

POMCA

RÍO MOCOA

Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica



FASE DE DIAGNÓSTICO





**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA
HIDROGRÁFICA DEL RÍO MOCOA**

FASE DE DIAGNÓSTICO

**MEMORIA TÉCNICA
HIDROGEOLOGÍA CONCEPTUAL
POMCA RÍO MOCOA**

**CONTRATO DE CONSULTORÍA 343 DE 2020
INPRO SAS**

MOCOA, 2021

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

Contrato 343 de 2020





A. Información del Documento.

Nombre del documento:	Memoria Técnica Hidrogeología Conceptual		
Código de documento:			
Preparado por:	EUGENIA VILLEGAS BOTERO	Cargo:	Directora
Fecha:	10/12/2021		

B. Registro de revisión.

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

C. Registro de versiones (Control de Cambios)

Ver. No.	Fecha Ver.	Generación del Informe	Actualizado Por	Nombre Archivo

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

De:	Fecha	Teléfono/Email
	DD/MM/AAAA	



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivo General.	9
2.2	Objetivos Específicos.....	9
3	TEORÍA CLÁSICA HIDROGEOLÓGICA.....	10
3.1	GLOSARIO	12
4	LIMITACIONES.....	15
5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	16
	Fase I, fase de recopilación de información geológica e hidrogeológica secundaria.	16
	Fase II. Fase de campo	16
	Fase III. Fase de oficina, informes y planos finales.	16
6	COBERTURA Y USOS DEL SUELO	16
7	BALANCE HÍDRICO	21
7.1	Climatología	21
7.1.1	Precipitación	24
7.1.2	Temperatura	26
7.1.3	Evaporación.....	30
7.1.4	Brillo solar	32
7.1.5	Humedad relativa.....	35
7.2	Balance Hidroclimático.....	38
7.3	Escorrentía e infiltración.....	40

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

Contrato 343 de 2020





8	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL LOCAL	42
9	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	57
10	LÍNEAS DE FLUJO	68
11	VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN.....	68
11.1	Método GOD.....	69
12	CONCLUSIONES	76
13	BIBLIOGRAFÍA	77



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cobertura y Usos del Suelo. Pomca río Mocoa.....	18
Tabla 2. Características generales estaciones con datos de precipitación.	22
Tabla 3. Datos de precipitación total a nivel mensual multianual en mm (1990-2020).....	25
Tabla 4. Características generales estaciones con datos de temperatura.	27
Tabla 5. Porcentaje de datos faltantes de temperatura por estación (1995-2020).29	
Tabla 6. Datos de temperatura máxima a nivel mensual multianual en °C (1995-2020).....	29
Tabla 7. Datos de temperatura media a nivel mensual multianual en °C (1995-2020).....	29
Tabla 8. Datos de temperatura mínima a nivel mensual multianual en °C (1995-2020).....	30
Tabla 9. Datos de evaporación a nivel mensual multianual en mm.....	31
Tabla 10. Datos de brillo solar a nivel mensual multianual en horas.....	34
Tabla 11. Datos de humedad relativa media a nivel mensual multianual en porcentaje.....	36
Tabla 12. Datos de humedad relativa máxima a nivel mensual multianual en porcentaje.....	36
Tabla 13. Grupo Hidrológico del Suelo (SCS, 1964)	41
Tabla 14. SEV propuestos, POMCA río Mocoa.....	44
Tabla 15. Unidades Hidrogeológicas Conceptuales, escala 1:25.000. Pomca río Mocoa	50
Tabla 16. Inventario de puntos de agua, POMCA río Mocoa	57



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipos de ríos en relación a su vinculación con el agua subterránea. A. río efluente o ganador. B río influente o ganador.....	11
Ilustración 2. Cobertura vegetal en la zona de estudio.....	20
Ilustración 3. Localización general estaciones con datos de precipitación en la zona de estudio.....	24
Ilustración 4. Isolíneas de precipitación total a nivel anual multianual (1990-2020).	26
Ilustración 5 . Localización general estaciones con datos de temperatura en la zona de estudio.	28
Ilustración 6. Isolíneas de evaporación a nivel anual.	32
Ilustración 7. Isolíneas de brillo solar a nivel anual multianual.	35
Ilustración 8. Isolíneas de humedad relativa a nivel anual multianual.	37
Ilustración 9. Ciclo del Agua – Jhon M Evans, USGS	38
Ilustración 10. Localización SEV realizados como parte de este estudio	43
Ilustración 11. Mapa de Unidades Hidrogeológicas Conceptuales en la zona de estudio.....	49
Ilustración 12. Inventario de puntos de agua del POMCA del río Mocoa	67
Ilustración 13. Esquema del Método GOD para evaluar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas.....	71
Ilustración 14. Zonas de recarga de acuíferos que deben ser zonas de cuidado ambiental especial.....	75



1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la caracterización conceptual hidrogeológica preliminar a escala 1:25.0000 para la cuenca del río Mocoa, con base en la caracterización geológica preliminar a escala a1:25.000 que a la fecha se tiene para la cuenca, anudada a la información obtenida en la ejecución de la campaña de SEV realizados en la cuenca y de la información obtenida del inventario de puntos de agua como parte de este estudio, y del estudio “Modelo Hidrogeológico, Físico – Químico y Microbiológico de las Aguas Subsuperficiales y Subterráneas de las Áreas Urbanas y de Expansión Urbana de Municipio de Mocoa”, realizado por la compañía SIAM S.A. en el año 2011.

En la aplicación de las fichas socioeconómicas se preguntó a las comunidades la identificación de puntos de agua subterránea como manantiales, aljibes y pozos, y una vez realizado el consolidado de esta actividad se realizó la visita técnica para georreferenciar y determinar características específicas de cada punto.



2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Caracterización conceptual de las unidades hidrogeológicas presentes en la cuenca del río Mocoa con base en información geológica a escala 1:25.000 preliminar, la información obtenida en la interpretación de 59 SEV en la cuenca e información hidrogeológica secundaria levantada en campo.

2.2 Objetivos Específicos.

- Identificación de unidades geológicas que puedan conformar acuíferos de acuerdo con sus características como porosidad y permeabilidad, espesores, a partir de la información geológica, datos sobre prospección geofísica (Sondeos Eléctricos Verticales, SEV), y mediante control de campo.
- Estimación de los usos actuales y potenciales del recurso hídrico subterráneo, mediante inventario de puntos de agua o información secundaria existente tomando como base el Formulario Único Nacional del Inventario de Aguas Subterráneas, FUNIAS (MINAMBIENTE, VIVIENDA & DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT), 2009).
- Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación, con base en la información existente y la Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación (MINAMBIENTE, VIVIENDA & DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT), 2009).
- Identificación y especialización de las zonas que deben ser objeto de protección o de medidas de manejo especial, como zonas de recarga, o zonas con mayor vulnerabilidad a la contaminación del acuífero.



3 TEORÍA CLÁSICA HIDROGEOLÓGICA

La hidrogeología ha clasificado a las rocas y suelos, en 4 grandes grupos: acuíferos, acuícludos, acuitardos y acuífugos.

Los **acuíferos** son las formaciones geológicas que tienen agua en su interior y que además la ceden con facilidad y por lo tanto se puede extraer para aprovechamiento por proporcionar caudales económicamente significativos (arenas y gravas, rocas duras fracturadas o fisuradas).

Los **acuícludos** son las formaciones geológicas que tienen mucha capacidad de almacenamiento de agua en su interior pero que no la ceden (arcillas), es decir que a pesar de tener agua dentro de su estructura no es posible extraerla para aprovechamiento debido a su baja permeabilidad.

Los **acuitardos** son las formaciones geológicas que tienen agua en su interior, es decir, pueden almacenar agua, pero que la ceden con dificultad, es decir no proporciona caudales de agua subterránea significativos (limos, limos arenosos finos).

Los **acuífugos** son las formaciones geológicas que no tienen agua en su interior (granitos, rocas duras no fracturadas).

Los acuíferos, se pueden presentar como: acuíferos libres, acuíferos confinados, acuíferos semiconfinados.

Los acuíferos pueden ser libres, cuando el manto freático no está limitado en su zona superior por una capa impermeable; o acuíferos confinados cuando sobre ellos existe un estrato de tipo impermeable. El agua proveniente de acuíferos confinados asciende a la superficie por presión hidrostática y la altura de este ascenso sin bombeo es denominada superficie piezométrica. Cuando la superficie piezométrica está por debajo del terreno el agua es denominada ascendente, pero si la superficie piezométrica está localizada por encima del terreno natural el agua se denominada brotante; y da lugar a los pozos saltantes cuando es hecha una perforación en el terreno para facilitar su salida a la superficie.

Los principales factores que condicionan la presencia y el movimiento del agua subterránea son: precipitación; geología; formas del terreno y cobertura vegetal. La precipitación está directamente relacionada con lo ya mencionado sobre el origen del agua subterránea por infiltración de agua lluvia; la geología condiciona la velocidad del movimiento del agua, pues cada formación tiene una conductividad hidráulica asociada a las características de permeabilidad y porosidad; la forma del terreno define la posibilidad del agua de infiltrarse así como la trayectoria a seguir, en general las partes altas constituyen zonas potenciales de recarga y las partes bajas, zonas de descarga de aguas subterráneas. Finalmente, la vegetación es un factor que favorece la infiltración y por tanto la recarga del agua subterránea, aún en suelos duros y arcillosos. Cuando el agua superficial (río, caño, quebrada) le cede agua al medio subterráneo, es decir, que el río pierde agua para alimentar al acuífero, se habla de un río perdedor o influente. Así mismo una corriente es clasificada como efluente o ganadora cuando el acuífero le cede agua al curso superficial, es decir, que el río aumenta su caudal gracias al agua que le aporta el medio subterráneo (Ilustración 1). También existen algunos ríos que no tienen ningún vínculo con el agua subterránea y esos se llaman independientes (Ilustración 1).

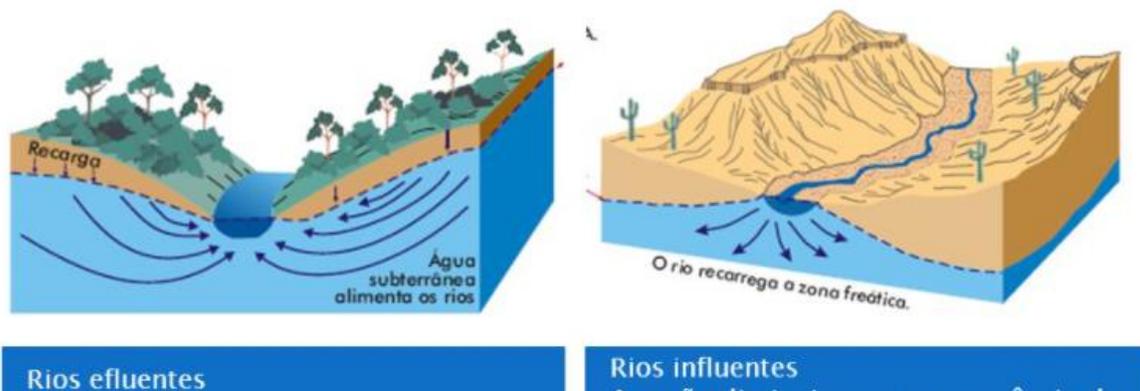


Ilustración 1. Tipos de ríos en relación a su vinculación con el agua subterránea. A. río efluente o ganador. B río influente o ganador.

Fuente: (Universidad Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofía y Ciencias Humanas, Departamento de Geociencias, 2017).



3.1 GLOSARIO

- **Abatimiento (s):** El abatimiento de un pozo significa el descenso que experimenta el nivel del agua cuando se está bombeando. Es la diferencia en metros entre el nivel estático y el nivel dinámico sus unidades se expresan en m.
- **Abatimiento Residual:** Una vez que el bombeo se ha detenido, el nivel del agua empieza a ascender tratando de alcanzar el nivel existente antes de empezar el bombeo. La distancia entre el nivel estático y dicho nivel, se denomina abatimiento residual.
- **Acuícludos:** son las formaciones geológicas que tienen mucha capacidad de almacenamiento de agua en su interior pero que no la ceden (arcillolitas), es decir que a pesar de tener agua dentro de su estructura no es posible extraerla para aprovechamiento.
- **Acuíferos:** son las formaciones geológicas que tienen agua en su interior y que además la ceden con facilidad, y por tanto dicha agua puede extraerse para aprovechamiento (p.ej. areniscas, conglomerados y gravas, rocas duras fracturadas o fisuradas).
- **Acuífero confinado o cautivo:** Son formaciones acuíferas totalmente saturadas, en donde el agua subterránea está a mayor presión que la atmosférica, debido al efecto confinante ejercido por una formación acuicluda suprayacente. Cuando se perforan pozos, el nivel del agua asciende por encima del techo del acuífero confinado (pozo artesiano). Si el agua llega a ascender por encima de la superficie topográfica se llama pozo surgente.
- **Acuífero libre, no confinado o freático:** son formaciones geológicas acuíferas en las que el agua que satura los poros está en contacto directo con la atmósfera a través de los intersticios de la zona no saturada. De esta forma, los intersticios están saturados hasta su nivel, definiendo una superficie que está habitualmente por debajo de la superficie topográfica, la superficie freática.

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

Contrato 343 de 2020





- **Acuífero semiconfinado:** Es un tipo de acuífero cubierto por una capa no totalmente impermeable (acuitardos) que permite la filtración vertical del agua y, por tanto, puede recibir recarga o perder agua a través del techo o de la base. Este flujo vertical sólo es posible si existe una diferencia de potencial entre ambos niveles. Es decir, un acuífero cautivo confinado por un acuitardo. Los pozos son artesianos y no tienen nivel freático sino piezométrico.
- **Acuífero multicapa:** Son un caso particular y frecuente de acuíferos en los que se suceden niveles de distinta permeabilidad.
- **Acuífugos:** son las formaciones geológicas que no tienen agua en su interior (p.ej. granitos, rocas duras no fracturadas).
- **Acuitardos:** son las formaciones geológicas que tienen agua en su interior, es decir, pueden almacenar agua, pero que la ceden con dificultad (p.ej. limolitas, limolitas arenosas). Son formaciones porosas y poco permeables que en general no son aptas para su explotación hidrogeológica, aunque pueden obtenerse caudales que llegan a ser interesantes en condiciones excepcionales ya que, aunque transmiten muy lentamente el agua, a escala regional pueden pasar grandes volúmenes de agua a través de estas formaciones.
- **Aljibe:** Es una obra hidráulica, para almacenamiento de agua, realizada en el suelo, con recarga directa porque se corta el nivel freático local. Su forma variable, y con profundidades pequeñas (puede alcanzar los 25 metros). Su forma de construcción puede ser manual o con ayuda de maquinaria.
- **Capacidad Específica (Ce):** es la relación entre el caudal producido en un pozo con el descenso del nivel del agua en el mismo. Sus unidades se expresan en unidades de volumen/unidades de tiempo/unidades de longitud (ej. l/seg/m).



- **Coeficiente de Almacenamiento (S):** Volumen de agua liberado por un prisma vertical de acuífero, de sección unidad y altura la del acuífero saturado, si desciende el nivel freático una unidad. Es adimensional.
- **Manantial.** Punto donde la topografía corta el nivel freático y emana continuamente agua del fluido subterráneo.
- **Nivel Estático (NE):** Corresponde al nivel en que el agua permanece dentro de un pozo cuando no se ha bombeado por un período prolongado de tiempo; se expresa como la distancia desde la superficie del terreno o desde un punto referenciado al nivel del agua. Sus unidades en m.
- **Nivel Dinámico (ND):** Corresponde al nivel en que se encuentra el agua dentro del pozo conforme avanza el bombeo; se expresa como la distancia desde la superficie del terreno o desde un punto referenciado al nivel del agua. Sus unidades en m.
- **Nivel freático:** tiene forma ondulada, más elevada en las zonas de recarga y deprimida en las zonas de descarga y el agua subterránea se mueve desde las zonas en que el nivel freático está elevado hacia donde está más bajo. En nivel freático forma una superficie de equiparación con valor igual a la presión atmosférica. Define el límite de saturación del acuífero libre. Su posición no es fija, sino que varía en función de las épocas secas o lluviosas.
- **Nivel freaticométrico.** El nivel freaticométrico hace referencia a la altura del nivel freático con referencia al nivel del mar, para cada uno de los puntos inventariados.
- **Permeabilidad o Conductividad Hidráulica (K):** Es un parámetro que indica la factibilidad o facilidad que ofrece una roca o formación hidrogeológica para que pase un fluido a su través. Sus unidades se expresan en unidades de longitud por unidad de tiempo (ej. m/día).



- **Pozo profundo o de explotación:** Es una obra hidráulica que se construye con maquinaria especial, a diámetro reducido, basado en estudios previos, para captar y extraer agua subterránea para un uso específico.
- **Superficie piezométrica:** La superficie hipotética que representa la altura a la que ascendería el agua si se perforase en cualquier punto del acuífero confinado se denomina superficie piezométrica o nivel piezométrico, es decir, es el nivel en que la presión del agua del acuífero se equilibra con la presión atmosférica.
- **Transmisividad (T):** Se define como el caudal que se transmite por unidad del ancho del acuífero. Indica la factibilidad o facilidad de paso de agua a través de una franja vertical de acuífero, es decir su capacidad para ceder agua subterránea. Sus unidades se expresan en unidades de área por unidad de tiempo (ej. m²/día).

4 LIMITACIONES

La principal limitación para la elaboración de este estudio está relacionada con la información limitada a inexistente de aspectos como (limitaciones que son compartidas del estudio realizado por SIAM en el año 2011):

- En la zona de estudio solo se localiza un punto de agua con concesión, exactamente un pozo profundo, el cual se localiza en predios del batallón.
- No fue posible obtener información de pruebas de bombeo de este pozo para analizar propiedades geohidráulicas del acuífero o acuíferos presentes.
- No existe una red de pozos de monitoreo que permitan establecer registros históricos de niveles estáticos existentes en la cuenca.
- No existe una nivelación topográfica de los puntos de agua a escala centimétrica que permita establecer un modelo de flujo detallado.



