

Documento
Evaluación Regional del
Agua

**ERA – MARGEN
DERECHA RÍO
SOGAMOSO**

Corporación Autónoma Regional para
la Defensa de la Meseta de
Bucaramanga

C D M B

2019

Documento

Elaboración	<p>Olga Johanna Sanabria Suescun Química-Especialista Ingeniería Ambiental</p> <p>Carlos Mauricio Torres Galvis Ingeniero Civil</p>	Diciembre/2019
Soporte	<p>Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alto Lebrija-POMCA 2015</p> <p>Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación regional del agua –ERA 2013</p> <p>Estudio Nacional del Agua-ENA 2010</p> <p>Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico 2010</p> <p>Decreto N°1640 de agosto de 2012</p>	
<i>Revisión</i>	<p>María Carmenza Vicini Martínez Coordinadora Gestión del Conocimiento e Investigación Ambiental</p> <p>Nelson Andrés Mantilla Oliveros Subdirector Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio-SOPIT</p>	Diciembre/2019
<i>Aprobación</i>	<p>Nelson Andrés Mantilla Oliveros Subdirector Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio-SOPIT</p>	Diciembre/2019
<i>Dirección</i>	<p>Dr. Martin Camilo Carvajal Camaro Director General CDMB</p>	

Tabla de contenido

LISTADO DE FIGURAS	8
LISTADO DE GRÁFICAS	10
LISTADO DE TABLAS	12
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPITULO 1. CONTEXTO GENERAL.....	18
1.1 Propósito del estudio regional del agua margen derecha del río Sogamoso ...	18
1.1.1 Objetivo general	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
1.2 Justificación	19
CAPITULO 2. INFORMACIÓN GENERAL DE LA CUENCA RIO SOGAMOSO	21
2.1 Localización de la cuenca en estudio.....	21
2.1.1 Municipios de Santander que forman parte de la cuenca del río Sogamoso	23
2.1.2 Cuencas Nivel II del Área de Jurisdicción de la CDMB	24
2.2 Clima.....	24
2.3 Red estaciones Hidrometereológicas.....	25
2.3.1 Estaciones Pluviométricas y Pluviográficas.....	25
2.3.2 Estaciones climatológicas	26
2.4 Estaciones pluviométricas seleccionadas y período de registro	27
2.5 Balance hídrico a largo plazo	28
2.6 Evapotranspiración	29
2.6.1 Evapotranspiración potencial	30
2.6.1.1 Método de Turc	30
2.6.1.2 Método de Jensen-Heise.....	31
2.6.1.3 Método de Hargreaves	32
2.6.1.4 Método de Penman-Monteith	32
2.6.1.5 Método de Thornthwaite	33
2.7 Distribución temporal Evapotranspiración potencial en las estaciones seleccionadas	35
2.8 Distribución espacial	37
2.9 Evapotranspiración real	40
2.9.1 Distribución espacial.....	41
2.10 Cálculo del Balance hídrico a largo plazo	43
2.11 Índice de aridez.....	46

CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE	51
3.1 Datos morfométricos cuencas nivel II rio Sogamoso margen derecha	51
3.2 Jerarquización del drenaje	53
3.2.1 Patrón de alineamiento.....	53
3.2.2 Patrón de drenaje.....	54
3.2.3 Densidad de drenaje	54
3.4 Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales.....	55
3.4.1 Índice Morfométrico de Torrencialidad	55
3.4.2 Índice de Variabilidad	56
3.4.3 Índice de variabilidad de caudales	60
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS HIDROLÓGICOS DE LAS ESTACIONES EXISTENTES..	67
4.1 Caudales medios mensuales	67
4.1.1 Río Chucuri – Puente Comuna.....	67
4.2 Caudales máximos anuales	69
4.2.1 Río Chucuri – Puente Comuna.....	70
4.3 Caudales mínimos anuales.....	72
4.3.1 Río Chucuri – Puente Comuna.....	73
4.4 Selección del modelo hidrológico conceptual	76
CAPÍTULO 5. CUENCAS NIVEL II SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE LA CDMB	79
5.1 Quebrada La Betuliana y otros directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo e Hidrosogamoso 2405-06.....	80
5.1.1 Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala 2405-0601	80
5.1.1.1 Caracterización de las unidades hidrográficas Nivel II	81
5.1.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0601	81
5.1.1.1.2 Caudales medios diarios y excedencias mayores al 80%- 2405-0601	82
5.1.2 Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso 2405-0603.....	84
5.1.2.1 Caracterización de la unidad hidrográfica Nivel II- 2405-0603	84
5.1.2.1.1 Caudales medios mensuales	84
5.1.2.1.2 Caudales medios diarios y excedencias mayores al 80%- 2405-0603	86
5.1.2.1.3 Caudales característicos Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso 2405-0603.....	87
5.2 Unidad Hidrológica Nivel I Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Marta margen derecha 2405-07.....	88

5.2.1 Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso (margen derecha) 2405-0703.....	88
5.2.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso margen derecha Nivel II - 2405-0703	89
5.2.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0703	89
5.2.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0703.....	91
5.2.1.1.3 Caudales característicos Cuenca Nivel II 2405-0703.....	92
5.3 Quebradas Aguablanca y Pujamán 2405-08	93
5.3.1 Quebrada Pujamán 2405-0801	93
5.3.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica Nivel II Quebrada Pujamán 2405-0801	93
5.3.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0801	93
5.3.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0801	95
5.3.1.1.3 Caudales característicos Cuenca nivel II quebrada Pujamán	96
5.3.2 Quebrada Aguablanca 2405-0802	97
5.3.2.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de Nivel II 2405-0902	97
5.3.2.2 Caudales medios mensuales 2405-0802	97
5.3.2.3 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0802.....	99
5.3.2.4 Caudales característicos 2405-0802	100
5.4 Río Sucio 2405-09	101
5.4.1 Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso 2405-0901.....	101
5.4.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de Nivel II- 2405-0901	101
5.4.1.1.1 Caudales medios mensuales	101
5.4.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0901	103
5.4.1.1.3 Caudales característicos 2405-0901	105
5.4.2 Quebrada La Arenosa 2405-0902	105
5.4.2.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de Nivel II- 2405-0902	105
5.4.2.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0902	105
5.4.2.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios	107
5.4.2.1.3 Caudales característicos 2405-0902	108
5.4.3 Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio 2405-0903	109
5.4.3.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-0903	109
5.4.3.1.1 Caudales medios mensuales	109
5.4.3.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0903.....	111

5.4.3.1.3 Caudales característicos 2405-0902.....	113
5.4.4 Quebrada La Condera 2405-0904.....	113
5.4.4.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-0904 113	
5.4.4.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0904	113
5.4.4.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0904.....	115
5.4.4.1.3 Caudales característicos 2405-0904	116
5.4.5 Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio 2405-0905	117
5.4.5.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-0905 117	
5.4.5.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0905	117
5.4.5.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios	119
5.4.5.1.3 Caudales característicos 2405-0905	120
5.5 Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba 2405-11	121
5.5.1 Unidad Hidrográfica Nivel II, Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba 2405-1100.....	121
5.5.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-1100 122	
5.5.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-1100	122
5.5.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-1100.....	124
5.5.1.1.3 Caudales característicos 2405-1100	126
5.6 Hidrosogamoso 2405-1200.....	126
5.6.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-1200 126	
5.6.1.1.1 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-1200.....	129
5.6.1.1.2 Caudales característicos 2405-1200	130
CAPITULO 6. OFERTA Y DEMANDA HIDRICA	132
6.1 Caudales Ambientales	132
6.2 Validación de caudales obtenidos con balance hídrico.....	133
6.3 Estimación de la Oferta Hídrica	134
6.4 Estimación de demanda hídrica.....	135
6.4.1 Demanda de agua por uso doméstico	136
6.4.2 Demanda de agua por uso agrícola.....	140
6.4.3 Demanda de agua por uso pecuario y avícola.....	145
6.4.4 Demanda de agua por generación de energía.....	148
6.4.5 Demanda de agua por uso industrial, comercial y de servicios	150

6.4.6	Demanda hídrica para hidrocarburos.....	150
6.4.7	Demanda hídrica total.....	152
CAPITULO 7. INDICADORES HIDROLOGICOS		155
7.1	Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	155
7.2	Índice de uso del agua (IUA).....	158
7.3	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)	162
7.4	Monitoreo de cuerpos de agua superficial	166
7.4.1	Temperatura.....	167
7.4.2	Oxígeno disuelto	168
7.4.3	Potencial de hidrógeno (pH).....	169
7.4.5	Conductividad eléctrica	170
7.4.6	Demanda bioquímica de oxígeno - DBO ₅	171
7.4.7	Sólidos suspendidos totales	173
7.4.8	Nitrógeno total	174
7.4.9	Fosforo total	175
7.4.10	Coliformes	176
7.5	Estimación de cargas contaminantes.....	178
7.5.1	Resultados de Carga Contaminante por Unidad Hidrográfica Nivel II	178
7.5.1.2	Cargas contaminantes de origen agrícola	180
7.5.1.3	Cargas contaminantes de origen minero – Sector hidrocarburos.....	182
7.5.1.4	Cargas contaminantes originadas en otros sectores.....	183
7.6	Índice de calidad del agua -ICA	186
7.6.1	Metodología de cálculo.....	186
7.6.2	Resultados de evaluación del ICA.....	187
7.7	Índice de alteración potencial de la calidad del agua -IACAL-	191
7.7.1	Metodología de Cálculo.....	191
7.7.2	Resultados de IACAL cuencas nivel II área jurisdicción CDMB	195
CAPITULO 8. CONCLUSIONES		201
CAPITULO 9. ANÁLISIS INTEGRAL DE LAS CUENCAS NIVEL II RIO SOGAMOSO		204
BIBLIOGRAFIA.....		210

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cuenca río Sogamoso en el contexto Nacional, Regional y Local.....	21
Figura 2. Hidroeléctrica del río Sogamoso, HIDROSOGAMOSO.....	22
Figura 3. Localización de las catorce (14) estaciones pluviométricas	26
Figura 4. Localización de las 11 estaciones climatológicas.....	27
Figura 5. Evapotranspiración potencial media anual	39
Figura 6. Evapotranspiración real.....	42
Figura 7. Balance hídrico a largo plazo para las subcuencas del área.....	45
Figura 8. Espacialización de los Índices de aridez para las subcuencas	48
Figura 9. Índices Morfométricos de Torrencialidad obtenidos para las unidades hidrográficas nivel II	59
Figura 10. Índice de variabilidad para las subcuencas	62
Figura 11. Mapa de Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales para cada subcuenca (Nivel II).....	65
Figura 12. Rango de la Demanda de Uso agua doméstico (m3/año)	139
Figura 13. Demanda hídrica por uso agrícola.....	144
Figura 14. Demanda hídrica sectorial por uso pecuario y avícola,	147
Figura 15. Demanda hídrica sectorial por generación de energía	149
Figura 16. Demanda hídrica sectorial Hidrocarburos	151
Figura 17. Demanda Hídrica total.....	153
Figura 18. Categoría de IRH para las unidades hidrológicas nivel II	157
Figura 19. Índice del uso de agua año normal para las unidades hidrológicas nivel II	160
Figura 20. Índice uso agua año seco para las unidades hidrológicas nivel II	162
Figura 21. Índice de vulnerabilidad hídrica por unidad hidrográfica año normal.....	164
Figura 22. Índice de vulnerabilidad hídrica por unidad hidrográfica año seco	165
Figura 23. Puntos de monitoreo cuenca nivel I río Sogamoso.....	166
Figura 24. ICA condiciones secas cuenca nivel II	188
Figura 25. ICA condiciones Normales cuenca nivel II	190
Figura 26. Metodología para el Cálculo del IACAL.....	193

Figura 27. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones normal	196
Figura 28. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones secas.....	198
Figura 29. Valoración de la criticidad para años normal	206
Figura 30. Valoración de la criticidad para años seco	208

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de los municipios de Santander que conforman la cuenca del río Sogamoso.....	23
Gráfica 2. Distribución temporal Evapotranspiración potencial.....	36
Gráfica 3. Evapotranspiración Potencial vs. Elevación.....	37
Gráfica 4. Curva de duración de caudales medios diarios. Río Cachiri – Puente Comuna	68
Gráfica 5. Curva de excedencias Superiores al 80%.	68
Gráfica 6. Análisis de frecuencia Río Chucuri – Puente Comuna.....	71
Gráfica 7. Análisis de frecuencia.	74
Gráfica 8. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0601	82
Gráfica 9. Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0601	83
Gráfica 10. Curva excedencias superiores al 80%2405-0601	83
Gráfica 11. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0603.....	86
Gráfica 12. Detalle de la curva de duración de caudales medios diarios 2405-0603..	87
Gráfica 13. Curva excedencias superiores al 80% 2405-0603.....	87
Gráfica 14. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0703.....	91
Gráfica 15. Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0703	91
Gráfica 16. Excedencias superiores al 80% 2405-0703	92
Gráfica 17. Distribución temporal (m ³ /s). 2405-0801	95
Gráfica 18. Detalle de la curva de duración de caudales medios diarios, 2405-0801.	95
Gráfica 19. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0801	96
Gráfica 20. Distribución temporal (m ³ /s) Q Aguablanca	99
Gráfica 21. Curva de duración de caudales medios diarios, 2405-0802	99
Gráfica 22. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0802	100
Gráfica 23. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0901	103
Gráfica 24. Curva de duración de caudales medios (m ³ /s) 2405-0901	104

Gráfica 25. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0901	104
Gráfica 26. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0902.....	107
Gráfica 27. Curva de duración de caudales medios (m ³ /s) 2405-0902	108
Gráfica 28. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0902.....	108
Gráfica 29. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0903.....	111
Gráfica 30. Curva de duración de caudales medios (m ³ /s) 2405-0903	112
Gráfica 31. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0903.....	112
Gráfica 32. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0904.....	115
Gráfica 33. Curva de duración de caudales medios (m ³ /s) 2405-0904	116
Gráfica 34. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0904.....	116
Gráfica 35. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0905.....	119
Gráfica 36. Curva de duración de caudales medios (m ³ /s) 2405-0905	120
Gráfica 37. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-0905.....	120
Gráfica 38. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-1100.....	124
Gráfica 39. Curva de duración de caudales medios (m ³ /s) 2405-1100	125
Gráfica 40. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-1100.....	125
Gráfica 41. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-1200.....	129
Gráfica 42. Curva de duración de caudales medios diarios (m ³ /s) 2405-1200	129
Gráfica 43. Distribución temporal (m ³ /s) 2405-1200.....	130
Gráfica 44. Concentración de oxígeno disuelto (mg/L) en las cuencas Nivel II	169
Gráfica 45. Niveles de pH en las cuencas nivel II.....	170
Gráfica 46. Valores de conductividad eléctrica (µS/cm) en las cuencas nivel II	171
Gráfica 47. Valores de demanda bioquímica de oxígeno en las cuencas nivel II	172
Gráfica 48. Concentración de materia orgánica – DQO mg/L)	173
Gráfica 49. Concentración de solidos suspendidos totales – SST mg/L)	174
Gráfica 50. Concentración de nitrógeno total mg/L, en las cuencas nivel II	175
Gráfica 51. Concentración de fosforo total mg/L, en las cuencas nivel II	176
Gráfica 52. Concentración de Coliformes fecales NMPL, en las cuencas Nivel II del área de jurisdicción de la CDMB.....	177

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Municipios de Santander que forman parte de la cuenca del río Sogamoso	23
Tabla 2. Cuencas nivel II área de Jurisdicción de la CDMB	24
Tabla 3. Estaciones pluviométricas seleccionadas y período de registro.	28
Tabla 4. Evapotranspiración potencial mensual multianual por estación.	35
Tabla 5. Evapotranspiración potencial a nivel de subcuenca del río Sogamoso.	38
Tabla 6. Cuencas Nivel II, del área de jurisdicción de la CDMB margen derecha río Sogamoso.	41
Tabla 7. Balance hídrico a largo plazo en la jurisdicción de la CDMB, sobre la cuenca del río Sogamoso.	44
Tabla 8. Categorías de Índice de aridez.....	47
Tabla 9. Valores de Índices de Aridez en las subcuencas jurisdicción de la CDMB en la Cuenca río Sogamoso.....	49
Tabla 10. Datos morfométricos de las cuencas nivel II, jurisdicción CDMB en la cuenca río Sogamoso.	52
Tabla 11. Datos morfométricos para las unidades Hidrográficas nivel III (microcuencas), área Jurisdicción de la CDMB.....	52
Tabla 12. Orden de drenajes para las unidades hidrográficas nivel III (microcuencas)	53
Tabla 13. Patrón de alineamiento para las unidades hidrográficas Nivel III (microcuencas) área jurisdicción CDMB	54
Tabla 14. Patrón de drenaje para las unidades hidrográficas Nivel III (microcuencas) área jurisdicción CDMB.....	54
Tabla 15. Densidad de drenaje para las unidades hidrográfica nivel III (microcuencas)	55
Tabla 16. Relaciones para categorizar el índice morfométrico para cada cuenca de segundo nivel subsiguiente	56
Tabla 17. Categorías índices Morfométrico de Torrencialidad	57

Tabla 18. Índices Morfométricos de Torrencialidad obtenidos para las unidades hidrográficas nivel II de la jurisdicción CDMB.....	58
Tabla 19. Clasificación del Índice de Variabilidad Fuente	60
Tabla 20. Índice de variabilidad para las unidades hidrográficas nivel II de la jurisdicción CDMB	61
Tabla 21. Clasificación del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET).	63
Tabla 22. Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales para unidad hidrográfica Nivel II	64
Tabla 23. Caudales característicos Río Chucuri- estación Puente Comuna.	69
Tabla 24. Caudales máximos anuales para la estación Puente Comuna.....	71
Tabla 25. Resultados análisis de frecuencias.....	72
Tabla 26. Caudales mínimos período de registro estación Río Chucuri – Puente Comuna de 1976 a 1995	74
Tabla 27. Resultados análisis de frecuencias	75
Tabla 28. Relación de cuencas nivel II área de jurisdicción de la CDMB	80
Tabla 29. Caudales medios mensuales generados (m ³ /s) 2405-0601	82
Tabla 30. Caudales característicos cuenca. Fuente 2405-0601.....	84
Tabla 31. Caudales medios mensuales generados (m ³ /s) 2405-0603	86
Tabla 32. Caudales diarios y decadales 2405-0603.....	88
Tabla 33. Caudales medios mensuales generados (m ³ /s) 2405-0703	90
Tabla 34. Caudales característicos unidad hidrográfica Nivel II 2405-0703	92
Tabla 35. Caudales medios mensuales generados (m ³ /s) 2405-0801	94
Tabla 36. Caudales característicos 2405-0801	96
Tabla 37. Caudales medios mensuales (m ³ /s) 2405-0802	98
Tabla 38. Caudales característicos 2405-0801	100
Tabla 39. Caudales medios mensuales 2405-0901 (m ³ /s)	103
Tabla 40. Caudales característicos Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	105
Tabla 41. Caudales medios mensuales 2405-0902 (m ³ /s)	107
Tabla 42. Caudales característicos Quebrada la arenosa 2405-0902.....	109
Tabla 43. Caudales medios mensuales 2405-0903 (m ³ /s)	111

Tabla 44. Caudales característicos Quebrada la arenosa 2405-0903.....	113
Tabla 45. Caudales medios mensuales 2405-0904 (m ³ /s)	115
Tabla 46. Caudales característicos Quebrada la Condera 2405-0904	117
Tabla 47. Caudales medios mensuales 2405-0905 (m ³ /s)	119
Tabla 48. Caudales característicos quebrada Santa Rosa y otros Directos al río Sucio 2405-0905	121
Tabla 49. Caudales medios mensuales 2405-1100 m ³ /s.....	123
Tabla 50. Caudales característicos Quebrada santa Rosa y otros Directos al río Sucio 2405-0905	126
Tabla 51. Caudales medios mensuales 2405-1200 (m ³ /s)	128
Tabla 52. Caudales característicos Quebrada santa Rosa y otros Directos al río Sucio 2405-1200	130
Tabla 53. Caudal ambiental (m ³ /s)	133
Tabla 54. Validación del caudal total obtenido en la cuenca río Sogamoso Vs ENA 2014	133
Tabla 55. Validación de los caudales obtenidos en el régimen hidrológico de la cuenca.....	134
Tabla 56. Oferta hídrica año seco y año normal.....	135
Tabla 57. Nivel de complejidad.....	136
Tabla 58. Dotación neta máxima	137
Tabla 59. Demanda calculada según la población rural de las cuencas nivel II.....	138
Tabla 60. Área por cultivo Unidad Hidrográfica Nivel II	142
Tabla 61. Demanda de agua uso agrícola unidades hidrográficas nivel II	143
Tabla 62. Cabezas por unidades hidrográficas nivel II	145
Tabla 63. Consumo por cabeza.....	146
Tabla 64. Demanda hídrica sectorial por uso pecuario y avícola, unidades hidrográficas nivel II.....	146
Tabla 65. Consumo de agua por producción de energía, 2405-1200.....	148
Tabla 66. Número de barriles producidos y demanda de agua para hidrocarburos (m ³ /año)	150
Tabla 67. Demanda de agua total año normal y año seco (m ³ /año)	152

Tabla 68. Clasificación indicadora IRH Fuente: IDEAM (2014)..	156
Tabla 69. Categoría de IRH para las unidades hidrológicas nivel II	156
Tabla 70. Rangos y categorías Índice de uso del agua según IDEAM (ENA 2014)	159
Tabla 71. Índice uso de agua para las unidades hidrológicas nivel II	159
Tabla 72. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH	162
Tabla 73. Índice de vulnerabilidad hídrica por unidad hidrográfica	163
Tabla 74. Coordenadas puntos monitoreo área jurisdicción CDMB	166
Tabla 75. Resultados parámetros de monitoreo de calidad de agua para condiciones secas	167
Tabla 76. Resultados parámetros de monitoreo de calidad de agua para condiciones normales	167
Tabla 77. Cargas contaminantes en las cuencas hidrográficas nivel II	179
Tabla 78. Cargas contaminantes de origen agrícola cuencas hidrográficas nivel II	181
Tabla 79. Cargas contaminantes de origen pecuario	182
Tabla 80. Cargas relacionadas con los vertimientos de la actividad de explotación	183
Tabla 81. Cargas contaminantes originadas en otros sectores	184
Tabla 82. Intensidad de la carga contaminante cuenca nivel II	184
Tabla 83. Presiones por contaminante, cuenca nivel II.	186
Tabla 84. Parámetros para calculo del ICA de acuerdo al IDEAM (2013)	187
Tabla 85. Categorías de descripción del ICA.	187
Tabla 86. ICA condiciones secas cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB	189
Tabla 87. ICA condicion Normal en cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB	191
Tabla 88. Rangos para la clasificación de presión de carga contaminant	195
Tabla 89. Categoría de criticidad integral	204
Tabla 90. Valoración de la criticidad para años normal	205
Tabla 91. Valoración de la criticidad para años normal	207

INTRODUCCIÓN

La Corporación de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) da cumplimiento al artículo 8° del Decreto N°1640 de agosto de 2012, e integra los temas definidos en la Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico – 2010, adoptando los lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua - ERAS 2013 y el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010 -2014 y 2018, sobre insumos técnicos para la planificación y la gestión integrada del recurso hídrico, emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Presenta el documento que evalúa el estado del recurso hídrico en la margen derecha de la Cuenca del Río Sogamoso jurisdicción de la CDMB, a través de indicadores del sistema hídrico natural y los relacionados con la intervención antrópica, que tienen efectos sobre la cantidad variabilidad y calidad de agua tiene como objetivo,

La información del POMCA del río Sogamoso elaborado por la Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS, contribuye al conocimiento sobre la oferta, demanda, calidad, riesgo y las respuestas hidrológicas a la variabilidad climática en la margen derecha del Río Sogamoso jurisdicción de la CDMB y constituye la base sobre la que elabora este documento con resultados actualizados del estado, dinámica y tendencias del sistema hídrico en la margen derecha del Río Sogamoso



Cañón del río Sogamoso

SECCIÓN A

MARCO GENERAL DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DE LA CUENCA RÍO SOGAMOSO

CAPITULO 1. CONTEXTO GENERAL

En esta sección se presenta el objetivo, justificación y entorno en donde desarrollar la evaluación.

1.1 Propósito del estudio regional del agua margen derecha del río Sogamoso

1.1.1 Objetivo general

Valorar el estado del sistema hídrico, en la margen derecha del río Sogamoso, como consecuencia de los procesos naturales y antrópicos para una apropiada administración, uso y manejo sostenible del agua en la región.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar y evaluar la oferta hídrica superficial con sus respectivos indicadores hídricos, para la toma de decisiones.
- Evaluar la demanda hídrica superficial
- Determinar la calidad hídrica superficial, basada en el Índice de Calidad del Agua (ICA), y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL).
- Realizar el balance hídrico
- Evaluar las amenazas y vulnerabilidad asociados al recurso hídrico en la margen derecha de la Cuenca Río Sogamoso, teniendo en cuenta los Índices de régimen natural como el Índice de Aridez (IA), Índice de

Regulación Hídrica (IRH) y los de intervención antrópica como el Índice de Uso del Agua (IUA) y el Índice de Vulnerabilidad Hídrica al desabastecimiento (IVH).

1.2 Justificación

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, es la encargada de administrar, el medio ambiente, los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible dentro del área de su jurisdicción.

Teniendo en cuenta, que la margen derecha del Río Sogamoso es parte de su jurisdicción, se realizó la Evaluación Regional del Agua para esta área, tomando la información del POMCA del Río Sogamoso emitido por la Corporación Autónoma de Santander–CAS. La evaluación contiene el análisis de la oferta, demanda, disponibilidad, uso, calidad y vulnerabilidad del recurso mostrando el escenario actual, tendencias y comportamiento del recurso hídrico en esta área que constituyen soporte para la planificación y la toma de decisiones en sobre este recurso.



SECCIÓN B

CAPITULO 2. INFORMACIÓN GENERAL DE LA CUENCA RIO SOGAMOSO

2.1 Localización de la cuenca en estudio

La cuenca del río Sogamoso está localizada en el departamento de Santander y se forma por la confluencia de los ríos Chicamocha y Suárez desembocando en el margen oriental del río Magdalena. Limita con los siguientes departamentos: al oriente con Cesar, al norte con Norte de Santander, al sur con Boyacá, al occidente con Antioquia y al noroccidente con Bolívar. (ver Figura 1)

Está identificada con el código 2405 que corresponde al área Hidrográfica Magdalena Cauca, Zona Hidrográfica Sogamoso, y Subzona Hidrográfica río Sogamoso, con una extensión aproximada de 340.843 Ha, perteneciendo la mayor parte de la cuenca (81.31 %) o 277.128 Ha, a la jurisdicción de la Corporación Autónoma de Santander–CAS y compartiendo 63.715 Ha (18.69%) margen derecha del río Sogamoso jurisdicción de la CDMB, que comprende parte de los municipios de Piedecuesta, Girón y Lebrija.

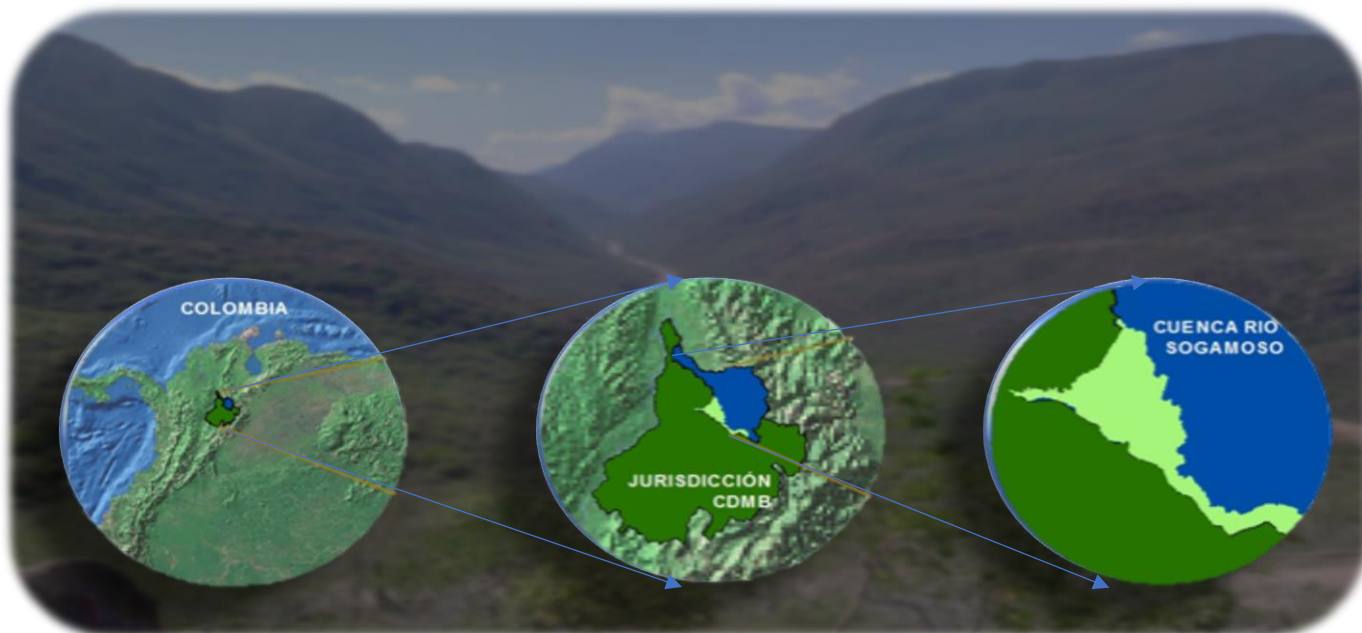


Figura 1. Ubicación de la cuenca río Sogamoso en el contexto Nacional, Regional y Local

Dentro de la Cuenca Río Sogamoso se encuentra la Hidroeléctrica del río Sogamoso, HIDROSOGAMOSO; la fuerza que el río ejerce sobre el paisaje forma un cañón que conecta a la cadena montañosa conocida como Serranía de la Paz, a 62 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha y 75 km aguas arriba de la desembocadura del Río Magdalena.

La represa (ver Figura 2) tiene 190 m de alto y 345 m de ancho en la parte más alta, con un vertedero de 72 m de ancho y el embalse cubre unas 7.000 ha, convirtiéndose en el la más grande del país. Su jurisdicción está dividida entre los municipios de Girón, Betulia , Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucuri. Tiene una capacidad de almacenamiento de 4.800 millones de m³ de agua y tres unidades de generación ubicados en una central subterránea. Será una de las 5 centrales de generación más grandes del país con una capacidad instalada de 820 MW con una energía generada de 5.056 MWh al año, suficiente para abastecer el 50% del consumo de una ciudad como Bogotá y equivalente al 10% de la energía que Colombia consume en un año.



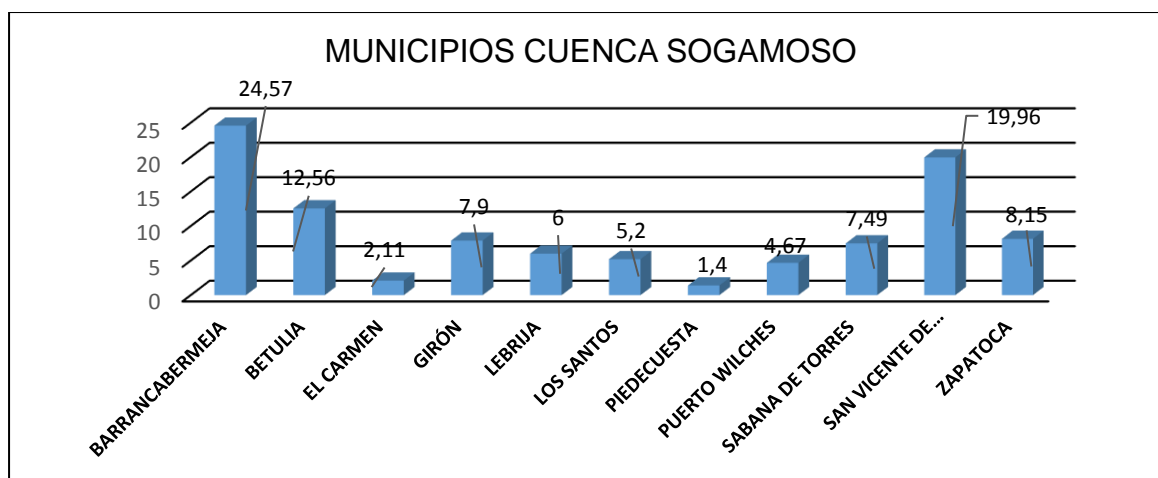
Figura 2. Hidroeléctrica del río Sogamoso, HIDROSOGAMOSO. Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps]. Imagen recuperada el 9 de diciembre de 2019 de: <https://www.google.com/maps/place/Embalse+Topocoro/@7.1145234,-73.4103902,6478m>

2.1.1 Municipios de Santander que forman parte de la cuenca del río Sogamoso

Los diez municipios que forman parte de la cuenca se encuentran relacionados en la Tabla 1, con su correspondiente porcentaje de área en la cuenca (ver Grafica 1)

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA (Has)	% EN LA CUENCA
SANTANDER	BARRANCABERMEJA	84395.40	24.57%
	BETULIA	43124.87	12.56%
	EL CARMEN	7244.18	2.11%
	GIRÓN	27126.47	7.90%
	LEBRIJA	20610.19	6.00%
	LOS SANTOS	17869.88	5.20%
	PIEDRECUESTA	4791.99	1.40%
	PUERTO WILCHES	16026.17	4.67%
	SABANA DE TORRES	25719.24	7.49%
	SAN VICENTE DE CHUCURÍ	68534.26	19.96%
	ZAPATOCA	27984.60	8.15%
	Totales	343.427,25	100.00

Tabla 1. Municipios de Santander que forman parte de la cuenca del río Sogamoso. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



Gráfica 1. Porcentaje de los municipios de Santander que conforman la cuenca del río Sogamoso. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

2.1.2 Cuencas Nivel II del Área de Jurisdicción de la CDMB

La CDMB en la Cuenca Nivel I tiene jurisdicción en doce (12) cuencas Nivel II, las cuales se relacionan en la Tabla 2.

CÓDIGO	NOMBRE	Área (ha)
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	9494,45601
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	9799,30856
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	14061,6713
2405-0801	Quebrada Pujamán	5985,57441
2405-0802	Quebrada Aguablanca	2793,6897
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	4536,00226
2405-0902	Quebrada La Arenosa	5035,07471
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	8118,98528
2405-0904	Quebrada La Condera	4192,65827
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	3001,58506
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	16713,5514
2405-1200	Hidrosogamoso	16830,3464

Tabla 2. Cuencas nivel II área de Jurisdicción de la CDMB

2.2 Clima

Las condiciones geográficas y atmosféricas como radiación solar, temperatura, continentalidad, humedad atmosférica, presión atmosférica, sistemas de viento, precipitación, latitud, altitud, así como cuerpos de agua cercanos, determinan el clima; convirtiéndose en un elemento definitivo para estimar las dinámicas y condiciones de las cuencas y de todo su territorio, debido a que de las características climáticas y sus alteraciones, dependen múltiples aspectos de la zonificación a determinar, así como las posibilidades de desarrollo socioeconómico, industrial, agropecuario y los demás requerimientos hídricos de la población localizada dentro de la cuenca.

En Colombia el régimen de precipitaciones en términos generales es bimodal (dos estaciones secas y dos lluviosas), siendo las excepciones el piedemonte llanero y amazónico y algunas zonas de la Orinoquía donde se presenta un régimen monomodal (una estación seca y una lluviosa), y las zonas selváticas del Pacífico y la Amazonía donde no hay estación seca. Al tener una latitud tan baja no se presentan las 4 estaciones (verano, invierno, otoño, primavera), y la variación térmica es casi insignificante a lo largo de todo el año (-5° de diferencia entre mes más cálido y más frío). Su ubicación permite unas condiciones climáticas de meses más cálidos entre mayo y agosto y los más fríos entre noviembre.

La cuenca del río Sogamoso se encuentra ubicada en el departamento de Santander, en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, zona hidrográfica de Sogamoso y subzona hidrográfica Sogamoso. Presentan un régimen a distribución de tipo bimodal, con dos períodos húmedos y dos secos. Los períodos secos se presentan en los meses de enero a marzo en el primer semestre del año, y entre julio - agosto en el segundo semestre. Los períodos húmedos en el mes de mayo en el primer semestre y octubre en el segundo semestre.

Las condiciones climatológicas de esta cuenca, se determinaron teniendo en cuenta el análisis de cada una de las variables climatológicas con registros mayores o iguales a 15 años, sin embargo, en algunas regiones del país, las series tienen deficiencias considerables en aspectos de tiempos de registro y calidad de la información.

