POMCA
RÍO MOCOA
Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica

FASE DE APRESTAMIENTO

1.1.1 PLAN OPERATIVO DETALLADO

MOCOA, 2021

SGR Sistema General de Regalías
CORPOAMAZONIA
INIRO SAS
kibutzim S.A.S Gestión y Cooperación para el Desarrollo

A. Información del Documento.

Nombre del documento:	Plan operativo Detallado	
Código de documento:	1.1.1 – 1.1.6	
Preparado por:	EUGENIA VILLEGAS BOTERO	Cargo: Directora
Fecha:	15/03/2022	
Firma profesionales de elaboración	GUILLERMO VARGAS PIESCHACON _____ GERMAN MONSALVE SÁENZ . _____ DIEGO HUMBERTO SOLER CIERRA _____ JOSÉ LUIS BASTIDAS _____ MARLIO HAROLD BARRERA CHAVARRO _____ CESAR AUGUSTO ACOSTA, Experto Social _____ FLAVIO SOLER _____ JESUS ENRIQUE VASQUEZ _____ RAFAEL MOLINA MONTENEGRO, _____	

B. Registro de revisión.

Fecha de entrega:	15/03/2022		
Versión de revisión			
Revisado Por:	Equipo interventoría Kibutzim	Fecha de revisión:	15/03/2022
Cargo:	Sandra Rodríguez Luna, Coordinadora Interventoría _____		
Firma de Profesionales de revisión equipo de interventoria	**Alex Chindoy,** Geólogo _____ **Aura Agreda**; Bióloga _____ **Iván Camilo Torres**, Ing. Agroambiental _____ **Daniel Ángel Arias Olave –** Ing. Agrónomo _____ **Jaime Iván Ordoñez Ordoñez,** Ing. Civil, _____ **Lidy Coronel,** Componente Social _____ **Ana Milena Arroyo**, Contadora _____ **Diego Mora,** Abogado _____		

B. Registro de revisión.

Fecha de entrega:	18/03/2022		
Versión de revisión			
Revisado Por:	Rosa Edilma Agreda Chicunque,	Fecha de revisión:	15/03/2022
Cargo:	Sipervisora _____		
Firma de Profesionales de revisión equipo de Supervisión	**Aureliano Garreta** _____ **Daniel Ortega** _____ **Iván Camilo Torres**, Ing. Agroambiental _____		

B. Registro de revisión.

	Adriana Luna	_____
	Jhoana Jacanamejoy , ,	_____
	Kelly Anacona,	_____
	Lineth Bravo, Contadora	_____
	Cesar Albán Chindoy,	_____
	Gabriel Viveros, Coordinador	_____

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

De:	Fecha	Teléfono/Email
	15/03/2022	

Formulación Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Mocoa y Evaluación Detallada de Áreas Ambientalmente Aptas para Re-Asentamiento Mocoa, Proyecto Financiado por el Sistema General de Regalías, con asignaciones Directas al Municipio de Mocoa con Código BPIN 2019860010008

SGR
Sistema General de Regalías

CONSEJO DIRECTIVO

Juan Nicolás Galarza, Viceministro de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Delegado del Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Presidente Consejo Directivo
Jesús Galdino Cedeño, Gobernador de Amazonas
Arnulfo Gasca Trujillo, Gobernador de Caquetá
Hiliana Toro, Gobernadora(A.D) de Putumayo
Carmenza Collazos Urquina, Alcalde de San José del Fragua. Representante de los Alcaldes Edgardo Figueroa Ramírez Alcalde de Puerto Caicedo. Representante de los Alcaldes
Luis Alberto López Jamioy, Representante Comunidades Indígenas
Albeiro Rodríguez Mezquita, Representante Comunidades Indígenas
Jhon Jairo Mesa Cabezas, Representante Comunidades Afrodescendientes
Omar Jojoa Chantre, Representante de las ONG Ambientalistas
Fabio Buriticá Bermeo, Rector Universidad de la Amazonia
Hernando García Martínez, Director General Instituto Alexander von Humboldt
Yolanda González Hernández, Directora General Instituto IDEAM
Luz Marina Mantilla Cárdenas, Directora General Instituto SINCHI

DIRECTIVOS DE CORPOAMAZONIA

Luis Alexander Mejía Bustos, Director General
Raúl Orlando Melo Martínez, Secretario General
Rosa Edilma Agreda Chicunque, Subdirectora de Planificación y Ordenamiento Territorial
Sidaly Ortega Gómez, Subdirectora de administración Ambiental

CORPOAMAZONIA | AMAZONIAS VIVAS PLAN DE ACCIÓN INSTITUCIONAL 2020 – 2023

Harvey Gasca Ramírez, Subdirector Administrativo y Financiero

Argenis Obdulia Lasso Otaya, Directora Territorial Putumayo

EQUIPO DE TRABAJO

GUILLERMO VARGAS PIESCHACON, Geólogo, Esp. Geotécnica.	EXPERTO ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS
GERMAN MONSALVE SÁENZ, Ingeniero Civil, Especialista en Hidrología Recursos Hidráulicos	EXPERTO EN ASPECTOS HIDROLÓGICO
DIEGO HUMBERTO SOLER CIERRA, Ingeniero de Sistemas, Esp. SIG	EXPERTO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
JOSÉ LUIS BASTIDAS, Ingeniero Agrónomo, Msc. Scientiae en Agricultura Ecológica, Esp. en interpretación de imágenes de sensores remotos aplicada a levantamientos edafológicos	EXPERTO EN ASPECTOS EDAFOLÓGICOS Y USOS DE LA TIERRA
MARLIO HAROLD BARRERA CHAVARRO, Ingeniero Ambiental y Recursos Naturales, Biólogo con énfasis en ecología, Magíster Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad Magister en Ingeniería	EXPERTO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS, FLORA Y FAUNA
CESAR AUGUSTO ACOSTA, Sociólogo, con especialización en Gerencia del Desarrollo Social y Gerencia en Banca	EXPERTO EN ASPECTOS SOCIO ECONOMICOS
FLAVIO SOLER	EXPERTO EN RIESGOS
JESUS ENRIQUE VASQUEZ	EXPERTO EN CALIDAD DE AGIA
RAFAEL MOLINA MONTENEGRO, Agrólogo, Msc en Planificación, Desarrollo Regional, Agrología	EXPERTO EN COBERTURAS Y CONFLICTOS DE USO DEL SUELO

EQUIPO DE INTERVENTORIA

Alex Chindoy, Geólogo Esp. Geotecnia - Geología, geomorfología, hidrogeología

Aura Agreda; Bióloga Esp., Ecosistemas

Iván Camilo Torres, Ing. Agroambiental, Esp SIG, SIG

Lidy Coronel, Socióloga

Daniel Ángel Arias Olave – Ing. Agrónomo Esp. Estudios Amazónicos, Agrología y conflictos uso

Jaime Iván Ordoñez Ordoñez, Ing. Civil, Esp. PhD Hidráulica, climatología e hidrología

Ana Milena Arroyo, Contadora, revisión financiera de POMCA

Diego Mora, Abogado, revisión jurídica de POMCA

Sandra Rodríguez Luna - Esp. SIG - Msc Geofísica - Coordinadora Equipo Interventoría y Riesgos

EQUIPO DE SUPERVISIÓN

Aureliano Garreta Chindoy – Licenciado – Líder Social. Componente Social - Étnico

Daniel Ortega – Geógrafo Esp. SIG

Lineth Bravo – Contadora Profesional de Apoyo Administrativo

Cesar Albán Chindoy, geólogo, componente geológico y de riesgos

Kelly Anacona, Agrónoma, profesional agrología

Jhoana Jacanamejoy, Arquitecta, áreas ambientalmente aptas reasentamiento

Adriana Luna, Técnico Forestal, inventario forestal áreas aptas reasentamiento

Gabriel Viveros, Coordinador Grupo Supervisión

ROSA EDILMA AGREDA CHICUNQUE, Supervisora de Proyecto.

© Departamento del Putumayo, Colombia

Primera Edición

Impresión Digital
Mocoa, 2022

Todos los derechos reservados. Este documento es público y está prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación con fines comerciales.

Para utilizar esta información citar como: CORPOAMAZONIA, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Rio Mocoa. Documento Plan Operativo Detallado 144 páginas.
San Miguel de Agreda de Mocoa, Putumayo, 2022.

CONTENIDO

1 PLAN OPERATIVO DETALLADO 13
1.1 Actividades y productos de la fase de Diagnóstico. 13
1.2 Geología y Geomorfología 13
1.2.1 Objetivo 13
1.2.2 Metodología 13
1.2.3 Caracterización de las Unidades Geológicas Superficiales, UGS 47
1.2.4 Recursos 55
1.2.5 Periodo de la actividad y Duración 56
1.3 Hidrogeología 60
1.3.1 Objetivos 60
1.3.2 Metodología 61
1.3.3 Actividades 69
1.3.4 Resultados Verificables 70
1.3.5 Recursos 71
1.3.6 Periodo de la actividad y Duración 72
1.4 Hidrología 73
1.4.1 Actividades pre – campo 74
1.4.2 Cálculo de Indicadores del Recurso Hídrico 108
1.4.3 RECURSOS 110
1.5 Gestión del riesgo 115
1.5.1 Objetivo 115
1.5.2 Metodología 115
2 Bibliografía 143

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de aerofotografías a utilizar para la fotointerpretación para la parte alta de la cuenca del Río Mocoa. 35
Tabla 2. Relación de Imágenes satelitales a utilizar para la fotointerpretación de la parte baja de la cuenca del Río Mocoa. 35
Tabla 3. Información secundaria base para el análisis geológico. 36
Tabla 4. Listado de los puntos o sitios de control geológico, para la recopilación de información primaria en la cuenca del Río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12). 41
Tabla 5. Puntos o sitios de Control geomorfológico de la cuenca del río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12) 44
Tabla 6. Propuesta de exploración geotécnica complementaria para la caracterización de las UGS de la en la etapa de diagnóstico cuenca del río Mocoa. 49
Tabla 7. Propuesta de exploración hidrogeológica por medio de SEV 65
Tabla 8. Orden de drenaje 79
Tabla 9. Características generales estaciones seleccionadas (1990-2020). 83
Tabla 10. Características generales estaciones seleccionadas (2005-2020). 87
Tabla 11. Características generales estaciones seleccionadas para evaporación. 89
Tabla 12. Características generales estaciones seleccionadas para evapotranspiración potencial. 91
Tabla 13. Características generales estaciones seleccionadas para brillo solar. 92
Tabla 14. Características generales estaciones seleccionadas para velocidad y dirección del viento. 94
Tabla 15. Características generales estaciones seleccionadas para humedad relativa. 95
Tabla 16. Características generales estaciones seleccionadas para nubosidad. 97
Tabla 17. Características generales estaciones seleccionadas para radiación solar. 98
Tabla 18. Periodo de 2/07/2021 a 15/10/2021, duración 73 días. 112
Tabla 19. Insumos utilizados para la evaluación de amenazas en la cuenca del río Mocoa. 132
Tabla 20. Puntos de verificación de eventos en campo en zona de expansión Los Sauces 134
Tabla 21. Puntos de verificación de eventos en campo en el centro poblado Las Planadas 136
Tabla 22. Descripción de las actividades y tareas propuestas para el componente de gestión de riesgos 140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico a seguir para los componentes de geología y geomorfología.....14
Figura 2. Esquema de jerarquización geomorfológica. 15
Figura 3. Compendido de las planchas geológicas: 411, 430 y 431, del SGC, en la zona de estudio, a escala 1:100.000. Escala de presentación 1:100.000. 17
Figura 4. Geología del PBOT Mocoa, presentada por CORPOAMAZONIA, escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio. 18
Figura 5. Geología del EOT San Francisco. Escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio. 19
Figura 6. Geología del EOT Villagarzón. Escala de presentación 1:25.000 (2011). Se indica el polígono de la zona de estudio. 20
Figura 7. Geología del POMCA del río Pepino. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2004). Se indica el polígono de la zona de estudio. 21
Figura 8. Geología del POMCA del río Mocoa y Blanco. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2010). Se indica el polígono de la zona de estudio. 22
Figura 9. Distribución espacial documentación sobre Geología 23
Figura 10. Zona de la plancha geomorfológica 430 del SGC que contiene las unidades geomorfológicas en la zona de estudio. Escala de presentación 1:100.000. 25
Figura 11. Geomorfología del PBOT Mocoa, presentada por CORPOAMAZONIA, escala de presentación 1:25.000 (2018). Se indica el polígono de la zona de estudio. 26
Figura 12. Geomorfología del EOT San Francisco. Escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio. 27
Figura 13. Geología del EOT Villagarzón. Escala de presentación 1:25.000 (2011). Se indica el polígono de la zona de estudio. 28
Figura 14. Geomorfología del POMCA del río Pepino. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2004). Se indica el polígono de la zona de estudio. 29
Figura 15. Geomorfología del POMCA del río Mocoa y Blanco. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2010). Se indica el polígono de la zona de estudio. 30
Figura 16. Distribución espacial documentación geomorfológica sobre la cuenca del río Mocoa 31
Figura 17. Mapa geológico preliminar pre campo a escala 1:25.000 con base en información secundaria y ajustes con sensores remotos. 33
Figura 18. Mapa geomorfológico preliminar precampo a escala 1:25.000 con base en información secundaria y ajustes con sensores remotos. 34
Figura 19. Propuesta de Visita de Campo preliminar, con la finalidad del reconocimiento del terreno y territorio. 38

Figura 20. Estaciones propuestas de control geológico, POMCA río Mocoa 43
Figura 21. Estaciones propuestas de control geomorfológico, POMCA río Mocoa46
Figura 22. Propuestas sitios de toma de muestras para caracterización geotécnica, POMCA río Mocoa.....51
Figura 23. Esquema metodológico a seguir para el componente de hidrogeología. 62
Figura 24. Esquema del Método GOD para evaluar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas.....65
Figura 25. Propuestas SEV, POMCA río Mocoa.....69
Figura 26. Mapa de las 23 unidades hidrográficas de nivel II y III en la cuenca del río Mocoa, establecidas por CORPOAMAZONÍA 75
Figura 27. Codificación de unidades hidrográficas.....76
Figura 28. Mapa de codificación de las 38 unidades hidrográficas de nivel III. 77
Figura 29. Mapa de orden de las corrientes.....81
Figura 30. Localización estaciones seleccionadas.....83
Figura 31. Regiones definidas en la (U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program, 2008).....86
Figura 32. Localización general estaciones seleccionadas para datos de temperatura. 87
Figura 33. Curvas de nivel cada 5 m, con los drenajes reconocidos en campo en la vereda Puerto Limón. 101
Figura 34. Reconocimiento de trabajo de campo en la vereda Puerto Limón. 102
Figura 35. Plano del trabajo de campo en la vereda La Palmera. 103
Figura 36. Plano del trabajo de campo en la cabecera municipal de Villagarzón. 104
Figura 37. Polígonos de Thiessen. 106
Figura 38. Esquema metodológico general para la caracterización de los fenómenos amenazantes de origen natural, en la cuenca del río Mocoa. 116
Figura 39. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por Inundación.....118
Figura 40. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por avenida torrencial. 119
Figura 41. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por movimientos en masa.....120
Figura 42. Mapa de eventos históricos. 121
Figura 43. Propuesta de campo para la recopilación y verificación de información 123
Figura 44. Formato para encuestas con comunidades para amenazas. 125
Figura 45. Formato para evaluación por inundación. 127
Figura 46. Formato para evaluación por avenida torrencial. 129
Figura 47. Formato para evaluación por inundación. 131

Figura 48. Formato para evaluación por movimiento en masa. 131
Figura 49. Ubicación espacial de los puntos de verificación en campo zona de expansión Los Sauces 134
Figura 50. Ubicación espacial de los puntos de verificación en campo centro poblado Las Planadas 136

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Plan trabajo Geología y Geomorfología Campo
Anexo 2 Plan Trabajo Geotecnia
Anexo 3 Plan trabajo campo hidrogeología
Anexo 4 Encuestas capacidad institucional
Anexo 5 Plan trabajo de Campo Verificación GR
Anexo 6 Cronograma POMCA Mocoa

1 PLAN OPERATIVO DETALLADO

1.1 Actividades y productos de la fase de Diagnóstico.

1.2 Geología y Geomorfología

1.2.1 Objetivo

1.2.1.1 Geología

Efectuar la caracterización geológica a nivel regional y local de las diferentes unidades geológicas que tienen manifestación en el área de la cuenca hidrográfica en estudio, con base en el análisis e interpretación de información primaria, secundaria y los datos levantados en campo.

1.2.1.2 Geomorfología

Realizar la caracterización y diferenciación de las distintas unidades geomorfológicas que conforman el área de la cuenca hidrográfica en estudio, incluyendo inventario de procesos morfodinámicos, con base en el análisis e interpretación de información primaria, secundaria y los datos levantados en campo.

1.2.2 Metodología

Con la finalidad de alcanzar el objetivo planteado, se llevará a cabo una serie de procedimientos (Figura 1. Esquema metodológico a seguir para los componentes de geología y geomorfología), permitiendo la ejecución y análisis de cada paso que involucra el presente trabajo de forma progresiva, organizada y eficiente.

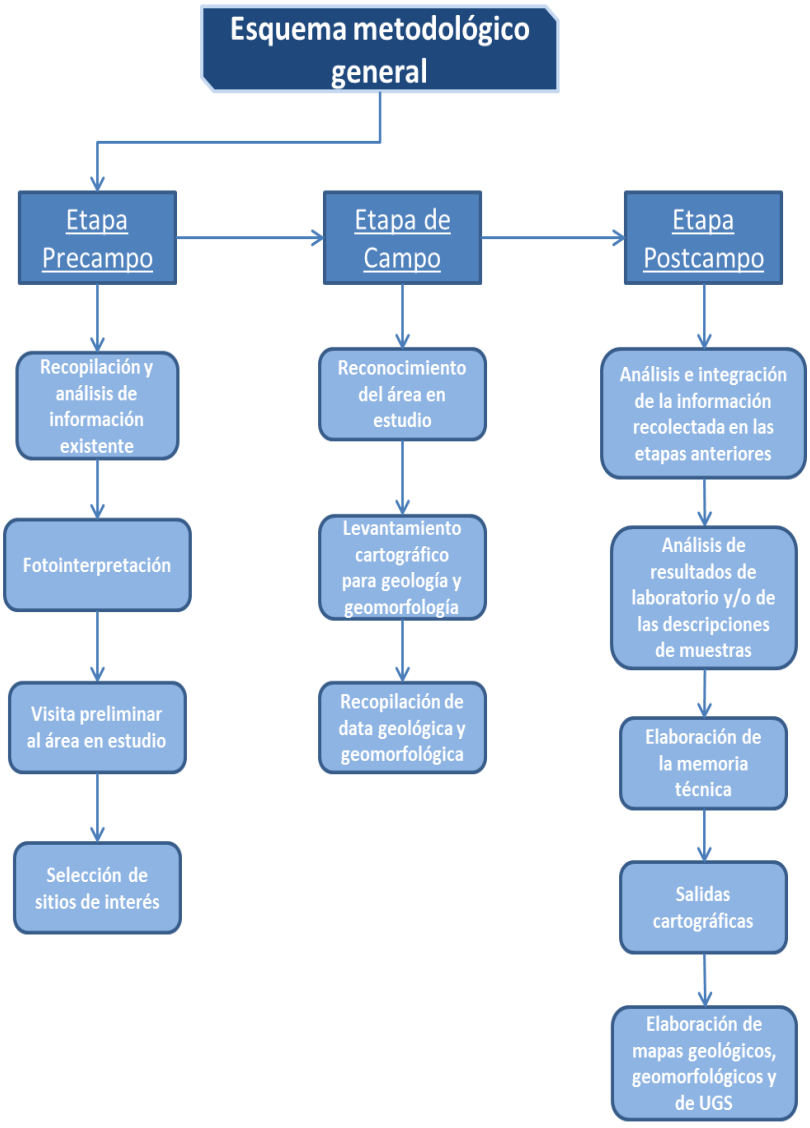


Figura 1. Esquema metodológico a seguir para los componentes de geología y geomorfología
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

La unidad mínima cartografiable a la escala 1:25.000 es de 10.000 m2 (1 Ha. SALICHTCHEV, 1979), tanto para el estudio geológico y geomorfológico, y que es la unidad propuesta por el SGC a esta escala en diferentes metodologías propuestas por el mismo.

Para la identificación y clasificación geomorfológica, se utilizará la metodología del sistema ITC de Holanda (Verstappen & Van Zuidam, 1992), implementada en la metodología para la temática en 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:

- Morfogénesis: Estudia el origen y evolución de las formas del terreno.
- Morfometría: Características de las geoformas con base en criterios métricos.
- Morfodinámica: Procesos denudativos que han modelado y continúan modelando las geoformas.

De acuerdo con la metodología propuesta por Carvajal y Otros, (Carvajal, Cortes del Valle, Romero, & Montero, 2004), y adaptado por Carvajal (SGC, 2012), las categorías definidas en los estudios de geomorfología de escala mayor a menor son: geoestructura, provincia, región, unidad, subunidad y componente (Figura 2. Esquema de jerarquización geomorfológica.).

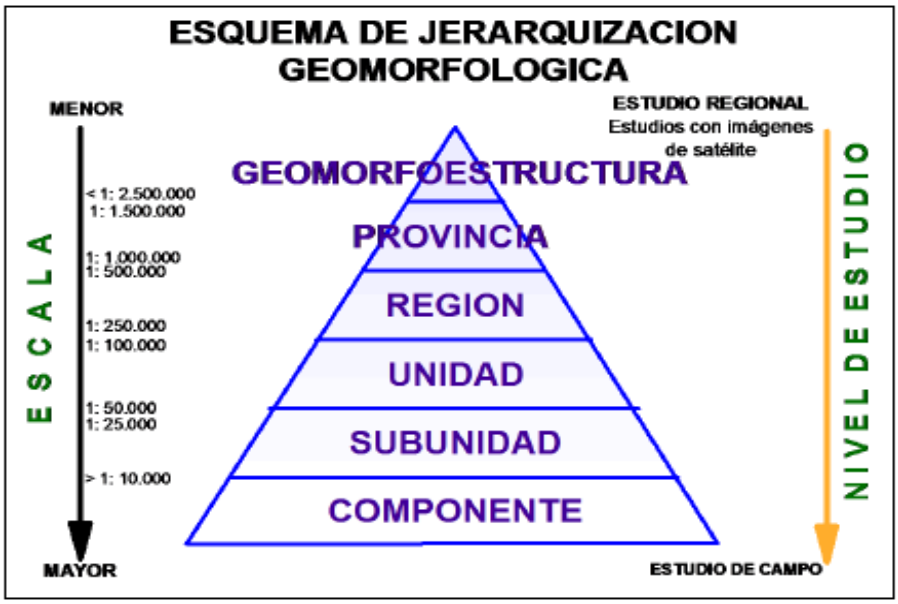


Figura 2. Esquema de jerarquización geomorfológica.
Fuente: Carvajal (2008).

1.2.2.1 Fase Pre Campo

Se recopilará y analizará la información temática básica de referencia existente que contiene toda o parte de la zona de estudio; información presentada a diferentes escalas, como son: planos topográficos, fotografías aéreas, información geológica, información geomorfológica, modelos digitales de terreno (DEM, por sus siglas en inglés), así como los estudios de análisis de amenazas por movimientos en masa del SGC y las cartografías presentes en la actualización del PBOT, específicamente para el área del municipio de Mocoa, entre otros, además de la información generada por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, CORPOAMAZONIA. Esta información debe integrarse en escala 1:100.000 para las planchas del SGC (geología y geomorfología) y a escala 1:25.000 de los estudios de movimientos en masa del SGC y planos de la actualización del PBOT del municipio de Mocoa, así como diversos POMCAS realizados dentro de la zona de estudio por CORPOAMAZONIA. En las zonas urbanas (cabecera municipal y centros poblados) del municipio de Mocoa, el SGC ha realizado estudios a escala 1:5.000 y 1:2.000 de movimientos en masa, permitiendo detallar la geología y geomorfología en estas zonas, todo con la finalidad de reordenamiento de la cuenca del río Mocoa.

La Figura 3. Compendido de las planchas geológicas: 411, 430 y 431, del SGC, en la zona de estudio, a escala 1:100.000. Escala de presentación 1:100.000. indica la geología para la zona de estudio con base en los planos geológicos del SGC a escala 1:100.000. La Figura 4. Geología del PBOT Mocoa, presentada por CORPOAMAZONIA, escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio., Figura 5. Geología del EOT San Francisco. Escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio.Figura 6. Geología del EOT Villagarzón. Escala de presentación 1:25.000 (2011). Se indica el polígono de la zona de estudio.**,** Figura 7. Geología del POMCA del río Pepino. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2004). Se indica el polígono de la zona de estudio.**, y** Figura 8. Geología del POMCA del río Mocoa y Blanco. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2010). Se indica el polígono de la zona de estudio.**,** hacen referencia respectivamente a la geología presentada en los estudios de: PBOT MOCOA (CORPOAMAZONIA. 2018), EOT San Francisco (Alcaldía de San Francisco. 2011), EOT Villagarzón (Alcaldía Villagarzón. 2011), POMCA Río Pepino (CORPOAMAZONIA. 2004) y POMCA río Mocoa y río Blanco (CORPOAMAZONIA. 2010). El estudio de mayor calidad en cuanto a su contenido, es el estudio presentado para el POMCA MOCOA.

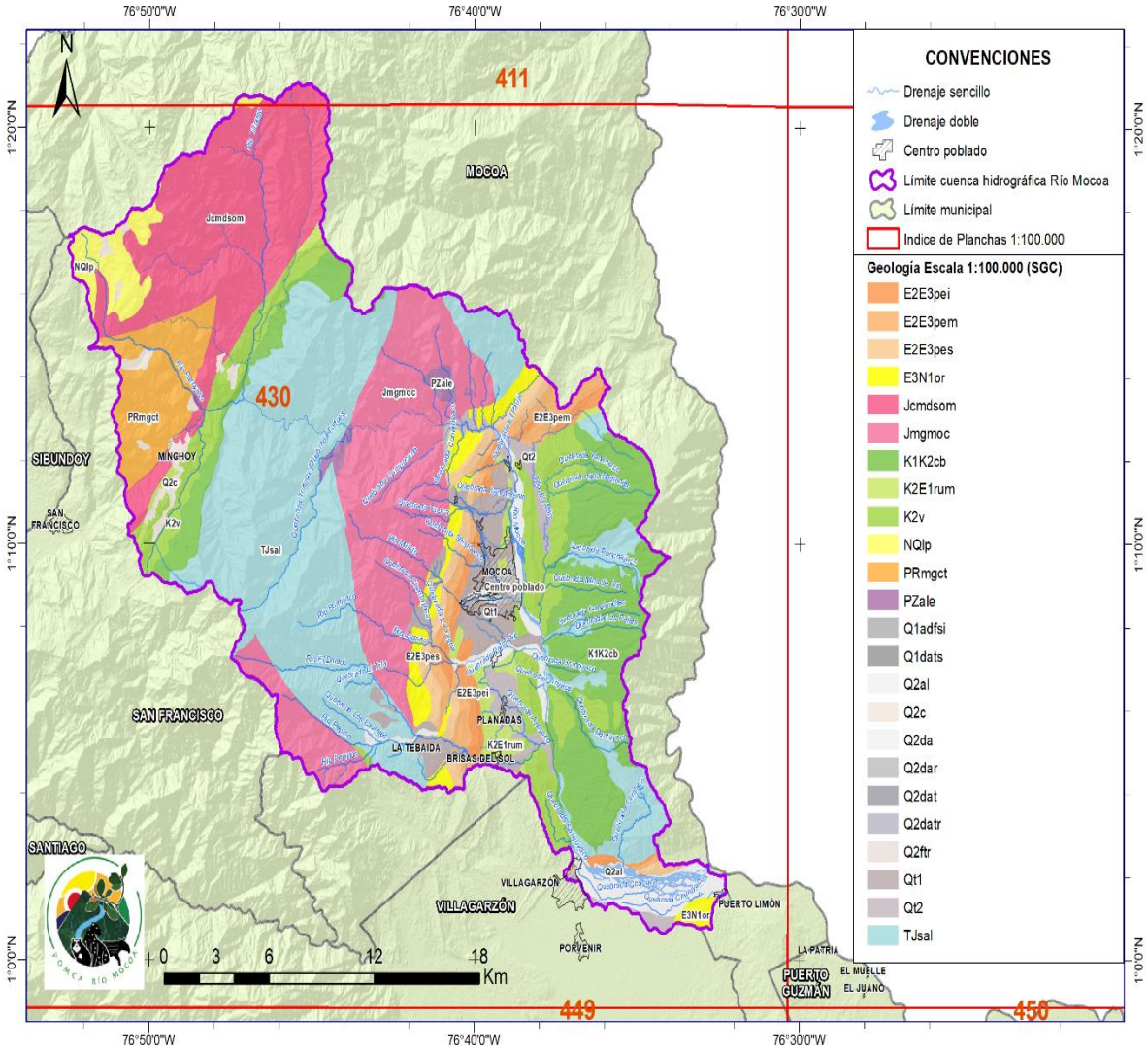


Figura 3. Compendido de las planchas geológicas: 411, 430 y 431, del SGC, en la zona de estudio, a escala 1:100.000. Escala de presentación 1:100.000.
Fuente: SGC, años 2002 y 2003

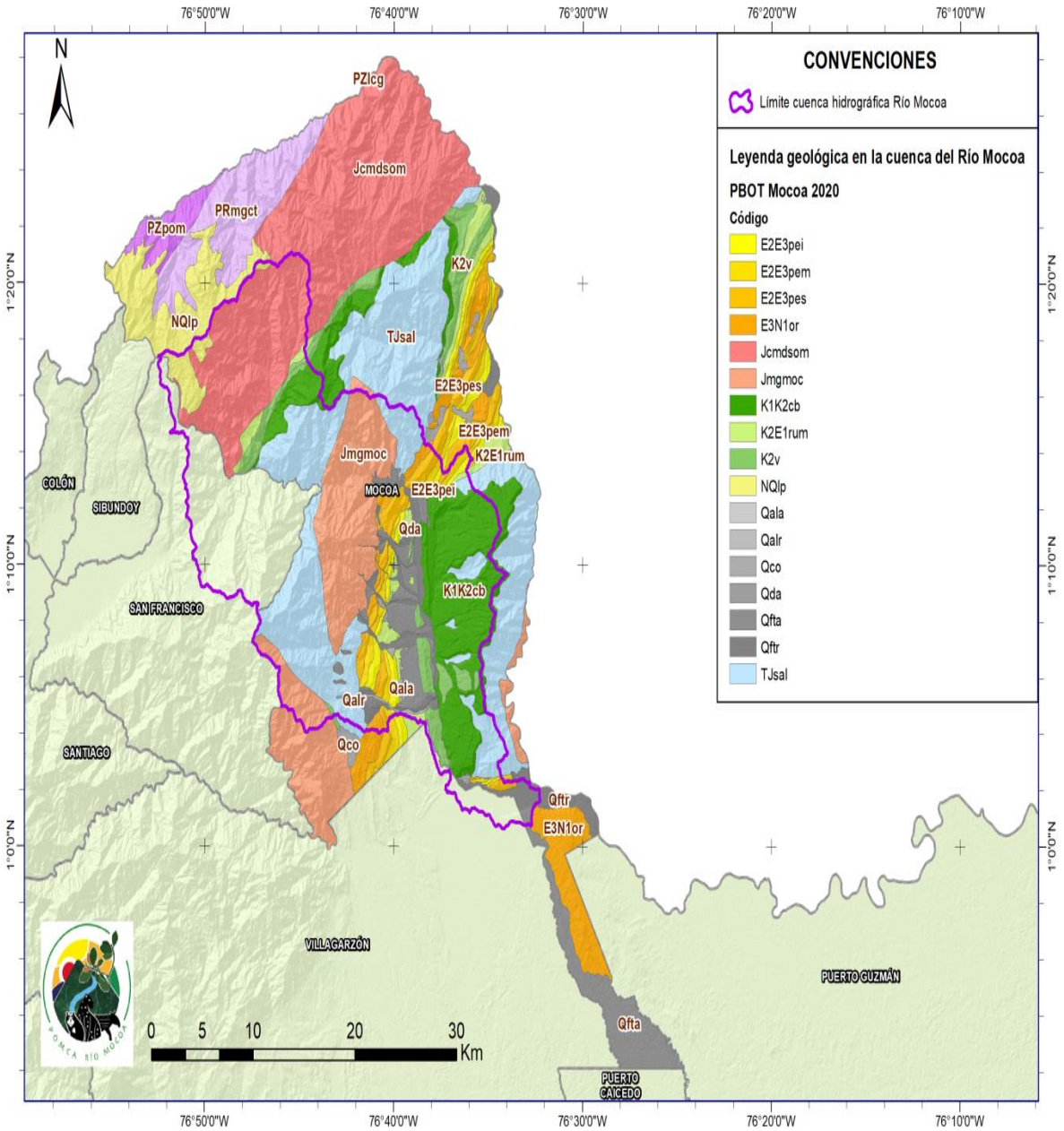


Figura 4. Geología del PBOT Mocoa, presentada por CORPOAMAZONIA, escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2020.

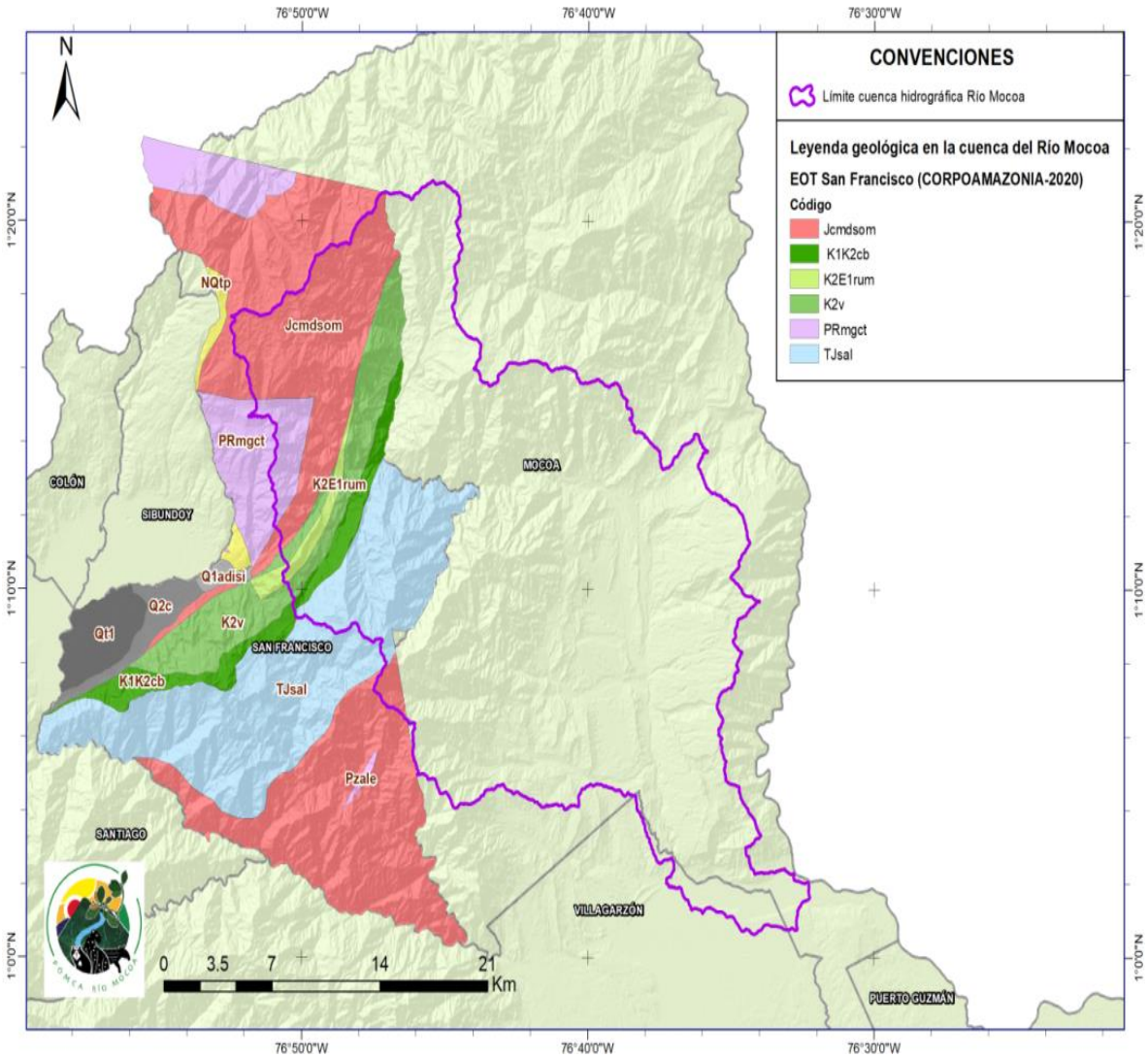


Figura 5. Geología del EOT San Francisco. Escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2020.

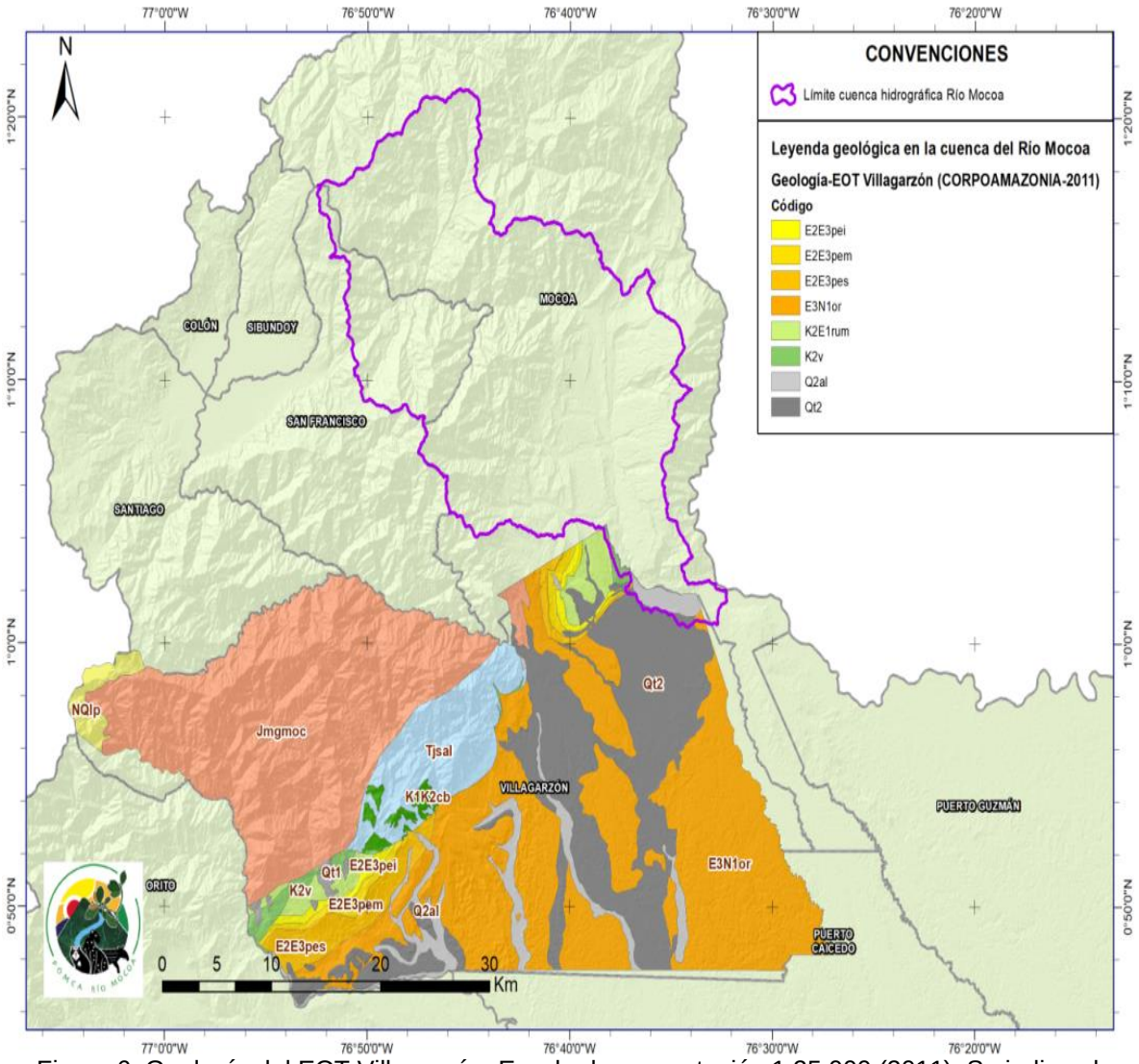


Figura 6. Geología del EOT Villagarzón. Escala de presentación 1:25.000 (2011). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2011.

