

III. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO - BIÓTICO

FORMULACIÓN
POMCA
RÍO RISARALDA

Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica

"La cuenca vive, para que tu vivas"



III-7. HIDROLOGÍA

ABRIL 2017

PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RIO RISARALDA
FASE DE DIAGNÓSTICO

CONSORCIO ORDENAMIENTO CUENCA RIO RISARALDA

Carrera 18 E Nro. 42 B 352, Local 5
(6) 314 17 28 Pereira (Risaralda)
pomcasrisaralda@gmail.com
@POMCASRisaraldaOtún
#POMCASRisaralda



TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	SISTEMA HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO RISARALDA	3
3	DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED DE ESTACIONES HIDROLÓGICAS	8
3.1	Análisis de consistencia y homogeneidad de información	12
3.1.1	Elaboración de Curvas de doble masa	12
3.1.2	Construcción de diagramas Box – Whiskers	20
3.1.3	Análisis de homogeneidad mediante el método Mann – Kendall.....	22
4	INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	29
4.1	Principales captaciones de aguas en la cuenca del río Risaralda	41
4.2	Tipo de organizaciones que captan agua para consumo humano	42
4.3	Principales empresas prestadoras del servicio de acueducto.....	42
5	ANÁLISIS DE SISTEMAS LÉNTICOS NATURALES	44
6	CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO	46
6.1	Escorrentía de Caudales Máximos	56
6.2	Escorrentía de Caudales Mínimos	65
6.3	Transporte de sedimentos río Risaralda	68
6.3.1	Carga medida	68
6.3.2	Carga calculada.....	68
7	IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO LLUVIA-ESCORRENTÍA.....	72
7.1	Descripción del Sistema Soporte a la Decisión (SSD) WEAP	72
7.2	Descripción interfaz WEAP	73
7.3	Modelo hidrológico del SSD WEAP	74
7.4	Elementos para el modelo conceptual WEAP Risaralda.....	76
7.4.1	Marco temporal	76
7.4.2	Límites espaciales	76
7.5	Construcción del modelo.....	81
7.5.1	Parámetros para la calibración del modelo.....	82
7.5.2	Calibración modelo escala de tiempo diario	85
7.5.3	Calibración modelo escala de tiempo mensual.....	91
7.5.4	Resultados de la modelación a escala diaria.....	106
7.5.5	Resultados de la modelación a escala mensual	107
8	OFERTA HÍDRICA	108
8.1	Oferta hídrica mensual.....	112
8.1.1	Caudales máximos mensuales.....	112
8.1.2	Caudales medios mensuales.....	126
8.1.3	Caudales mínimos mensuales.....	140
9	ESTIMACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES	154
10	OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE.....	156
11	CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA.....	158
11.1	Demanda hídrica consumo humano y Doméstico.....	158
11.1.1	Procedimiento de Cálculo.....	158
11.1.2	Demanda institucional y comercial	166
11.2	Demanda hídrica sector Agrícola	170
11.2.1	Método de cálculo de la demanda agrícola	170
11.2.2	Resultados del cálculo de la demanda Agrícola	173
11.3	Demanda sector pecuario	177
11.4	Demanda sector Acuícola	183
11.5	Demanda industrial y de generación de energía.....	184
11.6	Demanda sector minería.....	185
11.7	Demanda hídrica total	186

11.8	Demanda subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados	188
12	INDICADORES DEL SISTEMA HÍDRICO	191
12.1	Índice de Retención y Regulación Hídrica – IRH	191
12.2	Índice de Uso del Agua Superficial – IUA	196
12.3	Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico – IVH	210
13	NECESIDADES DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO, INTEGRADO CON LAS OTRAS TEMÁTICAS, A SER PLANTEADAS EN LA FASE DE FORMULACIÓN.....	217
14	BIBLIOGRAFÍA.	218

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de estaciones de caudal para análisis regional en el río Risaralda.....	8
Tabla 2. Listado de estaciones de caudal para análisis regional en el río Risaralda.....	10
Tabla 3. Valores de caudales medios mensuales multianuales (m3/s) – departamento de Risaralda	11
Tabla 4. Valores estadísticos estación La Virgen	21
Tabla 5. Estaciones de caudal utilizadas en el análisis tendencial.....	23
Tabla 6. Resultados del análisis tendencial de los registros de caudal	24
Tabla 7. Inventario de infraestructuras hidráulicas	30
Tabla 8. Principales captaciones de aguas superficiales	41
Tabla 9. Tipo de organizaciones conformadas para prestar el servicio de Acueducto.	42
Tabla 10. Empresas prestadoras de Servicio de Acueducto en la Cuenca del río Risaralda.	43
Tabla 11. Registro histórico de caudales medios mensuales estación La Bretaña	50
Tabla 12. Registro histórico de caudales medios mensuales estación La Virgen	51
Tabla 13. Registro histórico de caudales medios mensuales estación Puente Negro	52
Tabla 14. Parámetros para definir qmax y Fm según Ordóñez y Otros	55
Tabla 15. Distribuciones de probabilidad Seleccionadas y pruebas de ajuste	57
Tabla 16. Distribuciones de probabilidad Seleccionadas para Qmin y pruebas de ajuste	58
Tabla 17. Qmax para estaciones hidrológicamente homogéneas, departamento de Risaralda.....	60
Tabla 18. Qmin para estaciones hidrológicamente homogéneas, departamento de Risaralda.....	61
Tabla 19. Régimen de caudales Mínimos río Risaralda, estación Puente Negro.	65
Tabla 20. Régimen de caudales Mínimos río Mapa, estación La Bretaña.....	65
Tabla 21. Carga sólida del río Risaralda por tamaño de partículas.....	69
Tabla 22. Carga sólida del río Risaralda según modo de transporte.....	70
Tabla 23. Carga sólida en el río Mapa según tamaños de partículas.....	70
Tabla 24. Valores por defecto de WEAP para usos del suelo	83
Tabla 25. Valores parámetros uso del suelo para calibración del modelo diario	85
Tabla 26. Valores parámetros uso del suelo para calibración del modelo mensual	91
Tabla 27. Oferta hídrica superficial (medio y mínimo) en subcuencas de la cuenca del río Risaralda	109
Tabla 28. Caudales máximos mensuales.....	112
Tabla 29. Caudales mensuales medios	126
Tabla 30. Caudales mínimos mensuales	140
Tabla 31. Caudales ambientales por el método del 7Q10 y Q95 para todos los puntos de interés mes a mes (m3/s)	154
Tabla 32. Oferta hídrica natural disponible en la cuenca del río Risaralda	156
Tabla 33. Población por municipio y población de cada municipio dentro de la Cuenca	159
Tabla 34. Empresas prestadoras de servicios públicos que abastecen población urbana.....	161
Tabla 35. Dotación neta según resolución 2320 de 2009.	162
Tabla 36. Datos para el cálculo de la demanda hídrica doméstica población urbana	162
Tabla 37. Estimación demanda consumo humano metodología RAS y reporte E.P.S, población urbana por cada una de las fuentes del nivel subsiguiente.....	163
Tabla 38. Estimación demanda consumo humano población rural, por cada una de las fuentes de nivel subsiguiente	164
Tabla 39. Resumen demanda población urbana y rural.....	166
Tabla 40. Demanda sector Institucional	167
Tabla 41. Demanda sector Comercial	167
Tabla 42. Demanda consumo humano y doméstico versus concesiones	169
Tabla 43. Identificación de necesidades de riego para cultivo de caña.....	173
Tabla 44. Parámetros para el cálculo de la demanda agrícola por postcosecha de café.....	174

Tabla 45. Demanda hídrica uso agrícola (riego de caña, postcosecha de café), por cada nivel subsiguiente.....	174
Tabla 46. Demanda hídrica uso agrícola, calculado a partir de la información de concesiones ...	177
Tabla 47. Centrales de sacrificio que se abastecen de la cuenca del río Risaralda.....	178
Tabla 48. Demanda pecuaria, sector bovino.....	179
Tabla 49. Demanda pecuaria, sumatoria entre los sectores porcícola, avícola, bovino y centrales de sacrificio.....	181
Tabla 50. Demanda Acuicola	184
Tabla 51. Demanda hídrica sector industrial	185
Tabla 52. Demanda sector minero.....	186
Tabla 53. Consolidado de la demanda hídrica total	187
Tabla 54. Demanda hídrica microcuencas y subcuencas abastecedoras de centros poblados y centros urbanos.....	188
Tabla 55. Categorías para el índice de retención Hídrica	192
Tabla 56. IRH calculado para oferta hídrica de caudales diarios históricos para unidad hidrológica del nivel subsiguiente.....	192
Tabla 57. Rangos, categorías y significado del Índice del agua IUA.....	197
Tabla 58. Resultado IUA Cuenca Río Risaralda caudales medios.....	197
Tabla 59. Resultado IUA Cuenca Río Risaralda caudales mínimos.....	198
Tabla 60. IUA calculado para oferta hídrica de caudales medios en las unidades hidrológicas del nivel subsiguiente.....	198
Tabla 61. IUA calculado para oferta hídrica de caudales mínimos en unidades de gestión hídrica de la cuenca del río Risaralda	202
Tabla 62. IUA calculado para oferta hídrica de caudales medios en las microcuencas abastecedoras de Acueductos en la cuenca del río Risaralda	205
Tabla 63. IUA calculado para oferta hídrica de caudales mínimos en las microcuencas abastecedoras de Acueductos en la cuenca del río Risaralda	207
Tabla 64. Matriz que relaciona el IUA y el IRH.....	210
Tabla 65. IVH para períodos de caudales medios.....	211
Tabla 66. IVH para períodos de caudales mínimos.....	214

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hidrografía de la cuenca del río Risaralda	4
Figura 2. Modelo de elevación digital	5
Figura 3. Isotermas cuenca Risaralda	6
Figura 4. Estación La Virgen río Mapa. Histograma de caudales máximos, medios y mínimos	9
Figura 5. Estación Puente Negro río Risaralda. Histograma de caudales máximos, medios y mínimos	9
Figura 6. Estación La Bretaña río Risaralda. Histograma de caudales máximos, medios y mínimos	10
Figura 7. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Puente Negro	13
Figura 8. Curva de doble masa estaciones La Virgen y La Paila	14
Figura 9. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Sucre	14
Figura 10. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Gede	15
Figura 11. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Vacorí	15
Figura 12. Curva de doble masa estaciones La Virgen e Itaurí	16
Figura 13. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Aguita	16
Figura 14. Curva de doble masa estaciones La Virgen y La Unión	17
Figura 15. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Cartago	17
Figura 16. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Arabia	18
Figura 17. Curva de doble masa estaciones Cartago y Santa María	18
Figura 18. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Pte Español	19
Figura 19. Curva de doble masa estaciones La Virgen y La Reina	19
Figura 20. Diagrama Box Whiskers mensual estación La Virgen	26
Figura 21. Gráfica Mann – Kendall estación La Bretaña	27
Figura 22. Gráfica Mann – Kendall estación La Virgen	27
Figura 23. Gráfica Mann – Kendall estación Puente Negro	28
Figura 24. Espacialización de captaciones	40
Figura 25. Cauce del Río Risaralda aguas arriba de Mistrató	47
Figura 26. Característica Torrencial del Río Mapa	47
Figura 27. Cauce del río Risaralda arriba Las Palmeras	48
Figura 28. Cauce del río Risaralda abajo Las Palmeras	48
Figura 29. Perfil del Río Risaralda	49
Figura 30. Curva de duración de caudales estación La Bretaña	50
Figura 31. Curva de duración de caudales estación La Virgen	51
Figura 32. Curva de duración de caudales estación Puente Negro	52
Figura 33. Curva de duración de caudales río Totuí (nivel subsiguiente 261426)	53
Figura 34. Inestabilidad superficial en fenómenos de flujo casi-crítico	54
Figura 35. Resultados del Test de Homogeneidad Regional de Dalrymple	59
Figura 36. Curva de Área contra Q _{2,33} para la región homogénea	61
Figura 37. Curva regional de frecuencias de caudales extremos	62
Figura 38. Curvas de frecuencia de caudales máximos estación Puente Negro Mejor distribución Gumbel	62
Figura 39. Curvas de frecuencia de caudales máximos estación La Bretaña Mejor distribución Gumbel	63
Figura 40. Caudales máximos	64
Figura 41. Curva de frecuencia de caudales mínimos en el río Risaralda, estación Puente Negro. Mejor distribución Log Pearson 3	65
Figura 42. Curva de frecuencia de caudales mínimos estación La Bretaña. Mejo distribución Weibull 3P	66
Figura 43. Caudales mínimos	67
Figura 44. Modelo Hidrológico de WEAP - diagrama de doble balde	74
Figura 45. Polígonos de Thiessen cuenca del río Risaralda	78
Figura 46. Unidades hidrológicas de análisis	79

Figura 47. Total de catchments representados en WEAP.....	80
Figura 48. Codificación de los catchments.en WEAP.	80
Figura 49. Comparación de Caudales en la Estación Puente Negro para los años 1997-1998	86
Figura 50. Comparación de Caudales en la Estación Puente Negro para los años 2010 – 2011	87
Figura 51. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 1997-1998.....	88
Figura 52. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 2010-2011.....	89
Figura 53. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 1997-1998.....	90
Figura 54. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 2010-2011.....	90
Figura 55. Comparación de Caudales en la Estación Puente Negro para los años 1997-2013.	92
Figura 56. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 2006-2011.....	92
Figura 57. Comparación de Caudales en la Estación Bretaña para los años 2005-2013	93
Figura 58. Curva de duración de caudales estación La Virgen periodo 1994 -1998.....	94
Figura 59. Variabilidad de caudales estación La Virgen periodo 1994 -1998.....	95
Figura 60. Curva de duración de caudales estación La Virgen periodo 1999 -2003.....	96
Figura 61. Variabilidad de caudales estación La Virgen periodo 1999 -2003.....	97
Figura 62. Curva de duración de caudales estación La Virgen periodo 2007 -2011	98
Figura 63. Variabilidad de caudales estación La Virgen periodo 2007 -2011.....	99
Figura 64. Curva de duración de caudales estación Puente Negro periodo 1994 -1998	100
Figura 65. Variabilidad de caudales estación Puente Negro periodo 1994 -1998.....	101
Figura 66. Curva de duración de caudales estación Puente Negro periodo 1999 -2003	102
Figura 67. Variabilidad de caudales estación Puente Negro periodo 1999 -2003.....	103
Figura 68. Curva de duración de caudales estación Puente Negro periodo 2007 -2011	104
Figura 69. Variabilidad de caudales estación Puente Negro periodo 2007-2011	105
Figura 70. Caudal promedio diario desembocadura principales tributarios del río Risaralda	106
Figura 71. Caudal medio anual desembocadura principales tributarios del río Risaralda	106
Figura 72. Caudal promedio mensual desembocadura principales tributarios del río Risaralda	107
Figura 73. Caudal medio anual desembocadura principales tributarios del río Risaralda	107
Figura 74. Correlación de caudales anuales	112
Figura 75. Caudales máximos mensuales enero	114
Figura 76. Caudales máximos mensuales febrero	115
Figura 77. Caudales máximos mensuales marzo.....	116
Figura 78. Caudales máximos mensuales abril.....	117
Figura 79. Caudales máximos mensuales mayo.....	118
Figura 80. Caudales máximos mensuales junio	119
Figura 81. Caudales máximos mensuales julio	120
Figura 82. Caudales máximos mensuales agosto.....	121
Figura 83. Caudales máximos mensuales septiembre.....	122
Figura 84. Caudales máximos mensuales octubre.....	123
Figura 85. Caudales máximos mensuales noviembre	124
Figura 86. Caudales máximos mensuales diciembre	125
Figura 87. Caudales medios mensuales enero	128
Figura 88. Caudales medios mensuales febrero.....	129
Figura 89. Caudales medios mensuales marzo	130
Figura 90. Caudales medios mensuales abril.....	131
Figura 91. Caudales medios mensuales mayo.....	132
Figura 92. Caudales medios mensuales junio.....	133
Figura 93. Caudales medios mensuales julio	134
Figura 94. Caudales medios mensuales agosto.....	135
Figura 95. Caudales medios mensuales septiembre.....	136
Figura 96. Caudales medios mensuales octubre	137

Figura 97. Caudales medios mensuales noviembre.....	138
Figura 98. Caudales medios mensuales diciembre.....	139
Figura 99. Caudales mínimos mensuales enero.....	142
Figura 100. Caudales mínimos mensuales febrero.....	143
Figura 101. Caudales mínimos mensuales marzo.....	144
Figura 102. Caudales mínimos mensuales abril.....	145
Figura 103. Caudales mínimos mensuales mayo.....	146
Figura 104. Caudales mínimos mensuales junio.....	147
Figura 105. Caudales mínimos mensuales julio.....	148
Figura 106. Caudales mínimos mensuales agosto.....	149
Figura 107. Caudales mínimos mensuales septiembre.....	150
Figura 108. Caudales mínimos mensuales octubre.....	151
Figura 109. Caudales mínimos mensuales noviembre.....	152
Figura 110. Caudales mínimos mensuales diciembre.....	153
Figura 111. Total demanda humana y doméstica urbana.....	168
Figura 112. Esquema Índice de Escasez.....	172
Figura 113. Porcentaje de demanda por usos en la Cuenca del río Risaralda.....	187
Figura 114. Ejemplo de curva de duración de caudales.....	191
Figura 115. Mapa Índice de Regulación y Retención Hídrica (IRH).....	195
Figura 116. Mapa Índice de Uso del Agua (IUA) para caudales medios.....	201
Figura 117. Mapa Índice de Uso del Agua (IUA) para caudales mínimos.....	204
Figura 118. Mapa Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) para caudales medios.....	213
Figura 119. Mapa Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) para caudales mínimos.....	216

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Histogramas
Anexo 2. Archivos soporte de gráficos de Box Whiskers
Anexo 3. Archivos de soporte test Mann – Kendall
Anexo 4. Curvas de duración de caudales
Anexo 5. Mapas y salidas gráficas
Anexo 6. Caudales mensuales (max, med, min)

1 INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato No. 0197-2015 suscrito entre la Corporación Autónoma Regional de Risaralda - CARDER y el Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, para **Formular el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Risaralda en el marco del proyecto “incorporación del componente de gestión de riesgo como determinante ambiental del ordenamiento territorial en los procesos de formulación y/o actualización de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas afectadas por el fenómeno de la niña 2010-2011”**. Se ha elaborado el presente informe con los análisis hidrológicos, que hacen parte integral del componente biofísico en el informe de diagnóstico.

El resultado principal de este informe es la caracterización del régimen hidrológico del área de estudio objeto de ordenación, que corresponde a la cuenca del río Risaralda como tal, considerando criterios de espacialización a nivel de subcuencas y microcuencas abastecedoras de los centros urbanos y centros poblados de acuerdo con la información disponible. Toda esta información procesada y analizada, permitió estimar los índices principales del sistema hídrico en el área de estudio, los cuales se presentan en el capítulo 12 y que corresponden a: Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), Índice de Uso del Agua Superficial (IUA) e Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH).

Para el logro del resultado principal, se desarrollaron las siguientes actividades de las cuales se da cuenta en los respectivos capítulos:

- Descripción y evaluación de las estaciones hidrológicas existentes en la cuenca,
- Inventario de infraestructuras hidráulicas que afectan la oferta hídrica,
- Caracterización de los sistemas lénticos naturales localizados en la cuenca,
- Caracterización del régimen hidrológico,
- Implementación del modelo lluvia-escurrimiento en Water Evaluation And Planning System (WEAP),
- Estimación de la oferta hídrica superficial
- Estimación de caudales ambientales
- Estimación de la oferta hídrica disponible
- Estimación de la demanda hídrica

Finalmente, como parte estructural de este informe hacen parte los anexos, tanto con los Mapas que representan espacialmente cada uno de los indicadores del sistema hídrico mencionados (IRH, IUA, IVH), como las Salidas Cartográficas con



la representación espacial de los caudales (máximos, medios y mínimos), de los rendimientos hídricos (máximo, medio y mínimo) y las demandas hídricas en el nivel de detalle que lo permitió la información disponible.

2 SISTEMA HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO RISARALDA

La cuenca hidrográfica del río Risaralda se desarrolla en el flanco occidental de la cordillera Central, entre las coordenadas 777,000W y 817,000W, y las coordenadas 1°34,000N y 1°105,000N, en los departamentos de Caldas y Risaralda, donde el 60 % corresponde al Departamento de Risaralda y el 40% al de Caldas; tiene un área de drenaje de 1256 km², hasta su desembocadura en el Río Cauca, y se localiza en la vertiente oriental de la cordillera occidental. En la Figura 1 se presenta esquema de la hidrografía, en donde se aprecia una red dendrítica muy extensa a lo largo y ancho de la cuenca del río Risaralda y la existencia de siete categorías de orden de drenaje.

En general se presenta un clima seco ecuatorial de tierras bajas, con temperaturas que oscilan entre los 15°C y 22°C, con dos períodos de lluvias al año: Abril-Mayo y Octubre-Noviembre, y un promedio de precipitaciones estimado en los 2.000 mm por año. La Figura 2 y Figura 3, muestran esquemas del modelo de elevación digital del terreno y de isotermas anuales.

De acuerdo a la situación regional en Colombia y sus condiciones climáticas y topográficas, el valle del río Risaralda se puede considerar como un apéndice geográfico del valle del río Cauca. Comprende parte de los municipios de Belén de Umbría, Viterbo, Santuario y Balboa por la margen derecha del río Risaralda, y de los municipios de Risaralda, Belalcázar y la Virginia por la margen izquierda.

La red hidrográfica de importancia corresponde al río Risaralda y sus afluentes, dentro de los cuales se encuentra el río Mapa que corta el área en dirección SE - N, y atraviesa la parte oriental del valle, siendo un río consecuente que hoy está rejuvenecido excavando los depósitos aluviales antiguamente depositados a manera de terrazas.

El patrón de drenaje es de enrejado rectangular, unido a un relieve suave en la parte sur del área, donde afloran rocas ígneas volcánicas que conforman un relieve fuerte. La posición de la corriente en el río está influenciada por diferencias en la resistencia de los depósitos que conforman su lecho. Otro patrón de drenaje dominante en el área de estudio es sub-rectangular a sub-angular formado en diferentes partes y casi siempre relacionados con las rocas sedimentarias terciarias las cuales presentan formas suaves y redondeadas del relieve.

Aguas arriba de su desembocadura, el cauce es meandrinoso y se comporta como un río de llanura, disectando sobre depósitos de terraza formados por el mismo en tiempos antiguos lo cual se evidencia por la presencia de paleo cauces, y meandros abandonados.

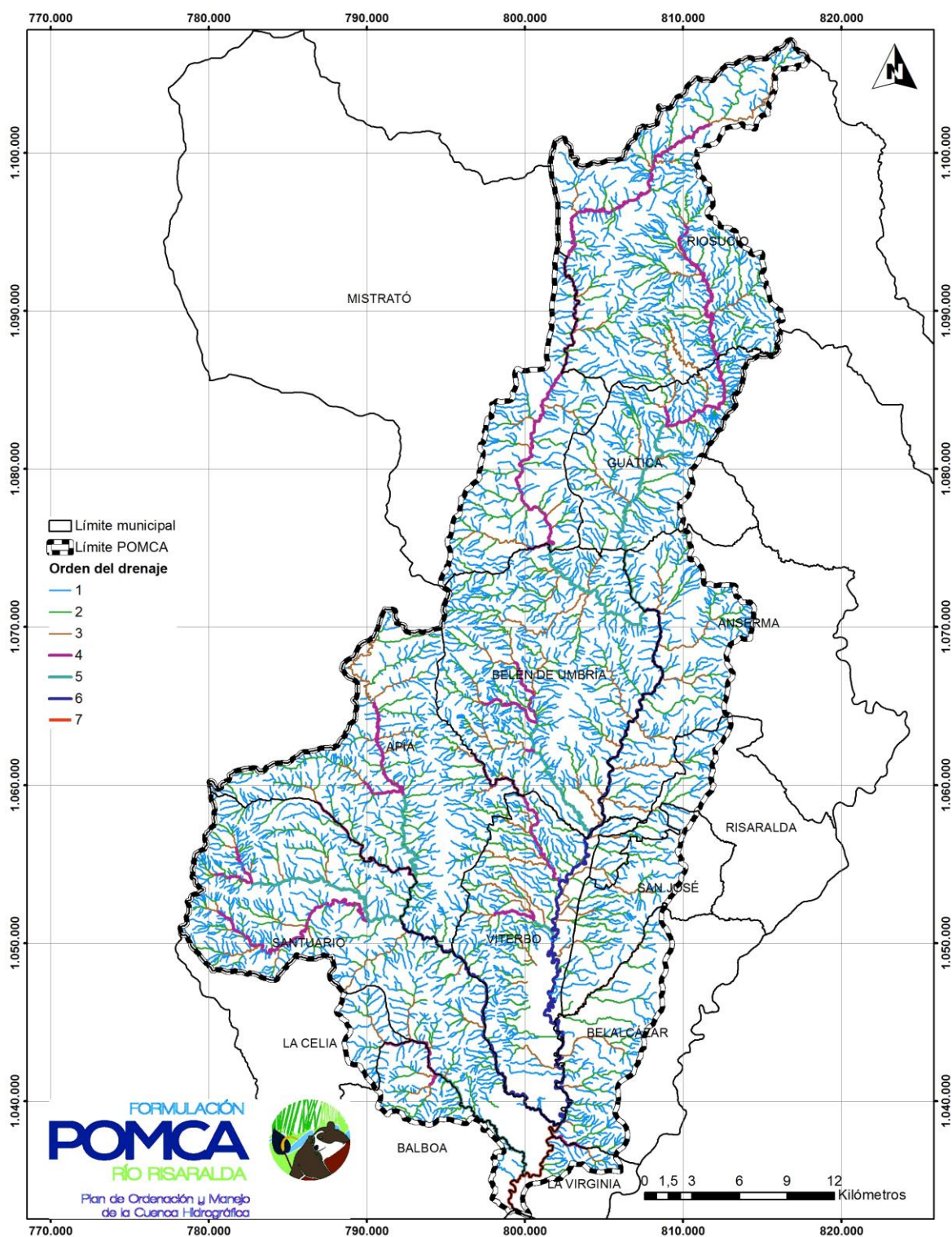


Figura 1. Hidrografía de la cuenca del río Risaralda
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

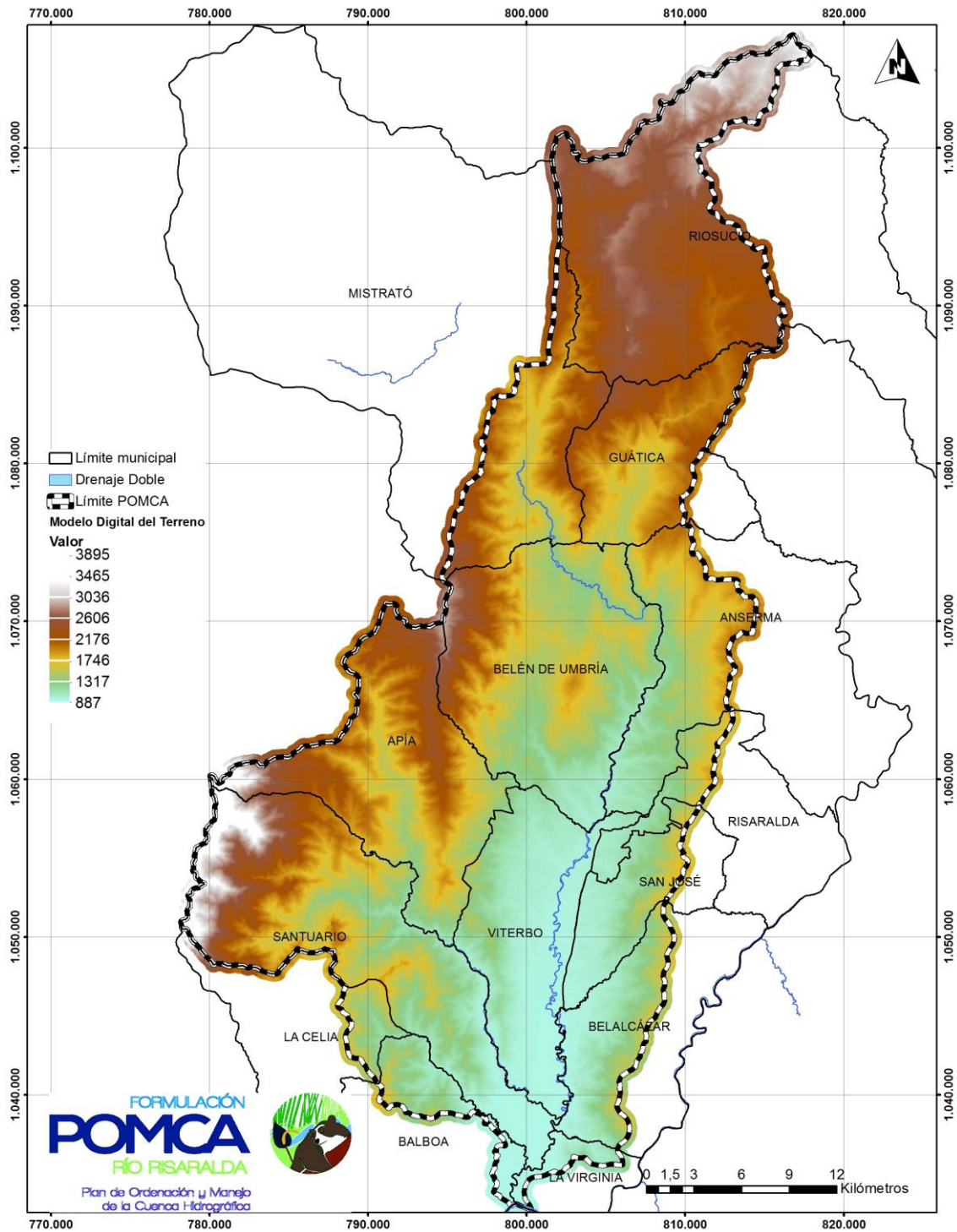


Figura 2. Modelo de elevación digital
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

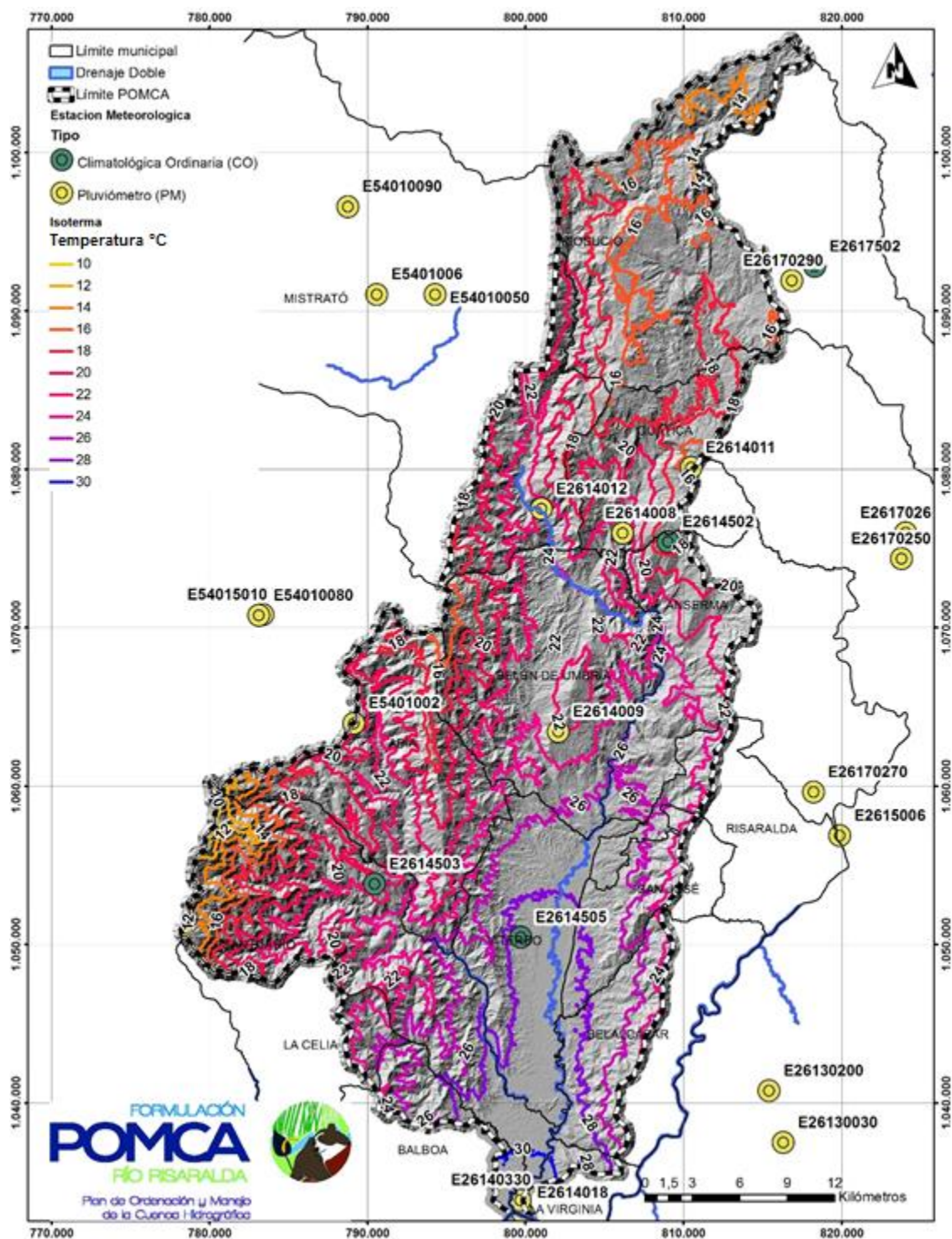


Figura 3. Isotermas cuenca Risaralda
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

El río Risaralda es estrecho aguas arriba del sector de La Isla, donde se comporta como cauce de montaña, y amplio desde éste punto hasta su desembocadura. Tiene su origen en la cordillera occidental, cerca del municipio de Mistrató. Su caudal se aumenta por numerosas corrientes que tributan sus aguas y carga sólida desde las cabeceras hasta su desembocadura en el río Cauca. Presenta un valle aluvial relleno, con material grueso de grava y gravillas depositados por acciones denudacional y Tectónica que aportaron material de las partes altas.

En La Isla, el río deja de correr encañonado para empezar a formar su valle a través del cual toma un curso bastante caprichoso, de sinuoso a altamente meándrico tocando en ciertos puntos las estribaciones de las serranías que lo limitan por el oriente y occidente.

A partir del norte los tributarios más importantes del río por la margen derecha, son el río Guática, la quebrada Chapatá, río Guarne, río Mapa y la quebrada Totuí. Los ríos Mapa y Guarne son los más caudalosos y en épocas de invierno aumentan el caudal del Risaralda.

Por la margen izquierda el río Risaralda recibe algunas quebradas de importancia entre las cuales se encuentran: Tamaspía, Palogordo, Argelia, Golconda, Changuí, Sirirí el Águila, el zancudo, la Calera, Génova y el Cairo. Debe hacerse notar que fuera de las corrientes ya citadas, tanto en una como en otra margen existen arroyos que en los períodos de lluvias, al descender al valle se distribuyen sin cauce definido en la parte plana, creando encharcamientos y zonas de humedales.

El río Mapa drena su propio valle y fluye en dirección NW a SE, presentado también un valle estrecho y profundo desde su nacimiento a la altura de Santuario-Apiá, con una gran microcuenca de numerosos tributarios, aportando, al igual que el Risaralda, una gran cantidad de sedimentos gruesos, (por efecto de la actividad tectónica y denudacional), en proceso de explotación.

3 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED DE ESTACIONES HIDROLÓGICAS

El régimen de caudales del río Risaralda para el sector de estudio, es registrado por el IDEAM en las estaciones hidrométricas de La Virgen, 481 Km², en la parte alta del río y Puente Negro, 777 Km², en la parte media, cerca al sector de Acapulco. El registro disponible para las dos estaciones, a partir de 1973 y 1975, incluye niveles, caudales diarios, medios mensuales, máximos y mínimos mensuales y anuales, que han sido ya procesados por el proyecto CARDER-CANADÁ, a finales de la década de los 90. La información para el río Mapa, principal afluente del río Risaralda, se mide en la estación La Bretaña, cuya área de drenaje es de 240 Km² y presenta un periodo de registro a partir de 1978.

En la Tabla 1 se presenta la información de las estaciones hidrológicas históricas en la cuenca del río Risaralda, las cuales se utilizaron para los respectivos análisis.

Tabla 1. Listado de estaciones de caudal para análisis regional en el río Risaralda

Nombre	Código	Categoría	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud
La Virgen	26147050	Limnigráfica	Río Risaralda	Anserma, Caldas	5.237	-75.809
La Bretaña	26147130	Limnimétrica	Río Mapa	Apía, Risaralda	5.052	-75.946
Puente Negro	26147140	Limnigráfica	Río Risaralda	Belalcázar, Risaralda	4.988	-75.858

Fuente: IDEAM, 2016

En el río Risaralda, la variación de los caudales medios mensuales, (Figura 4, Figura 5 y Figura 6), para su parte alta, estación Buenos Aires, indica un periodo húmedo, (Septiembre a Enero), y un periodo seco de febrero a Agosto; en su parte media y baja, la variación de caudales del río presenta dos periodos húmedos, (mayo-junio, y octubre-Noviembre), y dos periodos secos, siendo más extenso el de los meses de febrero a abril.

Adicionalmente, para el análisis de caudales máximos, en el presente proyecto se incluyeron los registros de otras estaciones disponibles por fuera de la cuenca, pero cercanas para hacer un análisis regional de caudales. Las estaciones se listan en la Tabla 2.

Los histogramas para el restante de estaciones analizadas, los datos y soporte y cálculo se encuentran en el anexo 1.

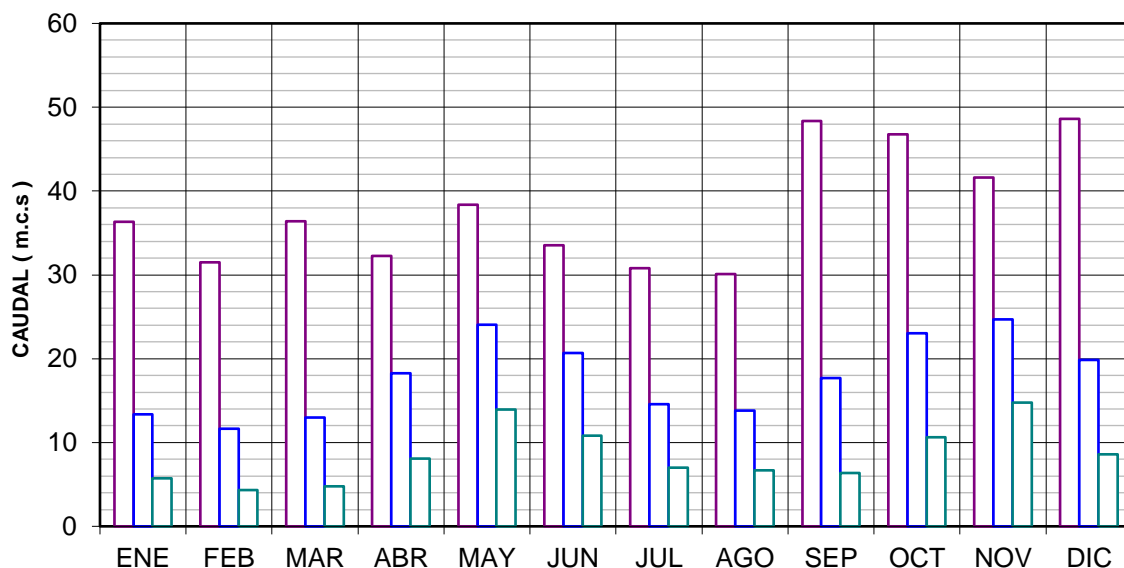


Figura 4. Estación La Virgen río Mapa. Histograma de caudales máximos, medios y mínimos
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

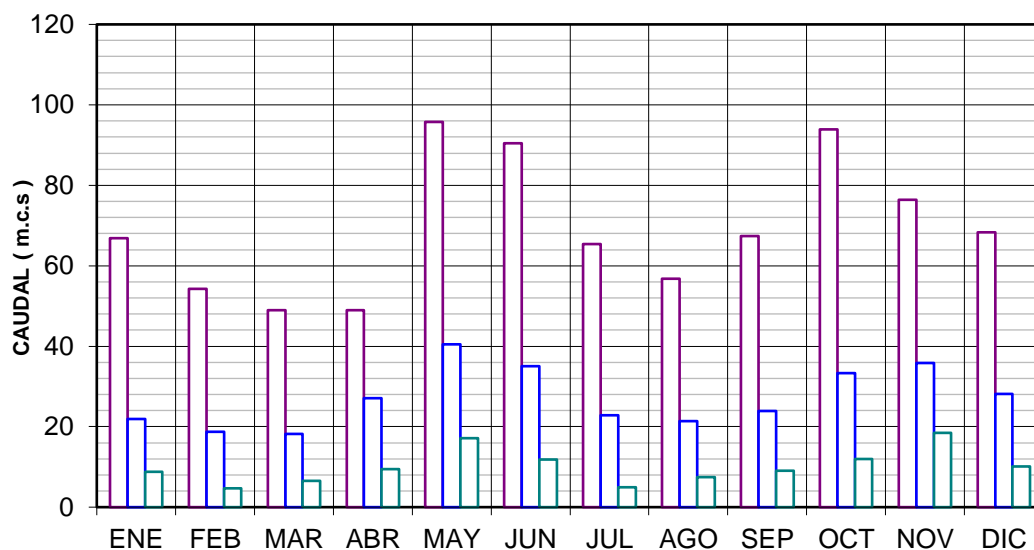


Figura 5. Estación Puente Negro río Risaralda. Histograma de caudales máximos, medios y mínimos

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

La estación Puente Negro, aguas abajo, muestra igualmente un régimen bimodal, con meses húmedos de abril a junio y noviembre-diciembre, y periodos más secos entre enero y marzo, y entre agosto y setiembre.

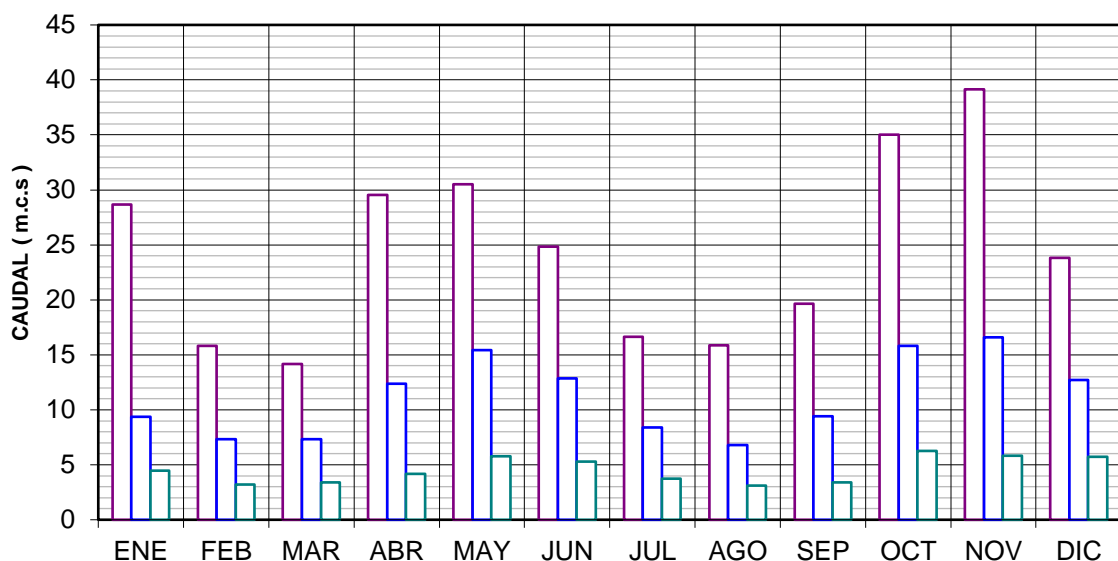


Figura 6. Estación La Breaña río Risaralda. Histograma de caudales máximos, medios y mínimos

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Tabla 2. Listado de estaciones de caudal para análisis regional en el río Risaralda

Nombre	Código	Categoría	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud
La Paila	26167060	Limnigráfica	Río Tapias	Neira, Caldas	5.2320	-75.6447
Sucre	26127090	Limnimétrica	Río Barbas	Pereira, Risaralda	4.7107	-75.7582
La María	26127110	Limnimétrica	Río San Eugenio	Santa Rosa de Cabal	4.5833	-75.5666
La Reina	26137120	Limnigráfica	Río San Eugenio	Santa Rosa de Cabal	4.8666	-75.6166
Guaracas	26147080	Limnimétrica	Río Guática	Guática, Risaralda	5.2791	-75.8273
Vacorí	54017060	Limnimétrica	Río San Juan	Pueblo Rico, Risaralda	5.3000	-76.1166
Aguita 10-913	54017080	Limnimétrica	Río Aguita	Pueblo Rico, Risaralda	5.3333	-76.1111
Cartago	26127040	Limnigráfica	Río La Vieja	Pereira, Risaralda	4.7575	-75.8993
Arabia	26127100	Limnimétrica	Río Barbas	Pereira, Risaralda	4.7141	75.7137

Nombre	Código	Categoría	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud
Pte Español 6-907	26137040	Limnimétrica	Río San Eugenio	Santa Rosa de Cabal	4.8666	-75.6333
Planta Eléctrica	26137230	Limnimétrica	Río San Eugenio	Santa Rosa de Cabal	4.8591	-75.6095
La Piedra 6-925	26147090	Limnimétrica	Río Mapa	Apía, Risaralda	5.0500	-75.9166
Gede	54017050	Limnimétrica	Río Agüita	Mistrató, Risaralda	5.3500	-76.0833
Itaurí	54017070	Limnimétrica	Río Tatamá	Pueblo Rico, Risaralda	5.2666	-76.1111
La Unión	54017090	Limnimétrica	Río San Juan	Pueblo Rico, Risaralda	5.3333	76.1166

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

A continuación, la Tabla 3, muestra los resultados consolidados de caudales medios mensuales máximos (MAX), medios (MED) y mínimos (MIN) para las estaciones de caudal consideradas en el análisis de la cuenca del río Risaralda.

Tabla 3. Valores de caudales medios mensuales multianuales (m³/s) – departamento de Risaralda

ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SUCRE (26127090)	MAX	8.26	10.07	9.72	12.67	11.83	8.54	8.67	6.96	8.00	10.47	13.58	12.14
	MED	3.93	3.66	4.32	5.75	5.81	4.18	2.58	2.09	2.80	5.03	6.92	5.79
	MIN	0.58	0.97	1.21	0.91	2.74	0.51	0.37	0.32	0.23	1.88	1.76	1.71
ARABIA (26127100)	MAX	5.84	6.99	7.55	10.06	9.30	6.98	3.57	4.24	4.91	9.00	7.04	5.68
	MED	2.64	2.68	2.99	3.38	3.39	2.49	1.55	1.29	1.80	3.24	4.15	3.28
	MIN	0.64	0.65	0.91	1.07	1.62	1.05	0.61	0.42	0.55	1.61	1.74	1.46
LA MARIA (26127110)	MAX	4.50	7.30	5.19	7.19	6.85	6.85	5.25	5.16	5.65	7.95	8.60	8.10
	MED	3.58	4.20	3.79	6.08	6.03	5.79	3.95	3.11	3.33	6.07	7.41	5.76
	MIN	2.62	2.89	2.70	3.92	4.19	3.84	2.35	2.10	2.55	4.81	6.66	3.81
LA REINA (26137120)	MAX	8.76	8.20	9.76	10.00	8.69	7.48	7.63	5.20	6.95	11.89	9.05	7.66
	MED	3.97	3.96	4.34	5.51	5.85	4.26	2.92	2.58	3.72	6.13	6.13	4.82
	MIN	1.52	1.37	1.32	2.75	3.22	2.42	1.53	1.24	1.61	2.36	3.54	3.09
LA VIRGEN (26147050)	MAX	32.63	30.67	33.11	47.37	40.25	31.64	29.77	28.36	38.84	35.63	40.33	37.40
	MED	13.25	11.63	13.41	19.88	23.40	19.74	14.12	12.84	15.55	20.07	22.95	18.67
	MIN	2.58	3.07	3.38	5.78	7.40	9.02	6.78	4.95	5.40	6.62	12.40	5.14
LA BRETAÑA (26147130)	MAX	28.66	19.75	17.62	36.47	30.52	24.85	25.43	17.16	20.83	35.01	39.16	38.33
	MED	9.63	8.18	8.53	12.38	15.08	12.68	9.25	7.19	8.73	13.82	17.23	13.75
	MIN	3.52	2.71	3.26	4.18	5.76	5.28	3.75	1.56	2.20	4.83	5.83	4.96

PTE. NEGRO (26147140)	MAX	42.52	54.05	51.79	68.03	76.49	90.48	85.92	55.21	51.76	53.41	97.60	81.94
	MED	21.90	20.01	21.05	31.19	38.03	34.79	24.91	21.84	23.33	31.20	38.73	30.91
	MIN	8.84	5.82	6.46	9.42	17.13	12.62	10.72	7.55	9.09	14.35	12.51	7.26
LA PAILA (26167060)	MAX	14.00	12.32	13.04	17.48	17.69	8.05	7.76	10.12	8.50	14.08	26.07	18.56
	MED	4.81	4.74	5.20	5.91	6.30	4.64	3.40	3.27	3.98	5.70	7.62	7.20
	MIN	1.47	1.61	1.15	1.70	2.58	1.71	0.98	1.19	0.90	1.67	2.75	2.33
GEDE (54017050)	MAX	61.13	45.76	25.12	36.60	46.80	38.40	41.20	53.50	57.70	72.21	65.01	68.89
	MED	29.19	27.81	17.57	26.37	31.39	27.98	21.73	25.18	33.23	44.37	48.30	37.62
	MIN	10.57	8.73	11.90	13.31	16.79	16.30	11.69	16.69	22.61	27.31	37.88	14.16
VACORI (54017060)	MAX	60.89	51.99	43.70	47.64	40.00	39.51	32.85	30.74	44.49	64.28	67.18	66.73
	MED	24.40	22.38	20.42	26.37	29.61	27.03	19.51	19.19	22.87	33.49	38.72	32.57
	MIN	12.24	9.20	11.87	14.36	19.79	17.53	10.59	8.29	10.20	18.10	20.51	15.84
ITAUÍ (54017070)	MAX	42.90	56.78	45.69	44.32	61.89	50.24	53.58	49.66	55.30	92.12	74.18	82.71
	MED	23.67	23.69	19.99	26.34	34.56	33.31	27.24	25.56	30.36	41.74	50.16	42.21
	MIN	10.40	9.13	10.80	14.11	20.09	19.60	12.52	12.83	19.11	20.91	31.30	18.17
AGUITA (54017080)	MAX	87.62	96.66	81.53	82.61	82.11	71.27	54.47	66.18	70.11	118.90	118.50	102.20
	MED	35.41	35.09	30.71	45.53	48.13	40.36	28.79	28.21	35.24	58.92	58.25	45.35
	MIN	15.70	11.93	13.40	23.00	27.10	24.27	11.44	13.09	19.82	36.37	33.12	21.13
LA UNION (54017090)	MAX	176.50	158.50	145.00	238.50	146.10	145.30	170.00	136.30	164.10	198.60	268.30	264.50
	MED	81.49	77.24	78.52	102.67	111.87	104.54	84.98	75.54	86.48	132.76	144.52	116.63
	MIN	38.29	21.45	41.54	54.13	60.25	52.69	41.96	43.61	43.78	84.59	84.29	64.13

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

3.1 Análisis de consistencia y homogeneidad de información

Para todas las estaciones se realizó el análisis de consistencia de los datos y de homogeneidad mediante la construcción de curvas de doble masa y la elaboración de diagramas Box – Whiskers que permiten identificar cambios de tendencia y asimetría en los registros históricos. A continuación, se hace un breve recuento de la metodología utilizada por los Consultores en desarrollo de sus análisis.

3.1.1 Elaboración de Curvas de doble masa

Las curvas de doble masa son una herramienta ampliamente utilizada en hidrología para evaluar la consistencia de los datos de una serie histórica. La metodología empleada para su construcción consiste básicamente en comparar la serie acumulada de la estación que requiere ser evaluada y caracterizada contra una serie acumulada patrón, que por lo general está integrada por los datos acumulados del registro más completo y más extenso disponible. Para realizar el contraste gráfico, se dibuja en el eje de las abscisas la serie acumulada de datos de la estación patrón, y en el eje de las ordenadas, la serie acumulada de datos de la estación que requiere ser caracterizada. El resultado final de este ejercicio genera

una nube de puntos de dispersión a la cual se le puede ajustar una función de tendencia, preferiblemente una ecuación lineal.

La gráfica resultante puede interpretarse de dos maneras:

- A mayor cercanía de la nube de puntos con la recta de tendencia, mayor consistencia presentará la serie evaluada. Si por el contrario existen puntos que se alejan notoriamente de la tendencia, éstos se podrían considerar como datos atípicos.
- Si se evidencian cambios bruscos de pendiente o quiebres en la tendencia general de los puntos, estos se interpretarán como situaciones atípicas, (alteración de los registros, situaciones de traslado de la estación, afectaciones climáticas, entre otras)

Como serie de datos patrón se utilizó el registro de la estación La Virgen – 26147050, la cual tiene el período de registro más completo y se encuentra dentro de la cuenca, (43 años de registros). Los resultados obtenidos del análisis se encuentran en las figuras mostradas a continuación. Los análisis de doble masa son consistentes con condiciones de buena calidad, consistencia y homogeneidad de los registros de caudal de las estaciones utilizadas.

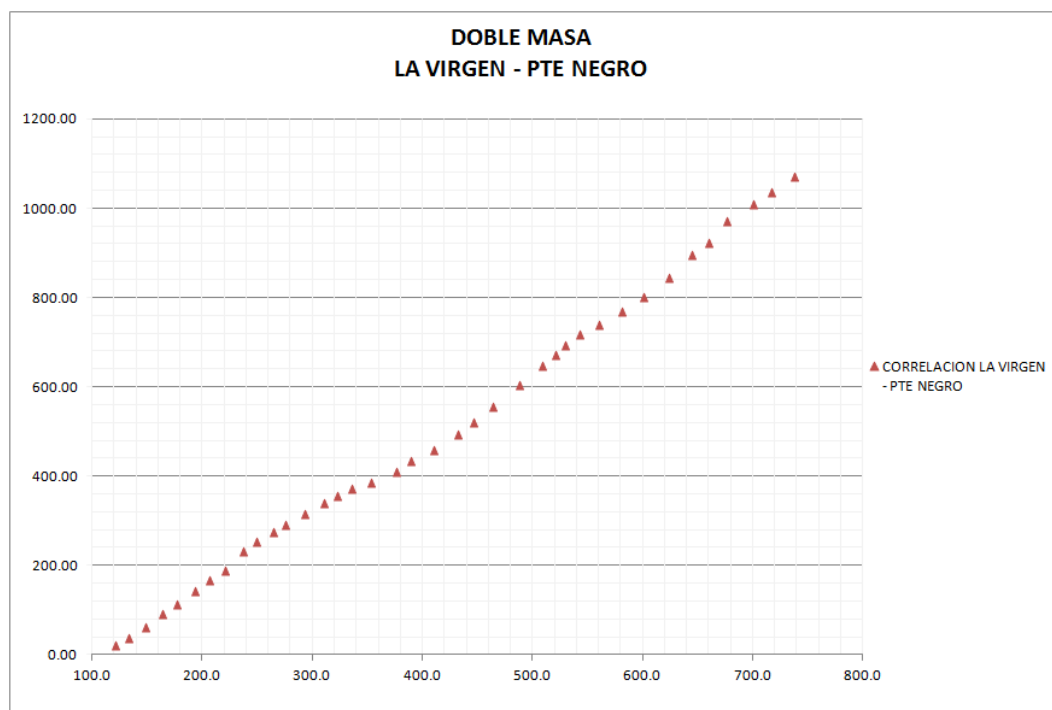


Figura 7. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Pte Negro
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

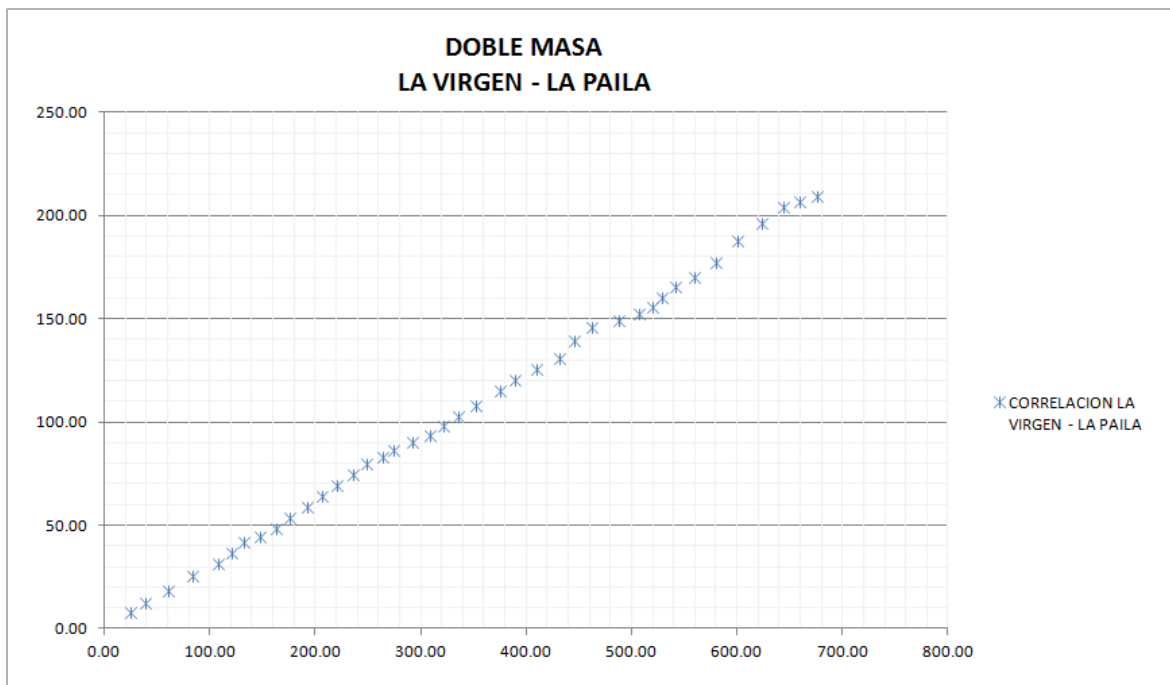


Figura 8. Curva de doble masa estaciones La Virgen y La Paila
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

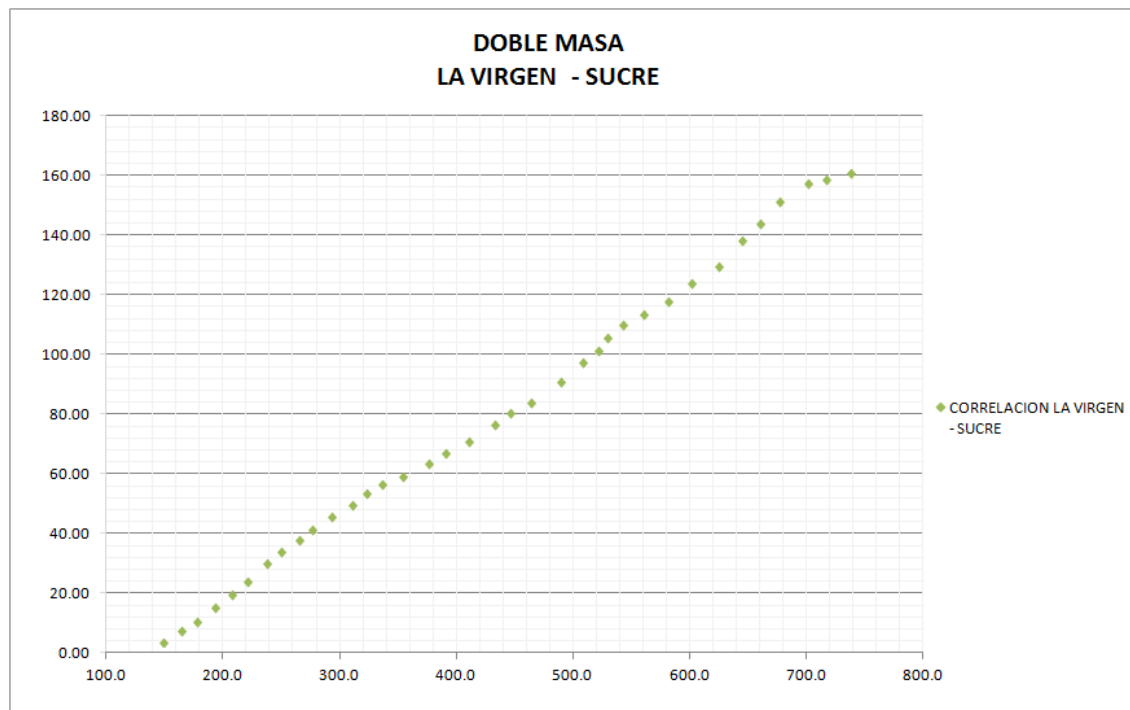


Figura 9. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Sucre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

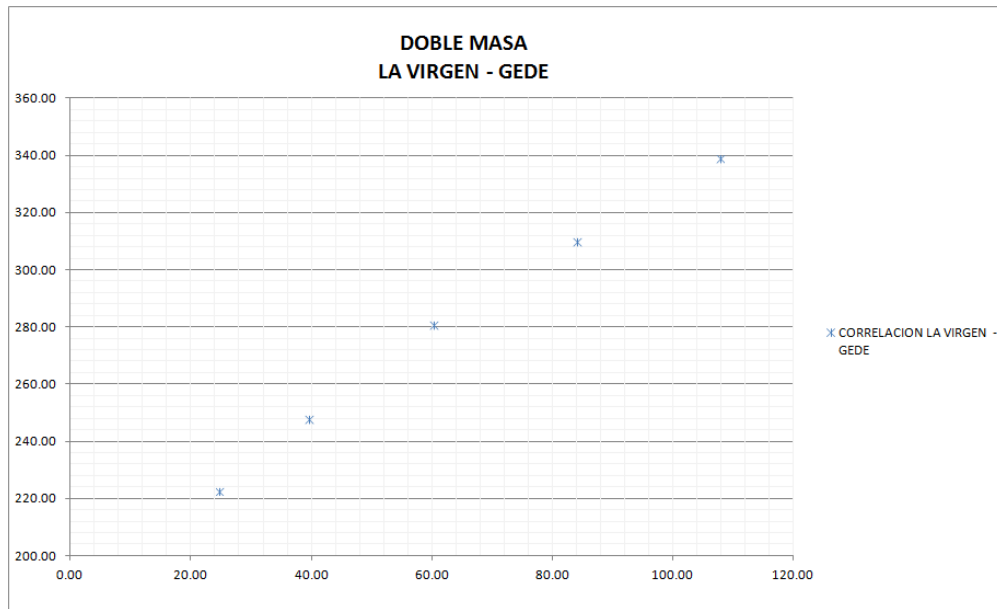


Figura 10. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Gede
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

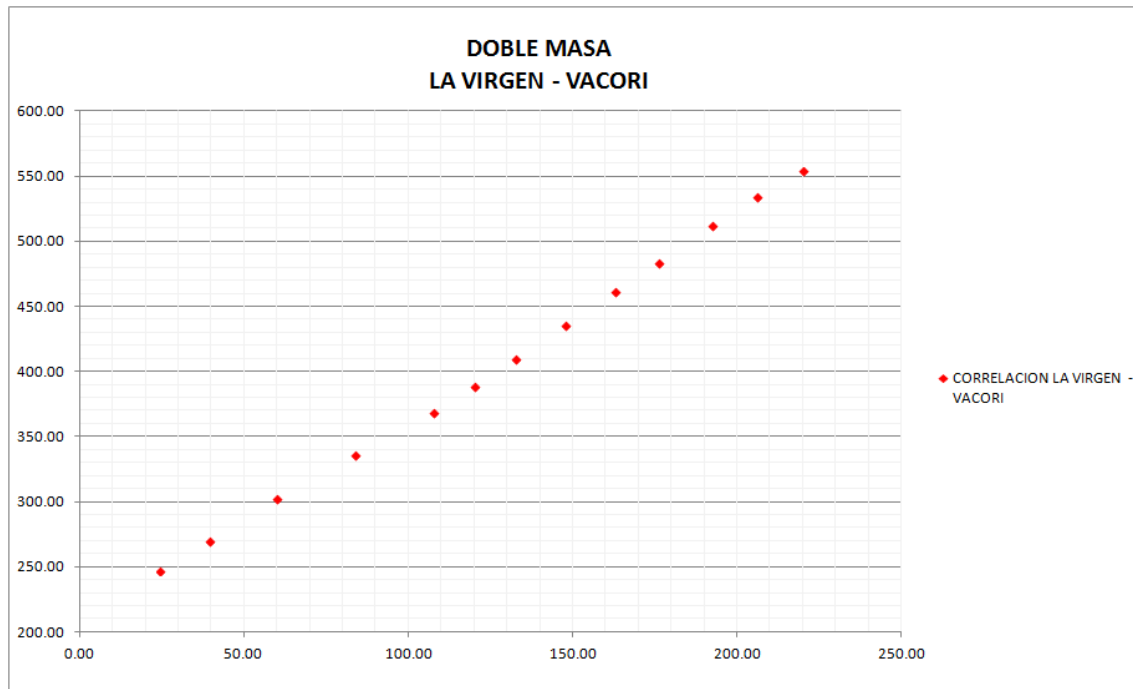


Figura 11. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Vacorí
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

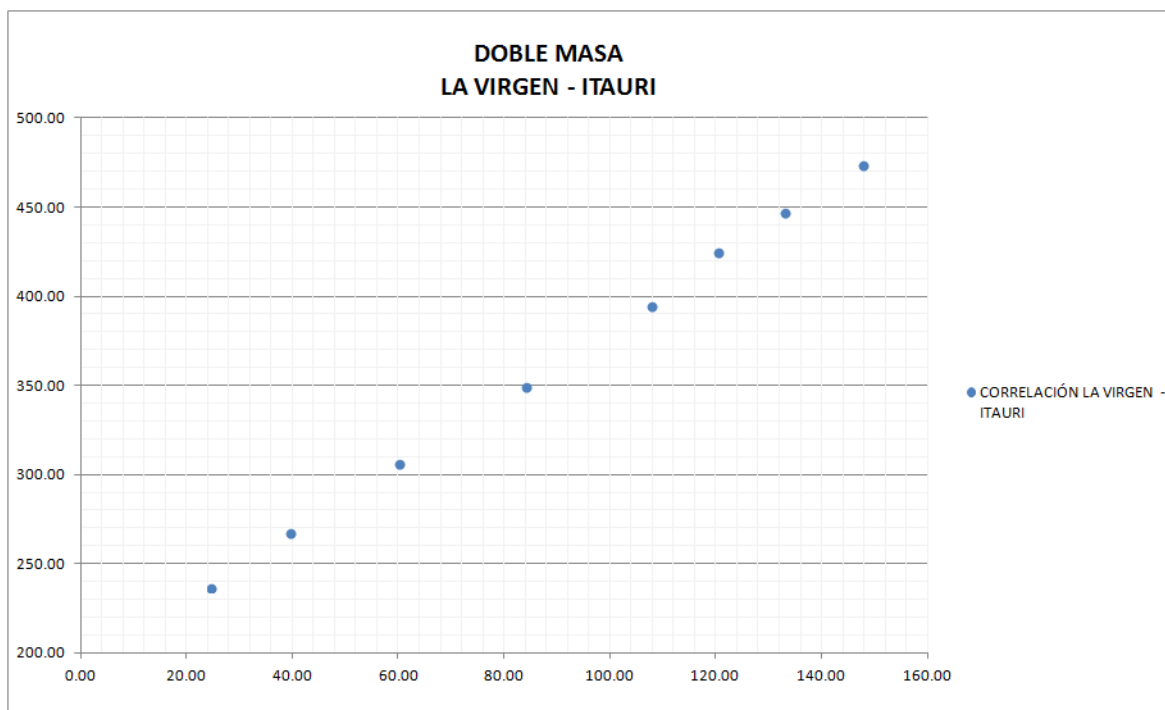


Figura 12. Curva de doble masa estaciones La Virgen e Itaurí
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

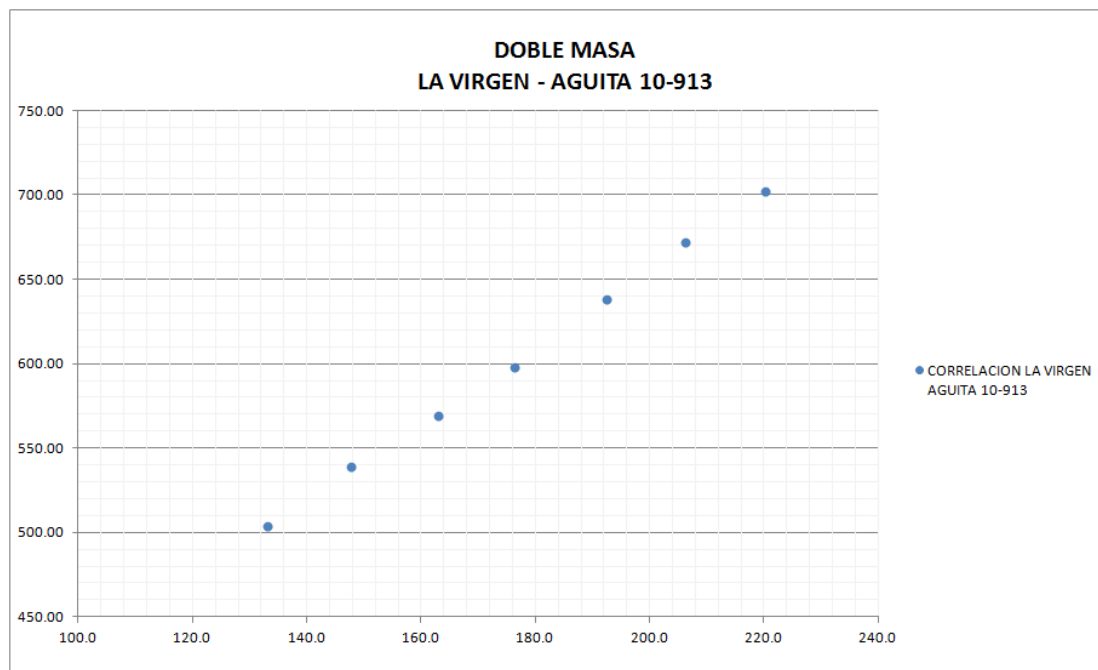


Figura 13. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Aguita
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

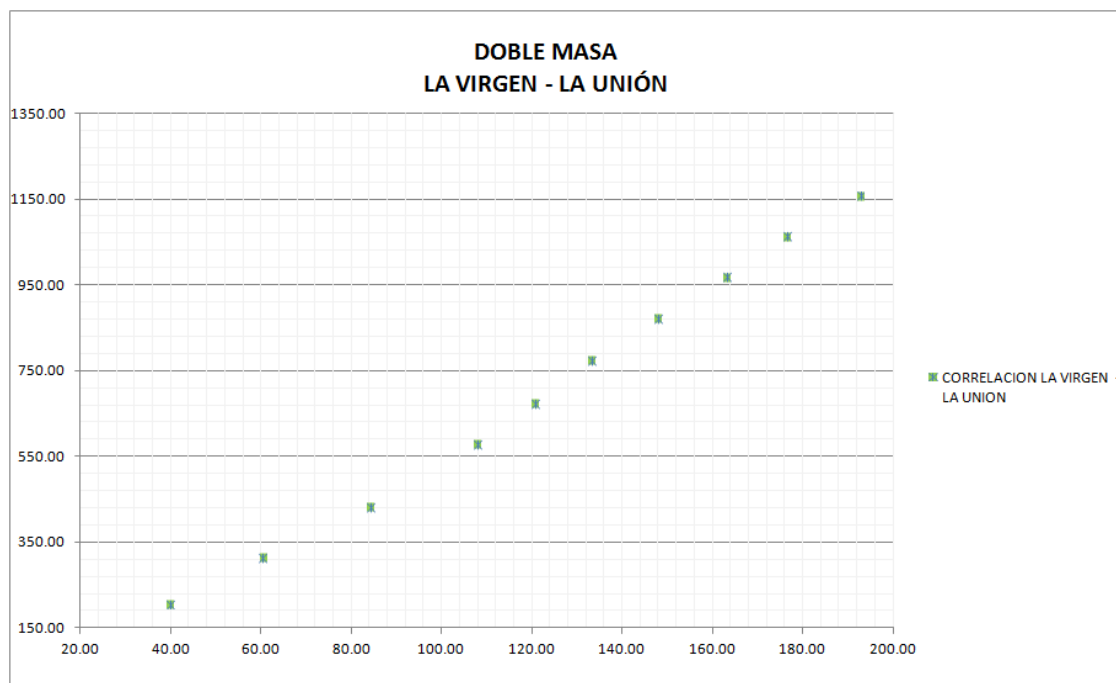


Figura 14. Curva de doble masa estaciones La Virgen y La Unión
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

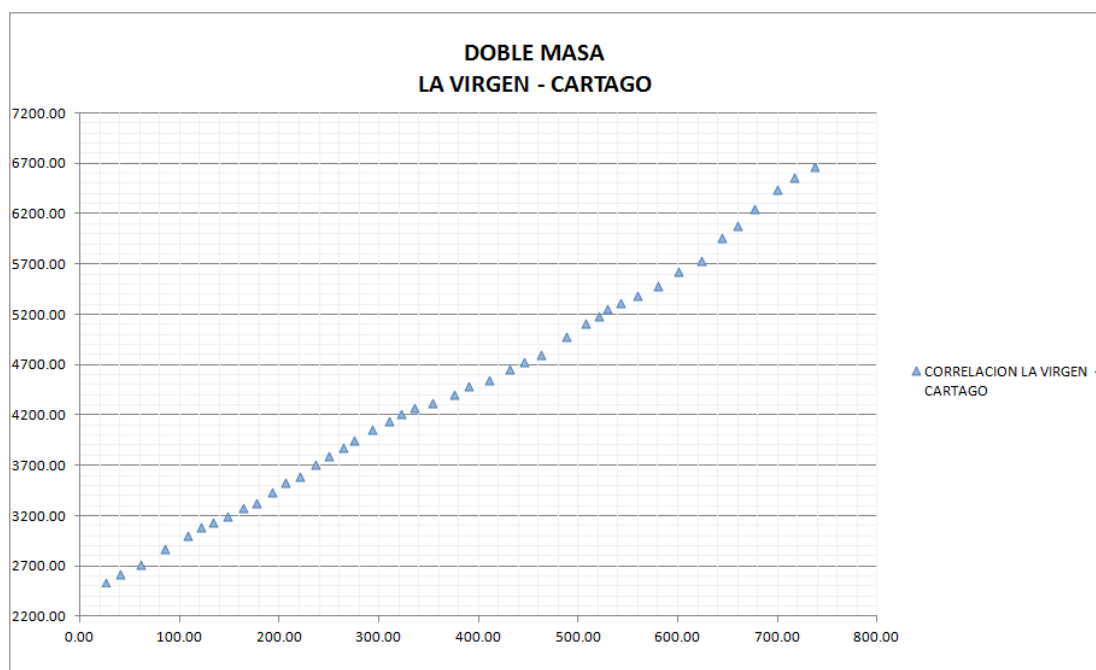


Figura 15. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Cartago
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

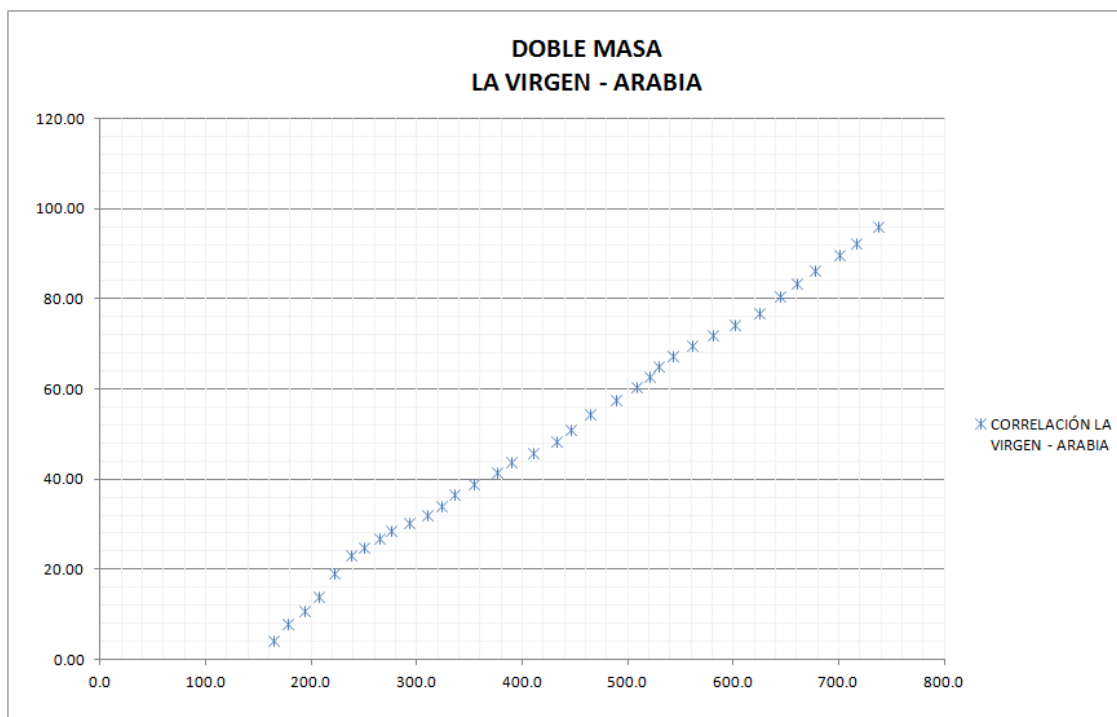


Figura 16. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Arabia
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

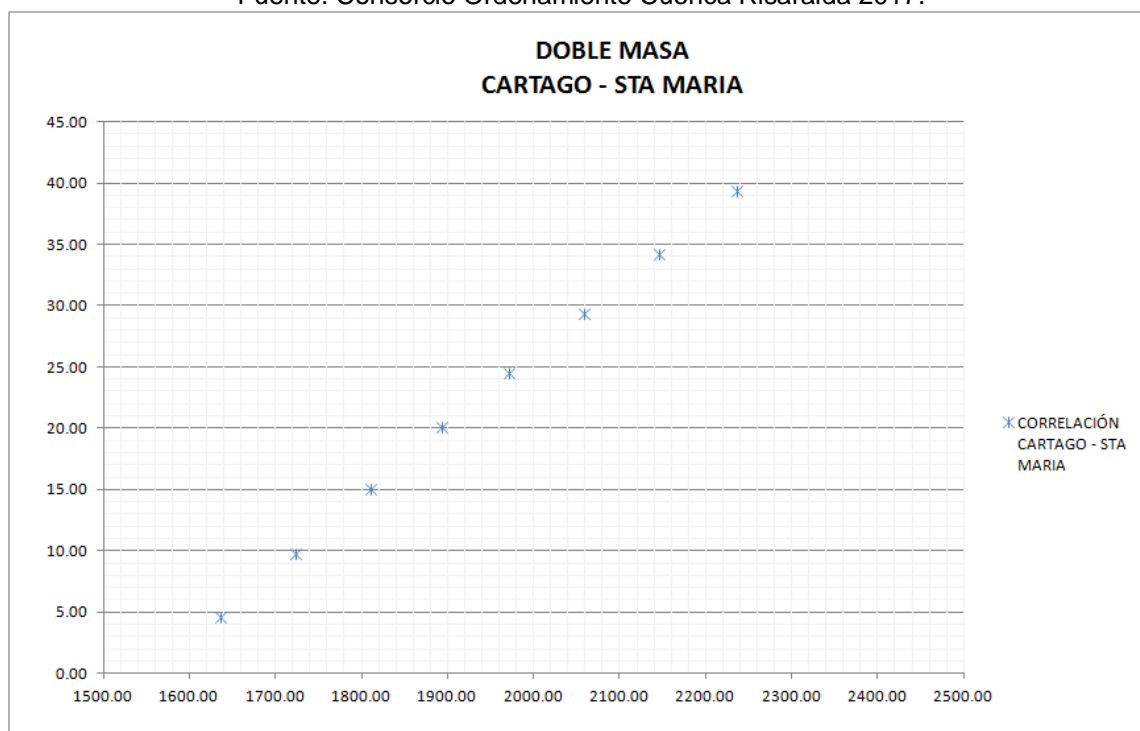


Figura 17. Curva de doble masa estaciones Cartago y Santa María
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

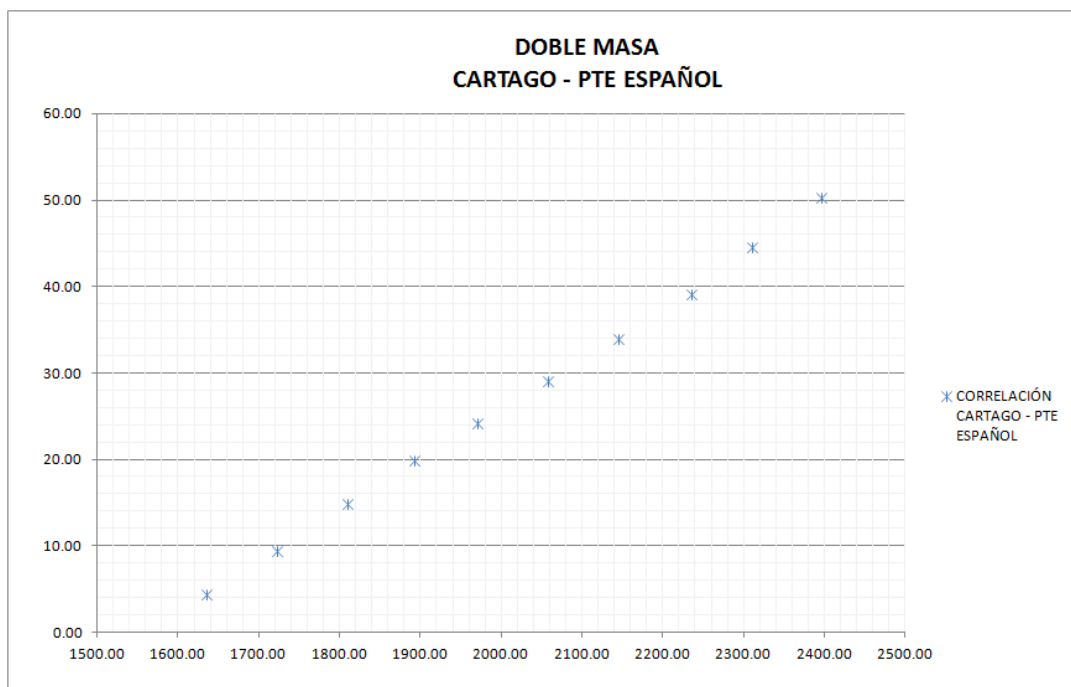


Figura 18. Curva de doble masa estaciones La Virgen y Pte Español
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

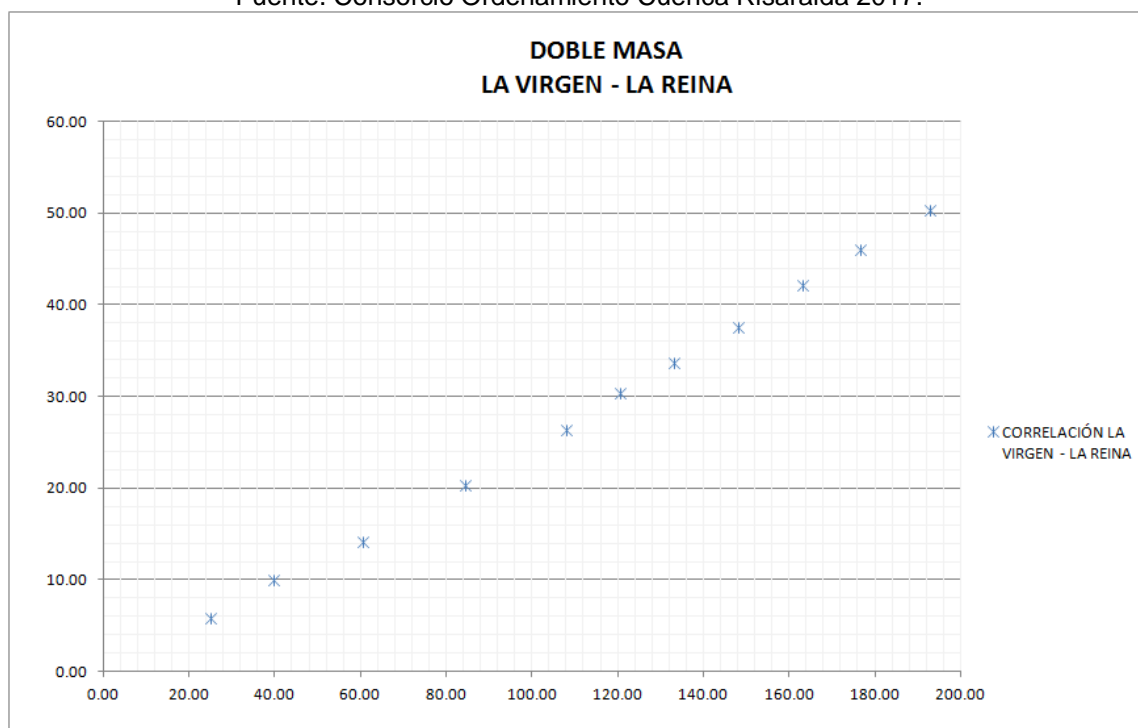


Figura 19. Curva de doble masa estaciones La Virgen y La Reina
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

3.1.2 Construcción de diagramas Box – Whiskers

Los gráficos de Box – Whiskers o de Caja – bigote pueden considerarse como un resumen general de la información, ya que permiten visualizar en un mismo diagrama la distribución intercuartílica, los valores máximo y mínimo de una serie de datos y los datos atípicos del registro. Como se mencionó en el capítulo de análisis y procesamiento de la información climática del informe técnico de Clima, estos gráficos se encuentran divididos en las siguientes secciones:

- El recuadro central o Caja representa la distribución de la serie de datos en cuartiles, (Q1 en la base que corresponde al 25% de los datos, Q2 que corresponde a la mediana de los datos y Q3 equivalente al 75% de los datos).
- Las barras que sobresalen de los extremos de la caja representan los valores mínimo y máximo de los registros.
- Datos atípicos que generalmente se localizan en los extremos de los “bigotes” del gráfico.