5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología propuesta para el desarrollo de este estudio se dividió en tres fases, descritas a continuación:

Fase I, fase de recopilación de información geológica e hidrogeológica secundaria. En esta fase se realiza una búsqueda de información geológica e hidrogeológica a nivel rural, en el servicio Geológica Colombiano, SGC. Se recopila y asimila la información contenida en el estudio: Modelo Hidrogeológico, Físico – Químico y Microbiológico de las Aguas Subsuperficiales y Subterráneas de las Áreas Urbanas y de Expansión del Municipio de Mocoa.

También se involucra la información climatológica, hidrológica de la zona de estudio, del POT y la generada en este estudio.

Fase II. Fase de campo. En esta fase se afina y precisa la cartografía de unidades geológicas, y la descripción de las mismas, las cuales servirán de base para el modelo hidrogeológico conceptual. En esta fase se realiza la campaña de 59 SEV en la zona de estudio, tanto toma como interpretación. También se realiza el inventario de puntos de agua en la zona de estudio.

Fase III. Fase de oficina, informes y planos finales. En esta fase, ya precisada las unidades geológicas, interpretados los SEV realizados, anudado a la información disponible de la zona de estudio y de la información levantada en el inventario de puntos de agua, se elabora el plano de unidades hidrogeológicas conceptuales a escala 1:25.000 con su respectiva memoria.

6 COBERTURA Y USOS DEL SUELO

En la Ilustración 2 y Tabla 1 se presenta la cobertura y usos del suelo realizada en este estudio, para la cuenca del río Mocoa (en el capítulo correspondiente de este estudio, se explica al detalle la metodología empleada para llegar al producto de coberturas y usos del suelo).



El estudio de coberturas, analizando la dinámica del cambio de coberturas a través de la frontera agrícola y otros usos no permisibles para el suelo, permite construir una forma de evaluación y monitoreo de las zonas, además de la posibilidad de analizar y comparar el cambio de coberturas en un determinado tiempo (Tomado de Modelo Hidrogeológico, Físico – Químico y Microbiológico de las Aguas Subsuperficiales y Subterráneas de las Áreas Urbanas y de Expansión del Municipio de Mocoa. SIAM. 2011).

El mostrar estos procesos de cambio en la cobertura y la magnitud del cambio de uso de las tierras, establece un punto inicial de una planificación integrada para el uso sostenible de los recursos naturales.

Con base en la Ilustración 2 y Tabla 1, se observa que la cobertura que ocupa mayor área es la de Bosque Alto Denso de Tierra Firme con un área del 72% del total de la cuenca (resaltado en amarillo en la Tabla 1), mientras que las actividades de origen antrópico (pastos limpios, pastos enmalezados, mosaico de cultivos, pastos arbolados, mosaico de cultivos, y otros resaltados en color gris en la Tabla 1), ocupan cerca del 11.06% del total de la cuenca. La ampliación de la frontera agrícola implica deforestación permanente por la ampliación de potreros y puede estar en incremento.

Las coberturas naturales, por evolución de las mismas, constituyen sistemas que retienen el agua y la ceden al subsuelo por medio de la infiltración lenta en sectores donde afloran rocas con porosidad primaria como areniscas, conglomerados y/o depósitos cuaternarios, y rocas con porosidad secundaria y así se alimentan los sistemas acuíferos. La cobertura de Herbazal denso de tierra firme con arbustos que correlaciona con la cobertura de paramo, ocupa un 0.79% del total del área de la cuenca, y corresponden a coberturas especializadas en la retención e infiltración del agua en la zona de paramó; por comentarios de pobladores, ya que no se pudo ascender al paramo, se escucha que existe una alta degradación de la cobertura por explotación minera artesanal.



El cambio en el uso del suelo por actividades antrópicas, hacen que este proceso natural se degrade (retención e infiltración), y con la consecuente disminución en el tiempo, de la infiltración del agua en el subsuelo que alimenta los sistemas acuíferos.

Tabla 1. Cobertura y Usos del Suelo. Pomca río Mocoa

NOMENCLAT	LEYENDA	ÁREA (Ha)	% de Cobertura
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	1,390.40	2.06%
231	Pastos limpios	727.36	1.08%
233	Pastos enmalezados	601.81	0.89%
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	4,378.07	6.50%
32112	Herbazal denso inundable	52.15	0.08%
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	608.52	0.90%
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1,942.65	2.88%
3221	Arbustal denso	460.28	0.68%
232	Pastos arbolados	1,461.00	2.17%
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	529.57	0.79%
241	Mosaico de cultivos	439.89	0.65%
242	Mosaico de pastos y cultivos	1,325.39	1.97%
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	12.32	0.02%
314	Bosque de galería y/o ripario	1,047.15	1.55%
3231	Vegetación secundaria alta	0.90	0.00%
3232	Vegetación secundaria baja	84.14	0.12%
333	Tierras desnudas y degradadas	248.03	0.37%
31121	Bosque denso bajo de tierra firme	1,278.84	1.90%
112	Tejido urbano discontinuo	114.85	0.17%
31122	Bosque denso bajo inundable	4.95	0.01%
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	56.91	0.08%
3121	Bosque abierto alto	42.61	0.06%
31211	Bosque abierto alto de tierra firme	12.85	0.02%
244	Mosaico de pastos espacios naturales	430.53	0.64%
3212	Herbazal abierto	13.51	0.02%
514	Cuerpos de agua artificiales	6.52	0.01%
3222	Arbustal abierto	11.86	0.02%
31221	Bosque abierto bajo de tierra firme	36.42	0.05%
111	Tejido urbano continuo	349.76	0.52%
31111	Bosque denso alto de tierra firme	48,503.23	72.00%



511	Ríos	1,169.37	1.74%
333	Tierra desnuda y degradada	19.92	0.03%
TOTAL		67,361.75	100.00%

FUENTE: INPRO 2021

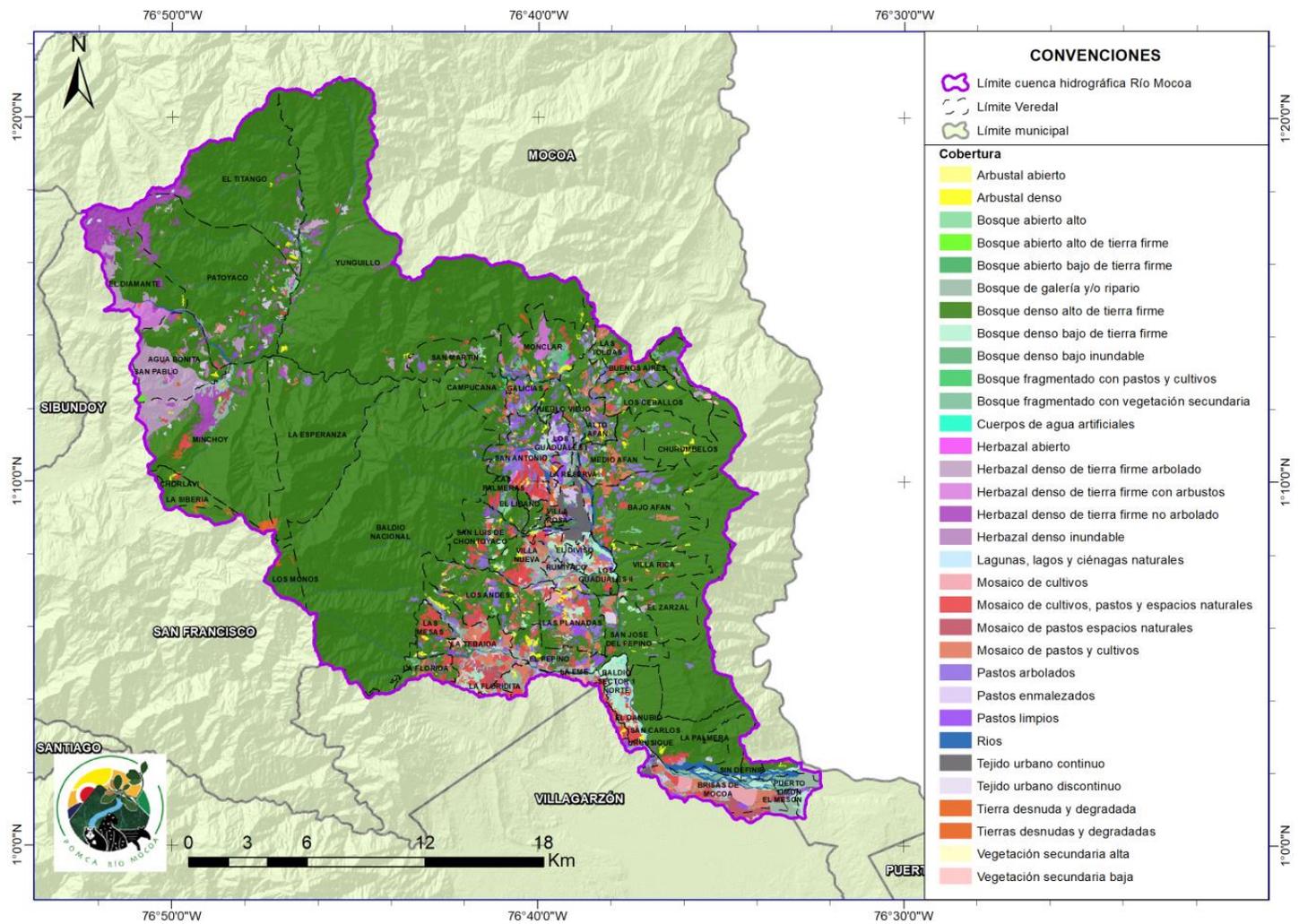


Ilustración 2. Cobertura vegetal en la zona de estudio

FUENTE: INPRO 2021

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





7 BALANCE HÍDRICO

El balance Hídrico busca identificar el equilibrio entre todos los recursos hídricos presentes en una región y los que salen de ella en un tiempo establecido. A partir de estos análisis es posible realizar una valoración cuantitativa y sus variaciones por efectos antrópicos.

A continuación se presenta un análisis de la climatología del municipio de Mocoa como insumo indispensable para el balance hídrico subterráneo.

7.1 Climatología

Para la Identificación del comportamiento climatológico del municipio de Mocoa, se realizó la identificación de las diferentes estaciones meteorológicas ubicadas en la Región y que aportaran información pertinente para el análisis a realizar.

En la Tabla 2 se presentan las siguientes características generales de las estaciones con datos de precipitación localizadas en la zona de estudio:

- Código
- Tipo de estación
- Nombre
- Corriente
- Departamento
- Parámetros medidos
- Municipio
- Coordenadas (latitud y longitud)
- Elevación
- Estado (activa o suspendida)
- Fecha de instalación y de suspensión

De igual forma, en la Ilustración 3 se presenta la localización de las 32 estaciones, con datos de precipitación, presentes en la zona de estudio.



Tabla 2. Características generales estaciones con datos de precipitación.

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
47010170	PM	VICHOY	Mocoa	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Colón	1.183	-76.983	2280	SUS	15/08/1972	15/03/2002
44010080	PM	SANTA LUCIA	Qda La Mosca	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Puerto Guzmán	0.962	-76.441	500	ACT	15/04/1981	
47010100	PM	SAN PABLO	Guabo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Sibundoy	1.167	-76.933	265	SUS	15/05/1974	15/03/2002
47010090	PM	SAN FRANCISCO	Mocoa	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.179	-76.883	2140	ACT	15/09/1973	
47010080	PM	QUINCHOA	Lag Guamuez	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Santiago	1.150	-77.000	275	SUS	15/07/1976	15/03/2002
47010070	PM	PUTUMAYO	Lag Guamuez	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Sibundoy	1.150	-76.933	270	SUS	15/01/1973	15/04/1989
47010120	AM	PUERTO UMBRIA	Guamues	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Villagarzón	0.900	-76.567	320	SUS	15/01/1978	15/04/1983
47010110	PM	PUERTO CAICEDO	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Caicedo	0.686	-76.605	300	ACT	15/01/1978	
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	
47010150	PM	CARRIZAL	Lag Guamuez	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Santiago	1.137	-77.037	2300	ACT	15/05/1968	
47010060	PM	BUENOS AIRES	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Sibundoy	1.117	-76.950	2130	SUS	15/08/1968	31/03/2008
47010020	PG	BALSAYACO	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Santiago	1.118	-76.981	270	ACT	15/03/1959	
47017030	AM	PUENTE CARRETERA	Porotoyaco	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.150	-76.900	275	SUS	15/10/1977	15/05/1980
44017150	LM	CASCABEL	Cascabel	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.451	-76.645	701	SUS	15/07/1997	15/08/1989
47015030	CO	SIBUNDOY	Siguinchica	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Sibundoy	1.183	-76.917	2100	SUS	15/10/1957	15/08/1996
47015060	CO	SANTIAGO	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.133	-77.000	2220	SUS	15/10/1968	15/03/1975
47015070	CO	PUERTO UMBRIA	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Villagarzón	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	
47015040	CO	MICHOACAN	San Pedro	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Colón	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
47015090	CO	LA PRIMAVERA	Mocoa	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Sibundoy	1.168	-76.933	267	SUS	15/09/1983	3/02/2014
47015010	CO	LA MENTA	Siguinchica	Putumayo	Ptotal y	Sibundoy	1.183	-76.933	267	SUS	15/10/1968	15/11/1982

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



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
					Pmáx 24h							
44010010	PM	MOCOA	Siguinchica	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.183	-76.667	579	SUS	15/01/1959	15/11/1979
44010030	PM	CAMPUCANA	Pasto	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.203	-76.681	1400	ACT	15/11/1977	
44010040	PG	MINCHOY	Pasto	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.202	-76.817	2300	ACT	15/11/1977	
44010050	PM	FONDO GANADERO	Putumayo	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.117	-76.633	540	SUS	15/10/1978	15/04/1983
44010110	PM	PUERTO LIMON	Guaitara	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.027	-76.542	430	ACT	15/09/1984	
44010120	PM	PAToyACO	Mocoa	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.218	-76.802	1620	ACT	15/07/1997	
44015010	AM	VILLAGARZON	Guaitara	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Villagarzón	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
44015020	CO	PORVENIR	Siguinchica	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.183	-76.867	2230	SUS	15/01/1976	15/11/1977
44015060	CP	ACUEDUCTO MOCOA - AUT	Hacha	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	
44015070	CP	EL PEPINO - AUT	Guaitara	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	Mocoa	1.083	-76.667	760	ACT	11/11/2005	
47010180	PM	TORRE TV SAN FCO	Lag Guamuez	Putumayo	Ptotal y Pmáx 24h	San Francisco	1.145	-76.845	3000	ACT	15/01/1979	

Fuente: IDEAM, 2021.

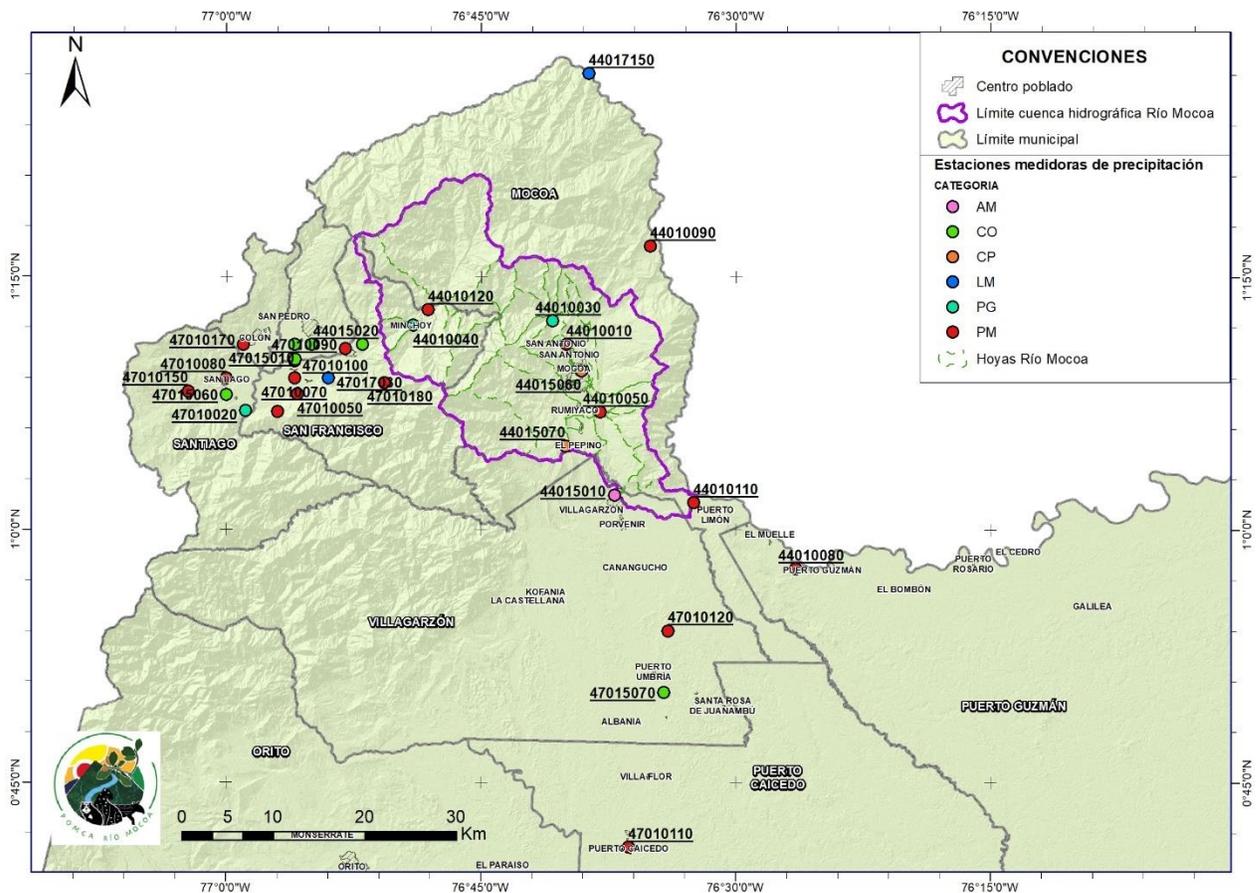


Ilustración 3. Localización general estaciones con datos de precipitación en la zona de estudio.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.1 Precipitación

Como primera medida, para realizar el tratamiento de datos de precipitación, se seleccionó un periodo de registro suficiente (mayor a 15 años), en el que la mayoría de las estaciones incluyera información de precipitación total. Posterior a esto, se contabilizaron 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%.