2.3 Red estaciones Hidrometeorológicas

2.3.1 Estaciones Pluviométricas y Pluviográficas

De acuerdo con la información suministrada por el IDEAM, con relación a las estaciones localizadas en los departamentos de Santander y Antioquia, se seleccionaron doce (12) estaciones pluviométricas (ver Figura 3), una (1) sinóptica-SP y una (1) Pluviográfica, ubicadas en la cuenca y sus alrededores teniendo en cuenta

criterios de cercanía, longitud de los períodos de registro y calidad de la información. (Pomca- Sogamoso 2019)

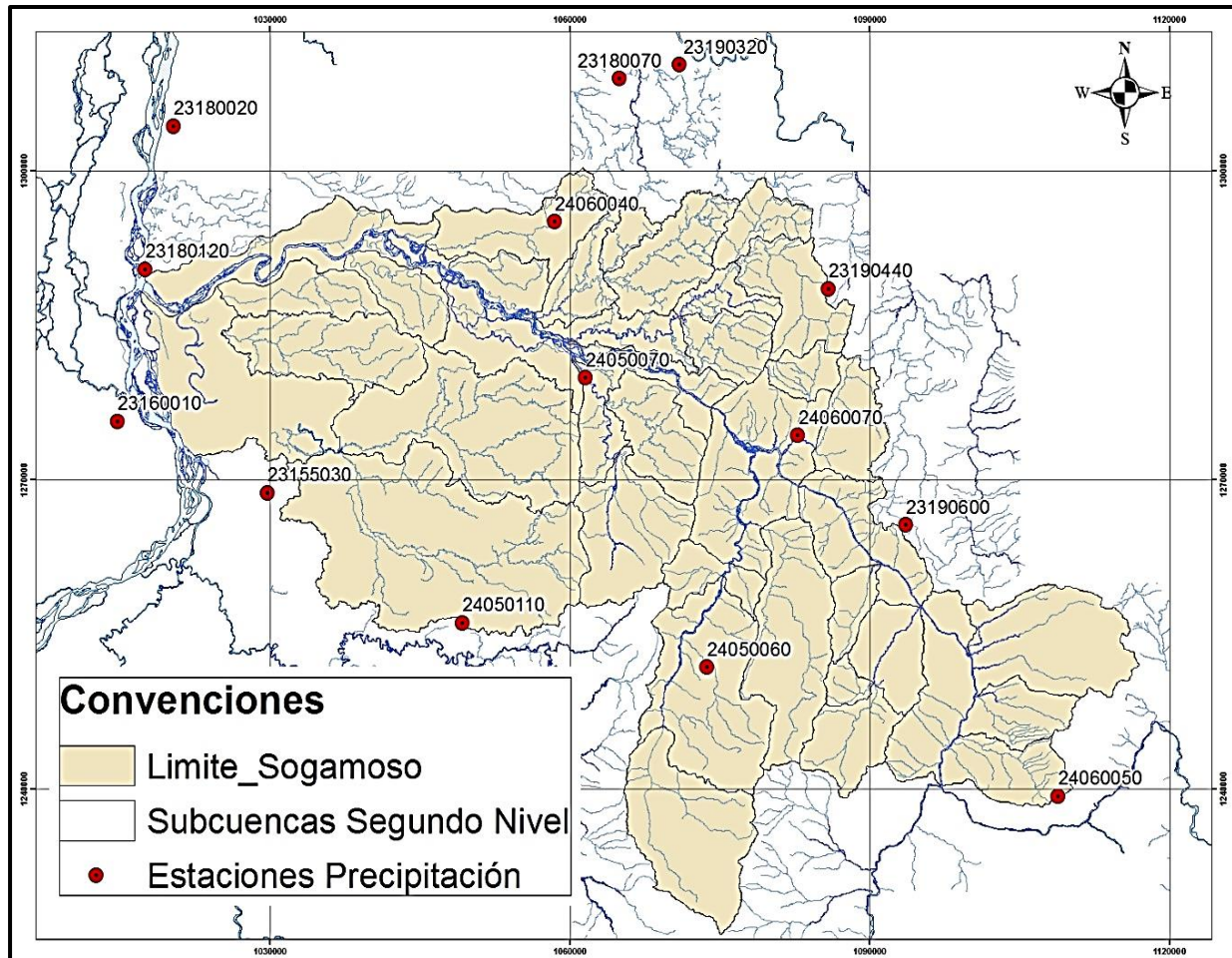


Figura 3. Localización de las catorce (14) estaciones pluviométricas usadas para el presente estudio. Fuente Pomca Sogamoso-CAS

2.3.2 Estaciones climatológicas

Para realizar una estimación climática apropiada en la zona de la cuenca del río Sogamoso, se eligieron once (11) estaciones climatológicas con registros de precipitación (ver Figura 4), temperatura, humedad relativa, evaporación, brillo solar, entre otras variables climatológicas. Estas estaciones seleccionadas están ubicadas entre los 126 -1810 msnm, y están conformadas por seis (6) Climatológicas Ordinarias (CO), cuatro (4) Climatológicas Principales (CP) y una (1) Sinóptica Principal,

resultando que las Climatológicas Ordinarias no registran los parámetros de velocidad y dirección del viento.

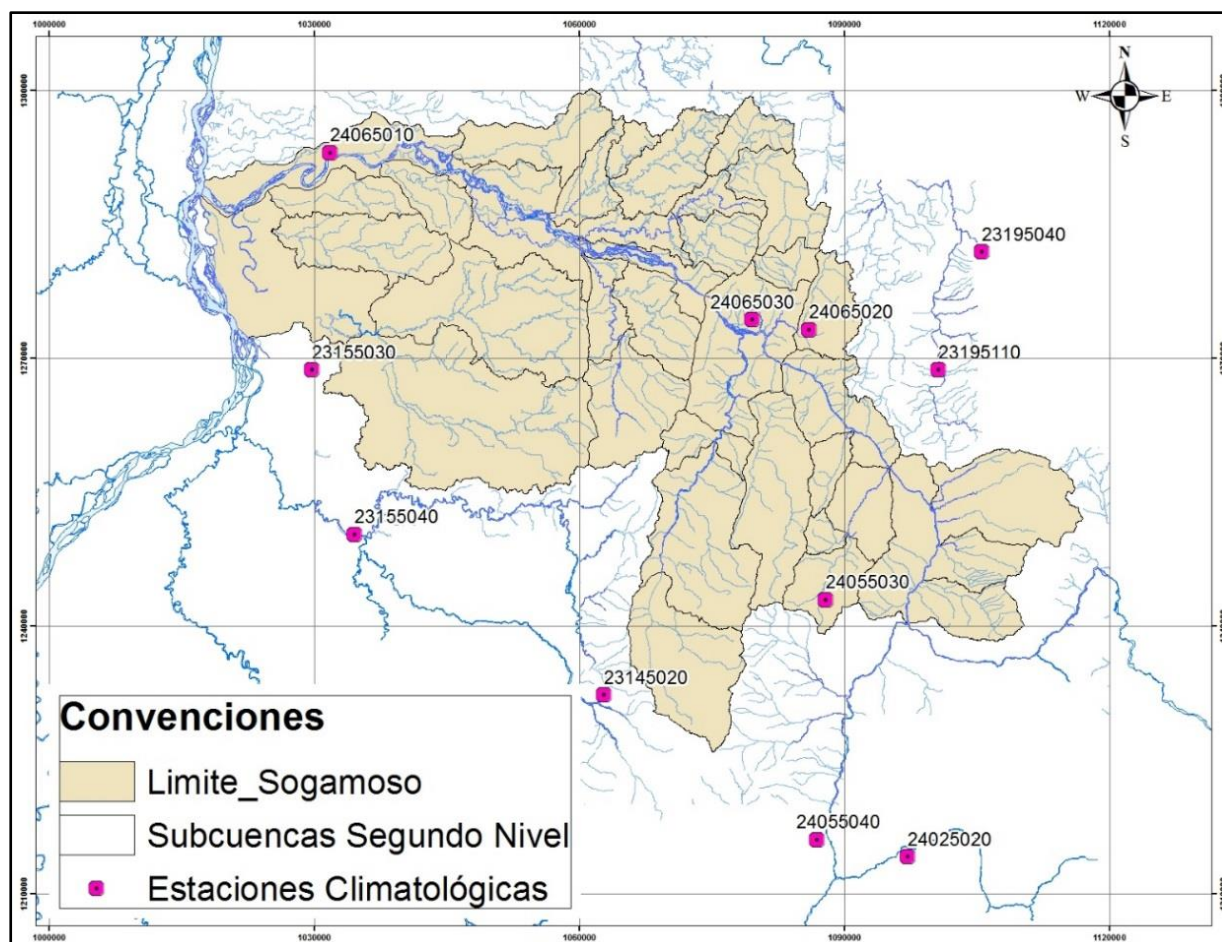


Figura 4. Localización de las 11 estaciones climatológicas Fuente: Pomca río Sogamoso-CAS

2.4 Estaciones pluviométricas seleccionadas y período de registro

La Tabla 3, presenta las Estaciones pluviométricas seleccionadas y el período de registro año 1974 a 2014.

ESTACIÓN		PERÍODO DE REGISTRO
AGUASCLARAS	(24060040)	1974-2014
ALBANIA	(24050110)	1974-2014
APTO YARIGUIES	(23155030)	1974-2014
EL NARANJO	(23190440)	1974-2014

ESTACIÓN		PERÍODO DE REGISTRO
EL PANTANO	(23190600)	1974-2014
LA COQUERA	(23180120)	1974-2014
LA MESA	(24060050)	1974-1999 2001-2014
LA PARROQUIA	(24060070)	1974-2011
LA PUTANA	(24050070)	1974-2014
PROVINCIA	(23190320)	1977-2014
PTO WILCHES	(23180020)	1974-2014
SABANA DE TORRES	(23180070)	1974-2014
SAN VICENTE	(24050060)	1974-2014
YONDO	(23160010)	1974-2014

Tabla 3. Estaciones pluviométricas seleccionadas y período de registro. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS.

2.5 Balance hídrico a largo plazo

Colombia posee características climáticas específicas y únicas respecto a otros territorios, dados por la localización en la zona tropical y la multiplicidad de aspectos geográficos y atmosféricos que se presentan sobre el territorio nacional. Estas condiciones le brindan al país una amplia cantidad de climas y condiciones de interacción de los componentes ambientales con el recurso hídrico.

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración de referencia mensual estimada, se permite el estudio del balance del agua en el suelo a lo largo del año.

Como se especifica en el Estudio nacional del Agua (ENA, 2014), el balance hídrico a largo plazo, (relación entre precipitación y evapotranspiración), permite determinar la esorrentía sobre una unidad de análisis considerando que el cambio de almacenamiento de agua en el volumen de control es nulo. Teniendo en cuenta el diagnóstico elaborado para la Política Nacional del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010) con base en estimaciones del IDEAM (2004), en Colombia la precipitación media anual es de 3.000 mm con una evapotranspiración real de 1.180 mm y una esorrentía media anual de 1.830 mm (Leal, 1994).

En la guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur se indica que, para cualquier masa de agua, en áreas extensas y en largos periodos de tiempo, se puede utilizar la ecuación simplificada, considerando que los cambios de almacenamiento tienden a minimizarse y pueden suponerse nulos (Unesco, 1982). Conocer el balance de humedad en el suelo es importante para evaluar la disponibilidad del agua para los cultivos, estudios hidrológicos, de conservación de suelos, de drenaje, de recuperación de suelos salinos, de repoblación forestal o de criterios de diferenciación climática.

De acuerdo al ENA 2014, la expresión para el balance hídrico a largo plazo es la siguiente:

(Ecuación 1)

$$ESC = P - ETR$$

En donde:

ESC= Corresponde a la esorrentía hídrica superficial (mm).

P= Precipitación (mm).

ETR= Evapotranspiración real (mm).

Para el cálculo de la Evapotranspiración media multianual existen varios métodos empíricos, la mayoría de ellos basados en fórmulas que han sido obtenidas en condiciones climáticas diferentes a las tropicales. A continuación, se presentan de manera resumida las principales ecuaciones utilizadas para estimar la evapotranspiración potencial y real.

2.6 Evapotranspiración

La evapotranspiración es un componente fundamental en las interacciones de la superficie terrestre y la atmósfera dentro del balance hídrico, representada como la transferencia del agua absorbida por las plantas, y que posteriormente regresa a la atmósfera. Teniendo en cuenta condiciones no intervenidas y condiciones reales, se pueden determinar la evapotranspiración potencial y la real.

2.6.1 Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial se define como la máxima cantidad de agua que puede evaporarse y transpirarse, desde un suelo completamente cubierto de vegetación, con disponibilidad de agua permanente. Esto quiere decir que la evaporación potencial es la que se tendría en condiciones ideales, sin tener en cuenta las interacciones, alteraciones y dependiendo exclusivamente de las condiciones climáticas para el momento en el cual se desarrolla la medición. La importancia de la evapotranspiración real para el análisis de los requerimientos de agua de los cultivos, a través del llamado coeficiente de cultivo, es de suma importancia para las actividades del sector agrícola.

Actualmente, existen varias fórmulas empíricas para su determinación, como la de Penman – Monteith, Thornthwaite, Hargreaves, Jensen y Heise, Turc, etc.; su empleo depende de la información que se disponga. De acuerdo con las recomendaciones de la FAO, se puede establecer que la más representativa es la de Penman – Monteith, de buen ajuste para las condiciones tropicales, pero a su vez, es la más exigente en cuanto a información se refiere, debido a que requiere para su determinación información sobre temperaturas máximas y mínimas mensuales, humedad relativa, brillo solar y velocidad del viento. A continuación, se realiza un barrido frente a las diferentes metodologías de cálculo de la evapotranspiración potencial.

2.6.1.1 Método de Turc

El cálculo de la evapotranspiración potencial por medio del método de Turc se realiza por medio de la siguiente ecuación:

(Ecuación 2)

$$ETP = K \left(\frac{T}{T + 15} \right) (R_g + 50)$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial en mm

K = 0.4 para meses de 30 y 31 días, 0.37 para el mes de febrero

T = Temperatura media anual en °C

R_g = Radiación global en Cal/cm²/día

2.6.1.2 Método de Jensen-Heise

Para el cálculo de la ecuación de Jensen-Heise, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

(Ecuación 3)

$$ETP = C_T (T - T_x) * R_s$$

Donde:

C_T corresponde a la siguiente expresión:

(Ecuación 4)

$$C_T = \frac{1}{38 - \frac{h}{152.5} + \frac{380}{e_2 - e_1}}$$

En la cual se considera:

h = Altitud del Lugar en msnm

e = se calcula por medio de:

(Ecuación 5)

$$e = 6.108 \exp\left(\frac{17.27 * t}{t + 237.3}\right)$$

e_1 = temperatura mes menos cálido en °C

e_2 = temperatura mes más cálido en °C

T_x corresponde a:

(Ecuación 6)

$$T_x = -2.5 - 0.14(e_2 - e_1) - \frac{h}{550}$$

2.6.1.3 Método de Hargreaves

La evapotranspiración potencial por medio del método de Hargreaves se calcula a través de la siguiente expresión:

(Ecuación 7)

$$ET_0 = 0.0023(t_{med} + 17.78)R_o * (t_{dmáx} - t_{dmín})^{0.5}$$

Donde:

ET_0 = Evapotranspiración Potencial en mm/día

t_{med} = Temperatura media diaria en °C

$t_{dmáx}$ = Temperatura máxima diaria en °C

$t_{dmín}$ = Temperatura mínima diaria en °C

R_o = Radiación solar extraterrestre en mm/día

2.6.1.4 Método de Penman-Monteith

Teniendo en cuenta lo señalado anteriormente, el método de Penman Monteith requiere de múltiples variables para el cálculo de la evapotranspiración potencial, como se visualiza a continuación:

(Ecuación 8)

$$EPT = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

Δ = Pendiente de la curva de la tensión de vapor saturado (kPa/ °C)

R_n = Radiación neta sobre la superficie del cultivo (MJ/ m² día)

G = Flujo calórico utilizado en el calentamiento del suelo (MJ/ m² día)

γ = Constante Psicrométrica (kPa/ °C) = 0,001628 (P/l)

$P = 101,3((293-0,0065z)/293)^{5,26}$ en kPa

$(e_s - e_a)$ = déficit de tensión de vapor (kPa)

e_s = tensión de vapor saturado (kPa)

e_a = tensión de vapor actual (kPa)

u_2 = Velocidad del viento a 2 m de altura, en m/s. $u_2 = 4,87 \text{ uz} / \ln (67,8z - 5,42)$

T = Temperatura media del aire, en °C, calculada por: $T = (T_{\max} + T_{\min}) / 2$

2.6.1.5 Método de Thornthwaite

Este método permite calcular la evapotranspiración potencial teniendo en cuenta las condiciones de temperatura del área de estudio, por medio de la siguiente expresión:

(Ecuación 9)

$$ETP_{\text{sin corregir}} = 1.6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

En donde:

$ETP_{\text{sin corregir}}$ = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

t = Temperatura media mensual en °C

I = corresponde a la siguiente expresión:

(Ecuación 10)

$$I = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

a = se calcula por medio de la siguiente ecuación:

(Ecuación 11)

$$a=675*10^{-9}*|3-771*10^{-7}*|2+178*10^{-4}*|+0.498$$

A continuación, se realiza el ajuste correspondiente a las condiciones de radiación y latitud, en la siguiente expresión:

(Ecuación 12)

$$ETP = ETP_{\text{sin corregir}} \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Para la cual:

ETP = Evapotranspiración corregida en mm/mes

ETP sin corregir= El valor obtenido en el primer cálculo, previamente presentado.

N = Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y la latitud

d = Número de días del mes

Teniendo en cuenta que no todas las estaciones climatológicas cuentan con registros completos de los parámetros solicitados, y con el fin de obtener una estimación homogénea, para especializarla, se utilizó la metodología de Thornthwaite, que requiere solamente información de la temperatura.

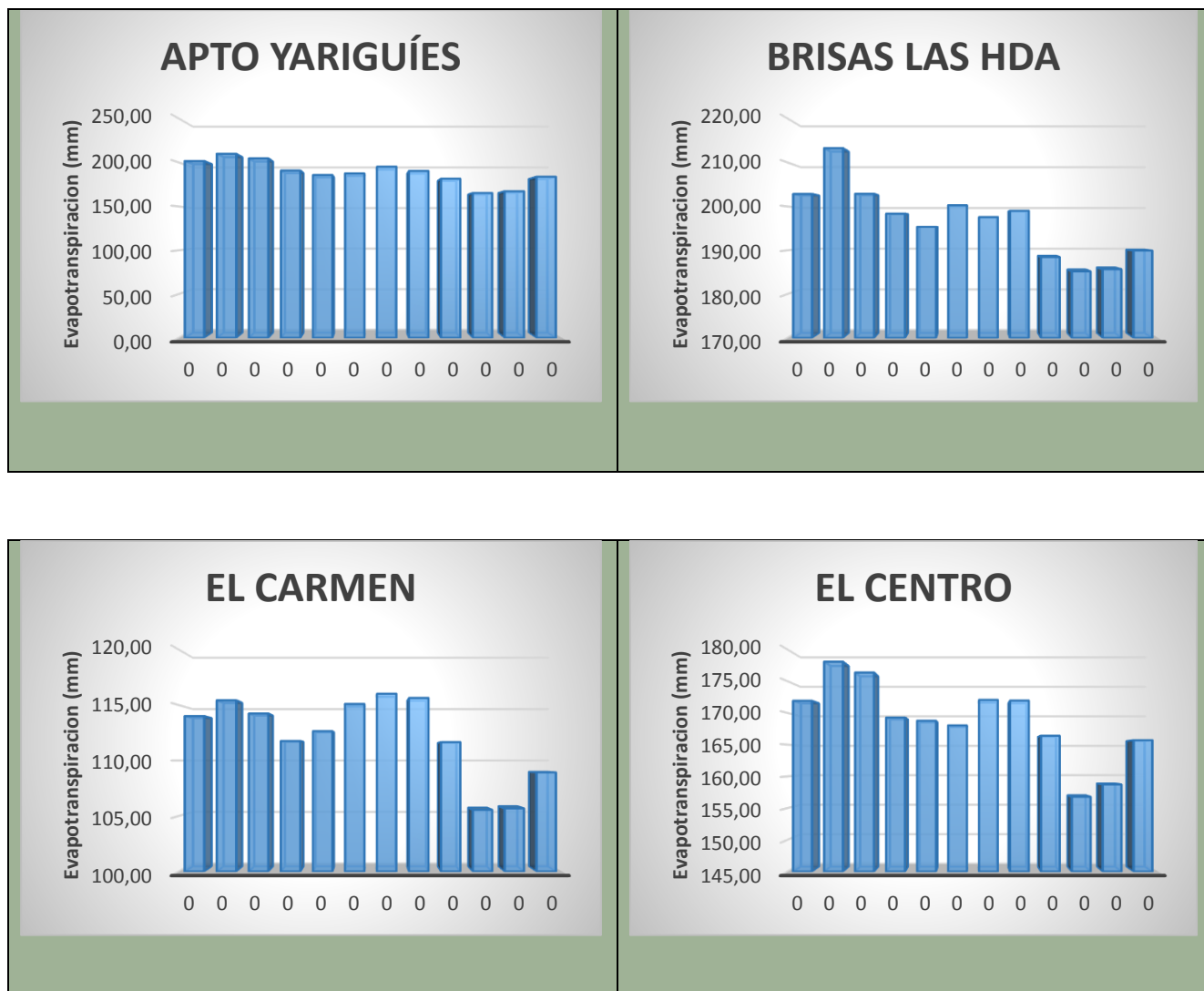
En la Tabla 4, se presentan los valores medios mensuales multianuales de la evapotranspiración potencial.

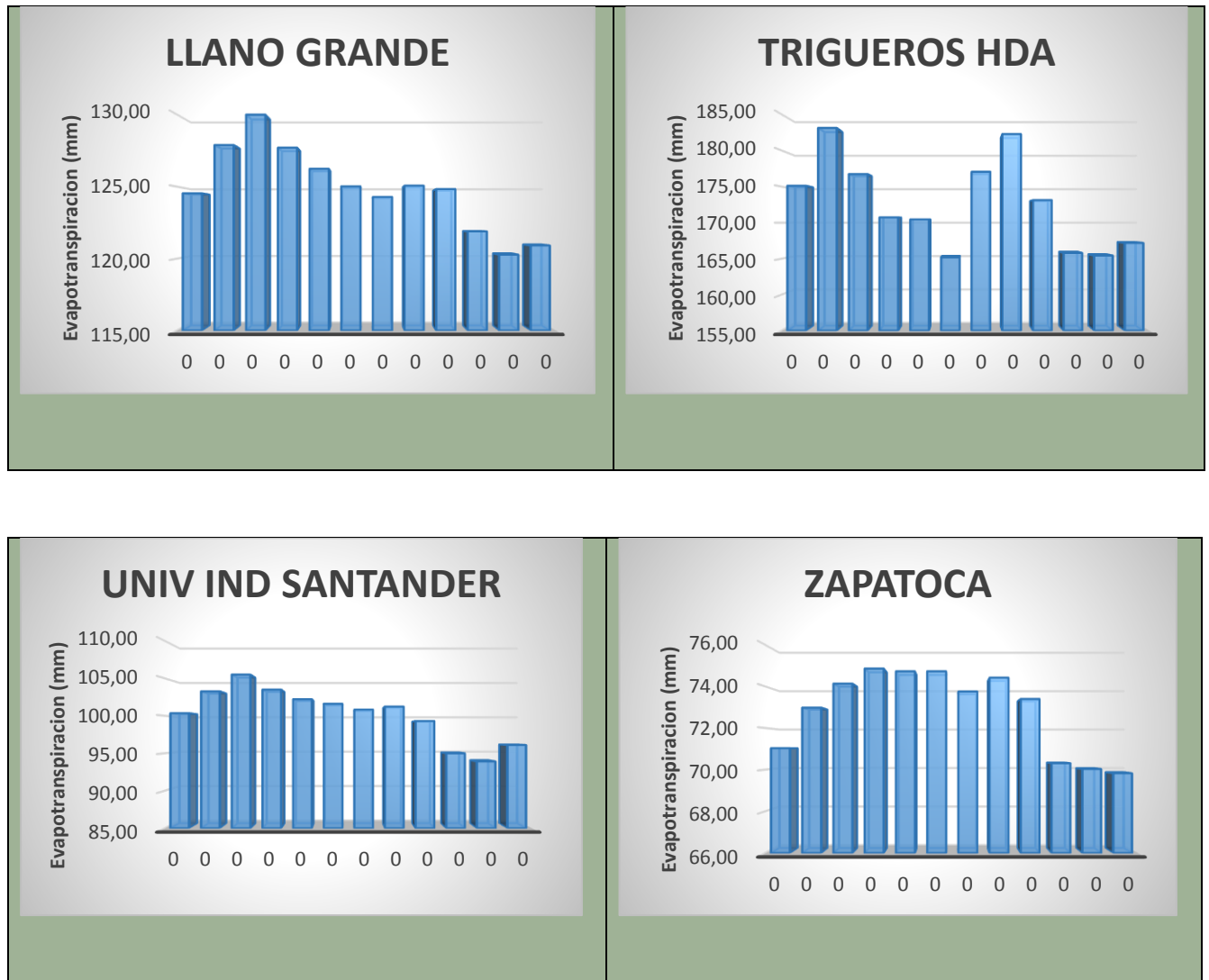
ESTACION	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	SUMA
APTO YARIGUIES	201,49	209,75	204,56	190,75	185,72	187,45	195,10	190,25	181,45	165,25	167,18	183,73	2262,68
BRISAS LAS HDA	202,82	213,21	202,87	198,37	195,35	200,28	197,59	199,01	188,48	185,21	185,70	189,94	2358,84

ESTACION	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	SUMA
EL CARMEN	114,00	115,42	114,24	111,76	112,64	115,09	116,01	115,63	111,66	105,56	105,69	108,93	1346,63
EL CENTRO	171,90	178,05	176,35	169,26	168,77	168,02	172,04	171,93	166,40	156,79	158,73	165,70	2023,93
LLANO GRANDE	124,54	127,88	129,98	127,69	126,23	125,02	124,29	125,07	124,83	121,90	120,27	120,92	1498,60
TRIGUEROS HDA	175,12	183,10	176,73	170,75	170,47	165,19	177,05	182,26	173,13	165,80	165,43	167,20	2072,22
UNIV IND SANTANDER	100,35	103,26	105,48	103,48	102,21	101,60	100,82	101,23	99,30	94,99	93,91	96,10	1202,74
ZAPATOCA	71,03	72,98	74,13	74,85	74,72	74,72	73,75	74,42	73,39	70,31	70,03	69,83	874,15

Tabla 4. Evapotranspiración potencial mensual multianual por estación. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

2.7 Distribución temporal Evapotranspiración potencial en las estaciones seleccionadas





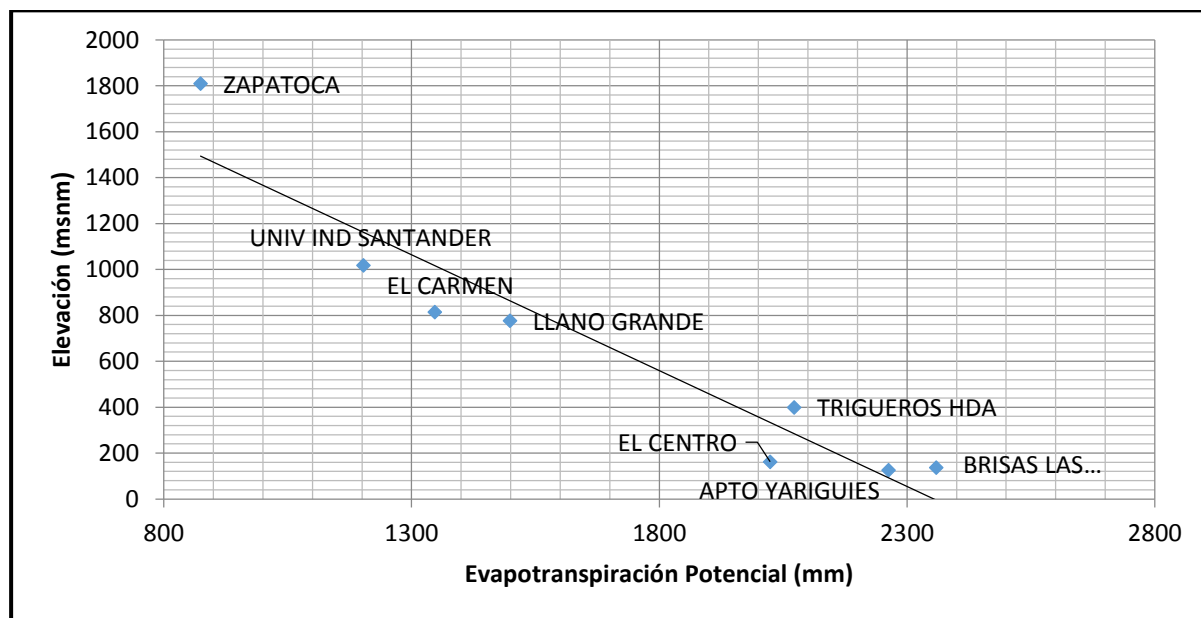
Gráfica 2. Distribución temporal Evapotranspiración potencial Fuente POMCA río Sogamoso - CAS

Las estaciones aeropuerto Yariguíes y Zapatoca presentan distribuciones de evapotranspiración potencial uniformes, mientras que las demás estaciones exhiben variaciones significativas durante el año.

Los promedios de evapotranspiración de las estaciones fluctúan entre 874 mm en la estación de Zapatoca y 2262 mm en la estación Aeropuerto Yariguíes, localizada en Barrancabermeja. (ver Gráfica 2)

2.8 Distribución espacial

Con el fin de determinar la distribución espacial de la evapotranspiración potencial, se estableció la relación del valor total anual promedio de cada una de las estaciones seleccionadas, contra la elevación de la estación en m.s.n.m., donde se puede observar que la relación es inversa, es decir que en la medida en que aumente la elevación, disminuye la evapotranspiración potencial. En la siguiente gráfica se evidencia la relación establecida para las estaciones seleccionadas. (ver Gráfica 3)



Gráfica 3. Evapotranspiración Potencial vs. Elevación. Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS

En consecuencia, para determinar los valores de evapotranspiración potencial en la cuenca río Sogamoso, se espacializó la variable para obtener los valores en cada una de las subcuencas determinadas en el POMCA.

La Tabla 5, registra los valores de temperatura media y evapotranspiración potencial en la jurisdicción de la CDMB.

CÓDIGO	NOMBRE	Área (ha)	Temperatura media (°C)	Evapotranspiración potencial (mm)
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	9494,45601	23,34	1218,3
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	9799,30856	23,42	1625,9
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	14061,6713	21,50	1421,5
2405-0801	Quebrada Pujamán	5985,57441	22,41	1768,7
2405-0802	Quebrada Aguablanca	2793,6897	24,20	1898,8
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	4536,00226	27,00	1899,7
2405-0902	Quebrada La Arenosa	5035,07471	25,49	1911,5
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	8118,98528	24,72	1793,8
2405-0904	Quebrada La Condera	4192,65827	26,48	1796,9
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	3001,58506	26,42	1856,4
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	16713,5514	26,93	1972,2
2405-1200	Hidrosogamoso	16830,3464	25,59	1946,3

Tabla 5. Evapotranspiración potencial a nivel de subcuenca del río Sogamoso. Fuente POMCA río Sogamoso - CAS

Para una mejor visualización, en la Figura 5 se presenta el mapa de evapotranspiración potencial media anual en la cuenca río Sogamoso para la jurisdicción de la CDMB, la cual según la definición de rangos dada por el ENA (2014), ubica toda la cuenca en el rango de 1218.3 a 1946.3 mm anuales.

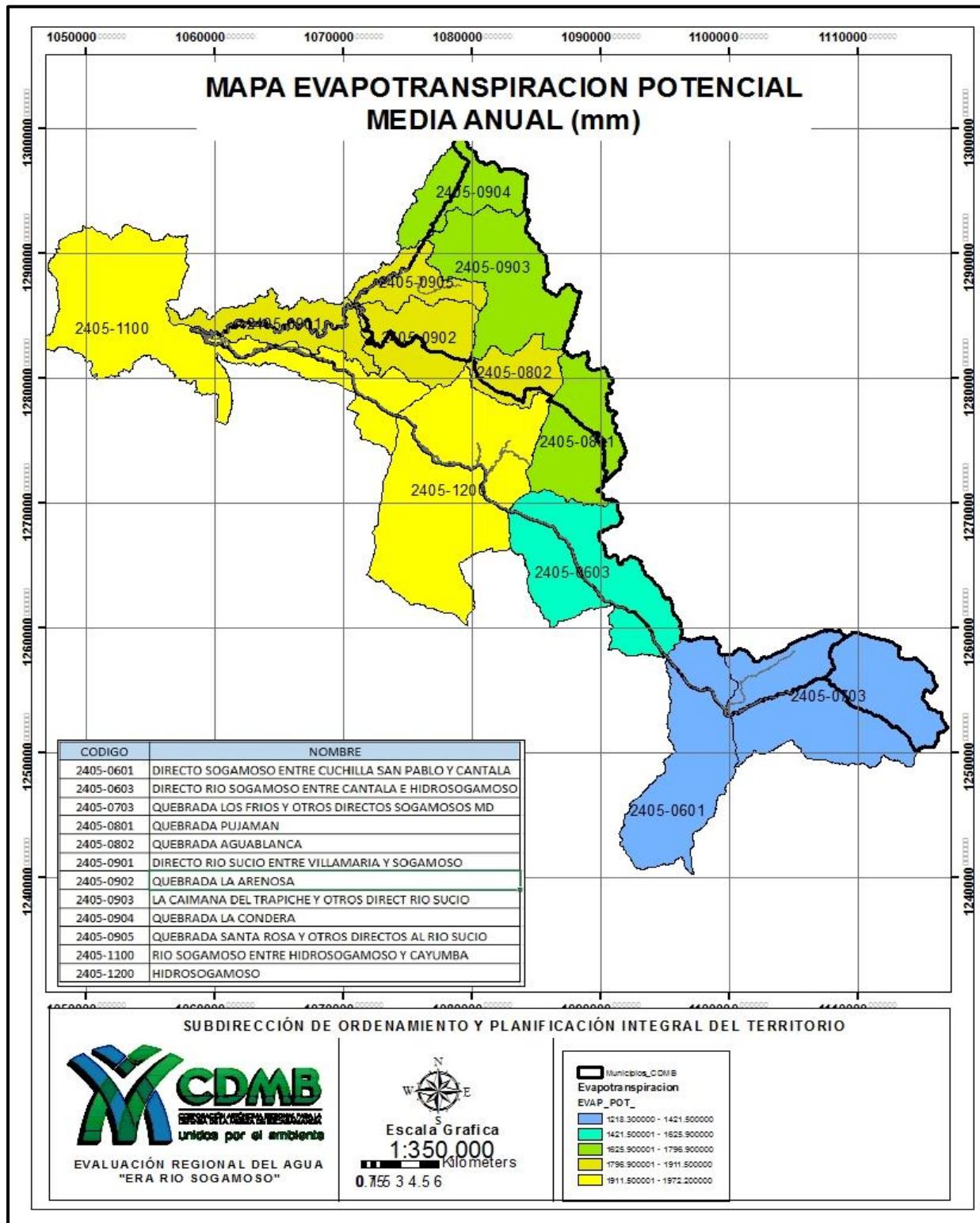


Figura 5. Evapotranspiración potencial media anual en la jurisdicción de la CDMB de la cuenca del río Sogamoso.
Fuente: CDMB-2019

2.9 Evapotranspiración real

La evapotranspiración real se refiere a las pérdidas que se presentan en una cuenca o área en estudio, por concepto de la evaporación y transpiración de las plantas, bajo las condiciones de humedad en que se encuentren. Existe un método no empírico para su determinación, con un equipo que se instala en campo, llamado Lisímetro, sin embargo, no es sencillo de instalar y operar. El lisímetro corresponde a un tanque instalado y enterrado en una parcela, relleno con material del mismo terreno y cubierto con la vegetación objeto de estudio; la cantidad de agua obtenida se puede medir por medio de pluviómetros, caudalímetros, balanza, o por medio del sistema de drenaje. Conociendo el agua aplicada, se obtiene la diferencia, que corresponde a la evapotranspiración real. Vale la pena mencionar que en el país solo existen dos equipos instalados en funcionamiento.

Para su determinación, no se cuenta con muchas metodologías, como en el caso de la potencial, siendo la más utilizada la planteada por Turc, Langbein y Wundt, para estimar el valor promedio anual, de acuerdo con el siguiente planteamiento:

(Ecuación 13)

$$ET_o = P / (0.9 + (P^2/L(t)^2))^{1/2}$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración real (mm)

P = Precipitación media anual (mm)

L(t) = Factor que depende de la temperatura = 300 + 25*t + 0.05 * t²

t = temperatura media anual

Para cada cuenca seleccionada se conocen los valores de la precipitación media anual y la temperatura media anual, permitiendo determinar la evapotranspiración real para cada una de las cuencas nivel II. El cálculo se realizará utilizando las fórmulas de Turc, Langbein y Wundt, mencionadas anteriormente.