Para el presente estudio, se construyeron los diagramas de Box – Whiskers para los registros medios mensuales multianuales de caudal de las estaciones hidrológicas de la cuenca.

Evaluación de datos atípicos: Una forma para evaluar la existencia de datos atípicos en los diagramas Box – Whiskers consiste en identificar los registros que se encuentran por fuera de los rangos extremos máximo y mínimo, los cuales se obtienen mediante las siguientes expresiones:

$$\text{RANGO MÁXIMO} = Q_3 + (1.5 \text{ RIC})$$

Dónde:

Q₃: Corresponde al cuartíl 3 que agrupa el 75% de los datos.

RIC: Es el rango intercuartílico que se calcula como la resta entre los valores de Q₃ y Q₁.

$$\text{RANGO MÍNIMO} = Q_1 - (1.5 \text{ RIC})$$

Dónde:

Q₁: Corresponde al cuartíl 1 que agrupa el 25% de los datos.

RIC: Es el rango intercuartílico que se calcula como la resta entre los valores de Q_3 y Q_1 .

El análisis efectuado para las estaciones de la cuenca del río Risaralda muestra que las estaciones La Virgen, Cartago, Arabia, Puente Negro, Sta. María, Gede, Vacorí y Pte Español presentan valores atípicos localizados en la parte inferior del gráfico. Las demás estaciones analizadas no presentan datos atípicos. Los valores estadísticos de los rangos intercuartílicos y de los valores máximo y mínimo extremos se encuentran consignados en las tablas que acompañan los diagramas Box – Whiskers. Los Consultores consideran que estos valores “atípicos” están muy cerca de los rangos normales y no ameritan realizar cambios en los registros o eliminarlos de ellos.

Se muestra en la Tabla 4 y Figura 20, la tabla de datos y el diagrama de Box – Whiskers, de la estación La Virgen; por efectos prácticos las tablas de datos y los gráficos del restante de estaciones se presenta en el Anexo 2.

Tabla 4. Valores estadísticos estación La Virgen

	VALORES ESTADÍSTICOS DE LA SERIE											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MIN	2.58	3.07	3.38	5.78	7.40	9.02	6.78	4.95	5.40	6.62	12.40	5.14
Q1	7.46	7.51	8.39	14.34	17.52	17.39	10.62	8.80	10.14	14.30	17.96	14.31
Q2 (MEDIANA)	12.08	9.93	11.76	20.01	23.66	20.06	13.66	10.92	14.03	19.65	21.17	16.30
Q3	18.91	13.91	16.04	24.91	30.00	22.61	17.35	16.38	19.31	23.99	26.86	22.50
MAX	32.63	30.67	33.11	47.37	40.25	31.64	29.77	28.36	38.84	35.63	40.33	37.40

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

3.1.3 Análisis de homogeneidad mediante el método Mann – Kendall

Con el fin de confirmar o rechazar la hipótesis de que existen cambios sistemáticos o tendencias definida en los valores de las series de registros hidrológicos de la cuenca, se sometieron los registros de precipitación y caudal, medios, máximos y mínimos, a análisis de tendencias mediante pruebas estadísticas de tendencias. El análisis para los registros de precipitación se reporta en el texto de clima, en tanto que en el presente informe se resumen los resultados para las series de caudal.

El análisis se hace mediante el test de Mann-Kendall una clase de chequeo estadístico de tendencias en las series de tiempo, que es utilizado en ciencias ambientales debido a su simplicidad, y a que es un método flexible, que permite el uso de series incompletas y valores pequeños dentro del rango de la serie; el test se originó en el trabajo de Mann en 1945 y fue complementado por Kendall en 1975; ha sido mejorado por Dietz y Kileen en 1981 y por Hirsh y Slack en 1982, para incluir valores estacionales y mediciones múltiples, y posteriormente por Lettenmaier en 1988 y Libiseller y Grimwall en 2002; todos estos cambios han sido incluidos en el programa de computador utilizado para realizar las pruebas.

Los datos de las estaciones se analizaron a nivel mensual, y a nivel anual; y las tendencias se investigaron para cada uno de los doce meses del año y para el promedio, los máximos y mínimos anuales. Como se puede observar, existen tendencias estadísticas en todas las series de todas las estaciones, pero no son necesariamente del mismo sentido, ni se detectan en todos los casos para los mismos meses. Para el análisis de caudales, se verificaron las pruebas de Mann-Kendall sobre el conjunto de estaciones que se presenta en la Tabla 5, donde hay estaciones de la cuenca del río Risaralda y de otras cuencas del departamento, para mayor claridad.

Tabla 5. Estaciones de caudal utilizadas en el análisis tendencial

ESTACIÓN	PERIODO DE REGISTRO	AÑOS DE REGISTRO	AÑOS FALTANTES A 2014
Buenos Aires	1996-2002 *	6	12
Campestres	1996-2004	8	10
El Reten	1996-2014	19	---
La Bananera	1971-2013	43	1
Playa Rica	1996-2011	16	3
La Agüita	1963-1986	18	28
Arabia	1979-2014	14	0
Cartago	1945-2014	69	0
La Bretaña	1978-2013	36	1
La María	1961-1968	8	46
La Paila	1971-2013	39	1
La Virgen	1970-2013	43	1
Pte. Negro	1975-2013	38	1
Gede	1965-1975	11	39
La Reina	1971-1994	24	23
La Unión	1971-1987	13	27
Itauri	1964-1981	15	33
Vacori	1963-1983	21	31
Sucre	1978-2014	35	0

- La estación reportada pertenece a la cuenca del río Otún y solo tiene 6 años de datos; una estación con el mismo nombre existe o existió en la cuenca del Río Risaralda, pero sus registros recientes no se han podido localizar.

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Como se puede ver, son 24 estaciones, de las cuales solo 10, (resaltadas en verde), tienen más de 15 años de datos, y todo el registro dentro de los últimos 50 años; las restantes 14 estaciones presentan registros más cortos, y además, no tienen información de los últimos 20 años, con lo cual el análisis tendencial no tiene el mismo significado que si los registros fueran coincidentes y representarán la tendencia más reciente. A pesar de lo anterior, todas las estaciones se sometieron al mismo análisis, con el fin de deducir la calidad de los estimativos resultantes y su credibilidad, partiendo de la base de que el análisis de Mann-Kendall no impone restricciones sobre el tamaño o la continuidad de los registros que se analizan.

Los resultados se resumen en Tabla 6, donde se indica el tipo de tendencia y el grado de confianza del resultado de la prueba estadística. Las líneas resaltadas en rojo son las estaciones que muestran problemas con la longitud del registro y su actualidad, y las verdes son las que se consideran más confiables para el análisis tendencial.

De acuerdo con los criterios de la prueba, los valores resaltados en azul indican que existe una tendencia al aumento de caudal en el mes o condición considerada, y los valores resaltados en amarillo indican tendencia a la disminución del caudal. Los

símbolos +, *, ** y *** se refieren a la confiabilidad del análisis y se definen en Tabla 6.

Tabla 6. Resultados del análisis tendencial de los registros de caudal

ESTACIONES	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	MAX	MIN
Buenos Aires	6			B+												
Campestres	8			B***												
El Reten	19															
Bananera	43											S+	S*		S*	
Playa Rica	16												*			
La Agüita	18							B*		B+	B+			B+		
Arabia	14	S*	S**	S*	S*		S***									
Cartago	69			S+												
La Bretaña	36															
La María	8															
La Paila	39		B+	B+				B*	B*	B*						B*
La Virgen	43												S*			
Pte. Negro	38		S+	S**	S*	S*		S*	S*	S*		S**	S***	S**	S*	**
Gede	11															
La Reina	24						B*									
La Unión	13	B**	B*	B*								B*		B*	B+	
Itauri	15															
Vacori	21					B+										
Sucre	35			S+									S+			

S sube; B baja; + test significativo al 90%; * test significativo al 95%; ** test significativo al 99%; *** test significativo al 99.9%

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Como se puede ver ambos grupos de estaciones, las del registro antiguo y las del reciente muestran algunos signos de tendencia en algunos de los caudales. De las estaciones 14 con registros antiguos, solo dos estaciones, La Agüita y La Unión, presentan tendencias significativas en más de dos meses, y también en los datos anuales; en ambos casos y también en los que presentan cambios en solo un mes, la tendencia es a la disminución de los caudales medios.

De las 10 estaciones con registros recientes, solo 4 presentan tendencias similarmente significativas, y nuevamente solo se presentan en algunos meses y en el valor anual, excepto en el caso de puente negro, que presenta tendencias significativas en los caudales máximos y mínimos igualmente; sin embargo, en este caso, la tendencia es hacia el aumento del caudal, excepto en la estación de La Paila, donde la tendencia es a la disminución del caudal; esta estación sin embargo no cumple el criterio de homogeneidad hidrológica de Dalrymple, (ver análisis de caudales extremos e el informe de hidrología), para los registros, por lo que no parece corresponder al mismo grupo con las demás. Lo mismo sucede con las estaciones de Playa Rica y Campestres.

Con estos resultados, con la diferencia que existe en el grado de confianza de los estimativos y la discontinuidad de muchos de los registros, no se considera adecuado tomar acción respecto a estas tendencias; los caudales además son altamente influenciados por la intervención de las cuencas, los proyectos de generación y regulación, etc. En general, por demás, los caudales medios y los

mínimos parecen suficientemente estables, y los caudales extremos, al ser analizados mediante análisis regional, debido al escaso número de estaciones existentes en la cuenca, tienen menor probabilidad de ser influenciados por condiciones locales de la cuenca respectiva.

Se muestra a continuación las figuras de los resultados del test de Mann – Kendall de las tres (3) estaciones localizadas al interior de la cuenca (Figura 21, Figura 22 y Figura 23), el restante de figuras e información de soporte y cálculo del restante de estaciones utilizadas para el análisis regional se encuentra en el anexo 3.

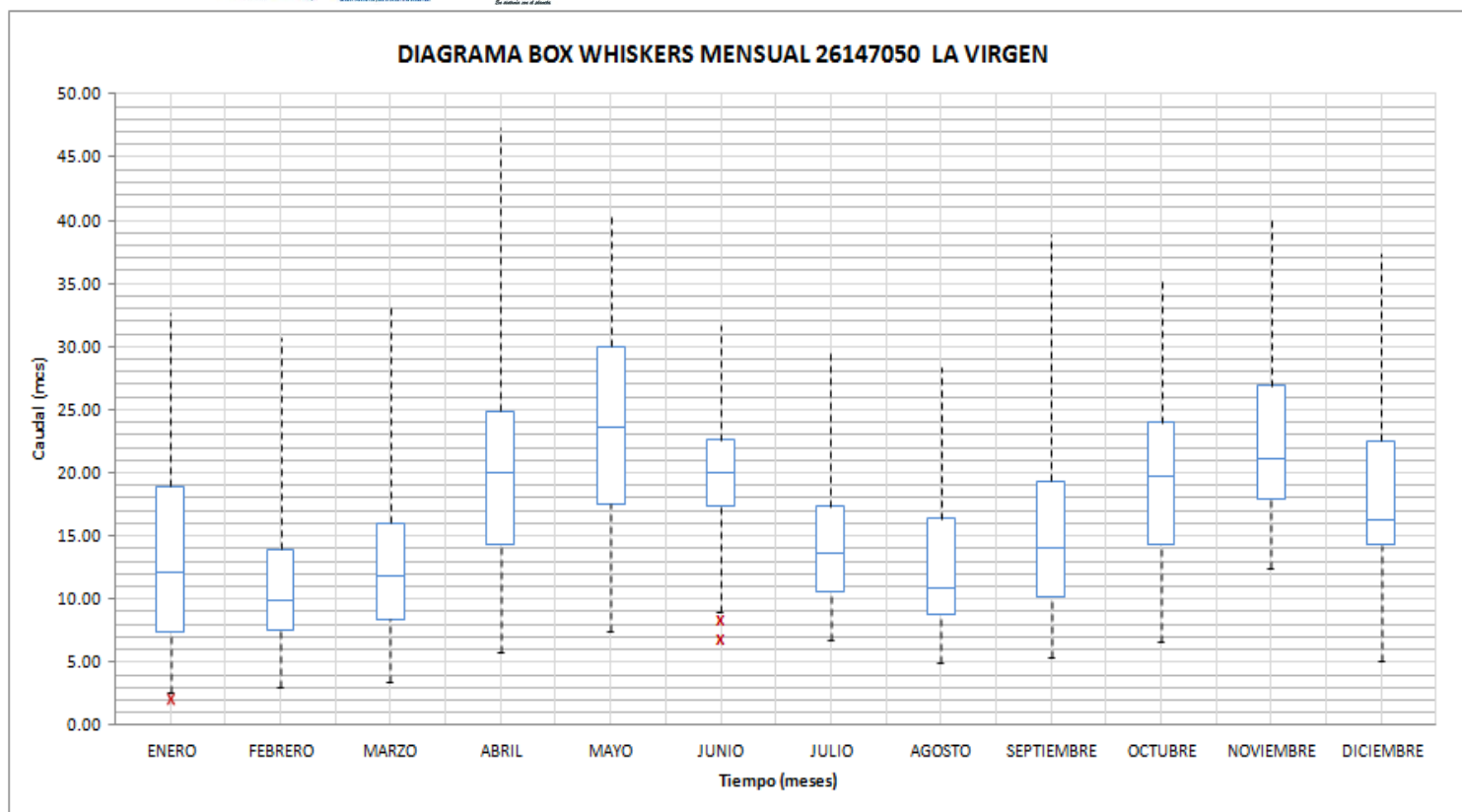


Figura 20. Diagrama Box Whiskers mensual estación La Virgen
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

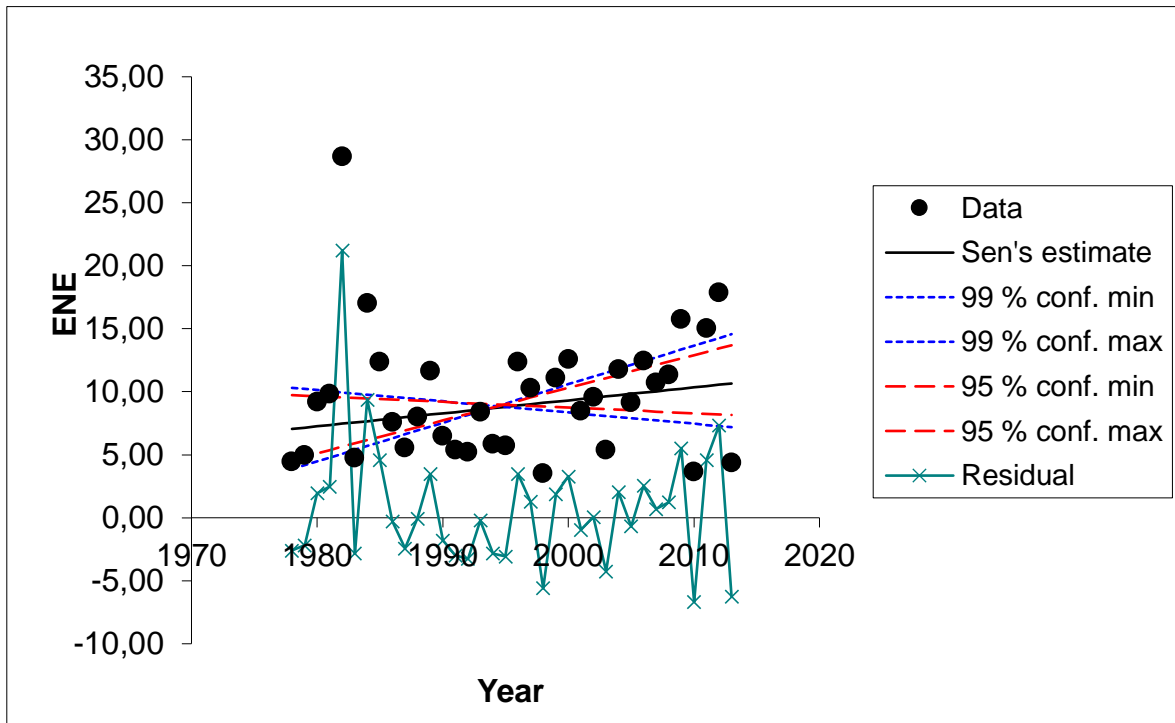


Figura 21. Gráfica Mann – Kendall estación La Breña
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017

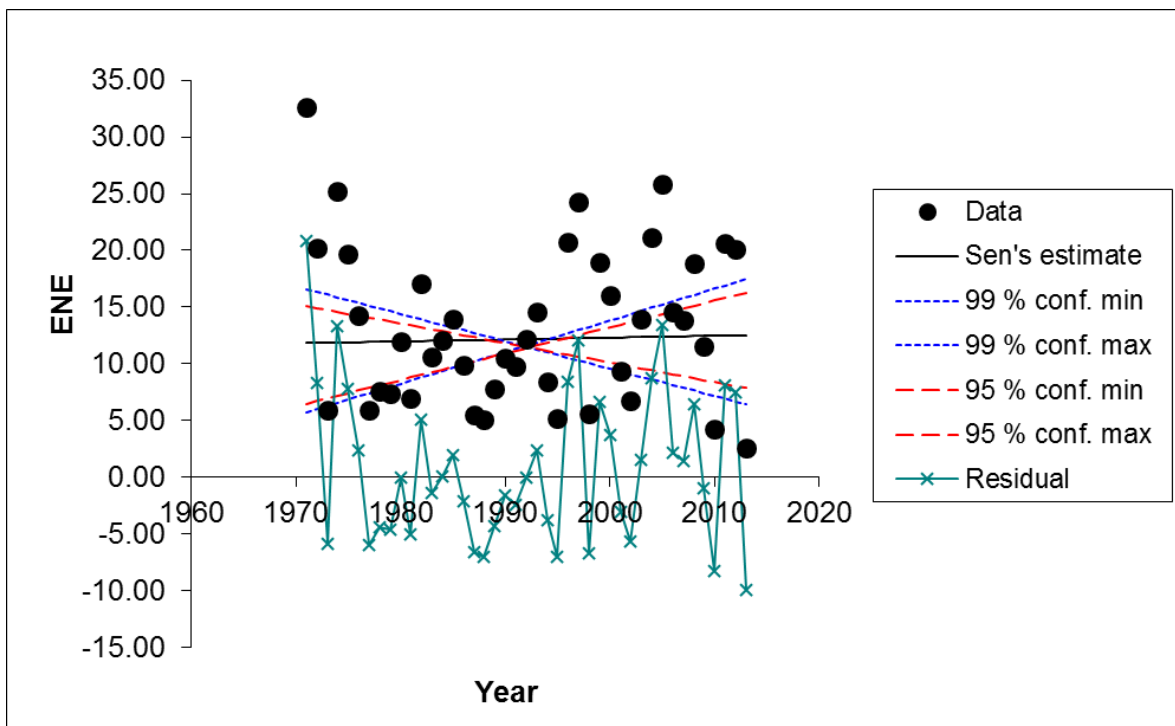


Figura 22. Gráfica Mann – Kendall estación La Virgen
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017

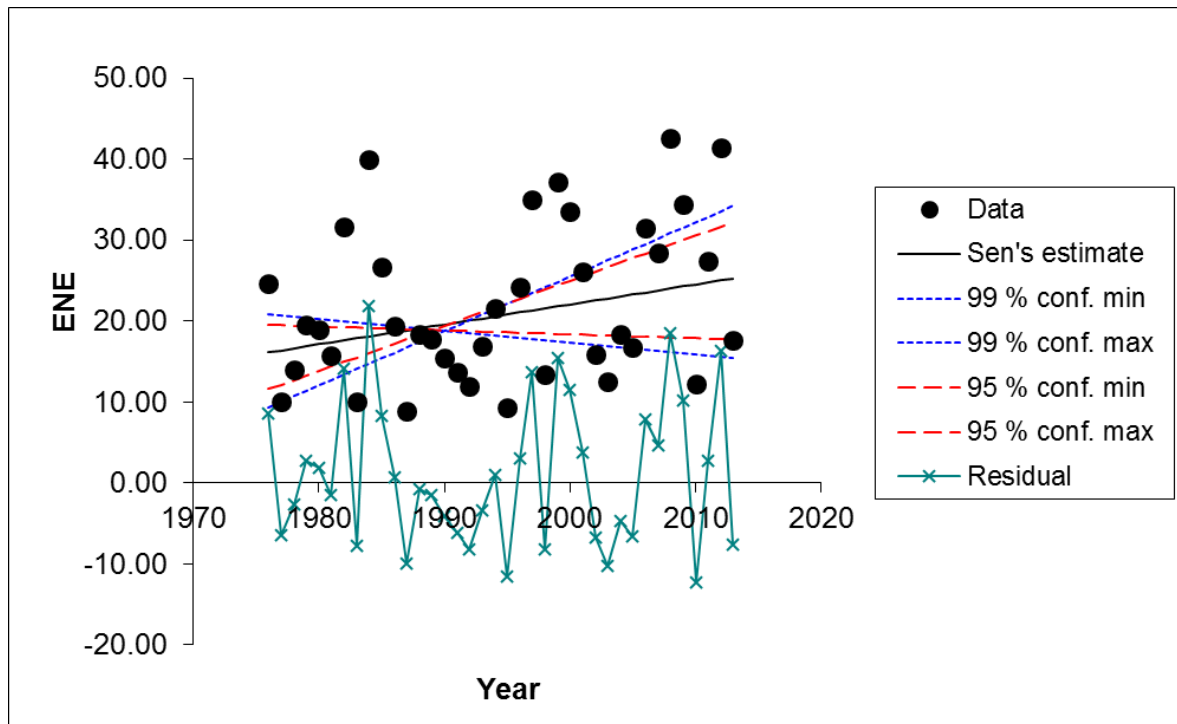


Figura 23. Gráfica Mann – Kendall estación Puente Negro
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017

4 INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

El inventario de estructuras hidráulicas que afectan la oferta hídrica en el POMCA del río Risaralda, se obtuvo del “Censo de Concesiones de Aguas Superficiales, Subterráneas y Vertimientos” que fue realizado por la Corporación Autónoma Regional del Risaralda CARDER en el año 2015, mediante el contrato 003/2015 y del listado de concesiones de CORPOCALDAS, de los cuales se extrajo la información correspondiente a las organizaciones prestadoras del servicio de acueducto, que cuentan con estructura de captación y algunas otras pertenecientes, a entes que no prestan dicho servicio pero cuentan con estructuras de captación importantes por su infraestructura, además de la cantidad del recurso que tienen otorgado.

En la Tabla 7 se nombra el Usuario o entidad que solicita el recurso hídrico, las coordenadas del punto de la estructura de captación, el caudal concesionado y los usos que es sometido el recurso. Finalmente se totaliza la cantidad de agua concesionada por la dos Corporaciones con un total de 23610,9132 l/s. Para un mejor entendimiento de la tabla F.H hace referencia a Franja Hidrográfica; m.s.n.m metros sobre el nivel del mar.

Este inventario de estructura hidráulicas que afectan la oferta hídrica se constituye en la información oficial de los usuarios del recurso hídricos que se encuentran legalizados o cuentan con el permiso de concesión de aguas superficiales, para la utilización del recurso.

En la Figura 24 se presenta la espacialización de las estructuras de captación.

Tabla 7. Inventario de infraestructuras hidráulicas

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO DE SAN CLEMENTE	1147288,81	1087461,02	Guática	2246	5	Consumo humano y doméstico
ACUEDUCTO REGIONAL DE LAS VEREDAS ALTO PUEBLO RICO EL NARANJO EL TERRERO Y LA ESMERALDA	1129079,18	1076231,86	Mistrató	2067	2,6	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN AMBIENTAL LA GUAYANA	1130376,04	1073260,78	Mistrató	1841	3	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE ACUEDUCTO COMUNITARIO DE LOS SECTORES LA BRETAÑA LA MARINA PUENTE NEGRO Y EL ROSAL	1125508,04	1053244,94	Apía	1213	2,5	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE ACUEDUCTO COMUNITARIO DE LOS SECTORES LA BRETAÑA LA MARINA PUENTE NEGRO Y EL ROSAL	1125354,98	1052107,94	Santuario	1147	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	1128760,38	1058675,73	Apía	1780	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	1128831,3	1058305,8	Apía	1736	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE ECOLOGISTAS DE SANTA TERESA	1137427,49	1081810,48	Guática	2081	1,2	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS ACUEDUCTO DE LA CUENCA BUENOS AIRES	1135553,32	1078648,55	Guática	2151	1,6	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS ACUEDUCTO EL PORVENIR	1142092,34	1078476,23	Guática	1918	1,1	Consumo humano y doméstico

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE ACUEDUCTO PINAR DEL RIO Y PLAYA RICA	1134673,14	1074948,58	Mistrató	1428	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA ANDICA "ASOACUANDICA"	1130686,97	1071889,76	Belén de Umbría	1877	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DEL BARRIO SAN JOSÉ	1133939,31	1078407,63	Mistrató	1876	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO EL CONGO SAN JOSÉ ASUACUA CONGO	1134958,73	1066684,53	Belén de Umbría	1622	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO LA VILLADA	1134080,37	1079795,63	Mistrató	1967	1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO MIRAVALLS SANCARLOS	1127896,32	1058902,85	Apía	2003	3	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO PERALONSO	1123987,73	1047107,99	Santuario	1664	1,4	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO TARAPACÁ	1137933,72	1063596,99	Belén de Umbría	1300	1,77	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO VEREDA EL SOCORRO	1129723,21	1056444,75	Apía	1375	1,5	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS NUEVO ACUEDUCTO VEREDA ANDICA PARTE ALTA ASOACUANDICA ALTO	1129464,03	1073175,83	Belén de Umbría	2119	5,5	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE ACUEDUCTO BARRIO BUENOS AIRES DE MISTRATÓ	1133063,29	1078184,67	Mistrató	1715	2	Consumo humano y doméstico

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE BELLA VISTA	1142297,27	1077011,22	Guática	2045	1,5	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DEL ACUEDUCTO VEREDAL PROVIDENCIA PROVIAGUAS	1130434,96	1071647,78	Belén de Umbría	2004	2	Consumo humano y doméstico
CORPORACIÓN ACUEDUCTO REGIONAL CORREGIMIENTO DE TRAVESÍAS	1136982,4	1080099,49	Guática	1827	4	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA VIRGINIA	1128657,37	1039293,73	Balboa	997	80	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA VIRGINIA	1129240,34	1038772,7	Balboa	962	20	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA VIRGINIA	1127103,47	1041467,81	Balboa	995	150	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA VIRGINIA	1127087,47	1041532,81	Balboa	994	30	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE BALBOA EMILIO GARTNER GÓMEZ SA ESP	1114276,78	1048942,47	Santuario	1918	25	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS SANTUARIO RISARALDA	1118662,29	1058920,3	Apía	2143	22,5	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS SANTUARIO RISARALDA	1118724,29	1058922,29	Apía	2141	22,5	Consumo humano y doméstico
EMPRESA PUBLICAS MUNICIPALES DE MISTRATÓ ESP	1131276,22	1076869,76	Mistrató	1624	30,1	Consumo humano y doméstico

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA	1128056,54	1063378,86	Apía	1934	5	Consumo humano y doméstico
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA	1130836,92	1070900,75	Belén de Uumbria	1983	60	Consumo humano y doméstico
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS	1126449,25	1057427,91	Apía	1822	14	Consumo humano y doméstico
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS	1126759,3	1058467,9	Apía	1918	14	Consumo humano y doméstico
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUÁTICA ESP	1143817,51	1081715,16	Guática	2124	12	Consumo humano y doméstico
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUÁTICA ESP	1142422,36	1078757,22	Guática	2026	12	Consumo humano y doméstico
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUÁTICA ESP	1142728,5	1081641,21	Guática	2085	1,5	Consumo humano y doméstico
ICCG S.A EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS	1125243,1	1054573,96	Apía	1333	1,085	Consumo humano y doméstico
INGENIO RISARALDA S.A	1130549,34	1038627,63	Santuario	929	13	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1133150,18	1035052,49	La Virginia	898	61	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1130733,55	1042845,64	Santuario	948	20	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1130046,67	1045422,69	Santuario	999	25	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1131200,38	1039376,6	Santuario	922	21	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1131461,44	1040591,6	Santuario	932	510	Industrial
INGENIO RISARALDA S.A	1134401,32	1037868,44	Santuario	909	45	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1134418,33	1038028,44	Santuario	999	17	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1130957,37	1039105,62	Santuario	926	20	Agrícola
INGENIO RISARALDA S.A	1131165,12	1034121,59	Balboa	901	5	Agrícola

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
INGENIO RISARALDA S.A	1137403,29	1057317,37	Belén de Umbría	986	60	Agrícola
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL BARRIO PUEBLO NUEVO	1128564,39	1060223,82	Apía	1726	1,2	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA LA CAPILLA	1125366,13	1039409,05	Balboa	1275	1	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA MATECAÑA	1128078,1	1054362,82	Apía	1609	1,2	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA SAN AGUSTÍN MUNICIPIO APIA	1125899,14	1058686,21	Apía	1688	1	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA ALTA ESMERALDA	1119025,24	1057977,28	Santuario	2080	4,9	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA EL CAUCHO	1135603,39	1080011,56	Guática	2084	1,2	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA GÉNOVA	1135922,1	1073966,52	Belén de Umbría	1566	1	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA GUAYABAL	1140958,66	1084993,32	Guática	2230	0,01	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA ISLA	1135301,52	1062357,5	Belén de Umbría	1409	1	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA MARÍA	1130073,26	1077838,82	Mistrató	2038	2	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA MARÍA	1130073,26	1077838,82	Mistrató	2038	2	Consumo humano y doméstico

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA MAMPAY	1132777,64	1085235,72	Mistrató	1770	1	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA MILÁN	1142158,23	1076166,22	Guática	1984	1,5	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA PLAYA BONITA	1131940,43	1081143,74	Mistrató	1778	1	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA PLAYA RICA	1128469,6	1043985,76	Santuario	1236	1	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA SAN JUANITO	1117816,38	1060838,35	Apía	2303	27,6	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA VALLADOLID	1125590,38	1060275,96	Apía	1626	3,9	Consumo humano y doméstico
JUNTA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA QUEBRADA ARRIBA	1138729,74	1076235,77	Guática	1456	1,3	Consumo humano y doméstico
RISARALDA GENERACIÓN DE ENERGÍA	1139957,94	1070377,3	Belén de Umbría	1243	16800	Industrial generación de energía
SOCIEDAD PCH EL MADROÑO ESP SAZ	1135960,69	1086107,57	Mistrató	999	4332	Industrial generación de energía
UNIÓN TEMPORAL PROSPERIDAD 2011	1124844,94	1051290,96	Santuario	1099	10	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	815673	1090334	Riosucio		37,20	Consumo humano y doméstico

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	798395	1051900	Viterbo		17,44	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	798037	1055475	Viterbo		24,7	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	798395	1051900	Viterbo		34,7	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	798037	1055475	Viterbo		6,36	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	807790	1046324	Belalcázar		3,16	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	807685	1045294	Belalcázar		18,04	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	807685	1045294	Belalcázar		7,2	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	807790	1046324	Belalcázar		37,2	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	807685	1045294	Belalcázar		7,2	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	807790	1046324	Belalcázar		37,2	Consumo humano y doméstico
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	813346	1093905	Riosucio		26,4	Consumo humano y doméstico

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	812937	1094078	Riosucio		32,9	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS VEREDA EL HORRO	811331	1066172	Anserma		0,025	Pecuario
ASOCIACIÓN DE USUARIOS VEREDA EL HORRO	811331	1066172	Anserma		0,1	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS VEREDA EL HORRO	811331	1066172	Anserma		0,024	Pecuario
ASOCIACIÓN DE USUARIOS VEREDA EL HORRO	811331	1066172	Anserma		0,8958	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS VEREDA EL HORRO	811331	1066172	Anserma		0,289	Agrícola
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE SAN PEDRO	810364	1072978	Anserma		0,13	Industrial
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE SAN PEDRO	810104	1074949	Anserma		0,285	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE SAN PEDRO	810364	1072978	Anserma		0,4229	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE SAN PEDRO	810104	1074949	Anserma		0,0039	Pecuario
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE SAN PEDRO	810104	1074949	Anserma		0,025	Pecuario
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE SAN PEDRO	810104	1074949	Anserma		0,289	Agrícola

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE SAN PEDRO	810104	1074949	Anserma		0,6	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE PEQUEÑA IRRIGACIÓN LAS LOMAS, OSPIRMA Y OSPIRMA BAJO - ASOSPIRMA	809347	1086456	Risaralda		4,72	Agrícola
ASOCIACIÓN DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE PEQUEÑA IRRIGACIÓN LAS LOMAS, OSPIRMA Y OSPIRMA BAJO - ASOSPIRMA	809347	1086456	Risaralda		39,33	Agrícola
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL NACIMIENTO DE AGUAS CESAR AGUDELO DE ANSERMA	810712	1070511	Anserma		0,0833	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL NACIMIENTO DE AGUAS CESAR AGUDELO DE ANSERMA	810712	1070511	Anserma		0,083	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS LA LOMAS, OSPIRMA Y OPIRMA BAJO	809062	1086625	Risaralda		1,17	Agrícola
GENERADORA DE ENERGÍA CAUYA S.A.S. O GECASA	809594	1068741	Anserma		500	Industrial generación de energía
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE MARAPRA	812745	1063924	Anserma		12,19	Consumo humano y doméstico
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE MARAPRA	812745	1063924	Anserma		0,0867	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	804904	1058713	Anserma		0,4377	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	804064	1054791	Viterbo		0,2043	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	802445	1053876	Viterbo		0,2043	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	802662	1050019	Viterbo		12,81	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	802357	1049589	Viterbo		12,81	Agrícola

Solicitante	Coordenada X	Coordenada Y	Municipio	Altitud m.s.n.m	Caudal l/s	Uso
INGENIO DE RISARALDA S.A.	802294	1049327	Viterbo		12,81	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	801826	1049804	Viterbo		12,81	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	802261	1043487	Viterbo		16,12	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	802446	1042910	Belalcázar		0,3	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	802357	1043461	Belalcázar		0,779	Agrícola
INGENIO DE RISARALDA S.A.	798193	1042210	Viterbo		0,415	Agrícola

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

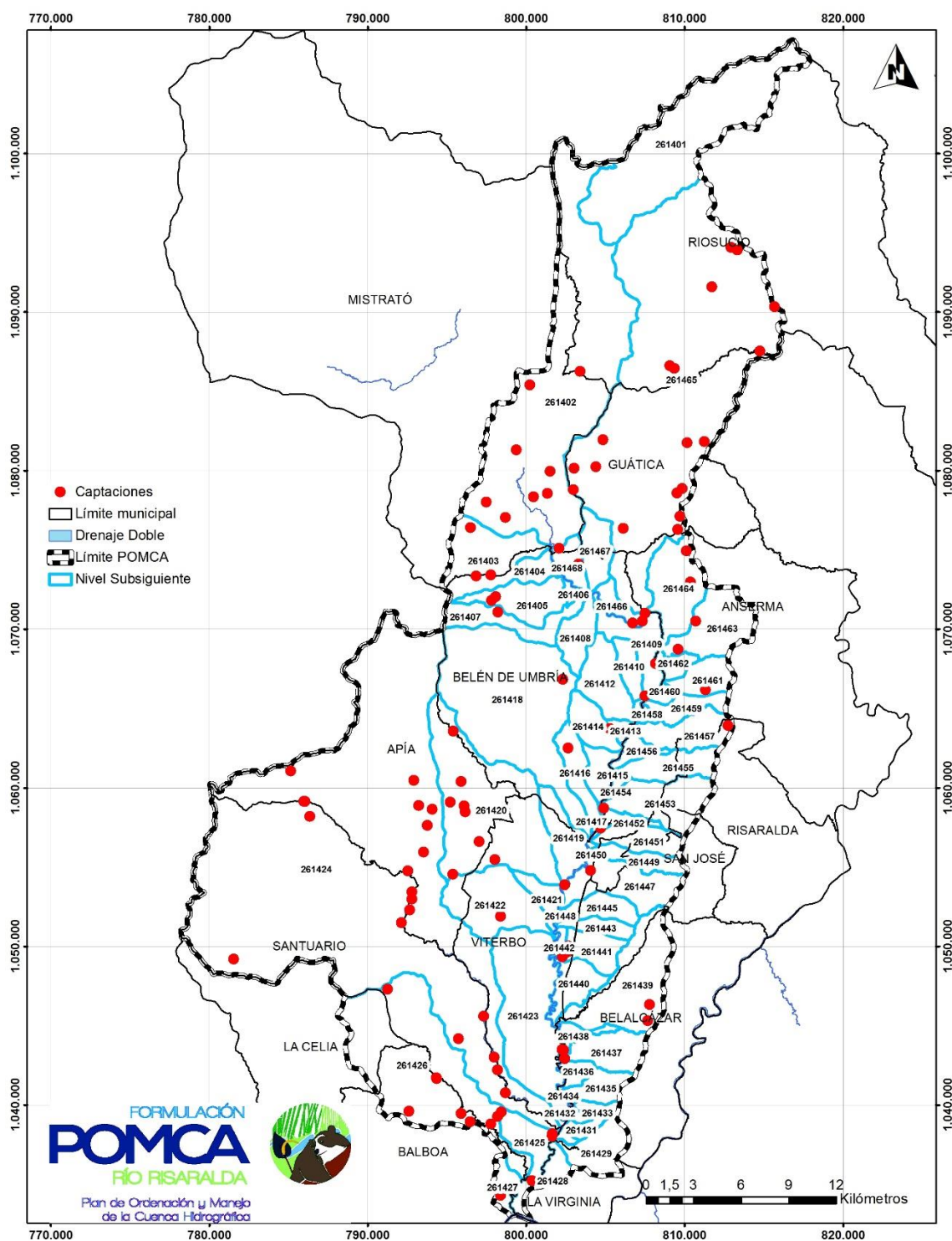


Figura 24. Espacialización de captaciones
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

4.1 Principales captaciones de aguas en la cuenca del río Risaralda

En la Tabla 8, se nombran 13 entidades conformadas por Empresas de Servicios Públicos E.S.P, Empresas Generadoras de Energía e Industrias que se constituyen en los actores con mayor cantidad de agua concesionada dentro de la Cuenca, ratificando los usos de “Consumo Humano y Doméstico” y el “Industrial” como los de mayores caudales concesionados.

Tabla 8. Principales captaciones de aguas superficiales

PRINCIPALES CAPACIONES	# De concesiones	Caudal concesionado (l/s)	Consumo humano y doméstico (l/s)	Caudal pecuario (l/s)	Caudal agrícola (l/s)	Caudal acuicultura (l/s)	Caudal industrial (l/s)
UNIÓN TEMPORAL PROSPERIDAD 2011	3	30	0	0	0	0	30
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA VIRGINIA	4	280	280	0	0	0	0
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE BALBOA EMILIO GARTNER GÓMEZ SA ESP	1	25	25	0	0	0	0
INGENIO RISARALDA S.A	11	797	0	0	0	287	510
EMPRESA PUBLICAS MUNICIPALES DE MISTRATO ESP	1	30,1	30,1	0	0	0	0
SOCIEDAD PCH EL MADRONO ESP SAS	1	4332	0	0	0	0	4332
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS		28	28	0	0	0	0
RISARALDA GENERACIÓN DE ENERGÍA	8	16807,15	0,42	0	0	0	16807
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	4	26	26	0	0	0	0
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS SANTUARIO RISARALDA	2	45	45	0	0	0	0
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA SAN JUANITO	1	27,6	0,24	0	0	27,36	0
GENERADORA DE ENERGÍA CAUYA S.A.S. O GECASA	1	500	0	0	0	0	500
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	12	369,3	369,3	0	0	0	0
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA	2	60	60	0	0	0	0
TOTALES	51	23.357,15	864,06	0	0	314,36	22179

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

4.2 Tipo de organizaciones que captan agua para consumo humano

Dentro de la cuenca del río Risaralda se identifican diferentes figuras legales conformadas para prestar el servicio de acueducto, las cuales son: Empresas de Acueducto y Alcantarillado, Empresas Prestadoras de Servicios Públicos, Acueductos Comunitarios y Veredales, Juntas Administradoras y Juntas de Acción Comunal.

En la Tabla 9, se especifican el número de concesiones que han sido otorgadas a estas formas de asociatividad, destacándose que las Juntas y Asociaciones de Usuarios de Acueductos Urbanos y Veredales, son las que presentan mayor número de concesiones, esta tendencia se presenta en el departamento de Risaralda.

Tabla 9. Tipo de organizaciones conformadas para prestar el servicio de Acueducto.

Tipo de organizaciones prestadoras de servicio de acueducto	# Concesiones	Caudal concesionado	Departamento
EMPRESA PRESTADORAS DE SERVICIOS	12	368,3	CALDAS
ASOCIACIÓN DE USUARIOS ACUEDUCTO RURALES O URBANOS	9	14,7433	CALDAS
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDAL O URBANA	79	41,83	RISARALDA
ASOCIACIÓN DE USUARIOS ACUEDUCTO RURALES O URBANOS	52	42,97	RISARALDA
ACUEDUCTOS VEREDALES O URBANOS	6	12,8	RISARALDA
EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS PÚBLICOS	17	447,5	RISARALDA
INDUSTRIA CONSUMO HUMANO	9,00	1,13	RISARALDA
TOTALES	184,00	929,27	

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

4.3 Principales empresas prestadoras del servicio de acueducto

En la Tabla 10, se presentan 9 Empresas Prestadoras de Servicios Públicos identificadas en la Cuenca, donde la Empresa de Obras Sanitarias de Caldas EMPOCALDAS S.A E.S.P, cuenta con la 12 concesiones para un caudal total de 368,3 l/s, con el cual abastece varios de los municipios del departamento de Caldas.

Caso diferente ocurre en el departamento de Risaralda donde cada uno de los municipios cuenta con una Empresa Prestadoras de Servicios Públicos y en el caso de Belén de Umbría existen dos.

Tabla 10. Empresas prestadoras de Servicio de Acueducto en la Cuenca del río Risaralda.

Empresas prestadoras de servicios publico	# concesiones	Caudal concesionado (l/s)	Municipio
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	12	369,3	CALDAS
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA VIRGINIA	4	280	RISARALDA
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE BALBOA EMILIO GARTNER GÓMEZ SA ESP	1	25	RISARALDA
EMPRESA PUBLICAS MUNICIPALES DE MISTRATÓ ESP	1	30,1	RISARALDA
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE BELÉN DE UMBRÍA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS	1	0,4	RISARALDA
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS	2	28	RISARALDA
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA	2	60	RISARALDA
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	4	26	RISARALDA
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS SANTUARIO RISARALDA	2	45	RISARALDA
TOTALES	29	863,8	

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

5 ANÁLISIS DE SISTEMAS LÉNTICOS NATURALES

No existe mucha información de referencia con respecto a la existencia de sistemas lénticos naturales en la cuenca del río Risaralda. No obstante, el Plan de Gestión Ambiental Regional de CORPOCALDAS 2001 -2006, para la región occidente de Caldas establece lo siguiente:

“En los municipios de Anserma, Risaralda, Viterbo, Belalcázar y San José predominan los humedales artificiales; en su gran mayoría son estanques piscícolas, jagüeyes o reservorios de agua, que se convierten en ecosistemas de gran importancia, porque varias especies de aves, insectos, pequeños mamíferos y gran variedad de herpetofauna (anfibios y reptiles) los utilizan como sitios de permanencia o de paso. Dichas especies han encontrado en estos cuerpos de agua un recurso importante para su sustento, y han propiciado así, el equilibrio ecológico que se requiere para un medio ambiente sano”.

En Riosucio, en el resguardo de La Montaña se encuentran importantes zonas de humedales de tipo turberas y pantanos, a una altitud superior a los 2.800 msnm, en donde nacen los ríos Supía y El Oro.

Adicionalmente, en la zona de transición o de pie de monte entre las montañas y el valle del río Risaralda, se presume conceptualmente una conectividad entre flujos de escorrentía, infiltración y flujos subsuperficiales que interactúan con la vegetación de pastizales y en algún momento dado fueron humedales y hábitats de diferentes especies de aves, peces y demás elementos de flora y fauna característicos de estos ecosistemas acuáticos. A la fecha, muchos de estos humedales que en algún momento existieron no fueron identificados, puesto que la compactación y laboreo que han sufrido en los últimos años ha generado una ruptura en las conectividades hidrológicas y por tanto ecosistémicas; lo cual demanda de altos compromisos en el territorio para su identificación, rehabilitación y/o restauración.

La Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) siguiendo las orientaciones de la mesa técnica del SIRAP EJE CAFETERO avanzó en la identificación y priorización de los humedales de zonas bajas del departamento de Risaralda en el 2009, adicionalmente y para complementar la información recolectada, se contrató el apoyo de la WILDLIFE CONSERVATION SOCIETY - WCS para la caracterización biológica de algunos de los humedales; en este sentido se identificó el complejo de humedales “Balsillas” encuentran ubicados en el municipio de La Virginia en inmediaciones al casco urbano, haciendo parte de un predio particular conocido como Hacienda Balsillas. Sus coordenadas geográficas: 04°53'36,1" N 75° 52'39,4" W, a una altitud aproximada de 950 m.s.n.m. Estos humedales forman un conjunto de Humedales que se encontraban localizados en el Oriente del municipio y que a través del tiempo han sido objeto de intervención humana y desarrollo de actividades pecuarias en ellos y en su entorno; originando la disminución de su área.

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales de la Convención Ramsar; este humedal es de tipo continental. En el sector de balsillas se evidencia cuatro humedales que permanecen con agua constantemente, y dos sectores que muestran periodos de sequía y humedad en el transcurso del año.

En la actualidad todos los humedales se encuentran a punto de desaparecer por prácticas no coherentes con este tipo de ecosistemas, como por ejemplo la ganadería.

Por ser un grupo de humedales en donde se encuentran tres humedales permanentes y uno itinerante, su espejo de agua varía en el año, mostrándose con muy poca agua en periodos de poca pluviosidad en los permanentes y casi secos en el itinerante.

Complementario con lo anterior, se expidió la Resolución CARDER N° 0880 de abril 2 de 2014 “Por la cual se reconoce y prioriza el complejo de humedales Balsillas en el municipio de la Virginia, departamento de Risaralda y se dictan otras disposiciones”.

6 CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

El río Risaralda es un cauce torrencial de montaña a lo largo de la parte alta de su recorrido, desde su nacimiento, hasta la unión de la quebrada Papayal; en su último trayecto, hasta su desembocadura en el río Cauca, la pendiente es del orden de 0.36%, y el comportamiento del río corresponde al del régimen subcrítico, con números de Froude inferiores a 0.5.

Desde el punto de vista geológico-geomorfológico, los ríos presentan características diferentes a lo largo de su recorrido, iniciándose como cauces de montaña, con altas pendientes y cauces encajonados, donde la capacidad de transporte supera siempre a la tasa de abastecimiento de la cuenca, en lo que se acostumbra llamar desde el punto de vista de “Estado”, su sector juvenil; a continuación viene la zona de piedemonte, donde se presenta una transición en la pendiente, disminuyendo, hasta llegar al valle fluvial, donde el cauce se considera en estado de madurez.

La zona de transición del piedemonte generalmente es una zona de abanicos aluviales, que se considera aun como parte del trayecto juvenil, por su gran variabilidad, aunque es una zona de neta depositación, donde prima la producción de sedimentos sobre la capacidad de transporte de los cauces; es un trayecto de cauces trenzados con un sistema de drenaje típicamente distributivo, que puede generar varios alineamientos diferentes de naturaleza alternante, hasta llegar al valle aluvial donde se alcanza la “madurez”, con cauces meandrinosos de baja velocidad, cuya capacidad de transporte es igual a la producción neta de sedimentos de la cuenca. Finalmente, ya llegando a la zona estuarina, cuando el río desemboca en el mar, se dice que los ríos adquieren su estado de “senectud”, en el cual los procesos son nuevamente de sedimentación, y donde las velocidades y la capacidad de transporte de los cauces son muy bajas.

El cauce del río Risaralda, en la parte alta, (Figura 25), de comportamiento torrencial, muestra una conformación rugosa, de materiales gruesos en los rangos de gravas guijarros y grandes piedras, con escaso contenido de arenas a cauce de la intensidad de su transporte, que esencialmente lava esos materiales durante las avenidas y genera acorazamiento de los lechos con material grueso.



Figura 25. Cauce del Río Risaralda aguas arriba de Mistrató
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Hidrológicamente, los cauces de montaña con altas pendientes en sus cauces y también en las vertientes y taludes, tienen tiempos de concentración muy cortos que generan avenidas súbitas y muchas veces, por la inestabilidad de los suelos bajo condiciones de humedad, flujos de lodo y fenómenos de avalancha de condiciones hidrodinámicas y sedimentológicas críticas. Todas estas características se aprecian a lo largo del río Risaralda y la mayoría de sus afluentes.



Figura 26. Característica Torrencial del Río Mapa
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

En las siguientes fotos tomadas desde el puente de La isla, sobre el río Risaralda, se aprecia aguas abajo el balneario del mismo nombre, al inicio del tramo de menor pendiente del Río.



Figura 27. Cauce del río Risaralda arriba Las Palmeras
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.



Figura 28. Cauce del río Risaralda abajo Las Palmeras
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

El perfil que se muestra en la Figura 29, indica que existe un sector típicamente montañoso con pendientes que superan el 3%; una zona de transición con pendiente del 1%; y un sector bajo, relativamente plano, con pendiente del 0.36%, que aunque aun relativamente alta, genera en un cauce rugoso condiciones de flujo subcrítico.

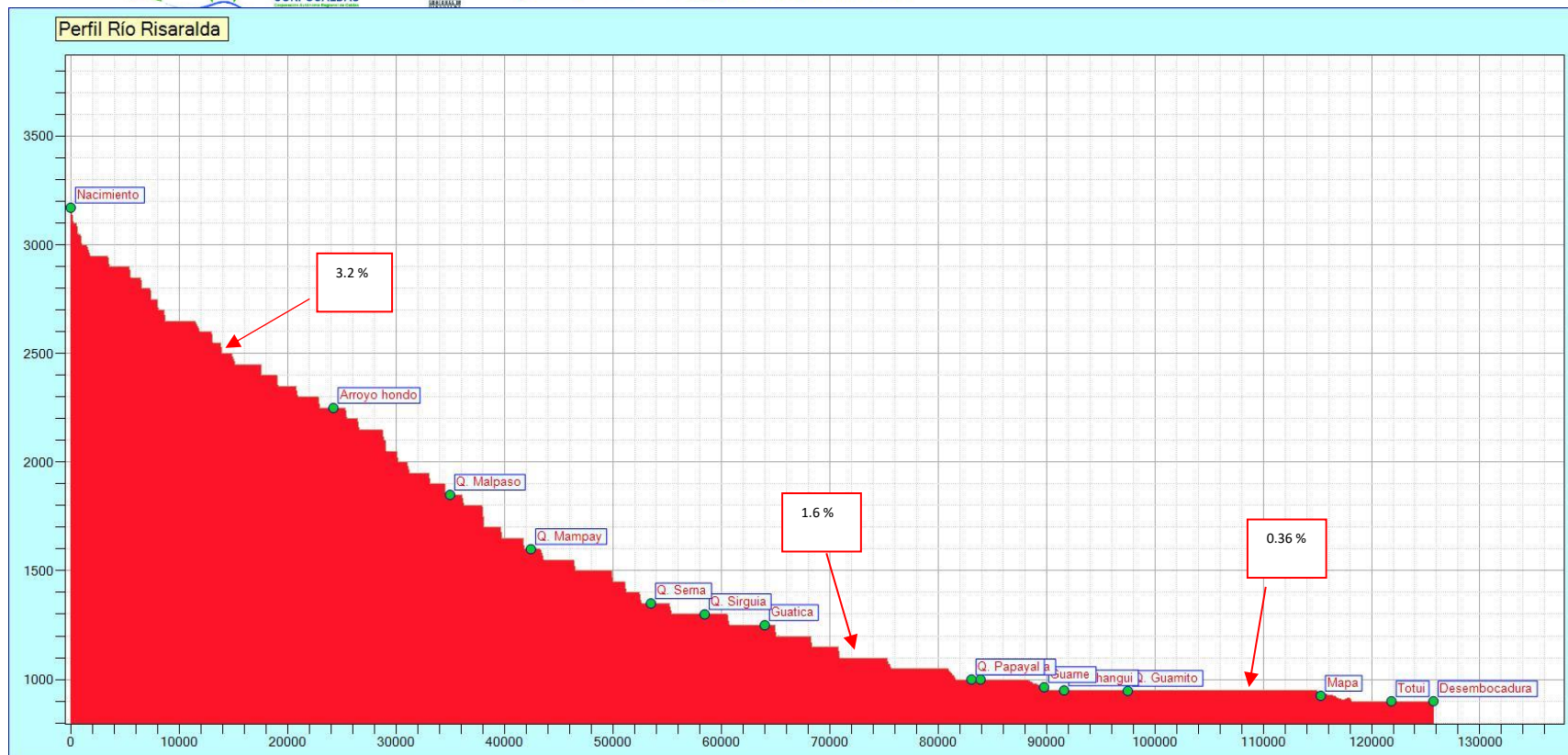


Figura 29. Perfil del Río Risaralda.
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

La variación de los caudales medios mensuales, en el río Risaralda (estaciones La Virgen y Puente Negro) y río Mapa (La Bretaña), indican dos periodos húmedos, (abril - junio, y octubre - enero), y dos periodos secos, febrero a Marzo y de julio a septiembre. Para la construcción de las curvas de duración de caudales de estas tres estaciones se tuvo en cuenta el registro histórico de estaciones, los archivos de soporte, cálculo y gráficas en formato Excel se encuentran en el anexo 4.

Tabla 11. Registro histórico de caudales medios mensuales estación La Bretaña

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PROMEDIO	9.60	8.27	8.53	12.38	14.93	12.57	9.29	7.19	8.68	13.73	17.17	13.63
MEDIANA	9.15	7.30	7.30	11.73	13.30	12.35	8.23	6.46	6.98	12.82	14.49	12.10
CUARTIL 1	5.47	4.30	5.65	8.76	11.30	8.68	6.31	4.87	5.61	9.27	12.45	9.91
CUARTIL 3	12.08	10.38	11.78	14.12	18.73	15.30	11.16	7.96	10.03	16.47	19.55	16.09
MÁXIMO	28.66	19.75	17.62	36.47	30.52	24.85	25.43	17.16	20.83	35.01	39.16	38.33
MÍNIMO	3.52	2.71	3.26	4.18	5.76	5.28	3.75	1.56	2.20	4.83	5.83	4.96

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

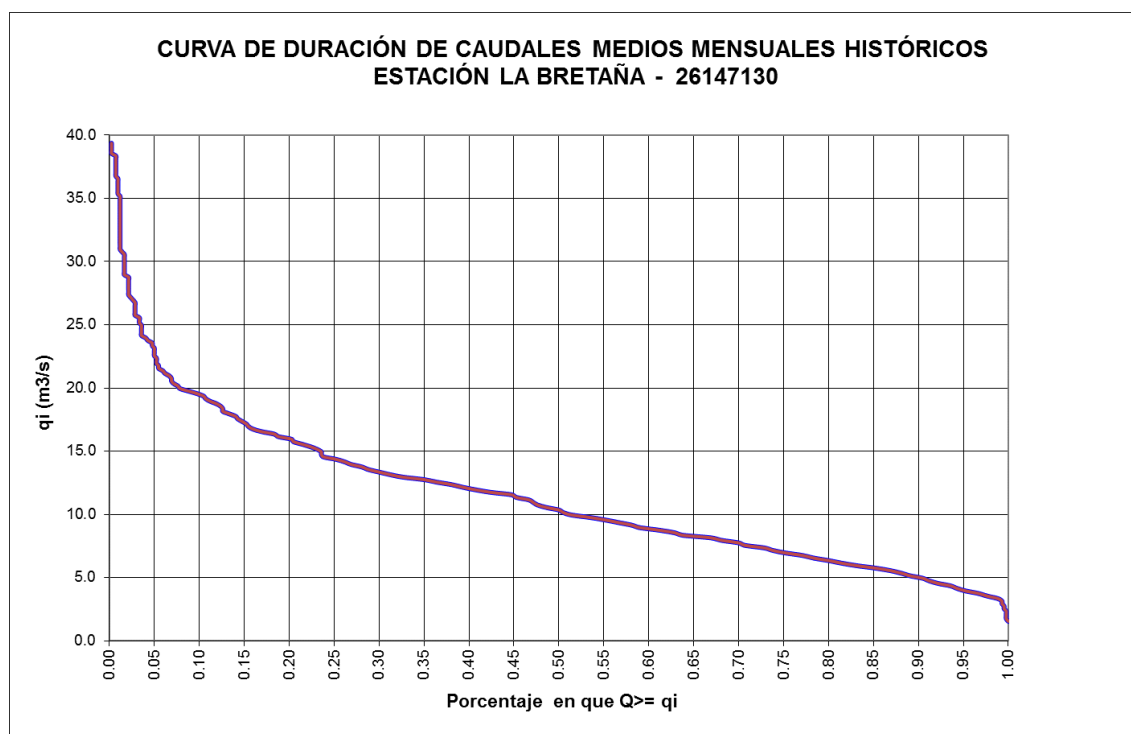


Figura 30. Curva de duración de caudales estación La Bretaña

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Tabla 12. Registro histórico de caudales medios mensuales estación La Virgen

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PROMEDIO	13.38	12.13	13.92	20.06	23.21	19.93	14.23	13.20	15.79	20.12	22.82	18.82
MEDIANA	12.03	10.29	12.24	20.78	23.37	20.14	13.82	10.95	14.10	20.12	20.75	16.16
CUARTIL 1	7.40	8.13	8.53	14.46	17.50	17.96	10.39	8.98	10.08	15.06	17.94	14.28
CUARTIL 3	18.94	14.23	18.07	25.18	29.57	22.64	17.46	17.48	20.60	24.04	26.17	22.70
MÁXIMO	32.63	30.67	33.11	47.37	40.25	31.64	29.77	28.36	38.84	32.34	40.33	37.40
MÍNIMO	2.58	3.07	3.38	5.78	7.40	9.02	6.78	4.95	5.40	6.62	12.40	5.14

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

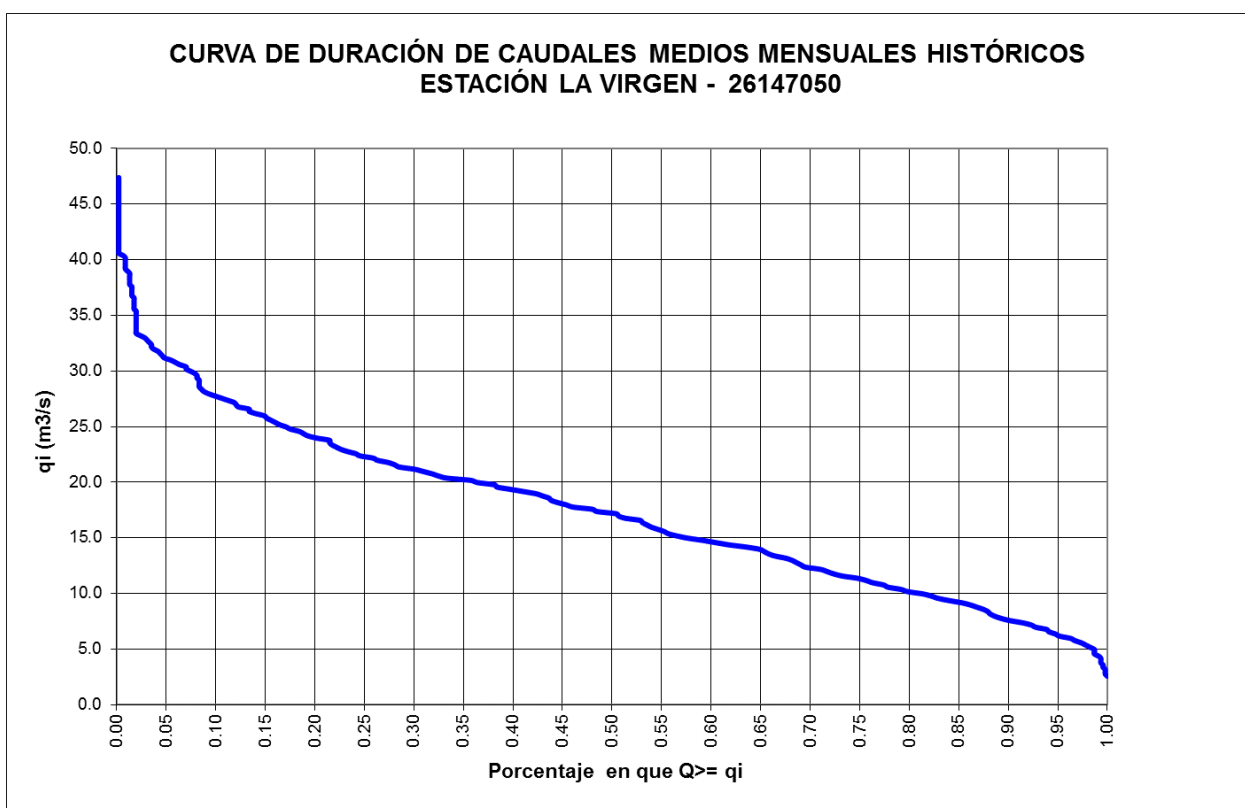


Figura 31. Curva de duración de caudales estación La Virgen

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Tabla 13. Registro histórico de caudales medios mensuales estación Puente Negro

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PROMEDIO	21.90	20.01	21.05	31.19	38.03	34.79	24.91	21.84	23.33	31.20	38.73	30.91
MEDIANA	18.67	17.57	17.77	30.79	36.78	31.77	19.29	19.30	19.39	31.47	34.62	27.01
CUARTIL 1	14.31	13.66	13.55	22.55	27.82	22.77	16.44	13.65	15.87	22.47	25.12	19.51
CUARTIL 3	28.18	22.63	26.10	37.30	46.00	41.97	31.47	24.05	26.63	37.36	46.19	37.37
MÁXIMO	42.52	54.05	51.79	68.03	76.49	90.48	85.92	55.21	51.76	53.41	97.60	81.94
MÍNIMO	8.84	5.82	6.46	9.42	17.13	12.62	10.72	7.55	9.09	14.35	12.51	7.26

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

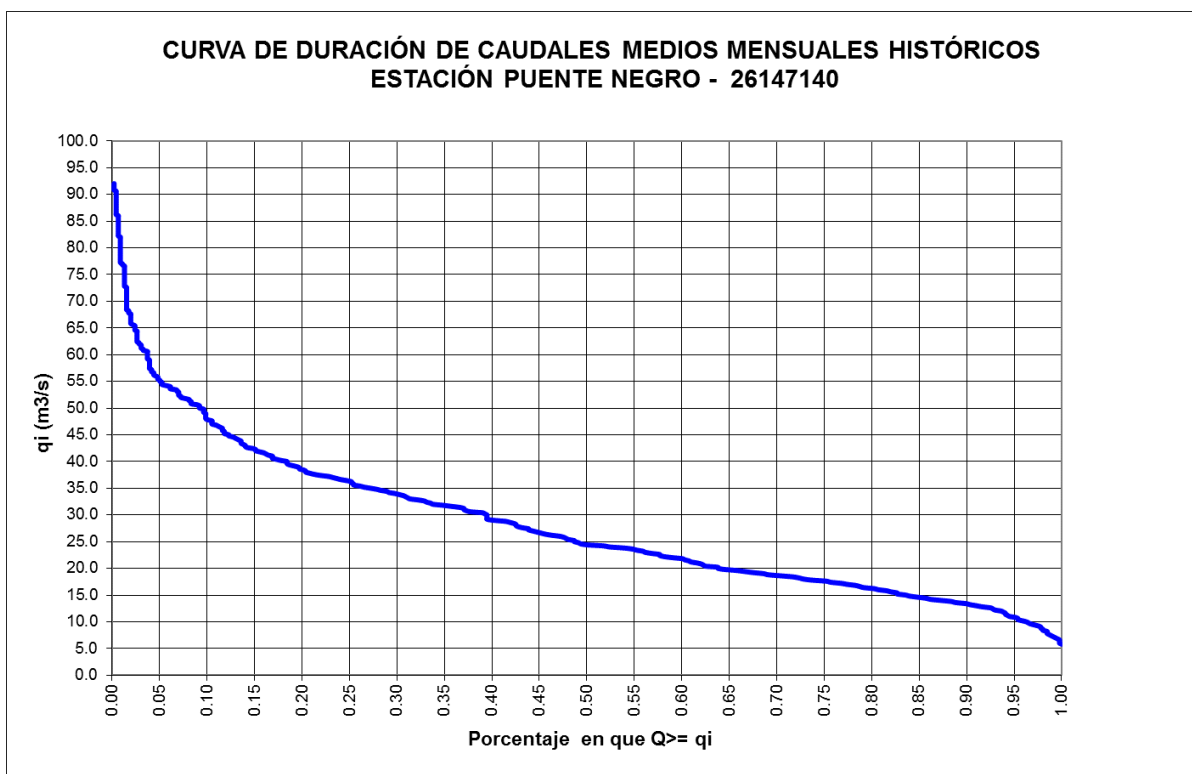


Figura 32. Curva de duración de caudales estación Puente Negro

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Por su parte para cada nivel hidrológico subsiguiente de análisis, y con base en el modelo lluvia escorrentía (se describe posteriormente), se obtuvieron curvas de duración de caudales. En vista de que son 68 niveles subsiguientes analizados y se cuenta con igual número de curvas de duración de caudales, no es práctico incluirlas todas en el documento, se presenta como ejemplo una de ellas y el restante se encuentra en el anexo 4.

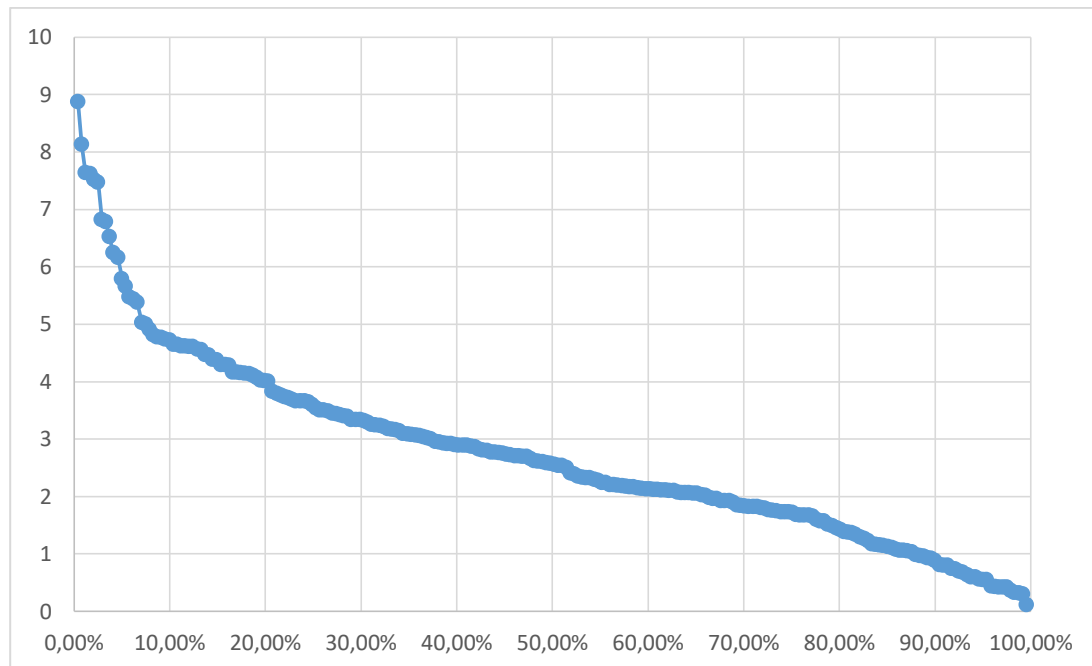


Figura 33. Curva de duración de caudales río Totuí (nivel subsiguiente 261426)
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

En cuanto a la parte hidráulica, se debe considerar la naturaleza torrencial o no torrencial de una corriente, definida a partir del número de Froude, que involucra tanto la velocidad como la profundidad, en lugar de referirse únicamente a la velocidad de la corriente; este parámetro tiene que ver con el contenido de energía y el carácter dinámico del flujo.

El número de Froude es el cociente entre la velocidad del flujo, y la velocidad de las ondas de pequeña amplitud que se pueden formar sobre su superficie, que es la raíz cuadrada de la profundidad del flujo, multiplicada por la aceleración de la gravedad:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$

En cauces de llanura, **F** es inferior a 0.40, en tanto que en ríos torrenciales **F** está siempre dentro del rango $0.55 \geq F \leq 2.0$. En la naturaleza no se dan flujos supercríticos, ($F > 1.0$), por lo que los flujos que superan el valor de 0.55 se clasifican como “Casi-críticos”, y corresponden con los flujos de mayor velocidad que se pueden presentar en un cauce natural, (Ordóñez¹). Para definir el carácter de la corriente, se puede utilizar la ecuación de Manning, en la forma propuesta por Ordóñez, en la referencia citada, reemplazando **V** y **Y** por sus equivalentes, **q** y **F**,

¹ Ordóñez, J.I. “El Régimen del Flujo y la Morfología de los Cauces Aluviales”. Publicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2010.

($q = V \cdot Y$) para calcular el caudal por unidad de ancho capaz de producir un número de Froude determinado en un canal con pendiente y coeficiente de Manning conocidos:

$$q_F = \frac{g^5 n^9}{S^{4.5}} F^{10}$$

El subíndice F , que se le ha dado al caudal por unidad de ancho q , significa que la ecuación produce el valor de “ q ” que debe tener el cauce, para que el número de Froude adquiera el valor de F . Por ejemplo, utilizando la pendiente inferior del río Risaralda, del 2%, y un coeficiente de Manning conservadoramente alto, como 0.05, obtenemos que el número de Froude superará el valor de 0.55 para valores de q por encima de 0.02 m³/seg/m; esto implica que para todos los casos prácticos, el flujo en el río Risaralda será siempre casi-crítico o torrencial.

La condición de flujo casi-crítico genera una serie de problemas en la modelación de los flujos torrenciales y en la interpretación de los fenómenos hidráulicos en este tipo de canales, particularmente en el caso de flujos de avenida. En efecto, la principal característica de los flujos con números de Froude entre 0.55 y 2.0, está en que la energía total del flujo está dentro de un rango de $\pm 10\%$ de la energía crítica, con lo cual el flujo es incapaz de decidir que profundidad debe tener, y genera una intensa inestabilidad de superficie, cuyos límites, de acuerdo con la teoría del flujo “Casi- crítico”, (Ordóñez, 2010), es como se muestra en la Figura 34.

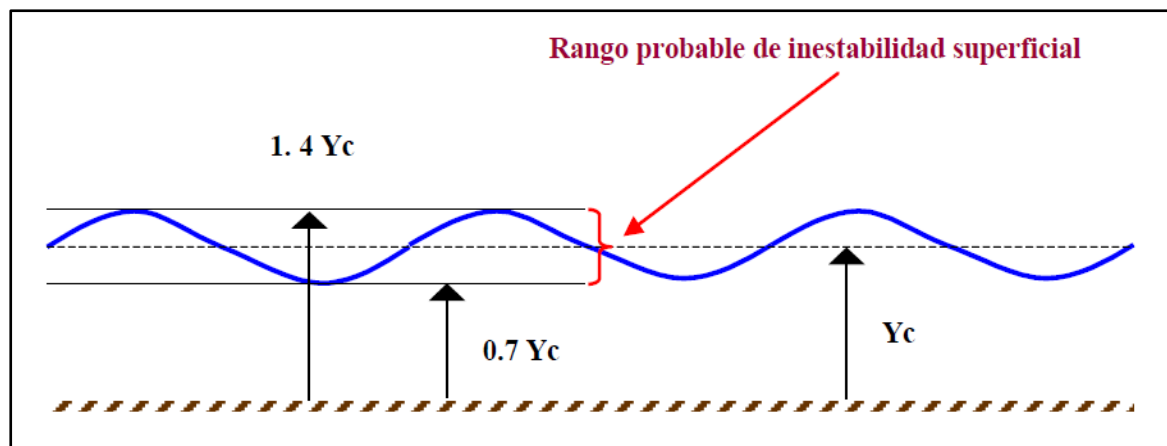


Figura 34. Inestabilidad superficial en fenómenos de flujo casi-crítico.

Fuente: Ordóñez, 2010.

Dado que la ecuación de flujo gradualmente variado produce una división por cero, para el caso $F = 1$, ningún modelo matemático puede dar respuestas para condiciones de flujo Casi-crítico; en estos casos, es preferible tener en cuenta el esquema de la figura 13, y calcular el valor promedio de la profundidad como la

profundidad crítica Y_c , y la máxima altura del agua como $1.4 Y_c$; y la velocidad máxima del agua, como el caudal por unidad de ancho " q ", dividido por el tirante mínimo, $0.7 Y_c$. Esto genera la necesidad de determinar el valor de " q " en el canal, que desafortunadamente es variable en un canal abierto.

Para tener en cuenta este efecto, se puede utilizar el criterio desarrollado por Ordóñez con base en la observación de estos fenómenos en numerosas estaciones hidrométricas de primer orden en Colombia, y calcular el valor máximo del caudal por unidad de ancho con la siguiente ecuación:

$$q_{\max} = a \cdot q^n \quad (1)$$

Donde q_{\max} es el caudal máximo por unidad de ancho en la sección transversal del río, y q es el caudal promedio por unidad de ancho, valor teórico que resulta de dividir el caudal total por el ancho promedio de la sección de flujo. Los parámetros a y n son constantes que se han calculado estadísticamente para cauces naturales y aparecen en la Tabla 14. El valor de F para el sector de máxima concentración del flujo se puede calcular por la ecuación:

$$F_m = b_1 F + b_2 \quad (2)$$

Donde los valores de b_1 y b_2 se pueden obtener de la tabla 7. Para cauces torrenciales se utilizarían los parámetros de la segunda fila.

Tabla 14. Parámetros para definir q_{\max} y F_m según Ordóñez y Otros

TIPO DE RÍO	RANGO DE FROUDE	a_1	n	b_1	b_2
CAUCE DE LLANURA	$F < 0.40$	1.551	0.984	0.85	0.01
RÍO TORRENCIAL	$F \geq 0.40$	1.271	1.271	0.71	0.10

Fuente: Ordóñez y otros, 2010

Con estos valores es posible definir en forma muy aproximada las características dinámicas del flujo a lo largo del recorrido del río, dado que las condiciones hidráulicas están dadas por las condiciones del flujo principal en la zona de mayor caudal por unidad de ancho en la sección. De hecho, en canales rectos, el caudal por unidad de ancho es mayor cerca del centro de la sección, en tanto que en canales curvos el caudal es mayor en el lado cóncavo de la sección y más bajo en el lado convexo. Como ejemplo, podemos ver que para el caudal medio de $12.76 \text{ m}^3/\text{seg}$; considerando un ancho medio de 15 metros, tendríamos un valor de $q = 0.85 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{m}$ que da lugar a un valor $q_{\max} = 1.271(0.85)^{1.271} = 1.03 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{m}$; de donde la máxima altura que puede alcanzar el flujo en el centro del río o en una curva es de 1.45 m; la mínima es de 0.72m, y la máxima velocidad sería de $1.03/0.72 = 1.43 \text{ m}/\text{seg}$.

6.1 Escorrentía de Caudales Máximos

Las condiciones climatológicas, hidrológicas y geomorfológicas de la parte alta del río Risaralda, aguas arriba de La Isla, determinan su carácter torrencial y generan un alto potencial para ocurrencia de avenidas súbitas, con gran aporte de carga sólida, que representan un potencial de ocurrencia de eventos de alta severidad por impacto sobre las poblaciones y la infraestructura expuesta. Aguas abajo las avenidas son menos torrenciales y corresponden más con las del régimen subcrítico

Las causas más frecuentes de las crecientes son las lluvias de larga duración y alta intensidad que pueden causar deslizamientos y derrumbes y resultar directamente en avenidas torrenciales con carácter de avalancha, donde grandes cantidades de escombros y sedimentos son transportados llevando el flujo a concentraciones muy altas de material sólido, superiores al 15% en volumen.

Para definir la hidrología de extremos de una cuenca extensa, se utiliza normalmente el llamado análisis regional de frecuencias, ⁽²⁾; de acuerdo con este análisis, si se conoce el comportamiento de caudales extremos, (máximos y/o mínimos), es posible regionalizar las curvas de frecuencia de manera que sea posible encontrar los caudales máximos de cualquier otra área no medida, siempre que esta se encuentre dentro de la región homogénea a la cual pertenecen los cauces que se han usado en la regionalización.

En el presente caso se utilizaron todas las estaciones de corrientes disponibles en el IDEAM con registros de máximos y mínimos anuales, (archivos del Anexo 2). Los registros de las estaciones se extendieron por correlaciones entre ellas, hasta un periodo base uniforme de 43 años, entre 1971 y 2014, que corresponde con el de la estación La Virgen del río Risaralda, y la estación la Bananera del río Otún. Las estaciones de registro más bajo utilizadas tenían 19 y 23 años de registro.

Los caudales extendidos no se utilizaron para definir la curva de frecuencias, pero si para mejorar la estimación de los periodos de retorno de los caudales medidos en el registro real de cada estación.