7.1.1.1 Análisis temporal – histogramas

Con el fin de identificar el comportamiento de la precipitación total en la zona de estudio para un año promedio, se desarrollaron los histogramas para cada una de las 10 estaciones seleccionadas. En la Tabla 3 se presentan los valores promedio



de precipitación total a nivel mensual multianual para el periodo de registro seleccionado (1990-2020).

Tabla 3. Datos de precipitación total a nivel mensual multianual en mm (1990-2020).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
CONDAGUA	198.5	219.1	263.6	343.1	395.3	385.9	391.6	289.7	247.1	228.9	225.8	229.9
CHUNGACASPI	92.9	102.5	145.3	172.3	232.9	345.1	382.7	272.5	161.1	112.1	99.2	106.8
MICHOACAN	90.5	98.2	134.7	158.9	187.9	199.6	189.4	131.6	116.0	97.4	111.4	104.0
CAMPUCANA	179.6	197.3	250.5	352.6	433.1	470.5	446.4	311.5	259.6	214.3	194.7	203.1
MINCHOY	214.0	219.7	267.4	316.4	393.4	432.5	417.3	320.3	256.6	184.5	188.5	201.4
PUERTO LIMÓN	496.8	484.0	597.3	764.4	834.1	757.4	671.5	484.8	481.9	508.2	585.3	593.6
ACUEDUCTO MOCOCA AUT	210.3	223.3	289.5	366.9	409.9	450.9	427.1	308.7	286.5	228.4	234.7	224.6
TORRE TV SAN FCO	177.7	189.5	246.9	297.3	393.9	569.5	578.7	407.4	243.5	200.7	175.0	186.7
PUERTO CAICEDO	327.1	335.7	461.7	563.4	597.4	467.0	396.4	323.9	329.1	386.0	479.0	414.3
BALSAYACO	106.5	111.9	145.8	155.9	207.5	215.9	230.0	170.6	135.5	112.5	107.3	122.5

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.1.2 Análisis espacial – isoyetas

Una vez analizadas las estaciones medidoras de precipitación en la zona de estudio, se trazaron las isoyetas a nivel mensual y anual multianual para el periodo de registro seleccionado (1990-2020). Estas isoyetas fueron elaboradas, teniendo en cuenta la condición topográfica de la zona. Para esto se utilizó el método geoestadístico de interpolación Kriging.

De acuerdo con (Oliver, 1990), la interpolación por Kriging presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie. La herramienta Kriging ajusta una función matemática a un número específico de puntos o a todos los puntos dentro de un radio especificado, para determinar el valor de salida para cada ubicación. Kriging es un proceso que tiene varios pasos, entre los que se incluyen, el análisis estadístico exploratorio de los datos, el modelado de variogramas, la creación de la superficie y (opcionalmente) la exploración de la superficie de varianza. Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos.

En la Ilustración 4 se presentan las isoyetas a nivel anual multianual (1990-2020), para la zona de estudio.

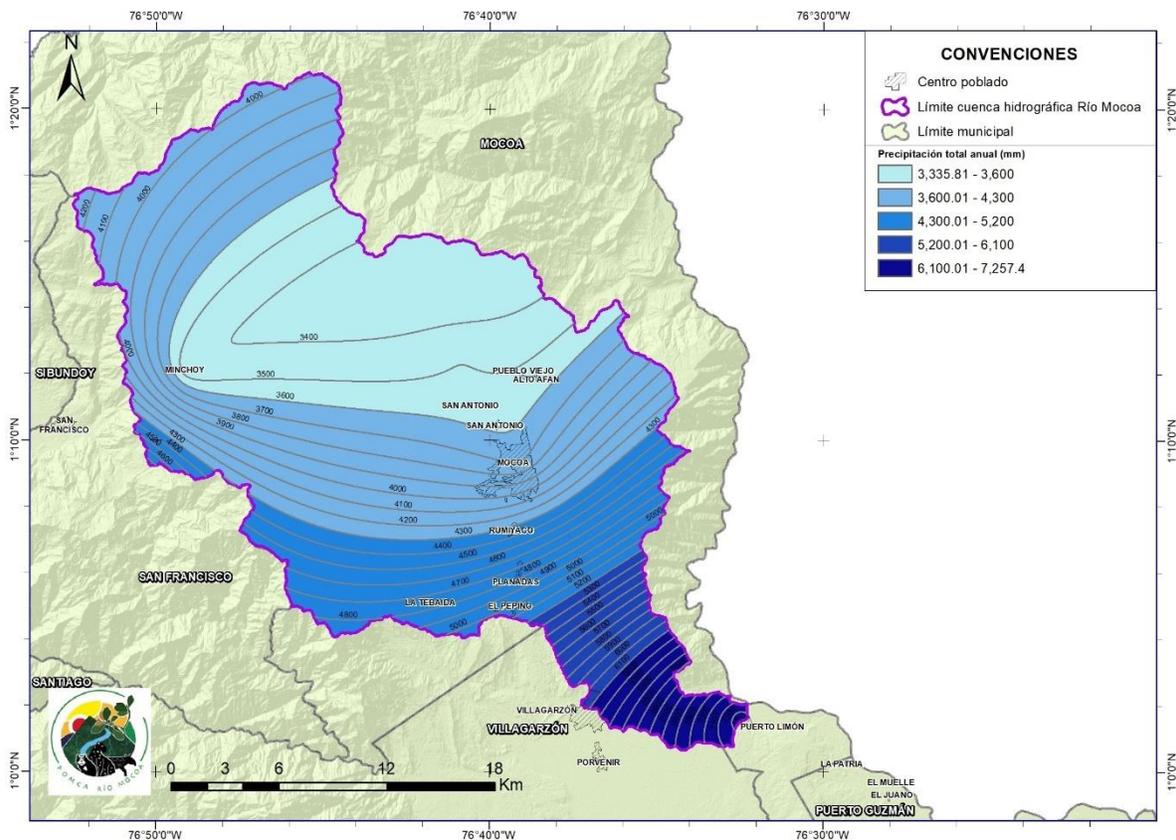


Ilustración 4. Isolíneas de precipitación total a nivel anual multianual (1990-2020).

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

De acuerdo con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los valores de precipitación total fluctúan entre 3336 y 7257 mm al año, y la precipitación es máxima al sur de la zona de estudio.

7.1.2 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. En la Tabla 4 se presentan las características generales de las estaciones con datos de temperatura localizadas en la zona de estudio. De igual forma, en la Ilustración 5 se presenta la localización de las 6 estaciones, con datos de temperatura, presentes en la zona de estudio.



Tabla 4. Características generales estaciones con datos de temperatura.

No.	TE	NOMBRE	CODIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	VARIABLE DE ESTUDIO	LAT	LON	ELEV. (msnm)	ESTADO	AÑO INSTALACIÓN	AÑO SUSPENSIÓN
1	CO	SIBUNDOY	47015030	Putumayo	Sibundoy	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.183	-76.917	2100	SUS	15/10/1957	15/08/1996
2	CO	PUERTO UMBRIA	47015070	Putumayo	Villagarzón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	0.839	-76.570	362	ACT	14/04/1983	
3	CO	MICHOACAN	47015040	Putumayo	Colón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.198	-76.961	2100	ACT	15/01/1977	
4	CO	LA PRIMAVERA	47015090	Putumayo	Sibundoy	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.168	-76.933	267	SUS	15/09/1983	3/02/2014
5	AM	VILLAGARZON	44015010	Putumayo	Villagarzón	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.034	-76.619	440	ACT	15/08/1964	
6	CP	ACUEDUCTO MOCOCA - AUT	44015060	Putumayo	Mocoa	Temperatura Máxima, Media y Mínima	1.157	-76.652	650	ACT	29/03/2006	

Fuente: IDEAM, 2021

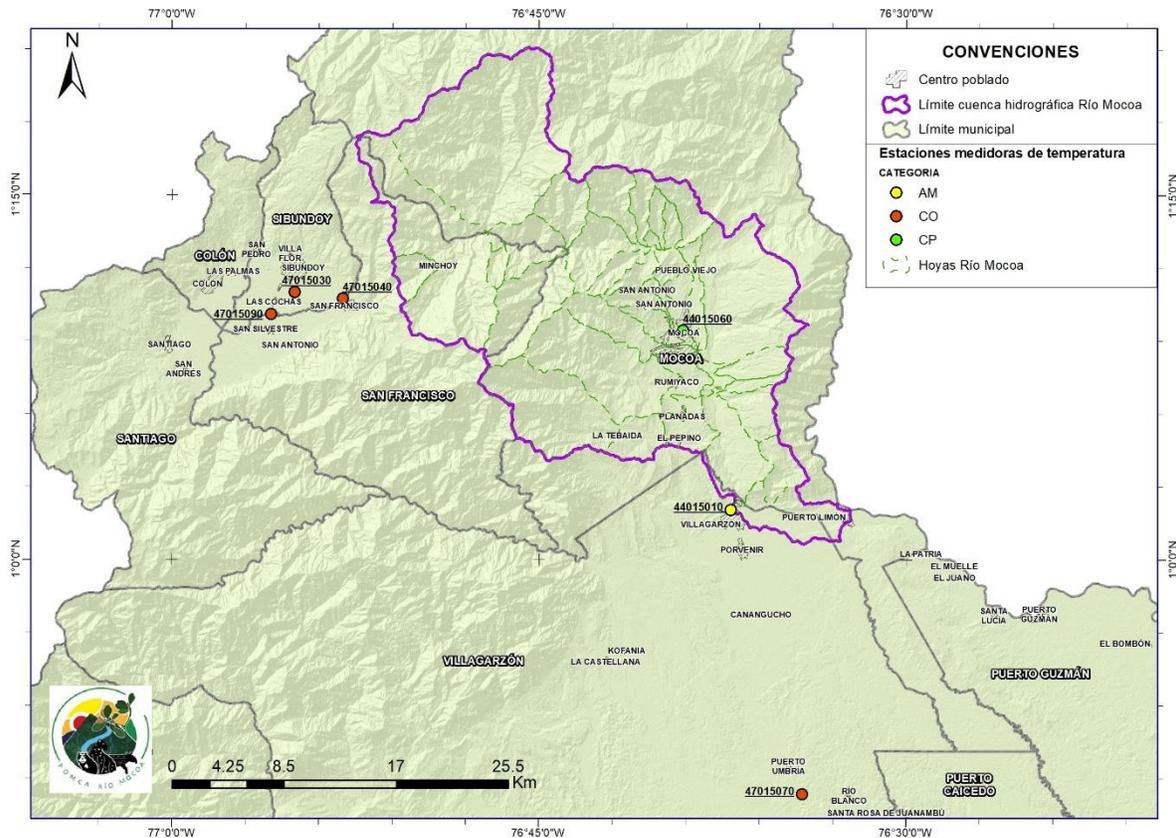


Ilustración 5 . Localización general estaciones con datos de temperatura en la zona de estudio.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021

7.1.2.1 Selección del periodo de registro y porcentaje de datos faltantes

Se seleccionó un periodo de registro de 16 años, tomando los valores de temperatura desde el año 2005 hasta el año 2020, y mediante un gráfico de barras, en el cual se presenta la estación con su periodo de registro, 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 5, se presenta la cantidad de datos que tiene cada estación, dentro del periodo de registro seleccionado (2005-2020), y el porcentaje de datos faltantes.



Tabla 5. Porcentaje de datos faltantes de temperatura por estación (1995-2020).

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	VARIABLE DE ESTUDIO	No. DATOS ANUALES (1995-2020)	% DATOS FALTANTES
47015030	CO	SIBUNDOY	Temperatura Máx, Med, Mín	2	92.3%
47015070	CO	PUERTO UMBRIA	Temperatura Máx, Med, Mín	23	11.5%
47015040	CO	MICHOACAN	Temperatura Máx, Med, Mín	26	0.0%
47015090	CO	LA PRIMAVERA	Temperatura Máx, Med, Mín	20	23.1%
44015010	AM	VILLAGARZON	Temperatura Máx, Med, Mín	26	0.0%
44015060	CP	ACUEDUCTO MOCOCA - AUT	Temperatura Máx, Med, Mín	26	0.0%

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.2.1.1 Temperatura Máxima

En la Tabla 6 se presentan los valores máximos de temperatura a nivel mensual multianual para el periodo de registro seleccionado (2005-2020).

Tabla 6. Datos de temperatura máxima a nivel mensual multianual en °C (1995-2020).

Mes	Ene ro	Febr ero	Mar zo	Ab ril	Ma yo	Jun io	Jul io	Agos to	Septiem bre	Octu bre	Noviem bre	Diciem bre
PUERTO UMBRIA	34.0	35.4	33.8	35.4	33.4	32.4	32.8	34.2	34.8	34.5	33.9	33.8
MICHOACAN	25.5	25.9	25.2	25.4	25.1	24.0	24.2	24.4	24.8	24.9	25.9	24.8
VILLAGARZON	34.8	34.3	33.8	33.2	32.8	37.7	32.1	33.6	34.0	36.2	34.0	33.4
ACUEDUCTO MOCOCA - AUT	32.2	32.4	32.3	31.2	31.1	31.4	30.5	30.7	31.5	31.6	31.6	31.0

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.2.1.2 Temperatura Media

En la Tabla 7 se presentan los valores medios de temperatura a nivel mensual multianual para el periodo de registro seleccionado (2005-2020).

Tabla 7. Datos de temperatura media a nivel mensual multianual en °C (1995-2020).

Mes	Ene ro	Febr ero	Mar zo	Ab ril	Ma yo	Jun io	Jul io	Agos to	Septiem bre	Octu bre	Noviem bre	Diciem bre
-----	--------	----------	--------	--------	-------	--------	--------	---------	-------------	----------	------------	------------



PUERTO UMBRIA	27.7	27.8	27.5	27.5	27.1	26.4	26.5	27.0	27.5	27.7	27.7	27.4
MICHOACAN	17.9	18.2	18.0	18.3	17.8	17.2	16.6	16.5	17.0	17.7	18.4	18.0
VILLAGARZÓN	27.5	27.3	27.3	26.9	26.4	26.0	25.7	26.7	27.1	27.4	27.4	27.1
ACUEDUCTO MOCOA	26.1	26.0	26.1	25.5	25.0	24.6	24.5	25.0	25.9	26.1	26.2	25.9

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.2.1.3 Temperatura Mínima

En la Tabla 8 se presentan los valores mínimos de temperatura a nivel mensual multianual para el periodo de registro seleccionado (2005-2020).

Tabla 8. Datos de temperatura mínima a nivel mensual multianual en °C (1995-2020).

Mes	Ene ro	Febr ero	Mar zo	Ab ril	Ma yo	Jun io	Jul io	Agos to	Septiem bre	Octu bre	Noviem bre	Diciem bre
PUERTO UMBRIA	20.1	19.5	19.8	19.8	19.4	18.5	18.4	16.1	18.5	18.9	20.0	19.9
MICHOACAN	5.8	5.9	6.9	6.8	8.0	7.1	5.9	5.1	6.7	7.0	7.7	6.1
VILLAGARZÓN	19.4	19.6	19.8	18.7	18.0	17.5	17.5	17.0	18.9	19.5	19.6	19.8
ACUEDUCTO MOCOA	19.2	19.2	19.4	19.0	18.6	16.6	16.8	16.2	18.5	18.9	19.0	19.7

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.3 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 seleccionaron cinco estaciones medidoras de este parámetro.

7.1.3.1 Análisis temporal – histogramas

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

En la Tabla 9 se presentan los valores de evaporación a nivel mensual multianual



Tabla 9. Datos de evaporación a nivel mensual multianual en mm.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
SIBUNDOY ¹	86.1	72.4	78.1	64.1	64.1	58.1	50.9	55.4	68.4	81.1	82.2	84.8
PUERTO UMBRIA ²	86.6	78.4	66.8	64.4	59.3	59.3	65.0	82.7	82.3	90.1	84.0	81.4
MICHOACAN ³	73.3	61.7	58.8	55.9	50.4	40.8	37.9	43.3	56.9	71.5	77.7	69.5
VILLAGARZÓN ⁴	79.9	70.6	73.2	66.6	61.1	53.4	66.4	82.1	86.1	87.7	79.7	83.5
ACUEDUCTO MOCOA - AUT ⁵	85.7	79.0	78.2	73.0	66.1	57.4	68.1	70.9	89.8	97.2	84.2	83.2

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.

7.1.3.2 Análisis espacial – isolíneas

Una vez analizadas las estaciones medidoras de evaporación en la zona de estudio, se trazaron las isolíneas de este parámetro. Estas isolíneas fueron elaboradas mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) por sus siglas en ingles.

Este método implementa explícitamente la suposición de que las cosas que están cerca unas de otras son más parecidas que aquellas que están más separadas entre sí. Para predecir un valor para cualquier ubicación no medida, el método utiliza los valores medidos que rodean la ubicación de predicción. Los valores medidos más cercanos a la localización de predicción tienen más influencia sobre el valor predicho que los más alejados. El IDW supone que cada punto medido tiene una influencia local que disminuye con la distancia; da mayor peso a los puntos más cercanos al lugar de predicción, y los pesos disminuyen como una función de la distancia, de ahí el nombre de la distancia inversa ponderada.

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.

En la Ilustración 6 se presentan las isolíneas de evaporación a nivel anual.