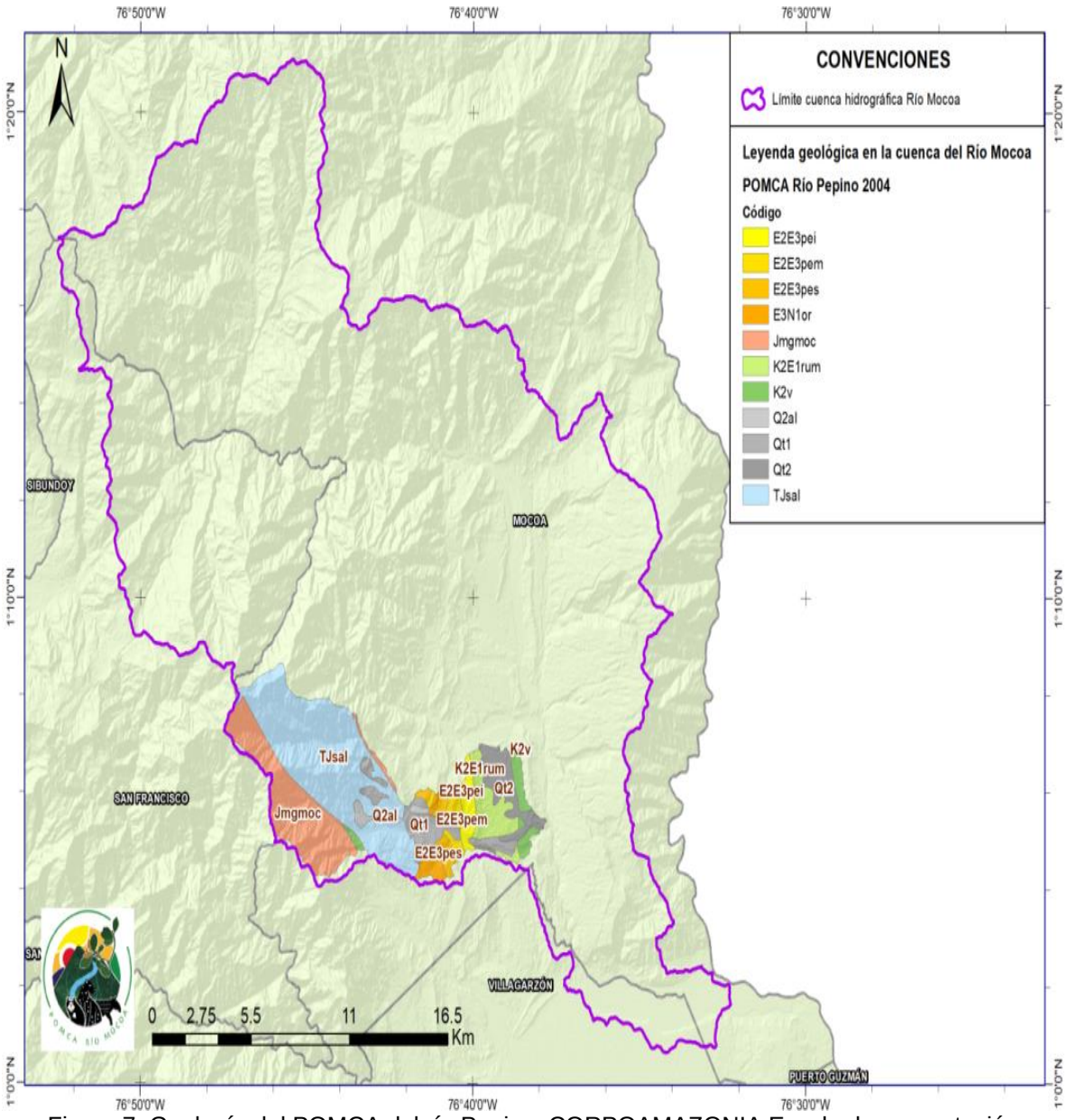


Figura 7. Geología del POMCA del río Pepino. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2004). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2004.

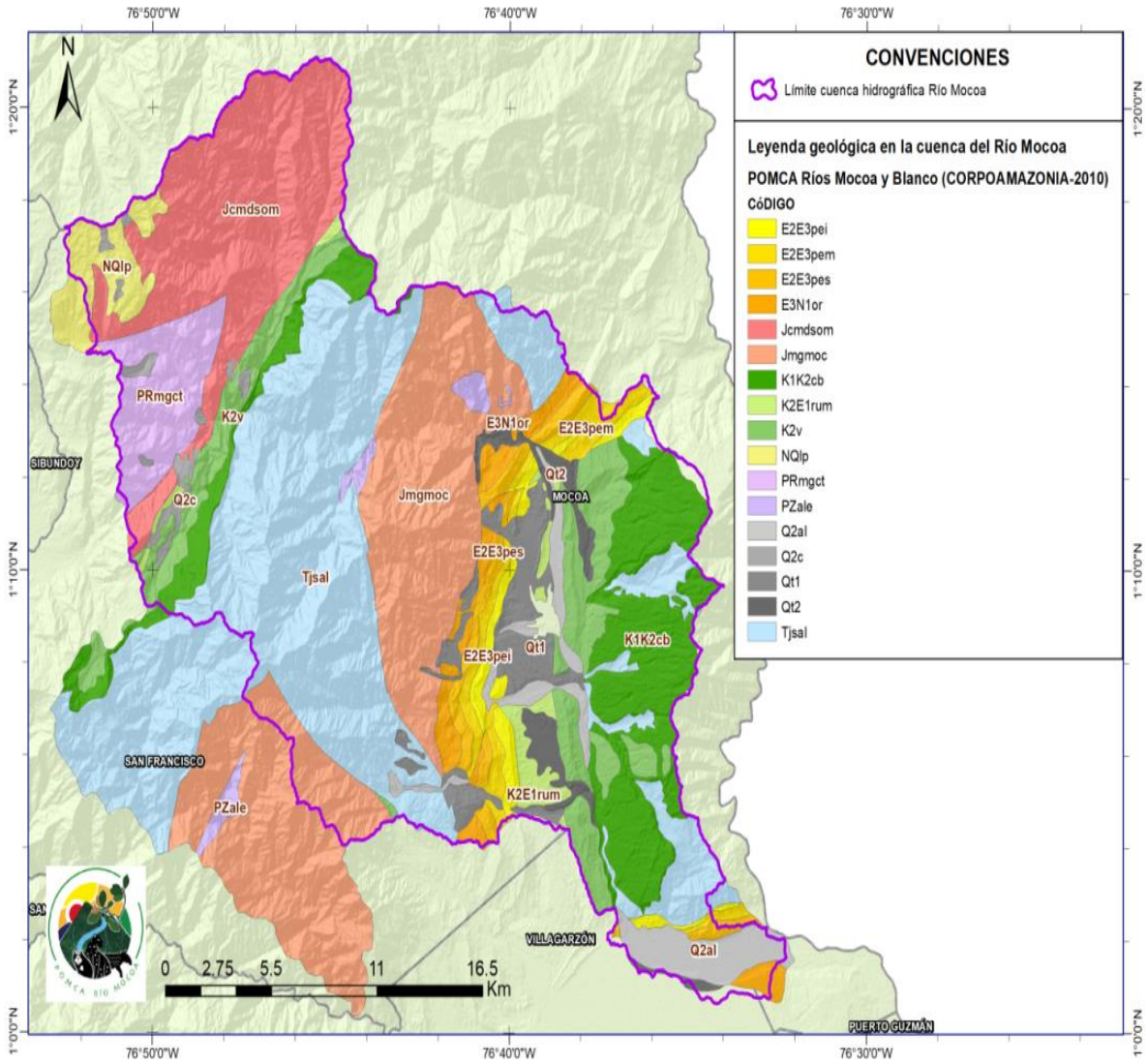


Figura 8. Geología del POMCA del río Mocoa y Blanco. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2010). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2010.

En la Figura 9. Distribución espacial documentación sobre Geología se observa las áreas que incluye los principales estudios geológicos a escala 1:25.000 que contienen la zona de estudio.

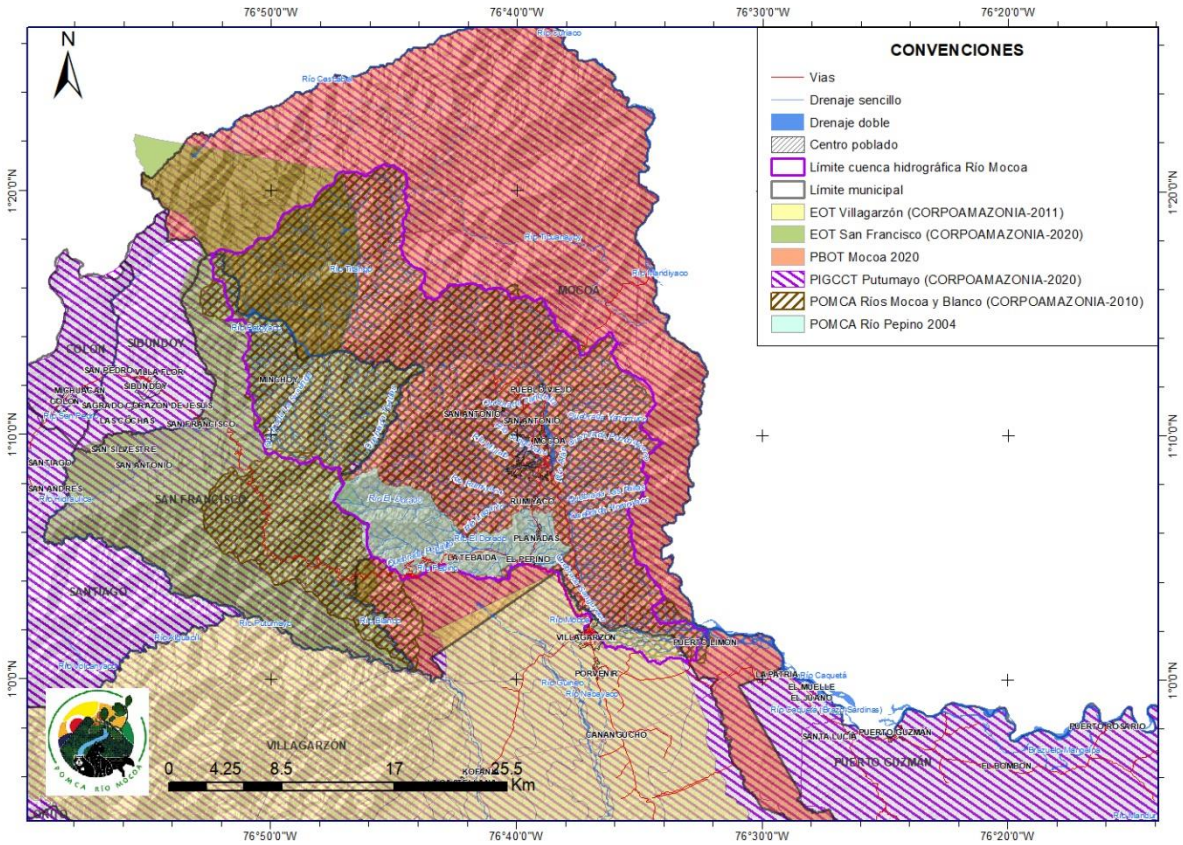


Figura 9. Distribución espacial documentación sobre Geología
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

La Figura 10. Zona de la plancha geomorfológica 430 del SGC que contiene las unidades geomorfológicas en la zona de estudio. Escala de presentación 1:100.000. representa la geomorfología presentada por el SGC en la Plancha Geomorfológica 430, presentada en el año 2014.

La Figura 11. Geomorfología del PBOT Mocoa, presentada por CORPOAMAZONIA, escala de presentación 1:25.000 (2018). Se indica el polígono de la zona de estudio.Figura 12. Geomorfología del EOT San Francisco. Escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio.Figura 13. Geología del EOT Villagarzón. Escala de presentación 1:25.000 (2011). Se indica el polígono de la zona de estudio.Figura 14. Geomorfología del POMCA del río Pepino. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2004). Se indica el polígono de la zona de estudio.Figura 15. Geomorfología del POMCA del río Mocoa y Blanco.

CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2010). Se indica el polígono de la zona de estudio.**,** hacen referencias respectivamente a los planos de geomorfología presentada en los estudios de: PBOT MOCOA (CORPOAMAZONIA. 2018), EOT San Francisco (Alcaldía de San Francisco. 2011), EOT Villagarzón (Alcaldía Villagarzón. 2011), POMCA Río Pepino (CORPOAMAZONIA. 2004) y POMCA río Mocoa y río Blanco (CORPOAMAZONIA. 2010). El estudio de mayor calidad en cuanto a su contenido, es el estudio presentado para el POMCA MOCOA.

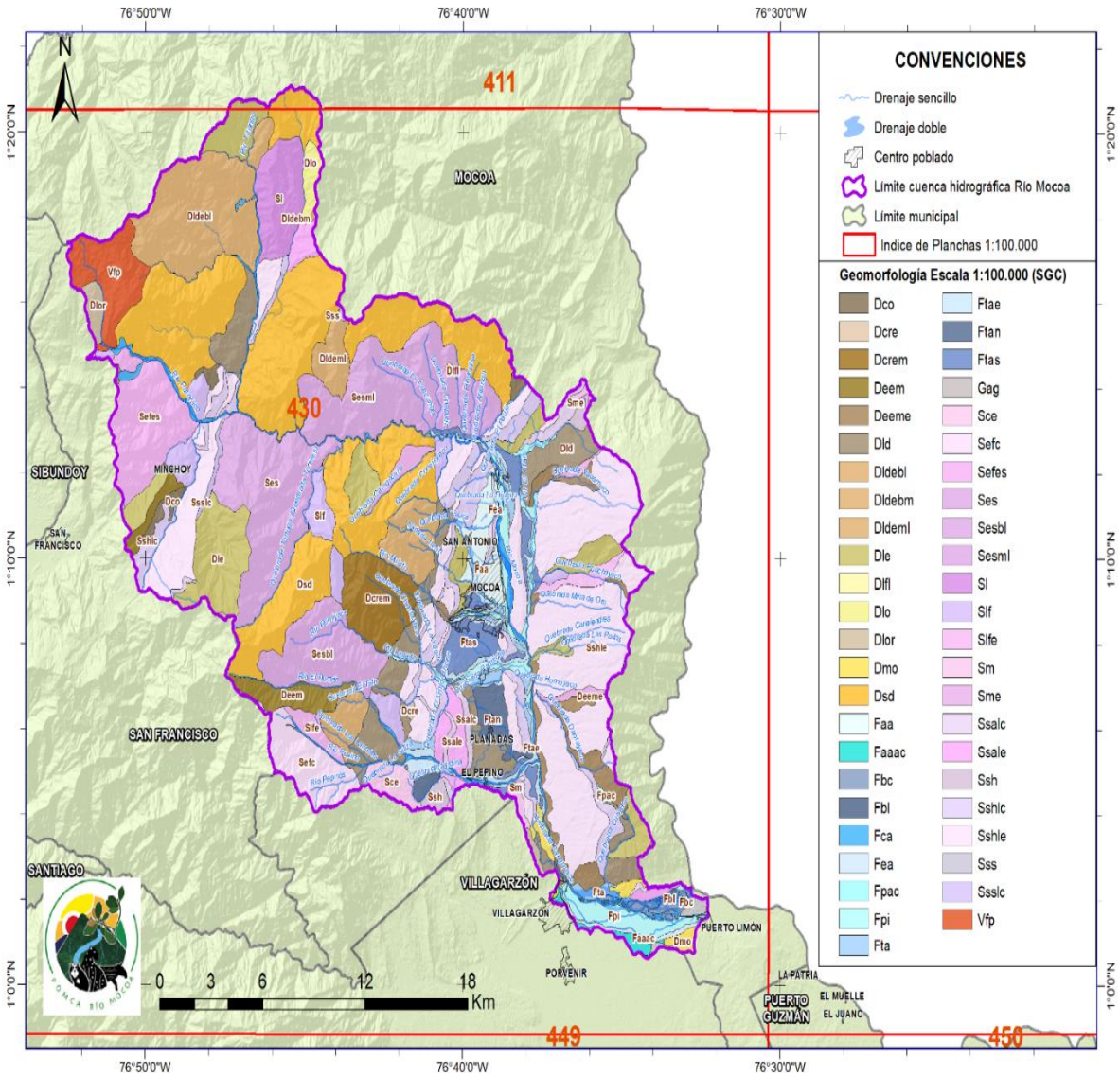


Figura 10. Zona de la plancha geomorfológica 430 del SGC que contiene las unidades geomorfológicas en la zona de estudio. Escala de presentación 1:100.000.
Fuente: SGC 2014.

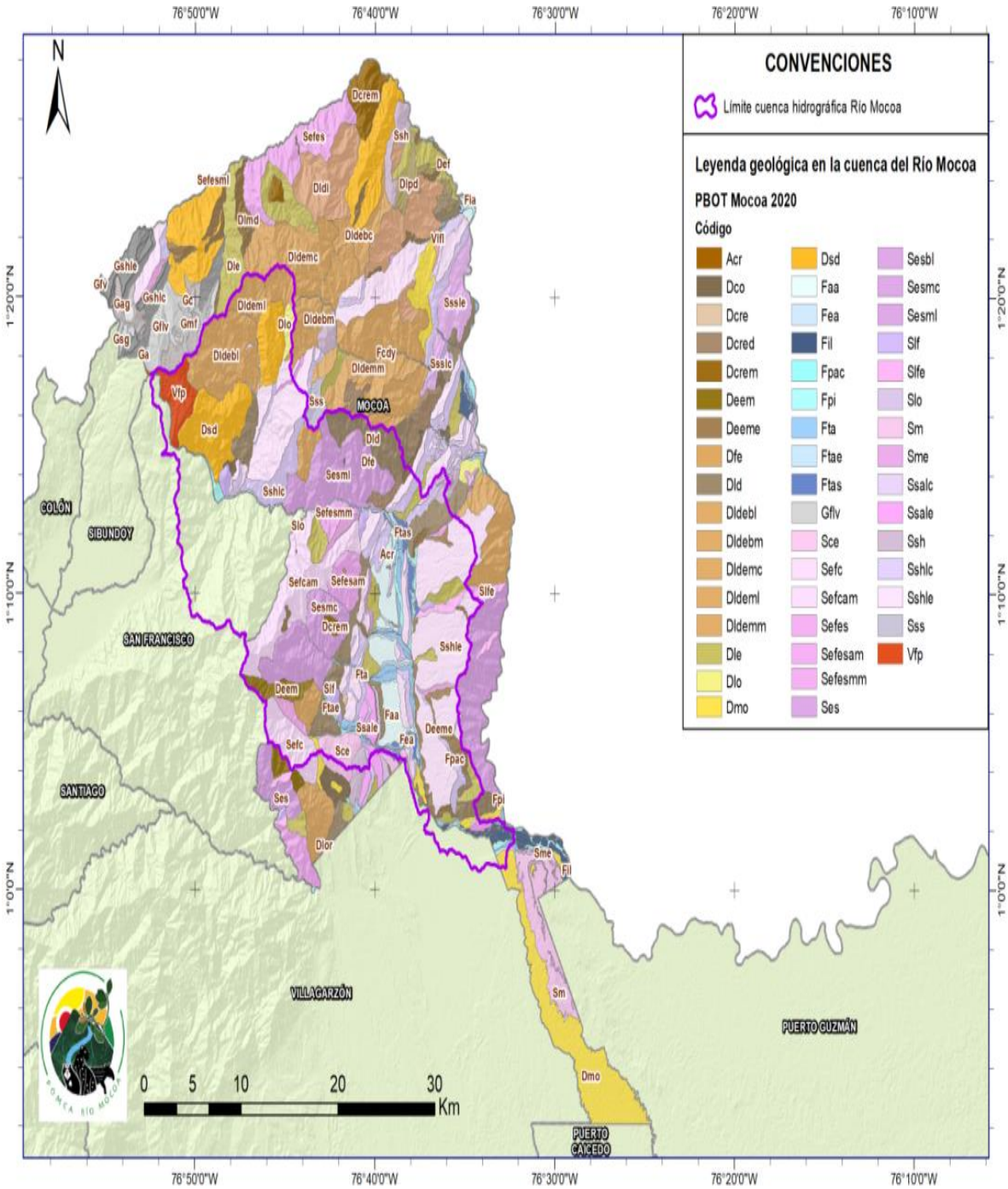


Figura 11. Geomorfología del PBOT Mocoa, presentada por CORPOAMAZONIA, escala de presentación 1:25.000 (2018). Se indica el polígono de la zona de estudio.

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2020.

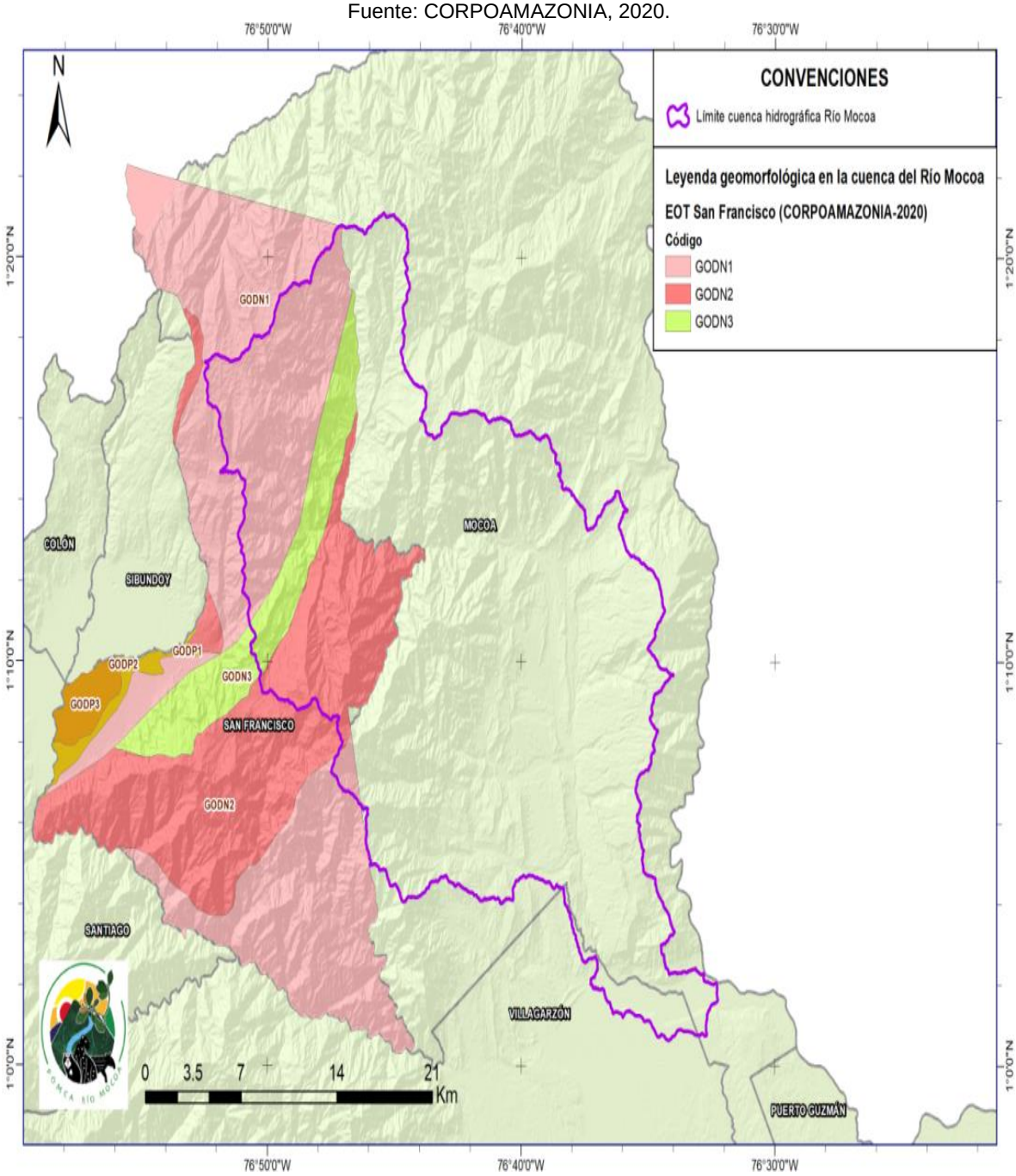


Figura 12. Geomorfología del EOT San Francisco. Escala de presentación 1:25.000 (2020). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2020.

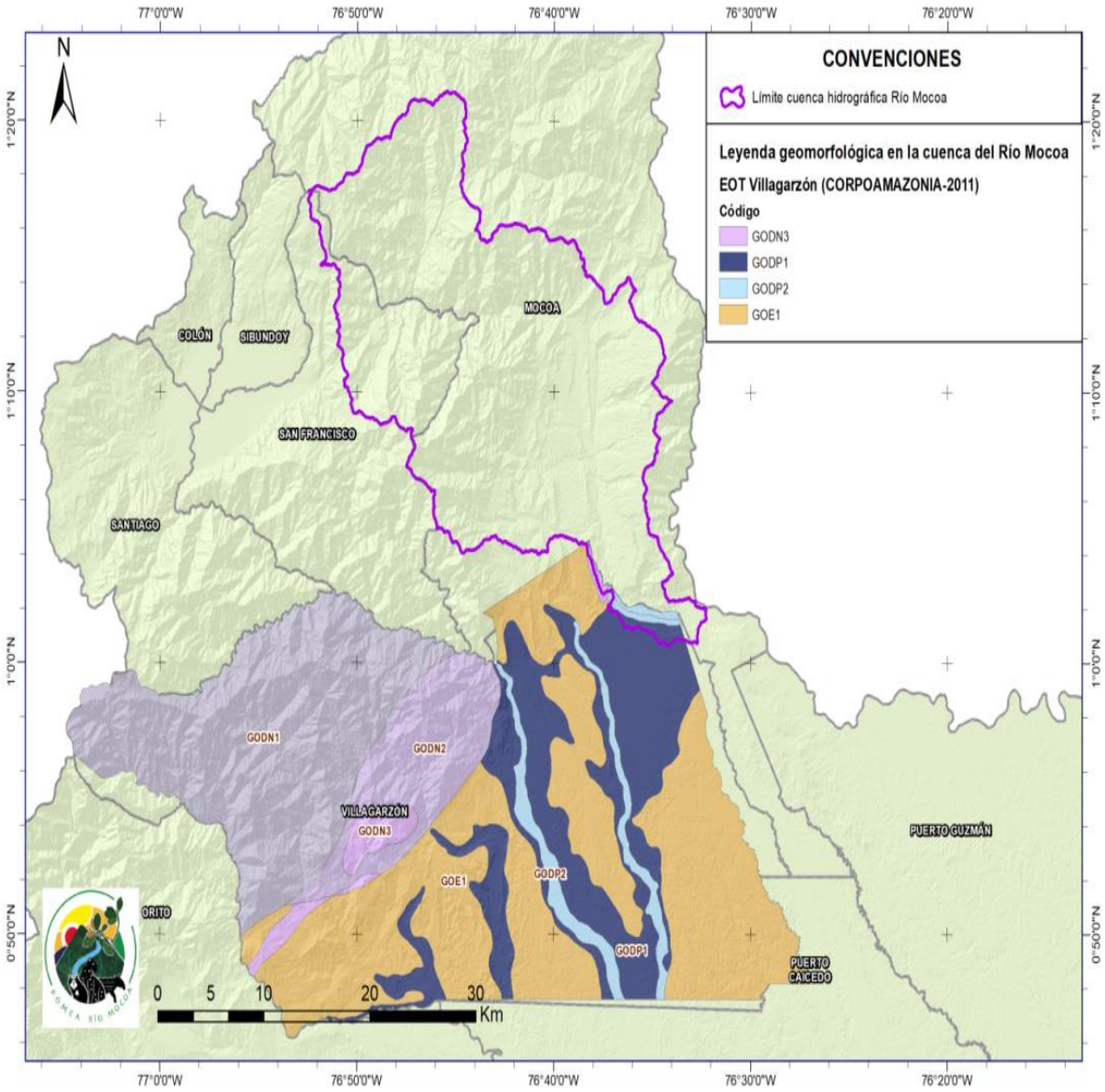


Figura 13. Geología del EOT Villagarzón. Escala de presentación 1:25.000 (2011). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2011.

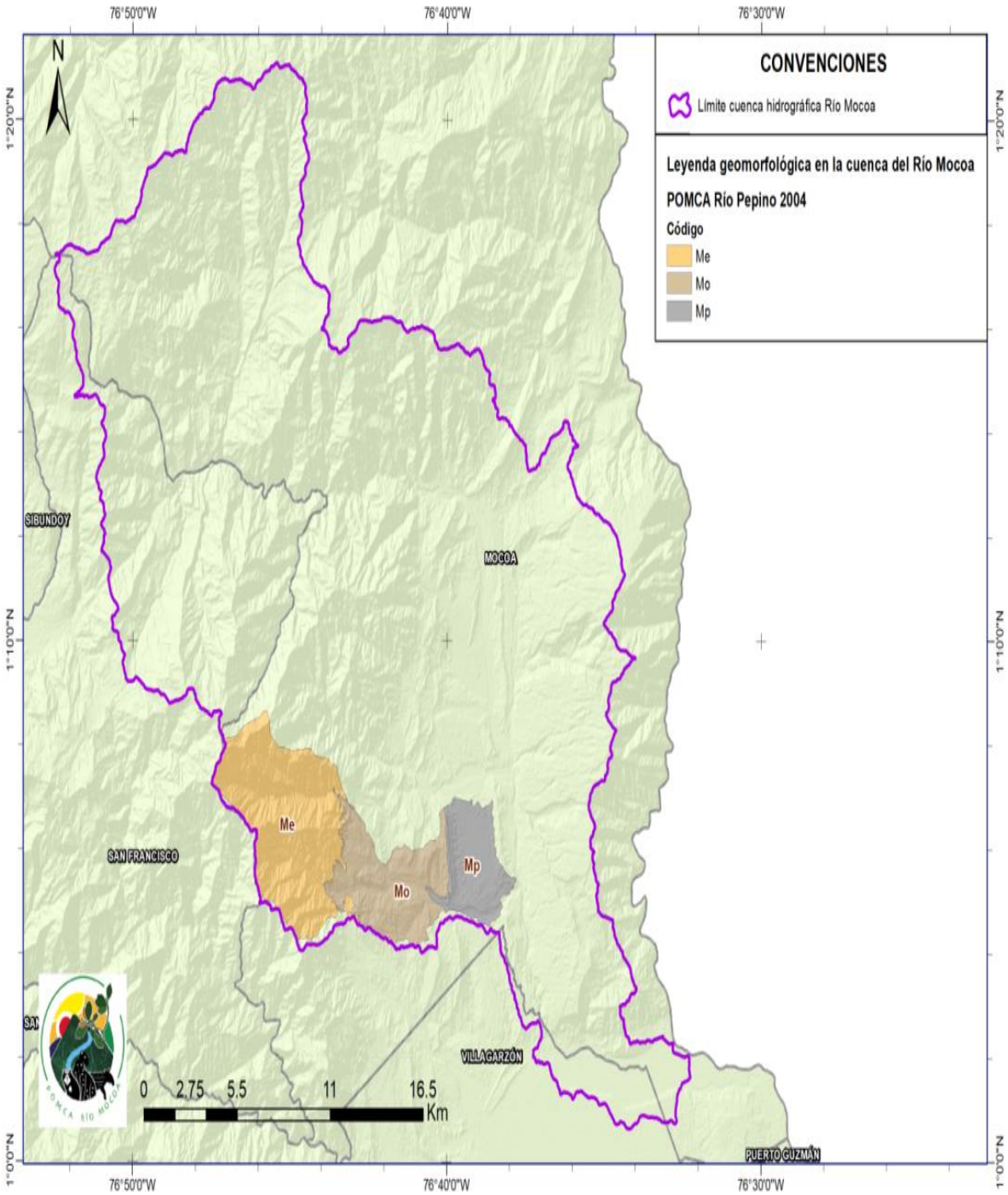


Figura 14. Geomorfología del POMCA del río Pepino. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2004). Se indica el polígono de la zona de estudio.

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2004.

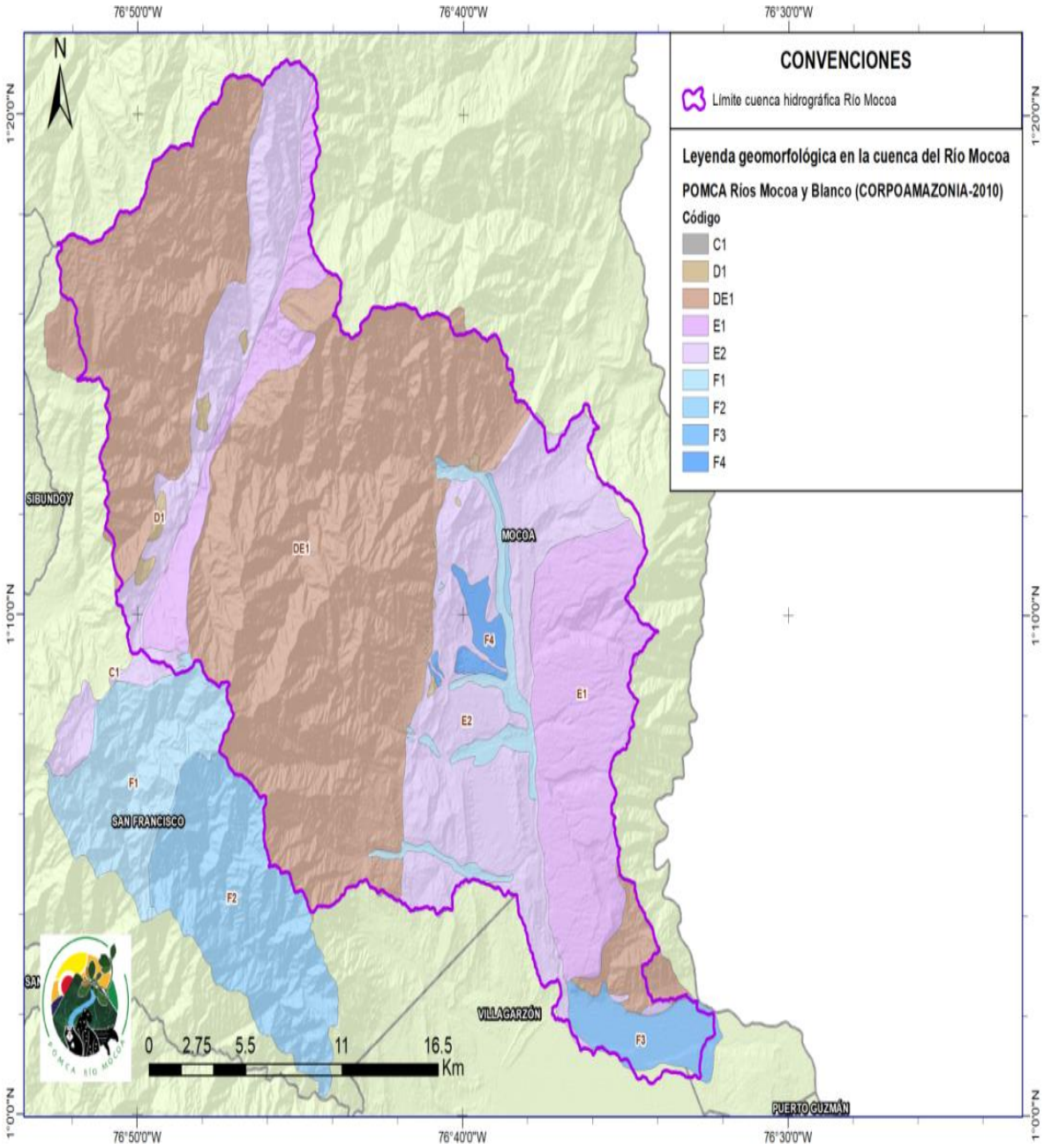


Figura 15. Geomorfología del POMCA del río Mocoa y Blanco. CORPOAMAZONIA Escala de presentación 1:25.000 (2010). Se indica el polígono de la zona de estudio.
Fuente: CORPOAMAZONIA, 2010.

En la Figura 16. Distribución espacial documentación geomorfológica sobre la cuenca del río Mocoa, se observa las áreas que incluye los principales estudios geomorfológicos a escala 1:25.000 que contienen la zona de estudio.

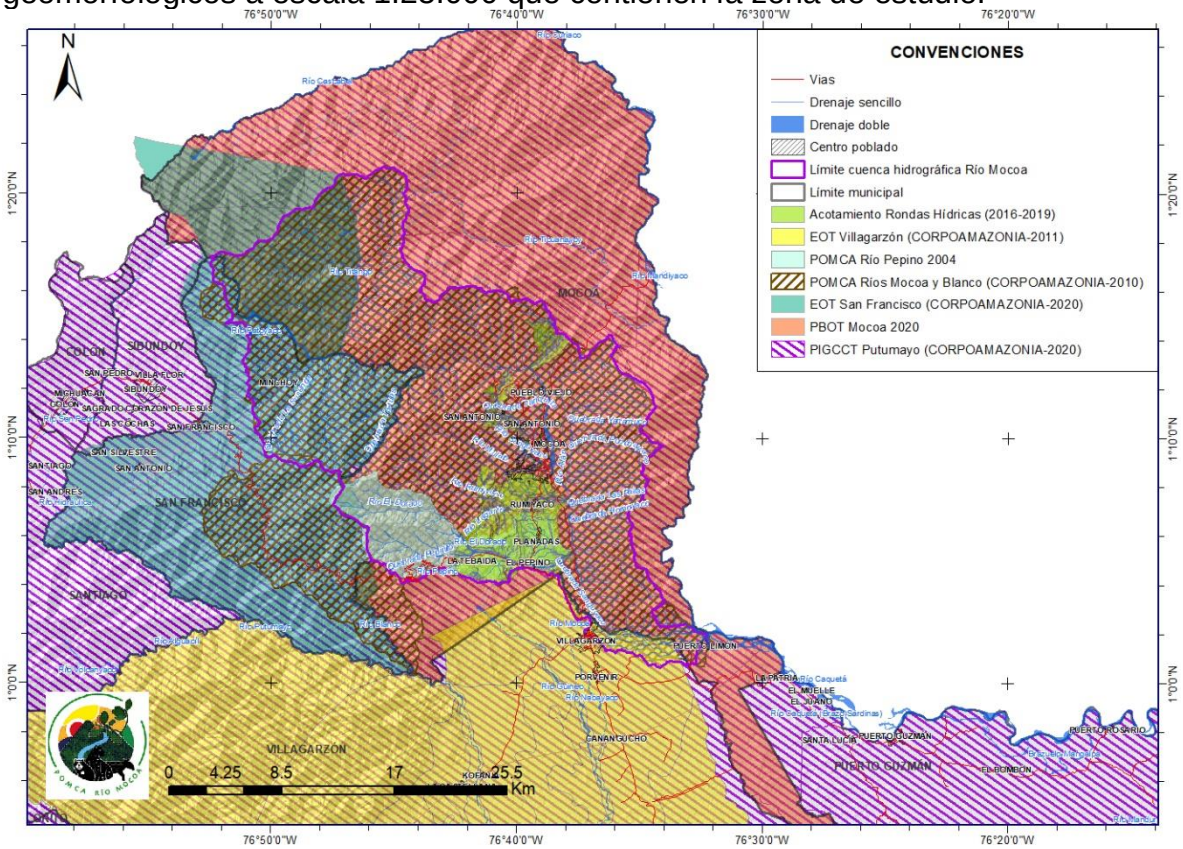


Figura 16. Distribución espacial documentación geomorfológica sobre la cuenca del río Mocoa
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

En el análisis situacional que se realizara para la cuenca, se realizara una recopilación y breve explicación detallada de toda la información que se recopilara y analizara para estos componentes (documentos, mapas, estudios, entre otros). Obteniendo como resultado, que los estudios más adecuados para el análisis de pre campo, son los productos a escala 1:25.000 y 1:5.000, existiendo áreas que solo poseen información 1:100.000. Tomando de referencia toda esta información y analizando la misma, se generará para la zona de estudio, un primer mapa geológico preliminar y un primer mapa geomorfológico preliminar. Estos mapas

preliminares, se ajustarán con la interpretación realizada a sensores remotos (Fotografías aéreas, imágenes satelitales). Luego, estos mapas de geología y geomorfología preliminares ya ajustados, serán mejorados con ayuda del DEM para dar mayor precisión y exactitud a los contactos de unidades geológicas y geomorfológicas, así como a las trazas de fallas, y constituirán los mapas base para las comisiones de campo respectivas. En Figura 17. Mapa geológico preliminar pre campo a escala 1:25.000 con base en información secundaria y ajustes con sensores remotos. se presenta el plano geológico preliminar pre campo, y en la Figura 18. Mapa geomorfológico preliminar precampo a escala 1:25.000 con base en información secundaria y ajustes con sensores remotos. se presenta el plano geomorfológico preliminar pre campo.

La información más relevante para la elaboración de estos planos, fue la plasmada en el estudio del PBOT MOCOA (CORPOAMAZONIA. 2018), y la presentado por el SGC en los planos a escala 1:100.000. Cabe resaltar, que existen sectores con estudios a mayor detalle, los cuales hacen parte de la salida cartográfica, pero no son apreciables en las ilustraciones presentadas por la escala de presentación.