2.9.1 Distribución espacial

La Tabla 6, contiene el registro de los valores de las precipitaciones y las temperaturas promedio para cada una de las cuencas Nivel II, con su área correspondiente, y la evapotranspiración real anual.

CÓDIGO	NOMBRE	Área (ha)	Precipitación media (mm/año)	Temperatura Media (°C)	Evapotranspiración real (mm)
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	9494,45601	1414,77	23,34	1064,29
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	9799,30856	1555,25	23,42	1117,56
2405-0703	Quebrada Los Frios y otros directos al río Sogamoso md	14061,6713	1547,73	21,50	1032,91
2405-0801	Quebrada Pujamán	5985,57441	1780,67	22,41	1133,8
2405-0802	Quebrada Aguablanca	2793,6897	1972,98	24,20	1274,8
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	4536,00226	2524,07	27,00	1577,53
2405-0902	Quebrada La Arenosa	5035,07471	2312,98	25,49	1429,71
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	8118,98528	2188,81	24,72	1354,68
2405-0904	Quebrada La Condera	4192,65827	2440,79	26,48	1523,05
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	3001,58506	2351,02	26,42	1499,36
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	16713,5514	2696,49	26,93	1607,59
2405-1200	Hidrosogamoso	16830,3464	1858,72	25,59	1316,56

Tabla 6. Cuencas Nivel II, del área de jurisdicción de la CDMB margen derecha río Sogamoso. Fuente Pomca río Sogamoso –CAS

La espacialización de la evapotranspiración real según la clasificación del ENA (2014), en la cual se evidencia que la cuenca se encuentra dentro del rango de los 1032 a los 1607.59 mm., se representa en la Figura 6.

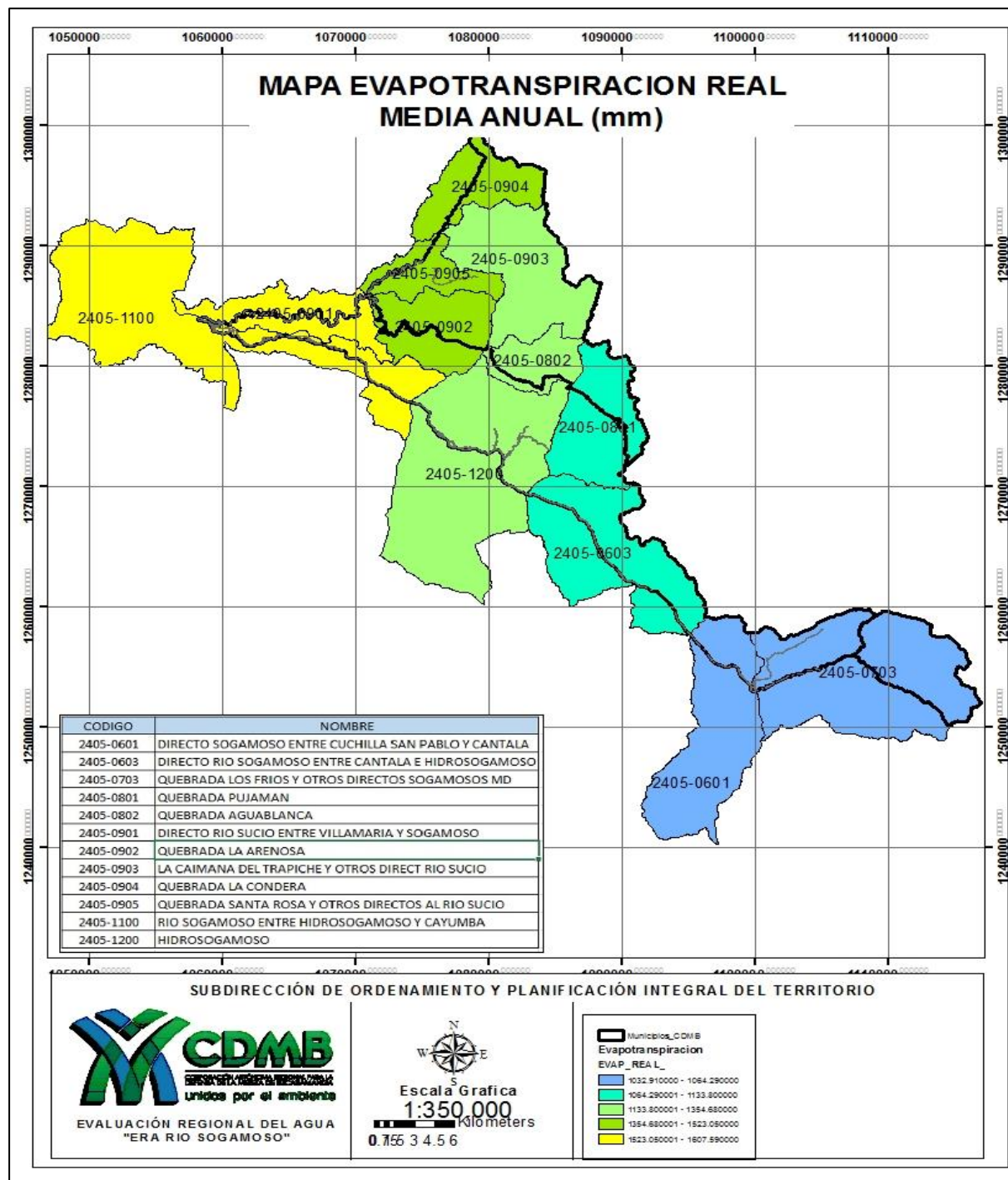


Figura 6. Evapotranspiración real en la jurisdicción de la CDMB de la cuenca del río Sogamoso. Fuente CDMB-2019

2.10 Cálculo del Balance hídrico a largo plazo

Disponiendo de los valores de las evapotranspiraciones potencial y real medias, para las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB, se aplicó la metodología contenida en el Estudio Nacional del Agua (2010) para el cálculo del balance hídrico a largo plazo, en la cual se puede considerar que la variación en el almacenamiento de agua en el volumen de control es nula (Álvarez, Vélez & Poveda, 2008 citado por ENA, 2010 y 2014).

En la siguiente expresión, se presenta la ecuación de balance para estimar la escorrentía media anual y en consecuencia, la oferta hídrica media anual, en términos de precipitación y evapotranspiración.

(Ecuación |14)

$$ESC = P - ETR$$

Dónde:

ESC= Escorrentía hídrica superficial (mm)

P= Precipitación (mm)

ETR= Evapotranspiración real (mm)

Basados en los valores de las evapotranspiraciones potencial y real medias para las subcuencas relacionadas, en la Tabla 7 se registra el balance hídrico a largo plazo, indicando los valores de escorrentía media resultante de la diferencia entre la precipitación media y la evapotranspiración real.

CÓDIGO	NOMBRE	Precipitación media (mm/año)	Evapotranspiración real (mm)	Escorrentía (mm)	Caudal (m3/s)
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	1414,77	1064,29	350,48	3,92

CÓDIGO	NOMBRE	Precipitación media (mm/año)	Evapotranspiración real (mm)	Escorrentía (mm)	Caudal (m3/s)
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	1555,25	1117,56	437,69	6,65
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	1547,73	1032,91	514,82	2,30
2405-0801	Quebrada Pujamán	1780,67	1133,8	646,87	1,23
2405-0802	Quebrada Aguablanca	1972,98	1274,8	698,18	0,62
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	2524,07	1577,53	946,54	7,47
2405-0902	Quebrada La Arenosa	2312,98	1429,71	883,27	1,41
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	2188,81	1354,68	834,13	2,15
2405-0904	Quebrada La Condera	2440,79	1523,05	917,74	1,22
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	2351,02	1499,36	851,66	4,14
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	2696,49	1607,59	1088,90	70,71
2405-1200	Hidrosogamoso	1858,72	1316,56	542,16	21,50

Tabla 7. Balance hídrico a largo plazo en la jurisdicción de la CDMB, sobre la cuenca del río Sogamoso. Fuente Pomca río Sogamoso –CAS

La espacialización de los valores obtenidos de balance hídrico a largo plazo en cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB, según los rangos indicados en el Estudio Nacional del Agua (ENA, 2014), están representados en la Figura 7.

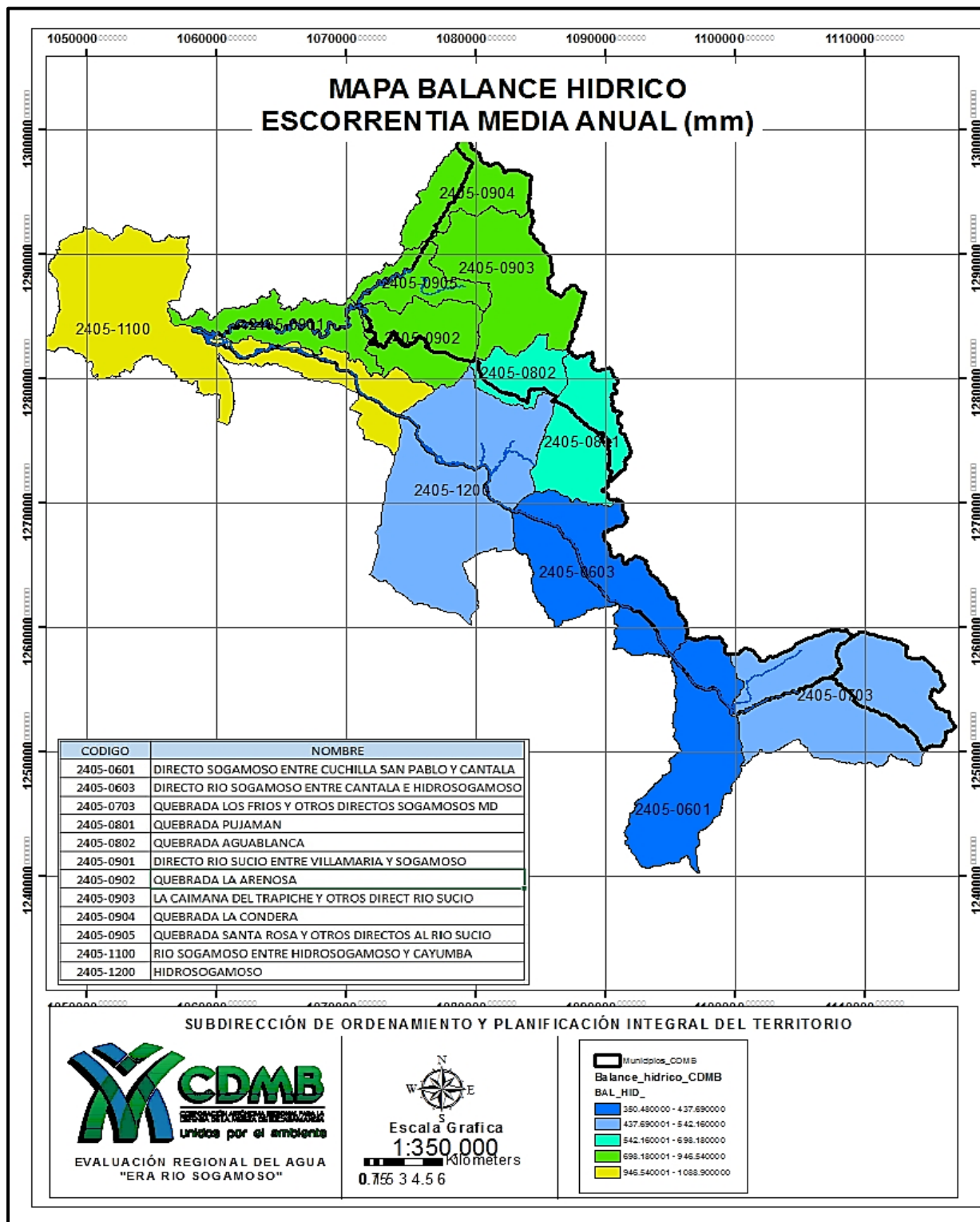


Figura 7. Balance hídrico a largo plazo para las subcuencas del área de jurisdicción de la CDMB en la cuenca del río Sogamoso. Fuente CDMB-2019

Los datos de caudales y la información obtenida en la campaña de monitoreo, se validó con los datos observados, teniendo en cuenta que las condiciones hidrológicas en la cuenca en el año 2016, correspondió a un período hidrológico fuertemente seco clasificado como El Niño, tiempo en el cual se desarrollaron los monitoreos.

2.11 Índice de aridez

El Estudio Nacional del Agua (ENA, 2014), consagró las herramientas de utilidad para relacionar las variables climatológicas con los factores que influyen la oferta hídrica. Acorde con el IDEAM, el Índice de Aridez es un indicador del régimen natural y se define como *“una característica del clima, que muestra de manera cualitativa los lugares con excedentes o déficits de agua”*.

Este índice relaciona factores meteorológicos e hidrológicos que permiten medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Identifica áreas deficitarias o de excedentes de agua, calculadas a partir del balance hídrico superficial (IDEAM, 2011).

La ecuación planteada, se basa especialmente en la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real, conforme a la siguiente expresión:

(Ecuación 15)

$$Ia = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

En donde:

Ia = Índice de Aridez

ETP = Evapotranspiración potencial (mm)

ETR = Evapotranspiración real (mm)

Se utilizaron las categorías del índice de aridez contenidas en la guía técnica para la formulación de planes de ordenación de cuencas hidrográficas 2014 del MAVD. (ver Tabla 8)

Rango de Valores IA	Categoría	Características
< 0.15		Altos excedentes de agua
0.15 – 0.19		Excedentes de agua
0.20 – 0.29		Entre moderados y excedentes de agua
0.30 – 0.39		Moderado
0.40 – 0.49		Entre moderado y deficitario de agua
0.50 – 0.59		Deficitario de agua
> 0.60		Altamente deficitario de agua

Tabla 8. Categorías de Índice de aridez. Fuente: MADS, 2014.

La espacialización de los Índices de aridez para las cuencas nivel II, jurisdicción de la CDMB en la Cuenca río Sogamoso margen derecha, está representada en la Figura 8; La información concerniente a clasificación y valores del índice de aridez, se encuentra registrada en la Tabla 9.

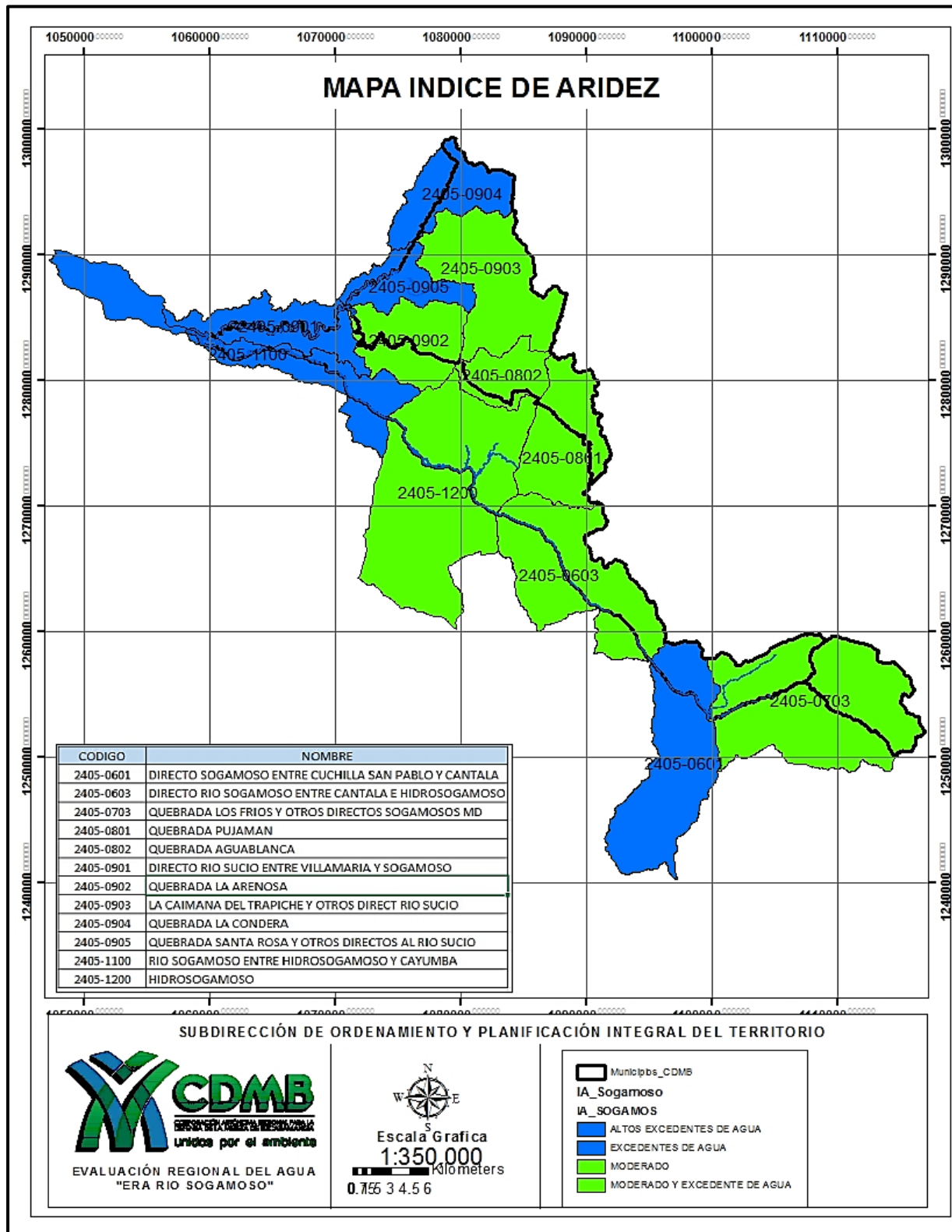


Figura 8. Espacialización de los Índices de aridez para las subcuencas que son jurisdicción de la CDMB en la Cuenca río Sogamoso. Fuente CDMB-2019

CÓDIGO	NOMBRE	VALOR	CLASIFICACIÓN	RANGO la
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	0,13	Altos excedentes de agua	< 0,15
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	0,31	Moderado	0,30 - 0,39
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	0,27	Moderado y excedente de agua	0,20 – 0,29
2405-0801	Quebrada Pujamán	0,36	Moderado	0,30 - 0,39
2405-0802	Quebrada Aguablanca	0,33	Moderado	0,30 - 0,39
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	0,17	Excedentes de agua	0,15 – 0,19
2405-0902	Quebrada La Arenosa	0,25	Moderado y excedente de agua	0,20 – 0,29
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	0,24	Moderado y excedente de agua	0,20 – 0,29
2405-0904	Quebrada La Condera	0,15	Excedentes de agua	0,15 – 0,19
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	0,19	Excedentes de agua	0,15 – 0,19
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	0,18	Excedentes de agua	0,15 – 0,19
2405-1200	Hidrosogamoso	0,32	Moderado	0,30 - 0,39

Tabla 9. Valores de Índices de Aridez en las subcuencas jurisdicción de la CDMB en la Cuenca río Sogamoso
Fuente POMCA río Sogamoso - CAS



SECCIÓN C

CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

Esta sección incluye las características de la red de drenaje (patrones de drenaje, de alineamiento y jerarquización de la red), como también una síntesis de la morfometría de las subcuencas Jurisdicción de la CDMB en la Cuenca río Sogamoso para definir la red hídrica.

3.1 Datos morfométricos cuencas nivel II río Sogamoso margen derecha

Los datos morfométricos de las unidades hidrográficas Nivel II, de la jurisdicción de la CDMB, se encuentran registrados en las Tabla 10 y 11 discriminando los coeficientes de compacidad y de forma.

CODIGO	NOMBRE	ÁREA (km ²)	PERIMETRO (km)	LONGITUD AXIAL (km)	ANCHO	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE FORMA	
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	94.94	54.58	18.79	5.05	1.57	De oval oblonga a rectangular oblonga	0.27
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	97.99	56.36	16.97	5.78	1.59	De oval oblonga a rectangular oblonga	0.34
2405-0703	Quebrada Los Frios y otros directos al río Sogamoso md	140.62	59.11	17.27	8.14	1.40	De Oval redonda a oval oblonga	0.47
2405-0801	Quebrada Pujamán	59.86	41.28	10.01	5.98	1.49	De Oval redonda a oval oblonga	0.60
2405-0802	Quebrada Aguablanca	27.94	26.27	6.22	4.49	1.39	De Oval redonda a oval oblonga	0.72
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	45.36	52.17	18.06	2.51	2.17	De oval oblonga a rectangular oblonga	0.14
2405-0902	Quebrada La Arenosa	50.35	34.43	10.00	5.03	1.36	De oval redonda a oval oblonga	0.50
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	81.19	54.03	13.90	5.84	1.68	De oval oblonga a rectangular oblonga	0.42
2405-0904	Quebrada La Condera	41.93	37.13	8.78	4.77	1.61	De oval oblonga a rectangular oblonga	0.54

CODIGO	NOMBRE	ÁREA (km ²)	PERIMETRO (km)	LONGITUD AXIAL (km)	ANCHO	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE FORMA	
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	30.02	34.56	10.65	2.82	1.77	De oval oblonga a rectangular oblonga	0.26
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	167.14	116.63	32.18	5.19	2.53	De oval oblonga a rectangular oblonga	0.16
2405-1200	Hidrosogamoso	168.30	64.62	17.61	9.56	1.39	De Oval redonda a oval oblonga	0.54

Tabla 10. Datos morfométricos de las cuencas nivel II, jurisdicción CDMB en la cuenca río Sogamoso. Fuente POMCA Río Sogamoso – CAS

Código	Nombre	Área (km ²)	Perímetro (km)	Longitud axial (km)	Ancho	Coeficiente de compacidad	Coeficiente de forma	
2405-070101	Quebradas Santera y La Chivatera	17,24	56,36	8,66	1,99	3,80	De oval oblonga a rectangular oblonga	0,23
2405-070102	Zanjón Aguas gordas y otros directos al río Sogamoso (md)	47,97	39,00	12,53	3,83	1,58	De oval oblonga a rectangular oblonga	0,31
2405-070201	Quebrada Sumidero y otros directos al río Sogamoso (md)	25,24	34,74	9,14	2,76	1,94	De oval oblonga a rectangular oblonga	0,30
2405-080100	Quebrada Pujamán	59,86	41,28	10,01	5,98	1,49	De oval redonda a oval oblonga	0,60
2405-090100	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	45,36	52,17	18,06	2,51	2,17	De oval oblonga a rectangular oblonga	0,14
2405-090301	Quebrada del Trapiche y otros directos al río Sucio	30,35	26,27	5,50	5,51	1,33	De oval redonda a oval oblonga	1,00
2405-110001	Caño de la Muerte - Río Viejo	60,58	37,13	19,05	3,18	1,34	De oval redonda a oval oblonga	0,17
2405-110002	Directos al río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	75,81	34,56	31,27	2,42	1,11	Redonda a oval redonda	0,08
2405-110003	Quebrada La Raya	30,74	53,26	10,14	3,03	2,69	De oval oblonga a rectangular oblonga	0,30

Tabla 11. Datos morfométricos para las unidades Hidrográficas nivel III (microcuencas), área Jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

3.2 Jerarquización del drenaje

Las unidades abastecedoras de centros poblados, unidades hidrográficas Nivel III o microcuencas se relacionan la longitud y cantidad de drenajes para cada uno de los órdenes existentes en la cuenca en cada unidad abastecedora.

Orden	1		2		3		4		5		6		7		8	
Código unidad hidrográfica	Longitud (m)	Drenajes	Longitud (m)	Drenajes	Longitud (m)	Drenajes	Longitud (m)	Drenajes	Longitud (m)	Drenajes	Longitud (m)	Drenajes	Longitud (m)	Drenajes	Longitud (m)	Drenajes
2405-080100	109,66	204	26,95	97	14,81	47	14,88	43	6,49	13						
2405-090100	75,44	247	30,83	120	20,28	48	7,50	21			24,41	55				
2405-090301	60,55	102	18,74	46	10,92	28	2,47	7	2,62	19						
2405-110001	61,93	55	21,30	29	18,94	22	7,38	7								
2405-110002	93,46	162	38,26	91	5,85	28	3,25	12					45,12	39		
2405-110003	42,51	69	14,41	35	12,07	22	2,19	4	9,88	8						

Tabla 12. Orden de drenajes para las unidades hidrográficas nivel III (microcuencas) área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

3.2.1 Patrón de alineamiento

Los drenajes de la Cuenca río Sogamoso en su mayoría exhiben un patrón de alineamiento meándrico, determinado por la resistencia a la erosión de las orillas generando pérdidas de energía fluctuantes a lo largo del recorrido.

En la Tabla 13, se presenta el patrón de alineamiento del afluente principal para cada unidad hidrográfica abastecedora de Nivel III, con el índice de sinuosidad correspondiente.

Código	Nombre	Patrón de alineamiento	Índice de sinuosidad
2405-080100	Quebrada Pujamán	Meándrico	2,01
2405-090100	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	Sinuoso	1,34
2405-090301	Quebrada del Trapiche y otros directos al río Sucio	Sinuoso	1,27
2405-110001	Caño de la Muerte - Río Viejo	Anastomoso	1,57
2405-110002	Directos al río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	Sinuoso	1,22

Código	Nombre	Patrón de alineamiento	Índice de sinuosidad
2405-110003	Quebrada La Raya	Sinuoso	1,49

Tabla 13. Patrón de alineamiento para las unidades hidrográficas Nivel III (microcuencas) área jurisdicción CDMB.
Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

3.2.2 Patrón de drenaje

En la Cuenca río Sogamoso, se observa un patrón Dendrítico, seguido en segunda instancia por patrones de drenaje paralelos

La Tabla14 muestra el patrón de drenaje para cada unidad hidrográfica de tercer nivel abastecedora de centros poblados.

Código	Nombre	Caracterización de Drenaje
2405 080100	Quebrada Pujamán	Dendrítico
2405-090100	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	Rectangular
2405-090301	Quebrada del Trapiche y otros directos al río Sucio	Dendrítico
2405-110001	Caño de la Muerte - Río Viejo	Dendrítico
2405-110002	Directos al río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	Dendrítico
2405-110003	Quebrada La Raya	Rectangular

Tabla 14. Patrón de drenaje para las unidades hidrográficas Nivel III (microcuencas) área jurisdicción CDMB.
Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

3.2.3 Densidad de drenaje

La densidad de drenaje se clasificó de acuerdo a Viramontes et al. (2009 que establece valores de densidad próximos al 0.5 km/km² para una cuenca pobremente drenada, y valores ≥ 3.5 km/ km² indican una red de drenaje eficiente.

No hay reporte de unidades cercanas a los 0,5 km/km², lo que permite inferir que la cuenca no posee zonas pobres de drenaje.

El cálculo de la densidad de drenaje se obtiene relacionando el área y la longitud de los drenajes para cada unidad hidrográfica de nivel III, abastecedora de centros poblados.

Código	Nombre	Área (km ²)	Longitud de drenajes (km)	Densidad de drenaje (km/km ²)
2405-080100	Quebrada Pujamán	59,86	172,8	2,89
2405-090100	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	45,36	161,6	3,56
2405-090301	Quebrada del Trapiche y otros directos al río Sucio	30,35	95,3	3,14
2405-110001	Caño de la Muerte - Río Viejo	60,58	109,5	1,81
2405-110002	Directos al río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	75,81	185,4	2,45
2405-110003	Quebrada La Raya	30,74	81,1	2,64

Tabla 15. Densidad de drenaje para las unidades hidrográfica nivel III (microcuencas). Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

3.4 Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales

Basados en el documento “Enfoque conceptual y metodológico para determinar la vulnerabilidad de fuentes abastecedoras de acueductos” (IDEAM, 2011e), la vulnerabilidad se expresa en relación con los índices morfométricos de torrencialidad e Índice de variabilidad.

3.4.1 Índice Morfométrico de Torrencialidad

De acuerdo con Rivas y Soto (2009), el Índice Morfométrico de Torrencialidad es la relación entre los parámetros morfométricos como el coeficiente de compacidad o de forma, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje, los cuales son indicativos de la forma como se concentra la escorrentía, la oportunidad de infiltración, la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos en una cuenca, la eficiencia o rapidez de la escorrentía y de los sedimentos para salir de la cuenca luego de un evento de precipitación y con ello inferir cual podría ser el nivel de susceptibilidad a procesos torrenciales.

La determinación de los índices morfométricos de torrencialidad, se obtiene de la relación de categorización de las variables de información hídrica de la cuenca como la escala y el área de la cuenca de drenaje (km²) categorizándolas a partir de la densidad de drenaje (km/km²), pendiente media de la cuenca (%) y el coeficiente de compacidad. (ver Tabla 16)

3.4.2 Índice de Variabilidad

Muestra el comportamiento de los caudales en una determinada cuenca definiendo una cuenca torrencial como aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, donde existen diferencias grandes entre los caudales mínimos que se presentan, y los valores máximos

Disponiendo de los valores promedio de las variables, se establecen cinco (5) categorías que se encuentran registradas en la Tabla 17, donde se observa que a medida que los valores aumentan existe una mayor tendencia a presentar procesos por avenidas torrenciales permitiendo deducir una mayor vulnerabilidad a este tipo de procesos (Tomado y modificado de IDEAM, 2011e).

Índice morfométrico	Escala	Área de la cuenca de drenaje (km ²)	Categorías				
			1	2	3	4	5
Densidad de drenaje (km/km ²)	1:10.000	<15	<1,50	1,51 - 2,00	2,01 - 2,50	2,51 - 3,00	>3
	1:25.000	16 a 50	<1,20	1,21 - 1,80	1,81 - 2,00	2,01 - 2,50	>2,5
	1:100.000	>50	<1,00	1,01 - 1,50	1,51 - 2,00	2,01 - 2,50	>2,5
			Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta
Pendiente media de la cuenca (%)	1:10.000	<15	<20	21 - 35	36 - 50	51 - 75	>75
	1:100.000	>50	<15	16 - 30	30 - 45	46 - 65	>65
			Accidentado	Fuerte	Muy Fuerte	Escarpado	Muy Escarpado
Coeficiente de compacidad			<1,625	1,376 - 1,500	1,251 - 1,375	1,126 - 1,250	1,00 - 1,125
			Oval - oblonga a rectangular - oblonga	Oval - redonda a oval - oblonga		Casi redonda a oval - redonda	

Tabla 16. Relaciones para categorizar el índice morfométrico para cada cuenca de segundo nivel subsiguiente
Fuente: Rivas y Soto (2009)

Para categorizar el índice Morfométrico de Torrencialidad en Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja se utiliza la siguiente matriz de decisión:

		PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA						
		1	2	3	4	5		
Densidad de Drenaje	1	111	121	131	141	151	1	Coeficiente de Forma
		112	122	132	142	152	2	
		113	123	133	143	153	3	
		114	124	134	144	154	4	
		115	125	135	145	155	5	
	2	211	221	231	241	251	1	
		212	222	232	242	252	2	
		213	223	233	243	253	3	
		214	224	234	244	254	4	
		215	225	235	245	255	5	
	3	311	321	331	341	351	1	
		312	322	332	342	352	2	
		313	323	333	343	353	3	
		314	324	334	344	354	4	
		315	325	335	345	355	5	
	4	411	421	431	441	451	1	
		412	422	432	442	452	2	
		413	423	433	443	453	3	
		414	424	434	444	454	4	
		415	425	435	445	455	5	
	5	511	521	531	541	551	1	
		512	522	532	542	552	2	
		513	523	533	543	553	3	
		514	524	534	544	554	4	
		515	525	535	545	555	5	

Tabla 17. Categorías índices Morfométrico de Torrencialidad. Fuente. IDEAM, (2013)

En la Tabla 18, se encuentran registrados los valores de densidad de drenaje, pendiente media y el área de la cuenca para las subcuencas de drenaje en el área de jurisdicción de la CDMB; y en la Figura 9 el mapa representa el índice morfométrico de Torrencialidad.

Código	NOMBRE	AREA (km2)	Coefficiente Compacidad	Densidad drenaje	Pend media de la cuenc	Área cuenc (km2)	Categor drenaje	Categoría pendiente	Categoría coeficiente compacidad	Índice Morfométrico
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	94,94	1,57	3,024	54,2	>50	5 Muy alta	4 Escarpado	¹ De oval oblonga a rectangular oblonga	541 Alta
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	97,99	1,59	1,543	61,7	>50	3 Moderada alta	4 Escarpado	¹ De oval oblonga a rectangular oblonga	341 Moderada
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	140,62	1,40	2,031	34,5	>50	4 Alta	3 Muy fuerte	² De Oval redonda a oval oblonga	432 Moderada
2405-0801	Quebrada Pujamán	59,86	1,49	1,32	34,5	>50	3 Moderada alta	3 Muy fuerte	² De Oval redonda a oval oblonga	332 Moderada
2405-0802	Quebrada Agua Blanca	27,94	1,39	1,820	27,7	<50	3 Moderada alta	2 Fuerte	² De Oval redonda a oval oblonga	322 Baja
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	45,36	2,17	1,677	11,4	<50	3 Moderada alta	1 Accidentado	¹ De oval oblonga a rectangular oblonga	311 Baja
2405-0902	Quebrada La Arenosa	50,35	1,36	2,272	31,5	>50	4 Alta	3 Muy fuerte	² De Oval redonda a oval oblonga	432 Moderada
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	81,19	1,68	2,086	27,4	>50	4 Alta	2 Fuerte	¹ De oval oblonga a rectangular oblonga	421 Moderada
2405-0904	Quebrada La Condera	41,93	1,61	2,921	21,9	<50	5 Muy alta	2 Fuerte	¹ De oval oblonga a rectangular oblonga	521 Alta
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	30,02	1,77	2,399	22,3	<50	4 Alta	2 Fuerte	¹ De oval oblonga a rectangular oblonga	421 Moderada
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	167,14	2,53	1,182	10,6	>50	3 Moderada alta	1 Accidentado	¹ De oval oblonga a rectangular oblonga	311 Baja
2405-1200	Hidrosogamoso	168,30	1,39	1,505	29,8	>50	3 Moderada alta	2 Fuerte	² De Oval redonda a oval oblonga	322 Baja

Tabla 18. Índices Morfométricos de Torrencialidad obtenidos para las unidades hidrográficas nivel II de la jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso CAS

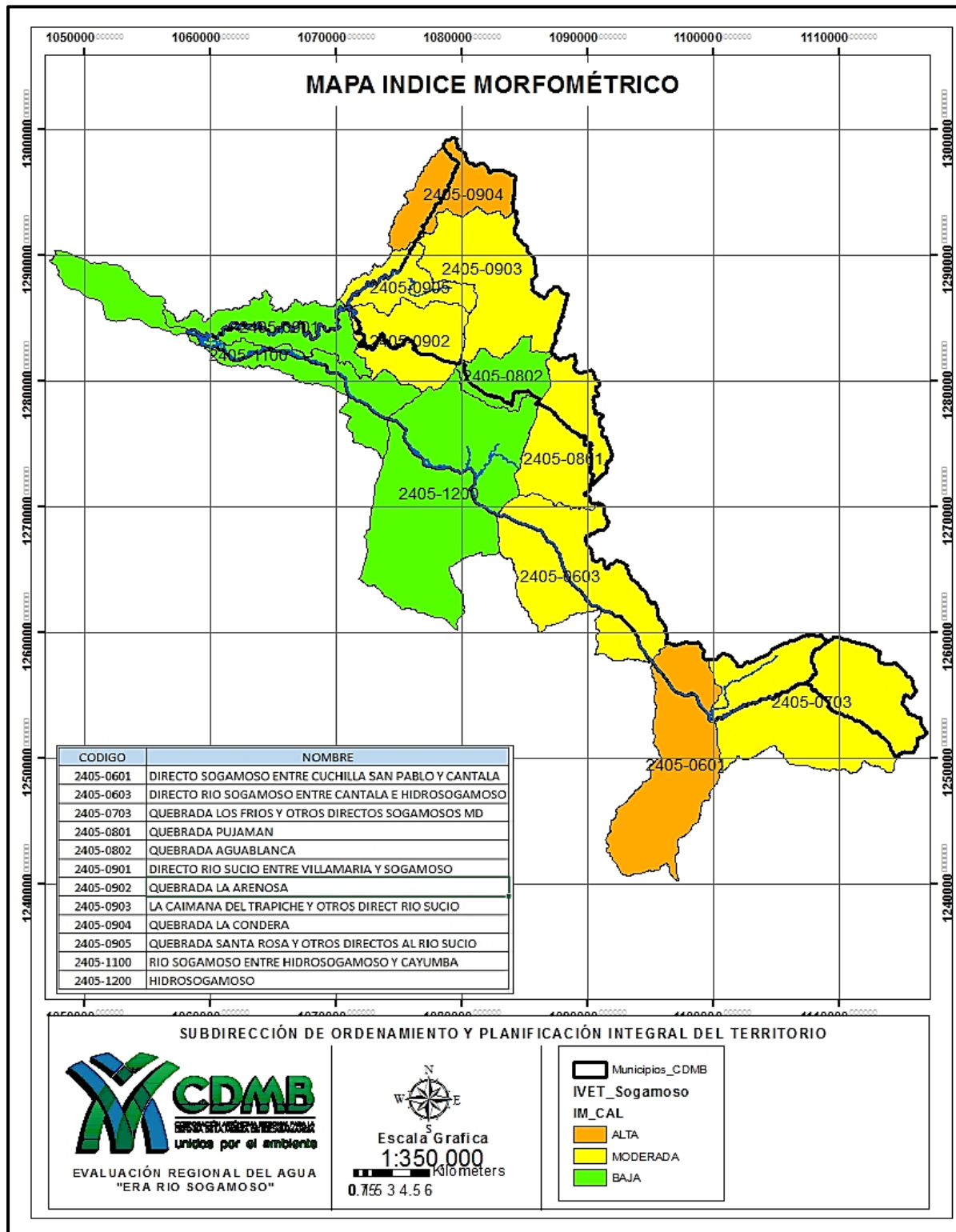


Figura 9. Índices Morfométricos de Torrencialidad obtenidos para las unidades hidrográficas nivel II de la jurisdicción CDMB. Fuente POMCA rio Sogamoso CAS

3.4.3 Índice de variabilidad de caudales

Una cuenca torrencial es aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, existen diferencias grandes entre los caudales mínimos y los valores máximos. Las Cuencas con variabilidades pequeñas muestran que los caudales tienden a mantenerse y los cauces, generalmente tienen la capacidad para transportar estos caudales. El comportamiento con variabilidad pequeña es típico de cauces de llanura, los cuales generalmente no presentan procesos torrenciales. Las cuencas de área pequeñas con pendientes altas, por lo general presentan caudales de creciente, alternado de caudales medios y bajos con magnitudes muy inferiores a las de los caudales máximos, que hacen que la curva de duración de caudales muestre una gran variabilidad.