Para realizar los análisis de frecuencias se utilizó un programa de computador que permite ajustar hasta 10 distribuciones de frecuencia diferentes, lo mismo para determinar los caudales máximos como los mínimos. Para caudales máximos se utilizaron las distribuciones:

Gamma
Gamma (3P)
Gumbel
Normal
Log Normal
Log Normal (3P)

² Dalrymple, T, "Flood Frequency Analysis". USGS Water Supply Paper No. 1543-A, 1966.

Log Pearson 3

Para caudales mínimos se utilizaron las distribuciones:

Frechet
Frechet (3P)
Weibull
Weibull (3P)
Gumbel
Normal
Log Normal
Log Normal (3P)
Log Pearson 3

Para cada uno de los ajustes obtenidos se determinaron 3 pruebas estadísticas así:

Chi Cuadrado
Kolmogorov-Smirnoff
Anderson-Darling

Con los resultados se obtuvo una calificación de acuerdo con la precisión estadística del ajuste y se seleccionó la que mejor ajuste dio para las tres pruebas calificadas como se muestra en la Tabla 15 para caudales máximos y en la Tabla 16 para caudales mínimos.

Tabla 15. Distribuciones de probabilidad Seleccionadas y pruebas de ajuste

ESTACIÓN	Distribución Seleccionada	Puesto en Kolmogorov-Smirnov	Puesto en Anderson-Darling	Puesto en Chi Cuadrado
La Agüita	Normal	1	1	2
Pte. Negro	Gumbel	1	2	1
Buenos Aires	Gumbel	1	2	1
La Virgen	Gumbel	1	1	1
La Bananera	Gamma (3P)	2	2	3
La Bretaña	Log Pearson (3P)	2	1	2
La Reina	Log Normal (3P)	1	3	2
La Paila	Log Pearson (3P)	2	2	1
Sucre	Log Normal (3P)	1	3	2
Arabia	Log Normal (3P)	1	1	2
Gede	Normal	2	1	
El retén	Normal	1	3	1
Campestres	Log Normal (3P)	1	3	
Playa Rica	Normal	1	3	1

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Tabla 16. Distribuciones de probabilidad Seleccionadas para Qmin y pruebas de ajuste

ESTACIÓN	Distribución Seleccionada	Puesto en Kolmogorov-Smirnov	Puesto en Anderson-Darling	Puesto en Chi Cuadrado
La Agüita	Log Normal (3p)	3	3	4
Pte. Negro	Log Pearson (3p)	3	3	3
Buenos Aires	Log Pearson (3p)	3	3	3
La Virgen	Frechet (3P)	1	1	2
La Bananera	Gamma (3P)	2	2	3
La Bretaña	Weibull (3P)	3	3	2
La Reina	Gumbel	1	2	1
La Paila	Gumbel	1	2	1
Sucre	Log Normal (3P)	3	4	3
Arabia	Gumbel	1	1	3
Gede	Log Pearson (3P)	2	3	1
El retén	Gamma (3P)	2	3	3
Campestres	Normal	2	1	
Playa Rica	Log Normal (3P)	3	1	4

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

A partir de los resultados del análisis de frecuencias, realizados de forma individual para cada estación hidrométrica, y siguiendo la técnica de análisis regional de frecuencias, propuesta originalmente por Dalrymple, (1966), y modificada por otros investigadores, (Kite, 1988), se proponen los gráficos de regionalización de caudales extremos para las cuencas de los ríos del departamento de Risaralda, que permiten estimar de forma aproximada caudales para diferentes períodos de retorno en sitios no instrumentados de la corriente o de sus tributarios.

Esta técnica en varios casos ha sido reportada como un procedimiento que, además de sencillo, brinda mejores resultados que los obtenidos mediante la aplicación de modelos lluvia-escorrentía. Además, el uso de la técnica de regionalización, al utilizar un conjunto de datos, permite obtener caudales más confiables que los obtenidos mediante análisis de frecuencia individuales, debido a que el agrupamiento de los datos ayuda a reducir los errores e incertidumbres en las estimaciones individuales.

La aplicación de la metodología de análisis regional de frecuencias supone que todas las estaciones incluidas en el análisis pertenecen a una región hidrológicamente homogénea, condición que se evalúa a través del test de homogeneidad regional propuesto por Dalrymple (1960). Esta prueba intenta evaluar estadísticamente si los registros de caudales en las estaciones incluidas en el análisis difieren en cantidades atribuibles a la aleatoriedad de los procesos hidrológicos, o si efectivamente pueden corresponder a datos disímiles que obliguen a separar los registros en zonas hidrológicamente diferentes.

El procedimiento para evaluar la homogeneidad regional consiste en graficar los límites definidos por Dalrymple, (1960) (T_L y T_U), como función de la longitud efectiva de la serie. A continuación, para cada estación analizada se evalúa la relación $Q_{10}/Q_{2.33}$, y se calcula el valor promedio de esta relación para toda la zona. La

relación promedio es ahora utilizada para estimar un nuevo valor del Q_{10} para cada estación, (a partir del $Q_{2.33}$). Seguidamente y para cada estación se estima el período de retorno asociado con el nuevo valor del Q_{10} (T_E); se determina el período efectivo de registro, igual al número de observaciones de la serie anual en cada estación más la mitad del periodo extendido para hacerlo concurrente en todas las estaciones, (N_E). Los pares de coordenadas, (T_E , N_E), se grafican sobre las curvas que definen los límites T_L y T_U . Estaciones para las cuales el par, (T_E , N_E), se encuentre por fuera de los límites se asume no pertenecen a la región considerada.

La Figura 18 muestra la evaluación gráfica del test para las 12 estaciones consideradas en el análisis regional, en la cual se observa que con excepción de las estaciones, Playa Rica, Campestres y La Paila, las demás estaciones cumplen el criterio de homogeneidad regional. La estación La Agüita, sin embargo no se ha considerado, porque a pesar de tener un registro de 23 años, carece de registro para los últimos 30; prácticamente todo el registro cubierto por las demás estaciones; además, con un área superior a los 1,500 Km² tampoco parece muy similar a las demás. Por otro lado, la estación La Paila, a pesar de estar también en el límite, sí se incluye por tener un registro tan amplio como el mayor del grupo, e incluir toda la información más reciente, hasta el año 2014.

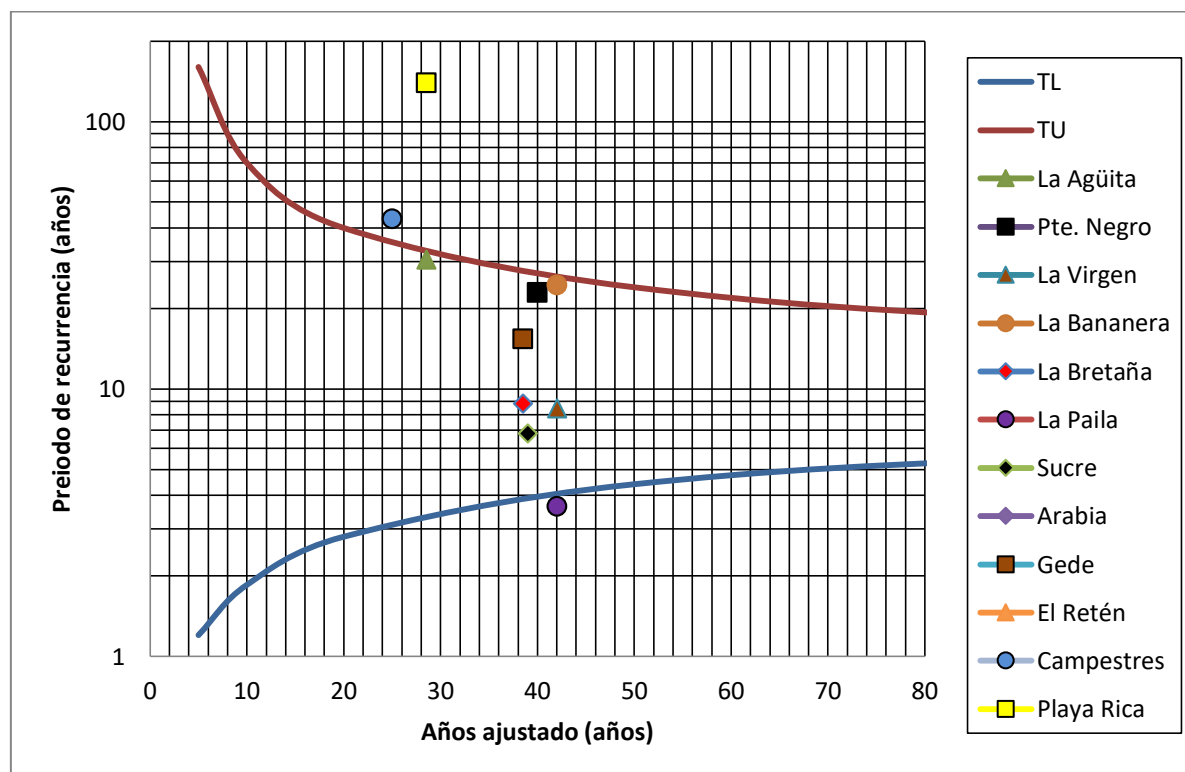


Figura 35. Resultados del Test de Homogeneidad Regional de Dalrymple

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Dentro del análisis regional de frecuencias es posible incluir ya sea parámetros fisiográficos, (área de drenaje, pendiente, longitud, elevación media etc.), como también parámetros meteorológicos, (precipitación, temperatura etc.), como indicadores del régimen de caudales extremos. En estudios previos (IDEAM, 1995) se ha mostrado que el área tributaria es la que mayormente explica la generación de caudales extremos, por lo que en este estudio se ha intentado ajustar una ecuación potencial que relaciona el $Q_{2.33}$ con el área tributaria.

La Tabla 17 muestra la relación entre el caudal índice, ($Q_{2.33}$), y los caudales para otros períodos de retorno, (5, 10, 25 y 50 años), en cada una de las estaciones investigadas, y los valores promedio de estas relaciones, que son los utilizados en la aplicación del análisis regional de frecuencias, con fines de estimación de caudales en sitios no instrumentados de la cuenca.

Para utilizar el método regional, conociendo el área tributaria hasta el sitio de interés, en una cuenca no medida, dentro del área, es posible estimar el caudal índice, ($Q_{2.33}$), de la corriente, y a partir de este y con ayuda de las relaciones promedio presentadas en la Tabla 17 y Tabla 18, es posible estimar los caudales para los otros períodos de retorno, en este sitio.

A pesar de las limitaciones del análisis regional de frecuencias antes anotadas, y a la luz del ajuste obtenido, se considera que los resultados son suficientemente adecuados para los propósitos del presente trabajo.

Tabla 17. Q_{max} para estaciones hidrológicamente homogéneas, departamento de Risaralda

<i>Estación</i>	<i>Años</i>	<i>Área (Km²)</i>	<i>$Q_{2,33}$ (mcs)</i>	<i>Q_5 (mcs)</i>	<i>Q_{10} (mcs)</i>	<i>Q_{25} (mcs)</i>	<i>Q_{50} (mcs)</i>	<i>Q_{100} (mcs)</i>	<i>Q_{200} (mcs)</i>
Pte. Negro	38	777,0	171,0	208,1	239,7	280,0	309,4	338,8	368,1
Buenos Aires	31	490,0	122,1	167,0	196,5	234,0	261,9	289,5	320,0
La Virgen	42	427,5	105,0	141,4	171,0	211,0	236,0	263,5	290,9
La Bananera	42	240,0	130,0	168,3	191,5	220,0	234,5	250,5	265,3
La Bretaña	35	215,0	53,0	73,0	87,9	106,0	120,0	133,4	146,8
La Paila	40	75,0	78,0	129,7	200,9	330,0	445,0	594,1	777,0
Sucre	36	70,8	53,0	77,0	96,2	123,0	142,4	163,5	185,5
El retén	18	225,0	85,0	97,4	105,2	115,5	118,8	123,6	128,0

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Tabla 18. Qmin para estaciones hidrológicamente homogéneas, departamento de Risaralda

Estación	Años	Área (Km ²)	Q _{2,33} (mcs)	Q ₅ (mcs)	Q ₁₀ (mcs)	Q ₂₅ (mcs)	Q ₅₀ (mcs)	Q ₁₀₀ (mcs)	Q ₂₀₀ (mcs)
Pte. Negro	38	777,0	10.4	7.2	5-9	5.0	4.2	3.7	3.3
Buenos Aires	31	490,0	7.5	6.0	5.0	3.8	3.4	2.8	1.8
La Virgen	42	427,5	5.2	3.4	2.7	2.1	1.5	1.2	0.88
La Bananera	42	240,0	4.7	3.2	2.4	1.8	1.2	0.73	0.35
La Bretaña	35	215,0	3.2	1.9	1.3	0.91	0.53	0.32	0.16
La Paila	40	75,0	1.5	1.0	0.81	0.65	0.49	0.39	0.31
Sucre	36	70,8	0.65	0.38	0.29	0.23	0.19	0.16	0.14
El retén	18	225.0	4,5	3.2	2.5	2.0	1,4	1,0	0,64

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Como se ha visto, dos gráficos definen el análisis regional: el gráfico de $Q_{2,33}$ vs A, o gráfico de la avenida media anual contra el área de la cuenca, Figura 36, y el gráfico regional de frecuencias que da la relación entre la avenida de cierto periodo de recurrencia, y el caudal $Q_{2,33}$ para el área de la estación que se desea calcular. Ambos gráficos se obtuvieron con los datos de las estaciones en la Tabla 15 ; en la Figura 37, la Relación de Frecuencia corresponde a la relación entre el caudal de periodo dado y $Q_{2,33}$: $Q_{TR}/Q_{2,33}$.

Con los gráficos de la Figura 36 y Figura 37 las se pueden calcular los caudales extremos para cualquier cuenca de la región, donde no exista una estación hidrométrica, con solo conocer su área de drenaje. Se entra con la Figura 36 para conocer la avenida media anual, $Q_{2,33}$; y con este valor se obtiene del gráfico de la Figura 37 el caudal de cualquier periodo de recurrencia para esa área de drenaje.

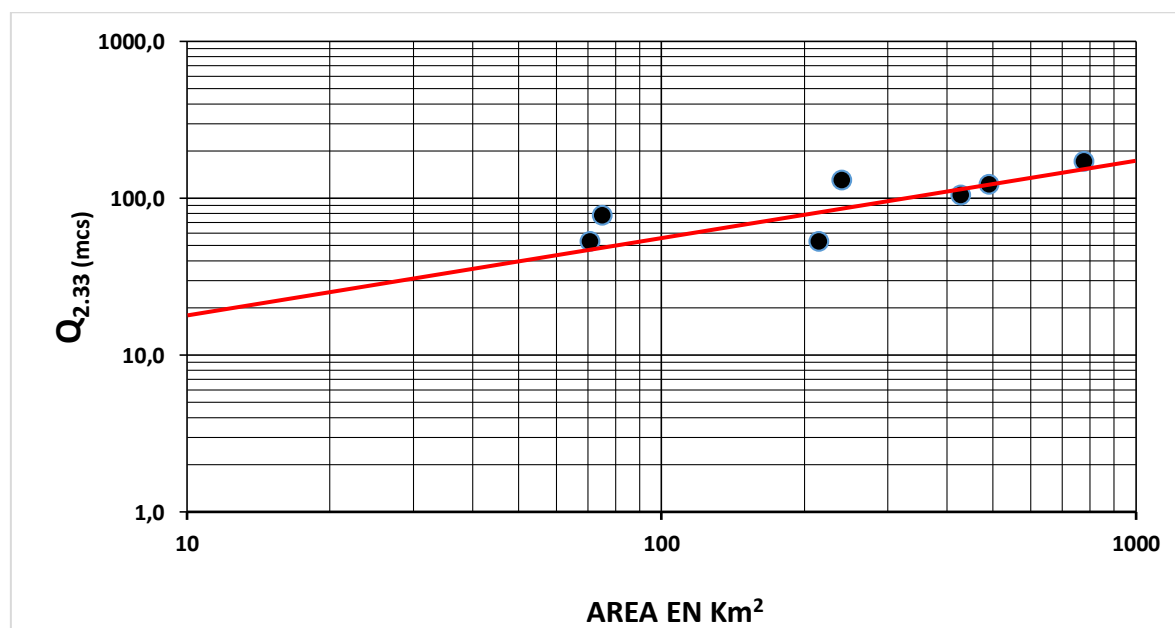


Figura 36. Curva de Área contra $Q_{2,33}$ para la región homogénea

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

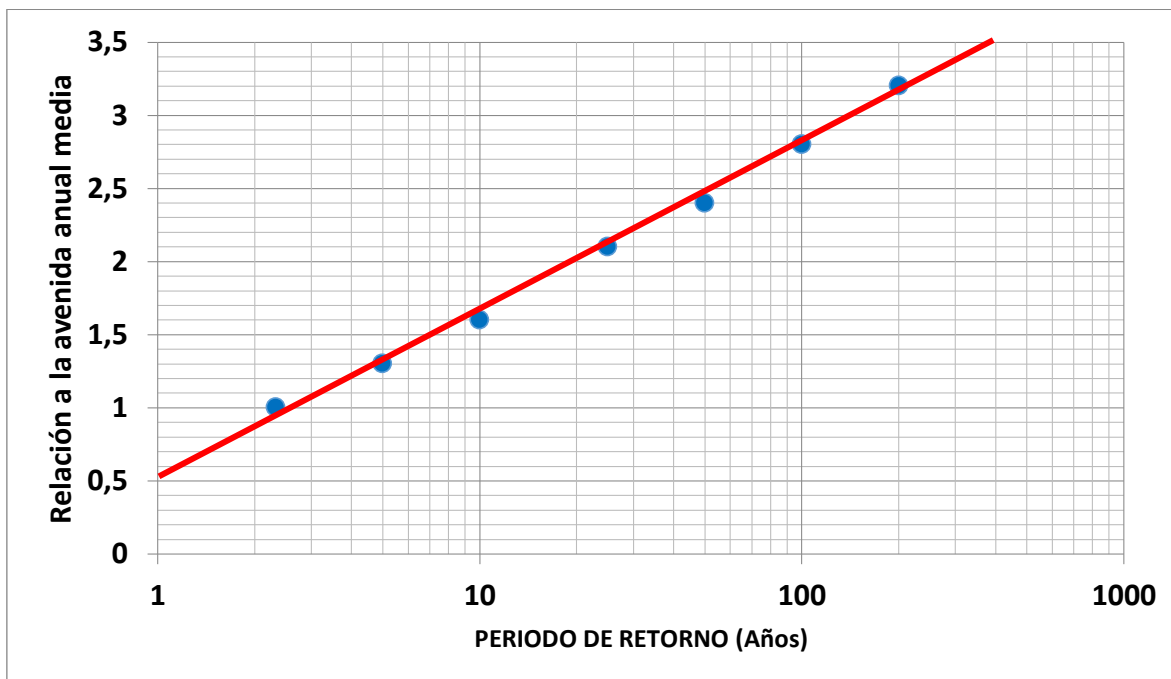


Figura 37. Curva regional de frecuencias de caudales extremos
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

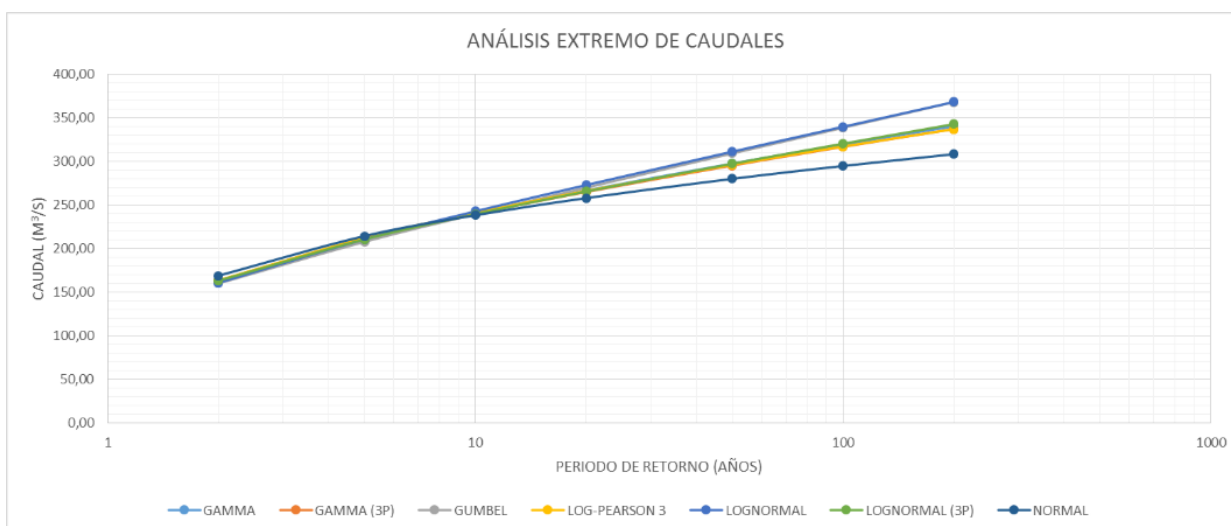


Figura 38. Curvas de frecuencia de caudales máximos estación Puente Negro Mejor distribución Gumbel

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

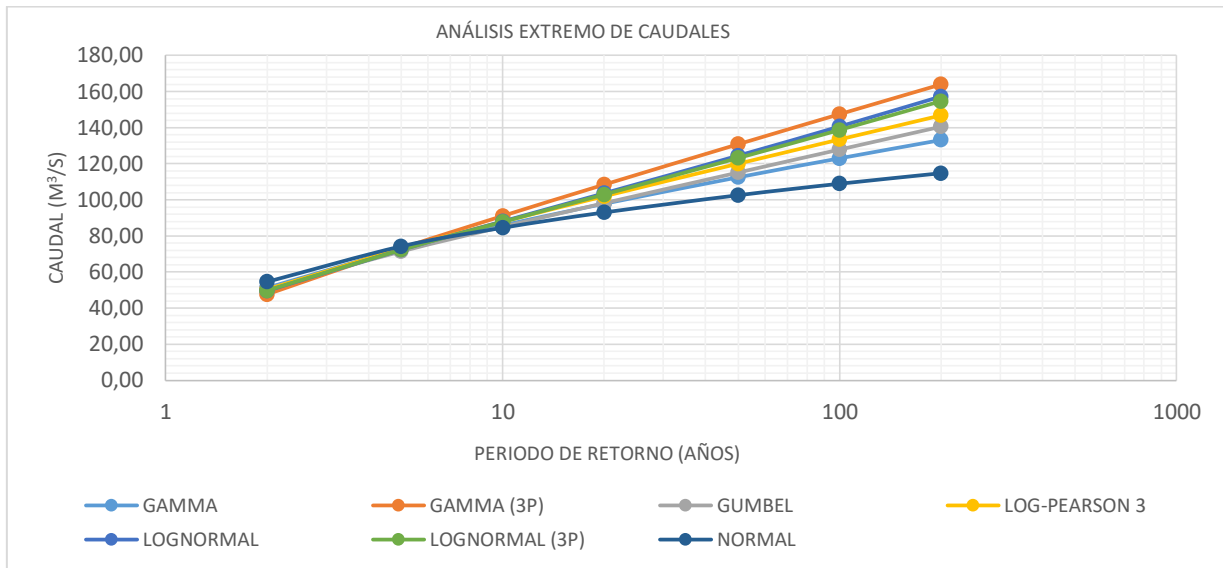


Figura 39. Curvas de frecuencia de caudales máximos estación La Bretaña Mejor distribución Gumbel

Fuente: CARDER, 1966 y Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

De acuerdo con los datos procesados 20 años atrás por el proyecto CARDER-CANADA, los resultados actuales producen menores valores de las avenidas que los encontrados 20 años atrás, lo cual puede ser una indicación de tendencia general a la disminución de los caudales máximos, que contradice la tendencia general observada de los datos de la estación Puente negro, como se discutió atrás; esta condición demuestra que el análisis tendencial es por el momento poco confiable debido probablemente a la corta duración de los registros disponibles, y al grado de intervención de la cuenca.

En la Figura 40 se presenta esquema de caudales máximos.

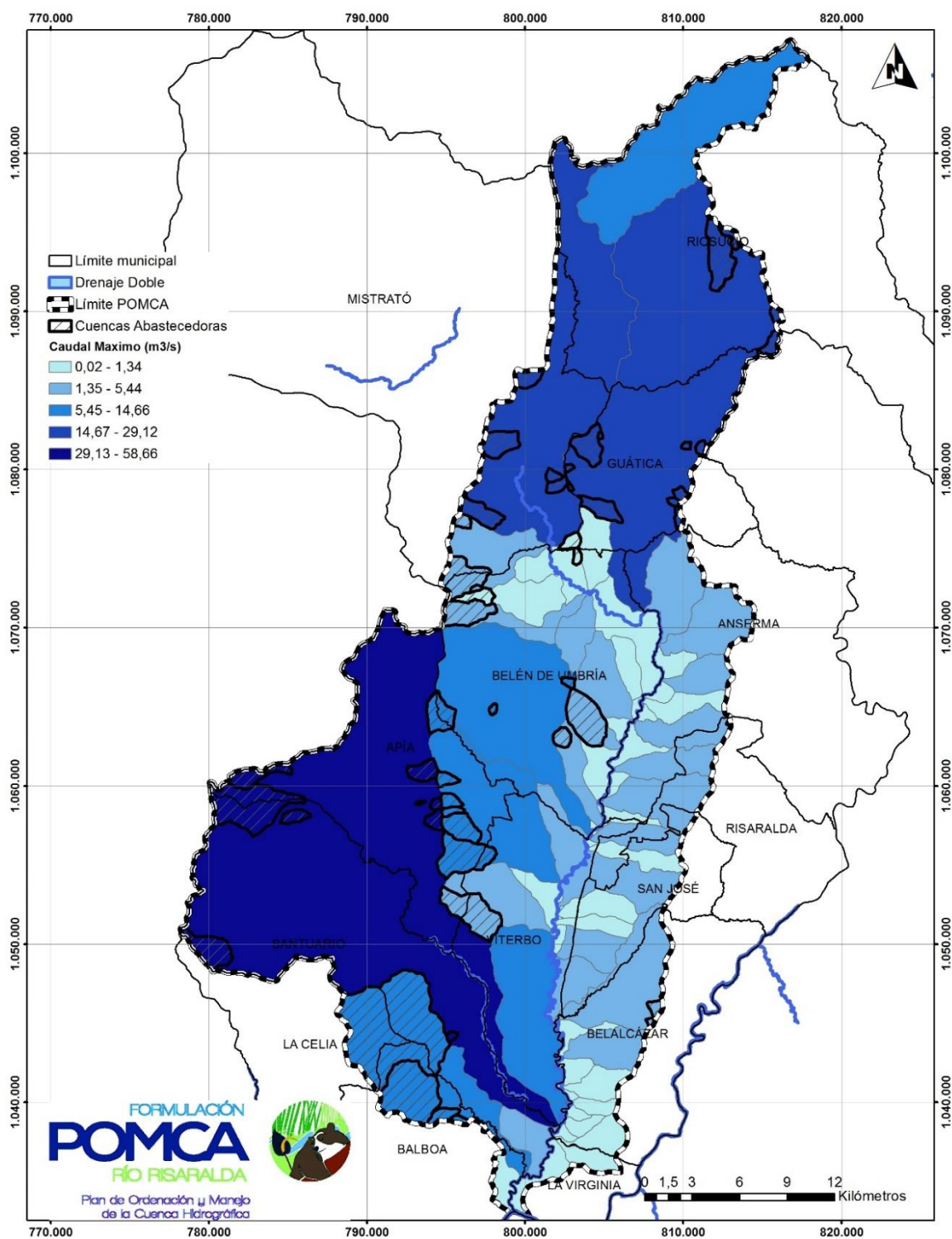


Figura 40. Caudales máximos

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Riosalada, 2017.

6.2 Escorrentía de Caudales Mínimos

En la misma forma, los caudales mínimos del río Risaralda para esas dos estaciones se obtuvieron mediante la aplicación de hasta 10 funciones diferentes de distribución de frecuencias, con los siguientes resultados.

Tabla 19. Régimen de caudales Mínimos río Risaralda, estación Puente Negro.

PERIODO DE RETORNO (Años)	Actual 2016 (m ³ /s)
2	10,41
5	7,17
10	5,89
20	5,01
50	4,17
100	3,69
200	3,29

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Tabla 20. Régimen de caudales Mínimos río Mapa, estación La Bretaña

PERIODO DE RETORNO (Años)	Actual 2016 (m ³ /s)
2	3,13
5	1,96
10	1,42
20	0,99
50	0,55
100	0,27
200	0,02

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

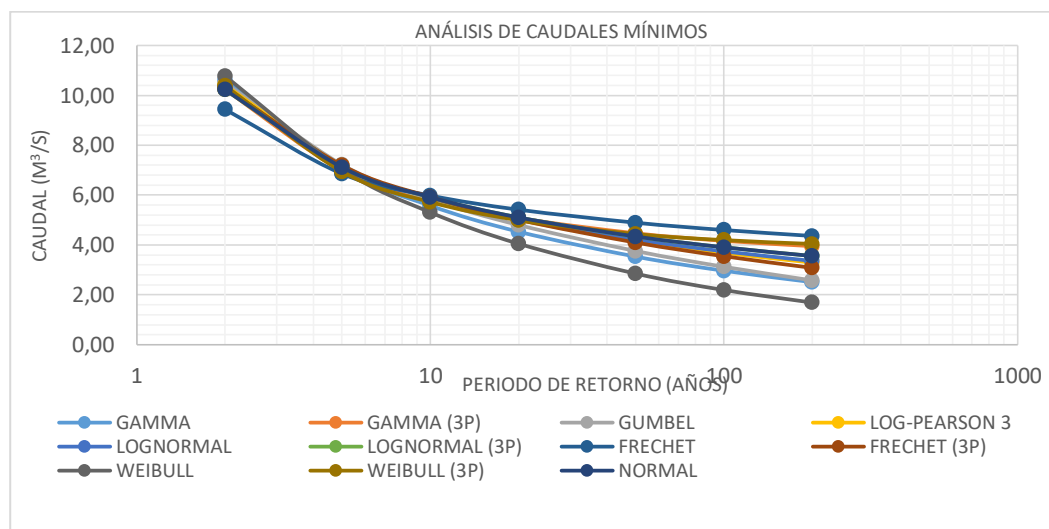


Figura 41. Curva de frecuencia de caudales mínimos en el río Risaralda, estación Puente Negro. Mejor distribución Log Pearson 3

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

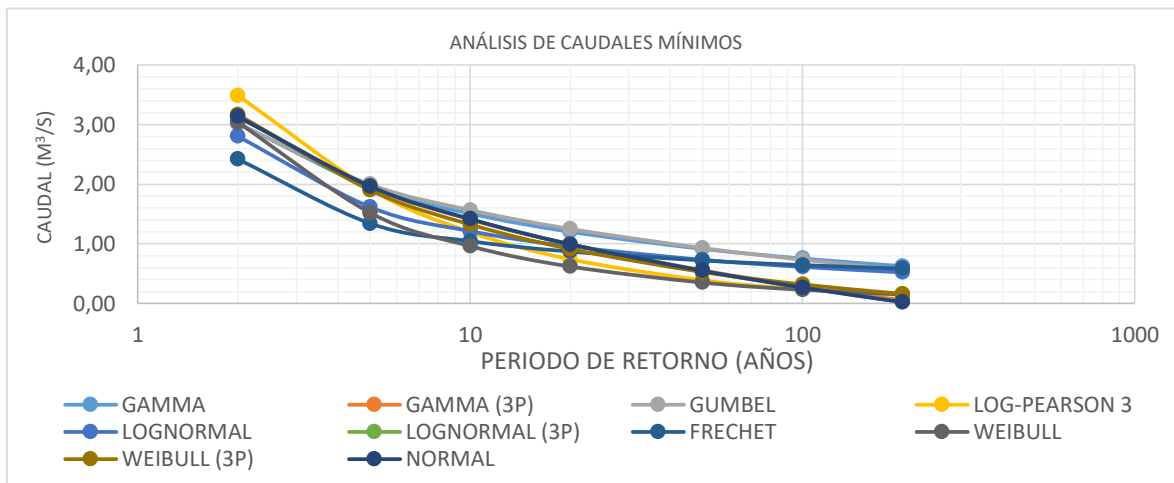


Figura 42. Curva de frecuencia de caudales mínimos estación La Breña. Mejo distribución Weibull 3P

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

En la Figura 43 se presenta esquema de caudales mínimos.

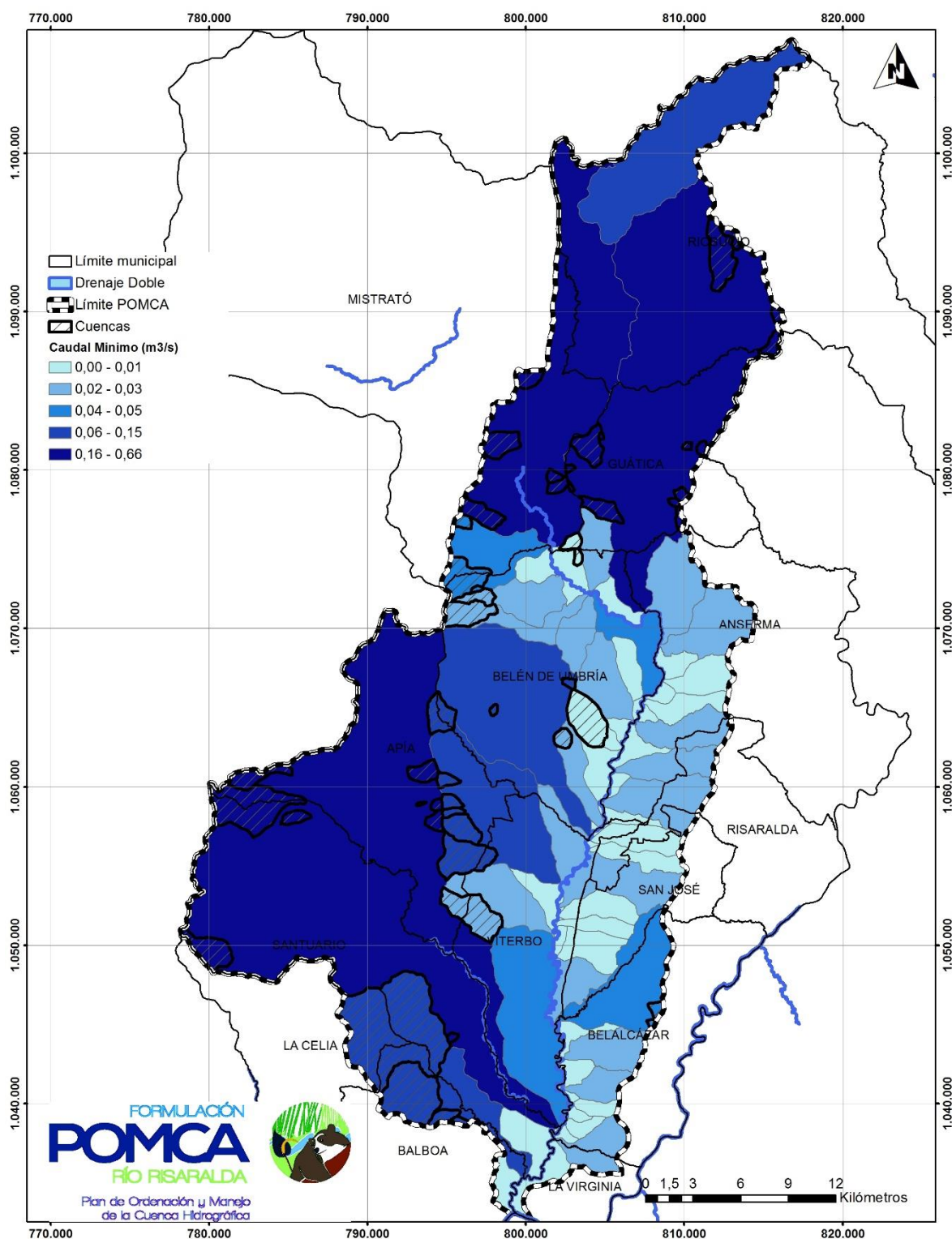


Figura 43. Caudales mínimos

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

6.3 Transporte de sedimentos río Risaralda

El comportamiento fluviomorfológico de un Río depende en gran medida de las características y magnitud de la carga sólida que transporta. El transporte está compuesto por carga de arrastre y carga en suspensión: la primera está constituida por los materiales de grano grueso, cuyas partículas viajan parcialmente sustentadas por el lecho del Río; mientras que la segunda se compone de granos que se transportan sustentados por el flujo, dado su menor tamaño y peso.

Parte de la carga proviene del aporte de la erosión superficial de la cuenca, y su magnitud depende de las características geológicas, topográficas y climáticas de la misma, por lo cual no es función del caudal de la corriente, siendo necesario medirla directamente en el Río; es la "Carga de Lavado", conformada por partículas de pequeño diámetro, que se transportan primordialmente en suspensión. La carga restante es la "Carga de material del lecho", que se transporta tanto en arrastre como en suspensión, proviene del lecho mismo de la corriente, y su magnitud depende exclusivamente de la capacidad del flujo para transportarla, existiendo una relación biunívoca con el caudal que permite calcularla con precisión.

6.3.1 Carga medida

Mediante aforos sólidos en las estaciones hidrométricas, es posible calcular la carga en suspensión correspondiente a material de "lavado", compuesto de materiales de limos, arcillas, y arenas muy finas. En la experiencia de los Consultores la carga de lavado corresponde aproximadamente al 50 % del total de la carga suspendida; en consecuencia, podría estimarse preliminarmente como de la misma magnitud de la carga suspendida del material del lecho. Un cálculo de este tipo se puede realizar para la estación de puente Negro, donde existen aforos sólidos del IDEAM. Sin embargo, esta carga no es representativa de la carga de materiales más gruesos, en el tamaño de gravas, ($D > 2$ mm), por lo cual el análisis de estos aforos no es adecuado para conocer las condiciones de explotación de materiales en los ríos Mapa y Risaralda.

6.3.2 Carga calculada

Los ríos Mapa y Risaralda, cuyas condiciones sedimentológicas son de interés debido a la gran cantidad de concesiones de minería de materiales para construcción que se han otorgado, están desde hace varios años en estado latente de sobre-explotación de sus materiales de arrastre, particularmente e los rangos de material más grueso, que son las gravas, ($D > 2$ mm); por esta razón, los datos de aforros sólidos en las estaciones de medición del IDEAM, que incluyen únicamente materiales de la carga de lavado, y algunas arenas medias a finas, no son representativos de la carga de materiales que es necesario identificar, para juzgar sobre las posibilidades de explotación y las necesidades de control y ordenamiento de las concesiones mineras.

La carga de material del lecho en los rangos de arena y gravas, se determina mediante cálculo directo con ecuaciones de transporte como las del método de Einstein, utilizado anteriormente por el proyecto CARDER-CANADÁ en 1996. Dada la sobre-explotación a la que han estado sujetos los dos ríos en los últimos 20 años, la información anterior, del proyecto CARDER-CANADA resulta de mayor interés, que la que se pueda lograr con datos actuales de las estaciones de medición, o con cálculos realizados sobre la base de las condiciones hidráulicas actuales de los cauces y las granulometrías actuales de los lechos, que tienen que estar presentando una enorme variabilidad e inestabilidad.

Los resultados de CARDER-CANADA arrojaron cargas sólidas del orden de 675.000 Ton/año, en la parte alta, aguas arriba de La isla, en tanto que en la parte baja los resultados dieron alrededor de 350.000 Ton/año. Las diferencias reflejan más que todo el cambio de pendiente que se observa, y en cierta proporción, el cambio granulométrico. El problema crítico, para determinar con precisión la carga sólida, es el de obtener la distribución de tamaños, representativa del lecho real de la corriente en cada sitio; estas granulometrías no pueden obtenerse en forma más precisa sino después de varios años de mediciones repetidas en cada punto del río.

La carga sólida a todo lo largo del sector de estudio es posiblemente mayor de 350.000 Ton/año e inferior a 1'000.000 Ton/año, (debe recordarse que la variabilidad normal de la carga sólida promedio en un cauce aluvial oscila entre la mitad y el doble de los valores estimados). Se puede establecer también, que existe una activa depositación de sedimentos gruesos en la zona de quiebre de pendiente, que equivale en promedio al 50% de la carga inicial, representada en especial por tamaños en los rangos de arenas medias a gravas gruesas. El transporte de materiales de diámetro superior a 25 mm, (una pulgada), es muy limitado, por lo cual la minería de materiales de diámetro superior, presenta el riesgo de introducir un cambio granulométrico en el lecho a mediano plazo.

El proyecto CARDER-CANADÁ estimó la carga de acuerdo con los rangos de tamaños más importantes, y con esos resultados confeccionó la Tabla 21, que muestra el paulatino decrecimiento de la carga de materiales más gruesos, y el aumento progresivo de la carga de arenas, (0.0625-2.0 mm).

Tabla 21. Carga sólida del río Risaralda por tamaño de partículas

TAMAÑO (mm)	DENOMINACION	JUNIN		PUENTE NEGRO		EL CAIRO	
		Ton/Año	%	Ton/Año	%	Ton/Año	%
0.0625-2.00	ARENAS	55.000	8.2	75.000	21.1	135.000	39.1
2.00-16.00	GRAVAS M.	300.000	44.4	200.000	56.3	190.000	55.1
16.00-64.00	GRAVAS G.	270.000	40.0	50.000	14.1	20.000	5.8
64.00-256.00	CANTOS	50.000	7.4	30.000	8.5	0	0.0
TOTAL		675.000	100.0	355.000	100.0	345.000	100.0

Fuente: Proyecto CARDER-CANADÁ, 1996

Como se puede apreciar, la carga total de materiales no es muy grande, ni lo es la cantidad individual de gravas, arenas o cantos. La carga más grande corresponde a las gravas medias, entre 2.0 mm y 16.0 mm, de las cuales son explotables unas 100.000 Ton/año como máximo, o un volumen aproximado de 70.000 m³/año, a todo lo largo del río. La carga explotable de arenas sería seguramente otro tanto, pero únicamente en la zona cercana a la desembocadura del río. La carga más gruesa, de gravas y cantos, entre 2 y 25 cm de diámetro, solo debería explotarse en la porción aguas arriba, con una tasa de explotación del orden de 200.000 Ton/año o 140.000 m³/año.

Los estimativos de carga según el modo de transporte aparecen en la Tabla 22, donde además se incluye el estimativo de la carga de lavado consistente en limos y arcillas, que se estima será igual a la carga de material del lecho en suspensión como ocurre en muchos ríos Colombianos.

Tabla 22. Carga sólida del río Risaralda según modo de transporte

TAMAÑO (mm)	DENOMINACION	JUNIN Ton/Año	Pte. NEGRO Ton/Año	EL CAIRO Ton/Año
0.0625 a 2.0	SUSPENSION	55.000	75.000	135.000
2.0 a 64.0	ARRASTRE	300.000	200.000	190.000
< 0.062	LAVADO	270.000	50.000	20.000
TOTAL		675.000	355.000	345.000

Fuente: Proyecto CARDER-CANADÁ, 1996

La Subcuenca del río Mapa, arroja una capacidad de transporte del orden de 230.000 Ton/año, calculada para la granulometría analizada sobre la muestra tomada en el sector Sinaí durante el viaje de campo. En forma similar, se ha estimado la carga para este río, de acuerdo con los rangos de tamaños más importantes, y se ha conformado en la Tabla 23.

Tabla 23. Carga sólida en el río Mapa según tamaños de partículas

TAMAÑOS (mm)	DENOMINACION	SECTOR SINAI	
		Ton/Año	%
0.0625-2.00	ARENAS	110.000	48.0
2.00-16.00	GRAVAS M.	80.000	35.0
16.00-64.00	GRAVAS G.	40.000	17.0
64.00-256.00	CANTOS	0.00	
TOTAL		230.000	100.0

Fuente: Proyecto CARDER-CANADÁ, 1996

La carga sólida calculada corresponde nuevamente a la carga de material del lecho, y según los cálculos del Método de Einstein cerca del 35% es carga de arrastre y 65% es carga en suspensión; según esto, el estimativo de la carga de lavado sería igual al de la carga suspendida de material del lecho o sea 150.000 Ton/año, de limos y arcillas.

La carga explotable en este caso, de acuerdo con el proyecto CARDER-CANADA de 1996, sería del orden de 150.000 Ton/año de las cuales el 50% serían arenas y

el 50% gravas con tamaños inferiores a 50 mm. Cualquier explotación adicional a partir del lecho mismo de la corriente podría desestabilizar seriamente el cauce. La explotación en vega es estrictamente minería, y esos materiales no serán reemplazados por la carga sólida de la corriente.

Además de estos cálculos, que fueron hechos en forma específica para estos ríos, en una época reciente, pero cuando los ríos no se encontraban en un estado tan avanzado de deterioro debido a la sobre-explotación de sus lechos, los Consultores del POMCA del río Risaralda pudieron también consultar estudios más recientes aunque menos concluyentes que el anteriormente citado, por las razones ya establecidas, y estudios más generales de toda la cuenca del río Cauca, como los que se han realizado en los últimos años en relación con la sedimentología del Proyecto hidroeléctrico de Ituango. Los tres estudios conducen al mismo resultado, que ha sido reportado en otros capítulos del POMCA, y que se resumen aquí para la situación actual:

La producción anual promedio de sedimentos en la cuenca del río Cauca en Colombia es del orden de 995 toneladas por año por kilómetro cuadrado, de la cual menos del 18% es carga de gravas y materiales gruesos, mayores de 2mm; eso quiere decir que la producción total de sedimentos gruesos apenas llega a 179 toneladas por año kilómetro cuadrado, sin embargo, es necesario anotar que no es posible explotar la totalidad de la carga sedimentológica de un río, ya que los valores promedio del cálculo tienen una variabilidad entre el 50% por defecto y el 100% por exceso, de lo cual se deduce que hay años en los cuales la carga es apenas del 50% del total, y en esos años el cauce recibiría una drástica sobre excavación. Por lo anterior, es necesario limitar la extracción al 50% de la producción media de los cauces, es decir en la cuenca del río Cauca se debería restringir a solo 90 toneladas por kilómetro cuadrado, de gravas.

De lo anterior se deduce que, por ejemplo para una subcuenca de solo 287 km² como la cuenca del río Mapa, no es posible soportar en total más de 25,830 toneladas al año, o alrededor de 2,152.5 Ton/mes de materiales gruesos. En carga volumétrica es necesario considera que cada tonelada representa apenas 0.67 m³ de modo que eso limita la extracción a menos de 1,435 m³/mes. Dado que el río apenas presenta 22 km de zona plana disponible para la extracción de materiales, eso limita además las concesiones a 65 m³/mes/km. Este es posiblemente el tamaño de una explotación artesanal grande, pero no tiene el nivel de una explotación industrial de tamaño pequeño.

Dado que la extracción de material de gravas de la planicie aluvial la destruye completamente, este tipo de operación que es pura minería, ya que el material nunca sería repuesto por el río, ni los socavones podría ser rellenados de nuevo, debe ser totalmente prohibida, dado que afecta todos los demás usos posibles del suelo que serían en todo caso más rentables.

7 IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO LLUVIA-ESCORRENTÍA

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados y las condiciones hidroclimatológicas de la cuenca, se implementó un modelo de lluvia-escorrentía con el software Water Evaluation And Planning Systema (WEAP), herramienta hidroeinformática desarrollada por el Stockholm Environment Institute (SEI) para la planificación integrada de recursos hídricos, cuyo objetivo es asistir a los planificadores en la toma de decisiones a través de un marco comprensivo, flexible y de uso fácil para la planificación y análisis de políticas relacionadas con el recurso hídrico (SEI, 2009).

A través de su interfaz gráfica, pueden analizarse un amplio rango de temas e incertidumbres, como aquellos relacionados con el clima, la hidrología, las condiciones de la cuenca, proyecciones de demanda, condiciones regulatorias, objetivos de operación e infraestructura disponible.

7.1 Descripción del Sistema Soporte a la Decisión (SSD) WEAP

WEAP funciona usando el principio básico de balance de masa, el cual puede ser utilizado para sistemas municipales y agrícolas, a una sola cuenca o complejos sistemas de cuencas hidrográficas, (Nacionales y Transfronterizos). Adicionalmente, puede simular una amplia gama de los componentes naturales e intervenidos de estos sistemas, incluyendo escorrentía por precipitación, flujo base, y recarga de aguas subterráneas por precipitación; análisis de demandas sectoriales; conservación del agua; derechos de agua y prioridades de asignación, operaciones de los embalses; generación de hidroelectricidad; seguimiento de la contaminación y calidad de las agua; evaluaciones de vulnerabilidad, requisitos de los ecosistemas e incluso un módulo de análisis financiero, permitiendo que el usuario realice Análisis Económico para los proyectos de gestión de recursos hídricos.

La estructura de datos y el nivel de detalle se pueden modificar fácilmente para satisfacer los requisitos y la disponibilidad de datos para un sistema y un análisis particular (SEI, 2007).

WEAP puede operar bajo las siguientes capacidades:

- Base de Datos: proporcionando un sistema para mantener información de oferta y demanda de agua.
- Herramienta de generación de escenarios: simula demanda, oferta, escorrentía, caudal, almacenamiento, generación, tratamiento y descarga de contaminantes, y calidad de agua en los ríos.
- Herramienta de análisis de políticas: evalúa una gama completa de las opciones de planificación y gestión del agua, y toma en cuenta múltiples y opuestos usos de los recursos hídricos.

Dentro de las principales características del SSD WEAP se citan las siguientes:

- Sistema de planificación integrado de los recursos hídricos.
- Modelos incorporados para modelación de: escorrentía e infiltración por precipitación, evapotranspiración, demandas de agua y producciones de cosechas, interacciones entre aguas superficiales y aguas subterráneas, y calidad del agua en ríos.
- Interface gráfica basada en SIG.
- Capacidad para construir modelos con un número de funciones predefinidas.
- Ecuaciones y variables definidas por el usuario.
- Conexión dinámica con hojas de cálculo y otros modelos.
- Algoritmo de programación lineal incorporado, resuelve las ecuaciones de distribución de agua.
- Estructuras de datos flexibles y expandible.
- Poderoso sistema de información de resultados incluyendo gráficos, tablas y mapas.

7.2 Descripción interfaz WEAP

La interfaz gráfica usada por WEAP permite basarse en SIG para generar el esquema del territorio a estudiar, teniendo en cuenta diferentes elementos como las corrientes hídricas, elementos construidos y otros componentes de interés a lo largo del río. Dicha interfaz está dividida en cinco componentes:



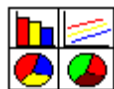
Esquema: en éste se crean todos los elementos del modelo como son los puntos de demanda, las corrientes hídricas y elementos construidos a lo largo de ellas como centrales hidroeléctricas. WEAP permite agregar archivos SIG, lo que facilita la ubicación de los elementos antes mencionados.



Datos: este componente permite agregar información de cada uno de los elementos creados en la anterior, tales como áreas, caudales de captación, información de demanda, entre otros. Así mismo, permite registrar supuestos y proyecciones usando expresiones matemáticas.



Resultados: permite observar los resultados del modelo en gráficos, tablas o en un mapa y de forma animada, los resultados a través del tiempo mediante los gráficos y el mapa.



Explorador de escenarios: en este componente es posible comparar gráficos de interés para explorar cómo los cambios en los datos pueden afectar los resultados.



Notas: facilita hacer seguimiento a las fuentes de la información suministrada al modelo.

7.3 Modelo hidrológico del SSD WEAP

En general, este modelo hidrológico es espacialmente continuo con un área de estudio configurado como un set de subcuencas contiguas que cubren toda la extensión de la cuenca de análisis.

Un set homogéneo de datos climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) es utilizado en cada una de estas subcuencas, que se encuentran divididas en diferentes tipos de cobertura/uso de suelo. Un modelo cuasi físico unidimensional, con dos receptáculos de balance de agua para cada tipo de cobertura/uso de suelo; distribuye el agua entre escorrentía superficial, infiltración, evaporación, flujo base y percolación (Figura 44).

Los valores de cada una de estas áreas se suman para obtener los valores agregados en una subcuenca o un punto de control. En cada tiempo de corrida del modelo, WEAP calcula primero los flujos hidrológicos, que son traspasados a los ríos y acuíferos asociados. La distribución de agua se realiza para el mismo tiempo de corrida, donde las restricciones relacionadas con las características de los embalses y la red de distribución, las regulaciones ambientales y a la vez las prioridades y preferencias asignadas a diferentes puntos de demanda son usadas como condiciones de operación de un algoritmo de programación lineal que maximiza la satisfacción de demanda hasta el mayor valor posible.

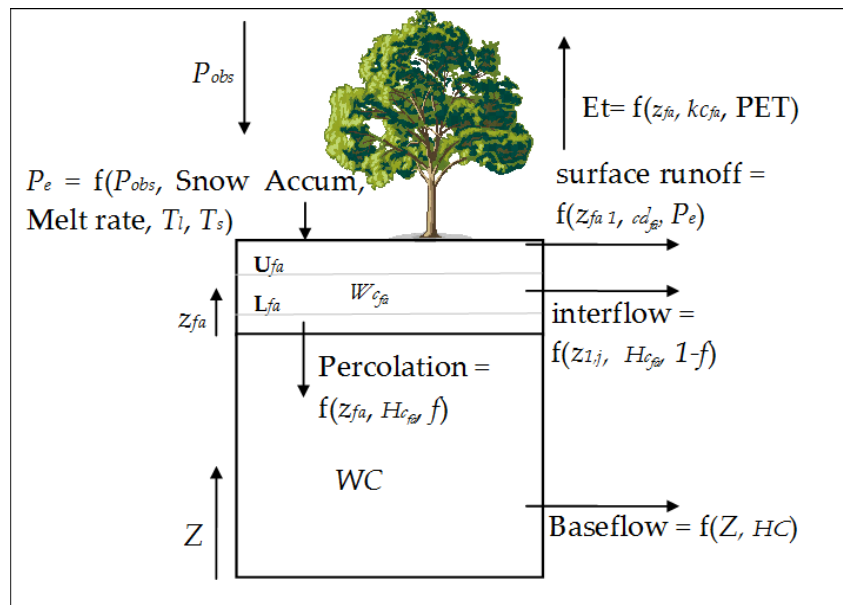


Figura 44. Modelo Hidrológico de WEAP - diagrama de doble balde

Fuente: Yates, 2005.

A continuación, se describen las variables de uso de suelo que considera este modelo:

- **Coefficiente del cultivo (Kc):** es relativo a cada cultivo y tipo de suelo.
- **Capacidad de almacenamiento de agua en la zona de raíces (Sw):** capacidad de almacenar agua efectiva en la capa superior del suelo (representada en mm).
- **Capacidad de almacenamiento de agua en la zona profunda (Dw):** capacidad de almacenar agua efectiva en la zona más profunda del suelo (balde 2), representada en mm. Este parámetro es un valor único para el "Catchment" y no varía según el tipo de suelo.
- **Factor de resistencia a la escorrentía (RRF):** es usado para controlar la respuesta de la escorrentía superficial. Está relacionado con factores como el índice de área foliar y la pendiente del terreno. La escorrentía tenderá a disminuir con valores más altos (entre 0.1 y 10). Este parámetro puede variar entre los diferentes tipos de suelo.
- **Conductividad de zona de raíces (Ks):** tasa de conductividad en la zona superior (balde 1) con total saturación, que se dividirá según la dirección de flujo preferida, entre el flujo subsuperficial y el flujo de la capa inferior del suelo. Este parámetro puede variar entre diferentes tipos de suelo.
- **Conductividad de zona profunda (Kd):** tasa de conductividad (longitud/tiempo) de la zona profunda (balde 2) con saturación total, que controla la transmisión del caudal base. Esta variable es un valor único para el "Catchment" y no varía según el tipo de suelo.
- **Dirección preferencial de flujo (f):** es usado para la división del flujo de la zona de raíces entre el flujo subsuperficial y el flujo hacia la parte más baja del suelo (balde 2) o las aguas subterráneas. Si el valor es 1.0 = 100% horizontal y si es 0 = 100% flujo vertical. Este parámetro puede variar entre diferentes tipos de suelo.
- **Nivel de humedad en la zona de raíces (Z1):** el valor de la inicial 1, se da al inicio de la simulación. Es el porcentaje del almacenamiento efectivo de la zona de conductividad de las raíces.
- **Nivel de humedad en la zona profunda (Z2):** el valor de la inicial 2 se da al inicio de la simulación. Es el porcentaje del almacenamiento efectivo de la zona del suelo más profunda. Este parámetro no varía según el tipo de suelo.

En las siguientes ecuaciones se pueden apreciar las variables representadas en la Figura anterior, observándose como cada término de la ecuación que corresponde a un elemento del balance hidrológico es afectado de forma diferente por los parámetros indicados.

Balde superior:

$$Sw_j \frac{dz_{1,j}}{dt} = P_e(t) - PET(t)k_{e,j}(t) \left(\frac{5z_{1,j} - 2z_{1,j}^2}{3} \right) - P_e(t) \frac{RRF_j}{z_{1,j}^2} - f_j k_{s,j} z_{1,j}^2 - (1 - f_j) k_{s,j} z_{1,j}^2$$

Donde:

Primer término: Cambio en la humedad del suelo

Segundo factor: Precipitación efectiva (incluye riego y derretimiento de nieves)

Tercer término: Evapotranspiración

Cuarto factor: Escorrentía superficial

Quinto factor: Flujo intermedio

Sexto factor: Percolación

Balde inferior:

$$Dw_j \frac{dz_{2,j}}{dt} = -k_d z_{1,j}^2 + (1 - f_j) k_s z_{2,j}^2$$

Donde:

Primer término: Flujo base

Segundo término: Percolación

7.4 Elementos para el modelo conceptual WEAP Risaralda

7.4.1 Marco temporal

El periodo para el cual se realizará la modelación se definió teniendo en cuenta la cantidad y calidad de la información disponible, por tanto el modelo es a paso de tiempo diario para un periodo de 19 años comprendidos entre 1994 y 2013.

7.4.2 Límites espaciales

El área del estudio es la cuenca del río Risaralda. Entre los datos climáticos requeridos por WEAP se encuentran precipitación, temperatura, humedad, viento y latitud. Adicionalmente, requiere datos de caudales medidos en la corriente para llevar a cabo la calibración del modelo. Dado el caso que exista estructuras físicas de control y aprovechamiento al interior de la cuenca, también se debe incorporar esta información al modelo.

La información climática utilizada para el modelo se obtuvo por medio de los polígonos de Polígonos de Thiessen para la interpolación de la información disponible en diferentes estaciones ubicadas en el área de influencia de la cuenca del río Risaralda (Figura 45).

Adicionalmente, se requiere la de demanda del área de análisis, bien sea por sus componentes naturales (usos del suelo) como por las intervenciones humanas (concesiones, por ejemplo).

Para definir los catchments se tuvo en cuenta la sectorización hidrográfica de la cuenca de Risaralda (Figura 46), y fajas de altitud cada 250 metros, para obtener así 285 catchments (Figura 47 y Figura 48), los cuales se nombraron con códigos únicos e irrepetibles indicando en cada uno la faja de elevación a la que corresponde.

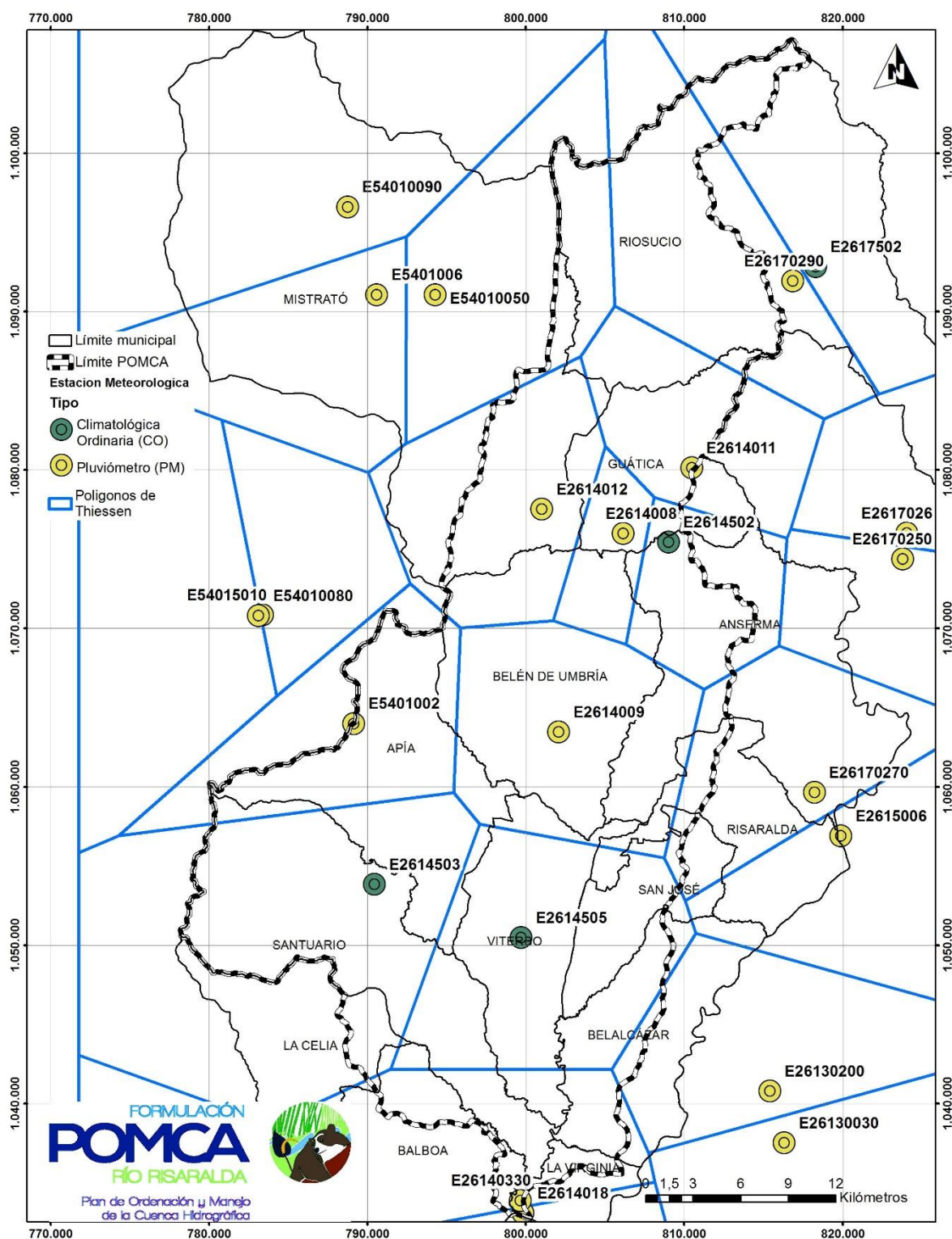


Figura 45. Polígonos de Thiessen cuenca del río Risaralda.
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

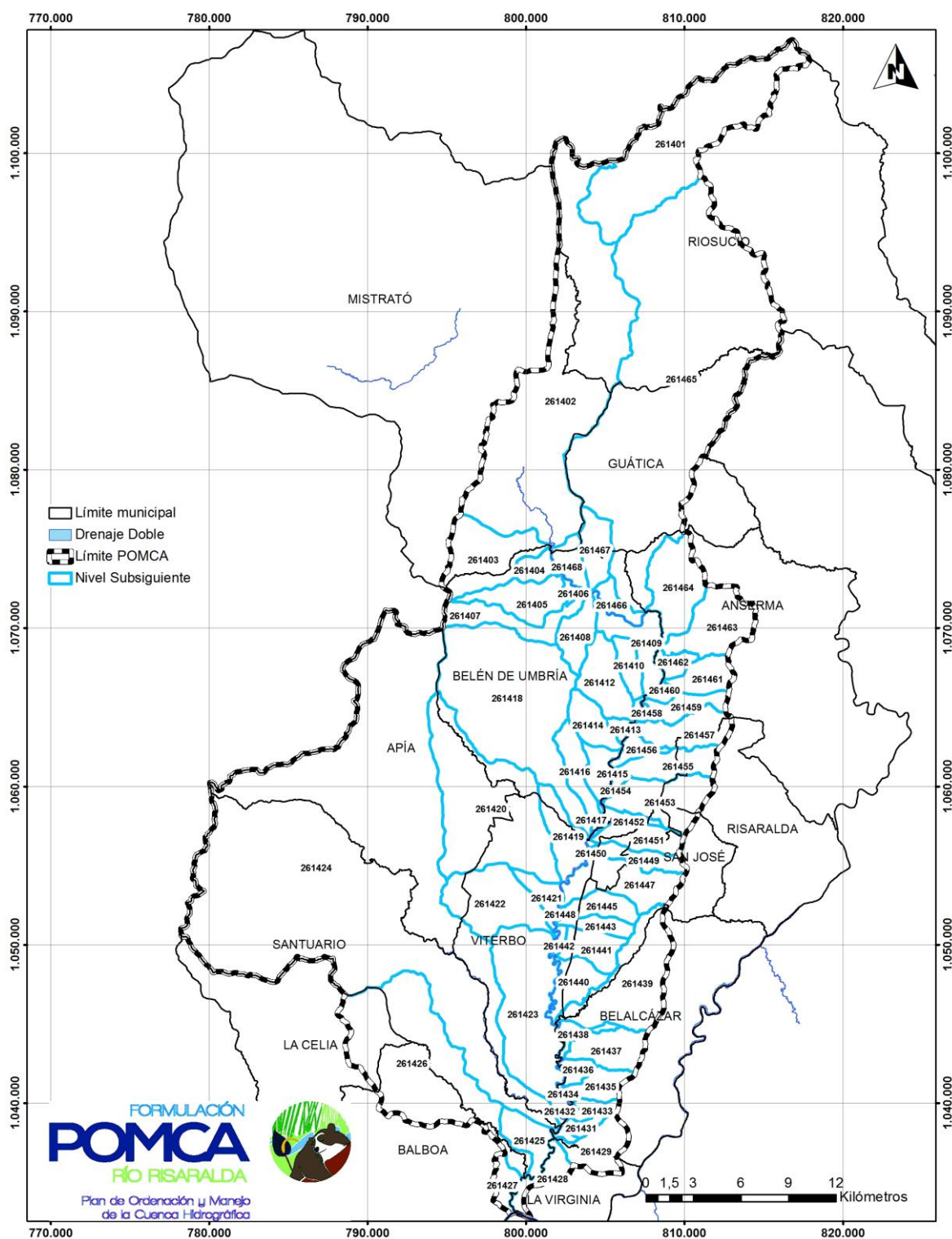


Figura 46. Unidades hidrológicas de análisis.
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

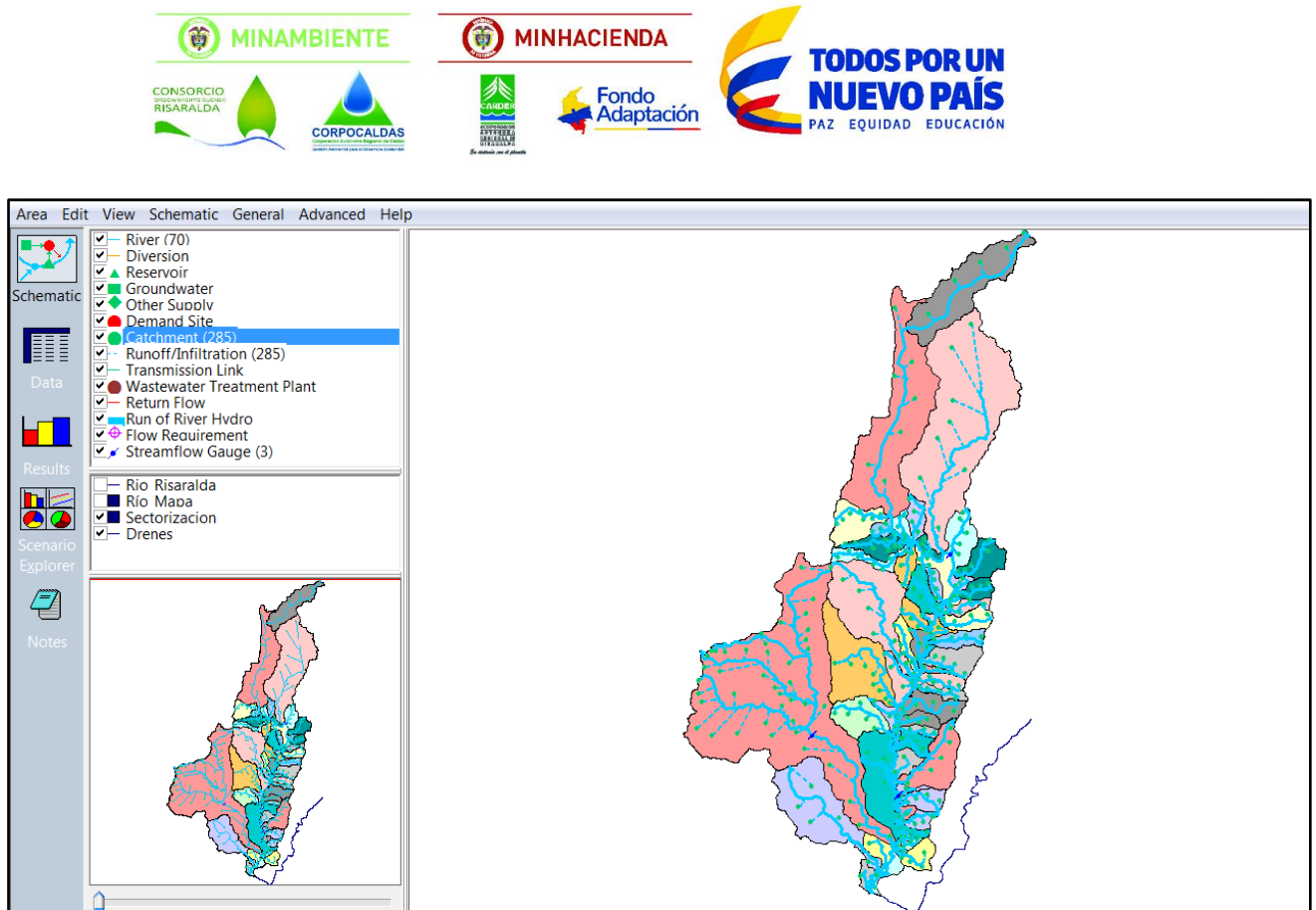


Figura 47. Total de catchments representados en WEAP.
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

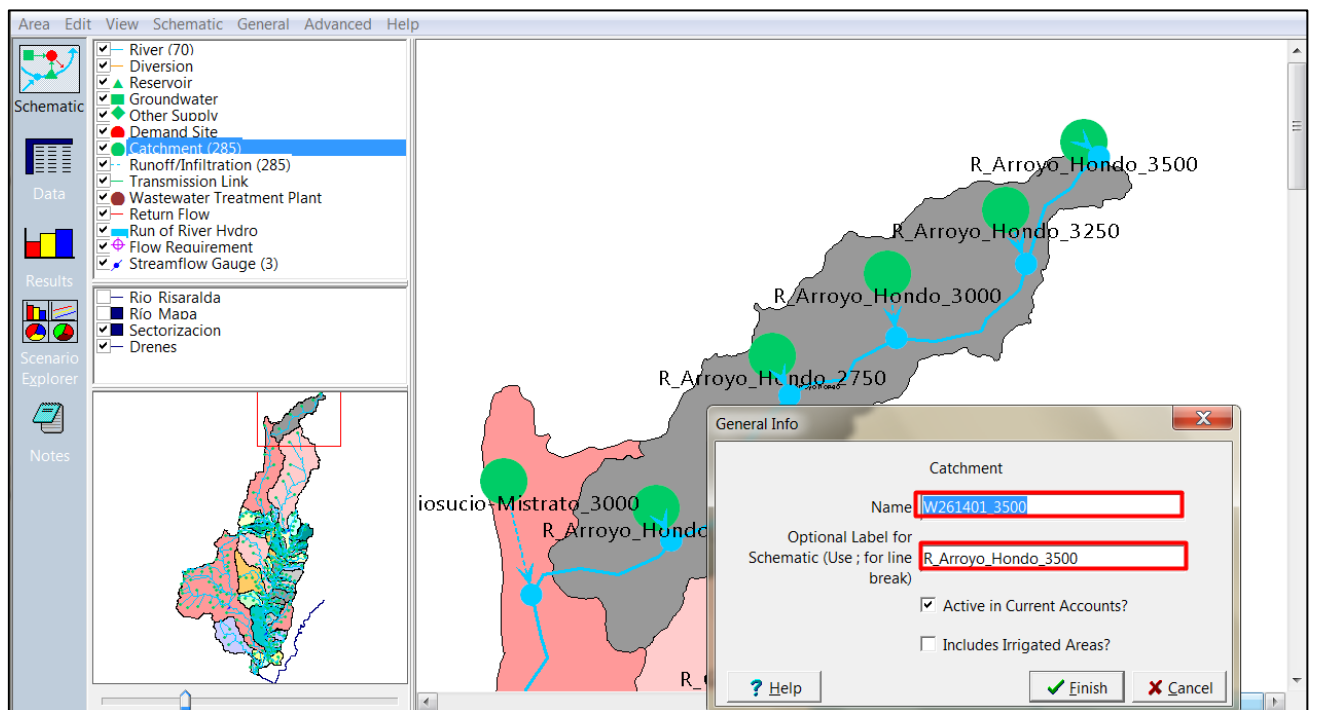


Figura 48. Codificación de los catchments en WEAP.
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

7.5 Construcción del modelo

A continuación, se describen los elementos usados del modelo WEAP para representar los componentes de la cuenca del río Risaralda, bien sean naturales o construidos.

- Red hídrica superficial, la red hídrica superficial está constituida por los cauces principales del río Risaralda y sus principales tributarios.
- Unidades de Demanda Urbana (UDU), se refiere principalmente a los centros urbanos de mayor tamaño que se abastecen del río Risaralda (incluyendo sus tributarios). Estas UDU en su gran mayoría se encuentran asentadas dentro de los límites de las cuencas en estudio. Los sitios de demanda definidos en el modelo fueron los municipios de Pereira y Dosquebradas, por ser estos los principales usuarios del recurso en la cuenca, pues como se mencionó se abastecen del río Risaralda en un 100% y 70%, respectivamente.
- Unidades de Demanda Hidroeléctrica (UDHE), se refiere a las centrales hidroeléctricas ubicadas a lo largo del cauce del río como la captación realizada por la Empresa de Energía de Pereira para tal fin.
- Unidades básicas de modelación (Catchment), como se mencionó en el punto anterior, se definieron un total de 285 catchments a lo largo de la cuenca del río Risaralda.
- Canales de derivación, este elemento representa los diferentes canales por donde se extrae el agua requerida por las UDHE para generación energética.
- Conducciones de agua, este elemento hace referencia al conjunto de estructuras necesarias para captar y transportar el agua desde el río hasta la UDU o UDHE que la requiere, básicamente abarca la bocatoma, la aducción y la conducción.
- Flujos de retorno, este elemento hace referencia al conjunto de estructuras cuya función es transportar, evacuar y descargar sobre una fuente de agua superficial o en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) las aguas residuales provenientes principalmente de las UDU.
- Demanda de agua por caudal ecológico, con este elemento se busca garantizar la demanda de caudal ecológico aguas abajo de las bocatomas de los principales centros poblados asentados en el área de influencia de las cuencas de interés.
- Estaciones de medición de caudal, este elemento permite la representación de estaciones hidrológicas (Limnométricas y Limnigráficas) que miden caudales

sobres las corrientes de agua superficiales. Allí se incorporan datos de caudales observados, los cuales servirán en una etapa posterior para la calibración del modelo hidrológico del SSD WEAP.

7.5.1 Parámetros para la calibración del modelo

Anteriormente se mencionaron los parámetros evaluados en el modelo doble balde para calcular la escorrentía de cada uno de los Catchments, los cuales son los mismo usados para la calibración del modelo; es decir para generar en el modelo las condiciones según las características propias de la zona donde se lleva a cabo la modelación. Es importante resaltar que este método considera que en la capa superior del suelo se incluyen los aportes de precipitación y derretimiento de hielo, además de la irrigación, y la evapotranspiración y los flujos de caudal se consideran como pérdidas desde la cuenca o área. También se considera la percolación hacia la capa más profunda, la cual es calibrada para mejorar la simulación del flujo base en la cuenca.

Así las cosas, la escorrentía total se define como la suma de la escorrentía directa y la superficial, la escorrentía sub-superficial representada por el modelo y el flujo derivado de las capas del suelo más profundas.

Los parámetros mencionados pueden variar de acuerdo a las propiedades del suelo, la vegetación y otros. Al momento de calibrar también se debe tener en cuenta la escala de tiempo con la cual está corriendo el modelo, dado que la sensibilidad de los parámetros no será la misma a una escala de tiempo mensual que a una diaria, como se explica en el siguiente capítulo.

Para calibrar el modelo se busca una combinación de los parámetros hidrológicos que ya está incluidos en la ecuación interna del método doble balde con el cual se realiza el balance para calcular la escorrentía superficial, por tanto mediante un análisis de sensibilidad teniendo en cuenta las condiciones particulares de la zona de estudio, se identifican los parámetros que tienen mayor incidencia en el caudal de las corrientes.

Así las cosas, el ajuste de los caudales pico se logra mediante el ajuste de la escorrentía superficial la cual es directamente afectada por el Factor de resistencia a la escorrentía (RRF) y la Conductividad de zona de raíces (Ks), mientras que los caudales base mediante la Dirección preferencial de flujo (f) y la Conductividad de zona profunda (Kd).

A continuación, se encuentran los rangos y valores por defecto del modelo para cada una de las variables para el cálculo de la lluvia escorrentía (Tabla 24).

Tabla 24. Valores por defecto de WEAP para usos del suelo

Variable	Rango	Valor por defecto
Kc	> 0	1
RRF	0 - 1000	2
Ks		20 mm
f	0 - 1	0.15
Sw	> 0	1000
Dw	> 0	1000
Deep Cond.	> 0.1	20 mm
Z1	0 - 100%	30%
Z2	1 - 100%	30%

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Como ya se señaló los valores para las variables mencionadas cambian dependiendo la escala de tiempo en la cual se corra el modelo, en este caso se cuenta con un modelo con datos climáticos diarios y otro con estos mismos datos pero agregados para correrlo a escala de tiempo mensual.

Para evaluar los resultados de la calibración del modelo se puede usar diferentes índices para caracterizar el comportamiento de la cuenca, en este caso se usaron: a) Coeficiente de Nash-Sutcliffe; b) Error cuadrático medio y c) BIAS, a continuación se explica cada uno de ellos:

- **Coeficiente de Nash-Sutcliffe**

Esta medida propuesta por Nash y Sutcliffe (Nash y Sutcliffe, 1970) busca establecer la eficiencia del modelo para predecir los caudales en comparación con la utilización de la media como predictor de la variable. Un coeficiente de NS = 0 implica que el modelo pronostica los caudales de igual forma a como lo haría la media de los datos observados, un NS negativo implica que la media es mejor predictor y un NS mayor a 0 implica que el modelo es mejor predictor que la media.

$$NS = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{(Qm_i - Qs_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Qm_i - \bar{Qm})^2}$$

Donde:

n = número de datos

Q_s = caudal simulado

$Q_m = \text{caudal medido}$

Los valores representados por este índice son decimales alrededor de uno (1), así, un valor igual a uno (1) corresponderá a un perfecto modelo de gestión, el valor cero (0) indicaría que el modelo de predicciones es tan preciso como la medida de los datos observados.

- **Error cuadrático medio**

El ECM se define como el promedio del cuadrado de la diferencia entre la medida estimada y la original. Cuando el valor de este índice es cero (0) implica una modelación perfecta, y para valores mayores a cero el ECM se utiliza para comparar modelaciones distintas de la misma variable. El ECM se define de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ECM = \frac{\sum_{i=1}^n (Qm_i - Qs_i)^2}{n}$$

- **BIAS**

El “bias” o seso estadístico es el promedio de la diferencia entre los valores medidos y los valores estimados. Es utilizado para evaluar la existencia de errores sistemáticos de sub o sobreestimación de la variable modelada. Su fórmula es similar a la del ECM pero a diferencia de esta no incluye el término cuadrático, por lo que se ve menos influenciado por diferencias entre los caudales máximos simulados y observados, ya que el ECM amplifica estos errores.

$$BIAS = \frac{\sum_i Qm_i - Qs_i}{n}$$

- **RSR**

El índice RSR incorpora los beneficios del índice de error estadístico e incluye un factor de normalización, así los resultados estadísticos y los valores reportados pueden ser aplicados a varios factores. Un RSR igual a cero (0) indica un modelo de simulación perfecto.

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{mean})^2}}$$

7.5.2 Calibración modelo escala de tiempo diario

En la siguiente tabla se encuentran los valores de las variables del método doble balde ajustados para cada una de las coberturas de la cuenca con los cuales se llevó a cabo la calibración del modelo diario (ver Tabla 25).

Tabla 25. Valores parámetros uso del suelo para calibración del modelo diario

Cobertura	Kc	RRF		Ks		f	Sw		Dw*	Deep Cond.*	Z1	Z2*
		Max.	Min.	Max.	Min.							
		0.8	1.5	500	400				250	8		30
Agrícola	0.95					0.6	120				30	
Bosque	0.9					0.4	170				35	
Café	0.93					0.6	120				30	
Paramo	0.85					0.4	140				30	
Zonas Urbanas	0.71					0.9	90				10	
Pastos	0.75					0.65	115				25	
Aguas abiertas	0.7					0.5	150				20	
Rocas desnudas	0.7					0.8	90				10	
Suelos degradados	0.7					0.7	90				10	

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

*Aplica en general para toda la cuenca

En la Figura 49 se observa el comportamiento del caudal en el punto Estación Puente Negro del caudal diario observado y el modelado por WEAP después de realizar los ajustes de calibración para el período 1997-998.