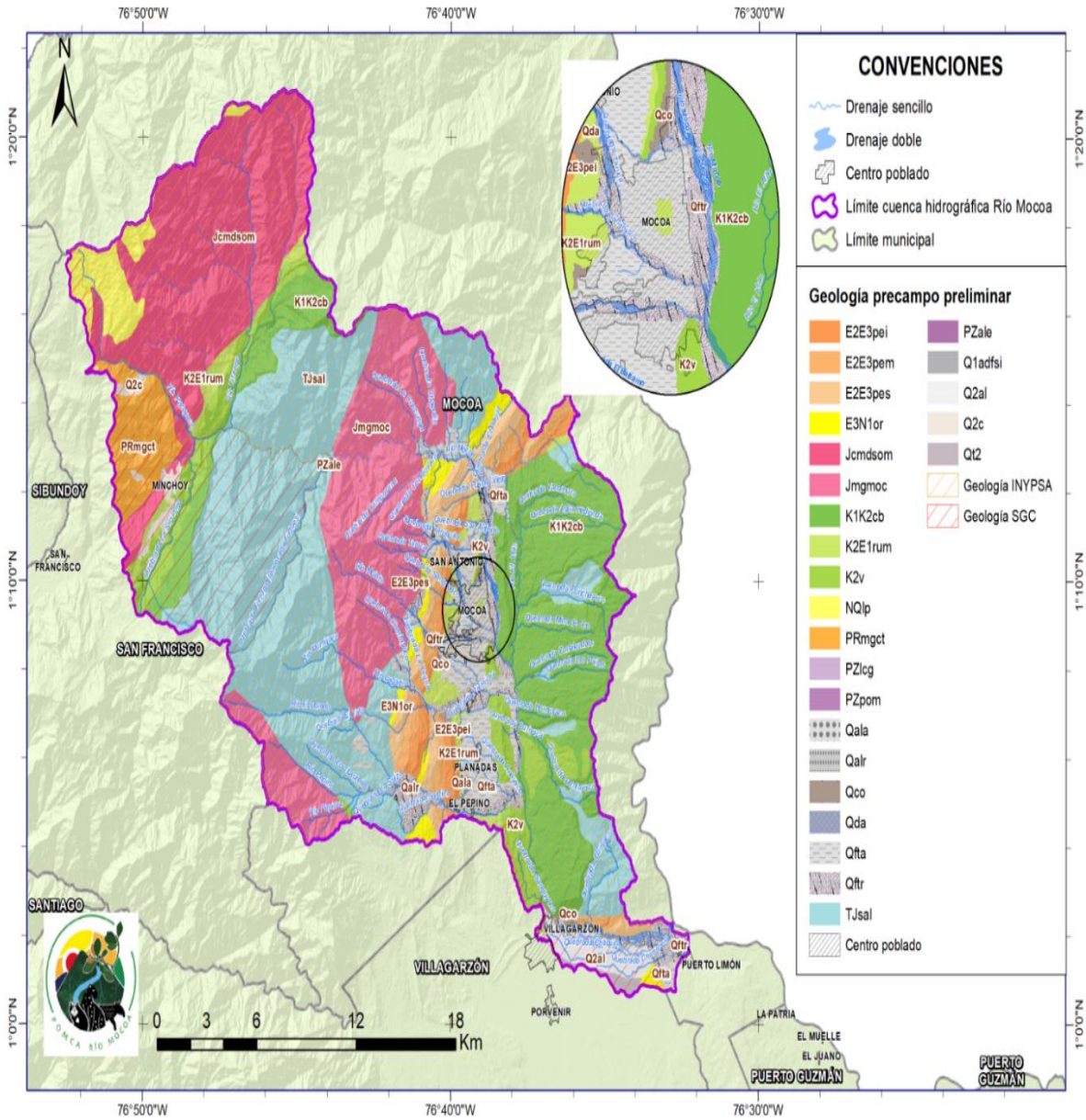


Figura 17. Mapa geológico preliminar pre campo a escala 1:25.000 con base en información secundaria y ajustes con sensores remotos.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

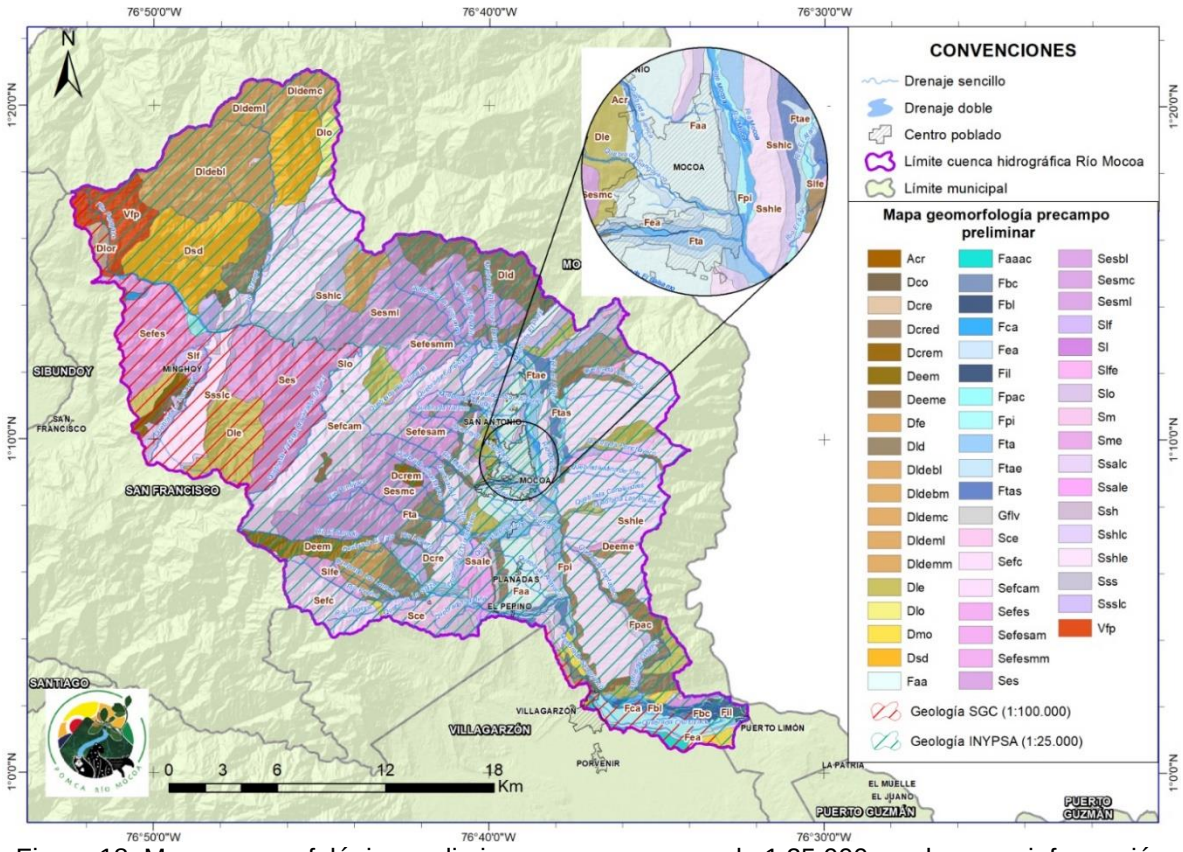


Figura 18. Mapa geomorfológico preliminar precampo a escala 1:25.000 con base en información secundaria y ajustes con sensores remotos.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

La fotointerpretación se realizará a las aerofotografías áreas que contienen la zona de estudio (Tabla 1. Relación de aerofotografías a utilizar para la fotointerpretación para la parte alta de la cuenca del Río Mocoa.), tomadas y disponibles en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, de diferentes años y de diferentes escalas de toma. Esta fotointerpretación se utilizará principalmente para el análisis de toda la zona montañosa, la zona de piedemonte con predominancia de depósitos de baja pendiente (abanicos) y la zona de valle hacia la finalización de la cuenca, donde predominan los depósitos aluviales.

Con base en fotografías aéreas e imágenes satelitales se realiza un inventario de procesos morfodinámicos (zonas de erosión y movimientos en masa), que se comprobarán algunos en las fases de campo.

Tabla 1. Relación de aerofotografías a utilizar para la fotointerpretación para la parte alta de la cuenca del Río Mocoa.

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

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Para las zonas con poca o nula pendiente, se utilizarán imágenes satelitales de mejor contraste y facilidad para la aplicación de filtros, los cuales permiten un mejor análisis y diferenciación de unidades o geoformas en estas zonas, de igual modo, por las condiciones de nubosidad dentro de la cuenca es necesario el uso de imágenes satelitales que tengan procesamientos que eliminen esta nubosidad. A continuación, se adjunta la relación de las imágenes a utilizar en esta cuenca:

Tabla 2. Relación de Imágenes satelitales a utilizar para la fotointerpretación de la parte baja de la cuenca del Río Mocoa.

IMÁGENES SATELITALES		
Sensor	Formato	Año
LANDSAT	TIFF	1989
FOTOMOSAICO	TIFF	1996
IKONOS	TIFF	2001
LANDSAT	TIFF	2001
LANDSAT	TIFF	2008
VEXCEL_ULTRACAM	TIFF	2013

IMÁGENES SATELITALES		
PLANETSCOPE	TIFF	2017
ÓPTICO	TIFF	2018

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

De igual forma, el análisis y recopilación se complementará con el uso de otras herramientas para interpretación como el Google Earth y productos derivados del modelo de elevación digital generados mediante procesamiento en herramientas de sistemas de información geográfica, como el modelo de sombras, mapas de pendientes, mapas de curvatura, etc.

La información secundaría cartográfica utilizada procede de diversos estudios realizados en el área concerniente a la cuenca del río Mocoa, no obstante, se toma como insumos principales la información a escala 1:100.000 generada por el Servicio Geológico Colombiano, SGC, en informes y planos temáticos, y la información existente en la actualización del PBOT del municipio de Mocoa, tanto para la geología básica como para la geomorfología con criterios morfogenéticos, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3. Información secundaria base para el análisis geológico.

Información	Escala	Municipio
Plancha Geológica 411 - La Cruz	1:100.000	Mocoa
Plancha Geológica 430 - Mocoa	1:100.000	San Francisco, Mocoa y Villagarzón
Plancha Geológica 431 - Piamonte	1:100.000	Mocoa y Villagarzón
Plancha Geomorfológica 411 - La Cruz	1:100.000	Mocoa
Plancha Geomorfológica 430 - Mocoa	1:100.000	San Francisco, Mocoa y Villagarzón
Plancha Geomorfológica 431 - Piamonte	1:100.000	Mocoa y Villagarzón
Cartografía Geológica del Municipio de Mocoa	1:25.000	Mocoa
Cartografía Geomorfológica del Municipio de Mocoa	1:25.000	Mocoa

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Se realizará una visita preliminar al área en estudio, la cual permita afinar los planos de geología y geomorfología básica de la zona (a escala 1:25.000), incluyendo descripciones litológicas de las diferentes unidades geológicas, y datos estructurales, con la data inicial obtenida de la fotointerpretación (aerofotografías e imágenes satelitales) y del análisis de la información existente (Tabla 3. Información secundaria base para el análisis geológico.**).**

Los sitios de interés que se seleccionarán, se fundamentan en las siguientes consideraciones:

- ✓ Nivel de acceso a los sitios que se pretenden documentar. Se incluyen en forma tentativa, los drenajes, caminos y carreteras que se podrían recorrer.
- ✓ Correlación de datos geológicos y/o geomorfológicos obtenidos en oficina con los observados en la visita preliminar de campo.
- ✓ La disposición y la extensión de los cuerpos de roca o sedimentos aflorantes en el área en estudio.
- ✓ Confirmación y posterior documentación de unidades litológicas, estructuras geológicas presentes, unidades geomorfológicas, rasgos morfogenéticos y morfodinámicos, características geomecánicas, entre otras; para obtener así zonas con características homogéneas y hacer la separación de las mismas.
- ✓ Rasgos topográficos que permitan definir alineaciones. Esto sirve para encontrar aptitudes estructurales y algunas veces definir contactos de roca.

Una vez se planteen los sitios de interés geológico y geomorfológico, es necesaria la visita previa de reconocimiento del terreno por parte del especialista y profesionales de apoyo, con la finalidad de corroborar la accesibilidad de los sitios de interés (estado y existencia de las vías, caminos, entre otros), disponibilidad de afloramientos, asequibilidad de toma de fotografías panorámicas, condiciones de los cauces de los drenajes, acercamiento a la comunidad, condición de orden público, y demás problemáticas o afectaciones que puedan llegar optimizar y/o condicionar la toma de muestras de campo. Por consiguiente, se plantean una serie de transectas como se expresa en la Figura 19. Propuesta de Visita de Campo preliminar, con la finalidad del reconocimiento del terreno y territorio.

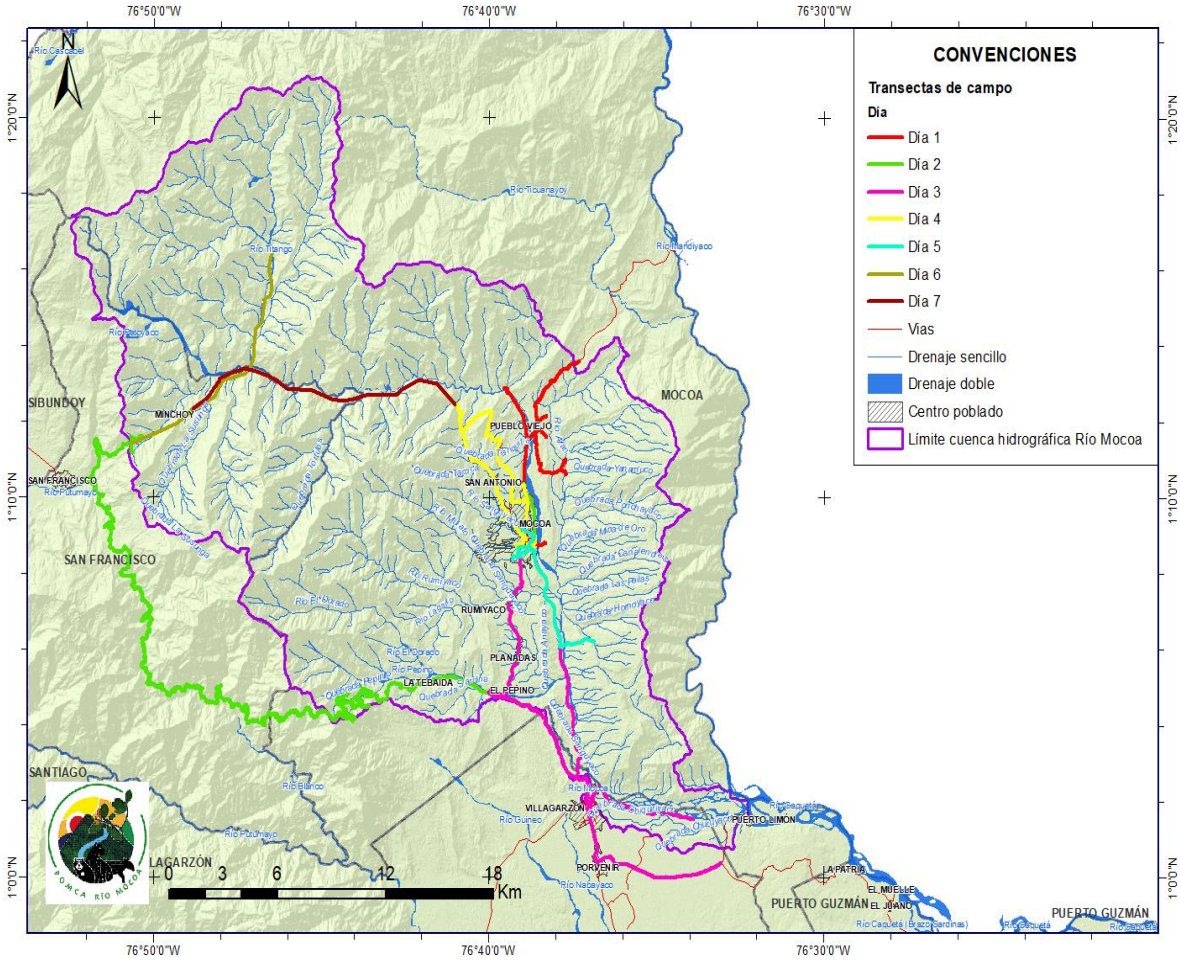


Figura 19. Propuesta de Visita de Campo preliminar, con la finalidad del reconocimiento del terreno y territorio.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Los transectas han sido planeados con base a las vías de la cartografía base del IGAC y la actualización del PBOT de Mocoa, y se soportan de la siguiente manera:

- **Transecta 1:** Reconocimiento del estado de la vía entre Mocoa – San Francisco, identificación de zonas con afloramientos de rocas y suelos residuales, tipo y estado de la vía que comunica al centro poblado de Minchoy con la cabecera municipal de San Francisco, identificación preliminar de las unidades geológicas del mapa 1: 100.000 del SGC, dado que, en la zona no hay cartografía actualizada a escala 1:25.000.

- **Transecta 2:** Identificar zonas de afloramientos de rocas y suelos residuales del cuerpo ígneo de Mocoa y la Formación Saldaña, así como verificar la existencia de vías o caminos, que permitan adentrarse en la vereda la Tebaida y a los ríos Pepino y Dorado.

- **Transecta 3:** Revisar las zonas de acceso las quebradas Taruca, Sangoyaco, San Antonio y río Mulato, de igual manera, revisar el acceso a las veredas que se localizan al occidente de la cabecera municipal de Mocoa y finalmente conocer la nueva vía conocida como la variante, que corta toda la secuencia sedimentaria del Paleógeno - Neógeno.

- **Transecta 4:** Reconocer las vías de acceso a las veredas Monclar, los Afanes, Pueblo Vieja y la vía hacía Pitalito, con el objetivo del reconocimiento de afloramiento y su estado de meteorización, para la posterior recolección de muestras y control cartográfico.

- **Transecta 5:** Identificación de la vía a Villagarzón y Puerto Limón, reconocimiento de los depósitos aluviales del río Mocoa y los posibles sitios de control de campo de las formaciones Villeta y Rumiyaco.

- **Transecta 6:** Identificación de las diferentes unidades geológicas sobre el camino real existente entre el viaducto sobre la quebrada Campucana en el municipio de Mocoa, y la vereda Minchoy en el municipio de San Francisco, sobre la margen derecha del río Mocoa, con la finalidad de controlar las formaciones: Saldaña, el Monzogranito de Mocoa, Rumiyaco, Caballos, y Villeta.

- **Transecta 7:** Desde la vereda Minchoy del municipio de San Francisco, se propone un reconocimiento geológico con énfasis hacia la unidad geológica de Lavas y Piroclastos, hacia la parte alta del río Patoyaco, y por el curso de este, en la vereda El Diamante del municipio de San Francisco, además de control en las formaciones: Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos y el Complejo Migmatítico La Cocha – río Téllez.

1.2.2.2 Fase De Campo

En esta fase se realizará un reconocimiento del área de estudio por parte del especialista, en diferentes comisiones, para el levantamiento cartográfico detallado

de todos elementos geológicos, geomorfológicos y su caracterización correspondiente para el estudio temático del sitio.

Se obtendrá la data geológica y geomorfológica mediante el estudio detallado de los sitios de interés seleccionados en el análisis de las fotografías aéreas y la salida preliminar, así como de cualquier otro sitio (que se puede observar en campo al momento de la visita), que puedan presentar características significativas influyentes sobre la dinámica externa o interna del área en estudio.

Conforme con lo que plantea el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCAS (Minambiente, Minhacienda, & Fondo de Adaptación, 2014), se espera realizar un análisis de la geología y geomorfología con un cubrimiento de 5 a 6 puntos de control, por cada plancha a escala 1: 25.000 que conforman la cuenca (8 planchas en total), por consiguiente se plantea que para la caracterización de campo requiere cuanto al menos 40 – 48 estaciones para el control cartográfico de unidades geológicas (Tabla 4. Listado de los puntos o sitios de control geológico, para la recopilación de información primaria en la cuenca del Río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12).**,** y/o subunidades geomorfológicas (Tabla 5. Puntos o sitios de Control geomorfológico de la cuenca del río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12), no obstante, durante la visita de campo podría este número podría aumentar o disminuir de acuerdo a factores propios de las cuencas (accesibilidad, problemas de inestabilidad de vías, temporada de altas precipitaciones, entre otras).

Con la finalidad de poder categorizar y ordenar la información que se recopilara en campo, se utilizarán varios formatos enfocados a la toma necesaria y oportuna de datos, los cuales permitan la generación de un modelo geológico preciso del área en estudio (Anexo 1. Plan de trabajo Geología y Geomorfología Campo).

La calidad y veracidad de la información recolectada es directamente proporcional al registro fotográfico realizado para cada uno de los diferentes puntos de interés. Por lo que es fundamental realizar un soporte adecuado y concordante a la información levantada.

De forma tal que la información que se levantará y permitirá verificar y/o modificar el mapa geológico preliminar y generar los nuevos productos con mayor detalle. A continuación, se adjunta una tabla preliminar (Tabla 4. Listado de los puntos o sitios de control geológico, para la recopilación de información primaria en la cuenca del Río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12). con los posibles sitios de interés (la

cual puede cambiar según el trabajo que se realice durante la fase de diagnóstico), con sus respectivas coordenadas planas y geográficas, los cuales serán visitados en la cuenca, y que son suficientes con base en el Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cabe destacar que estos puntos se escogieron teniendo en cuenta criterios geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos sobre el trabajo de fotointerpretación y la salida preliminar. El respectivo plan de trabajo preliminar se presenta dentro de los anexos del plan operativo.

Las formaciones geológicas que afloran al norte y noroccidente de la zona de estudio, se reconocerán y describirán con base en las transectas 6 y 7 propuestas para la fase de campo, no existiendo propuestas de estaciones de control geológico, ya que en las imágenes satelitales consultadas, se observa un espeso manto verde que no permite visualizar sectores con afloramiento de roca; por lo tanto, las estaciones de control se realizaran con base en exposiciones de roca y suelo en las transectas citadas. Con las estaciones de esta transectas, se cubriría el control de las unidades geológicas aflorantes al norte de la zona de estudio.

En la Tabla 4. Listado de los puntos o sitios de control geológico, para la recopilación de información primaria en la cuenca del Río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12).. y Figura 20. Estaciones propuestas de control geológico, POMCA río Mocoa, se indican las estaciones de control geológico propuestas.

Importante indicar que las estaciones de control geológico propuestas, pueden incrementarse con base en exposiciones de roca y suelo encontradas en el recorrido de las diferentes transectas propuestas.

Tabla 4. Listado de los puntos o sitios de control geológico, para la recopilación de información primaria en la cuenca del Río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12).

Cuenca	No	Coordenadas Origen Nacional	
		Este	Norte
Río Mocoa	1	4.584.097	1.676.713
Río Mocoa	2	4.586.027	1.677.376
Río Mocoa	3	4.587.625	1.677.829
Río Mocoa	4	4.589.780	1.678.452
Río Mocoa	5	4.591.858	1.678.019
Río Mocoa	6	4.593.140	1.678.780
Río Mocoa	7	4.595.952	1.679.416

Cuenca	No	Coordenadas Origen Nacional	
		Este	Norte
Río Mocoa	8	4.598.960	1.673.272
Río Mocoa	9	4.600.010	1.673.650
Río Mocoa	10	4.600.112	1.672.070
Río Mocoa	11	4.602.003	1.670.448
Río Mocoa	12	4.604.502	1.671.535
Río Mocoa	13	4.606.188	1.671.597
Río Mocoa	14	4.605.846	1.671.091
Río Mocoa	15	4.590.169	1.682.122
Río Mocoa	16	4.591.027	1.681.495
Río Mocoa	17	4.591.370	1.681.663
Río Mocoa	18	4.597.441	1.682.582
Río Mocoa	19	4.597.579	1.683.176
Río Mocoa	20	4.591.274	1.683.811
Río Mocoa	21	4.589.650	1.684.465
Río Mocoa	22	4.589.533	1.685.967
Río Mocoa	23	4.593.726	1.683.255
Río Mocoa	24	4.590.172	1.688.337
Río Mocoa	25	4.591.605	1.688.731
Río Mocoa	26	4.592.623	1.688.912
Río Mocoa	27	4.592.452	1.689.563
Río Mocoa	28	4.592.243	1.690.044
Río Mocoa	29	4.591.931	1.690.272
Río Mocoa	30	4.590.337	1.692.289
Río Mocoa	31	4.594.988	1.690.307
Río Mocoa	32	4.596.631	1.689.643
Río Mocoa	33	4.595.534	1.692.132
Río Mocoa	34	4.596.446	1.692.131
Río Mocoa	35	4.597.060	1.691.624
Río Mocoa	36	4.597.869	1.693.773
Río Mocoa	37	4.593.020	1.692.247
Río Mocoa	38	4.598.632	1.693.435
Río Mocoa	39	4.572.349	1.689.983
Río Mocoa	40	4.572.780	1.690.180

Cuenca	No	Coordenadas Origen Nacional	
		Este	Norte
Río Mocoa	41	4.595.778	1.698.387

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

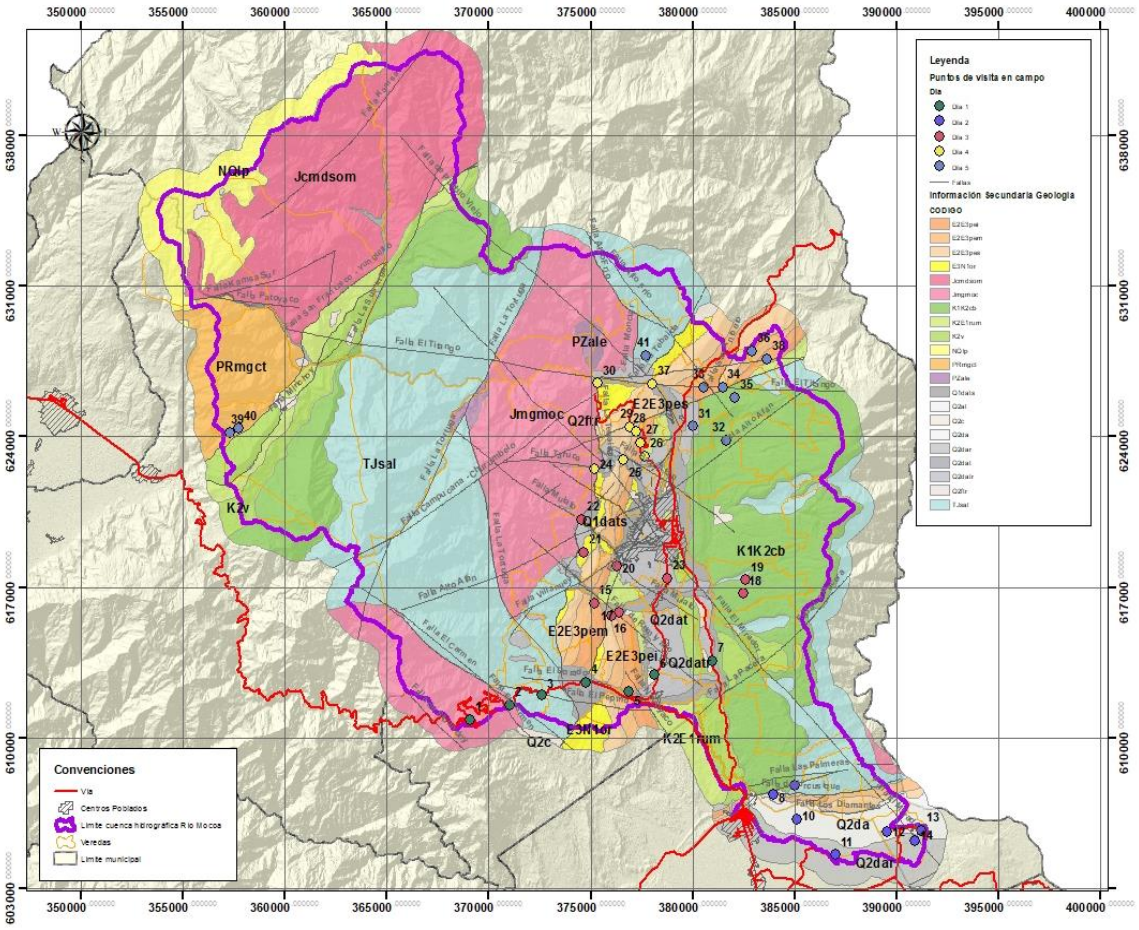


Figura 20. Estaciones propuestas de control geológico, POMCA río Mocoa
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Para la realización de la geomorfología con criterios morfogenéticos, es necesario, el registro de fotografías panorámicas desde zonas altas, que abarquen gran parte de la cuenca, con el objetivo de identificar los principales rasgo morfológicos de las subunidades geomorfológicas, adicionalmente, durante la visita se llevará a cabo la comprobación y complementación del inventario de movimientos en masa, que se

llevará a cabo, mediante la interpretación de sensores remotos durante el desarrollo del diagnóstico, puesto que, dentro del ítem de morfodinámica es requerido, así como, la revisión de los principales cauces de la cuenca, con la finalidad de determinar la socavación lateral y migración de cauces, por consiguiente se proponen unos puntos que permitan la caracterización de las subunidades, cabe resaltar que durante el desarrollo del diagnóstico, se llevará a cabo el inventario de movimientos en masa, resultando así un incremento considerable de las estaciones que deban ser revisadas para el insumo de geomorfología con criterios morfogenéticos.

Para las subunidades geomorfológicas identificadas al norte y noroccidente de la zona de estudio, tendrán control geomorfológico con base en las transectas 6 y 7 propuestas para la fase de campo; en estas transectas no existen propuesta de control geomorfológico, ya que en las imágenes satelitales consultadas, se observa un espeso manto verde que no permite visualizar sectores amplios para este control, por lo tanto en estas transectas se buscaran sectores con visual amplia, que permita corroborar subunidades geomorfológicas.

Las subunidades geomorfológicas del norte de la zona de estudio, ante la dificultad de acceso, y falta de sitios para control de subunidades geomorfológicas que o se observan en las imágenes satelitales, se controlarán con interpretación de sensores remotos

En la Tabla 5. Puntos o sitios de Control geomorfológico de la cuenca del río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12) y Figura 21. Estaciones propuestas de control geomorfológico, POMCA río Mocoa, se indican las estaciones de control geomorfológico propuestas.

Tabla 5. Puntos o sitios de Control geomorfológico de la cuenca del río Mocoa (coordenadas en sistema CTM12)

Cuenca	Estación	Este	Norte
Río Mocoa	1	4.584.356	1.676.530
Río Mocoa	3	4.588.828	1.677.906
Río Mocoa	2	4.584.801	1.678.006
Río Mocoa	4	4.589.823	1.677.864
Río Mocoa	5	4.592.659	1.677.541
Río Mocoa	6	4.601.549	1.672.125
Río Mocoa	7	4.598.104	1.673.157

Cuenca	Estación	Este	Norte
Río Mocoa	8	4.596.275	1.678.502
Río Mocoa	9	4.590.169	1.682.122
Río Mocoa	10	4.590.929	1.684.952
Río Mocoa	12	4.589.936	1.691.887
Río Mocoa	11	4.591.015	1.689.178
Río Mocoa	13	4.590.484	1.692.873
Río Mocoa	15	4.594.072	1.689.603
Río Mocoa	14	4.592.802	1.692.556
Río Mocoa	16	4.595.342	1.688.682
Río Mocoa	17	4.595.723	1.687.936
Río Mocoa	19	4.596.705	1.675.637
Río Mocoa	18	4.595.040	1.682.809
Río Mocoa	20	4.595.906	1.680.027
Río Mocoa	21	4.595.400	1.684.949
Río Mocoa	22	4.572.141	1.690.177
Río Mocoa	23	4.572.524	1.689.456
Río Mocoa	24	4.574.196	1.690.842
Río Mocoa	25	4.574.884	1.691.837
Río Mocoa	26	4.576.680	1.692.953

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

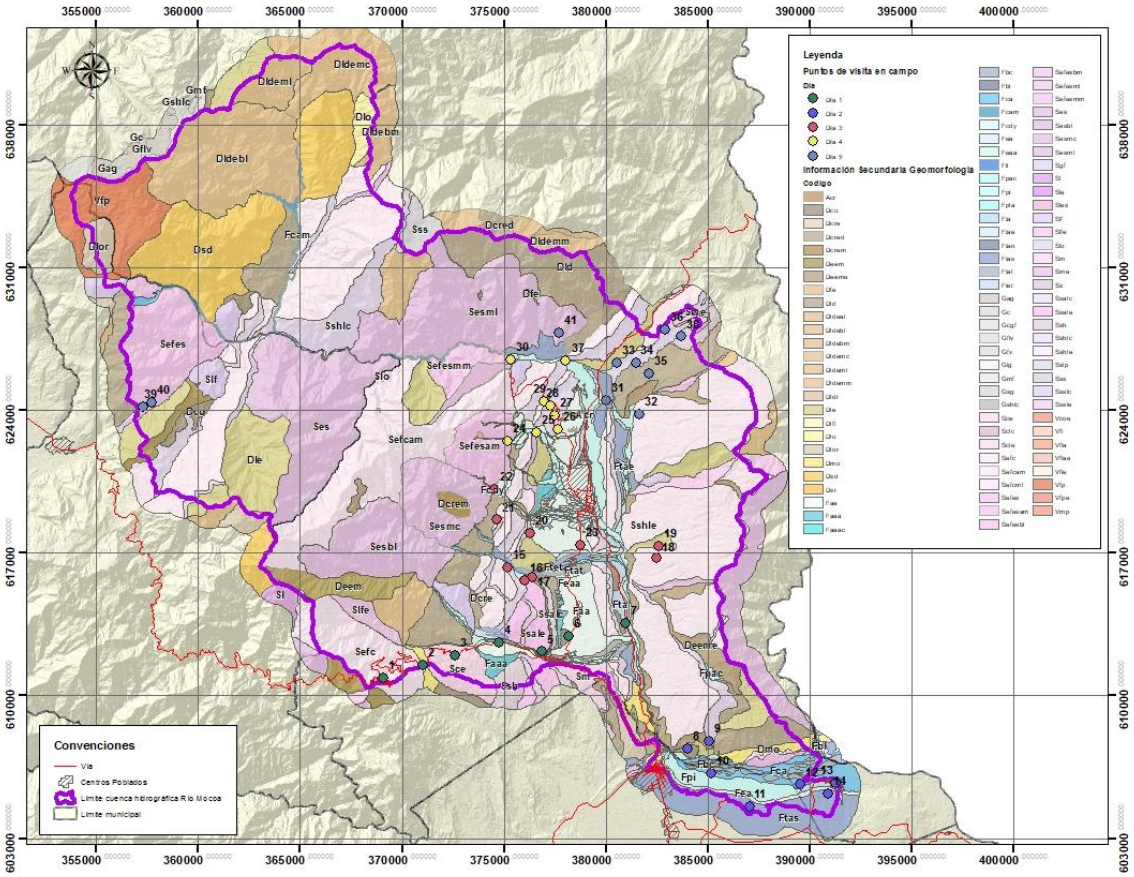


Figura 21. Estaciones propuestas de control geomorfológico, POMCA río Mocoa
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.2.2.3 Fase Post Campo

Para el componente de geología, con base en el análisis de la información tanto secundaria como la recolectada en los reconocimientos de campo, los cuales conforman los elementos temáticos básicos de la Geología Aplicada a la Ingeniería, para el planteamiento de diferentes alternativas concernientes al cumplimiento de los objetivos propuestos en el estudio de la cuenca hidrográfica.

A la par, análisis de resultados de laboratorio y/o de las descripciones de muestras, mediante este proceso se ordenará, clasificará y se presentan los resultados de la recolección de muestras, en formatos, cuadros estadísticos, gráficas elaboradas y

sistematizadas a base de técnicas estadísticas con el propósito de facilitar su comprensión y de corroborar y soportar la información levantada en las salidas de campo.

Con base en el análisis e integración de la información primaria y secundaria, se complementarán y generarán los planos temáticos correspondientes de geología de la cuenca hidrográfica en ordenación, a escala 1:25.000, para las diferentes aplicaciones y su memoria técnica correspondiente.

Para el componente de geomorfología, partiendo de la información secundaria, ajustada con fotointerpretación, modelos de elevación del terreno, observaciones de campo, e inventario de procesos morfodinámicos, se generará los planos temáticos de geomorfología de la cuenca hidrográfica en ordenación a escala 1:25.000 y su correspondiente memoria técnica.

El plano de Unidades Geológicas Superficiales, UGS, y su memoria técnica, se generará a partir del cruce de información geológica y geomorfológica, ajustadas con base en morfometría y resultados de laboratorio de las muestras obtenidas en la campaña de exploración del subsuelo.

1.2.3 Caracterización de las Unidades Geológicas Superficiales, UGS

De forma similar, dentro de la fase de campo para los componentes de geología y de geomorfología, se realizarán la fase de exploración geotécnica.

Esta fase de exploración geotécnica, en la fase de diagnóstico, es enfocada hacia la exploración para obtener muestras de rocas y suelos, enfocados hacia la caracterización geotécnica de las UGS presentes en la cuenca del río Mocoa; es de recalcar que hacia la parte norte de la cuenca del río Mocoa, existirán sectores de difícil acceso para la realización de la exploración geotécnica; estos sectores quedaran cubiertos con las transectas 6 y 7 del reconocimiento en campo, y se espera recolectar en el desarrollo de los mismos, muestras de campo, que permitan obtener los mismos parámetros de las muestras de la exploración geotécnica, por lo tanto el equipo que realice estas transectas, deberá llevar adicional instrumentación necesaria para obtener muestras, así como también para el almacenamiento y rotulado de las mismas.

La exploración geotécnica consiste en recuperar muestras de materiales de suelos y rocas, por medio de métodos exploratorios de trincheras y sondeos mecánicos, que complementaran la caracterización de los materiales como insumo principal para la parametrización de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS).

A continuación, se presenta la propuesta exploratoria en la Tabla 6. Propuesta de exploración geotécnica complementaria para la caracterización de las UGS de la en la etapa de diagnóstico cuenca del río Mocoa. y Figura 22. Propuestas sitios de toma de muestras para caracterización geotécnica, POMCA río Mocoa, donde se plantea la realización de 30 sondeos y 13 trincheras; como se describió anteriormente, estos puntos se incrementarán con la realización de las transectas 6 y 7 de la exploración geológica y geomorfológica, que corresponden a sectores de difícil acceso, y en los cuales se realizara la toma de muestras para obtener parámetros geotécnicos. También recordar que se tomara como insumos los parámetros incorporados en los informes de INYPSA y del SGC realizados en la zona.

Para las unidades geológicas del norte de la cuenca del río Mocoa, las cuales se localizan en sitios de muy difícil acceso, y que las mismas afloran en el recorrido de las transectas 6 y 7; los parámetros geotécnicos obtenidos de las muestras recolectadas en el desarrollo de las trasnsecta citadas, serán los mismos parámetros de las mismas unidades aflorantes al norte de la zona de estudio.

Los puntos de muestreo se definieron a partir del análisis de la información secundaria, donde se excluyen los sectores que en estudios previos llevados a cabo por INYPSA y el SGC, ya cuentan con exploración y caracterización de la misma, caracterización que hará parte de los insumos de este estudio. De igual manera, se tomó como base las UGS realizadas para la actualización del PBOT de Mocoa, en el área rural del mismo municipio. En cuanto a las zonas rurales de Villagarzón y San Francisco se plantearon puntos de exploración partiendo de la información geológica de las planchas del Servicio Geológico Colombiano, con el objetivo de tener información de parámetros geotécnicos de todos los elementos litológicos de la cuenca del río Mocoa. El respectivo plan de trabajo geotécnico se presenta en los anexos del presente documento (Anexo 2 Plan de trabajo Geotecnia).

Es de resaltar que, para esta etapa de campo, que comprenderá la caracterización de parámetros geotécnicos, y que se llevará a cabo posterior a la finalización de las cartografías geológica y geomorfológica, por lo que comprende una etapa posterior, sin embargo, hace parte de la fase de campo del diagnóstico.

También importante, cuando se realice la fase de exploración geotécnica, de existir afloramientos de roca cercanos, la realización de estaciones de control geológico adicionales para la toma de datos estructurales.

Tabla 6. Propuesta de exploración geotécnica complementaria para la caracterización de las UGS de la en la etapa de diagnóstico cuenca del río Mocoa.