El índice de variabilidad se obtiene de la curva de duración de caudales, que evidencia la variabilidad de los caudales en una determinada área de la cuenca. La curva de duración de caudales al ser graficada en escala logarítmica, muestra una tendencia lineal, de la cual se puede obtener el índice de variabilidad que se expresa mediante la siguiente expresión:

(Ecuación 16)

$$\text{Índice de variabilidad} = (\text{Log}(Q_i) - \text{Log}(Q_f)) / (\text{Log}(X_i) - \text{Log}(X_f))$$

Q_i y Q_f = Caudales tomados de la curva de duración de caudales

X_i y X_f = Porcentajes de tiempo en que se exceden los caudales Q_i y Q_f , respectivamente. (IDEAM 2013).

La clasificación del índice de variabilidad se encuentra halla condensada en la Tabla 19.

Índice de variabilidad	Vulnerabilidad
<10°	Muy Baja
10,1° - 37°	Baja
37,1° - 47°	Media
47,1° - 55°	Alta
>55°	Muy Alta

Tabla 19. Clasificación del Índice de Variabilidad Fuente: IDEAM, 2013

En el área de la jurisdicción CDMB los índices de variabilidad para las unidades hidrográficas nivel II se presentan en la Tabla 20.

CODIGO	NOMBRE	AREA (km2)	Índice de Variabilidad	
2405	Río Sogamoso	3434,27	42,12	Media
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla San Pablo y Cantala	94,94	42,12	Media
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	97,99	42,12	Media
2405-0701	Quebrada Santera y otros directos al río Sogamoso md	65,21	42,12	Media
2405-0702	Quebrada del Potrero y otros directos al río Sogamoso md	51,60	42,12	Media
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	140,62	42,12	Media
2405-0801	Quebrada Pujamán	59,86	42,12	Media
2405-0802	Quebrada Agua Blanca	27,94	42,12	Media
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	45,36	42,12	Media
2405-0902	Quebrada La Arenosa	50,35	42,12	Media
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	81,19	42,12	Media
2405-0904	Quebrada La Condera	41,93	42,12	Media
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	30,02	42,12	Media
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	167,14	42,12	Media
2405-1200	Hidrosogamoso	168,30	42,12	Media

Tabla 20. Índice de variabilidad para las unidades hidrográficas nivel II de la jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso CAS

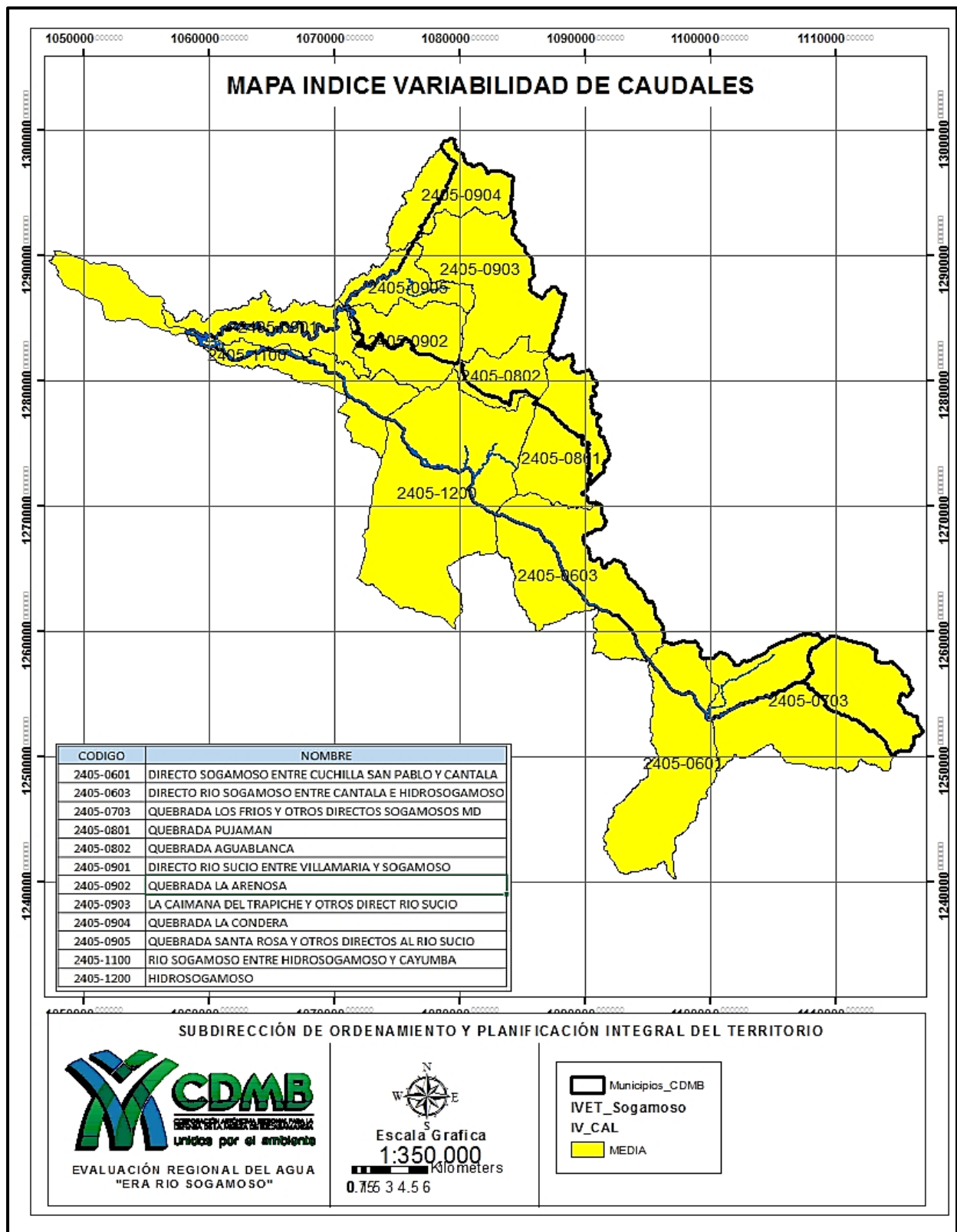


Figura 10. Índice de variabilidad para las subcuencas área jurisdicción CDMB-Cuenca Hidrográfica del río Sogamoso. Fuente POMCA CAS

La clasificación de los índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET) se expresa a partir de la integración de los índices Morfométricos y de Variabilidad de caudales, teniendo en cuenta las categorizaciones presentes en cada uno de los índices. (ver Tabla 21)

Índice de Variabilidad	Índice Morfométrico de Torrencialidad				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Muy baja	Baja	Baja	Media	Alta	Alta
Baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
Media	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
Alta	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
Muy alta	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta

Tabla 21. Clasificación del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) Fuente: IDEAM, 2013.

El índice de vulnerabilidad para cada unidad hidrográfica Nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB de la Cuenca Río Sogamoso, se encuentra discriminado en la Tabla 22. Este índice permite detectar el grado de vulnerabilidad a lluvias de alta intensidad y corta duración, generando avenidas torrenciales de forma frecuente.

Código	Nombre	Índice Morfométrico	Índice de Variabilidad	IVET
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla San Pablo y Cantala	541	Alta	Alta
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	341	Moderada	Alta
2405-0703	Quebrada Los Frios y otros directos al río Sogamoso md	432	Moderada	Alta

Código	Nombre	Índice Morfométrico		Índice de Variabilidad		IVET
2405-0801	Quebrada Pujamán	332	Moderada	42.12	Media	Alta
2405-0802	Quebrada Aguablanca	322	Baja	42.12	Media	Media
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	311	Baja	42.12	Media	Media
2405-0902	Quebrada La Arenosa	432	Moderada	42.12	Media	Alta
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	421	Moderada	42.12	Media	Alta
2405-0904	Quebrada La Condera	521	Alta	42.12	Media	Alta
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	421	Moderada	42.12	Media	Alta
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	311	Baja	42.12	Media	Media
2405-1200	Hidrosogamoso	322	Baja	42.12	Media	Media

Tabla 22. Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales para unidad hidrográfica Nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB de la Cuenca río Sogamoso. Fuente POMCA río Sogamoso CAS

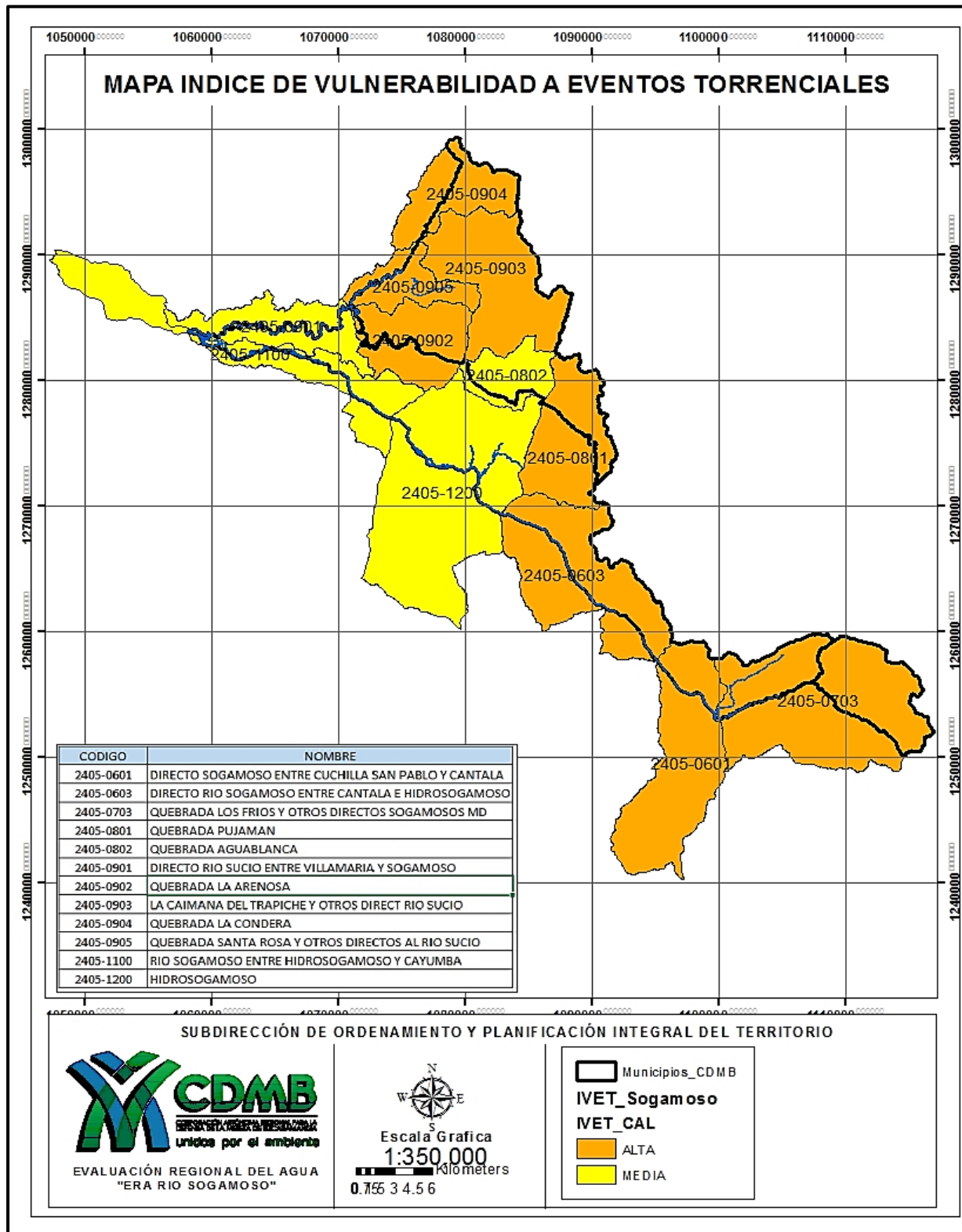
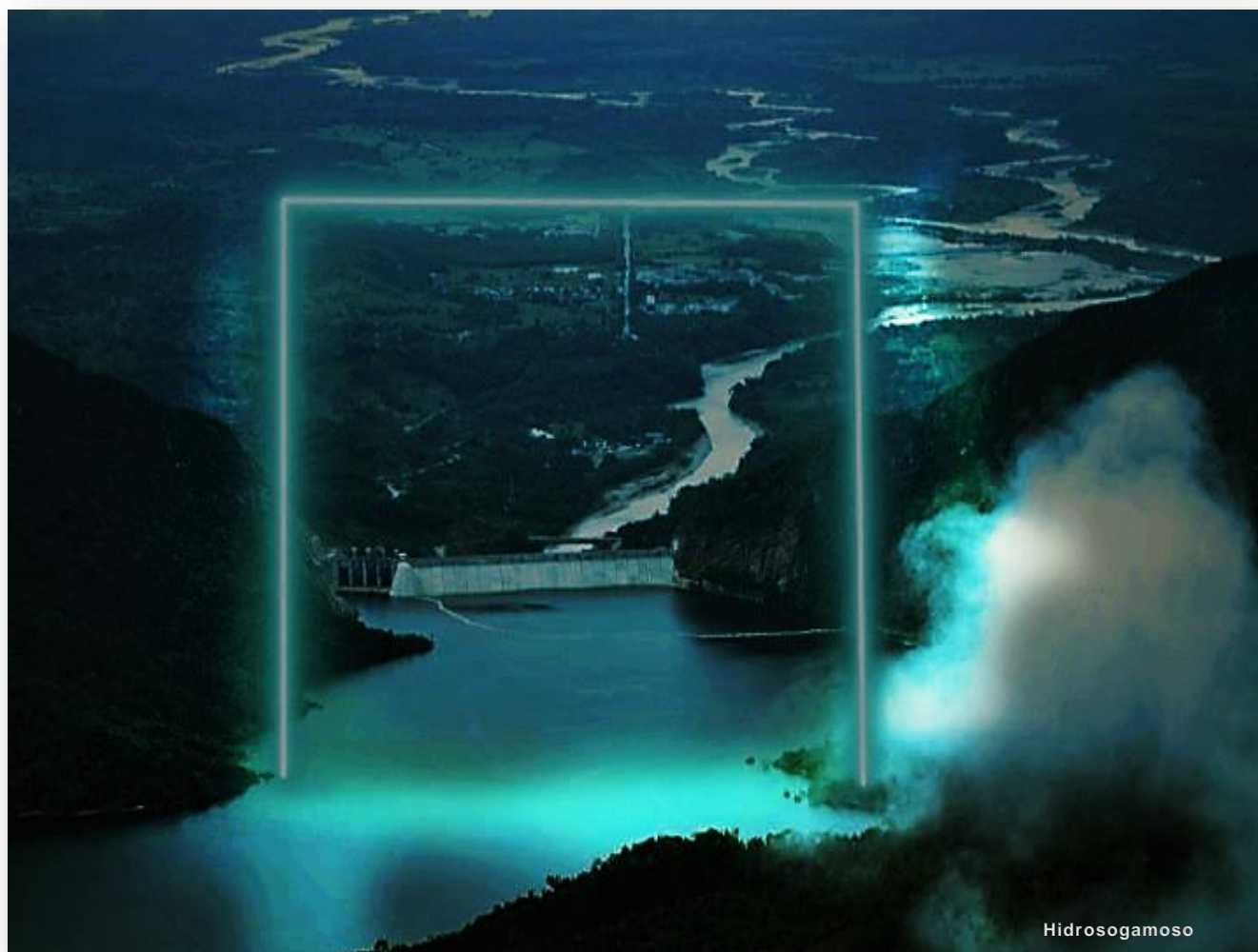


Figura 11. Mapa de Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales para cada subcuena (Nivel II) en el área de jurisdicción de la CDMB de la cuenca río Sogamoso. Fuente POMCA río Sogamoso CAS



SECCIÓN D

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS HIDROLÓGICOS DE LAS ESTACIONES EXISTENTES

Con las series de caudales disponibles de las estaciones hidrológicas, se elaboraron las curvas de duración de caudales y se estimaron los caudales característicos y las distribuciones temporales medias para cada estación.

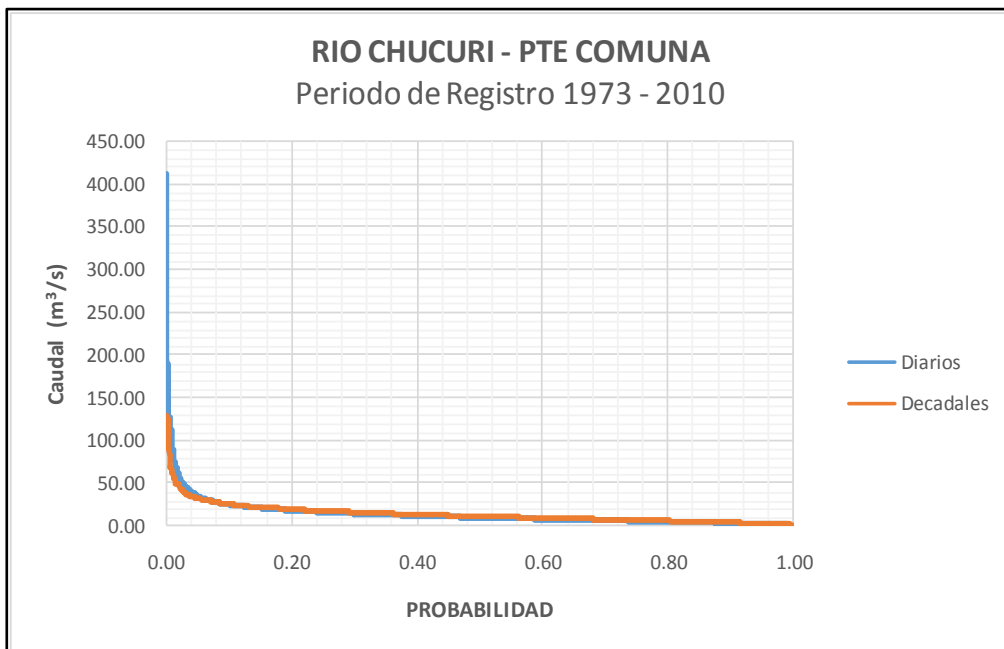
Así mismo, se analizaron los datos de caudales máximos y mínimos instantáneos registrados en cada una de las tres estaciones, para realizar el análisis de frecuencia de caudales máximos y mínimos y de esta manera determinar los períodos de retorno para diferentes probabilidades de ocurrencia.

4.1 Caudales medios mensuales

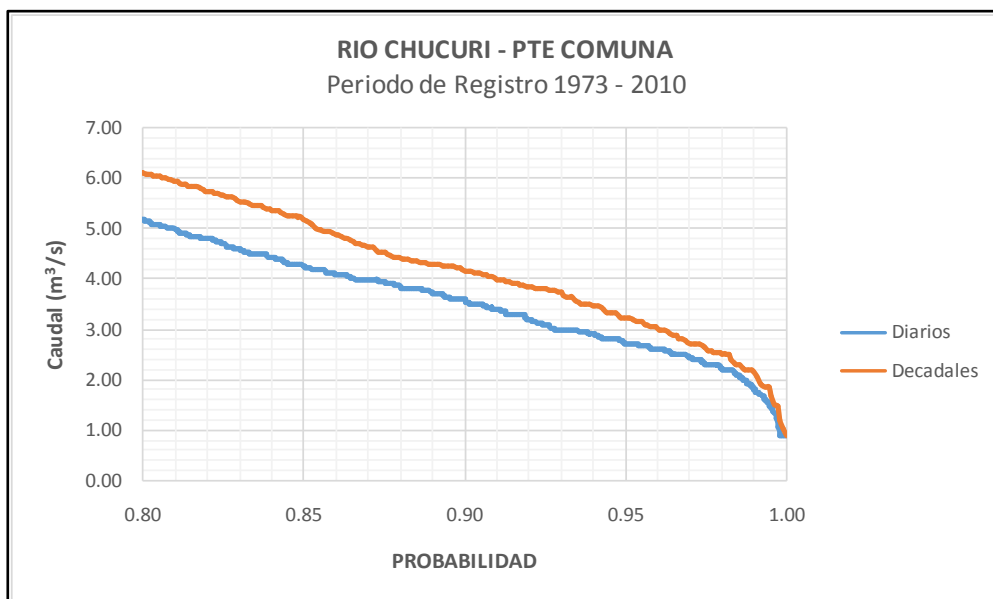
El análisis de las series de caudales medios, máximos y mínimos registrados en las estaciones para determinar el régimen hidrológico de la cuenca del río Sogamoso, se especifican/detallan a continuación para cada estación.

4.1.1 Río Chucuri – Puente Comuna

La estación Puente Comuna posee información para todos los años comprendidos entre 1973 y 2010 a excepción de los años de 1986, 1987, 1988 y 2001. En la Grafica 4 se muestra la curva de duración de los caudales medios diarios y decadales de la estación río Chucuri – Puente Comuna y en la Grafica 5, excedencias superiores al 80%.



Gráfica 4. Curva de duración de caudales medios diarios. Río Cachiri – Puente Comuna
Fuente: POMCA Río Sogamoso-CAS



Gráfica 5. Curva de excedencias Superiores al 80%. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS.

En la Tabla 23, se presentan los caudales característicos de la estación Puente Comuna para un periodo de 38 años con un total de 34 registros.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m³/s		m³/s
Máximo	413.40	Máximo	128.84
Q₅₀	9.75	Q₅₀	11.55
Q₇₅	5.98	Q₇₅	6.98
Q₉₀	3.63	Q₉₀	4.26
Q₉₅	2.80	Q₉₅	3.33
Q₉₇	2.52	Q₉₇	2.87
Q₉₉	2.10	Q₉₉	2.28
Mínimo	0.90	Mínimo	0.90

Tabla 23. Caudales característicos Río Chucuri- estación Puente Comuna. Fuente POMCA Río Sogamoso –CAS.

4.2 Caudales máximos anuales

A partir de las series de valores máximos anuales para cada una de las estaciones disponibles, se desarrollaron los análisis de frecuencias, por medio de las distribuciones Normal, Gumbel, Pearson Tipo III, Log – Pearson Tipo III, Log – Normal y de Extremos (EV3) llevando a cabo la prueba de ajuste de la distribución Chi², para determinar cuál de las distribuciones presenta el mejor ajuste (menor valor obtenido en la prueba) y de acuerdo con este valor, seleccionar los valores máximos de caudales a nivel anual.

Estos análisis muestran la probabilidad de que pueda ocurrir un evento, en un lapso establecido o período de retorno, que puede variar de 2 a miles de años. Para el estudio, se tomaron períodos de retorno de 2 a 500 años, que permiten apoyar la toma de decisiones para múltiples objetivos en la cuenca, tanto de infraestructura como de aspectos socioeconómicos.

4.2.1 Río Chucuri – Puente Comuna

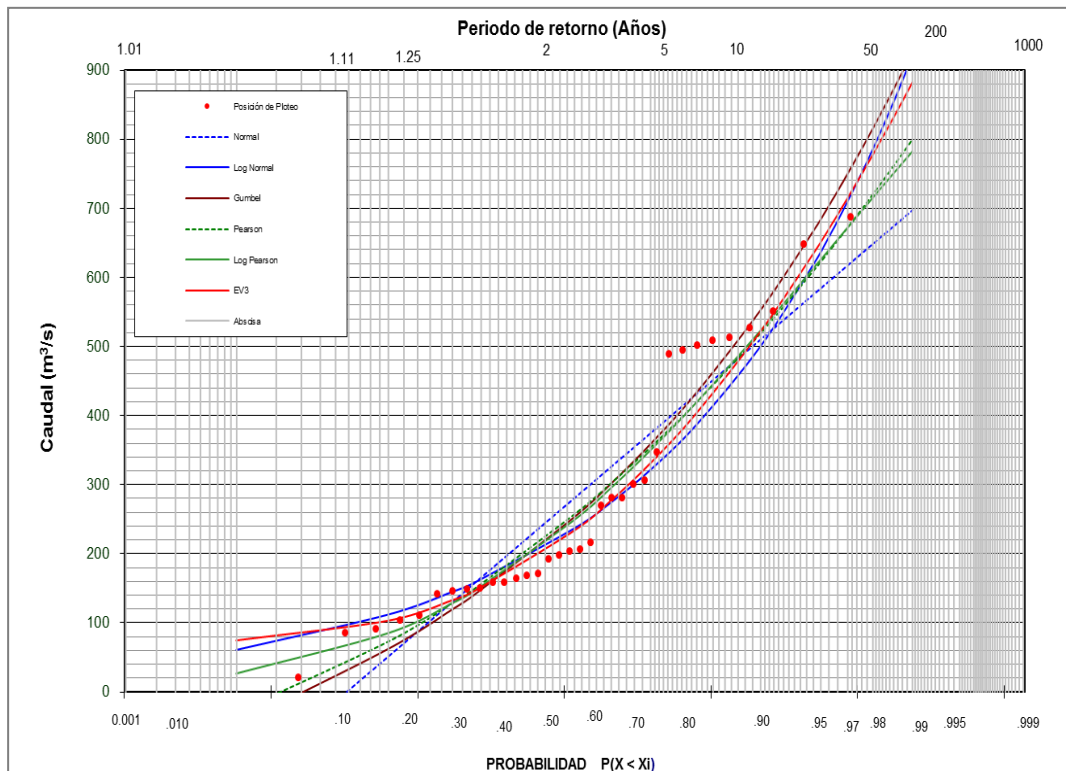
Los registros de caudales máximos absolutos disponibles en la Estación Puente Comuna corresponden al período de registro de 1976 a 1995, con los cuales se realizó el análisis (ver Tabla 24)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	20.50	20.50
1974	90.98	23.16	106.10	222.30	63.75	21.70	61.65	79.18	688.10	524.40	280.40	208.00	688.10
1975	12.50	53.25	172.00	390.40	199.10	86.10	70.23	266.30	139.10	254.50	495.20	276.30	495.20
1976	26.40	32.40	90.90	157.30	57.40	222.30	43.60	45.50	69.10	513.70	45.50	6.00	513.70
1977	37.00	6.00	16.00	37.00	301.00	80.30	22.00	29.40	125.10	154.40	527.10	13.30	527.10
1978	22.05	23.51	509.00	173.20	63.75	63.75	38.00	38.00	88.10	63.40	138.50	25.20	509.00
1979	281.60	26.42	61.68	135.90	61.68	122.10	62.54	70.56	39.92	105.50	164.60	93.40	281.60
1980	17.60	31.30	25.20	45.78	31.30	92.34	18.92	17.16	47.16	68.70	197.90	12.60	197.90
1981	90.24	167.60	22.50	139.90	88.10	71.87	37.15	81.29	67.93	112.70	489.50	67.93	489.50
1982	59.40	68.94	9.31	169.00	114.00	91.40	20.10	28.20	37.60	54.20	32.90	16.29	169.00
1983	91.50	20.12	15.80	74.60	46.20	69.00	69.00	58.20	63.60	52.20	17.96	12.23	91.50
1984	51.24	22.50	33.36	35.12	22.50	30.69	61.72	31.60	85.20	67.00	76.40	52.11	85.20
1985	21.16	20.12	74.87	95.91	154.80	91.02	77.64	67.37	136.70	204.00	135.00	131.80	204.00
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	81.70	32.50	97.80	76.40	58.20	31.60	103.40	49.50	103.40
1990	13.30	44.10	54.30	126.00	126.90	53.50	65.60	106.50	30.70	216.20	174.40	88.80	216.20
1991	4.50	44.90	78.20	27.70	57.30	63.00	35.40	71.90	123.00	84.80	165.00	22.90	165.00
1992	67.50	51.60	46.10	28.00	95.40	196.40	64.20	137.00	43.80	32.30	347.00	45.70	347.00
1993	76.80	37.50	37.50	163.20	115.80	44.10	58.50	58.50	37.50	76.80	193.10	80.10	193.10
1994	66.90	13.70	19.20	40.20	76.80	27.20	24.50	81.10	139.60	115.20	206.90	94.10	206.90
1995	9.30	66.90	89.80	76.80	60.90	48.50	40.20	134.50	44.30	52.70	149.90	8.60	149.90
1996	64.20	12.30	34.10	57.80	23.80	23.80	23.80	23.80	21.10	149.80	19.30	99.40	149.80
1997	22.90	59.50	39.90	159.00	68.60	104.00	72.40	52.20	113.00	131.30	113.00	10.90	159.00
1998	3.30	25.30	59.50	104.00	111.20	62.20	75.20	25.30	9.00	70.50	XXX	XXX	111.20
1999	2.60	118.40	100.30	78.90	142.40	64.90	63.10	111.20	140.50	122.00	71.40	39.90	142.40
2000	74.30	159.00	XXX	22.30	66.80	45.90	43.30	45.90	73.30	159.00	54.00	25.30	159.00

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
2002	5.70	7.30	131.40	9.60	146.00	9.60	7.00	5.90	7.30	131.40	134.30	6.40	146.00
2003	7.30	8.90	137.20	131.40	134.30	131.40	255.90	244.30	447.80	486.60	134.30	502.80	502.80
2004	46.22	125.50	30.83	342.10	224.80	140.10	60.70	21.70	201.40	551.40	193.70	224.80	551.40
2005	65.19	XXX	30.19	101.10	110.80	205.30	47.18	71.07	52.96	225.30	301.50	178.10	301.50
2006	XXX	XXX	XXX	306.60	104.80	34.13	28.08	37.15	47.23	98.43	50.22	217.00	306.60
2007	178.10	65.19	44.21	306.60	182.00	347.10	122.60	370.20	37.15	122.60	648.70	50.22	648.70
2008	9.91	37.15	143.10	77.16	48.73	18.19	47.23	117.60	113.30	96.30	281.30	100.60	281.30
2009	14.95	37.69	60.61	171.20	23.04	23.52	23.52	19.24	16.86	24.27	122.90	14.00	171.20
2010	1.67	27.25	10.30	34.71	248.40	248.40	221.80	48.83	248.40	269.70	259.00	229.70	269.70

Tabla 24. Caudales máximos anuales para la estación Puente Comuna. Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS

El análisis de frecuencia río Chucuri-Puente Comuna se describe en la Gráfica 6, con una representación lineal de cada una de las distribuciones de frecuencia aplicadas para la obtención de los caudales máximos; en la Tabla 25 se presentan los resultados para períodos de retorno de 2 a 500 años.



Gráfica 6. Análisis de frecuencia Río Chucuri – Puente Comuna Fuente POMCA río Sogamoso -CAS

En la tabla de resultados, se observa que Log - Pearson, con un valor de 182.77 que corresponde a la distribución que presenta un mejor ajuste a la prueba Chi². Teniendo en cuenta ésta distribución, el caudal máximo del cauce del río Opón en el punto de cierre de la estación, para un período de retorno 50 años, es de 715.57 m³/s y a los 100 años de 782.51 m³/s. (ver Tabla 25)

T _R años	Normal	Gumbel	Pearson	Log- Pear	Log-Nor	EV3
2	281.01	253.49	257.33	249.43	237.02	233.95
2.33	326.28	302.02	302.51	295.81	274.71	277.56
5	431.63	433.73	419.94	419.60	387.29	404.13
10	510.43	553.07	519.67	523.46	500.74	522.25
20	575.49	667.54	610.12	613.36	619.06	634.92
25	594.44	703.85	637.90	639.85	658.51	670.29
50	648.69	815.71	721.08	715.57	785.93	777.87
100	697.49	926.74	800.64	782.51	921.45	882.53
200	742.14	1037.37	877.52	841.87	1065.83	984.78
500	796.24	1183.32	976.02	910.23	1271.44	1116.83
Chi 2	-4123.52	213.51	280.48	182.77	270.59	204.39

Tabla 25. Resultados análisis de frecuencias. Fuente POMCA Río Sogamoso - CAS

4.3 Caudales mínimos anuales

A partir de las series de valores mínimos registrados en cada una de las estaciones disponibles, se desarrollaron los análisis de frecuencias por medio de las distribuciones Normal, Gumbel, Pearson Tipo III, Log – Pearson Tipo III, Log – Normal y de Extremos (EV3) llevando a cabo la prueba de ajuste de la distribución Chi², para determinar posteriormente cuál de las distribuciones presenta el mejor ajuste (menor valor obtenido en la prueba) y de acuerdo con este valor, seleccionar los valores mínimos de caudales a nivel anual.

Estos análisis muestran la probabilidad de que un determinado evento pueda ocurrir en un lapso establecido o período de retorno de 2 a 500 años, y son importantes para apoyar la toma de decisiones en la cuenca, a nivel socioeconómico y de infraestructura. Los análisis de caudales mínimos obtenidos para cada una de las estaciones disponibles en la cuenca, se detallan a continuación.