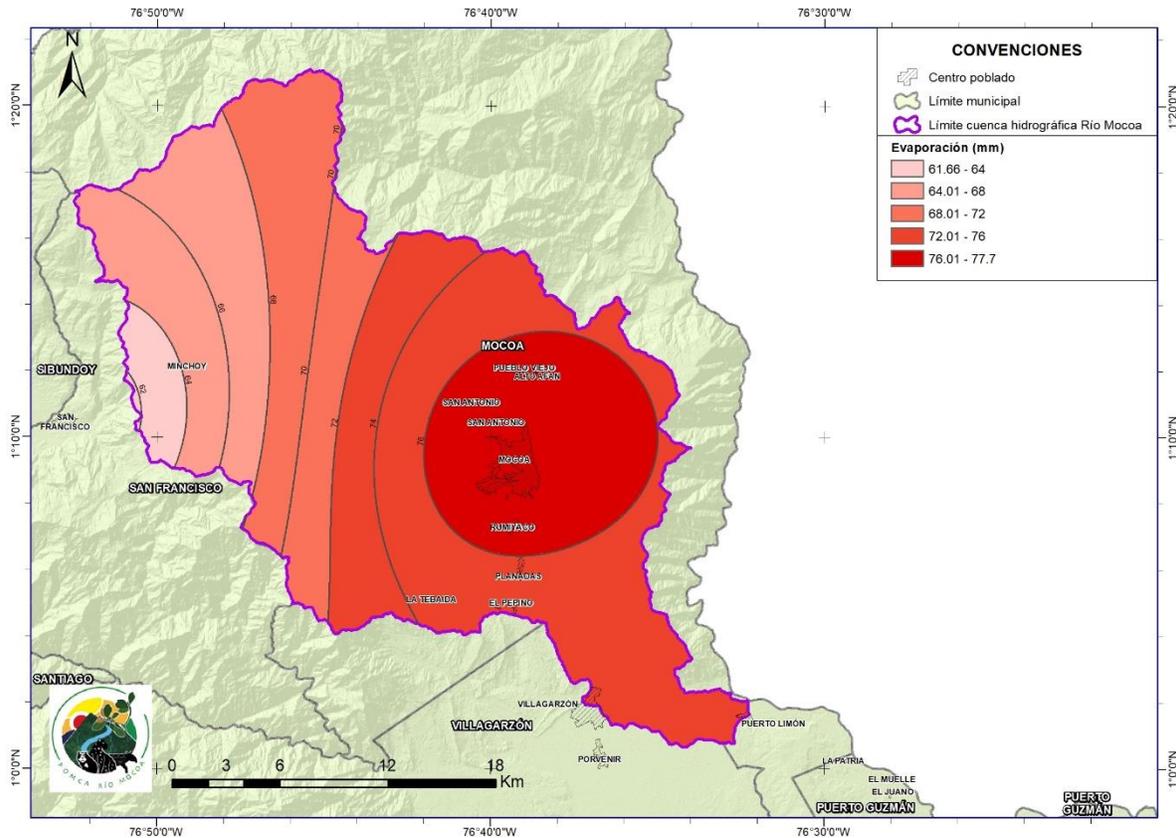


Ilustración 6. Isolíneas de evaporación a nivel anual.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.4 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.

7.1.4.1 Análisis temporal – histogramas

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



En la Tabla 10 se presentan los valores de brillo solar a nivel mensual multianual.



Tabla 10. Datos de brillo solar a nivel mensual multianual en horas.

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SIBUNDOY ¹	116.48	75.00	80.79	67.72	81.87	57.63	59.19	65.05	71.57	98.58	107.18	107.17
PUERTO UMBRIA ²	131.25	92.42	77.30	88.34	86.14	77.73	82.05	115.78	123.10	133.69	121.53	130.20
MICHOACAN ³	93.65	70.28	56.83	54.20	51.38	31.74	34.41	47.12	62.78	83.17	93.26	95.09
LA PRIMAVERA ⁴	97.35	74.52	64.21	58.70	63.32	49.93	54.83	62.71	72.13	86.92	99.42	107.48
VILLAGARZÓN ⁵	97.17	69.08	60.05	63.50	65.96	50.93	59.50	80.49	100.49	108.19	100.93	90.40
ACUEDUCTO MOCOA - AUT ⁶	94.92	77.68	75.10	74.13	73.53	61.96	67.01	88.51	107.65	114.01	105.52	105.84
LA MENTA ⁷	95.33	71.40	67.80	51.88	32.15	43.87	41.00	55.50	62.75	97.70	85.10	95.40
SAN BERNARDO ⁸	121.86	95.38	87.54	99.47	105.07	126.10	149.74	153.83	128.05	120.33	98.18	108.01

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.

7.1.4.2 Análisis espacial – isóneas

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

En la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el mapa de solíneas de Brillo Solar a nivel anual

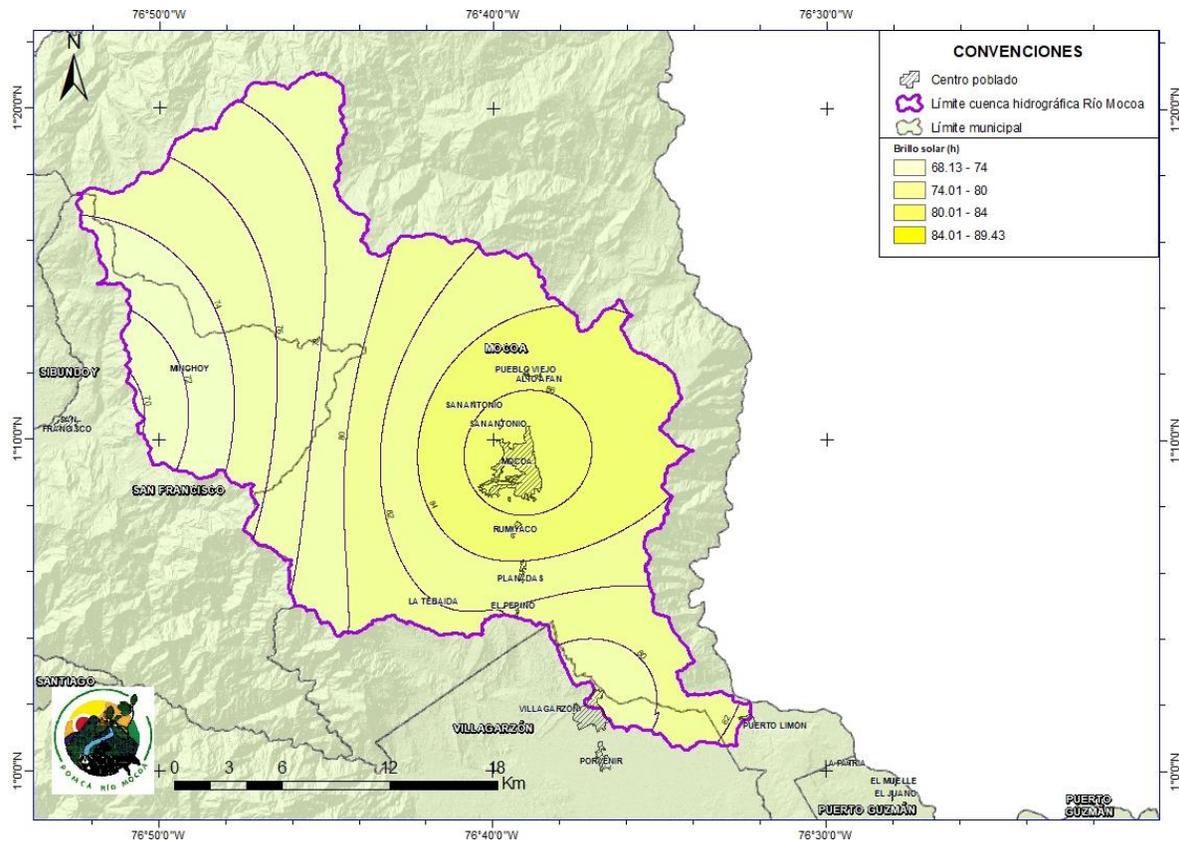


Ilustración 7. Isolíneas de brillo solar a nivel anual multianual.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.1.5 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.

7.1.5.1 Análisis temporal – histogramas

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

En la Tabla 11 se presentan los valores medios de humedad relativa y en la Tabla 12 se presentan los valores de humedad relativa máximos.

Tabla 11. Datos de humedad relativa media a nivel mensual multianual en porcentaje.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
SIBUNDOY ¹	73.83	70.75	69.50	74.38	76.00	75.50	72.17	74.00	75.25	74.00	77.25	75.25
PUERTO UMBRIA ²	77.70	77.15	76.72	77.42	79.87	81.05	78.38	74.03	76.67	75.25	78.88	78.05
MICHOACAN ³	77.73	77.84	77.61	79.78	79.35	80.85	81.11	79.18	77.70	78.22	77.30	78.69
LA PRIMAVERA ⁴	71.26	73.25	71.57	73.08	75.11	76.00	73.97	71.71	72.77	72.03	70.17	72.33
VILLAGARZÓN ⁵	79.69	76.48	80.10	80.35	80.31	79.69	79.03	79.66	76.79	76.75	79.24	78.65
ACUEDUCTO MOCOA - AUT ⁶	76.94	76.00	76.61	78.74	79.73	79.25	77.46	74.89	74.30	75.46	76.57	78.60
SAN BERNARDO ⁷	71.46	72.94	73.61	70.96	72.83	71.30	69.41	68.62	66.42	70.44	74.35	73.02

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

Tabla 12. Datos de humedad relativa máxima a nivel mensual multianual en porcentaje.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
SIBUNDOY ¹	98	100	100	99	100	99	99	99	98	100	100	99
PUERTO UMBRIA ²	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MICHOACAN ³	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100
LA PRIMAVERA ⁴	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VILLAGARZÓN ⁵	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ACUEDUCTO MOCOA - AUT ⁶	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SAN BERNARDO ⁷	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

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

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



7.1.5.2 Análisis espacial – isolíneas

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

En la Ilustración 8, se pueden observar el mapa de isolíneas de Humedad Relativa a nivel anual.

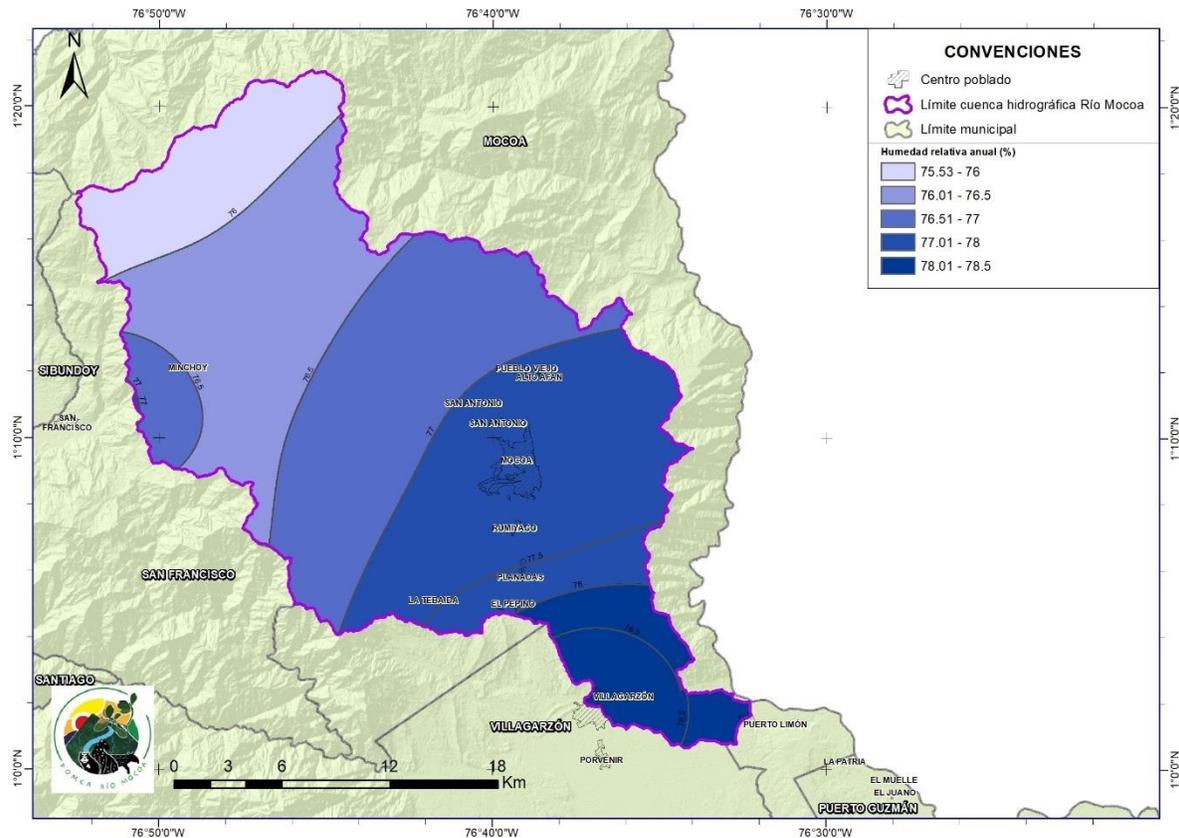


Ilustración 8. Isolíneas de humedad relativa a nivel anual multianual.

Fuente: INPRO S.A.S, 2021.

7.2 Balance Hidroclimático

El Balance Hidroclimático se basa en la aplicación del concepto de conservación de masas o ecuación de continuidad; esta ecuación indica los valores relativos de entrada y salida del flujo aportado por las precipitaciones y la variación del volumen del agua almacenada. Aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es compleja, debido a la falta de mediciones directas en campo y a la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas y de las variaciones del almacenamiento de agua en la cuenca (Ilustración 9)



Ilustración 9. Ciclo del Agua – Jhon M Evans, USGS

En General se puede afirmar que del agua que cae en un área determinada (Precipitación, P), una parte es devuelta a la atmosfera por fenómenos de evapotranspiración (ETR), otra parte es drenada por la superficie (Escorrentía, E) hasta alcanzar cauces naturales o artificiales y finalmente es llevada por gravedad



al mar; y el resto es agua que se infiltra en el terreno y es incorporada al sistema de aguas subterráneas local o regional (Infiltración, I).

$$P = ETR + E + I, \text{ecuación 1}$$

La ecuación de continuidad que se tiene en cuenta para el balance hídrico es la siguiente:

$$\text{Precipitación} - \text{Evapotranspiración} = \text{Escorrentía} + \text{Infiltración}, \text{ecuación 2}$$

Para realizar el Balance Hidroclimático del de la cuenca, se requiere realizar la identificación de la Evapotranspiración Potencial, concepto que fue definido por Thornthwaite (1948), como el máximo de evapotranspiración que depende únicamente del clima. Thornthwaite estableció un método que es altamente utilizado para la determinación de los balances hídricos climáticos, funcionando para regiones húmedas como el Departamento del Putumayo.

La Fórmula de Thornthwaite para la obtención de la Evapotranspiración Potencial (ETP) es:

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a, \text{ecuación 3}$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración Potencial en mm

I: Índice Calórico, constante para la región dada, es la suma de los índices calóricos mensuales i , donde i es función de la temperatura media normal mensual

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}, \text{ecuación 4}$$

t: temperatura media mensual en °C

a: Exponente empírico, función de I

$$a = (6,75 \times 10^{-7})x(I^2) - (7,71 \times 10^{-5})x(I^2) + (1,79 \times 10^{-2})xI + 0,49239, \text{ecuación 5}$$

En estado estacionario se debe cumplir que la precipitación más el déficit deben ser capaces de cubrir las demandas de agua, dadas por la ETP, la escorrentía y la percolación; la disponibilidad de agua en el suelo depende del factor volumétrico de Agua Aprovechable FVAA, el cual es función del tipo de suelo y la textura.

El cálculo del Balance se inicia a partir del mes se tienen en cuenta las siguientes

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



características del área de estudio:

- Almacenamiento (A): Se refiere a la cantidad de agua presente en el suelo, para el presente estudio se asume que el suelo tiene su máxima capacidad cuando está en capacidad de campo, cuyos valores es 100 mm.
- Variación del Almacenamiento (DA): es el resultado de la diferencia entre el valor de almacenaje y el mes anterior. Si el resultado tiene valores son positivos, esto significa reposición de la humedad en el suelo y si los valores son negativos, significa que se está dando utilización de la humedad del suelo.
- Déficit de agua: Se determina como la cantidad de agua que falta para satisfacer los requerimientos hídricos de la cuenca o área.

$$\text{Deficit} = \text{Evapotranspiración} - \text{Evaporación}, \text{ecuación 6}$$

- Exceso de agua: es la cantidad de precipitación remanente en la cuenca después de aportar para la Evapotranspiración y Saturación del suelo.
- Evapotranspiración Real (Er): Se refiere a la evapotranspiración que ocurre bajo condiciones reales, teniendo en cuenta que no siempre la cobertura vegetal es completa, ni el suelo se encuentra en estado de saturación.
- Relación de Humedad (RH): está dada por la diferencia de la Precipitación total menos la Evapotranspiración ajustada sobre la evapotranspiración ajustada.

El balance hidroclimático para la cuenca del río de Mocoa se realizó a nivel mensual teniendo en cuenta la información climática de la zona.

7.3 Escorrentía e infiltración

El potencial de escorrentía en el área de estudio, se determinó de acuerdo al Método SCS para abstracciones, el cual fue definido por el Soil Conservation Service (1972). Este método establece que la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación; de manera similar, después que la escorrentía inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca es menor o igual a alguna retención



potencial máxima. La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales (VEN TEN CHOW. 1998).

La ecuación para determinar la escorrentía es:

$$E = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}, \text{ecuación 7}$$

Dónde:

E= escorrentía mm

P= Precipitación en mm

S= Retención potencial máxima de agua en el área evaluada; para determinar esta variable se tiene la siguiente ecuación:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10, \text{ecuación 8}$$

Estudios realizados por el SCS definieron un número adimensional de curva CN (Curva Número), teniendo en cuenta las características de los suelos como tipo de suelo, es así como, para superficies impermeables el valor de CN corresponderá a 100, en superficies naturales CN tendrá valores menores a 100. Definiéndose así cuatro grupos de suelos o grupos hidrológicos (Tabla 13)

Tabla 13. Grupo Hidrológico del Suelo (SCS, 1964)

Grupo Hidrológico del Suelo	Suelos Típicos
A	Arenas profundas, suelo profundos depositados por el viento, limos agregados
B	Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
C	Margas Arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
D	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos

El Municipio de Mocoa se caracteriza por presentar arcillolitas arenosas, de acuerdo a estas características, se definió como grupo hidrológico **C**, suelos con condiciones de infiltración lenta, correspondiente a un potencial de escorrentía medio a medio alto.



