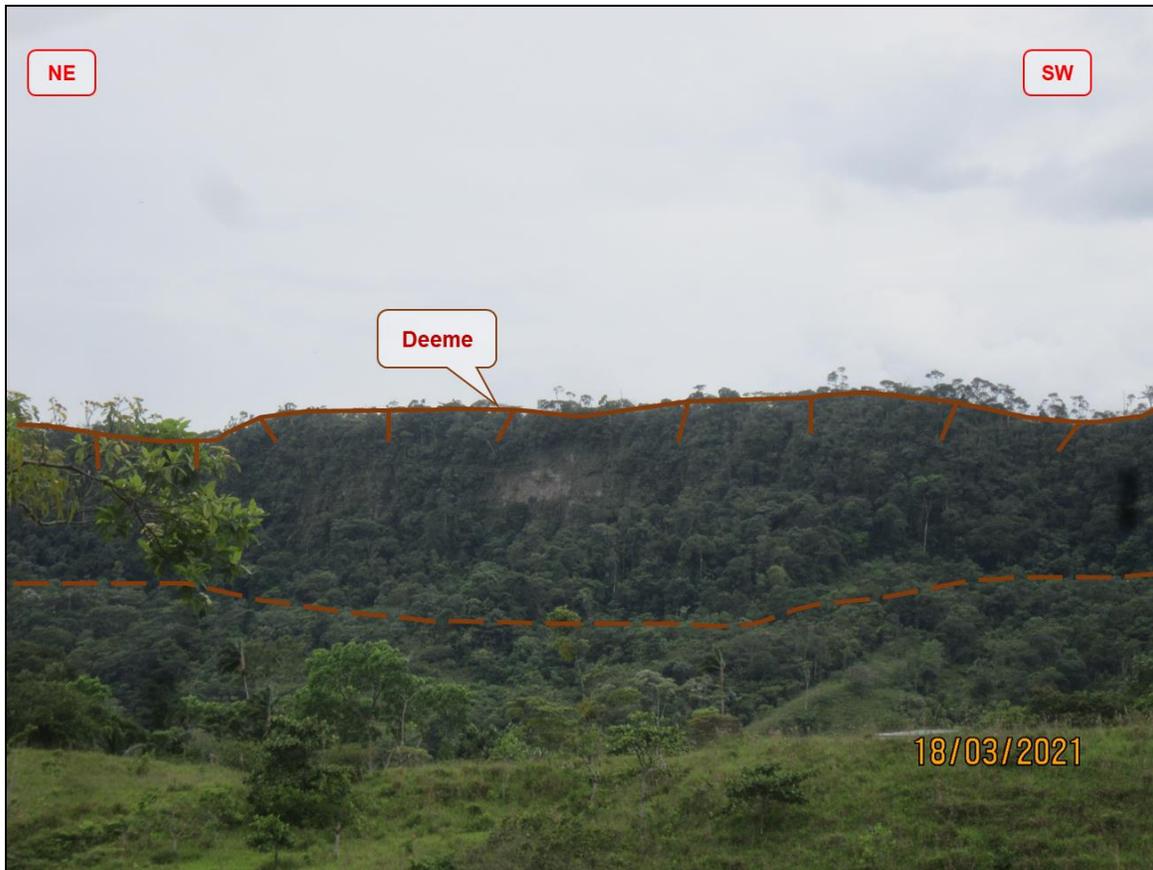
m, es decir, de cortas a moderadamente largas. (Carvajal. 2012). Esta subunidad se halla también de forma aleatoria y de dimensiones muy variadas a lo largo de la zona de estudio, se ubica sobre litologías variadas. Es susceptible a los mismos procesos que la originaron.



**Figura 80. Escarpe De Erosión Menor delimitado al margen derecho del río Mocoa, sobre el municipio homónimo.**

**Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.**

La geoforma fue reconocida sobre los materiales más competentes de la Formación Rumiayaco, donde se desarrolla un escarpe de erosión menor, producto de la erosión diferencial entre los niveles arenosos y lodosos de la unidad geológica, la geoforma se caracteriza por presentar pendientes escarpadas, con procesos erosivos, de tipo pluvial, adicionalmente, se observa que presenta un sector deforestado probablemente por un movimiento en masa local de poca magnitud (Figura 81).



**Figura 81. Escarpe de erosión menor desarrollado sobre los materiales mas competentes de la Formación Rumiayaco observado en las Coordenadas: E= 4593941, N=1677097, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa.**

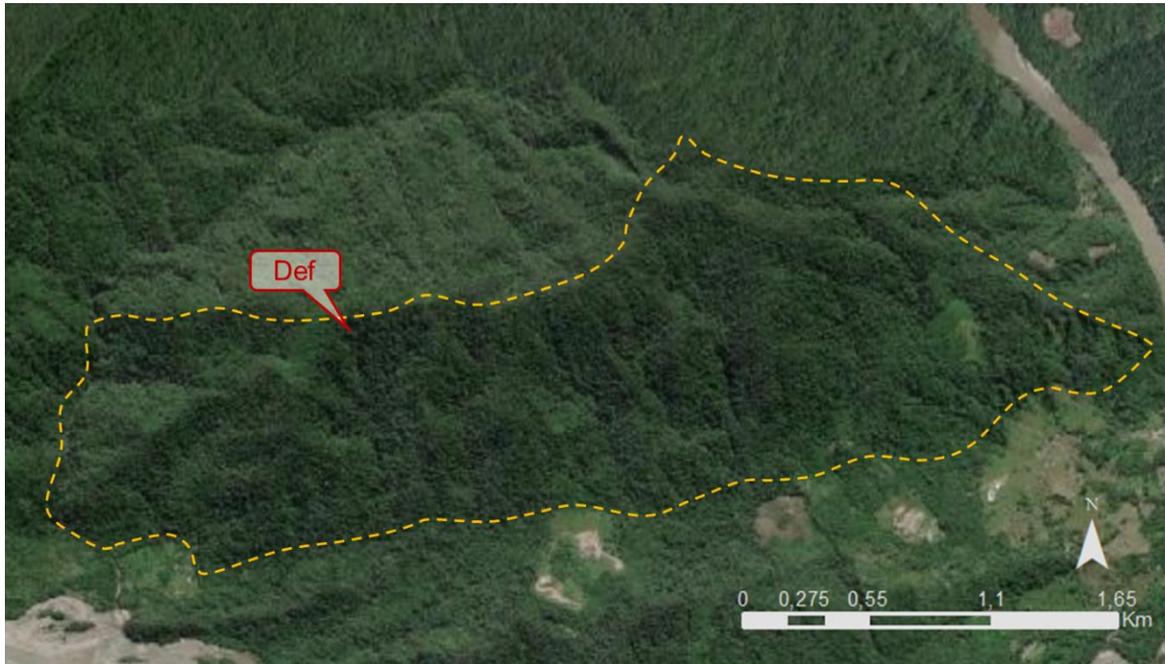
**Fuente: INPRO SAS, 2021.**

#### 8.8.1.4 Escarpe Facetado (Def)

Superficie triangular o trapezoidal, de base amplia y tope angosto, con laderas de morfología alomada, cóncava de longitud corta a moderadamente larga y pendientes escarpadas a muy escarpadas. Su origen es relacionado a procesos de erosión, incisión y movimientos en masa en laderas relictas que aparecen en torno a relieves estructurales constituidos por materiales fracturados.

Se localiza al sureste de la cuenca con una extensión de aproximada de 4 Km y una ladera de longitud superior a 1000m; está cubierto por una serie de facetas que desarrollan laderas convexas, producto de procesos denudativos sobre rocas de la

Formación Saldaña (Figura 82). Esta subunidad es susceptible a presentar movimientos en masa del tipo flujos.



**Figura 82. Escarpes Facetados identificados sobre la Formación Saldaña, se ubica al SE del municipio de Mocoa, entre las veredas La Palmera y San Carlos.**

**Fuente: Tomado y adaptado de Imagery Waxar, 2021.**

Desde la vereda Brisas de Mocoa, del municipio de Villagarzón se tomó una panorámica, de la geoforma, en donde se observa como la ladera de pendientes muy abruptas a escarpadas, se encuentra disectada por drenajes sencillos que desembocan al río Mocoa, de igual manera, se aprecian unas facetas producto de la erosión diferencial en las rocas de la Formación Saldaña (Figura 83)



Figura 83. Panorámica registrada desde las coordenadas: E= 4597828, N=1670672, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.1.5 Ladera Erosiva (Dle)

Corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y solifluxión, sobre materiales de suelo o roca. Estas laderas no necesariamente están asociadas a una geoforma mayor o una estructura.

Para el área de interés, no se asocia a algún tipo de litología, ya que se encuentra formado sobre la mayoría de unidades geológicas. Las dimensiones de esta subunidad son variables en la zona de estudio, siendo laderas moderadas, desde menores de 400m con formas convexas hasta laderas extremadamente largas principalmente de forma recta a cóncava, (Figura 84).



Figura 84. Laderas Erosivas sobre rocas de la Formación Saldaña, se ubica en la vereda La Palmera del municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Imagery Waxar, 2021.

#### 8.8.1.6 Loma Denudada (Dld)

Se refiere a prominencias de morfología alomada y elongada con altura menor de 200 metros sobre su nivel base local, presenta laderas cortas a muy cortas, de formas convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas. Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial. Puede generar movimientos en masa y procesos erosivos intensos. Esta subunidad se encuentra de forma aleatoria en múltiples espacios a lo largo del área de estudio, formada sobre litologías altamente variables (Figura 85.)



Figura 85. Loma Denedada identificada sobre la Formación Saldaña. Se ubica en la vereda Los Andes, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

El Grupo Orito (E3N1or) desarrolla geformas de lomas denudadas, hacia el centro de la cuenca, sobre la franja sedimentaria del occidente de la cabecera municipal de Mocoa, estas se caracterizan por tener un eje principal en dirección W-E, con laderas cortas a muy cortas y su altura con respecto al nivel base no supera los 150 m, estas geformas fueron observadas desde el mirador de la policía en la vía Mocoa – San Francisco, como se expone en la Figura 87

#### 8.8.1.7 Montículo y Ondulaciones Denudacionales (Dmo)

Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados. Presenta una morfología colinada, cóncava o convexa, suavemente inclinada y con drenaje divergente. Presenta una elevación del terreno menor de 50 metros respecto a su nivel de base local.

En la zona de estudio corresponden a cerros de cima redondeada, algo ondulados que han sido formados por procesos erosionales; se ubican principalmente hacia el sector suroriental del área de estudio sobre unidades sedimentarias de la Formación Pepino Medio (Figura 86) y Formación Pepino Inferior y la Formación Villeta; se encuentra esta geoforma también, en un único caso, asociada a Monzogranito de Mocoa. Esta unidad es susceptible a presentar movimientos en masa de los tipos flujos y deslizamientos.



**Figura 86. Montículos Denudacionales sobre rocas de la Formación Pepino Medio, ubicado en las veredas La Palmera y Piedras Blancas, municipio de Mocoa.**

**Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.**

Durante la visita de campo se registró la geoforma de montículos y ondulaciones sobre rocas de la Formación Saldaña, las cuales están altamente meteorizadas, generando estas geoformas onduladas, con presencia de montículos modelados por niveles con menor grado de meteorización que, de igual modo, no tienen elevaciones topográficas mayores a 40 m sobre su nivel local (Figura 87).

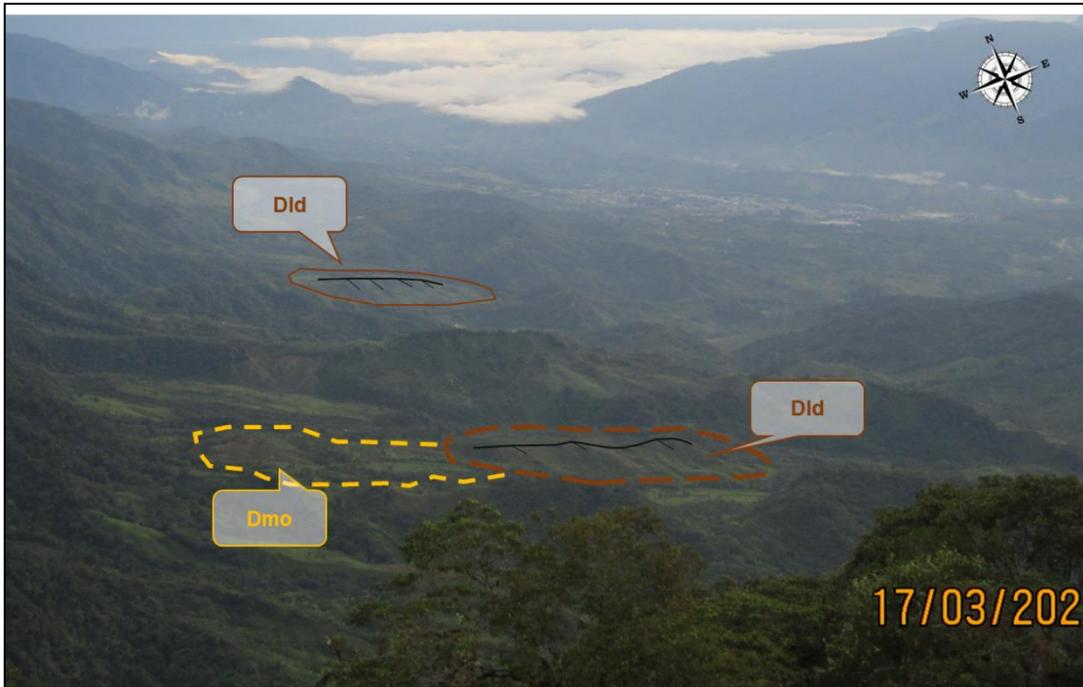


Figura 87. Panorámica registrada desde el mirador de la Policía, en las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.1.8 Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl)

Grupos de lomos alargados o filos ubicados a diferentes alturas y en dirección perpendicular al drenaje principal; presentan un índice de relieve relativo menor a 250 m y el eje principal tiene una longitud mayor que 1000 m. 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. El tope 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. En la cuenca de estudio, se encuentra principalmente moldeado por la litología, volcánica a volcanoclástica de la Formación Saldaña

En la cuenca se encuentran como lomos relativamente largos que han sido sometidos a procesos erosivos, localizándose hacia sector centro-sur, sobre la

vereda La Florida. Su tope es redondeado y se encuentra cubierto por vegetación (Figura 88).

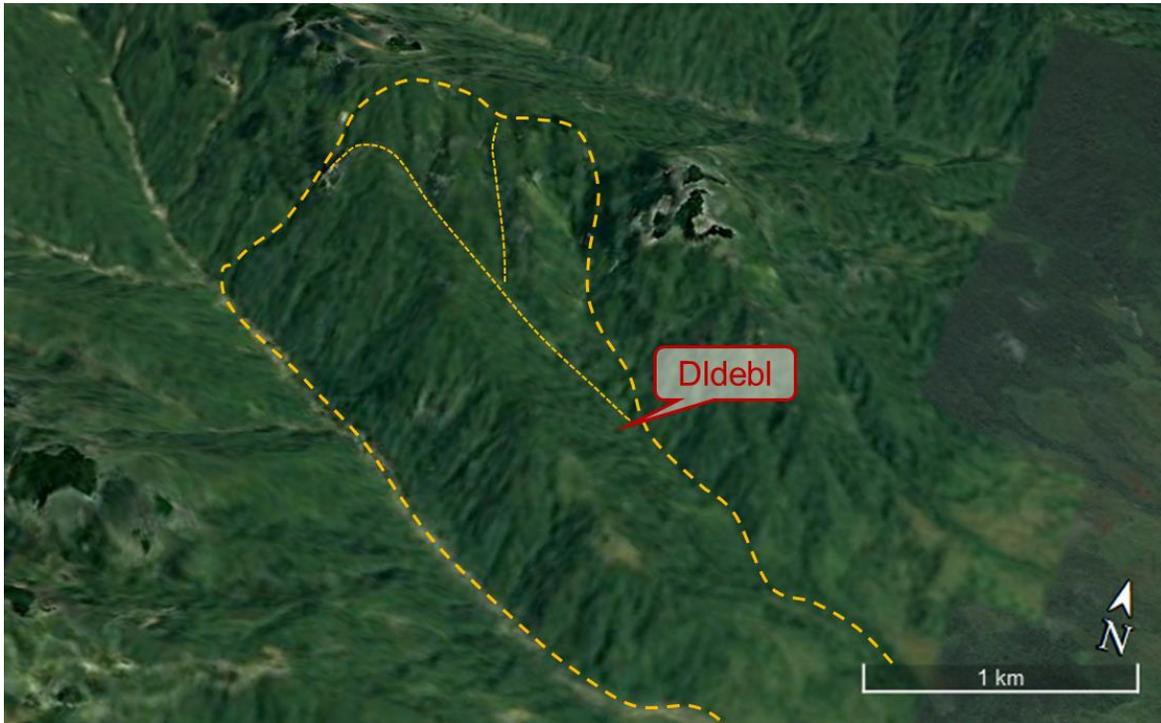


Figura 88. Lomos Denudados Bajos De Longitud Larga; localizados en la vereda La Florida, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.9 Lomo Denudado Moderado De Longitud Corta (Dldemc)

Grupos de lomos alargados o filos ubicados a diferentes alturas y en dirección perpendicular al drenaje principal; presentan un índice de relieve relativo entre 250 m y 1000 m y el eje principal es menor que 250 m. El tope 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 la cuenca de estudio, se encuentra principalmente moldeado sobre Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos.

En la cuenca se encuentran como lomos relativamente cortos que han sido sometidos a procesos erosivos, localizándose hacia sector noroccidental, sobre la vereda La Florida. Los topes son redondeados y amplios y las pendientes son muy inclinadas a abruptas. (Ver Figura 89 y Figura 90).

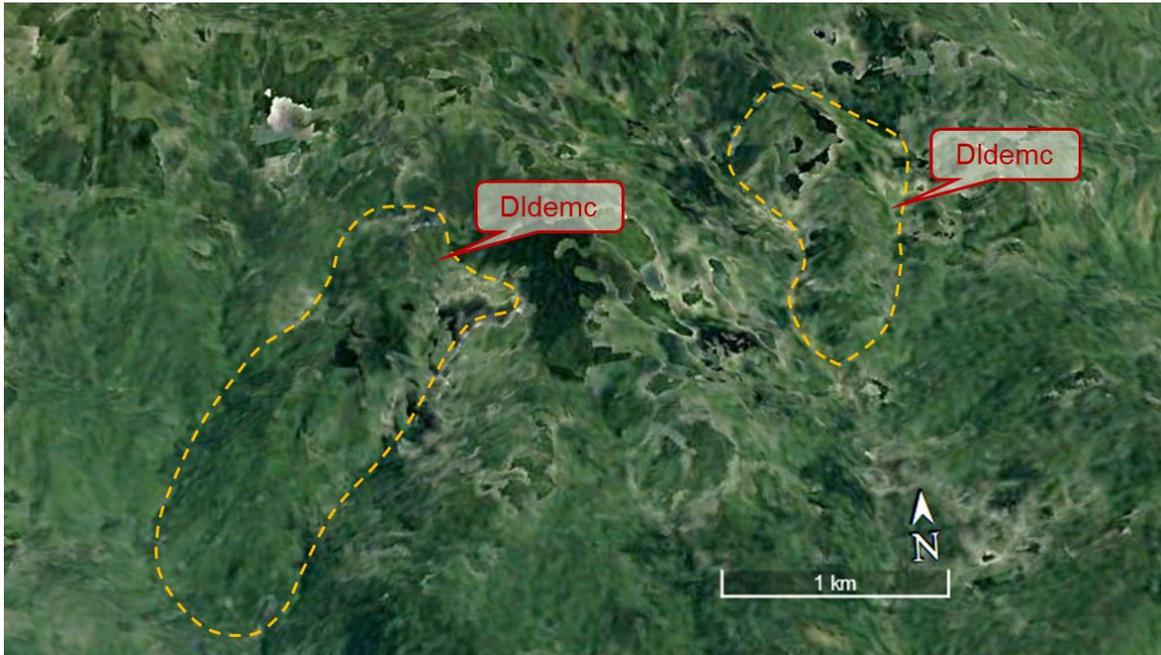


Figura 89. Lomos Denudados Moderado De Longitud Corta interpretados en la cuenca del río Mocoa.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

}

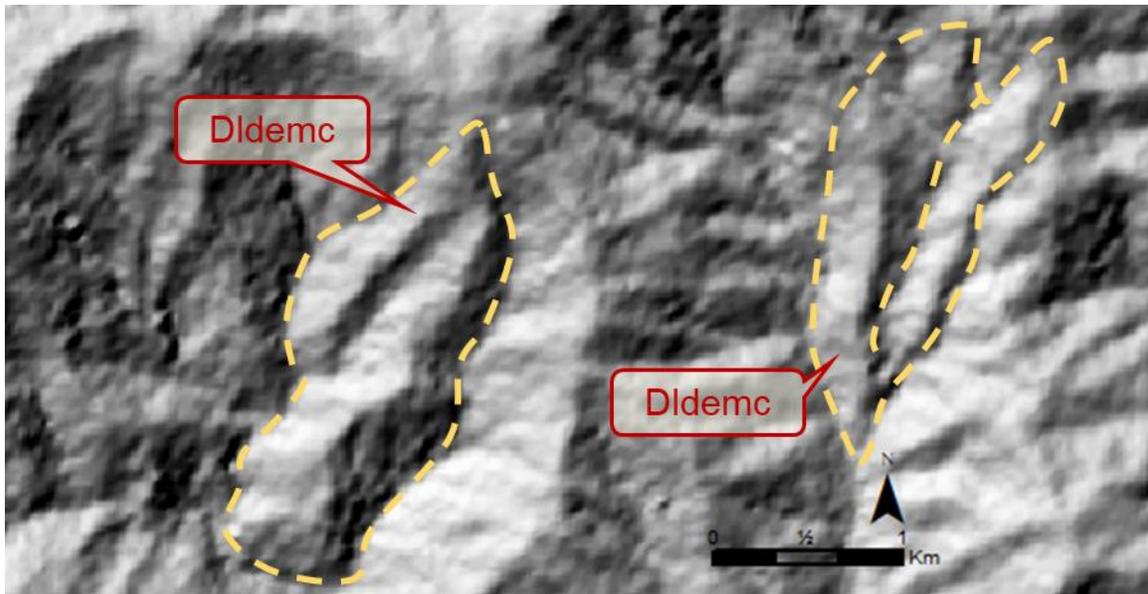


Figura 90. Lomos desnudos Moderados de Longitud Corta, delimitados sobre el modelo de sombras de la cuenca del río Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.1.10 Lomo Denudado Moderado De Longitud Larga (Dldeml)

Grupos de lomos alargados ubicados en dirección perpendicular al drenaje principal; presentan un índice de relieve relativo entre 250 m y 1000 m y el eje principal es mayor que 1000 m; la cima puede presentar formas variables, 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. En el área de estudio, se encuentra principalmente moldeado sobre Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos.

En la cuenca se encuentran como lomos alargados que han sido sometidos a procesos erosivos, localizándose hacia sector noroccidental, en las veredas La Florida y El Titango. Los topes varían de redondeados a ligeramente angulares y las pendientes son en general muy inclinadas (Ver Figura 91).

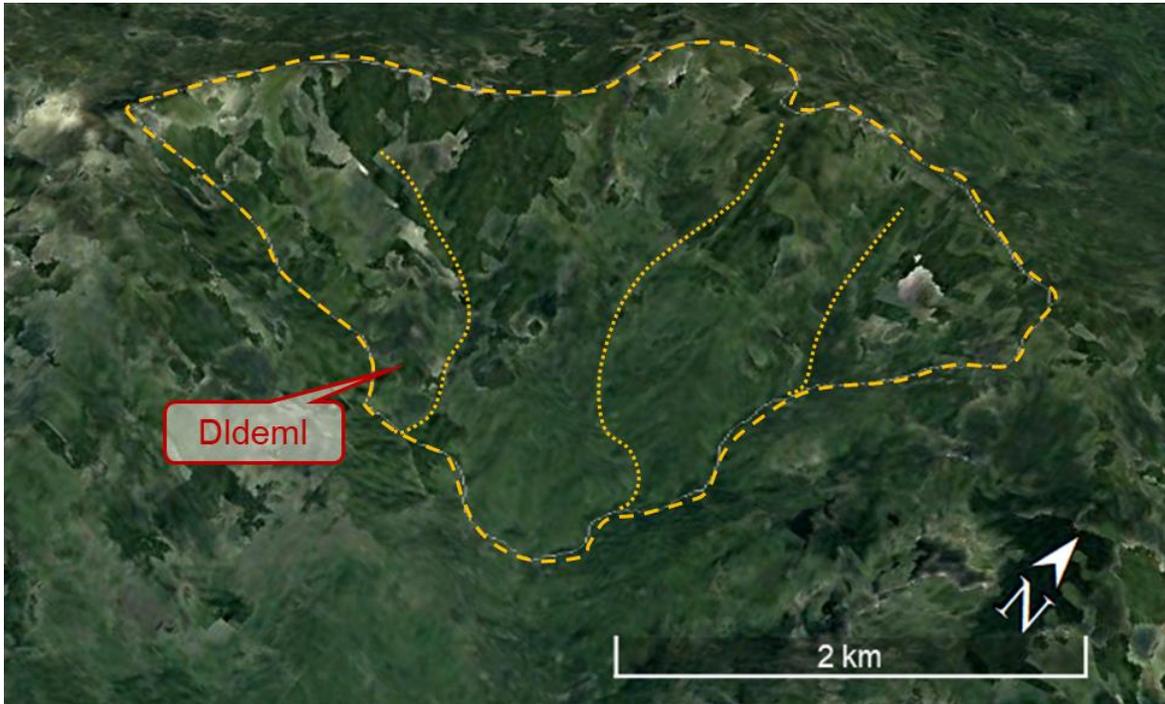


Figura 91. Lomos Denudados Moderado De Longitud Corta.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.11 Lomeríos Disectados (DIdi)

Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas moderadamente largas de forma cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas e índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y sus laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en U con fondo redondeado a plano. Esta subunidad se forma sobre dos unidades geológicas en el área de estudio, Cuarzomonzodiorita Sombrerillos al noroeste, en la vereda Titango, donde las cimas de los lomeríos son agudas, las pendientes muy inclinadas y la forma de las pendientes son rectas; y sobre la Formación Saldaña al centro sur, vereda La Florida, los lomeríos son de tope amplio, menor inclinación y forma laderas rectas a cóncavas (Figura 92).