4.3.1 Río Chucuri – Puente Comuna

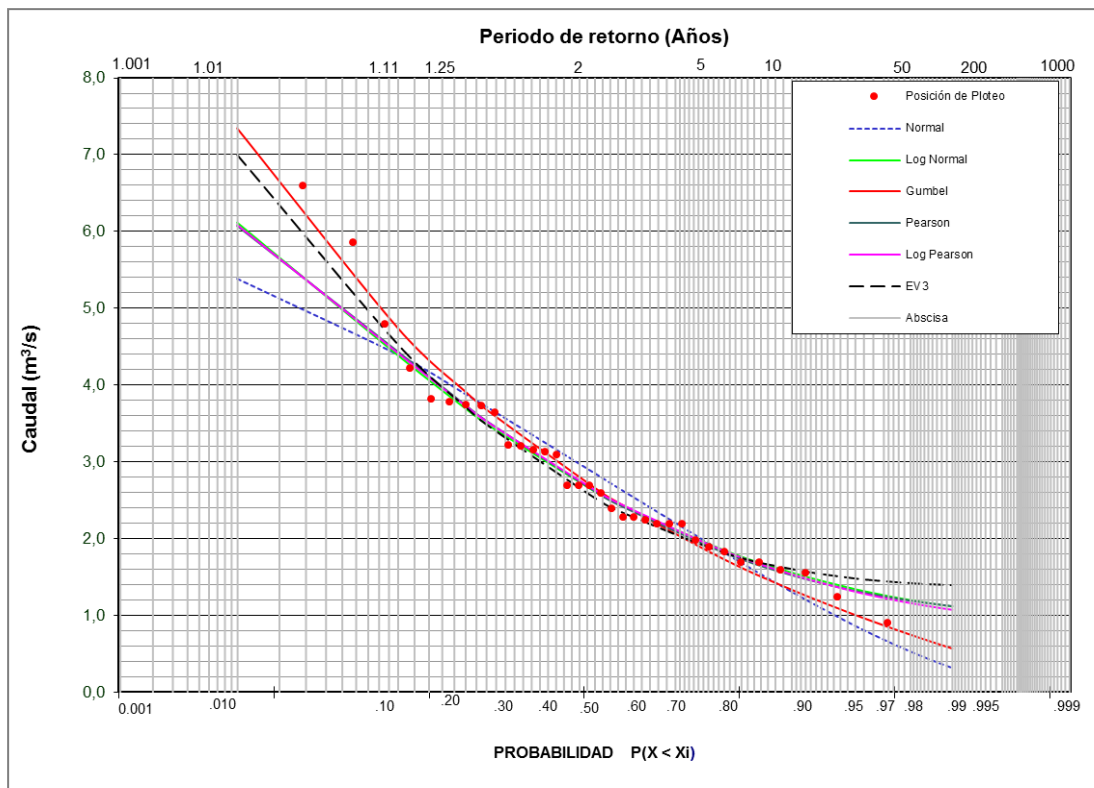
Para la estimación de los periodos de retorno referentes a los caudales mínimos, se realizó el análisis en el periodo de registro 1976 -1995. Los valores mínimos mensuales y anuales, de la estación Río Chucuri – Puente Comuna se consolidan en la Tabla 26.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	4.80	4.80
1974	2.70	2.70	3.00	4.20	8.40	5.25	4.05	5.71	10.14	12.85	15.72	3.90	2.70
1975	2.85	2.70	2.70	2.77	9.85	8.28	9.40	8.57	8.57	9.08	11.74	12.50	2.70
1976	4.20	2.90	3.50	2.70	9.90	9.90	6.40	4.20	6.00	13.30	4.80	2.70	2.70
1977	2.10	1.70	1.70	2.00	3.00	3.00	4.50	3.90	4.20	8.90	2.50	2.50	1.70
1978	2.35	2.28	2.87	13.25	10.02	10.50	8.92	10.78	11.40	12.00	8.92	6.14	2.28
1979	4.43	4.85	4.22	5.37	7.82	8.18	6.86	5.48	8.18	5.90	10.25	5.90	4.22
1980	3.80	3.80	3.16	4.01	5.16	6.74	6.26	6.86	7.22	6.38	6.38	4.33	3.16
1981	3.64	3.64	4.22	3.80	12.60	14.07	8.27	9.88	11.48	9.65	9.65	7.01	3.64
1982	6.43	6.20	5.86	9.31	14.62	9.65	8.85	7.93	8.85	9.88	7.93	7.35	5.86
1983	2.60	2.60	2.20	2.20	6.73	6.86	4.22	7.19	6.46	4.98	3.79	3.45	2.20
1984	2.94	2.94	2.28	2.77	4.22	6.32	5.78	6.86	8.67	10.70	11.72	4.98	2.28
1985	3.79	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	3.79
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	8.02	7.95	6.60	7.76	8.85	8.85	10.33	6.73	6.60
1990	1.83	XXX	XXX	XXX	6.34	5.49	4.04	5.09	5.29	5.59	6.15	XXX	1.83
1991	2.04	1.56	1.92	3.83	8.58	8.55	6.50	5.32	4.73	6.81	5.94	3.37	1.56
1992	2.50	2.50	2.10	1.70	3.20	4.50	7.40	5.80	5.80	3.40	2.00	5.40	1.70
1993	3.30	1.90	1.90	3.20	8.90	5.90	4.90	4.20	7.00	6.90	8.60	5.90	1.90
1994	2.96	2.25	2.78	3.09	9.17	5.31	5.57	5.95	8.19	12.20	12.20	7.07	2.25
1995	4.37	3.22	5.68	4.79	12.20	13.75	10.65	14.84	13.31	11.31	7.26	4.00	3.22
1996	1.60	2.40	4.70	5.10	7.80	10.90	8.30	7.80	7.80	8.70	8.40	5.10	1.60
1997	3.40	2.80	2.80	6.80	6.00	5.00	3.40	3.40	3.50	4.80	4.30	2.60	2.60
1998	2.19	2.52	3.06	5.94	12.08	9.67	9.84	6.98	8.54	7.36	XXX	XXX	2.19
1999	2.19	6.42	6.43	7.01	8.70	9.42	8.40	11.85	12.77	13.24	11.16	8.54	2.19
2000	5.48	3.82	XXX	8.86	8.21	10.46	9.02	13.93	13.70	14.16	12.08	8.54	3.82

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
2002	3.50	3.80	4.00	4.30	5.50	6.40	3.80	3.80	3.80	5.70	4.10	3.10	3.10
2003	2.60	2.70	2.40	4.10	6.40	6.40	6.30	7.00	9.30	7.00	7.30	5.70	2.40
2004	4.12	2.58	1.98	2.70	5.37	5.82	4.74	4.07	4.03	6.90	7.17	4.41	1.98
2005	3.75	XXX	6.59	5.81	9.66	6.90	4.97	4.92	6.77	8.45	5.48	5.11	3.75
2006	6.66	7.80	6.99	7.15	5.95	4.88	3.21	4.21	3.88	5.24	6.66	5.24	3.21
2007	3.96	3.82	3.74	5.74	9.04	7.47	6.67	6.54	6.42	5.71	6.42	3.96	3.74
2008	3.13	3.79	5.00	3.38	5.24	6.19	4.88	5.00	5.36	6.30	6.30	3.46	3.13
2009	1.24	1.36	2.68	1.48	2.68	4.06	2.56	4.60	2.20	2.80	2.20	1.84	1.24
2010	0.90	0.90	0.90	1.94	6.03	6.50	8.30	10.30	9.70	10.10	11.59	11.97	0.90

Tabla 26. Caudales mínimos período de registro estación Río Chucuri – Puente Comuna de 1976 a 1995. Fuente POMCA río Sogamoso – CAS

Se realizó el análisis de caudales máximos obtenidos y prueba de ajuste χ^2 , generando una representación gráfica de distribuciones de frecuencia (Gráfica 7), y una tabla de resultados (Tabla 27), para los periodos de retorno de 2 a 500 años.



Gráfica 7. Análisis de frecuencia. Fuente POMCA río Sogamoso - CAS

Con base en la gráfica, se puede establecer que la distribución de Gumbel, con un valor de 0.43, presenta mejor ajuste a la prueba de Chi², con un caudal mínimo para un período de retorno 50 años de 0.75 m³/s y para 100 años de 0.57 m³/s.

T _R años	Normal	Gumbel	Pearson	Log- Pear	Log-Nor	EV3
2	2.85	2.66	2.61	2.63	2.61	2.53
2.33	2.63	2.44	2.42	2.44	2.43	2.34
5	1.82	1.73	1.82	1.84	1.85	1.82
10	1.31	1.33	1.52	1.54	1.56	1.60
20	0.92	1.04	1.34	1.33	1.37	1.49
50	0.53	0.75	1.19	1.16	1.20	1.42
100	0.32	0.57	1.12	1.07	1.12	1.39
200	0.16	0.41	1.07	1.01	1.06	1.38
500	0.01	0.24	1.03	0.96	1.01	1.37
Chi ²	1.39	0.43	0.66	0.65	0.69	0.58

Tabla 27. Resultados análisis de frecuencias. Fuente POMCA río Sogamoso CAS

Con la información disponible de cada estación y teniendo en cuenta su respectiva localización con relación a las condiciones de las subcuencas a analizar, se seleccionó la estación Puente Comuna, ubicada sobre la cuenca del río Chucurí, aguas arriba del embalse de Hidrosogamoso, debido a que las estaciones de El Tablazo, Puente La Paz y Puente Sogamoso se localizan sobre el río Sogamoso, y no son representativas para determinar las condiciones hidrológicas de los niveles subsiguientes de la cuenca (subcuenca y microcuenca).

Sin embargo, la estación de El Tablazo y sus registros de caudales se tomaron como valores de referencia para determinar el caudal de entrada en la cuenca río Sogamoso, debido a que la cuenca inicia en el punto de confluencia de los ríos Suarez y Chicamocha, y su caudal se ve determinado por los caudales de estos ríos.

Por lo anterior, se procedió a analizar la calidad de la información que poseía la estación seleccionada, y validar su uso como base de la generación del régimen hidrológico de la cuenca. (Fuente POMCA río Sogamoso)

4.4 Selección del modelo hidrológico conceptual

Para estimar la oferta en las subcuencas del río Sogamoso, se utilizó un modelo conceptual de relación lluvia, escorrentía y área basada en el método de transferencia hidrológica adaptado, relacionando la escorrentía superficial observada, la precipitación y el área de la cuenca como parámetro morfométrico.

Este método ha sido utilizado en diversos estudios a nivel regional¹ y por varios autores, desarrollando modelos adaptados a las condiciones de las cuencas en estudio. El modelo conceptual, a pesar de considerarse de sencillo análisis, cumple con lo requerido para un estudio regional como el Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca Hidrográfica del río Sogamoso.

La metodología planteada para la generación de los caudales en la cuenca, se basa en la determinación de los rendimientos, teniendo en cuenta la relación de áreas entre las cuencas², y la relación de precipitaciones para considerar pequeñas variaciones climáticas, como se ve a continuación:

(Ecuación 17)

$$\left(\frac{Q_{PC}}{Q_G}\right)P_{PC} = \left(\frac{A_{PC}}{A_G}\right)P_G$$

Dónde:

Q_{PC} : Caudal Cuenca Quebrada Chucurí – Pte. Comuna (m^3/s)

Q_G : Caudal Cuenca quebrada a generar (m^3/s)

A_{PC} : Área Cuenca Quebrada Chucurí – PTE. Comuna (530.77 Km^2)

A_G : Área Cuenca quebrada a generar (Km^2)

P_{PC} : Precipitación media Cuenca Quebrada Chucurí – Pte. Comuna (2063.51 mm)

P_G : Precipitación media Cuenca quebrada a generar (mm)

¹ Metodologías de estimación de caudales ampliamente utilizadas en estudios ambientales regionales a nivel de cuenca y subcuenca, citado por Ruiz (2016), Barreto y Torres (2015), y aplicados por ECOPEPETROL (2013), C&C y MCS (2011), entre otros.

² La presente metodología se basa en la planteada por Germán Monsalve en el texto “Hidrología en la Ingeniería” (1995).

El área aferente de la cuenca base se seleccionó hasta el sitio donde se encuentra localizada la estación hidrométrica, la cual registra en ese punto los caudales aportados por la cuenca hasta la estación Puente Comuna; el área aferente a las cuencas en donde se generarán los caudales, se consideró hasta el sitio de cierre de la cuenca. Las cuencas están localizadas en zonas con características climatológicas homogéneas y para fines de la generación de caudales, se presume guardan los mismos rendimientos; por lo tanto, para el tipo de cuenca descrita, esta metodología es adecuada.

Se analizó la información de la estación El Tablazo (punto más alto de la cuenca aguas debajo de la convergencia entre el Río Chicamocha y el río Suarez), localizada sobre el cauce del río Sogamoso, con un área aferente de 20663 km².

El caudal de entrada a la cuenca del río Sogamoso, se definió teniendo en cuenta la información de la estación El Tablazo. Para determinar el caudal base, se descontó del caudal registrado el caudal generado por la presente metodología en las cuencas presentes aguas arriba. El caudal estimado es de 423,86 m³/s en año hidrológico normal, y 225,65 m³/s en condiciones de año seco.

De acuerdo con lo anterior, el régimen hidrológico de la cuenca se determinó por medio de la generación de los caudales de aquellas cuencas que tienen claramente definidas sus divisorias de aguas y que su fuente de abastecimiento es la precipitación sobre la misma.

En el análisis de la transposición de cuencas, para tener en cuenta el flujo de la cuenca en las áreas generadoras, se agregó el área de las cuencas nivel II que tributan en cada unidad de análisis, así como el caudal base de entrada de los ríos Suarez-Chicamocha en el punto de confluencia de ambos, donde inicia la cuenca del río Sogamoso.



SECCIÓN E

CAPÍTULO 5. CUENCAS NIVEL II SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE LA CDMB

La relación de las cuencas seleccionadas en el área de jurisdicción de la CDMB, que incluye: superficie, precipitación media estimada por medio de la distribución espacial, Isoyetas y factor de ajuste por rendimiento por relación de precipitaciones combinado, se muestran en la Tabla 28.

Código	Nombre	Área Generada Km2	Precipitación media generada (mm)	Factor de ajuste por área	Factor de ajuste por precipitación	Factores de ajuste
2405-06	Quebrada La Betuliana y otros directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo e Hidrosogamoso					
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	29,05	1631,64	0,05	0,79	0,04
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	86,08	2710,6	0,16	1,31	0,21
2405-07	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Marta (md)					
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	383,97	2577,8	0,72	1,25	0,9
2405-08	Quebradas Aguablanca y Pujamán					
2405-0801	Quebrada Pujamán	332,76	2108,6	0,63	1,02	0,64
2405-0802	Quebrada Aguablanca	15,69	1856,22	0,03	0,9	0,03
2405-09	Río Sucio					
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	140,62	1547,73	0,26	0,75	0,2
2405-0902	Quebrada La Arenosa	59,86	1780,67	0,11	0,86	0,1
2405-0903	Quebradas la Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	152,57	2167,2	0,29	1,05	0,3
2405-0904	Quebrada La Condera	9,48	3094,42	0,02	1,5	0,03
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	153,13	2351,02	0,29	1,14	0,33
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	60,12	1877,03	0,11	0,91	0,1
2405-1200	Hidrosogamoso	2047,88	2696,49	3,86	1,31	5,04

Tabla 28. Relación de cuencas nivel II área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

Se puede observar que, en la generación de los caudales y la caracterización hidrológica de la cuenca, se tuvo en cuenta el área afluente de cada una de las subcuencas en análisis, así como el total generado por las mismas; así mismo, los caudales de entrada en la cuenca determinados por los ríos Suarez y Chicamocha.

5.1 Quebrada La Betuliana y otros directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo e Hidrosogamoso 2405-06

La Unidad Hidrográfica Nivel I, denominada como Quebrada La Betuliana y otros directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo e Hidrosogamoso, corresponde a un área intercuenca y se subdividió en las unidades hidrográficas de segundo nivel subsiguiente denominados como Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala, Quebrada La Betuliana y Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso. En esta unidad, el cauce principal es el río Sogamoso, el cual recorre el límite oriental de la unidad hasta la quebrada los Fríos y después atraviesa la unidad por el centro, siendo esta la encargada de drenar las aguas de toda la unidad Quebrada La Betuliana y otros directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo e Hidrosogamoso al embalse Hidrosogamoso.

5.1.1 Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala 2405-0601

Esta Cuenca Nivel II, se extiende por el municipio de Zapatoca en las veredas Cuchilla de San Pablo, Carrizal y Chocóa, y por el municipio de Girón en las veredas Chocóa y Cantala, siendo su cauce principal el río Sogamoso, que recibe las aguas de las quebradas Las Peñas, La Honda, El Gachal y Los Acurrucos entre otros cauces.

Adicionalmente, el río Sogamoso recibe las aguas de los cauces provenientes de la unidad 2405-07, desembocando todo su afluente en la cuenca Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso.

5.1.1.1 Caracterización de las unidades hidrográficas Nivel II

5.1.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0601

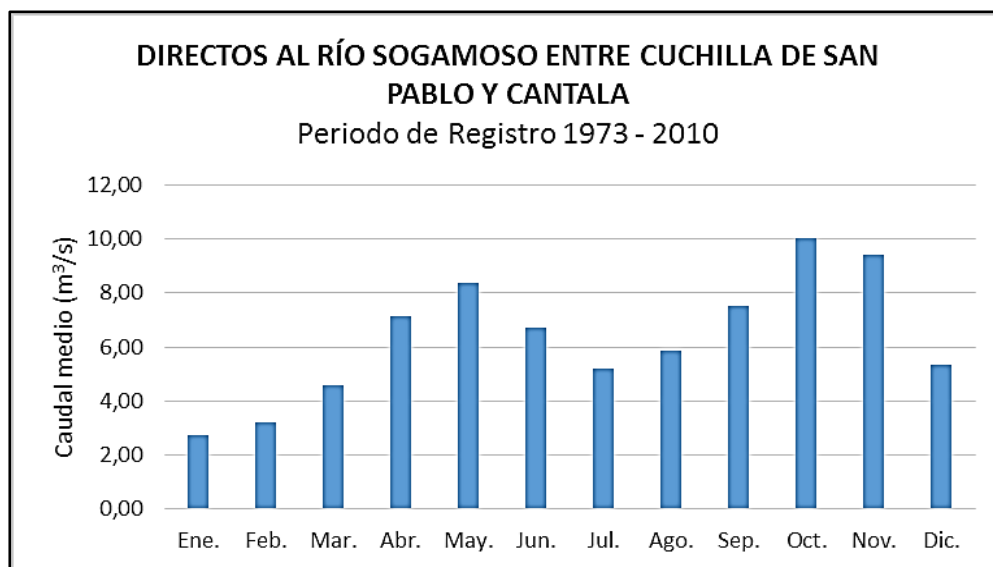
Los caudales medios mensuales en esta unidad presentan una distribución de tipo bimodal, con dos períodos húmedos y dos períodos secos. Los períodos secos se presentan en los meses de enero a marzo en el primer semestre del año, con valores de 2.71, 3.20 y 4.60 m³/s y entre julio - agosto en el segundo semestre, con valores de 5.22 y 5.85 m³/s. Los períodos húmedos en el mes de mayo en el primer semestre y octubre en el segundo, con valores de 8.38 y 10.00 m³/s. El valor promedio anual es de 6.20 m³/s. El valor máximo registrado es de 29.26 m³/s, registrado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 0.57 m³/s, presentado en enero del año 2010.

Los valores generados para toda la serie y la distribución temporal de los mismos se encuentran en la Tabla 29. La Gráfica 8, en un diagrama de barras, representa los directos al río Sogamoso en el periodo 1973-2010.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	4,10	4,10
1974	2,87	2,16	6,46	9,48	8,55	3,95	3,15	5,03	21,88	18,91	12,15	4,10	8,22
1975	1,61	2,35	3,22	4,56	9,06	6,64	7,44	7,59	7,36	9,00	12,28	11,94	6,92
1976	3,07	2,22	3,88	5,78	8,07	7,59	6,35	3,69	6,90	13,42	5,04	1,62	5,64
1977	1,67	1,09	1,84	3,50	9,65	7,39	3,92	3,42	7,20	13,61	9,31	1,79	5,37
1978	1,85	2,39	10,63	12,83	9,74	9,92	6,70	7,05	8,82	12,44	10,44	4,53	8,11
1979	3,27	3,72	4,21	7,81	7,59	11,25	7,09	6,96	6,98	9,23	8,54	5,56	6,85
1980	2,44	3,17	3,03	4,68	5,31	5,86	4,01	4,24	5,47	5,65	12,92	2,82	4,97
1981	3,69	4,16	3,00	6,79	11,30	9,65	6,67	8,67	8,89	9,56	10,87	4,98	7,35
1982	4,53	6,40	3,06	13,35	13,88	7,67	5,07	5,34	5,72	6,96	5,54	4,07	6,80
1983	3,84	2,52	1,73	4,61	6,53	6,82	4,97	7,15	4,44	4,82	2,98	2,92	4,44
1984	2,49	2,26	2,07	2,22	4,58	4,71	5,81	5,12	9,65	10,85	12,35	7,47	5,80
1985	2,64	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	2,64
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	7,23	6,09	4,83	6,58	8,16	6,35	8,62	6,33	6,77
1990	1,57	XXX	XXX	XXX	6,73	4,51	3,81	5,31	3,48	10,21	6,66	XXX	5,28
1991	1,26	1,66	3,46	4,30	7,42	6,28	4,75	3,72	7,38	6,04	6,71	2,97	4,66
1992	1,97	1,89	1,86	1,89	5,41	5,03	6,10	5,24	5,08	3,84	8,97	5,44	4,39
1993	2,95	2,54	2,29	7,90	9,37	4,68	3,40	3,99	6,17	6,20	9,26	6,47	5,44

1994	3,18	1,48	2,22	4,68	8,77	5,15	4,05	6,73	7,62	8,77	11,75	5,67	5,84
1995	2,64	2,77	6,30	7,20	9,98	10,12	8,46	13,96	8,06	10,06	6,70	2,21	7,37
1996	2,53	1,71	4,74	4,99	6,09	7,12	6,05	5,33	5,23	13,33	5,73	4,27	5,59
1997	2,24	2,62	2,84	8,04	4,27	4,89	2,16	2,74	4,82	5,18	4,38	1,60	3,82
1998	1,09	3,42	2,23	8,03	9,61	7,05	7,12	4,52	3,89	12,38	XXX	XXX	5,94
1999	1,09	10,60	9,49	7,96	9,15	7,72	6,05	8,61	12,38	11,16	9,31	6,11	8,30
2000	4,47	5,57	XXX	6,86	8,75	7,49	6,41	8,88	12,58	12,08	9,63	6,14	8,08
2002	1,89	1,96	4,66	3,03	11,22	3,38	2,36	1,90	2,08	5,67	4,79	1,89	3,74
2003	1,51	2,39	19,11	5,97	12,11	7,22	5,93	6,95	9,66	13,08	9,81	5,50	8,27
2004	2,76	2,23	2,02	13,11	10,58	5,11	3,43	2,77	5,54	10,79	7,32	3,80	5,79
2005	2,91	XXX	3,34	5,29	7,91	8,29	4,97	5,54	4,38	13,50	19,22	18,79	8,56
2006	11,33	8,51	14,64	29,26	10,73	5,88	3,57	4,16	4,74	6,97	5,49	5,11	9,20
2007	3,49	2,66	2,62	6,12	9,06	7,11	4,61	7,11	6,02	12,65	14,04	4,29	6,65
2008	2,12	4,31	3,42	4,12	5,84	3,67	3,95	5,94	10,07	9,52	14,91	3,94	5,98
2009	1,35	2,39	4,01	5,25	4,16	5,97	2,89	4,37	3,04	4,02	7,08	1,57	3,84
2010	0,57	1,53	1,13	3,89	9,57	10,43	10,96	8,51	16,53	23,74	18,93	16,96	10,23
Media	2,71	3,20	4,60	7,12	8,38	6,71	5,22	5,85	7,51	10,00	9,41	5,32	6,20
Max	11,33	10,60	19,11	29,26	13,88	11,25	10,96	13,96	21,88	23,74	19,22	18,79	29,26
Min	0,57	1,09	1,13	1,89	4,16	3,38	2,16	1,90	2,08	3,84	2,98	1,57	0,57

Tabla 29. Caudales medios mensuales generados (m³/s) 2405-0601. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

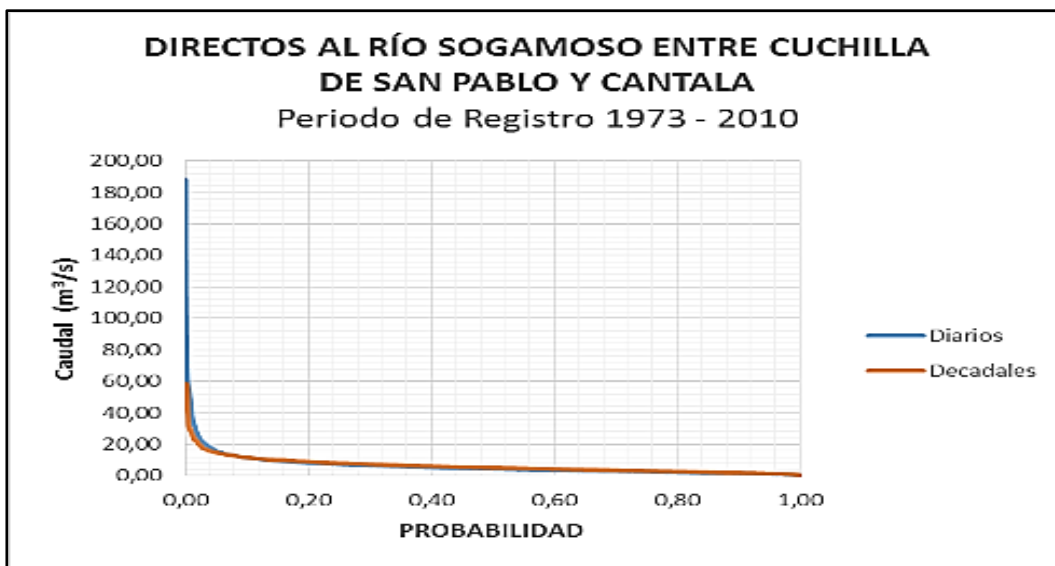


Gráfica 8. Distribución temporal (m³/s) 2405-0601. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

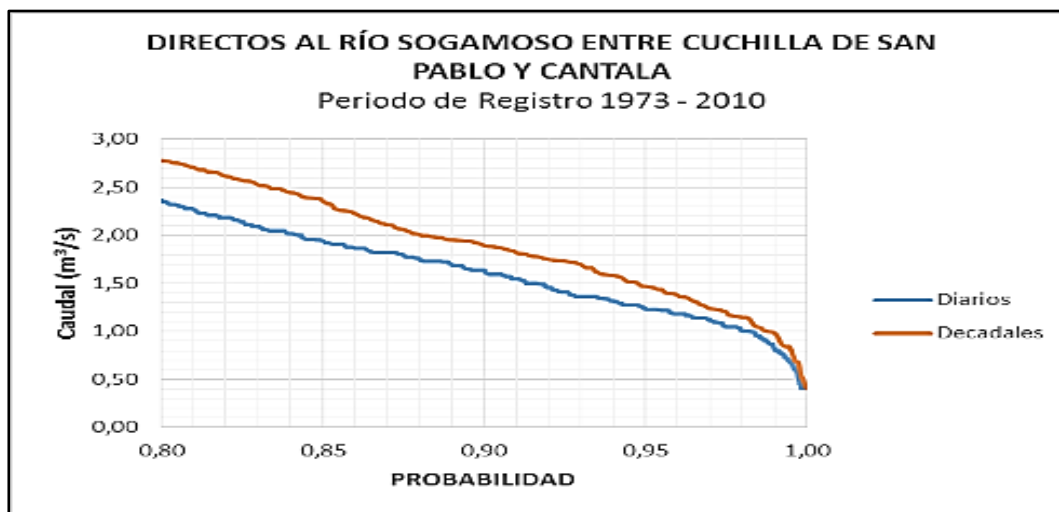
5.1.1.1.2 Caudales medios diarios y excedencias mayores al 80%- 2405-0601

Con los datos obtenidos para la unidad hidrográfica Nivel II, Directos al río Sogamoso, se desarrolló la curva de duración de caudales medios para el período generado de

1973 - 2010. La Gráfica 9 presenta la curva de duración de caudales medios diarios y decadales y la curva para excedencias superiores al 80%.



Gráfica 9. Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0601 Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



Gráfica 10. Curva excedencias superiores al 80% 2405-0601. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

En la Tabla 30, se presenta un consolidado de los caudales característicos, observando que el caudal máximo es de 188.17 m³/s, para una excedencia del 95% es 1.27 m³/s y el caudal mínimo es de 0.41 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m ³ /s		m ³ /s
Máximo	188,17	Máximo	58,64
Q ₅₀	4,44	Q ₅₀	5,26
Q ₇₅	2,72	Q ₇₅	3,18
Q ₉₀	1,65	Q ₉₀	1,94
Q ₉₅	1,27	Q ₉₅	1,52
Q ₉₇	1,15	Q ₉₇	1,31
Q ₉₉	0,96	Q ₉₉	1,04
Mínimo	0,41	Mínimo	0,41

Tabla 30. Caudales característicos cuenca. Fuente 2405-0601. POMCA río Sogamoso-CAS.

5.1.2 Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso 2405-0603

Localizada en el municipio de Betulia en las veredas Balzora, El Placer, Chimita, San José, Peña Morada y San Mateo, en el municipio de Girón en las veredas Motoso, Cantala, Pantano y Cedro.

5.1.2.1 Caracterización de la unidad hidrográfica Nivel II- 2405-0603

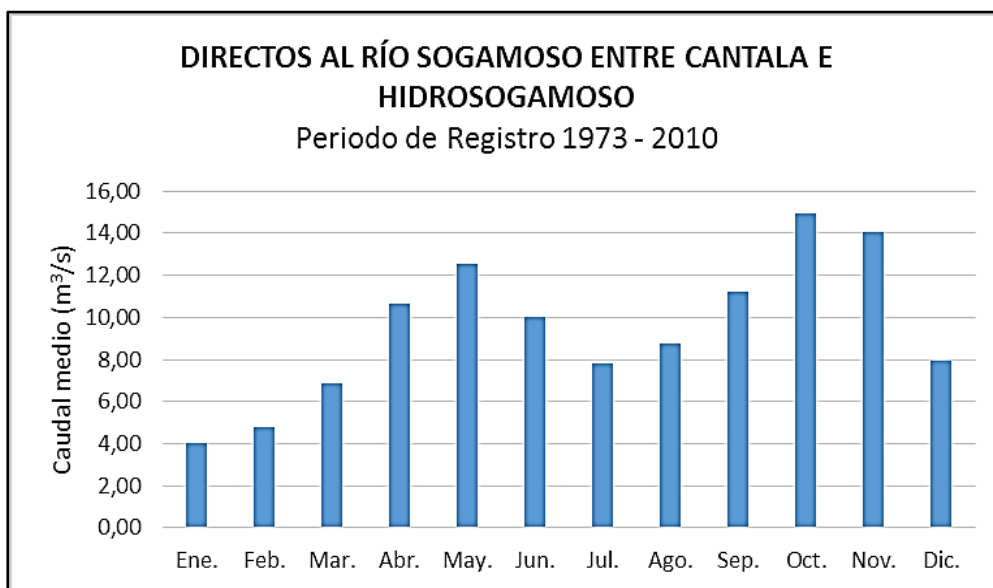
5.1.2.1.1 Caudales medios mensuales

En los periodos secos en el primer semestre del año, se generaron valores de 4.06, 4.78 m³/s y 6.89 m³/s y en el segundo semestre 7.81 m³/s y 8.74 m³/s. Para los periodos húmedos se observaron valores de 12.54 m³/s y 14.96 m³/s en el primero y segundo semestre respectivamente. El valor promedio anual es de 9.28 m³/s. El valor máximo registrado es de 43.76 m³/s, presentado en abril del 2006 y el valor más bajo es de 0.85 m³/s, presentado enero de 2010. En La Tabla 31, se muestran los valores generados para toda la serie y en la Gráfica 11 en un diagrama de columnas, se presenta la distribución temporal.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	6,14	6,14
1974	4,30	3,23	9,67	14,18	12,79	5,91	4,71	7,52	32,73	28,28	18,17	6,13	12,30
1975	2,41	3,52	4,82	6,83	13,56	9,94	11,12	11,35	11,01	13,46	18,37	17,86	10,35
1976	4,59	3,31	5,80	8,65	12,07	11,35	9,50	5,52	10,31	20,08	7,54	2,42	8,43
1977	2,49	1,64	2,75	5,24	14,43	11,05	5,87	5,11	10,77	20,36	13,92	2,68	8,03
1978	2,77	3,58	15,90	19,20	14,56	14,84	10,01	10,54	13,19	18,61	15,62	6,77	12,13
1979	4,89	5,56	6,29	11,69	11,35	16,82	10,60	10,41	10,44	13,81	12,77	8,31	10,25
1980	3,65	4,74	4,53	6,99	7,94	8,77	5,99	6,34	8,17	8,45	19,33	4,22	7,43
1981	5,52	6,23	4,49	10,15	16,90	14,43	9,97	12,96	13,30	14,30	16,25	7,45	11,00
1982	6,77	9,57	4,58	19,96	20,75	11,48	7,58	7,99	8,55	10,41	8,29	6,09	10,17
1983	5,75	3,77	2,59	6,90	9,76	10,20	7,44	10,69	6,64	7,21	4,45	4,37	6,65
1984	3,72	3,38	3,09	3,32	6,85	7,04	8,69	7,65	14,43	16,22	18,48	11,17	8,67
1985	3,95	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	3,95
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	10,81	9,11	7,22	9,84	12,20	9,50	12,90	9,47	10,13
1990	2,35	XXX	XXX	XXX	10,06	6,74	5,70	7,93	5,21	15,26	9,96	XXX	7,90
1991	1,88	2,48	5,18	6,43	11,09	9,39	7,11	5,57	11,03	9,04	10,04	4,45	6,97
1992	2,94	2,83	2,78	2,83	8,09	7,52	9,12	7,84	7,60	5,74	13,41	8,14	6,57
1993	4,41	3,80	3,43	11,82	14,02	7,00	5,09	5,96	9,22	9,28	13,85	9,68	8,13
1994	4,76	2,21	3,32	7,00	13,12	7,71	6,06	10,06	11,40	13,11	17,57	8,48	8,73
1995	3,94	4,14	9,42	10,77	14,93	15,14	12,65	20,88	12,05	15,05	10,02	3,30	11,02
1996	3,78	2,56	7,08	7,47	9,10	10,65	9,04	7,98	7,82	19,93	8,57	6,38	8,36
1997	3,35	3,92	4,25	12,02	6,39	7,32	3,23	4,09	7,22	7,75	6,55	2,39	5,71
1998	1,63	5,12	3,34	12,01	14,38	10,55	10,65	6,76	5,81	18,52	XXX	XXX	8,88
1999	1,62	15,85	14,20	11,91	13,68	11,54	9,05	12,88	18,52	16,69	13,92	9,15	12,42
2000	6,68	8,33	XXX	10,26	13,09	11,20	9,58	13,28	18,81	18,07	14,40	9,18	12,08
2002	2,83	2,92	6,96	4,54	16,78	5,06	3,53	2,84	3,11	8,49	7,16	2,83	5,59
2003	2,26	3,57	28,58	8,92	18,12	10,80	8,87	10,40	14,45	19,56	14,67	8,22	12,37
2004	4,13	3,33	3,02	19,60	15,83	7,64	5,13	4,14	8,29	16,13	10,94	5,68	8,66
2005	4,35	XXX	4,99	7,92	11,82	12,39	7,44	8,28	6,55	20,19	28,74	28,10	12,80
2006	16,94	12,73	21,89	43,76	16,05	8,80	5,33	6,21	7,09	10,42	8,21	7,64	13,76
2007	5,22	3,97	3,92	9,15	13,55	10,63	6,89	10,63	9,01	18,92	21,01	6,42	9,94
2008	3,17	6,45	5,12	6,16	8,74	5,48	5,91	8,88	15,07	14,24	22,30	5,89	8,95
2009	2,02	3,57	6,00	7,85	6,22	8,94	4,32	6,53	4,55	6,01	10,59	2,36	5,75

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2010	0,85	2,30	1,70	5,81	14,31	15,60	16,39	12,72	24,72	35,50	28,31	25,36	15,30
Media	4,06	4,78	6,89	10,65	12,54	10,03	7,81	8,74	11,23	14,96	14,07	7,96	9,28
Max	16,94	15,85	28,58	43,76	20,75	16,82	16,39	20,88	32,73	35,50	28,74	28,10	43,76
Min	0,85	1,64	1,70	2,83	6,22	5,06	3,23	2,84	3,11	5,74	4,45	2,36	0,85

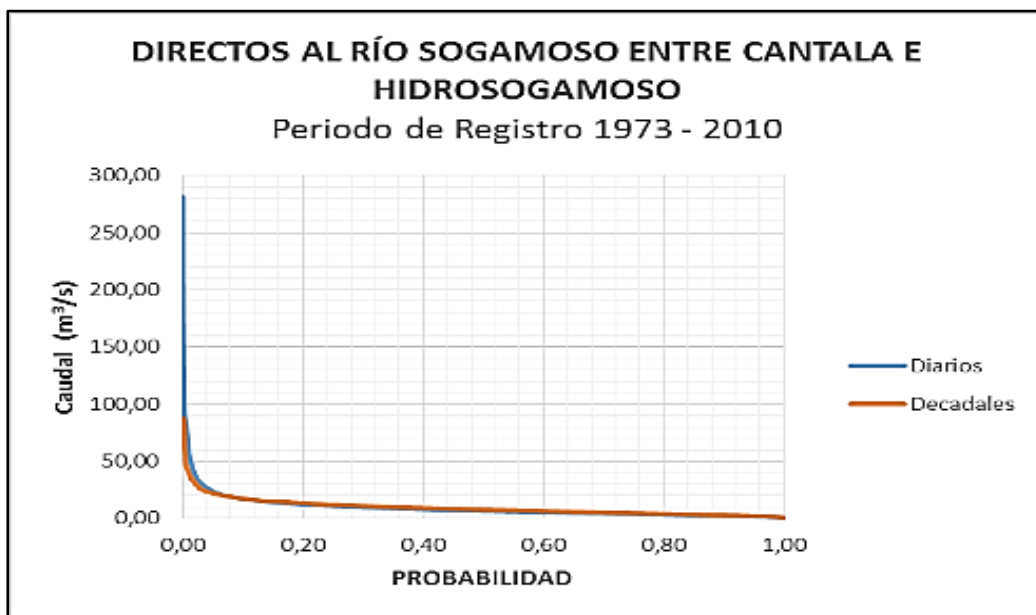
Tabla 31. Caudales medios mensuales generados (m³/s) 2405-0603. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



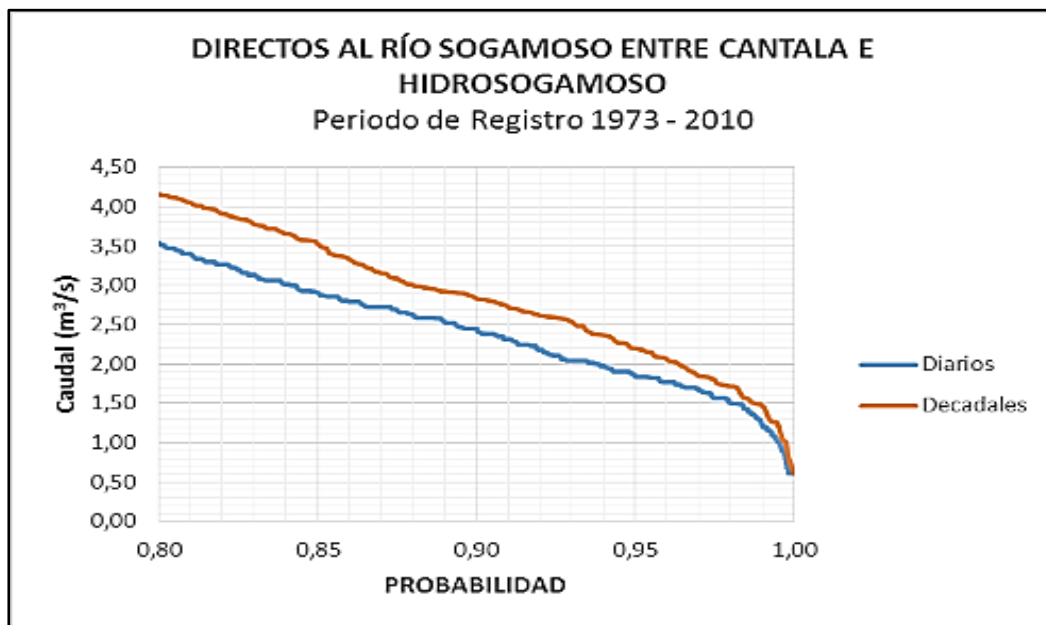
Gráfica 11. Distribución temporal (m³/s) 2405-0603. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS.