8 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL LOCAL

Se clasifican las unidades hidrogeológicas de la zona de estudio se realizó con base en:

- Las observaciones de campo
- La descripción litológica de las unidades geológicas aflorantes
- La interpretación de los registros obtenidos en 59 Sondeos Eléctricos Verticales, SEV. E la Ilustración 10 se observa la localización de los mismos, y la Tabla 14 se indica las coordenadas, vereda, municipio.

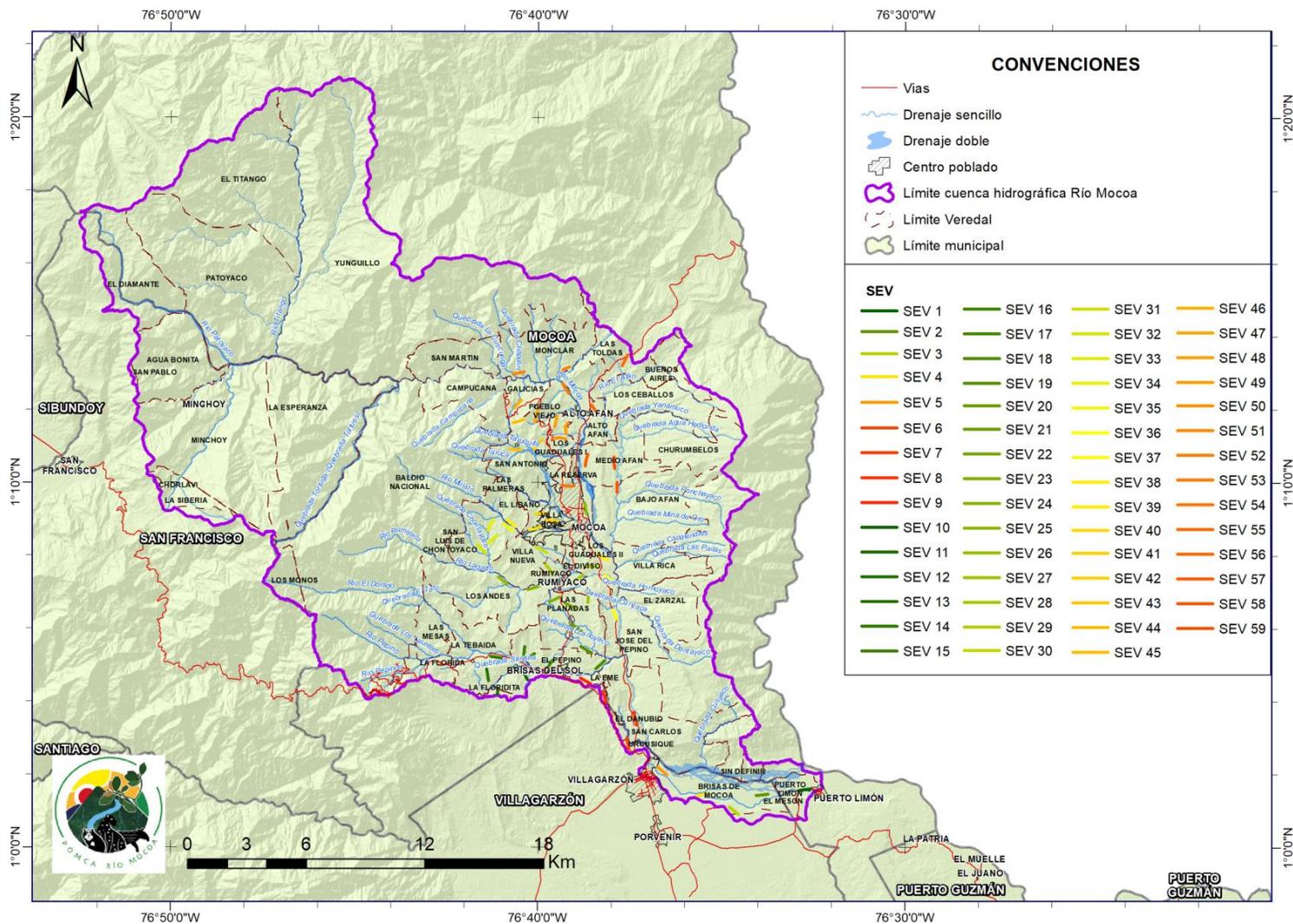


Ilustración 10. Localización SEV realizados como parte de este estudio

FUENTE: INPRO 2021

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

Contrato 343 de 2020



Tabla 14. SEV propuestos, POMCA río Mocoa

Coordenadas de inicio (Pi), Coordenadas de fin (Pf), rumbo (azimut), y longitud de los SEV propuestos							
Municipio	Vereda	SEV	Rumbo		Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)		Longitud (m)
					Este	Norte	
Mocoa	Puerto Limón	SEV01	65	Pi	4605624,943	1671702,031	600
				Pf	4605078,988	1671451,099	
Villagarzón	Brisas de Mocoa	SEV02	84	Pi	4603037,529	1671337,168	600
				Pf	4603634,671	1671400,094	
Villagarzón	Brisas de Mocoa	SEV03	98	Pi	4601625,850	1670620,447	603
				Pf	4602224,381	1670540,226	
Villagarzón	Brisas de Mocoa	SEV04	75	Pi	4600597,614	1671487,269	600
				Pf	4600017,311	1671329,076	
Villagarzón	Brisas de Mocoa	SEV05	144	Pi	4597885,576	1672857,576	600
				Pf	4598234,606	1672368,399	
Villagarzón	Urcusique El Danubio	SEV06	156	Pi	4596609,371	1673760,525	600
				Pf	4596361,079	1674306,538	
Mocoa	San Carlos	SEV07	176	Pi	4596819,717	1675576,892	600
				Pf	4596861,311	1674977,110	
Villagarzón	Baldío Sector 1 Norte El Danubio	SEV08	163	Pi	4595251,542	1676660,358	600
				Pf	4595421,637	1676083,972	
Mocoa	La M	SEV09	103	Pi	4593965,071	1677280,196	602
				Pf	4594551,688	1677139,643	
Mocoa	El Pepino	SEV10	152	Pi	4591200,988	1677794,110	601
				Pf	4591481,611	1677261,258	
Mocoa	El Pepino	SEV11	152	Pi	4591127,669	1677430,541	600
				Pf	4590831,667	1677952,819	
Mocoa	La Florida El Pepino	SEV12	192	Pi	4589902,984	1676482,513	600
				Pf	4590035,166	1677069,393	
Mocoa	La Tebaida	SEV13	172	Pi	4589452,687	1677183,621	603
				Pf	4589368,716	1677782,450	
Mocoa	La Tebaida	SEV14	101	Pi	4590163,127	1678323,564	600
				Pf	4589573,839	1678436,951	
Mocoa	El Pepino	SEV15	189	Pi	4591202,496	1678322,928	602
				Pf	4591298,067	1678919,022	
Mocoa	El Pepino	SEV16	122	Pi	4591365,560	1678279,620	600

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



Coordenadas de inicio (Pi), Coordenadas de fin (Pf), rumbo (azimut), y longitud de los SEV propuestos

Municipio	Vereda	SEV	Rumbo	Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)		Longitud (m)	
				Este	Norte		
				Pf	4591788,150	1678546,720	
Mocoa	El Pepino	SEV17	29	Pi	4592384,969	1677732,087	601
				Pf	4592681,314	1678256,209	
Mocoa	El Pepino	SEV18	52	Pi	4594787,039	1677844,681	602
				Pf	4595262,242	1678214,904	
Mocoa	Planadas	SEV19	120	Pi	4594135,348	1678901,330	600
				Pf	4594656,786	1678604,014	
Mocoa	Planadas	SEV20	114	Pi	4593640,047	1680031,806	602
				Pf	4594188,060	1679782,045	
Mocoa	Planadas	SEV21	102	Pi	4592728,657	1680184,959	604
				Pf	4593320,577	1680062,335	
Mocoa	Planadas	SEV22	121	Pi	4593325,245	1681116,412	600
				Pf	4593838,070	1680804,439	
Mocoa	Planadas	SEV23	64	Pi	4593094,676	1681430,031	601
				Pf	4592553,896	1681165,871	
Mocoa	Los Andes	SEV24	76	Pi	4591434,144	1681807,332	601
				Pf	4592017,159	1681956,991	
Mocoa	Los Andes	SEV25	119	Pi	4594341,100	1686179,310	600
				Pf	4594429,130	1685630,560	
Mocoa	Los Andes	SEV26	134	Pi	4589963,274	1682494,677	603
				Pf	4590395,029	1682072,751	
Mocoa	Rumiyaco Planadas	SEV27	2	Pi	4594514,030	1681127,741	606
				Pf	4594538,049	1681733,675	
Mocoa	Rumiyaco	SEV28	65	Pi	4594225,044	1682391,393	600
				Pf	4593686,917	1682127,238	
Mocoa	Rumiyaco	SEV29	134	Pi	4592787,801	1682618,732	601
				Pf	4592356,269	1683038,529	
Mocoa	Rumiyaco Villa Nueva	SEV30	157	Pi	4595062,660	1682947,560	601
				Pf	4594465,980	1683006,650	
Mocoa	Villa Nueva	SEV31	118	Pi	4591881,662	1683943,221	600
				Pf	4592411,081	1683658,489	
Mocoa	San Luis Chontayaco	SEV32	133	Pi	4588910,137	1684061,616	600

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



Coordenadas de inicio (Pi), Coordenadas de fin (Pf), rumbo (azimut), y longitud de los SEV propuestos							
Municipio	Vereda	SEV	Rumbo		Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)		Longitud (m)
					Este	Norte	
					Pf	4589346,673	1683650,373
Mocoa	San Luis Chontayaco	SEV33	37		Pi	4589807,541	1684552,487
					Pf	4589450,696	1684076,119
Mocoa	San Luis Chontayaco	SEV34	24		Pi	4589689,997	1685351,647
					Pf	4589441,248	1684800,971
Mocoa	San Luis Chontayaco	SEV35	129		Pi	4590229,036	1685121,942
					Pf	4590681,504	1684751,683
Mocoa	San José del Pepino	SEV36	158		Pi	4595902,531	1680269,484
					Pf	4595677,602	1680826,083
Mocoa	Los Guadales II	SEV37	120		Pi	4595194,054	1682453,511
					Pf	4595714,168	1682154,772
Mocoa	Los Guadales II	SEV38	119		Pi	4594965,190	1683554,948
					Pf	4595489,280	1683260,169
Mocoa	Las Palmeras	SEV39	125		Pi	4590374,639	1685325,252
					Pf	4590827,199	1685013,065
Mocoa	El Libano	SEV40	76		Pi	4591526,167	1684811,632
					Pf	4592108,870	1684960,038
Mocoa	El Libano Villa Rosa	SEV41	93		Pi	4592985,172	1685262,722
					Pf	4592389,061	1685291,604
Mocoa	El Libano	SEV42	42		Pi	4591858,507	1685634,051
					Pf	4592361,742	1685638,675
Mocoa	San Antonio	SEV43	40		Pi	4591769,123	1688919,664
					Pf	4592159,221	1689380,035
Mocoa	San Antonio	SEV44	95		Pi	4591137,346	1688851,715
					Pf	4590538,971	1688897,894
Mocoa	San Antonio	SEV45	78		Pi	4590665,400	1690283,939
					Pf	4591240,544	1690412,268
Mocoa	Galicias	SEV46	38		Pi	4591128,238	1691435,547
					Pf	4590763,000	1690957,128
Mocoa	Pueblo Viejo	SEV47	20		Pi	4592125,233	1691319,472
					Pf	4591918,826	1690760,288
Mocoa	Los Guadales I	SEV48	13		Pi	4592792,140	1690017,932

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



Coordenadas de inicio (Pi), Coordenadas de fin (Pf), rumbo (azimut), y longitud de los SEV propuestos							
Municipio	Vereda	SEV	Rumbo		Coordenadas, sistema de referencia único nacional (CTM12)		Longitud (m)
					Este	Norte	
					Pf	4592922,100	1690606,831
Mocoa	Los Guadales I	SEV49	8	Pi	4593471,546	1690293,584	600
				Pf	4593394,502	1689697,658	
Mocoa	Los Guadales I	SEV50	90	Pi	4592828,080	1689374,874	603
				Pf	4593432,058	1689371,879	
Mocoa	Monclar	SEV51	86	Pi	4590824,028	1692731,992	603
				Pf	4591426,766	1692770,818	
Mocoa	Monclar	SEV52	53	Pi	4593047,354	1692772,404	600
				Pf	4593512,001	1693121,378	
Mocoa	Pueblo Viejo	SEV53	64	Pi	4593527,110	1691696,685	600
				Pf	4593191,849	1692184,675	
Mocoa	Los Guadales I	SEV54	88	Pi	4593760,830	1687019,955	546
				Pf	4593214,940	1687004,176	
Mocoa	Las Toldas	SEV55	38	Pi	4596505,430	1693664,100	604
				Pf	4596228,940	1693123,020	
Mocoa	Alto Afán	SEV56	143	Pi	4594650,689	1691126,110	601
				Pf	4595014,480	1690646,623	
Mocoa	Medio Afán	SEV57	14	Pi	4594338,357	1688072,664	600
				Pf	4594477,493	1688657,368	
Mocoa	Medio Afán	SEV58	178	Pi	4595952,110	1687325,006	616
				Pf	4595975,180	1686708,550	
Mocoa	Bajo Afán	SEV59	353	Pi	4595859,990	1687906,460	601
				Pf	4595841,000	1688506,480	

FUENTE: INPRO

En el Anexo A, se incorpora los datos, resultados e interpretación a los 59 SEV realizados en la zona de estudio, así como correlaciones entre diferentes SEV.

Con base en el análisis de los insumos enunciados anteriormente, se definen las Unidades Hidrogeológicas Conceptuales, cuya extensión se observa en la Ilustración 11, y sus características se indican en la Tabla 15.

Para la definición de las unidades, se siguió la nomenclatura propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (2010), *Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del Río Mocoa y evaluación detallada de áreas ambientalmente aptas para reasentamiento Mocoa*

Contrato 343 de 2020



basada en la Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos, publicada por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), en el año 1995, la cual se basa en la extensión, porosidad de la unidad y características de permeabilidad asociadas de unidad.

El Tipo I, corresponde a unidades hidroestratigráficas, en los cuales la porosidad principal es intergranular (porosidad primaria). El Tipo II Corresponde a unidades hidroestratigráficas en rocas consolidadas con porosidad primaria y fisurados con porosidad secundaria o carstificados. El Tipo III, Corresponde a rocas granulares o fisuradas que forman acuíferos insignificantes con recursos limitados o sin recursos (SGC, 2000).

La metodología consistió en que a cada unidad geológica, con base en su litología, porosidad y fracturamiento, se le hace una correlación con unidades hidrogeológicas conceptuales. Esta correlación se ajusta con base en los resultados obtenidos en los diferentes SEV realizados para el estudio.

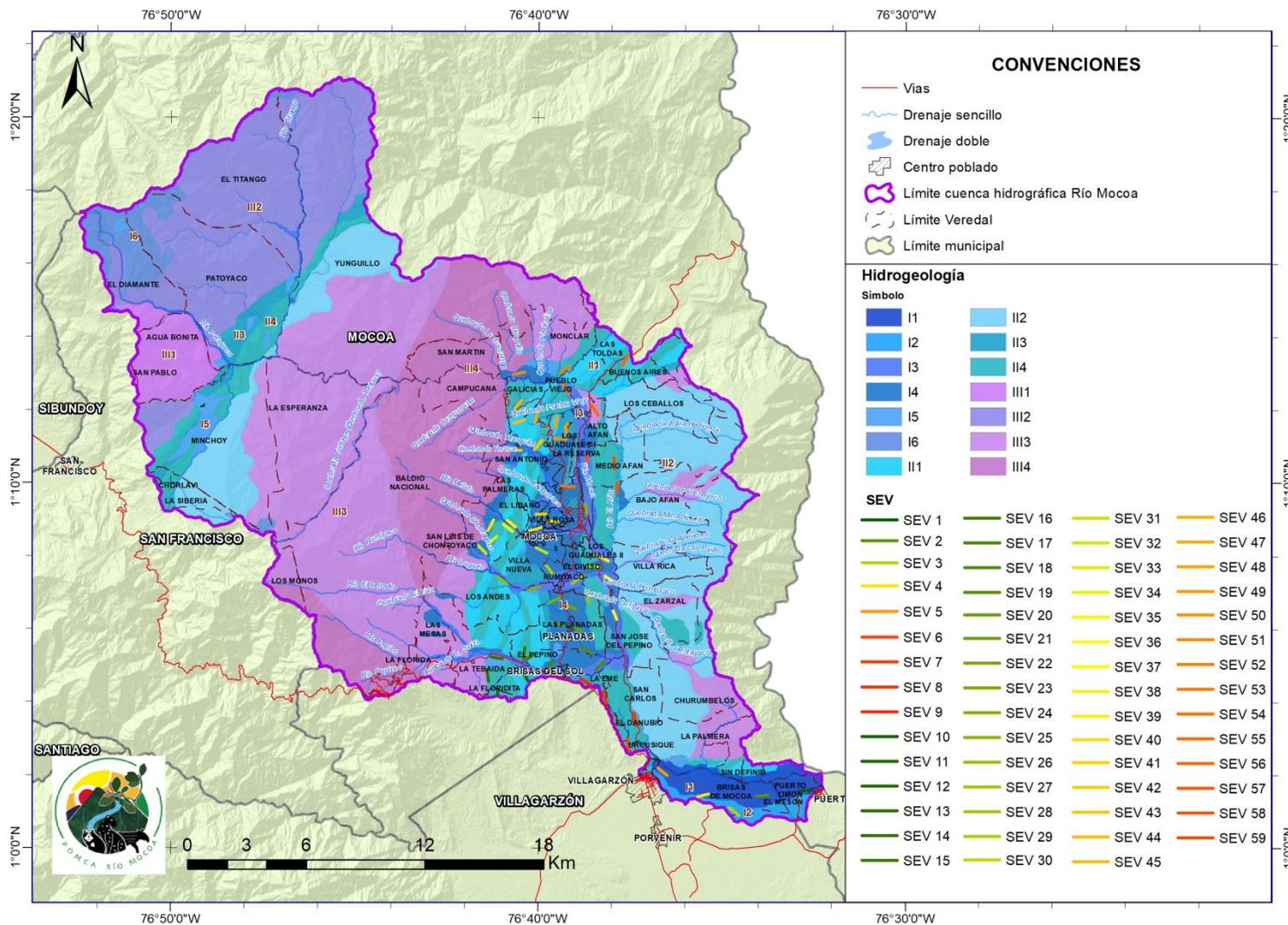


Ilustración 11. Mapa de Unidades Hidrogeológicas Conceptuales en la zona de estudio.