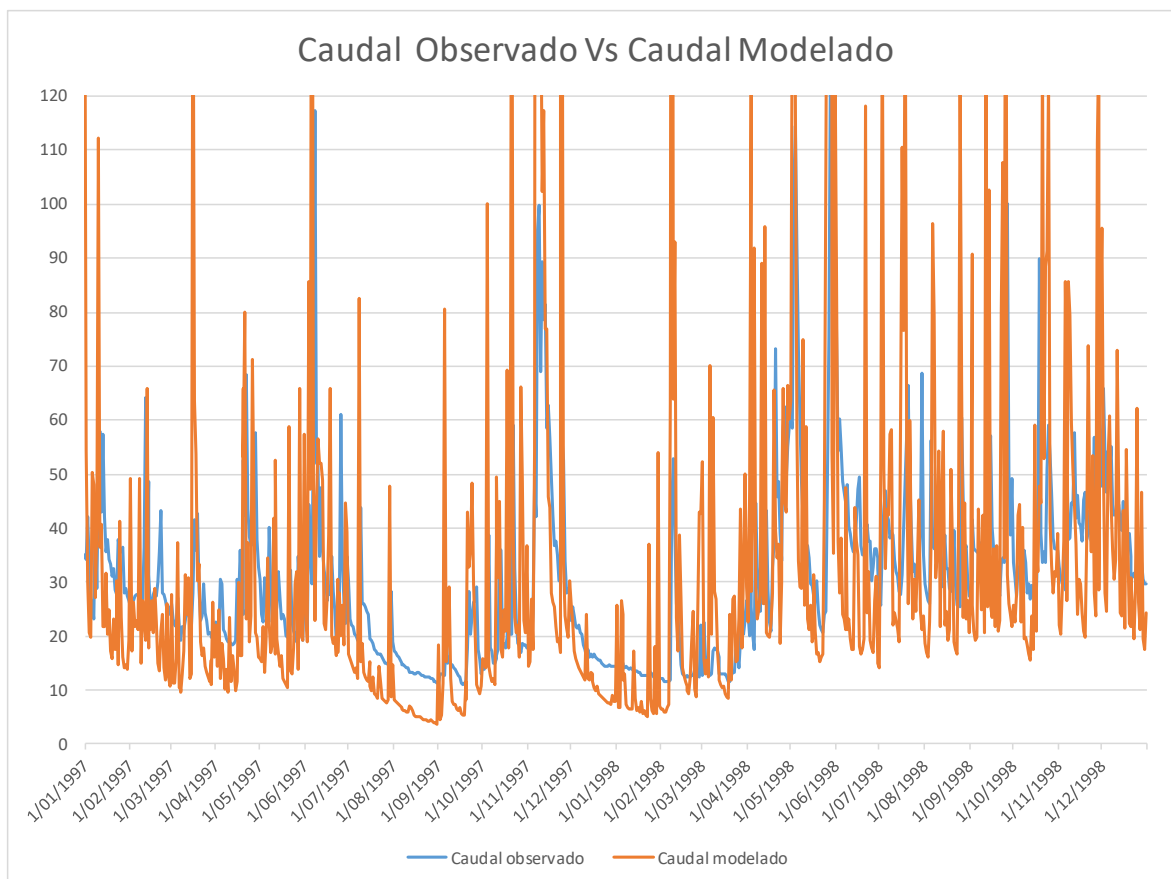


Figura 49. Comparación de Caudales en la Estación Puento Negro para los años 1997-1998
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Adicionalmente, en la Figura 50 se puede observar el comportamiento del caudal en el punto Estación Puento Negro del caudal diario observado y el modelado por WEAP después de realizar los ajustes de calibración para el período 2010-2011.

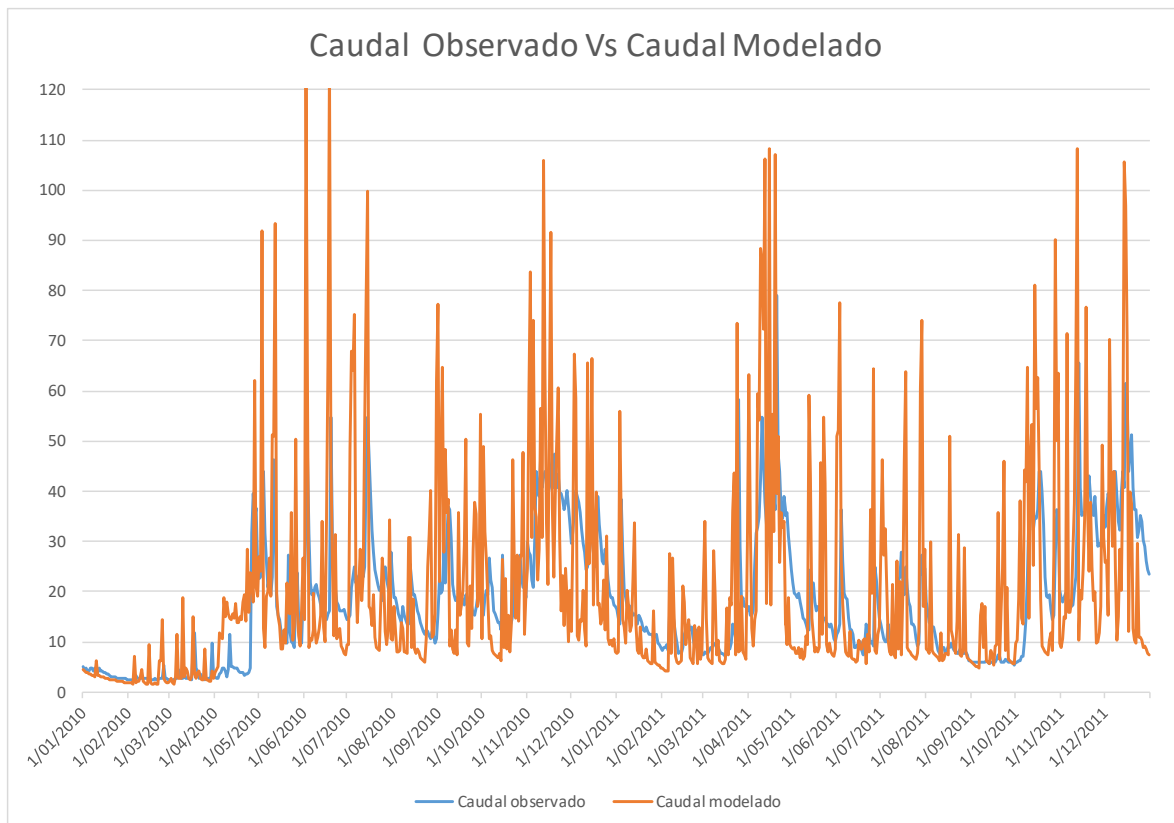


Figura 50. Comparación de Caudales en la Estación Puente Negro para los años 2010 – 2011
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Respecto a la calibración, la Figura 51 muestra los caudales en el punto Estación La Virgen del caudal diario observado y el modelado por WEAP después de realizar los ajustes de calibración para el período 1997-998.

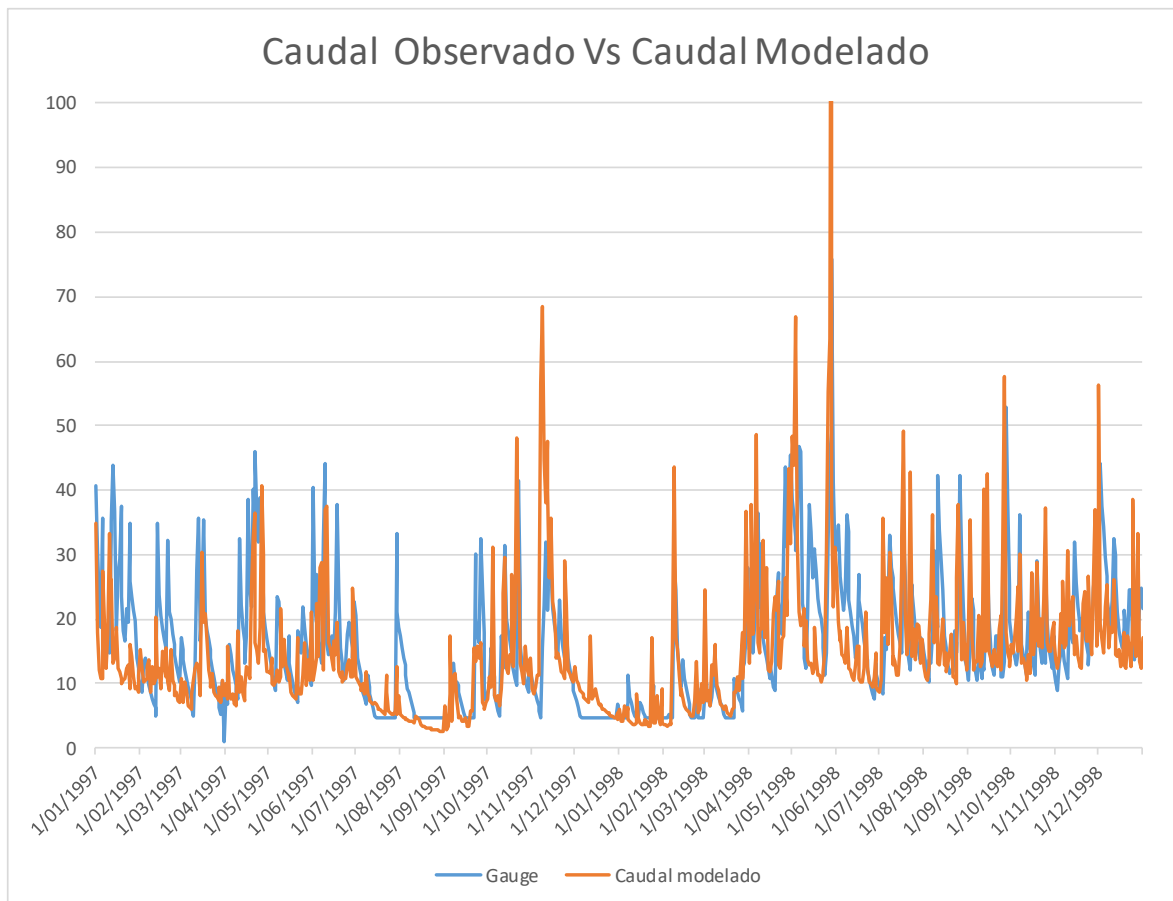


Figura 51. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 1997-1998
 Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

Por su parte la Figura 52 muestran los caudales en el punto Estación La Virgen del caudal diario observado y el modelado por WEAP después de realizar los ajustes de calibración para el período 2010-2011.

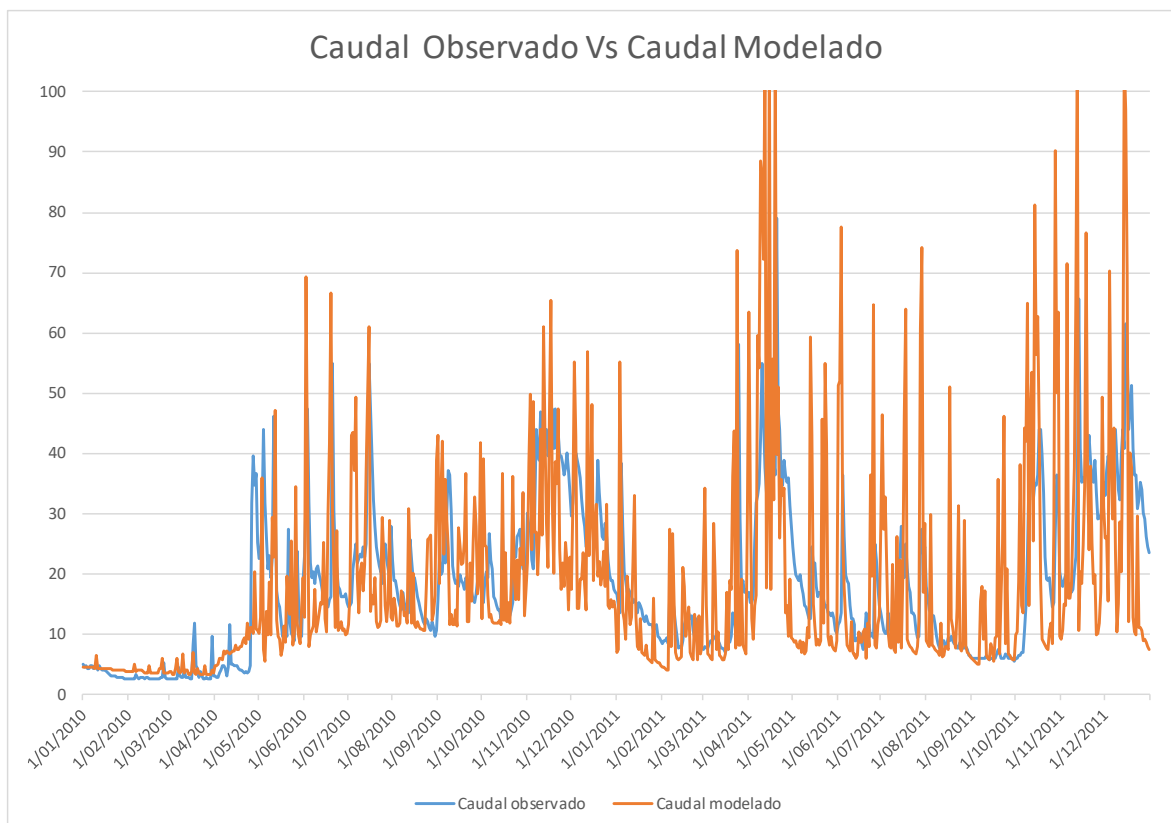


Figura 52. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 2010-2011
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

Respecto a los índices de calibración para la estación localizada sobre el río Mapa, la Figura 53 muestran los caudales para escenario de calibración en el período 1997-1998.

Por su parte la Figura 53 muestran los índices y caudales para escenario de calibración en el período 2010-2011.

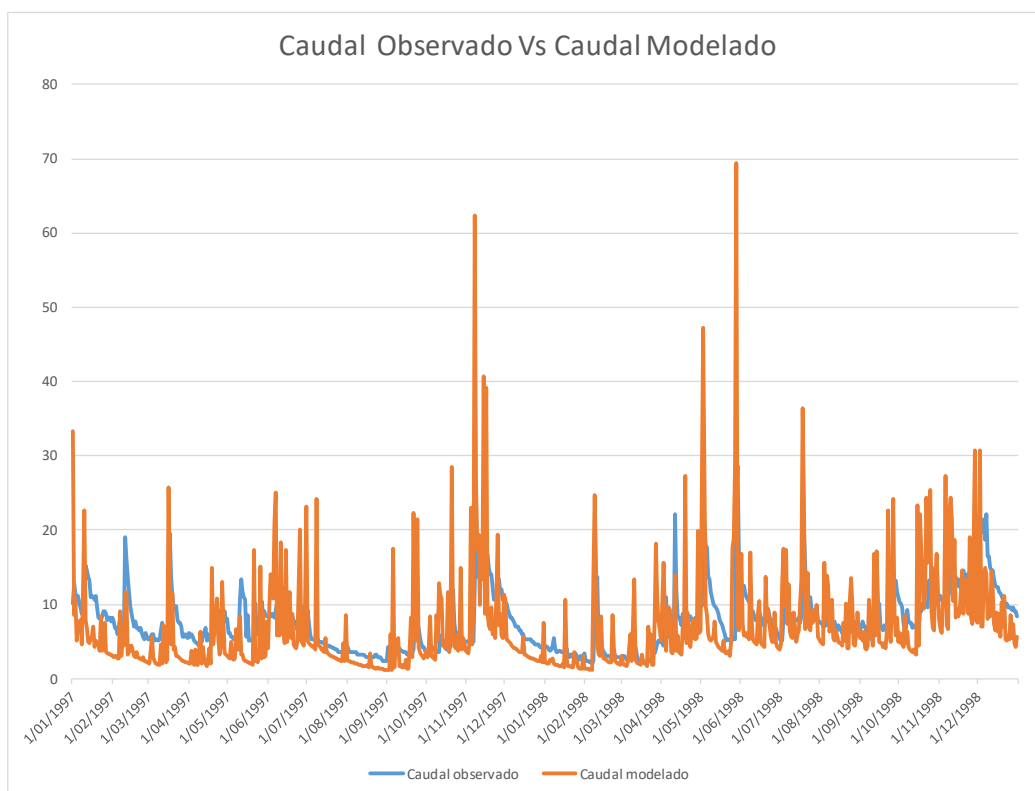


Figura 53. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 1997-1998
 Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

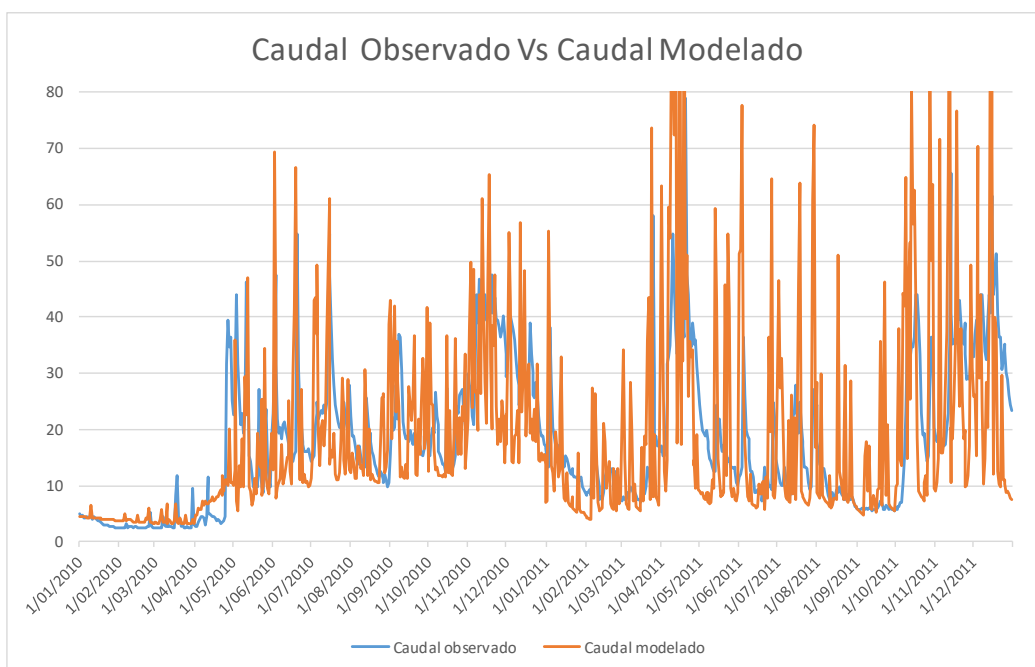


Figura 54. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 2010-2011
 Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

7.5.3 Calibración modelo escala de tiempo mensual

En la Tabla 26 se encuentran los valores de las variables del método doble balde ajustados para cada una de las coberturas de la cuenca con los cuales se llevó a cabo la calibración del modelo mensual.

Tabla 26. Valores parámetros uso del suelo para calibración del modelo mensual

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2016

Cobertura	Kc	RRF		Ks		f	Sw	Dw*	Deep Cond.*	Z1	Z2*
		Max.	Min.	Max.	Min.						
Aguas continentales	1	0.8	1.5	500	400	0.5	150	800	80	20	30
Áreas abiertas sin o con poca vegetación	1					0.5	140			35	
Áreas agrícolas heterogéneas	0.95					0.6	120			30	
Áreas con vegetación herbácea y arbustiva	0.95					0.6	120			30	
Bosques	0.9					0.4	170			35	
Cultivos permanentes	0.85					0.6	120			25	
Cultivos transitorios	0.85					0.6	120			20	
Pastos	0.75					0.65	115			25	
Zonas de extracción minera y escombreras	0.8					0.7	90			10	
Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0.71					0.9	90			10	
Zonas urbanizadas	0.71					0.9	90			10	

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2016

*Aplica en general para toda la cuenca

En la Figura 55 se observa el comportamiento del caudal en el punto Estación Puente Negro del caudal mensual observado y el modelado por WEAP después de realizar los ajustes de calibración para el período 1997-2013.

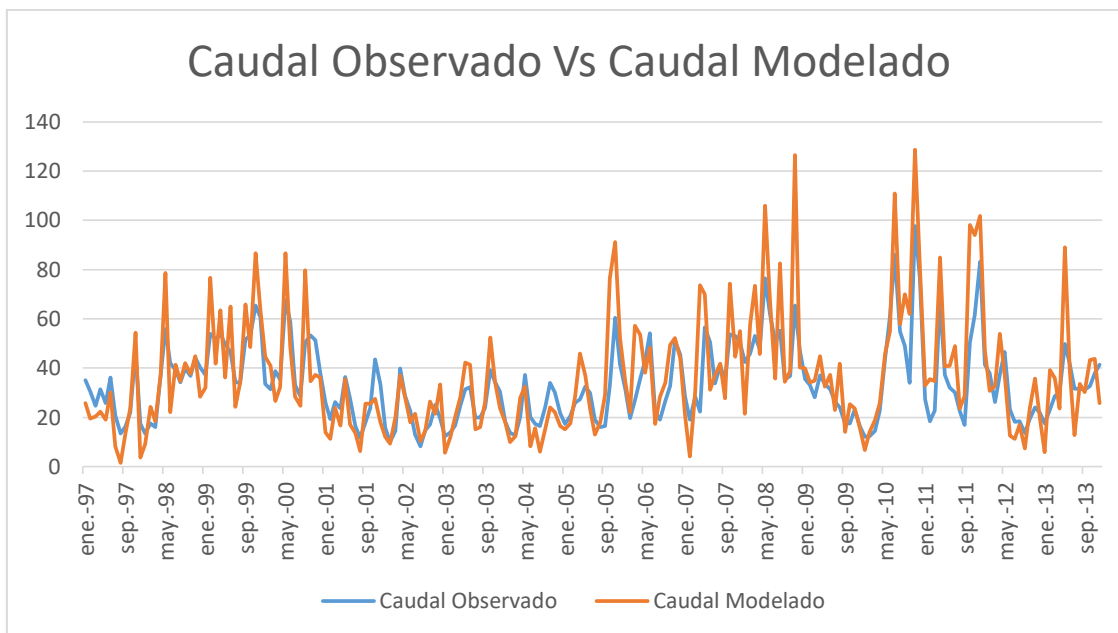


Figura 55. Comparación de Caudales en la Estación Puente Negro para los años 1997-2013.
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

Respecto a la calibración en la estación La Virgen, la Figura 56 muestra los caudales en el punto Estación La Virgen del caudal mensual observado y el modelado por WEAP después de realizar los ajustes de calibración para el período 2006-2011.

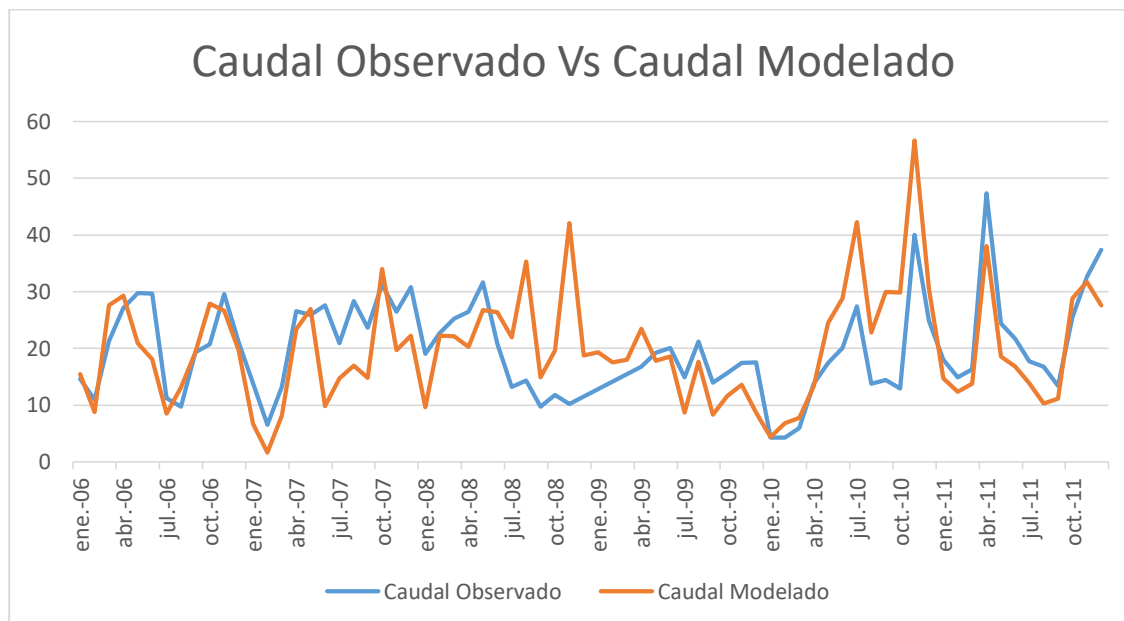


Figura 56. Comparación de Caudales en la Estación La Virgen para los años 2006-2011
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

Respecto a los índices de calibración para la estación localizada sobre el río Mapa, la Figura 57 muestran los caudales para escenario de calibración en el período 2005-2013.

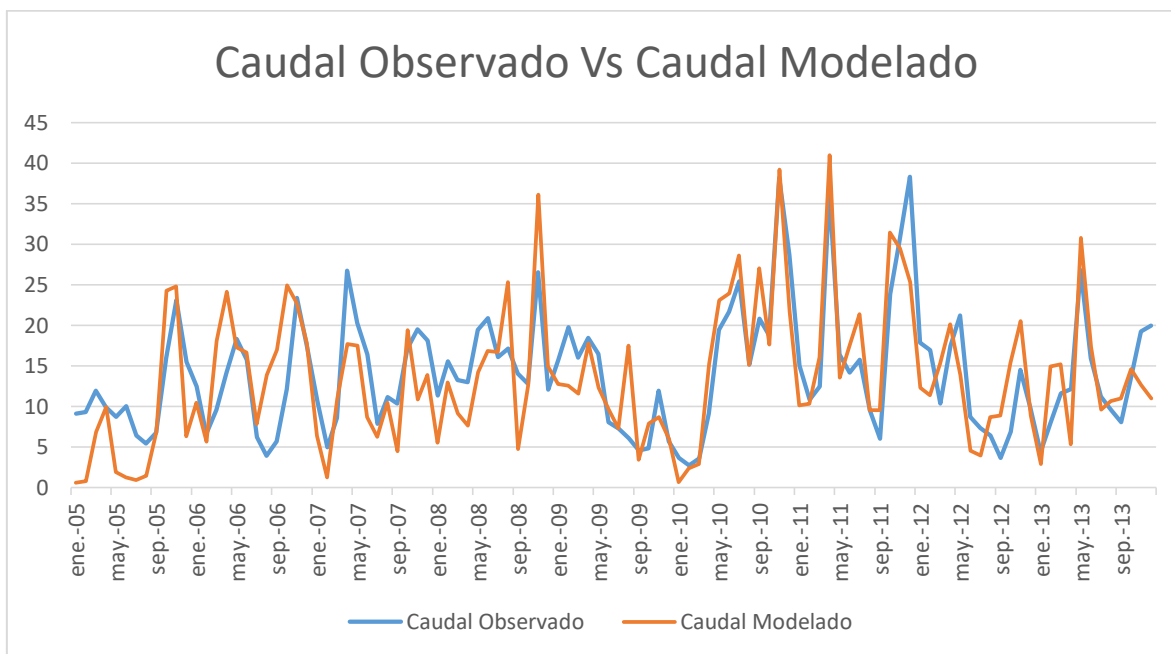


Figura 57. Comparación de Caudales en la Estación Breña para los años 2005-2013
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

Se presenta a continuación esquemas de curvas de duración de caudales observados y simulados, así como la variabilidad mensual, que soportan la buena calibración del modelo. Con el fin de tener una mejor visualización y en vista del periodo de tiempo simulado, los esquemas se fraccionan en tres periodos de tiempo: 1994 -1998; 1999 – 2003; 2007- 2011, lo anterior para las estaciones La Virgen y Puente Negro.

Para un mejor entendimiento de la Figura 58 a Figura 69, las líneas de color azul corresponden a los caudales observados y las líneas de color rojo a los caudales simulados por el modelo.

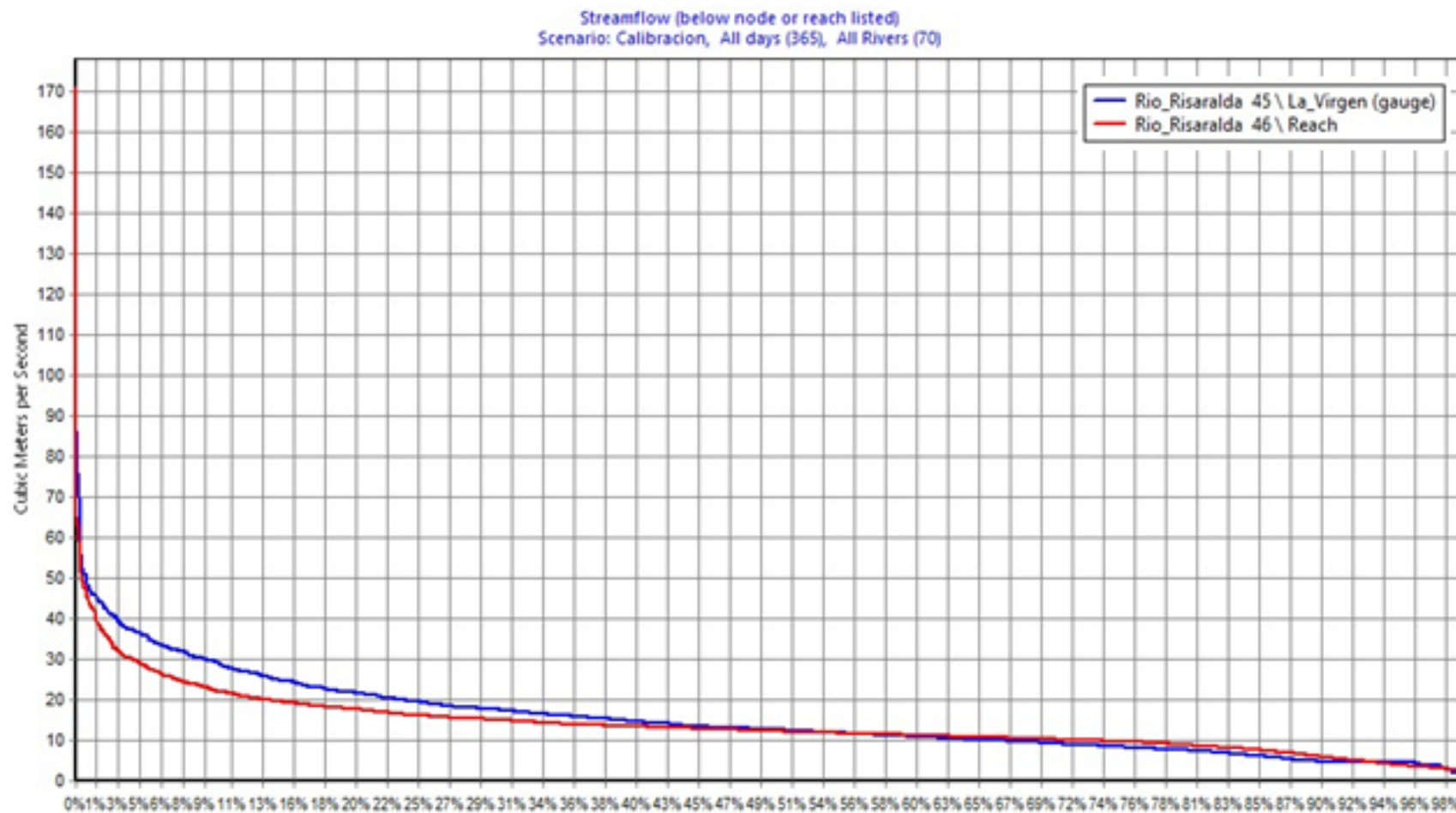


Figura 58. Curva de duración de caudales estación La Virgen periodo 1994 -1998

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

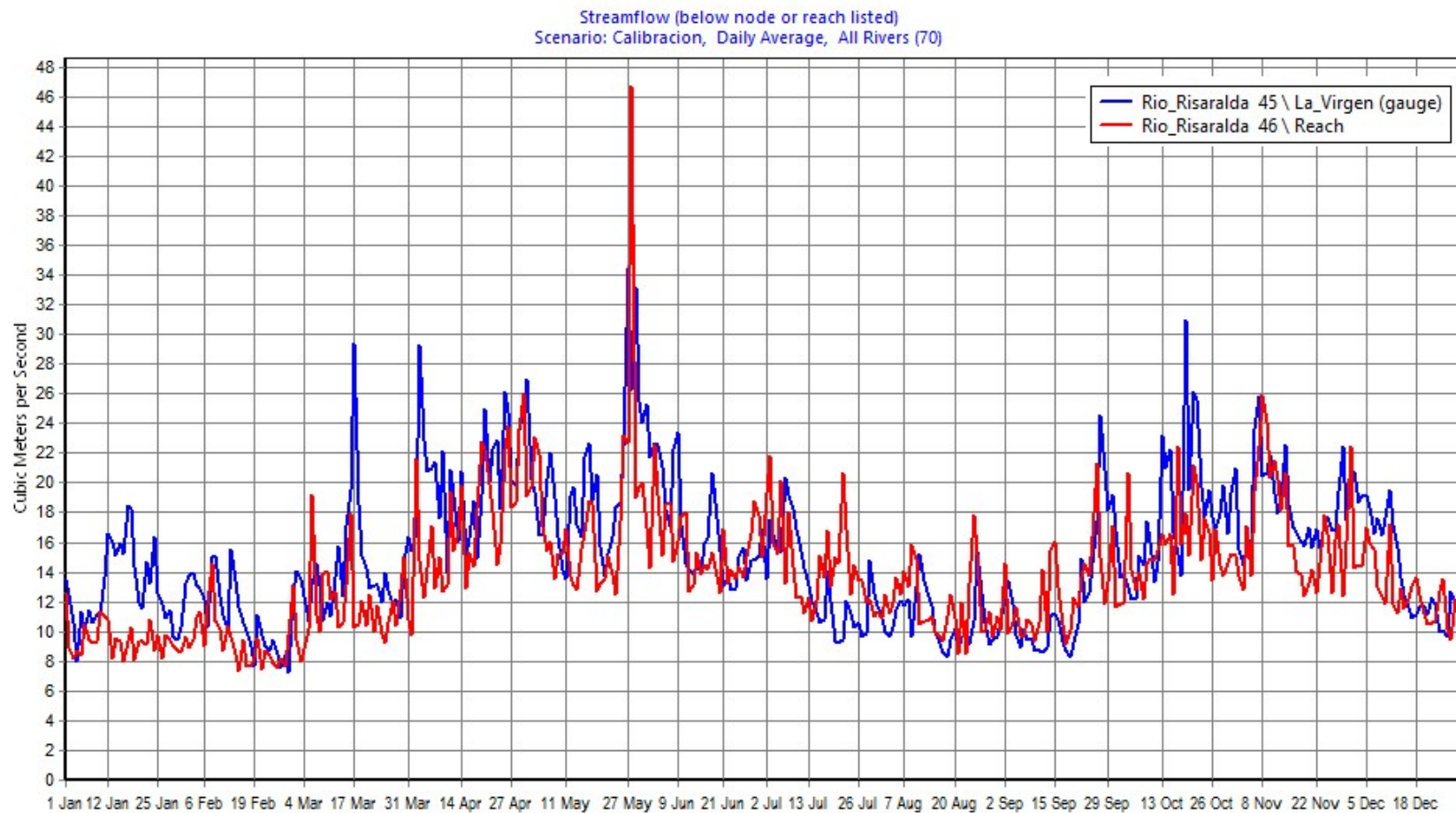


Figura 59. Variabilidad de caudales estación La Virgen periodo 1994 -1998

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

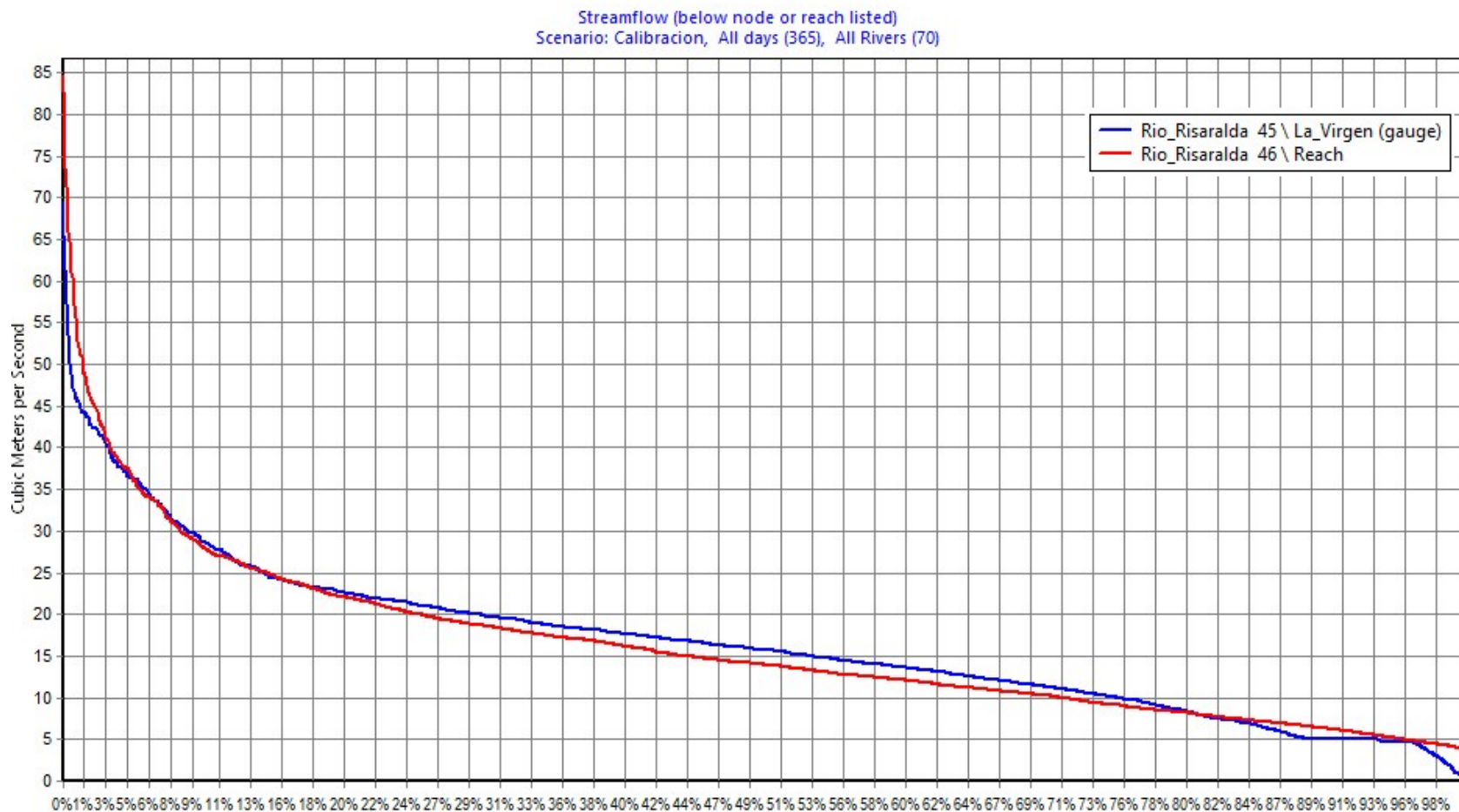


Figura 60. Curva de duración de caudales estación La Virgen periodo 1999 -2003

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

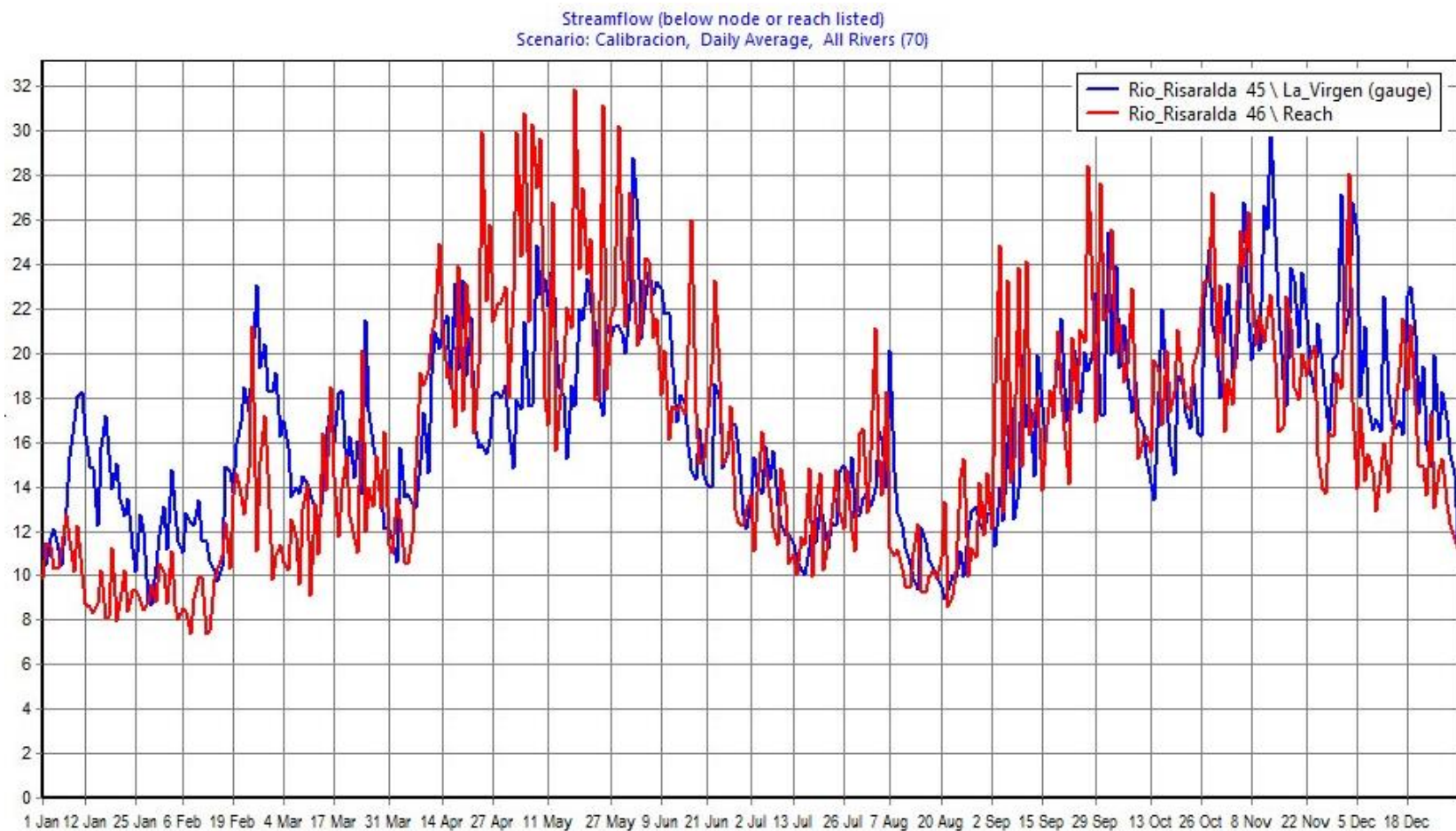


Figura 61. Variabilidad de caudales estación La Virgen periodo 1999 -2003

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

Streamflow (below node or reach listed)
Scenario: Calibracion, All days (365), All Rivers (70)

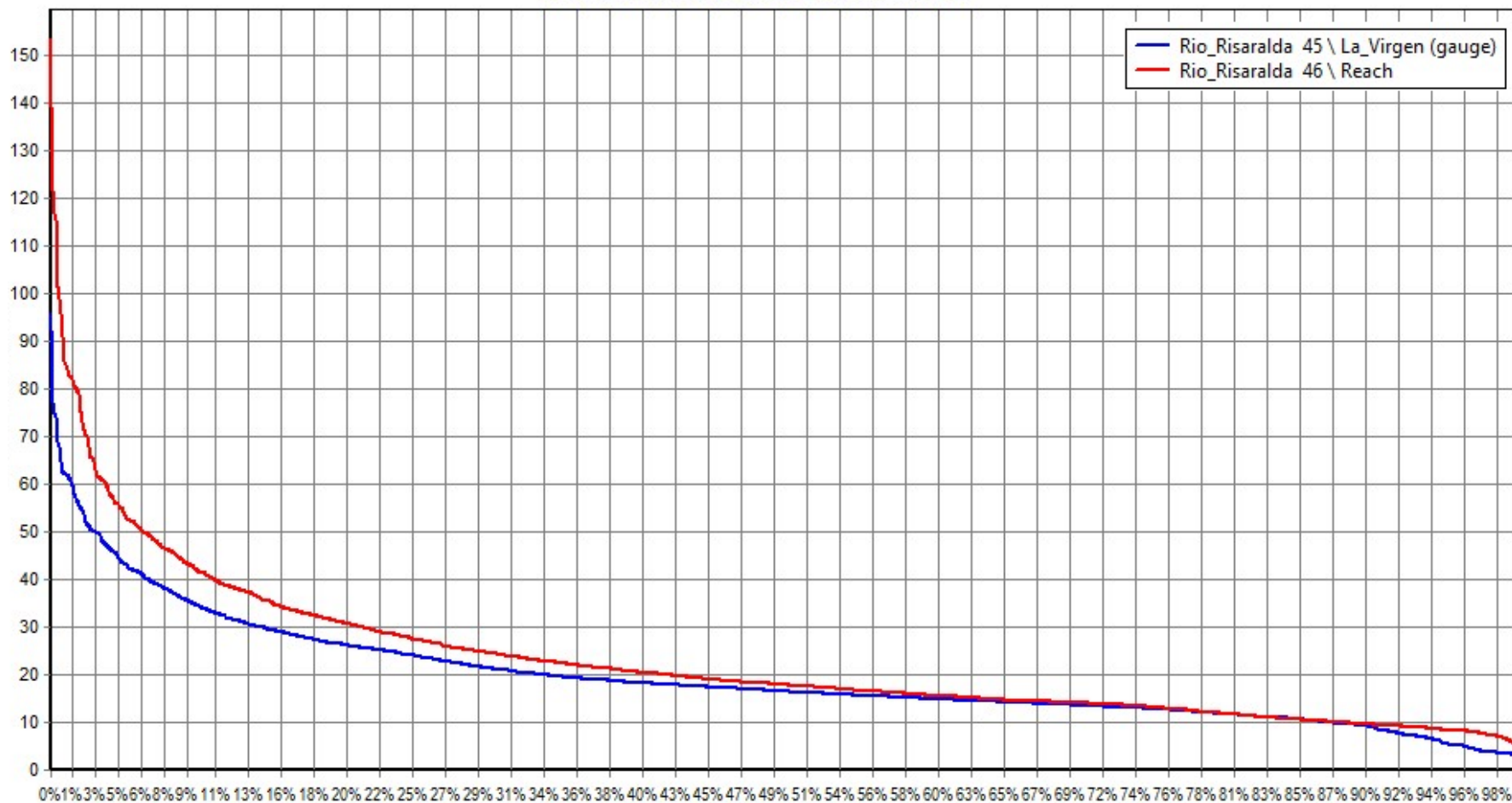


Figura 62. Curva de duración de caudales estación La Virgen periodo 2007 -2011

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

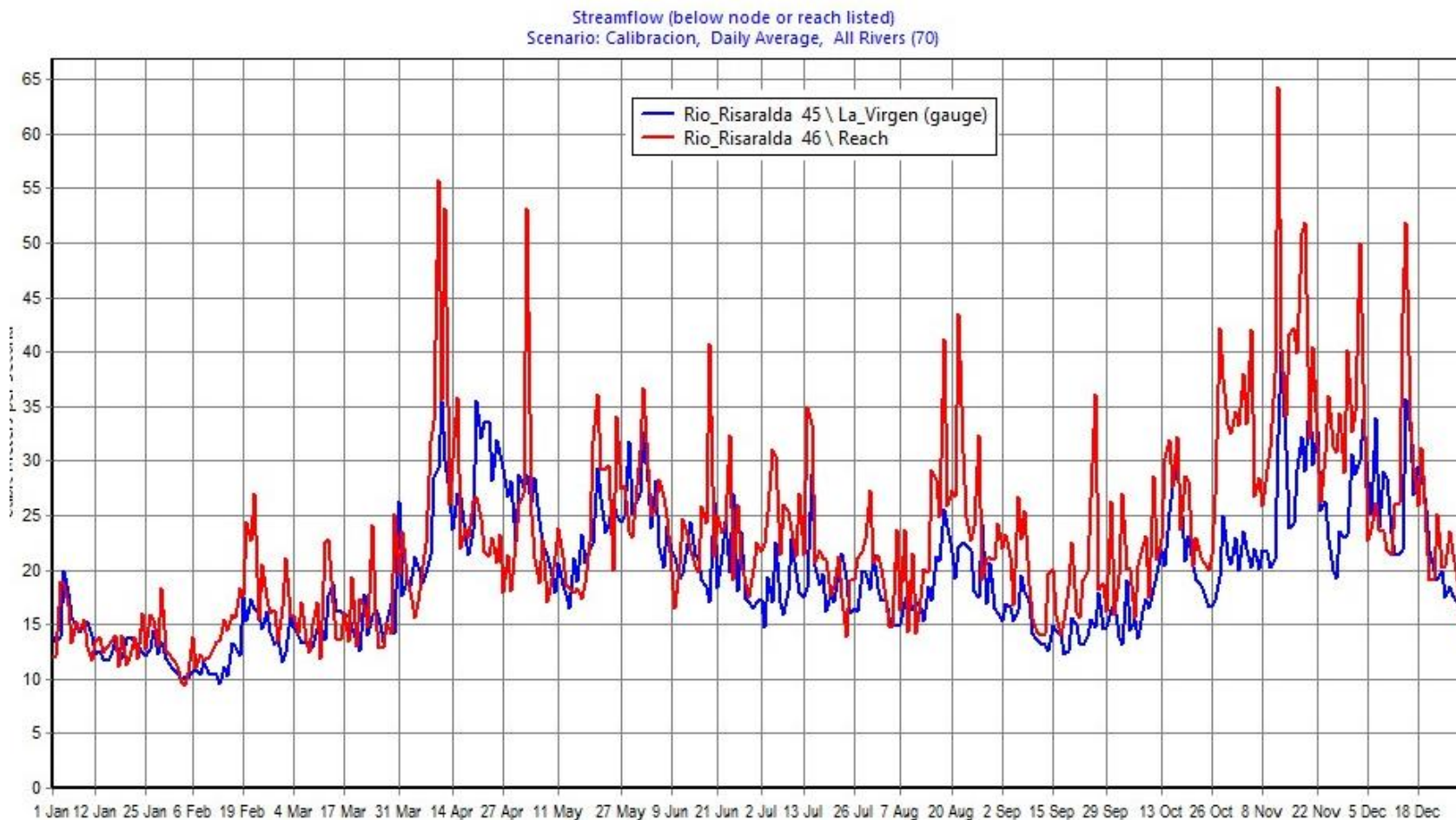


Figura 63. Variabilidad de caudales estación La Virgen periodo 2007 -2011

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

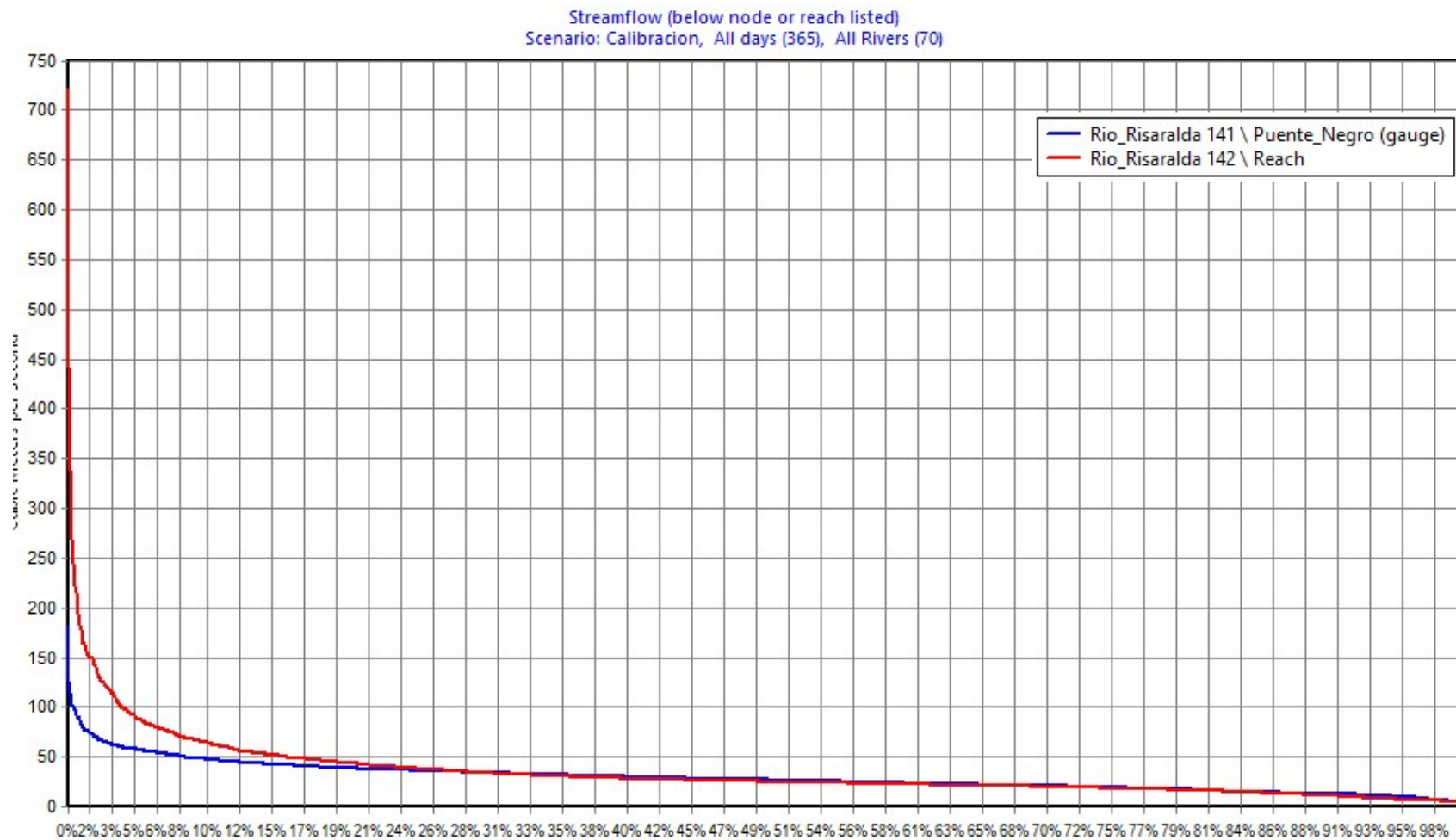


Figura 64. Curva de duración de caudales estación Puente Negro periodo 1994 -1998

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

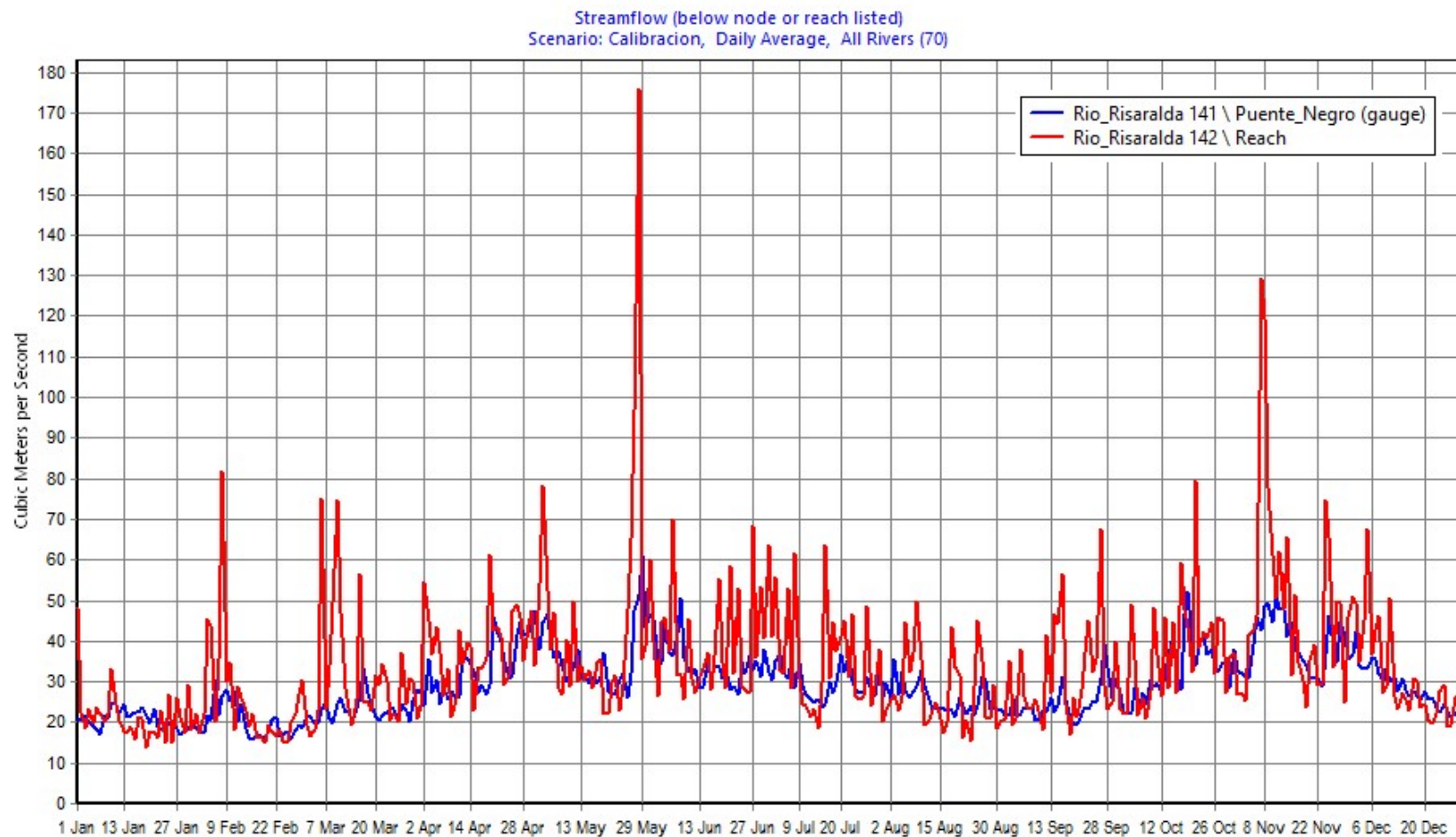


Figura 65. Variabilidad de caudales estación Puente Negro periodo 1994 -1998

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

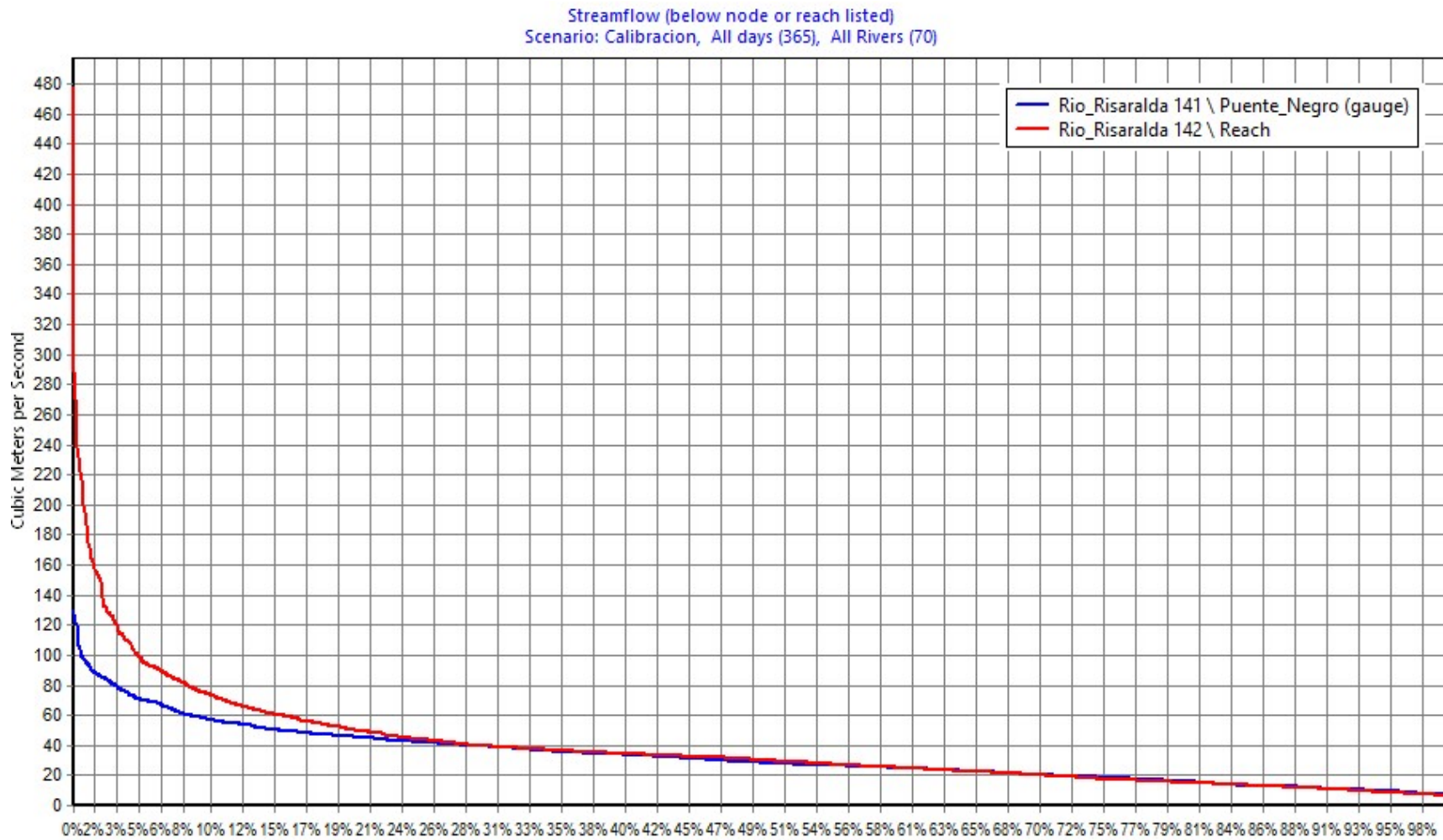


Figura 66. Curva de duración de caudales estación Puente Negro periodo 1999 -2003
 Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

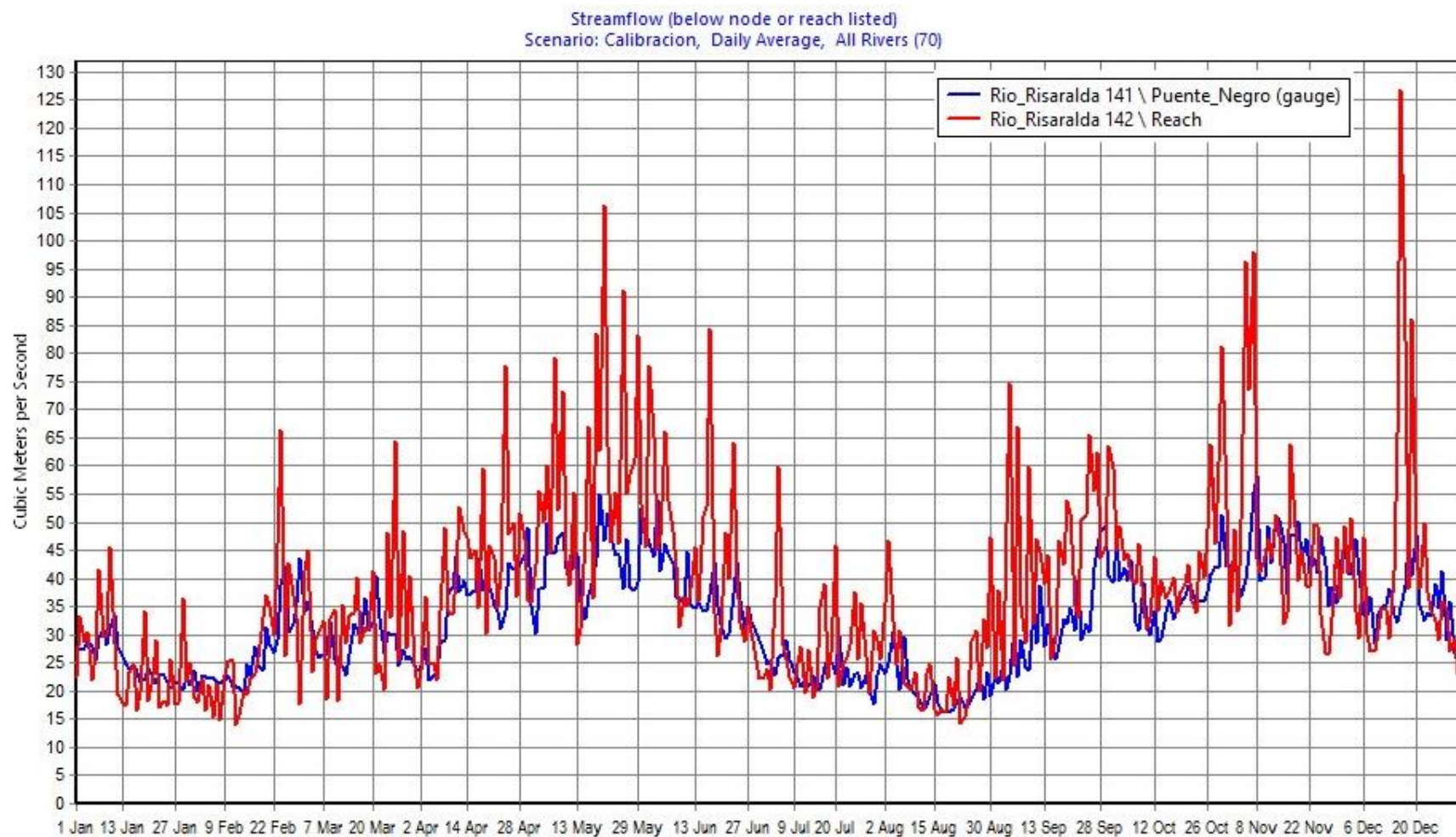


Figura 67. Variabilidad de caudales estación Puente Negro periodo 1999 -2003

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

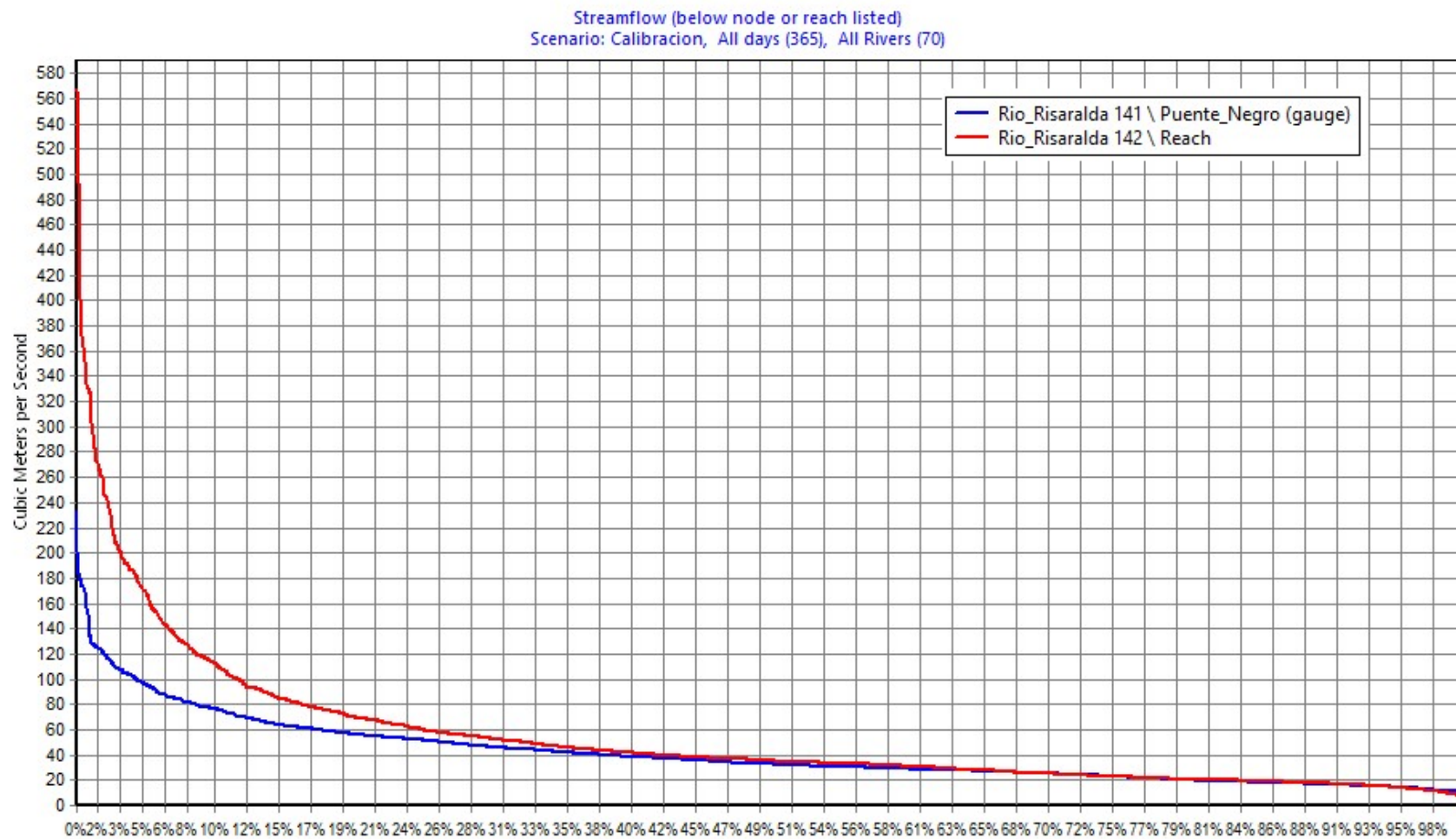


Figura 68. Curva de duración de caudales estación Puente Negro periodo 2007 -2011

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

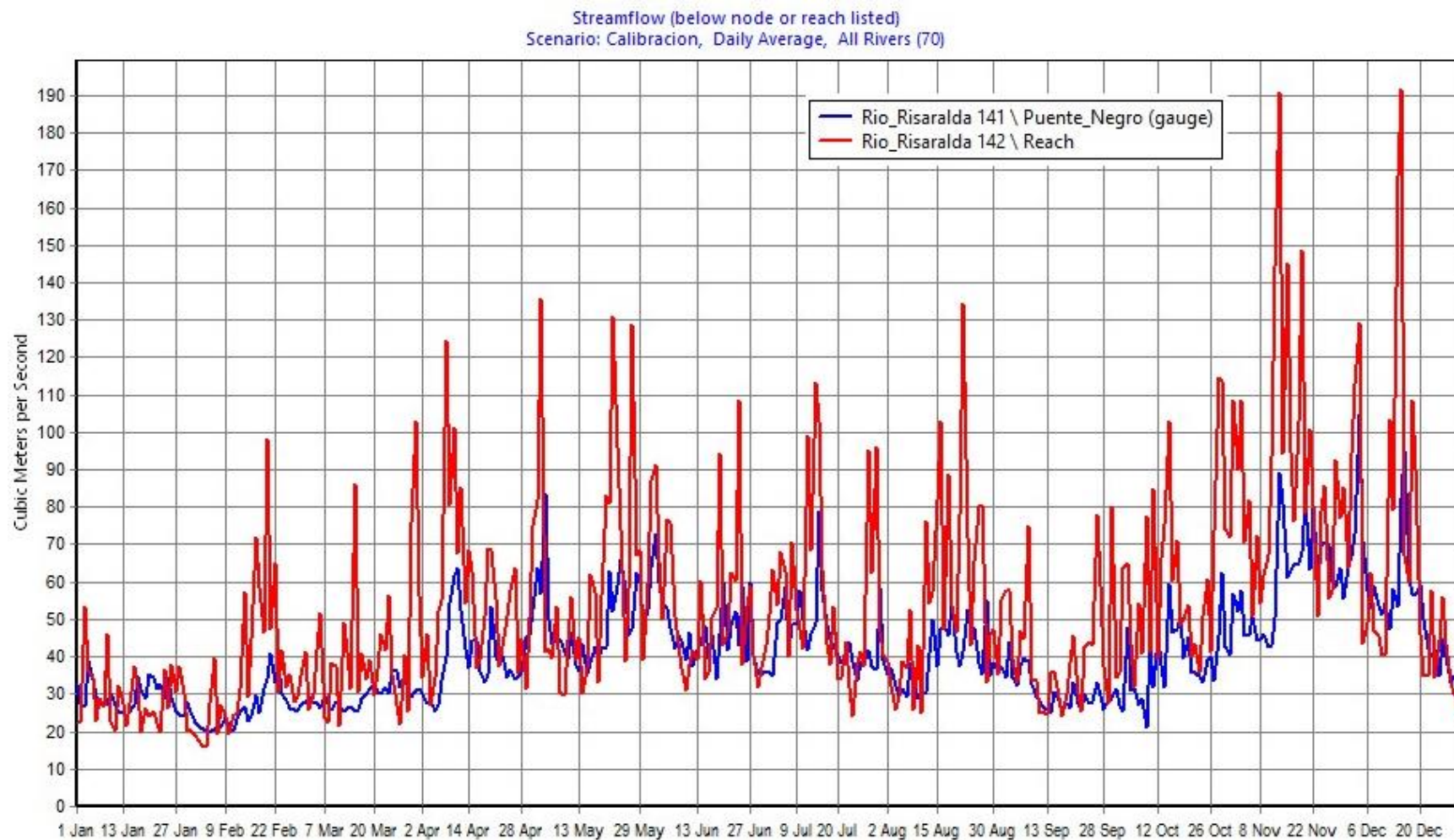


Figura 69. Variabilidad de caudales estación Puente Negro periodo 2007-2011

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

7.5.4 Resultados de la modelación a escala diaria

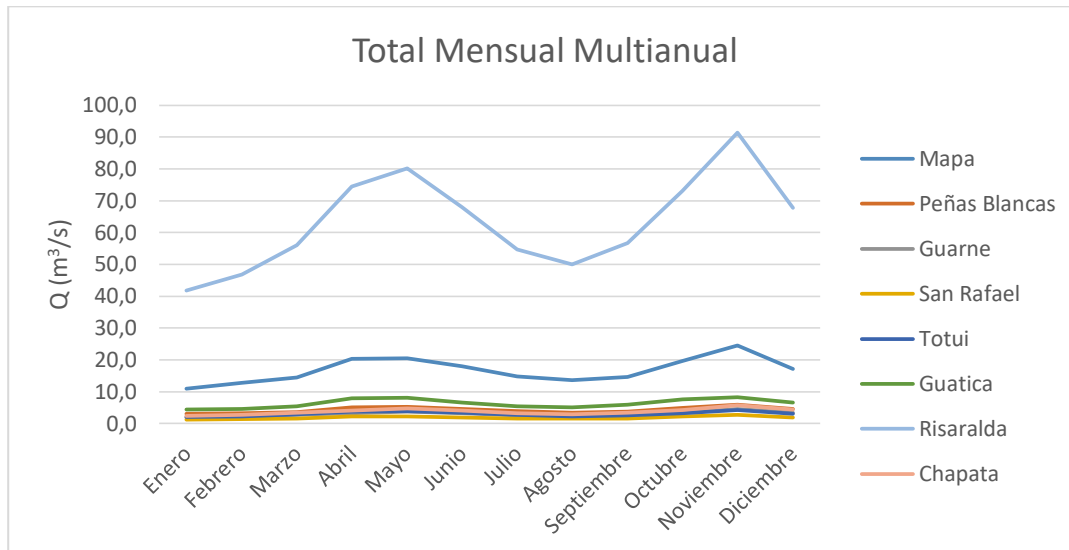


Figura 70. Caudal promedio diario desembocadura principales tributarios del río Risaralda
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

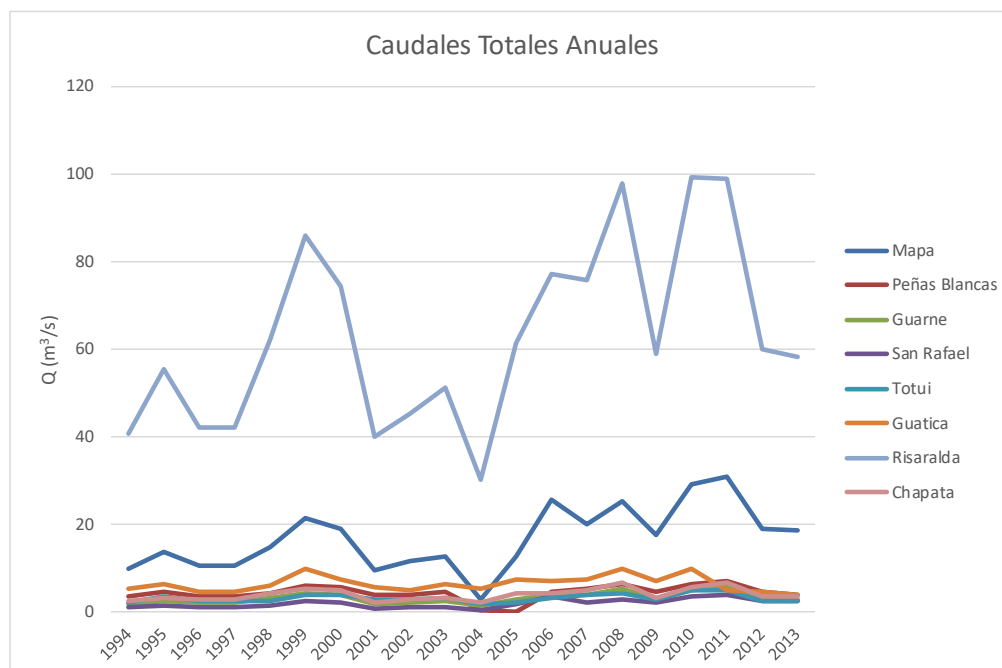


Figura 71. Caudal medio anual desembocadura principales tributarios del río Risaralda
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

7.5.5 Resultados de la modelación a escala mensual

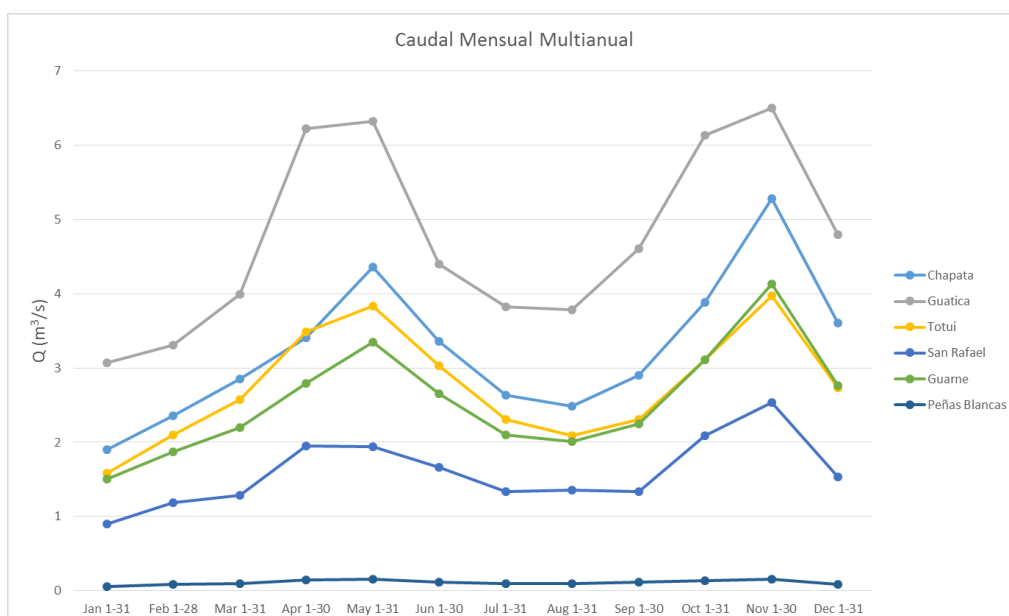


Figura 72. Caudal promedio mensual desembocadura principales tributarios del río Risaralda

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

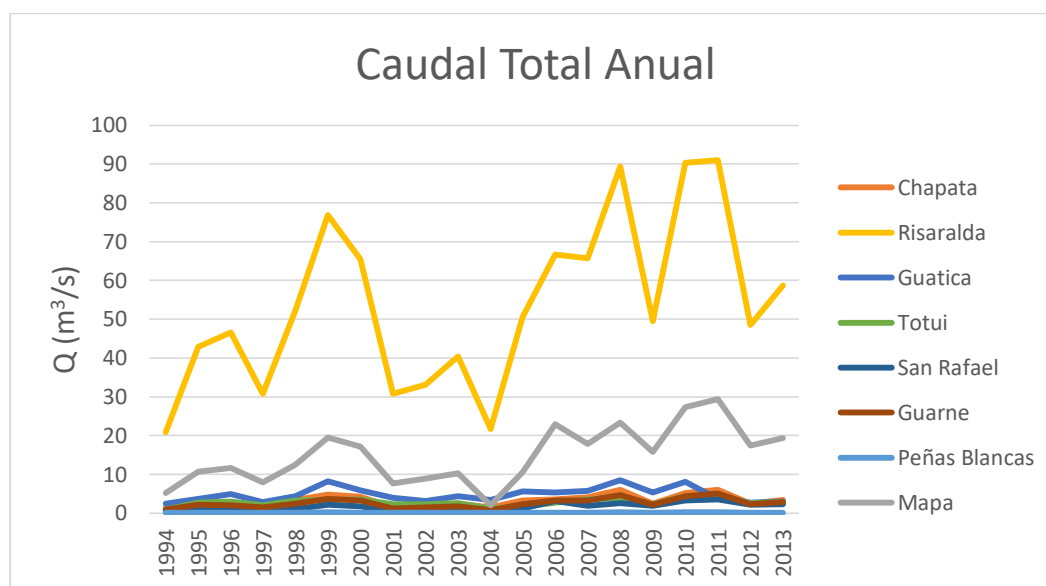


Figura 73. Caudal medio anual desembocadura principales tributarios del río Risaralda

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

8 OFERTA HÍDRICA

Con la ayuda de interface de salida de datos del software WEAP, y teniendo el modelo completamente calibrado, este se corrió completamente, en el período 1994-2013, con el fin de generar series de caudal medio diario que sirvieron como insumo para el cálculo de la oferta hídrica superficial en los diferentes lugares de interés; partiendo de la premisa que este es un modelo semidistribuido.