5.1.2.1.2 Caudales medios diarios y excedencias mayores al 80%- 2405-0603

La Gráfica 12, representa la curva de duración de los caudales medios diarios y decadales de la unidad hidrográfica de segundo nivel subsiguiente 2405-0603 para el período generado de 1973 - 2010 y la Gráfica 13 corresponde a las excedencias superiores al 80%.



Gráfica 12. Detalle de la curva de duración de caudales medios diarios 2405-0603. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS.



Gráfica 13. Curva excedencias superiores al 80% 2405-0603. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.1.2.1.3 Caudales característicos Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso 2405-0603

Los caudales diarios y decadales se reportan en la Tabla 32. Se puede observar que el caudal máximo es de 281.43 m³/s, para una excedencia del 95% es de 1.91 m³/s y el caudal mínimo generado es de 0.61 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m ³ /s		m ³ /s
Máximo	281,43	Máximo	87,71
Q ₅₀	6,64	Q ₅₀	7,86
Q ₇₅	4,07	Q ₇₅	4,75
Q ₉₀	2,47	Q ₉₀	2,90
Q ₉₅	1,91	Q ₉₅	2,27
Q ₉₇	1,72	Q ₉₇	1,95
Q ₉₉	1,43	Q ₉₉	1,56
Mínimo	0,61	Mínimo	0,61

Tabla 32. Caudales diarios y decadales 2405-0603. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.2 Unidad Hidrológica Nivel I Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Marta margen derecha 2405-07.

La Unidad Hidrológica Nivel I denominada como Directos al río Sogamoso se encuentra ubicada entre la Cuchilla de San Pablo y Marta (margen derecha), y corresponde a un área intercuenca. Se subdivide en las unidades hidrográficas Nivel II Quebrada Santera y otros directos al río Sogamoso (margen derecha), Quebrada del Potrero y otros directos al río Sogamoso (margen derecha) y Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso (margen derecha). En esta unidad, el río Sogamoso recorre el límite occidental de la unidad y recibe las aguas de todas las unidades de nivel II.

5.2.1 Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso (margen derecha) 2405-0703

La unidad hidrográfica de Nivel II, quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso margen derecha, se encuentra situada en el municipio de Girón en las veredas Chocoa; en el municipio de Los Santos en las veredas La Loma Purnia, La Purnia, Guaimaro, Piedra Del Rayo, Llanadas, Carrizal, El Verde, Majadal Alto, Majadal Bajo,

El Diamante y Purnia Nueva; en el municipio de Piedecuesta en las veredas El Guamo Pequeño, El Guamo Grande, El Jazmín, Mesitas de San Javier, La Navarra, La Esperanza - El Duende, Holanda, Los Cacaos y Pavas. Su fuente principal es la quebrada Los Fríos u Honda, la cual recibe las aguas provenientes de la quebrada Del Monte y las vierte en el río Sogamoso, como también las aguas de la quebrada Los Angelinos o el Corral, siendo los cuerpos de agua anteriormente mencionados los más significativos ya que recogen las aguas de las demás fuentes en esta unidad Hidrográfica.

5.2.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso margen derecha Nivel II - 2405-0703

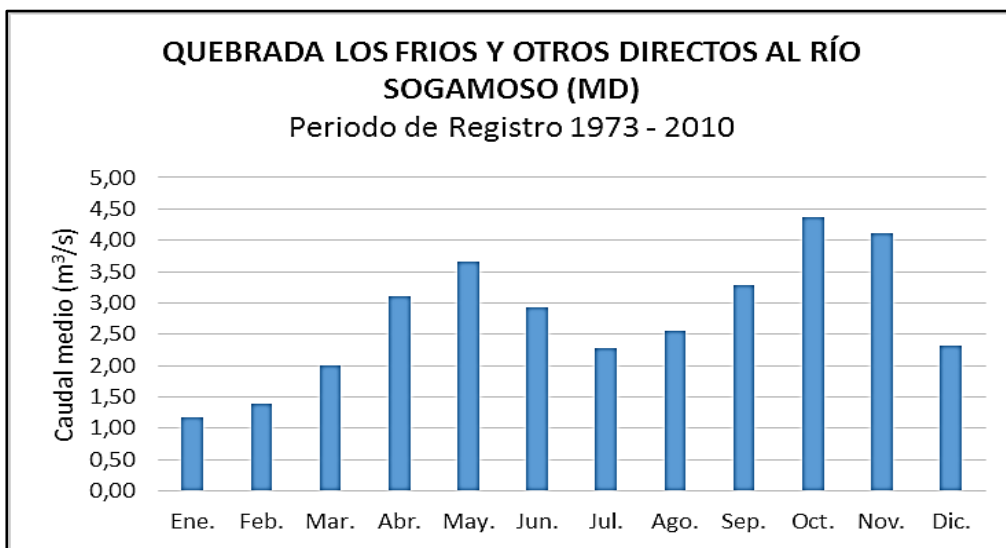
5.2.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0703

Los caudales medios mensuales estimados para la unidad hidrográfica Nivel II, presentan el régimen bimodal, en los períodos secos se registran valores de 1.19, 1.40 y 2.01 m³/s en el primer semestre y en el segundo semestre, valores de 2.28 y 2.55 m³/s. Los períodos húmedos, con datos de 3.66 y 4.37 m³/s, para el primer y segundo semestre respectivamente. El valor promedio anual es de 2.71 m³/s, el máximo valor registrado es de 12.77 m³/s presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo de 0.25 m³/s, en enero, del año 2010. La Tabla 33 muestra los valores generados para toda la serie y la Gráfica 14, la distribución temporal de los caudales medios mensuales.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	1,79	1,79
1974	1,25	0,94	2,82	4,14	3,73	1,72	1,37	2,20	9,55	8,26	5,30	1,79	3,59
1975	0,70	1,03	1,41	1,99	3,96	2,90	3,25	3,31	3,21	3,93	5,36	5,21	3,02
1976	1,34	0,97	1,69	2,53	3,52	3,31	2,77	1,61	3,01	5,86	2,20	0,71	2,46
1977	0,73	0,48	0,80	1,53	4,21	3,22	1,71	1,49	3,14	5,94	4,06	0,78	2,34
1978	0,81	1,05	4,64	5,60	4,25	4,33	2,92	3,08	3,85	5,43	4,56	1,98	3,54

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1979	1,43	1,62	1,84	3,41	3,31	4,91	3,09	3,04	3,05	4,03	3,73	2,43	2,99
1980	1,07	1,38	1,32	2,04	2,32	2,56	1,75	1,85	2,39	2,47	5,64	1,23	2,17
1981	1,61	1,82	1,31	2,96	4,93	4,21	2,91	3,78	3,88	4,17	4,74	2,18	3,21
1982	1,98	2,79	1,34	5,83	6,06	3,35	2,21	2,33	2,50	3,04	2,42	1,78	2,97
1983	1,68	1,10	0,76	2,01	2,85	2,98	2,17	3,12	1,94	2,10	1,30	1,28	1,94
1984	1,09	0,99	0,90	0,97	2,00	2,05	2,54	2,23	4,21	4,73	5,39	3,26	2,53
1985	1,15	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	1,15
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	3,15	2,66	2,11	2,87	3,56	2,77	3,76	2,76	2,96
1990	0,68	XXX	XXX	XXX	2,94	1,97	1,66	2,32	1,52	4,46	2,91	XXX	2,31
1991	0,55	0,73	1,51	1,88	3,24	2,74	2,08	1,63	3,22	2,64	2,93	1,30	2,04
1992	0,86	0,83	0,81	0,83	2,36	2,19	2,66	2,29	2,22	1,67	3,92	2,38	1,92
1993	1,29	1,11	1,00	3,45	4,09	2,04	1,49	1,74	2,69	2,71	4,04	2,82	2,37
1994	1,39	0,65	0,97	2,04	3,83	2,25	1,77	2,94	3,33	3,83	5,13	2,47	2,55
1995	1,15	1,21	2,75	3,14	4,36	4,42	3,69	6,09	3,52	4,39	2,93	0,96	3,22
1996	1,10	0,75	2,07	2,18	2,66	3,11	2,64	2,33	2,28	5,82	2,50	1,86	2,44
1997	0,98	1,15	1,24	3,51	1,87	2,14	0,94	1,19	2,11	2,26	1,91	0,70	1,67
1998	0,48	1,49	0,97	3,51	4,20	3,08	3,11	1,97	1,70	5,41	XXX	XXX	2,59
1999	0,47	4,63	4,14	3,48	3,99	3,37	2,64	3,76	5,41	4,87	4,06	2,67	3,62
2000	1,95	2,43	XXX	2,99	3,82	3,27	2,80	3,88	5,49	5,27	4,20	2,68	3,53
2002	0,82	0,85	2,03	1,32	4,90	1,48	1,03	0,83	0,91	2,48	2,09	0,83	1,63
2003	0,66	1,04	8,34	2,61	5,29	3,15	2,59	3,04	4,22	5,71	4,28	2,40	3,61
2004	1,21	0,97	0,88	5,72	4,62	2,23	1,50	1,21	2,42	4,71	3,19	1,66	2,53
2005	1,27	XXX	1,46	2,31	3,45	3,62	2,17	2,42	1,91	5,89	8,39	8,20	3,74
2006	4,95	3,72	6,39	12,77	4,68	2,57	1,56	1,81	2,07	3,04	2,40	2,23	4,02
2007	1,52	1,16	1,15	2,67	3,96	3,10	2,01	3,10	2,63	5,52	6,13	1,87	2,90
2008	0,93	1,88	1,49	1,80	2,55	1,60	1,72	2,59	4,40	4,16	6,51	1,72	2,61
2009	0,59	1,04	1,75	2,29	1,82	2,61	1,26	1,91	1,33	1,75	3,09	0,69	1,68
2010	0,25	0,67	0,49	1,70	4,18	4,55	4,79	3,71	7,22	10,36	8,26	7,40	4,47
Media	1,19	1,40	2,01	3,11	3,66	2,93	2,28	2,55	3,28	4,37	4,11	2,32	2,71
Max	4,95	4,63	8,34	12,77	6,06	4,91	4,79	6,09	9,55	10,36	8,39	8,20	12,77
Min	0,25	0,48	0,49	0,83	1,82	1,48	0,94	0,83	0,91	1,67	1,30	0,69	0,25

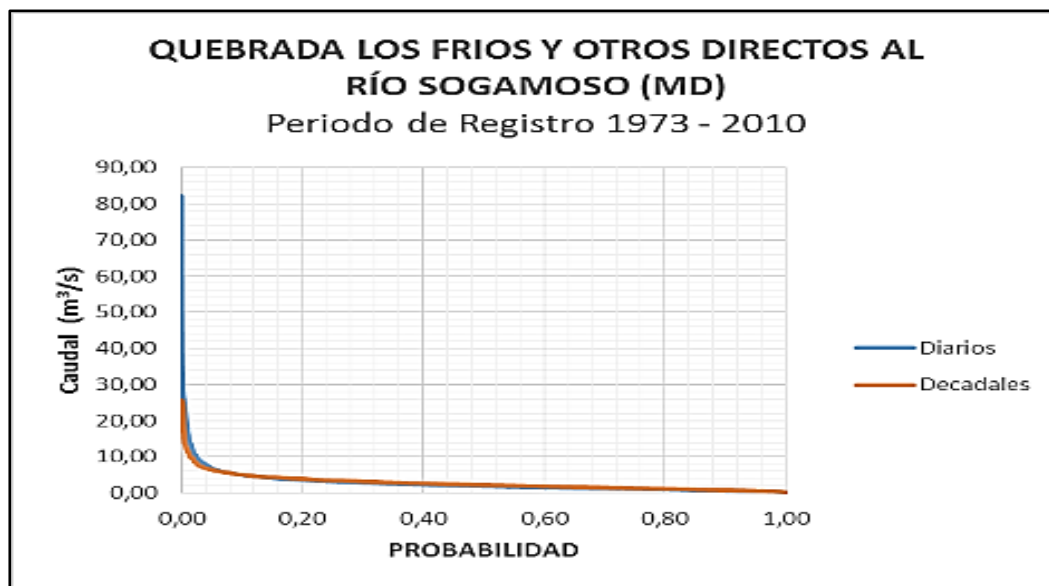
Tabla 33. Caudales medios mensuales generados (m³/s) 2405-0703. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



Gráfica 14. Distribución temporal (m³/s) 2405-0703. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

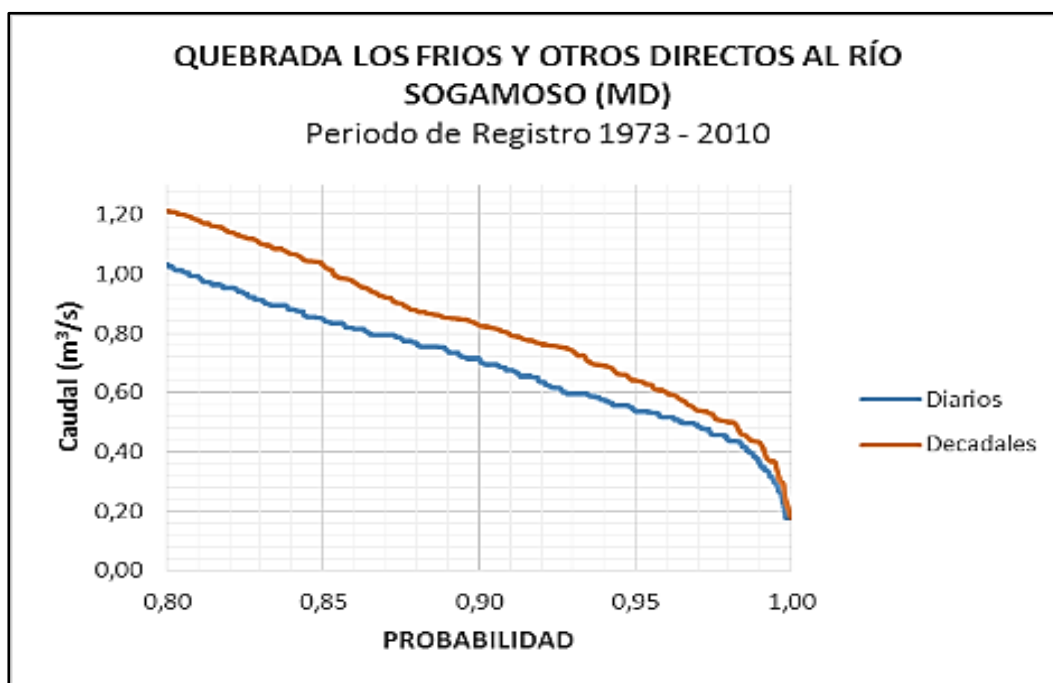
5.2.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0703

Con los datos de caudales medios diarios, obtenidos para la unidad hidrográfica de segundo nivel II 2405-0703, se elaboró la curva para el período generado de 1973 a 2010. En la Grafica 15, se presenta la curva de duración de caudales medios diarios y decadales. También se puede observar en la gráfica que el caudal máximo es de 82.15 m³/s, el caudal mínimo generado es de 0.18 m³/s.



Gráfica 15. Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0703. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

Así mismo, En la Gráfica 16, se observa que para una excedencia del 95% el caudal es de 0.56 m³/s.



Gráfica 16. Excedencias superiores al 80% 2405-0703. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.2.1.1.3 Caudales característicos Cuenca Nivel II 2405-0703

Caudales Característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor m ³ /s	Caudales	Valor m ³ /s
Máximo	82,15	Máximo	25,60
Q ₅₀	1,94	Q ₅₀	2,29
Q ₇₅	1,19	Q ₇₅	1,39
Q ₉₀	0,72	Q ₉₀	0,85
Q ₉₅	0,56	Q ₉₅	0,66
Q ₉₇	0,50	Q ₉₇	0,57
Q ₉₉	0,42	Q ₉₉	0,45
Mínimo	0,18	Mínimo	0,18

Tabla 34. Caudales característicos unidad hidrográfica Nivel II 2405-0703. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.3 Quebradas Aguablanca y Pujamán 2405-08

Las unidades hidrográficas de segundo nivel subsiguiente denominadas como Quebradas Aguablanca y Pujamán 2405-08 está compuesta por las unidades hidrográficas Quebrada Pujamán 2405-0801 y Quebrada Aguablanca 2405-0802.

5.3.1 Quebrada Pujamán 2405-0801

Esta unidad hidrográfica de Nivel II, está ubicada en el municipio de Girón, veredas Motoso, Cedro y La Parroquia y en el municipio de Lebrija, veredas Mirabel, San Benito, Santo Domingo, La Cabaña, La Cuchilla y San Gabriel. La quebrada Pujamán es la fuente principal y recoge los cuerpos de agua presentes en esta unidad, entre las que se destacan las quebradas La Volcanero y La Negra.

5.3.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica Nivel II Quebrada Pujamán 2405-0801

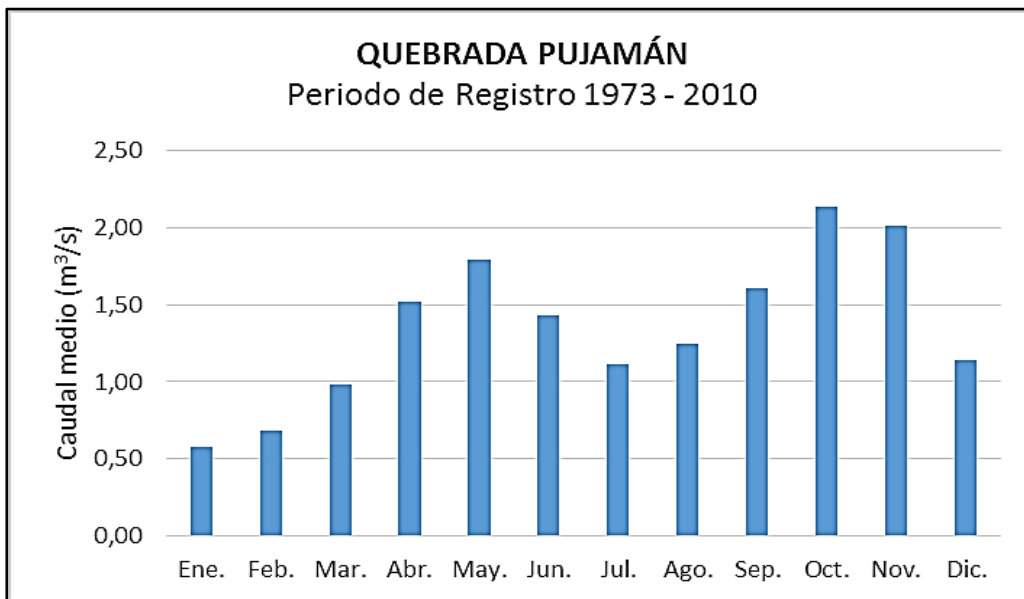
5.3.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0801

Los caudales medios mensuales generados para la quebrada Pujamán muestran una distribución de tipo bimodal. Los períodos secos en el primer semestre del año, presentan valores generados de 0.58, 0.68 y 0.98 m³/s y en el segundo, con valores de 1.12 y 1.25 m³/s. Los períodos húmedos, con registros de 1.79 y 2.14 m³/s para el primer y segundo semestre respectivamente. El valor promedio anual es de 1.33 m³/s. El valor máximo registrado es de 6.25 m³/s, reportado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 0.12 m³/s, registrado en enero de 2010.

Los valores generados para toda la serie se recopilan en la Tabla 35 y en la Gráfica 17, se esquematiza la distribución temporal.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,88	0,88
1974	0,61	0,46	1,38	2,03	1,83	0,84	0,67	1,08	4,68	4,04	2,60	0,88	1,76
1975	0,34	0,50	0,69	0,98	1,94	1,42	1,59	1,62	1,57	1,92	2,63	2,55	1,48
1976	0,66	0,47	0,83	1,24	1,73	1,62	1,36	0,79	1,47	2,87	1,08	0,35	1,20
1977	0,36	0,23	0,39	0,75	2,06	1,58	0,84	0,73	1,54	2,91	1,99	0,38	1,15
1978	0,40	0,51	2,27	2,74	2,08	2,12	1,43	1,51	1,89	2,66	2,23	0,97	1,73
1979	0,70	0,79	0,90	1,67	1,62	2,41	1,52	1,49	1,49	1,97	1,83	1,19	1,46
1980	0,52	0,68	0,65	1,00	1,14	1,25	0,86	0,91	1,17	1,21	2,76	0,60	1,06
1981	0,79	0,89	0,64	1,45	2,42	2,06	1,43	1,85	1,90	2,04	2,32	1,07	1,57
1982	0,97	1,37	0,65	2,85	2,97	1,64	1,08	1,14	1,22	1,49	1,18	0,87	1,45
1983	0,82	0,54	0,37	0,99	1,40	1,46	1,06	1,53	0,95	1,03	0,64	0,62	0,95
1984	0,53	0,48	0,44	0,47	0,98	1,01	1,24	1,09	2,06	2,32	2,64	1,60	1,24
1985	0,56	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,56
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	1,55	1,30	1,03	1,41	1,74	1,36	1,84	1,35	1,45
1990	0,34	XXX	XXX	XXX	1,44	0,96	0,81	1,13	0,74	2,18	1,42	XXX	1,13
1991	0,27	0,36	0,74	0,92	1,59	1,34	1,02	0,80	1,58	1,29	1,43	0,64	1,00
1992	0,42	0,40	0,40	0,40	1,16	1,07	1,30	1,12	1,09	0,82	1,92	1,16	0,94
1993	0,63	0,54	0,49	1,69	2,00	1,00	0,73	0,85	1,32	1,33	1,98	1,38	1,16
1994	0,68	0,32	0,48	1,00	1,88	1,10	0,87	1,44	1,63	1,87	2,51	1,21	1,25
1995	0,56	0,59	1,35	1,54	2,13	2,16	1,81	2,98	1,72	2,15	1,43	0,47	1,58
1996	0,54	0,37	1,01	1,07	1,30	1,52	1,29	1,14	1,12	2,85	1,22	0,91	1,20
1997	0,48	0,56	0,61	1,72	0,91	1,05	0,46	0,59	1,03	1,11	0,94	0,34	0,82
1998	0,23	0,73	0,48	1,72	2,06	1,51	1,52	0,97	0,83	2,65	XXX	XXX	1,27
1999	0,23	2,27	2,03	1,70	1,96	1,65	1,29	1,84	2,65	2,39	1,99	1,31	1,78
2000	0,95	1,19	XXX	1,47	1,87	1,60	1,37	1,90	2,69	2,58	2,06	1,31	1,73
2002	0,40	0,42	1,00	0,65	2,40	0,72	0,50	0,41	0,44	1,21	1,02	0,40	0,80
2003	0,32	0,51	4,08	1,28	2,59	1,54	1,27	1,49	2,07	2,80	2,10	1,18	1,77
2004	0,59	0,48	0,43	2,80	2,26	1,09	0,73	0,59	1,19	2,31	1,56	0,81	1,24
2005	0,62	XXX	0,71	1,13	1,69	1,77	1,06	1,18	0,94	2,89	4,11	4,02	1,83
2006	2,42	1,82	3,13	6,25	2,29	1,26	0,76	0,89	1,01	1,49	1,17	1,09	1,97
2007	0,75	0,57	0,56	1,31	1,94	1,52	0,98	1,52	1,29	2,70	3,00	0,92	1,42
2008	0,45	0,92	0,73	0,88	1,25	0,78	0,84	1,27	2,15	2,04	3,19	0,84	1,28
2009	0,29	0,51	0,86	1,12	0,89	1,28	0,62	0,93	0,65	0,86	1,51	0,34	0,82
2010	0,12	0,33	0,24	0,83	2,05	2,23	2,34	1,82	3,53	5,07	4,05	3,63	2,19
Media	0,58	0,68	0,98	1,52	1,79	1,43	1,12	1,25	1,60	2,14	2,01	1,14	1,33
Max	2,42	2,27	4,08	6,25	2,97	2,41	2,34	2,98	4,68	5,07	4,11	4,02	6,25
Min	0,12	0,23	0,24	0,40	0,89	0,72	0,46	0,41	0,44	0,82	0,64	0,34	0,12

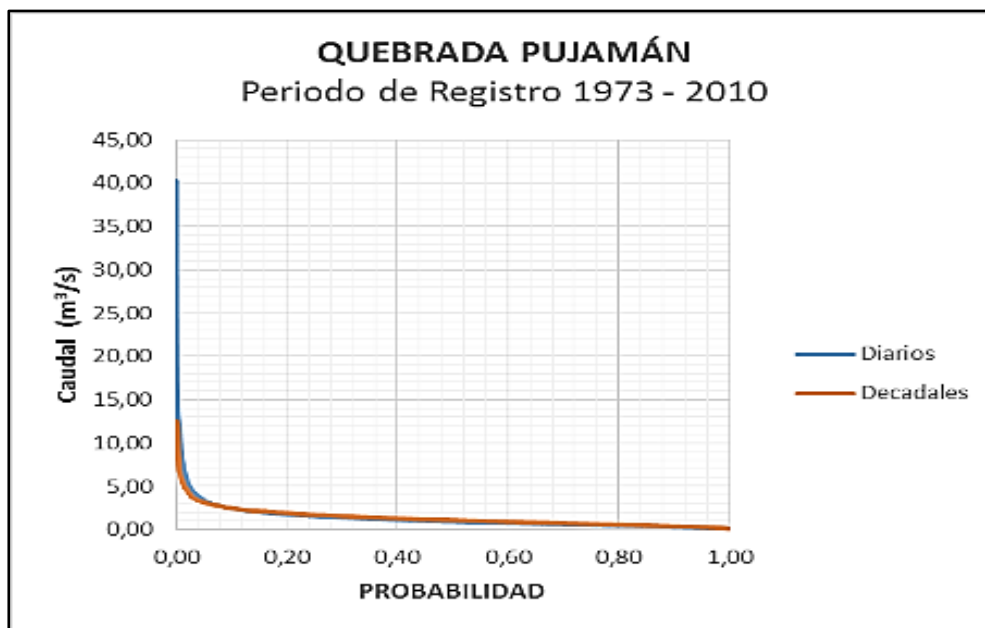
 Tabla 35. Caudales medios mensuales generados (m³/s) 2405-0801 Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



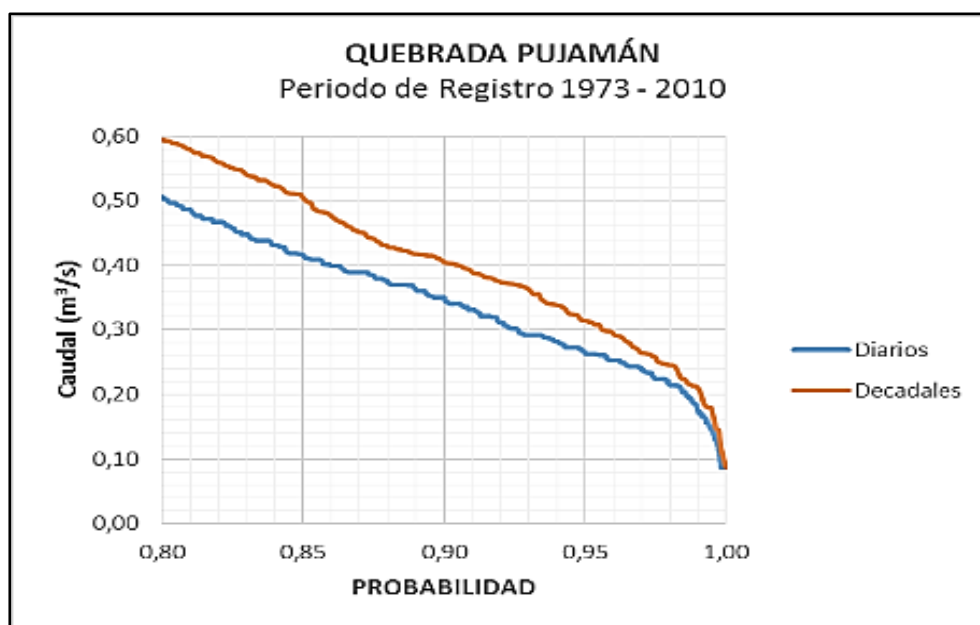
Gráfica 17. Distribución temporal (m3/s). 2405-0801 Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.3.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0801

Con los datos recopilados, se desarrolló la curva de duración de caudales medios para el período generado de 1973 a 2010. Las Gráficas 18 y 19, presentan la curva de duración de los caudales medios diarios y decadales de la cuenca y se detalla las excedencias superiores al 80%.



Gráfica 18. Detalle de la curva de duración de caudales medios diarios, 2405-0801. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



Gráfica 19. Distribución temporal (m³/s) 2405-0801 Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.3.1.1.3 Caudales característicos Cuenca nivel II quebrada Pujamán

En la cuenca nivel II 2405-0801, se aprecia un caudal máximo de 40.23 m³/s; el caudal mínimo generado es de 0.09 m³/s y una excedencia del 95% es de 0.27 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor m ³ /s	Caudales	Valor m ³ /s
Máximo	40,23	Máximo	12,54
Q ₅₀	0,95	Q ₅₀	1,12
Q ₇₅	0,58	Q ₇₅	0,68
Q ₉₀	0,35	Q ₉₀	0,41
Q ₉₅	0,27	Q ₉₅	0,32
Q ₉₇	0,25	Q ₉₇	0,28
Q ₉₉	0,20	Q ₉₉	0,22
Mínimo	0,09	Mínimo	0,09

Tabla 36. Caudales característicos 2405-0801. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.3.2 Quebrada Aguablanca 2405-0802

Esta unidad hidrográfica de Nivel II, se encuentra localizada en el municipio de Lebrija en las veredas Lisboa, Centro De Aurora, La Cuchilla, La Renta, La Cabaña y Rio Sucio Alto; en el municipio de Girón en las veredas Marta, Sogamoso y La Parroquia, siendo su cauce principal la quebrada Aguablanca que recibe las aguas aferentes de las quebradas Los Altos o Las Raíces, La Azufrada y La Leoncita o Caño del Loro entre las más destacadas.

5.3.2.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de Nivel II 2405-0902

5.3.2.2 Caudales medios mensuales 2405-0802

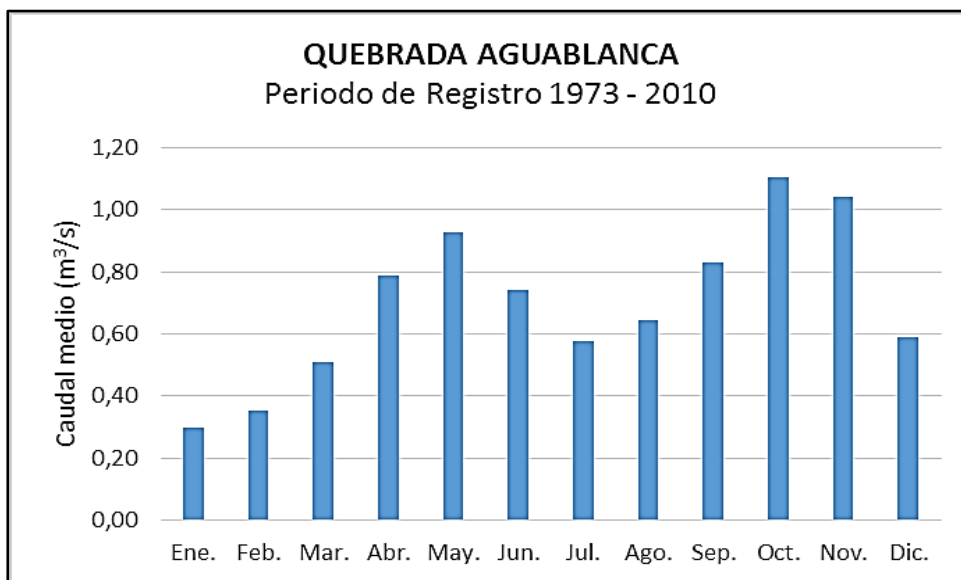
Los caudales medios mensuales en la unidad Hidrológica Nivel II Quebrada Aguablanca, con una distribución de tipo bimodal.