FUENTE: INPRO 2021

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



Tabla 15. Unidades Hidrogeológicas Conceptuales, escala 1:25.000. Pomca río Mocoa

Unidad Geológica (UG)	Descripción geológica	Unidad Hidrogeológica (UHgg)	Símbolo (UHgg)	SEV	Resistividad	Descripción hidrogeológica	
Deposito aluvial, Q2da	Depósitos actuales asociados a la dinámica fluvial del río Mocoa. Depósitos conformados por clastos heterométricos, de composición variada, embebidos en una matriz areno limosa totalmente inconsolidada.	Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular	Sedimentos inconsolidados de extensión local y alta productividad	11	1,2,4 y 5	Intercalaciones de arenas con p entre 310 y 51 Ω m, lentes de arcillas, y lentes de gravas con Ω entre 6.811 y 905 Ω m.	Correlaciona con los depósitos aluviales propios de la dinámica de los ríos principales de la zona de estudio. Conformados por depósitos irregulares, interdigitados e intercalados, no continuos, de: gravas, arenas, limos y lodos. Conforman en el subsuelo acuíferos libres, multicapa a semiconfinados, saturados con agua dulce; los acuíferos son de espesor y continuidad lateral no establecidos, de extensión local y pueden ser de alta productividad. Zonas de recarga y descarga. Revisten alta importancia hidrogeológica.
Depósitos aluviales recientes, Q2dar	Depósitos de gravas, esporádicamente arenas; las gravas son de bloques, quijos y guijarros de tamaño medio a grande, composición de los clastos es variable y la matriz es principalmente de arena media con algo de consolidación.		Sedimentos consolidados algo de extensión local y alta productividad	12	3,4	Intercalaciones de lentes de gravas con Ω entre 2.226 y 953 Ω m y lentes de arenas con p entre 146 y 479 Ω m.	Corresponde a depósitos cuaternarios recientes, ubicados en las márgenes de algunas de las corrientes principales. Conformados por depósitos irregulares, interdigitados e intercalados, no continuos, de: gravas, arenas, limos y lodos. Conforman en el subsuelo acuíferos libres, multicapa a semiconfinados, saturados con agua dulce; los acuíferos son de espesor y continuidad lateral no establecidos, de extensión local y pueden ser de alta productividad. Zonas de recarga y descarga. Revisten alta importancia hidrogeológica



<p>Coluvios, Q2c</p>	<p>Detritos y/o bloques angulares a subangulares, heterométricos, con mala calibración, dispuestos sobre una matriz areno arcillosa con algo de consolidación.</p>	<p>Sedimentos moderadamente consolidados de corta extensión y nula productividad</p>	<p>15</p>	<p>14</p>	<p>Material heterogéneo con p entre 2.082 y 31 Ωm.</p>	<p>Correlaciona con los materiales inconsolidados a moderadamente consolidados, resultados de movimientos en masa. Son de corta extensión y nula productividad. No revisten importancia hidrogeológica.</p>
<p>Deposito aluviotorrencial, Q2dat</p>	<p>Depósitos de origen aluvio - torrenciales, actuales. Depósito clasto soportado de cantos y bloques, con nula a baja meteorización, en matriz areno arcillosa que varía a limo - arenosa, totalmente inconsolidada.</p>	<p>Sedimentos consolidados algo de extensión local y moderada productividad</p>	<p>13</p>	<p>17, 18, 24, 25, 28, 37, 38, 39, 44, 53, 54, 57</p>	<p>Material heterogéneo con niveles arenosos de p entre 600 y 93 Ωm y niveles con alto contenido de bloques en matriz areno - limosa de p entre 1.053 y 9.225 Ωm.</p>	<p>Corresponde a depósitos cuaternarios actuales de origen aluvio - torrencial. Depósitos clasto soportados de cantos y bloques, con nula a baja meteorización, en matriz areno arcillosa que varía a limo - arenosa, totalmente inconsolidada. Conforman en el subsuelo acuíferos libres, multicapa a semiconfinados, saturados con agua dulce; los acuíferos son de espesor y continuidad lateral no establecidos, de extensión local y pueden ser de moderada productividad. Zonas de recarga y descarga. Revisten alta importancia hidrogeológica.</p>



<p>Deposito aluviotorrencial reciente, Q2datr</p>	<p>Depósitos caóticos de clastos y bloques, angulares a subangulares, en matriz areno - limosa que varía a limo - arenosa, con algo de consolidación.</p>	<p>Sedimentos algo consolidados de extensión local y moderada a baja productividad</p>	<p>14</p>	<p>19, 20, 21, 22, 23, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 51, 54</p> <p>Material heterogéneo con niveles arenosos de p entre 941 y 88 Ωm y niveles con alto contenido de bloques en matriz areno - limosa de p entre 1.130 y 9.474 Ωm.</p>	<p>Corresponde a depósitos cuaternarios actuales de origen aluvio - torrencial. Depósito clasto soportado de cantos y bloques, con nula a baja meteorización, en matriz areno arcillosa que varía a limo - arenosa, de moderada a algo de consolidación. Conforman en el subsuelo acuíferos libres, multicapa a semiconfinados, saturados con agua dulce; los acuíferos son de espesor y continuidad lateral no establecidos, de extensión local y pueden ser de moderada productividad. Zonas de recarga y descarga. Revisten alta importancia hidrogeológica.</p>
<p>Deposito aluviotorrencial subreciente, Q1dats</p>	<p>Depósitos caóticos de clastos y bloques, angulares a subangulares, en matriz areno - limosa que varía a limo - arenosa, moderadamente consolidada.</p>			<p>17, 40, 42</p> <p>Material heterogéneo con niveles arenosos de p entre 541 y 106 Ωm y niveles con alto contenido de bloques en matriz areno - limosa de p entre 1.458 y 3.288 Ωm.</p>	<p>Depósitos volcánicos y volcanosedimentarios; generalmente se presentan en avanzado estado de meteorización, que generan suelos arcillosos. Dada su composición y que meteorizan a arcillas, constituyen acuícludos de poca importancia hidrogeológica.</p>
<p>Lavas y Piroclastos, NQlp</p>	<p>Depósitos volcánicos y volcanosedimentarios, tanto flujos de lava como lahares y depósitos piroclásticos de flujo y caída. Gran parte de la unidad está conformada por depósitos piroclásticos de flujo y caída que generalmente se presentan en avanzado estado de meteorización, que</p>	<p>Depósitos volcanosedimentarios de extensión local y baja productividad</p>	<p>16</p>		<p>Depósitos volcánicos y volcanosedimentarios; generalmente se presentan en avanzado estado de meteorización, que generan suelos arcillosos. Dada su composición y que meteorizan a arcillas, constituyen acuícludos de poca importancia hidrogeológica.</p>



	generan suelos arcillosos.					
Grupo Orito, E3N1or	Estratos delgados a gruesos de lodolitas y limolitas arenosas.	Rocas consolidadas con porosidad primaria y fisurados con porosidad secundaria	Rocas no porosas de extensión regional y nula productividad	II4	12, 13, 33, 46, 52	Material de arcillolita con ρ entre 7 y 46 Ω m. Corresponde a rocas consolidadas de arcillolitas que constituyen acuicludos. Son capas sello. Revisten poca importancia hidrogeológica.
Formación Pepino Superior, E2E3pes	Intercalaciones de conglomerados, arenitas y lodolitas. Las areniscas en capas gruesas a medianas y onduladas; areniscas de grano muy fino a fino, con presencia de líticos, de calibración moderada.		Rocas porosas de extensión regional y alta productividad	II1	11, 35, 45, 47	Lentes conglomeráticos con ρ entre 1.542 y 8.149 Ω m, intercalados con lentes de arenitas con ρ entre 210 y 529 Ω m. Son rocas consolidadas, porosas, que constituyen en el subsuelo acuíferos libres a semiconfinados, de extensión regional y alta productividad. En la zona de estudio constituyen zonas de recarga y de tránsito; su recarga se da por infiltración en las partes altas y por contacto con otras unidades. Revisten alta importancia hidrogeológica.
Formación Pepino Medio, E2E3pem	Rocas arcillolíticas fisiles, intercaladas con capas delgadas a medianas de lodolitas abigarradas. En superficie se observan altamente meteorizados y alterados.		Rocas no porosas de extensión regional y nula productividad	II4	10, 11, 15, 16, 26, 35, 39, 43, 47, 55	Material de arcillolita con ρ entre 97 y 0.4 Ω m. Corresponde a rocas consolidadas de arcillolitas que constituyen acuicludos. Son capas sello. Revisten poca importancia hidrogeológica.



<p>Formación Pepino Inferior, E2E3pei</p>	<p>Potente conglomerado clastosoportado, cuyos gránulos, compuestos por chert y cuarzo está en proporción de 3:1, de igual modo, se encuentran algunos clastos de lutitas; con diámetros entre 3 y 6 cm, y algunos que llegan hasta los 15 cm, estos se encuentran embebidos en una matriz arenosa.</p>	<p>Rocas porosas de extensión regional y alta productividad</p>	<p>II1</p>	<p>16, 26, 48, 55</p>	<p>lentes de conglomeráticos con p entre 1.542 y 8.149 Ωm, intercalados con lentes de arenitas con p entre 210 y 529 Ωm.</p>	<p>Son rocas consolidadas, porosas, que constituyen en el subsuelo acuíferos libres a semiconfinados, de extensión regional y alta productividad. En la zona de estudio constituyen zonas de recarga y de tránsito; su recarga se da por infiltración en las partes altas y por contacto con otras unidades. Revisten alta importancia hidrogeológica.</p>
<p>Formación Rumiyaco, K2E1rum</p>	<p>Sucesión monótona, predominantemente arcillolítica de color rojo y gris, con diversas tonalidades, en la cual se intercalan capas delgadas de conglomerados finos, areniscas cuarzosas, líticas y sibilíticas.</p>	<p>Rocas no porosas, con intercalaciones porosas, algo productivas</p>	<p>II3</p>	<p>8, 09, 23, 49, 50</p>	<p>intercalaciones de lodolitas con p entre 4 y 94 Ωm, y lentes de arenitas con p entre 143 y 333 Ωm.</p>	<p>Son rocas consolidadas, en su mayor parte impermeables, pero intercaladas con niveles de areniscas que constituyen acuíferos semiconfinados en el subsuelo y que son de gran importancia hidrogeológica. Su recarga se da por contacto con otras unidades y por infiltración de aguas en las partes altas. Revisten alta importancia hidrogeológica.</p>
<p>Formación Villeta, K2v</p>	<p>Lodolitas de color gris muy oscuro a negro, estratificadas en laminas.</p>	<p>Rocas no porosas de extensión regional y nula productividad</p>	<p>II4</p>	<p>06, 07, 08, 27, 54, 58, 59</p>	<p>intercalaciones de gruesas capas de lodolitas con p entre 6 y 100 Ωm, y capas de arenitas con p entre 165 y 606 Ωm.</p>	<p>Corresponde a rocas consolidadas de arcillolitas que constituyen acuíferos. Son capas sello. Revisten poca importancia hidrogeológica.</p>
<p>Formación Caballos, K1K2cb</p>	<p>Esencialmente cuarzoareniscas limpias, estratificadas en capas medias a gruesas, con tamaño de grano medio a grueso, granos subredondeados, de calibre moderado y</p>	<p>Rocas porosas de extensión regional y moderada productividad</p>	<p>II2</p>			<p>Rocas consolidada de areniscas, que constituyen acuíferos semiconfinados y confinados en el subsuelo. Debido a su edad, tienden a presentar una gran consolidación que disminuye la</p>



	porosidad media a alta. Intercaladas con algunas capas de lodolitas carbonosas.					porosidad efectiva de las mismas. Su recarga se da por contacto con otras unidades y por infiltración de aguas en las partes altas. Revisten alta importancia hidrogeológica.
Cuarzomonzodiorita Sombrerillos, Jcmdsom	Roca ígnea tipo cuarzomonzodiorita. Por lo regular las rocas se encuentran entre mediana y altamente meteorizadas.	Rocas granulares o fisuradas que forman acuíferos insignificantes con recursos limitados o sin recursos	Rocas cristalinas consolidadas no productivas	III2		Constituyen acuíferos. Constituyen el basamento hidrogeológico.
Monzogranito Mocoa, Jmgmoc	Roca ígnea tipo monzogranito con variaciones a granito, granodiorita, cuarzomonzonita, cuarzodiorita y monzodiorita. Por lo regular las rocas se encuentran entre mediana y altamente meteorizadas. Se observa moderada a altamente fracturadas como sucede en la vereda Campucana.		Rocas cristalinas fisuradas	III4		Constituyen acuíferos por su composición y consolidación, pero constituyen acuíferos de porosidad secundaria, en rocas fracturadas, silicificadas. En la zona de estudio, constituyen zonas de recarga. Revisten alta importancia hidrogeológica
Formación Saldaña, Tjsal	Sucesión de capas finas, medias y gruesas, macizas, con fracturamiento medio a alto, de rocas volcánicas lavas y piroclastitas. Las tobas son líticas, cristalinas, vítreas y mezclas de ellas. También se encuentran aglomerados, arenitas tobáceas, limolitas y tufas.		Rocas volcanosedimentarias consolidadas	III3	56	Constituyen acuíferos. Constituyen el basamento hidrogeológico. Revisten baja importancia hidrogeológica.



<p>Complejo Migmatítico La Cocha - Rio Tellez, PRmgct</p>	<p>Litológicamente se trata de un conjunto de rocas metamórficas, principalmente migmatitas, esquistos, neises y anfibolitas. Esta roca se encuentra moderadamente fracturada y se observan venas de cuarzo intruidas en medio de algunas fracturas, esta roca requirió de algunos golpes para la extracción de su muestra, por lo que se considera de tipo R3.</p>	<p>Rocas metamórficas consolidadas</p>	<p>III1</p>			<p>Constituyen acuífugos. Constituyen el basamento hidrogeológico. Revisten baja importancia hidrogeológica.</p>
					<p>ρ= resistividad</p>	<p>Ωm= ohm * metro</p>

FUENTE: INPRO 2021



9 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

En el desarrollo de este capítulo se tomó la información levantada en campo por SIAM en el año 2011, donde inventariaron 314 puntos de agua, de los cuales 1 es un pozo (localizado en el Batallón en la ciudad e Mocoa), Y 313 son manantiales de agua dulce. En la Tabla 16 se presenta un resumen de los mismos, y en la Ilustración 12 se observa especialmente su distribución.

La nomenclatura dada corresponde a M si es manantial, P si es pozo, y A si es aljibe, seguido de un numero consecutivo; se indica la altura a la que se encuentra el nivel del agua (no se pudo determinar con la información recibida la posición de los filtros del pozo en el Batallón. También en la columna Inventario, se especifica la fuente del punto de agua.

Tabla 16. Inventario de puntos de agua, POMCA río Mocoa

Tipo	Nomenclatura	Este	Norte	Altura	Inventario	Unidad Geológica
Manantial	M01	4.594.896	1.683.074	617	INPRO_2021	Q2datr
Manantial	M02	4.594.521	1.682.942	617	INPRO_2021	Q2datr
Manantial	M03	4.595.181	1.683.483	587	INPRO_2021	Q2dat
Manantial	M04	4.595.156	1.683.762	570	INPRO_2021	Q2dat
Manantial	M05	4.594.816	1.686.199	632	INPRO_2021	K2v
Manantial	M06	4.595.154	1.684.261	611	INPRO_2021	K2v
Manantial	M07	4.595.749	1.689.506	717	INPRO_2021	K1K2cb
Manantial	M08	4.593.723	1.686.283	663	INPRO_2021	K2E1rum
Manantial	M09	4.594.618	1.683.680	691	INPRO_2021	K2v
Manantial	M10	4.593.875	1.683.872	668	INPRO_2021	Q2datr
Pozo	P11	4.594.374	1.684.902		SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M12	4.594.371	1.684.899	621	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M13	4.594.374	1.684.905	619	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M14	4.594.371	1.684.905	620	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M15	4.594.371	1.684.905	620	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M16	4.594.367	1.684.905	620	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M17	4.594.364	1.684.902	620	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M18	4.594.392	1.684.908	619	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M19	4.594.395	1.684.914	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M20	4.594.389	1.684.908	619	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M21	4.594.380	1.684.917	618	SIAM_2011	Q2datr



Manantial	M22	4.594.374	1.684.917	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M23	4.594.377	1.684.924	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M24	4.594.392	1.684.970	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M25	4.594.389	1.684.985	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M26	4.594.386	1.684.973	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M27	4.594.389	1.684.967	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M28	4.594.383	1.685.013	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M29	4.594.386	1.685.022	618	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M30	4.594.389	1.685.056	619	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M31	4.594.392	1.685.062	619	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M32	4.594.460	1.684.382	620	SIAM_2011	K2v
Manantial	M33	4.594.396	1.685.077	621	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M34	4.594.399	1.685.087	620	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M35	4.594.396	1.685.083	621	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M36	4.594.396	1.685.099	621	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M37	4.594.402	1.685.093	621	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M38	4.594.389	1.685.114	623	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M39	4.594.312	1.684.785	632	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M40	4.594.271	1.684.791	633	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M41	4.594.247	1.684.791	636	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M42	4.594.219	1.684.795	649	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M43	4.594.216	1.684.792	649	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M44	4.594.234	1.684.807	640	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M45	4.594.357	1.684.109	655	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M46	4.594.379	1.684.099	656	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M47	4.594.373	1.684.204	634	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M48	4.594.370	1.684.216	633	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M49	4.594.373	1.684.259	630	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M50	4.594.432	1.684.465	620	SIAM_2011	K2v
Manantial	M51	4.594.423	1.684.382	620	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M52	4.595.077	1.683.327	650	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M53	4.594.944	1.683.447	671	SIAM_2011	K2v
Manantial	M54	4.594.920	1.683.419	697	SIAM_2011	K2v
Manantial	M55	4.594.858	1.683.573	676	SIAM_2011	K2v
Manantial	M56	4.594.858	1.683.576	676	SIAM_2011	K2v
Manantial	M57	4.594.855	1.683.576	681	SIAM_2011	K2v