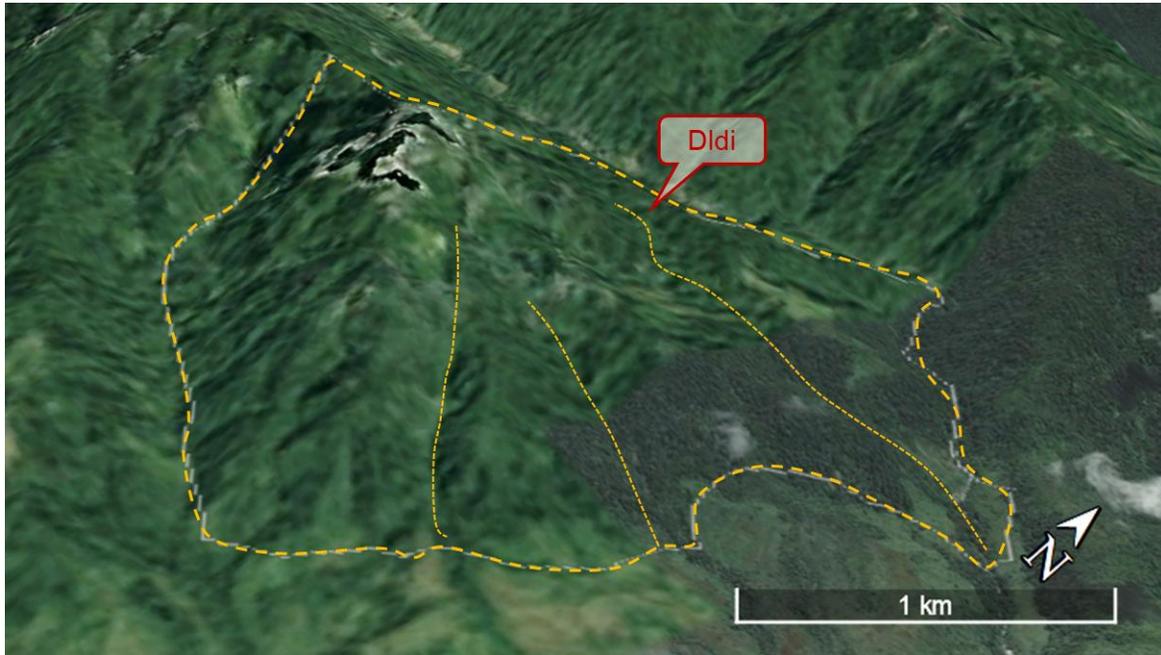


Figura 92. Lomeríos Disectados sobre rocas de la Formación Saldaña, en la vereda La Florida del Municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.12 Lomeríos Muy Disectados (Dlmd)

Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas agudas a redondeadas estrechas, de laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes abruptas a escarpadas, índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos lo que conlleva a laderas con alta disección, generando valles en V.

Esta subunidad se encuentra ubicada entre la Formación Caballos y la Formación Saldaña en el sector suroeste de la cuenca, en la vereda Minchoy del municipio San Francisco. Se caracteriza por presentar lomeríos relativamente bajos, con laderas moderadas, en general cóncavas y con pendientes abruptas. (Ver Figura 93)

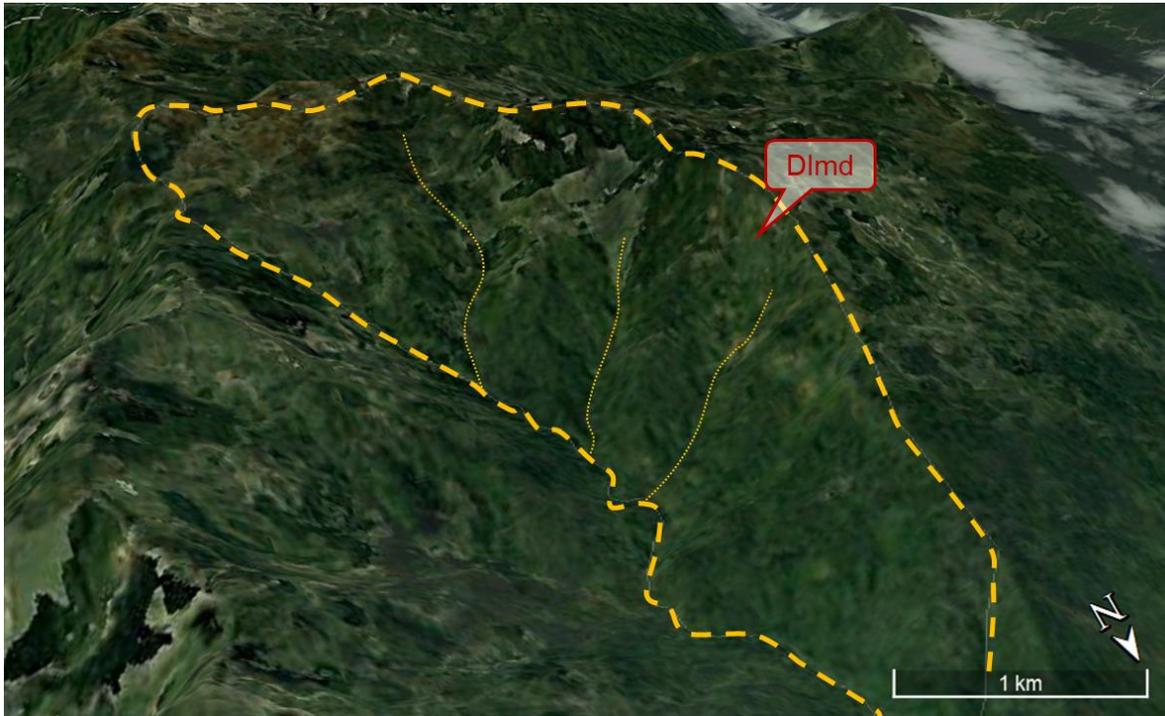


Figura 93. Lomeríos Muy Disectados ubicados en la vereda Minchoy, municipio San Francisco. Formados sobre la Formación Caballos y parte de la Formación Saldaña.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.13 Ladera Ondulada (Dlo)

Superficie en declive de morfología alomada o colinada, de pendiente inclinada principalmente, en ocasiones es escarpada, estas laderas se pueden formar tanto en roca como en suelos residuales y depósitos coluviales. El patrón de drenaje es subdendrítico a subparalelo.

Dentro de la zona de estudio corresponden a laderas fisiográficamente conformadas por montículos en materiales de la Formación Saldaña hacia el centro-sur la cuenca y sobre material de Cuarzomonzodiorita Sombrerillos hacia el sector noroccidental; que se encuentran en zonas con cambios topográfico relativamente bajos y se presenta una red de drenaje subparalelos (Figura 94). En esta unidad se pueden encontrar procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento.

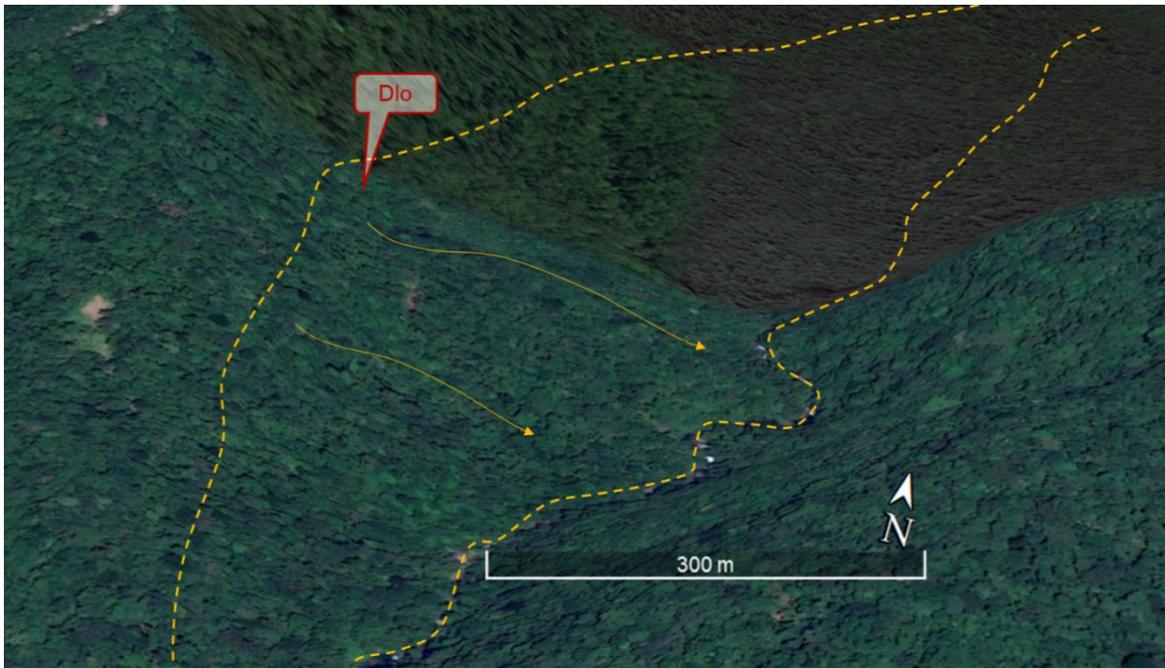


Figura 94. Ladera Ondulada desarrollada sobre rocas meteorizadas de la Formación Saldaña hacia el sector de Churumbelos.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.14 Cono de Flujo de Detritos (Dfe)

Estructura en forma de lóbulo y abanico con morfología alomada y aterrazada, de longitud muy larga a extremadamente larga, convexa, limitada por escarpes abruptos a muy abruptos. Su origen es relacionado a eventos fluviotorrenciales encauzados. En general, su depósito está constituido por bloques rocosos angulares a subredondeados de detritos y bloques embebidos en una matriz más fina.

Se presenta principalmente en terrenos donde la roca parental está conformada principalmente por material del Monzogranito de Mocoa, el cual generan suelos residuales arcillosos, permitiendo que los procesos erosivos formen pequeños conos hacia el costado de menor pendiente del área. Se observa en la Figura 95, un polígono delimitado a partir de la fotointerpretación, el cual representa un lóbulo largo, en una ladera convexa y pendiente muy abrupta; se ubica en un área de cuenca torrencial.



Figura 95. Lóbulo De Flujo De Detritos identificado en la Vereda La Florida, municipio de Mocoa.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.15 Cono o Lóbulo de Flujo de Lodo (Difl)

Estructura en forma de lóbulo o flujo alomado, localmente aterrizado, con longitud corta a muy larga, altamente disectados, que se presentan siguiendo las hondonadas y drenajes fluviales. Localmente presenta diques marginales que limitan el cauce. Su origen es relacionado al transporte de materiales producto de la saturación del suelo. Su depósito está constituido por bloques angulares diseminados en una matriz arcillo arenosa.

En la Figura 96 se observa un cono de flujo de lodo formado sobre material de Monzogranito de Mocoa, ubicado al norte del municipio de Mocoa, vereda Monclar. Es característico para esta subunidad, la forma lobular y la ladera alargada y con inclinación muy abrupta. Se localiza principalmente bordeando drenajes en sitios con topografía alta, productos de eventos fluviotorrenciales.

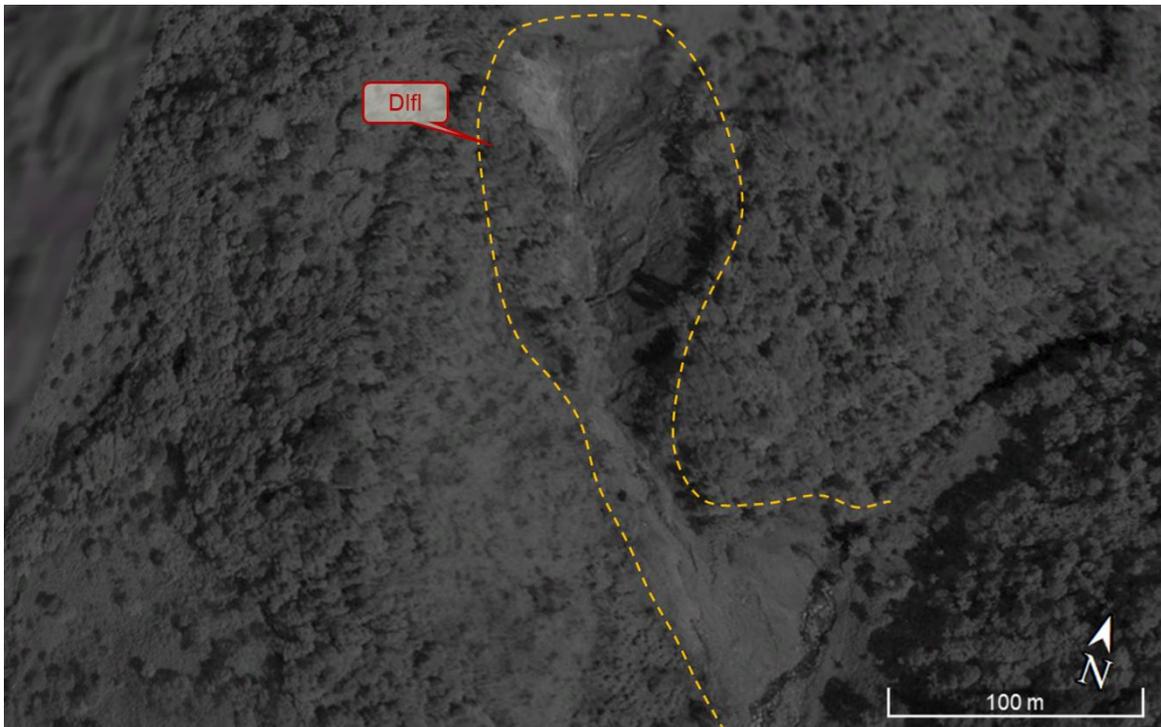


Figura 96. Depósito De Flujo De Tierra Y Lodo, producto de un evento fluviotorrencial formado sobre material de Monzogranitos de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.16 Planicie Colinada Residual (Dpcr)

Área extensa y plana a suavemente inclinada con morfología colinada a ondulada, con laderas cortas rectas a convexas, pendientes abruptas, asociadas a rocas duras y a antiguas superficies de erosión, con presencia de suelos residuales de espesores superiores a 5 metros.

En la cuenca, esta subunidad se localiza sobre material de la Formación Saldaña; presenta inclinaciones de 5° - 10° mayoritariamente, en algunos sectores alcanza pendientes hasta de 15°. Sobre esta geoforma se localiza hacia la vereda del Alto Afán en el municipio de Mocoa. (Figura 97).

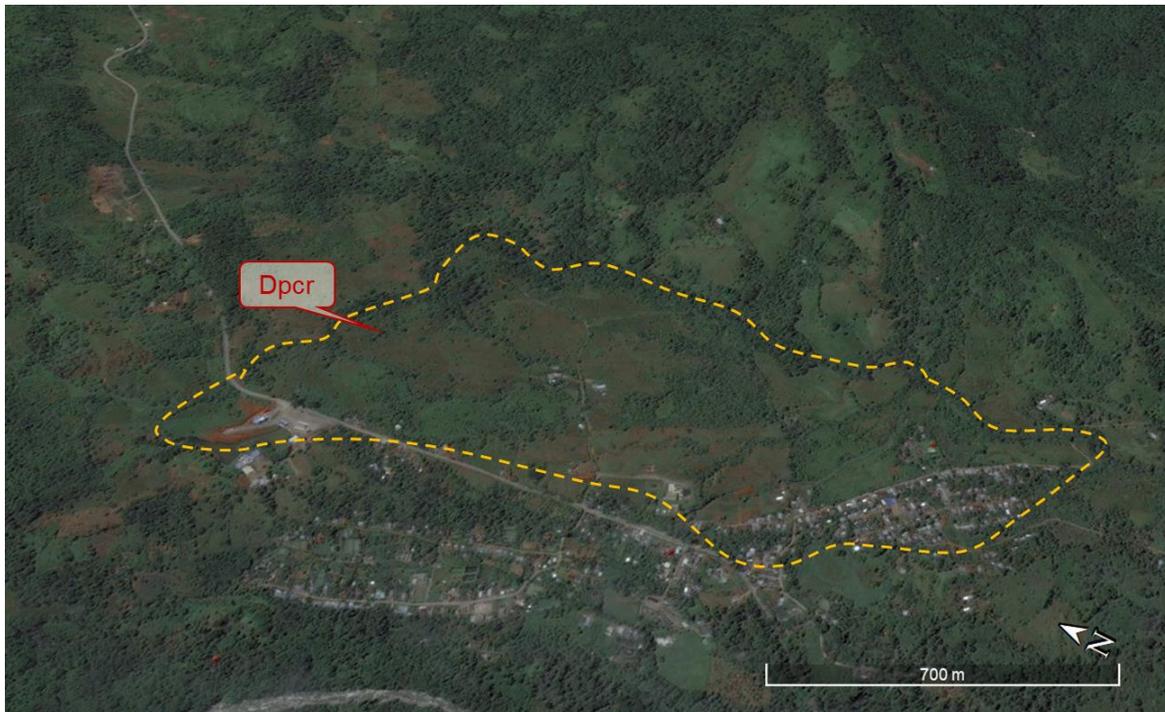


Figura 97. Planicie Colinada Residual sobre la Formación Saldaña, registrada sobre la vereda Alto Afán, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

De igual manera, durante el recorrido de campo se pudo observar que, si bien en sensores remotos la unidad se observa con bajas inclinaciones, sobre el terreno esta se encuentra más ondulada y con mayor desarrollo de colinas, producto de la meteorización de las rocas de la Formación Saldaña (Figura 98).



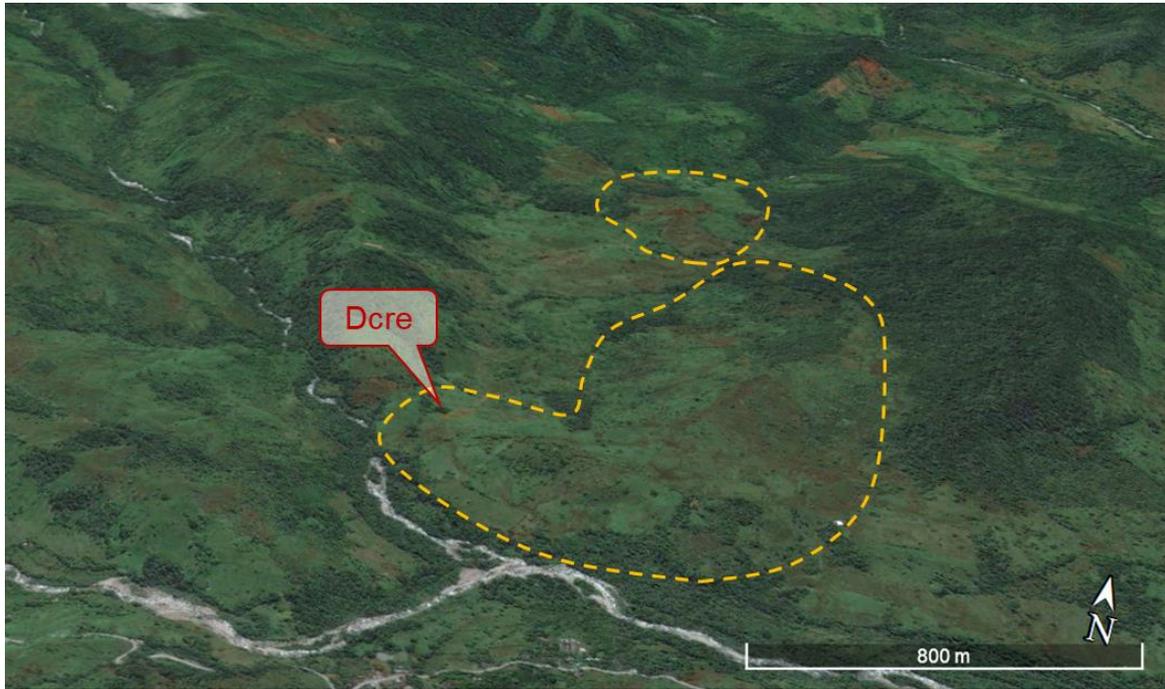
Figura 98. Planicie Colinada Residual (Dpcr) observada desde la vereda Alto Afán del municipio de Mocoa en las Coordenadas: E= 4595152, N=1691218.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.1.17 Colina Remanente (Dcre)

Es una prominencia topográfica aislada cuya altura varía entre 200 y 399 metros sobre su nivel base, se caracteriza por su cima redondeada y amplia limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa a recta, las pendientes son abruptas a escarpadas. Su origen es relacionado a procesos de denudación intensos.

Esta subunidad geomorfológica se ubica en la vereda Los Andes, municipio de Mocoa, formada sobre litología de la Formación Pepino, Miembro Superior y Miembro Medio (Figura 99). Es una prominencia topográfica de relieve relativamente bajo, la pendiente es en general muy inclinada con laderas rectas; el tope de la colina es redondeado y amplio.



**Figura 99. Colina Remanente identificada sobre la Formación Pepino, Miembro superior.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.**

#### 8.8.1.18 Colina Remanente Disectada (Dcred)

Hace referencia a prominencias topográficas aisladas cuyo origen es relacionado a procesos de denudación intensos. Presenta alturas que varían entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, desarrolla una cima redondeada y estrecha limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa y pendientes abruptas a escarpadas, su característica identificativa es un alto grado de disección de los drenajes, lo cual desarrolla valles en U e índice de relieve bajo a moderado. Esta geoforma se identifica al norte de la zona de estudio, formándose sobre material lítico del Grupo Orito (Figura 100).

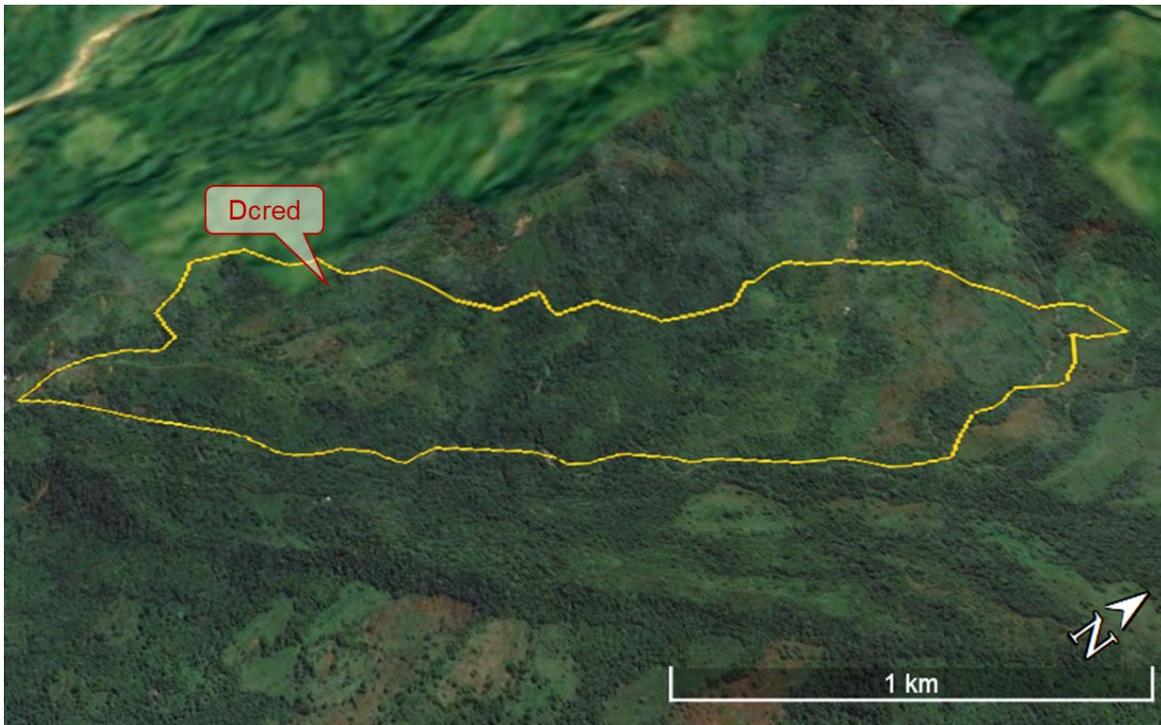


Figura 100. Colina Remanente Disectada formada sobre material del Grupo Orito. Se ubica en la vereda Monclar, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

En el norte de la cuenca, se observan unas colinas remanentes disectadas, por drenajes sencillos (Figura 101), modelados por el Grupo Orito, esta subunidad se caracteriza por presentar laderas cortas, con pendientes abruptas a muy abruptas, de forma cóncava, debido a los grados de meteorización de las rocas, hacia sus cimas se observa una cobertura vegetal de pastos y se ven redondeadas.



Figura 101. Colina remanente disectada sobre rocas del Grupo Orito, registrada en una fotografía panorámica desde las Coordenadas: E= 4591448, N=1691270, en la vereda Galicias del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.1.19 Cerro Remanente O Relicto (Dcrem)

Se reconoce una prominencia aislada de morfología colinada, alomada o montañosa que sobresalen de la topografía circundante. La geoforma presenta cimas agudas a redondeadas, laderas de longitud variada entre moderadamente corta a larga, de forma convexa. Su origen se asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial acentuada y antigua.

La Figura 102 identifica un cerro remanente formado sobre material lítico de Monzogranito Mocoa. Presenta cima redondeada, su morfología es montañosa

sobresaliente; las laderas son moderadas con inclinaciones abruptas a muy abruptas.

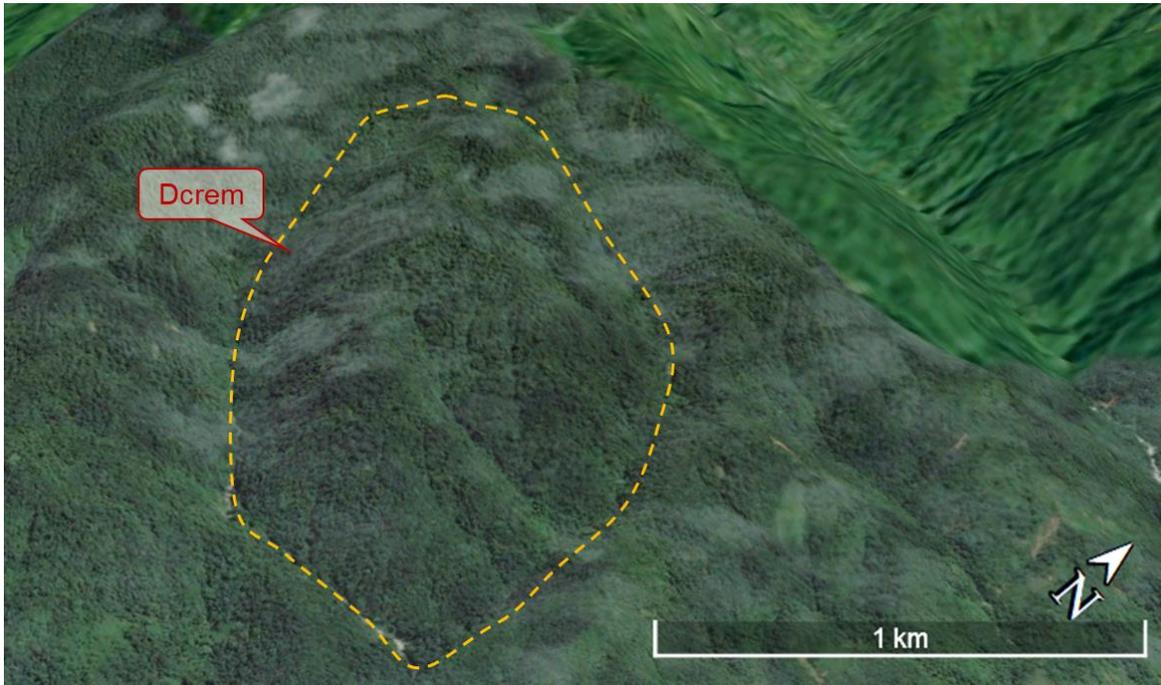


Figura 102. Cerro Remanente o Relicto formado sobre Monzogranito Mocoa, se ubica en la vereda La Florida, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.1.20 Sierra Denudada (Dsd)

Prominencia de morfología elongada y montañosa, caracterizada por laderas largas a extremadamente largas, de formas cóncavas a convexas, y con inclinaciones 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.