Los períodos secos en el primer trimestre de enero a marzo se reportan valores de 0.30 m³/s, 0.35 m³/s y 0.51 m³/s y en el segundo, con valores de 0.58 m³/s y 0.65 m³/s. Los períodos húmedos, con registros de 0.93 m³/s y 1.11 m³/s para primer y segundo semestre. El valor promedio anual es de 0.69 m³/s. El valor máximo registrado es de 3.23 m³/s, presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 0.06 m³/s, presentado en el mes de enero, del año 2010. La Tabla 37, contiene los valores generados para toda la serie y la Gráfica 20 representa la distribución temporal.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,45	0,45
1974	0,32	0,24	0,71	1,05	0,95	0,44	0,35	0,56	2,42	2,09	1,34	0,45	0,91
1975	0,18	0,26	0,36	0,50	1,00	0,73	0,82	0,84	0,81	1,00	1,36	1,32	0,77
1976	0,34	0,25	0,43	0,64	0,89	0,84	0,70	0,41	0,76	1,48	0,56	0,18	0,62
1977	0,18	0,12	0,20	0,39	1,07	0,82	0,43	0,38	0,80	1,51	1,03	0,20	0,59
1978	0,20	0,26	1,18	1,42	1,08	1,10	0,74	0,78	0,97	1,38	1,15	0,50	0,90
1979	0,36	0,41	0,47	0,86	0,84	1,24	0,78	0,77	0,77	1,02	0,94	0,61	0,76
1980	0,27	0,35	0,33	0,52	0,59	0,65	0,44	0,47	0,60	0,62	1,43	0,31	0,55
1981	0,41	0,46	0,33	0,75	1,25	1,07	0,74	0,96	0,98	1,06	1,20	0,55	0,81

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1982	0,50	0,71	0,34	1,48	1,53	0,85	0,56	0,59	0,63	0,77	0,61	0,45	0,75
1983	0,42	0,28	0,19	0,51	0,72	0,75	0,55	0,79	0,49	0,53	0,33	0,32	0,49
1984	0,28	0,25	0,23	0,25	0,51	0,52	0,64	0,57	1,07	1,20	1,37	0,83	0,64
1985	0,29	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,29
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	0,80	0,67	0,53	0,73	0,90	0,70	0,95	0,70	0,75
1990	0,17	XXX	XXX	XXX	0,74	0,50	0,42	0,59	0,39	1,13	0,74	XXX	0,58
1991	0,14	0,18	0,38	0,48	0,82	0,69	0,53	0,41	0,82	0,67	0,74	0,33	0,52
1992	0,22	0,21	0,21	0,21	0,60	0,56	0,67	0,58	0,56	0,42	0,99	0,60	0,49
1993	0,33	0,28	0,25	0,87	1,04	0,52	0,38	0,44	0,68	0,69	1,02	0,72	0,60
1994	0,35	0,16	0,25	0,52	0,97	0,57	0,45	0,74	0,84	0,97	1,30	0,63	0,65
1995	0,29	0,31	0,70	0,80	1,10	1,12	0,94	1,54	0,89	1,11	0,74	0,24	0,82
1996	0,28	0,19	0,52	0,55	0,67	0,79	0,67	0,59	0,58	1,47	0,63	0,47	0,62
1997	0,25	0,29	0,31	0,89	0,47	0,54	0,24	0,30	0,53	0,57	0,48	0,18	0,42
1998	0,12	0,38	0,25	0,89	1,06	0,78	0,79	0,50	0,43	1,37	XXX	XXX	0,66
1999	0,12	1,17	1,05	0,88	1,01	0,85	0,67	0,95	1,37	1,23	1,03	0,68	0,92
2000	0,49	0,62	XXX	0,76	0,97	0,83	0,71	0,98	1,39	1,34	1,06	0,68	0,89
2002	0,21	0,22	0,51	0,34	1,24	0,37	0,26	0,21	0,23	0,63	0,53	0,21	0,41
2003	0,17	0,26	2,11	0,66	1,34	0,80	0,66	0,77	1,07	1,45	1,08	0,61	0,91
2004	0,31	0,25	0,22	1,45	1,17	0,56	0,38	0,31	0,61	1,19	0,81	0,42	0,64
2005	0,32	XXX	0,37	0,59	0,87	0,92	0,55	0,61	0,48	1,49	2,12	2,08	0,95
2006	1,25	0,94	1,62	3,23	1,19	0,65	0,39	0,46	0,52	0,77	0,61	0,56	1,02
2007	0,39	0,29	0,29	0,68	1,00	0,79	0,51	0,79	0,67	1,40	1,55	0,47	0,74
2008	0,23	0,48	0,38	0,46	0,65	0,41	0,44	0,66	1,11	1,05	1,65	0,44	0,66
2009	0,15	0,26	0,44	0,58	0,46	0,66	0,32	0,48	0,34	0,44	0,78	0,17	0,42
2010	0,06	0,17	0,13	0,43	1,06	1,15	1,21	0,94	1,83	2,62	2,09	1,87	1,13
Media	0,30	0,35	0,51	0,79	0,93	0,74	0,58	0,65	0,83	1,11	1,04	0,59	0,69
Max	1,25	1,17	2,11	3,23	1,53	1,24	1,21	1,54	2,42	2,62	2,12	2,08	3,23
Min	0,06	0,12	0,13	0,21	0,46	0,37	0,24	0,21	0,23	0,42	0,33	0,17	0,06

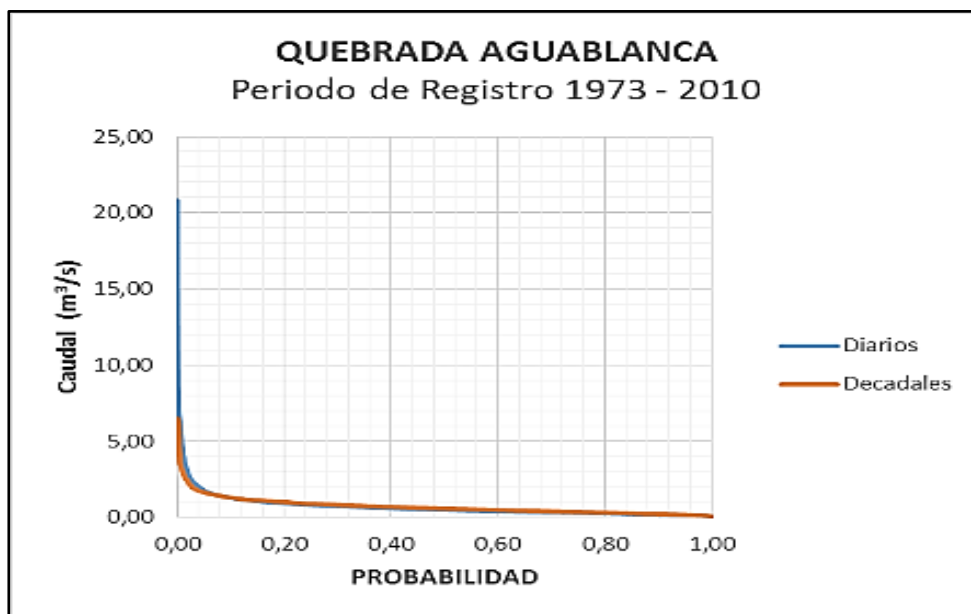
 Tabla 37. Caudales medios mensuales (m³/s) 2405-0802. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



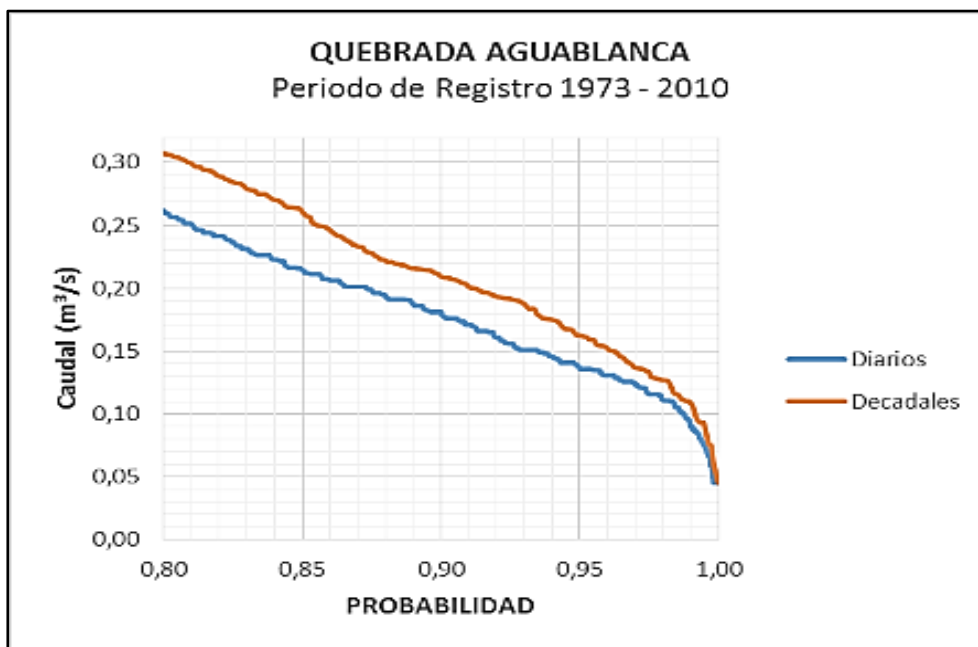
Gráfica 20. Distribución temporal (m³/s) Q Aguablanca. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.3.2.3 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0802

Con la información obtenida para la unidad Hidrológica nivel II Quebrada Aguablanca, se desarrolló la curva de duración de caudales medios generado para el período 1973 - 2010. La Gráfica 21, muestra la curva de duración de los caudales medios diarios y decadales y la Grafica 22, representa las excedencias superiores al 80%.



Gráfica 21. Curva de duración de caudales medios diarios, 2405-0802 Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



Gráfica 22. Distribución temporal (m³/s) 2405-0802 Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.3.2.4 Caudales característicos 2405-0802

En la quebrada Aguablanca el caudal máximo generado es de 20.80m³/s, el caudal mínimo generado es de 0.05m³/s, y para una excedencia del 95% el caudal es de 0.14 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor m ³ /s	Caudales	Valor m ³ /s
Máximo	20,80	Máximo	6,48
Q ₅₀	0,49	Q ₅₀	0,58
Q ₇₅	0,30	Q ₇₅	0,35
Q ₉₀	0,18	Q ₉₀	0,21
Q ₉₅	0,14	Q ₉₅	0,17
Q ₉₇	0,13	Q ₉₇	0,14
Q ₉₉	0,11	Q ₉₉	0,11
Mínimo	0,05	Mínimo	0,05

Tabla 38. Caudales característicos 2405-0801 Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

5.4 Río Sucio 2405-09

La Cuenca Nivel I Río Sucio, está compuesta por las siguientes unidades hidrográficas

Nivel II:

- Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso.
- Quebrada La Arenosa
- Quebradas la Caimana del Trapiche
- Otros directos al río Sucio
- Quebrada La Condera Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio

5.4.1 Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso 2405-0901

La Unidad Hidrográfica Nivel II 2405-0901, se encuentra ubicada en el municipio de Girón en las veredas Marta; en el municipio de Sabana en las veredas Rio Sucio, Caño Edén, Payoa Corazones y San Rafael De Payoa. Su fuente principal es el río Sucio, el cual recibe las aguas provenientes de la toda la unidad Río Sucio 2405-09, incluyendo las fuentes presentes en la unidad Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso.

5.4.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de Nivel II- 2405-0901

5.4.1.1.1 Caudales medios mensuales

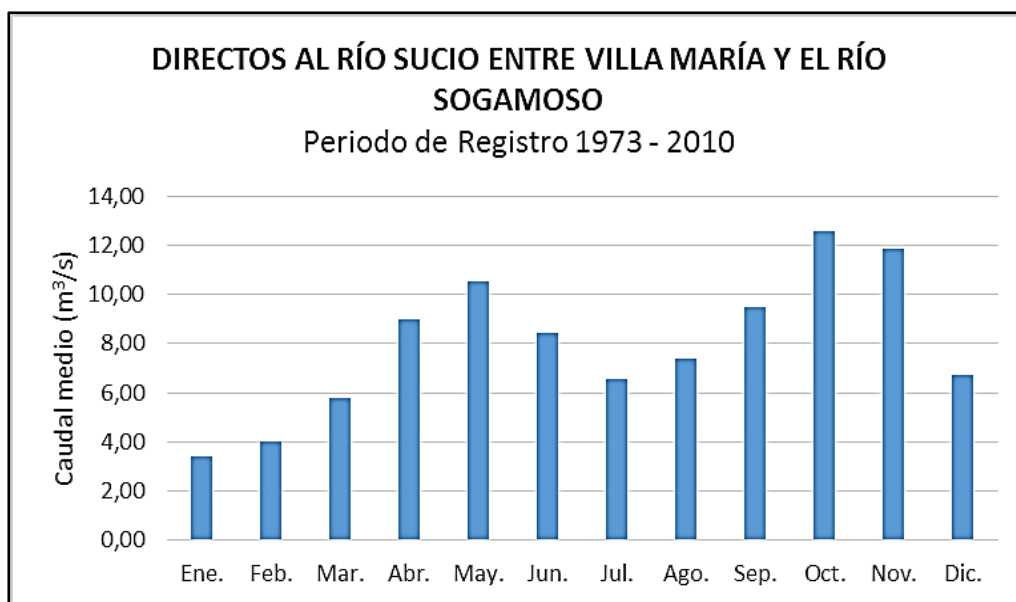
Los caudales medios mensuales en esta unidad hidrográfica nivel II 2405-0901, presentan una distribución de tipo bimodal. Los períodos secos en el primer trimestre muestran valores generados de 3.42 m³/s, 4.03 m³/s y 5.80 m³/s y en el segundo semestre, con valores de 6.58 m³/s y 7.37 m³/s. Los períodos húmedos en el primer y segundo semestre, con registran de 10.56 m³/s y 12.60 m³/s. El valor promedio anual es de 7.82 m³/s. El valor máximo registrado es de 36.86 m³/s, presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 0.71 m³/s, presentado en el mes de

enero, del año 2010. En la Tabla 39 y Gráfica 23, se presentan los valores generados para toda la serie y la distribución temporal respectivamente.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	5,17	5,17
1974	3,62	2,72	8,14	11,95	10,77	4,97	3,97	6,34	27,57	23,83	15,30	5,16	10,36
1975	2,03	2,96	4,06	5,75	11,42	8,37	9,37	9,56	9,28	11,34	15,47	15,05	8,72
1976	3,86	2,79	4,89	7,29	10,17	9,56	8,00	4,65	8,69	16,91	6,35	2,04	7,10
1977	2,10	1,38	2,32	4,41	12,16	9,31	4,94	4,30	9,07	17,15	11,72	2,26	6,76
1978	2,33	3,02	13,39	16,17	12,27	12,50	8,44	8,88	11,11	15,68	13,16	5,70	10,22
1979	4,12	4,68	5,30	9,85	9,56	14,17	8,93	8,77	8,79	11,64	10,76	7,00	8,63
1980	3,08	3,99	3,81	5,89	6,69	7,39	5,05	5,34	6,89	7,12	16,28	3,56	6,26
1981	4,65	5,25	3,78	8,55	14,23	12,15	8,40	10,92	11,21	12,04	13,69	6,28	9,26
1982	5,70	8,06	3,86	16,82	17,48	9,67	6,39	6,73	7,20	8,77	6,98	5,13	8,57
1983	4,84	3,18	2,18	5,81	8,22	8,59	6,27	9,01	5,60	6,07	3,75	3,68	5,60
1984	3,14	2,85	2,61	2,80	5,77	5,93	7,32	6,45	12,16	13,66	15,57	9,41	7,30
1985	3,32	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	3,32
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	9,11	7,68	6,08	8,29	10,28	8,00	10,87	7,98	8,53
1990	1,98	XXX	XXX	XXX	8,48	5,68	4,80	6,68	4,39	12,86	8,39	XXX	6,66
1991	1,59	2,09	4,36	5,41	9,35	7,91	5,99	4,69	9,29	7,61	8,45	3,75	5,88
1992	2,48	2,38	2,34	2,38	6,82	6,33	7,69	6,60	6,40	4,83	11,30	6,86	5,53
1993	3,71	3,20	2,89	9,96	11,81	5,90	4,29	5,02	7,77	7,82	11,67	8,15	6,85
1994	4,01	1,86	2,80	5,90	11,05	6,49	5,10	8,47	9,60	11,04	14,80	7,14	7,36
1995	3,32	3,49	7,93	9,07	12,58	12,75	10,66	17,59	10,15	12,68	8,44	2,78	9,29
1996	3,19	2,16	5,97	6,29	7,67	8,97	7,62	6,72	6,58	16,79	7,22	5,38	7,05
1997	2,82	3,31	3,58	10,13	5,39	6,17	2,72	3,45	6,08	6,53	5,51	2,01	4,81
1998	1,38	4,31	2,81	10,12	12,11	8,89	8,98	5,69	4,90	15,60	XXX	XXX	7,48
1999	1,37	13,35	11,96	10,03	11,53	9,72	7,62	10,85	15,60	14,06	11,73	7,70	10,46
2000	5,63	7,02	XXX	8,64	11,02	9,43	8,07	11,19	15,85	15,22	12,13	7,73	10,18
2002	2,38	2,46	5,87	3,82	14,13	4,26	2,97	2,39	2,62	7,15	6,03	2,39	4,71
2003	1,91	3,01	24,07	7,52	15,26	9,10	7,48	8,76	12,17	16,48	12,36	6,93	10,42
2004	3,48	2,80	2,54	16,51	13,34	6,44	4,32	3,49	6,98	13,59	9,22	4,79	7,29
2005	3,67	XXX	4,21	6,67	9,96	10,44	6,27	6,97	5,52	17,01	24,21	23,67	10,78

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2006	14,27	10,73	18,44	36,86	13,52	7,41	4,49	5,24	5,97	8,78	6,91	6,44	11,59
2007	4,39	3,35	3,30	7,71	11,42	8,95	5,80	8,95	7,59	15,93	17,69	5,41	8,38
2008	2,67	5,43	4,31	5,19	7,36	4,62	4,98	7,48	12,69	11,99	18,79	4,96	7,54
2009	1,70	3,01	5,06	6,61	5,24	7,53	3,64	5,50	3,83	5,06	8,92	1,98	4,84
2010	0,71	1,93	1,43	4,90	12,06	13,15	13,81	10,72	20,83	29,90	23,85	21,36	12,89
Media	3,42	4,03	5,80	8,97	10,56	8,45	6,58	7,37	9,46	12,60	11,86	6,70	7,82
Max	14,27	13,35	24,07	36,86	17,48	14,17	13,81	17,59	27,57	29,90	24,21	23,67	36,86
Min	0,71	1,38	1,43	2,38	5,24	4,26	2,72	2,39	2,62	4,83	3,75	1,98	0,71

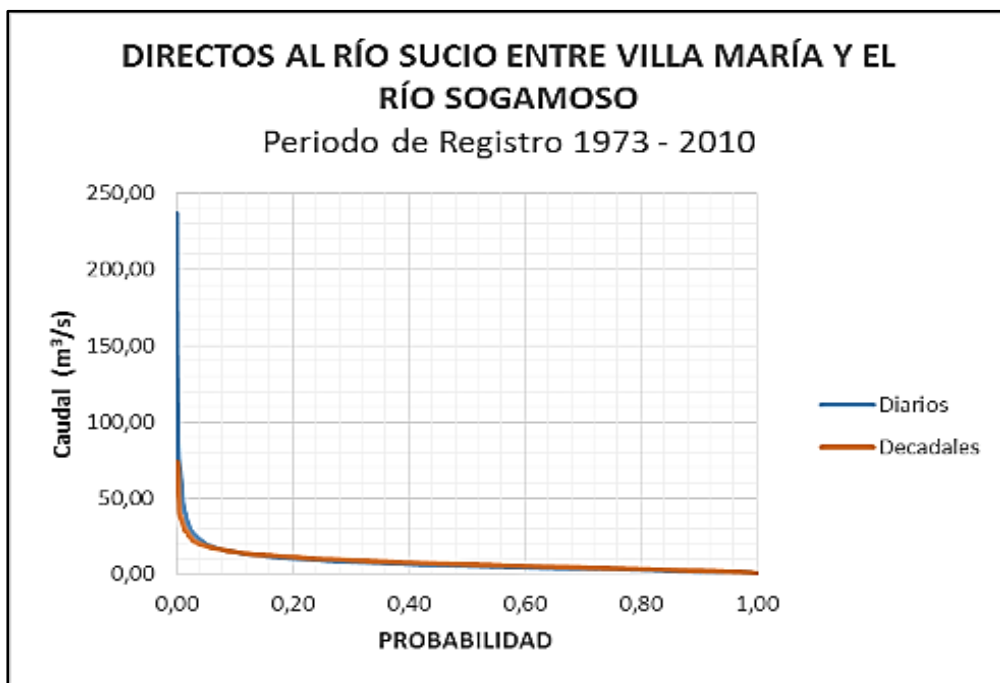
Tabla 39. Caudales medios mensuales 2405-0901 (m³/s). Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS



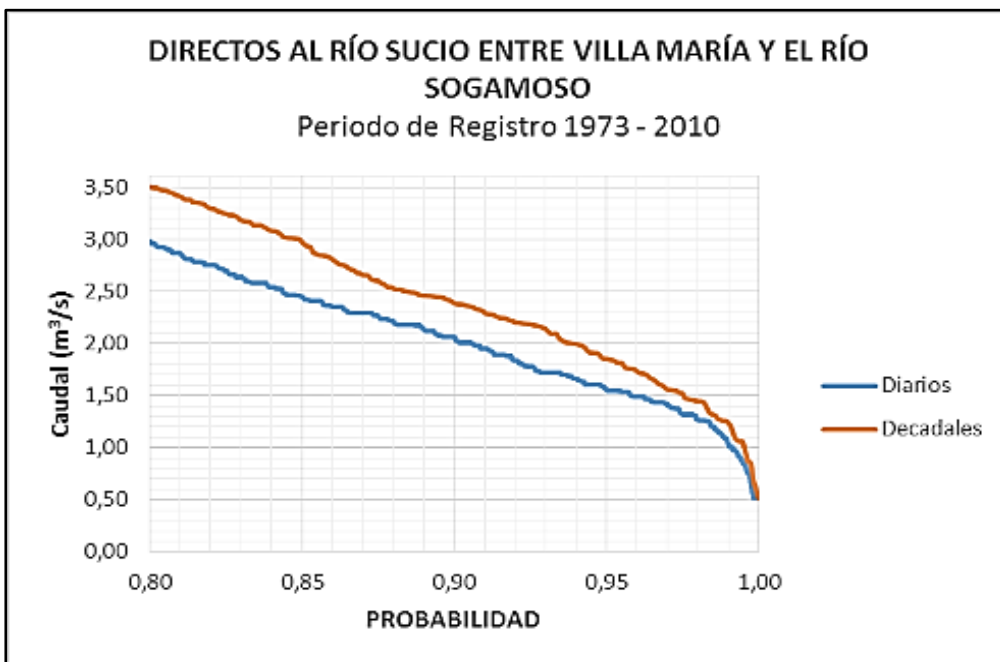
Gráfica 23. Distribución temporal (m³/s) 2405-0901. Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS.

5.4.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0901

Con los datos obtenidos, se desarrolló la curva de duración de caudales medios para el período generado de 1973 a 2010. Las Gráficas 24 y 25, muestran la duración de los caudales medios diarios y decadales y las excedencias superiores al 80%.



Gráfica 24. Curva de duración de caudales medios (m³/s) 2405-0901. Fuente POMCA río Sogamoso – CAS.



Gráfica 25. Distribución temporal (m³/s) 2405-0901. Fuente POMCA río Sogamoso – CAS.

5.4.1.1.3 Caudales característicos 2405-0901

El caudal máximo generado es de 237.08 m³/s, el caudal mínimo generado es de 0.52 m³/s y para una excedencia del 95% el caudal es de 1.61 m³/s y.

Caudales Característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m ³ /s		m ³ /s
Máximo	237,08	Máximo	73,88
Q ₅₀	5,59	Q ₅₀	6,62
Q ₇₅	3,43	Q ₇₅	4,00
Q ₉₀	2,08	Q ₉₀	2,44
Q ₉₅	1,61	Q ₉₅	1,91
Q ₉₇	1,45	Q ₉₇	1,65
Q ₉₉	1,20	Q ₉₉	1,31
Mínimo	0,52	Mínimo	0,52

Tabla 40. Caudales característicos Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS.

5.4.2 Quebrada La Arenosa 2405-0902

La unidad hidrográfica nivel II Quebrada la Arenosa 2405-0902, se encuentra ubicada en el municipio de Girón en la vereda Marta, en el municipio de Lebrija en las veredas La Girona, Rio Sucio Alto, El Cristal, San Silvestre, Rio Sucio Bajo y Villa María. Su fuente principal es la quebrada La Arenosa que recibe las aguas provenientes de la quebrada San Silvestre y la quebrada La Peligrosa.

5.4.2.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de Nivel II- 2405-0902

5.4.2.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0902

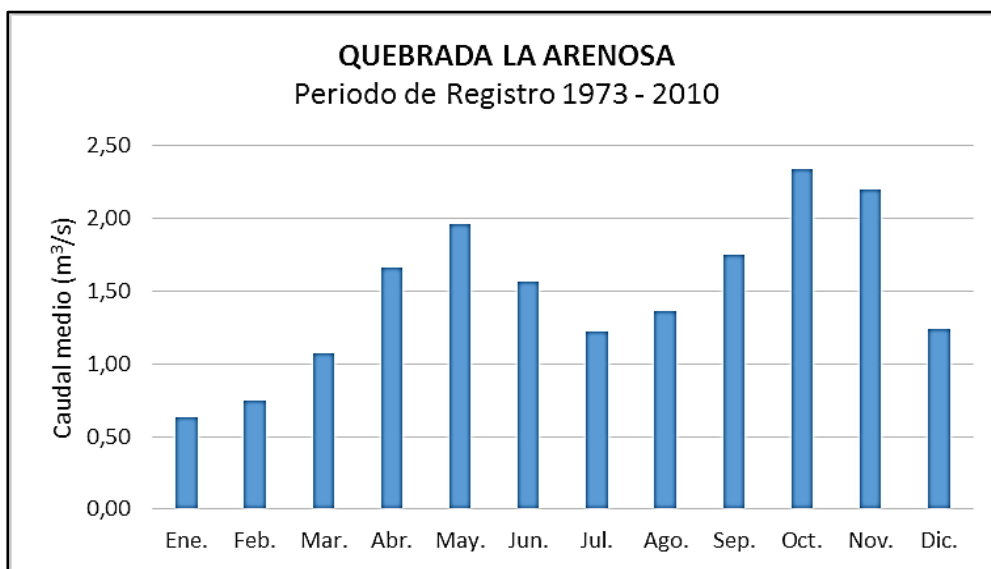
Los caudales medios mensuales generados para la unidad hidrográfica Nivel II La Arenosa 2405-0902, con un régimen bimodal, Los períodos secos se observan de enero a marzo, con valores calculados de 0.63 m³/s, 0.75 m³/s y 1.08 m³/s en el primer

semestre y de 1.22 m³/s y 1.37 m³/s en el segundo semestre. Los períodos húmedos con valores calculados de 1.96 m³/s y 2.34 m³/s para primer y segundo semestre. El valor promedio anual es de 1.45 m³/s. El valor máximo registrado es de 6.83 m³/s, presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 0.13 m³/s, presentado en el mes de enero del año 2010. Se presentan los valores generados para toda la serie y la distribución temporal en la Tabla 41 y Gráfica 26 respectivamente.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,96	0,96
1974	0,67	0,50	1,51	2,22	2,00	0,92	0,74	1,17	5,11	4,42	2,84	0,96	1,92
1975	0,38	0,55	0,75	1,07	2,12	1,55	1,74	1,77	1,72	2,10	2,87	2,79	1,62
1976	0,72	0,52	0,91	1,35	1,89	1,77	1,48	0,86	1,61	3,14	1,18	0,38	1,32
1977	0,39	0,26	0,43	0,82	2,25	1,73	0,92	0,80	1,68	3,18	2,17	0,42	1,25
1978	0,43	0,56	2,48	3,00	2,27	2,32	1,56	1,65	2,06	2,91	2,44	1,06	1,89
1979	0,76	0,87	0,98	1,83	1,77	2,63	1,66	1,63	1,63	2,16	1,99	1,30	1,60
1980	0,57	0,74	0,71	1,09	1,24	1,37	0,94	0,99	1,28	1,32	3,02	0,66	1,16
1981	0,86	0,97	0,70	1,59	2,64	2,25	1,56	2,02	2,08	2,23	2,54	1,16	1,72
1982	1,06	1,49	0,71	3,12	3,24	1,79	1,18	1,25	1,34	1,63	1,29	0,95	1,59
1983	0,90	0,59	0,40	1,08	1,52	1,59	1,16	1,67	1,04	1,13	0,70	0,68	1,04
1984	0,58	0,53	0,48	0,52	1,07	1,10	1,36	1,20	2,25	2,53	2,89	1,75	1,35
1985	0,62	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,62
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	1,69	1,42	1,13	1,54	1,91	1,48	2,01	1,48	1,58
1990	0,37	XXX	XXX	XXX	1,57	1,05	0,89	1,24	0,81	2,38	1,56	XXX	1,23
1991	0,29	0,39	0,81	1,00	1,73	1,47	1,11	0,87	1,72	1,41	1,57	0,69	1,09
1992	0,46	0,44	0,43	0,44	1,26	1,17	1,43	1,22	1,19	0,90	2,10	1,27	1,03
1993	0,69	0,59	0,54	1,85	2,19	1,09	0,80	0,93	1,44	1,45	2,16	1,51	1,27
1994	0,74	0,35	0,52	1,09	2,05	1,20	0,95	1,57	1,78	2,05	2,74	1,32	1,36
1995	0,62	0,65	1,47	1,68	2,33	2,36	1,98	3,26	1,88	2,35	1,57	0,52	1,72
1996	0,59	0,40	1,11	1,17	1,42	1,66	1,41	1,25	1,22	3,11	1,34	1,00	1,31
1997	0,52	0,61	0,66	1,88	1,00	1,14	0,50	0,64	1,13	1,21	1,02	0,37	0,89
1998	0,26	0,80	0,52	1,88	2,25	1,65	1,66	1,06	0,91	2,89	XXX	XXX	1,39
1999	0,25	2,48	2,22	1,86	2,14	1,80	1,41	2,01	2,89	2,61	2,17	1,43	1,94
2000	1,04	1,30	XXX	1,60	2,04	1,75	1,50	2,07	2,94	2,82	2,25	1,43	1,89
2002	0,44	0,46	1,09	0,71	2,62	0,79	0,55	0,44	0,49	1,33	1,12	0,44	0,87
2003	0,35	0,56	4,46	1,39	2,83	1,69	1,39	1,62	2,26	3,06	2,29	1,28	1,93

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2004	0,65	0,52	0,47	3,06	2,47	1,19	0,80	0,65	1,30	2,52	1,71	0,89	1,35
2005	0,68	XXX	0,78	1,24	1,85	1,94	1,16	1,29	1,02	3,15	4,49	4,39	2,00
2006	2,65	1,99	3,42	6,83	2,51	1,37	0,83	0,97	1,11	1,63	1,28	1,19	2,15
2007	0,81	0,62	0,61	1,43	2,12	1,66	1,08	1,66	1,41	2,95	3,28	1,00	1,55
2008	0,50	1,01	0,80	0,96	1,37	0,86	0,92	1,39	2,35	2,22	3,48	0,92	1,40
2009	0,31	0,56	0,94	1,23	0,97	1,40	0,67	1,02	0,71	0,94	1,65	0,37	0,90
2010	0,13	0,36	0,26	0,91	2,24	2,44	2,56	1,99	3,86	5,54	4,42	3,96	2,39
Media	0,63	0,75	1,08	1,66	1,96	1,57	1,22	1,37	1,75	2,34	2,20	1,24	1,45
Max	2,65	2,48	4,46	6,83	3,24	2,63	2,56	3,26	5,11	5,54	4,49	4,39	6,83
Min	0,13	0,26	0,26	0,44	0,97	0,79	0,50	0,44	0,49	0,90	0,70	0,37	0,13

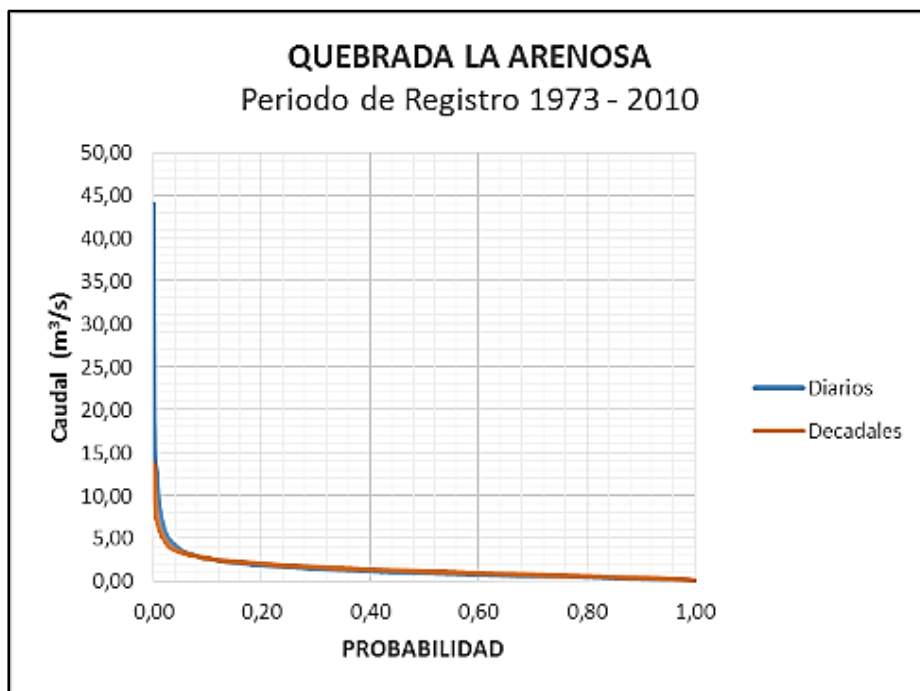
Tabla 41. Caudales medios mensuales 2405-0902 (m³/s). Fuente POMCA Río Sogamoso –CAS



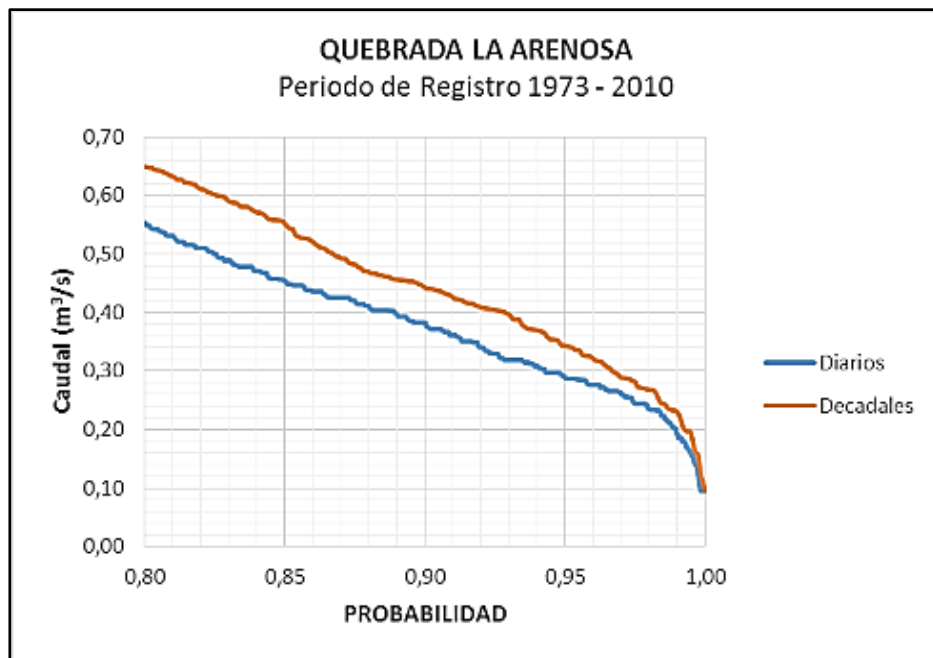
Gráfica 26. Distribución temporal (m³/s) 2405-0902. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS.

5.4.2.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios

Con los datos obtenidos, se generó la curva de duración de caudales medios para el período generado de 1973 a 2010. Las Gráficas 27 y 28, representan la duración de los caudales medios diarios y decadales y las excedencias superiores al 80% respectivamente.



Gráfica 27. Curva de duración de caudales medios (m³/s) 2405-0902. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



Gráfica 28. Distribución temporal (m³/s) 2405-0902. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS.

5.4.2.1.3 Caudales característicos 2405-0902

En la Tabla 42 se evidencia un caudal máximo generado de 43.96 m³/s, y un caudal mínimo de 0.10 m³/s y para una excedencia del 95% el caudal es de 0.30 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m ³ /s		m ³ /s
Máximo	43,96	Máximo	13,70
Q ₅₀	1,04	Q ₅₀	1,23
Q ₇₅	0,64	Q ₇₅	0,74
Q ₉₀	0,39	Q ₉₀	0,45
Q ₉₅	0,30	Q ₉₅	0,35
Q ₉₇	0,27	Q ₉₇	0,31
Q ₉₉	0,22	Q ₉₉	0,24
Mínimo	0,10	Mínimo	0,10

Tabla 42. Caudales característicos Quebrada la arenosa 2405-0902. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS.

5.4.3 Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio 2405-0903

Esta unidad Hidrográfica Nivel II, se encuentra ubicada en el municipio de Lebrija en las veredas El Cristal, La Girona, Rio Sucio Alto, Rio Sucio Bajo, Lisboa, Portugal, La Floresta, El Líbano, Centenario, El Tesoro, Uribe Uribe, Angelinos, Canoas y Centro de Aurora. Por otra, las quebradas Chajira, Agua Buena, del Trapiche, La Caimana y La Chorrera; recogen las aguas de las demás fuentes presentes para drenarlas al río Sucio, siendo esta la fuente principal.

5.4.3.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-0903

5.4.3.1.1 Caudales medios mensuales

Los caudales medios mensuales en esta unidad hidrográfica, presentan una distribución de tipo bimodal. Los períodos secos con valores generados de enero a marzo de 0.97 m³/s, 1.14 m³/s y 1.64 m³/s en el primer semestre y en el segundo, con valores de 1.86 m³/s y 2.08 m³/s.