Manantial	M58	4.594.725	1.683.733	641	SIAM_2011	K2v
Manantial	M59	4.594.719	1.683.733	644	SIAM_2011	K2v
Manantial	M60	4.594.700	1.683.770	635	SIAM_2011	K2v
Manantial	M61	4.594.673	1.683.785	639	SIAM_2011	K2v
Manantial	M62	4.594.629	1.683.825	645	SIAM_2011	K2v
Manantial	M63	4.594.222	1.684.610	635	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M64	4.594.234	1.684.595	633	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M65	4.594.228	1.684.598	633	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M66	4.594.234	1.684.604	635	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M67	4.594.194	1.684.546	631	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M68	4.594.194	1.684.533	632	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M69	4.594.082	1.684.521	637	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M70	4.595.478	1.684.692	654	SIAM_2011	K2v
Manantial	M71	4.594.054	1.684.592	640	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M72	4.593.856	1.684.617	650	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M73	4.593.968	1.684.460	646	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M74	4.593.958	1.684.457	646	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M75	4.593.872	1.684.617	650	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M76	4.593.878	1.684.340	657	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M77	4.593.828	1.684.371	658	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M78	4.593.807	1.684.380	659	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M79	4.593.776	1.684.377	660	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M80	4.593.803	1.684.408	658	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M81	4.593.791	1.684.414	658	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M82	4.594.157	1.684.672	644	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M83	4.591.903	1.684.425	760	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M84	4.593.773	1.684.421	659	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M85	4.593.757	1.684.423	659	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M86	4.593.732	1.684.438	658	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M87	4.593.735	1.684.429	659	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M88	4.593.735	1.684.439	658	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M89	4.593.726	1.684.395	662	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M90	4.593.738	1.684.402	661	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M91	4.593.742	1.684.392	662	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M92	4.593.735	1.684.389	662	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M93	4.593.749	1.684.392	661	SIAM_2011	Q2datr



Manantial	M94	4.594.222	1.684.610	635	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M95	4.593.748	1.684.389	661	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M96	4.593.714	1.684.392	663	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M97	4.593.729	1.684.398	662	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M98	4.593.720	1.684.386	663	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M99	4.595.590	1.684.378	659	SIAM_2011	K2v
Manantial	M100	4.593.655	1.684.380	669	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M101	4.595.497	1.684.375	640	SIAM_2011	K2v
Manantial	M102	4.593.636	1.684.414	670	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M103	4.593.615	1.684.420	670	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M104	4.593.612	1.684.414	670	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M105	4.593.607	1.684.411	670	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M106	4.593.581	1.684.408	671	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M107	4.593.578	1.684.412	671	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M108	4.593.571	1.684.417	670	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M109	4.593.565	1.684.412	671	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M110	4.593.472	1.684.423	673	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M111	4.593.448	1.684.420	675	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M112	4.593.441	1.684.405	677	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M113	4.593.447	1.684.408	675	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M114	4.593.460	1.684.408	675	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M115	4.593.447	1.684.387	677	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M116	4.593.392	1.684.427	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M117	4.593.367	1.684.439	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M118	4.593.373	1.684.436	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M119	4.593.302	1.684.411	687	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M120	4.593.324	1.684.497	680	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M121	4.593.352	1.684.510	680	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M122	4.593.327	1.684.525	680	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M123	4.593.364	1.684.507	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M124	4.593.345	1.684.513	680	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M125	4.593.367	1.684.510	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M126	4.593.380	1.684.500	678	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M127	4.593.364	1.684.491	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M128	4.593.367	1.684.482	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M129	4.593.373	1.684.488	678	SIAM_2011	Q2datr



Manantial	M130	4.593.373	1.684.488	678	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M131	4.593.361	1.684.488	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M132	4.593.367	1.684.467	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M133	4.593.389	1.684.334	681	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M134	4.593.370	1.684.328	683	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M135	4.593.326	1.684.190	721	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M136	4.593.314	1.684.187	725	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M137	4.593.326	1.684.190	721	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M138	4.593.274	1.684.165	725	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M139	4.593.268	1.684.150	727	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M140	4.593.097	1.684.236	722	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M141	4.593.122	1.684.150	737	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M142	4.594.208	1.683.878	674	SIAM_2011	K2v
Manantial	M143	4.594.208	1.683.866	674	SIAM_2011	K2v
Manantial	M144	4.595.341	1.683.846	581	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M145	4.594.156	1.683.847	678	SIAM_2011	K2v
Manantial	M146	4.594.103	1.683.786	683	SIAM_2011	K2v
Manantial	M147	4.594.118	1.683.795	682	SIAM_2011	K2v
Manantial	M148	4.594.360	1.683.752	656	SIAM_2011	K2v
Manantial	M149	4.594.110	1.684.223	645	SIAM_2011	K2v
Manantial	M150	4.594.113	1.684.226	645	SIAM_2011	K2v
Manantial	M151	4.594.237	1.684.250	639	SIAM_2011	K2v
Manantial	M152	4.594.234	1.684.259	639	SIAM_2011	K2v
Manantial	M153	4.593.992	1.684.054	681	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M154	4.593.918	1.684.048	683	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M155	4.593.930	1.684.051	682	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M156	4.593.942	1.684.057	681	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M157	4.593.710	1.684.217	673	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M158	4.593.689	1.684.159	693	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M159	4.593.735	1.684.171	674	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M160	4.593.636	1.684.168	697	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M161	4.593.661	1.683.965	700	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M162	4.593.768	1.683.651	695	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M163	4.593.801	1.684.263	660	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M164	4.593.805	1.685.272	642	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M165	4.593.789	1.685.263	642	SIAM_2011	Q2datr



Manantial	M166	4.593.761	1.685.330	646	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M167	4.593.767	1.685.340	647	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M168	4.593.749	1.685.198	641	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M169	4.593.755	1.685.213	641	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M170	4.593.730	1.685.183	642	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M171	4.593.743	1.685.198	642	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M172	4.593.721	1.685.192	643	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M173	4.593.727	1.685.220	644	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M174	4.593.761	1.685.229	642	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M175	4.593.746	1.685.238	643	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M176	4.593.877	1.771.964	-	SIAM_2011	
Manantial	M177	4.593.693	1.685.241	649	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M178	4.593.523	1.685.241	656	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M179	4.593.665	1.685.235	646	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M180	4.593.699	1.685.217	645	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M181	4.593.705	1.685.213	645	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M182	4.593.699	1.685.220	645	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M183	4.593.696	1.685.220	645	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M184	4.593.699	1.685.232	647	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M185	4.593.634	1.685.278	650	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M186	4.593.708	1.685.192	644	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M187	4.593.665	1.685.167	645	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M188	4.593.619	1.685.146	653	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M189	4.593.585	1.685.207	649	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M190	4.593.588	1.685.189	654	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M191	4.593.575	1.685.220	651	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M192	4.593.575	1.685.251	650	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M193	4.593.597	1.685.226	646	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M194	4.593.594	1.685.238	648	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M195	4.593.495	1.685.195	674	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M196	4.593.492	1.685.192	678	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M197	4.593.448	1.685.112	690	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M198	4.593.130	1.685.217	725	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M199	4.592.879	1.685.095	730	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M200	4.592.857	1.684.969	732	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M201	4.592.708	1.684.845	741	SIAM_2011	Q2dat



Manantial	M202	4.592.804	1.684.929	737	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M203	4.592.985	1.684.931	726	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M204	4.592.956	1.684.904	727	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M205	4.592.990	1.684.931	726	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M206	4.592.990	1.684.947	726	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M207	4.593.086	1.684.965	725	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M208	4.593.083	1.684.956	725	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M209	4.593.448	1.685.026	699	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M210	4.593.451	1.685.023	699	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M211	4.593.467	1.685.014	699	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M212	4.593.464	1.685.005	699	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M213	4.593.451	1.684.992	703	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M214	4.258.156	1.685.555	-	SIAM_2011	
Manantial	M215	4.593.219	1.684.965	720	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M216	4.593.293	1.684.940	715	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M217	4.593.343	1.684.983	710	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M218	4.593.340	1.684.971	710	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M219	4.593.598	1.684.949	695	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M220	4.592.606	1.684.830	748	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M221	4.592.516	1.686.740	783	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M222	4.592.571	1.686.694	773	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M223	4.592.516	1.686.876	792	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M224	4.592.627	1.686.491	756	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M225	4.592.614	1.686.494	760	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M226	4.592.652	1.687.131	802	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M227	4.592.655	1.686.510	755	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M228	4.592.605	1.686.516	764	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M229	4.592.555	1.686.408	755	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M230	4.592.586	1.686.420	753	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M231	4.593.106	1.685.909	695	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M232	4.593.081	1.685.860	690	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M233	4.592.998	1.686.032	708	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M234	4.592.753	1.685.959	708	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M235	4.592.765	1.685.971	708	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M236	4.592.731	1.686.064	715	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M237	4.593.378	1.685.949	693	SIAM_2011	Q2datr



Manantial	M238	4.592.626	1.686.012	718	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M239	4.592.530	1.685.950	720	SIAM_2011	Q1dats
Manantial	M240	4.592.933	1.686.060	715	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M241	4.592.484	1.685.916	724	SIAM_2011	Q1dats
Manantial	M242	4.593.685	1.686.388	700	SIAM_2011	K2E1rum
Manantial	M243	4.592.543	1.686.387	755	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M244	4.593.673	1.686.413	703	SIAM_2011	K2E1rum
Manantial	M245	4.592.831	1.686.639	750	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M246	4.592.844	1.686.663	753	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M247	4.592.909	1.686.638	752	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M248	4.592.909	1.686.641	752	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M249	4.592.943	1.686.638	750	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M250	4.592.949	1.686.632	750	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M251	4.593.978	1.687.547	777	SIAM_2011	Q2dat
Aljibe	M252	4.594.076	1.686.864	679	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M253	4.594.082	1.686.858	679	SIAM_2011	Q2datr
Pozo	M254	4.593.927	1.684.331	655	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M255	4.593.048	1.686.475	734	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M256	4.593.119	1.686.589	743	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M257	4.593.110	1.686.687	751	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M258	4.593.073	1.686.672	751	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M259	4.593.020	1.686.678	750	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M260	4.593.048	1.686.801	762	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M261	4.592.586	1.686.420	753	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M262	4.593.129	1.687.075	781	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M263	4.593.160	1.686.829	759	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M264	4.593.208	1.686.306	719	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M265	4.593.410	1.686.426	720	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M266	4.593.592	1.686.379	706	SIAM_2011	K2E1rum
Manantial	M267	4.593.592	1.686.361	703	SIAM_2011	K2E1rum
Manantial	M268	4.593.342	1.686.638	738	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M269	4.593.324	1.686.773	740	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M270	4.593.274	1.686.629	742	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M271	4.593.643	1.686.868	735	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M272	4.593.655	1.684.712	677	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M273	4.593.609	1.684.734	685	SIAM_2011	Q2dat



Manantial	M274	4.593.788	1.684.644	655	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M275	4.593.237	1.684.544	681	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M276	4.593.454	1.684.789	700	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M277	4.593.910	1.685.370	644	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M278	4.593.882	1.685.376	646	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M279	4.593.894	1.685.382	646	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M280	4.593.851	1.685.438	650	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M281	4.593.848	1.685.441	651	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M282	4.519.518	1.685.547	-	SIAM_2011	
Manantial	M283	4.593.535	1.685.389	660	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M284	4.593.504	1.685.404	660	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M285	4.593.641	1.685.487	658	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M286	4.593.625	1.685.487	659	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M287	4.593.625	1.685.457	658	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M288	4.593.576	1.685.546	666	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M289	4.593.273	1.685.648	677	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M290	4.593.282	1.685.651	677	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M291	4.593.186	1.685.762	685	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M292	4.592.539	1.685.461	713	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M293	4.592.539	1.685.461	713	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M294	4.594.415	1.685.474	631	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M295	4.594.415	1.690.228	718	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M296	4.594.424	1.685.505	631	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M297	4.594.433	1.685.557	631	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M298	4.594.433	1.685.615	630	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M299	4.594.375	1.685.791	636	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M300	4.594.359	1.685.843	638	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M301	4.593.929	1.686.151	679	SIAM_2011	K2E1rum
Manantial	M302	4.593.911	1.686.010	675	SIAM_2011	K2E1rum
Manantial	M303	4.593.802	1.685.487	655	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M304	4.593.507	1.684.857	700	SIAM_2011	Q2dat
Manantial	M305	4.595.086	1.690.228	746	SIAM_2011	K2v
Manantial	M306	4.594.966	1.690.228	725	SIAM_2011	K2v
Manantial	M307	4.594.567	1.690.044	697	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M308	4.594.058	1.685.155	626	SIAM_2011	Q2datr
Manantial	M309	4.594.160	1.685.127	625	SIAM_2011	Q2datr



Manantial	M310	4.593.921	1.688.916	745	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M311	4.593.949	1.689.030	736	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M312	4.593.783	1.688.027	780	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M313	4.593.805	1.687.812	772	SIAM_2011	Q2c
Manantial	M314	4.593.736	1.687.259	759	SIAM_2011	Q2dat

Fuente: NPRO 2021, SIAM 2011

Importante resaltar con base en la tabla anterior, que la mayoría de puntos inventariados se localizan en unidades cuaternarias, especialmente cerca y dentro del casco urbano de la ciudad de Mocoa.

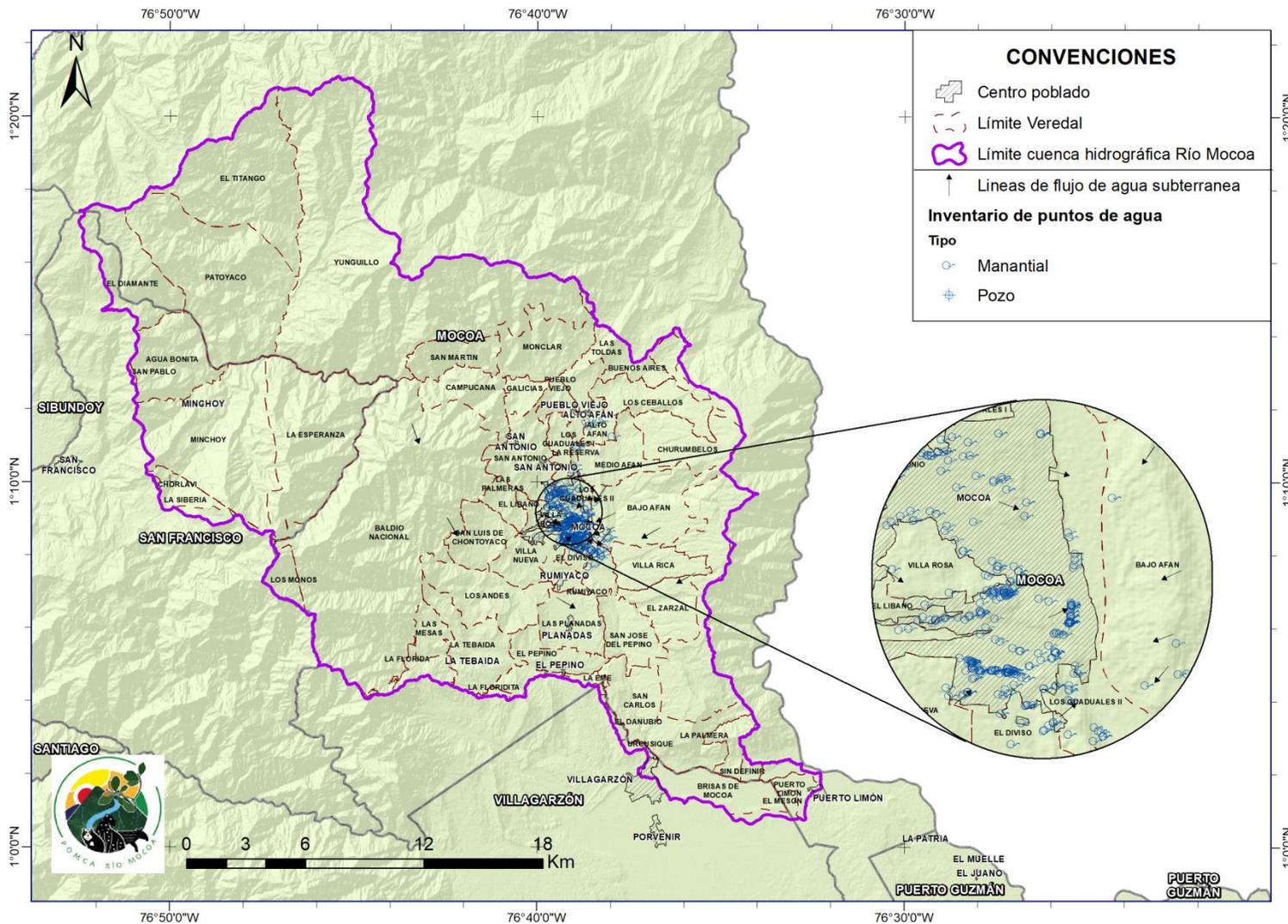


Ilustración 12. Inventario de puntos de agua del POMCA del río Mocoa

Fuente: INPRO. 2021

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





10 LÍNEAS DE FLUJO

Para trabajar con líneas de flujo, primero se determina el nivel freático (posición de la lámina de agua con respecto al nivel del mar) de cada punto de agua; este nivel junto con la localización del punto de agua nos da hacia dónde va el “desnivel” del flujo de agua, es decir hacia donde fluye, y esto determina las líneas de flujo de agua subterránea.

En la cuenca del río Mocoa, las líneas de flujo conducen hacia la principal fuente hídrica de descarga que es el cauce del río Mocoa como se observa en la Ilustración 12.