Día de campo	Municipio	Vereda	Tema a verificar	Tipo de Exploración	Coordenadas Origen Nacional	
					X	Y
Día 01	Mocoa	BRISAS DE MOCOA	SM-39	Sondeo	4.601.405	1.671.908
Día 02	Mocoa	PUERTO LIMON	SM-40	Sondeo	4.605.830	1.670.678
Día 02	Mocoa	BRISAS DE MOCOA	SM-41	Sondeo	4.598.585	1.671.503
Día 03	San Francisco	URCUSIQUE	SM-42	Sondeo	4.597.886	1.673.232
Día 04	San Francisco	SAN CARLOS	SM-04	Sondeo	4.596.596	1.675.128
Día 04	San Francisco	EL DANUBIO	SM-43	Sondeo	4.595.888	1.674.815
Día 05	Mocoa	EL PEPINO	TR-27	Trinchera	4.592.950	1.678.623
Día 05	Mocoa	EL PEPINO	SM-07	Sondeo	4.594.549	1.677.953
Día 06	Mocoa	SAN JOSE DEL PEPINO	SM-01	Sondeo	4.596.379	1.680.097
Día 06	Villagarzón	SAN JOSE DEL PEPINO	SM-03	Sondeo	4.597.609	1680.245
Día 07	Mocoa	EL PEPINO	SM-28	Sondeo	4.591.406	1.677.806
Día 07	Villagarzón	LA FLORIDITA	SM-38	Sondeo	4.589.463	1.676.514
Día 08	Villagarzón	LA FLORIDA	TR-08	Trinchera	4.587.102	1.677.951
Día 08	Mocoa	LA TEBAIDA	SM-09	Sondeo	4.588.786	1.678.092
Día 09	Mocoa	LA FLORIDA	SM-05	Sondeo	4.584.108	1.676.437
Día 09	Mocoa	LA FLORIDA	SM-06	Sondeo	4.585.802	1.677.500
Día 10	Mocoa	MINCHOY	TR-33	Trinchera	4.574.105	1.690.847
Día 10	Mocoa	MINCHOY	SM-34	Sondeo	4.574.908	1.691.172
Día 11	Villagarzón	MINCHOY	TR-32	Trinchera	4.572.151	1.690.307
Día 12	Mocoa	RUMIYACO	SM-10	Sondeo	4.593.043	1.681.716
Día 13	Mocoa	SAN LUIS DE CHONTOYACO	SM-11	Sondeo	4.589.009	1.683.768
Día 14	Mocoa	SAN LUIS DE CHONTOYACO	SM-13	Sondeo	4.589.830	1.684.531
Día 14	Mocoa	SAN LUIS DE CHONTOYACO	SM-14	Sondeo	4.590.745	1.684.741
Día 15	Mocoa	BAJO AFAN	TR-15	Trinchera	4.594.989	1.684.968

Día de campo	Municipio	Vereda	Tema a verificar	Tipo de Exploración	Coordenadas Origen Nacional	
					X	Y
Día 16	Mocoa	CABECERA MUNICIPAL	SM-12	Sondeo	4.591882	1.685.616
Día 17	Mocoa	MEDIO AFAN	SM-35	Sondeo	4594.814	1688.572
Día 18	Mocoa	LA RESERVA	TR-30	Trinchera	4593.746	1688.117
Día 18	Mocoa	LA RESERVA	SM-31	Sondeo	4.593.817	1.688.117
Día 19	Mocoa	LOS GUADUALES I	TR-29	Trinchera	4.593.574	1.688.149
Día 20	Mocoa	SAN ANTONIO	SM-18	Sondeo	4.592.243	1.689.999
Día 20	Mocoa	SAN ANTONIO	SM-16	Sondeo	4.592.419	1.689.253
Día 21	Mocoa	CAMPUCANA	TR-25	Trinchera	4.590.340	1.690.610
Día 21	Mocoa	SAN ANTONIO	SM-26	Sondeo	4.591.533	1.688.882
Día 22	Mocoa	CAMPUCANA	TR-21	Trinchera	4.590.108	1.691.535
Día 23	Mocoa	CAMPUCANA	TR-22	Trinchera	4.590.263	1.691.745
Día 23	Mocoa	CAMPUCANA	SM-36	Sondeo	4.590.385	1.691.570
Día 24	Mocoa	GALICIAS	SM-20	Sondeo	4.591.380	1.691.317
Día 25	Mocoa	SAN ANTONIO	SM-19	Sondeo	4.592.072	1.691.194
Día 26	Mocoa	PUEBLO VIEJO	SM-23	Sondeo	4.592.915	1.692.058
Día 27	Mocoa	ALTO AFAN	TR-37	Trinchera	4.593.089	1.692.515
Día 28	Mocoa	ALTO AFAN	TR-24	Trinchera	4.595.076	1.692.611
Día 29	Mocoa	LOS CEBALLOS	SM-02	Sondeo	4.595.471	1.690.968
Día 30	Mocoa	ALTO AFAN	TR-17	Trinchera	4.594.658	1.690.744

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

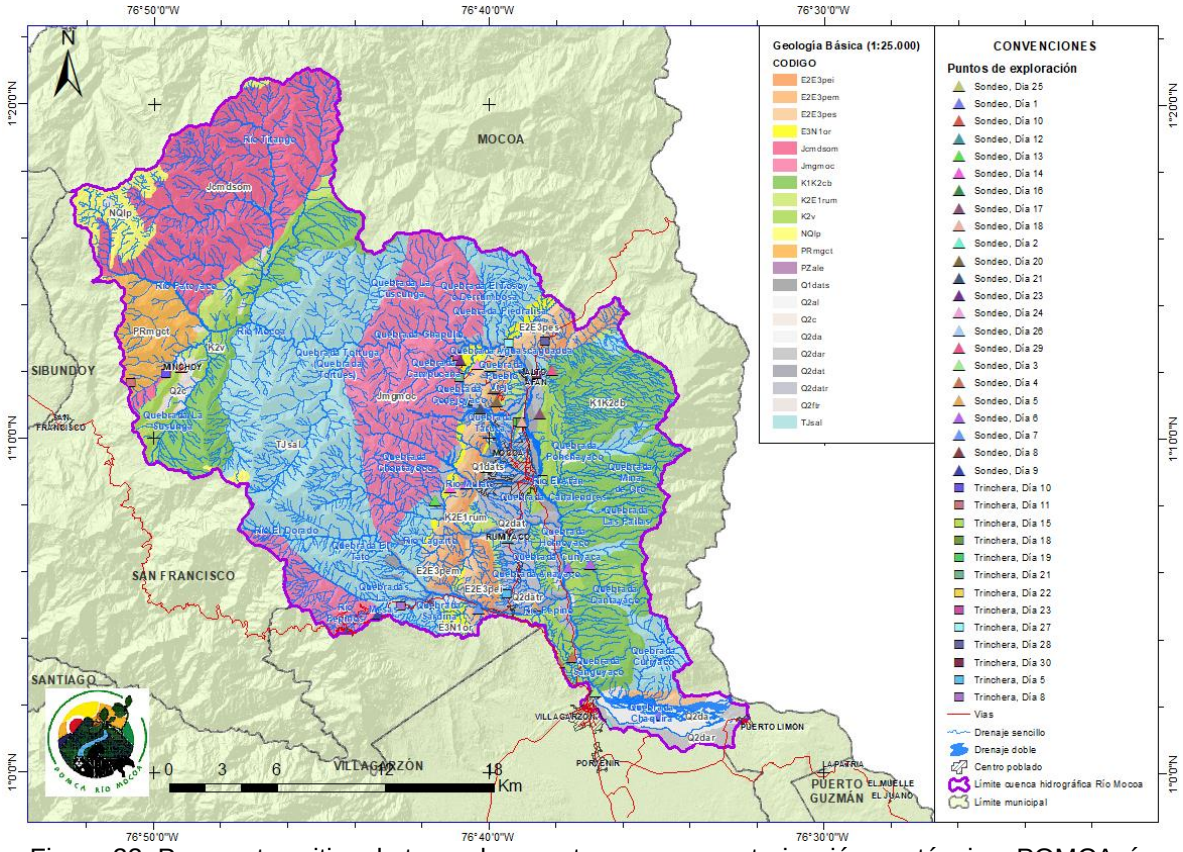


Figura 22. Propuestas sitios de toma de muestras para caracterización geotécnica, POMCA río Mocoa

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.2.3.1 Actividades Geología

- ✓ Se compilará, analizará e interpretará, la información geológica disponible obtenida de diferentes fuentes debidamente avaladas por la autoridad geológica nacional (SGC). Mediante esta labor se identificarán y caracterizarán las unidades crono y litoestratigráficas y los diferentes eventos tectono-estructurales que los afecten; información que debe consolidarse a escala 1:100.000, o 1:50.000 o la que se encuentra disponible a la mejor escala, incluyendo, de existir, información a nivel departamental y municipal. Sin embargo, la información debe integrarse y estructurarse digitalmente a escala 1:100.000 para su uso en un SIG.

- ✓ Con base en la información recopilada y de fotointerpretación, se genera una salida cartográfica a escala 1:25.000 que permitirá definir puntos de control de campo (SGC, 2015).

- ✓ Primer control de campo estará dirigido a consolidar la cartografía geológica básica a escala 1:25.000 en el área de la cuenca hidrográfica en de la síntesis del mapa fotogeológico y el trabajo de control geológico de campo. En esta salida cartográfica se definirán tipos de rocas y sus disposiciones estructurales, materiales residuales o transportados, perfiles de los tipos de suelos y los depósitos producto de la dinámica interna de la corteza y la acción de los agentes meteorológicos.

- ✓ Como un segundo producto de la fotointerpretación y control de campo, se generarán planos a escala 1:25.000, de Unidades Geológicas y de Unidades Geológicas Superficiales (UGS). Las UGS cartografiadas se clasificarán en unidades básicas de: rocas y suelos.

- ✓ Se cruzará la información de la zonificación de Unidades morfológicas efectuada en la caracterización temática de tipo geomorfológico, con el mapa preliminar de UGS, generando una salida cartográfica intermedia.

- ✓ Según la extensión, magnitud y características de la Unidad de Comportamiento Similar UGS, se elegirá uno o varios sitios de caracterización y toma de muestras.

- ✓ Se realizará una segunda jornada de campo para la caracterización de las UGS. En esta etapa para cada uno de los puntos de control previamente establecidos, se tomarán los parámetros mínimos para la caracterización de la UGS.

- ✓ Para las rocas se hará un análisis de la condición de las discontinuidades y los rasgos estructurales con el fin de evaluar los parámetros de resistencia del macizo rocoso.

- ✓ Se tomarán muestras orientadas para la descripción detallada a mano sobre puntos de macizos rocosos aflorantes que puedan ser de interés, con la finalidad de que se usen como respaldo o soporte (siempre y cuando sea necesario), para la caracterización de las UGS. Cuando se tome una muestra en campo, ésta siempre debe ir rotulada en su planilla de descripción, con datos mínimos de localización, coordenadas GPS, número de muestra, marcas de referencia de la orientación, entre otras.

- ✓ Según el trabajo de campo y los resultados de laboratorio se obtendrán resultados de propiedades físicas y mecánicas de los materiales, con base en lo cual se generará el mapa de UGS donde se mostrarán los polígonos que representen: unidades de roca y unidades de suelo.

- ✓ Como mínimo para la caracterización de las unidades de suelo para las UGS, se realizarán de ser posible, granulometrías para puntos de interés.

- ✓ Para las unidades de roca de las UGS, se efectuarán medidas de resistencia en campo, mediante métodos sencillos para la caracterización de los macizos rocosos aflorantes, como mediciones con Esclerómetro.

- ✓ Las unidades representadas en el mapa de UGS se clasificarán de acuerdo a clasificaciones propuestas por la IAEG (1981) y Montero, González, Ángel (1982).

1.2.3.2 Actividades Geomorfología

- ✓ Se trabajará con base en la “Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa”, SGC (2012), y a los alcances del proyecto, que sirvan de marco a los trabajos a ejecutar.

- ✓ Se recopilará la información temática básica de diferentes fuentes, como la presentada por el SGC y que contenga la zona de estudio, y los planes de ordenamiento territorial (PBOT y EOT), y otros.

- ✓ Dentro de los insumos para la elaboración del componente de geomorfología se consideran: aerofotografías, imágenes de satélite, estudios temáticos a escala 1:25000 o superior. El análisis geomorfológico se debe efectuar desde el nivel regional hasta la escala de detalle.

- ✓ Posterior al análisis de la información recopilada se debe realizar un procesamiento digital de las imágenes satelitales. Los procesos de interpretación de imágenes deben permitir la delimitación de macrogeoformas, de acuerdo a su ambiente morfogenético, para posteriormente seguir en la identificación y la cartografía de los procesos geomórficos actuantes en la geoforma definida.

- ✓ Se recopilará en diferentes fuentes (SIMMA, DESINVENTAR, POT, y otros), los registros de eventos de amenazas naturales existentes.

- ✓ A la par, se realizará un inventario de procesos morfodinámicos, con base en fotointerpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas.

- ✓ Se evaluará la información geológica de las diferentes unidades litológicas, respecto a su ambiente de formación, composición litológica, expresión morfológica y los elementos estructurales, con el fin de definir la relación con las unidades geomorfológicas a cartografiar.

- ✓ Traslado de la información interpretada a la cartografía base, debidamente georreferenciada para obtener los mapas geomorfológicos preliminares que servirán de base para la ejecución de los trabajos de campo.

- ✓ Se realizará un trabajo de campo direccionado a complementar información respecto de contrastes morfométricos, litología, geología estructural, perfiles de suelos, procesos actuales, entre otros.

- ✓ En esta fase de campo es necesario hacer énfasis en los agentes y sistemas de erosión junto con las variaciones climáticas.

- ✓ Se ajustará la cartografía geomorfológica realizada previamente de acuerdo con los datos obtenidos de campo, con el fin de elaborar modelos y perfiles geomorfológicos que acompañe las salidas cartográficas geomorfológicas, obteniendo el mapa de Subunidades Geomorfológicas con criterios geomorfogenéticos (SGC, 2012).

1.2.3.3 Resultados Verificables Geología

- ✓ Memoria técnica que contendrá la descripción, caracterización y análisis de la información geológica para fines de ordenamiento de la cuenca, de los diferentes mapas geológicos.

- ✓ Como elementos cartográficos se presentará la siguiente información debidamente espacializada y georreferenciada dentro de un SIG:

- ✓ Mapa de Geología regional con fines de ordenación de cuencas hidrográficas, en escala 1:25.000.
- ✓ Salida cartográfica de fotointerpretación para geología básica.
- ✓ Salida cartográfica de fotointerpretación para Unidades Geológicas Superficiales.
- ✓ Salida cartográfica Geológico – Geomorfológico.
- ✓ Mapa de Geología para Ingeniería a escala intermedia o de Unidades Geológicas Superficiales –UGS, en escala 1:25.000.

1.2.3.4 Resultados Verificables Geomorfología

- ✓ Memoria técnica que contendrá la descripción, caracterización y análisis de la información geomorfológica representada en los mapas geomorfológicos.
- ✓ Como salidas cartográficas se presentará la siguiente información debidamente espacializada y georreferenciada dentro de un SIG:
- ✓ Salida cartográfica producto de la fotointerpretación a escala 1:25.000 de geomorfología básica a nivel de unidades de terreno.
- ✓ Mapa de geomorfología con criterios geomorfogenéticos (Carvajal, 2012; SGC, 2012).

1.2.4 Recursos

1.2.4.1 Recursos Humanos

- ✓ Experto en aspectos geológicos y geomorfológicos (Geólogo con maestría).
- ✓ Ingeniero de apoyo (Ingeniero geólogo).
- ✓ Auxiliar en procesamiento de información.
- ✓ Conductor.
- ✓ Guías (provenientes de la zona en estudio).
- ✓ Ayudantes (provenientes de la zona en estudio).

Los recursos humanos se emplearán de acuerdo a las condiciones de campo

1.2.4.2 Recursos técnicos

- ✓ Estudios previos realizados en el área en estudio o cercana a esta.
- ✓ Mapas topográficos a diferentes escalas.
- ✓ Mapas geológicos, geomorfológicos o cualquiera otro relacionado a las temáticas en estudio.
- ✓ Fotografías aéreas disponibles de diferentes años.
- ✓ Sensores remotos: Imágenes satelitales, landsat, raster dem, imágenes de radar o cualquier otra que se encuentre disponible y se pueda adquirir para la zona en análisis.
- ✓ Bases de datos SIG.

1.2.4.3 Recursos logísticos

- ✓ Vehículo de doble tracción para visitas de campo (camioneta con platón).
- ✓ Equipo para visitas de campo: Brújula tipo alemana o Brunton, GPS, Cámara Fotográfica, Piqueta, Lupa, Ácido.
- ✓ Esclerómetro.
- ✓ Papelería y desechables.
- ✓ Estereoscopio.
- ✓ Equipos de cómputo.
- ✓ Softwares de análisis y procesamiento de información.

1.2.5 Periodo de la actividad y Duración

1.2.5.1 Cronograma de Geología, Geomorfología y UGS

Periodo de 17/08/2021 a 4/11/2021, duración 56 días.

Tabla 7. Cronograma de Geología, Geomorfología y UGS

ACTIVIDAD	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Geología	56 días	17/08/2021	4/11/2021
Etapa de Pre Campo	18 días	17/11/2021	9/12/2021
Compilación, análisis e interpretación de la información geológica obtenida por información secundaria y avalada por la autoridad Geológica Nacional, que contiene la zona de estudio.	3 días	17/11/2021	19/11/2021
Interpretación de los sensores remotos como fotografías áreas, imágenes satelitales y modelo de elevación digital del terreno y sus derivados (Mapa de pendientes, curvatura, hillshade, entre otros).	11 días	20/11/2021	3/12/2021
Generar una salida cartográfica a escala 1:25.000 que permitirá definir puntos de control de campo para la cuenca del río Mocoa.	2 días	25/11/2021	26/11/2021
Realizar una visita preliminar de campo, con el objetivo de reconocimiento del terreno y territorio, identificación de vías de acceso y disponibilidad de afloramientos para toma de muestras geológicas.	6 días	27/11/2021	3/12/2021
Etapa de Campo	6 días	6/12/2021	13/12/2021
Control de campo dirigido a la toma de muestras geológicas, con el objetivo de caracterizar las unidades geológicas previamente cartografiadas y ajustes de los contactos geológicos.	6 días	6/12/2021	13/12/2021
Toma de datos estructurales en afloramientos rocosos (Rumbo, Buzamientos, Diaclasas, Lineamientos, entre otros)	6 días	6/12/2021	13/12/2021
Etapa de Post Campo	8 días	14/12/2021	23/12/2021

ACTIVIDAD	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Generación mapa geología básica con fines de ordenamiento de la cuenca del río Mocoa a escala 1:25.000.	2 días	14/12/2021	15/12/2021
Elaboración de la memoria explicativa de la geología básica con fines de ordenamiento de cuencas	7 días	14/12/2021	22/12/2021
Elaboración del mapa preliminar de UGS para la cuenca del rio Mocoa, a partir de los mapas de geología básica y geomorfología con criterios morfogenéticos a escala 1:25.000	4 días	14/12/2021	17/12/2021
Generación de mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.	2 días	20/12/2021	21/12/2021
Planteamiento de puntos de exploración geotécnica, en zonas de alta y media susceptibilidad por movimientos en masa	2 días	22/12/2021	23/12/2021
Segunda etapa de campo	22 días	10/12/2021	11/01/2022
Análisis de la condición de las discontinuidades y los rasgos estructurales de roca.	6 días	27/12/2021	4/01/2022
Toma de muestras de sondeos manuales y trincheras	22 días	10/12/2021	11/01/2022
Segunda etapa de post campo	25 días	20/12/2021	25/01/2022
Ensayos de laboratorios	25 días	20/12/2021	25/01/2022
Análisis de resultados de laboratorio y parametrización de las unidades geológicas	5 días	14/01/2022	21/01/2022
Elaboración de memoria técnica con la descripción, caracterización y análisis de la información geológica superficial	7 días	22/01/2022	2/02/2022

ACTIVIDAD	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Elaboración para la cuenca del río Mocoa de: mapa de geología regional, fotogeología para geología básica, mapa de geología básica, fotogeología para UGS, geológico-geomorfológico y mapa de geología para ingeniería a escala intermedia o de UGS. Escala 1:25.000.	2 días	3/02/2021	4/02/2021
ACTIVIDAD	**DURACIÓN**	**COMIENZO**	**FIN**
Geomorfología	31 días	17/11/2021	28/11/2021
Etapa de Precampo	17 días	17/11/2021	8/11/2021
Compilación y análisis de la información geomorfológica obtenida a partir de información secundaria y avalada por la autoridad Geológica Nacional. (Mapas de geomorfología a escalas 1:100.000 y 1:25.000) y que contiene la zona de estudio.	3 días	17/11/2021	19/11/2021
Interpretación de los sensores remotos como imágenes satelitales y modelo de elevación digital del terreno y sus derivados (Mapa de pendientes, curvatura, hillshade, entre otros). Para la identificación de ambientes geomorfológicos y subunidades geomorfológicas.	12 días	20/11/2021	6/11/2021
Para la zona de estudio, interpretación de los sensores remotos, como aerofotografías, Google Earth, imagery e imágenes satelitales, recopiladas en el aprestamiento, con el objetivo de llevar a cabo un inventario de procesos morfodinámicos (erosión y movimientos en masa).	12 días	20/11/2021	6/12/2021
Generar una salida cartográfica preliminar a escala 1:25.000 enfocada en el control de campo	2 días	7/12/2021	8/12/2021
Etapa de Campo	7 días	9/12/2021	17/12/2021

ACTIVIDAD	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Toma de fotografías panorámicas de las subunidades interpretadas y corroboración de ambiente morfogenético	7 días	9/12/2021	17/12/2021
Caracterización de procesos morfodinámicos del tipo de movimientos en masa de tipo deslizamiento, flujo, reptación y caída de rocas, así como los principales sectores de erosión pluvial sobre laderas y erosión por socavación lateral en los cuerpos de agua	6 días	9/12/2021	16/12/2021
Etapa de Post Campo	8 días	17/12/2021	28/12/2021
Generación del mapa de subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos a escala 1:25.000.	2 días	17/12/2021	20/09/2021
Complementación del inventario de procesos morfodinámicos de la cuenca del río Mocoa	2 días	21/09/2021	22/12/2021
Elaboración de la memoria explicativa de la geomorfología con criterios morfogenéticos a escala 1: 25.000	4 días	23/12/2021	28/12/2021

1.3 Hidrogeología

1.3.1 Objetivos

1.3.1.1 Objetivo general

Identificar y caracterizar las unidades hidrogeológicas, en la zona de estudio.

1.3.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar y cartografiar unidades hidrogeológicas correspondientes a acuíferos
- ✓ Identificar y cartografiar unidades hidrogeológicas correspondientes a acuitardos

- ✓ Identificar y cartografiar unidades hidrogeológicas correspondientes a acuicludos
- ✓ Identificar y cartografiar unidades hidrogeológicas correspondientes a acuífugos
- ✓ Elaborar el plano de unidades hidrogeológicas conceptuales
- ✓ Realización del inventario de puntos de agua subterránea para estimar los usos actuales y potenciales del recurso hídrico subterráneo.
- ✓ Realización e interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales, SEV
- ✓ Determinación de líneas de flujo subterráneo regional
- ✓ Calcular la vulnerabilidad de los acuíferos por el Método GOD
- ✓ Determinar zonas de importancia hidrogeológica: zonas de recarga

1.3.2 Metodología

Con la finalidad de alcanzar el objetivo planteado, se llevará a cabo una serie de procedimientos (Figura 23. Esquema metodológico a seguir para el componente de hidrogeología.), permitiendo la ejecución y análisis de cada paso que involucra el presente trabajo de forma progresiva, organizada y eficiente. Esta metodología se realiza con base en los requerimientos para el componente de hidrogeología dados en la Guía Técnica Para la Formulación de los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS (MinAmbiente.2014), así como en el Anexo A. Diagnóstico de la misma guía. A continuación, se describe cada uno de los pasos:

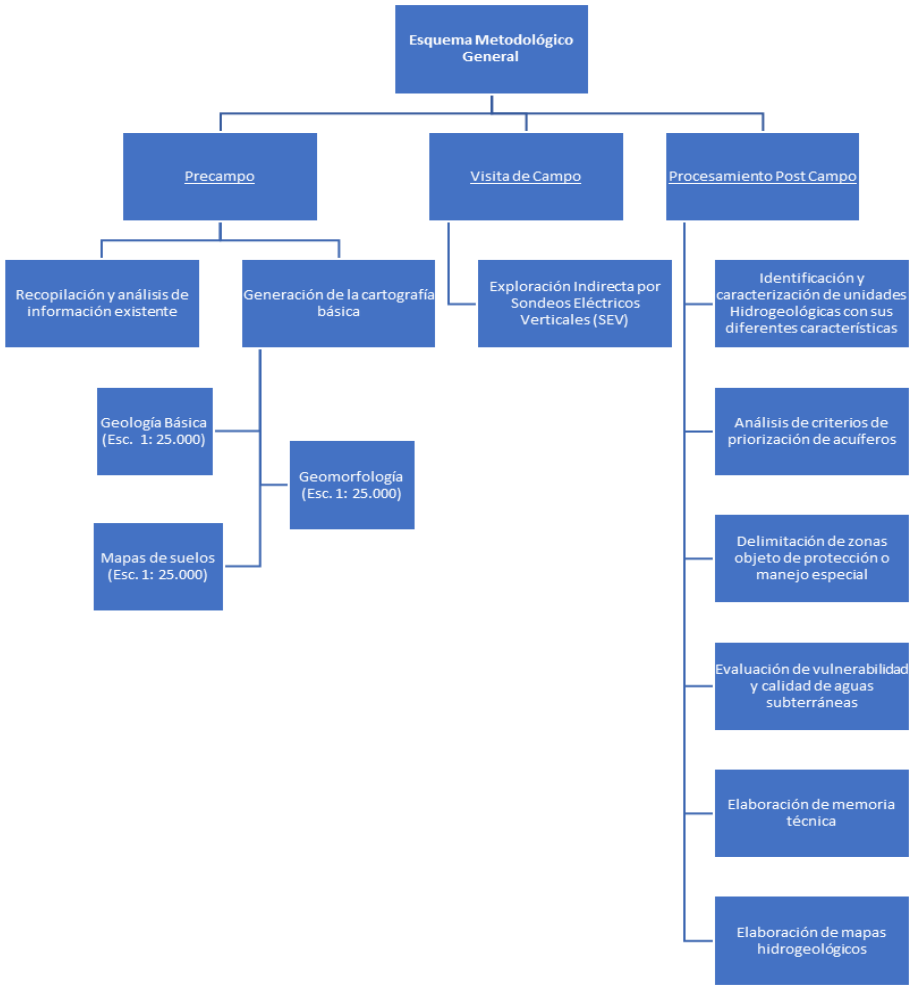


Figura 23. Esquema metodológico a seguir para el componente de hidrogeología.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.3.2.1 Fase Pre Campo

Recopilación y análisis de la información hidrogeológica de referencia existente y temática en instituciones del nivel nacional, regional o local. En el análisis situación realizado para esta cuenca, se hizo una recopilación y breve explicación detallada de toda la información que se recopiló y analizo para esta componente (documentos, mapas, estudios, entre otros). También se solicita información específica en los trámites de aguas subterráneas en la zona de estudio.

Se generará cartografía básica para el modelo hidrogeológico conceptual a escala 1:25.000, con base en la información plasmada en los mapas finales a escala 1:25.000 de: geología, geomorfología y suelos, para la zona de estudio. Esta fase requiere planos finales y memorias técnicas de los componentes de geología, geomorfología y de suelos de este estudio, ya que estos serán los insumos primarios para este componente.

1.3.2.2 Fase Campo

La fase de campo consiste en la exploración indirecta del subsuelo con base en sondeos eléctricos verticales, SEV, y/o tomografías eléctricas. Este método es planteado debido a que, es un método no invasivo, en vista que, se genera una corriente (i) de baja frecuencia mediante una batería, la cual es inyectada al subsuelo a través de dos electrodos (electrodos de corriente); la diferencia de potencial generada (ΔV), es medida mediante otros dos electrodos (electrodos de potencial). Conociendo i y ΔV, se puede calcular la resistencia aparente de cualquier material que es el objetivo del ensayo. El diseño de la ubicación de los diferentes SEV a realizar, se propone para caracterizar las unidades geológicas sedimentarias con porosidad primaria que pueden conformar acuíferos: unidades con predominio de arenitas y depósitos cuaternarios inconsolidados (Tabla 8. Propuesta de exploración hidrogeológica por medio de SEV y Figura 25. Propuestas SEV, POMCA río Mocoa).

Con base en la información recopilada en los talleres de cartografía social, se identificarán los puntos de manantiales de agua, y que históricamente sean permanentes. Para cada punto de agua se procurará establecer el nivel freático, litología de la cual emana el agua, caudal, calidad del agua y usos; estos datos se consignarán para cada punto en el Formulario Único Nacional del Inventario de Aguas Subterráneas, FUNIAS.

En las áreas donde no se encuentra información de comunidades, se verificará con el grupo de hidrología, el balance hídrico correspondiente al área.

Los contrastes en el subsuelo determinados con los SEV's, complementados con la litología de las diferentes unidades geológicas presentes, el modelo geológico estructural, la profundidad y estado de humedad del suelo y los puntos de aguas identificados por la comunidad, permitirán establecer los parámetros hidrogeológicos básicos a determinar la presencia o ausencia de materiales

saturados con agua, con base en la nomenclatura propuesta para unidades hidrogeológicas por el Servicio Geológico Colombiano SGC. Esta información se presentará en planos a escala 1:25000.

1.3.2.3 Fase post-campo

Con base en las unidades hidrogeológicas conceptuales preliminares, determinadas con base en los planos finales de geología, geomorfología y suelos, a escala 1:25.000 en la fase pre-campo de este componente, y anudado a los datos levantados en la fase de campo como son parámetros de resistividad obtenidos en la ejecución de los SEV y de la información reportada en los formatos FUNIAS, se elaborara el Mapa de Unidades Hidrogeológicas Conceptuales de la cuenca del río Mocoa a escala 1:25.000, y se realizará la memoria correspondiente.

En esta fase se determinará las direcciones de flujo regional, así como la identificación y especialización de las zonas que deben ser objeto de protección o de medidas de manejo espacial como zonas de recarga, perímetros de protección de pozos de abastecimiento humano, o zonas con mayor vulnerabilidad a la contaminación del acuífero. También se identificarán las zonas de tránsito y descarga. Se entregarán como anexos los formatos del inventario de los puntos de agua, Formato FUNIAS, diligenciados en la fase de campo.
La vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación se establecerá por el método GOD de Foster e Hirata (1991) como se muestra en la Figura 24. Esquema del Método GOD para evaluar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas. Este método está basado en la asignación de 3 valores a 3 variables que son las que nominan el acrónimo: G, tipo de acuífero, O litología de la cobertura y D distancia al agua. Estos valores se multiplican, y el valor obtenido se correlaciona con los valores de salida (vulnerabilidad).

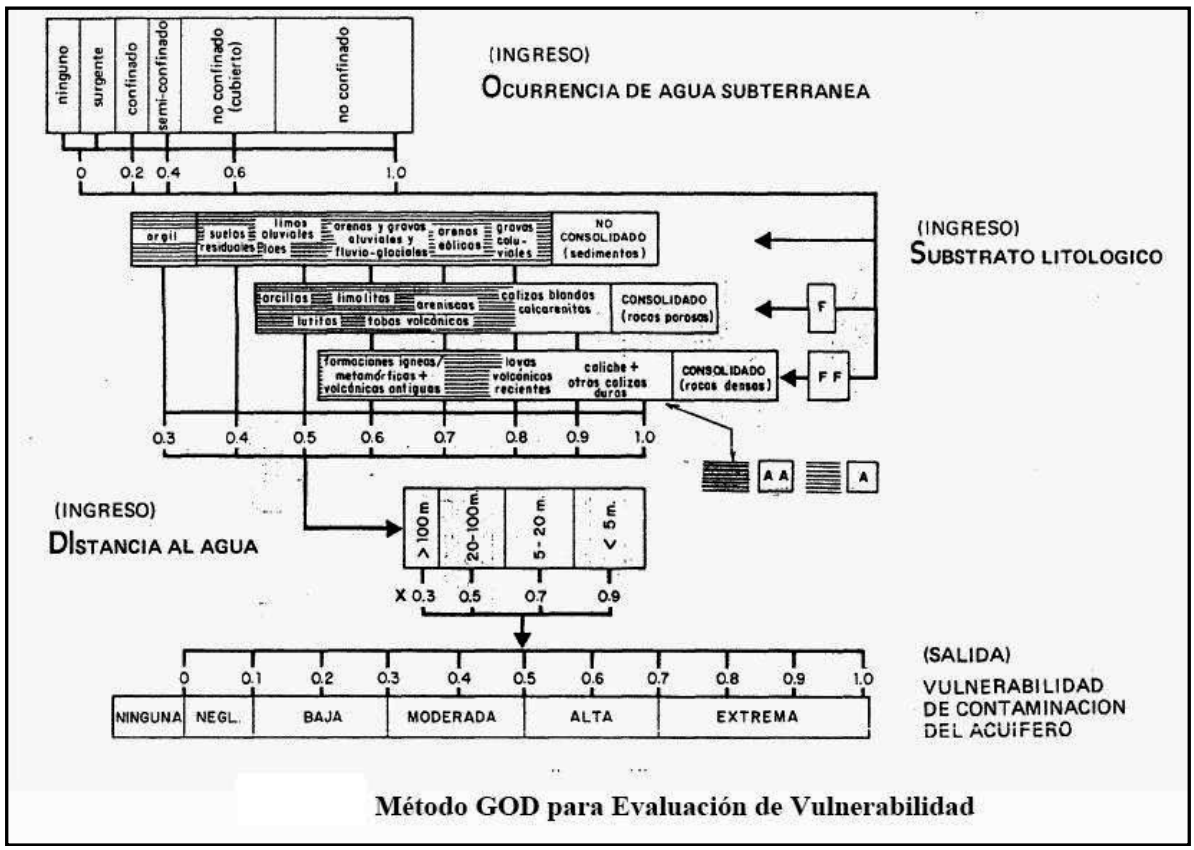


Figura 24. Esquema del Método GOD para evaluar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas.
Fuente: Foster e Hirata, 1.991.

Tabla 8. Propuesta de exploración hidrogeológica por medio de SEV

COORDENADAS DE INICIO (PI), COORDENADAS FINAL (PF), RUMBO, Y LONGITUD DE LOS SEV PROPUESTOS					
Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA					
Fecha	**SEV**	**Rumbo**	**Punto Inicial**	**Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)**	
			Punto Final	**Este**	**Norte**
24/02/2021	SEV01	65	Pi	4.605.624	1.671.702
			Pf	4.605.078	1.671.451
	SEV02	84	Pi	4.603.037	1.671.337
			Pf	4.603.634	1.671.400
25/02/2021	SEV03	98	Pi	4.601.625	1.670.620
			Pf	4.602.224	1.670.540
	SEV04	75	Pi	4.600.597	1.671.487

COORDENADAS DE INICIO (PI), COORDENADAS FINAL (PF), RUMBO, Y LONGITUD DE LOS SEV PROPUESTOS					
Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA					
Fecha	SEV	Rumbo	Punto Inicial	Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)	
			Punto Final	Este	Norte
			Pf	4.600.017	1.671.329
26/02/2021	SEV05	144	Pi	4.597.885	1.672.857
			Pf	4.598234	1.672.368
	SEV06	156	Pi	4.596.609	1.673.760
			Pf	4.596.361	1.674.306
27/02/2021	SEV07	176	Pi	4.596.819	1.675.576
			Pf	4.596.861	1.674.977
	SEV08	163	Pi	4.595.251	1.676.660
			Pf	4.595.421	1.676.083
28/02/2021	SEV09	103	Pi	4.593.965	1.677.280
			Pf	4.594.551	1.677.139
	SEV10	152	Pi	4.591.200	1.677.794
			Pf	4.591.481	1.677.262
1/03/2021	SEV11	152	Pi	4.591.127	1.677.430
			Pf	4.590.831	1.677.952
	SEV12	192	Pi	4.589.902	1.676.482
			Pf	4.590.035	1.677.069
2/03/2021	SEV13	172	Pi	4.589452	1.677.183
			Pf	4.589.362	1.677.782
	SEV14	101	Pi	4.590.163	1.678.323
			Pf	4.589.573	1.678.436
3/03/2021	SEV15	189	Pi	4.591.202	1.678.322
			Pf	4.591.298	1.678.919
	SEV16	122	Pi	4.591.365	1.678.279
			Pf	4.591.788	1.678.546
4/03/2021	SEV17	29	Pi	4.592.384	1.677.732
			Pf	4.592.681	1.678.256
	SEV18	52	Pi	4.594.787	1.677.844
			Pf	4.595.262	1.678.214
5/03/2021	SEV19	120	Pi	4.594.135	1.678.901
			Pf	4.594.656	1.678.604
	SEV20	114	Pi	4.593.640	1.680.031
			Pf	4.594.188	1.679.782
6/03/2021	SEV21	102	Pi	4.592.728	1.680.184
			Pf	4.593.320	1.680.062
	SEV22	121	Pi	4.593.325	1.681.116
			Pf	4.593.838	1.680.804
7/03/2021	SEV23	64	Pi	4.593.094	1.681.430

COORDENADAS DE INICIO (PI), COORDENADAS FINAL (PF), RUMBO, Y LONGITUD DE LOS SEV PROPUESTOS					
Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA					
Fecha	SEV	Rumbo	Punto Inicial	Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)	
			Punto Final	Este	Norte
			Pf	4.592.553	1.681.165
	SEV24	76	Pi	4.591.434	1.681.807
			Pf	4.592.017	1.681.956
8/03/2021	SEV25	119	Pi	4.594.341	1.686.179
			Pf	4.594.429	1.685.630
	SEV26	134	Pi	4.589.963	1.682.494
			Pf	4.590.395	1.682.072
9/03/2021	SEV27	2	Pi	4.594.514	1.681.127
			Pf	4.594.533	1.681.733
	SEV28	65	Pi	4.594.225	1.682.391
			Pf	4.593.686	1.682.127
10/03/2021	SEV29	134	Pi	4.592.787	1.682.618
			Pf	4.592.356	1.683.038
	SEV30	157	Pi	4.595.062	1.682.947
			Pf	4.594.465	1.683.006
11/03/2021	SEV31	118	Pi	4.591.881	1.683.943
			Pf	4.592.411	1.683.658
	SEV32	133	Pi	4.588.910	1.684.061
			Pf	4.589.346	1.683.650
12/03/2021	SEV33	37	Pi	4.589.807	1.684.552
			Pf	4.589.450	1.684.076
	SEV34	24	Pi	4.589.689	1.685.351
			Pf	4.589.441	1.684.800
13/03/2021	SEV35	129	Pi	4.590.229	1.685.121
			Pf	4590681	1.684.751
	SEV36	158	Pi	4595902	1.680.269
			Pf	4.595.677	1.680.826
14/03/2021	SEV37	120	Pi	4.595.194	1.682.453
			Pf	4.595.714	1.682.154
	SEV38	119	Pi	4.594.965	1.683.554
			Pf	4.595.489	1.683.260
15/03/2021	SEV39	125	Pi	4.590.374	1.685.325
			Pf	4.590.827	1.685.013
	SEV40	76	Pi	4.591.526	1.684.811
			Pf	4.592.108	1.684.960
16/03/2021	SEV41	93	Pi	4.592.985	1.685.262
			Pf	4.592.389	1.685.291
	SEV42	42	Pi	4.591.858	1.685.634

COORDENADAS DE INICIO (PI), COORDENADAS FINAL (PF), RUMBO, Y LONGITUD DE LOS SEV PROPUESTOS					
Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA					
Fecha	SEV	Rumbo	Punto Inicial	Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)	
			Punto Final	Este	Norte
			Pf	4.592.361	1.685.638
17/03/2021	SEV43	40	Pi	4.591.769	1.688.919
			Pf	4.592.159	1.689.380
	SEV44	95	Pi	4.591.137	1.688.851
			Pf	4.590.538	1.688.897
18/03/2021	SEV45	78	Pi	4.590.665	1.690.283
			Pf	4.591.240	1.690.412
	SEV46	38	Pi	4.591128	1.691.435
			Pf	4.590.763	1.690.957
19/03/2021	SEV47	20	Pi	4.592.125	1.691.319
			Pf	4.591.918	1.690.760
	SEV48	13	Pi	4.592.792	1.690.017
			Pf	4.592.922	1.690.606
20/03/2021	SEV49	8	Pi	4.593.471	1.690.293
			Pf	4.593.394	1.689.697
	SEV50	90	Pi	4.592.828	1.689.374
			Pf	4.593.432	1.689.371
21/03/2021	SEV51	86	Pi	4.590.824	1.692.731
			Pf	4.591.426	1.692.770
	SEV52	53	Pi	4.593.047	1.692.772
			Pf	4.593.512	1.693.121
22/03/2021	SEV53	64	Pi	4.593.527	1.691.696
			Pf	4.593.191	1.692.184
	SEV54	88	Pi	4.593.760	1.687.019
			Pf	4593214	1.687.004
23/03/2021	SEV55	38	Pi	4596505	1.693.664
			Pf	4.596.228	1.693.123
	SEV56	143	Pi	4.594.650	1.691.126
			Pf	4.595.014	1.690.646
24/03/2021	SEV57	14	Pi	4.594.338	1.688.072
			Pf	4.594.477	1.688.657
	SEV58	178	Pi	4.595.952	1.687.325
			Pf	4.595.975	1.686.708
25/03/2021	SEV59	353	Pi	4.595.859	1.687.906
			Pf	4.595.841	1.688.506

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

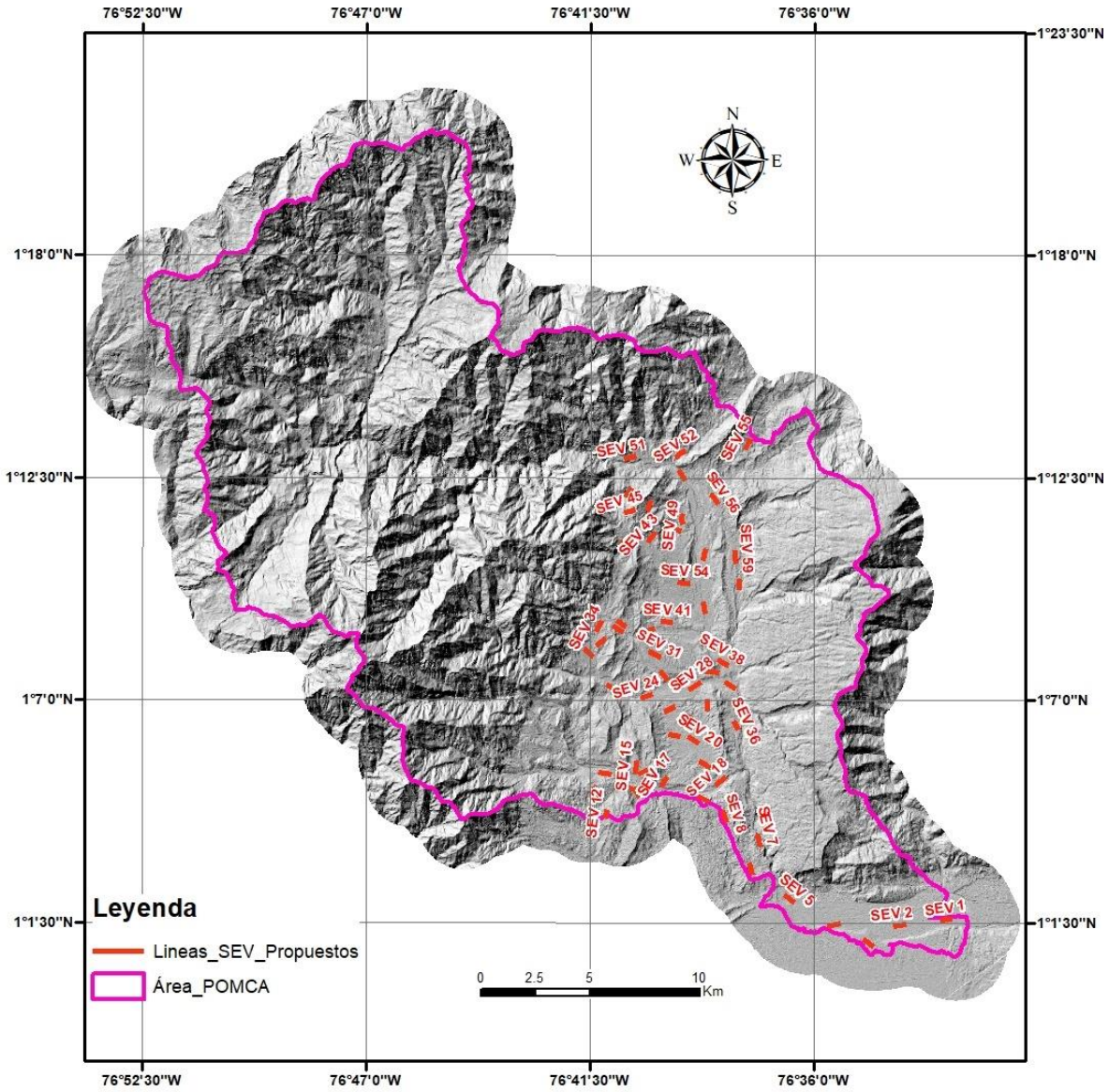


Figura 25. Propuestas SEV, POMCA río Mocoa
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.3.3 Actividades

- ✓ Con base a la geología, geomorfología y suelos a escala 1:25000 generada para el POMCA del rio Mocoa, y el análisis de la información de campo y la secundaria existente en instituciones del nivel nacional, regional o local, se identificarán y caracterizarán las unidades hidrogeológicas en la cuenca.