Dada la comodidad que brinda este software en cuanto a la entrega de datos, no solo se generaron series de caudales medios diarios, sino también serie de caudal media anual y curvas de duración de caudal año a año para cada uno de los puntos de interés en el período 1994-2013 buscando representar la realidad actual de la oferta hídrica superficial de la cuenca. En la Tabla 27 se presenta el consolidado de la oferta.

Tabla 27. Oferta hídrica superficial (medio y mínimo) en subcuencas de la cuenca del río Risaralda

Nivel hidrológico subsiguiente	código	Área m ²	Área_km ²	Caudal Medio (m ³ /s)	Caudal Mínimo (m ³ /s)	Rend. Hídrico Año Medio (L/s*km ²)	Rend. Hídrico Año Seco (L/s*km ²)
R. Arroyo hondo	261401	5897.82	58.98	2.843	0.154	48.2	2.6
FH. Riosucio-Mistrató	261402	11540.47	115.40	6.823	0.413	59.1	3.6
Q. Serna	261403	2010.82	20.11	0.354	0.038	17.6	1.9
Q. Peñas Blancas	261404	388.00	3.88	0.116	0.007	29.9	1.8
Q. La Ilorona	261405	1152.79	11.53	0.293	0.021	25.4	1.8
FH. Belén de Umbría 1	261406	122.30	1.22	0.030	0.002	24.6	1.7
Q. Sandía	261407	1083.26	10.83	0.414	0.020	38.3	1.9
Q. Congo	261408	755.79	7.56	0.428	0.014	56.6	1.9
FH. Q. El Boquerón	261409	1049.37	10.49	0.380	0.030	36.2	2.8
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	473.59	4.74	0.251	0.007	53.1	1.6
FH. Belén de Umbría 2	261411	65.82	0.66	0.022	0.001	33.6	1.2
Q. Tachiguí	261412	1190.23	11.90	0.380	0.011	31.9	1.0
FH. Belén de Umbría 3	261413	151.98	1.52	0.053	0.002	34.8	1.3
Q. Los Ángeles	261414	713.48	7.13	0.385	0.009	53.9	1.3
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	261415	560.54	5.61	0.183	0.007	32.6	1.2
Q. Papayal	261416	770.59	7.71	0.352	0.011	45.7	1.4
FH. Belén de Umbría 4	261417	22.40	0.22	0.007	0.000	30.3	1.1
Q. Chapatá 1	261418	6568.41	65.68	3.251	0.108	49.5	1.7
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	986.61	9.87	0.381	0.013	38.6	1.3
R. Guarne	261420	5371.73	53.72	2.560	0.094	47.7	1.8
FH. Q. Guamo Viejo	261421	478.64	4.79	0.193	0.006	40.2	1.2
Q. Samaria	261422	2069.41	20.69	0.666	0.025	32.2	1.2
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	3838.69	38.39	2.239	0.047	58.3	1.2
R. Mapa	261424	28886.27	288.86	14.848	0.662	51.4	2.3
FH. Santuario	261425	803.18	8.03	0.497	0.007	61.9	0.8
R. Totuí	261426	6083.78	60.84	2.760	0.116	45.4	1.9
FH. Balboa	261427	398.13	3.98	0.217	0.004	54.4	1.0
FH. La Virginia	261428	562.14	5.62	0.201	0.008	35.7	1.5
Q. El Cairo	261429	984.92	9.85	0.225	0.017	22.8	1.7
FH. Belalcázar 5	261430	93.59	0.94	0.025	0.001	26.9	1.5

Nivel hidrológico subsiguiente	código	Área m ²	Área_km ²	Caudal Medio (m ³ /s)	Caudal Mínimo (m ³ /s)	Rend. Hídrico Año Medio (L/s*km ²)	Rend. Hídrico Año Seco (L/s*km ²)
Q. Génova	261431	198.37	1.98	0.062	0.003	31.2	1.6
FH. Belalcázar 4	261432	105.11	1.05	0.032	0.002	30.8	1.6
Q. Calamar	261433	238.49	2.38	0.050	0.004	20.8	1.7
FH. Belalcázar 3	261434	45.01	0.45	0.010	0.001	23.1	1.5
Q. Los Micos	261435	566.06	5.66	0.156	0.012	27.6	2.0
FH. Belalcázar 2	261436	294.41	2.94	0.082	0.005	27.8	1.6
Q. La Betulia	261437	1009.35	10.09	0.331	0.014	32.8	1.4
FH. Belalcázar 1	261438	282.13	2.82	0.107	0.003	37.8	1.2
Q. El Águila (Q. El Guamo)	261439	2762.22	27.62	1.248	0.047	45.2	1.7
FH. Q. La Equis	261440	809.56	8.10	0.366	0.011	45.2	1.4
Q. La Hermosa	261441	770.40	7.70	0.278	0.010	36.1	1.2
FH. Viterbo 5	261442	114.71	1.15	0.064	0.001	55.5	1.1
Q. Candilejas	261443	403.93	4.04	0.149	0.005	37.0	1.3
FH. Viterbo 4	261444	11.91	0.12	0.007	0.000	60.9	1.1
Q. La Primavera	261445	654.46	6.54	0.247	0.008	37.7	1.3
FH. Viterbo 3	261446	8.25	0.08	0.006	0.000	73.8	0.8
Q. Changüi	261447	1637.26	16.37	0.636	0.022	38.9	1.3
FH. Viterbo 2	261448	18.09	0.18	0.013	0.000	71.2	0.8
Q. La Honda	261449	564.95	5.65	0.181	0.007	32.1	1.3
FH. Viterbo 1	261450	26.64	0.27	0.008	0.000	30.2	1.1
Q. La Tesalia	261451	781.70	7.82	0.271	0.010	34.7	1.2
Q. Palo Gordo	261452	264.48	2.64	0.085	0.003	32.1	1.2
Q. Tamaspia	261453	1593.88	15.94	0.834	0.019	52.3	1.2
FH. Anserma 3	261454	133.91	1.34	0.057	0.002	42.7	1.4
Q. El Oro	261455	962.71	9.63	0.504	0.013	52.3	1.3
FH. Q. Valdivia	261456	367.76	3.68	0.138	0.005	37.6	1.3
Q. Lázaro	261457	1098.48	10.98	0.748	0.010	68.1	0.9
FH. Anserma 2	261458	95.03	0.95	0.030	0.001	31.4	1.1
Q. Chapatá 2	261459	586.49	5.86	0.327	0.007	55.8	1.2
FH. Anserma 1	261460	151.14	1.51	0.051	0.002	33.9	1.3
Q. Tusas	261461	732.56	7.33	0.510	0.007	69.6	1.0
FH. Q. Villa Orozco	261462	319.17	3.19	0.125	0.005	39.3	1.6

Nivel hidrológico subsiguiente	código	Área m ²	Área_km ²	Caudal Medio (m ³ /s)	Caudal Mínimo (m ³ /s)	Rend. Hídrico Año Medio (L/s*km ²)	Rend. Hídrico Año Seco (L/s*km ²)
Q. Cauyá	261463	1606.82	16.07	1.099	0.017	68.4	1.0
Q. Guapacha - San Pedro	261464	1692.55	16.93	1.044	0.020	61.7	1.2
R. Guática	261465	17939.85	179.40	4.746	0.416	26.5	2.3
FH. Q. Maira Bajo	261466	373.25	3.73	0.078	0.006	20.8	1.5
Q. Sirguia	261467	802.48	8.02	0.237	0.015	29.5	1.9
FH. Caño La Calera	261468	501.69	5.02	0.102	0.008	20.2	1.6

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

8.1 Oferta hídrica mensual

Con base en el modelo lluvia – escorrentía implementado y calibrado, se obtuvieron los caudales mensuales (enero – diciembre), clasificados para años medio, años niño y años niña, con lo se obtienen caudales medios mensuales, caudales mínimos mensuales y caudales máximos mensuales, respectivamente. Como soporte de lo mencionado se puede observar la Figura 74 donde se evidencia una correlación de caudales anuales con anomalías climáticas en la cuenca del río Risaralda.

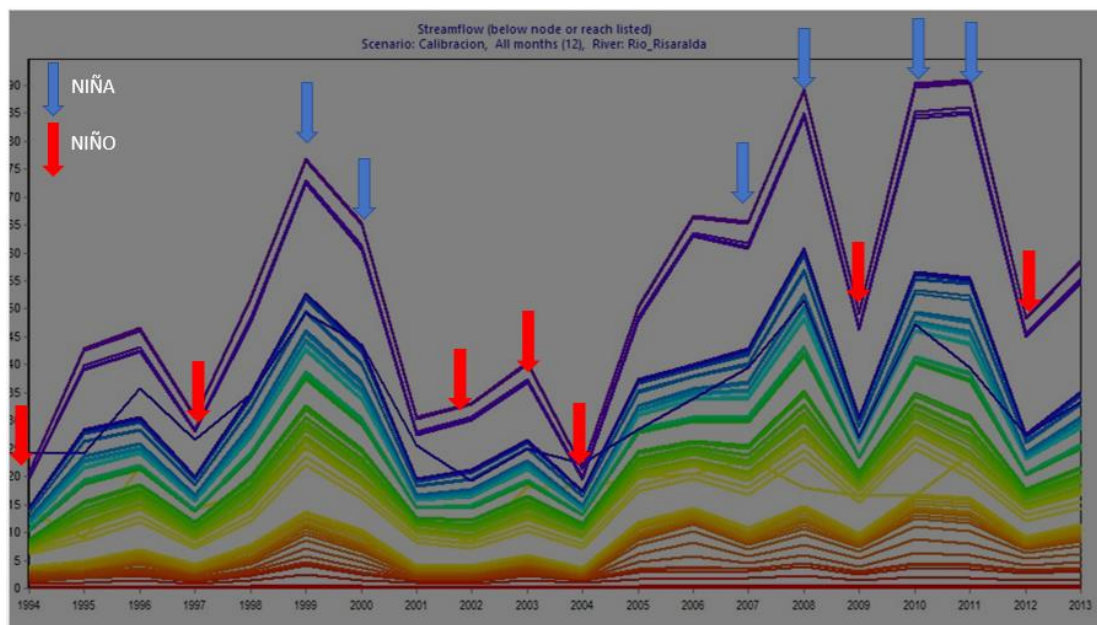


Figura 74. Correlación de caudales anuales
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

8.1.1 Caudales máximos mensuales

Se presenta en la Tabla 28, Figura 75 a Figura 86, los caudales máximos mensuales (enero – diciembre), para las unidades hidrológicas del nivel subsiguiente definidas en la cuenca del río Risaralda.

Tabla 28. Caudales máximos mensuales

Nombre nivel subsiguiente	Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
R. Arroyo hondo	261401	2.61	3.14	2.92	4.19	4.62	3.46	3.51	3.63	3.78	5.04	5.94	4.73
FH. Riosucio-Mistrato	261402	5.36	8.39	6.41	11.25	12.07	10.87	10.05	9.53	9.77	12.42	17.06	11.05
Q. Serna	261403	0.22	0.40	0.34	0.59	0.69	0.65	0.51	0.45	0.56	0.58	0.92	0.54
Q. Peñas Blancas	261404	0.07	0.13	0.11	0.19	0.20	0.17	0.14	0.13	0.17	0.17	0.24	0.14
Q. La Ilorona	261405	0.17	0.33	0.29	0.48	0.52	0.46	0.38	0.35	0.44	0.44	0.65	0.39
FH. Belén de Umbría 1	261406	0.01	0.02	0.02	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.05	0.06	0.04
Q. Sandía	261407	0.27	0.45	0.44	0.67	0.75	0.63	0.53	0.51	0.63	0.66	0.96	0.65
Q. Congo	261408	0.28	0.42	0.48	0.69	0.74	0.58	0.52	0.51	0.65	0.67	0.91	0.68
FH. Q. El Boquerón	261409	0.26	0.35	0.36	0.73	0.67	0.49	0.51	0.47	0.64	0.66	0.81	0.59
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	0.18	0.26	0.29	0.38	0.47	0.37	0.32	0.30	0.37	0.41	0.62	0.48

Nombre nivel subsiguiente	Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
FH. Belén de Umbria 2	261411	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0.06
Q. Tachigui	261412	0.28	0.41	0.46	0.56	0.73	0.57	0.49	0.45	0.55	0.63	0.99	0.75
FH. Belén de Umbria 3	261413	0.04	0.06	0.06	0.08	0.12	0.09	0.08	0.07	0.08	0.10	0.17	0.13
Q. Los Angeles	261414	0.29	0.41	0.46	0.56	0.74	0.57	0.49	0.45	0.56	0.63	0.99	0.76
FH. Q. Pumia - Q. Tetuán	261415	0.15	0.20	0.22	0.28	0.42	0.31	0.27	0.23	0.29	0.35	0.62	0.47
Q. Papayal	261416	0.27	0.38	0.42	0.52	0.71	0.54	0.47	0.42	0.52	0.60	0.98	0.75
FH. Belén de Umbria 4	261417	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Q. Chapatá 1	261418	2.48	3.62	3.75	4.96	6.39	5.14	4.47	4.04	4.79	5.63	8.98	6.63
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	0.30	0.41	0.46	0.58	0.82	0.62	0.54	0.47	0.58	0.69	1.17	0.90
R. Guarne	261420	1.98	2.96	2.83	4.11	4.95	4.17	3.67	3.30	3.68	4.49	7.07	5.11
FH. Q. Guamo Viejo	261421	0.15	0.21	0.23	0.29	0.41	0.31	0.27	0.24	0.29	0.34	0.58	0.44
Q. Samaria	261422	0.54	0.72	0.78	1.05	1.53	1.13	1.00	0.84	1.04	1.26	2.24	1.72
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	1.60	2.40	2.65	3.32	4.09	3.23	2.79	2.58	3.05	3.49	5.21	4.04
R. Mapa	261424	11.26	18.00	14.59	26.09	26.24	24.56	21.96	19.66	19.12	25.21	36.74	25.69
FH. Santuario	261425	0.30	0.54	0.53	0.80	0.80	0.67	0.58	0.51	0.48	0.64	0.76	0.64
R. Totui	261426	1.956	2.999	3.006	4.562	4.865	4.111	3.616	3.212	3.247	4.085	5.694	4.662
FH. Balboa	261427	0.129	0.232	0.230	0.350	0.357	0.301	0.258	0.226	0.210	0.279	0.340	0.287
FH. La Virginia	261428	0.122	0.208	0.203	0.338	0.367	0.317	0.263	0.219	0.191	0.266	0.345	0.301
Q. El Cairo	261429	0.143	0.224	0.212	0.398	0.465	0.423	0.340	0.265	0.209	0.309	0.441	0.402
FH. Belalcázar 5	261430	0.015	0.025	0.024	0.044	0.051	0.045	0.036	0.029	0.023	0.034	0.047	0.042
Q. Genova	261431	0.038	0.063	0.061	0.106	0.119	0.104	0.084	0.069	0.058	0.083	0.111	0.098
FH. Belalcázar 4	261432	0.020	0.033	0.032	0.056	0.063	0.055	0.044	0.036	0.030	0.044	0.058	0.052
Q. Calamar	261433	0.032	0.049	0.046	0.089	0.105	0.097	0.078	0.060	0.046	0.069	0.100	0.092
FH. Belalcázar 3	261434	0.007	0.011	0.010	0.018	0.021	0.019	0.015	0.012	0.010	0.014	0.020	0.018
Q. Los Micos	261435	0.096	0.156	0.159	0.259	0.291	0.278	0.248	0.176	0.161	0.191	0.279	0.249
FH. Belalcázar 2	261436	0.059	0.085	0.085	0.136	0.177	0.143	0.123	0.101	0.100	0.134	0.214	0.183
Q. La Betulia	261437	0.234	0.325	0.385	0.507	0.683	0.582	0.573	0.392	0.495	0.501	0.909	0.708
FH. Belalcázar 1	261438	0.084	0.115	0.129	0.161	0.230	0.171	0.149	0.131	0.162	0.191	0.328	0.252
Q. el Aguila (Q. El Guamo)	261439	0.936	1.331	1.504	1.851	2.472	1.931	1.727	1.480	1.836	2.046	3.376	2.594
FH. Q. La Equis	261440	0.281	0.395	0.444	0.544	0.739	0.562	0.486	0.442	0.542	0.625	1.024	0.786
Q. La Hermosa	261441	0.221	0.300	0.335	0.424	0.613	0.454	0.397	0.345	0.426	0.507	0.883	0.677
FH. Viterbo 5	261442	0.047	0.068	0.077	0.093	0.120	0.093	0.080	0.075	0.092	0.103	0.160	0.123
Q. Candilejas	261443	0.119	0.162	0.180	0.228	0.326	0.243	0.212	0.185	0.229	0.271	0.469	0.359
FH. Viterbo 4	261444	0.005	0.008	0.009	0.010	0.013	0.010	0.009	0.009	0.010	0.012	0.018	0.013
Q. La Primavera	261445	0.195	0.267	0.298	0.375	0.535	0.398	0.348	0.305	0.377	0.445	0.766	0.587
FH. Viterbo 3	261446	0.004	0.007	0.007	0.009	0.011	0.008	0.007	0.007	0.009	0.009	0.014	0.010
Q. Changüi	261447	0.500	0.687	0.765	0.965	1.365	1.021	0.892	0.783	0.968	1.140	1.945	1.490
FH. Viterbo 2	261448	0.009	0.014	0.016	0.018	0.023	0.018	0.015	0.015	0.018	0.020	0.029	0.022
Q. La Honda	261449	0.148	0.197	0.217	0.283	0.422	0.309	0.272	0.230	0.286	0.346	0.622	0.476
FH. Viterbo 1	261450	0.007	0.009	0.010	0.013	0.019	0.014	0.012	0.010	0.013	0.016	0.028	0.022
Q. La Tesalia	261451	0.217	0.293	0.325	0.418	0.610	0.450	0.395	0.339	0.420	0.503	0.885	0.678
Q. Palo Gordo	261452	0.069	0.092	0.101	0.133	0.199	0.146	0.128	0.107	0.135	0.163	0.293	0.223
Q. Tamaspa	261453	0.629	0.896	1.006	1.221	1.598	1.242	1.067	0.993	1.215	1.373	2.162	1.664
FH. Anserma 3	261454	0.044	0.062	0.068	0.087	0.119	0.091	0.079	0.070	0.087	0.101	0.167	0.128
Q. El Oro	261455	0.378	0.540	0.606	0.742	0.974	0.753	0.652	0.597	0.736	0.836	1.321	1.009
FH. Q. Valdivia	261456	0.109	0.149	0.163	0.214	0.305	0.227	0.200	0.170	0.214	0.254	0.437	0.332
Q. Lázaro	261457	0.544	0.799	0.906	1.073	1.330	1.056	0.905	0.866	1.057	1.165	1.728	1.322
FH. Anserma 2	261458	0.024	0.032	0.036	0.047	0.070	0.051	0.045	0.038	0.047	0.057	0.104	0.079
Q. Chapatá 2	261459	0.244	0.350	0.395	0.477	0.617	0.480	0.414	0.386	0.473	0.532	0.827	0.633
FH. Anserma 1	261460	0.041	0.056	0.061	0.080	0.117	0.087	0.076	0.065	0.081	0.097	0.171	0.131
Q. Tusas	261461	0.407	0.534	0.591	0.718	0.834	0.629	0.593	0.596	0.686	0.795	1.033	0.821
FH. Q. Villa Orozco	261462	0.115	0.133	0.136	0.179	0.216	0.153	0.151	0.155	0.171	0.223	0.282	0.235
Q. Cauyá	261463	0.977	1.124	1.198	1.512	1.599	1.108	1.208	1.295	1.389	1.727	1.829	1.554
Q. Guapacha - San Pedro	261464	0.937	1.073	1.134	1.442	1.548	1.071	1.157	1.238	1.332	1.673	1.801	1.531
R. Guática	261465	3.527	4.952	4.703	7.563	7.844	5.860	6.604	6.367	7.594	8.087	9.722	7.230
FH. Q. Maira Bajo	261466	0.043	0.056	0.058	0.156	0.146	0.109	0.103	0.105	0.159	0.149	0.166	0.111
Q. Sirguia	261467	0.115	0.177	0.194	0.484	0.397	0.304	0.291	0.306	0.453	0.396	0.403	0.266
FH. Caño La Calera	261468	0.052	0.087	0.082	0.196	0.197	0.164	0.139	0.132	0.188	0.178	0.233	0.138

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

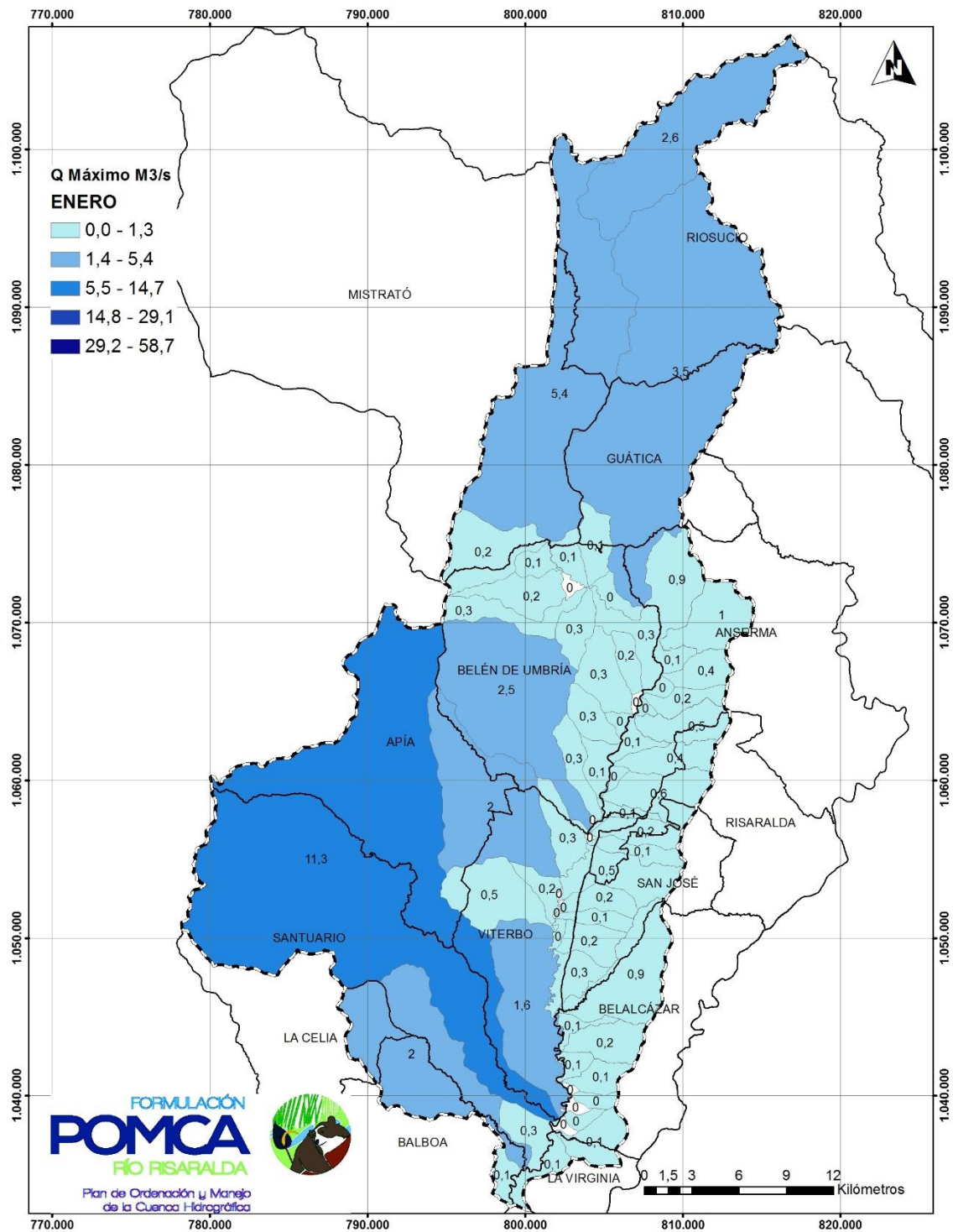


Figura 75. Caudales máximos mensuales enero
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

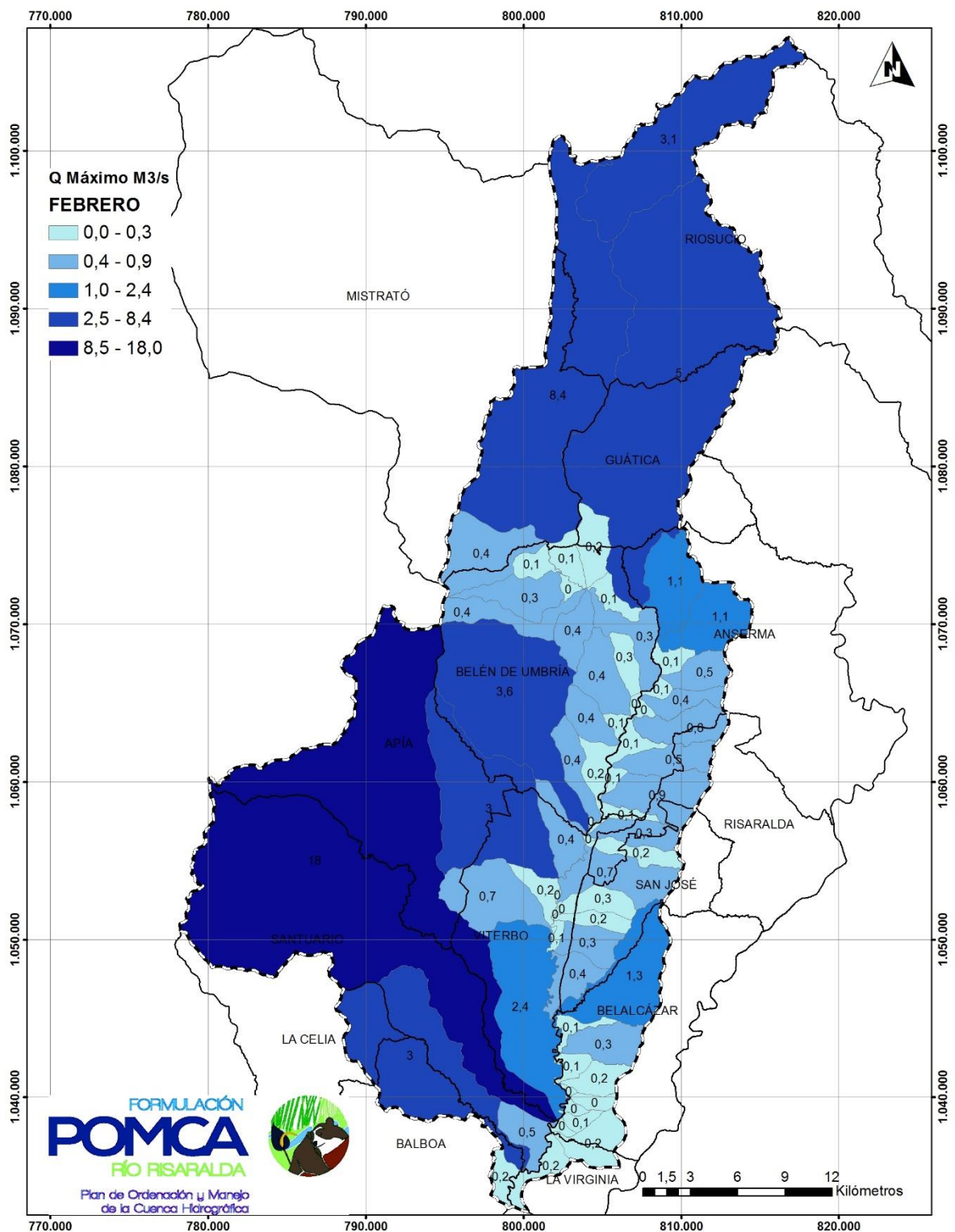


Figura 76. Caudales máximos mensuales febrero
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

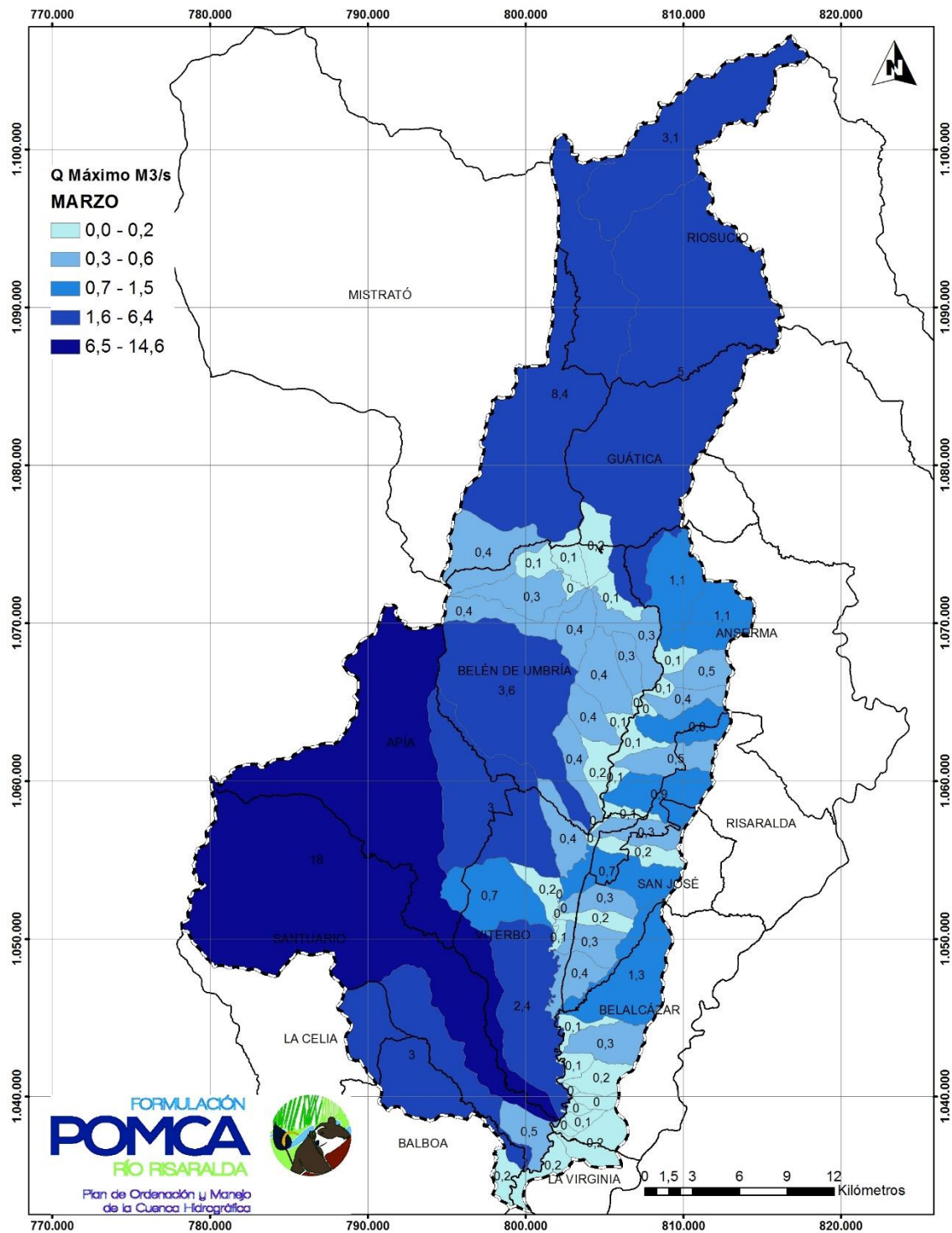


Figura 77. Caudales máximos mensuales marzo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

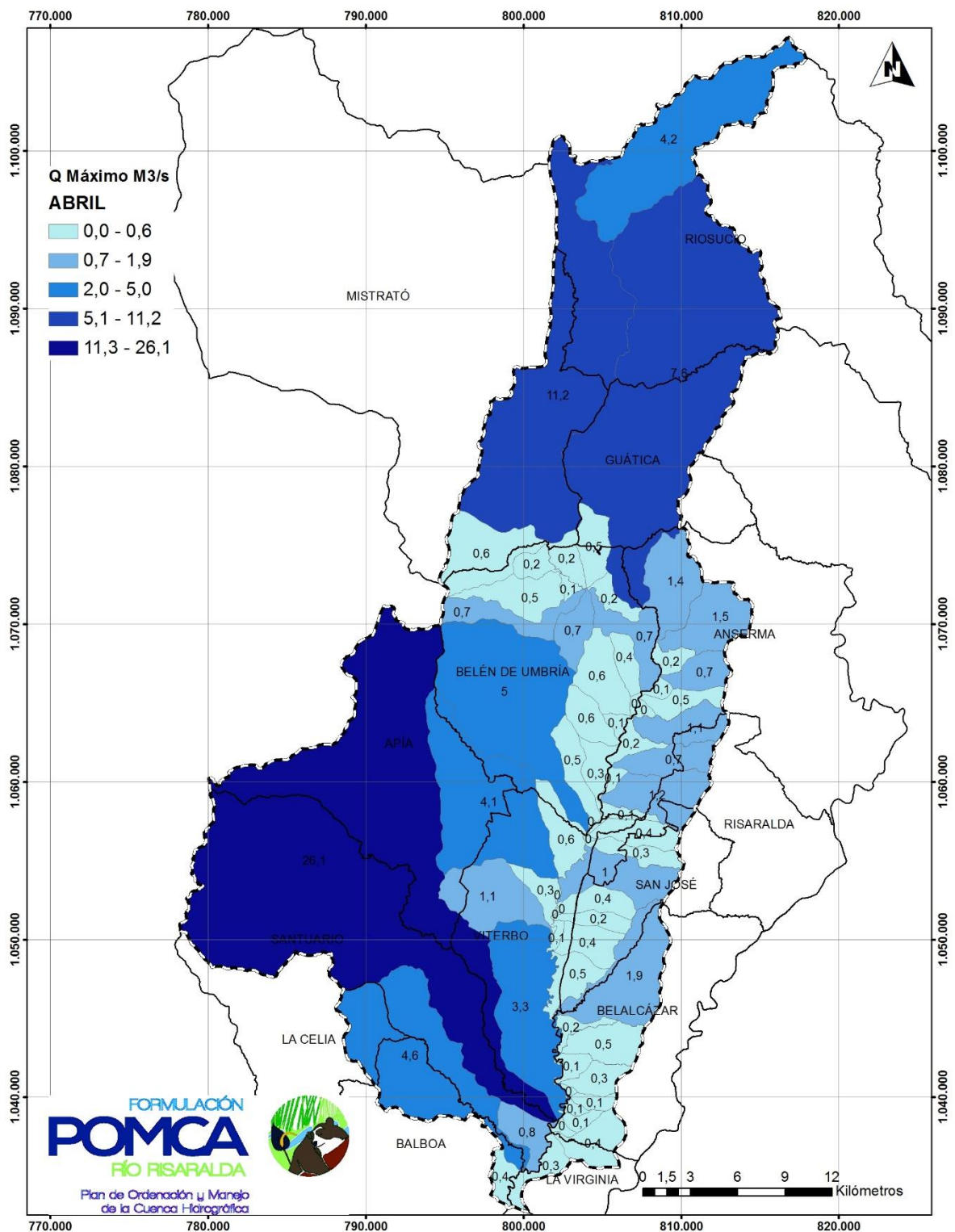


Figura 78. Caudales máximos mensuales abril
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

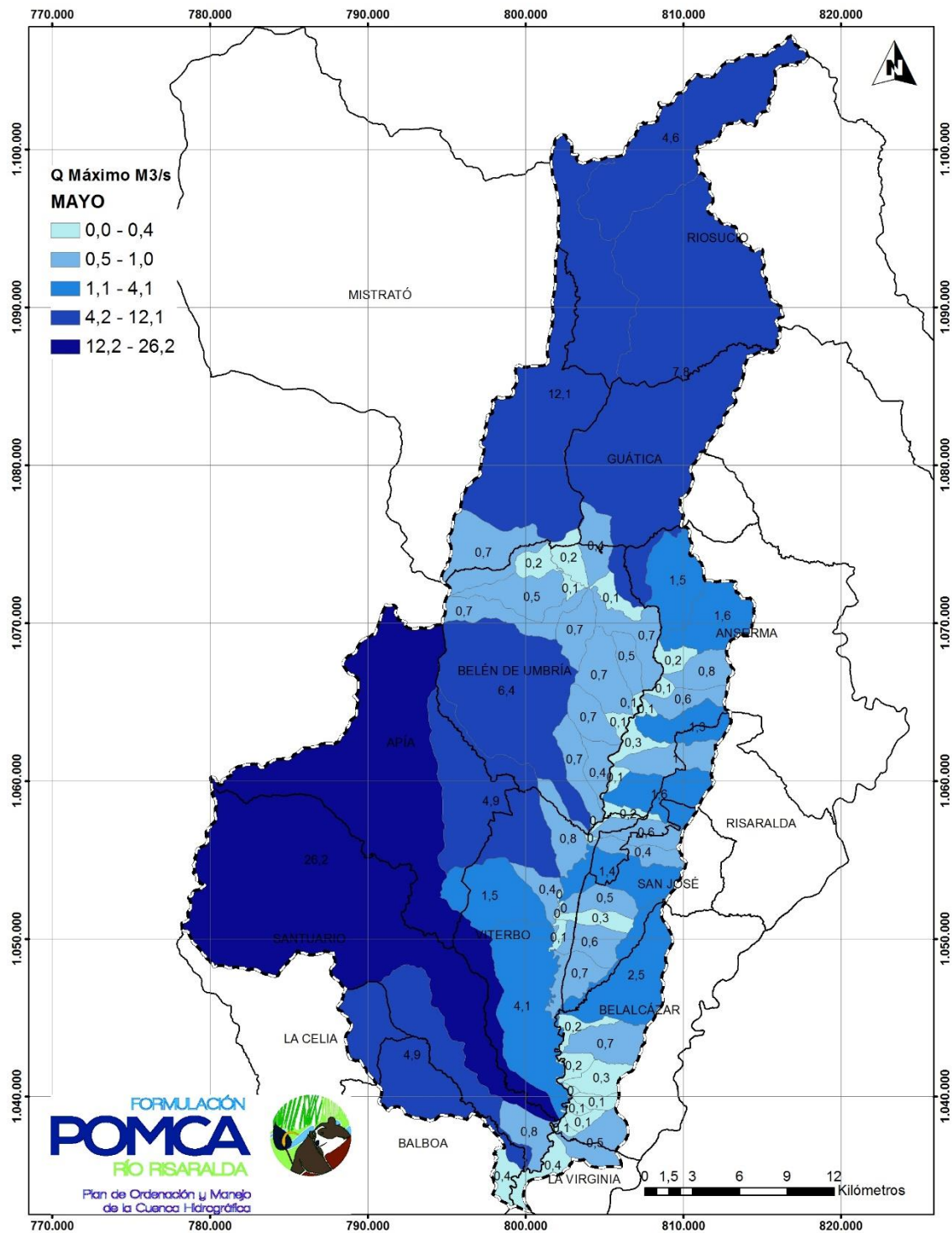


Figura 79. Caudales máximos mensuales mayo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

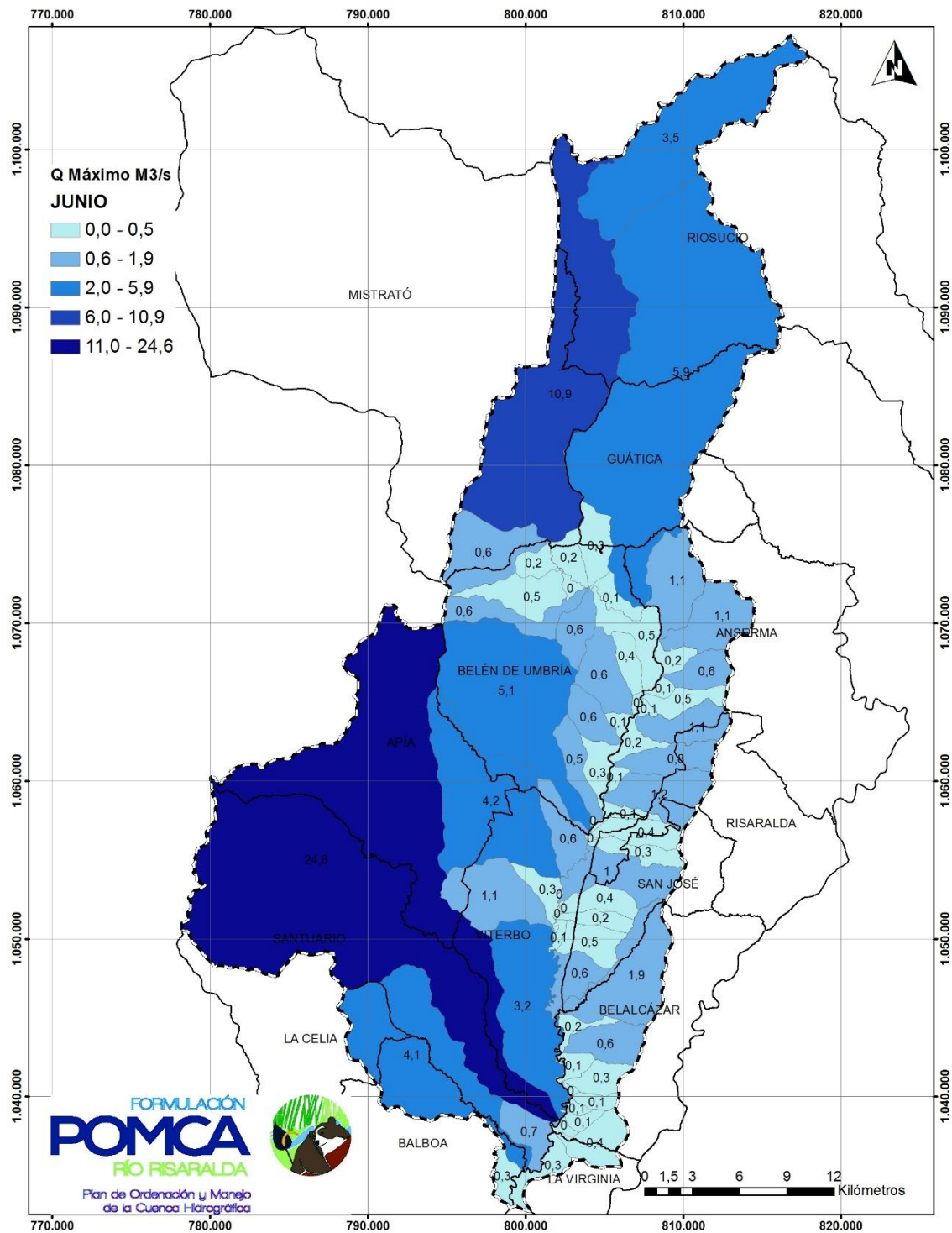


Figura 80. Caudales máximos mensuales junio
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

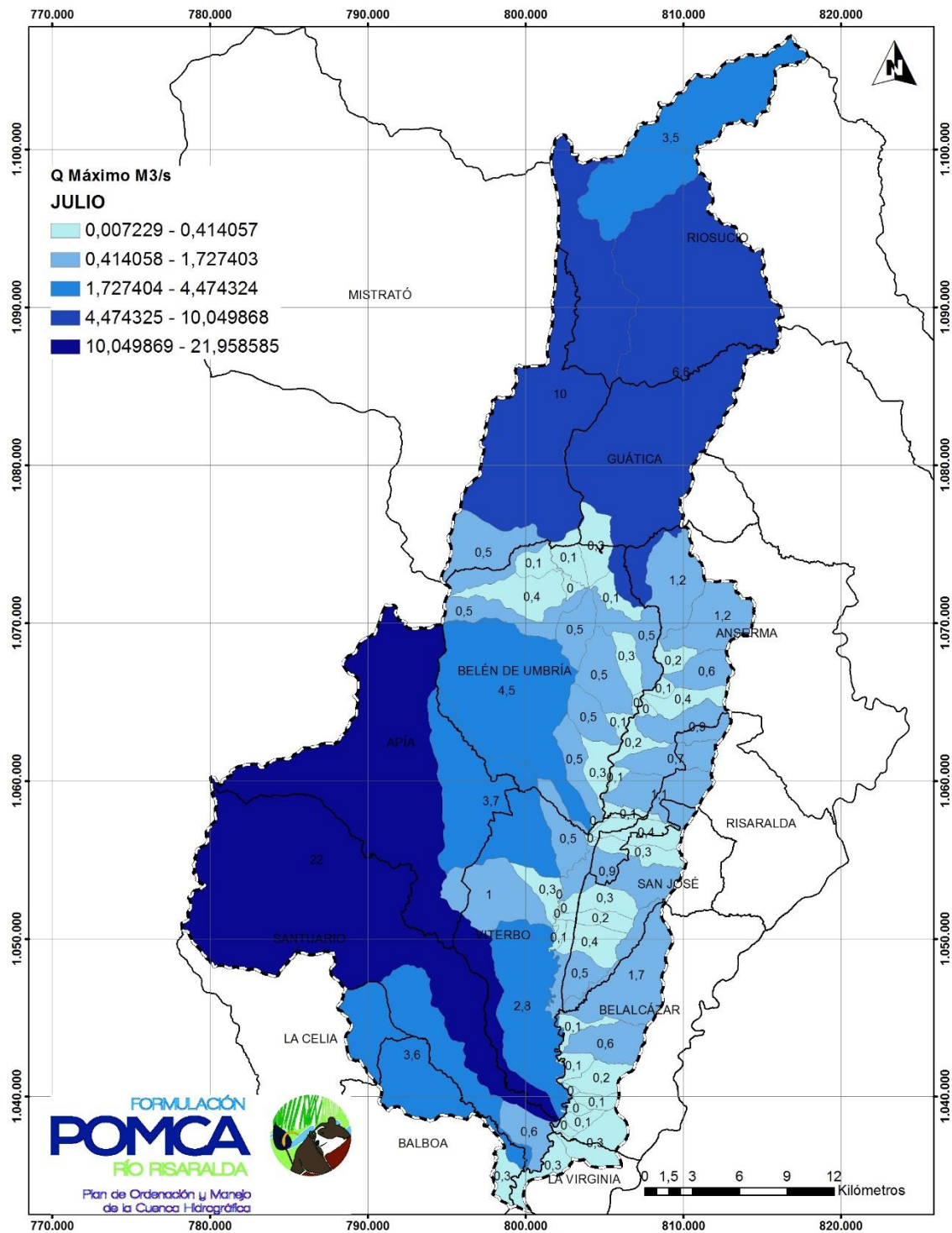


Figura 81. Caudales máximos mensuales julio
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

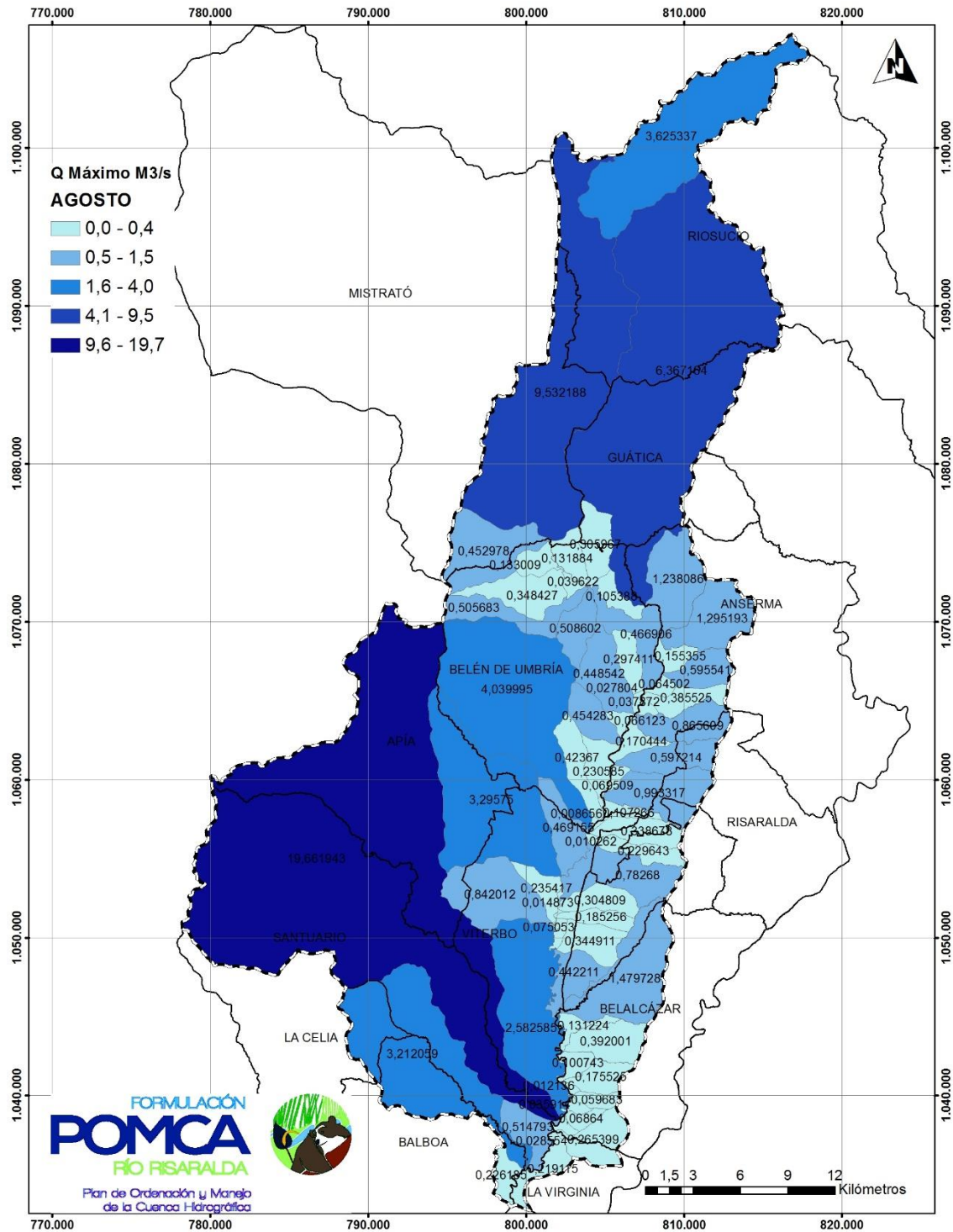


Figura 82. Caudales máximos mensuales agosto
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

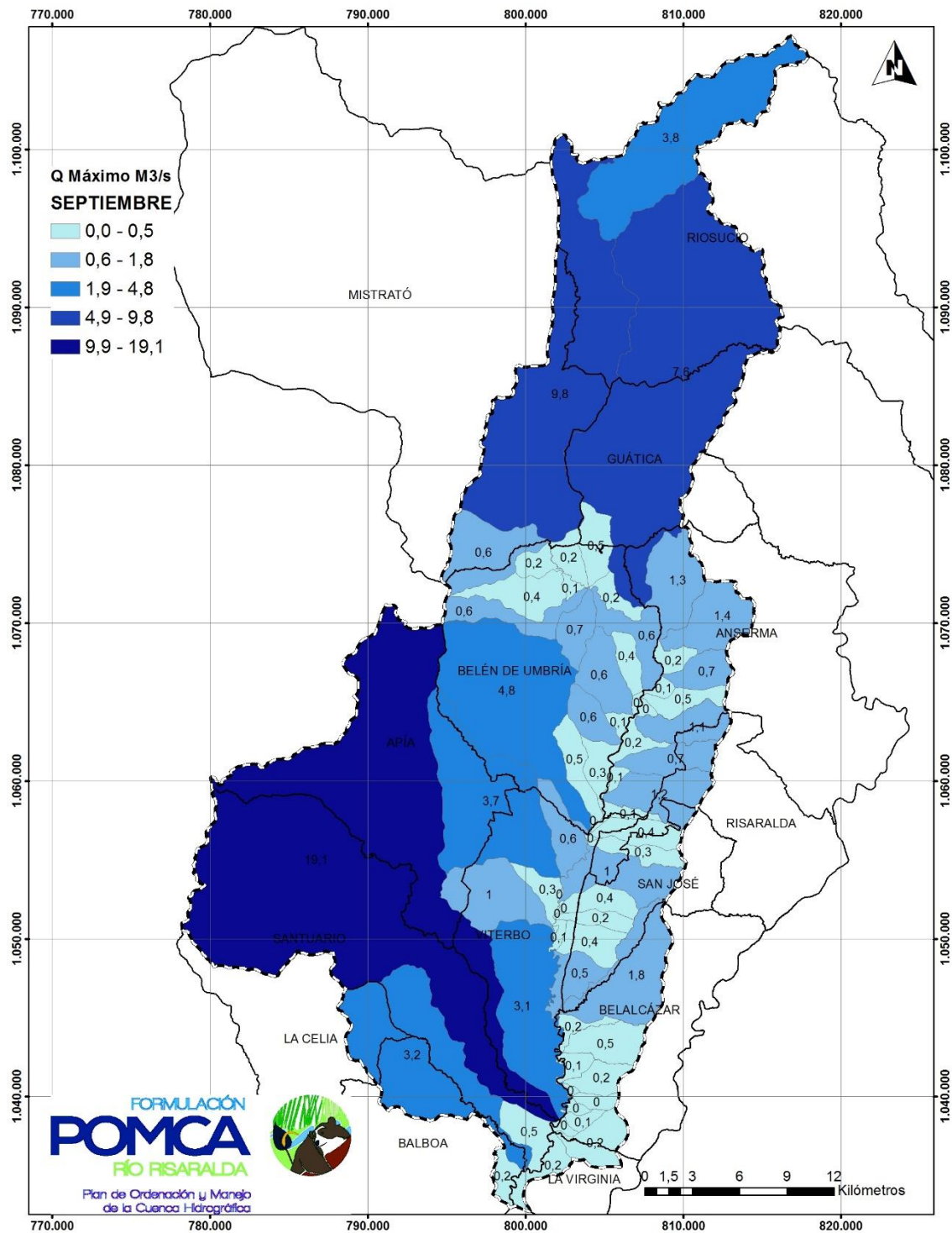


Figura 83. Caudales máximos mensuales septiembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

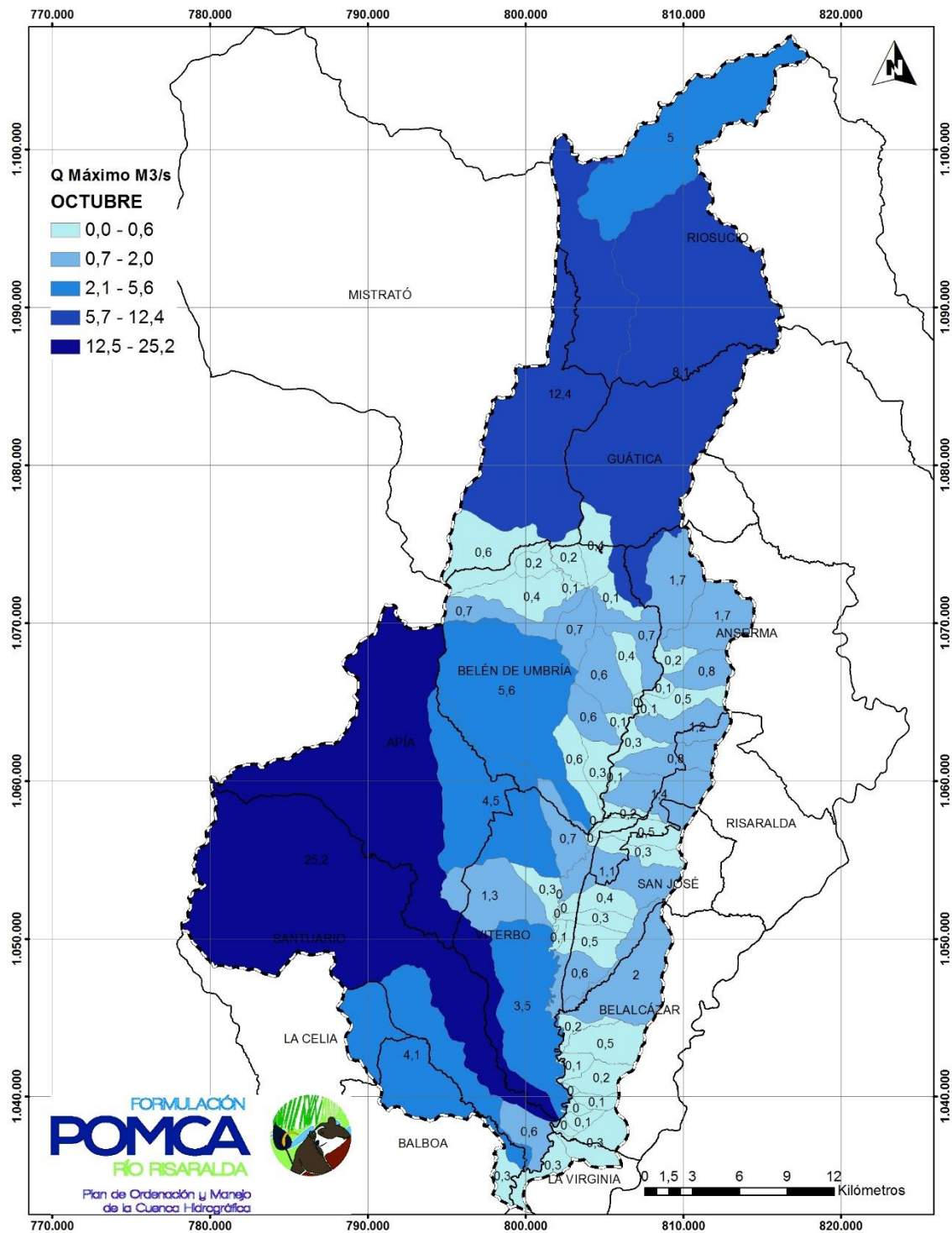


Figura 84. Caudales máximos mensuales octubre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

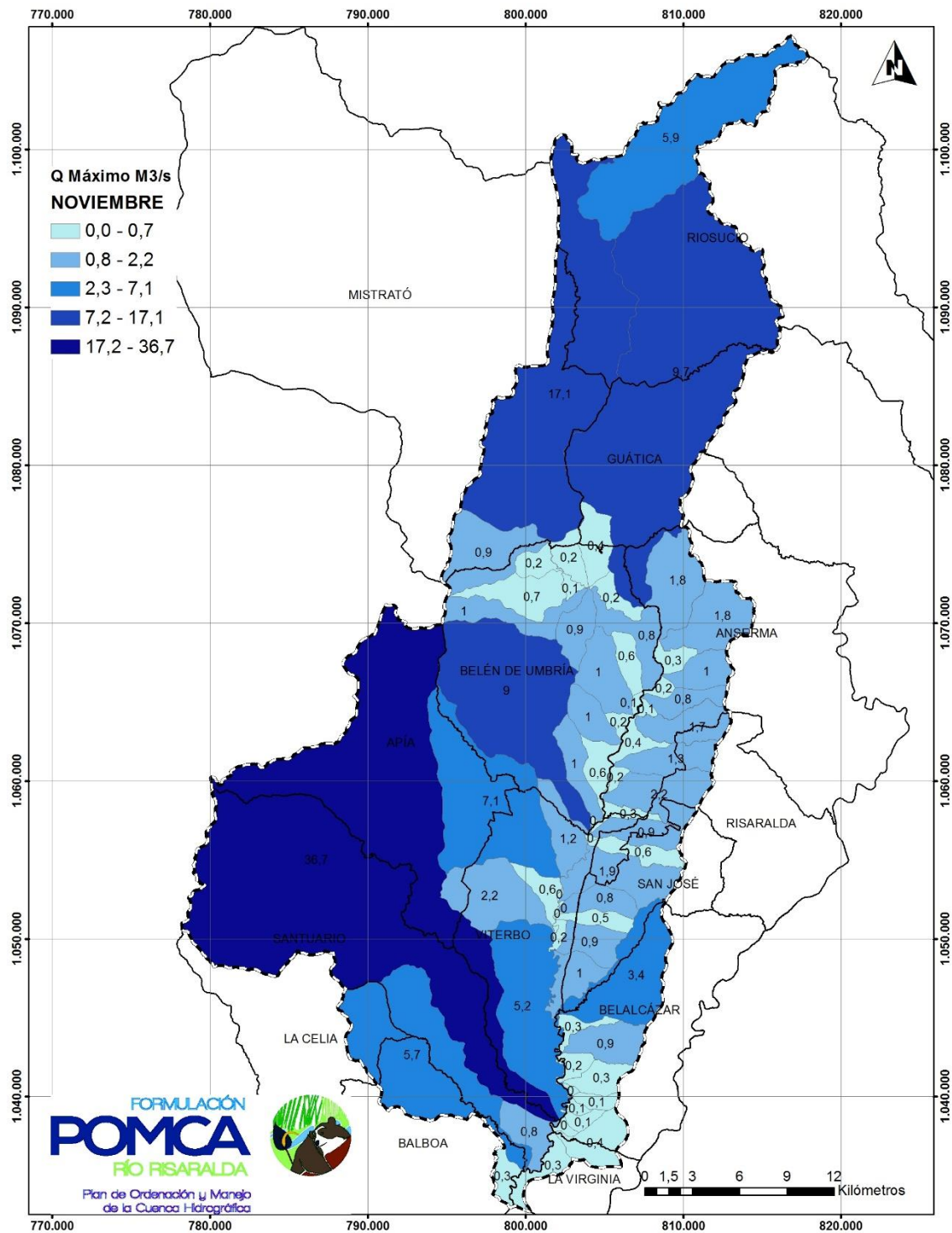


Figura 85. Caudales máximos mensuales noviembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

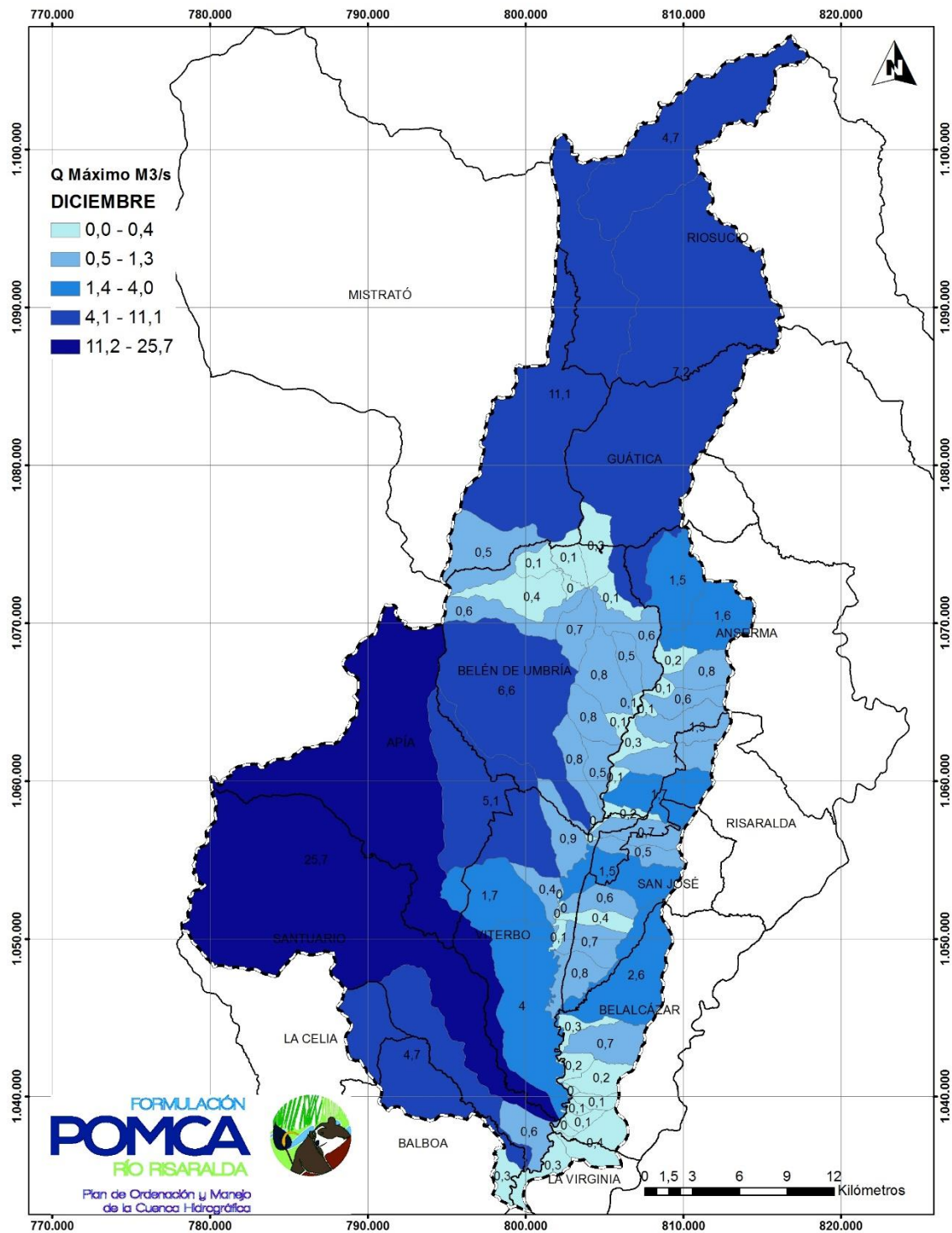


Figura 86. Caudales máximos mensuales diciembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

8.1.2 Caudales medios mensuales

Se presenta en la Tabla 29, Figura 87 a Figura 98, los caudales máximos mensuales (enero – diciembre), para las unidades hidrológicas del nivel subsiguiente definidas en la cuenca del río Risaralda.

Tabla 29. Caudales mensuales medios

Nombre	Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
R. Arroyo hondo	261401	2.00	2.07	2.61	3.62	3.66	2.59	2.00	2.23	2.38	3.75	4.07	3.14
FH. Riosucio-Mistrato	261402	4.09	4.88	5.67	8.47	8.73	6.84	5.33	5.65	5.94	8.94	10.54	6.79
Q. Serna	261403	0.18	0.23	0.24	0.41	0.51	0.40	0.31	0.30	0.36	0.42	0.55	0.32
Q. Peñas Blancas	261404	0.06	0.09	0.10	0.15	0.16	0.12	0.10	0.10	0.12	0.14	0.16	0.09
Q. La Ilorona	261405	0.16	0.21	0.23	0.37	0.41	0.31	0.25	0.24	0.31	0.35	0.42	0.25
FH. Belén de Umbría 1	261406	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03
Q. Sandía	261407	0.23	0.30	0.36	0.49	0.57	0.43	0.34	0.34	0.41	0.50	0.61	0.39
Q. Congo	261408	0.25	0.31	0.39	0.52	0.58	0.43	0.34	0.34	0.43	0.52	0.60	0.42
FH. Q. El Boquerón	261409	0.22	0.24	0.32	0.53	0.51	0.36	0.31	0.31	0.40	0.49	0.52	0.35
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	0.15	0.18	0.23	0.28	0.34	0.25	0.20	0.19	0.24	0.30	0.39	0.27
FH. Belén de Umbría 2	261411	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03
Q. Tachigui	261412	0.23	0.28	0.35	0.40	0.51	0.39	0.31	0.29	0.35	0.45	0.60	0.42
FH. Belén de Umbría 3	261413	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.09	0.07
Q. Los Angeles	261414	0.23	0.29	0.35	0.40	0.52	0.39	0.31	0.29	0.35	0.45	0.60	0.42
FH. Q. Pumia - Q. Tetuán	261415	0.11	0.12	0.14	0.17	0.26	0.19	0.15	0.13	0.16	0.21	0.33	0.23
Q. Papayal	261416	0.21	0.25	0.31	0.36	0.48	0.36	0.28	0.26	0.32	0.41	0.57	0.40
FH. Belén de Umbría 4	261417	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Q. Chapatá 1	261418	1.90	2.36	2.85	3.41	4.36	3.36	2.63	2.49	2.90	3.88	5.28	3.60
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	0.23	0.26	0.32	0.38	0.53	0.40	0.31	0.28	0.33	0.44	0.65	0.46
R. Guarne	261420	1.50	1.87	2.20	2.79	3.35	2.65	2.10	2.01	2.25	3.11	4.13	2.76
FH. Q. Guamo Viejo	261421	0.11	0.13	0.16	0.19	0.27	0.20	0.16	0.14	0.17	0.22	0.32	0.23
Q. Samaria	261422	0.40	0.43	0.51	0.64	0.95	0.70	0.56	0.47	0.56	0.75	1.19	0.84
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	0.19	0.21	0.26	0.36	0.45	0.39	0.31	0.24	0.28	0.35	0.55	0.39
R. Mapa	261424	8.43	11.11	12.62	18.30	18.77	15.60	12.42	12.12	12.62	18.73	22.97	14.50
FH. Santuario	261425	0.26	0.40	0.53	0.70	0.73	0.55	0.40	0.35	0.38	0.53	0.69	0.45
R. Totui	261426	1.58	2.10	2.57	3.49	3.83	3.03	2.31	2.09	2.31	3.11	3.97	2.73
FH. Balboa	261427	0.11	0.17	0.23	0.31	0.32	0.25	0.17	0.15	0.16	0.22	0.30	0.20
FH. La Virginia	261428	0.10	0.14	0.19	0.28	0.32	0.26	0.17	0.14	0.13	0.19	0.29	0.19
Q. El Cairo	261429	0.11	0.14	0.18	0.31	0.39	0.33	0.21	0.15	0.13	0.20	0.32	0.23
FH. Belalcázar 5	261430	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.03
Q. Genova	261431	0.03	0.04	0.05	0.09	0.10	0.08	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.06
FH. Belalcázar 4	261432	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03
Q. Calamar	261433	0.02	0.03	0.04	0.07	0.09	0.08	0.05	0.03	0.03	0.04	0.07	0.05
FH. Belalcázar 3	261434	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Q. Los Micos	261435	0.08	0.11	0.13	0.21	0.24	0.22	0.15	0.11	0.11	0.14	0.22	0.15
FH. Belalcázar 2	261436	0.05	0.05	0.07	0.09	0.13	0.10	0.07	0.06	0.06	0.08	0.13	0.09
Q. La Betulia	261437	0.19	0.21	0.26	0.36	0.45	0.39	0.31	0.24	0.28	0.35	0.55	0.39
FH. Belalcázar 1	261438	0.06	0.07	0.09	0.10	0.15	0.11	0.09	0.08	0.09	0.12	0.18	0.13
Q. el Aguila (Q. El Guamo)	261439	0.74	0.90	1.11	1.30	1.68	1.31	1.03	0.94	1.13	1.43	2.00	1.40
FH. Q. La Equis	261440	0.22	0.27	0.33	0.37	0.50	0.37	0.29	0.28	0.33	0.43	0.59	0.42
Q. La Hermosa	261441	0.17	0.19	0.23	0.27	0.39	0.29	0.23	0.20	0.24	0.32	0.48	0.34
FH. Viterbo 5	261442	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.06	0.05	0.05	0.06	0.08	0.10	0.07
Q. Candilejas	261443	0.09	0.10	0.12	0.15	0.21	0.15	0.12	0.11	0.13	0.17	0.26	0.18
FH. Viterbo 4	261444	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03
Q. La Primavera	261445	0.15	0.17	0.21	0.24	0.34	0.26	0.20	0.18	0.22	0.28	0.42	0.30
FH. Viterbo 3	261446	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Q. Changüi	261447	0.38	0.44	0.53	0.63	0.88	0.66	0.52	0.47	0.56	0.73	1.08	0.76
FH. Viterbo 2	261448	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Q. La Honda	261449	0.11	0.12	0.14	0.17	0.26	0.19	0.15	0.13	0.15	0.20	0.33	0.23
FH. Viterbo 1	261450	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Q. La Tesalia	261451	0.16	0.18	0.22	0.26	0.38	0.28	0.22	0.20	0.23	0.31	0.48	0.34
Q. Palo Gordo	261452	0.05	0.05	0.06	0.08	0.12	0.09	0.07	0.06	0.07	0.10	0.15	0.11

Nombre	Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q. Tamaspia	261453	0.50	0.62	0.77	0.87	1.12	0.85	0.67	0.64	0.77	0.98	1.31	0.92
FH. Anserma 3	261454	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.06	0.05	0.04	0.05	0.07	0.10	0.07
Q. El Oro	261455	0.30	0.37	0.46	0.53	0.68	0.52	0.40	0.38	0.46	0.59	0.80	0.56
FH. Q. Valdivia	261456	0.08	0.09	0.11	0.14	0.20	0.15	0.11	0.10	0.12	0.16	0.24	0.17
Q. Lázaro	261457	0.44	0.59	0.73	0.81	0.99	0.75	0.59	0.58	0.71	0.90	1.11	0.77
FH. Anserma 2	261458	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04
Q. Chapatá 2	261459	1.90	2.36	2.85	3.41	4.36	3.36	2.63	2.49	2.90	3.88	5.28	3.60
FH. Anserma 1	261460	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.09	0.06
Q. Tusas	261461	0.33	0.40	0.51	0.60	0.65	0.48	0.39	0.41	0.48	0.64	0.71	0.52
FH. Q. Villa Orozco	261462	0.09	0.09	0.11	0.15	0.17	0.11	0.09	0.10	0.11	0.16	0.18	0.15
Q. Cauyá	261463	0.77	0.86	1.14	1.43	1.35	0.94	0.77	0.90	1.03	1.45	1.41	1.13
Q. Guapacha - San Pedro	261464	0.74	0.80	1.06	1.36	1.30	0.90	0.73	0.85	0.96	1.37	1.36	1.09
R. Guática	261465	3.07	3.31	3.99	6.22	6.32	4.40	3.82	3.78	4.61	6.13	6.50	4.79
FH. Q. Maira Bajo	261466	0.04	0.04	0.05	0.11	0.12	0.08	0.06	0.06	0.08	0.10	0.11	0.07
Q. Sirguia	261467	0.12	0.14	0.18	0.35	0.35	0.24	0.19	0.20	0.27	0.31	0.30	0.19
FH. Caño La Calera	261468	0.05	0.06	0.07	0.13	0.16	0.11	0.09	0.08	0.11	0.13	0.15	0.09

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

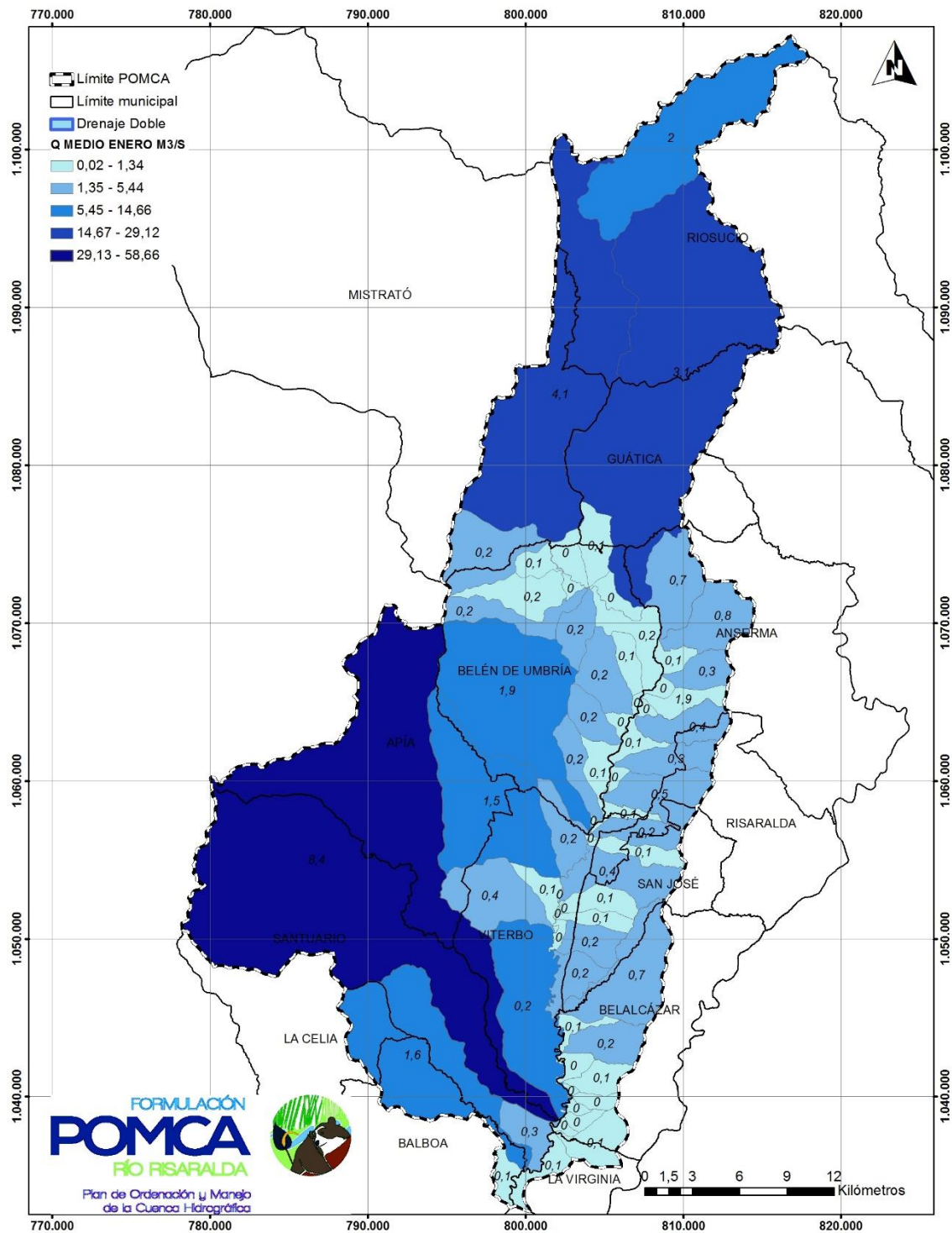


Figura 87. Caudales medios mensuales enero
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

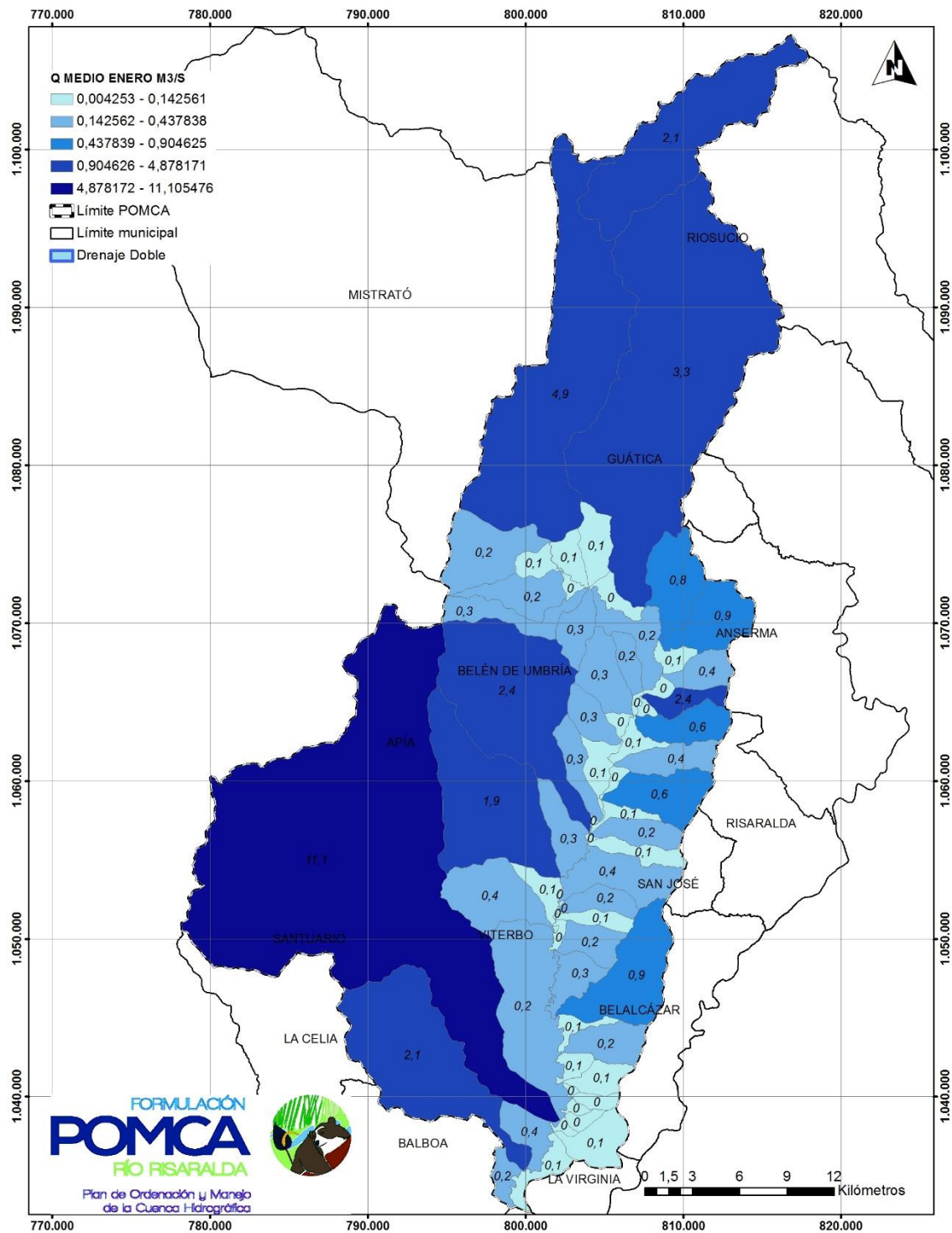


Figura 88. Caudales medios mensuales febrero
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