Para el área de estudio, esta subunidad se forma sobre rocas cristalinas de Cuarzomonzodiorita Sombrerillos (ver Figura 103) y Monzogranito Mocoa, ubicándose principalmente en la zona norte de la cuenca; en ambas ocasiones desarrolla morfologías montañosas, con laderas abruptas de forma convexa a recta, las cimas son en general de forma aguda.

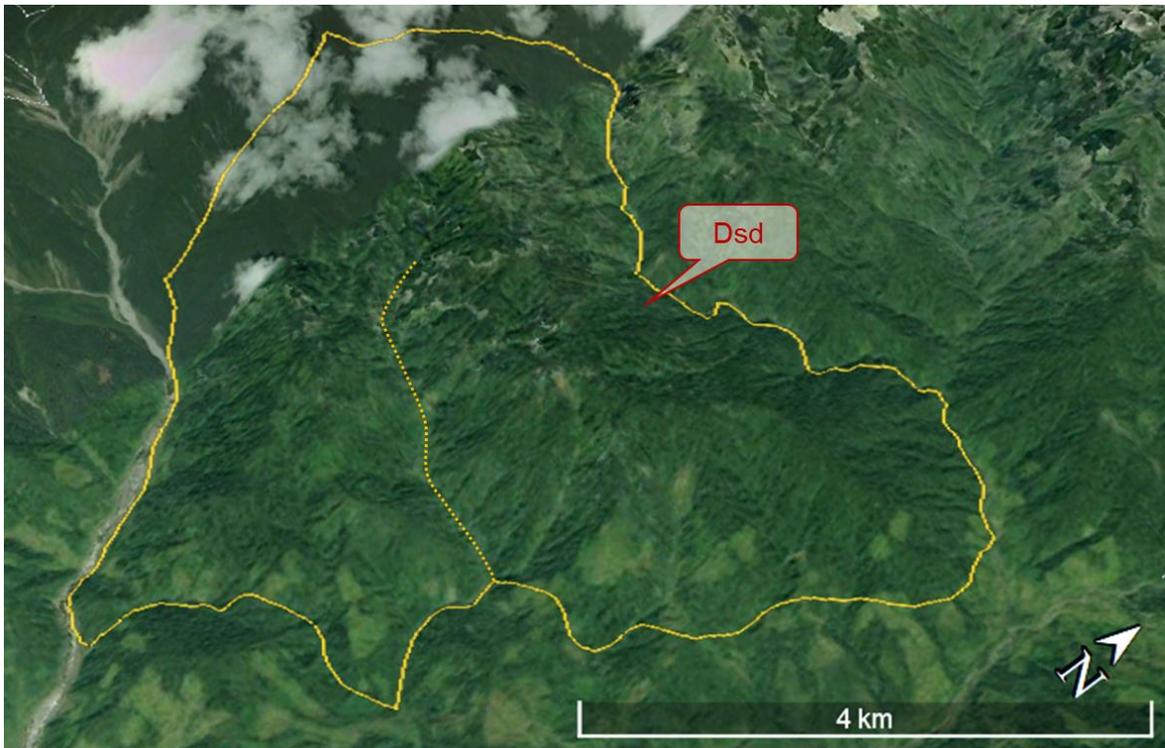


Figura 103. Sierra Denudada formada sobre Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos. Se ubica en la vereda El Titango, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

## 8.8.2 Ambiente Fluvial

Corresponden a las geoformas que están originadas por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y acumulación o sedimentación de materiales en las zonas aledañas a dichas corrientes y en el fondo de los cauces, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de corrientes perennes y durante la época seca, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

### 8.8.2.1 Abanico Aluvial (Faa)

Superficie en forma de cono principalmente, aunque en algunas zonas (vereda planadas de Mocoa) se observa de forma aterrazada por la disección de los cuerpos de agua, posee laderas cóncavas a convexas de morfología plana, aterrazada u ondulada. Su origen es relacionado a la acumulación torrencial y fluvial en forma

radial, producto de las quebradas Taruca, Sangoyaco y del río Mulato principalmente, los cuales al cambiar de pendiente hacia zona plana explayaron su depósito, generando la geoforma. Los depósitos aluviotorrenciales se acumulan radialmente desde el ápice del abanico localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. En la cuenca la geoforma puede evidenciarse sobre el centro de esta, especialmente en inmediaciones de la cabecera municipal de Mocoa (Figura 104).



Figura 104. Abanico Aluvial modelado sobre el centro de la cuenca, donde se localizad actualmente la cabecera municipal de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

La subunidad tiene una gran extensión y durante la visita de campo pudo ser reconocida desde el ápice del abanico, sobre la vereda de San Antonio, sitio donde se aprecian laderas onduladas, con inclinaciones muy inclinadas a abruptas, adicionalmente, se observa su depósito constituido por bloques angulares a subangulares, de grandes tamaños (> 1m de diámetro), sobre una matriz areno-limosa (Figura 105).

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020

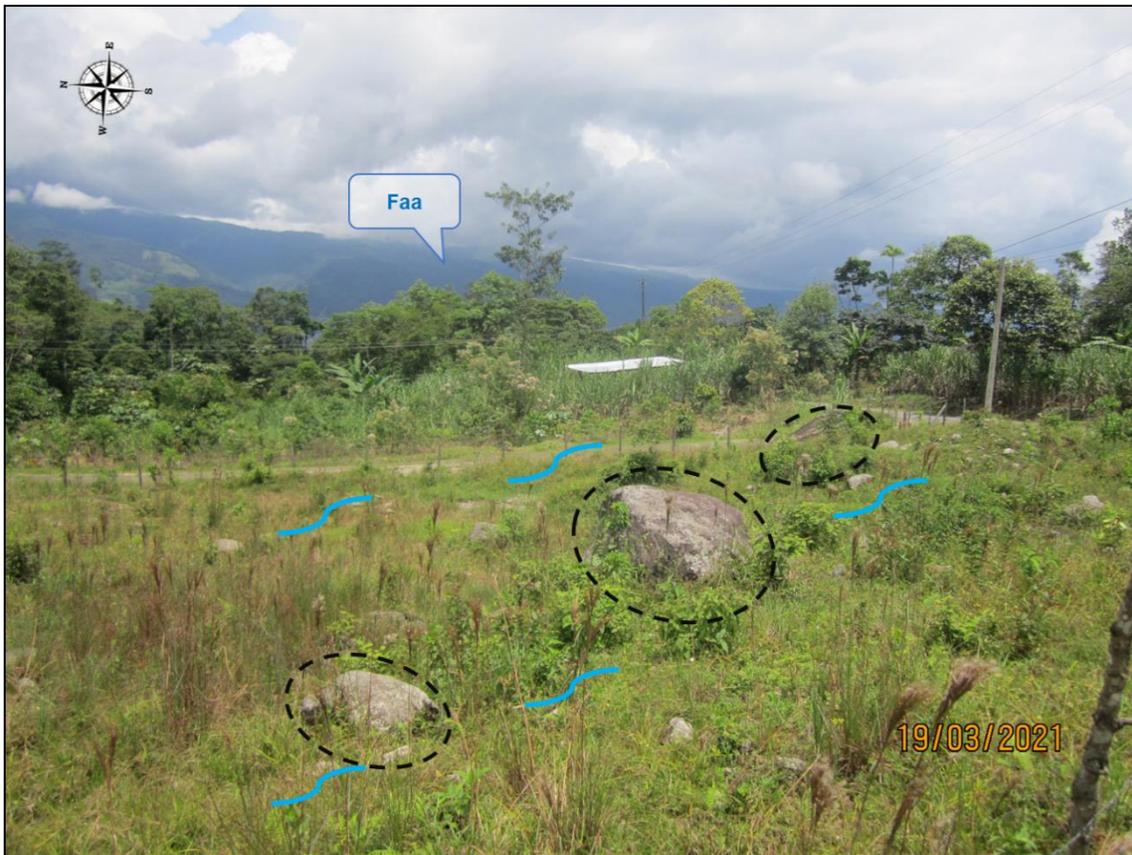


Figura 105. Coordenadas: E= 4591718, N=1688774, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa, Ladera ondulada del Abanico Aluvial (Faa).

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.2 Abanico Aluvial Antiguo (Faaa)

Superficie en forma de cono y lobulado, de laderas convexas y de relieve plano a suavemente inclinado. Su origen está relacionado con la acumulación torrencial y fluvial en forma radial, donde las quebradas del lugar depositaron al cambiar las pendientes de su cauce de una zona montañosa a piedemonte a plana. La unidad se identificó sobre la vereda planadas, donde las quebradas antiguamente depositaron estos materiales, se caracteriza por presentar una altura de 50 m, con respecto al abanico más reciente, actualmente se encuentra altamente disectado por drenajes sencillos, que han erosionado mediante socavación de fondo, como se presenta en la Figura 106. La subunidad fue cartografiada con ayuda de sensores remotos y herramientas SIG, se determinó que poseía una edad relativa mayor, por

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*

su grado de disección y por localizarse a mayor altura topográfica con respecto al abanico aluvial nombrado previamente.

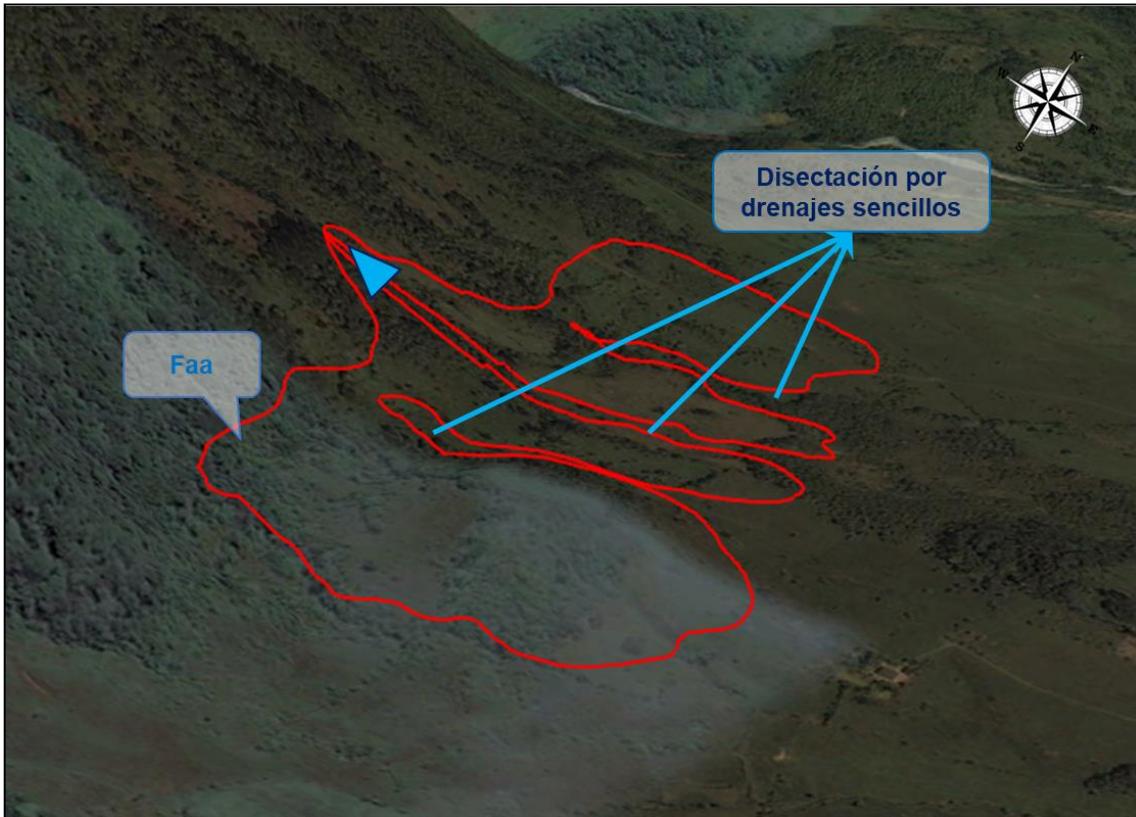


Figura 106. Abanico aluvial antiguo, cartografiado sobre la vereda Planadas del municipio de Mocoa.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.2.3 Barra Compuesta (Fbc)

Superficie o conjunto de barras unitarias que alcanzan hasta 1 km de longitud y hasta 60 m de ancho, tiene su origen en el amalgamiento de varias barras, como resultado de erosión y sedimentación, además, de la reocupación de canales y cauces abandonados del río Mocoa, en su tramo final previo a la desembocadura al río Caquetá.

En la cuenca esta subunidad se encuentra como se mencionó anteriormente sobre el tramo final del río Mocoa, donde por la acción del cauce se han sedimentado varias barras que tienen una gran extensión tanto longitudinal como lateral, estas barras se presumen que tienen gran espesor, en vista que, se encuentran

vegetalizadas por arboles de alturas superiores a los 5 m. la geoforma se reconoció en primer lugar a través de la interpretación de sensores remotos (Figura 107), posteriormente, se identificó en la visita de campo, donde se aprecian como barras extensas y alargadas, con vegetación frondosa, el depósito está formado por matriz areno-limosa, con clastos que reposan sobre esta matriz, redondeados a subredondeados, con esfericidad media a alta, de tonalidades café hasta grises (Figura 108), cabe destacar que esta geoforma depende de la dinámica del río Mocoa, por lo que, puede ser erodada y modificada a través del tiempo.



**Figura 107. Barras compuestas identificadas sobre el tramo final del río Mocoa, entre los límites municipales de Mocoa y Villagarzón.**

**Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2019.**

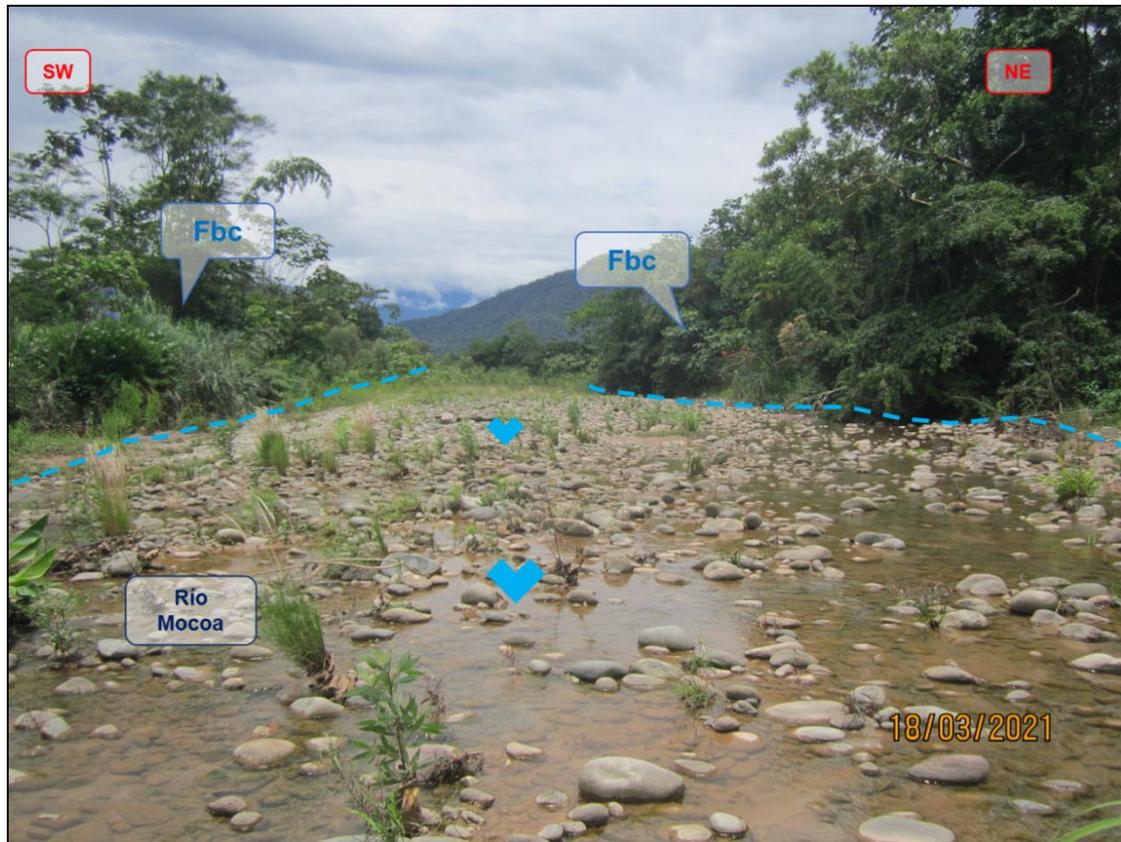


Figura 108. Barras compuestas observadas sobre el río Mocoa en las coordenadas: E= 4602844, N=1671683, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.4 Cono de Deyección (Fcdy)

Superficie en forma de cono, con inclinaciones planas, onduladas a ligeramente inclinadas ( $5^{\circ}$  -  $10^{\circ}$ ), en la cuenca estas geoformas tienen extensiones que superan el kilómetro de longitud, se localiza principalmente en las zonas de piedemonte de las quebradas Taruca, Taruquita y Sangoyaco, asimismo, al norte de la cuenca, sobre cuerpos de agua que drenan al río Mocoa, esta geoforma se caracteriza por estar asociada a eventos de avenidas torrenciales; en la Figura 109 se expone la forma en cómo se observa mediante sensores remotos, justamente sobre la unión de las quebradas Taruca y Taruquita, las cuales están directamente asociadas al evento torrencial del año 2017.

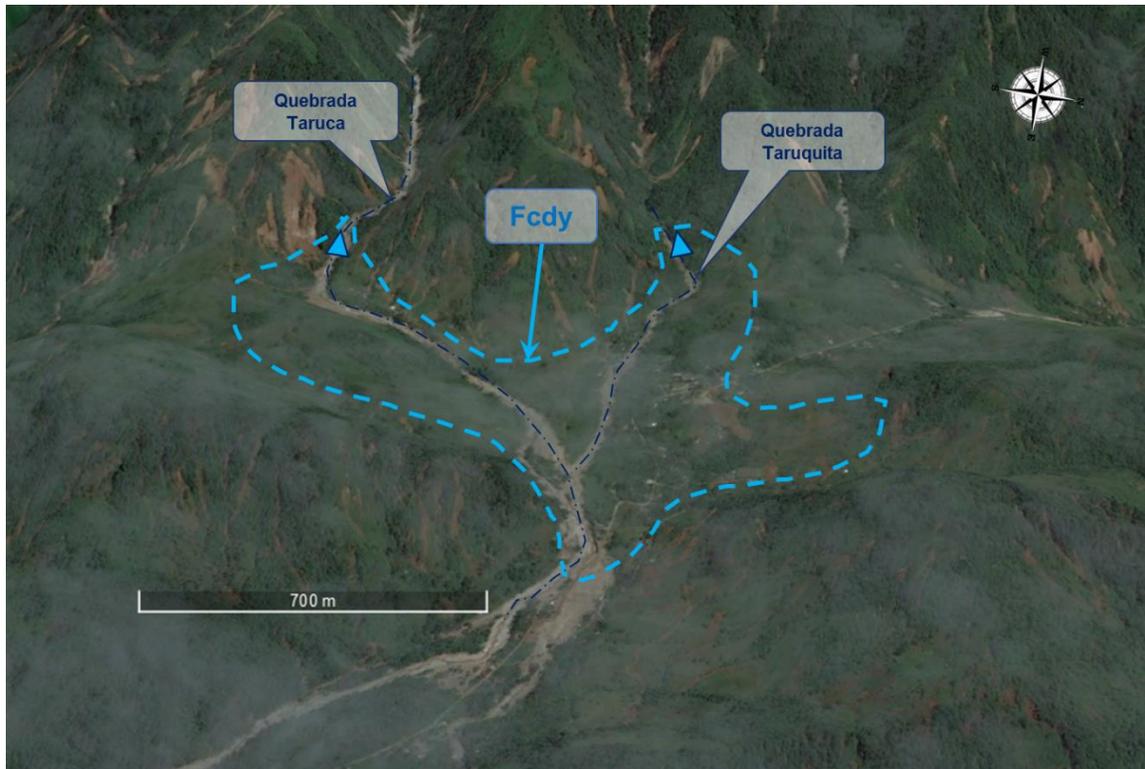


Figura 109. Cono de deyección identificado donde se unen las quebradas Taruca y Taruquita, sobre la vereda San Antonio del municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021.

En la visita de campo la zona fue verificada, en donde se observó que las laderas son ligeramente inclinadas ( $5^{\circ} - 10^{\circ}$ ), con morfología alomada y colinada, formada por un depósito aluviotorrencial, de matriz areno-arcillosa, tiene su origen en antiguos eventos torrenciales de la quebrada Taruquita (Figura 110), adicionalmente, en el proceso de interpretación de aerofotografías, se reconoció que la zona se conforma por un material no consolidado, de textura fina.



Figura 110. Laderas onduladas de un cono de deyección, registrado sobre las Coordenadas: E= 4591015, N=1689178, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.5 Escarpe de Abanico Fluvial (Fea)

Plano subvertical a vertical, de longitudes cortas principalmente, con laderas convexas, localizado a los bordes de los abanicos, su origen está relacionado a la incisión y erosión producto de las quebradas Taruca, Sangoyaco y los ríos Mulato, Rumiyaco y Pepino. Estos escarpes en la cuenca tienen en promedio 20 a 30 m de altos, con algunos de 60 m, hacia la zona del ápice del abanico localizado a la margen izquierda del río Pepino.

Pese a que la geoforma se asocia a la disección generado por los cuerpos de agua, no necesariamente, la unidad está en contacto con el cauce, esto se aprecia en la Figura 111, donde a la margen izquierda del río Rumiyaco se desarrolla está

geoforma, no obstante, existe una terraza en medio del escarpe del abanico y el cauce del río.

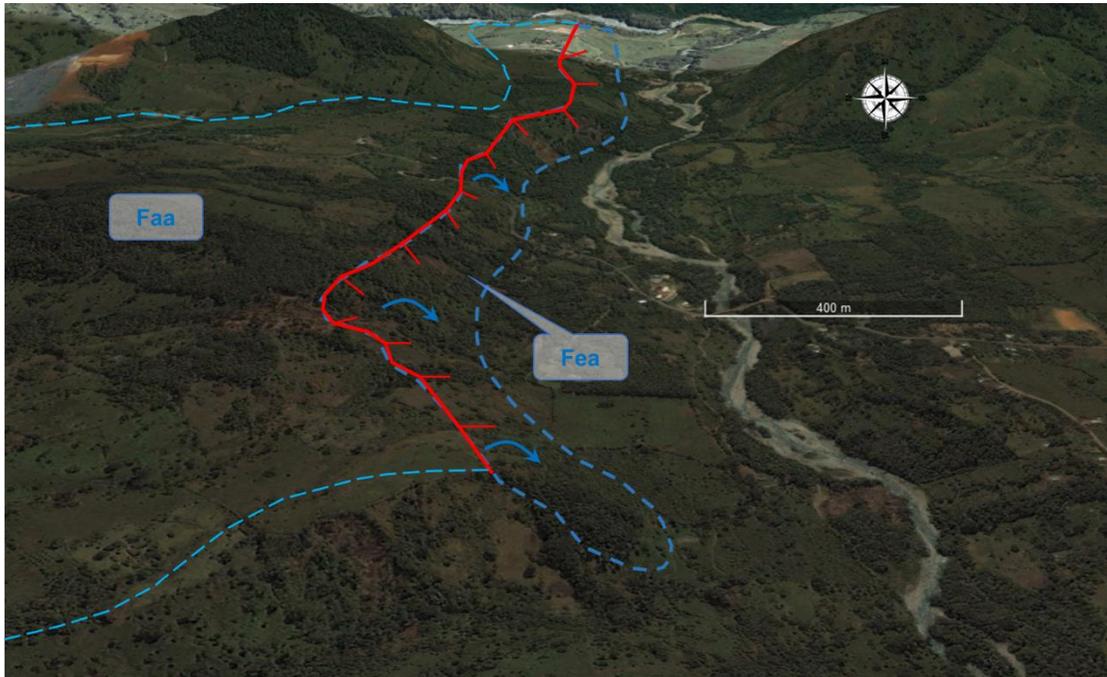


Figura 111. Escarpe de abanico aluvial a la margen izquierda del río Rumiayaco sobre las veredas El Diviso y Rimuyaco del municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

En la zona de campo fue identificada la subunidad en la cabecera municipal de Mocoa, siendo una ladera ondulada, con inclinaciones superiores a 10°, al costado norte del abanico aluvial, tiene su origen en la disectación de la quebrada Taruca, tanto por su erosión de fondo como por su socavación lateral (Figura 112).



Figura 112. Escarpe de abanico aluvial, sobre la margen derecha de la quebrada Taruca, fotografía registrada en las Coordenadas: E= 4593688, N=1685415, en la cabecera municipal de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.6 Planicie Aluvial Confinada (Fpac)

Franja de terreno de morfología plana a ondulada, que se encuentra limitada por geoformas estructurales de ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc) a la margen derecha de la quebrada y por ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle) a la margen izquierda de la quebrada Curiyaco, la geoforma se asocia a un estrangulamiento del plano aluvial de la quebrada al norte y al sur, causado por el control litológico de las laderas de la Formación Caballos (K1K2cb). A continuación, en la Figura 113 se observa la geoforma reconocida a través de interpretación de sensores remotos.