- ✓ Se identificarán los usos actuales del recurso hídrico subterráneo sobre la base de la información disponible (formatos FUNIAS, en el inventario de puntos de agua y el modelo hidrogeológico conceptual).

- ✓ Con los resultados del Balance Hídrico definido en el componente hidrológico del POMCA, se establecerá el caudal base en las microcuencas objeto de caracterización, para complementar la caracterización hidrogeológica, estimar las zonas de recarga y descarga dentro de la cuenca.

- ✓ Se estimará la calidad de uso de las aguas subterráneas a partir de la información disponible, estudios o investigaciones que traten este aspecto.

- ✓ Se evaluará la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación de aguas subterráneas teniendo en cuenta la información disponible y aplicando la metodología GOD.

- ✓ Se identificarán y especializaran, con base en la información analizada, las zonas que deben ser objeto de protección o de medidas de manejo especial.

- ✓ Se analizará, con base en la información existente, los criterios de priorización de acuíferos objeto de Planes de Manejo Ambiental o de Medidas de Manejo Ambiental. Éstas se convertirán en zonas prioritarias para la etapa de formulación.

- ✓ Identificar las necesidades de información y conocimiento del componente hidrogeológico con fines del posterior desarrollo del modelo hidrogeológico a validar.

1.3.4 Resultados Verificables

- ✓ Documento Técnico el cual debe contener la descripción, caracterización y análisis de la información hidrogeológica conceptual de la cuenca.

- ✓ Mapa de unidades hidrogeológicas, para fines de ordenación de cuencas hidrográficas, en escala 1:25.000.

- ✓ Mapa de zonas de importancia hidrogeológica a escala 1: 25.000.

1.3.5 Recursos

1.3.5.1 Recursos Humanos

- ✓ Experto en aspectos hidrogeológicos (Geólogo con maestría).
- ✓ Ingeniero de apoyo (Ingeniero geólogo).
- ✓ Auxiliar en procesamiento de información.
- ✓ Conductor.
- ✓ Guía (proveniente de la zona en estudio).
- ✓ Ayudante (proveniente de la zona en estudio).

1.3.5.2 Recursos técnicos

- ✓ Estudios previos realizados en el área en estudio o cercana a esta.
- ✓ Mapas topográficos a diferentes escalas.
- ✓ Mapas hidrogeológicos, geológicos, geomorfológicos o cualquiera otro relacionado a las temáticas en estudio.
- ✓ Sensores remotos: Imágenes satelitales, landsat, raster dem, imágenes de radar o cualquier otra que se encuentre disponible y se pueda adquirir para la zona en análisis.
- ✓ Bases de datos SIG.

1.3.5.3 Recursos logísticos

- ✓ Papelería y desechables.
- ✓ Equipos de cómputo.

- ✓ Softwares de análisis y procesamiento de información.

1.3.6 Periodo de la actividad y Duración

1.3.6.1 Cronograma de Hidrogeología

Periodo de 20/09/2021 a 7/01/2022, duración 76 días.

Tabla 9. Cronograma de Hidrogeología

ACTIVIDAD	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Hidrogeología	76d	20/11/21	7/03/22
Identificar y caracterizar unidades geológicas que puedan conformar sistemas acuíferos.	7d	20/11/21	28/11/21
Levantamiento de información geofísica – SEV en campo	22d	29/11/21	29/12/21
Análisis de información geofísica y de inventario de puntos de agua disponible	35d	5/12/21	25/01/22
Caracterizar las unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio	15d	26/01/22	17/02/22
Estimar los usos actuales y usos potenciales del recurso hídrico subterráneo (información secundaria)	8d	26/01/22	7/02/22
Estimación de la oferta hídrica subterránea	8d	9/02/22	20/02/22
Estimar la calidad de las aguas subterráneas. (Información secundaria).	8d	5/02/22	14/02/22

ACTIVIDAD	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación de aguas subterráneas	8d	20/02/22	29/02/22
Identificar y espacializar zonas que deben ser objeto de protección o medidas de manejo especial	2d	30/02/22	31/02/22
Elaboración documento técnico con la descripción, caracterización y análisis de información hidrogeológica.	7d	30/02/22	7/03/22

1.4 Hidrología

Se identificará la zona de influencia de la cuenca objeto de estudios, estaciones hidrométricas e hidrológicas, análisis de datos y pruebas de homogeneidad, esto con el fin de presentar las salidas gráficas de mapas climatológicos e hidrográficos.

- ✓ Se presentará la línea base del proyecto, así como los objetivos principales y secundarios de los estudios realizados.

- ✓ Se identificará la localización general del sitio de estudio.

- ✓ Se incluirán los estudios climatológicos, en los cuales, como primera medida, se presentará la caracterización y localización geográfica de la red hidrometeorológica existente en el área de estudio. Posterior a esto, se realizará el tratamiento de los datos climatológicos teniendo en cuenta la Guía de Prácticas Hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011). Y finalmente, se incluirá la caracterización temporal y espacial a nivel mensual y anual multianual, para los diferentes parámetros existentes en la zona de estudio.

- ✓ Se realizará la identificación de las cuencas aferentes a la zona de estudio, y se presentará la caracterización morfométrica e hidrográfica de cada una de ellas.
- ✓ Se mostrará la caracterización de cobertura y uso del suelo, para las cuencas en estudio.
- ✓ Se presentará el estudio hidrológico realizado a través de modelos.
- ✓ Se presentarán los indicadores y el rendimiento hídrico.

1.4.1 Actividades pre – campo

1.4.1.1 Caracterización morfométrica e hidrográfica de las cuencas aferentes a la zona de estudio.

En cuanto a la hidrografía, se sectorizó la cuenca en unidades hidrográficas nivel III.

Teniendo en cuenta el conjunto de datos vectoriales de ríos, quebradas, divisorias de agua y curvas de nivel, que actualmente se cuenta de información de cartografía base, la cuenca del río Mocoa presenta una subdivisión de veintitrés (23) unidades hidrográficas, las cuales de igual manera han sido establecidas y confirmadas por CORPOAMAZONÍA[1]. En la Figura 26. Mapa de las 23 unidades hidrográficas de nivel II y III en la cuenca del río Mocoa, establecidas por CORPOAMAZONÍA se muestra la subdivisión objeto de estudio.

[1] La sectorización de 23 unidades hidrográficas corresponde a la división de la cuenca del río Mocoa realizada por CORPOAMAZONÍA, para su reporte ante el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) del IDEAM.

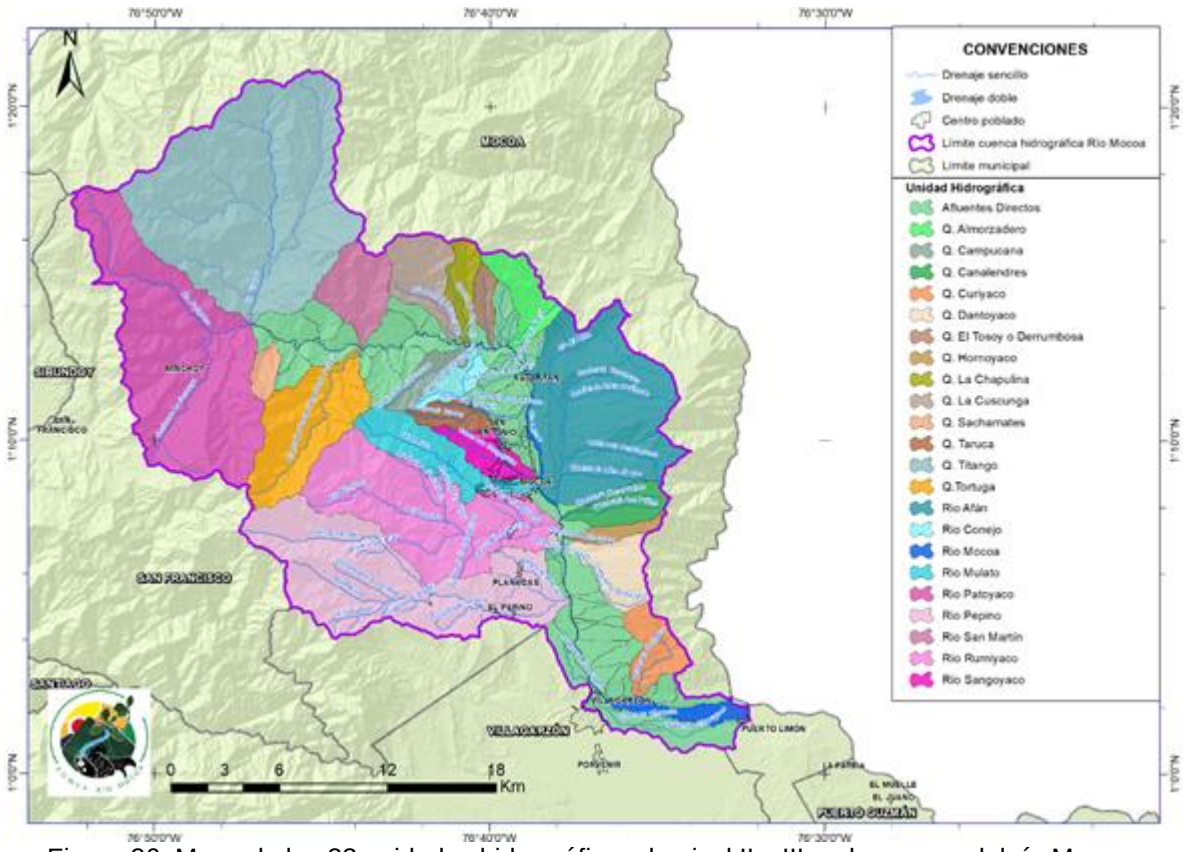


Figura 26. Mapa de las 23 unidades hidrográficas de nivel II y III en la cuenca del río Mocoa, establecidas por CORPOAMAZONÍA

Fuente: Adaptado de CORPOAMAZONÍA, 2021

Se evaluarán las características morfométricas e hidrográficas de las cuencas, inicialmente, se describe la codificación utilizada para la clasificación de las cuencas la cual se basarán en la Figura 27. Codificación de unidades hidrográficas.

Figura 27. Codificación de unidades hidrográficas.
Fuente: Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia – IDEAM.

La codificación usada para las unidades hidrográficas de la cuenca del río Mocoa se sustenta en el artículo del IDEAM “zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia”, el cual se basa en la zonificación de unidades hidrográficas de Colombia que parte de una división mayor en áreas hidrográficas que se asocian a grandes vertientes separando la cuenca Magdalena - Cauca de la vertiente Caribe por su importancia política y socioeconómica. Estas a su vez se dividen en unidades de menor jerarquía, zonas y subzonas, que permiten implementar las directrices de gestión y planificación ambiental del territorio.

A partir de las veintitrés (23) unidades hidrográficas entregadas por CORPOAMAZONIA, se verificó el trazado hidrográfico y se delimitaron quince (15) unidades hidrográficas adicionales. En la Figura 28. Mapa de codificación de las 38 unidades hidrográficas de nivel III. se puede observar la codificación usada en las unidades hidrográficas. Esta delimitación adicional se realiza con el fin de cuantificar la escorrentía superficial en los centros poblados y las confluencias requeridas para la modelación hidrológica.

Cabe aclarar que la sectorización hidrográfica con fines hidrológicos es diferente a la sectorización trabajada en el componente de calidad del agua, lo anterior, debido a que los criterios establecidos para definir los puntos de monitoreo y muestreo son:

- ✓ Fuente abastecedora de acueductos.
- ✓ Fuente receptora de vertimientos.
- ✓ Afluentes directos al río Mocoa.
- ✓ Fuente potencialmente abastecedora de acueductos.

Por lo tanto, desde el punto de vista de calidad del agua, la sectorización de las veintitrés (23) unidades hidrográficas cumple con los requisitos del componente. En el capítulo **1.5.3 Calidad de Agua y Gestión del Recurso Hídrico** se expone con mayor detalle lo presentado anteriormente.

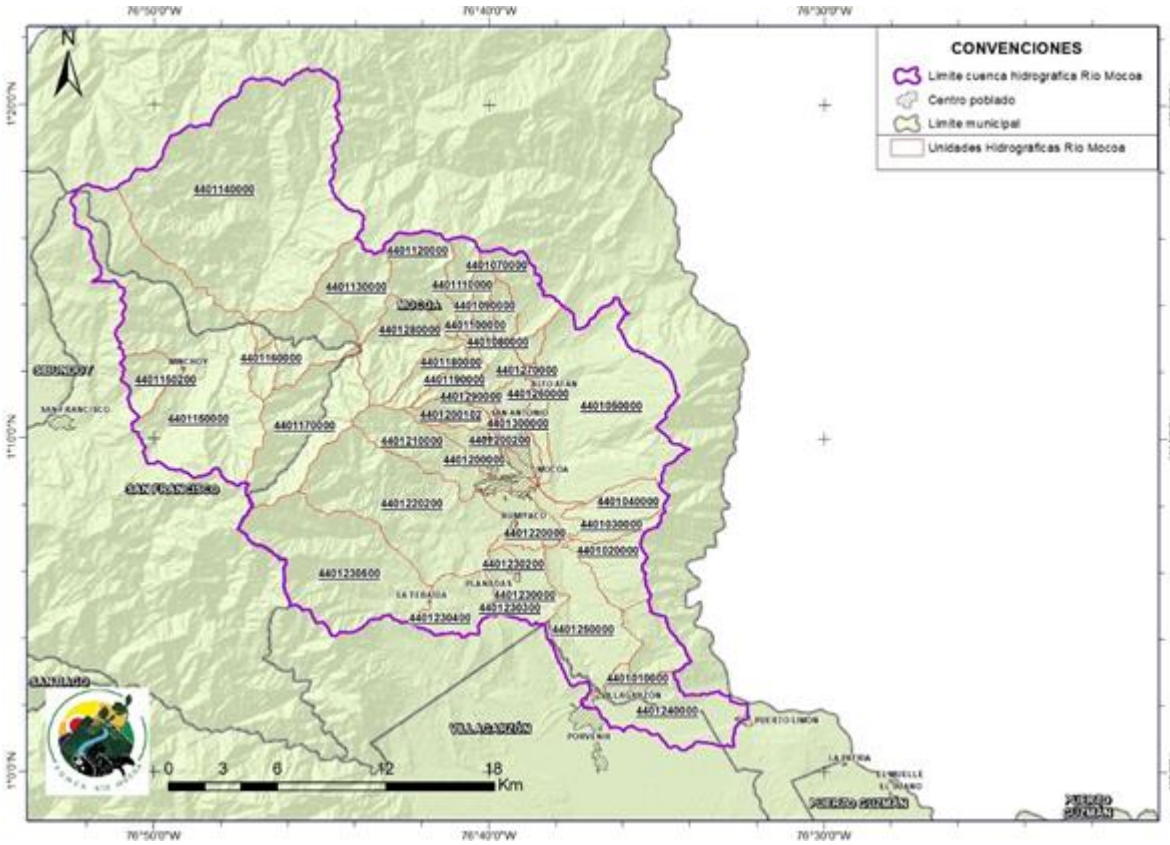


Figura 28. Mapa de codificación de las 38 unidades hidrográficas de nivel III.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.4.1.1.1 Cálculo de Parámetros Morfométricos e Hidrográficos

Con base en la información proporcionada por el IGAC se determinarán las características geométricas de las unidades hidrográficas existentes en la zona de estudio, como respuesta a eventos de precipitación extrema en términos de escorrentía superficial.

Como bien se estableció, las treinta y ocho (38) unidades hidrográficas definidas en la zona de estudio serán codificadas con la metodología del IDEAM.

Para los estudios de hidrografía se presentará el cálculo de características morfométricas tales como: área, perímetro, longitud de cauce, longitud axial, ancho medio, cota máxima y mínima, factor de forma, índice de altimetría, coeficiente de compacidad, pendiente ponderada, pendiente media de la unidad hidrográfica, índice de alargamiento, elevación media y densidad de drenaje.

Por otra parte, se plantea una visita para determinar la desembocadura de algunos drenajes. Así también, sobre el área del casco urbano de Villagarzón, se desarrollará un recorrido sobre la quebrada Tabaco para ajustar la delimitación final de cuenca del río Mocoa.

Atendiendo las observaciones y recomendaciones dadas por los profesionales en Sistemas de Información Geográfica del equipo interventor y supervisor del POMCA del río Mocoa, se desarrollarán trabajos de campo para establecer ajustes a los límites de la cuenca en estudio sobre el área del casco urbano de Puerto Limón.

Adicionalmente, teniendo en cuenta las características del suelo y cobertura natural desarrolladas por el equipo de profesionales del componente ecosistémico, se determinará el suelo hidrológico teniendo en cuenta los suelos que son menos susceptibles a la escorrentía superficial (Suelo Tipo A), a los suelos los cuales son más susceptibles (Suelo Tipo D); y se le asignará el valor de Número de Curva (CN) a cada unidad hidrográfica.

- **Jerarquización del drenaje**

Tomando como referencia el conjunto de datos vectoriales de las fuentes hídricas, provenientes de la cartografía base del IGAC a escala 1:25.000, en la Tabla 10. Orden de drenaje se relaciona el nombre del cuerpo de agua de mayor jerarquía con su respectivo orden de drenaje para cada una de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Mocoa. La Jerarquización sigue los lineamientos descritos en el libro Hidrología en la Ingeniería de Monsalve, (1995), en el cual las corrientes de primer orden corresponden a pequeños canales que no tienen tributarios, las de segundo orden corresponden a dos corrientes de primer orden que se unen, las de tercer orden cuando dos de segundo orden se unen y así sucesivamente.

Tabla 10. Orden de drenaje

CÓDIGO	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	ORDEN
4401010000	Río Mocoa	Quebrada Curiyaco	Quebrada Curiyaco	3
4401020000	Río Mocoa	Quebrada Dantayaco	Quebrada Dantayaco	3
4401030000	Río Mocoa	Quebrada Hornoyaco	Quebrada Hornoyaco	2
4401040000	Río Mocoa	Quebrada Las Pailas	Quebrada Las Pailas	4
4401050000	Río Mocoa	Rio Afán	Río Afán	5
4401060000	Río Mocoa	Quebrada El Paujil	Quebrada El Paujil	2
4401070000	Río Mocoa	Quebrada El Almorzadero	Quebrada El Almorzadero	4
4401080000	Río Mocoa	Quebrada Piedra Lisa	Quebrada Piedra Lisa	3
4401090000	Río Mocoa	Quebrada El Tosoy o Derrumbosa	Quebrada El Tosoy o Derrumbosa	3
4401100000	Río Mocoa	Alta Alto Caquetá	Alta Alto Caquetá	2
4401110000	Río Mocoa	Quebrada Chapulin	Quebrada Chapulin	3
4401120000	Río Mocoa	Quebrada La Cuscunga	Quebrada La Cuscunga	4
4401130000	Río Mocoa	Quebrada San Martín	Quebrada San Martín	4
4401140000	Río Mocoa	Río Titango	Río Titango	5
4401150000	Río Mocoa	Río Patoyaco	Río Patoyaco	5

CÓDIGO	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	ORDEN
4401160000	Río Mocoa	Quebrada Sachamates	Quebrada Sachamates	3
4401170000	Río Mocoa	Quebrada Tortuga	Quebrada Tortuga	4
4401180000	Río Mocoa	Quebrada Campucana	Quebrada Campucana	3
4401190000	Río Mocoa	Río Conejo	Río Conejo	3
4401200000	Río Mocoa	Río Sangoyaco	Río Sangoyaco	4
4401210000	Río Mocoa	Río Mulato	Río Mulato	4
4401220000	Río Mocoa	Río Rumiyaco	Río Rumiyaco	5
4401230000	Río Mocoa	Río Pepino	Río Pepino	5
4401240000	Río Mocoa	H Puerto Limón	H Puerto Limón	6
4401250000	Río Mocoa	H Villagarzón	H Villagarzón	6
4401260000	Río Mocoa	H CP Mocoa 2	H CP Mocoa 2	6
4401270000	Río Mocoa	H Alto Afán	H Alto Afán	6
4401280000	Río Mocoa	H Pueblo Viejo	H Pueblo Viejo	6
4401290000	Río Mocoa	H San Antonio 2	H San Antonio 2	3
4401300000	Río Mocoa	H CP Mocoa	H CP Mocoa	6
4401150200	Río Mocoa	Río Patoyaco	H Minchoy	3
4401200200	Río Mocoa	Río Sangoyaco	Quebrada Taruca	3
4401220200	Río Mocoa	Río Rumiyaco	H CP Rumiyaco	5
4401230200	Río Mocoa	Río Pepino	H Planadas	3
4401230300	Río Mocoa	Río Pepino	H El Pepino	5
4401230400	Río Mocoa	Río Pepino	H Brisas del Sol	5
4401230500	Río Mocoa	Río Pepino	H La Tebaida	5

CÓDIGO	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	ORDEN
4401200102	Río Mocoa	Quebrada Taruca	H San Antonio	3

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Esta jerarquización de las corrientes principales fue posible de realizar posterior a la jerarquización de las corrientes de la cuenca como se puede observar en la Figura 29. Mapa de orden de las corrientes.

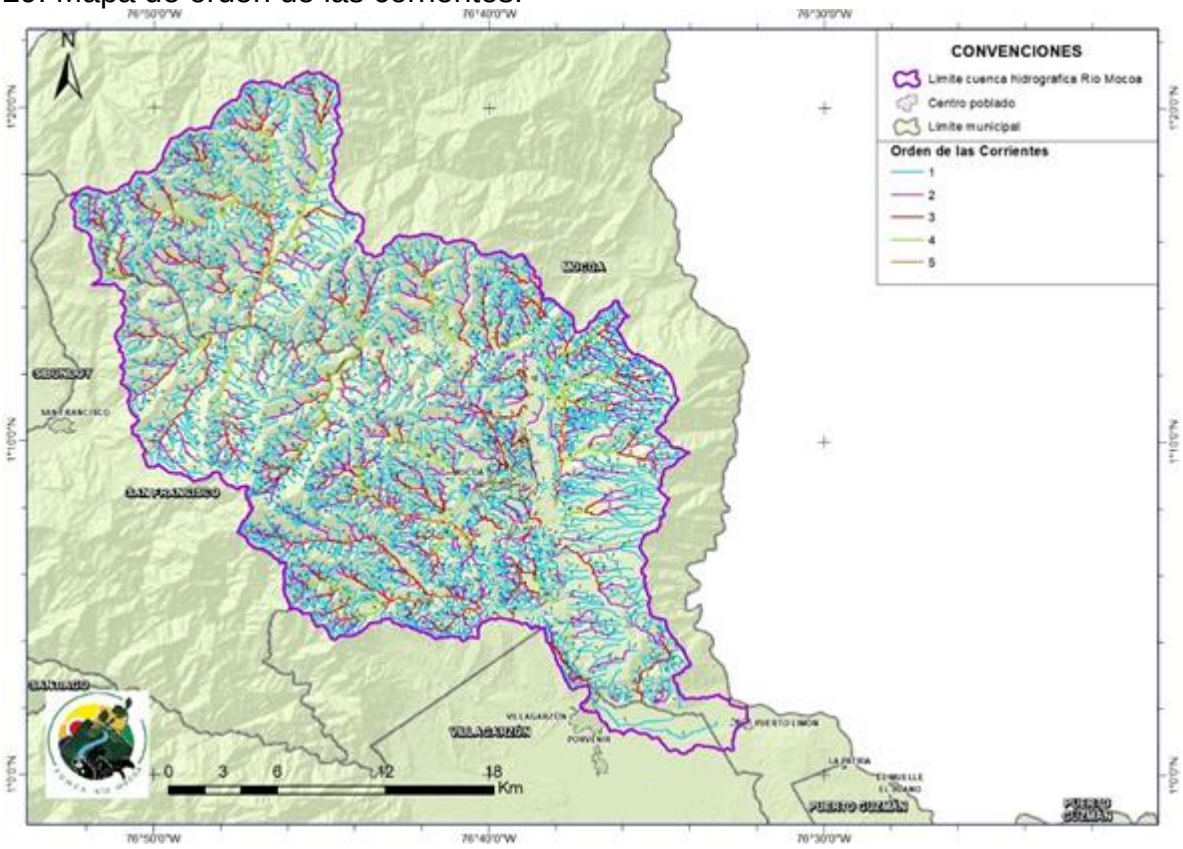


Figura 29. Mapa de orden de las corrientes.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Sobre la identificación y ajuste de los drenajes, se realizarán los siguientes análisis:

✓ Patrón de Alineamiento o Índice de Sinuosidad

- ✓ Análisis de patrones de Drenaje
- ✓ Densidad de Drenaje

1.4.1.2 Recopilación, caracterización y localización geográfica de la red meteorológica existente en el área de estudio.

Esta actividad se adelantó en el documento del **Producto 4. Recopilación y análisis de la información disponible**, en conclusión, dentro del límite hidrográfico de la cuenca del río Mocoa, se cuenta con 6 estaciones meteorológicas, las cuales se localizan dentro de las unidades hidrográficas de 4401150000 – río Patoyaco, 4401200000 – río Sangoyaco, 4401180000 – quebrada Campucana, 4401240000 – H. Puerto Limón y 4401230400 – H. Brisas del Sol; con las cuales se puede evaluar la climatología e hidrología. Cabe mencionar, que las estaciones hidrométricas se encuentran por fuera de los límites de la cuenca del río Mocoa.

1.4.1.3 Tratamiento de la información climatológica

La información climatológica recopilada es del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, y que está referida a los datos de los siguientes parámetros: precipitación total, precipitación máxima en 24 horas, temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima, brillo solar; velocidad del viento, dirección del viento, humedad relativa, nubosidad, radiación solar y estimación de la evapotranspiración potencial, a nivel mensual y anual para la zona de estudio.

1.4.1.4 Análisis temporal y espacial (histogramas e isolíneas) a nivel mensual y anual multianual, para los diferentes parámetros existentes en la zona de estudio.

1.4.1.4.1 Precipitación

Se utilizará para el tratamiento de datos de precipitación registros con datos continuos en el periodo de registro comprendido entre el año 1990 y 2020 (31 años), tiempo en el cual la mayoría de las estaciones incluían información de precipitación total. Posterior a esto, se contabilizó los datos de cada estación, y de acuerdo con la Guía de Prácticas Climatológicas de la Organización de Meteorología Mundial (2011), se descartaron las estaciones con una cantidad de datos faltantes mayor al 20%; seleccionando para la zona de estudio 10 estaciones.

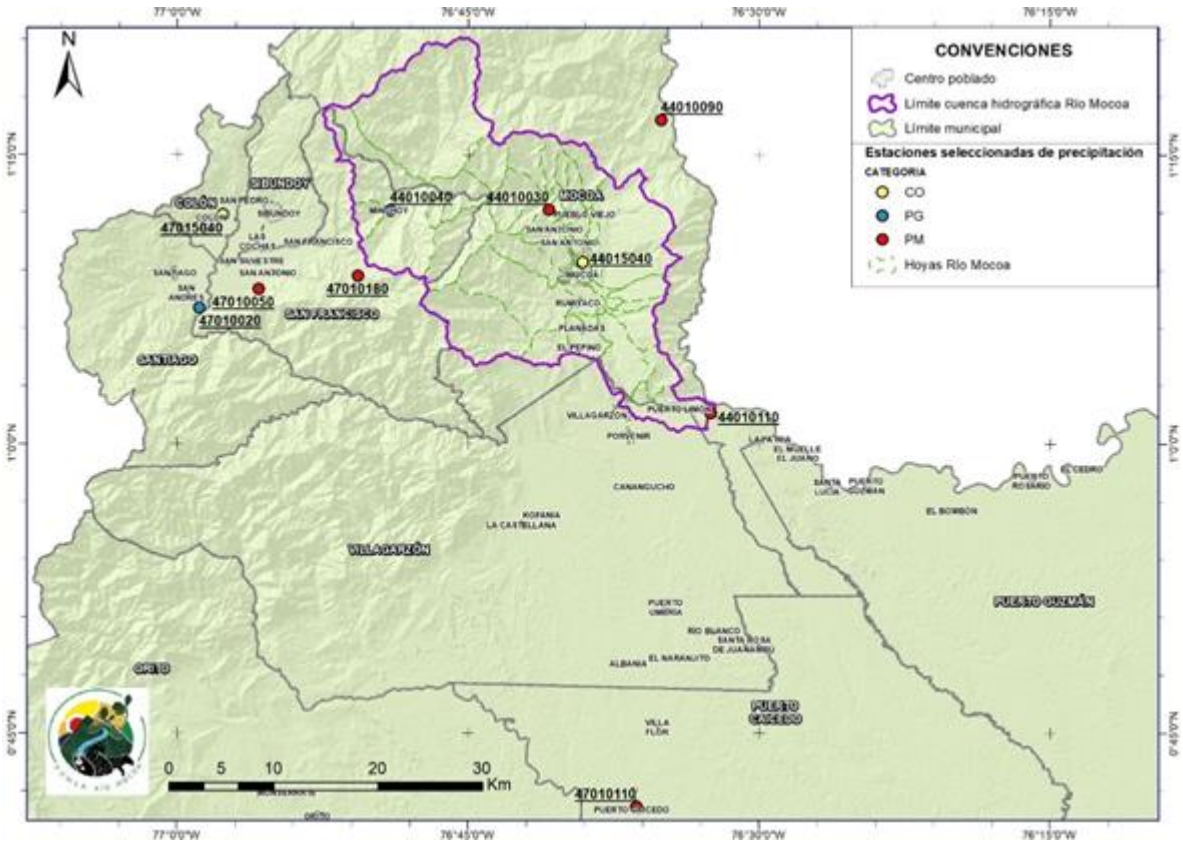


Figura 30. Localización estaciones seleccionadas.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Tabla 11. Características generales estaciones seleccionadas (1990-2020).

Código de la estación	TE	Nombre de la estación	Corriente	Departamento	Parámetros Medidos	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Estado	Año de Instalación
44010090	PM	CONDAGUA	Guaitara	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.281	-76.584	500	ACT	15/04/1981
47010050	PM	CHUNGACASPI	Mocoa	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.134	-76.930	2100	ACT	15/05/1971
47015040	CO	MICHOACAN	San Pedro	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Colón	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977

4401 0030	PM	CAMPUCANA	Pasto	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.203	-76.681	1400	ACT	15/11/1977
4401 0040	PG	MINCHOY	Pasto	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.202	-76.817	2300	ACT	15/11/1977
4401 0110	PM	PUERTO LIMON	Guaitara	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.027	-76.542	430	ACT	15/09/1984
4401 5060	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT	Hacha	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006
4701 0180	PM	TORRE TV SAN FCO	Lag Guamuez	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.145	-76.845	3000	ACT	15/01/1979
4701 0110	PM	PUERTO CAICEDO	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Caicedo	0.686	-76.605	300	ACT	15/01/1978
4701 0020	PG	BALSAYACO	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Santiago	1.118	-76.981	270	ACT	15/03/1959

Fuente: IDEAM, 2021.

- **Análisis temporal – histogramas**

Con el fin de identificar el comportamiento de la precipitación total en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas para cada una de las estaciones seleccionadas. Se determinarán los valores promedio de precipitación total a nivel mensual multianual para el periodo de registro seleccionado (1990-2020) y se elaborarán los histogramas de las estaciones seleccionadas.

- **Análisis espacial – isoyetas**

Una vez analizadas las estaciones medidoras de precipitación en la zona de estudio, se trazarán las isoyetas a nivel mensual y anual multianual para el periodo de registro seleccionado (1990-2020). Estas isoyetas serán elaboradas, teniendo en cuenta la condición topográfica de la zona y la información secundaría analizada. Para esto se utilizará el método geoestadístico de interpolación Kriging, el cual es el método más adecuado cuando hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos.

- **Análisis de eventos extremos de precipitación (ajuste a distribuciones probabilísticas de precipitación máxima en 24 horas)**

Una vez identificadas las estaciones de precipitación representativas de la zona de interés se realizará el análisis de eventos extremos, teniendo en cuenta la información de precipitación máxima en 24 horas para cada una de las estaciones seleccionadas, en el periodo de registro seleccionado (1990-2020).

Para el cálculo de la precipitación máxima en 24 horas, para diferentes periodos de retorno entre 2 y 500 años, se ajustarán los datos históricos a las distribuciones probabilísticas Normal, Gumbel, Pearson Tipo III, Log – Pearson Tipo III, Log – Normal y EV3, a través de métodos estadísticos convencionales, de acuerdo con (Vargas & Díaz - Granados, 1998).

Para los estudios estadísticos, se seguirá la metodología de Chow, en la que expresa que los análisis de frecuencias de variables hidrológicas y adicionalmente, para cada distribución probabilística se aplicará la prueba de Chi – Cuadrado, con el fin de identificar cual es la distribución que mejor ajusta los datos en cada una de las estaciones.

- **Curvas intensidad – duración – frecuencia – IDF**

De acuerdo con (U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program, 2008), y a falta de datos históricos de lluvias para pluviógrafos en el área del proyecto, se calcularán las curvas intensidad - duración - frecuencia teniendo en cuenta esta metodología. De acuerdo con la Figura 31. Regiones definidas en la (U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program, 2008), la zona de estudio se encuentra localizada en la Región 1, definida por (U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program, 2008), cuyos parámetros a, b, c y d son iguales a 0.94, 0.18, 0.66 y 0.83, respectivamente.

Figura 31. Regiones definidas en la (U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program, 2008)
Fuente: (U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program, 2008).

De esta forma se calcularán las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF), para las estaciones seleccionadas y para periodos de retorno entre 2 y 100 años.

1.4.1.4.2 Temperatura

Al igual que para la precipitación, se recolectó la información de estaciones con datos de temperatura, encontrando que, para la zona de estudio existen 6 estaciones medidoras de temperatura.

Se seleccionó un periodo de registro de 16 años, tomando los valores de temperatura desde el año 2005 hasta el año 2020, y contabilizando los datos a nivel mensual de cada estación, se descartaron un total de 2 estaciones, las cuales tenían más del 20% de datos faltantes dentro del periodo de registro seleccionado.

En la Tabla 12. Características generales estaciones seleccionadas (2005-2020). se presentan las características generales de las estaciones seleccionadas para el análisis de la temperatura. De igual forma, en la Figura 32. Localización general estaciones seleccionadas para datos de temperatura. se presenta la localización de las 4 estaciones, con datos de temperatura, presentes en la zona de estudio.

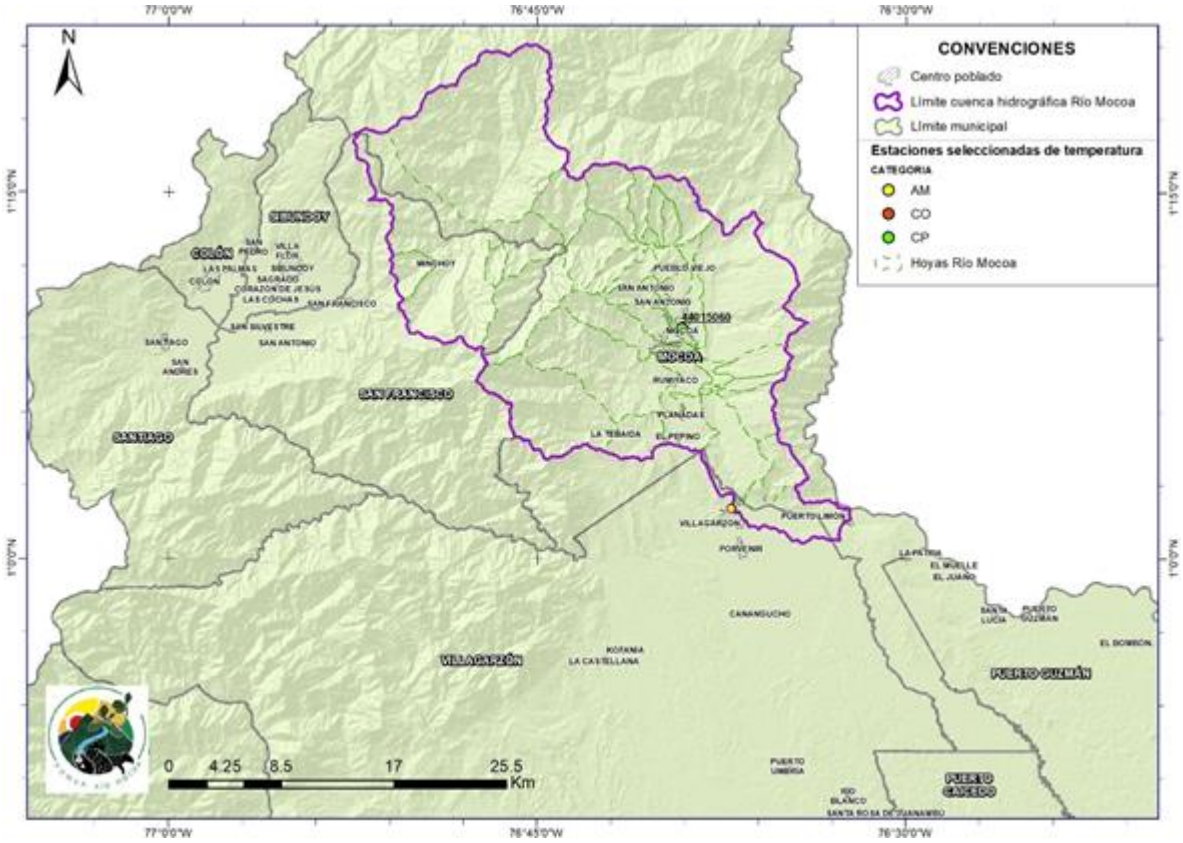


Figura 32. Localización general estaciones seleccionadas para datos de temperatura.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Tabla 12. Características generales estaciones seleccionadas (2005-2020).

No.	TE	NOMBRE	CODIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	VARIABLE DE ESTUDIO	LAT	LON	ELEV. (msnm)	ESTADO	FECHA INST.	FECHA SUSP.
1	CO	PUERTO UMBRIA	47015070	Putumayo	Villagarzón	Temperatura Máxima,	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	

						Media y Mínima						
2	CO	MICHOACAN	47015040	Putumayo	Colón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
3	AM	VILLAGARZON	44015010	Putumayo	Villagarzón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
4	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT	44015060	Putumayo	Mocoa	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	

Fuente: IDEAM, 2021.Análisis temporal – histogramas

Con el fin de identificar el comportamiento de la temperatura máxima, media y mínima, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas para cada una de las estaciones seleccionadas a partir de la información de los valores máximos, medios y mínimos de temperatura a nivel mensual.