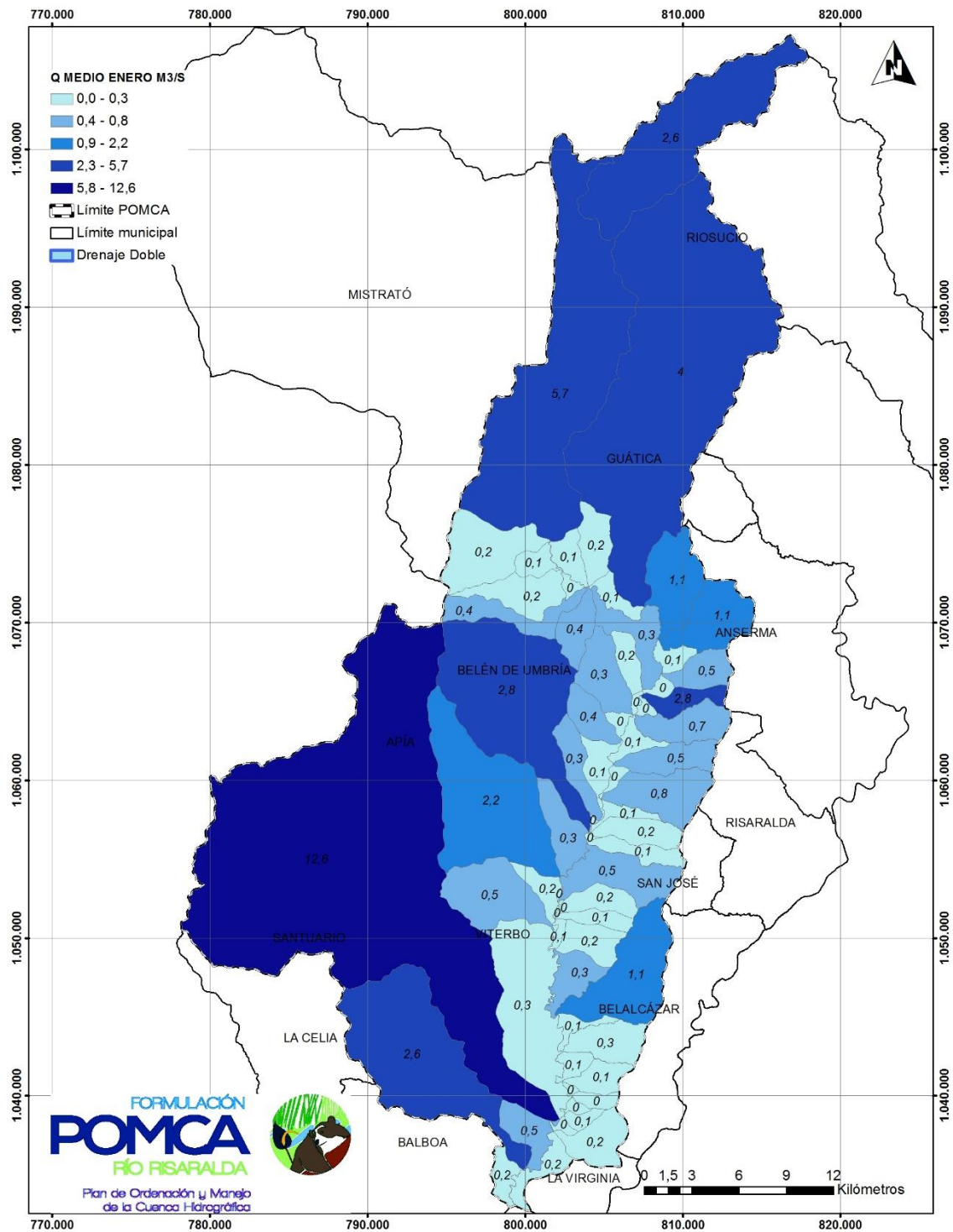


Figura 89. Caudales medios mensuales marzo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

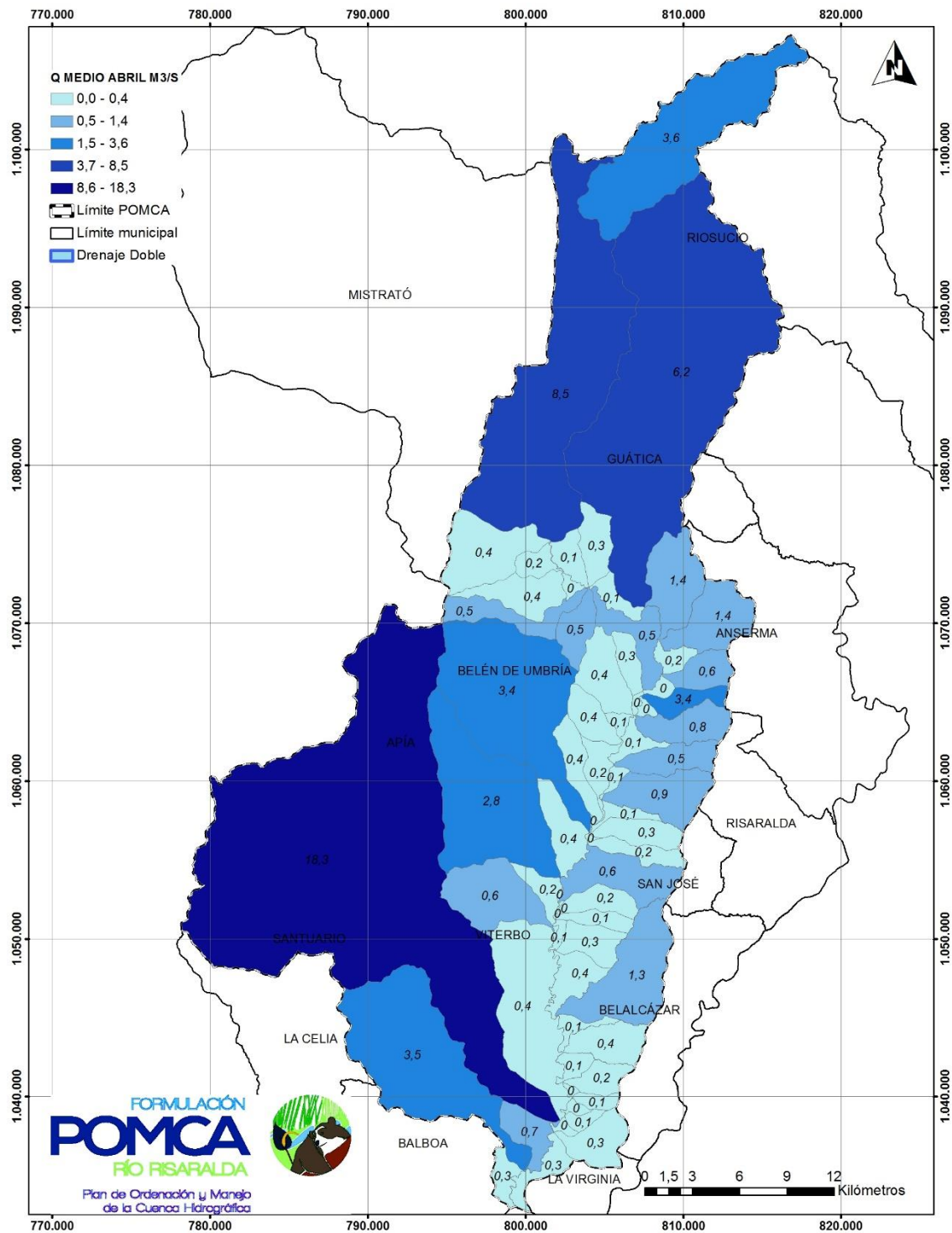


Figura 90. Caudales medios mensuales abril
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

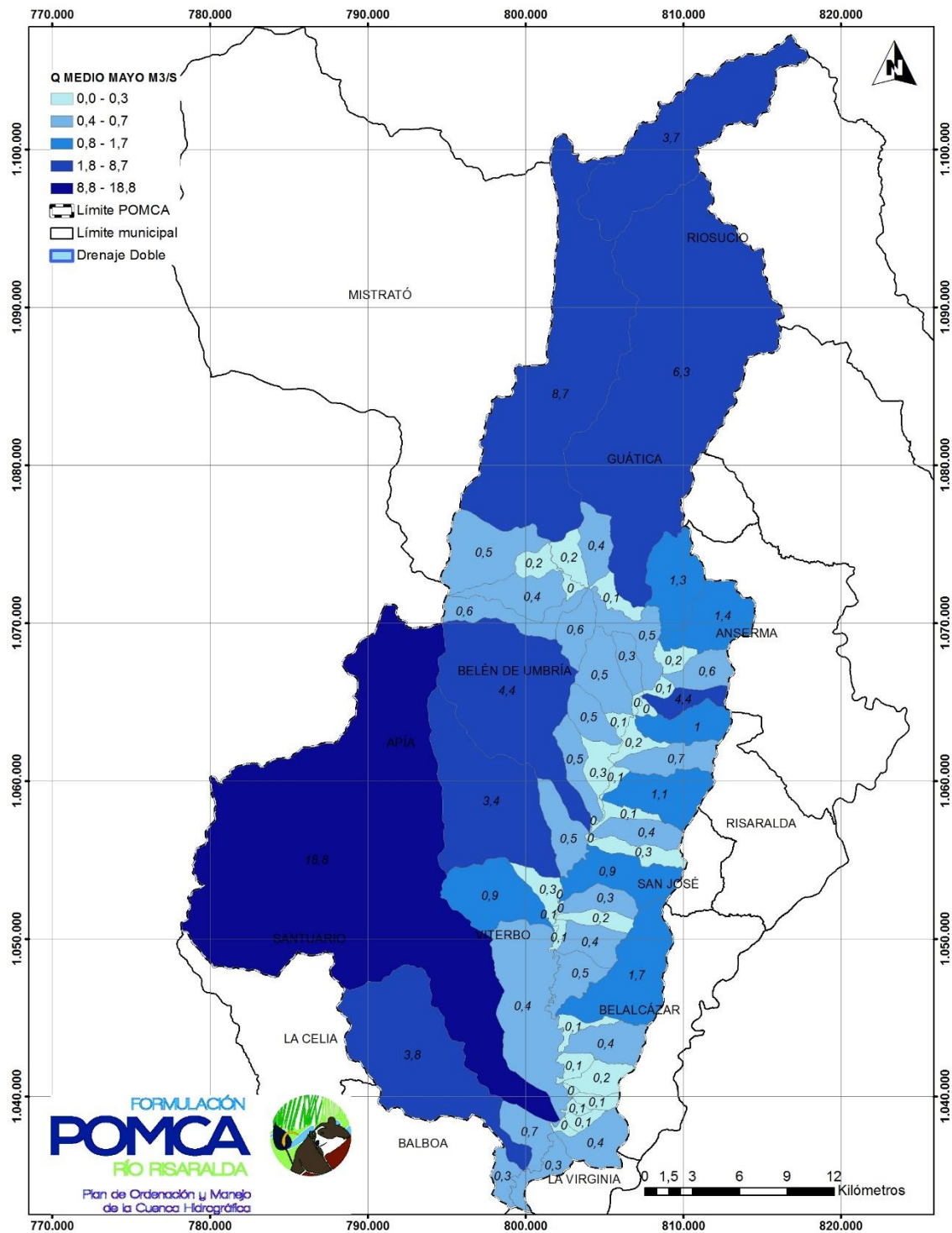


Figura 91. Caudales medios mensuales mayo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

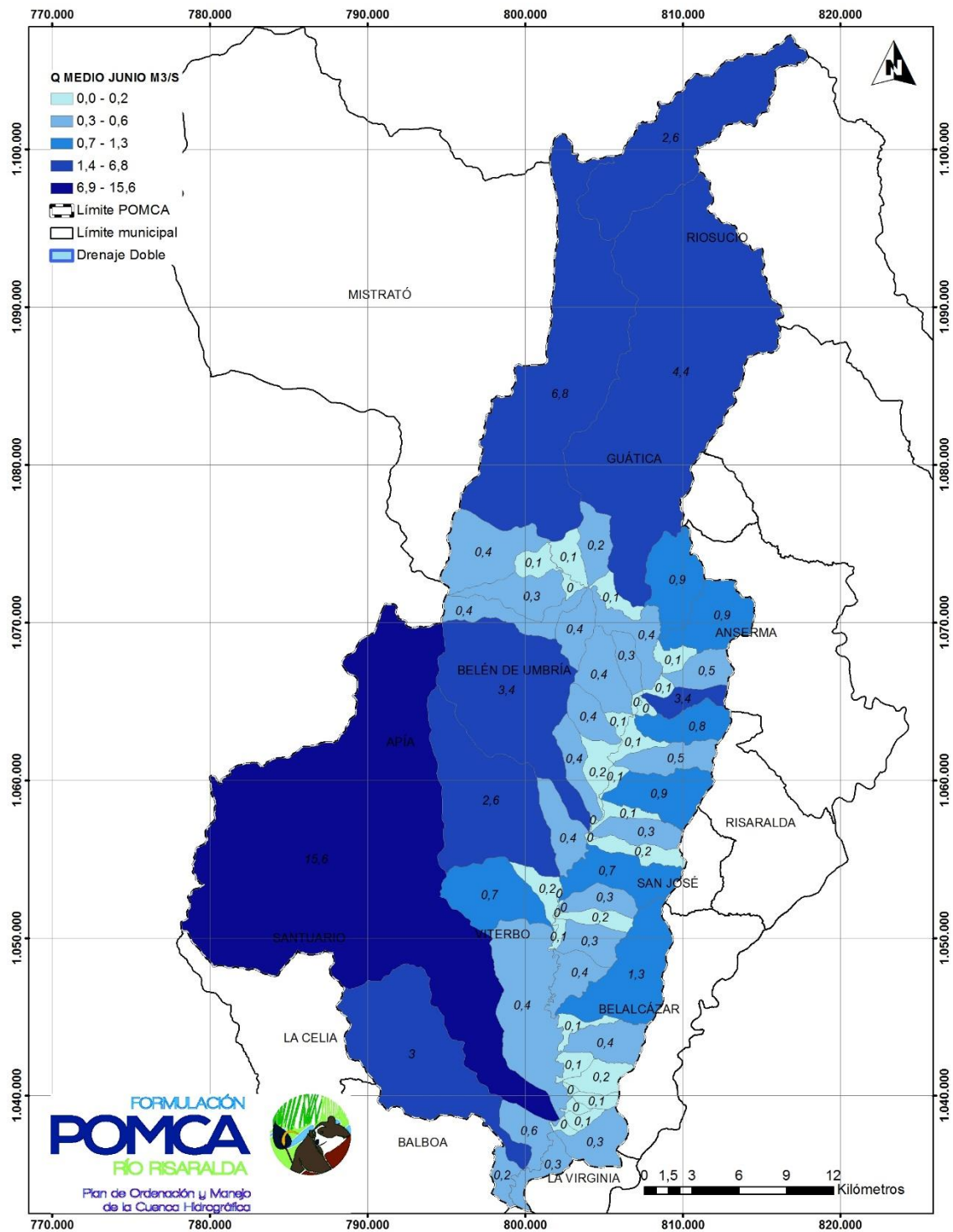


Figura 92. Caudales medios mensuales junio
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

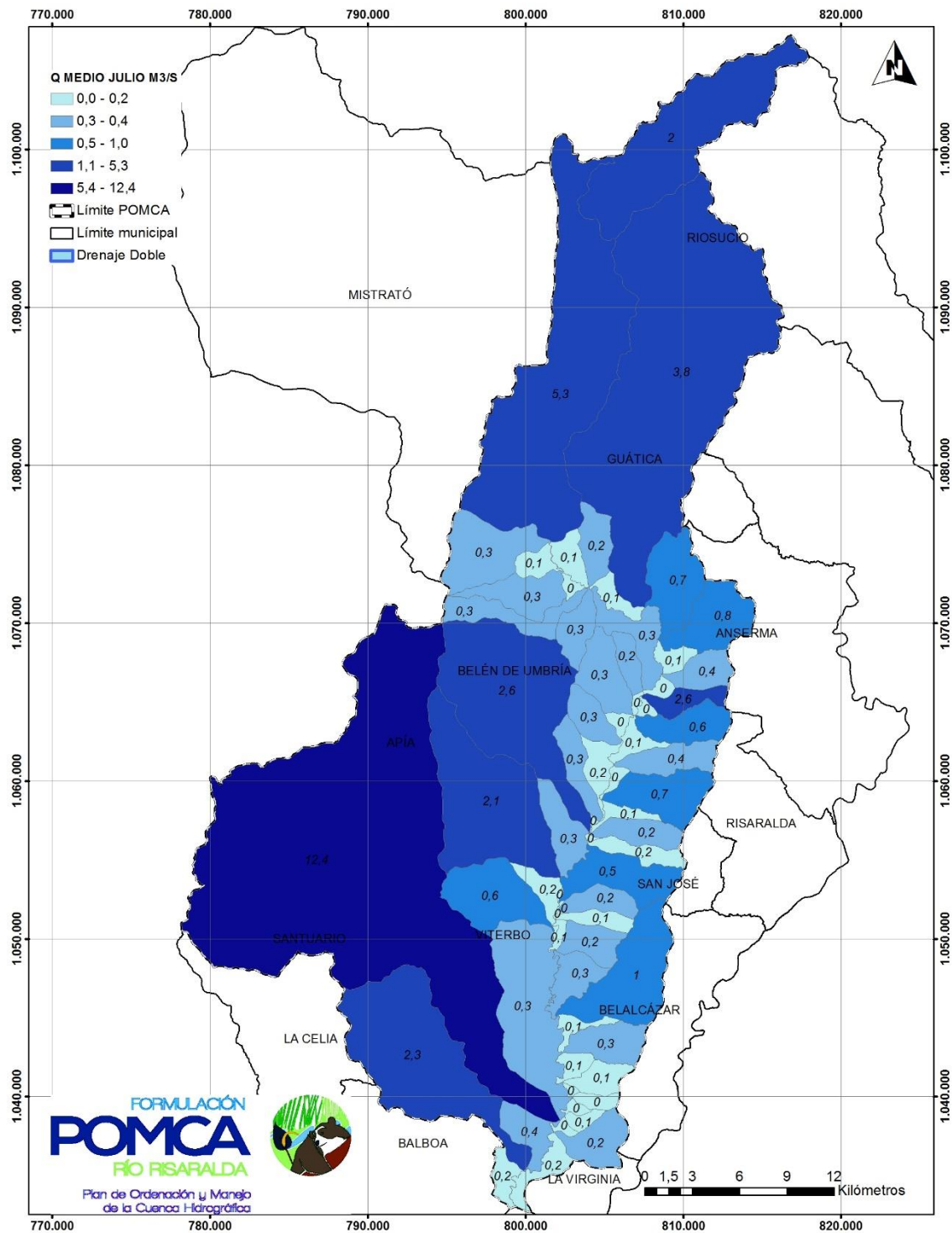


Figura 93. Caudales medios mensuales julio
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

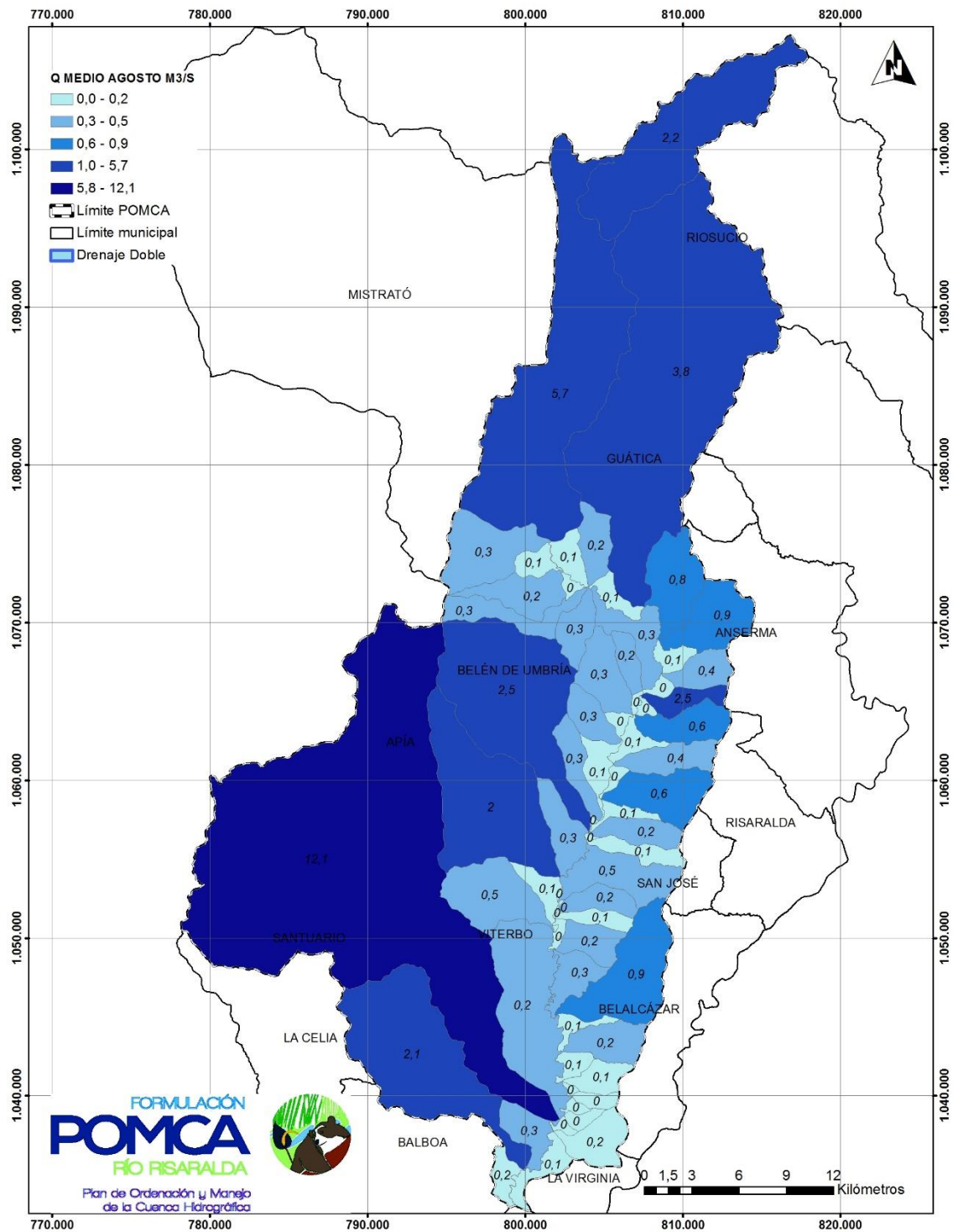


Figura 94. Caudales medios mensuales agosto
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

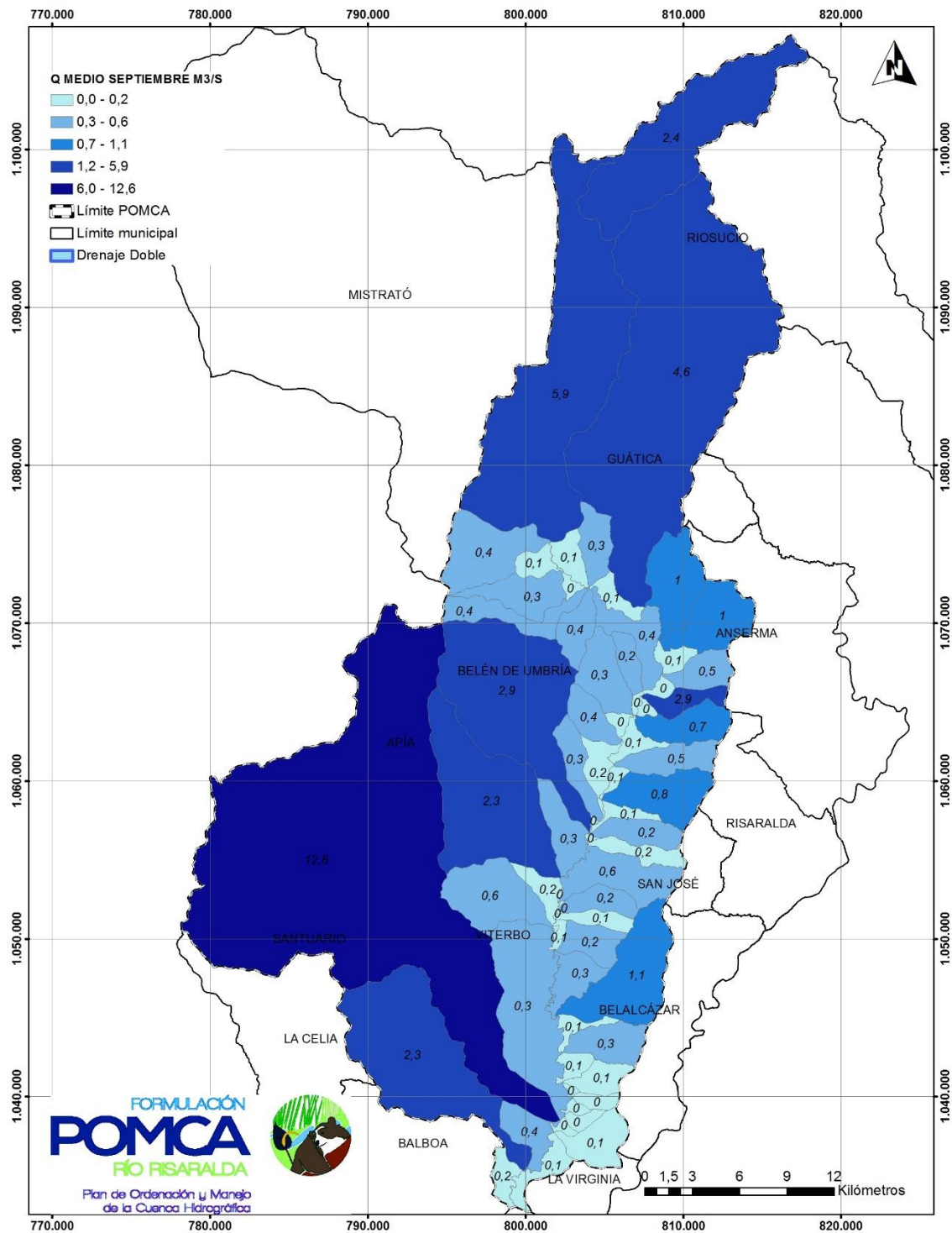


Figura 95. Caudales medios mensuales septiembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

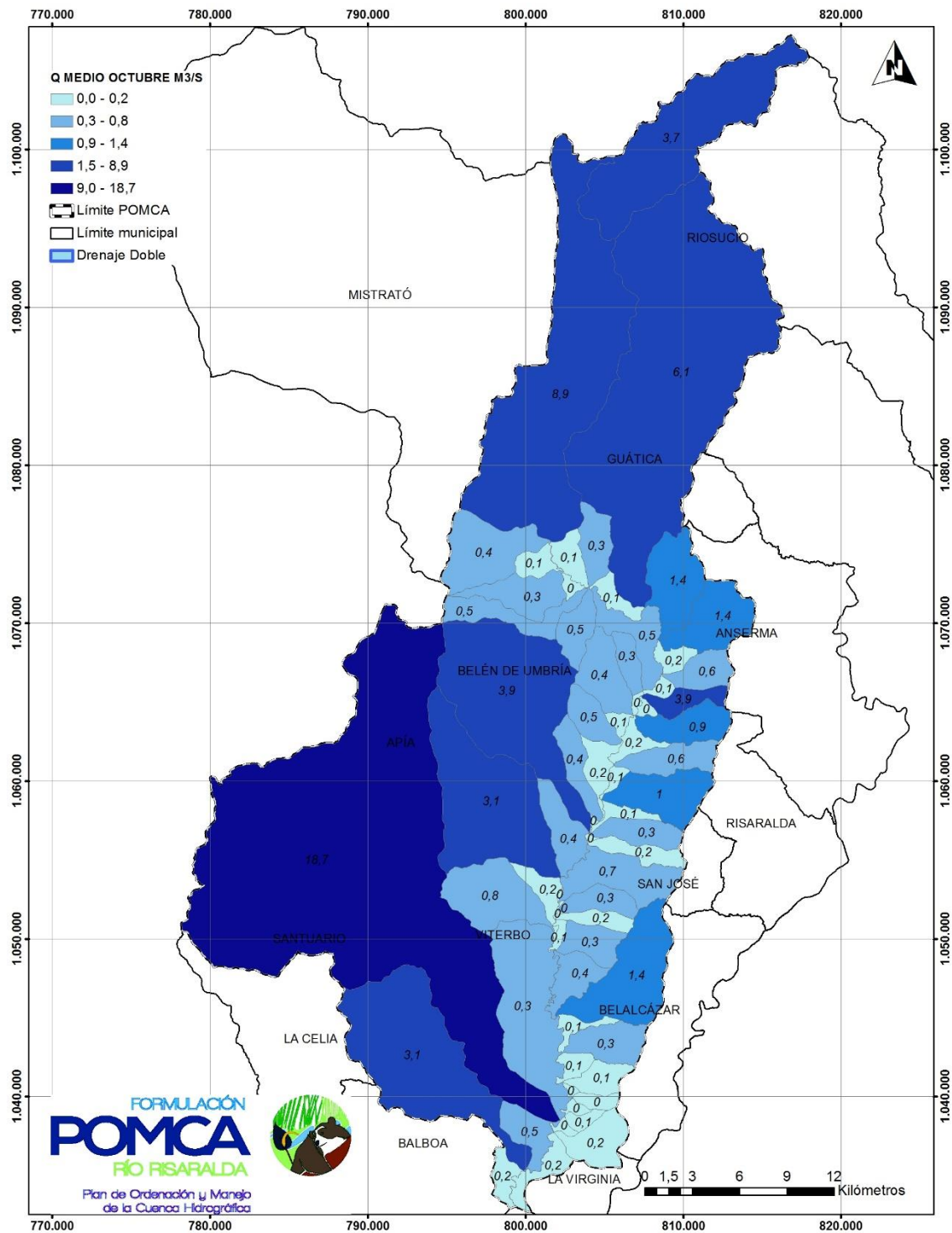


Figura 96. Caudales medios mensuales octubre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

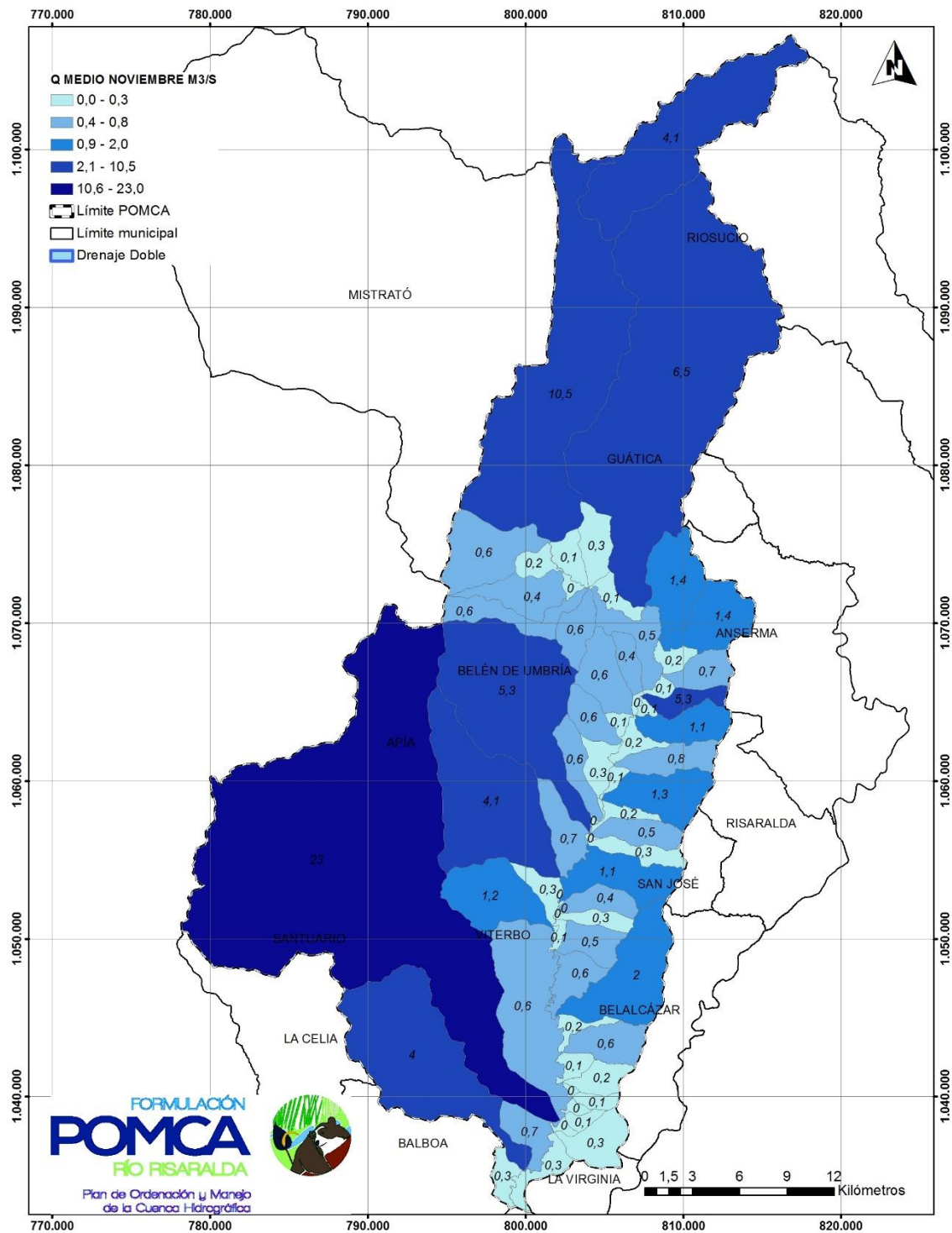


Figura 97. Caudales medios mensuales noviembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

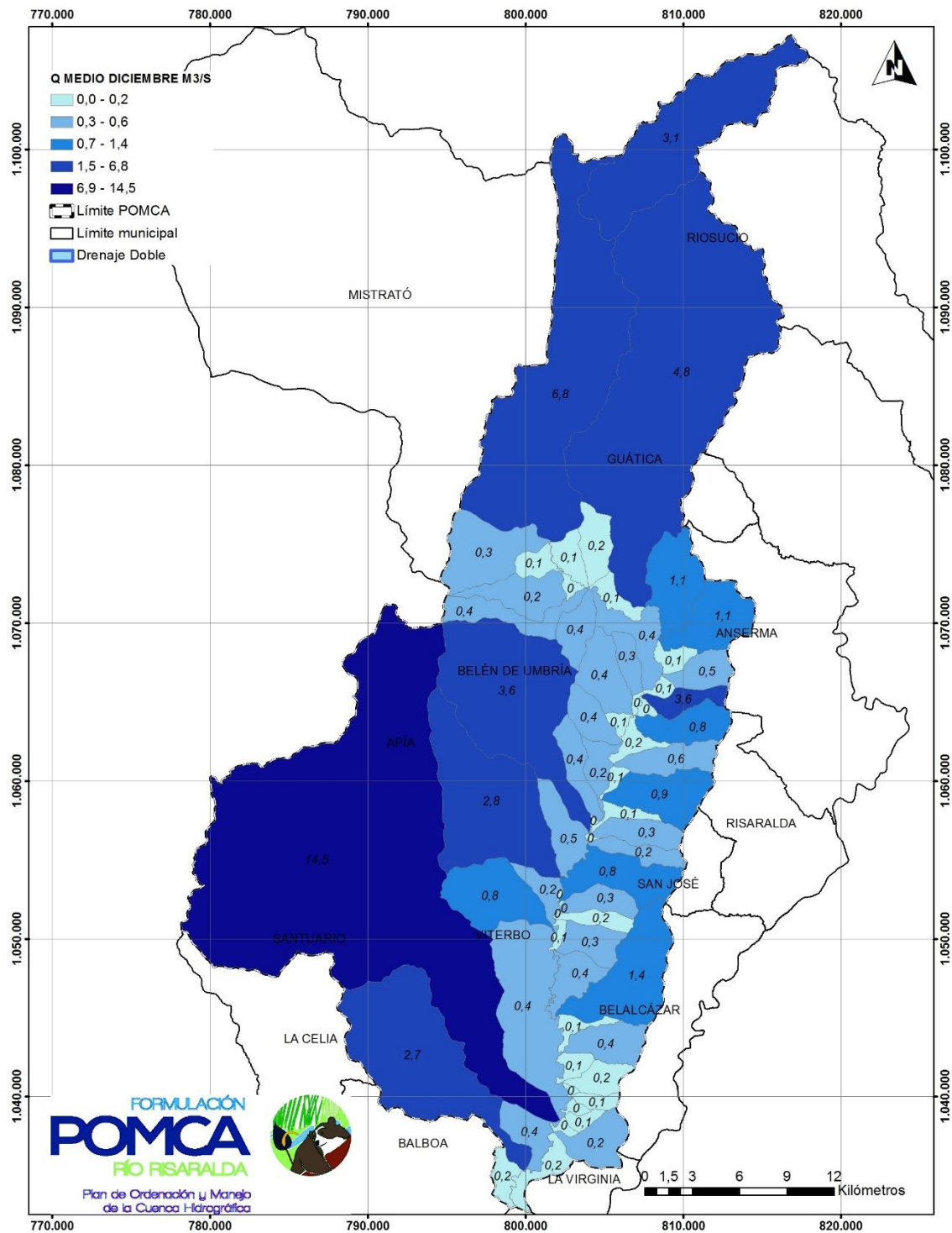


Figura 98. Caudales medios mensuales diciembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

8.1.3 Caudales mínimos mensuales

Se presenta en la Tabla 30, Figura 99 a Figura 110, los caudales mínimos mensuales (enero – diciembre), para las unidades hidrológicas del nivel subsiguiente definidas en la cuenca del río Risaralda.

Tabla 30. Caudales mínimos mensuales

Nombre	Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
R. Arroyo hondo	261401	2.16	1.56	1.92	3.63	2.45	2.01	0.83	1.12	1.11	2.76	2.85	1.73
FH. Riosucio-Mistrato	261402	4.26	3.31	4.19	7.05	5.39	4.15	2.21	3.06	2.56	5.14	5.68	3.25
Q. Serna	261403	0.19	0.19	0.22	0.29	0.34	0.22	0.19	0.20	0.22	0.28	0.27	0.16
Q. Peñas Blancas	261404	0.06	0.07	0.09	0.12	0.12	0.07	0.07	0.07	0.08	0.11	0.10	0.06
Q. La Ilorona	261405	0.16	0.17	0.20	0.28	0.29	0.19	0.17	0.16	0.19	0.26	0.24	0.15
FH. Belén de Umría 1	261406	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02
Q. Sandía	261407	0.25	0.21	0.28	0.38	0.38	0.27	0.22	0.20	0.23	0.37	0.37	0.22
Q. Congo	261408	0.27	0.22	0.29	0.41	0.42	0.30	0.23	0.20	0.23	0.42	0.42	0.26
FH. Q. El Boquerón	261409	0.22	0.15	0.20	0.32	0.29	0.19	0.15	0.14	0.18	0.30	0.31	0.18
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	0.15	0.12	0.16	0.21	0.21	0.16	0.12	0.10	0.12	0.22	0.24	0.13
FH. Belén de Umría 2	261411	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Q. Tachigui	261412	0.24	0.18	0.25	0.32	0.32	0.25	0.18	0.15	0.17	0.32	0.36	0.20
FH. Belén de Umría 3	261413	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03
Q. Los Angeles	261414	0.24	0.19	0.25	0.33	0.32	0.25	0.18	0.15	0.18	0.33	0.37	0.20
FH. Q. Pumia - Q. Tetuán	261415	0.12	0.08	0.09	0.12	0.13	0.11	0.07	0.06	0.06	0.12	0.16	0.09
Q. Papayal	261416	0.22	0.16	0.21	0.28	0.28	0.22	0.16	0.13	0.15	0.28	0.32	0.18
FH. Belén de Umría 4	261417	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Q. Chapatá 1	261418	1.99	1.49	1.96	2.66	2.56	2.01	1.41	1.28	1.33	2.52	2.96	1.63
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	0.24	0.17	0.20	0.28	0.29	0.23	0.15	0.13	0.14	0.27	0.34	0.19
R. Guarne	261420	1.54	1.23	1.53	2.19	1.93	1.52	1.08	1.12	1.07	1.99	2.28	1.23
FH. Q. Guamo Viejo	261421	0.12	0.09	0.11	0.15	0.15	0.12	0.08	0.07	0.07	0.14	0.18	0.10
Q. Samaria	261422	0.42	0.29	0.30	0.46	0.48	0.39	0.25	0.22	0.22	0.42	0.59	0.32
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	1.34	1.18	1.59	2.12	1.95	1.53	1.11	0.89	1.09	1.98	2.20	1.22
R. Mapa	261424	8.26	8.33	9.17	15.34	11.10	8.93	6.49	8.04	6.84	12.22	13.67	6.95
FH. Santuario	261425	0.24	0.37	0.43	0.67	0.50	0.40	0.25	0.19	0.27	0.42	0.58	0.31
R. Totuí	261426	1.51	1.78	1.94	3.14	2.42	2.01	1.43	1.30	1.46	2.39	2.80	1.51
FH. Balboa	261427	0.10	0.15	0.18	0.29	0.22	0.18	0.11	0.08	0.11	0.18	0.25	0.13
FH. La Virginia	261428	0.09	0.12	0.15	0.27	0.21	0.17	0.10	0.06	0.08	0.14	0.22	0.11
Q. El Cairo	261429	0.10	0.11	0.14	0.29	0.24	0.20	0.11	0.06	0.06	0.11	0.23	0.11
FH. Belalcázar 5	261430	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01
Q. Génova	261431	0.03	0.04	0.04	0.08	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.04	0.07	0.03
FH. Belalcázar 4	261432	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02
Q. Calamar	261433	0.02	0.02	0.03	0.06	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05	0.02
FH. Belalcázar 3	261434	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Q. Los Micos	261435	0.07	0.08	0.09	0.18	0.14	0.12	0.07	0.05	0.05	0.08	0.14	0.07
FH. Belalcázar 2	261436	0.04	0.04	0.05	0.08	0.07	0.06	0.04	0.02	0.03	0.05	0.07	0.04
Q. La Betulia	261437	0.18	0.13	0.13	0.23	0.21	0.21	0.13	0.13	0.11	0.18	0.28	0.14
FH. Belalcázar 1	261438	0.07	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.08	0.09	0.05
Q. el Águila (Q. El Guamo)	261439	0.76	0.57	0.72	0.99	0.95	0.79	0.55	0.47	0.53	0.96	1.13	0.62
FH. Q. La Equis	261440	0.23	0.17	0.22	0.29	0.29	0.23	0.17	0.14	0.16	0.30	0.33	0.19
Q. La Hermosa	261441	0.18	0.12	0.14	0.20	0.21	0.17	0.11	0.09	0.10	0.19	0.24	0.14
FH. Viterbo 5	261442	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.06	0.06	0.03
Q. Candilejas	261443	0.09	0.07	0.08	0.11	0.11	0.09	0.06	0.05	0.06	0.11	0.13	0.07
FH. Viterbo 4	261444	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Q. La Primavera	261445	0.16	0.11	0.13	0.18	0.19	0.15	0.10	0.08	0.10	0.18	0.22	0.12
FH. Viterbo 3	261446	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Q. Changüi	261447	0.40	0.28	0.35	0.47	0.49	0.39	0.26	0.22	0.25	0.46	0.57	0.32
FH. Viterbo 2	261448	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Q. La Honda	261449	0.12	0.08	0.08	0.12	0.13	0.11	0.07	0.06	0.06	0.11	0.16	0.09
FH. Viterbo 1	261450	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Q. La Tesalia	261451	0.17	0.12	0.13	0.19	0.20	0.16	0.10	0.09	0.10	0.18	0.24	0.13
Q. Palo Gordo	261452	0.05	0.03	0.04	0.06	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03	0.05	0.07	0.04
Q. Tamaspia	261453	0.52	0.41	0.55	0.71	0.69	0.54	0.40	0.33	0.39	0.72	0.78	0.44

Nombre	Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
FH. Anserma 3	261454	0.04	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03
Q. El Oro	261455	0.31	0.24	0.32	0.42	0.42	0.33	0.24	0.20	0.23	0.43	0.48	0.27
FH. Q. Valdivia	261456	0.09	0.06	0.07	0.10	0.11	0.08	0.05	0.05	0.05	0.09	0.13	0.07
Q. Lázaro	261457	0.46	0.38	0.54	0.68	0.65	0.50	0.39	0.31	0.39	0.71	0.73	0.41
FH. Anserma 2	261458	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01
Q. Chapatá 2	261459	0.20	0.16	0.22	0.28	0.27	0.21	0.16	0.13	0.16	0.29	0.31	0.17
FH. Anserma 1	261460	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.02
Q. Tusas	261461	0.35	0.28	0.39	0.56	0.44	0.36	0.22	0.23	0.29	0.53	0.51	0.30
FH. Q. Villa Orozco	261462	0.10	0.07	0.08	0.15	0.11	0.09	0.04	0.04	0.05	0.12	0.12	0.07
Q. Cauyá	261463	0.84	0.68	0.88	1.47	0.95	0.81	0.37	0.53	0.67	1.28	1.14	0.71
Q. Guapacha - San Pedro	261464	0.80	0.64	0.81	1.40	0.91	0.77	0.34	0.48	0.60	1.20	1.08	0.67
R. Guática	261465	3.23	2.74	3.02	5.87	4.81	3.60	1.99	1.91	2.41	4.75	4.42	2.82
FH. Q. Maira Bajo	261466	0.05	0.04	0.04	0.08	0.09	0.07	0.04	0.04	0.03	0.07	0.08	0.06
Q. Sirguia	261467	0.15	0.12	0.14	0.25	0.29	0.19	0.14	0.14	0.15	0.25	0.24	0.17
FH. Caño La Calera	261468	0.06	0.05	0.05	0.09	0.11	0.08	0.06	0.06	0.05	0.09	0.09	0.06

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

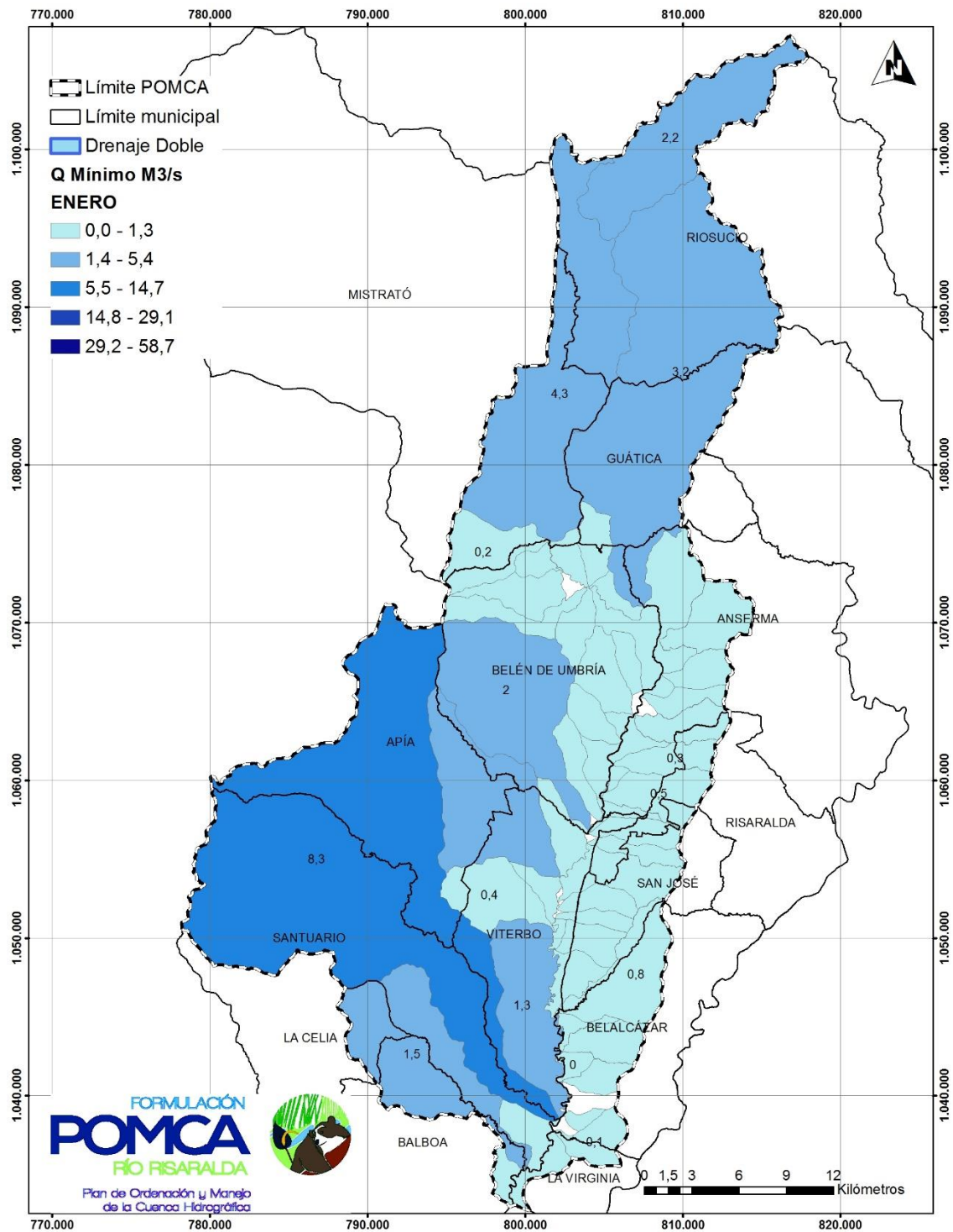


Figura 99. Caudales mínimos mensuales enero
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

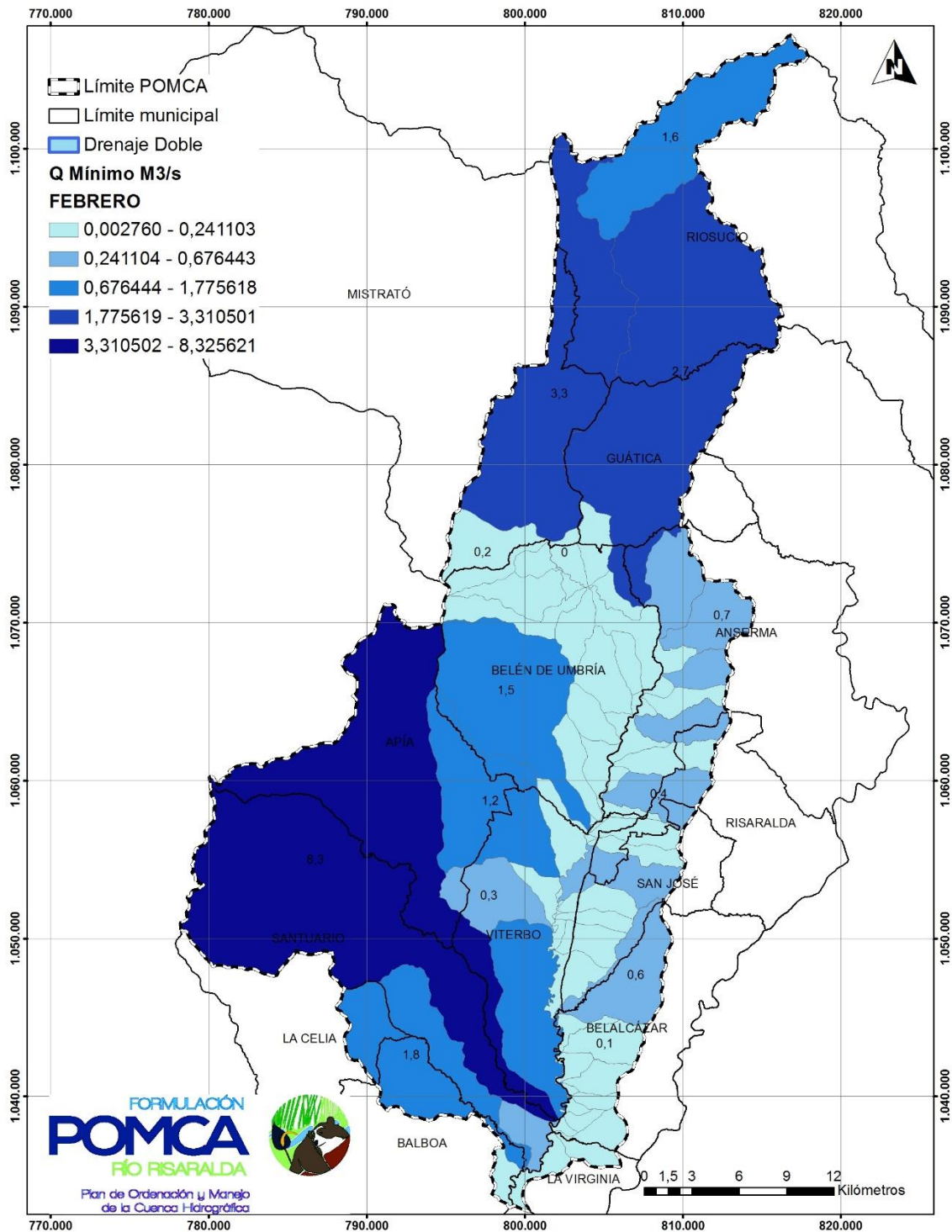


Figura 100. Caudales mínimos mensuales febrero
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

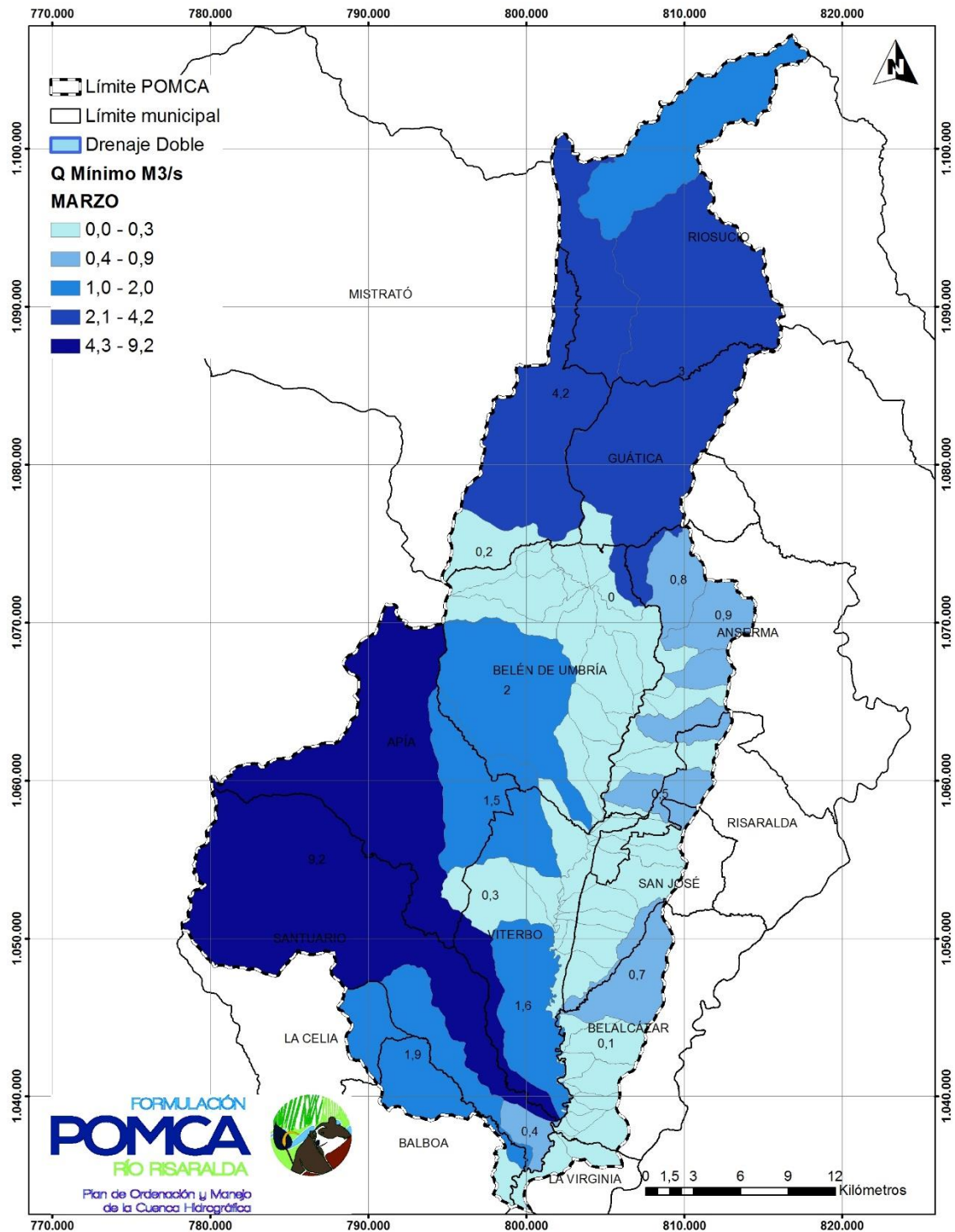


Figura 101. Caudales mínimos mensuales marzo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

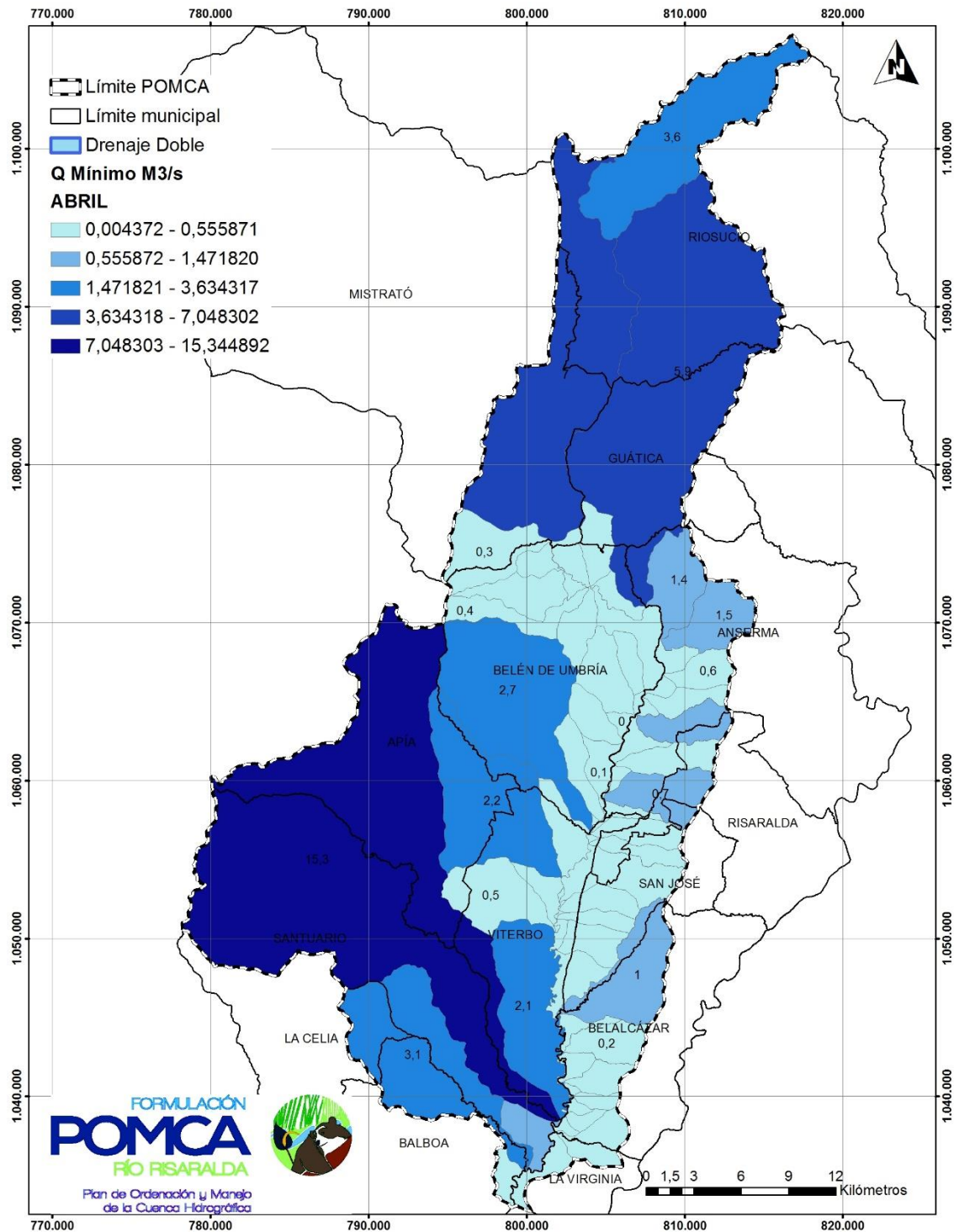


Figura 102. Caudales mínimos mensuales abril
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

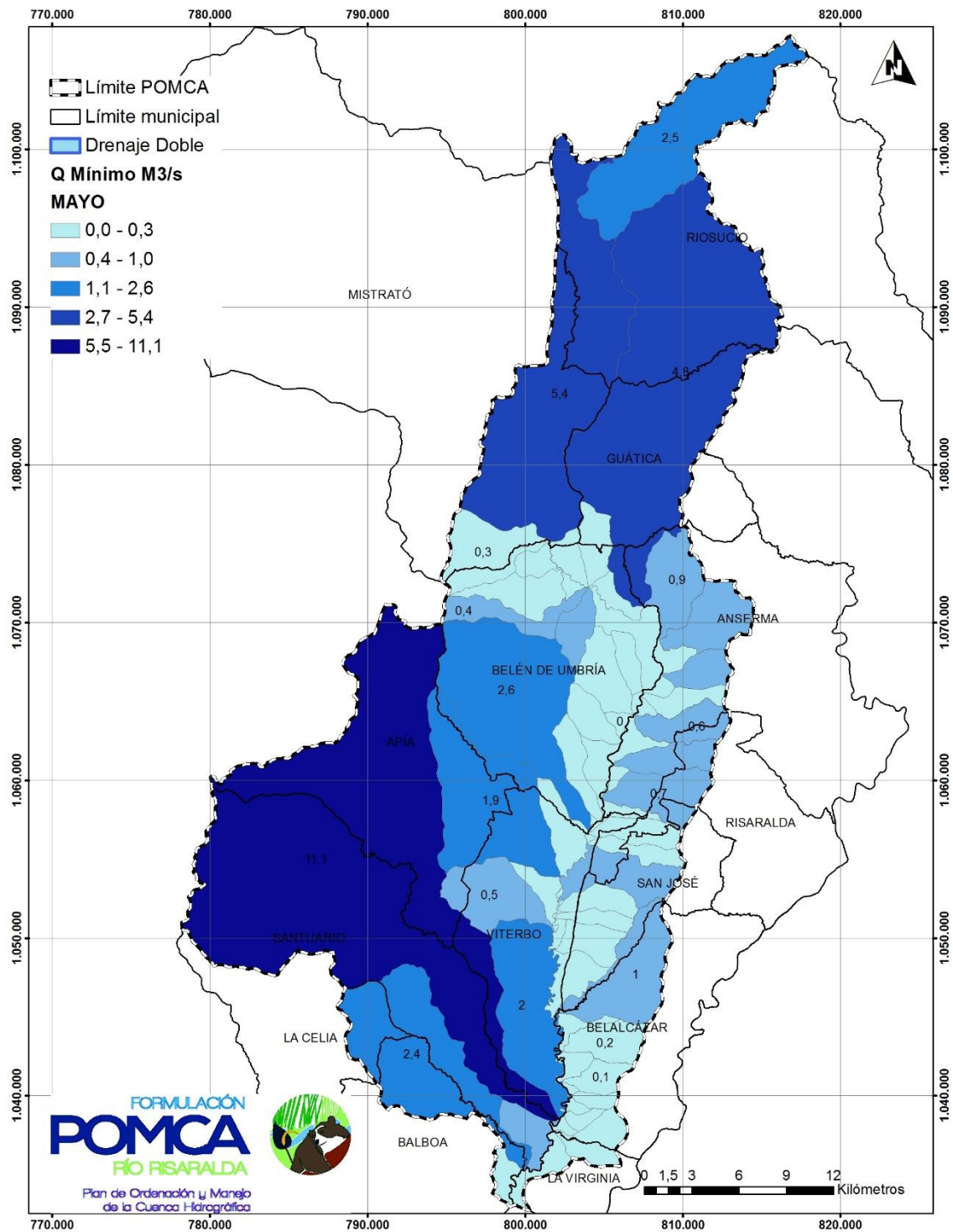


Figura 103. Caudales mínimos mensuales mayo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

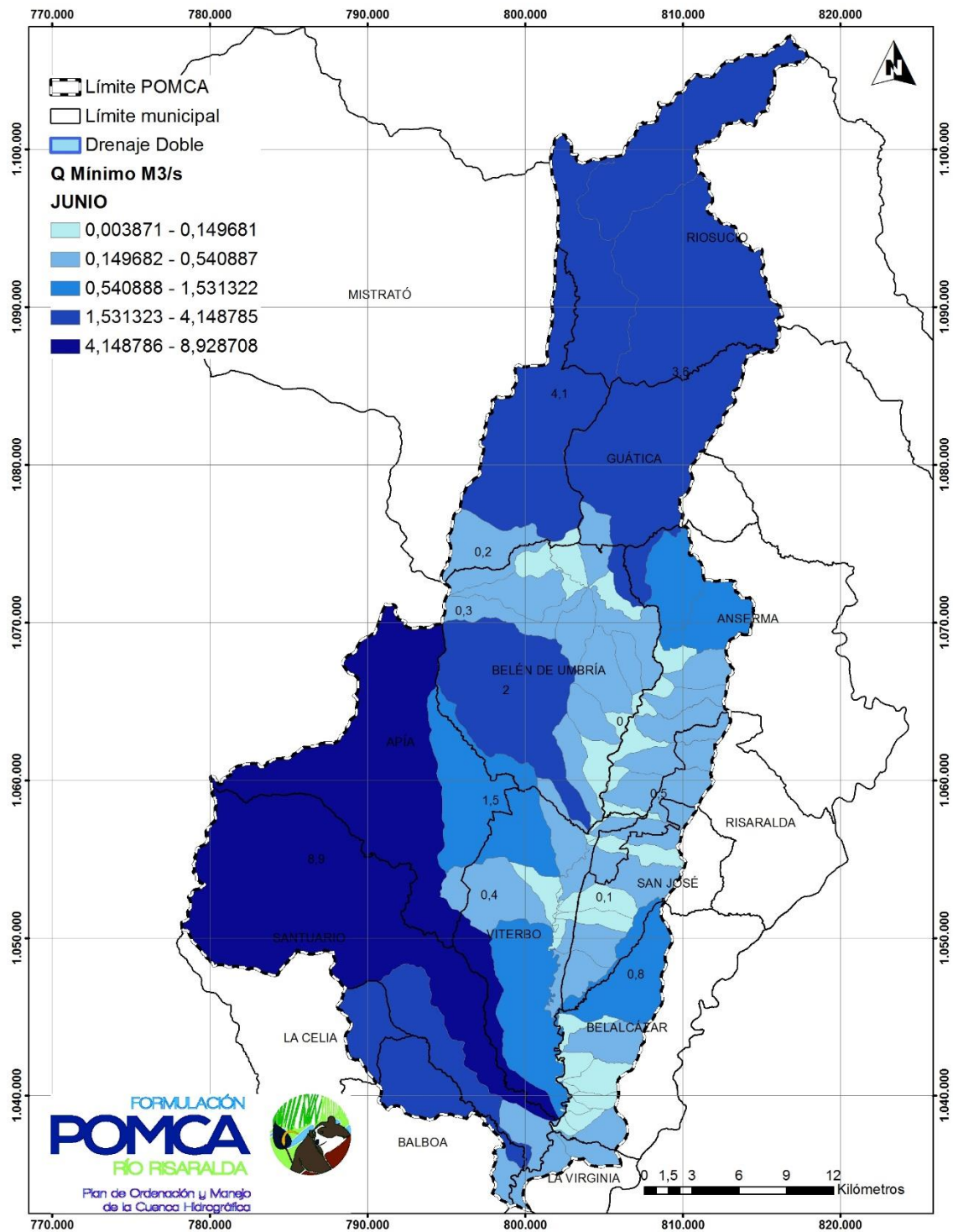


Figura 104. Caudales mínimos mensuales junio
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

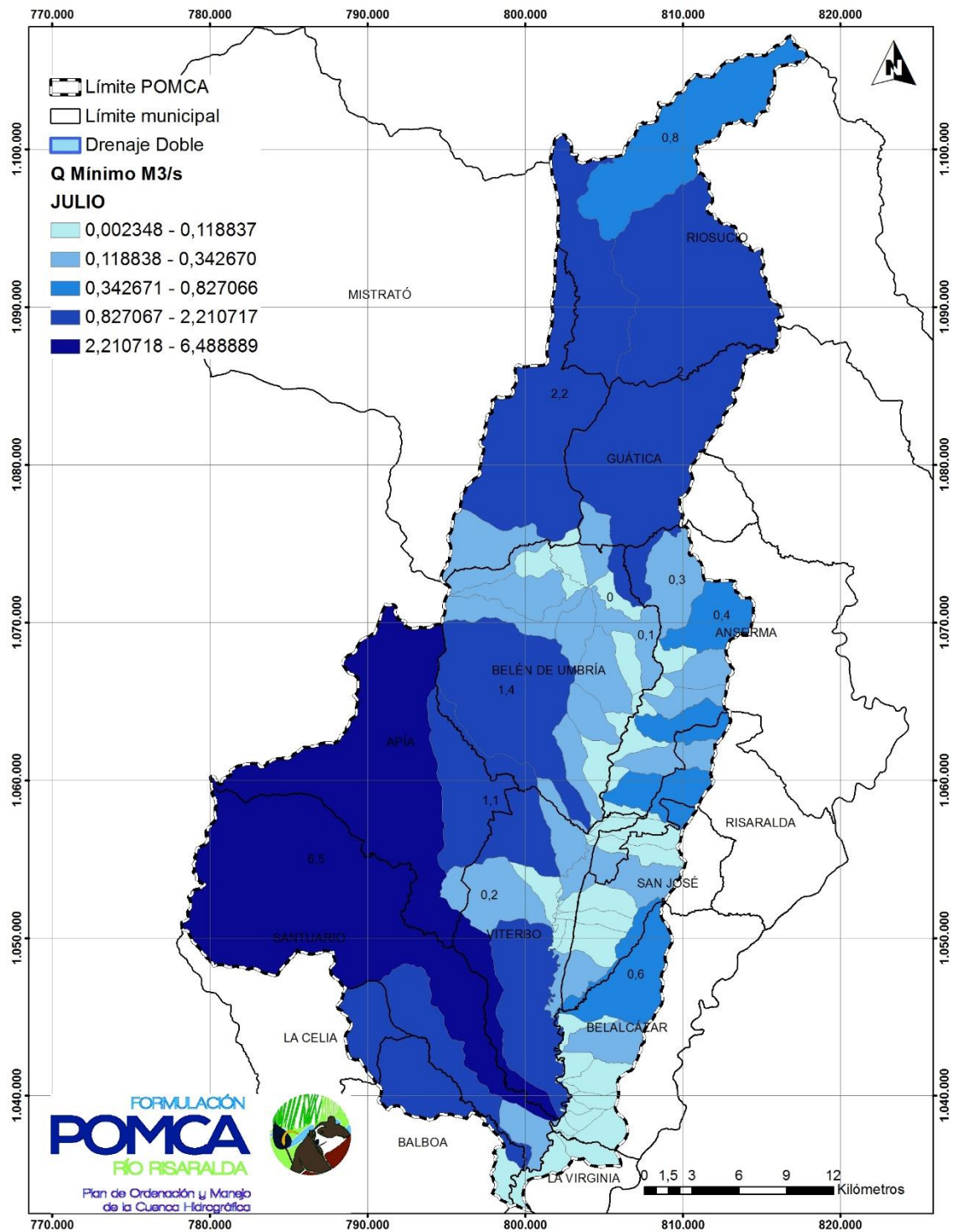


Figura 105. Caudales mínimos mensuales julio
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

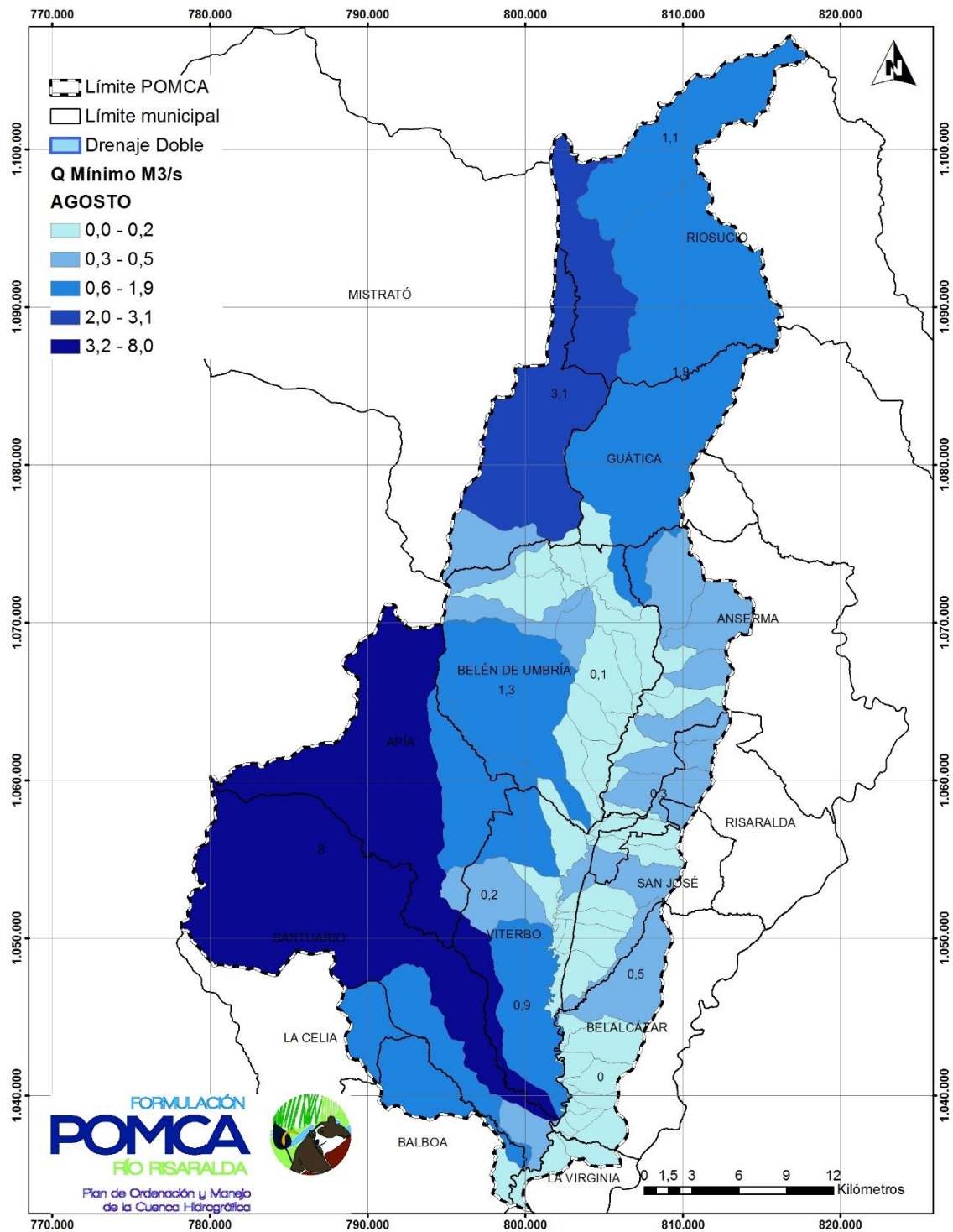


Figura 106. Caudales mínimos mensuales agosto
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

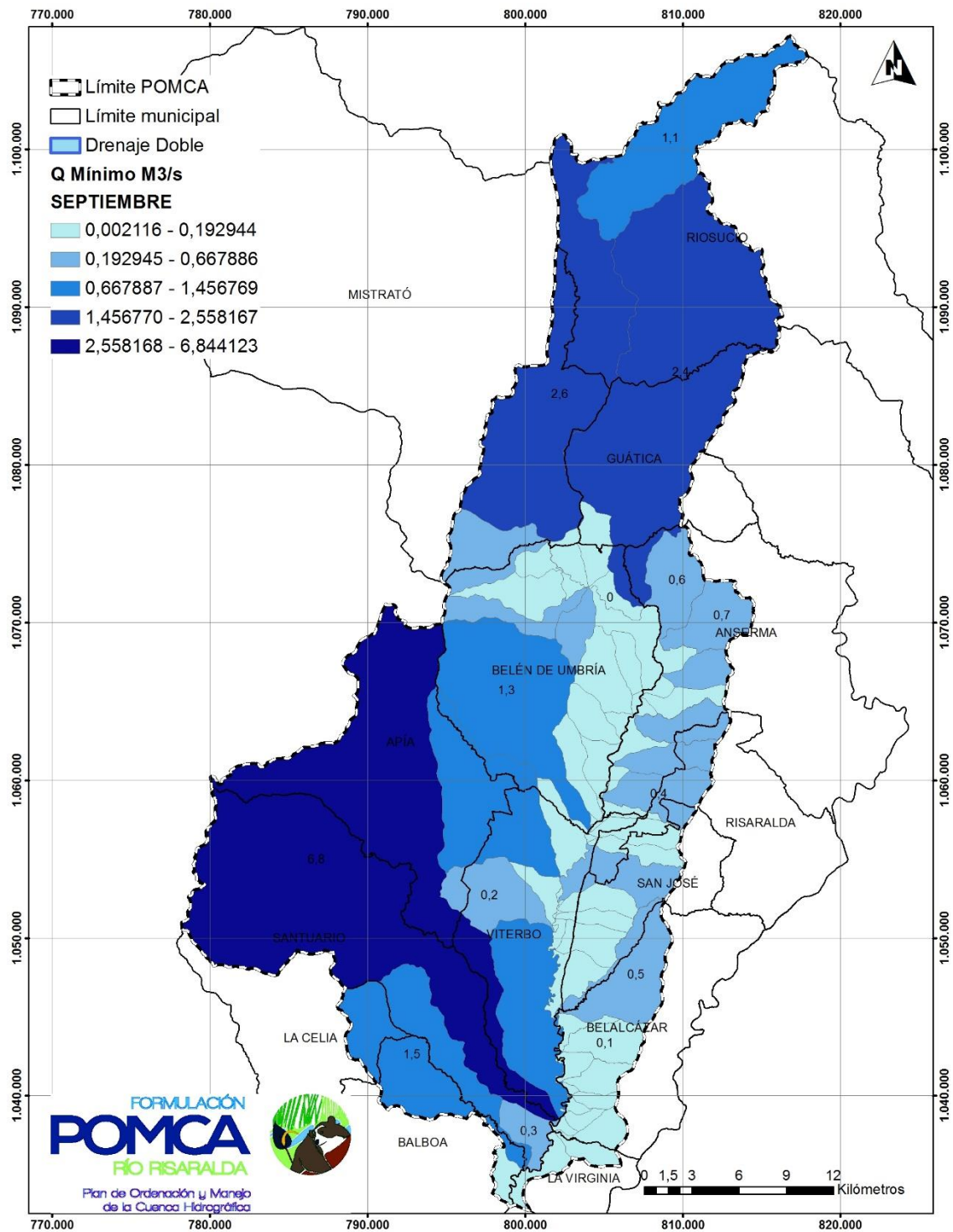


Figura 107. Caudales mínimos mensuales septiembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

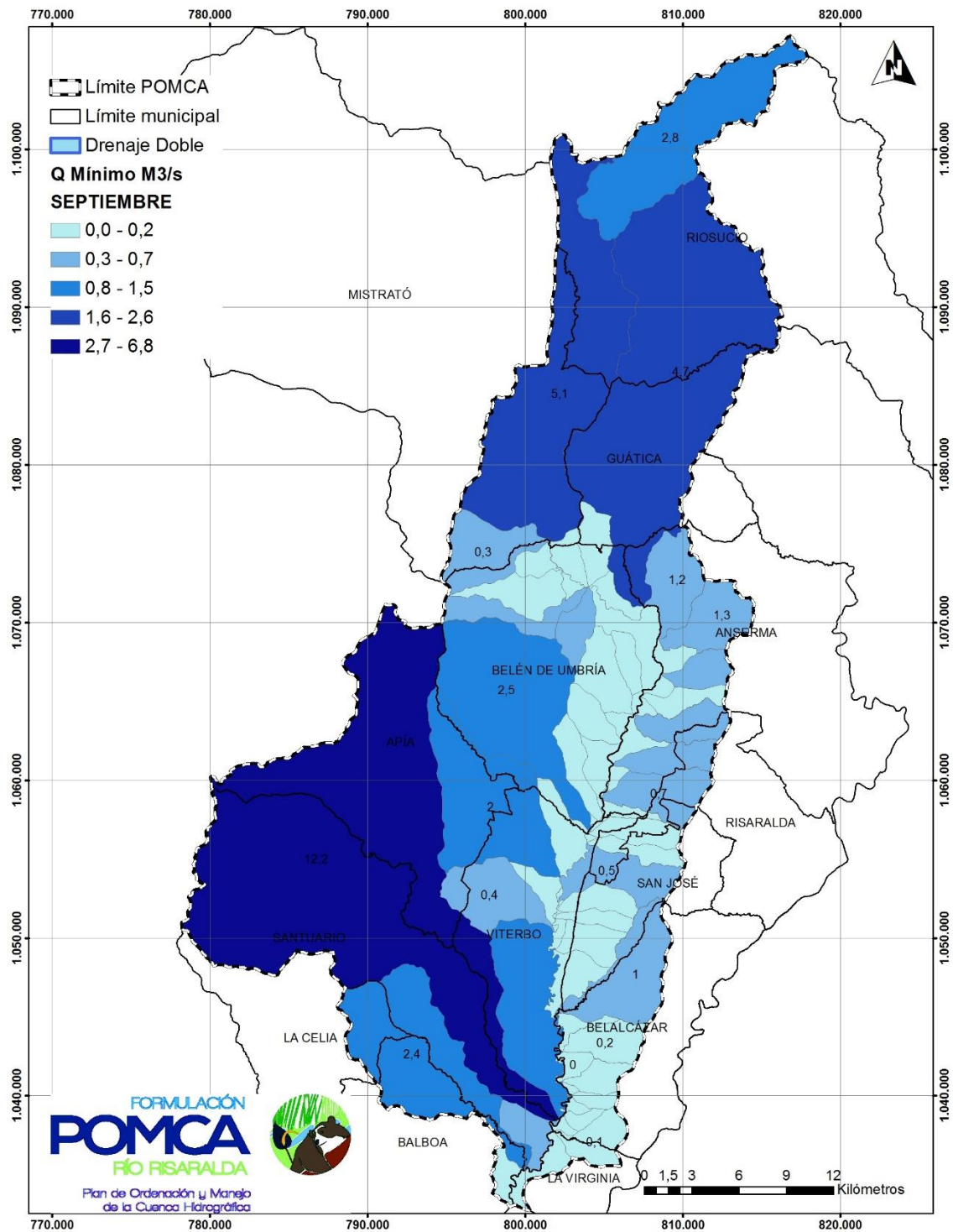


Figura 108. Caudales mínimos mensuales octubre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

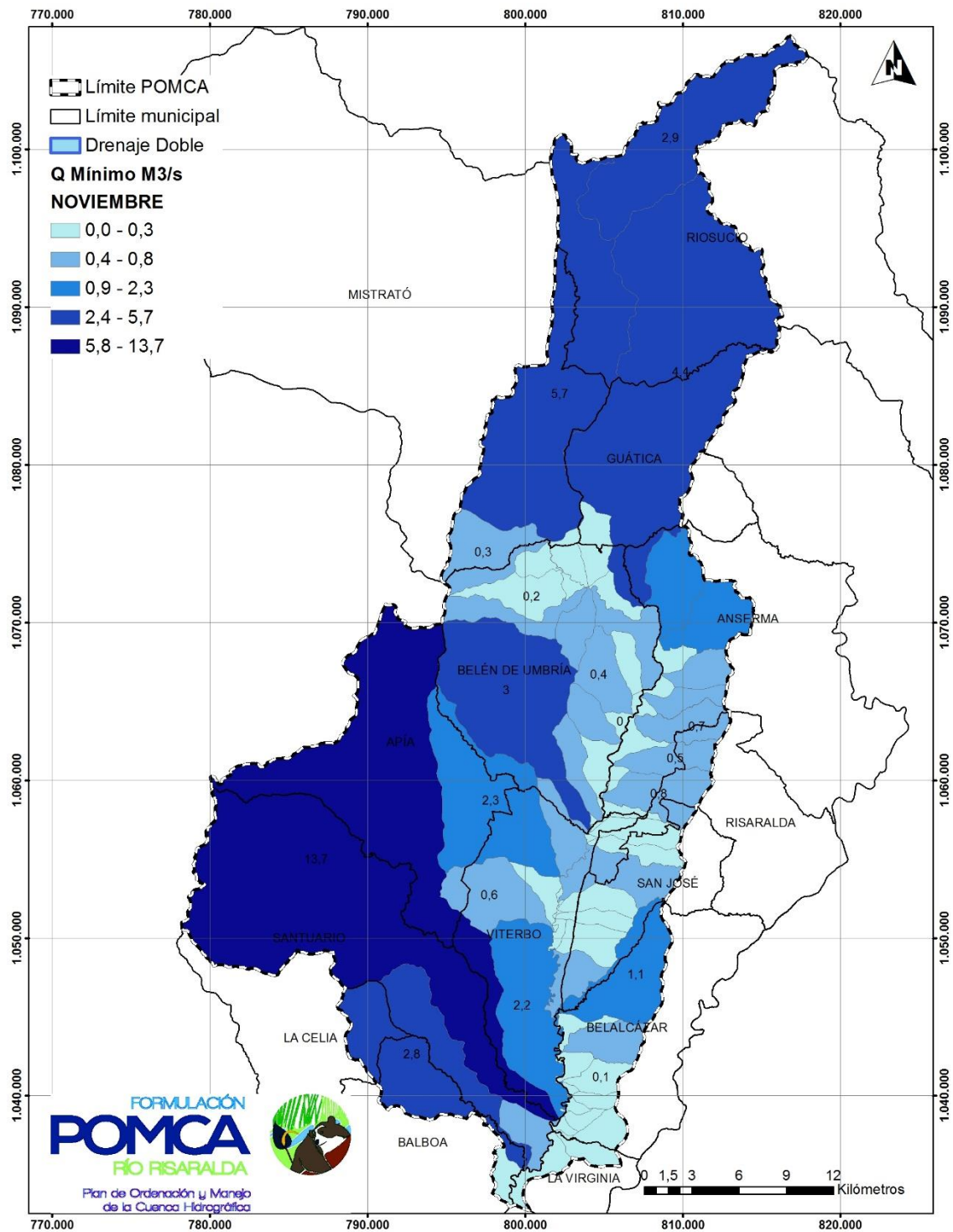


Figura 109. Caudales mínimos mensuales noviembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

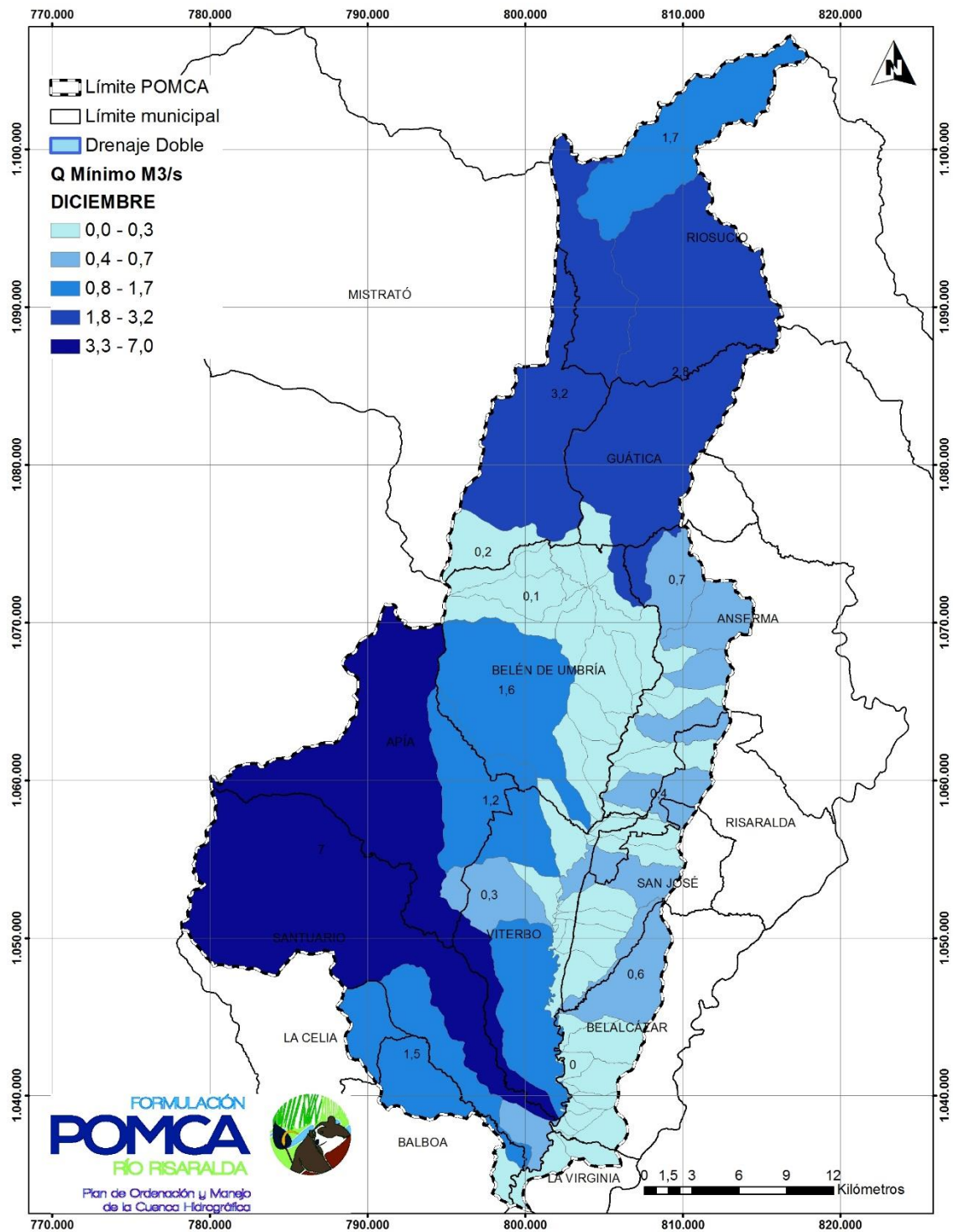


Figura 110. Caudales mínimos mensuales diciembre
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

9 ESTIMACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES

Existen muchos métodos para estimar el valor del caudal ambiental de una corriente, ya que desde los años sesenta se desarrollan estudios con la finalidad de establecer cuál es el valor adecuado de dicho caudal. No obstante, en los estudios *, se definió como metodología para la estimación de estos caudales, el uso de los índices 30% del caudal en condiciones de mínimos. En la Tabla 31 se muestran los resultados de caudal ambiental obtenidos por este método para cada uno de los puntos de interés, discriminados para medios y mínimos.