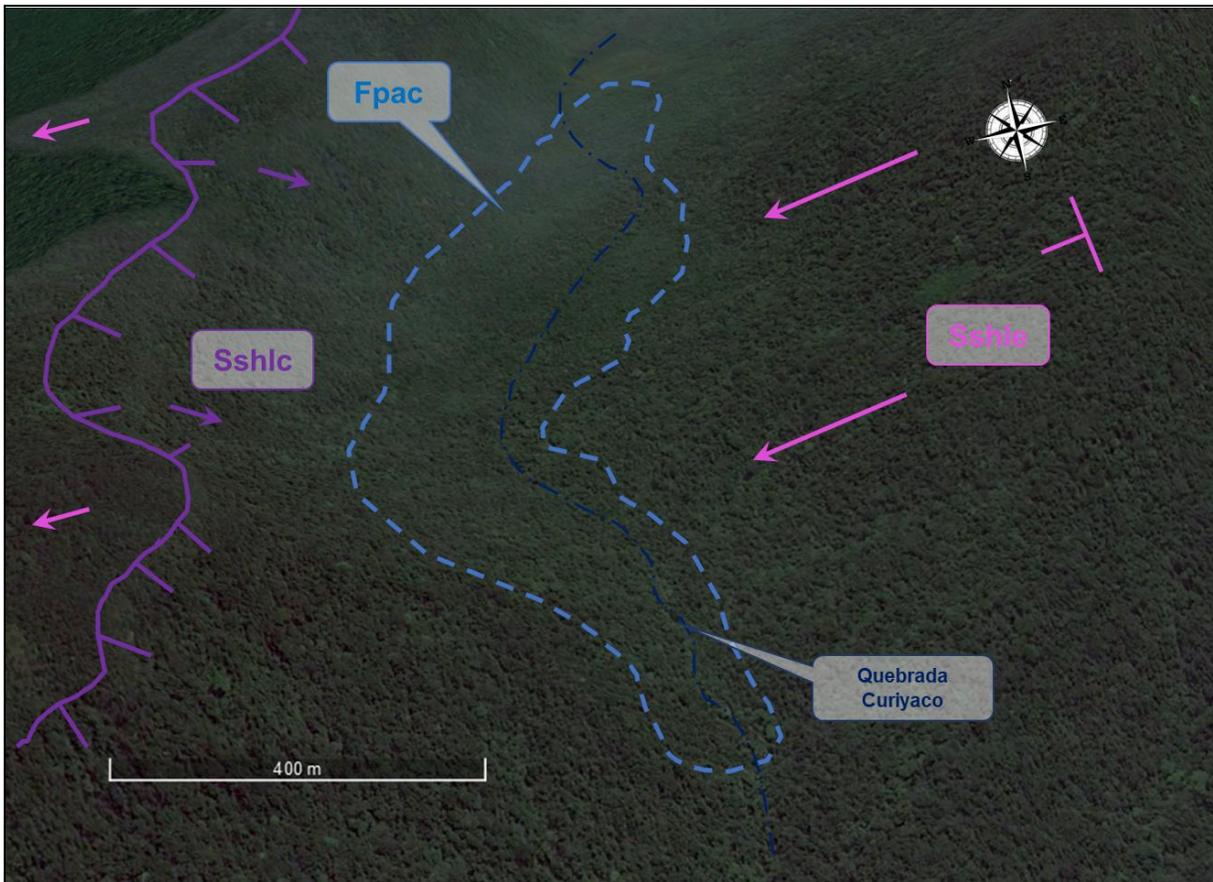


Figura 113. Plano aluvial confinado de la quebrada Curiyaco, en el sector de Churumbelos, en el municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.2.7 Laguna (Flg)

Depósito natural de agua de dimensiones entre 200 m a 400 m en su lado más largo, con profundidades relativas, en algunas ocasiones pueden encontrarse colmatadas, son lugares pobremente drenados por lo que suelen permanecer con lámina de agua, también se asocia a zonas de depresiones donde en temporadas de altas precipitaciones se desarrolla esta geoforma. En la cuenca se encuentran en la zona noroccidental, donde las depresiones topográficas de los depósitos de Lavas y Piroclastos, se han llenado de agua, permitiendo así la generación de estas lagunas (Figura 114).

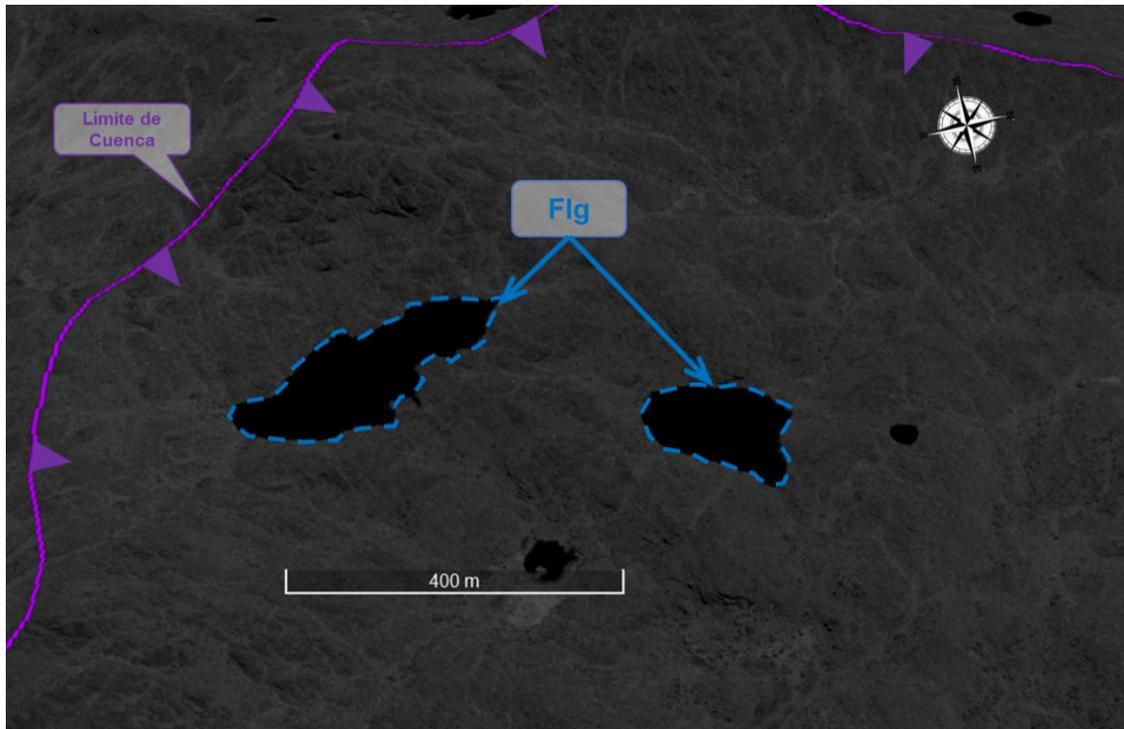


Figura 114. Lagunas presentes en la cuenca alta, sobre el límite norccidental del área de estudio.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.2.8 Plano de Inundación (Fpi)

Esta geoforma se observó bordeando los cauces fluviales del río Afán hacia el noreste de la cuenca y la margen derecha del río Mocoa hacia el tramo final del cuerpo de agua al sureste de la cuenca, se encuentra limitada por escarpes de terrazas más antiguas. Se desarrolla en valles con forma de “U”, que son amplios y desarrollan relieves planos a ondulados, esta subunidad es muy representativa sobre la margen derecha del río Mocoa, en el área correspondiente al municipio de Villagarzón, como se mencionaba previamente, en la Figura 115 se observa la delimitación de la geoforma en el sector.



Figura 115. Plano de inundación identificado sobre las terrazas más bajas al costado derecho del río Mocoa, sobre el municipio de Villagarzón.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

Del mismo modo, en la visita de campo se visitó el lugar y se identificó que el sitio efectivamente tiene inclinaciones muy bajas ( $<5^\circ$ ), sobre este se desarrolla ganadería (Figura 116A) por sus extensos pastizales, en la geoforma se pueden observar varios drenajes sencillos que erosionan al depósito aluvial (Figura 116B), esta zona es conocida por desarrollar suelos pantanosos, conocidos como chuquías en la región, debido al nivel freático muy somero, sitios donde también se puede desarrollar inundaciones por encharcamiento. La unidad posee condiciones favorables para albergar la lámina de agua durante eventos de desbordamiento.



Figura 116. Fotografías registradas en las coordenadas: E= 4602084, N=1671816, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón. A. Potrero desarrollado sobre la planicie de inundación. B. Drenaje sencillo que desemboca al río Mocoa y tiene su paso sobre la llanura de inundación.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.9 Terraza de Acumulación Subreciente (Ftas):

Se trata de una geoforma asociada a la dinámica del río Mocoa, debido a la ampliación de su valle, específicamente sobre su margen derecha, desarrolla una morfología plana a suavemente inclinada, en algunos sitios podría estar basculada, se limita por escarpes de hasta 30 m de altos. Está fue identificada debido a que, forma un escalón o resalte topográfico que define la terraza, está se encuentra adosada como se mencionó previamente a la margen derecha del río Mocoa, en la cuenca es característica hacía el límite sureste, por su gran extensión y porque parte de la cabecera municipal de Villagarzón, se edificó sobre está geoforma (Figura 117).

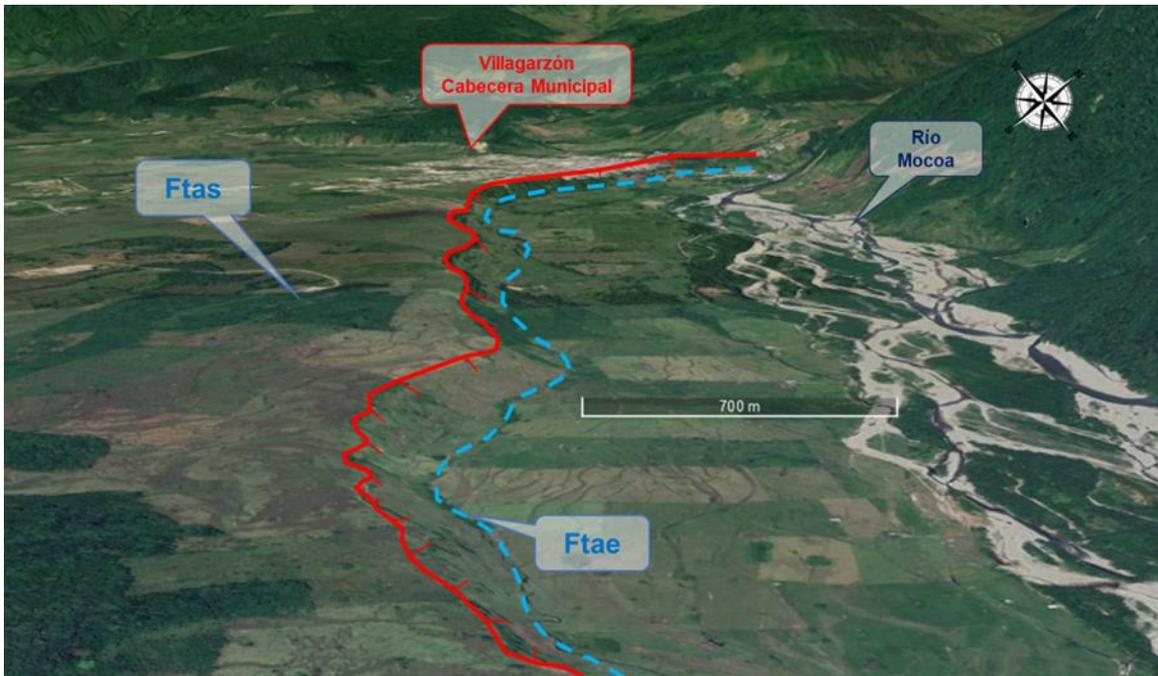


Figura 117. Terraza de acumulación subreciente a la margen derecha del río Mocoa sobre el municipio de Villagarzón.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

En la visita de campo la geoforma pudo evidenciarse sobre la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón, la cual se ve claramente que presenta una morfología plana con ligeras ondulaciones, desde el sitio donde se tuvo el control de campo, se apreció que la subunidad se localiza alejada del cauce del río Mocoa, por consiguiente, se considera con una menor susceptibilidad a ser afectada por eventos de inundación (Figura 118).



Figura 118. Terraza de acumulación subreciente observada en las coordenadas: E= 4601330, N=1668726, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.10 Escarpe de Terraza de Acumulación (Ftae):

Se trata de una geoforma de plano vertical a subvertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación subreciente en la cuenca del río Mocoa. Su origen es relacionado a la incisión y profundización del río, en el sector central de la cuenca sobre las veredas San Carlos y San José del Pepino del municipio de Mocoa la geoforma tiene alturas entre 5 – 15 m, mientras que hacía el sureste sobre la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón, la subunidad alcanza hasta los 40 m de altura, en la Figura 119 se expone el caso.

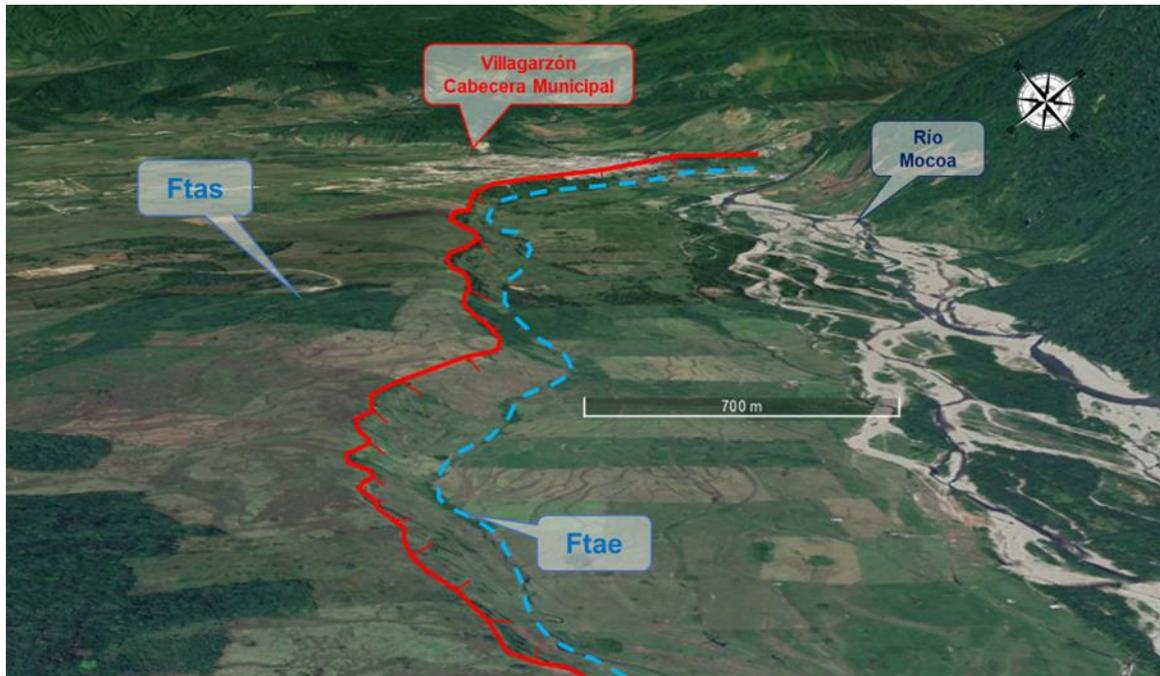


Figura 119. Terraza de acumulación subcreciente a la margen derecha del río Mocoa sobre el municipio de Villagarzón.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.2.11 Terraza de Acumulación Torrencial (Ftat)

Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre depósitos aluviotorrenciales, que se presentan de forma paralela a los cauces de los ríos Rumiayaco y Pepino, limitada por escarpes producto de la erosión de estos cuerpos de agua, su origen está relacionado a eventos de erosión y acumulación de avenidas torrenciales, dado que, sobre estos cauces se ha evidenciado la generación de este evento natural, por lo que su depósito está constituido por bloques caóticos subangulares de diámetros entre 0,1 m a 2 m, embebidos en una matriz areno-arcillosa, en la Figura 120, se expresa gráficamente la subunidad cartografiada sobre la imagen satelital de Google Earth, este sector se encuentra sobre las veredas Rumiayaco y Los Andes del municipio de Mocoa

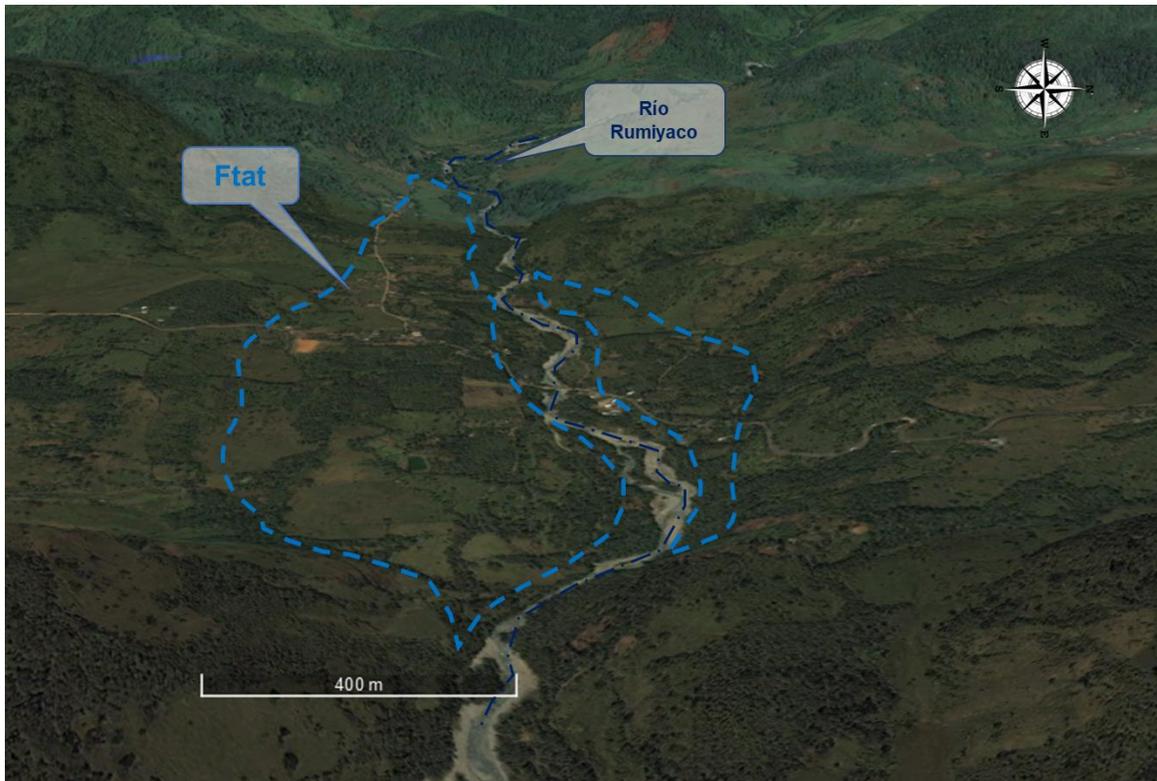


Figura 120. Terraza de acumulación torrencial cartografiada en la cuenca del río Mocoa, a las márgenes del río Rumiayaco.

Fuente: Modificado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.2.12 Valle de Inundación y Torrencial (Fvia)

Son los valles aluviotorrenciales localizados en el centro de la cuenca, sobre los cuerpos de agua de piedemonte, que presentan como superficies estrechas alargadas y profundas donde desarrollan valles estrechos a moderadamente anchos, con formas predominantes de “V”, estas geoformas son periódicamente inundadas y en algunas ocasiones son ocupadas por eventos de avenidas torrenciales, su depósito está constituido por clastos subangulares a subredondeados, de baja a media esfericidad, dentro de una matriz areno-limosa y en ocasiones se pueden evidenciar restos de árboles. La subunidad fue determinada mediante la interpretación de sensores remotos tomando como base, el ancho de los valles, desde el tope de los escarpes marginales cartografiando todo el “vaso”, adicionalmente, a través de imágenes satelitales en donde se le

cartografió el área de mayor afectación de eventos de avenidas torrenciales sobre los cauces, donde aún no se explayó el depósito. A continuación, en la Figura 121 se observa esta subunidad sobre una imagen satelital.

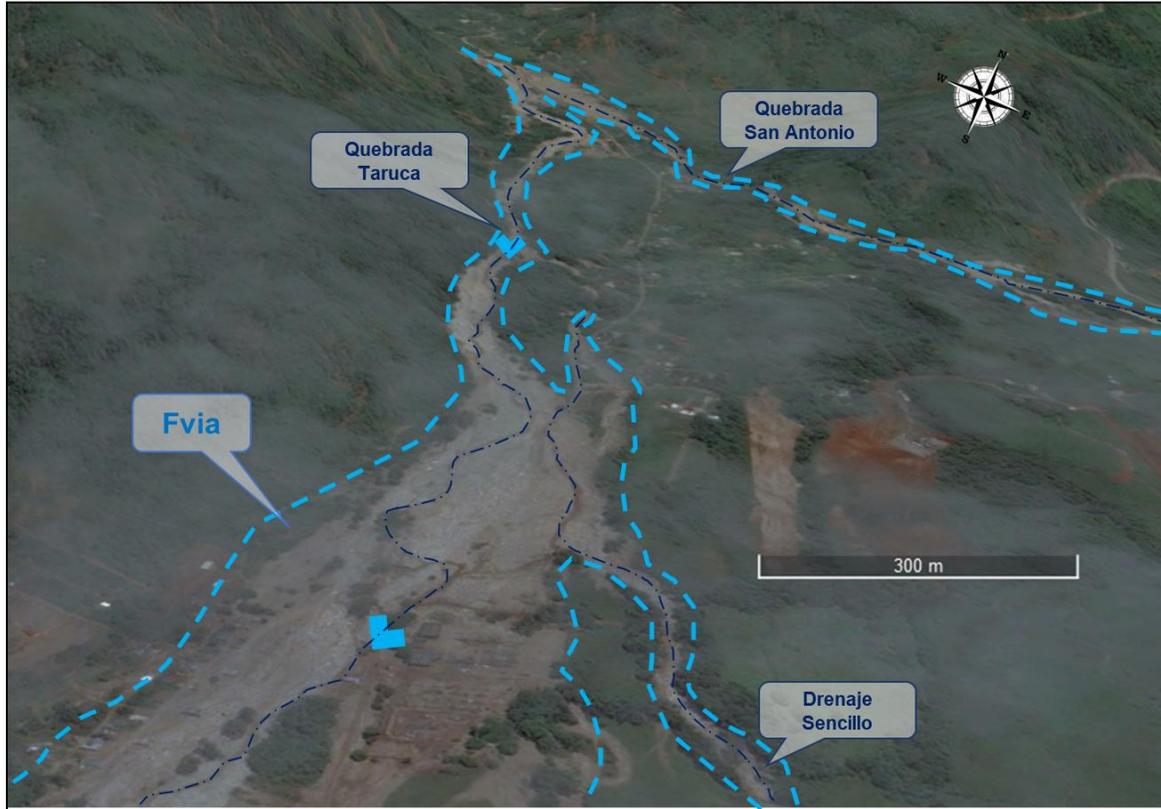


Figura 121. Valle de inundación y torrencial sobre las quebradas Taruca y San Antonio, donde se observa la afectación del evento torrencial del 2017.

Fuente: Modificado de Google Earth, 2021.

En el terreno esta subunidad fue identificada sobre los ríos Mulato, Pepino, Rimuyaco y Mocoa, además de las quebradas Taruca y Sangoyaco. se identificó que estos cuerpos de agua desarrollan escarpes marginales de pendientes muy abruptas a escarpadas, que se ven afectados constantemente por erosión por socavación lateral y por el paso de evento aluviotorrenciales, el depósito está constituido por bloques subangulares a subredondeados, característicos de eventos torrenciales, en la Figura 122 se evidencia la geofoma sobre el río Mulato.



Figura 122. Valle inundable y torrencial del río Mulato, observado en las coordenadas: E= 4593487, N=1684832, en la cabecera municipal de Mocoa, donde se observa un depósito.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

De igual modo sobre el río Pepino se puede observar la geoforma, en donde se ve que su valle es más amplio, con escarpes marginales de menor altura (3 m – 5 m), donde se ha realizado un Jarillón por intervención antrópica, con el mismo depósito de bloques del cuerpo de agua (Figura 123).



Figura 123. Valle de inundación y avenida torrencial del río Pepino. Fotografía registrada sobre las coordenadas: E= 4591966, N=1677690, en la vereda La Eme del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.13 Cauce Aluvial (Fca)

La geoforma de cauce aluvial se define según Carvajal (2011) como un canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Los cauces rectos se restringen a valles estrechos en forma de V, generalmente relacionados al control estructural de fallas o diaclasas. Cuando las corrientes fluyen en zonas semiplanas a planas (llanura aluvial), los cauces son de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo.

Dependiendo la cantidad de carga de sedimentos, la pendiente y caudal pueden llegar a formar sistemas anastomosados, trenzados, divergentes y otras unidades asociadas. En la cuenca del río Mocoa, se puede observar que el cauce aluvial

presenta las tres (3) fases de maduración de un río, con drenajes jóvenes de alta pendiente, drenajes maduros de pendientes medianas con ensanchamiento del valle aluvial y el río Mocoa en etapa de “vejez” con un valle amplio de gran extensión y mayor caudal. Por tal motivo, se realizó una clasificación de los cauces fluviales dentro de la cuenca, en vista que, cada etapa de drenaje tiene unas condiciones específicas y desarrollan distintos tipos de susceptibilidad y amenaza, permitiendo así, una caracterización más detallada, aplicable al componente de gestión de riesgo de desastre, que es la finalidad del estudio. A continuación, se explica la forma en la que se subdividieron los cauces aluviales:

- Zona 1: Partes altas de las cuencas, los ríos se forman por erosión de las rocas. El cauce se encañona progresivamente. “Entregan los productos de la socavación y de la erosión de los suelos a las partes bajas de la cuenca”
- Zona 2: Existe un cierto equilibrio entre la capacidad de transporte del flujo y los aportes de sedimento. “Es la zona de transferencia”
- Zona 3: Los sedimentos se depositan por falta de capacidad de transporte, en deltas o en estuarios.

En la Figura 124 y Figura 125 se expone espacialmente como se llevó a cabo esta división de cada uno de los drenajes.

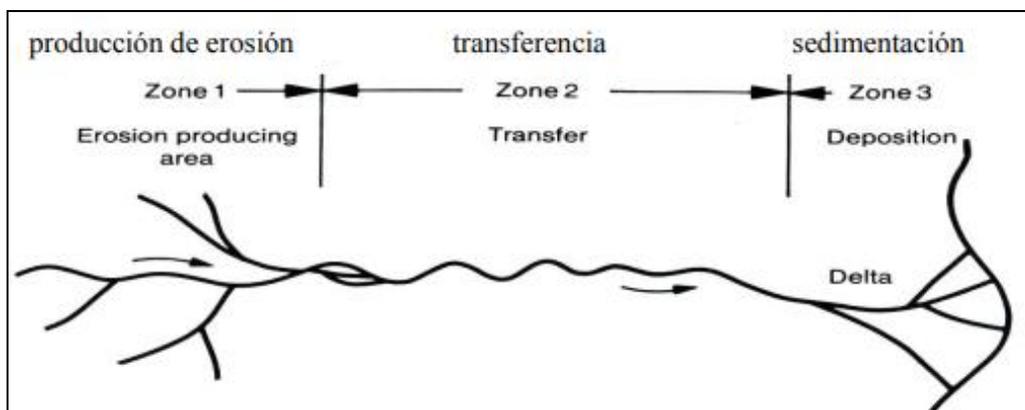


Figura 124. Sistema fluvial.  
Fuente: Tomado y adaptado de Schumm, (1977).