- **Análisis espacial – isotermas**

La temperatura del aire depende principalmente de la elevación del terreno y es el relieve el que se constituye en un factor modificador del clima de mayor importancia, sobre todo en la zona intertropical, por lo que los distintos tipos climáticos están relacionados principalmente con la altitud relativa determinada por ese relieve, razón por la cual, para el análisis espacial de este parámetro, se graficarán los valores de temperatura con respecto a la elevación de la estación que los midió, y con una línea de tendencia lineal se obtendrá un gradiente de temperatura, representativo para la zona de estudio. El procedimiento se realizará para los parámetros de temperatura máxima, media y mínima, a nivel mensual y anual multianual.

Una vez analizadas las estaciones en la zona de estudio, se trazarán las isotermas, calculadas a partir del gradiente de temperatura obtenido con las estaciones medidoras de este parámetro, y con el modelo digital de terreno con tamaño de píxel de 12.5 x 12.5 metros, tomado del satélite ALOS PALSAR. Teniendo la ecuación del gradiente y con la información del modelo digital de

terreno, con la ayuda de la herramienta “Map Algebra” de ArcGIS, se realizarán las isotermas a nivel mensual y anual.

1.4.1.4.3 Evaporación

Este parámetro se define como el proceso por el cual el agua líquida pasa al estado de vapor en condiciones naturales. Para la zona de estudio se seleccionarán cinco estaciones medidoras de este parámetro.

- **Análisis temporal – histogramas**

Con el fin de identificar el comportamiento de la evaporación, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas, teniendo en cuenta la información de cada una de las 5 estaciones seleccionadas.

En la Tabla 13. Características generales estaciones seleccionadas para evaporación.se presentan las estaciones seleccionadas para el análisis de la evaporación.

Tabla 13. Características generales estaciones seleccionadas para evaporación.

Código de la estación	TE	Nombre de la estación	Corriente	Depto.	Parámetros Medidos	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Estado	Año de Instalación	Año de Suspensión
47015030	CO	SIBUNDOY [1]	Siguinchica	Putumayo	Evaporación	Sibundoy	1.183	-76.917	2100	SUS	15/10/1957	15/08/1996
47015070	CO	PUERTO UMBRIA [2]	Putumayo	Putumayo	Evaporación	Villagarzón	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	
47015040	CO	MICHOACAN [3]	San Pedro	Putumayo	Evaporación	Colón	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
44015010	AM	VILLAGARZON [4]	Guaitara	Putumayo	Evaporación	Villagarzón	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
44015060	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT [5]	Hacha	Putumayo	Evaporación	Mocoa	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	

Notas: (1) Periodo de Registro: 1976-1996
(2) Periodo de Registro: 1985-2012

(3) Periodo de Registro: 1997-2019
(4) Periodo de Registro: 1985-2006
(5) Periodo de Registro: 1986-2019

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

- **Análisis espacial – isolíneas**

Una vez analizadas las estaciones medidoras de evaporación en la zona de estudio, se trazarán las isolíneas de este parámetro. Estas isolíneas serán elaboradas mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) por sus siglas en ingles. El método de interpolación IDW utiliza los promedios de los valores de entrada. El resultado de los valores de las celdas, jamás superarán los límites máximos y mínimos establecidos en los puntos de entrada del análisis.

Al definir una potencia alta, mayor será el énfasis sobre los puntos más cercanos y el resultado de la superficie será más detallado (pero menos suavizado). Especificando una potencia menor, se les dará una mayor importancia a los puntos más distantes y por tanto la superficie resultante será más suave.

Como resultado, se presentarán las isolíneas de evaporación a nivel anual y a nivel mensual.

1.4.1.4.4 Evapotranspiración Potencial

Este parámetro se define como la pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

Para la determinación de este fenómeno se ejecutan usualmente estudios en dos sentidos: elaboración de fórmulas teórico-empíricas (métodos de estimación) y elaboración de aparatos y métodos de medida.

En este caso para el cálculo de este parámetro se utilizará el método de estimación de Thornthwaite, el cual consiste en la correlación de datos de evapotranspiración

potencial medida en evapotranspirómetros localizados en unidades hidrológicas, con datos de temperatura media mensual y longitud del día.

- **Análisis temporal – histogramas**

Con el fin de identificar el comportamiento de la evapotranspiración potencial, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas, teniendo en cuenta la información de temperatura media para cada una de las estaciones seleccionadas. En la Tabla 14. Características generales estaciones seleccionadas para evapotranspiración potencial. se presentan las estaciones de temperatura seleccionadas para realizar el análisis de la evapotranspiración potencial en el periodo de registro seleccionado (2005-2020).

Tabla 14. Características generales estaciones seleccionadas para evapotranspiración potencial.

No.	TE	NOMBRE	CODIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	VARIABLE DE ESTUDIO	LAT	LON	ELEV. (msnm)	ESTADO	FECHA INST.	FECHA SUSP.
1	CO	PUERTO UMBRIA [1]	47015070	Putumayo	Villagarzón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	
2	CO	MICHOACAN [2]	47015040	Putumayo	Colón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
3	AM	VILLAGARZON [3]	44015010	Putumayo	Villagarzón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
4	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT [4]	44015060	Putumayo	Mocoa	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	

Notas: (1) Periodo de Registro: 1985-2012
(2) Periodo de Registro: 1997-2019
(3) Periodo de Registro: 1985-2006
(4) Periodo de Registro: 1986-2019

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

- **Análisis espacial – isolíneas**

Teniendo en cuenta las isolíneas de temperatura media, y con ayuda de la herramienta “Map Algebra” de ArcGIS, se realizarán las isolíneas de evapotranspiración potencial corregida, a nivel mensual y anual multianual.

1.4.1.4.5 Brillo Solar

Este parámetro representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer. El total de horas de brillo solar de un lugar es uno de los factores que determinan el clima de la zona de estudio.

- **Análisis temporal – histogramas**

Con el fin de identificar el comportamiento del brillo solar, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas, teniendo en cuenta la información de este parámetro disponible en las estaciones climatológicas seleccionadas.

En la Tabla 15. Características generales estaciones seleccionadas para brillo solar. se presentan las estaciones seleccionadas para realizar el análisis de brillo solar.

Tabla 15. Características generales estaciones seleccionadas para brillo solar.

Código de la estación	TE	Nombre de la estación	Corriente	Depto.	Parámetros Medidos	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Estado	Año de Instalación	Año de Suspensión
47015030	CO	SIBUNDOY [1]	Siguinchica	Putumayo	Brillo solar	Sibundoy	1.183	-76.917	2100	SUS	15/10/1957	15/08/1996
47015070	CO	PUERTO UMBRIA [2]	Putumayo	Putumayo	Brillo solar	Villagarzón	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	
47015040	CO	MICHOACAN [3]	San Pedro	Putumayo	Brillo solar	Colón	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
47015090	CO	LA PRIMAVERA [4]	Mocoa	Putumayo	Brillo solar	Sibundoy	1.168	-76.933	267	SUS	15/09/1983	3/02/2014
44015010	AM	VILLAGARZON [5]	Guaitara	Putumayo	Brillo solar	Villagarzón	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	

44015060	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT [6]	Hacha	Putumayo	Brillo solar	Mocoa	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	
47015010	CO	LA MENTA [7]	Siguinchica	Putumayo	Brillo solar	Sibundoy	1.183	-76.933	267	SUS	15/10/1968	15/11/1982
52045030	CO	SAN BERNARDO [8]	Juanambu	Nariño	Brillo solar	San Bernardo	1.539	-77.033	2190	ACT	15/09/1972	

Notas:
(1) Periodo de Registro: 1978-1996
(2) Periodo de Registro: 1986-2020
(3) Periodo de Registro: 1978-2019
(4) Periodo de Registro: 1984-2014
(5) Periodo de Registro: 1979-2019
(6) Periodo de Registro: 1985-2019
(7) Periodo de Registro: 1978-1982
(8) Periodo de Registro: 1990-2020

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

- **Análisis espacial – isolíneas**

Una vez analizadas las estaciones medidoras de brillo solar en la zona de estudio, se trazarán las isolíneas de este parámetro. Estas isolíneas serán elaboradas mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) por sus siglas en inglés.

1.4.1.4.6 Velocidad y Dirección del Viento

La velocidad del viento mide la componente horizontal del desplazamiento del aire en un punto y en un instante determinado. Y la dirección mide la componente horizontal de la velocidad del viento. Es importante tener en cuenta que la dirección nos indica de dónde viene el viento.

Tres estaciones de las seleccionadas para la zona de estudio presentan datos de velocidad y dirección del viento, con estas estaciones seleccionadas se procederá a realizar el análisis temporal y el análisis espacial.

➢ Análisis temporal – histogramas

Con el fin de identificar el comportamiento de la velocidad y dirección del viento, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas, teniendo en cuenta la información existente de este parámetro para las estaciones seleccionadas.

En la Tabla 16. Características generales estaciones seleccionadas para velocidad y dirección del viento. se presentan las estaciones seleccionadas para realizar el análisis de velocidad y dirección del viento.

Tabla 16. Características generales estaciones seleccionadas para velocidad y dirección del viento.

Código de la estación	TE	Nombre de la estación	Corriente	Depto.	Parámetros Medidos	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Estado	Año de Instalación	Año de Suspensión
47015030	CO	SIBUNDOY [1]	Siguinchica	Putumayo	Velocidad y dirección del viento	Sibundoy	1.183	-76.917	2100	SUS	15/10/1957	15/08/1996
44015010	AM	VILLAGARZON [2]	Guaitara	Putumayo	Velocidad y dirección del viento	Villagarzón	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
47015100	CP	EL ENCANTO [3]	Guamues	Nariño	Velocidad y dirección del viento	Pasto	1.160	-77.161	2830	ACT	15/09/1984	

Notas: (1) Periodo de Registro: 1983-1996
(2) Periodo de Registro: 1981-2002
(3) Periodo de Registro: 1990-2012

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

➢ Análisis espacial – vectores

Una vez analizadas las estaciones medidoras de velocidad y dirección del viento en la zona de estudio, se trazarán los vectores de este parámetro. Para la elaboración de estos vectores se realizará inicialmente una interpolación de mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) por sus siglas en inglés.

El método de interpolación IDW se usará para crear los archivos tipo ráster de los parámetros de dirección y velocidad del viento a nivel mensual y anual multianual, posteriormente se creará una red de puntos mediante la herramienta “Create Fishnet” con un ancho y una altura de 500 x 500, finalmente, con esta red de puntos, con los rásters de dirección y velocidad del viento y con la herramienta “Extract Multi Values to Points” se le agregarán valores de dirección y velocidad a cada punto de la red. Para finalmente crear los vectores donde el módulo es la velocidad del viento y la dirección es la dirección del viento.

1.4.1.4.7 Humedad Relativa

Este parámetro representa una proporción, expresada en porcentaje, de la cantidad de humedad atmosférica presente en relación con la cantidad que estaría presente si el aire estuviera saturado, es uno de los factores que determinan el clima de la zona de estudio.

- **Análisis temporal – histogramas**

Con el fin de identificar el comportamiento de la humedad relativa, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas, teniendo en cuenta la información de este parámetro disponible en las estaciones climatológicas seleccionadas.

En la Tabla 17. Características generales estaciones seleccionadas para humedad relativa. se presentan las estaciones seleccionadas para realizar el análisis de humedad relativa.

Tabla 17. Características generales estaciones seleccionadas para humedad relativa.

Código de la estación	TE	Nombre de la estación	Corriente	Depto.	Parámetros Medidos	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Estado	Año de Instalación	Año de Suspensión
47015030	CO	SIBUNDOY [1]	Siguinchica	Putumayo	Humedad relativa	Sibundoy	1.183	-76.917	2100	SUS	15/10/1957	15/08/1996
47015070	CO	PUERTO UMBRIA [2]	Putumayo	Putumayo	Humedad relativa	Villagarzón	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	

47015040	CO	MICHOACAN [3]	San Pedro	Putumayo	Humedad relativa	Colón	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
47015090	CO	LA PRIMAVERA [4]	Mocoa	Putumayo	Humedad relativa	Sibundoy	1.168	-76.933	267	SUS	15/09/1983	3/02/2014
44015010	AM	VILLAGARZON [5]	Guaitara	Putumayo	Humedad relativa	Villagarzón	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
44015060	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT [6]	Hacha	Putumayo	Humedad relativa	Mocoa	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	
52045030	CO	SAN BERNARDO [7]	Juanambu	Nariño	Humedad relativa	San Bernardo	1.539	-77.033	2190	ACT	15/09/1972	

Notas:
(1) Periodo de Registro: 1990-1996
(2) Periodo de Registro: 1990-2020
(3) Periodo de Registro: 1990-2019
(4) Periodo de Registro: 1990-2014
(5) Periodo de Registro: 1990-2019
(6) Periodo de Registro: 1990-2020
(7) Periodo de Registro: 1990-2020

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

- **Análisis espacial – isolíneas**

Una vez analizadas las estaciones medidoras de humedad relativa en la zona de estudio, se trazarán las isolíneas de este parámetro y serán elaboradas mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted).

1.4.1.4.8 Nubosidad

Este parámetro representa la fracción o porcentaje del cielo que está cubierto por nubes, lo cual implica que el sol se encuentra oculto a la vista de un observador, esta se expresa en octas y corresponde a octavos de la bóveda celeste.

- **Análisis temporal – histogramas**

Con el fin de identificar el comportamiento de la nubosidad, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas, teniendo en cuenta la información de este parámetro disponible en las estaciones climatológicas

seleccionadas. En la Tabla 18. Características generales estaciones seleccionadas para nubosidad. se presentan las estaciones seleccionadas para realizar el análisis de nubosidad.

Tabla 18. Características generales estaciones seleccionadas para nubosidad.

Código de la estación	TE	Nombre de la estación	Corriente	Depto.	Parámetros Medidos	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Estado	Año de Instalación	Año de Suspensión
47015070	CO	PUERTO UMBRIA [1]	Putumayo	Putumayo	Nubosidad	Villagarzón	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	
47015040	CO	MICHOACAN [2]	San Pedro	Putumayo	Nubosidad	Colón	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
47015090	CO	LA PRIMAVERA [3]	Mocoa	Putumayo	Nubosidad	Sibundoy	1.168	-76.933	267	SUS	15/09/1983	3/02/2014
44015010	AM	VILLAGARZON [4]	Guaitara	Putumayo	Nubosidad	Villagarzón	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
44015060	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT [5]	Hacha	Putumayo	Nubosidad	Mocoa	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	
52045030	CO	SAN BERNARDO [6]	Juanambu	Nariño	Nubosidad	San Bernardo	1.539	-77.033	2190	ACT	15/09/1972	

Notas:
(1) Periodo de Registro: 1995-2020
(2) Periodo de Registro: 1995-2019
(3) Periodo de Registro: 1996-2014
(4) Periodo de Registro: 1995-2019
(5) Periodo de Registro: 1995-2019
(6) Periodo de Registro: 1995-2020

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

- **Análisis espacial – isolíneas**

Una vez analizadas las estaciones medidoras de nubosidad en la zona de estudio, se trazarán las isolíneas de este parámetro. Estas isolíneas serán elaboradas mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) por sus siglas en inglés y se presentarán los mapas de isolíneas de Nubosidad a nivel anual y mensual multianual.

1.4.1.4.9 Radiación Solar

Este parámetro representa la energía que emite el sol, se propaga en todas las direcciones y es recibida en la tierra por unidad de superficie.

- **Análisis temporal – histogramas**

Con el fin de identificar el comportamiento de la radiación solar, en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollarán los histogramas, teniendo en cuenta la información de este parámetro disponible en las estaciones climatológicas seleccionadas.

En la Tabla 19. Características generales estaciones seleccionadas para radiación solar. Se presentan los valores de radiación solar a nivel mensual multianual y se presentarán los histogramas de cada una de las estaciones.

Tabla 19. Características generales estaciones seleccionadas para radiación solar.

Código de la estación	TE	Nombre de la estación	Corriente	Depto.	Parámetros Medidos	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Estado	Año de Instalación	Año de Suspensión
44015060	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT [1]	Hacha	Putumayo	Radiación solar	Mocoa	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	
44015070	CP	EL PEPINO - AUT [2]	Guaitara	Putumayo	Radiación solar	Mocoa	1.083	-76.667	760	ACT	11/11/2005	
52055210	CP	BOTANA - AUT [3]	Ay Botanilla	Nariño	Radiación solar	Pasto	1.160	-77.279	2820	ACT	1/03/2004	
44015010	CO	UNIVERSIDAD DE NARIÑO - AUT [4]	Juanambu	Nariño	Radiación solar	Pasto	1.230	-77.280	2626	ACT	13/04/2004	

Notas:
(1) Periodo de Registro: 2011-2016
(2) Periodo de Registro: 2005-2016
(3) Periodo de Registro: 2005-2016
(4) Periodo de Registro: 2016-2018

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

- **Análisis espacial – isolíneas**

Una vez analizadas las estaciones medidoras de radiación solar en la zona de estudio, se trazarán las isolíneas de este parámetro. Estas isolíneas serán elaboradas mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) por sus siglas en inglés y se presentarán los mapas de isolíneas de radiación solar a nivel anual y mensual multianual.

1.4.1.5 Zonificación Climática según Caldas – Lang

Para la clasificación de las cuencas en ordenación se aplicarán los lineamientos de la metodología estándar para Colombia de Caldas-Lang, la cual clasifica el clima de las cuencas dependiendo de la temperatura media anual (°C) y de la precipitación anual (mm), datos que serán calculados de acuerdo a los lineamientos mencionados anteriormente y se clasificará en diferentes pisos térmicos dependiendo de la altura y la temperatura media de cada cuenca del río Mocoa.

Se presentarán los mapas de clasificación anual de los pisos térmicos y la clasificación climática de Lang, los cuales representan la relación entre la precipitación y la temperatura y se presentarán los mapas a nivel anual y mensual multianual.

1.4.1.6 Índice de Aridez

Se calculará para modificar las curvas de relación entre la profundidad de la precipitación y las áreas de drenaje (curvas de masas de aguaceros), con el fin de obtener los hietogramas de lluvia puntual de aguaceros intensos típicos en la zona de estudio, los cuales son un insumo para el cálculo de caudales medios por el método del hidrograma unitario de escorrentía superficial del SCS.

1.4.1.7 Tiempos de Concentración

Técnicamente, se define este último como el tiempo de concentración, TC, el cual es el tiempo requerido para que la escorrentía superficial llegue al punto bajo consideración desde la parte más apartada del área de drenaje.

De acuerdo con (Sáenz, 1999) y (Chow, Handbook of Applied Hydrology, 1984) para el tiempo de concentración, Tc, se analizarán con las fórmulas de Fórmula de Kirpich, la Ecuación de Témez, Ecuación de Giandotti, la Ecuación de V.T. Chow, la Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, la Ecuación de Williams, la Ecuación de Johnstone y Cross, la Ecuación de SCS – Ranser, la Ecuación de Ventura – Heras y la Ecuación de Hathaway.

1.4.1.7.1 Actividad en campo

En la delimitación clara de la cuenca y sus unidades hidrográficas, según la cartografía revisada en el documento del **Producto 4. Recopilación y análisis de la información disponible**, se observó la necesidad de verificar en campo los siguientes sectores para la adecuada delimitación de la cuenca y sus unidades hidrográficas:

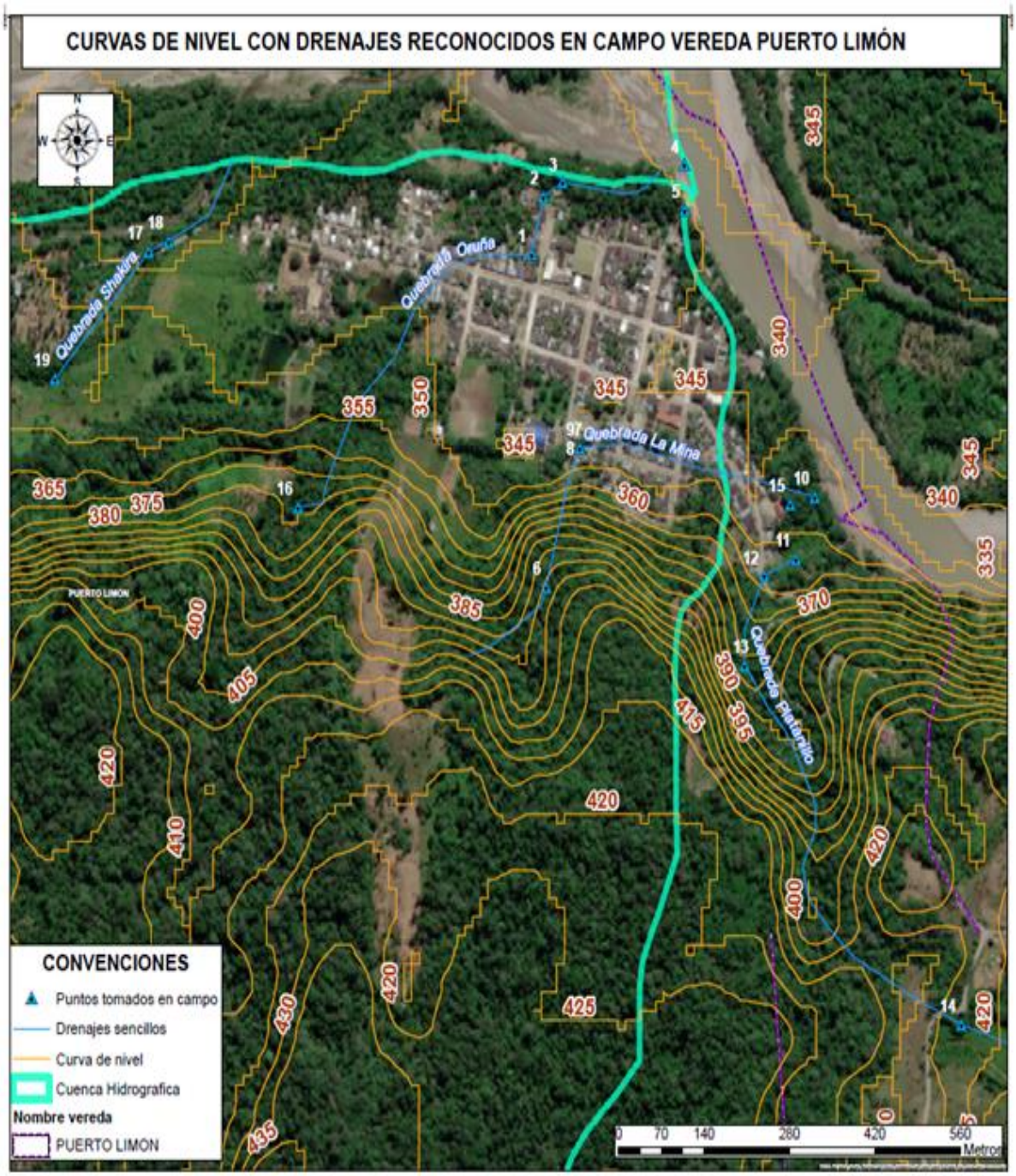


Figura 33. Curvas de nivel cada 5 m, con los drenajes reconocidos en campo en la vereda Puerto Limón.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Figura 34. Reconocimiento de trabajo de campo en la vereda Puerto Limón.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

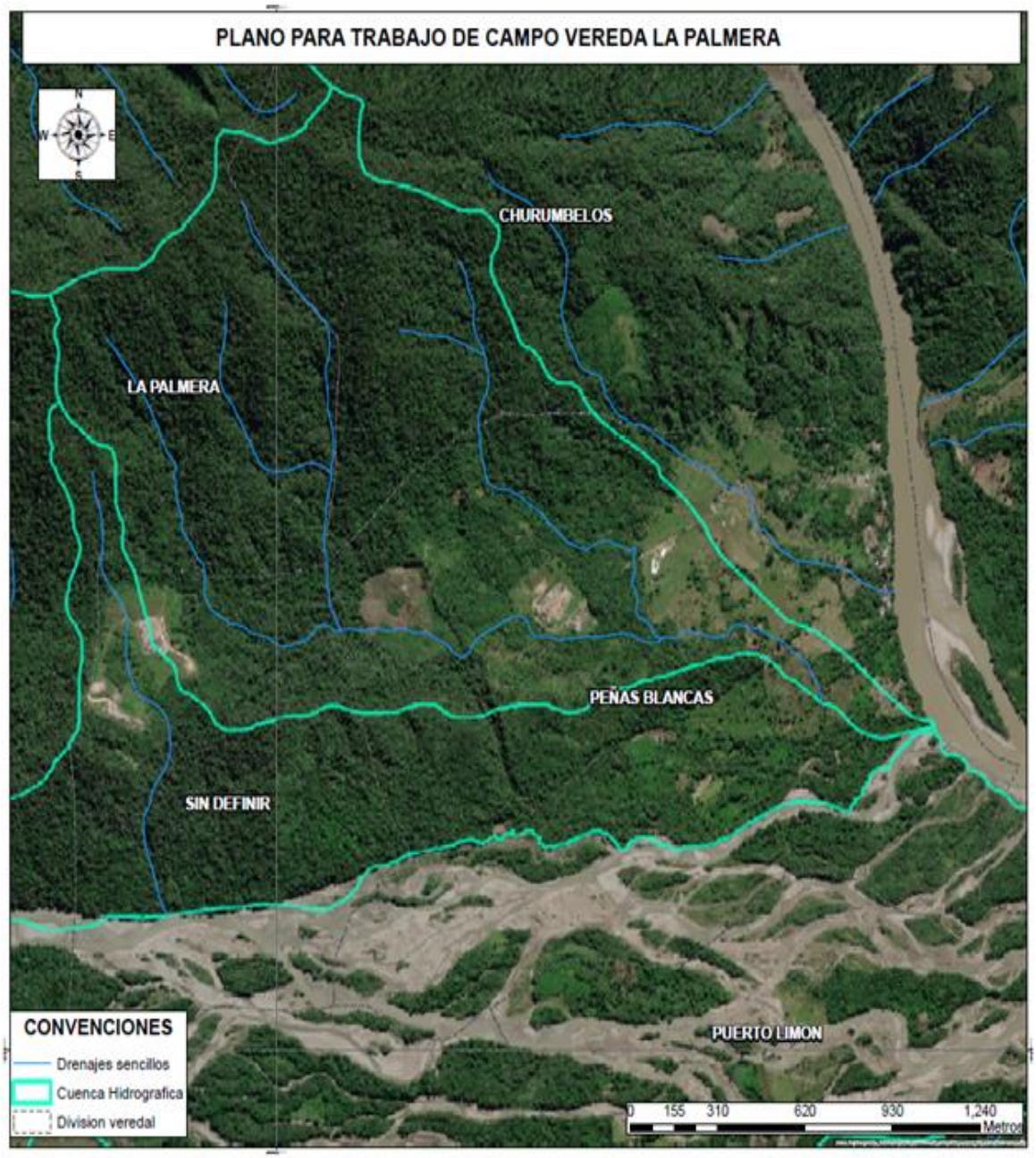


Figura 35. Plano del trabajo de campo en la vereda La Palmera.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

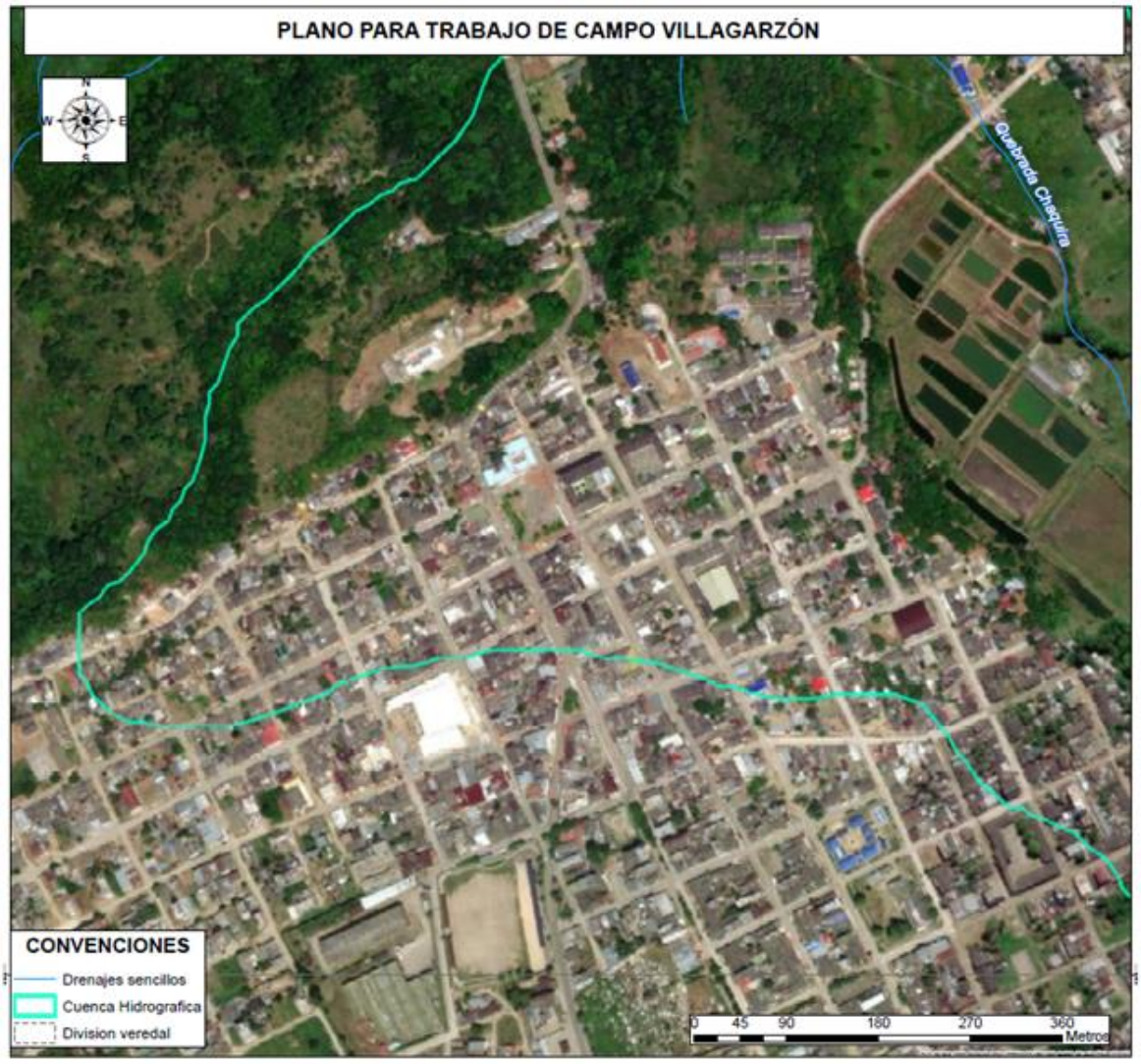


Figura 36. Plano del trabajo de campo en la cabecera municipal de Villagarzón.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Adicionalmente, se realizará la toma de datos de caudales, actividad que será articulada con la campaña de calidad del agua, en donde se tomarán caudales en época seca o en el caso de la Amazonía, de menores lluvias y en época de precipitaciones altas.

1.4.1.7.2 Actividad en campo

Con toda la información evaluada y verificada tanto por tratamiento de datos como en campo, se realizará el estudio hidrológico, el cual estará enfocado en la estimación de caudales máximos, medios y mínimos para las unidades hidrográficas de la zona en estudio definidas. Ante la falta de estaciones hidrométricas puntuales en el área de interés, se realizarán modelos lluvia escorrentía con el fin de determinar:

- ✓ Caudales máximos para diferentes periodos de retorno entre 2 y 100 años.
- ✓ Caudales medios a nivel diario para la construcción de curvas de duración de caudales medios diarios.
- ✓ Caudales mínimos mensuales.

1.4.1.8 Influencia de la Precipitación en cada una de las Cuencas

Como primera medida, se analizará la influencia que tienen las estaciones seleccionadas con datos de precipitación, en cada una de las cuencas. Dichas estaciones serán analizadas y se determinará la influencia mediante la construcción de polígonos de Thiessen. De acuerdo con (Sáenz, 1999) y (Chow, Handbook of Applied Hydrology, 1984), este método se puede utilizar para una distribución no uniforme, las áreas de influencia se determinan en mapas de la zona en los que se muestren la localización de las estaciones, uniendo dichos puntos de localización por medio de líneas rectas, y enseguida trazando las mediatrices de estas rectas, formando polígonos. Los lados de los polígonos son el límite de las áreas de influencia de cada estación.

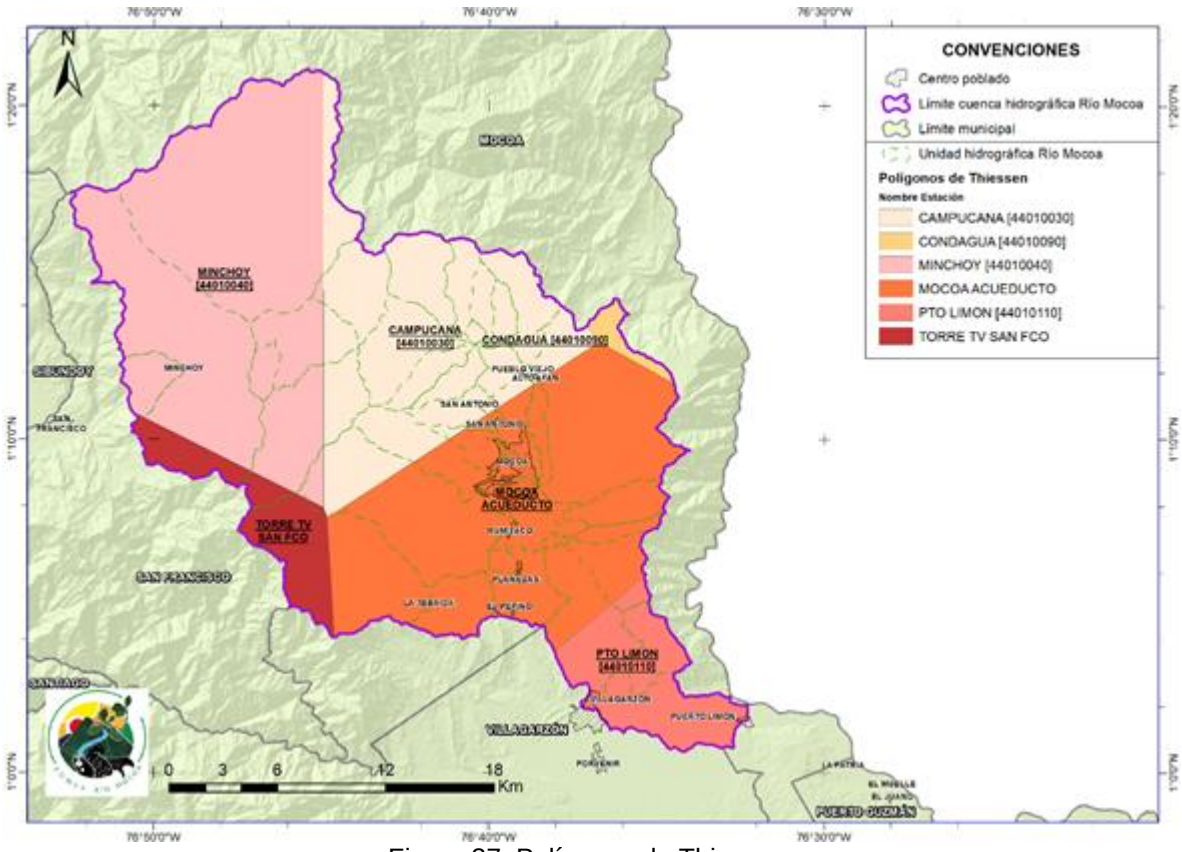


Figura 37. Polígonos de Thiessen.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.4.1.9 Cálculo de Caudales

1.4.1.9.1 Cálculo de Caudales Máximos

Se empleará el método del hidrograma unitario del SCS y el modelo hidrológico HEC-HMS. Como un primer paso, se determinarán las áreas de drenaje y sus características geométricas por medio de la información cartográfica, adicionalmente, las lluvias de corta duración, correspondientes a aguaceros intensos y se calcularán las más típicas posibles a la zona de estudio.

1.4.1.9.2 Cálculo de Caudales Medios

Debido a que no hay estaciones puntuales en los sitios de interés del presente estudio, se realizará la estimación de caudales medios mediante un modelo lluvia escorrentía.

Los modelos lluvia escorrentía son empleados para modelar el ciclo hidrológico y obtener diferentes elementos de este a partir de los datos conocidos. En estos modelos se representan los fenómenos que van ocurriendo durante el ciclo. Estos modelos lluvia escorrentía se deben hacer preferentemente para largos periodos de tiempo y que incluyan temporadas secas y húmedas, en los casos que se quieran conocer los caudales para largos periodos.

En este caso, para la estimación de los caudales medios se empleará el software HEC-HMS en su versión 4.8, utilizando la metodología de pérdidas conocida como “Continuos Soil Moisture Accounting (SMA)”.

1.4.1.9.3 Cálculo de Caudales Mínimos

Los caudales mínimos mensuales se calcularán a partir de los resultados del modelo lluvia escorrentía con la metodología del SMA mediante el programa computacional HEC-HMS para las unidades hidrográficas en estudio.

Estos caudales se obtendrán tomando los caudales medios calculados mediante el modelo lluvia escorrentía para todo el periodo analizado, de 1990 a 2020. La transformación de caudales medios a caudales mínimos se realizará mediante la metodología propuesta en (Instituto Nacional de Vías, INVIAS, 2009), donde se realizó la regionalización de caudales para todo Colombia.

Esta regionalización se basó en 16 regiones para el país, encontrando que la región a la que pertenece la cuenca del río Mocoa es la región de Amazonas.

1.4.1.9.4 Estimación de Caudales Ambientales

En todos los proyectos donde se intervenga un cuerpo de agua se debe tener en cuenta, debido a normatividad ambiental, un caudal ecológico, el cual corresponde al mínimo caudal que deberá fluir sobre el cauce, y el cual no podrá ser utilizado. Para este caso el cálculo del caudal ambiental se sustentará en la Resolución 865 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “Por el cual se

adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales".

De acuerdo a la información disponible, las características de la zona y considerando el alcance del estudio, se adoptará la metodología propuesta por el IDEAM, en la cual el caudal ambiental es un valor aproximado de 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de las corrientes en estudio.

1.4.1.10 Oferta Hídrica

Según el Estudio Nacional del Agua, ENA (2014) la estimación de la oferta anual para año medio se basa en el concepto de balance hídrico, el cual, aplicado a un promedio multianual simplifica las variables componentes en términos de precipitación, evapotranspiración y escorrentía. En la Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur se indica que, para cualquier masa de agua, en áreas extensas y en largos periodos de tiempo, se puede utilizar la ecuación simplificada, considerando que los cambios de almacenamiento tienden a minimizarse y pueden suponerse nulos (Unesco, 1982). Basado en este concepto se tomarán los volúmenes obtenidos mediante el modelo SMA del programa HEC-HMS.

1.4.2 Cálculo de Indicadores del Recurso Hídrico

Para explicar el estado en cuanto a la cantidad y calidad del agua en Colombia, se desarrolló el "Sistema de Indicadores Hídricos" que pretenden responder a los cuestionamientos sobre la disponibilidad del recurso y las restricciones por afectaciones a la oferta o a la calidad. Estos índices están asociados al régimen natural (Índice de Regulación Hídrica - IRH) y a la intervención antrópica (Índice de Uso del Agua - IUA, Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento- IVH). (IDEAM, 2010).

1.4.2.1 Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

El índice de retención y regulación hídrica mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias

acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación. Con este índice se generan isolíneas cuya resolución depende de la densidad de estaciones hidrológicas de referencia, (IDEAM, 2010). Como en la zona de estudio solo se encontraron 4 estaciones medidoras de caudales se realizarán las curvas de duración de caudales para estas 4 estaciones, seguidamente se calculará el IRH para cada una y se realizará una interpolación IDW; posteriormente con los índices ya calculados se procederá a realizar una calificación que depende del rango en el que esté el índice, obteniendo como resultado un mapa para la cuenca del río Mocoa.

1.4.2.2 Índice de Uso de Agua Superficial (IUA)

Para encontrar el IUA se tendrá en cuenta la metodología desarrollada en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014), donde se enfatiza en que este índice hace referencia a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un periodo determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, sub zona, etc.,) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales, (IDEAM, 2010).

Para el cálculo de este índice, se apoyará en el análisis de coberturas de la tierra desarrollado por el equipo de profesionales del componente ecosistémico.

1.4.2.3 Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH)

Este indicador mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacifico (El Niño), entre otros, podría generar riesgos de desabastecimiento, el IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos de índice de regulación hídrica y el Índice de uso de agua, (IDEAM, 2014).

1.4.2.4 Rendimiento Hídrico

El rendimiento hídrico o caudal específico se define como la cantidad de agua superficial por unidad de superficie de una cuenca, en un intervalo de tiempo dado

(l/s-km²). Este concepto permite expresar la escorrentía por unidad de área. Se presentará el rendimiento hídrico de caudales medios, en año normal y en año seco y se realizarán los mapas a nivel anual y mensual. De la misma manera, se realizará el rendimiento hídrico de caudales mínimos con sus respectivos mapas a nivel anual y mensual.

1.4.3 RECURSOS

1.4.3.1 Recursos Humanos

(1) Experto en aspectos hidrológicos y profesionales de apoyo.