11 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN

La calidad química del agua subterránea es directamente afectada por el movimiento lento que ésta tiene en el subsuelo, condición que favorece el contacto directo y prolongado con los minerales, los cuales se van disolviendo en ella hasta alcanzar un balance combinado de las sustancias en solución.

La vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos es un término usado para representar las características intrínsecas que determinan la susceptibilidad de un acuífero a ser afectado por una carga contaminante. La vulnerabilidad de un acuífero es función de la resistencia de la zona no saturada a la penetración de agentes contaminantes, así como la capacidad de dicha zona de atenuar o reducir la acción de los agentes contaminantes. La resistencia de la zona saturada depende de varios factores entre los que se destacan: el grado de confinamiento del acuífero, la profundidad del nivel de agua dentro del medio poroso permeable, así como la humedad y la permeabilidad vertical en la zona no saturada. Por su parte la capacidad de atenuación está relacionada con los distintos procesos que tiene lugar dentro de la zona no saturada del suelo entre los que se cuentan: dispersión, dilución, hidrólisis, adsorción, entre otros. La vulnerabilidad de la formación acuífera definida a partir de los conceptos anteriores no incluye



aspectos relacionados con el uso del suelo, el tipo y características químicas de los contaminantes depositados o los usos del recurso hídrico subterráneo.

11.1 Método GOD

Para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas, se aplicará el Método GOD de Foster e Hirata (1991) a las unidades acuíferas existentes en la en la cuenca. En la aplicación de las fichas socioeconómicas se preguntó a las comunidades la identificación de puntos de agua subterránea como manantiales, aljibes y pozos, y una vez realizado el consolidado de esta actividad se realizará la visita técnica para georreferenciar y determinar características específicas de cada punto; parámetros necesarios para identificar las variables necesarias en este método.

El método **GOD** está basado en la asignación de valores a 3 variables que son las que nominan el acrónimo (Ilustración 13). El método usa un esquema de rating o puntaje de los tres (3) factores que influyen en la rapidez con la que una determinada sustancia alcanza un acuífero, suponiendo una infiltración desde un sector en la superficie o cercano a ella. A cada uno de estos factores se les asocia un puntaje, los cuales, ponderados y multiplicados entre sí, dan como resultado un valor que representa la vulnerabilidad.

Groundwater occurrence: tipo de acuífero – ocurrencia de agua subterránea (G)

Corresponde a la identificación del tipo de acuífero, cuyo índice puede variar entre 0 y 1. El modo de ocurrencia varía entre la inexistencia de acuíferos (evaluado con índice 0), en un extremo, y presencia de un acuífero libre o freático (evaluado con índice 1), en el otro extremo, pasando por acuíferos artesianos, confinados y semiconfinados.



Overall aquifer class: litología de la cobertura – sustrato litológico (O)

Corresponde a la caracterización de la zona no saturada del acuífero. Este se evalúa considerando dos características: el grado de fracturamiento y las características litológicas y como consecuencia, en forma indirecta y relativa, porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada (Foster e Hirata, 1991).

Esta información se usa para obtener un índice que puede variar en un rango entre 0,3 y 1. El valor 0.4 corresponde a niveles litológicos impermeables como arcillas, limos y arcillolitas aflorantes en la parte superior del acuífero; mientras el valor de 1 corresponde a niveles de roca tipo arenoso, intensamente fracturado y suelos conformados por gravas, cantos y arenas limpias.

Depth to groundwater: profundidad del agua subterránea – distancia al agua (D)

Consiste en determinar la profundidad del nivel freático en caso de acuíferos freáticos, o la profundidad al techo del acuífero en casos de acuíferos confinados. De acuerdo con la profundidad observada, este tercer componente puede tomar un valor entre 0.3 y 0.9. Con valor de 0.9 para niveles freáticos a poca profundidad (< 5 metros) y 0.3 para niveles muy profundos (>100 m).

El producto de estos tres componentes arroja un índice de vulnerabilidad que puede variar entre 0 y 1, indicando vulnerabilidades desde ninguna a extrema. Se puede corregir el hecho de no considerar directamente el suelo, que en general es un parámetro esencial, añadiendo sufijos al índice de vulnerabilidad, que consideran la capacidad de atenuación y el grado de fisuración del suelo (Custodio & Llamas, 1986).

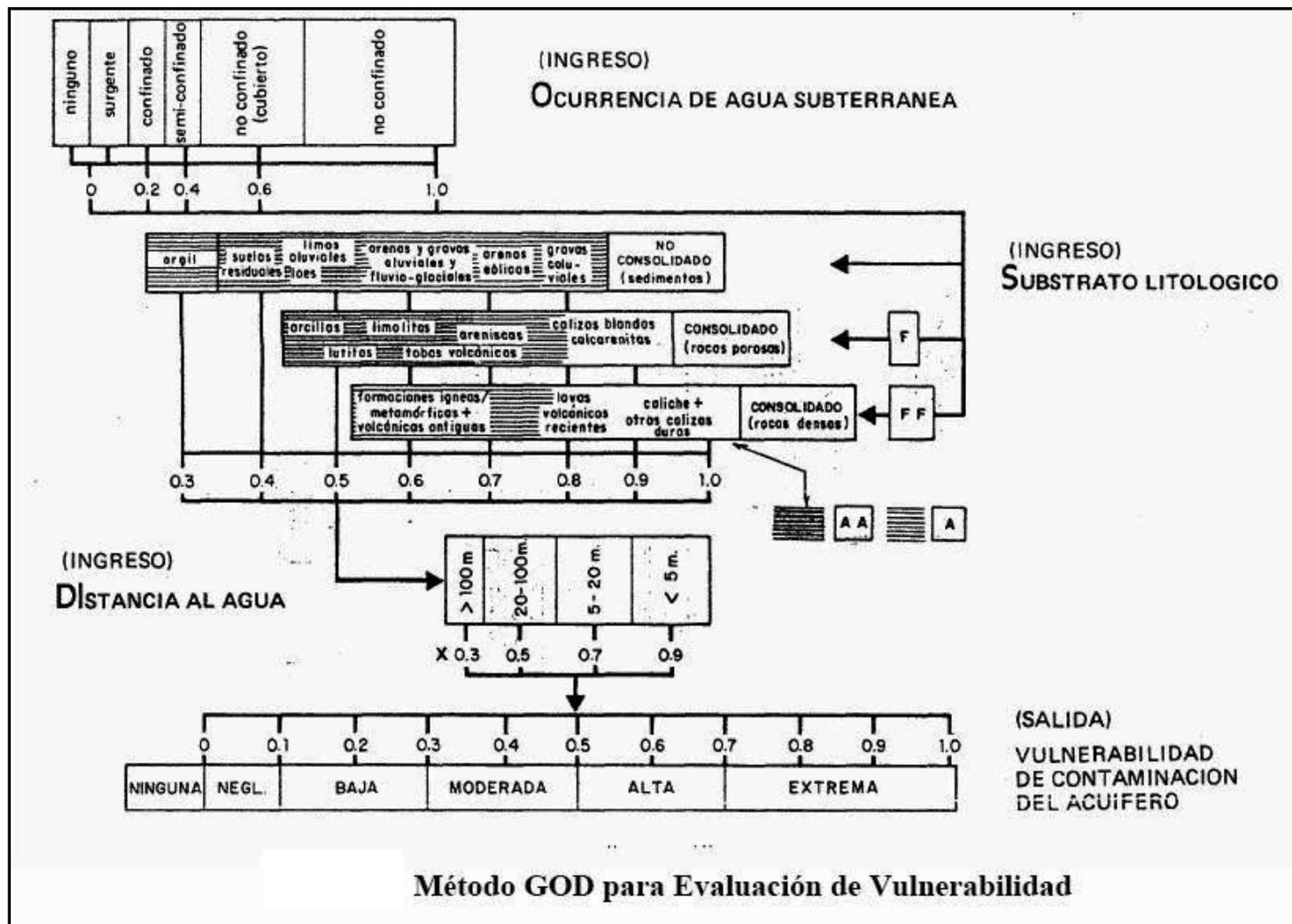


Ilustración 13. Esquema del Método GOD para evaluar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas.

Fuente: Foster e Hirata, 1.991.



Es de aclarar que la vulnerabilidad para esta unidad hidrogeológica se calculó con base en los valores observados u obtenidos con base en el reconocimiento en campo y en la exploración del subsuelo.

En la columna de comportamiento hidrogeológico (G) es cuantificada la ocurrencia de aguas subterráneas con base en la presencia de acuíferos libres a semiconfinados presentes en las unidades hidrogeológicas II1, donde se tienen acuíferos multicapa semiconfinados.

En la columna de calificación litológica es cuantificado el substrato litológico (O), con base en las descripciones litológicas para la unidad hidrogeológica, que corresponde a la intercalación de arcillolitas, limolitas y arenitas, con predominio de los finos.

Por último, en la distancia al agua se cuantifica la profundidad de esta (D), con base en los niveles freáticos reportados en la exploración del subsuelo (perforaciones).

El producto de los tres anteriores parámetros, como ya fue mencionado, permite obtener una vulnerabilidad a la contaminación, en términos cuantitativos y cualitativos, dentro de las siguientes categorías:

Vulnerabilidad Extrema: Aplicable a los sectores de un acuífero en donde la calificación se halla entre 0,7 y 1,0. Se considera que estos sectores son vulnerables a la mayoría de los contaminantes y con impactos relativamente rápidos para la mayoría de los escenarios de contaminación.

Vulnerabilidad Alta: Corresponde al rango de índices de vulnerabilidad global entre 0,5 y 0,7. Se considera que, en estos sectores, el acuífero es vulnerable a muchos contaminantes, excepto a aquellos que son rápida y fácilmente biodegradables.

Vulnerabilidad Moderada: Corresponde a los sectores del acuífero cuyos índices de vulnerabilidad global caen entre 0,3 y 0,5. En estos sitios la vulnerabilidad está restringida a contaminantes relativamente móviles y/o persistentes o bien, a eventos de contaminación continua, causados durante largos periodos de tiempo.



Vulnerabilidad Baja: Corresponde a los sectores del acuífero en donde la vulnerabilidad global cae entre 0,1 y 0,3; en estos sitios la vulnerabilidad está restringida a contaminantes muy móviles y/o persistentes, y a eventos de contaminación continúa causados durante largos periodos de tiempo.

Vulnerabilidad Muy Baja o Despreciable: Con los valores menores a 0,1, en estos acuíferos, las capas confinantes representan un obstáculo que dificulta en alto grado, (sin que esto indique que sea imposible), un flujo significativo de los contaminantes hacia el acuífero.

Vulnerabilidad Nula: No existe peligro de contaminación del agua subterránea.

Para el desarrollo de este capítulo en la cuenca del río Mocoa, es necesario el desarrollo del inventario de puntos de agua.

En la aplicación de las fichas socioeconómicas se preguntó a las comunidades la identificación de puntos de agua subterránea como manantiales, aljibes y pozos, y una vez realizado el consolidado de esta actividad se realizará la visita técnica para georreferenciar y determinar características específicas de cada punto; parámetros necesarios para identificar las variables necesarias y requeridas para aplicar el método GOD.

Con base en los datos levantados en campo, y aplicando GOD, tenemos que las unidades cuaternarias (Q1dats, Q2datr, Q2dat, Q2c, Q2da, Q2dar), tienen una vulnerabilidad Extrema, y las unidades sedimentarias de roca porosas como lo son el miembro superior e inferior de la Formación Pepino (E2E3pes y E2E3pei), Al igual que las areniscas de la Formación Caballos (K1K2cb), tienen una vulnerabilidad Alta.

Rocas arcillosas como las lodolitas y arcillolitas del Grupo Orito (E3N1or), y del Rumiayaco (K2E1rum) por ser esencialmente impermeables, poseen una vulnerabilidad baja.



Por lo tanto, las unidades cuaternarias (Q1dats, Q2datr, Q2dat, Q2c, Q2da, Q2dar), que tienen una vulnerabilidad Extrema, y las unidades sedimentarias de roca porosas como lo son el miembro superior e inferior de la Formación Pepino (E2E3pes y E2E3pei), Al igual que las areniscas de la Formación Caballos (K1K2cb), que tienen una vulnerabilidad Alta, ocupan áreas que deben ser de cuidado Ambiental especial. Son unidades acuíferas, zonas de recarga y descarga.

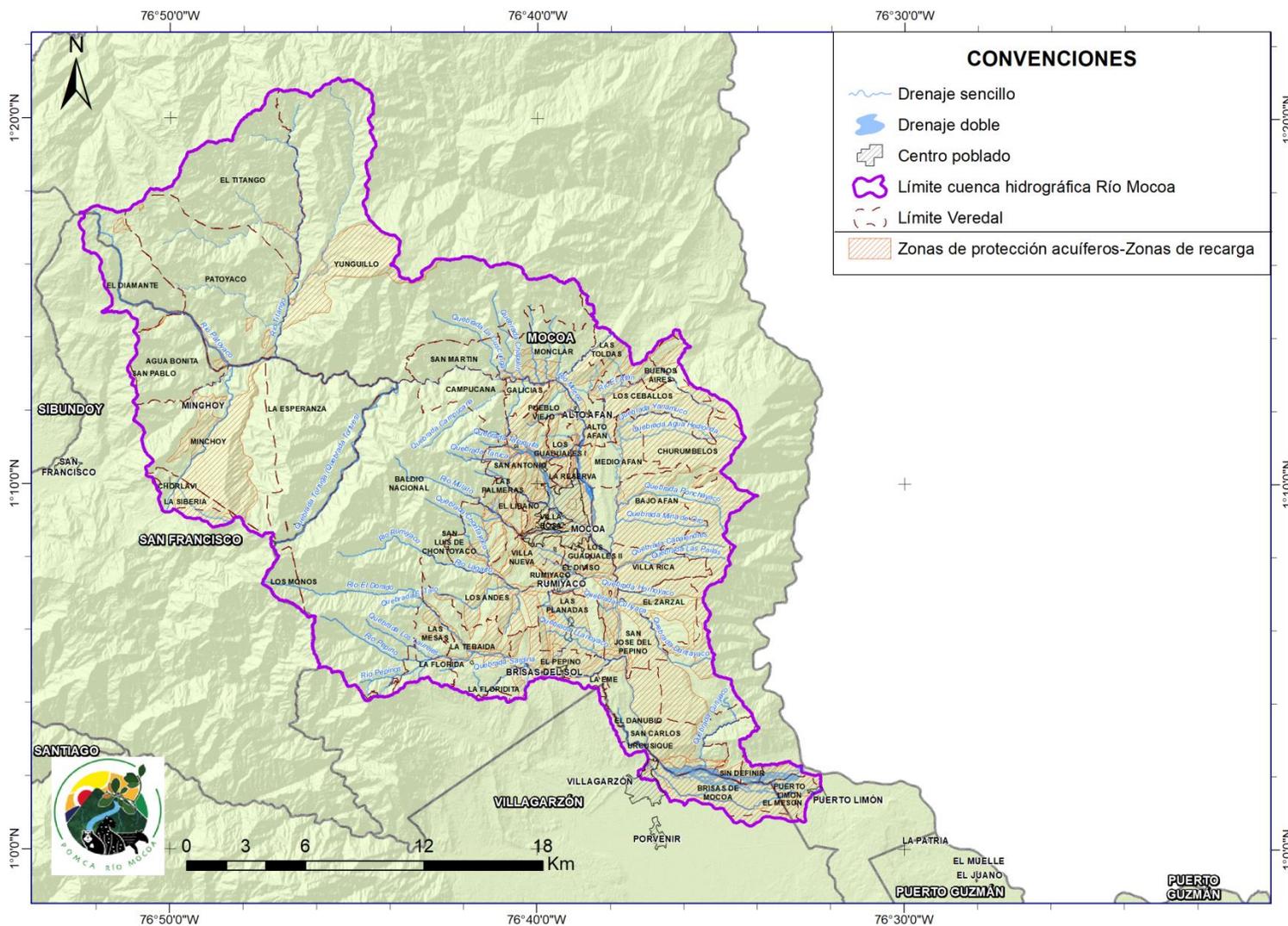


Ilustración 14. Zonas de recarga de acuíferos que deben ser zonas de cuidado ambiental especial

Fuente: INPRO. 2021

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





12 CONCLUSIONES

- En la zona de estudio se identifican acuíferos, acuícludos y acuitardos.
- Tocan las unidades de depósito cuaternario, a excepción de los Depósitos coluviales, constituyen acuíferos libres, multicapa y en algunas ocasiones semiconfinados.
- Las Formaciones geológicas clásticas, como los miembros superior e inferior de la formación Pepino, y la Formación caballos, constituyen acuíferos semiconfinados en profundidad, y libres en superficie.
- Las Formaciones geológicas de composición arcillosa, como las Formaciones Orito y Villeta, constituyen acuícludos.
- Las Formaciones Geológicas ígneas, metamórficas y volcánicas sedimentarias constituyen acuíferos y conforman el basamento hidrogeológico.
- Las rocas cristalinas del Monzogranito de Moca, constituye un acuífero, pero dado el alto grado de fracturamiento que posee, constituye un acuífero por porosidad secundaria.
- Los datos a consignar en el formato FUNIAS, que son de importancia para calcular: dirección de flujo, vulnerabilidad, usos, entre otros, se obtendrán de las visitas técnicas a los diferentes puntos de agua que previamente se identificaron en la aplicación de las fichas socioeconómicas a las comunidades.



13 BIBLIOGRAFÍA

- Custodio, E., & Llamas, M. (1986). *Hidrología Subterránea*. Barcelona: Ediciones Omega S.A.
- Martínez Santos, P. (2006). *Fundamentos de Hidrogeología*. México: Ediciones Mundi-Prensa.
- MINAMBIENTE, VIVIENDA & DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). (2009). *Formulario Unico Nacional Para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea*. Bogotá D.C.
- Oliver, M. A. (1990). Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems. En I. J. 4.
- Organización Mundial Meteorológica - OMM No. 168. (2011). *Guía de Prácticas Hidrológicas*.
- Universidad Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofía y Ciencias Humanas, Departamento de Geociencias. (2017).