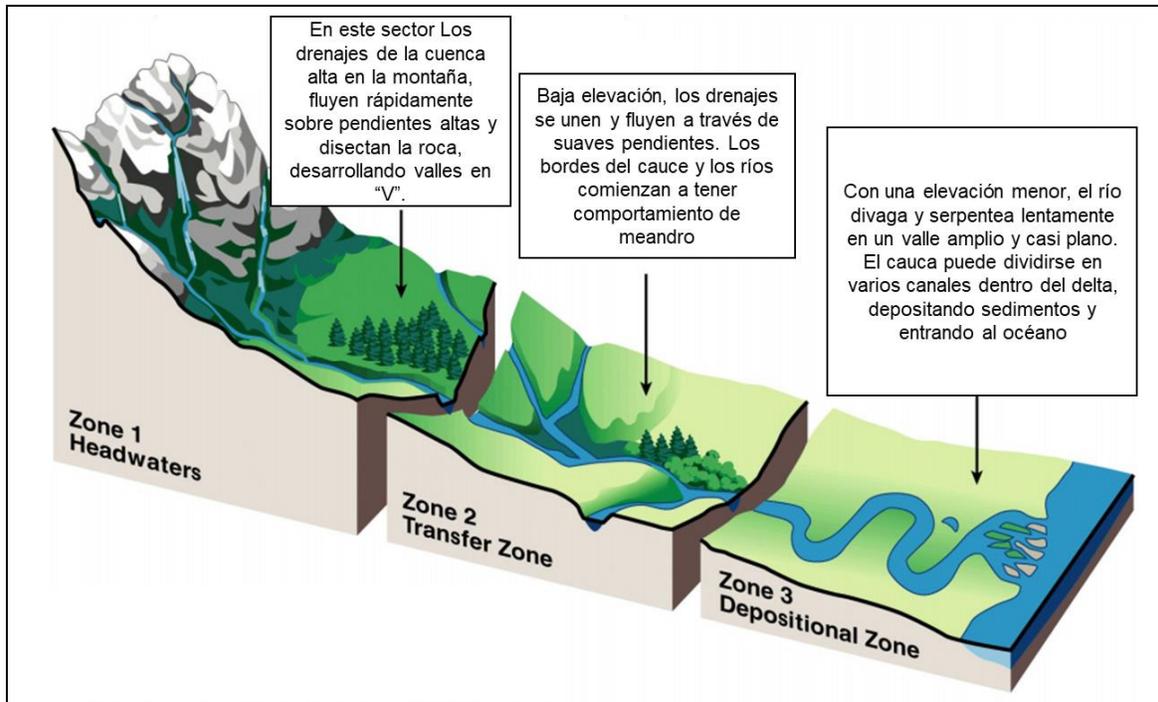


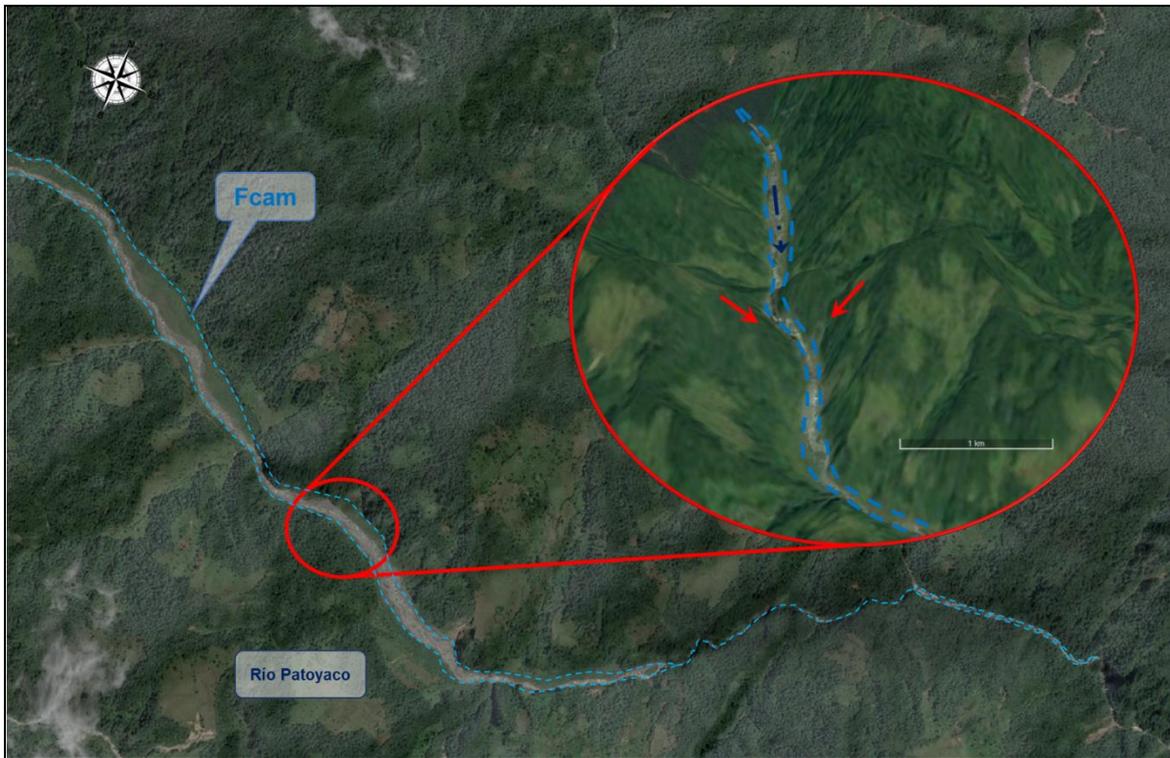
Figura 125. Perfiles de las zonas que tiene un drenaje.

Fuente: Tomado y adaptado, (1990).

En consecuencia, la subunidad fue dividida en tres (3) y enseguida se caracteriza cada una de estas geoformas.

#### 8.8.2.13.1 Cauce Aluvial de Montaña (Fcam)

Es un canal de forma irregular excavado por erosión de fondo de los cauces de primer y segundo orden, sobre rocas y sedimentos aluviales, de igual modo, sobre los ríos de la cuenca alta como el Patoyaco (Figura 126) y el Titango, así como tramos del río Mocoa y Campucana, son principalmente rectos o con muy poca sinuosidad, con valles estrechos de laderas marginales escarpadas, sus depósitos se caracterizan por presentar bloques grandes con diámetros mayores a 1 m, subangulares a subredondeados, de mala selección. La geoforma se caracteriza por desarrollar eventos de crecientes súbitas y avenidas torrenciales.



**Figura 126. Cauce aluvial de montaña cartografiado en el río Patoyaco.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.**

De igual modo en la salida de campo se logró observar la geoforma sobre el río Campucana, en el sector de la variante en la vereda homónima, donde se aprecia que el río tiene bloques de diámetros superiores a 2 m, estos son subangulares a subredondeados, evidenciando menor transporte y de mayor energía, su valle es estrecho, limitado por laderas largas y escarpadas del Monzogranito de Mocoa, también se logra identificar que su lecho no es profundo y que el cuerpo de agua erosiona constantemente el lecho rocoso (Figura 127).

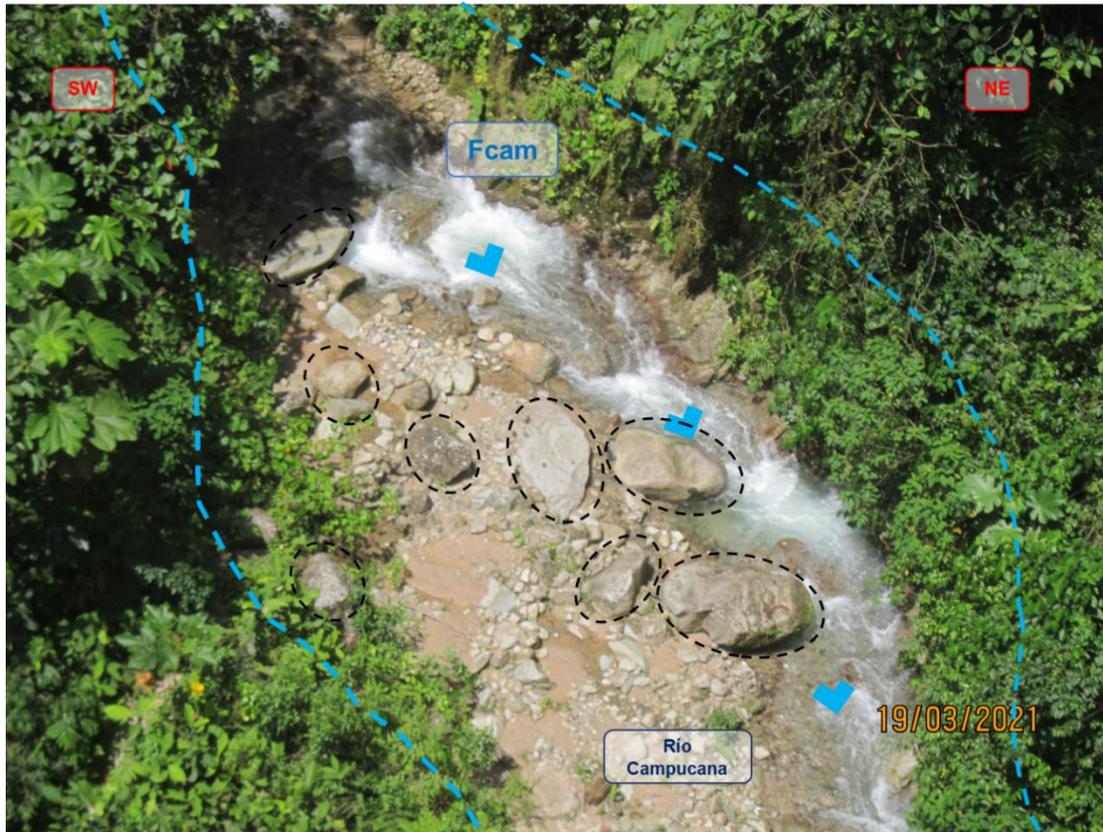


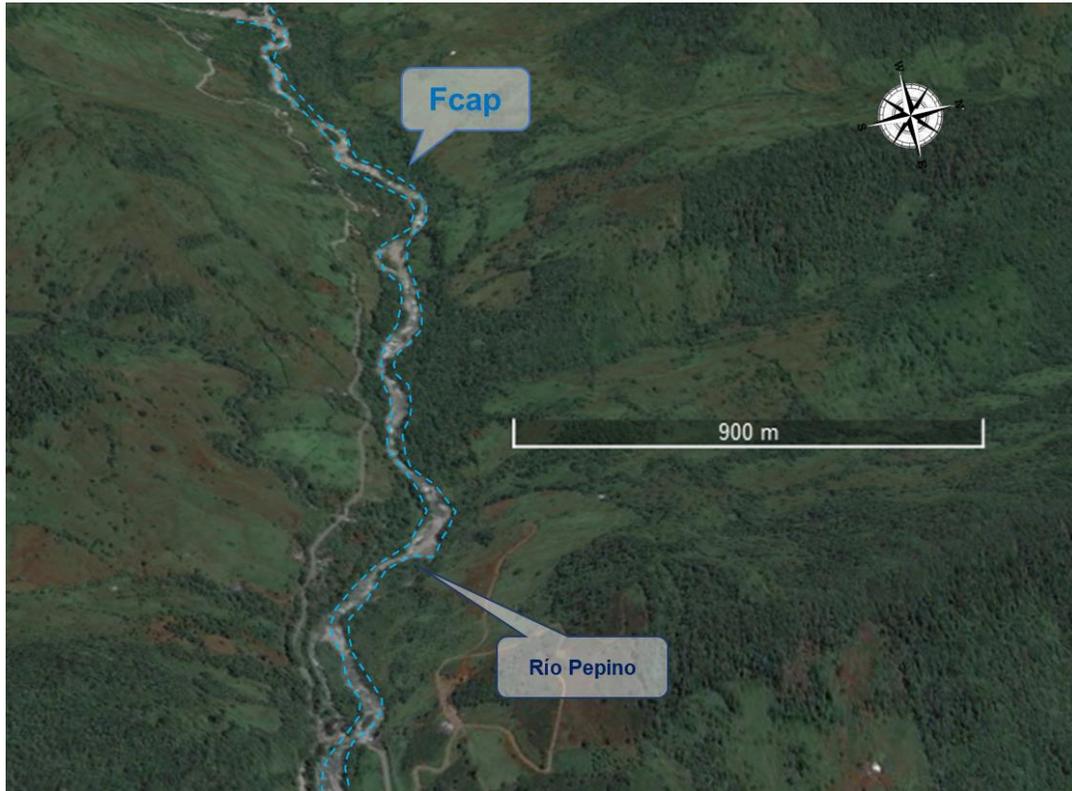
Figura 127. Cauce de montaña observado en el río Campucana observado en las coordenadas: E= 4589936, N=1691887, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.2.13.2 Cauce Aluvial de Piedemonte (Fcap)

Se trata de un canal de forma irregular excavado sobre sedimentos aluviales y en ocasiones en lechos rocoso, estos cauces persisten por una gran distancia en el centro de la cuenca del río Mocoa, se caracterizan por tener valles en “U”, con taludes marginales abruptos a escarpados, en algunos casos limitados por niveles de terrazas de origen torrencial y/o abanicos, mientras que, en otros casos por taludes rocosos, como en el río Mocoa en algunos tramos de su margen izquierda, se diferencian de los de montaña, porque su valle es más amplio. El depósito de la geoforma se caracteriza por tener clastos de diámetros superiores a 1 m, con mayor presencia de clastos de diámetros menores a 0,5 m, la matriz es areno-arcilla en su mayoría. Estos se caracterizan por presentar eventos de crecientes súbitas y

avenidas torrenciales, las cuales, por el cambio de pendiente a una zona más suavizada, generan en ocasiones abanicos aluviotorrenciales. Un ejemplo de este tipo de drenaje se puede observar en el río Pepino, donde presenta un valle en “U” limitado por formaciones rocosas sedimentarias (Figura 128).



**Figura 128. Cauce aluvial de piedemonte del río Pepino.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.**

En la cuenca se observaron diversos cauces que modelan esta geofoma, como es el caso del río Mocoa (Figura 129) a la altura de la cabecera municipal de Mocoa, el cual posee un valle aluvial amplio en forma de “U”, delimitado por escarpes rocosos y escarpes de los depósitos aterrazados, el depósito se constituye de bloques subangulares a subredondeados, con diámetros entre 0,1 m a 2 m, tiene a ser inundable y en ocasiones transporta material torrencial proveniente de sus afluentes. De igual modo, sobre los drenajes en los ápices de los abanicos se desarrolla esta geofoma, como se puede observar en la Figura 130, donde se

caracterizó el cauce aluvial de piedemonte en la quebrada Taruca, el cual se caracteriza por tener bloques de mayor tamaño que en el río Mocoa, por su mayor cercanía al relieve montañoso y tener mayor energía por la inclinación del valle.



Figura 129. Cauce aluvial de piedemonte sobre el río Mocoa observado en las coordenadas: E= 4594693, N=1684929, en la vereda Los Guadales II del municipio de Mocoa.  
Fuente: INPRO SAS, 2021.



Figura 130. Cauce aluvial de piedemonte de la quebrada Taruca registrada en las coordenadas: E= 4592221, N=1687795, en la vereda San Antonio del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

### 8.8.2.13.3 Cauce Aluvial (Fca)

Se trata de los drenajes en estado de vejez, principalmente el río Mocoa, el cual se divide en varios canales, generando depósitos de barras que se erosionan y generan constantemente, desarrolla un valle en “U” muy amplio, limitado por laderas rocosas y escarpes de terrazas de baja altura < 2 m. La subunidad es altamente susceptible a presentar eventos de inundación, debido a que, recibe aportes de varios drenajes que en temporadas de altas precipitaciones aumentan su caudal y puede desbordar los límites de la geoforma. En la Figura 131 se presenta la geoforma vista desde sensores remotos, mientras que en la Figura 132 se expone el registro fotográfico tomado en el territorio.



Figura 131. Cauce aluvial sobre el río Mocoa en el sureste de la cuenca.  
Fuente: Tomado y Adaptado de Google Earth, 2021.



Figura 132. Cauce aluvial del río Mocoa, visto desde las coordenadas: E= 4598124, N=1673142, en la vereda Brisas De Mocoa del municipio de Villagarzón.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020

### 8.8.3 Ambiente Estructural

A este ambiente pertenecen las geformas generadas por la dinámica interna de la tierra. Asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.

#### 8.8.3.1 Cerro Estructural (Sce)

Prominencia aislada de morfología montañosa a colinada, con laderas de longitud corta a moderadamente larga, cóncavas a irregulares, poco disectadas; con pendientes muy abruptas a escarpadas, las cuales han sido parcialmente aisladas de las zonas montañosas por fallamiento.

Esta subunidad se encuentra en la zona de estudio sobre la Formación Saldaña; es caracterizado por presentar laderas moderadamente largas, de forma irregular y pendientes abruptas a muy abruptas (Figura 133). Esta subunidad se encuentra cerca, mas no unida a la cadena montañosa.

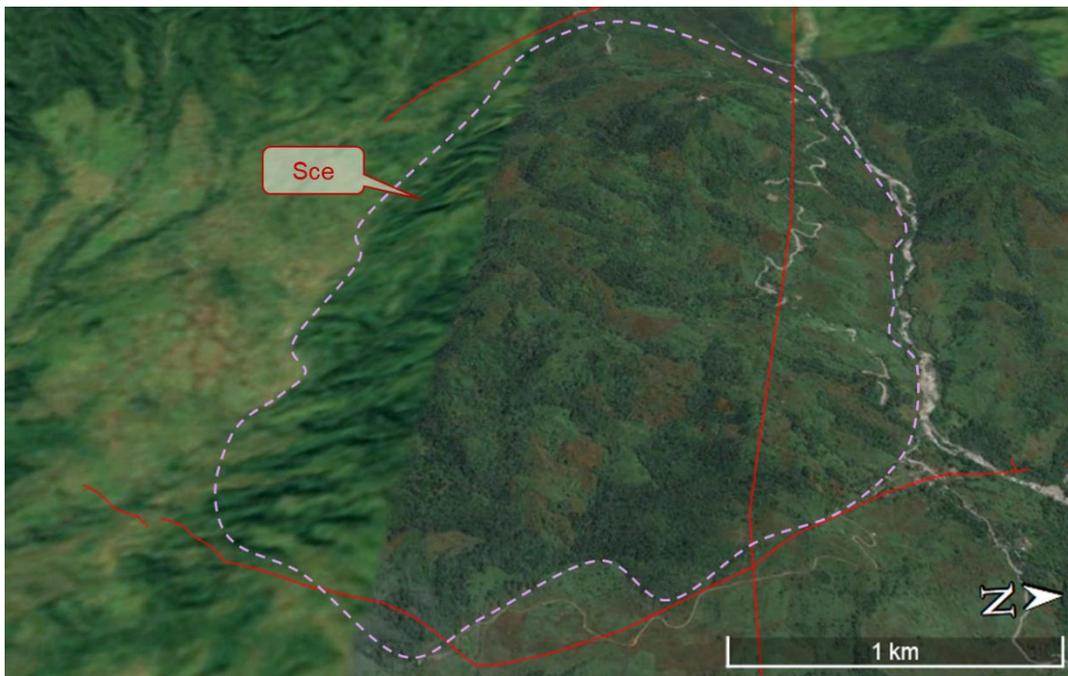


Figura 133. Cerro Estructural ubicado entre las veredas Las Mesas y La Tebaida.  
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

### 8.8.3.2 Espolón Facetado Alto De Longitud Media (Sefcam)

Saliente natural que conforma sierras colinadas que se desprenden de estructuras mayores las cuales corresponden a procesos de plegamiento, fallamiento y erosión diferencial sobre rocas de distinta competencia. La forma predominante es colinada con laderas de pendiente inclinada a abrupta. Su principal característica es que el relieve relativo es mayor que 1000 m y la longitud del eje principal del espolón varía entre 250 m y 1000 m. Se produce por fallamiento inverso y de rumbo que generan truncamientos a manera de facetas triangulares.

Esta geoforma se describe en el sector centro sur del área de estudio como una sierra de cima aguda, con laderas rectas de longitud moderadamente largas y pendientes abruptas (Figura 134). Esta subunidad se forma sobre material de la Formación Saldaña y se ubica en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

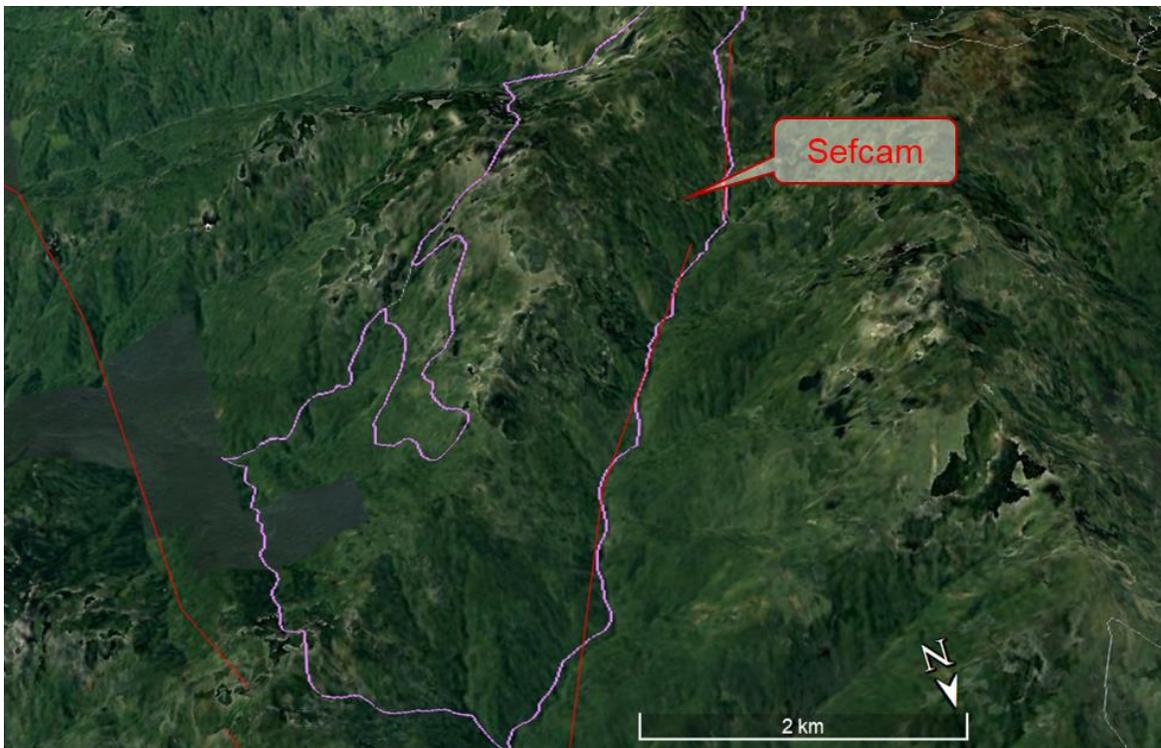


Figura 134. Espolón Facetado Alto De Longitud Media, ubicado en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

### 8.8.3.3 Espolón Festoneado (Sefes)

Se refiere a crestas simétricas de morfología alomada, caracterizadas por tener cimas agudas, pendientes muy inclinadas a muy abruptas de forma recta a cóncava, estas se disponen de forma perpendicular al rumbo de las estructuras geológicas. Está constituida por la alternancia de niveles duros y blandos altamente disectados. Este conjunto de sierras colinadas se caracteriza en la zona de estudio por exponer cimas agudas a ligeramente redondeadas, laderas rectas con pendientes abruptas a muy abruptas, y una altura relativa moderada respecto a su nivel base local (Figura 135). Dicha geofoma se desarrolla sobre el Complejo Migmatítico La Cocha - Río Téllez, ubicado en la vereda Agua Bonita, municipio San Francisco.

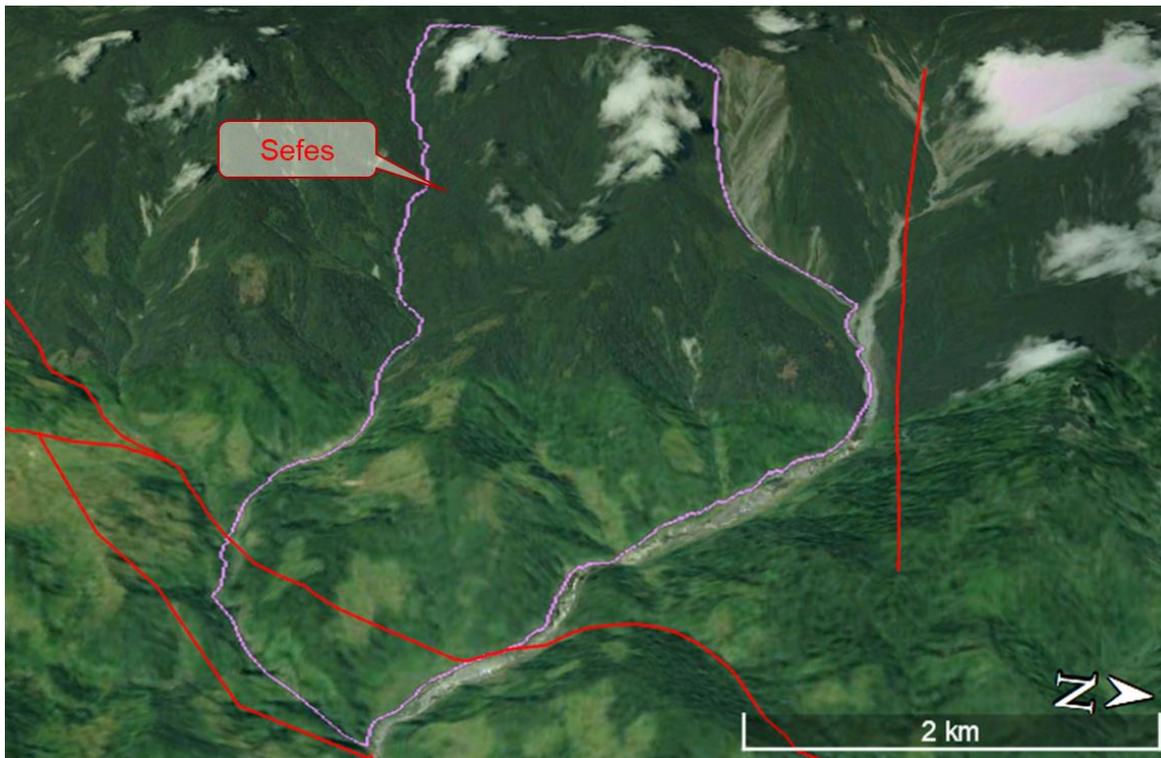


Figura 135. Espolón Festoneado, formado sobre material del Complejo Migmatítico La Cocha - Río Téllez. Se ubica en la vereda Agua Bonita, municipio San Francisco.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.4 Espolón Festoneado Alto De Longitud Media (Sefesam)

Estructura definida por salientes cortas y largas dispuestas perpendicularmente al rumbo de las estructuras geológicas. Geoforma alomada, con cimas agudas formada sobre rocas de distinto origen. Las pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas con formas rectas y cóncavas. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo es mayor que 1000 m y la longitud del eje principal del espolón varía entre 250 m y 1000 m. Es propenso a generar pequeños movimientos de tierras y flujos donde los suelos se encuentran saturados.

Se encuentra esta subunidad formada sobre el Monzogranito de Mocoa, ubicado en las veredas La Florida, San Antonio y Las Palmeras, municipio de Mocoa. Se caracterizan por presentar pendientes moderadamente largas, con inclinaciones variables desde muy inclinadas a muy abruptas en laderas generalmente rectas (Figura 136). En esta subunidad se reconocen procesos de flujo de lodo y avenida torrencial.