1.4.3.2 Recursos Técnicos

- ✓ Documentos guía del IDEAM y de la Organización Meteorológica Mundial.
- ✓ ArcGIS, Hidrosig Mapwindows, AutoCAD Civil 3D y HEC-HMS.
- ✓ Documento fase de aprestamiento.
- ✓ Información Hidrometeorológica solicitada al IDEAM y CORPOAMAZONIA.
- ✓ Cartografía base del proyecto.
- ✓ Softwares de análisis y procesamiento de información
- ✓ Programas computacionales tales como: Microsoft Office Excel y Word; en sus versiones más actualizadas.

1.4.3.3 Resultados Verificables

- ✓ Mapas y salidas cartográficas con la representación de las isolíneas de precipitación, temperatura, evaporación, evapotranspiración potencial, brillo solar, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, nubosidad, radiación solar y caudales máximos, medios y mínimos para periodo normal y periodo seco; a nivel anual y mensual multianual.

- ✓ Mapas y salidas cartográficas de zonificación climática según Caldas – Lang e índice de aridez, a nivel anual y mensual multianual.

- ✓ Mapas y salidas cartográficas con la delimitación y codificación de las microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados según los lineamientos dispuestos por el IDEAM.

- ✓ Mapas y salidas cartográficas con la caracterización de los sistemas de drenaje a través de la jerarquización, patrón de alineamiento, patrón de drenaje y densidad del drenaje.

- ✓ Mapas y salidas cartográficas con la representación espacial de las características del régimen hidrológico (caudales máximos mensuales y anuales, caudales medios mensuales y anuales, caudales mínimos mensuales y anuales) para la red de drenaje principal (cuenca, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados).

- ✓ Mapas y salidas cartográficas con la representación espacial del rendimiento hídrico mensual y anual para la red de drenaje principal (cuenca, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados) para condiciones de año hidrológico normal y seco a nivel anual y mensual.

- ✓ Mapas y salidas cartográficas del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), del Índice de Uso del Agua (IUA) y del Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH), en escala 1:25.000, que contiene la representación espacial de cada uno de los índices, para la cuenca del río Mocoa, en el nivel de detalle que se logre con la información disponible.

Informe general con los siguientes aspectos:

- ✓ Descripción de las características climáticas de la cuenca hidrográfica del río Mocoa, estimación del Índice de Aridez y zonificación climática.

- ✓ Descripción y caracterización hidrográfica a nivel de unidades hidrográficas de nivel III de la cuenca del río Mocoa.

- ✓ Caracterización morfométrica a nivel de unidades hidrográficas de nivel III, teniendo en cuenta: el área, longitud del cauce, longitud axial, ancho, desnivel

altitudinal, pendiente media de la unidad hidrográfica, pendiente media del cauce, perímetro, coeficiente de compacidad, longitud de las corrientes, densidad de drenaje, factor de forma, índice de alargamiento, elevación media, coeficiente de torrencialidad, tiempos de concentración y asignación del Número de Curva.

- ✓ Caracterización del régimen hidrológico a partir de la variabilidad espacial y temporal del régimen de caudales (máximos, medios y mínimos).
- ✓ Estimación del balance hídrico superficial de las unidades hidrográficas que componen la cuenca del río Mocoa.
- ✓ Estimación de la oferta hídrica total anual para condiciones de año hidrológico normal y seco.
- ✓ Cálculo del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), Índice de Uso del Agua Superficial (IUA) e Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH) de acuerdo con los criterios establecidos por el IDEAM para la escala de trabajo.
- ✓ Estimación del rendimiento hídrico de caudales medios para condiciones de año hidrológico normal y seco a nivel anual y mensual.

1.4.3.4 Periodo de la actividad y Duración

Tabla 20. Periodo de 2/07/2021 a 15/10/2021, duración 73 días.

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Climatología	**24d**	**vie 2/07/21**	**vie 6/08/21**
Caracterización del régimen climático a partir de la variabilidad espacial y temporal de las variables climáticas.	5d	vie 2/07/21	vie 9/07/21
Cálculo del balance hídrico de largo plazo	7d	vie 9/07/21	lun 19/07/21
Clasificación climática de la cuenca, según los lineamientos de la metodología estándar para Colombia de Caldas-Lang.	5d	lun 19/07/21	mar 27/07/21
Estimación y espacialización del Índice de aridez a escala 1:25.000.	4d	mar 27/07/21	lun 2/08/21
Elaboración de documento técnico con la descripción de características climáticas, estimación de Índice de aridez, zonificación	4d	lun 2/08/21	vie 6/08/21

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
climática y balance hídrico de largo plazo de la cuenca.			
Hidrografía	**24d**	**lun 19/07/21**	**lun 23/08/21**
Caracterizar la red de drenaje a nivel de cuenca, subcuenca y microcuenca.	10d	lun 19/07/21	lun 2/08/21
Caracterizar los sistemas de drenaje a través de la jerarquización, patrón de alineamiento y densidad de drenaje.	8d	jue 29/07/21	lun 9/08/21
Revisión y ajuste de los límites geográficos de la cuenca.	3d	mar 10/08/21	jue 12/08/21
Delimitar y codificar las microcuencas	2d	vie 13/08/21	mar 17/08/21
Elaboración de documento técnico con la caracterización hidrográfica a nivel de cuenca, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados.	4d	mié 18/08/21	lun 23/08/21
Morfometría	**10d**	**vie 6/08/21**	**vie 20/08/21**
Definir el orden de las corrientes desde el ramal más aguas arriba a la corriente más aguas abajo.	2d	vie 6/08/21	lun 9/08/21
Caracterización morfométrica a nivel de cuenca, subcuenca y microcuencas abastecedoras, teniendo en cuenta: el área, perímetro, longitud y ancho de la cuenca, factor de forma, coeficiente de compacidad, índice de alargamiento, índice de asimetría, longitud y perfil del cauce principal, curva hipsométrica, elevación media, pendiente del cauce y de la cuenca y tiempos de concentración.	2d	mar 10/08/21	mié 11/08/21
Realizar visita de campo a los principales cuerpos de agua de la cuenca a los que se pueda acceder, tales como ríos Mulato, Pepino, Mocoa, Sangoyaco y Rumiyaco y las quebradas Taruca, Taruquita, San Antonio y Yanamuco, con el objetivo de verificar sus condiciones morfométricas y apreciaciones en campo de caudales y transporte de materiales	5d	lun 9/08/21	vie 13/08/21
Calcular el tiempo de concentración de cada una de las cuencas existentes en el perímetro de la cuenca del río Mocoa, utilizando las fórmulas o ecuaciones convencionales y aplicables.	1d	mié 11/08/21	mié 11/08/21
Determinar el suelo hidrológico teniendo en cuenta los suelos menos susceptibles a la	1d	mié 11/08/21	mié 11/08/21

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
escorrentía superficial a los suelos más susceptibles.			
Asignar el Número de Curva a cada subcuenca delimitada según el tipo de cobertura, condición hidrológica y grupo de suelo hidrológico.	1d	jue 12/08/21	jue 12/08/21
Elaboración de documento con la caracterización morfométrica.	5d	jue 12/08/21	vie 20/08/21
Hidrología	**51d**	**jue 5/08/21**	**vie 15/10/21**
Caracterización hidrológica a nivel de cuenca, subcuencas y microcuencas.	5d	jue 5/08/21	mié 11/08/21
Cálculo de caudales máximos y mínimos instantáneos para diferentes periodos de retorno (2.33, 5, 25, 50, 100 y 500 años) y análisis de eventos extremos.	18d	jue 5/08/21	mar 31/08/21
Cálculo de curva de duración de caudales medios diarios para diferentes estaciones.	18d	jue 5/08/21	mar 31/08/21
Modelo HMS para los sitios de estudio.	18d	jue 5/08/21	mar 31/08/21
Cálculo de la relación generalizada para la región, entre el caudal con periodo de retorno de 2.33 años (Q2.33).	18d	mié 1/09/21	vie 24/09/21
Cálculo de la relación entre los Qmed, Qmax y Qmin para cada periodo de retorno definido y para cada estación.	18d	mié 1/09/21	vie 24/09/21
Metodología para extracción de hidrogramas de caudales máximos, medios y mínimos para diferentes periodos de retorno entre 2.33 y 500 años.	18d	mié 1/09/21	vie 24/09/21
Estimación de la oferta hídrica mensual y anual para condiciones de año hidrológico normal y seco, así como del rendimiento hídrico.	13d	jue 5/08/21	mar 24/08/21
Estimación de la demanda hídrica potencial y real a nivel de cuenca, subcuencas y microcuencas.	14d	mié 25/08/21	lun 13/09/21
Elaboración de balances hidrológicos a nivel de cuenca, subcuencas y microcuencas definidas, a escala 1:25.000.	5d	mar 14/09/21	lun 20/09/21
Cálculo de Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), Índice de Uso del Agua Superficial (IUA) e Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH).	4d	mar 21/09/21	vie 24/09/21

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Elaboración del documento y mapas a escala 1:25.000 con los resultados de la caracterización hidrológica.	15d	lun 27/09/21	vie 15/10/21

1.5 Gestión del riesgo

1.5.1 Objetivo

- ✓ Realizar la caracterización histórica de amenazas y eventos amenazantes de la cuenca del río Mocoa.
- ✓ Identificar, clasificar y caracterizar los fenómenos amenazantes de la cuenca del río Mocoa.
- ✓ Analizar los escenarios de vulnerabilidad y riesgos de la cuenca del río Mocoa.

1.5.2 Metodología

Con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados, se llevará a cabo una serie de procedimientos, permitiendo la ejecución y el análisis de cada paso que involucra el presente trabajo de forma progresiva, organizada y eficiente.

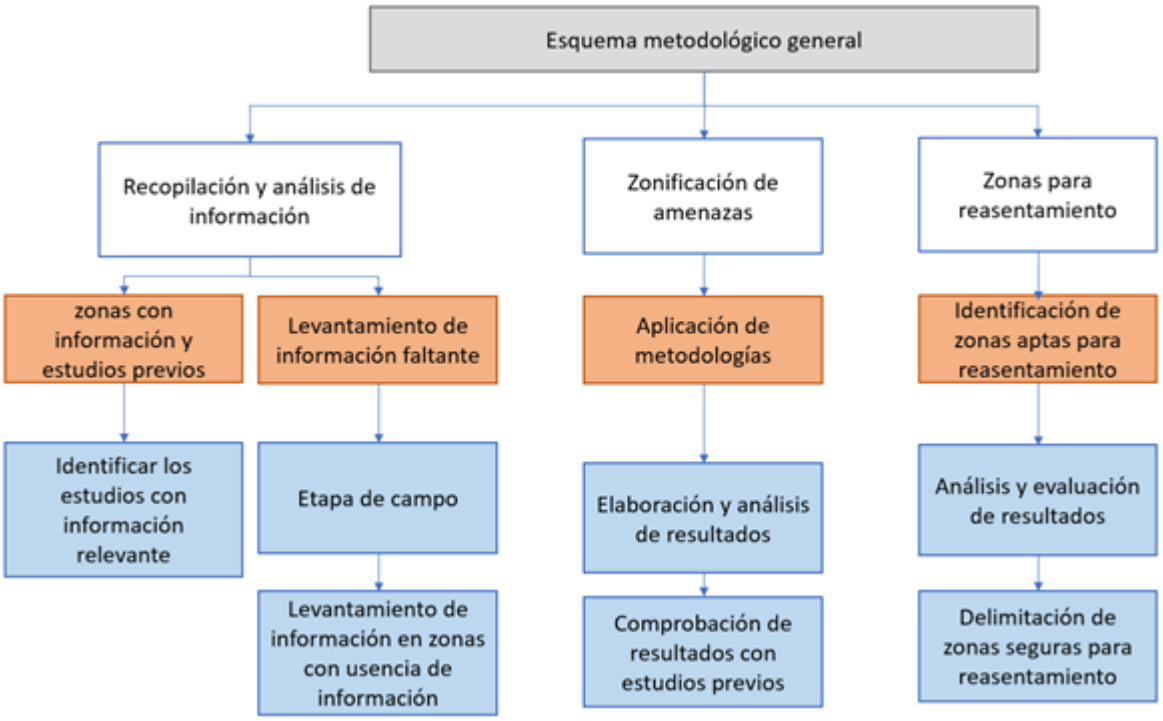


Figura 38. Esquema metodológico general para la caracterización de los fenómenos amenazantes de origen natural, en la cuenca del río Mocoa.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Para la identificación y zonificación de amenazas a escala 1:25.000, se utilizarán las siguientes metodologías:

- ✓ Movimiento en masa: Guía Metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 Servicio Geológico Colombiano, 2017.
- ✓ Inundación: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, 2014.
- ✓ Avenidas torrenciales: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, 2014.
- ✓ Incendios forestales: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, 2014; adaptado del IDEAM 2011.

A continuación, se describe cada uno de los pasos.

1.5.2.1 Fase de recopilación y análisis de la información

En esta fase, se seleccionó la información relevante a escala 1:25.000, 1:10.000 1:5.000 y 1:2.000, la cual servirá de apoyo para la verificación de la zonificación realizada a partir de las metodologías mencionadas.

Adicionalmente, permite evidenciar las zonas que no cuentan con información relevante para el proyecto.

En la Figura 39. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por Inundación. se presenta los sectores faltantes de información referente al fenómeno por inundación.

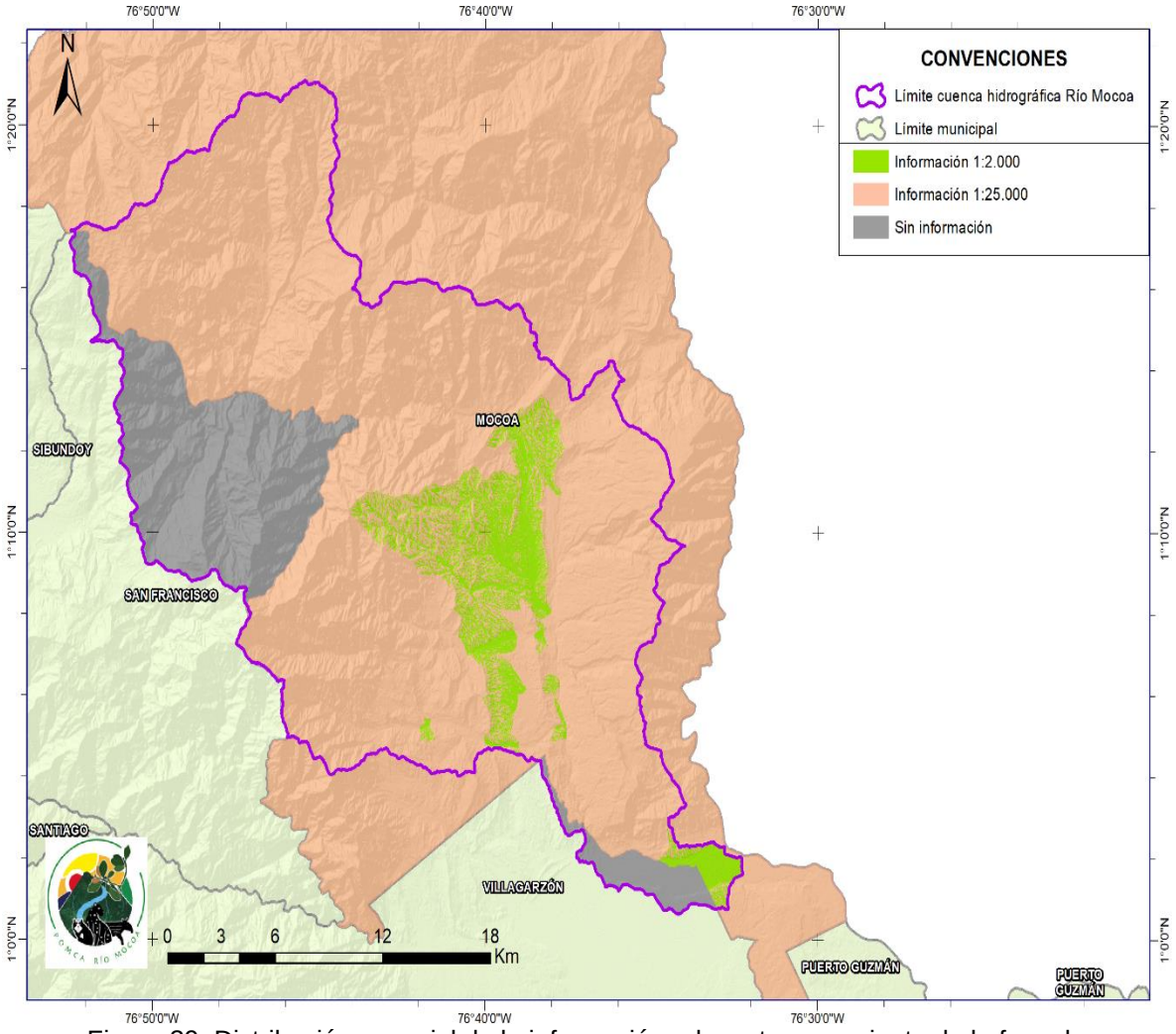


Figura 39. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por Inundación.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

En la Figura 40. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por avenida torrencial. se presenta los sectores faltantes de información referente al fenómeno por avenida torrencial.

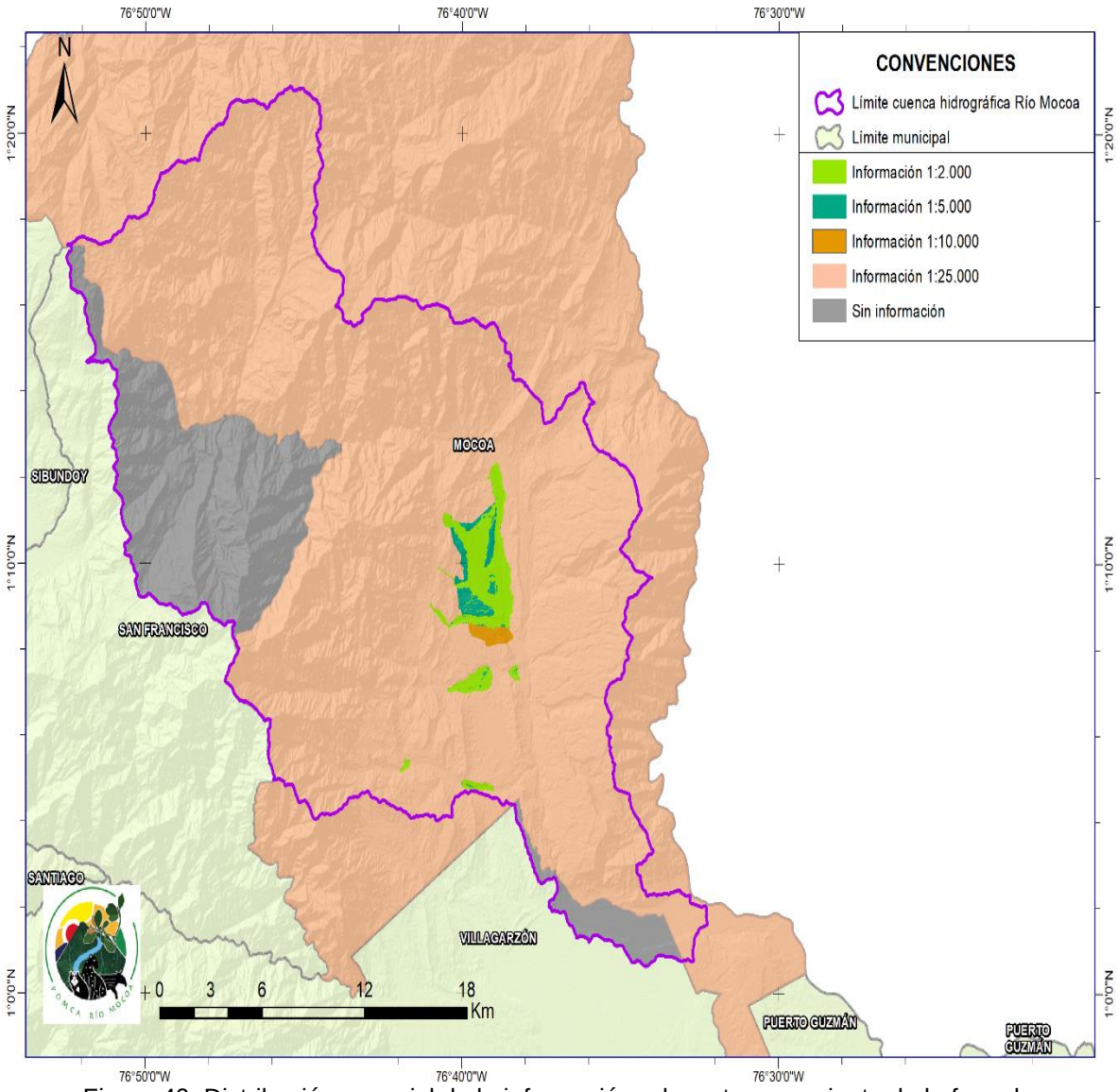


Figura 40. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por avenida torrencial.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

En la Figura 41. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por movimientos en masa. se presenta los sectores faltantes de información referente al fenómeno por movimientos en masa.

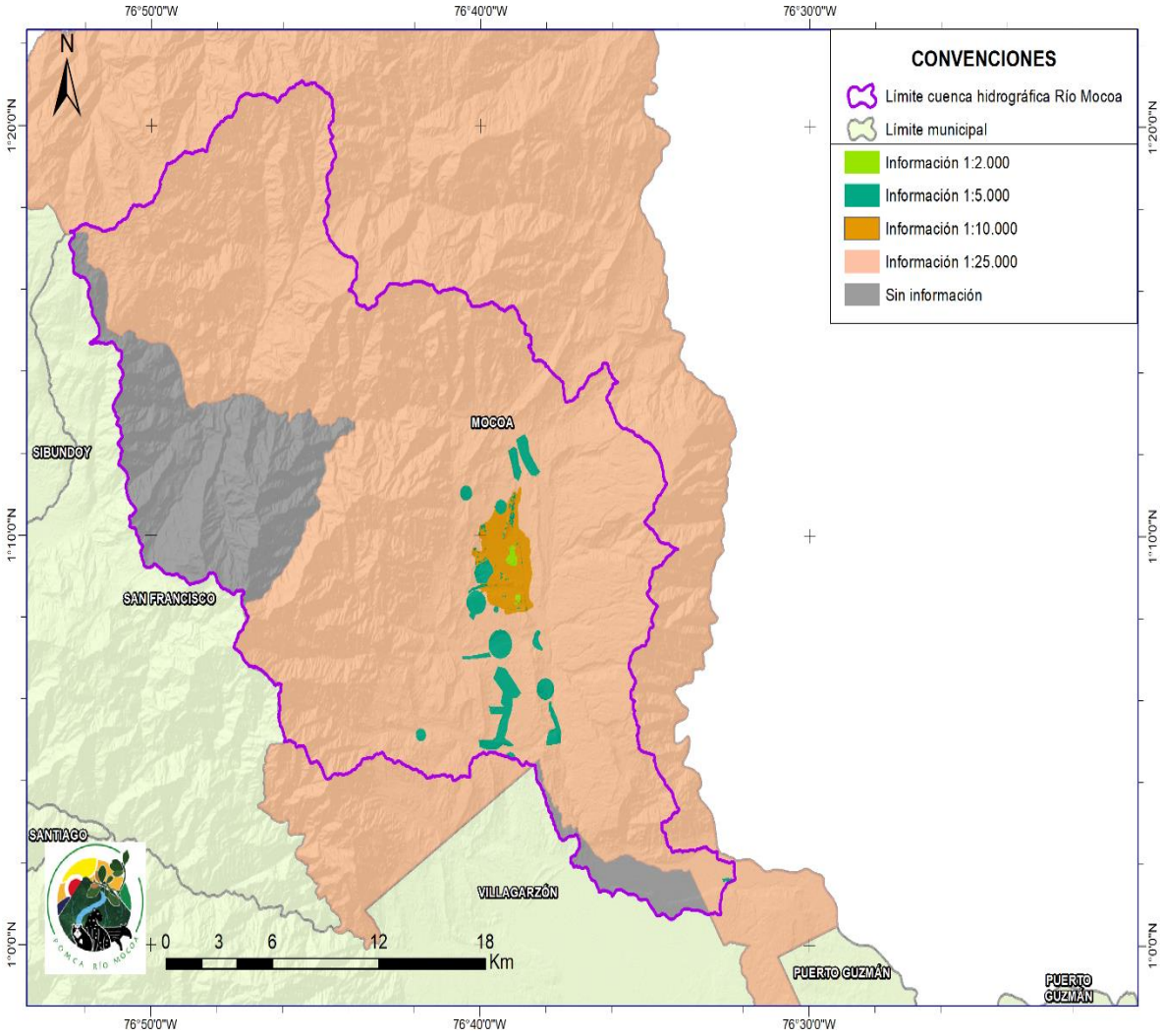


Figura 41. Distribución espacial de la información relevante proveniente de la fase de aprestamiento por movimientos en masa.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Adicionalmente, se tiene en cuenta los eventos históricos reportados por las diferentes entidades, lo cuales cuentan con georreferenciación y se presentan en la Figura 42. Mapa de eventos históricos.

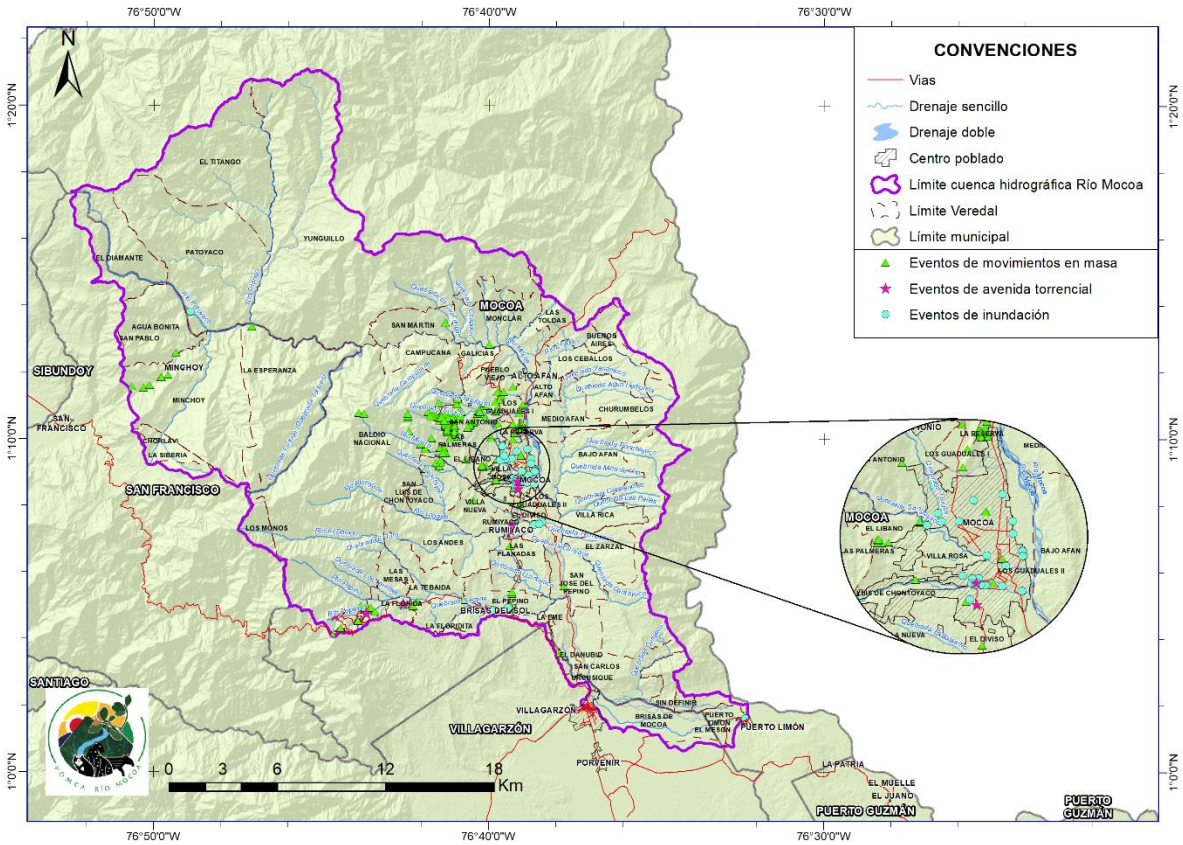


Figura 42. Mapa de eventos históricos.
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Con base en la recopilación y análisis de la información de las diferentes entidades y entregada por CORPOAMAZONIA se definen los estudios e insumos con mayor relevancia para la evaluación de amenazas y riesgo que serán de utilidad para la zonificación de amenazas en la fase de diagnóstico.

Tabla 21. Estudios e Insumos

Estudio e Insumo	Aplicable			
	INU	MM	AVT	IF
Determinantes Ambientales, CORPOAMAZONIA, 2018. Escala 1:100.000		X		
Delimitación de la Avenida Fluvio Torrencial ocurrida entre el 31-03 y 01-04-2017 en el municipio de Mocoa, SGC, 2018. Escala 1: 2.000			X	

Estudio e Insumo	Aplicable			
	INU	MM	AVT	IF
Evaluación de la amenaza por movimientos en masa en el área urbana, periurbana y de expansión del municipio de Mocoa, SGC, 2018. Escala 1:5.000 y 1:2.000		X		
Amenaza por movimientos en masa tipo flujo de las cuencas de las quebradas Taruca, Taruquita, San Antonio y El Carmen y los ríos Mulato y Sangoyaco, municipio de Mocoa, SGC, 2018. Escala 1:2.000		X	X	
PBOT Mocoa, Consorcio INYPSA, 2018 Escala 1:25.000, 1:5.000 y 1:2.000	X	X	X	
Acotamiento de la ronda hídrica del río mulato en la zona urbana del municipio de Mocoa (Putumayo). 2018. Escala 1:2.000	X		X	
Estudios para el acotamiento de la ronda hídrica de los ríos Sangoyaco, Rumiyaco, Pepino y las quebradas Taruca, Taruquita, Conejo y Almorzadero, CORPOAMAZONIA, 2019. Escala 1:2.000				
Formulación Participativa del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Departamento del Putumayo, PNUD-CORPOAMAZONIA, 2020. Escala 1:100.000	X	X	X	X

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.5.2.1.1 Levantamiento de información primaria

En esta fase se realizarán visitas de campo, en las cuales se llevará a cabo un trabajo de recopilación de información, por lo cual los profesionales contaran con un formato de levantamiento de información, que servirá para complementar la base de datos de eventos históricos.

En la Figura 43. Propuesta de campo para la recopilación y verificación de información se presentan los recorridos que se tienen planeados para la verificación de información en la cuenca del río Mocoa, la cual se divide en 5 días de trabajo recorriendo una zona de importancia cada día como se muestra en la figura.

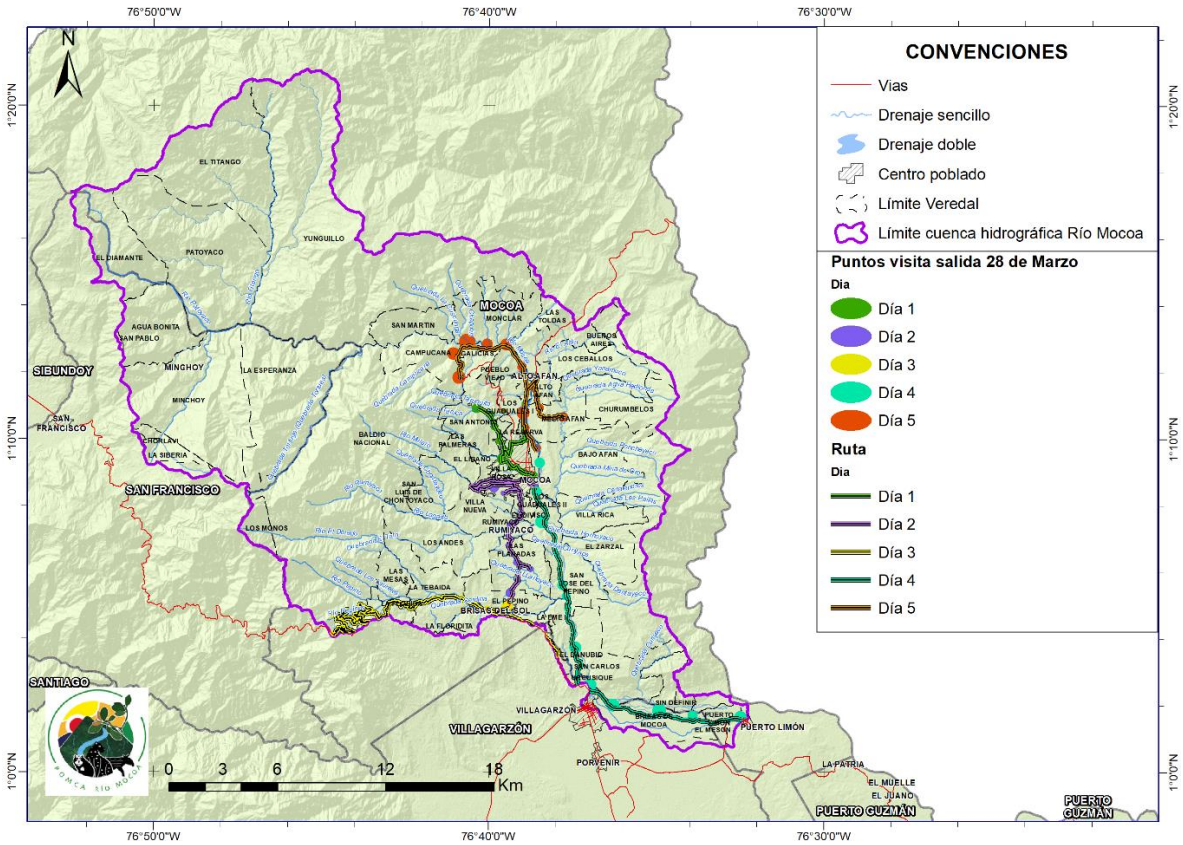


Figura 43. Propuesta de campo para la recopilación y verificación de información
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Las transectas han sido planeados con base a las vías de la cartografía base del IGAC, la actualización del PBOT de Mocoa y los eventos históricos analizados previamente, y se soportan de la siguiente manera:

- **Transecto día 1:** Tomar panorámicas de los movimientos en masa de las cuencas altas de las quebradas Taruca, Sangoyaco, San Antonio y río Mulato, así como, caracterizar los depósitos y las zonas de afectación, de igual manera, revisar el acceso a las veredas que se localizan al occidente de la cabecera municipal de Mocoa y finalmente conocer la variante, para recolectar la información sobre los eventos y visitar las zonas donde se generó el evento del 2017.

- **Transecto día 2:** Reconocimiento de la zona de expansión los Sauces, recolectando información sobre los posibles eventos y Finalmente, se visitará la vereda planadas para evidenciar la ausencia o presencia de eventos.

- **Transecto día 3:** Identificación de zonas propensas a presentar movimientos en masa sobre la vía Mocoa – San Francisco, sobre las veredas la Tebaida y La Florida; adicionalmente, caracterización de evidencias de crecientes de los cuerpos de agua que atraviesan esta vía, de igual manera, se revisará el cauce del río Pepino, caracterizando su depósito, así como la morfología de su valle.

- **Transecto día 4:** Identificación de la antigua vía a Villagarzón y Puerto Limón, reconocimiento de las inundaciones y avenidas torrenciales del río Mocoa en la vereda Brisas de Mocoa. Adicionalmente se visitarán las veredas San José del Pepino y el Danubio, revisando las márgenes del río Mocoa y sus posibles afectaciones por movimientos en masa derivados de la socavación lateral. posteriormente se recorrerá la nueva vía Mocoa Villa Garzón con el fin de revisar los barrios afectos por el desplayamiento del evento del 2017, así como los posibles movimientos en masa sobre la calzada, finalizando el recorrido en las veredas El Zarzal y El Pepino.

- **Transecto día 5:** identificación de zonas propensas a presentar movimientos en masa en las veredas Las Toldas, Los Ceballos y Alto Afán, adicionalmente se verificarán las zonas donde se pueden presentar inundaciones y avenidas torrenciales por el río Afán y sus afluentes dentro de las veredas Alto, Medio y Bajo Afán.

Los formatos en campo para verificación de eventos y levantamiento de información se muestran a continuación, para ver a mayor detalle consultar el Anexo 5. Plan trabajo de Campo Verificación GR, documento “Formatos Campo Riesgo”.

	Verificación eventos históricos - recolección de información Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA DECRETO 1640 de 2012 y guías metodológicas MADS	

FORMATO PARA ENCUESTA CON COMUNIDADES PARA INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES

¿QUÉ TIPO DE EVENTO SE HA PRESENTADO EN LA ZONA?			
Inundación	Avenida torrencial	NS/NR	
¿FECHA DEL EVENTO?			
< 5 años		Entre 31 y 50 años	
Entre 5 y 15 años		Entre 51 y 75 años	
Entre 16 y 30 años		Mayor a 75 años	
¿Conoce la Fecha exacta?		¿Cuál fue?	
Esta seguro	o tiene dudas	de las fechas antes mencionadas	
¿QUÉ LUGARES HAN SIDO AFECTADOS?			
Departamento		Municipio o Distrito	
Barrio o Localidad		Vereda o Centro Poblado	
Nombre de la corriente		Centro Urbano	
Delimitación del lugar			
Esta seguro	o tiene dudas	de los lugares antes mencionados	
DESCRIBA LA MAGNITUD DEL EVENTO			
Nivel alcanzado (m o cm):		Duración (horas, días)	
Tipo de Depósitos (roca, árboles, barro):		Tamaño depósito:	
Personas afectadas:		Daños:	
La avenida coincidió con el evento de:			
Precipitación	Sismo	Movimiento en Masa	
Otro Cual?			
LAS PERSONA ENCUESTADA, VALORA QUE LA ENCUESTA ES:			
Fiable	Poco Fiable	Nada Fiable	
Justificación			

PERSONA ENCUESTADA	**PERSONA QUE ENCUESTA**
Anónimo	Nombre y Apellidos
Nombre y Apellidos	
Dirección	Responsabilidad
Teléfono	
Edad	
OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE BRINDADA POR LA PERSONA ENCUESTADA:	
OBSERVACIONES:	

Figura 44. Formato para encuestas con comunidades para amenazas.

Verificación Productos Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA
DECRETO 1640 de 2012 y guías metodológicas MADS

EVALUACIÓN INUNDACIONES

LOCALIZACIÓN X: Y:

FECHA: RESPONSABLES EVALUACION:

CARACTERISTICAS DEL CAUCE

Ancho de sección transversal de cauce incluyendo playa (m)	Ancho de sección transversal de cauce en lecho menor o mojado (m)
Condición dde Estabilidad	

Cauce con estabilidad estatica	Cauce con estabilidad dinámica	Geoforma predominnate del sector

Tipo de materiales predominantes			Tipo de Cauce	Transporte de sedimentos	Cortes del meandro
Lecho Rocoso	Cantos	Gravas	Trenzado	Carga suspendida	Altura del corte
Arenoso	Limoso	Arcilloso	Meandro	Carga intermedia	Pendientes del Cauce
Otro			Recto	Carga de fondo	
Tamaño predominante de los materiales					

CARACTERISTICAS DE LA INUNDACION

Altura base río/quebrada		Altura Cauce (AC)		Cota Maxi. Inund (CM)	Localiz Cota Max X: Y:
Tipo de inundación	Lenta ☐	Subita ☐	Velocidad estimada del flujo, caudal		Delta (AC-CM)

ORIGEN DE LA INUNDACION

Natural	Nombre Fuente hidrica que inundo:	**Antropica**	Sistema acueducto (daños en tuberias)
	Tipo de cauce		Sistema alcantarillado (Reflujo, daños en tuberias)
	Permanente ☐ Intermitente ☐		Inadecuado manejo de represa
	Orden de la corriente:		Incidencia de las obras existentes:
	Corriente intervenida con obras:		Otro
Tiempo transcurrido entre la inundación y el drenaje de las aguas (horas/dias)			Proximidad de la zona evaluada
Distancia erosionada aprox en metros (si se presentó erosión lateral			con respecto al cauce original

Antecedentes de inundación del sector	Fecha	Breve descripcion de inundaciones anteriores:

USOS Y OCUPACION DEL SUELO PREDOMINANTE EN EL AREA INUNDADA

1 Suelo Desnudo	5 Mezcla rastrojo/pasto/árboles		
2 Pastos	6 Cultivos Limpios		
3 Rastrojo	7 Cultivo Limpio/rastrojo/pasto		
4 Árboles	8 Área urbanizada o construida		
Uso predominante en el área construida	Residencial ☐		
	Comercial ☐		
	Industrial ☐		
	Institucional ☐		

AFECTACIONES POR LA INUNDACION

Familias afectadas: _____		Muertes: _____	
personas afectadas: _____		vias afectadas: _____	
líneas vitales: _____		infraestructuras vitales: _____	
Tipo de cultivos: _____		ecosistemas estrategicos: _____	
Edificaciones Destruidas: _____			
Edificaciones Afectadas Parcialmente: _____			

OBRAS PARA EL MANEJO DE AGUAS LLUVIAS Y RECOMENDACIONES DEFINITIVAS

1 Zanjas Colectoras		8 Bosques	
2 Drenaje Subterraneo		9 Terraceo de valles	
3 Obras Bioingenieril		10 Remoción de sedimentos	
4 Obras de Alcantarillado		11 Recuperacion EP	
5 Acueducto		12 Revegetalización	
6 Implementacion de Sistemas Agro Forest		13 Dique/Jarillon	
7 Obras canaliz/control cauces/transvers		16 Reforestación	
8 Instrumentación hidrológica SAT		13 Reubicación definitiva de construc	
9 Estudio hidrologico e hidraulico de toda la microcuenca que contiene la zona de inundacion			

RECOMENDACIONES INMEDIATAS

1 Evacuación				
2 Demolición				
3 Construccion de jarillones				
4 Cierre de boquetes				
5 Bombeo de aguas				
6 Reparación de alcantarillado				
7 Desvío temporal de aguas lluvias				
8 Inundación temporal de otras zonas para evacuación de aguas				
9 Limpieza de alcantarillado				
10 Monitoreo visual				
11 Limpieza de cauces				
12 Señalización				
13 Erradicar árboles (previo permiso)				
14 Aprovechamiento forestal (permiso)				
15 Construir barreras de protección				

REGISTRO FOTOGRAFICO

Figura 45. Formato para evaluación por inundación.