Tabla 31. Caudales ambientales por el método del 7Q10 y Q95 para todos los puntos de interés mes a mes (m³/s)

Nivel hidrológico subsiguiente	Código	Medios		Mínimos	
		OHS	Q-AMBIENTAL	OHS	Q-AMBIENTAL
R. Arroyo hondo	261401	3204.93	345.20	1150.68	345.20
FH. Riosucio-Mistrató	261402	6603.33	683.71	2279.05	683.71
Q. Serna	261403	1123.96	120.04	400.13	120.04
Q. Peñas Blancas	261404	219.40	23.35	77.84	23.35
Q. La Ilorona	261405	648.31	69.11	230.38	69.11
FH. Belén de Umbría 1	261406	69.28	7.37	24.57	7.37
Q. Sandía	261407	609.52	64.97	216.56	64.97
Q. Congo	261408	426.25	45.40	151.34	45.40
FH. Q. El Boquerón	261409	590.59	62.95	209.82	62.95
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	267.63	28.49	94.97	28.49
FH. Belén de Umbría 2	261411	37.30	3.97	13.23	3.97
Q. Tachigui	261412	669.20	71.35	237.82	71.35
FH. Belén de Umbría 3	261413	86.08	9.16	30.53	9.16
Q. Los Ángeles	261414	402.51	42.87	142.90	42.87
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	261415	316.57	33.71	112.35	33.71
Q. Papayal	261416	434.55	46.29	154.30	46.29
FH. Belén de Umbría 4	261417	12.70	1.35	4.50	1.35
Q. Chapatá 1	261418	3551.71	383.13	1277.11	383.13
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	555.52	59.20	197.34	59.20
R. Guarne	261420	2930.35	315.26	1050.86	315.26
FH. Q. Guamo Viejo	261421	270.47	28.79	95.98	28.79
Q. Samaria	261422	1156.22	123.50	411.67	123.50
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	2117.59	227.05	756.84	227.05
R. Mapa	261424	12885.08	1357.47	4524.89	1357.47
FH. Santuario	261425	452.82	48.24	160.79	48.24
R. Totuí	261426	3301.45	355.75	1185.83	355.75
FH. Balboa	261427	225.11	23.96	79.87	23.96
FH. La Virginia	261428	317.47	33.80	112.67	33.80
Q. El Cairo	261429	554.57	59.10	197.00	59.10
FH. Belalcázar 5	261430	53.03	5.64	18.80	5.64
Q. Génova	261431	112.32	11.95	39.83	11.95
FH. Belalcázar 4	261432	59.55	6.33	21.12	6.33
Q. Calamar	261433	134.99	14.36	47.88	14.36
FH. Belalcázar 3	261434	25.51	2.71	9.05	2.71
Q. Los Micos	261435	319.67	34.04	113.46	34.04

Nivel hidrológico subsiguiente	Código	Medios		Mínimos	
		OHS	Q-AMBIENTAL	OHS	Q-AMBIENTAL
FH. Belalcázar 2	261436	166.58	17.73	59.09	17.73
Q. La Betulia	261437	568.22	60.56	201.86	60.56
FH. Belalcázar 1	261438	159.65	16.99	56.63	16.99
Q. El Águila (Q. El Guamo)	261439	1535.66	164.27	547.58	164.27
FH. Q. La Equis	261440	456.40	48.62	162.07	48.62
Q. La Hermosa	261441	434.44	46.28	154.26	46.28
FH. Viterbo 5	261442	64.99	6.91	23.04	6.91
Q. Candilejas	261443	228.38	24.31	81.03	24.31
FH. Viterbo 4	261444	6.75	0.72	2.39	0.72
Q. La Primavera	261445	369.37	39.34	131.12	39.34
FH. Viterbo 3	261446	4.68	0.50	1.66	0.50
Q. Changüi	261447	917.61	97.92	326.41	97.92
FH. Viterbo 2	261448	10.26	1.09	3.64	1.09
Q. La Honda	261449	319.05	33.97	113.24	33.97
FH. Viterbo 1	261450	15.10	1.61	5.35	1.61
Q. La Tesalia	261451	440.78	46.95	156.51	46.95
Q. Palo Gordo	261452	149.68	15.93	53.09	15.93
Q. Tamaspia	261453	893.57	95.35	317.83	95.35
FH. Anserma 3	261454	75.85	8.07	26.90	8.07
Q. El Oro	261455	542.15	57.77	192.58	57.77
FH. Q. Valdivia	261456	207.98	22.14	73.78	22.14
Q. Lázaro	261457	618.01	65.88	219.59	65.88
FH. Anserma 2	261458	53.85	5.73	19.09	5.73
Q. Chapatá 2	261459	331.16	35.26	117.54	35.26
FH. Anserma 1	261460	85.60	9.11	30.36	9.11
Q. Tusas	261461	413.21	44.01	146.71	44.01
FH. Q. Villa Orozco	261462	180.56	19.22	64.05	19.22
Q. Cauyá	261463	900.74	96.12	320.39	96.12
Q. Guapacha - San Pedro	261464	948.22	101.20	337.34	101.20
R. Guática	261465	9106.67	950.81	3169.36	950.81
FH. Q. Maira Bajo	261466	211.07	22.46	74.88	22.46
Q. Sirguia	261467	452.43	48.20	160.65	48.20
FH. Caño La Calera	261468	283.45	30.18	100.59	30.18

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

10 OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE

Después de haber establecido el caudal ambiental se procedía a calcular la oferta hídrica disponible para cada uno de los puntos de interés, sustrayendo de la oferta hídrica superficial el caudal ambiental seleccionado, con lo que se obtiene la oferta hídrica natural disponible como lo define el estudio nacional del agua (IDEAM 2010). Los resultados de la oferta hídrica superficial se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Oferta hídrica natural disponible en la cuenca del río Risaralda

Nivel hidrológico subsiguiente	Código	MEDIOS			MÍNIMOS		
		OHS	Q-AMB.	OHD	OHS	Q-AMB.	OHD
R. Arroyo hondo	261401	3204.93	345.20	2859.73	1150.68	345.20	805.47
FH. Riosucio-Mistrató	261402	6603.33	683.71	5919.62	2279.05	683.71	1595.33
Q. Serna	261403	1123.96	120.04	1003.92	400.13	120.04	280.09
Q. Peñas Blancas	261404	219.40	23.35	196.04	77.84	23.35	54.49
Q. La Ilorona	261405	648.31	69.11	579.20	230.38	69.11	161.27
FH. Belén de Umbría 1	261406	69.28	7.37	61.91	24.57	7.37	17.20
Q. Sandía	261407	609.52	64.97	544.55	216.56	64.97	151.59
Q. Congo	261408	426.25	45.40	380.85	151.34	45.40	105.94
FH. Q. El Boquerón	261409	590.59	62.95	527.64	209.82	62.95	146.88
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	267.63	28.49	239.14	94.97	28.49	66.48
FH. Belén de Umbría 2	261411	37.30	3.97	33.33	13.23	3.97	9.26
Q. Tachigui	261412	669.20	71.35	597.85	237.82	71.35	166.47
FH. Belén de Umbría 3	261413	86.08	9.16	76.92	30.53	9.16	21.37
Q. Los Ángeles	261414	402.51	42.87	359.64	142.90	42.87	100.03
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	261415	316.57	33.71	282.86	112.35	33.71	78.65
Q. Papayal	261416	434.55	46.29	388.26	154.30	46.29	108.01
FH. Belén de Umbría 4	261417	12.70	1.35	11.35	4.50	1.35	3.15
Q. Chapatá 1	261418	3551.71	383.13	3168.58	1277.11	383.13	893.97
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	555.52	59.20	496.32	197.34	59.20	138.14
R. Guarne	261420	2930.35	315.26	2615.09	1050.86	315.26	735.60
FH. Q. Guamo Viejo	261421	270.47	28.79	241.68	95.98	28.79	67.18
Q. Samaria	261422	1156.22	123.50	1032.72	411.67	123.50	288.17
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamo	261423	2117.59	227.05	1890.54	756.84	227.05	529.79
R. Mapa	261424	12885.08	1357.47	11527.61	4524.89	1357.47	3167.42
FH. Santuario	261425	452.82	48.24	404.59	160.79	48.24	112.56
R. Totuí	261426	3301.45	355.75	2945.70	1185.83	355.75	830.08
FH. Balboa	261427	225.11	23.96	201.15	79.87	23.96	55.91
FH. La Virginia	261428	317.47	33.80	283.67	112.67	33.80	78.87
Q. El Cairo	261429	554.57	59.10	495.47	197.00	59.10	137.90
FH. Belalcázar 5	261430	53.03	5.64	47.39	18.80	5.64	13.16
Q. Génova	261431	112.32	11.95	100.37	39.83	11.95	27.88
FH. Belalcázar 4	261432	59.55	6.33	53.22	21.12	6.33	14.78
Q. Calamar	261433	134.99	14.36	120.63	47.88	14.36	33.52
FH. Belalcázar 3	261434	25.51	2.71	22.80	9.05	2.71	6.33
Q. Los Micos	261435	319.67	34.04	285.63	113.46	34.04	79.42
FH. Belalcázar 2	261436	166.58	17.73	148.86	59.09	17.73	41.36
Q. La Betulia	261437	568.22	60.56	507.67	201.86	60.56	141.30
FH. Belalcázar 1	261438	159.65	16.99	142.66	56.63	16.99	39.64

Nivel hidrológico subsiguiente	Código	MEDIOS			MÍNIMOS		
		OHS	Q-AMB.	OHD	OHS	Q-AMB.	OHD
Q. El Águila (Q. El Guamo)	261439	1535.66	164.27	1371.38	547.58	164.27	383.30
FH. Q. La Equis	261440	456.40	48.62	407.78	162.07	48.62	113.45
Q. La Hermosa	261441	434.44	46.28	388.17	154.26	46.28	107.98
FH. Viterbo 5	261442	64.99	6.91	58.08	23.04	6.91	16.13
Q. Candilejas	261443	228.38	24.31	204.07	81.03	24.31	56.72
FH. Viterbo 4	261444	6.75	0.72	6.03	2.39	0.72	1.68
Q. La Primavera	261445	369.37	39.34	330.03	131.12	39.34	91.78
FH. Viterbo 3	261446	4.68	0.50	4.18	1.66	0.50	1.16
Q. Changüi	261447	917.61	97.92	819.68	326.41	97.92	228.49
FH. Viterbo 2	261448	10.26	1.09	9.17	3.64	1.09	2.55
Q. La Honda	261449	319.05	33.97	285.08	113.24	33.97	79.26
FH. Viterbo 1	261450	15.10	1.61	13.49	5.35	1.61	3.75
Q. La Tesalia	261451	440.78	46.95	393.83	156.51	46.95	109.56
Q. Palo Gordo	261452	149.68	15.93	133.75	53.09	15.93	37.16
Q. Tamaspia	261453	893.57	95.35	798.22	317.83	95.35	222.48
FH. Anserma 3	261454	75.85	8.07	67.78	26.90	8.07	18.83
Q. El Oro	261455	542.15	57.77	484.38	192.58	57.77	134.81
FH. Q. Valdivia	261456	207.98	22.14	185.84	73.78	22.14	51.65
Q. Lázaro	261457	618.01	65.88	552.14	219.59	65.88	153.71
FH. Anserma 2	261458	53.85	5.73	48.12	19.09	5.73	13.36
Q. Chapatá 2	261459	331.16	35.26	295.90	117.54	35.26	82.28
FH. Anserma 1	261460	85.60	9.11	76.50	30.36	9.11	21.25
Q. Tusas	261461	413.21	44.01	369.20	146.71	44.01	102.70
FH. Q. Villa Orozco	261462	180.56	19.22	161.34	64.05	19.22	44.84
Q. Cauyá	261463	900.74	96.12	804.62	320.39	96.12	224.27
Q. Guapacha - San Pedro	261464	948.22	101.20	847.02	337.34	101.20	236.14
R. Guática	261465	9106.67	950.81	8155.87	3169.36	950.81	2218.55
FH. Q. Maira Bajo	261466	211.07	22.46	188.61	74.88	22.46	52.42
Q. Sirguia	261467	452.43	48.20	404.23	160.65	48.20	112.46
FH. Caño La Calera	261468	283.45	30.18	253.28	100.59	30.18	70.41

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017

11 CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA

La demanda hídrica es definida de acuerdo al Estudio Nacional del Agua, como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas antrópicos (IDEAM, 2010).

Para el cálculo de la demanda hídrica de la cuenca hidrográfica del río Risaralda se acogieron los usos del agua establecidos en el Decreto Único Ambiental N°1073 de 2015, Sección 2 artículo 2.2.3.3.2.1, identificándose en el área de estudio los usos de consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, acuícola e industrial, además de sectores específicos como minería y generación de energía.

El cálculo de la demanda que se presentará sigue los lineamientos especificados por el IDEAM en el estudio nacional del agua, además de la reglamentación establecida para el cálculo del índice de escasez resolución 685 de 2004.

11.1 Demanda hídrica consumo humano y Doméstico

Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su utilización en actividades tales como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios y la preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración.

Acorde con el RAS 2000, título B, se propone calcular de manera independiente el consumo humano y doméstico, del consumo en actividades comerciales e institucionales.

Para determinar la demanda por consumo humano y domésticos de la población urbana que se abastece de las fuentes hídricas ubicadas dentro de la cuenca del río Risaralda, se empleó el método de cálculo recomendado por el RAS, donde se establecen niveles de complejidad, dotaciones y pérdidas. Adicionalmente se recolectó la información de agua facturada por las empresas prestadoras de servicios públicos, con el fin de comparar los consumos teóricos con los que se están presentando.

11.1.1 Procedimiento de Cálculo

Entre las fuentes de información secundaria con contenidos referidos a los aspectos sociodemográficos requeridos en este documento de diagnóstico, se contó con el Censo general 2005 y las proyecciones de población del DANE y la base consolidada del Sisben a febrero de 2016.

Para el censo general 2005 se realizaron consultas mediante Redatam a nivel de sector censal y se articuló la cartografía correspondiente con la de las microcuencas y zonas hidrográficas de estudio.

Para estimar la población de los municipios que se abastecen de las fuentes hídricas ubicadas dentro de la Cuenca se usaron las proyecciones del DANE año 2005-2020, adoptándose la del 2016. Esta información fue extraída del producto 1.3.4 Caracterización socioeconómica y cultural. (Tabla 33)

Tabla 33. Población por municipio y población de cada municipio dentro de la Cuenca

MUNICIPIO	POBLACIÓN POR MUNICIPIO 2016	POBLACIÓN CUENCA 2016	
ANSERMA	33.669	26.322	TOTAL
	21.572	21.572	urbano
	12.097	4.750	rural
APÍA	19129	19.129	TOTAL
	8.337	8.337	urbano
	10.792	10.792	rural
BALBOA	6.331	2.117	TOTAL
	1.851	1.108	urbano
	4.480	1.009	rural
BELALCÁZAR	10.760	6.207	TOTAL
	5.056	3.374	urbano
	5.704	2.833	rural
BELÉN DE UMBRÍA	27.724	27.724	TOTAL
	13.153	13.153	urbano
	14.571	14.571	rural
GUÁTICA	15.265	13.255	TOTAL
	3.974	3.974	urbano
	11.291	9.281	rural
LA CELIA	8.580	789	TOTAL
	3.434	0	urbano
	5.146	789	rural
LA VIRGINIA	32.112	24.928	TOTAL
	31.582	24.779	urbano
	530	149	rural
MISTRATÓ	16.318	6.180	TOTAL
	4.292	4.292	urbano
	12.026	1.888	rural

MUNICIPIO	POBLACIÓN POR MUNICIPIO 2016	POBLACIÓN CUENCA 2016	
RIOSUCIO	62.296	21.508	TOTAL
	19.366	0	urbano
	42.930	21.508	rural
RISARALDA	9.471	4.393	TOTAL
	4.614	3.153	urbano
	4.857	1.240	rural
SAN JOSÉ	7.595	5.187	TOTAL
	1.850	984	urbano
	5.745	4.204	rural
SANTUARIO	15.751	15.751	TOTAL
	7.298	7.298	urbano
	8.453	8.453	rural
VITERBO	12.438	12.438	TOTAL
	10.286	10.286	urbano
	2.152	2.152	rural

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Para el cálculo de la demanda de consumo humano y doméstico de la población urbana, se identificaron las captaciones de las empresas prestadoras de servicios públicos y la población que se abastece de las fuentes hídricas ubicadas dentro de la cuenca hidrográfica del río Risaralda, aunque esta población no se encuentre en el área de la Cuenca. En dicho ejercicio se incluyeron todos los habitantes de las cabeceras municipales y centros poblados de los municipios de Anserma, Risaralda, Belalcázar, San José, Guática, Apía, Balboa, Belén de Umbría, La Virginia, Mistrató, Santuario y Viterbo, y se excluyeron los habitantes de las cabeceras urbanas de los municipios de Riosucio y La Celia, ya que estos no se abastecen de las fuentes hídricas ubicadas dentro de la Cuenca.

La espacialización de las concesiones otorgadas a las empresas prestadoras de servicios públicos de los municipios, se ubicaron dentro de las subcuencas en las cuales se ejerce la extracción del recurso hídrico, así como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34 Empresas prestadoras de servicios públicos que abastecen población urbana.

Empresas prestadoras de servicios publico	Microcuencas abastecedoras de cabeceras urbanas	Fuente nivel subsiguiente	Municipio
Empresa de Obras Sanitarias de Caldas EMPOCALDAS S.A E.S.P	Río del Oro, tributario río Guática	RÍO GUÁTICA	ANSERMA
			BELALCÁZAR
			RISARALDA
			SAN JOSÉ
	80% de Quebradas La Julia y La Máquina, tributarias de río Guarne y 20% de la quebrada Canaán tributaria de la quebrada Samaría.	RÍO GUARNE Y QUEBRADA LA SAMARÍA	VITERBO
Empresas públicas municipales de Guática E.S.P, compra agua en bloque a Empocaldas	Río del Oro, tributario río Guática	RÍO GUÁTICA	GUÁTICA
Empresas públicas municipales de Apía E.S.P	Río Apía, tributario del río Mapa	RÍO MAPA	APIÁ
Empresa de servicios públicos del municipio de Balboa Emilio Gartner Gómez S.A E.S.P	Río Peñas Blancas, tributario del río Mapa	RÍO MAPA	BALBOA
Empresas públicas del municipio de Belén de Umbría E.S.P	66% Quebrada Sandia, tributaria directa río Risaralda y 44% río Guarne.	QUEBRADA SANDIA Y RÍO GUARNE	BELÉN DE UMBRÍA
El casco urbano no se abastece de las fuentes hídricas de la cuenca del río Risaralda	No se abastece de la Cuenca		LA CELIA
Empresa de servicios públicos de La Virginia E.S.P	Río Totuí	RÍO TOTUÍ	LA VIRGINIA
Empresa públicas municipales de Mistrató E.S.P	Quebrada Arrayanal, tributaria directa del río Risaralda	F.H RIOSUCIO-MISTRATÓ	MISTRATÓ
El casco urbano no se abastece de las fuentes hídricas de la cuenca del río Risaralda	No se abastece de la Cuenca		RIOSUCIO
Empresa de servicios públicos Santuario Risaralda E.S.P	Río San Rafael, tributarios del río Apía, que posteriormente tributa la río Mapa	RÍO MAPA	SANTUARIO

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

En el país según la regulación económica, el consumo básico es del orden de 20 m³/suscriptor/mes (CRA, 1994), equivalente a 110 l/hab-día, sin embargo dicho consumo ha sido elevado por entes internacionales como la OPS (Organización Panamericana de la Salud). Además una última referencia dada por el Estudio Nacional del Agua del 2010 define el consumo autónomo en Colombia, como aquel que suple las necesidades básicas con una dotación entre 65 y 110 l/hab-día.

La Resolución 2320 de 2009, que modificó el artículo 67 del RAS 2000, especifica los valores de dotaciones netas, en función del nivel de complejidad, dependen de la cantidad de población. Para el caso de la población urbana de la Cuenca del río Risaralda se identificaron los niveles de complejidad por municipio, obteniéndose diferentes dotaciones para clima templado-frío y cálido (Tabla 35); mientras que para hallar las dotaciones de la población rural se acogió una dotación de 150 litros/hab/día, como un valor medio recomendó por CARDER.

Tabla 35. Dotación neta según resolución 2320 de 2009.

DOTACIÓN NETA [l/hab-día]			
Nivel de complejidad	Templado- frío	Cálido	Población
Bajo	90	100	<2500
Medio	115	125	2501-12500
Medio alto	125	135	12501-60000
Alto	140	150	>60000

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Para el cálculo de la demanda por consumo humano y doméstico de la población urbana se obtuvieron las pérdidas de cada uno de los municipios que hacen parte de la Cuenca, así como las dotaciones a partir de los niveles de complejidad (Tabla 36). Para definir las pérdidas de la población rural se acogió las del 25% establecidas en la resolución 027 de 2011 de CORPOCALDAS.

Tabla 36. Datos para el cálculo de la demanda hídrica doméstica población urbana

Municipio	Nivel de complejidad	Dotación RAS Neta 2000 (l/hab/día)	Dotación Neta reportada por las E.P.S (l/hab/día)	% de pérdidas reportadas por las E.P.S	Población Urbana Abastecida 2016
ANSERMA	MEDIO ALTO	125	83,39	40,77%	21.572
APÍA	MEDIO ALTO	125	114,47	56,73%	8.337
BALBOA	MEDIO	115	94,75	25,00%	1.851
BELALCÁZAR	MEDIO	115	80,24	29,19%	5.056
BELÉN DE UMBRÍA	MEDIO ALTO	125	119,67	43,20%	13.153
GUÁTICA	MEDIO ALTO	125	104,26	53,00%	3.974

Municipio	Nivel de complejidad	Dotación RAS Neta 2000 (l/hab/día)	Dotación Neta reportada por las E.P.S (l/hab/día)	% de pérdidas reportadas por las E.P.S	Población Urbana Abastecida 2016
LA CELIA	MEDIO	115	0,00	25,00%	0
LA VIRGINIA	MEDIO ALTO	135	104,43	47,00%	31.582
MISTRATÓ	MEDIO ALTO	125	119,45	60,00%	4.292
RIOSUCIO	ALTO	140	0,00	25,00%	0
RISARALDA	MEDIO	115	91,42	43,80%	4.614
SAN JOSÉ	MEDIO	115	104,97	34,12%	1.850
SANTUARIO	MEDIO ALTO	125	96,77	70,00%	7.298
VITERBO	MEDIO	125	127,05	50,30%	10.286

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

En la Tabla 37 se presenta los resultados del cálculo de demanda de consumo humano y doméstico para la población urbana, calculada de dos formas, una con los valores teóricos obtenidos del RAS 2000 y la otra con los valores de consumos facturados por las Empresas Prestadoras de Servicios Públicos (E.S.P), notándose que los resultados obtenidos con los datos RAS supera en un 18%, la demanda real que están reportando las E.P.S. Para efectos de análisis de la demanda se tomará el valor obtenido de la metodología RAS.

Teniendo como referencia los valores de dotaciones de entre 65 y 110 l/hab-día estimados en el Estudio Nacional del Agua 2010, se observa que algunos valores de las dotaciones netas reportadas por las E.P.S se encuentran dentro de los valores medios nacionales, sin embargo en municipios como Apía, Belén de Umbría La Virginia, Mistrató, San José y Viterbo, estos valores sobrepasan el rango nacional.

Tabla 37. Estimación demanda consumo humano metodología RAS y reporte E.P.S, población urbana por cada una de las fuentes del nivel subsiguiente

Municipio	Dotación bruta (l/hab/día) ras 2000	Caudal medio diario l/s pob. Urbana ras 2000	Caudal medio diario mm3/año pob. Urbana ras 2000	Dotación bruta E.P.S (l/hab/día)	Caudal medio diario l/s pob. Urbana	Caudal medio diario mm3/año pob. Urbana	Unidad hídrica del nivel subsiguiente
ANSERMA	211,0	52,7	1,7	140,8	35,2	1,1	RÍO GUÁTICA
APÍA	288,9	27,9	0,9	264,6	25,5	0,8	RÍO APÍA
BALBOA	153,3	3,3	0,1	126,3	2,7	0,1	RÍO APÍA

Municipio	Dotación bruta (l/hab/día) ras 2000	Caudal medio diario l/s pob. Urbana ras 2000	Caudal medio diario mm3/año pob. Urbana ras 2000	Dotación bruta E.P.S (l/hab/día)	Caudal medio diario l/s pob. Urbana	Caudal medio diario mm3/año pob. Urbana	Unidad hídrica del nivel subsiguiente
BELALCÁZAR	162,4	9,5	0,3	113,3	6,6	0,2	RÍO GUÁTICA
BELÉN DE UMBRÍA	220,1	33,5	1,1	210,7	32,1	1,0	Q. SANDÍA Y RÍO GUARNE
GUÁTICA	266,0	12,2	0,4	221,8	10,2	0,3	RÍO GUÁTICA
LA VIRGINIA	254,7	93,1	2,9	197,0	72,0	2,3	TOTUÍ
MISTRATÓ	312,5	15,5	0,5	298,6	14,8	0,5	F.H RIOSUCIO-MISTRATÓ
RISARALDA	204,6	10,9	0,3	162,7	8,7	0,3	RÍO GUÁTICA
SAN JOSÉ	174,6	3,7	0,1	159,3	3,4	0,1	RÍO GUÁTICA
SANTUARIO	416,7	35,2	1,1	322,6	27,2	0,9	MAPA
VITERBO	251,5	29,9	0,9	255,6	30,4	1,0	LA JULIA Y LA MAQUINA 40% CADA UNA CANNAN 20%
		327,5	10,3		268,9	8,5	

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

En la Tabla 38 se presenta el consumo humano y doméstico de la población rural de donde se obtuvo un valor de 6,10 Mm³/año.

Tabla 38. Estimación demanda consumo humano población rural, por cada una de las fuentes de nivel subsiguiente

Nivel subsiguiente	Población rural nivel subsiguiente	Dotación bruta (l/hab/día)	Caudal medio diario l/s pob. Rural	Caudal medio diario Mm ³ /año pob. Rural
FH La Virginia	77	200	0,2	0,01
FH. Anserma 1	89	200	0,2	0,01
FH. Anserma 2	56	200	0,1	0,00
FH. Anserma 3	80	200	0,2	0,01
FH. Balboa	150	200	0,3	0,01
FH. Belalcázar 1	140	200	0,3	0,01
FH. Belalcázar 2	142	200	0,3	0,01
FH. Belalcázar 3	22	200	0,0	0,00
FH. Belalcázar 4	51	200	0,1	0,00
FH. Belalcázar 5	47	200	0,1	0,00

Nivel subsiguiente	Población rural nivel subsiguiente	Dotación bruta (l/hab/día)	Caudal medio diario l/s pob. Rural	Caudal medio diario Mm ³ /año pob. Rural
FH. Belén de Umbría 1	99	200	0,2	0,01
FH. Belén de Umbría 2	53	200	0,1	0,00
FH. Belén de Umbría 3	123	200	0,3	0,01
FH. Belén de Umbría 4	16	200	0,0	0,00
FH. Caño La Calera	340	200	0,8	0,02
FH. Q. El Boquerón	852	200	2,0	0,06
FH. Q. Guamo Viejo	51	200	0,1	0,00
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	766	200	1,8	0,06
FH. Q. La Equis	575	200	1,3	0,04
FH. Q. Maira Bajo	303	200	0,7	0,02
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	453	200	1,0	0,03
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	347	200	0,8	0,03
FH. Q. Valdivia	216	200	0,5	0,02
FH. Q. Villa Orozco	186	200	0,4	0,01
FH. Riosucio-Mistrató	6285	200	14,5	0,46
FH. Santuario	358	200	0,8	0,03
FH. Viterbo 1	6	200	0,0	0,00
FH. Viterbo 2	4	200	0,0	0,00
FH. Viterbo 3	2	200	0,0	0,00
FH. Viterbo 4	2	200	0,0	0,00
FH. Viterbo 5	22	200	0,1	0,00
Q. Calamar	120	200	0,3	0,01
Q. Candilejas	342	200	0,8	0,02
Q. Cauyá	868	200	2,0	0,06
Q. Changüi	1148	200	2,7	0,08
Q. Chapatá 1	5230	200	12,1	0,38
Q. Chapatá 2	342	200	0,8	0,02
Q. Congo	614	200	1,4	0,04
Q. del Olvido o Tinajitas	385	200	0,9	0,03
Q. el Águila (Q. El Guamo)	1607	200	3,7	0,12
Q. El Cairo	354	200	0,8	0,03
Q. El Oro	544	200	1,3	0,04
Q. Génova	100	200	0,2	0,01
Q. Guapacha - San Pedro	945	200	2,2	0,07
Q. La Betulia	497	200	1,1	0,04
Q. La Hermosa	626	200	1,4	0,05
Q. La Honda	454	200	1,0	0,03
Q. La Ilorona	937	200	2,2	0,07
Q. La Primavera	536	200	1,2	0,04
Q. La Tesalia	478	200	1,1	0,03
Q. Lázaro	616	200	1,4	0,04
Q. Los Ángeles	580	200	1,3	0,04

Nivel subsiguiente	Población rural nivel subsiguiente	Dotación bruta (l/hab/día)	Caudal medio diario l/s pob. Rural	Caudal medio diario Mm ³ /año pob. Rural
Q. Los Micos	285	200	0,7	0,02
Q. Palo Gordo	123	200	0,3	0,01
Q. Papayal	626	200	1,4	0,05
Q. Peñas Blancas	315	200	0,7	0,02
Q. Samaria	581	200	1,3	0,04
Q. Sandía	881	200	2,0	0,06
Q. Serna	761	200	1,8	0,06
Q. Sirguia	785	200	1,8	0,06
Q. Tachigui	967	200	2,2	0,07
Q. Tamaspia	986	200	2,3	0,07
Q. Tusas	427	200	1,0	0,03
R. Arroyo hondo	6593	200	15,3	0,48
R. Guarne	3058	200	7,1	0,22
R. Guática	19592	200	45,4	1,43
R. Totuí	2704	200	6,3	0,20
R. Mapa	15699	200	36,3	1,15
			193,6	6,10

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

Tabla 39. Resumen demanda población urbana y rural

CUENCA RÍO RISARALDA	Demanda población urbana y rural	
	l/s	Mm ³ /año
	521,1	17,4

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda, 2017.

11.1.2 Demanda institucional y comercial

Los sectores institucional y comercial de la Cuenca se localizan dentro de las cabeceras municipales, por lo tanto las E.P.S atienden las necesidades del recurso hídrico de estos entes.

En el sector institucional están involucradas los hospitales, cárceles, cuarteles y colegios, que hacen uso del recurso hídrico en cantidades diferentes a las del sector doméstico de acuerdo con su labor misional, el valor de este consumo se obtuvo del reporte de las E.P.S de las cabeceras municipales quienes dentro del servicio conocido como uso oficial, incluyen este tipo de instituciones.

La demanda del sector comercial o de servicios se estimó teniendo el reporte de las E.P.S.

En las Tabla 40 y Tabla 41, se presentan los resultados del cálculo de las demandas de los sectores institucional y comercial, obteniéndose un demanda de 0,4049 Mm³/año y 0,641 Mm³/año respectivamente.

Tabla 40. Demanda sector Institucional

Municipio	Suscriptores sector oficial	Consumo neto oficial m³/mes	Consumo bruto oficial m³/mes	Consumo oficial l/s	Consumo oficial Mm³/año	Unidad hídrica del nivel subsiguiente
ANSERMA	51	3481	5877,09	2,27	0,0715	RÍO GUÁTICA
APÍA	32	40,963	94,67	0,04	0,0012	RÍO APÍA
BALBOA	14	536,13	714,84	0,28	0,0087	RÍO APÍA
BELALCÁZAR	24	399	563,48	0,22	0,0069	RÍO GUÁTICA
BELÉN DE UMBRÍA	43	3046	5362,68	2,07	0,06524589	Q. SANDÍA Y RÍO GUARNE
GUÁTICA	22	1250,25	2660,11	1,03	0,03236463	RÍO GUÁTICA
LA VIRGINIA	41	2417,08	4560,52	1,76	0,0555	TOTUÍ
MISTRATÓ	28	1273	3182,50	1,23	0,0387	F.H RIOSUCIO-MISTRATÓ
RISARALDA	29	481	855,87	0,33	0,0104	RÍO GUÁTICA
SAN JOSÉ	27	453	687,61	0,27	0,0084	RÍO GUÁTICA
SANTUARIO	17	1491,67	4972,22	1,92	0,0605	MAPA
VITERBO	37	1862	3746,48	1,45	0,0456	LA JULIA Y LA MAQUINA 40% CADA UNA CANNAN 20%
TOTAL DEMADA	365			12,84	0,4049	

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Tabla 41. Demanda sector Comercial

Municipio	Suscriptores sector comercial	Consumo neto comercial m³/mes	Consumo bruto comercial m³/mes	Consumo comercial l/s	Consumo comercial Mm³/año	Unidad hídrica del nivel subsiguiente
ANSERMA	507	4517	7626,20	3,00	0,095	RÍO GUÁTICA
APÍA	141	305,37	705,73	0,28	0,009	RÍO APÍA
BALBOA	31	693,63	924,83	0,36	0,011	RÍO APÍA
BELALCÁZAR	105	1064	1502,61	0,59	0,019	RÍO GUÁTICA

Municipio	Suscriptores sector comercial	Consumo neto comercial m³/mes	Consumo bruto comercial m³/mes	Consumo comercial l/s	Consumo comercial Mm³/año	Unidad hídrica del nivel subsiguiente
BELÉN DE UMBRÍA	317	6311	11110,92	4,38	0,138	66% Q. SANDÍA Y 44% RÍO GUARNE
GUÁTICA	45	893,374167	1900,80	0,75	0,024	RÍO GUÁTICA
LA CELIA	0	0	0,00	0,00	0,000	
LA VIRGINIA	667	8941,6	16870,85	6,65	0,210	TOTUÍ
MISTRATÓ	71	951,67	2379,17	0,94	0,030	F.H RIOSUCIO-MISTRATÓ
RIOSUCIO	0	0	0,00	0,00	0,000	
RISARALDA	97	1024	1822,06	0,72	0,023	RÍO GUÁTICA
SAN JOSÉ	59	204	309,65	0,12	0,004	RÍO GUÁTICA
SANTUARIO	69	879,17	2930,56	1,15	0,036	MAPA
VITERBO	199	1724	3468,81	1,37	0,043	LA JULIA Y LA MAQUINA 40% CADA UNA CANNAN 20%
TOTALES	2308			20,31	0,641	

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

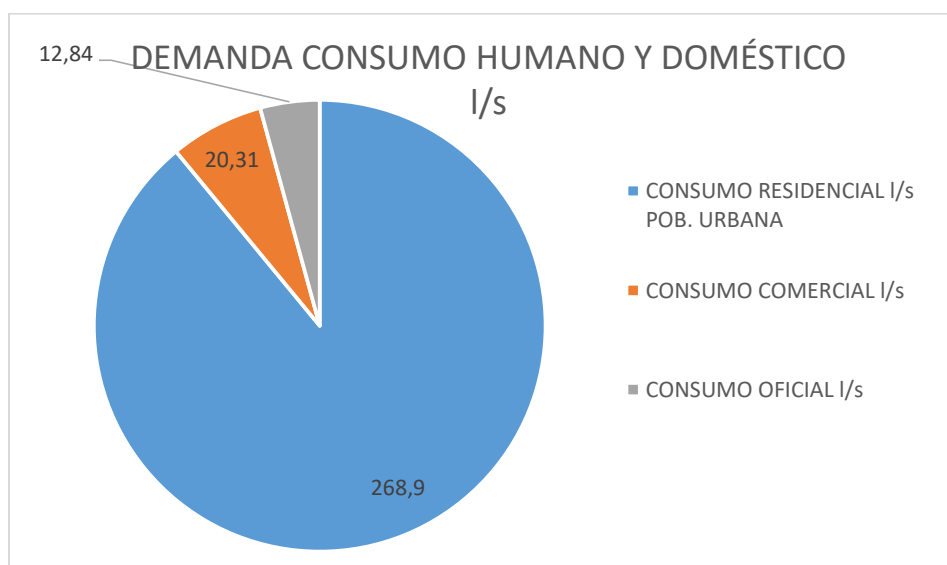


Figura 111. Total demanda humana y doméstica urbana

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

En la Figura 111, se puede observar que el principal uso del agua es el residencial, seguido por las actividades domésticas y por ultimo están las instituciones.

El resultado de la sumatoria de los usos residencial, comercial y oficial o institucional, muestran la demanda hídrica que ejercen las cabeceras urbanas y que es atendida por las empresas prestadoras de servicios públicos, las cuales cuentan con concesiones otorgadas por las Corporaciones Autónomas Regionales de Caldas y Risaralda, en la Tabla 42 se realiza la comparación entre los caudales concesionados versus el agua que está siendo demandada por la población.

Tabla 42. Demanda consumo humano y doméstico versus concesiones

Municipio	Total consumo humano y doméstico l/s	Caudal concesionado l/s	Empresa Prestadora de Servicios Públicos E.P.S	Unidad hídrica del nivel subsiguiente
ANSERMA	40,42	369,3	EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	RÍO GUÁTICA
BELALCÁZAR	7,44			RÍO GUÁTICA
RISARALDA	9,73			RÍO GUÁTICA
SAN JOSÉ	3,80			RÍO GUÁTICA
VITERBO	33,25			LA JULIA Y LA MAQUINA 40% CADA UNA CANNAN 20%
APÍA	25,84	28	EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS	RÍO APÍA
BALBOA	3,35	25	EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE BALBOA EMILIO GARTNER GÓMEZ SA ESP	RÍO APÍA
BELÉN DE UMBRÍA	38,52	60	EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA	Q. SANDÍA Y RÍO GUARNE
GUÁTICA	11,98	26	EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	RÍO GUÁTICA
LA VIRGINIA	80,43	280	EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LA VIRGINIA	TOTUÍ

Municipio	Total consumo humano y doméstico l/s	Caudal concesionado l/s	Empresa Prestadora de Servicios Públicos E.P.S	Unidad hídrica del nivel subsiguiente
MISTRATÓ	17,00	30,1	EMPRESA PUBLICAS MUNICIPALES DE MISTRATO ESP	F.H RIOSUCIO-MISTRATÓ
SANTUARIO	30,32	45	EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS SANTUARIO RISARALDA	MAPA
TOTALES	251,58	863,40		

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

La demanda del uso residencial, comercial y oficial o institucional está arrojando valores inferiores a la cantidad de agua concesionada, situación que es la deseada, porque no se está superando la cantidad otorgada.

11.2 Demanda hídrica sector Agrícola

11.2.1 Método de cálculo de la demanda agrícola

La demanda agrícola se refiere a la cantidad de agua que se requiere aportar de manera artificial para suplir las necesidades de riego de un cultivo. Se determinan por la evapotranspiración del cultivo (ET_c) menos el agua que han aportado las precipitaciones. Cuando la precipitación efectiva es mayor que las necesidades de riego, la demanda o riego bruto es igual a cero (0). En caso contrario, cuando la precipitación efectiva es menor al uso consuntivo del cultivo, la demanda se define por la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y el agua que se aporta por precipitación (IDEAM, 2010). El consumo de agua se asocia a la cadena de consumo en el sector, incluye además del riego, el agua que es aplicada a aquellas actividades de postcosecha y de beneficio de cultivos de café, banano y coca, en el caso de la cuenca del río Risaralda se incluyó el beneficio de café.

La cantidad de riego requerido para un cultivo depende de un número de factores como la precipitación y las condiciones climáticas, tipo de cultivo, el periodo de crecimiento del cultivo, el método y cronograma de riego, las características del suelo, entre otros. El método para estimar el riego requerido por los cultivos utilizado en este estudio, es el de los factores de cultivo disponibles en la FAO.

$$Dc = KcETp - P$$

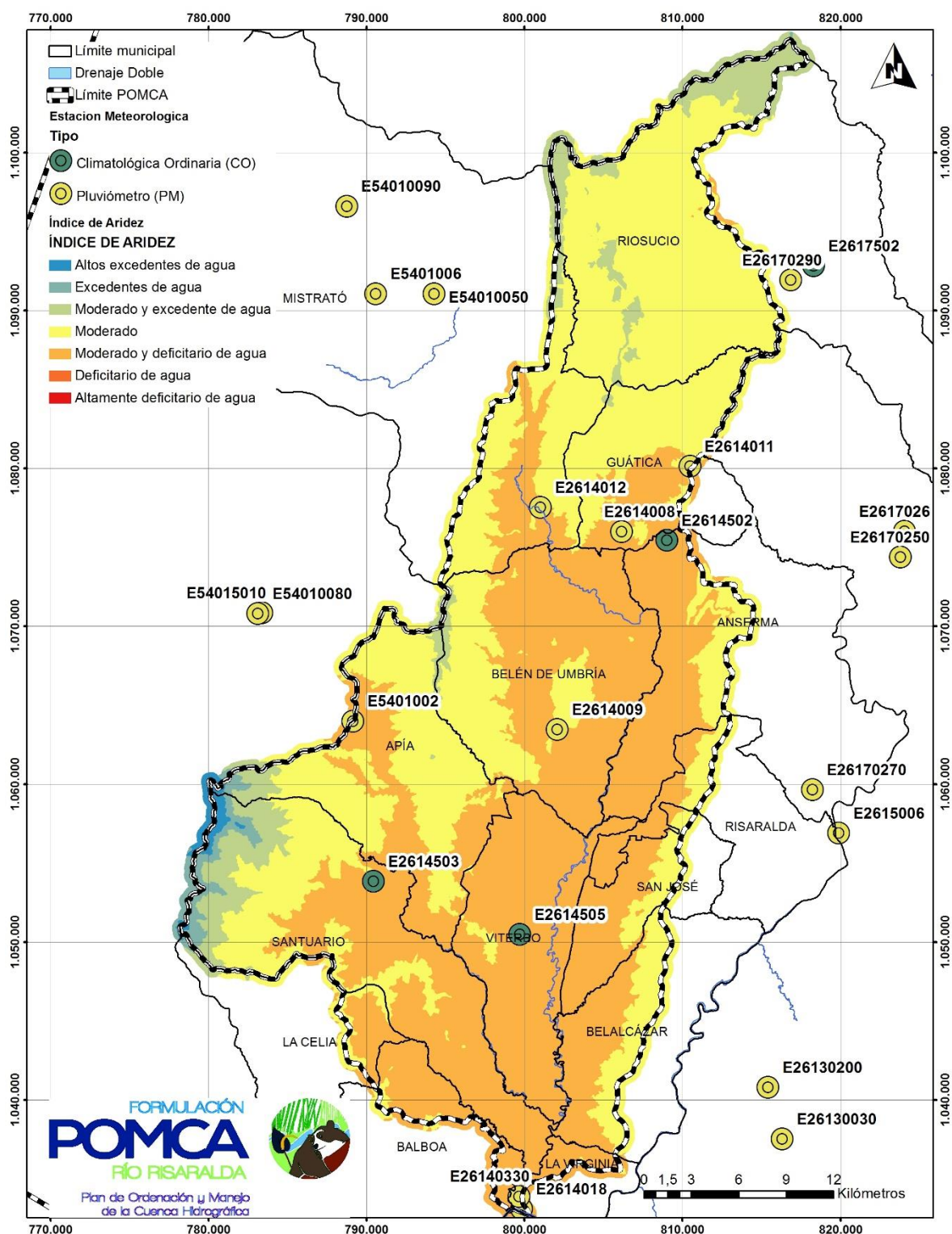
Donde:

Kc: Coeficiente de cultivo
ETp: Evapotranspiración potencial en mm/mes
P: Precipitación mm/mes

Para determinar el coeficiente de cultivo, se tomaron las coberturas en la Cuenca a partir de las imágenes satelitales, las cuales permitieron llegar hasta el nivel III conforme a metodología Corine Land Cover, esto debido a las limitaciones derivadas de la escala de trabajo. Situación que no permite determinar con precisión la forma y localización de los cultivos y plantaciones en el área de la Cuenca; sin embargo por medio de visitas de campo, se corroboró la existencia de grandes extensiones de caña de azúcar y café.

Los coeficientes de cultivo utilizados para el cálculo de la demanda agrícola por riego se obtuvieron del Estudio Nacional del Agua del año 2010, la evapotranspiración potencial se obtuvo con los datos promedio mensuales de la temperatura en las estaciones hidroclimatológicas identificadas en la Cuenca y el número de horas de luz de acuerdo a la latitud.

Utilizando el mapa de coberturas y el índice de aridez de la Cuenca se identificaron las áreas donde se encuentran Altos excedentes de agua, Excedentes de agua y Moderado excedente de agua, como se muestra en la Figura 112. De esta manera la cuenca del río Risaralda no muestra condiciones deficitarias de agua de acuerdo al análisis de las condiciones medias climáticas; sin embargo, reconociendo la ubicación de los cultivos de caña se realizó el análisis de las condiciones de humedad en el suelo para posteriormente utilizarlos en el análisis climático, sumado a la información de las estaciones hidrometeorológicas cercanas para así determinar el requerimiento de riego de dicho cultivo; ya que conociendo la información de las concesiones otorgadas en el área se presumía la necesidad de riego en la zona.



11.2.2 Resultados del cálculo de la demanda Agrícola

En función del mapa de coberturas y las condiciones climáticas de la Cuenca se determina la demanda agrícola para el cultivo de caña, en la Tabla 43 se determina la necesidad de riego de este cultivo, en los meses de enero, febrero, marzo y julio, agosto, septiembre, que es cuando se presenta déficit de humedad en el suelo.

Tabla 43. Identificación de necesidades de riego para cultivo de caña

Mes	ETp(mm/mes)	Precipitación (mm/mes)	Precipitación efectiva (mm/mes)	Coeficiente de cultivo	Requerimiento neto de irrigación (kc*etp)-p efectiva
ENERO	103,24	85,60	43,00	0,80	39,59
FEBRERO	92,91	104,30	60,00	0,80	14,33
MARZO	108,27	128,00	78,00	0,80	8,62
ABRIL	102,62	211,60	143,00	0,80	-60,90
MAYO	112,13	188,20	126,00	0,80	-36,30
JUNIO	108,55	170,50	111,00	0,80	-24,16
JULIO	105,86	113,10	65,00	0,80	19,69
AGOSTO	107,52	105,90	59,00	0,80	27,02
SEPTIEMBRE	101,13	126,10	75,00	0,80	5,90
OCTUBRE	95,27	204,20	140,00	0,80	-63,78
NOVIEMBRE	89,39	189,80	127,00	0,80	-55,49
DICIEMBRE	95,10	131,30	79,00	0,80	-2,92

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Para el cálculo de la cantidad de agua que se requiere en la postcosecha de café, se tomaron los valores de consumo de agua reportados por CENICAFE, para el beneficio tradicional y ecológico, asumiendo que de esta el 20% es utilizada para beneficio ecológico y el 80% beneficio tradicional. (Tabla 44).

Los valores de cantidad de café producido en la Cuenca se calculó a partir de un valor de productividad de 140 @CPS/ha/año³, el cual fue multiplicado por las áreas sembradas en café, identificadas en la Cuenca por medio de la metodología Corine Land Cover y así obtener la cantidad de café producida en cada unidad del nivel subsiguiente.

³ Información suministrada por Comité Departamental de Cafeteros de Risaralda.

Tabla 44. Parámetros para el cálculo de la demanda agrícola por postcosecha de café

Factor de productividad @CPS	Consumo de agua beneficio ecológico CPS l/kg	Cantidad de agua beneficio tradicional CPS l/kg
140	5	40

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

En la Tabla 45, se presentan los resultados del cálculo de la demanda del sector agrícola, el cual está compuesto por el consumo de agua en la postcosecha de café y los requerimientos de riego del cultivo de caña.

Tabla 45. Demanda hídrica uso agrícola (riego de caña, postcosecha de café), por cada nivel subsiguiente

Nombre UGH	CAFÉ (ha)	Café con beneficio tradicional kg/año	Café con beneficio ecológico kg/año	Demanda postcosecha de café cps (mm ³ /año)	Demanda postcosecha de café cps (l/s)	Caña (ha)	Demanda caña mm ³ /año	Demanda caña l/s	Demanda agrícola l/s	Demanda agrícola mm ³ /año
FH La Virginia	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	133,78	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Anserma 1	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Anserma 2	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,54	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Anserma 3	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	24,37	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Balboa	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	278,90	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Belalcázar 1	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	58,13	0,07	2,2	2,15	0,07
FH. Belalcázar 2	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	36,26	0,04	1,3	1,34	0,04
FH. Belalcázar 3	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,05	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Belalcázar 4	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	4,13	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Belalcázar 5	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Belén de Umbría 1	20,06	28081,57	7020,39	0,0004	0,0134	0,00	0,00	0,0	0,01	0,00
FH. Belén de Umbría 2	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,06	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Belén de Umbría 3	0,08	115,64	28,91	0,0000	0,0001	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Belén de Umbría 4	0,48	677,96	169,49	0,0000	0,0003	0,21	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Caño La Calera	10,37	14516,92	3629,23	0,0002	0,0069	0,00	0,00	0,0	0,01	0,00
FH. Q. El Boquerón	455,78	638092,55	159523,14	0,0096	0,3035	0,00	0,00	0,0	0,30	0,01

Nombre UGH	CAFÉ (ha)	Café con beneficio tradicional kg/año	Café con beneficio ecológico kg/año	Demanda postcosecha de café cps (mm ³ /año)	Demanda postcosecha de café cps (l/s)	Caña (ha)	Demanda caña mm ³ /año	Demanda caña l/s	Demanda agrícola l/s	Demanda agrícola mm ³ /año
FH. Q. Guamo Viejo	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	15,13	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	2139,29	2,46	79,2	79,23	2,46
FH. Q. La Equis	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	298,17	0,34	11,0	11,04	0,34
FH. Q. Maira Bajo	5,93	8306,12	2076,53	0,0001	0,0040	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Q. Pumia - Q. Tetuán	9,69	13564,53	3391,13	0,0002	0,0065	1,02	0,00	0,0	0,01	0,00
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	1,55	2175,62	543,90	0,0000	0,0010	130,43	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Q. Valdivia	23,57	32991,42	8247,86	0,0005	0,0157	0,25	0,00	0,0	0,02	0,00
FH. Q. Villa Orozco	51,39	71948,84	17987,21	0,0011	0,0342	0,00	0,00	0,0	0,03	0,00
FH. Riosucio-Mistrató	270,44	378615,97	94653,99	0,0057	0,1801	0,00	0,00	0,0	0,18	0,01
FH. Santuario	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	745,53	0,86	27,6	27,61	0,86
FH. Viterbo 1	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	1,22	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Viterbo 2	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	16,43	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Viterbo 3	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	7,92	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Viterbo 4	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	8,29	0,00	0,0	0,00	0,00
FH. Viterbo 5	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	99,24	0,11	3,7	3,68	0,11
Q. Calamar	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Q. Candilejas	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	68,57	0,08	2,5	2,54	0,08
Q. Cauyá	1155,77	1618075,18	404518,80	0,0243	0,7696	0,00	0,00	0,0	0,77	0,02
Q. Changüi	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	327,47	0,00	0,0	0,00	0,00
Q. Chapatá 1	1606,02	2248428,62	562107,16	0,0337	1,0695	4,51	0,00	0,0	1,07	0,03
Q. Chapatá 2	325,97	456359,52	114089,88	0,0068	0,2171	0,00	0,00	0,0	0,22	0,01
Q. Congo	491,43	688001,52	172000,38	0,0103	0,3272	0,00	0,00	0,0	0,33	0,01
Q. del Olvido o Tinajitas	214,74	300632,27	75158,07	0,0045	0,1430	0,00	0,00	0,0	0,14	0,00
Q. El Águila (Q. El Guamo)	933,03	1306239,85	326559,96	0,0196	0,6213	52,41	0,00	0,0	0,62	0,02
Q. El Cairo	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Q. El Oro	428,49	599879,93	149969,98	0,0090	0,2853	0,00	0,00	0,0	0,29	0,01
Q. Génova	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00

Nombre UGH	CAFÉ (ha)	Café con beneficio tradicional kg/año	Café con beneficio ecológico kg/año	Demanda postcosecha de café cps (mm ³ /año)	Demanda postcosecha de café cps (l/s)	Caña (ha)	Demanda caña mm ³ /año	Demanda caña l/s	Demanda agrícola l/s	Demanda agrícola mm ³ /año
Q. Guapacha - San Pedro	976,34	1366869,61	341717,40	0,0205	0,6501	0,00	0,00	0,0	0,65	0,02
Q. La Betulia	62,63	87682,41	21920,60	0,0013	0,0417	21,80	0,00	0,0	0,04	0,00
Q. La Hermosa	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	124,61	0,00	0,0	0,00	0,00
Q. La Honda	0,25	355,31	88,83	0,0000	0,0002	23,76	0,00	0,0	0,00	0,00
Q. La Ilorona	308,21	431498,99	107874,75	0,0065	0,2052	0,00	0,00	0,0	0,21	0,01
Q. La Primavera	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	125,24	0,14	4,6	4,64	0,14
Q. La Tesalia	87,94	123109,14	30777,28	0,0018	0,0586	0,00	0,00	0,0	0,06	0,00
Q. Lázaro	737,54	1032551,44	258137,86	0,0155	0,4911	0,02	0,00	0,0	0,49	0,02
Q. Los Ángeles	326,26	456764,39	114191,10	0,0069	0,2173	0,00	0,00	0,0	0,22	0,01
Q. Los Micos	98,61	138050,38	34512,59	0,0021	0,0657	0,00	0,00	0,0	0,07	0,00
Q. Palo Gordo	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,03	0,00	0,0	0,00	0,00
Q. Papayal	217,35	304294,50	76073,63	0,0046	0,1447	0,00	0,00	0,0	0,14	0,00
Q. Peñas Blancas	89,56	125390,49	31347,62	0,0019	0,0596	0,00	0,00	0,0	0,06	0,00
Q. Samaria	37,00	51804,64	12951,16	0,0008	0,0246	9,42	0,00	0,0	0,02	0,00
Q. Sandía	321,23	449717,23	112429,31	0,0067	0,2139	5,95	0,00	0,0	0,21	0,01
Q. Serna	59,59	83426,02	20856,51	0,0013	0,0397	0,00	0,00	0,0	0,04	0,00
Q. Sirguia	247,41	346375,07	86593,77	0,0052	0,1648	0,00	0,00	0,0	0,16	0,01
Q. Tachigui	453,17	634444,15	158611,04	0,0095	0,3018	0,00	0,00	0,0	0,30	0,01
Q. Tamaspia	697,44	976422,36	244105,59	0,0146	0,4644	15,88	0,00	0,0	0,46	0,01
Q. Tusas	603,21	844491,66	211122,91	0,0127	0,4017	0,00	0,00	0,0	0,40	0,01
R. Arroyo hondo	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
R. Guarne	968,77	1356273,78	339068,44	0,0203	0,6451	91,11	0,00	0,0	0,65	0,02
R. Guática	921,64	1290297,54	322574,38	0,0194	0,6137	5,80	0,00	0,0	0,61	0,02
R. Totuí	2379,63	3331486,75	832871,69	0,0500	1,5846	284,12	0,00	0,0	1,58	0,05
R. Mapa	4266,86	5973603,30	1493400,83	0,0896	2,8413	493,57	0,59	19,0	21,88	0,68
TOTALES	19865,44			0,4172	13,2285	5653,63	4,71	151,3	164,51	5,12

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Los resultados de la Tabla 45 indican que la demanda agrícola total para la Cuenca es de 5,12 Mm³/año, de los cuales 4,71 Mm³/año corresponden a los cultivos de

caña ubicados en el valle del Risaralda, esta demanda es ejercida en los meses de enero, febrero, marzo y julio, agosto y septiembre, tal como se encuentra resaltado en la Tabla 43. Sin embargo según la información de concesiones, el Ingenio Risaralda tiene un caudal de 9,05 Mm³/año otorgado para actividades agrícolas específicamente.

La demanda ejercida por la postcosecha de café según los cálculos realizados es de 0,4172 Mm³/año y de acuerdo a la base de datos de concesiones de las Corporaciones de Caldas y Risaralda el valor que se encuentra concesionado para esta actividad agrícola de beneficio de café es de 2,59 Mm³/año.

Según los datos de concesiones la demanda agrícola total en la Cuenca es de 14,612 Mm³/año (Tabla 46), donde se destacan que el Ingenio Risaralda y el Distrito de Riego Ospirma, los cuales utilizan agua para riego.

Tabla 46. Demanda hídrica uso agrícola, calculado a partir de la información de concesiones

Municipios	Caudal agrícola (l/s)	Caudal agrícola (Mm ³ /año)
Mistrató	0,90	0,029
Guática	2,09	0,066
Belén de Umbria	65,99	2,081
Apía	30,95	0,976
Santuario	163,00	5,140
Balboa	5,31	0,167
La Celia	0,12	0,004
La Virginia	61,00	1,924
Belalcázar	2,14	0,068
Viterbo	82,24	2,594
Riosucio	0,00	0,000
Anserma	3,26	0,103
Risaralda	45,46	1,434
San José	0,87	0,028
TOTALES	463,34	14,612

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

11.3 Demanda sector pecuario

La demanda del sector pecuario según la Resolución 865 de 2004 es el resultado de multiplicar el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo promedio aproximado, el cual está determinado teniendo en

cuenta el tipo de animal, el tipo de producción de materia seca y alimento requerido. Como tipo de animales de importancia comercial se incluyen los bovinos de carne, leche y doble propósito, aves de corral y porcinos. Los factores de consumos para la producción pecuaria se encuentran en el ENA 2010 tabla 5.19 y 5.20.

La cantidad de agua medida en $Mm^3/año$, extraída para el uso pecuario se estimó de varias formas:

- Demanda por bovinos: el número de cabezas de ganado para la Cuenca es de 20985, valor reportados en el producto 1.3.4 Caracterización socioeconómica y cultural (EVAS 2012), posteriormente para el cálculo del número de bovinos por unidad del nivel subsiguiente, se realizaron proporciones según el área de pastos y pastos arbolados según la clasificación de Corine Land, paso seguido se acogió el módulo de consumo ENA 2010, el cual reporta un valor promedio de 66 l/día/cabeza.
- Demandas avícolas, porcícola y acuícolas: esta información fue calculada a partir de las concesiones otorgadas para dichos usos, ya que, los censos consultados tienen agregados los valores de estas poblaciones por municipio y al querer distribuirlos en las unidades hidrológicas del nivel subsiguiente, se hace un dato poco confiables, al no proceder de un censo para dichas unidades.
- Demanda centrales de sacrificio: esta se estableció por medio de la revisión de los expedientes ambientales, de donde se extrajo el número promedio de bovinos y porcinos sacrificados al mes en cada una de las centrales de sacrificio identificadas en la Cuenca (Tabla 47), posteriormente se asignaron los valores de los módulos de consumo establecidos por el ENA 2010, el cual estima para bovinos un valor de 500 l/día-cabeza y para porcinos 300 l/día-cabeza.

Tabla 47. Centrales de sacrificio que se abastecen de la cuenca del río Risaralda

Nombre central de sacrificio	# Promedio de bovinos sacrificados al mes	# Promedio de porcinos sacrificados al mes
Matadero La Virginia LTDA.	900	2000
Central de sacrificio de Risaralda S.A	0	30
Planta de beneficio La María COOPGACOR	0	40
OINC	0	1200
Central de sacrificio de Anserma	320	80
Frigo porcinos del eje cafetero	280	140
TOTAL	1500	3490

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

En las Tabla 48 y Tabla 49, se presenta de forma discriminada las demandas ejercidas por los sectores bovino, avícola, porcícola y centrales de sacrificio para un total de demanda pecuaria de 1,5292 Mm³/año.

Tabla 48. Demanda pecuaria, sector bovino.

Nombre UGH	Pastos (ha)	# de cabezas de bovinos en la cuenca	Demanda bovina (l/día)	Demanda bovina (l/s)	Demanda bovina (Mm³/año)
FH La Virginia	244,00	297	19622,61	0,23	0,01
FH. Anserma 1	59,22	72	4762,87	0,06	0,00
FH. Anserma 2	11,22	14	902,42	0,01	0,00
FH. Anserma 3	78,82	96	6339,04	0,07	0,00
FH. Balboa	86,92	106	6990,37	0,08	0,00
FH. Belalcázar 1	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Belalcázar 2	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Belalcázar 3	0,31	0	24,90	0,00	0,00
FH. Belalcázar 4	86,93	106	6990,71	0,08	0,00
FH. Belalcázar 5	74,89	91	6022,46	0,07	0,00
FH. Belén de Umbría 1	34,03	41	2736,46	0,03	0,00
FH. Belén de Umbría 2	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Belén de Umbría 3	0,21	0	16,62	0,00	0,00
FH. Belén de Umbría 4	1,49	2	120,02	0,00	0,00
FH. Caño La Calera	315,92	385	25406,92	0,29	0,01
FH. Q. El Boquerón	196,53	239	15805,06	0,18	0,01
FH. Q. Guamo Viejo	189,09	230	15207,01	0,18	0,01
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	709,13	864	57029,31	0,66	0,02
FH. Q. La Equis	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Q. Maira Bajo	0,13	0	10,45	0,00	0,00
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	10,27	13	826,12	0,01	0,00
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	337,32	411	27127,80	0,31	0,01
FH. Q. Valdivia	257,29	314	20692,12	0,24	0,01
FH. Q. Villa Orozco	0,00	0	0,00	0,00	0,00

Nombre UGH	Pastos (ha)	# de cabezas de bovinos en la cuenca	Demanda bovina (l/día)	Demanda bovina (l/s)	Demanda bovina (Mm3/año)
FH. Riosucio-Mistrató	866,62	1056	69695,28	0,81	0,03
FH. Santuario	0,06	0	4,85	0,00	0,00
FH. Viterbo 1	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Viterbo 2	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Viterbo 3	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Viterbo 4	0,00	0	0,00	0,00	0,00
FH. Viterbo 5	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. Calamar	34,90	43	2806,63	0,03	0,00
Q. Candilejas	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. Cauyá	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. Changüi	11,61	14	934,06	0,01	0,00
Q. Chapatá 1	743,63	906	59803,96	0,69	0,02
Q. Chapatá 2	6,06	7	487,62	0,01	0,00
Q. Congo	73,84	90	5938,30	0,07	0,00
Q. del Olvido o Tinajitas	76,41	93	6145,40	0,07	0,00
Q. El Águila (Q. El Guamo)	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. El Cairo	311,03	379	25013,79	0,29	0,01
Q. El Oro	267,73	326	21531,21	0,25	0,01
Q. Génova	121,49	148	9770,76	0,11	0,00
Q. Guapacha - San Pedro	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. La Betulia	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. La Hermosa	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. La Honda	22,15	27	1780,96	0,02	0,00
Q. La Ilorona	98,12	120	7890,85	0,09	0,00
Q. La Primavera	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Q. La Tesalia	40,15	49	3229,27	0,04	0,00
Q. Lázaro	68,68	84	5523,14	0,06	0,00
Q. Los Ángeles	38,59	47	3103,14	0,04	0,00
Q. Los Micos	0,00	0	0,00	0,00	0,00

Nombre UGH	Pastos (ha)	# de cabezas de bovinos en la cuenca	Demanda bovina (l/día)	Demanda bovina (l/s)	Demanda bovina (Mm3/año)
Q. Palo Gordo	115,89	141	9319,73	0,11	0,00
Q. Papayal	3,69	4	296,41	0,00	0,00
Q. Peñas Blancas	72,88	89	5860,84	0,07	0,00
Q. Samaria	477,88	582	38432,10	0,44	0,01
Q. Sandía	171,92	209	13825,86	0,16	0,01
Q. Serna	114,47	139	9206,28	0,11	0,00
Q. Sirguia	79,02	96	6355,08	0,07	0,00
Q. Tachigui	150,65	184	12115,76	0,14	0,00
Q. Tamaspia	308,94	376	24845,79	0,29	0,01
Q. Tusas	4,87	6	391,41	0,00	0,00
R. Arroyo hondo	803,16	979	64591,45	0,75	0,02
R. Guarne	753,31	918	60582,72	0,70	0,02
R. Guática	4252,09	5181	341961,62	3,96	0,12
R. Totuí	577,61	704	46452,86	0,54	0,02
R. Mapa	3860,63	4704	310479,62	3,59	0,11
TOTALES ÁREAS	17221,79	20985	1385010,00	16,03	0,51

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Tabla 49. Demanda pecuaria, sumatoria entre los sectores porcícola, avícola, bovino y centrales de sacrificio

NIVEL SUBSIGUIENTE	DEMANDA AVICOLAS Y PORCICOLAS l/s	DEMANDA BOVINA (l/s)	DEMANDA CENTRALES DE SACRIFICIO l/s	DEMANDA PECUARIA (l/s)	DEMANDA PECUARIA (Mm3/año)
FH La Virginia	0	0,227	0,000	0,227	0,007
FH. Anserma 1	0,015	0,055	0,000	0,070	0,002
FH. Anserma 2	0	0,010	0,000	0,010	0,000
FH. Anserma 3	0	0,073	0,000	0,073	0,002
FH. Balboa	0	0,081	0,000	0,081	0,003
FH. Belalcázar 1	0	0,000	0,000	0,000	0,000

NIVEL SUBSIGUIENTE	DEMANDA AVICOLAS Y PORCICOLAS l/s	DEMANDA BOVINA (l/s)	DEMANDA CENTRALES DE SACRIFICIO l/s	DEMANDA PECUARIA (l/s)	DEMANDA PECUARIA (Mm3/año)
FH. Belalcázar 2	0,06	0,000	0,000	0,060	0,002
FH. Belalcázar 3	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Belalcázar 4	0	0,081	0,000	0,081	0,003
FH. Belalcázar 5	0	0,070	0,000	0,070	0,002
FH. Belén de Umbría 1	0	0,032	0,000	0,032	0,001
FH. Belén de Umbría 2	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Belén de Umbría 3	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Belén de Umbría 4	0	0,001	0,000	0,001	0,000
FH. Caño La Calera	0,06	0,294	0,000	0,354	0,011
FH. Q. El Boquerón	0,01	0,183	0,000	0,193	0,006
FH. Q. Guamo Viejo	0	0,176	0,000	0,176	0,006
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0,9	0,660	0,000	1,560	0,049
FH. Q. La Equis	0,1	0,000	0,000	0,100	0,003
FH. Q. Maira Bajo	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	0	0,010	0,000	0,010	0,000
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	0,01	0,314	0,000	0,324	0,010
FH. Q. Valdivia	0,018	0,239	0,000	0,257	0,008
FH. Q. Villa Orozco	0,0099	0,000	0,000	0,010	0,000
FH. Riosucio-Mistrató	0,4	0,807	0,000	1,207	0,038
FH. Santuario	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Viterbo 1	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Viterbo 2	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Viterbo 3	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Viterbo 4	0	0,000	0,000	0,000	0,000
FH. Viterbo 5	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Q. Calamar	0,016	0,032	0,000	0,048	0,002
Q. Candilejas	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Q. Cauyá	0,1525	0,000	0,000	0,153	0,005
Q. Changüi	0,33	0,011	0,000	0,341	0,011
Q. Chapatá 1	0,2683	0,692	0,000	0,960	0,030
Q. Chapatá 2	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Q. Congo	0	0,069	0,000	0,069	0,002
Q. del Olvido o Tinajitas	0,17	0,071	0,000	0,241	0,008
Q. el Águila (Q. El Guamo)	0,4219	0,000	0,000	0,422	0,013

NIVEL SUBSIGUIENTE	DEMANDA AVICOLAS Y PORCICOLAS l/s	DEMANDA BOVINA (l/s)	DEMANDA CENTRALES DE SACRIFICIO l/s	DEMANDA PECUARIA (l/s)	DEMANDA PECUARIA (Mm3/año)
Q. El Cairo	0	0,290	0,000	0,290	0,009
Q. El Oro	0	0,249	0,000	0,249	0,008
Q. Génova	0	0,113	0,000	0,113	0,004
Q. Guapacha - San Pedro	0,0978	0,000	0,000	0,098	0,003
Q. La Betulia	0,0329	0,000	0,000	0,033	0,001
Q. La Hermosa	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Q. La Honda	0,0035	0,021	0,000	0,024	0,001
Q. La Ilorona	0,04	0,091	0,000	0,131	0,004
Q. La Primavera	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Q. La Tesalia	0	0,037	0,000	0,037	0,001
Q. Lázaro	0,0348	0,064	0,000	0,099	0,003
Q. Los Ángeles	0	0,036	0,000	0,036	0,001
Q. Los Micos	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Q. Palo Gordo	0	0,108	0,000	0,108	0,003
Q. Papayal	0,09	0,003	0,000	0,093	0,003
Q. Peñas Blancas	0,01	0,068	0,000	0,078	0,002
Q. Samaria	0,126	0,445	1,264	1,835	0,058
Q. Sandía	0	0,160	0,104	0,264	0,008
Q. Serna	0,01	0,107	0,000	0,117	0,004
Q. Sirguia	0	0,074	0,000	0,074	0,002
Q. Tachigui	0,01	0,140	0,000	0,150	0,005
Q. Tamaspia	0,012	0,288	0,000	0,300	0,009
Q. Tusas	0,133	0,005	0,000	0,138	0,004
R. Arroyo hondo	0	0,748	0,000	0,748	0,024
R. Guarne	1,1364	0,701	0,912	2,749	0,087
R. Guática	1,3635	3,958	2,130	7,451	0,235
R. Totuí	0,137	0,538	12,153	12,827	0,405
R. Mapa	5,421	3,594	4,306	13,320	0,420
TOTALES	11,60	16,02	20,87	48,49	1,5292

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017

11.4 Demanda sector Acuícola

Para determinar la demanda acuícola se utilizó la información de las base de datos de concesiones otorgadas por las Corporaciones Autónomas Regionales de Caldas y Risaralda, dicha información fue espacializada en cada una de las unidades del

nivel subsiguiente pertenecientes a la Cuenca, por medio del software Arcgis, generando una hoja de cálculo que permitió realizar la sumatoria de todos los usuarios que reportaban concesiones para uso acuícola.

Se acogió la información de concesiones debido a que no se cuenta con la información de área de lámina de agua y cantidad de producción. En la Tabla 50 se presenta la demanda ejercida por el sector acuícola que para la Cuenca arroja un valor de 6,84 Mm³.

Tabla 50. Demanda Acuícola

Nivel subsiguiente	Demanda acuícola l/s	Demanda acuícola Mm ³ /año
FH. Anserma 2	0,006	0,00019
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	0,040	0,00126
FH. Q. Villa Orozco	0,036	0,00113
Q. Cauyá	0,102	0,00321
Q. Chapatá 1	49,200	1,55157
Q. Guapacha - San Pedro	0,591	0,01863
Q. Lázaro	0,113	0,00356
Q. Tamaspia	0,027	0,00086
Q. Tusas	0,117	0,00370
R. Guática	0,182	0,00573
Q. Samaria	3,003	0,09470
R. Guarne	0,317	0,01000
R. Mapa	40,062	1,26339
R. Totuí	0,134	0,00423
FH. Belalcázar 1	0,000	0,00000
FH. Belalcázar 2	5,000	0,15768
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	1,755	0,05535
Q. el Águila (Q. El Guamo)	89,982	2,83768
Q. El Cairo	7,800	0,24598
Q. La Betulia	1,755	0,05535
Q. La Ilorona	2,430	0,07663
Q. La Tesalia	7,800	0,24598
Q. Sandía	2,510	0,07916
Q. Changüi	2,016	0,06356
Q. La Hermosa	0,005	0,00017
Q. La Primavera	0,000	0,00000
FH. Q. Guamo Viejo	2,030	0,06402
FH. Viterbo 2	0,000	0,00000
TOTALES	217,01	6,8437

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017

11.5 Demanda industrial y de generación de energía

Se determinó la demanda industrial y la de generación de energía utilizando la información de las base de datos de concesiones otorgadas por las Corporaciones Autónomas Regionales de Caldas y Risaralda, dicha información fue espacializada

en cada una de las unidades del nivel subsiguiente pertenecientes a la Cuenca, por medio del software Arcgis, generando una hoja de cálculo que permitió realizar la sumatoria de todos los usuarios que reportaban concesiones para estos usos. La información de los listados de concesiones fue verificada en los expedientes (Tabla 51).