Figura 136. Espolón Festoneado Alto De Longitud Media, formada sobre el Monzogranito de Mocoa, ubicado en las veredas La Florida, San Antonio y Las Palmeras, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.5 Espolón Festoneado Moderado De Longitud Media (Sefesmm)

Laderas y crestas simétricas de morfología alomada, cuyo relieve relativo varía entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón varía entre 250 m y 1000 m. Esta geoforma presenta cimas agudas dispuestas perpendicularmente al rumbo de las estructuras geológicas, se forman sobre rocas de distinto origen. Las inclinaciones pueden variar entre muy inclinadas a muy abruptas con formas rectas y cóncavas. Puede generar eventualmente pequeños movimientos de tierras y flujos donde los suelos se encuentran saturados.

Esta subunidad presenta inclinaciones abruptas a muy abruptas en laderas principalmente rectas, con longitudes desde moderadamente largas hasta cortas (Figura 137). Se identifica sobre material del Monzogranito de Mocoa, ubicado en la vereda Campucana, en el municipio de Mocoa.

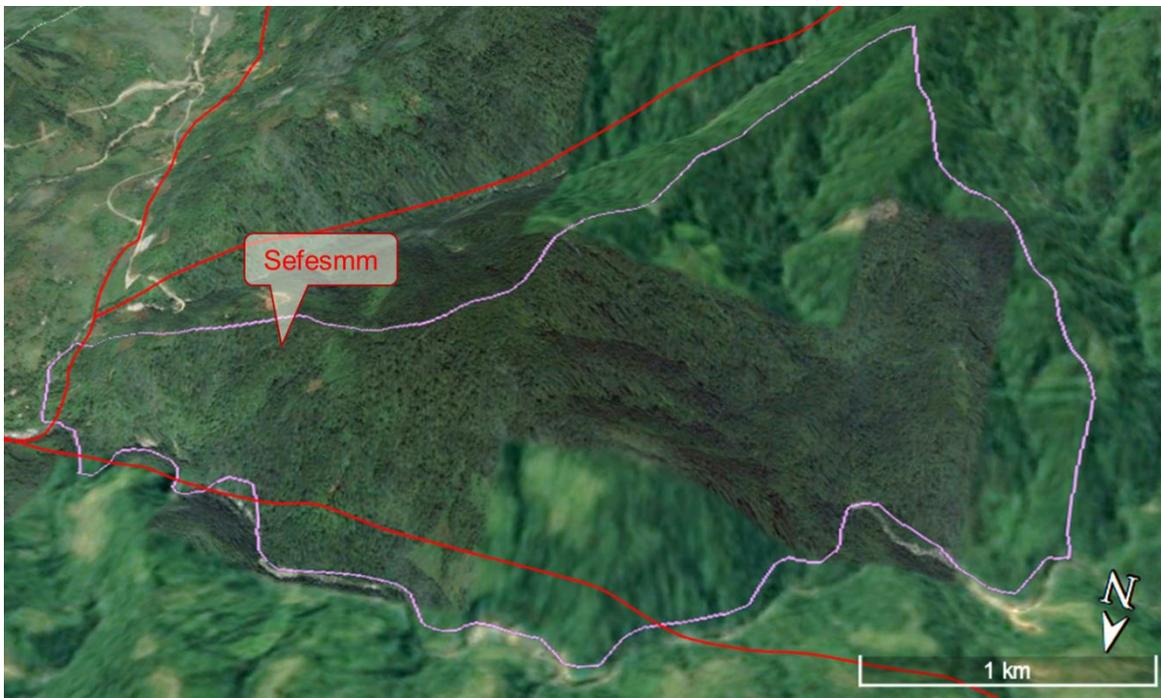


Figura 137. Espolón Festoneado Moderado De Longitud Media, se ubica en la vereda Campucana, en el municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.6 Espolón (Ses)

Se refiere a la geofoma alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, es además limitada por drenajes paralelos a subparalelos. Las laderas tienen longitudes variables al igual que sus pendientes las cuales se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos.

En el área de estudio se localiza esta subunidad sobre material de la Formación Saldaña, ubicado en la vereda La Esperanza, municipio San Francisco. Esta se caracteriza por tener cimas que varían de agudas a redondeadas; sus laderas de forma recta y longitud moderadamente corta, las cuales tienen inclinaciones en general abruptas (Figura 138).

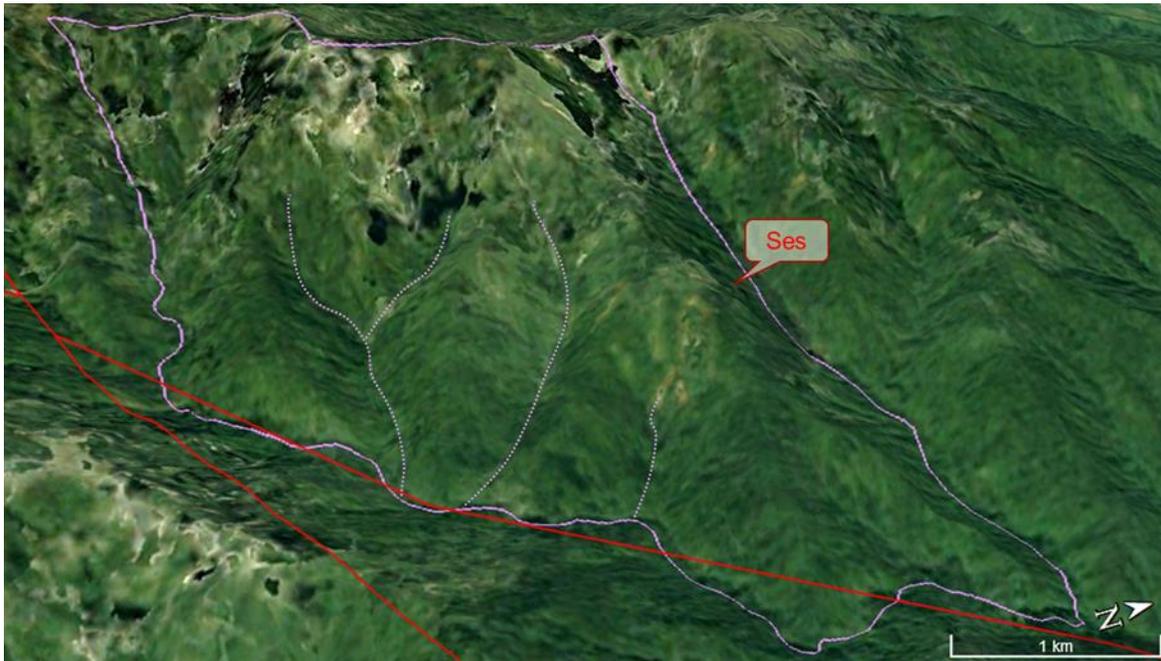


Figura 138. Espolón identificado sobre la Formación Saldaña, se ubica en la vereda La Esperanza, municipio San Francisco.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.7 Espolón Bajo De Longitud Larga (Sesbl)

Geofoma alomada con laderas de longitudes variables, y pendientes que van desde abruptas hasta inclinadas debido a intensos procesos denudativos. Están dispuesta

perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región y son limitadas por drenajes paralelos a subparalelos. Esta subunidad se caracteriza por un relieve relativo menor que 250 m y una longitud del eje principal del espolón mayor que 1000 m.

En la cuenca, esta subunidad se localiza sobre la Formación Saldaña, ubicándose en la vereda La Florida del municipio Mocoa. Se distingue por tener una cima aguda, rodeada por laderas convexas a rectas y longitud moderadamente corta, con pendientes que varían desde abruptas a muy inclinadas (Figura 138 y Figura 139).

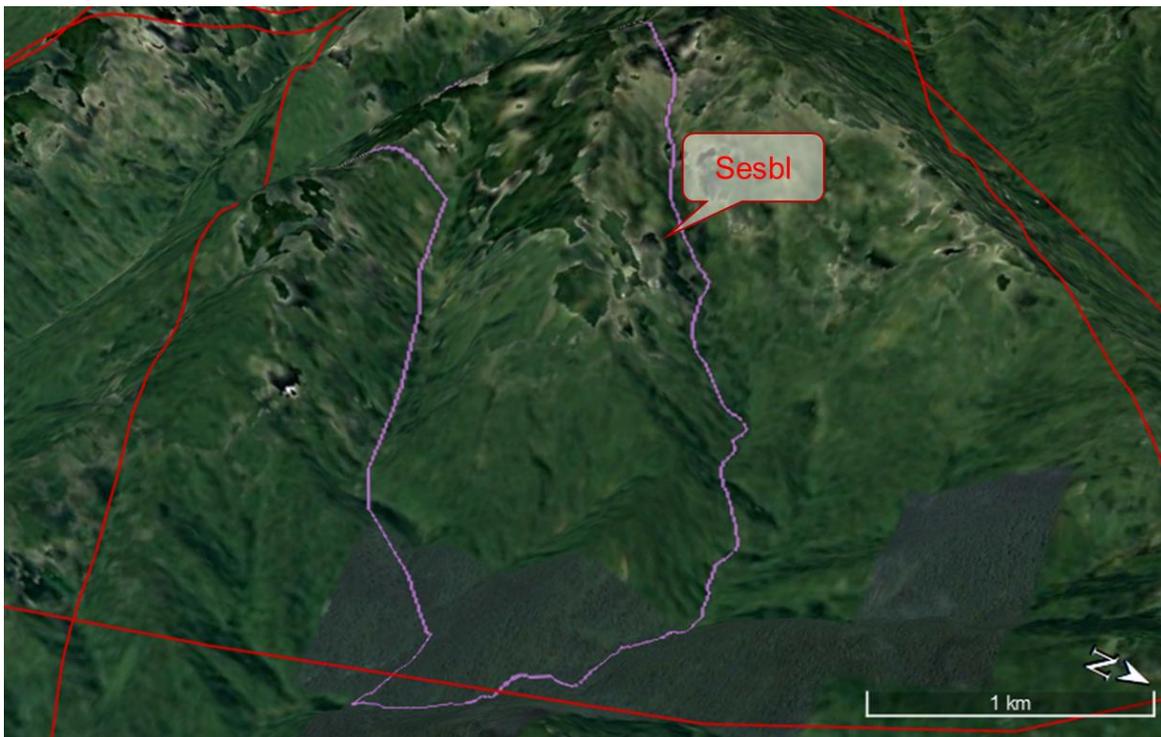


Figura 139. Espolón Bajo De Longitud Larga, sobre la Formación Saldaña, ubicado en la vereda La Florida del municipio Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.8 Espolón Moderado De Longitud Corta (Sesmc)

Saliente 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. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es menor que 250 m.

En el área de estudio se distingue la subunidad por tener cimas que varían de agudas a subredondeadas, las laderas son principalmente rectas y ocasionalmente convexas, las longitudes de las laderas son moderadas y las pendientes varían desde abruptas a muy abruptas (Figura 140). Esta subunidad se localiza sobre el Monzogranito de Mocoa y se ubica en la vereda La Florida del municipio Mocoa.

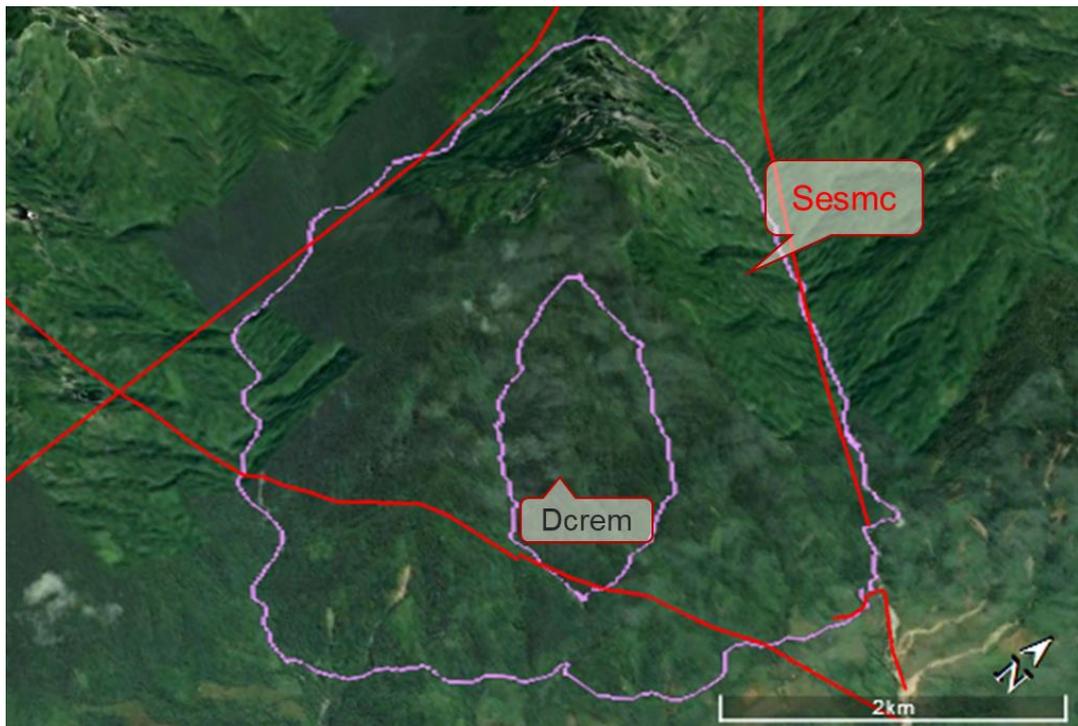


Figura 140. Espolón Moderado De Longitud Corta, se forma sobre el Monzogranito de Mocoa.  
Fuente: Google Earth, 2021.

Desde la visita del terreno la geoforma exhibida en la Figura 140 se pudo identificar mediante la fotografía panorámica de la Figura 142, donde se alcanza observar su finalización en el cambio de pendiente y material litológico por efecto de la falla de la Tebaida.

### 8.8.3.9 Espolón Moderado De Longitud Larga (Sesml)

Geoforma alomada, con laderas de longitudes variables, y pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. Esta dispuesto perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región y es limitada por drenajes paralelos a subparalelos. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es mayor que 1000 m.

La subunidad se distingue por presentar cimas redondeadas, las laderas son principalmente rectas con longitudes moderadas a moderadamente largas y las pendientes varían desde muy abruptas a abruptas (Figura 141). Esta subunidad se forma sobre el Monzogranito de Mocoa y la Formación Saldaña, se ubica entre las veredas La Florida y Monclar, del municipio Mocoa.

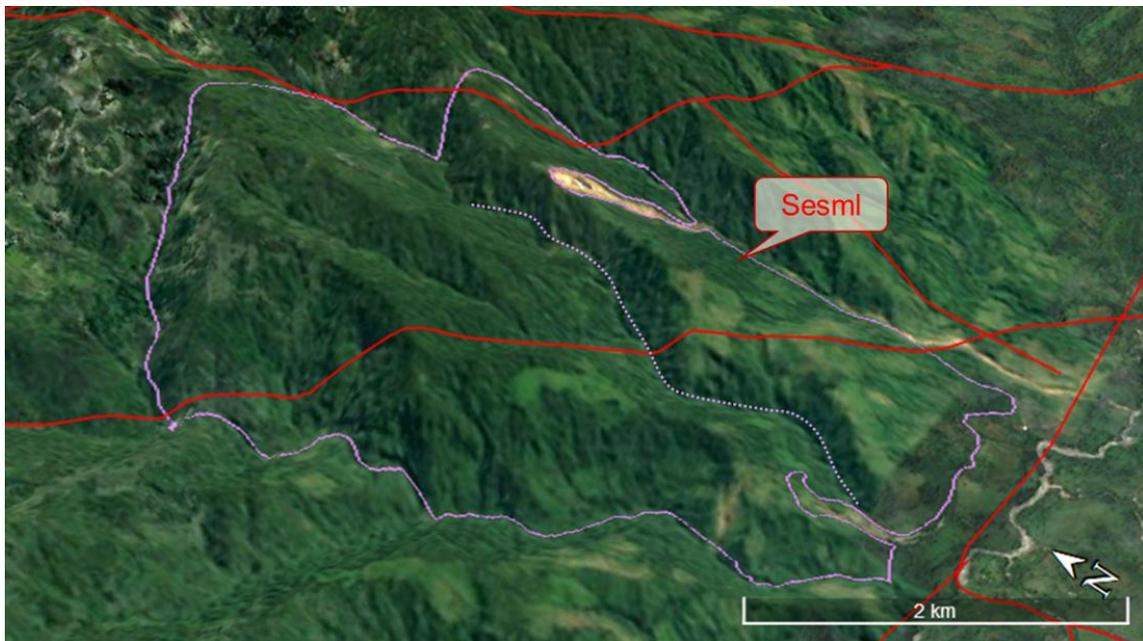


Figura 141. Espolón Moderado De Longitud Larga, formado sobre el Monzogranito de Mocoa, se ubica en la vereda La Florida, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

Desde el mirador de la policía en la vía Mocoa – San Francisco, al límite sur de la cuenca se logró tomar una vista panorámica hacia el norte, donde se pudo observar

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020

esta geoforma al límite del área de estudio, como se aprecia en la Figura 142 que, aunque por las limitaciones de la cámara, no se observa del todo bien, en la vista se observan las estructuras con eje principal de dirección S-N, perpendicular al río Mocoa.

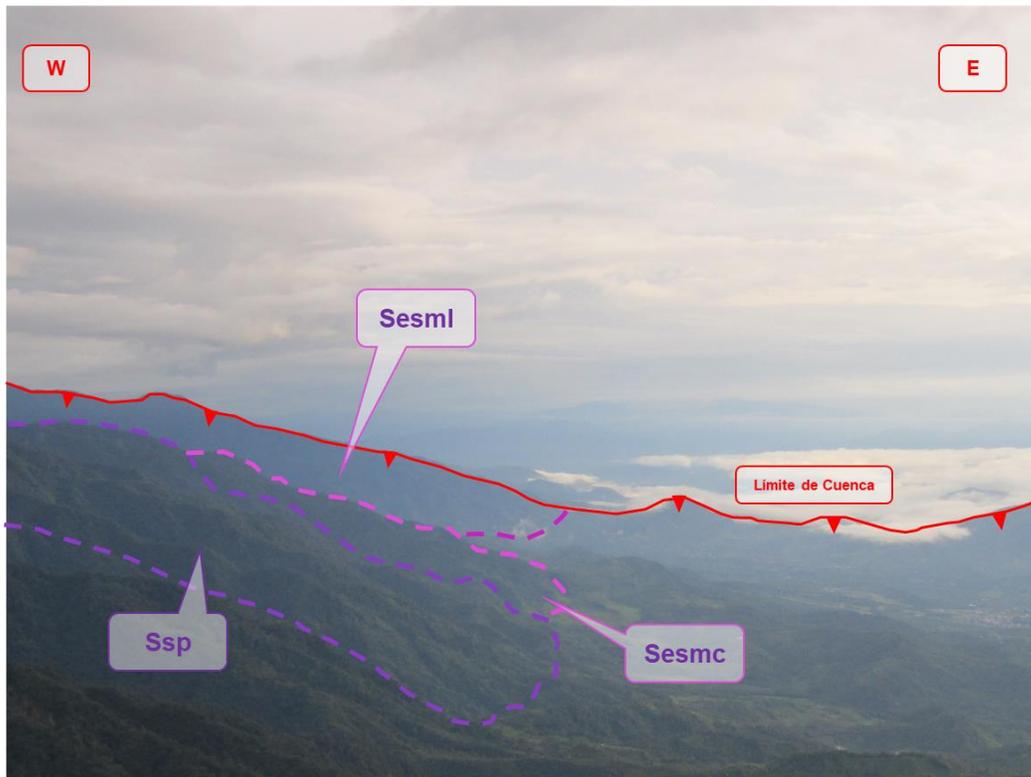


Figura 142. Espolon moderado de longitud larga observado en las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.3.10 Escarpe de Línea de Falla (Slfe)

Se refiere a un plano en declive de longitud corta a muy corta, de forma cóncavo a convexo y de pendiente abrupta. Su origen se relaciona a las superficies definidas por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas afectadas por procesos de erosión acentuada.

La unidad corresponde a escarpes cortos de formas convexas a rectas, asociados a las trazas de falla que se encuentran en la zona, en las que se destacan la falla

de rumbo dextral Campucana-Churumbelo (ver Figura 143), la Falla de rumbo sinistral El Carmen y también la Falla de rumbo dextral Alto Afán, estos escarpes se encuentran controlados principalmente por el lineamiento de las fallas.



Figura 143. Escarpe de falla asociado a Falla Campucana-Churumbelo, ubicado en las veredas Campucana y La Florida, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

Esta geoforma se observó en campo sobre el puente de la variante inconclusa de Mocoa - San Francisco, donde a la margen izquierda del río Campucana se modela un escarpe, que tiene su origen en el esfuerzo de cizallamiento generado por la falla de Campucana (Figura 144).

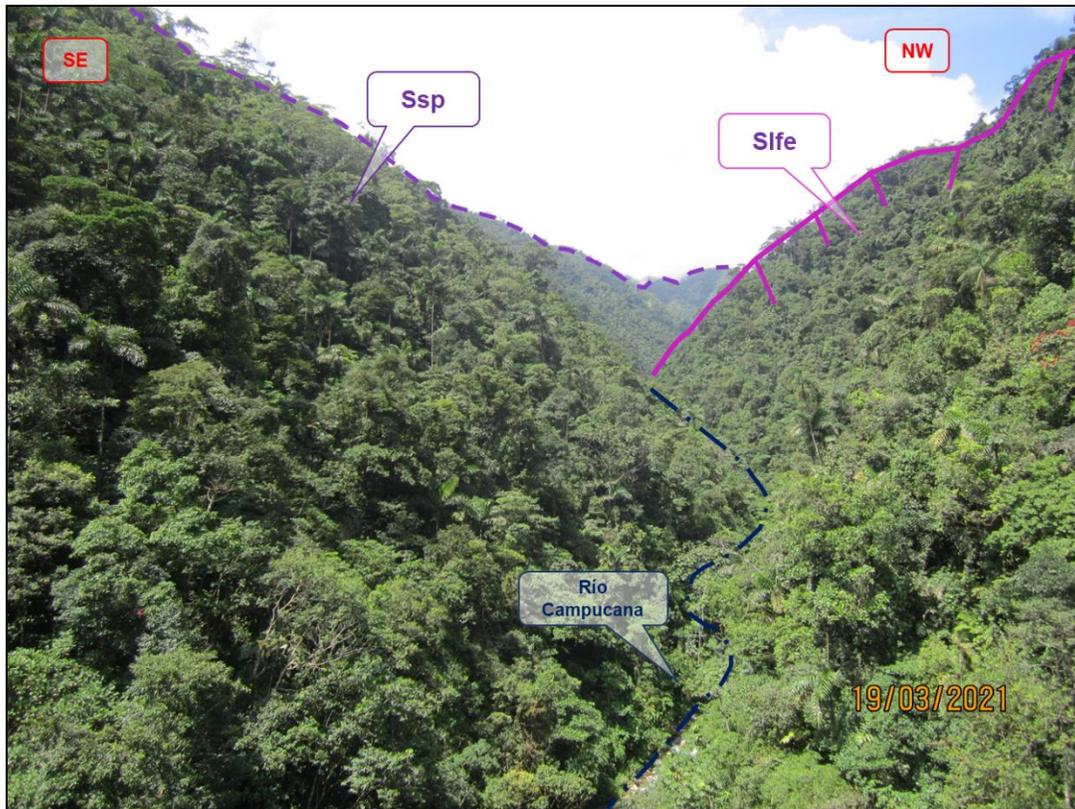


Figura 144. Escarpe de Línea de Falla observado en la variante de Mocoa – San Francisco sobre las coordenadas: E= 4589936, N=1691887, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.3.11 Meseta Estructural (Sm)

Estructura de cima plana limitada por escarpes abruptos a muy abruptos, de longitud muy corta y formas convexas. Su origen es relacionado a procesos de erosión diferencial en unidades estratificadas horizontalmente o con inclinaciones menores a 5°. Puede asociarse a diversos ambientes morfogenéticos como por ejemplo plataformas de arrecifes subcrecientes, procesos coluviales estabilizados y al desarrollo de dolinas.

En el área de estudio corresponde fundamentalmente a zonas donde los estratos presentan un buzamiento relativamente suave que corresponde a capas de la Formación Rumiayaco hacia el sur de la cuenca (ver Figura 145) y sobre la Formación Pepino, Miembro Inferior y Miembro Medio hacia el norte de la misma.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020

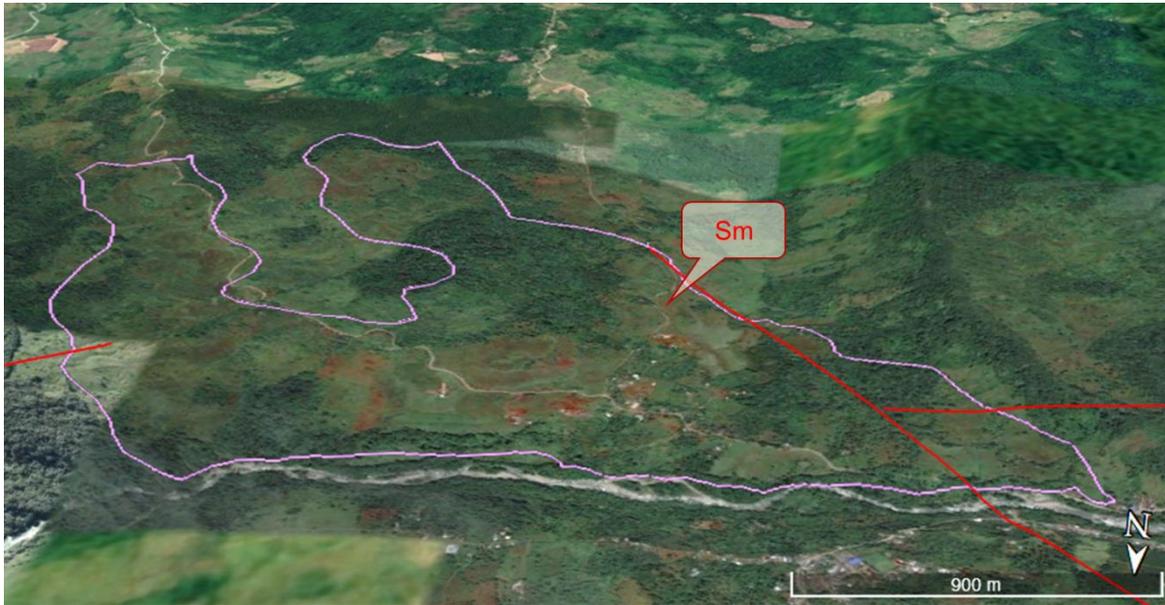


Figura 145. Meseta estructural sobre Formación Rumiyaco, ubicado en su mayoría sobre la vereda La Eme, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

Durante la visita de campo se reconoció la geofoma modelada por la Formación Rumiyaco, en la vía Mocoa – Villagarzón, donde la meseta estructural presenta una morfología alomada, con laderas muy cortas e inclinaciones inferiores a  $10^\circ$  (Figura 146).