CORPOAMAZONIA	**Verificación eventos históricos - recolección de información Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA DECRETO 1640 de 2012 y guías metodológicas MADS**	AMAZONIAS VIVAS PLAN DE ACCIÓN INSTITUCIONAL 2020 – 2023

Formato para sistematización de eventos historicos de Avenidas Torrenciales

FUENTE			
Analisis multitemporal	☐	Encuesta	☐
Hemeroteca	☐	Estudios / investigaciones	☐
Otro	☐	¿Cuál?	
DATOS SOBRE EL EVENTO			
Fecha			
Subzona hidrográfica		Municipio	
Nivel Subsiguiente		Barrio/Localidad	
Cuerpo de Agua		Vereda/Centro Poblado	
DETONANTE AVENIDA TORRENCIAL			
Precipitación	☐	Sismo	☐
Movimiento en Masa	☐	Otro ¿Cuál?	☐
Tipo de Flujo: Hiperconcentrado de lodos	☐	de escombros ☐	turbulentos ☐
REGISTROS METEREOLOGICOS			
Precipitación		Caudal	
Estación		Estación	
Magnitud (mm)		Magnitud (m3/s)	
Duración (hrs)		Duración (hrs)	
REGISTROS SISMICOS			
Acelerógrafo		Aceleracion (cm2/s)	
Duración (hrs)		Duración (hrs)	
CLASIFICACIÓN DEL EVENTO RESPECTO A OTROS EVENTOS EN EL MISMO LUGAR			
El más grande	☐	Mayor que el de:	
de los más grandes	☐	Menor que el de:	
Recurrencia media	☐	Similar al de:	
Periodico	☐	Como el de los años:	

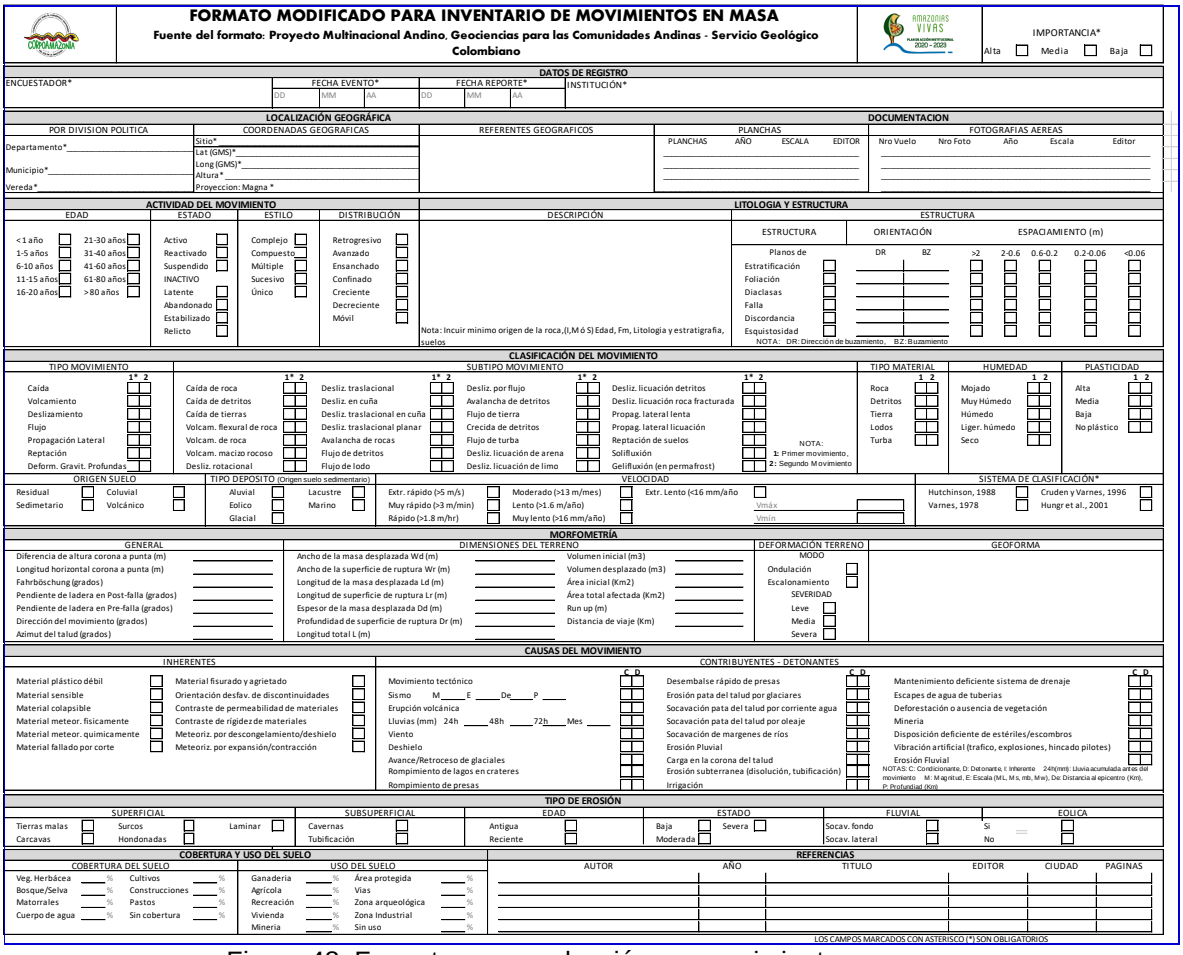
LOCALIZACIÓN ESPECIFICA				
Coordenadas Punto		x		y
Coordenadas Poligono ce		x		y
Indicaciones de lugares				
Ocupación de la unidad potencialmente afectable respecto a la geoforma				
<10%	☐	10-25% ☐		
26-50%	☐	51-75% ☐		
76-100%				
CARACTERISTICAS DE LA MAGNITUD DEL EVENTO				
a) Profundidad alcanzada por el flujo de barro o detritos				
<20cm	☐	76-100 cm ☐		
20-50 cm	☐	101-200 cm ☐		
51-75 cm	☐	> 200 cm ☐		
b) Velocidad				
Rápida	☐	Lenta ☐		
c) Caracteristicas de las rocas depositadas:			Color Cubierta	
Descubiertas	☐		Ninguno ☐	Negro ☐
Casi cubierta en totalida	☐		Negros-Blan	Negro-blanco-verde ☐
Semi descubierta	☐			
d) Estado de los clastos				
Sin Meterorizar		En meterorización		Meterorizados
e) Espesor del suelo		f) Incisión de la lade	Registro Fotografico	
0-10 cm	☐	Angulada ☐		
11-20 cm	☐	Redondeada ☐		
> 20 cm	☐	Semiangulada ☐		
d) descripción de las afectaciones y daños producidos por el evento:				
Número de muertos			Pérdidas ecónomicas	
Número de heridos			Impactos Ambientales	
Numerdo de damnificados				
Número de hectareas inundadas				

Figura 46. Formato para evaluación por avenida torrencial.

	Verificación eventos históricos - recolección de información Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca - POMCA DECRETO 1640 de 2012 y guías metodológicas MADS	

Formato para sistematización de eventos historicos de Inundación			
FUENTE			
Analisis multitemporal ☐		Encuesta ☐	
Hemeroteca ☐		Estudios / investigaciones ☐	
Otro ☐		¿Cuál?	
DATOS SOBRE EL EVENTO			
Fecha			
Subzona hidrográfica		Municipio	
Nivel Subsiguiente		Barrio/Localidad	
Cuerpo de Agua		Vereda/Centro Poblado	
MECANISMO DE FORMACIÓN DE LA INUNDACIÓN			
Desbordamiento ☐		Sismo ☐	
Encharcamiento ☐		Otro ☐	
Insuficiencia del sistema de drenaje ☐		¿Cúal? ☐	
REGISTROS METEREOLÓGICOS			
Precipitación		Caudal	
Estación		Estación	
Magnitud (mm)		Magnitud (m3/s)	
Duración (hrs)		Duración (hrs)	
CLASIFICACIÓN DEL EVENTO RESPECTO A OTROS EVENTOS EN EL MISMO LUGAR			
El más grande ☐		Mayor que el de:	
de los más grandes ☐		Menor que el de:	
Recurrencia media ☐		Similar al de:	
Periodico ☐		Como el de los años:	
LOCALIZACIÓN ESPECIFICA			
Coordenadas Punto	x		y
Coordenadas Poligono ce	x		y
Indicaciones de lugares			
Ocupación de la unidad potencialmente afectable respecto a la geoforma			
<10% ☐	10-25% ☐		
26-50% ☐	51-75% ☐		
76-100%			
CARACTERISTICAS DE LA MAGNITUD DEL EVENTO			
a) Profundidad alcanzada por la inundación			
<20cm ☐	76-100 cm ☐		
20-50 cm ☐	101-200 cm ☐		
51-75 cm ☐	> 200 cm ☐		
b) Velocidad			
Rápida ☐	Lenta ☐		
c) Caracteristicas Del material depositado			
d) descripción de las afectaciones y daños producidos por el evento:			
Número de muertos:		Pérdidas ecónomicas:	
Número de heridos:		Impactos Ambientales:	
Numerdo de damnificados:		Sectores economicos afectados:	
Número de hectareas inundadas:			

Figura 47. Formato para evaluación por inundación.



FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Fuente del formato: Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas - Servicio Geológico Colombiano

IMPORTANCIA* Alta ☐ Media ☐ Baja ☐

DATOS DE REGISTRO

ENCUESTADOR* | FECHA EVENTO* (DD MM AA) | FECHA REPORTE* (DD MM AA) | INSTITUCIÓN*

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

POR DIVISION POLITICA: Departamento* / Municipio* / Vereda*

COORDENADAS GEOGRAFICAS: Sitio* / Lat (GMS)* / Long (GMS)* / Altura* / Proyeccion: Magna *

REFERENTES GEOGRAFICOS

DOCUMENTACION

PLANCHAS: PLANCHAS | AÑO | ESCALA | EDITOR

FOTOGRAFIAS AEREAS: Nro Vuelo | Nro Foto | Año | Escala | Editor

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO

EDAD: <1 año; 1-5 años; 6-10 años; 11-15 años; 16-20 años; 21-30 años; 31-40 años; 41-60 años; 61-80 años; >80 años

ESTADO: Activo; Reactivado; Suspendido; INACTIVO; Latente; Abandonado; Estabilizado; Relicto

ESTILO: Complejo; Compuesto; Múltiple; Sucesivo; Único

DISTRIBUCIÓN: Retrogresivo; Avanzado; Ensanchado; Confinado; Creciente; Decreciente; Móvil

LITOLOGIA Y ESTRUCTURA

DESCRIPCIÓN

Nota: Incuir minimo origen de la roca,(I,M ó S) Edad, Fm, Litologia y estratigrafia, suelos

ESTRUCTURA: ESTRUCTURA | ORIENTACIÓN (DR, BZ) | ESPACIAMIENTO (m) (>2; 2-0.6; 0.6-0.2; 0.2-0.06; <0.06)

Planos de: Estratificación; Foliación; Diaclasas; Falla; Discordancia; Esquistosidad

NOTA: DR: Dirección de buzamiento. BZ: Buzamiento

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

TIPO MOVIMIENTO (1° 2): Caída; Volcamiento; Deslizamiento; Flujo; Propagación Lateral; Reptación; Deform. Gravit. Profundas

SUBTIPO MOVIMIENTO (1° 2): Caída de roca; Caída de detritos; Caída de tierras; Volcam. flexural de roca; Volcam. de roca; Volcam. maciz rocoso; Desliz. rotacional; Desliz. traslacional; Desliz. en cuña; Desliz. traslacional en cuña; Desliz. traslacional planar; Avalancha de rocas; Flujo de detritos; Flujo de lodo; Desliz. por flujo; Avalancha de detritos; Flujo de tierra; Crecida de detritos; Flujo de turba; Desliz. licuación de arena; Desliz. licuación de limo; Desliz. licuación detritos; Desliz. licuación roca fracturada; Propag. lateral lenta; Propag. lateral licuación; Reptación de suelos; Solifluxión; Gelifluxión (en permafrost)

NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo Movimiento

TIPO MATERIAL (1 2): Roca; Detritos; Tierra; Lodos; Turba

HUMEDAD (1 2): Mojado; Muy Húmedo; Húmedo; Liger. húmedo; Seco

PLASTICIDAD (1 2): Alta; Media; Baja; No plástico

ORIGEN SUELO: Residual; Sedimetario; Coluvial; Volcánico

TIPO DEPOSITO (Origen suelo sedimentario): Aluvial; Eolico; Glacial; Lacustre; Marino

VELOCIDAD: Extr. rápido (>5 m/s); Muy rápido (>3 m/min); Rápido (>1.8 m/hr); Moderado (>13 m/mes); Lento (>1.6 m/año); Muy lento (>16 mm/año); Extr. Lento (<16 mm/año; Vmáx; Vmin

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN*: Hutchinson, 1988; Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996; Hungr et al., 2001

MORFOMETRÍA

GENERAL: Diferencia de altura corona a punta (m); Longitud horizontal corona a punta (m); Fahrböschung (grados); Pendiente de ladera en Post-falla (grados); Pendiente de ladera en Pre-falla (grados); Dirección del movimiento (grados); Azimut del talud (grados)

DIMENSIONES DEL TERRENO: Ancho de la masa desplazada Wd (m); Ancho de la superficie de ruptura Wr (m); Longitud de la masa desplazada Ld (m); Longitud de superficie de ruptura Lr (m); Espesor de la masa desplazada Dd (m); Profundidad de superficie de ruptura Dr (m); Longitud total L (m); Volumen inicial (m3); Volumen desplazado (m3); Área inicial (Km2); Área total afectada (Km2); Run up (m); Distancia de viaje (Km)

DEFORMACIÓN TERRENO: MODO: Ondulación; Escalonamiento. SEVERIDAD: Leve; Media; Severa

GEOFORMA

CAUSAS DEL MOVIMIENTO

INHERENTES: Material plástico débil; Material sensible; Material colapsible; Material meteor. fisicamente; Material meteor. quimicamente; Material fallado por corte; Material fisurado y agrietado; Orientación desfav. de discontinuidades; Contraste de permeabilidad de materiales; Contraste de rigidez de materiales; Meteoriz. por descongelamiento/deshielo; Meteoriz. por expansión/contracción

CONTRIBUYENTES - DETONANTES (C D): Movimiento tectónico; Sismo M E De P; Erupción volcánica; Lluvias (mm) 24h 48h 72h Mes; Viento; Deshielo; Avance/Retroceso de glaciales; Rompimiento de lagos en crateres; Rompimiento de presas; Desembalse rápido de presas; Erosión pata del talud por glaciares; Socavación pata del talud por corriente agua; Socavación pata del talud por oleaje; Socavación de margenes de ríos; Erosión Pluvial; Carga en la corona del talud; Erosión subterranea (disolución, tubificación); Irrigación; Mantenimiento deficiente sistema de drenaje; Escapes de agua de tuberias; Deforestación o ausencia de vegetación; Mineria; Disposición deficiente de estériles/escombros; Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado pilotes); Erosión Fluvial

NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante, I: Inherente. 24h(mm): Lluvia acumulada antes del movimiento. M: Magnitud, E: Escala (ML, Ms, mb, Mw), De: Distancia al epicentro (Km), P: Profundidad (Km).

TIPO DE EROSIÓN

SUPERFICIAL: Tierras malas; Carcavas; Surcos; Hondonadas; Laminar

SUBSUPERFICIAL: Cavernas; Tubificación

EDAD: Antigua; Reciente

ESTADO: Baja; Moderada; Severa

FLUVIAL: Socav. fondo; Socav. lateral

EOLICA: Si; No

COBERTURA Y USO DEL SUELO

COBERTURA DEL SUELO: Veg. Herbácea; Bosque/Selva; Matorrales; Cuerpo de agua; Cultivos; Construcciones; Pastos; Sin cobertura

USO DEL SUELO: Ganaderia; Agrícola; Recreación; Vivienda; Mineria; Área protegida; Vias; Zona arqueológica; Zona Industrial; Sin uso

REFERENCIAS

AUTOR | AÑO | TITULO | EDITOR | CIUDAD | PAGINAS

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (*) SON OBLIGATORIOS

Figura 48. Formato para evaluación por movimiento en masa.

Con la información obtenida en campo, más los nuevos reportes de amenazas se realiza la actualización del inventario de eventos, con el fin de obtener una base de mayor detalle con respecto a la base de aprestamiento, dicha información será de utilidad para la corroboración de zonificación de amenazas y zonas seguras de reasentamiento.

1.5.2.2 Fase de zonificación de amenazas

En esta fase se procederá a realizar las respectivas zonificaciones de amenazas de origen natural con base en las metodologías mencionadas, para ello se hará uso de los insumos recopilados a través de las diferentes fases de desarrollo del POMCA del río Mocoa.

En la Tabla 22. Insumos utilizados para la evaluación de amenazas en la cuenca del río Mocoa. se presentan los insumos que serán empleados para la evaluación de las amenazas.

Tabla 22. Insumos utilizados para la evaluación de amenazas en la cuenca del río Mocoa.

Insumos	MM	INU	AVT	IF
DTM	X	X	X	X
Imágenes satelitales	X	X	X	X
Geología	X		X	
Geomorfología	X	X	X	
Cobertura vegetal	X	X	X	X
Suelos	X		X	
Hidrología	X	X	X	
Climatología	X	X	X	X
Equipamientos	X	X	X	X

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.5.2.2.1 Revisión e incorporación de las amenazas con base a los resultados

En esta etapa se realizará la corroboración de los resultados de las amenazas para el área total de la cuenca del río Mocoa, las cueles se verificarán a partir de la información relevante previamente seleccionada a escala 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 y 1:2.000.

La información a escala 1:5.000 y 1:2.000 se adaptará a la información 1:25.000 elaborada por el consultor, puesto que, esta información tiene un mayor nivel de detalle y permite un mejor análisis para la toma de decisiones referentes al ordenamiento territorial. Esta decisión es tomada con base al Decreto 1640 del 2021, articulo 23 que menciona que POMCAs son de mayor orden de jerarquía: *"(…) El Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica se constituye en norma de superior jerarquía y determinante ambiental para la elaboración y*

adopción de los planes de ordenamiento territorial, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997 (…)".

1.5.2.3 Fase zonas para reasentamiento

Con base en los resultados de las amenazas del PBOT de Mocoa, estudios a escala 1:25.000 1:5.000 y 1:2.000, se realizará un análisis de las zonas ambientalmente aptas (amenazas de origen natural categorizadas como baja) con el objetivo de evaluar la viabilidad de un nuevo asentamiento.

Se realizará un levantamiento de información a escala 1:2.000 en las posibles zonas de reasentamiento delimitadas por la actividad anterior, para ellos se realizará la visita de campo para el reconocimiento de la zona, la evaluación pertinente y el levantamiento de información para verificar que la zona cumpla con las condiciones mínimas para reasentar la población que fue afectada por el evento fluvio torrencial ocurrido el 31 de marzo de 2017.

El recorrido se realizará en los puntos identificados en la Figura 49. Ubicación espacial de los puntos de verificación en campo zona de expansión Los Sauces, cada evento será evaluado con los formatos correspondientes los cuales se encuentran en el Anexo 5. Plan trabajo de Campo Verificación GR, documento "Formatos Campo Riesgo".

Los puntos objeto de estudio, fueron seleccionados a partir de la recopilación de información que se realizó en la fase de aprestamiento, dichos puntos representan los sitios que pueden sufrir afectaciones en caso de ocurrencia de un evento, por movimientos en masa, inundación y avenida torrencial, en la Tabla 23. Puntos de verificación de eventos en campo en zona de expansión Los Sauces se presentan los puntos para verificación en campo en la zona de expansión Los Sauces, la cual puede ser apta para el reasentamiento.

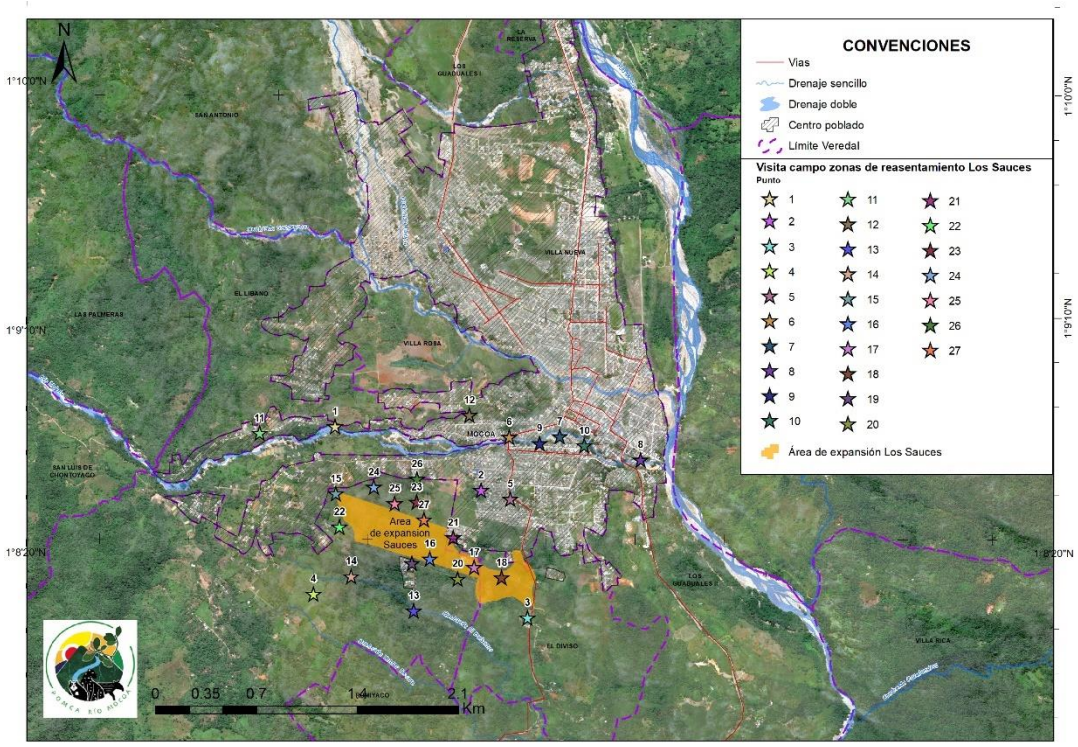


Figura 49. Ubicación espacial de los puntos de verificación en campo zona de expansión Los Sauces
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Tabla 23. Puntos de verificación de eventos en campo en zona de expansión Los Sauces

Punto	Este	Norte	Observaciones
1	4592364,43	1684920,56	Vista rio Mulato
2	4593377,94	1684479,8	Movimiento en masa - Flujo
3	4593699,99	1683597,07	Movimiento en masa - Volcamiento
4	4592215,61	1683761,95	SEV 31
5	4593582,02	1684419,37	Avenida torrencial
6	4593574,32	1684847,95	Avenida torrencial - Inundación
7	4593924,46	1684852,75	Movimiento en masa - Caída
8	4594486,67	1684691,13	Inundación
9	4593785,21	1684804,94	Inundación
10	4594094,87	1684788,94	Inundación
11	4591841,54	1684875,71	SEV 40

Punto	Este	Norte	Observaciones
12	4593296,81	1684999,76	Inundación
13	4592911,04	1683644,65	Vista quebrada El Bálsamo
14	4592476,83	1683883,55	Vista quebrada El Bálsamo
15	4592369,22	1684456,22	Área de expansión Sauces
16	4593023	1684004,83	Área de expansión Sauces
17	4593330,98	1683945,56	Área de expansión Sauces
18	4593520,42	1683874,65	Área de expansión Sauces
19	4592899,18	1683974,14	Área de expansión Sauces
20	4593216,68	1683864,07	Área de expansión Sauces
21	4593185,99	1684151,94	Área de expansión Sauces
22	4592396,47	1684226,02	Área de expansión Sauces
23	4592930,53	1684397,84	Tomografías
24	4592634,26	1684501,39	Tomografías
25	4592778,71	1684389,06	Tomografías
26	4592933,85	1684557,59	Tomografías
27	4592982,53	1684275,87	Tomografías

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Por otro lado, se consideró visitar el centro poblado de Planadas, puesto que, según la información recolectada y analizada es un lugar que puede ser apto para el reasentamiento, por tal motivo en la Figura 50. Ubicación espacial de los puntos de verificación en campo centro poblado Las Planadas se presenta la distribución espacial de los puntos objeto de estudio en la visita, verificando así los eventos por inundación, avenida torrencial y movimientos en masa y en la Tabla 24. Puntos de verificación de eventos en campo en el centro poblado Las Planadas se especifican sus coordenadas.

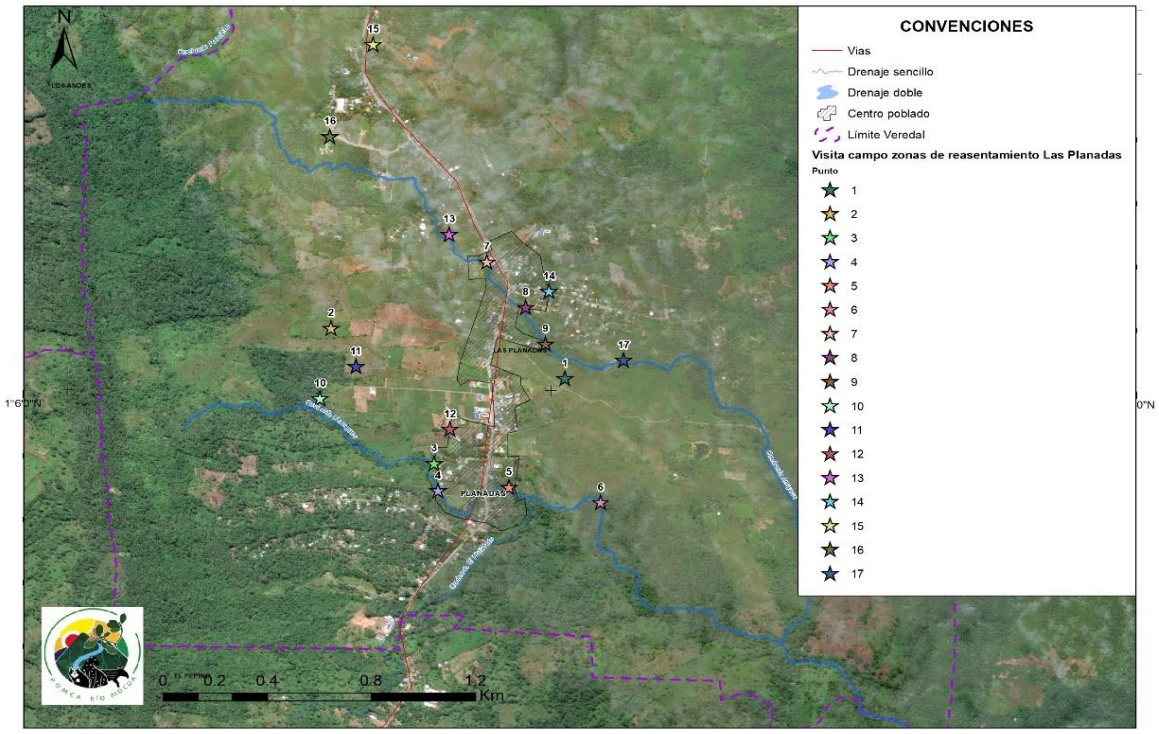


Figura 50. Ubicación espacial de los puntos de verificación en campo centro poblado Las Planadas
Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Tabla 24. Puntos de verificación de eventos en campo en el centro poblado Las Planadas

Punto	Este	Norte	Observaciones
1	4593877,01	1679884,01	SEV 20
2	4592977,95	1680093,55	SEV 21
3	4593374,96	1679530,29	Vista quebrada Llanoyaco
4	4593390,17	1679417,51	Vista quebrada Llanoyaco
5	4593662,36	1679432,39	Vista quebrada Llanoyaco
6	4594013,53	1679368,9	Vista quebrada Llanoyaco
7	4593577,51	1680369,09	Vista quebrada Anayaco
8	4593726,11	1680180,28	Vista quebrada Anayaco
9	4593802,16	1680026,99	Vista quebrada Anayaco
10	4592934,77	1679800,95	Vista quebrada Llanoyaco
11	4593074,47	1679934,3	Vereda Planadas

Punto	Este	Norte	Observaciones
12	4593434,66	1679673,27	Casco urbano Planadas
13	4593432,32	1680482,2	Vista quebrada Anayaco
14	4593815,47	1680246,76	Casco urbano Planadas
15	4593139,9	1681272,8	Movimiento en masa - Hundimientos
16	4592973	1680889,35	Vista quebrada Anayaco
17	4594102,38	1679960,31	Vista quebrada Anayaco

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

1.5.2.4 Capacidad institucional a evaluar

Para identificar la capacidad institucional en la fase de diagnóstico, se realizará una serie de encuestas a funcionarios de las diferentes entidades evaluando de manera cualitativa la capacidad institucional que tiene cada municipio. A continuación, se presenta el formato de las encuestas de capacidad institucional con las cuales se recolectará la información.

Formato capacidad institucional Consejos Territoriales para la Gestión del Riesgo de Desastres en la Cuenca Mocoa							
Datos funcionario que diligencia el formato							
Nombre:					Entidad:		
Cargo:	Teléfono Fijo:				Tel. Móvil:		
Nivel Académico:	Título:	Pertenece a:	CMGRD ☐	CDGRD ☐			
Personal de Apoyo en el municipio o departamento para la gestión del riesgo							
Nombre	Teléfono	Apoya en: Conocimiento	Manejo	Reducción	Planeación	Recuperación	Otro
En su territorio está conformado el Consejo Territorial de Gestión del Riesgo de Desastres					Si ☐	No ☐	
¿En caso positivo, quienes conforman el CTGRD?							
Entidad	Nombre delegado	Teléfono	Apoyo Directo en: Conocimiento	Manejo	Reducción	Planeación	Recuperación
Identifique las entidades de Socorro presentes en su municipio							
Tiene fondo municipal/departamental para la gestión del riesgo - FGRD					Si ☐	No ☐	
Presupuesto anual asignado al FGRD		$					
Mencione los Proyectos Ejecutados con el FGRD							
¿Cuenta con Plan Municipal/Dptal para la Gestión del Riesgo de Desastres?					Si ☐	No ☐	
Proyectos Ejecutados del PMGRD		Proyectos Sin Ejecutar del PMGRD					
Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Proceso de Planificación							
Identifique los proyectos incluidos en el Plan de Desarrollo relacionados con la gestión del riesgo							

1.5.2.5 Generación de información

Para la generación de información se plantea lo siguiente:

- ✓ Generación de información a partir de la información cartográfica y topográfica existente.
- ✓ Realizar la foto interpretación de las imágenes satelitales.
- ✓ Recolección de información en campo.
- ✓ Generación de zonificación preliminar.
- ✓ Análisis y generación de mapas con la información recopilada en campo.
- ✓ Análisis y evaluación de las posibles zonas seguras.
- ✓ Validación de información en mesas de trabajo y comités frente a las entidades e interventoría.
- ✓ Construir con los actores clave los escenarios deseados para la reducción del riesgo de desastres.

1.5.2.6 Necesidades logísticas

Se identificaron las siguientes necesidades logísticas con el fin de dar cumplimiento al desarrollo y evaluación del POMCA del río Mocoa.

- ✓ Para la recolección y actualización de información por medio de socializaciones y encuestas a la comunidad se requiere papelería, salones, computador, video beam, equipo de sonido y dotación personal.

- ✓ Para la visita a los sitios específicos de la cuenca del río Mocoa se requiere vehículos, GPS, bitácora de campo, formatos impresos, elementos de papelería y dotación.

- ✓ Para la zonificación y evaluación de amenazas se requiere computador con software SIG, paquete te office, elementos de papelería.

1.5.2.7 Descripción de las actividades

El plan operativo detallado consigna las actividades, hitos y fechas de realización de los trabajos, por consiguiente, se presentan en la Tabla 25. Descripción de las actividades y tareas propuestas para el componente de gestión de riesgos las tareas de trabajo que se seguirán para dar cumplimiento a lo mencionado en los anteriores ítems, para ver el cronograma completo puede dirigirse al Anexo 6 cronograma POMCA Mocoa.

Tabla 25. Descripción de las actividades y tareas propuestas para el componente de gestión de riesgos

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Caracterización histórica de amenazas y eventos amenazantes	**27d**	**jue 18/11/21**	**lun 27/12/21**
Realizar y analizar el inventario de eventos históricos ocurridos en la cuenca a partir de información proveniente de: trabajo de campo con comunidades y actores claves; hemeroteca; estudios o informes técnicos específicos entre otros.	15d	jue 18/11/21	jue 9/12/21
Sistematizar el inventario con el formato diseñado para tal efecto, con caracterización para cada evento: fecha de ocurrencia, lugares afectados georreferenciados, damnificados, daños o impactos, evidencias sobre la magnitud y mecanismos de generación.	5d	vie 10/12/21	jue 16/12/21
Por cada tipo de evento inventariado y catalogado en la base de datos, realizar las salidas cartográficas a partir de la información compilada en ésta. Contemplar la delimitación de los puntos y/o polígonos de afectación y la fecha de ocurrencia.	3d	vie 17/12/21	mar 21/12/21
Elaborar documento con los resultados del análisis de eventos históricos de la cuenca con los respectivos anexos. Base de datos que contenga la información recopilada por tipo de evento, Salidas cartográficas y Anexos	4d	mié 22/12/21	lun 27/12/21
Amenaza por movimientos en masa	**38d**	**mar 1/02/22**	**jue 24/03/22**
Zonificación de la Susceptibilidad a MM: generar mapa de susceptibilidad de acuerdo a la metodología explicita en los términos de referencia.	18d	mar 1/02/22	jue 24/02/22
Salida de campo zonas críticas por movimientos en masa	5d	vie 25/02/22	jue 3/03/22
Zonificación de la Amenaza a MM. Generar un mapa cuantitativo de amenaza escala 1:25.000 con controles de campo, y de acuerdo a la metodología explicita en los términos de referencia.	13d	vie 4/03/22	mar 22/03/22

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Elaboración documento técnico con la descripción, caracterización y análisis de la información temática y productos finales relacionados con los análisis de susceptibilidad y amenaza por MM para la cuenca en evaluación.	5d	vie 18/03/22	jue 24/03/22
Amenaza por inundaciones	**45d**	**lun 10/01/22**	**vie 11/03/22**
Realizar la zonificación de susceptibilidad por inundaciones (fluviales lentas) para la cuenca en ordenación a escala 1:25,000. Teniendo en cuenta análisis histórico de eventos ocurridos y análisis geomorfológico.	10d	lun 10/01/22	vie 21/01/22
Análisis de la susceptibilidad por inundaciones a partir del mapa geomorfológico a escala 1:25,0000, desarrollado por el proyecto, el cual deberá ser validado con el análisis de eventos históricos realizado anteriormente y trabajo de campo.	5d	lun 24/01/22	vie 28/01/22
Salida de campo zonas críticas por inundación	5d	lun 31/01/22	vie 4/02/22
Zonificación de la amenaza por inundaciones (evaluar la amenaza por inundación, complementar con análisis hidrológico- hidráulico cuando el proyecto así lo permita).	20d	lun 7/02/22	vie 4/03/22
Elaborar documento técnico con el desarrollo metodológico para la evaluación de la susceptibilidad y amenaza	5d	lun 7/03/22	vie 11/03/22
Amenaza por avenidas Torrenciales	**35d**	**lun 10/01/22**	**vie 25/02/22**
Realizar la zonificación de la Susceptibilidad por avenidas torrenciales (analizar eventos históricos ocurridos en la cuenca) de acuerdo a la Metodología explicita en los términos de referencia.	10d	lun 10/01/22	vie 21/01/22
Estimar el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) de acuerdo con los lineamientos definidos por el IDEAM para la escala de trabajo.	5d	lun 10/01/22	vie 14/01/22
Identificar y delimitar zonas susceptibles de ser afectadas por avenidas torrenciales	5d	lun 17/01/22	vie 21/01/22
Salida de campo zonas críticas por avenida torrencial	5d	lun 24/01/22	vie 28/01/22
Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales	15d	lun 31/01/22	vie 18/02/22
Elaborar documento técnico con el desarrollo metodológico para la evaluación de la susceptibilidad y amenaza por avenidas torrenciales.	5d	lun 21/02/22	vie 25/02/22
Amenaza por incendios forestales o de la cobertura vegetal.	**38d**	**mié 17/11/21**	**lun 10/01/22**
Determinar la susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios de cobertura vegetal, la evaluación y zonificación de la amenaza a escala 1:25.000	30d	mié 17/11/21	mié 29/12/21

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
considerando factores históricos, sociales, físicos y bióticos, aplicando metodología IDEAM, 2011			
Elaborar documento técnico con el desarrollo metodológico aplicado para la evaluación de la susceptibilidad y la amenaza por incendios de la cobertura vegetal.	8d	jue 30/12/21	lun 10/01/22
Otras amenazas	**33d**	**mié 17/11/21**	**lun 3/01/22**
Identificar y localizar los fenómenos naturales a considerar en la cuenca que deberán ser integradas en el análisis de amenazas de acuerdo a su tipología y en función de la información disponible.	20d	mié 17/11/21	mié 15/12/21
Elaborar documento técnico con el análisis de los fenómenos a considerar dado que estos existan y se cuente con información disponible para ello.	10d	mar 14/12/21	lun 27/12/21
Generar las salidas cartográficas para cada uno de los eventos considerados, a partir de la información cartográfica suministrada por las autoridades en cada una de estas materias.	5d	mar 28/12/21	lun 3/01/22
Análisis de vulnerabilidad y riesgos por inundaciones, avenidas torrenciales y otras amenazas evaluadas	47d	lun 14/02/22	mar 19/04/22
Realizar un análisis de vulnerabilidad en áreas donde se ha evaluado la amenaza, determinar el nivel de exposición y la predisposición a daños o afectaciones de elementos identificados a la escala 1:25.000 y en función de información disponible.	35d	lun 14/02/22	vie 1/04/22
Identificar, localizar, priorizar escenarios de riesgos acorde a categorías de amenaza evaluadas e indicadores de vulnerabilidad. Los escenarios de riesgo a priorizar deben considerar categorías de amenaza media alta para condición de vulnerabilidad alta.	5d	lun 4/04/22	vie 8/04/22
Realizar un análisis de riesgo sobre los escenarios priorizados, para cada amenaza presente, a partir de la comparación de las posibles afectaciones y los daños sobre los elementos expuestos que pueden ser afectados y su análisis de vulnerabilidad.	5d	lun 11/04/22	vie 15/04/22
Elaborar documento técnico con el análisis de exposición y vulnerabilidad.	2d	lun 4/04/22	mar 5/04/22
Elaboración de documento técnico con el análisis de riesgo. Salidas cartográficas.	2d	lun 18/04/22	mar 19/04/22

2 Bibliografía

Bennett, T. H., & Peters, J. C. (2000). *Continuos Soil Moisture Accounting in the Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System (HEC-HMS).* Davis, California, US: ASCE Library.

Carvajal, H., Cortes del Valle, R., Romero, F., & Montero, J. (2004). *Proyecto Compilación y Levantamiento de la Información Geomecánica. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la zonificación geomecánica.*

CORPOAMAZONÍA. (2020). *Plan de Acción Institucional - PAI.* Mocoa, Putumayo.: Corpoamazonía.

Instituto Nacional de Vías, INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras.* Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte, Subdirección de Apoyo Técnico.

Júnior, C. R. (2005). Regionalización de Caudales Máximos Instantáneos con Base en la Precipitación del Proyecto. *RERH Revista electrónica de recursos hídricos*.

McFadden, & Dudley, E. (1994). Soil Moisture Accounting in Continuos Simulation Watershwed Models. *Project Report*. University of California.

Poveda Jaramillo, G., Vélez Upegui, J. I., & Mesa, S. O. (2000). *Atlas Hidrológico de Colombia.* Medellín: Universidad Nacional de Medellín - Unidad de Planeación Minero-Energética de Colombia (UPME).

Sáenz, G. M. (1999). *Hidrología en la ingeniería.* Bogotá D.C: Escuela Colombiana de Ingeniería.

SGC. (2012). *Propuesta Metodologica Sistematica 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.

Vélez, J. J., Puricelli, M., López Unzu, F., & Francés, F. (2009). Parameter Extrapolation to Ungauged Basins. En *Hydrology and Earth System Sciences 13* (págs. 229-246).

Verstappen, H., & Van Zuidam, R. (1992). El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos, Una base para la evaluación de recursos y riesgos naturales. *Revised ed. Enschede, ITC Publ. 10,*, 89p.