Tabla 51. Demanda hídrica sector industrial

Nivel subsiguiente	Demanda industrial l/s	Demanda industrial Mm ³ /año	Demanda generación de Energía l/s	Demanda generación de energía Mm ³ /año
FH. Belalcázar 2	0,0694	0,00	0	0,00
FH. Q. El Boquerón	1,31	0,04	16800	529,80
FH. Q. Guamo Viejo	0,012	0,00	0	0,00
FH. Q. Maira Bajo	1,31	0,04	0	0,00
FH. Q. Villa Orozco	1,68	0,05	0	0,00
FH. Riosucio-Mistrató	0	0,00	4332	136,61
Q. Cauyá	0	0,00	500	15,77
Q. Changüi	15	0,47	0	0,00
Q. del Olvido o Tinajitas	0,1	0,00	0	0,00
Q. El Cairo	6	0,19	0	0,00
Q. Guapacha - San Pedro	0,13	0,00	0	0,00
Q. Los Ángeles	0,02	0,00	0	0,00
R. Guática	2,43	0,08	0	0,00
R. Mapa	540,95	17,95	1,09	0,03
Total	569,01	17,94	21633,09	682,22

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

La cantidad de agua concesionada para el uso de generación de energía en la cuenca del río Risaralda es de 682,22 Mm³/año, de los cuales se destacan las concesiones realizadas para los municipios de Belén de Umbría, para la -PCH Morro Azul con un caudal de 529,8 Mm³/año, la cual está iniciando el proceso de producción de energía y la del municipio de Mistrató para la PCH Madroño con un caudal de 136,61 Mm³/año, esta concesión está próxima a vencerse, ya que no se ha iniciado la construcción de las obras para la generación de energía. Otra PCH identificada en la Cuenca es la PCH Cauyá, ubicada en el municipio de Anserma con un caudal de 15,77 Mm³/año.

La demanda industrial en la Cuenca es de 17,95 Mm³/año, la cual es ejercida casi en su totalidad en la unidad hidrológica del nivel subsiguiente del río Mapa, específicamente en la zona baja, esta demanda la ejerce el Ingenio Risaralda, para realizar sus actividades de producción de azúcar.

11.6 Demanda sector minería

La demanda minera se estableció a partir del reconocimiento de los títulos mineros identificados dentro de la cuenca hidrográfica del río Risaralda, esta información

fue extraída de la “Caracterización socioeconómica y cultural de la Cuenca”. Posteriormente estos títulos fueron revisados a la luz de los expedientes de las Licencias y Planes de Manejo Ambiental que han cursado trámites ante las corporaciones autónomas regionales de Caldas y Risaralda, de las cuales se extrajo el valor concesionado, (Tabla 52).

Tabla 52. Demanda sector minero.

Propietario o razón social	Demanda minera l/s	Demanda minera Mm ³ /año	Actividad
AGREGADOS EL CAIRO S.A.S	7,8	0,2	Separación de materiales
MARTHA LUCIA BEDOYA	3,0	0,1	Separación de materiales
CONCESIÓN PACIFICO III	1,0	0,0	Separación de materiales
MINA LA COQUETA	6,0	0,2	Separación de materiales
FRANCISCO BARBIER LOPEZ	17,1	0,5	Separación de materiales
WILLIAM EMURA ARANA	0,0	0,0	Separación de materiales
UNIÓN TEMPORAL PROSPERIDAD 2011	30,0	0,9	Separación de materiales
TOTAL CAUDAL MINERO	64,8	2,0	

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

La información correspondiente al tema de demanda minera está básicamente relacionada con la transformación de materiales de construcción, aunque para el departamento de Caldas se tiene identificada minería de metales preciosos, no fue posible encontrar información acerca de las cantidades de agua utilizadas, debido a que dicha minería se encuentra en fase de exploración, para la cual no se tramita licencia ambiental.

11.7 Demanda hídrica total

La demanda hídrica agregada total para la Cuenca hidrográfica del río Risaralda, conforme a los sectores seleccionados, presenta un orden de magnitud de 793,21 Mm³/año. En la Tabla 53 se presenta el estimativo por sectores de la demanda por uso y su participación porcentual respecto al total de la Cuenca, adicionalmente en esta se puede observar que la gran mayoría de la demanda la ejerce la generación de energía con el 86,01%, seguido del sector minero con el 7%, el de consumo humano y doméstico con el 3,02% e industrial con el 2,43%.

La demanda del sector de generación de energía la ejercen las 3 PCH ubicadas dentro de la Cuenca, el consumo humano y doméstico se sustenta en que 14 de las 12 cabeceras municipales se abastecen de las fuentes hídricas ubicadas dentro de la Cuenca.

Tabla 53. Consolidado de la demanda hídrica total

Demanda industrial Mm³/año	Demanda acuícola Mm³/año	Demanda pecuaria Mm³/año	demanda consumo humano y doméstica Mm³/año	Demanda agrícola Mm³/año	Demanda generación de energía Mm³/año	Demanda minería Mm³/año	Demanda total Mm³/año
17,94	6,84	1,53	23,99	5,19	55,49	682,22	793,21
2,26%	0,86%	0,19%	3,02%	0,65%	7,00%	86,01%	100,00%

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

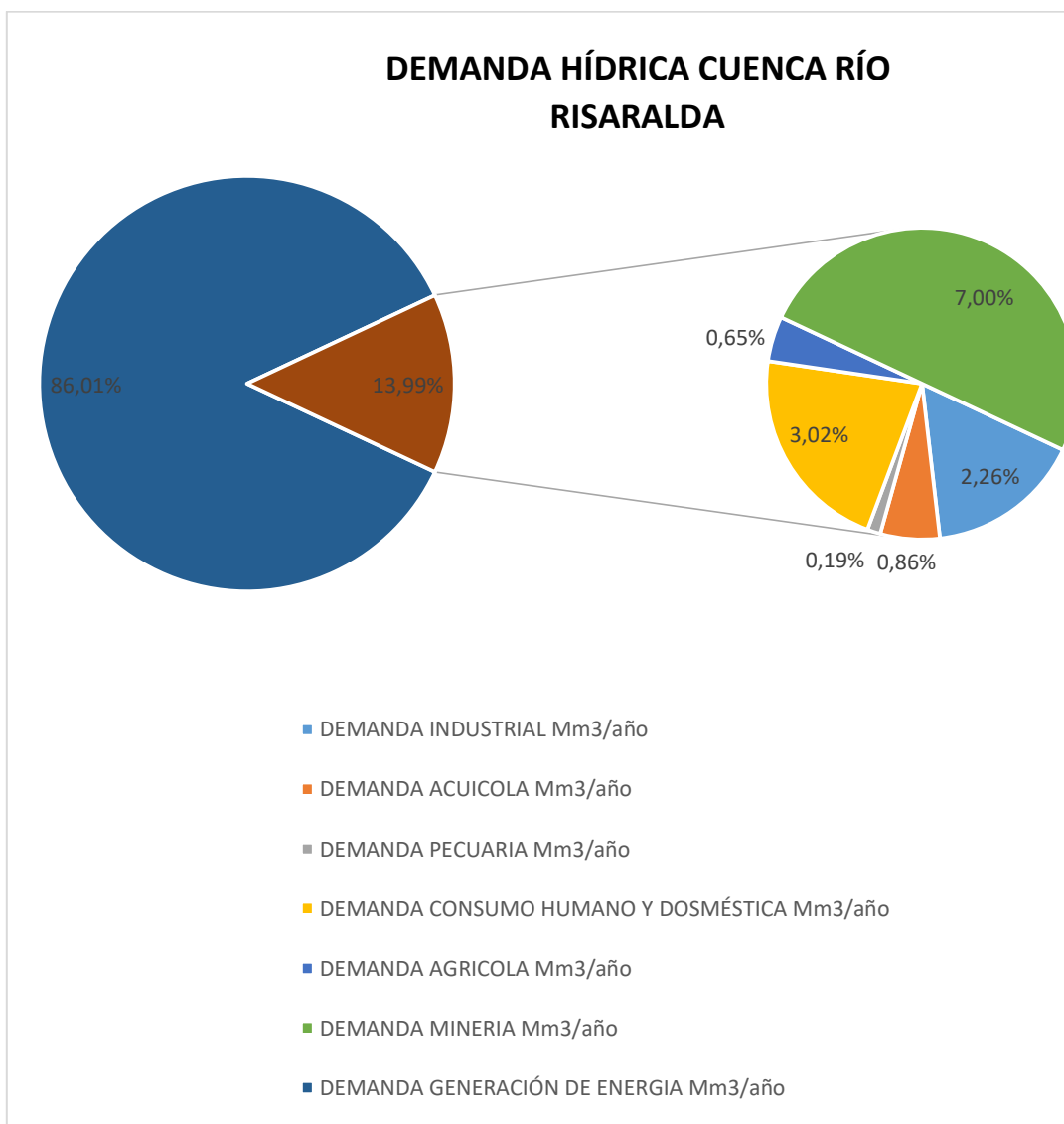


Figura 113. Porcentaje de demanda por usos en la Cuenca del río Risaralda
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

11.8 Demanda subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados

La demanda hídrica de las subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros poblados y centros urbanos, se realizó a partir de los datos de concesiones otorgadas a las empresas prestadoras de servicios públicos y de las organizaciones conformadas para abastecer de agua para el consumo humano a poblaciones urbanas y rurales.

La identificación de los entes encargados de abastecer el uso de consumo humano y doméstico en la Cuenca partió de un universo de 120 concesiones, las cuales fueron filtradas con el criterio de un caudal igual o superior a 1 l/s, así se obtuvieron 72 unidades hídricas entre subcuencas y microcuencas abastecedoras, que fueron espacializadas por medio del software Arcgis, mostrando que algunas de las captaciones debido a la escala de trabajo no es posible cartografiarse, por lo tanto se obtuvo un total de 52 unidades hidrográficas a las cuales se les calculó la demanda hídrica a partir de la información de concesiones.

Tabla 54. Demanda hídrica microcuencas y subcuencas abastecedoras de centros poblados y centros urbanos

Entidades Prestadoras Del Servicio De Acueducto	Caudal l/s	Código
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA LA ISLA	1	00000001
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO TARAPACA	1,77	00000002
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA GENOVA	1	00000003
ASOCIACION DE USUARIOS DE ACUEDUCTO PINAR DEL RIO Y PLAYA RICA	1	00000004
EMPRESA PUBLICAS MUNICIPALES DE MISTRATO ESP	30,1	00000005
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA PLAYA BONITA	1	00000006
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA MAMPAY	1	00000007
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO LA VILLADA	1	00000008
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DEL BARRIO SAN JOSÉ	1	00000009
ASOCIACION DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE MARAPRA	12,19	00000010
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA ANDICA "ASOACUANDICA"	1	00001401
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELEN DE UMBRIA	8	00001501
ACUEDUCTO REGIONAL DE LAS VEREDAS ALTO PUEBLO RICO EL NARANJO EL TERRERO Y LA ESMERALDA	2,6	00010001
ASOCIACION AMBIENTAL LA GUAYANA	3	00010101
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO EL CONGO SAN JOSE ASUACUACONGO	1	00020001
ASOCIACION DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	1	00030001
ASOCIACION DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	1	00030002
JUNTA DE ACCION COMUNAL BARRIO PUEBLO NUEVO	1,2	00030003

Entidades Prestadoras Del Servicio De Acueducto	Caudal l/s	Código
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELEN DE UMBRIA	5	00030101
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	24,7	00030201
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO VEREDA EL SOCORRO	1,5	00030202
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	34,7	00040001
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE BELEN DE UMBRIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	0,4	00040201
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	20	00050001
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	80	00050002
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	30	00050003
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	150	00050101
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	18,04	00060001
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	3,16	00060002
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DEL MUNICIPIO DE BALBOA EMILIO GARTNER GOMEZ SA ESP	25	01010201
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS SANTUARIO RISARALDA	22,5	01020101
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA PLAYA RICA	1	02000001
JUNTA DE ACCION COMUNAL DE LA VEREDA SAN AGUSTIN MUNICIPIO APIA	1	02000002
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	14	02000003
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	14	02000004
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA SAN JUANITO	27,6	02000101
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA VALLADOLID	3,9	02010001
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA ALTA ESMERALDA	4,9	02020001
JUNTA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA QUEBRADA ARRIBA	1,3	03000001
ACUEDUCTO DEL COREGIMIENTO DE SAN CLEMENTE	5	03000002
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	1,5	03000003
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	12	03000004
ASOCIACION DE USUARIOS ACUEDUCTO EL PORVENIR	1,1	03000005
JUNTA DE ACCION COMUNAL CORREGIMIENTO VILLA CLARET	0,6	03000006
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA MILAN	1,5	03000007
ASOCIACION DE ECOLOGISTAS DE SANTA TERESA	1,2	03000201
ASOCIACION DE USUARIOS ACUEDUCTO DE LA CUENCA BUENOS AIRES	1,6	03000301
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA EL CAUCHO	1,2	03000302
CORPORACION ACUEDUCTO REGIONAL CORREGIMIENTO DE TRAVESIAS	4	03000303

Entidades Prestadoras Del Servicio De Acueducto	Caudal l/s	Código
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	26,4	03000401
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	37,2	03000402
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	124	03010001

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

12 INDICADORES DEL SISTEMA HÍDRICO

12.1 Índice de Retención y Regulación Hídrica – IRH

El índice de regulación y retención hídrica fue definido en el estudio nacional del agua 2010 (IDEAM), como la capacidad que tiene una cuenca o subcuenca de retener o regular el flujo de humedad a través de esta.

El método de cálculo establecido para este índice, se basa en la curva de duración de caudales construida a partir de caudales medios diarios, realizando la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios, siendo la expresión matemática la siguiente:

$$IRH=VP/Vt$$

Donde:

IRH: Índice de retención y regulación hídrica

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio

Vt: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios

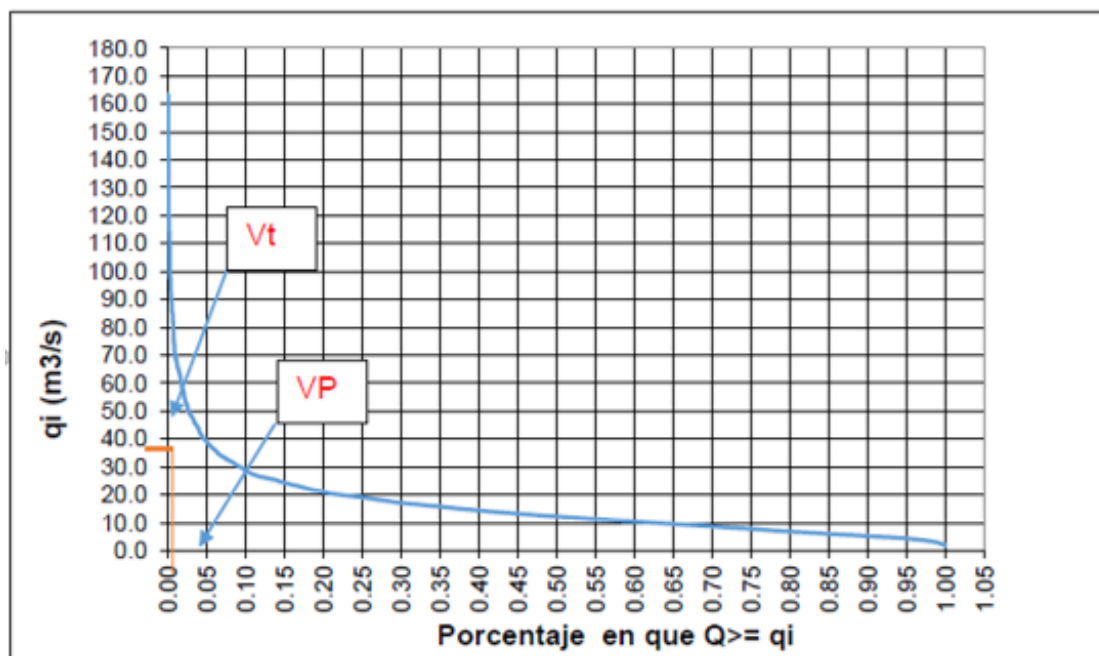


Figura 114. Ejemplo de curva de duración de caudales

Fuente: ENA, 2010

El índice de retención hídrica (IRH), se clasifica en cinco categorías, de acuerdo con lo establecido en el ENA 2010, como se muestra en la siguiente Tabla 55.

Tabla 55. Categorías para el índice de retención Hídrica

Rango de valores del indicador	Clasificación	Descripción
>0,85	Muy Alto	Muy Alta Retención y Regulación de Humedad
0,75-0,85	Alto	Alta Retención y Regulación de Humedad
0,65-0,75	Moderado	Media Retención y Regulación de Humedad
0,50-0,65	Bajo	Baja Retención y Regulación de Humedad
<0,50	Muy Bajo	Muy Baja Retención y Regulación de Humedad

Fuente: ENA, 2010

Utilizando las series de caudales diarios para cada uno de los puntos de la red de monitoreo Puente Negro, La Virgen y La Bretaña, se construyeron las curvas de duración de caudal, a partir de las cuales se calculó el Índice de regulación y retención hídrica, arrojando como resultado los mostrados en la Tabla 56.

Tabla 56. IRH calculado para oferta hídrica de caudales diarios históricos para unidad hidrológica del nivel subsiguiente

NOMBRE	CODIGO	VP	VT	IRH	CLASIFICACIÓN
R. Arroyo hondo	261401	1.961	2.831	0.692	Moderado
FH. Riosucio-Mistrato	261402	4.051	6.794	0.596	Bajo
Q. Serna	261403	0.232	0.352	0.659	Moderado
Q. Peñas Blancas	261404	0.086	0.115	0.745	Moderado
Q. La Ilorona	261405	0.211	0.291	0.723	Moderado
FH. Belén de Umbría 1	261406	0.020	0.030	0.654	Bajo
Q. Sandía	261407	0.299	0.413	0.725	Moderado
Q. Congo	261408	0.319	0.426	0.748	Moderado
FH. Q. El Boquerón	261409	0.258	0.378	0.682	Moderado
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	0.173	0.250	0.690	Moderado
FH. Belén de Umbría 2	261411	0.012	0.022	0.537	Bajo
Q. Tachigui	261412	0.259	0.379	0.685	Moderado
FH. Belén de Umbría 3	261413	0.029	0.053	0.548	Bajo
Q. Los Angeles	261414	0.261	0.383	0.682	Moderado
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	261415	0.095	0.182	0.522	Bajo
Q. Papayal	261416	0.227	0.351	0.648	Bajo
FH. Belén de Umbría 4	261417	0.003	0.007	0.491	Muy bajo
Q. Chapatá 1	261418	0.226	0.326	0.692	Moderado
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	0.223	0.380	0.587	Bajo
R. Guarne	261420	1.656	2.549	0.650	Bajo
FH. Q. Guamo Viejo	261421	0.116	0.192	0.607	Bajo
Q. Samaria	261422	0.350	0.663	0.528	Bajo
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	1.604	2.230	0.719	Moderado
R. Mapa	261424	9.711	14.785	0.657	Moderado
FH. Santuario	261425	0.363	0.495	0.733	Moderado
R. Totui	261426	2.054	2.749	0.747	Moderado

NOMBRE	CODIGO	VP	VT	IRH	CLASIFICACIÓN
FH. Balboa	261427	0.157	0.216	0.727	Moderado
FH La Virginia	261428	0.133	0.200	0.667	Moderado
Q. El cairo	261429	0.127	0.224	0.569	Bajo
FH. Belalcázar 5	261430	0.012	0.022	0.537	Bajo
Q. Genova	261431	0.039	0.062	0.634	Bajo
FH. Belalcázar 4	261432	0.020	0.032	0.624	Bajo
Q. Calamar	261433	0.027	0.049	0.551	Bajo
FH. Belalcázar 3	261434	0.006	0.010	0.604	Bajo
Q. Los Micos	261435	0.103	0.155	0.662	Moderado
FH. Belalcázar 2	261436	0.051	0.081	0.625	Bajo
Q. La Betulia	261437	0.208	0.330	0.632	Bajo
FH. Belalcázar 1	261438	0.063	0.106	0.593	Bajo
Q. el Aguila (Q. El Guamo)	261439	0.817	1.243	0.657	Moderado
FH. Q. La Equis	261440	0.237	0.365	0.651	Moderado
Q. La Hermosa	261441	0.158	0.277	0.571	Bajo
FH. Viterbo 5	261442	0.044	0.063	0.687	Moderado
Q. Candilejas	261443	0.086	0.149	0.580	Bajo
FH. Viterbo 4	261444	0.005	0.007	0.709	Moderado
Q. La Primavera	261445	0.144	0.246	0.587	Bajo
FH. Viterbo 3	261446	0.004	0.006	0.730	Moderado
Q. Changüi	261447	0.377	0.634	0.595	Bajo
FH. Viterbo 2	261448	0.009	0.013	0.725	Moderado
Q. La Honda	261449	0.091	0.181	0.505	Bajo
FH. Viterbo 1	261450	0.004	0.008	0.492	Muy bajo
Q. La Tesalia	261451	0.148	0.270	0.548	Bajo
Q. Palo Gordo	261452	0.042	0.085	0.502	Bajo
Q. Tamaspia	261453	0.568	0.831	0.684	Moderado
FH. Anserma 3	261454	0.035	0.057	0.618	Bajo
Q. El Oro	261455	0.339	0.502	0.675	Moderado
FH. Q. Valdivia	261456	0.078	0.138	0.564	Bajo
Q. Lázaro	261457	0.533	0.745	0.715	Moderado
FH. Anserma 2	261458	0.015	0.030	0.501	Bajo
Q. Chapatá 2	261459	2.073	3.238	0.640	Bajo
FH. Anserma 1	261460	0.027	0.051	0.520	Bajo
Q. Tusas	261461	0.396	0.508	0.780	Alto
FH. Q. Villa Orozco	261462	0.087	0.125	0.697	Moderado
Q. Cauyá	261463	0.871	1.095	0.796	Alto
Q. Guapacha - San Pedro	261464	0.810	1.040	0.778	Alto
R. Guática	261465	3.367	4.726	0.713	Moderado
FH. Q. Maira Bajo	261466	0.050	0.077	0.644	Bajo
Q. Sirguia	261467	0.167	0.236	0.710	Moderado
FH. Caño La Calera	261468	0.065	0.101	0.642	Moderado

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

En los resultados se evidencia que el Índice de Retención Hídrica permanece BAJO en 32 unidades y MODERADO en 31 unidades hidrológicas del nivel subsiguiente, situación que se puede justificar por las altas pendientes identificadas en la parte alta y media de la Cuenca y a la alta intensidad de las lluvias en la zona de estudio,

lo que hace que esorrentía directa se active casi de manera instantánea, haciendo que se presentes caudales picos con magnitudes altas y con bastante recurrencia, de esta manera si se evalúa el caudal medio en uno de los puntos de la red de monitoreo frente a la curva de duración de caudales este permanecería o sería superado más del cincuenta por ciento del tiempo, sin embargo esto también hace que el caudal ambiental este muy cerca del caudal promedio, lo cual para efectos de oferta hídrica superficial disponible hace que esta sea muy baja.

También se identifican IRH con clasificación ALTA en tres (3) unidades hidrológicas en la zona de influencia de Anserma Caldas, que pueden estar ligadas a las pendientes moderadas, más un promedio de precipitaciones alto.

En la Figura 115, se presenta el esquema de IRH para la cuenca del río Risaralda.

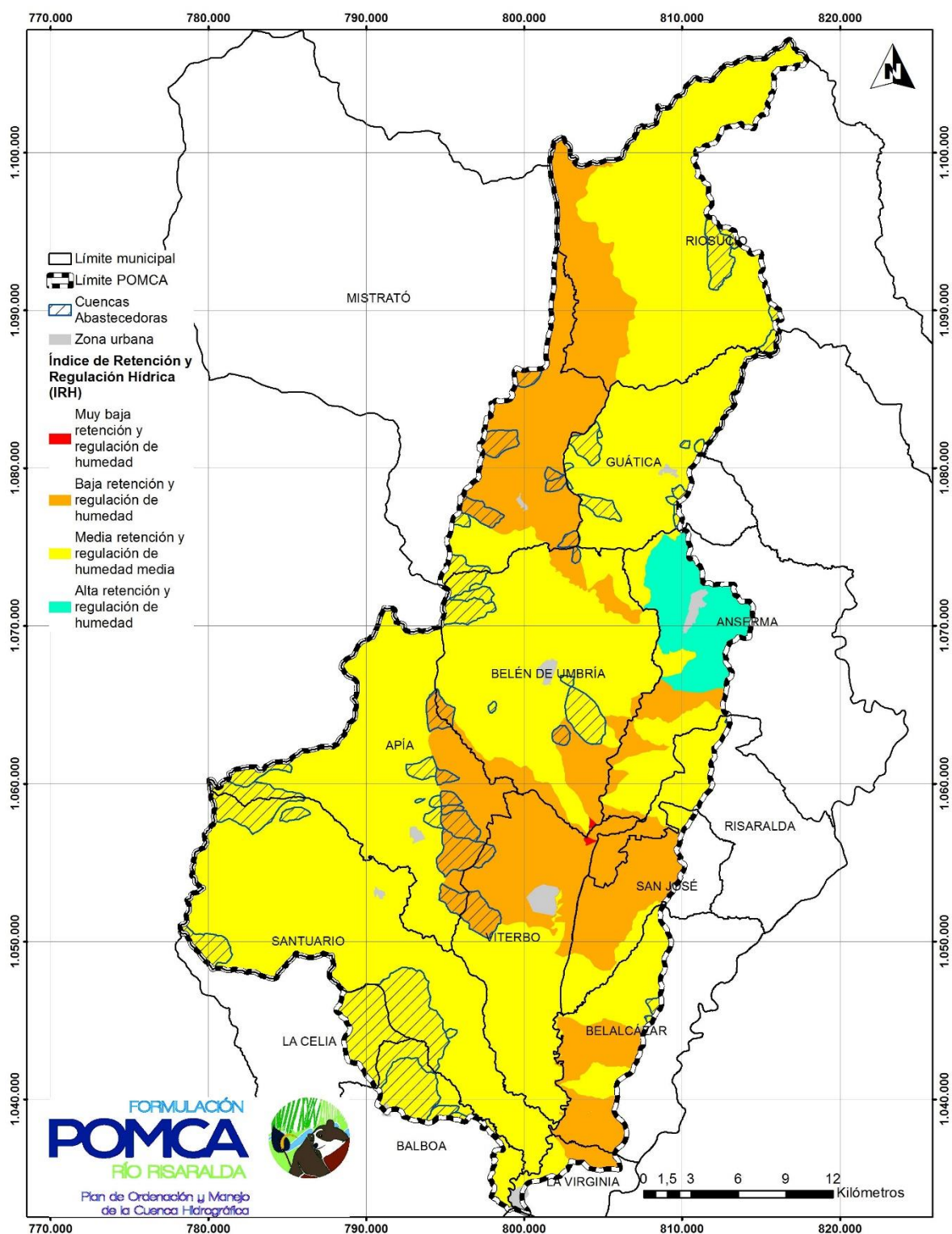


Figura 115. Mapa Índice de Regulación y Retención Hídrica (IRH)

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

12.2 Índice de Uso del Agua Superficial – IUA

Este índice identifica la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores y/o usuarios en un período determinado (*anual, mensual*) y unidad espacial de análisis (*área, zona, subzona*), en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales (ENA, 2010).

$$IUA = \frac{Dh}{Oh} * 100\%$$

Donde: Dh: demanda hídrica sectorial

Oh: Oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental).

$Dh = \sum$ (Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado)

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Css + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica

Ch: Consumo humano o doméstico

Csp: Consumo del sector agrícola

Csm: Consumo del sector industrial

Css: Consumo del sector servicios

Ce: Consumo del sector energía

Ca: Consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

$$Oh = Oh \text{ total} - O \text{ Qamb}$$

Donde:

Oh total: es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada.

O Qamb: es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

En la Tabla 57 se presentan los rangos, categorías y significado del Índice del agua, para ENA 2010.

Tabla 57. Rangos, categorías y significado del Índice del agua IUA

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
50,01-100	Muy Alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01-50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01-20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1,0-10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda es no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: ENA; 2010

Para el cálculo del IUA se acogieron 68 unidades hidrológicas del nivel subsiguiente, dentro de la cuenca del río Risaralda, para las cuales se definieron los caudales medios y mínimos de oferta hídrica disponible, al igual que se calcularon las demandas hídricas sectoriales, para así calcular el IUA con los periodos de caudales medios y mínimos.

A continuación, se muestran los índices calculados para la Cuenca y las unidades de hidrológicas del nivel subsiguiente.

Se calculó el IUA para la cuenca hidrográfica del río Risaralda (Tabla 58 y Tabla 59), obteniéndose un Índice que refleja BAJA presión sobre el recurso hídrico en periodo de caudales medios y MODERADA para caudales mínimos; este cambio en la categoría de indicador representa los fenómenos de variabilidad climática que se presentan en la zona, evidenciando la potencial vulnerabilidad hídrica a la que se encuentra expuesta y que en el caso de mostrar mayores retrocesos relacionados con el cambio de coberturas y los anomalías climáticas, la oferta hídrica disponible no podría satisfacer la demanda existe y por supuesto menos la futura.

Lo anterior sustentando en la amplia diferencia que presentan los valores de caudales medios y mínimos, donde el caudal disponible del río disminuye en un 73% para periodos mínimos.

Tabla 58. Resultado IUA Cuenca Río Risaralda caudales medios

Nivel subsiguiente	Código	Área (ha)	Demanda hídrico (m³/s)	Oferta hídrica disponible medio (m³/s)	Clasificación
CUENCA RIO RISARALDA	2614	125600,02		55,62	BAJO

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Tabla 59. Resultado IUA Cuenca Río Risaralda caudales mínimos

Nivel subsiguiente	Código	Área (ha)	Demanda hídrico (l/s)	Oferta hídrica disponible mínimo (l/s)	Clasificación
CUENCA RÍO RISARALDA	2614	501,69	1,553	18,05	MUY ALTO

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

El IUA de la Cuenca para caudales mínimos teniendo en cuenta las anomalías climáticas con un modelo lluvia escorrentía a escala mensual y anual, presenta una categoría de MUY ALTO, sin embargo en el ENA 2014 presenta una categoría de BAJO, lo que indica que con un mayor nivel de detalle, se agudizan las problemáticas del territorio.

Se determinó el IUA en las unidades hidrológicas del nivel subsiguiente en Cuenca, para la oferta hídrica disponible de periodos de caudales medios (Tabla 60), identificándose que el índice para cada una de estas unidades presenta categorías de MUY BAJA a BAJA, mientras que para caudales mínimos se identifican categorías que van desde BAJO a MUY ALTA.

El cálculo de IUA para periodos de caudales medios no está mostrando presión sobre el recurso hídrico en las unidades hidrográficas analizadas, sin desconocer que en varias de estas unidades se ejerce la demanda para consumo humano y doméstico (subcuentas resaltadas en amarillo), que abastecen la población urbana de 12 de cabeceras municipales y que además en cuenca del nivel subsiguiente del río Mapa se ejerce una demanda de 510 l/s para labores industriales de transformación de caña de azúcar.

Tabla 60. IUA calculado para oferta hídrica de caudales medios en las unidades hidrológicas del nivel subsiguiente.

Nivel subsiguiente	Código	Área (ha)	Demanda hídrico (l/s)	Oferta hídrica disponible mínimo (l/s)	Clasificación
R. Arroyo hondo	261401	5897,82	16,008	2797,20	MUY BAJO
FH. Riosucio-Mistrató	261402	11540,47	33,624	6698,75	MUY BAJO
Q. Serna	261403	2010,82	1,919	342,50	MUY BAJO
Q. Peñas Blancas	261404	388,00	0,866	113,83	MUY BAJO
Q. La Ilorona	261405	1152,79	4,936	286,37	BAJO
FH. Belén de Umbría 1	261406	122,30	0,275	29,43	MUY BAJO
Q. Sandía	261407	1083,26	28,995	408,28	BAJO
Q. Congo	261408	755,79	1,818	423,44	MUY BAJO
FH. Q. El Boquerón	261409	1049,37	3,778	370,68	BAJO
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	473,59	1,375	249,08	MUY BAJO
FH. Belén de Umbría 2	261411	65,82	0,123	21,89	MUY BAJO
Q. Tachigui	261412	1190,23	2,691	376,70	MUY BAJO
FH. Belén de Umbría 3	261413	151,98	0,285	52,24	MUY BAJO

Nivel subsiguiente	Código	Área (ha)	Demanda hídrico (l/s)	Oferta hídrica disponible mínimo (l/s)	Clasificación
Q. Los Angeles	261414	713,48	1,616	381,92	MUY BAJO
FH. Q. Pumia - Q. Tetuán	261415	560,54	1,104	180,55	MUY BAJO
Q. Papayal	261416	770,59	1,688	348,80	MUY BAJO
FH. Belén de Umbría 4	261417	22,40	0,040	6,71	MUY BAJO
Q. Chapatá 1	261418	6568,41	63,336	3218,87	BAJO
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	986,61	1,129	377,37	MUY BAJO
R. Guarne	261420	5371,73	39,342	2531,42	BAJO
FH. Q. Guamo Viejo	261421	478,64	2,336	190,89	BAJO
Q. Samaria	261422	2069,41	25,066	658,09	BAJO
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	3838,69	84,322	2225,09	BAJO
R. Mapa	261424	28886,27	722,939	14649,56	BAJO
FH. Santuario	261425	803,18	28,440	495,41	BAJO
R. Totuí	261426	6083,78	122,319	2725,03	BAJO
FH. Balboa	261427	398,13	0,427	215,29	MUY BAJO
FH La Virginia	261428	562,14	0,406	198,10	MUY BAJO
Q. El Cairo	261429	984,92	14,908	219,69	BAJO
FH. Belalcázar 5	261430	93,59	0,179	24,76	MUY BAJO
Q. Génova	261431	198,37	0,344	60,93	MUY BAJO
FH. Belalcázar 4	261432	105,11	0,199	31,86	MUY BAJO
Q. Calamar	261433	238,49	0,327	48,38	MUY BAJO
FH. Belalcázar 3	261434	45,01	0,050	10,21	MUY BAJO
Q. Los Micos	261435	566,06	0,726	152,63	MUY BAJO
FH. Belalcázar 2	261436	294,41	6,801	80,33	BAJO
Q. La Betulia	261437	1009,35	2,979	327,18	MUY BAJO
FH. Belalcázar 1	261438	282,13	2,477	105,49	BAJO
Q. El Águila (Q. El Guamo)	261439	2762,22	94,745	1234,12	BAJO
FH. Q. La Equis	261440	809,56	12,475	362,70	BAJO
Q. La Hermosa	261441	770,40	1,454	274,89	MUY BAJO
FH. Viterbo 5	261442	114,71	3,727	63,25	BAJO
Q. Candilejas	261443	403,93	3,331	147,85	BAJO
FH. Viterbo 4	261444	11,91	0,005	7,22	MUY BAJO
Q. La Primavera	261445	654,46	5,878	244,32	BAJO
FH. Viterbo 3	261446	8,25	0,004	6,07	MUY BAJO
Q. Changüi	261447	1637,26	20,014	629,94	BAJO
FH. Viterbo 2	261448	18,09	0,008	12,83	MUY BAJO
Q. La Honda	261449	564,95	1,074	179,12	MUY BAJO
FH. Viterbo 1	261450	26,64	0,013	7,96	MUY BAJO
Q. La Tesalia	261451	781,70	9,003	268,34	BAJO
Q. Palo Gordo	261452	264,48	0,393	83,96	MUY BAJO
Q. Tamaspia	261453	1593,88	3,073	828,29	MUY BAJO
FH. Anserma 3	261454	133,91	0,258	56,66	MUY BAJO
Q. El Oro	261455	962,71	1,795	499,86	MUY BAJO
FH. Q. Valdivia	261456	367,76	0,773	136,91	MUY BAJO
Q. Lázar	261457	1098,48	2,128	745,26	MUY BAJO
FH. Anserma 2	261458	95,03	0,146	29,56	MUY BAJO
Q. Chapatá 2	261459	586,49	1,008	325,11	MUY BAJO

Nivel subsiguiente	Código	Área (ha)	Demanda hídrico (l/s)	Oferta hídrica disponible mínimo (l/s)	Clasificación
FH. Anserma 1	261460	151,14	0,275	50,70	MUY BAJO
Q. Tusas	261461	732,56	1,645	507,62	MUY BAJO
FH. Q. Villa Orozco	261462	319,17	2,191	123,80	BAJO
Q. Cauyá	261463	1606,82	3,034	1094,12	MUY BAJO
Q. Guapacha - San Pedro	261464	1692,55	3,655	1038,38	MUY BAJO
R. Guática	261465	17939,85	155,633	4621,40	BAJO
FH. Q. Maira Bajo	261466	373,25	2,016	75,86	BAJO
Q. Sirguia	261467	802,48	2,055	232,27	MUY BAJO
FH. Caño La Calera	261468	501,69	1,148	99,13	BAJO

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Para los IUA calculados en periodos de caudales mínimos (Tabla 61) 43 de 68 unidades hidrológicas del nivel subsiguiente, equivalentes al 63,23%, presentan un IUA en la categoría de entre ALTO, MUY ALTO Y CRITICO, el 26,47% se encuentra en categoría MODERADA y el 10,29% en categoría de BAJO.

De los IUA que se clasificaron en la categoría de MUY ALTO para caudales mínimos, se destacan las unidades hidrológicas conformadas el río Guática que abastece la demanda para consumo humano y doméstico de los municipios de Guática, Anserma, Risaralda, Belalcázar y San José, el río Guarne, la quebrada Sandia y Samaría que abastecen las poblaciones de Belén de Umbría y Viterbo, el río Mapa en el cual se ejerce una fuerte demanda industrial por parte del Ingenio Risaralda para la producción de azúcar y el abastecimiento que hace para el uso del consumo humano y doméstico de los municipios de Santuario, Apía y Balboa. De igual forma la quebrada El Águila (El Guamo), presenta un índice MUY ALTO por la demanda acuícola.

En las restantes 37 unidades hidrológicas donde se obtuvo un IUA MUY ALTO Y ALTO no se identifican demandas ejercidas por consumos humano y doméstico de cabeceras urbanas o centros poblados, sin embargo las principales demandas se relacionan con actividades pecuarias y agricultura.

En las unidades clasificadas en la categoría de IUA MODERADO, se encuentra la FH. Riosucio-Mistrató que es de donde se abastece el municipio de Mistrató, mostrando que para caudales mínimos la oferta hídrica se empieza a ver afectada por las demandas ejercidas. En las unidades donde la categoría del IUA es BAJO no se presentan demandas por consumo humano y domésticos de cascos urbanos y centros poblados.

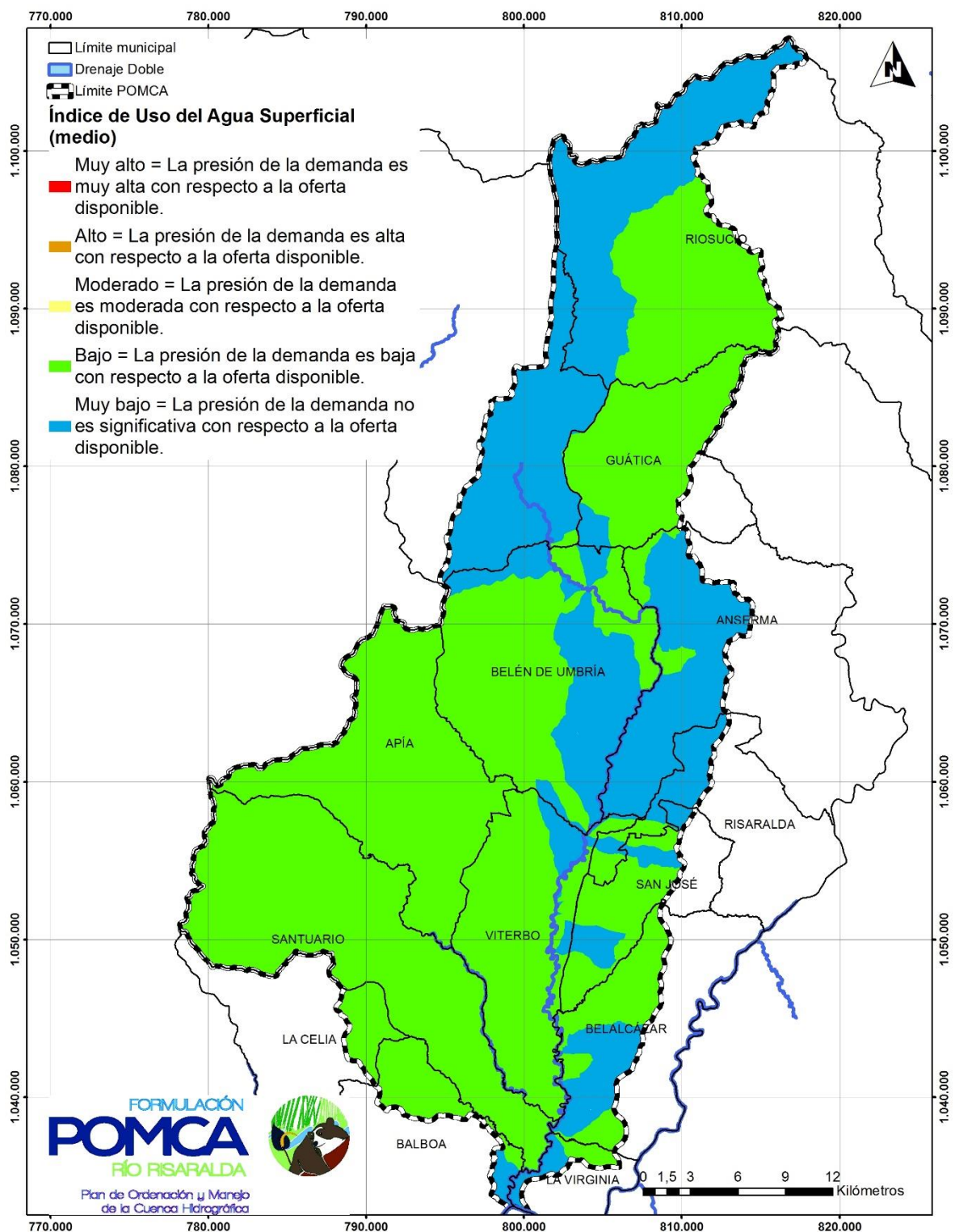


Figura 116. Mapa Índice de Uso del Agua (IUA) para caudales medios.
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Tabla 61. IUA calculado para oferta hídrica de caudales mínimos en unidades de gestión hídrica de la cuenca del río Risaralda

Nivel subsiguiente	Área (ha)	Área (ha)	Demanda hídrica (l/s)	Oferta hídrica disponible mínimo (l/s)	Clasificación
R. Arroyo hondo	261401	5897,82	16,008	107,52	MODERADO
FH. Riosucio-Mistrató	261402	11540,47	33,624	289,06	MODERADO
Q. Serna	261403	2010,82	1,919	26,59	BAJO
Q. Peñas Blancas	261404	388,00	0,866	4,85	MODERADO
Q. La Ilorona	261405	1152,79	4,936	14,66	ALTO
FH. Belén de Umbría 1	261406	122,30	0,275	1,42	MODERADO
Q. Sandía	261407	1083,26	28,995	14,32	MUY ALTO
Q. Congo	261408	755,79	1,818	9,91	MODERADO
FH. Q. El Boquerón	261409	1049,37	3,778	20,91	MODERADO
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	473,59	1,375	5,20	ALTO
FH. Belén de Umbría 2	261411	65,82	0,123	0,55	ALTO
Q. Tachigui	261412	1190,23	2,691	7,94	ALTO
FH. Belén de Umbría 3	261413	151,98	0,285	1,36	ALTO
Q. Los Angeles	261414	713,48	1,616	6,41	ALTO
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	261415	560,54	1,104	4,78	ALTO
Q. Papayal	261416	770,59	1,688	7,49	ALTO
FH. Belén de Umbría 4	261417	22,40	0,040	0,17	ALTO
Q. Chapatá 1	261418	6568,41	63,336	75,94	MUY ALTO
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	986,61	1,129	9,17	MODERADO
R. Guarne	261420	5371,73	39,342	65,90	MUY ALTO
FH. Q. Guamo Viejo	261421	478,64	2,336	4,03	MUY ALTO
Q. Samaria	261422	2069,41	25,066	17,70	MUY ALTO
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	3838,69	84,322	33,17	MUY ALTO
R. Mapa	261424	28886,27	722,939	463,47	MUY ALTO
FH. Santuario	261425	803,18	28,440	4,69	MUY ALTO
R. Totui	261426	6083,78	122,319	81,24	MUY ALTO
FH. Balboa	261427	398,13	0,427	2,88	MODERADO
FH. La Virginia	261428	562,14	0,406	5,92	BAJO
Q. El cairo	261429	984,92	14,908	11,61	MUY ALTO
FH. Belalcázar 5	261430	93,59	0,179	0,99	MODERADO
Q. Genova	261431	198,37	0,344	2,21	MODERADO
FH. Belalcázar 4	261432	105,11	0,199	1,16	MODERADO
Q. Calamar	261433	238,49	0,327	2,78	MODERADO
FH. Belalcázar 3	261434	45,01	0,050	0,47	MODERADO
Q. Los Micos	261435	566,06	0,726	8,05	BAJO
FH. Belalcázar 2	261436	294,41	6,801	3,27	MUY ALTO
Q. La Betulia	261437	1009,35	2,979	9,81	ALTO
FH. Belalcázar 1	261438	282,13	2,477	2,37	MUY ALTO
Q. el Aguila (Q. El Guamo)	261439	2762,22	94,745	32,95	MUY ALTO
FH. Q. La Equis	261440	809,56	12,475	7,75	MUY ALTO
Q. La Hermosa	261441	770,40	1,454	6,67	ALTO

Nivel subsiguiente	Área (ha)	Área (ha)	Demanda hídrico (l/s)	Oferta hídrica disponible mínimo (l/s)	Clasificación
FH. Viterbo 5	261442	114,71	3,727	0,87	MUY ALTO
Q. Candilejas	261443	403,93	3,331	3,75	MUY ALTO
FH. Viterbo 4	261444	11,91	0,005	0,09	BAJO
Q. La Primavera	261445	654,46	5,878	5,95	MUY ALTO
FH. Viterbo 3	261446	8,25	0,004	0,05	BAJO
Q. Changüi	261447	1637,26	20,014	15,16	MUY ALTO
FH. Viterbo 2	261448	18,09	0,008	0,10	BAJO
Q. La Honda	261449	564,95	1,074	4,98	ALTO
FH. Viterbo 1	261450	26,64	0,013	0,21	BAJO
Q. La Tesalia	261451	781,70	9,003	6,77	MUY ALTO
Q. Palo Gordo	261452	264,48	0,393	2,20	MODERADO
Q. Tamaspia	261453	1593,88	3,073	13,47	ALTO
FH. Anserma 3	261454	133,91	0,258	1,29	ALTO
Q. El Oro	261455	962,71	1,795	9,02	MODERADO
FH. Q. Valdivia	261456	367,76	0,773	3,28	ALTO
Q. Lázaro	261457	1098,48	2,128	7,24	ALTO
FH. Anserma 2	261458	95,03	0,146	0,75	MODERADO
Q. Chapatá 2	261459	586,49	1,008	4,96	ALTO
FH. Anserma 1	261460	151,14	0,275	1,40	MODERADO
Q. Tusas	261461	732,56	1,645	5,21	ALTO
FH. Q. Villa Orozco	261462	319,17	2,191	3,48	MUY ALTO
Q. Cauyá	261463	1606,82	3,034	11,59	ALTO
Q. Guapacha - San Pedro	261464	1692,55	3,655	13,93	ALTO
R. Guática	261465	17939,85	155,633	290,92	MUY ALTO
FH. Q. Maira Bajo	261466	373,25	2,016	3,95	MUY ALTO
Q. Sirguia	261467	802,48	2,055	10,81	MODERADO
FH. Caño La Calera	261468	501,69	1,148	5,69	ALTO

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

También se calculó el IUA para 52 microcuencas abastecedoras de acueductos con caudales superiores a 1 l/s, en la Tabla 62 se pueden observar las razones sociales de cada una de las concesiones otorgadas para las empresas prestadoras del servicio de acueducto, en esta se identifica con letras de color rojo las empresas que prestan el servicio a las cabeceras municipales de los municipios de Anserma, Risaralda, Belalcázar, Risaralda, San José, Viterbo, Guática, Mistrató, Apía, Balboa, Santuario y La Virginia; además de las organizaciones encargadas de prestar el servicio a centros poblados y veredas.

En algunos casos se pueden observar que se repite el nombre de la empresa, esto debido a que bajo la misma razón social se han concedido captaciones sobre diferentes fuentes.

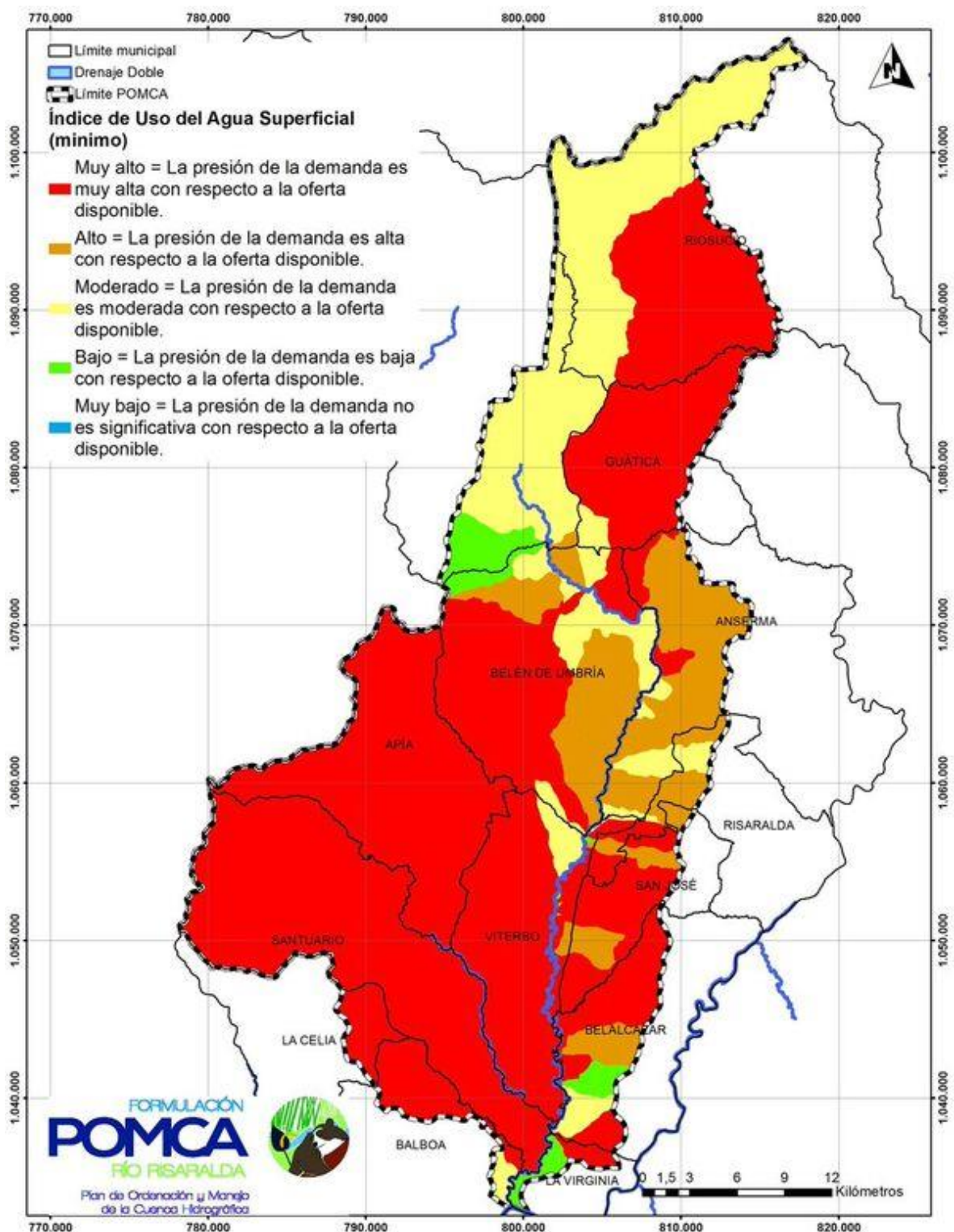


Figura 117. Mapa Índice de Uso del Agua (IUA) para caudales mínimos.

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

El IUA calculado para caudales medios muestra 23 microcuencas en categoría MUY BAJO y BAJO, donde se destaca que gran parte son abastecedoras de centros poblados y veredas.

Para 19 microcuencas el IUA calculado a partir de los caudales para periodos medios, presentan categorías entre ALTO y MUY ALTO, observándose que dentro de este rango se encuentran todas empresas prestadoras de servicios abastecedoras de los cascos urbanos de los 12 municipios pertenecientes a la cuenca del río Risaralda.

En la Tabla 63 se presentan los resultados del cálculo de IUA para caudales mínimos, donde los resultados clasifican todas las microcuencas abastecedoras en la categoría de ALTO Y MUY ALTO, situación que refleja que la variabilidad climática en periodos de estiaje afectan la oferta hídrica. Otro aspecto a destacar es que el IUA se calcula con la oferta hídrica disponible, lo que implica que se le ha descontado el caudal ambiental, disminuyendo la cantidad de aguas para otros usos.

Tabla 62. IUA calculado para oferta hídrica de caudales medios en las microcuencas abastecedoras de Acueductos en la cuenca del río Risaralda

Microcuencas abastecedoras de acueductos	Código	Área (m ²)	Demanda hídrica	Oferta hídrica disponible	Clasificación
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA LA ISLA	00000001	1096393,6	1,000	37,99	BAJO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO TARAPACA	00000002	6070671,6	1,770	135,71	BAJO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA GENOVA	00000003	443947,0	1,000	9,17	MODERADO
ASOCIACION DE USUARIOS DE ACUEDUCTO PINAR DEL RIO Y PLAYA RICA	00000004	960212,9	1,000	19,84	BAJO
EMPRESA PUBLICAS MUNICIPALES DE MISTRATO ESP	00000005	2894495,0	30,100	35,66	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA PLAYA BONITA	00000006	3113595,4	1,000	128,85	MUY BAJO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA MAMPAY	00000007	1584449,6	1,000	65,57	BAJO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO LA VILLADA	00000008	601302,6	1,000	24,88	BAJO
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DEL BARRIO SAN JOSÉ	00000009	900942,3	1,000	16,68	BAJO
ASOCIACION DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE MARAPRA	00000010	83082,2	12,190	3,96	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA ANDICA "ASOACUANDICA"	00001401	1562280,8	1,000	27,76	BAJO
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELEN DE UMBRIA	00001501	4183923,6	8,000	74,35	MODERADO
ACUEDUCTO REGIONAL DE LAS VEREDAS ALTO PUEBLO RICO EL	00010001	793327,1	2,600	9,77	ALTO

Microcuencas abastecedoras de acueductos	Código	Área (m²)	Demanda hídrica	Oferta hídrica disponible	Clasificación
NARANJO EL TERRERO Y LA ESMERALDA					
ASOCIACION AMBIENTAL LA GUAYANA	00010101	4935242,9	3,000	87,70	BAJO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO EL CONGO SAN JOSE ASUACUAONGO	00020001	418819,5	1,000	9,36	MODERADO
ASOCIACION DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	00030001	592662,5	1,000	21,32	BAJO
ASOCIACION DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	00030002	958987,4	1,000	34,51	BAJO
JUNTA DE ACCION COMUNAL BARRIO PUEBLO NUEVO	00030003	923578,9	1,200	33,23	BAJO
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELEN DE UMBRIA	00030101	3225892,4	5,000	116,07	BAJO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00030201	6384129,8	24,700	229,71	MODERADO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO VEREDA EL SOCORRO	00030202	3200103,9	1,500	115,14	BAJO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00040001	6628620,5	34,700	238,51	MODERADO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE BELEN DE UMBRIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	00040201	250451,3	0,400	8,68	BAJO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050001	456055,4	20,000	14,48	MUY ALTO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050002	1278927,5	80,000	40,61	MUY ALTO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050003	33792084,4	30,000	1215,89	BAJO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050101	10991824,7	150,000	349,04	ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00060001	212660,7	18,040	6,73	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00060002	733610,0	3,16	23,21	MODERADO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DEL MUNICIPIO DE BALBOA EMILIO GARTNER GOMEZ SA ESP	01010201	4265110,9	25,000	153,47	MODERADO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS SANTUARIO RISARALDA	01020101	11541626,3	22,500	415,29	BAJO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA PLAYA RICA	02000001	301303,1	1,000	10,84	BAJO
JUNTA DE ACCION COMUNAL DE LA VEREDA SAN AGUSTIN MUNICIPIO APIA	02000002	82367,7	1,000	2,96	ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	02000003	451188,4	14,000	16,23	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	02000004	1053815,2	14,000	37,92	ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA SAN JUANITO	02000101	2804100,2	27,600	100,90	ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA VALLADOLID	02010001	1905343,3	3,900	68,56	BAJO

Microcuencas abastecedoras de acueductos	Código	Área (m²)	Demanda hídrica	Oferta hídrica disponible	Clasificación
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA ALTA ESMERALDA	02020001	1125392,8	4,900	40,49	MODERADO
JUNTA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA QUEBRADA ARRIBA	03000001	2370019,3	1,300	43,89	BAJO
ACUEDUCTO DEL COREGIMIENTO DE SAN CLEMENTE	03000002	1363456,8	5,000	25,25	MODERADO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	03000003	224059,2	1,500	4,15	ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	03000004	432615,7	12,000	8,01	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS ACUEDUCTO EL PORVENIR	03000005	622611,3	1,100	11,53	BAJO
JUNTA DE ACCION COMUNAL CORREGIMIENTO VILLA CLARET	03000006	337951,3	0,600	6,26	BAJO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA MILAN	03000007	496005,0	1,500	9,19	MODERADO
ASOCIACION DE ECOLOGISTAS DE SANTA TERESA	03000201	114273,4	1,200	2,12	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS ACUEDUCTO DE LA CUENCA BUENOS AIRES	03000301	136946,5	1,600	2,54	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA EL CAUCHO	03000302	215515,0	1,200	3,99	ALTO
CORPORACION ACUEDUCTO REGIONAL CORREGIMIENTO DE TRAVESIAS	03000303	3120115,8	4,000	57,78	BAJO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	03000401	837742,5	26,400	15,51	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	03000402	602110,8	37,200	11,15	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	03010001	5383086,3	124,000	99,69	MUY ALTO

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

Tabla 63. IUA calculado para oferta hídrica de caudales mínimos en las microcuencas abastecedoras de Acueductos en la cuenca del río Risaralda

MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE ACUEDUCTOS	CODIGO	Área (m2)	DEMANDA HÍDRICA	OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE	CLASIFICACIÓN
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA LA ISLA	00000001	1096393,64	1,000	1,27	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO TARAPACA	00000002	6070671,61	1,770	4,05	ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA GENOVA	00000003	443947,026	1,000	0,60	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS DE ACUEDUCTO PINAR DEL RIO Y PLAYA RICA	00000004	960212,928	1,000	1,29	MUY ALTO
EMPRESA PUBLICAS MUNICIPALES DE MISTRATO ESP	00000005	2894494,96	30,100	3,83	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA PLAYA BONITA	00000006	3113595,38	1,000	7,80	MODERADO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA MAMPAY	00000007	1584449,55	1,000	3,97	ALTO

MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE ACUEDUCTOS	CODIGO	Área (m2)	DEMANDA HÍDRICA	OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE	CLASIFICACIÓN
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO LA VILLADA	00000008	601302,596	1,000	1,51	MUY ALTO
ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DEL BARRIO SAN JOSÉ	00000009	900942,282	1,000	1,46	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS DE SERVICIOS COLECTIVOS DE MARAPRA	00000010	83082,1832	12,190	0,05	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA ANDICA "ASOACUANDICA"	00001401	1562280,84	1,000	1,99	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELEN DE UMBRIA	00001501	4183923,64	8,000	5,32	MUY ALTO
ACUEDUCTO REGIONAL DE LAS VEREDAS ALTO PUEBLO RICO EL NARANJO EL TERRERO Y LA ESMERALDA	00010001	793327,079	2,600	1,05	MUY ALTO
ASOCIACION AMBIENTAL LA GUAYANA	00010101	4935242,92	3,000	6,28	ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO EL CONGO SAN JOSE ASUACUA CONGO	00020001	418819,507	1,000	0,28	MUY ALTO
ASOCIACION DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	00030001	592662,475	1,000	0,95	MUY ALTO
ASOCIACION DE DESARROLLO COMUNAL VEREDA LA FLORESTA	00030002	958987,397	1,000	1,54	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL BARRIO PUEBLO NUEVO	00030003	923578,919	1,200	1,48	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE BELEN DE UMBRIA	00030101	3225892,36	5,000	5,18	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00030201	6384129,78	24,700	10,24	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO VEREDA EL SOCORRO	00030202	3200103,88	1,500	5,13	ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00040001	6628620,5	34,700	10,64	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE BELEN DE UMBRIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	00040201	250451,322	0,400	0,29	MUY ALTO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050001	456055,399	20,000	0,61	MUY ALTO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050002	1278927,52	80,000	1,71	MUY ALTO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050003	33792084,4	30,000	54,22	MUY ALTO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE LA VIRGINIA	00050101	10991824,7	150,000	14,68	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00060001	212660,667	18,040	0,25	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	00060002	733610	3,16	0,88	MUY ALTO
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DEL MUNICIPIO DE BALBOA EMILIO GARTNER GOMEZ SA ESP	01010201	4265110,92	25,000	6,84	MUY ALTO

MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE ACUEDUCTOS	CODIGO	Área (m2)	DEMANDA HÍDRICA	OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE	CLASIFICACIÓN
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS SANTUARIO RISARALDA	01020101	11541626,3	22,500	18,52	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA PLAYA RICA	02000001	301303,12	1,000	0,48	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL DE LA VEREDA SAN AGUSTIN MUNICIPIO APIA	02000002	82367,6653	1,000	0,13	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	02000003	451188,428	14,000	0,72	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE APIA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	02000004	1053815,16	14,000	1,69	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA SAN JUANITO	02000101	2804100,22	27,600	4,50	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA VALLADOLID	02010001	1905343,26	3,900	3,06	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA ALTA ESMERALDA	02020001	1125392,76	4,900	1,81	MUY ALTO
JUNTA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA QUEBRADA ARRIBA	03000001	2370019,28	1,300	3,84	ALTO
ACUEDUCTO DEL COREGIMIENTO DE SAN CLEMENTE	03000002	1363456,83	5,000	2,21	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	03000003	224059,245	1,500	0,36	MUY ALTO
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES DE GUATICA ESP	03000004	432615,716	12,000	0,70	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS ACUEDUCTO EL PORVENIR	03000005	622611,287	1,100	1,01	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL CORREGIMIENTO VILLA CLARET	03000006	337951,302	0,600	0,55	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA MILAN	03000007	496005,021	1,500	0,80	MUY ALTO
ASOCIACION DE ECOLOGISTAS DE SANTA TERESA	03000201	114273,399	1,200	0,19	MUY ALTO
ASOCIACION DE USUARIOS ACUEDUCTO DE LA CUENCA BUENOS AIRES	03000301	136946,5	1,600	0,22	MUY ALTO
JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA EL CAUCHO	03000302	215515,023	1,200	0,35	MUY ALTO
CORPORACION ACUEDUCTO REGIONAL CORREGIMIENTO DE TRAVESIAS	03000303	3120115,83	4,000	5,06	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	03000401	837742,522	26,400	1,36	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	03000402	602110,797	37,200	0,98	MUY ALTO
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS EMPOCALDAS S.A E.S.P	03010001	5383086,28	124,000	8,73	MUY ALTO

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

12.3 Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico – IVH

El Índice de Vulnerabilidad Hídrica por Desabastecimiento (IVH) mide la fragilidad del sistema para mantener una oferta adecuada para el abastecimiento de agua, que ante amenazas como períodos largos de estiaje o eventos climáticos extremos, pueden generar riesgos de desabastecimiento. El IVH determina para cada unidad hidrográfica una categoría establecida mediante la interacción del IRH y el IUA por medio de una matriz de decisión. El IVH toma en cuenta de manera explícita la relación existente entre el volumen de agua requerido para los diferentes usos, así como las características físicas de las cuencas de interés que se reflejan en la capacidad de la misma para mantener un adecuado abastecimiento de agua.

Tabla 64. Matriz que relaciona el IUA y el IRH

ÍNDICE DE USO DEL AGUA (IUA)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH)	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA (IVH)
Muy Bajo	Alto	Muy Bajo
Muy Bajo	Moderado	Bajo
Muy Bajo	Bajo	Medio
Muy Bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Alto	Medio
Bajo	Muy Bajo	Medio
Moderado	Alto	Medio
Moderado	Moderado	Medio
Moderado	Bajo	Alto
Moderado	Muy Bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy Bajo	Muy Bajo
Muy Alto	Alto	Medio
Muy Alto	Moderado	Alto
Muy Alto	Bajo	Alto
Muy Alto	Muy Bajo	Muy Bajo

Fuente: Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas, 2014. Anexo A.

El Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH), se calculó para las diferentes unidades hidrológicas del nivel subsiguiente de la cuenca del río Risaralda, tomando periodos de caudales medios y mínimos, obteniéndose los resultados que relacionan en Tabla 65 y Tabla 66.

Tabla 65. IVH para períodos de caudales medios

NIVEL SUBSIGUIENTE	CODIGO	IUA	IRH	IVH
R. Arroyo hondo	261401	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Riosucio-Mistrató	261402	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Serna	261403	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Peñas Blancas	261404	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. La Ilorona	261405	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Belén de Umbría 1	261406	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Sandía	261407	BAJO	Bajo	Bajo
Q. Congo	261408	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Q. El Boquerón	261409	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Belén de Umbría 2	261411	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Tachigui	261412	MUY BAJO	Moderada	Bajo
FH. Belén de Umbría 3	261413	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Los Ángeles	261414	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	261415	MUY BAJO	Moderada	Bajo
Q. Papayal	261416	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Belén de Umbría 4	261417	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Chapatá 1	261418	BAJO	Bajo	Bajo
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	MUY BAJO	Bajo	Medio
R. Guarne	261420	BAJO	Bajo	Bajo
FH. Q. Guamo Viejo	261421	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Samaria	261422	BAJO	Bajo	Bajo
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	BAJO	Bajo	Bajo
R. Mapa	261424	BAJO	Bajo	Bajo
FH. Santuario	261425	BAJO	Moderada	Bajo
R. Totuí	261426	BAJO	Bajo	Bajo
FH. Balboa	261427	MUY BAJO	Alta	Muy bajo
FH. La Virginia	261428	MUY BAJO	Alta	Muy bajo
Q. El Cairo	261429	BAJO	Moderada	Bajo
FH. Belalcázar 5	261430	MUY BAJO	Moderada	Bajo
Q. Génova	261431	MUY BAJO	Moderada	Bajo
FH. Belalcázar 4	261432	MUY BAJO	Moderada	Bajo
Q. Calamar	261433	MUY BAJO	Moderada	Bajo
FH. Belalcázar 3	261434	MUY BAJO	Moderada	Bajo
Q. Los Micos	261435	MUY BAJO	Moderada	Bajo
FH. Belalcázar 2	261436	BAJO	Moderada	Bajo
Q. La Betulia	261437	MUY BAJO	Moderada	Bajo
FH. Belalcázar 1	261438	BAJO	Moderada	Bajo
Q. El Águila (Q. El Guamo)	261439	BAJO	Moderada	Bajo
FH. Q. La Equis	261440	BAJO	Moderada	Bajo
Q. La Hermosa	261441	MUY BAJO	Moderada	Bajo
FH. Viterbo 5	261442	BAJO	Moderada	Bajo
Q. Candilejas	261443	BAJO	Moderada	Bajo
FH. Viterbo 4	261444	MUY BAJO	Moderada	Bajo
Q. La Primavera	261445	BAJO	Moderada	Bajo
FH. Viterbo 3	261446	MUY BAJO	Moderada	Bajo
Q. Changüi	261447	BAJO	Moderada	Bajo
FH. Viterbo 2	261448	MUY BAJO	Moderada	Bajo

NIVEL SUBSIGUIENTE	CODIGO	IUA	IRH	IVH
Q. La Honda	261449	MUY BAJO	Moderada	Bajo
FH. Viterbo 1	261450	MUY BAJO	Moderada	Bajo
Q. La Tesalia	261451	BAJO	Moderada	Bajo
Q. Palo Gordo	261452	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Tamaspia	261453	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Anserma 3	261454	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. El Oro	261455	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Q. Valdivia	261456	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Lázaro	261457	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Anserma 2	261458	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Chapatá 2	261459	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Anserma 1	261460	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Tusas	261461	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Q. Villa Orozco	261462	BAJO	Bajo	Bajo
Q. Cauyá	261463	MUY BAJO	Bajo	Medio
Q. Guapacha - San Pedro	261464	MUY BAJO	Bajo	Medio
R. Guática	261465	BAJO	Bajo	Bajo
FH. Q. Maira Bajo	261466	BAJO	Bajo	Bajo
Q. Sirguia	261467	MUY BAJO	Bajo	Medio
FH. Caño La Calera	261468	MUY BAJO	Bajo	Medio

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.



Tabla 66. IVH para periodos de caudales mínimos.

NIVEL SUBSIGUIENTE	CODIGO	IUA	IRH	IVH
R. Arroyo hondo	261401	MODERADO	Baja	Alto
FH. Riosucio-Mistrato	261402	MODERADO	Baja	Alto
Q. Serna	261403	BAJO	Baja	Bajo
Q. Peñas Blancas	261404	MODERADO	Baja	Alto
Q. La Ilorona	261405	ALTO	Baja	Alto
FH. Belén de Umbría 1	261406	MODERADO	Baja	Alto
Q. Sandía	261407	MUY ALTO	Baja	Muy alto
Q. Congo	261408	MODERADO	Baja	Alto
FH. Q. El Boquerón	261409	MODERADO	Baja	Alto
Q. del Olvido o Tinajitas	261410	ALTO	Baja	Alto
FH. Belén de Umbría 2	261411	ALTO	Baja	Alto
Q. Tachigui	261412	ALTO	Moderada	Alto
FH. Belén de Umbría 3	261413	ALTO	Baja	Alto
Q. Los Angeles	261414	ALTO	Baja	Alto
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	261415	ALTO	Moderada	Alto
Q. Papayal	261416	ALTO	Bajo	Alto
FH. Belén de Umbría 4	261417	ALTO	Bajo	Alto
Q. Chapatá 1	261418	MUY ALTO	Bajo	Muy alto
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	261419	MODERADO	Baja	Alto
R. Guarne	261420	MUY ALTO	Baja	Muy alto
FH. Q. Guamo Viejo	261421	MUY ALTO	Baja	Muy alto
Q. Samaria	261422	MUY ALTO	Baja	Muy alto
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	261423	MUY ALTO	Baja	Muy alto
R. Mapa	261424	MUY ALTO	Baja	Muy alto
FH. Santuario	261425	MUY ALTO	Moderada	Alto
R. Totui	261426	MUY ALTO	Baja	Muy alto
FH. Balboa	261427	MODERADO	Alta	Medio
FH La Virginia	261428	BAJO	Alta	Medio
Q. El cairo	261429	MUY ALTO	Moderada	Alto
FH. Belalcázar 5	261430	MODERADO	Moderada	Medio
Q. Genova	261431	MODERADO	Moderada	Medio
FH. Belalcázar 4	261432	MODERADO	Moderada	Medio
Q. Calamar	261433	MODERADO	Moderada	Medio
FH. Belalcázar 3	261434	MODERADO	Moderada	Medio
Q. Los Micos	261435	BAJO	Moderada	Bajo
FH. Belalcázar 2	261436	MUY ALTO	Moderada	Alto
Q. La Betulia	261437	ALTO	Moderada	Alto
FH. Belalcázar 1	261438	MUY ALTO	Moderada	Alto
Q. el Aguila (Q. El Guamo)	261439	MUY ALTO	Moderada	Alto
FH. Q. La Equis	261440	MUY ALTO	Moderada	Alto
Q. La Hermosa	261441	ALTO	Moderada	Alto
FH. Viterbo 5	261442	MUY ALTO	Moderada	Alto
Q. Candilejas	261443	MUY ALTO	Moderada	Alto
FH. Viterbo 4	261444	BAJO	Moderada	Bajo
Q. La Primavera	261445	MUY ALTO	Moderada	Alto
FH. Viterbo 3	261446	BAJO	Moderada	Bajo
Q. Changüi	261447	MUY ALTO	Moderada	Alto
FH. Viterbo 2	261448	BAJO	Moderada	Bajo

NIVEL SUBSIGUIENTE	CODIGO	IUA	IRH	IVH
Q. La Honda	261449	ALTO	Baja	Alto
FH. Viterbo 1	261450	BAJO	Baja	Bajo
Q. La Tesalia	261451	MUY ALTO	Baja	Muy alto
Q. Palo Gordo	261452	MODERADO	Baja	Medio
Q. Tamaspia	261453	ALTO	Baja	Alto
FH. Anserma 3	261454	ALTO	Baja	Alto
Q. El Oro	261455	MODERADO	Baja	Alto
FH. Q. Valdivia	261456	ALTO	Baja	Alto
Q. Lázaro	261457	ALTO	Baja	Alto
FH. Anserma 2	261458	MODERADO	Baja	Alto
Q. Chapatá 2	261459	ALTO	Baja	Alto
FH. Anserma 1	261460	MODERADO	Baja	Alto
Q. Tusas	261461	ALTO	Baja	Alto
FH. Q. Villa Orozco	261462	MUY ALTO	Baja	Muy alto
Q. Cauyá	261463	ALTO	Baja	Alto
Q. Guapacha - San Pedro	261464	ALTO	Baja	Alto
R. Guática	261465	MUY ALTO	Baja	Muy alto
FH. Q. Maira Bajo	261466	MUY ALTO	Baja	Muy alto
Q. Sirguia	261467	MODERADO	Baja	Alto
FH. Caño La Calera	261468	ALTO	Baja	Alto

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

De las 68 unidades hidrológicas del nivel subsiguiente 36 presentan un IVH con categoría BAJA y 2 con Muy Baja, para caudales medios, mientras para caudales mínimos pasan a ser 6 zonas en las cuales no se configuran problemas por vulnerabilidad por desabastecimiento, ya que aunque predominan las condiciones de baja retención hídrica, la oferta hídrica disponible es suficiente para satisfacer las necesidades de las actividades socioeconómicas establecidas en estas áreas. 5 unidades del nivel subsiguiente presentan un IVH MEDIO, para períodos de caudales mínimos, mostrando que estas zonas presentan moderada vulnerabilidad por desabastecimiento, situación que obedece principalmente a la Baja y Moderada retención y regulación hídrica.

De las 68 unidades hidrológicas, 54 presentan un IVH Alto y Muy Alto, de las cuales 7 conformadas por las quebradas Sandia, Samaría y los ríos Mapa, Totuí, Guarne, la FH. Riosucio-Mistrató y Guática, son abastecedoras de los acueductos de cascos urbanos de los municipios de Belén de Umbría, Viterbo, Apía, Balboa, Santuario, La Virginia, Mistrató, Guática, Anserma, Risaralda, Belalcázar y San José, respectivamente, situación que configura una problemática por desabastecimientos de los acueductos que abastecen la población de los cascos urbanos ubicados dentro de la Cuenca en temporadas de caudales mínimos afectados por la variabilidad climática. La situación anterior es crítica para los periodos de caudales mínimos y obedece a los efectos causados a los fenómenos de variabilidad climática y los bajos valores obtenidos de IRH, que se agudizan en el tiempo dado al cambio en las coberturas naturales, las que son reemplazadas por pastos y cultivos que no ofrecen condiciones de regulación del hídrica.

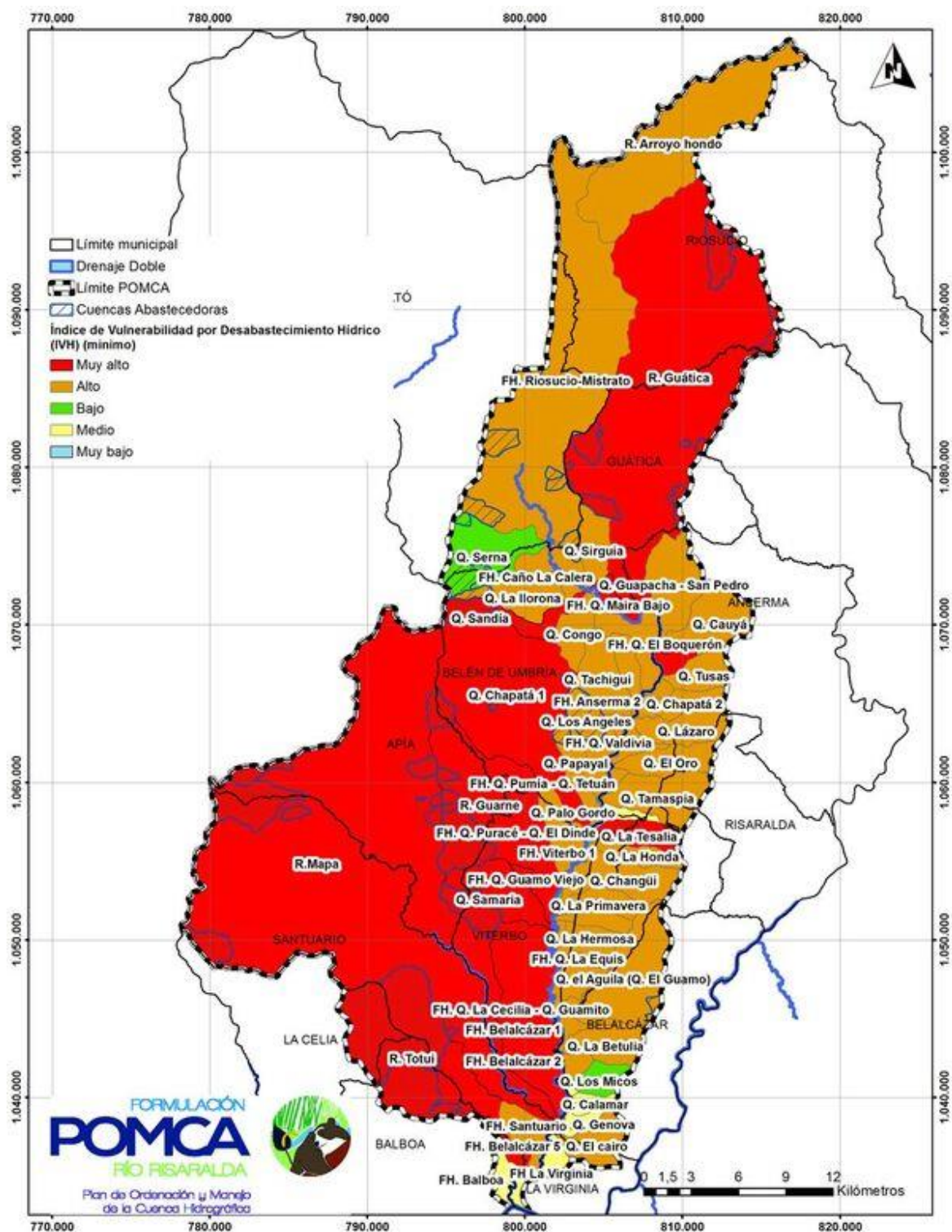


Figura 119. Mapa Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) para caudales mínimos.
 Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2017.

13 NECESIDADES DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO, INTEGRADO CON LAS OTRAS TEMÁTICAS, A SER PLANTEADAS EN LA FASE DE FORMULACIÓN

- A partir del análisis de homogeneidad se pudo establecer que los datos de las series utilizadas como insumo para el modelo hidrológico cumplían con las condiciones necesarias para tal fin.
- La influencia de los fenómenos macro Climáticos sobre el comportamiento hidrológico de la cuenca del Río Risaralda, es estadísticamente significativa y es más influyente en los períodos fríos que en los cálidos de la superficie del océano Pacífico.
- La variabilidad espacial de la precipitación muestra un claro óptimo pluviométrico en el centro de la cuenca, además de verse fuertemente afectado con los fenómenos de El niño en los meses de enero, febrero, julio y agosto, siendo este último el más afectado y el más seco.
- Se observa como la oferta hídrica neta disponible es menor que el caudal ambiental en algunos casos, en especial en la parte alta de pequeñas corrientes, por lo que no se debería permitir la explotación de esas fuentes en dichas zonas.
- Con el cálculo de las ofertas, se evidenció que el año 2008 fue el que mayores caudales presentaba, esto se debe a que dicho año inició y terminó en evento Niña, lo cual permitió que los caudales medios fueran más altos, comparados con el resto de los años utilizados en este estudio, estos caudales son comparables con los que se presentaron en el evento Niña de 1999. Por otro lado, del año 2010 donde se empezó en evento Niño y terminó en evento Niña, esto generó para este año que los caudales medios se acercaran un poco más a los que se pudieran presentar en un año con condiciones hidrológicas normales.
- Se estableció el caudal ambiental como el caudal correspondiente al 30% de caudal multianual más bajo. No obstante, en la actualidad se están implementando en el país metodologías para la estimación de estos caudales considerando el estado de los hábitats acuáticos a través de monitoreos biológicos. Por lo tanto, es posible que al implementar estas nuevas metodologías se pueda ver afectada la oferta hídrica disponible.

14 BIBLIOGRAFÍA.

LONDOÑO, C.H. Cuencas Hidrográficas: Bases conceptuales - Caracterización – Planificación – Administración. Universidad del Tolima. 2001. 359 p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Ministerio del Medio Ambiente. Secretaría General del Medio Ambiente. Madrid-España, 1998. 809 p.

Álvarez, O. 2007. Cuantificación de la incertidumbre en la estimación de campos hidrológicos: aplicación al balance hídrico de largo plazo. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 219 p.

Chow, V. T., Maidment, D. R. y Mays, L. W, 1994. Hidrología Aplicada. Ed McGraw –Hill. Bogotá, 583 p

Marco, Juan B. 1981. Hidrología. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004. Resolución Número 0865 de Julio 22 de 2004. Bogotá. 32p.

WATER EVALUATION AND PLANING, WEAP. [En línea] <www.weap21.org>

WEAP, User Guide for Weap21. 2005.

WEAP, Tutorial: A collection of stand-alone modules to aid in learning the weap software. 2009.