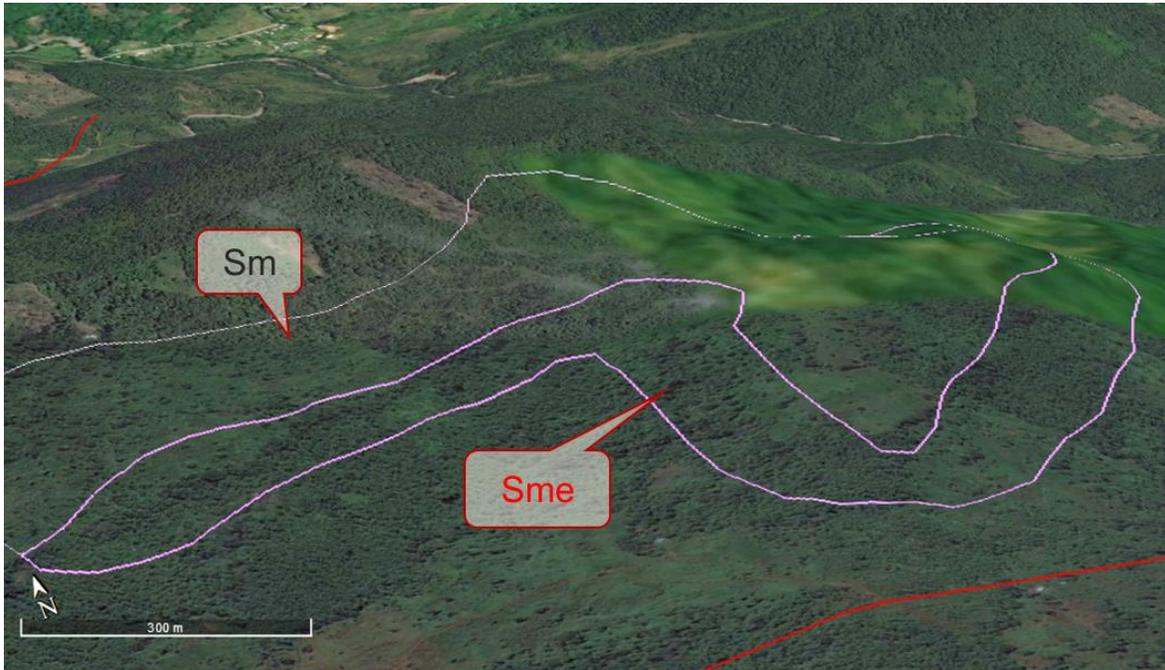
Figura 146. Relieve colinado y alomado de la meseta estructural, observado desde las coordenadas: E= 4595885, N=1674786, en la vereda El Danubio del municipio de Villagarzón.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.3.12 Escarpe De Meseta Estructural (Sme)

Plano vertical a subvertical de longitud corta a moderada de pendientes inclinadas a escarpadas y localmente escalonadas. La geoforma se establece por la disposición horizontal definida por la intercalación de unidades duras y blandas. Su origen se relaciona a procesos de erosión diferencial y a la disección de los cauces. Esta subunidad se desarrolla asociada a la meseta estructural, en el norte del área de estudio es descrita como una superficie de declive de longitud corta y forma recta, cuya inclinación varía desde muy inclinada a abrupta (Figura 147). Se desarrolla sobre rocas de la Formación Pepino, Miembro Inferior y Miembro Medio, en la vereda Buenos Aires, municipio de Mocoa.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*  
Contrato 343 de 2020



**Figura 147. Escarpe de Meseta Estructural sobre la Formación Pepino, Miembro Inferior y Miembro Medio, vereda Buenos Aires, municipio de Mocoa.**

**Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.**

#### 8.8.3.13 Lomo De Falla (Slf)

Subunidad de morfología alomada, con laderas convexas de longitudes cortas a muy cortas y pendiente abrupta a escarpada; es encontrado a lo largo de una falla de rumbo y se forma por el efecto combinado del desplazamiento lateral y la geometría del plano de falla que determina la expulsión de un bloque de terreno. Se caracteriza por su alto fracturamiento y estructuras de tipo flor positiva.

En el área de análisis, se encuentra esta geoforma asociada a diferentes sistemas de falla afectantes, así mismo, se desarrolla sobre múltiples litologías, ya sean sedimentarias o ígneas a lo largo de la zona. Se caracterizan por ser geoformas alargadas, con cimas redondeadas, laderas generalmente cortas con inclinaciones variables de formas rectas. (Figura 148).



Figura 148. Lomo de falla, asociado a la falla La Tortuga. Se ubica en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

Hacia la vereda Campucana sobre la vía de la variante desde Mocoa, se logró reconocer un lomo de falla, modelado sobre rocas meteorizadas y fracturadas del Grupo Orito, este se caracteriza por presentar laderas cortas muy inclinadas a abruptas, con eje principal de dirección NE, limitado al norte por la Falla de Titango y al sur por la Falla Campucana (Figura 149).



Figura 149. Lomo de falla apreciado en las Coordenadas: E= 4590234, N=1691767, en la vereda Campucana del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.3.14 Lomo De Obturación (Slo)

Prominencia topográfica de morfología alomada que ha sido desplazada lateralmente por fallamiento de rumbo y ocasiona un bloqueo parcial o total de una corriente de agua.

En el área de estudio se encuentra esta subunidad constituida sobre la Formación Saldaña, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa. Se distingue en esta geoforma una cima ligeramente redondeada, rodeada por laderas las cuales son muy abruptas a escarpadas hacia el costado afectado por la falla El Carmen, y una pendiente convexa que varía entre muy inclinada a abrupta en el otro extremo de la subunidad (Figura 150).

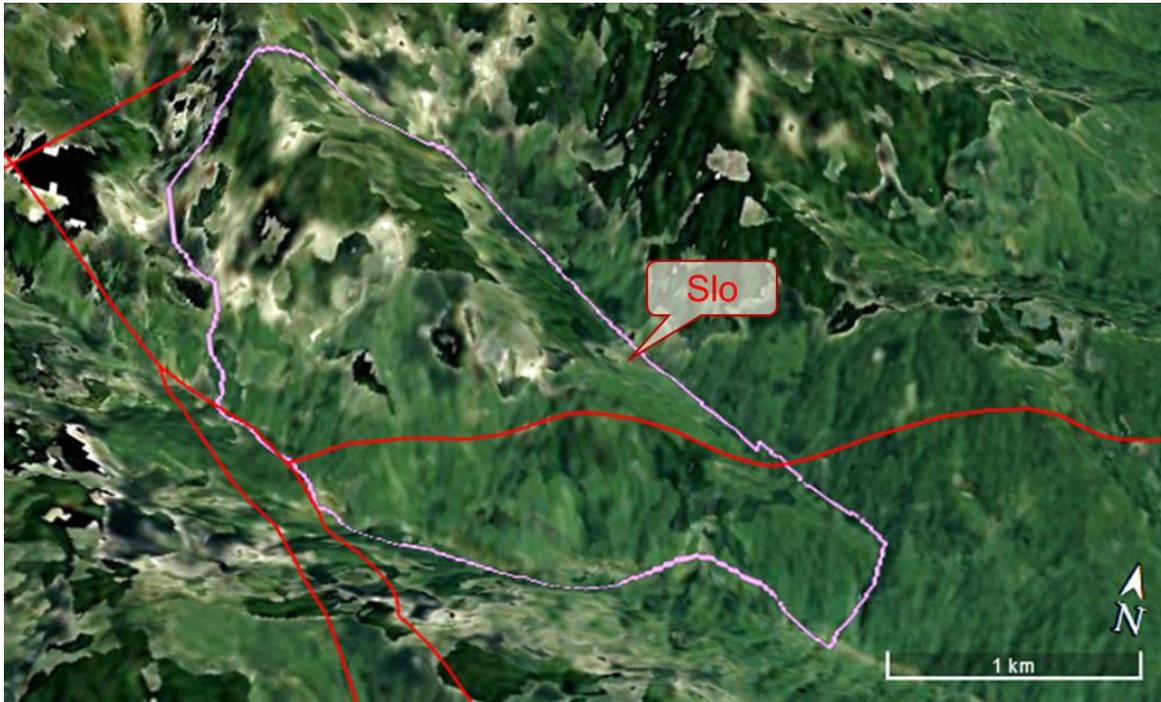


Figura 150. Lomo de obturación, asociado a la falla El Carmen (Dirección NW-SE). Se ubica en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.15 Sierra (Ss)

Geoforma montañosa, de laderas largas a extremadamente largas, con forma variantes cóncavas, convexas o rectas, cuyas pendientes van desde muy inclinadas hasta escarpadas. Su origen se desarrolla con procesos de fallamiento intenso en macizos rocosos de cualquier litología. Esta geoforma no presenta datos estructurales, lo que impide establecer una asociación con alguna estructura geológica.

Se describe esta subunidad como una prominencia topográfica de cima aguda, con laderas largas, las cuales tienen formas rectas a ligeramente convexas, las pendientes varían desde abruptas a muy abruptas (Figura 151); esta geoforma se encuentra en la zona occidental del área de estudio, ubicado en las veredas La Esperanza y Minchoy del municipio San Francisco.

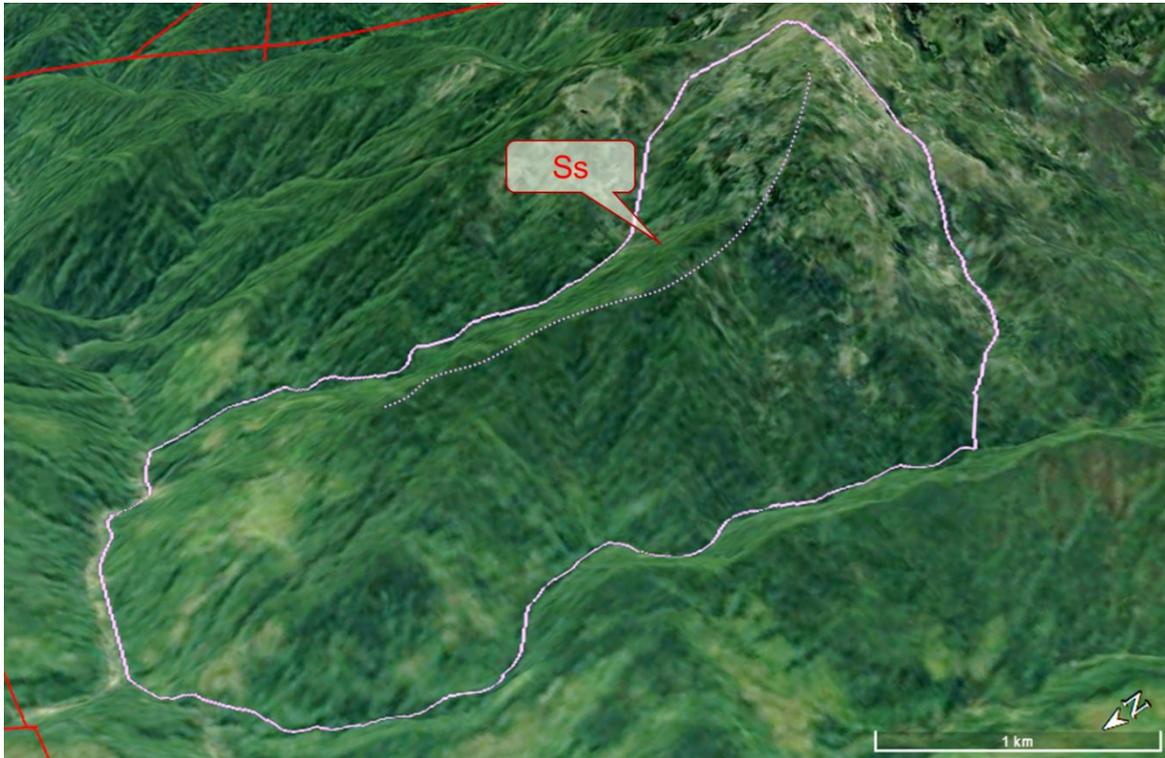


Figura 151. Sierra desarrollada sobre la Formación Saldaña; se ubica en las veredas La Esperanza y Minchoy, municipio San Francisco.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.16 Sierra Homoclinal (Ssh)

Geoforma montañosa a colinada de cimas agudas, de forma simétrica o ligeramente simétrica, elongada, 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.

Esta subunidad se describe como una prominencia topográfica cuya cima se encuentra denudada, su perfil permite ver que las capas o estratos que la forman buzan hacia el oeste, con una pendiente inclinada menor a 20° (Figura 152). Está formada sobre litología del Grupo Orito, se ubica al sur del área de estudio, en el municipio de Mocoa.

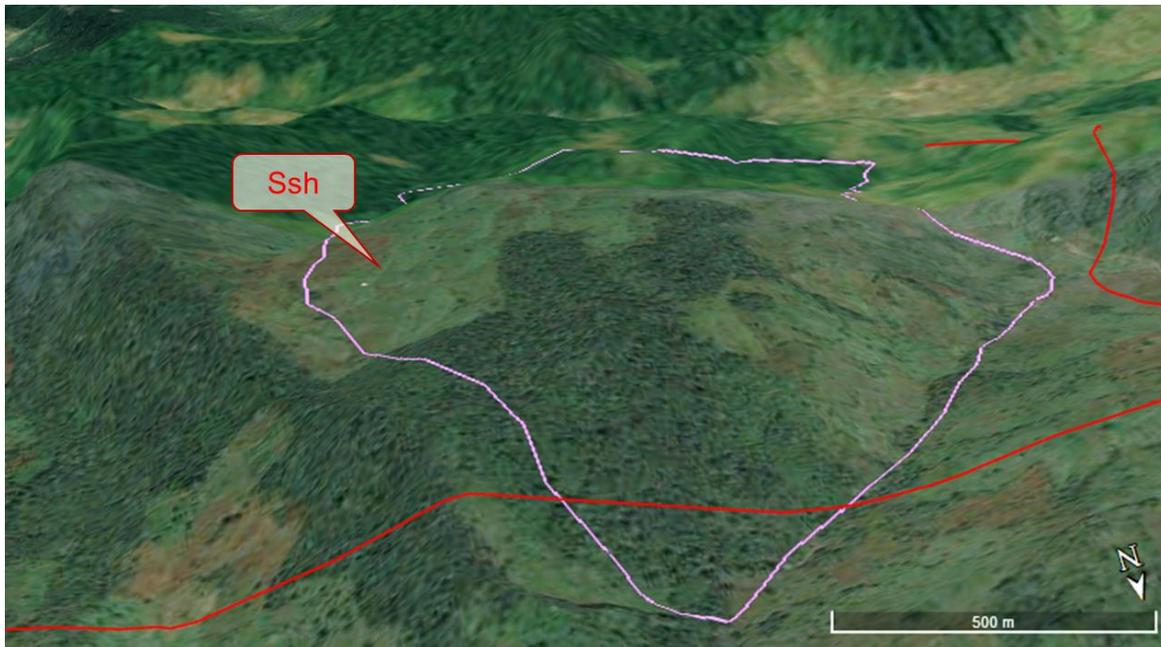


Figura 152. Sierra Homoclinal, formado sobre material del Grupo Orito.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.3.17 Ladera Estructural De Sierra Homoclinal (Sshle)

Ladera cuya inclinación de los estratos se dispone a favor de la pendiente; se caracteriza por presentar una longitud corta a moderada larga, de formas rectas a convexas y pendientes escarpadas a muy escarpadas, se relaciona a una estructura homoclinal.

Esta subunidad ocupa un área considerable en ambos flancos del drenaje principal de la zona de estudio, se desarrolla sobre las formaciones Caballos, Villeta y Pepino cuyas capas buzcan hacia el oeste. La geoforma se caracteriza por presentar laderas de forma recta y longitud moderadamente larga, cuya pendiente es muy inclinada a inclinada, sus drenajes son principalmente dendríticos (Figura 153).

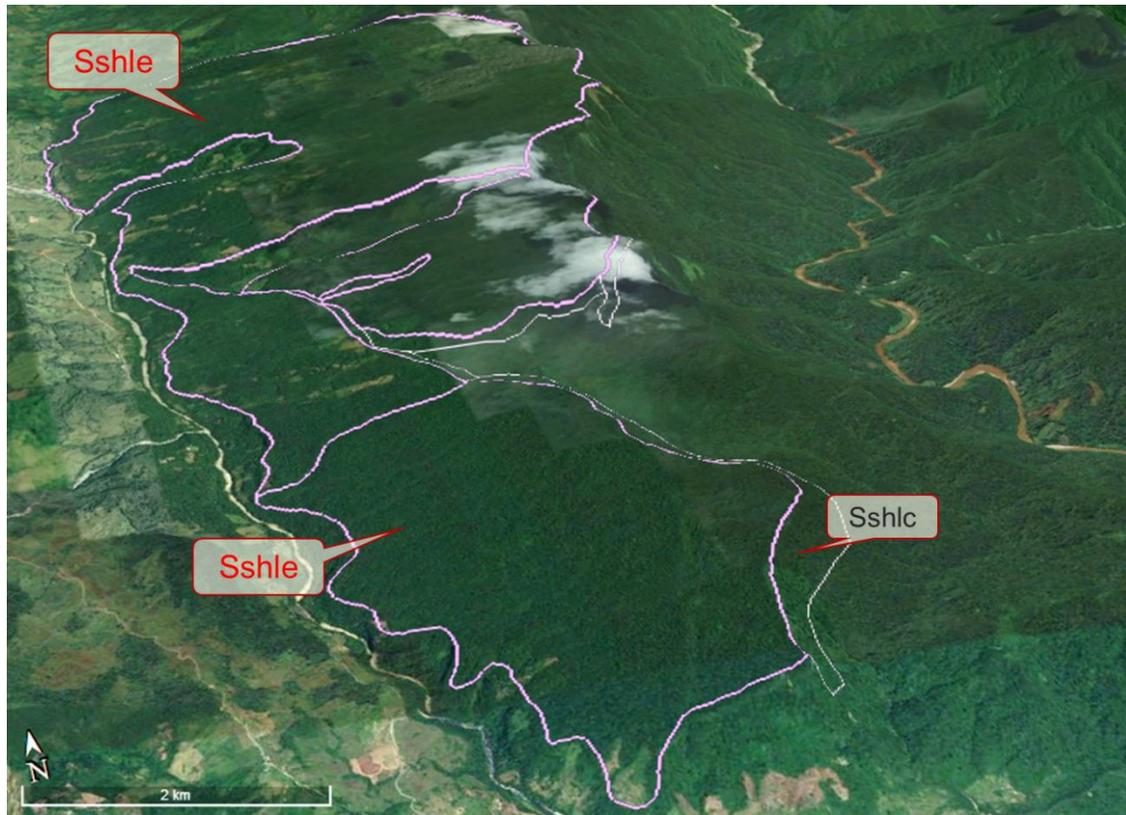


Figura 153. Ladera Estructural De Sierra Homoclinal (Sshle) desarrollado sobre la Formación Caballos, se ubica en el flanco Este del Río Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

En la cuenca esta geofoma es fácilmente observable desde la vereda Brisas de Mocoa, donde las areniscas de la formación Caballos, demarcan claramente la inclinación de las capas de rocas, que están inclinándose a favor de la pendiente (Figura 155)

#### 8.8.3.18 Ladera De Contrapendiente De Sierra Homoclinal (Sshlc)

Superficie de declive subvertical de longitud moderada a larga, cuya forma varía entre cóncava, escalonada, festoneada o irregular; presenta inclinación abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, esta geofoma es relacionada a una estructura homoclinal.

Los estratos de las formaciones Caballos, Saldaña, Villeta y Pepino en el área de estudio presentan una clara disposición hacia el oeste, en rededor del cauce principal, sobre dichas formaciones se desarrolla esta subunidad geomorfológica, la cual se caracteriza por ser una superficie muy abrupta a escarpada, de longitud corta y forma recta y sistemas de drenajes subparalelos (Figura 154); esta está asociada a una ladera estructural de sierra homoclinal.

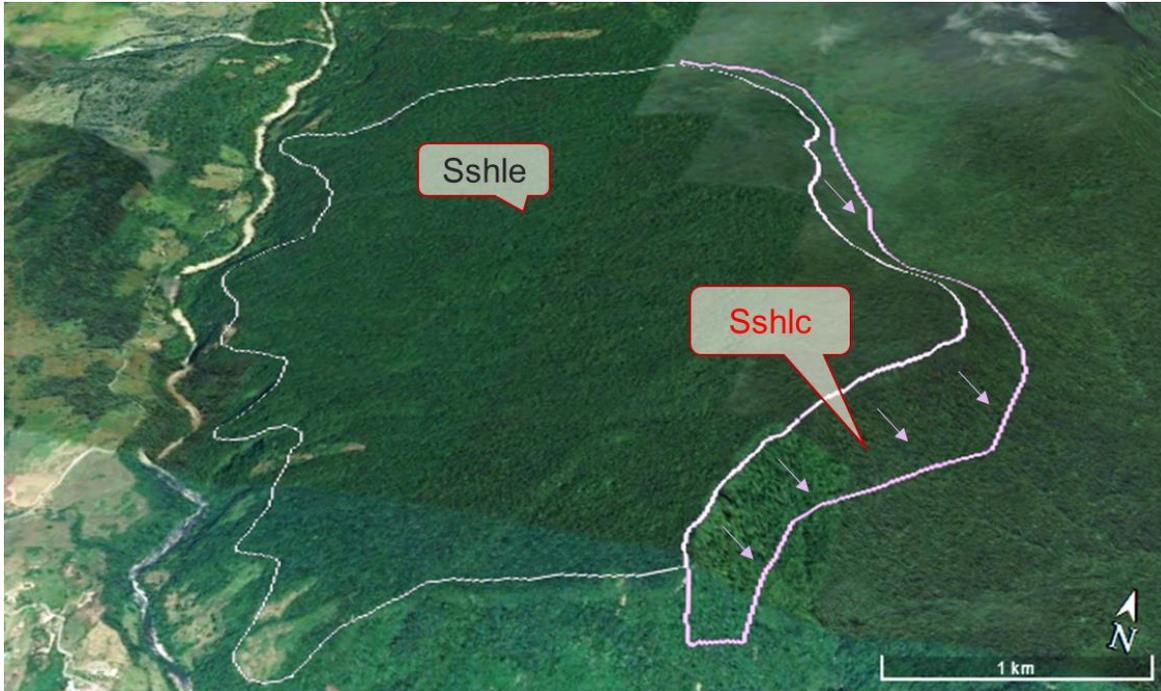


Figura 154. Ladera De Contrapendiente De Sierra Homoclinal (Sshlc) desarrollado sobre las Formaciones Caballos y Saldaña, se ubica a la margen izquierda del Río Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

Al igual que la subunidad anterior, las laderas de contrapendientes estructurales de sierras homoclinales pueden ser observadas sobre la Formación Caballos y parte de la Formación Saldaña, donde por el levantamiento tectónico y la erosión diferencial desarrolla esta morfología (Figura 155).

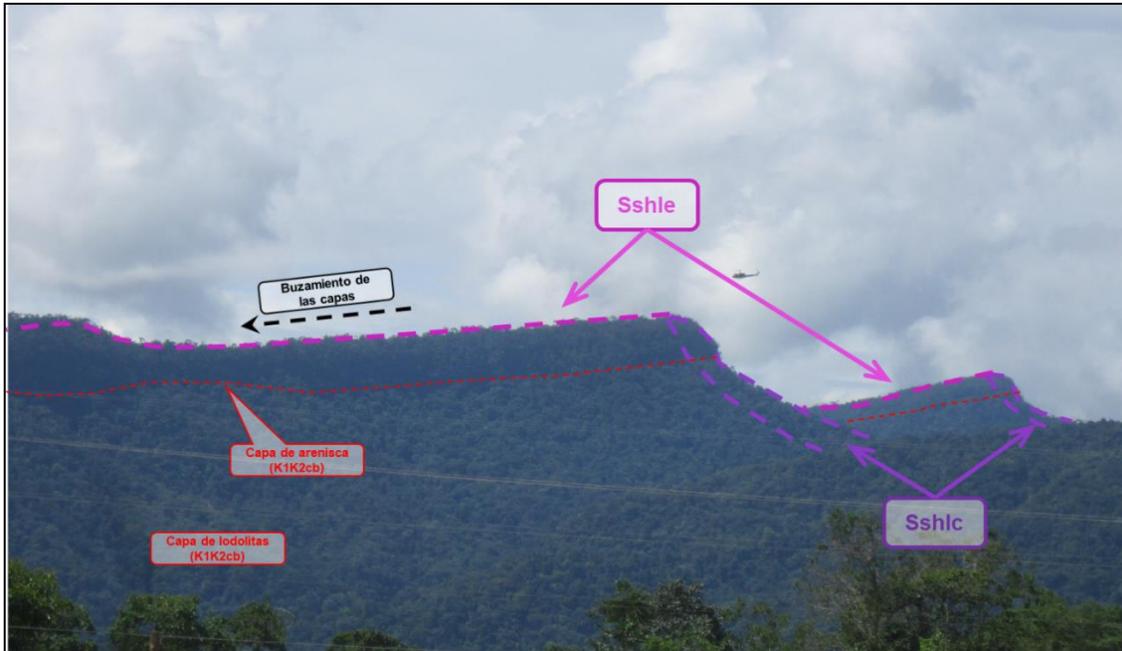


Figura 155. Laderas estructurales y de contrapendiente modelados por la Formación Caballos, hacia el sector de Churumbelos, registrada desde las coordenadas: E= 4597828, N=1670672, en la vereda Brisas de Mocoa del municipio de Villagarzón.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.3.19 Sierra Y Lomo De Presión (Sslp)

Prominencia topográfica de forma elongada y colinada, localmente curva, asociada a zonas compresivas. Su origen es relacionado al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral por procesos de fallamiento intenso.

La subunidad se desarrolla sobre la Formación Saldaña y el Monzogranito de Mocoa, ubicada en la vereda La Florida, municipio de Mocoa; se describe como una superficie colinada, elongada, con inclinaciones muy abruptas a escarpadas (Figura 156); la geoforma es afectada por la actividad de las fallas La Tortuga y Alto Afán, en el sector centro-sur y por las fallas Campucana – Churumbelo, Rumiayaco, Mulato y Mirador para el sector centro-norte.

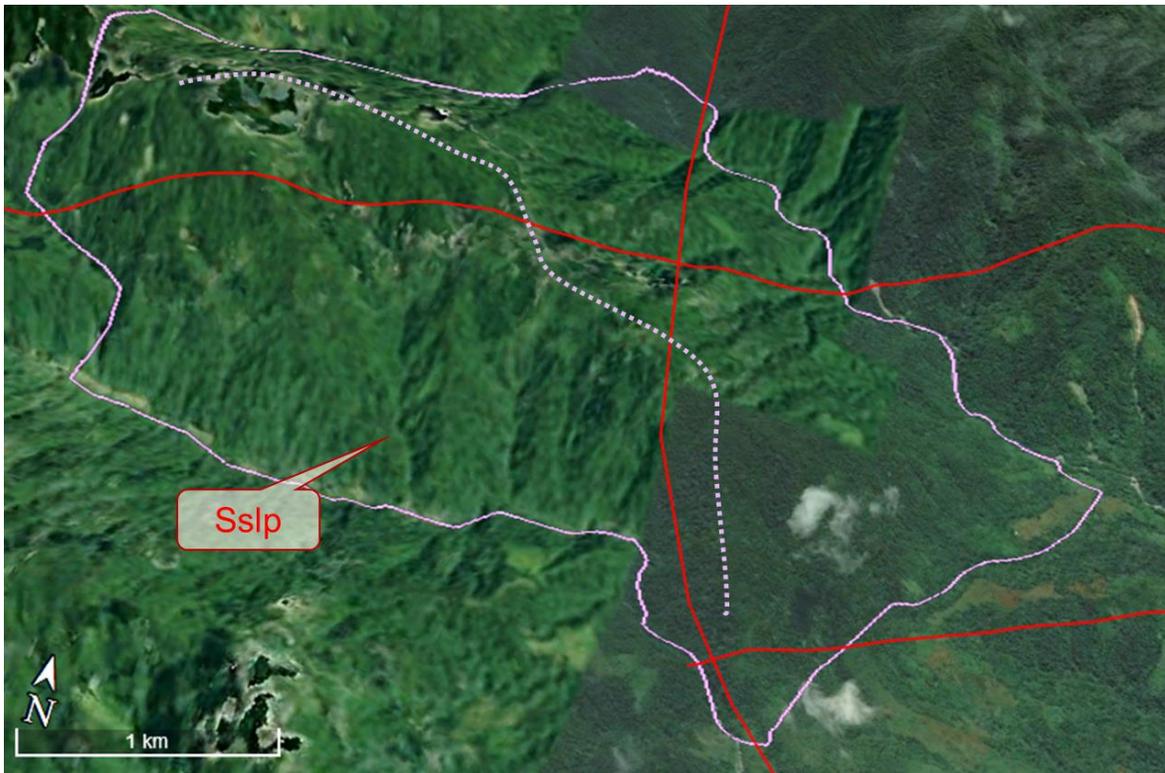


Figura 156. Sierra Y Lomo De Presión formado sobre el Monzogranito de Mocoa y Formación Saldaña, se ubica en la vereda La Florida, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

La geoforma pudo evidenciarse desde el mirador de la policía en la vía Mocoa – San Francisco, donde se observa como las rocas de la Formación Saldaña y el Monzogranito de Mocoa, están modelando una sierra asociada a la presión y movimiento de cizalla de las fallas del Pepino y el Dorado (Figura 157)

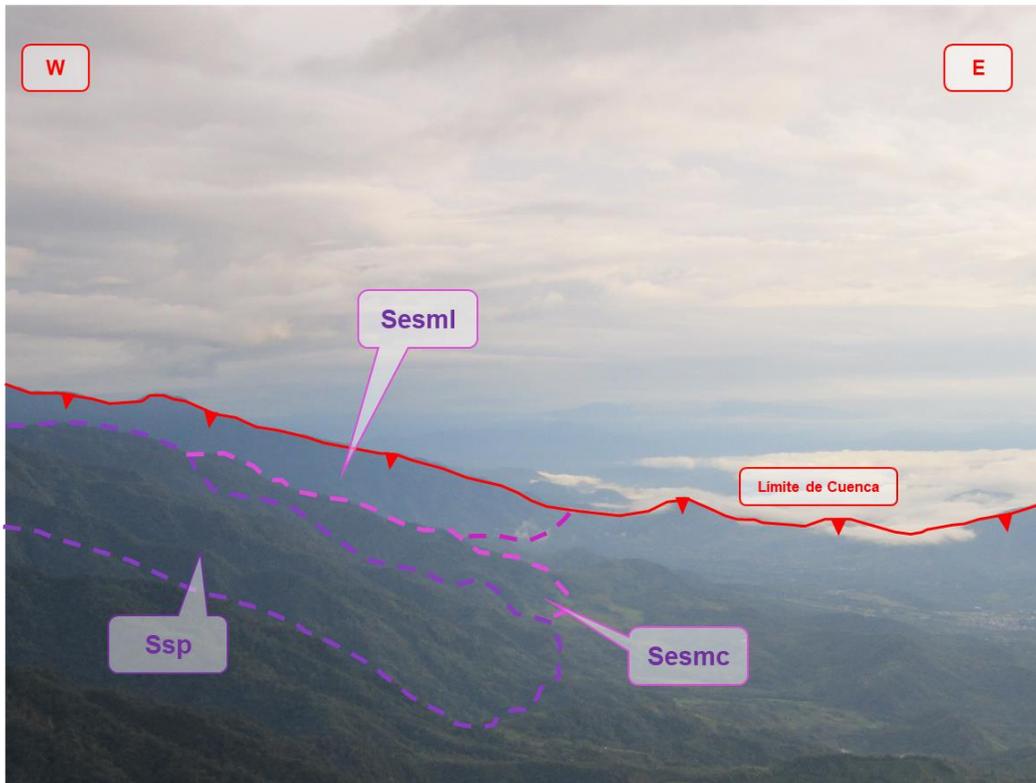


Figura 157. Sierras y lomos de presión producto del fallamiento sobre rocas de la Formación Saldaña y Monzogranito de Mocoa, registrado desde las coordenadas: E= 4584107, N=1676444, en la vereda La Florida del municipio de Mocoa.

Fuente: INPRO SAS, 2021.

#### 8.8.3.20 Plano Aluvial Confinado (Svc)

Superficie de declive con pendiente plana a suavemente inclinada, limitada por elevaciones a manera de un valle cerrado. Su material de depósito está constituido por materiales aluviales finos y rocas muy fracturadas de las formaciones circundantes. Su origen es relacionado al bloqueo temporal de un cauce fluvial generado por fallamiento.

El desarrollo de esta subunidad provocó la erosión de la Formación Caballos en el flanco este del cauce principal, lo que dejó aflorante la Formación Saldaña subyacente; fragmentos de las unidades geológicas mencionadas conforman el depósito del Plano Aluvial Confinado, el cual se caracteriza por presentar una

pendiente suavemente inclinada y estar limitado por superficies escarpadas (Figura 158).

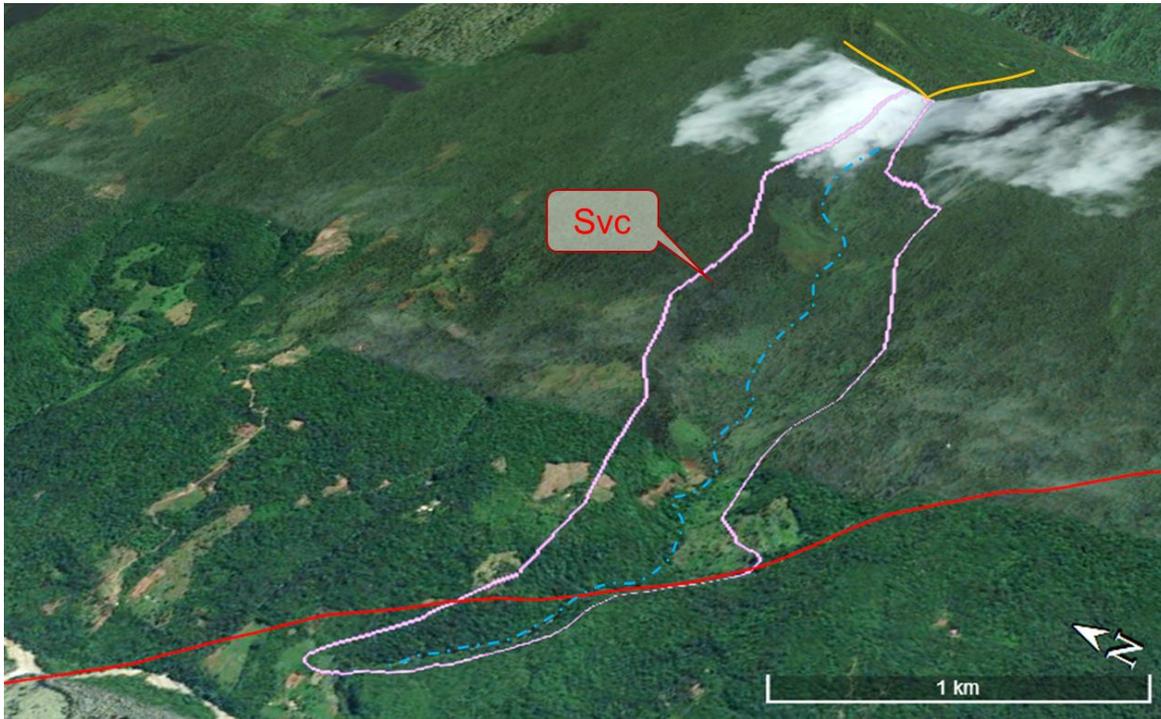


Figura 158. Plano Aluvial Confinado, esta geoforma deja al descubierto la Formación Saldaña que es suprayacida por la Formación Caballos, se ubica en la vereda El Zarzal, municipio de Mocoa.

Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.4 Ambiente Volcánico

Se tratan de las geoformas que se originan por procesos relacionados con la actividad volcánica producto de la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente a erupciones explosivas y/o efusivas, acumulación de productos y remoción de estos, así como a la intrusión submagnética en los niveles superiores de la corteza, dentro de la cuenca del río Mocoa se desarrolla principalmente por una unidad geológica que se encuentra cartografiada en las zonas de mayor altura topográfica.

#### 8.8.4.1 Mano de Piroclastos (Vmp)

Se trata planos amplios de pendientes inclinadas localizados en el noroeste de la cuenca, localmente aterrizados con morfologías 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, de la unidad Lavas y Piroclastos, identificada mediante la interpretación de sensores remotos (Figura 159).

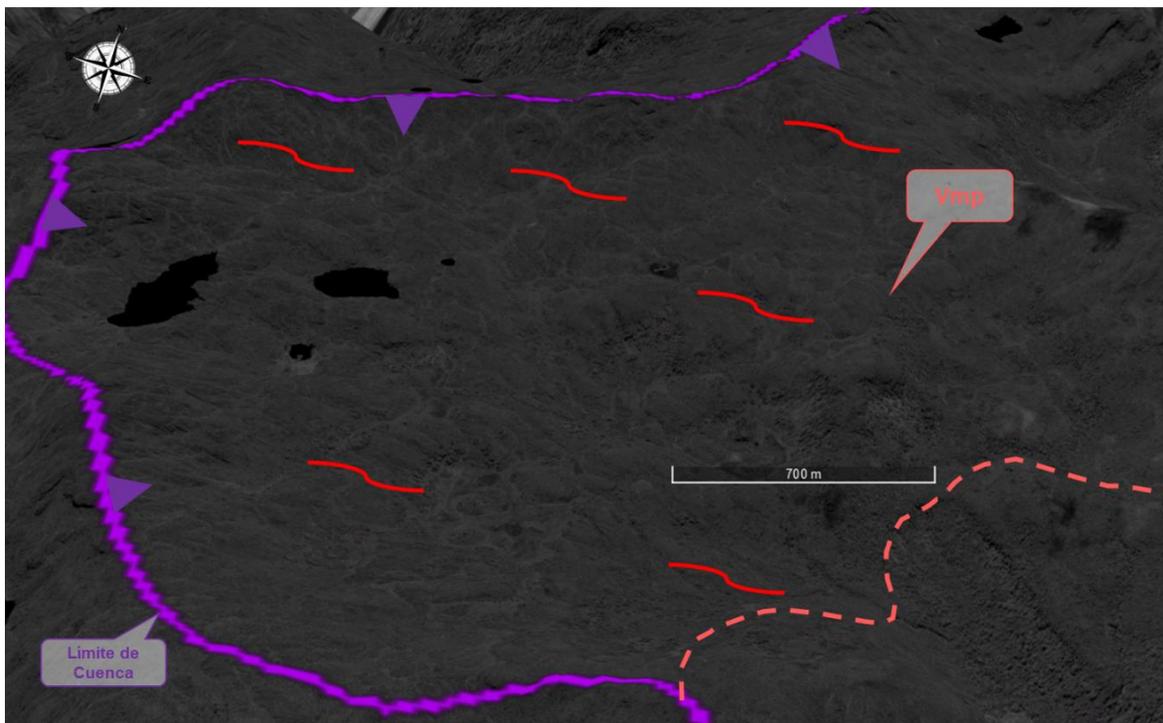


Figura 159. Mantos piroclásticos modelados identificados al límite noroccidental de la cuenca, modelado por depósitos de Lavas y Piroclastos.

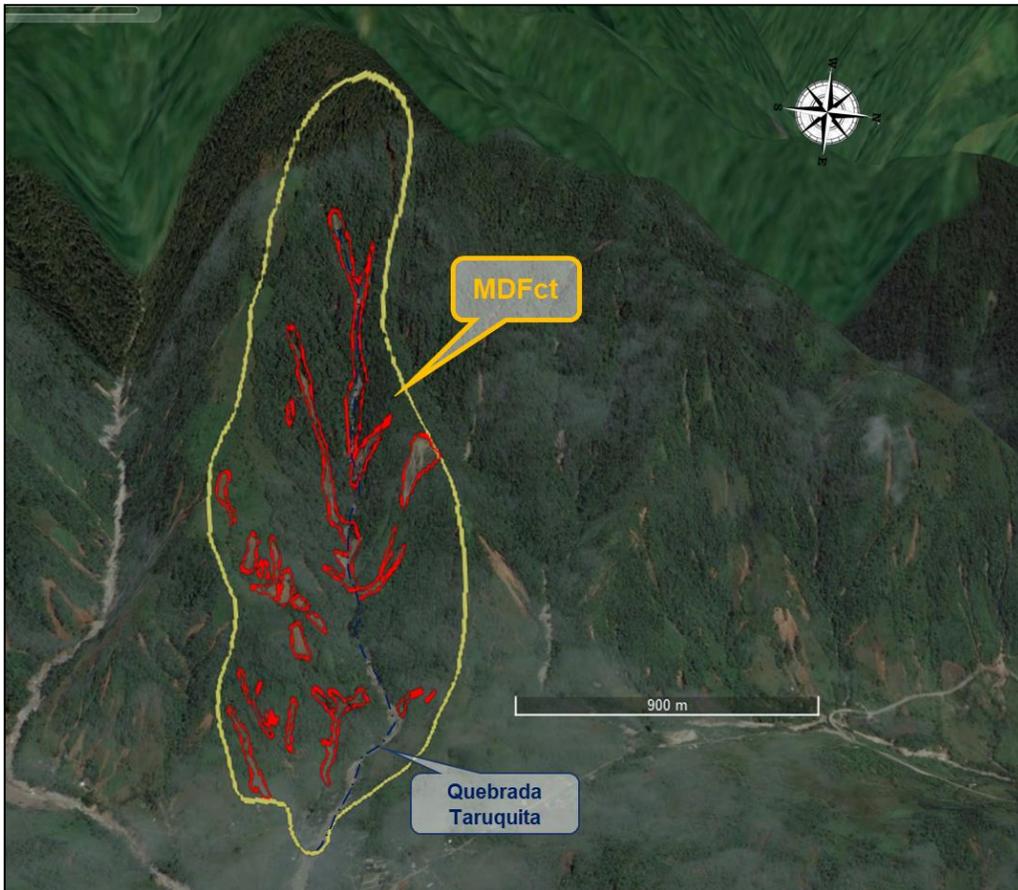
Fuente: Tomado y adaptado de Google Earth, 2021.

#### 8.8.5 Ambiente Mixto Denudacional- Fluvial

##### 8.8.5.1 Cuenca Torrencial (MDFct)

Se trata de una geoforma observada sobre las cuencas altas de algunos cuerpos de agua, que se caracterizan por tener laderas muy abruptas a escarpadas, que

forman un valle en “V”, donde se presenta una densidad considerable de movimientos en masa de tipo flujo y deslizamientos que aportan grandes cantidades de materiales al cauce aluvial del drenaje principal de la microcuenca, generando posteriormente eventos de avenidas torrenciales. Un ejemplo claro de esta geoforma se observa sobre la cuenca alta de la quebrada Taruquita como se exhibe en la Figura 160.



**Figura 160. Cuenca alta de la quebrada Taruquita donde hay una presencia densa de movimientos en masa.**

**Fuente: Tomada y adaptada de Google Earth, 2021.**



Del análisis de la información se resalta que, los contactos entre los límites de las diferentes planchas geológicas concordaron, por consiguiente, no fue necesario realizar un procesamiento posterior.

Debido a que el antiguo INGEOMINAS desarrolló las planches geológicas 411, 430 y 431 al mismo tiempo, no se presentaron discordancias en el nombramiento de las unidades ni en sus nomenclaturas, facilitando la unión y estandarización de la geología dentro de la cuenca del río Mocoa.

## **9 CONCLUSIONES**

- La cuenca hidrográfica del río Mocoa cuenta con un total de 16 unidades litológicas, que comprenden desde el precámbrico hasta el cuaternario.
- La unidad geológica más antigua es el Complejo Migmatítico de la Cocha - Río Téllez, que data del precámbrico.
- Las unidades litológicas ígneas intrusivas datan del periodo jurásico, las cuales son la Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos y Monzogranito de Mocoa
- Las rocas sedimentarias cuentan con una secuencia que va desde el periodo Triásico con la formación volcano-sedimentaria de Saldaña y termina en el Neógeno con el Grupo Orito.
- Extensos y espesos depósitos aluviotorrenciales de edad cuaternaria, evidencian cambios climáticos notorios sucedidos en el periodo cuaternario.
- Los depósitos coluviales, se ven distribuidos a lo largo de las bases de las laderas de la cuenca, producto de eventos de movimientos en masa.
- La zona de estudio al localizarse en el piedemonte amazónico se encuentra afectada por el sistema de Fallas de Algeciras, siendo representado por el sistema de fallas de San Francisco – Yunguillo.
- La falla San Francisco – Yunguillo genera una separación de los cuerpos ígneos, dado que, al norte de la falla aflora la Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos, mientras que al sur el Monzogranito de Mocoa



- La zona se ve altamente afectada por fallas cabalgantes y de cizalla, en consecuencia, los macizos rocosos se presentan con altamente fracturados.
- Los drenajes principales de la cuenca se ven controlados estructuralmente por fallas principalmente de componente de rumbo, derivando que sus cauces sean rectos y sus depósitos tengan bloques de rocas caídos producto del fracturamiento.
- El Monzogranito de Mocoa se ve altamente afectado por las fallas de la Tebaida, Campucana, Sangoyaco, Taruca y Mulato, por ende, estas rocas se encuentran altamente fracturadas.
- La cuenca del río Mocoa, presenta una gran densidad de procesos de movimientos en masa, como se ve reflejado en el ítem de morfodinámica.
- Los eventos de tipo deslizamiento son los de mayor ocurrencia en las laderas de la cuenca, seguido por los eventos de tipo flujo.
- Los movimientos en masa son contribuidos por el alto grado de meteorización que tienen las rocas en la cuenca, producto de las condiciones ambientales características de la región.
- Sobre el Monzogranito de Mocoa se observaron la mayor cantidad de eventos de deslizamientos y flujos, seguido por la unidad de Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos, por lo tanto, las rocas ígneas intrusivas de la cuenca, son las de mayor susceptibilidad a presentar este tipo de proceso.
- Las formaciones Pepino, presentaron una gran densidad de eventos de movimientos en masa, principalmente en las zonas de laderas con pendientes abruptas a escarpadas.
- En la cuenca se logró identificar cuatro (4) ambientes morfogenéticos y un (1) ambiente mixto.
- El ambiente estructural predomina en la zona montañosa de mayor relieve topográfico, dado que, el sector se encuentra altamente controlado por fallas geológicas.

*Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa  
Contrato 343 de 2020*



- El ambiente denudacional, se ve reflejado principalmente por rocas sedimentarias con altos grados de meteorización, que desarrollan pendientes y relieves suavizados, éste se observa en el sector de piedemonte de la cuenca.
- El ambiente fluvial se modela ampliamente en el centro de la cuenca, sobre el sector de piedemonte, en vista que, la zona posee gran cantidad de cuerpos de agua que con su dinámica fluvial han modelado el paisaje.
- El ambiente volcánico se modela por los depósitos de Lavas y cenizas que se encuentran en los límites de cuenca y zonas de mayor altura topográfica de la cuenca.
- El ambiente mixto, permite identificar cuáles son los sectores más críticos a presentar un evento de avenida torrencial.



## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2011). Petroleum Geology of Colombia. Geology and Hydrocarbon Potencial. En F. E. EAFIT, *Caguán and Putumayo Basins (Vol. 4)*. Medellin, Colombia.
- Bahamón, I., & Gaitán, R. (1981). Estudio de suelos y control de erosión en la cuenca hidrográfica del Río Blanco, municipio de Algeciras - Departamento del Huila. *Universidad Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería Forestal*.
- Cardona, A., Chew, D., Valencia, V. A., Bayona, G., Miskovic, A., & Ibañez - Mejia, M. (92-104). Grenvillian remnants in the Northern Andes: Rodinian and Phanerozoic Paleogeographic perspectives. *Journal of South American Earth Sciences*, 2.
- Carvajal, H. (2011). *Propuesta metodologica sistematica para la generacion de mapas geomorfologicos analiticos aplicados a la zonificacion de amenaza por movimientos en masa escala 1: 100000*. Bogota: SGC.
- Carvajal, Henry et al. (2005). *Propuesta metodologica para el desarrollo de la Cartografia Geomorfologica para la Zonificacion Geomecanica*. Bogota: SGC.
- Cediel, F., Cáceres, C., & Shaw, R. P. (2002). Tectonic assembly of the Northern Andean Block. The Circum-Gulf of Mexico and Caribbean Region: Tectonics, Basin Formation and Hydrocarbon Habitat. *American Society Petroleum and Geology Memory*.
- Consorcio Inypsa, Argea, Acceplan & Ur. (2018). *Estudios Especiales (1:5000) asociados a los 20 centros poblados rurales y a la zona rural (1:25.000) del Municipio de Mocoa*.
- Escorce, E. (1977). *Mineralización de tipo pórfido cuprífero, área de Mocoa, Departamento del Putumayo*. Informe 1785, 16 p, INGEOMINAS, Bogotá.



- Etayo-Serna, F., Renzoni, G., & Barrero, D. (1969). Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia. *Memoria. 1 Congreso de Colombiano de Geología*, 217-253.
- GEMMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. Canadá.
- Grosse, E. (1930). Informe geológico preliminar sobre un viaje al Huila y Alto Caquetá. *Boletín Geológico de Minas y Petróleos*, 3 (17), 386-398.
- Grosse, E. (1935). *Acerca de la geología del sur de Colombia I*. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje al Huila y Alto Caquetá. Bogotá: CEGOC.
- Hungr, O. (2005). Classification and terminology. En O. H. Jakob, *Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis* (págs. 9-23).
- Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M. J., & Hutchinson, J. N. (2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience Vol VII No 3*, 221-238.
- INGEOMINAS. (2003). *Reconocimiento Geológico Regional de las Planchas 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco*. Bogotá.
- INTERNATIONAL SUBCOMMISSION ON STRATIGRAPHIC CLASSIFICATION. (1994). *International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. Union Geol. Sci. Trondheim & Geol. Soc. Am. Amos Salvador (ed).
- Irving, E. M. (1971). La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. *Boletín Geológico* 19. *Ingeiminas*, (2) 1 -90.
- ISRM. (1981). *Rock characterization. Testing and monitoring, ISRM suggested methods*. International Society for Rock Mechanics, Brown, E. T. Ed. Commission on testing and monitoring. Pergamon Press.
- IUGS. (1961). *International Union of Geological Sciences*. Obtenido de <https://www.iugs.org/>



- Julivert, M. (1968). *Lexique Stratigraphique International. Amerique Latine, Colombie (premiere partie) - Precambrien, Paleozoique, Mesozoique et intrusions d'age Mesozoique - Tertiaire*. Centre Nat. Rech. Sci, Paris.
- Kroonenberg, S. B. (1982). A Grenvillian granulite belt in the Colombian Andes and its relations to the Guiana Shield. En *Geologie en Mijnbouw* (Vol. 61 (4), págs. 325-33).
- Miley, R., & McGirk, D. (1948). *Geological report on portions of the Orito Concession, Comisaria de Putumayo*. Bogotá: Texas Petroleum Company.
- Miller. (1990). *Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. Interagency Stream Restoration Working Group (15 federal Agencies of the US)*.
- Minambiente. (2014). *protocolo para incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamientos y manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá.
- Mojica, J., & Dorado, J. (1987). El Jurásico anteriore a los movimientos intermálmicos en los Andes Colombiano, Parte A: Estratigrafía. En W. Volkheimer, & E. Musacchio, *Bioestratigrafía de los sistemas regionales del Jurásico y Cretácico de América del Sur*. (págs. 49-110). Mendoza Argentina.
- Murcia, L. A., & Cepeda, H. (1983). *Estudio geológico del Complejo Migmatítico de La Cocha - Río Téllez* (Informe Interno ed.). Popayán: INGEOMINAS.
- O. Hungr, S. E. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type: *Enviromental and Engineering Geoscience*. V7, 22-238.
- Oldrich Hungr, M. J. (2007). Tipos de Movimientos en Masa - Clasificaciones. En GEMMA, *Movimientos en Masa en la Región Andina Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (págs. 9-28). Canadá.
- Ordoñez, C. O., Restrepo, J. J., & Martins, M. (2006). Geochronological and isotopical review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21, 372-382.



- Servicio Geológico Colombiano. (2013). *Memoria Explicativa Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa, Escala 1: 100.000 Plancha 430 - Mocoa*. Bogotá.
- SGC. (2012). *Propuesta Metodologica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza de Movimientos por Masa a escala 1: 100.000*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC. (2012). *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa*. Bogotá: SGC.
- SGC. (2013). *Memoria Explicativa Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa, Escala 1: 100.000 Plancha 430 - Mocoa*. Bogotá.
- SGC. (2016). *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC. (2017). *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa a escala 1: 25.000*. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC. (2017). *Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa de las Subcuencas de las Quebradas Taruca, Taruquita, San Antonio, El Carmen y los Ríos Mulato y Sangoyaco del Municipio de Mocoa - Putumayo Escala 1: 25.000*. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.
- Silva, J. C., Sial, A. N., Ferreira, V. P., Arenas, J. E., & Jimenez, D. M. (2005). *C - Isotope Stratigraphy of some Ediacaran - Cambrian Carbonate successions in NW Gondwana*.
- Stanley, A. S. (1977). *The Fluvial System*.
- Suarez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos. Tomo I. Análisis Geotécnicos*. Bucaramanga, Colombia: U.I.S Escuela de Filosofía.
- Suárez, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Bucaramanga.



- Van de Wiel, A. M. (1991). *Uplift and colcanism of the SE Colombian Andes in relation to Neogene sedimentation in the Upper Magdalena Valley*. Tesis PhD, University Wageningen, Agriculture, Amsterdam, Netherlands.
- Van Zuidam, R. (1985). Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphical mappin. En T. Hauge, *International Instute for Aerospace Survey and Earth Science* (pág. 422). Smits Publishers.
- Varnes, D. (1978). Slope movement types and processes. En S. R. R, *Landslides and engineering practice* (págs. 11-33). Washington: National Research Council.
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movement Types and Processes. *Landslides Analysis and control*, 11-33.
- Velandia, F., Núñez, A., & Marquínez, G. (2001a). *Geología del Departamento del Huila*. Bogotá: INGEOMINAS.
- Velandia, F., Terraza, R., & Villegas, H. (2001b). *El Sistema de Fallas de Algeciras Hacia el Sureste de Colombia y la Actual Transpresión de los Andes del Norte*. INGEOMINAS, Ciencias de la Tierra, Bogotá.
- Verstappen y Van Zuidam. (1992). *El sistema del ITC para levantamientos geomorfológicos*. . Villanueva de Huelva. Holanda.: Publicación ITCNo.10. .