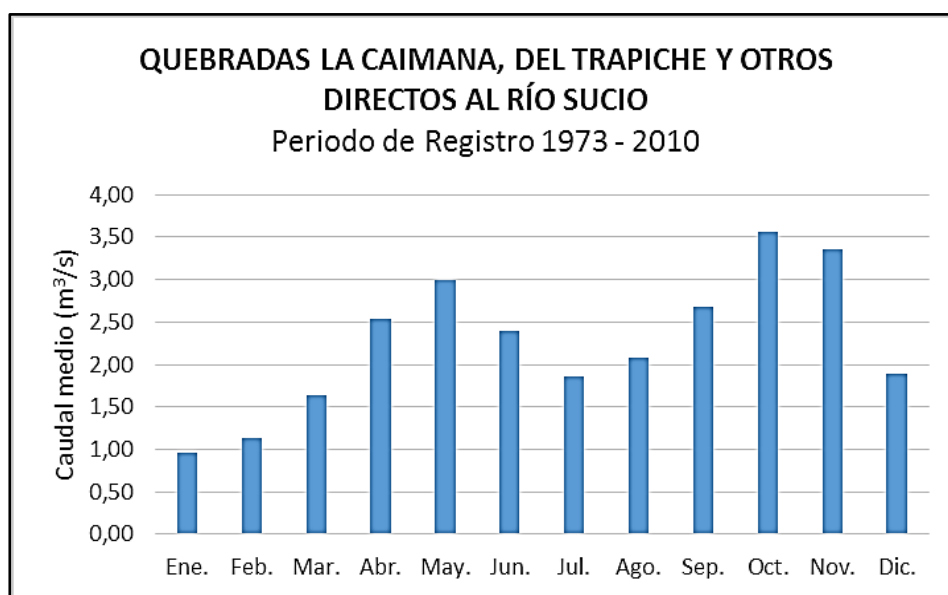
Los períodos húmedos con valores registrados de 2.99 m³/s y 3.56 m³/s para cada uno de los semestres. El valor promedio anual es de 2.21 m³/s, con un el dato máximo

reportado de 10.43 m³/s, registrado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo de 0.20 m³/s, presentado en el mes de enero del año 2010. En la Tabla 43, se presentan los valores generados para toda la serie y la Gráfica 29, muestra la distribución temporal.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	1,46	1,46
1974	1,02	0,77	2,30	3,38	3,05	1,41	1,12	1,79	7,80	6,74	4,33	1,46	2,93
1975	0,57	0,84	1,15	1,63	3,23	2,37	2,65	2,70	2,62	3,21	4,38	4,26	2,47
1976	1,09	0,79	1,38	2,06	2,88	2,71	2,26	1,32	2,46	4,78	1,80	0,58	2,01
1977	0,59	0,39	0,66	1,25	3,44	2,63	1,40	1,22	2,57	4,85	3,32	0,64	1,91
1978	0,66	0,85	3,79	4,58	3,47	3,54	2,39	2,51	3,14	4,44	3,72	1,61	2,89
1979	1,16	1,33	1,50	2,79	2,71	4,01	2,53	2,48	2,49	3,29	3,04	1,98	2,44
1980	0,87	1,13	1,08	1,67	1,89	2,09	1,43	1,51	1,95	2,01	4,61	1,01	1,77
1981	1,32	1,48	1,07	2,42	4,03	3,44	2,38	3,09	3,17	3,41	3,87	1,78	2,62
1982	1,61	2,28	1,09	4,76	4,95	2,74	1,81	1,91	2,04	2,48	1,97	1,45	2,42
1983	1,37	0,90	0,62	1,65	2,33	2,43	1,77	2,55	1,58	1,72	1,06	1,04	1,58
1984	0,89	0,81	0,74	0,79	1,63	1,68	2,07	1,82	3,44	3,87	4,40	2,66	2,07
1985	0,94	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,94
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	2,58	2,17	1,72	2,35	2,91	2,26	3,07	2,26	2,41
1990	0,56	XXX	XXX	XXX	2,40	1,61	1,36	1,89	1,24	3,64	2,37	XXX	1,88
1991	0,45	0,59	1,23	1,53	2,64	2,24	1,69	1,33	2,63	2,15	2,39	1,06	1,66
1992	0,70	0,67	0,66	0,67	1,93	1,79	2,17	1,87	1,81	1,37	3,20	1,94	1,57
1993	1,05	0,91	0,82	2,82	3,34	1,67	1,21	1,42	2,20	2,21	3,30	2,31	1,94
1994	1,13	0,53	0,79	1,67	3,13	1,84	1,44	2,40	2,72	3,12	4,19	2,02	2,08
1995	0,94	0,99	2,24	2,57	3,56	3,61	3,02	4,98	2,87	3,59	2,39	0,79	2,63
1996	0,90	0,61	1,69	1,78	2,17	2,54	2,15	1,90	1,86	4,75	2,04	1,52	1,99
1997	0,80	0,94	1,01	2,87	1,52	1,74	0,77	0,98	1,72	1,85	1,56	0,57	1,36
1998	0,39	1,22	0,80	2,86	3,43	2,51	2,54	1,61	1,39	4,41	XXX	XXX	2,12
1999	0,39	3,78	3,38	2,84	3,26	2,75	2,16	3,07	4,41	3,98	3,32	2,18	2,96
2000	1,59	1,99	XXX	2,44	3,12	2,67	2,28	3,17	4,48	4,31	3,43	2,19	2,88
2002	0,67	0,70	1,66	1,08	4,00	1,21	0,84	0,68	0,74	2,02	1,71	0,68	1,33
2003	0,54	0,85	6,81	2,13	4,32	2,57	2,12	2,48	3,44	4,66	3,50	1,96	2,95
2004	0,98	0,79	0,72	4,67	3,77	1,82	1,22	0,99	1,98	3,85	2,61	1,35	2,06
2005	1,04	XXX	1,19	1,89	2,82	2,95	1,77	1,97	1,56	4,81	6,85	6,70	3,05

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2006	4,04	3,03	5,22	10,43	3,82	2,10	1,27	1,48	1,69	2,48	1,96	1,82	3,28
2007	1,24	0,95	0,93	2,18	3,23	2,53	1,64	2,53	2,15	4,51	5,01	1,53	2,37
2008	0,76	1,54	1,22	1,47	2,08	1,31	1,41	2,12	3,59	3,39	5,32	1,40	2,13
2009	0,48	0,85	1,43	1,87	1,48	2,13	1,03	1,56	1,08	1,43	2,52	0,56	1,37
2010	0,20	0,55	0,40	1,39	3,41	3,72	3,91	3,03	5,89	8,46	6,75	6,04	3,65
Media	0,97	1,14	1,64	2,54	2,99	2,39	1,86	2,08	2,68	3,56	3,35	1,90	2,21
Max	4,04	3,78	6,81	10,43	4,95	4,01	3,91	4,98	7,80	8,46	6,85	6,70	10,43
Min	0,20	0,3	0,40	0,67	1,48	1,21	0,77	0,68	0,74	1,37	1,06	0,56	0,20

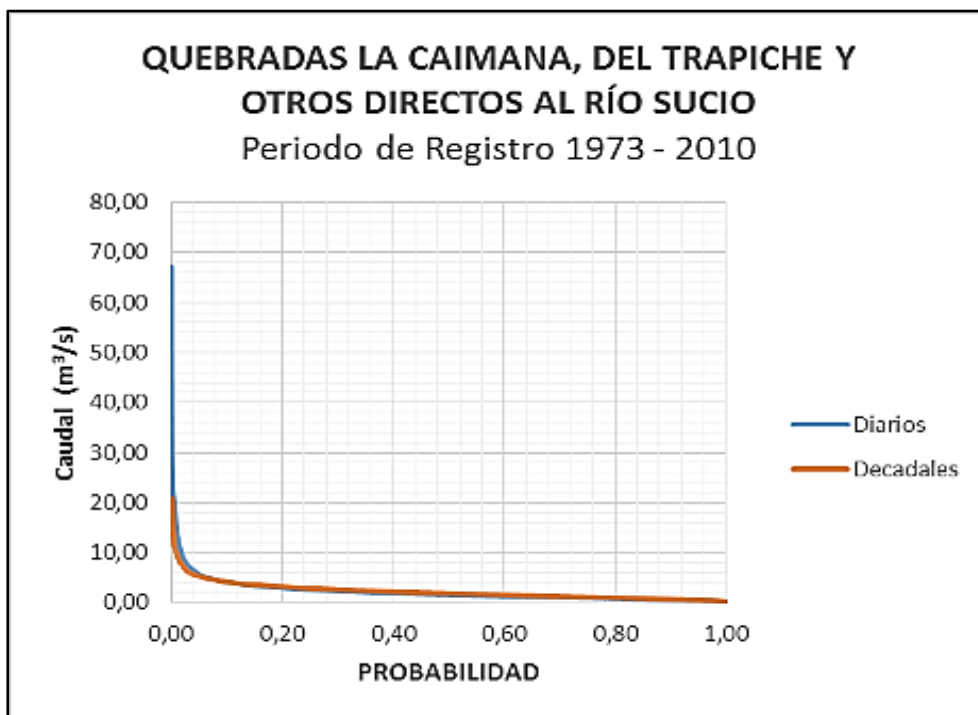
Tabla 43. Caudales medios mensuales 2405-0903 (m³/s). Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS



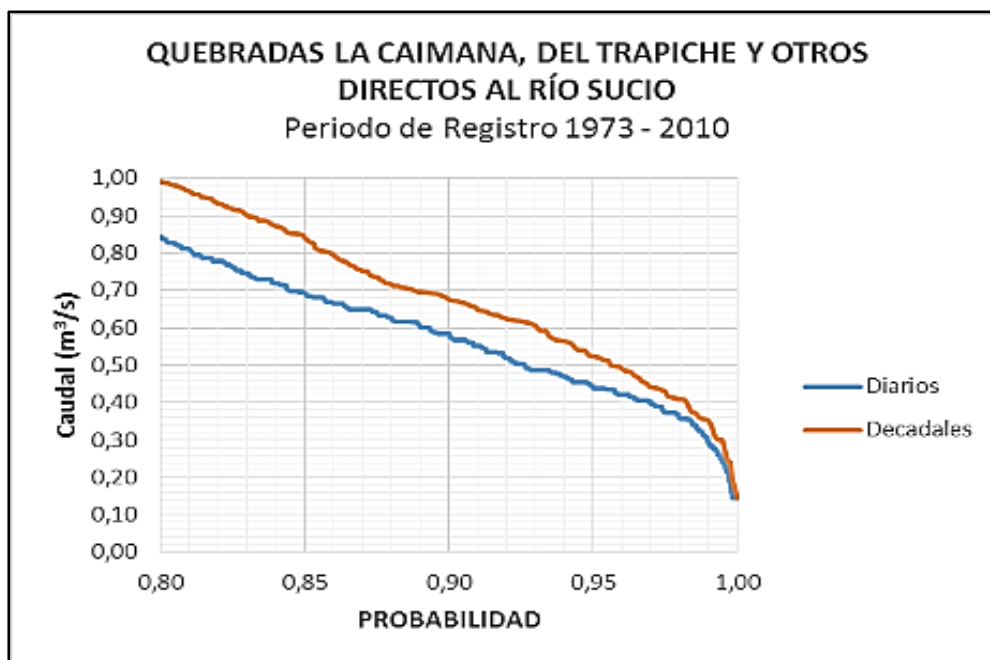
Gráfica 29. Distribución temporal (m³/s) 2405-0903. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS.

5.4.3.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0903

Se elaboraron las curvas de caudales medios diarios para el período comprendido entre 1973 y 2010. Las Gráficas 30 y 31 muestran la duración de los caudales medios diarios y decadales y las excedencias superiores al 80% respectivamente.



Gráfica 30. Curva de duración de caudales medios (m^3/s) 2405-0903. Fuente POMCA-CAS



Gráfica 31. Distribución temporal (m^3/s) 2405-0903. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS.

5.4.3.1.3 Caudales característicos 2405-0902

En la Tabla 44, se puede observar que el caudal máximo es de 67.08 m³/s, el caudal mínimo generado es de 0.15 m³/s y para una excedencia del 95% el caudal es de 0.45 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m ³ /s		m ³ /s
Máximo	67,08	Máximo	20,90
Q₅₀	1,58	Q ₅₀	1,87
Q₇₅	0,97	Q ₇₅	1,13
Q₉₀	0,59	Q ₉₀	0,69
Q₉₅	0,45	Q ₉₅	0,54
Q₉₇	0,41	Q ₉₇	0,47
Q₉₉	0,34	Q ₉₉	0,37
Mínimo	0,15	Mínimo	0,15

Tabla 44. Caudales característicos Quebrada la arenosa 2405-0903. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

5.4.4 Quebrada La Condera 2405-0904

La unidad hidrográfica Quebrada la Condera, se encuentra ubicada en el municipio de Sabana en las veredas San Rafael De La Arenosa y Santa Helena, en el municipio de Lebrija en las veredas Uribe Uribe, La Girona y La Estrella; su fuente principal es la quebrada La Condera y recibe las aguas de las quebradas la Gomera, Payovita y del caño La Peligrosa que conforman a los principales cuerpos de agua en la unidad.

5.4.4.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-0904

5.4.4.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0904

Los caudales medios mensuales generados en esta unidad hidrográfica exhiben una distribución bimodal. Los períodos secos se observan en los meses de enero a marzo con valores calculados de 0.56 m³/s, 0.66 m³/s y 0.95 m³/s en el primer semestre y para el segundo semestre con valores de 1.07 m³/s y 1.20 m³/s respectivamente.

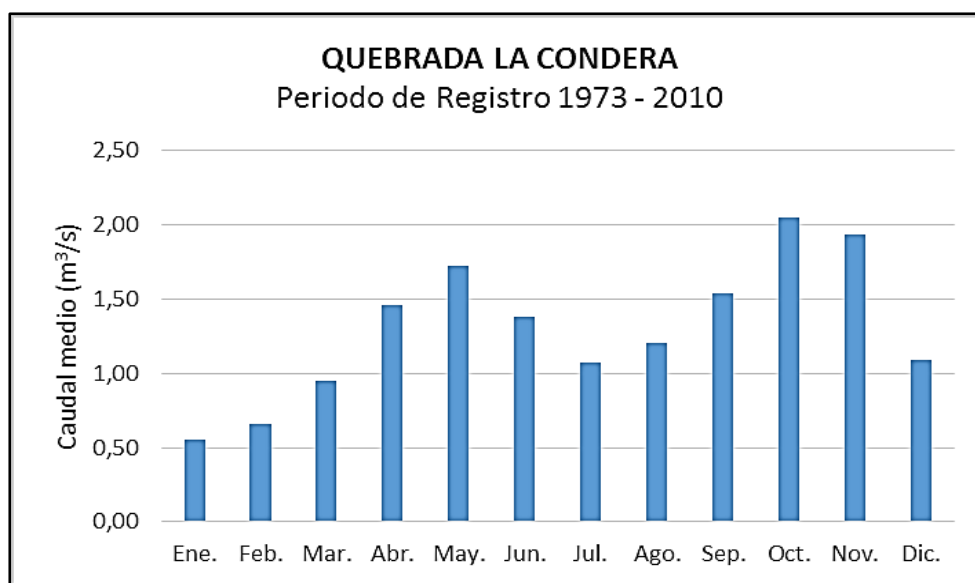
Con relación a los periodos húmedos, los valores calculados son de 1.72 m³/s y 2.05 m³/s para los semestres I y II respectivamente. El valor promedio anual es de 1.27 m³/s, el máximo registrado es de 6.01 m³/s, presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 0.12 m³/s, presentado en el mes de enero, del año 2010.

En la Tabla 45, se incluyen los valores generados para toda la serie y en la Gráfica 32, se representa la distribución temporal.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,84	0,84
1974	0,59	0,44	1,33	1,95	1,76	0,81	0,65	1,03	4,49	3,88	2,49	0,84	1,69
1975	0,33	0,48	0,66	0,94	1,86	1,36	1,53	1,56	1,51	1,85	2,52	2,45	1,42
1976	0,63	0,45	0,80	1,19	1,66	1,56	1,30	0,76	1,42	2,76	1,03	0,33	1,16
1977	0,34	0,22	0,38	0,72	1,98	1,52	0,81	0,70	1,48	2,79	1,91	0,37	1,10
1978	0,38	0,49	2,18	2,63	2,00	2,04	1,37	1,45	1,81	2,55	2,14	0,93	1,67
1979	0,67	0,76	0,86	1,60	1,56	2,31	1,46	1,43	1,43	1,90	1,75	1,14	1,41
1980	0,50	0,65	0,62	0,96	1,09	1,20	0,82	0,87	1,12	1,16	2,65	0,58	1,02
1981	0,76	0,85	0,62	1,39	2,32	1,98	1,37	1,78	1,83	1,96	2,23	1,02	1,51
1982	0,93	1,31	0,63	2,74	2,85	1,58	1,04	1,10	1,17	1,43	1,14	0,84	1,40
1983	0,79	0,52	0,36	0,95	1,34	1,40	1,02	1,47	0,91	0,99	0,61	0,60	0,91
1984	0,51	0,46	0,42	0,46	0,94	0,97	1,19	1,05	1,98	2,23	2,54	1,53	1,19
1985	0,54	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,54
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	1,48	1,25	0,99	1,35	1,67	1,30	1,77	1,30	1,39
1990	0,32	XXX	XXX	XXX	1,38	0,93	0,78	1,09	0,72	2,09	1,37	XXX	1,08
1991	0,26	0,34	0,71	0,88	1,52	1,29	0,98	0,76	1,51	1,24	1,38	0,61	0,96
1992	0,40	0,39	0,38	0,39	1,11	1,03	1,25	1,08	1,04	0,79	1,84	1,12	0,90
1993	0,60	0,52	0,47	1,62	1,92	0,96	0,70	0,82	1,27	1,27	1,90	1,33	1,12
1994	0,65	0,30	0,46	0,96	1,80	1,06	0,83	1,38	1,56	1,80	2,41	1,16	1,20
1995	0,54	0,57	1,29	1,48	2,05	2,08	1,74	2,87	1,65	2,07	1,38	0,45	1,51
1996	0,52	0,35	0,97	1,03	1,25	1,46	1,24	1,09	1,07	2,74	1,18	0,88	1,15
1997	0,46	0,54	0,58	1,65	0,88	1,00	0,44	0,56	0,99	1,06	0,90	0,33	0,78
1998	0,22	0,70	0,46	1,65	1,97	1,45	1,46	0,93	0,80	2,54	XXX	XXX	1,22
1999	0,22	2,18	1,95	1,63	1,88	1,58	1,24	1,77	2,54	2,29	1,91	1,26	1,70
2000	0,92	1,14	XXX	1,41	1,80	1,54	1,31	1,82	2,58	2,48	1,98	1,26	1,66
2002	0,39	0,40	0,96	0,62	2,30	0,69	0,48	0,39	0,43	1,16	0,98	0,39	0,77

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2003	0,31	0,49	3,92	1,22	2,49	1,48	1,22	1,43	1,98	2,68	2,01	1,13	1,70
2004	0,57	0,46	0,41	2,69	2,17	1,05	0,70	0,57	1,14	2,21	1,50	0,78	1,19
2005	0,60	XXX	0,69	1,09	1,62	1,70	1,02	1,14	0,90	2,77	3,94	3,86	1,76
2006	2,33	1,75	3,00	6,01	2,20	1,21	0,73	0,85	0,97	1,43	1,13	1,05	1,89
2007	0,72	0,55	0,54	1,26	1,86	1,46	0,95	1,46	1,24	2,60	2,88	0,88	1,36
2008	0,44	0,89	0,70	0,85	1,20	0,75	0,81	1,22	2,07	1,95	3,06	0,81	1,23
2009	0,28	0,49	0,82	1,08	0,85	1,23	0,59	0,90	0,62	0,82	1,45	0,32	0,79
2010	0,12	0,32	0,23	0,80	1,96	2,14	2,25	1,75	3,39	4,87	3,89	3,48	2,10
Media	0,56	0,66	0,95	1,46	1,72	1,38	1,07	1,20	1,54	2,05	1,93	1,09	1,27
Max	2,33	2,18	3,92	6,01	2,85	2,31	2,25	2,87	4,49	4,87	3,94	3,86	6,01
Min	0,12	0,22	0,23	0,39	0,85	0,69	0,44	0,39	0,43	0,79	0,61	0,32	0,12

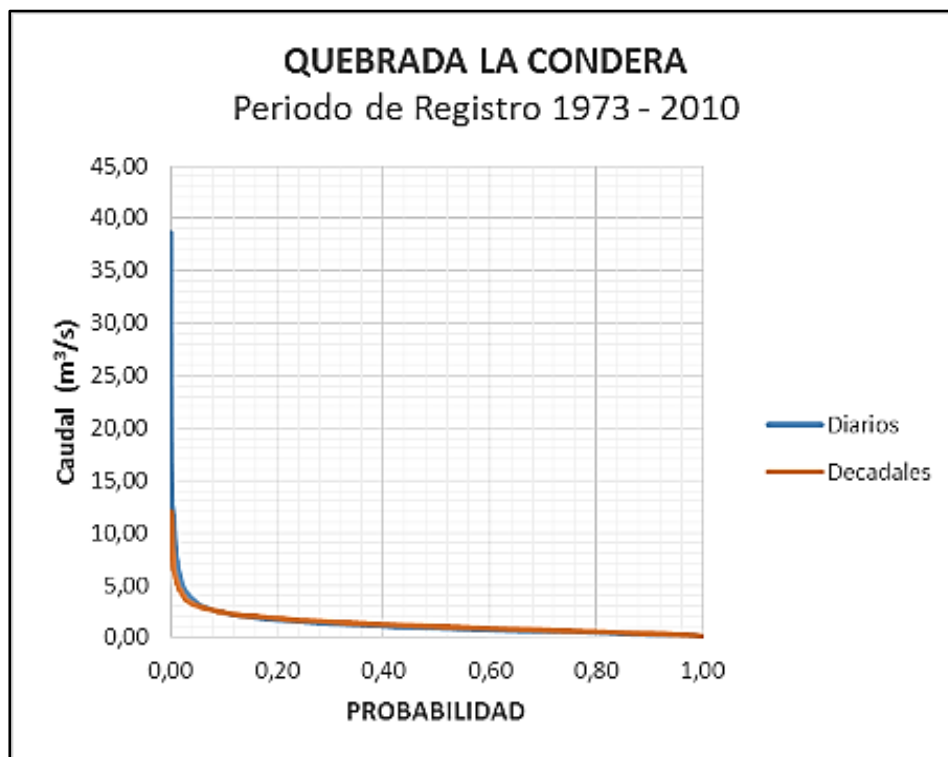
Tabla 45. Caudales medios mensuales 2405-0904 (m³/s). Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS



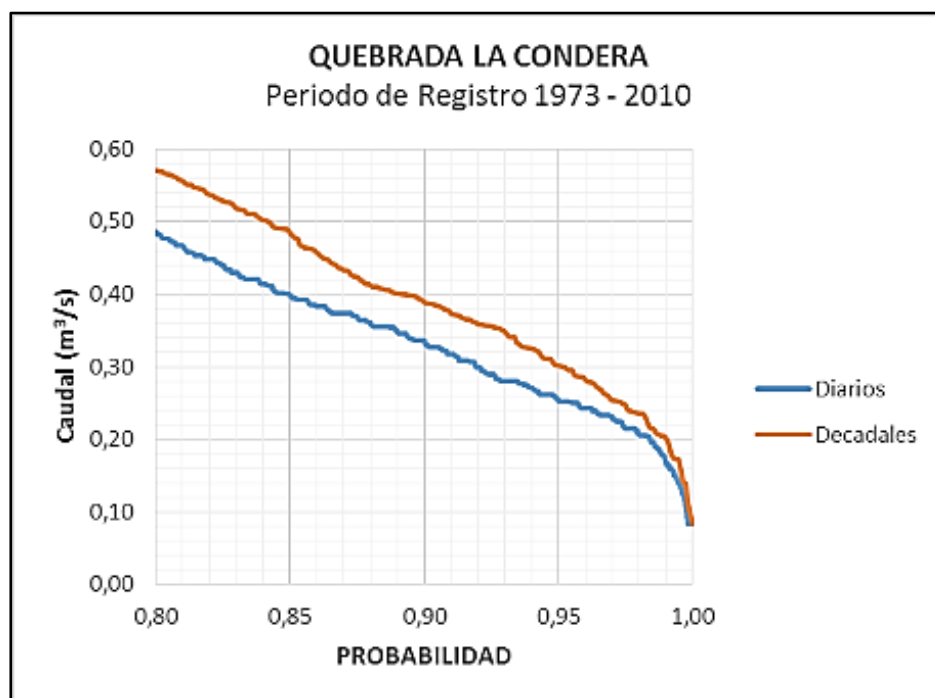
Gráfica 32. Distribución temporal (m³/s) 2405-0904. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS.

5.4.4.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-0904

Se elaboraron las curvas de caudales medios diarios para el período comprendido entre 1973 y 2010. Las Gráficas 33 y 34, esquematizan la duración de los caudales medios diarios y decadales y las excedencias superiores al 80% respectivamente.



Gráfica 33. Curva de duración de caudales medios (m³/s) 2405-0904. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS



Gráfica 34. Distribución temporal (m³/s) 2405-0904. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS.

5.4.4.1.3 Caudales característicos 2405-0904

En la Tabla 46, se aprecia el caudal máximo generado de 38.63 m³/s, el caudal mínimo de 0.08 m³/s y para una excedencia del 95% el caudal es de 0.26 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor m ³ /s	Caudales	Valor m ³ /s
Máximo	38,63	Máximo	12,04
Q ₅₀	0,91	Q ₅₀	1,08
Q ₇₅	0,56	Q ₇₅	0,65
Q ₉₀	0,34	Q ₉₀	0,40
Q ₉₅	0,26	Q ₉₅	0,31
Q ₉₇	0,24	Q ₉₇	0,27
Q ₉₉	0,20	Q ₉₉	0,21
Mínimo	0,08	Mínimo	0,08

Tabla 46. Caudales característicos Quebrada la Condera 2405-0904. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

5.4.5 Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio 2405-0905

La unidad hidrográfica Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio, se encuentra ubicada en el municipio de Sabana de Torres, en las veredas San Rafael De La Arenosa y Caño Edén, y en el municipio de Lebrija en las veredas San Silvestre, El Cristal, La Girona y Villa María. La unidad hidrográfica Nivel II, corresponde a un área intercuenca cuyo cauce principal es el río Sucio y recibe las aguas provenientes de la unidad hidrográfica Quebrada La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio y la unidad Quebrada La Condera.

5.4.5.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-0905

5.4.5.1.1 Caudales medios mensuales 2405-0905

Los caudales medios mensuales estimados para esta unidad hidrográfica, presentan un régimen bimodal. Los períodos secos se observan en los meses de enero a marzo en el primer semestre del año, con valores generados de 1.96 m³/s, 2.31 m³/s y 3.32 m³/s y en julio y agosto en el segundo semestre, con valores de 3.77 y 4.22 m³/s.

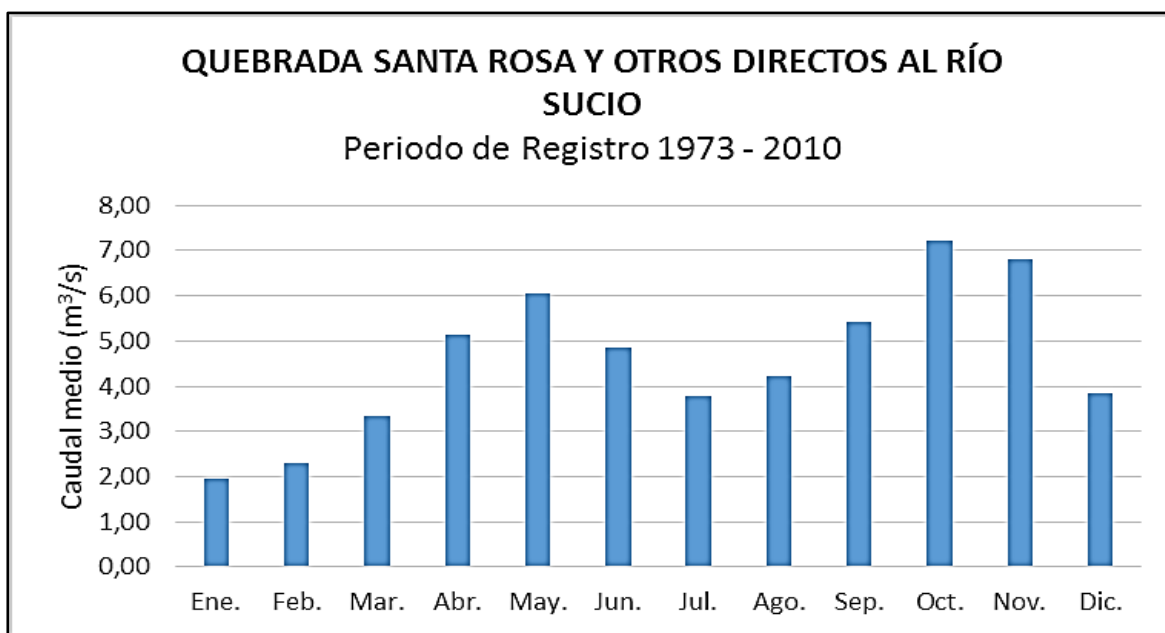
En los períodos húmedos los valores son de 6.05 m³/s y 7.22 m³/s para primer y segundo semestre respectivamente. Asimismo, el valor promedio anual es de 4.48 m³/s, el máximo registrado es de 21.13 m³/s presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 0.41 m³/s, presentado en el mes de enero, del año 2010.

Los valores generados para toda la serie se consolidan en la Tabla 47, y un diagrama de columnas muestra la distribución temporal. (ver Grafica 35)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	2,96	2,96
1974	2,07	1,56	4,67	6,85	6,18	2,85	2,27	3,63	15,80	13,66	8,77	2,96	5,94
1975	1,16	1,70	2,33	3,30	6,55	4,80	5,37	5,48	5,32	6,50	8,87	8,62	5,00
1976	2,22	1,60	2,80	4,18	5,83	5,48	4,59	2,67	4,98	9,69	3,64	1,17	4,07
1977	1,20	0,79	1,33	2,53	6,97	5,33	2,83	2,47	5,20	9,83	6,72	1,30	3,87
1978	1,34	1,73	7,68	9,27	7,03	7,16	4,84	5,09	6,37	8,98	7,54	3,27	5,86
1979	2,36	2,69	3,04	5,64	5,48	8,12	5,12	5,03	5,04	6,67	6,17	4,01	4,95
1980	1,76	2,29	2,19	3,38	3,83	4,23	2,89	3,06	3,95	4,08	9,33	2,04	3,59
1981	2,67	3,01	2,17	4,90	8,16	6,97	4,81	6,26	6,42	6,90	7,85	3,60	5,31
1982	3,27	4,62	2,21	9,64	10,02	5,54	3,66	3,86	4,13	5,03	4,00	2,94	4,91
1983	2,77	1,82	1,25	3,33	4,71	4,93	3,59	5,16	3,21	3,48	2,15	2,11	3,21
1984	1,80	1,63	1,49	1,60	3,31	3,40	4,20	3,70	6,97	7,83	8,92	5,39	4,19
1985	1,91	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	1,91
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	5,22	4,40	3,48	4,75	5,89	4,59	6,23	4,57	4,89
1990	1,13	XXX	XXX	XXX	4,86	3,26	2,75	3,83	2,52	7,37	4,81	XXX	3,82
1991	0,91	1,20	2,50	3,10	5,36	4,53	3,43	2,69	5,33	4,36	4,85	2,15	3,37
1992	1,42	1,37	1,34	1,37	3,91	3,63	4,41	3,79	3,67	2,77	6,48	3,93	3,17
1993	2,13	1,84	1,66	5,71	6,77	3,38	2,46	2,88	4,45	4,48	6,69	4,67	3,93
1994	2,30	1,07	1,60	3,38	6,33	3,72	2,93	4,86	5,50	6,33	8,48	4,09	4,22
1995	1,90	2,00	4,55	5,20	7,21	7,31	6,11	10,08	5,82	7,27	4,84	1,59	5,32
1996	1,83	1,24	3,42	3,61	4,40	5,14	4,37	3,85	3,77	9,62	4,14	3,08	4,04
1997	1,62	1,89	2,05	5,81	3,09	3,53	1,56	1,98	3,48	3,74	3,16	1,15	2,76
1998	0,79	2,47	1,61	5,80	6,94	5,09	5,14	3,26	2,81	8,94	XXX	XXX	4,29
1999	0,78	7,65	6,86	5,75	6,61	5,57	4,37	6,22	8,94	8,06	6,72	4,42	6,00

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2000	3,23	4,02	XXX	4,95	6,32	5,41	4,63	6,41	9,08	8,72	6,95	4,43	5,83
2002	1,36	1,41	3,36	2,19	8,10	2,44	1,70	1,37	1,50	4,10	3,46	1,37	2,70
2003	1,09	1,73	13,80	4,31	8,75	5,22	4,28	5,02	6,98	9,44	7,08	3,97	5,97
2004	1,99	1,61	1,46	9,46	7,64	3,69	2,48	2,00	4,00	7,79	5,28	2,74	4,18
2005	2,10	XXX	2,41	3,82	5,71	5,98	3,59	4,00	3,16	9,75	13,88	13,57	6,18
2006	8,18	6,15	10,57	21,13	7,75	4,25	2,58	3,00	3,42	5,03	3,96	3,69	6,64
2007	2,52	1,92	1,89	4,42	6,54	5,13	3,33	5,13	4,35	9,13	10,14	3,10	4,80
2008	1,53	3,11	2,47	2,97	4,22	2,65	2,85	4,29	7,28	6,87	10,77	2,84	4,32
2009	0,97	1,73	2,90	3,79	3,01	4,31	2,09	3,15	2,20	2,90	5,11	1,14	2,77
2010	0,41	1,11	0,82	2,81	6,91	7,53	7,92	6,14	11,94	17,14	13,67	12,24	7,39
Media	1,96	2,31	3,32	5,14	6,05	4,84	3,77	4,22	5,42	7,22	6,80	3,84	4,48
Max	8,18	7,65	13,80	21,13	10,02	8,12	7,92	10,08	15,80	17,14	13,88	13,57	21,13
Min	0,41	0,79	0,82	1,37	3,01	2,44	1,56	1,37	1,50	2,77	2,15	1,14	0,41

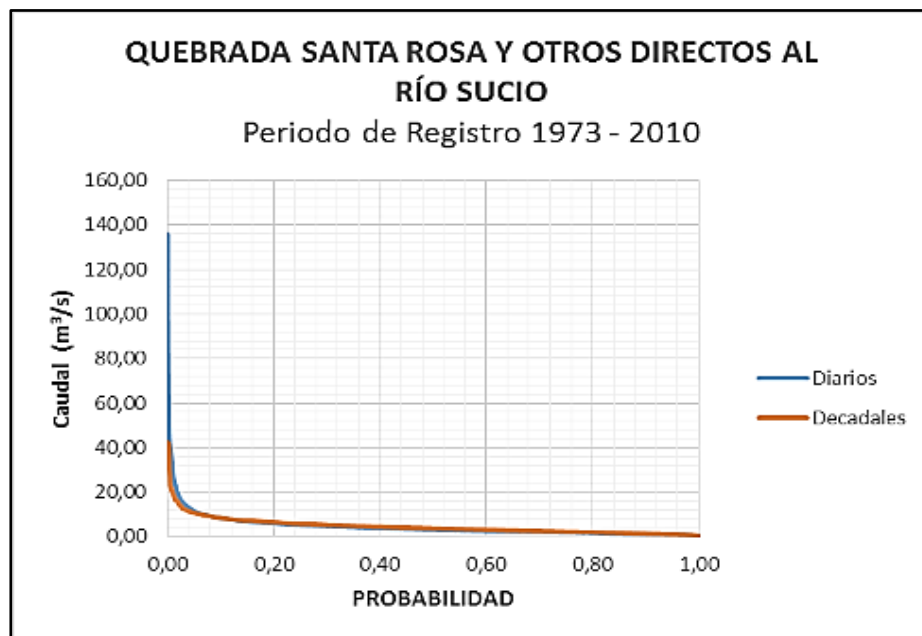
Tabla 47. Caudales medios mensuales 2405-0905 (m³/s). Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS



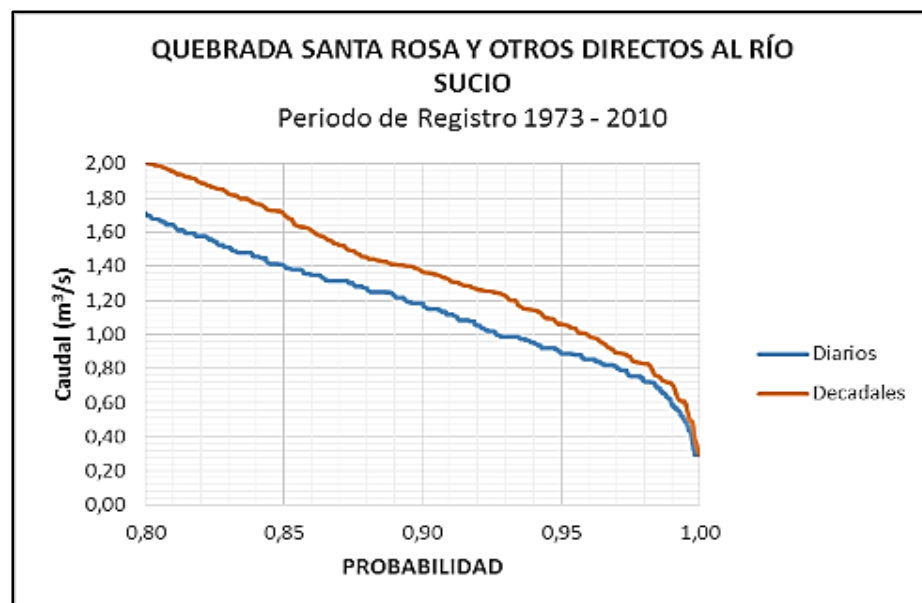
Gráfica 35. Distribución temporal (m³/s) 2405-0905. Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS.

5.4.5.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios

Para el periodo 1973 – 2010 se diseñaron las curvas que muestran el comportamiento de los caudales medios diarios y decadales, representando la duración y las excedencias superiores al 80%. (ver Graficas 36, 37)



Gráfica 36. Curva de duración de caudales medios (m³/s) 2405-0905. Fuente POMCA Río Sogamoso –CAS



Gráfica 37. Distribución temporal (m³/s) 2405-0905. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

5.4.5.1.3 Caudales característicos 2405-0905

En la Tabla 48 se registran los caudales diarios y decadales característicos de la quebrada Santa Rosa; con un caudal máximo reportado de 135.89 m³/s, y un caudal mínimo generado de 0.30 m³/s; para una excedencia del 95% el caudal es de 0.92 m³/s.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m ³ /s		m ³ /s
Máximo	135,89	Máximo	42,35
Q ₅₀	3,20	Q ₅₀	3,80
Q ₇₅	1,97	Q ₇₅	2,29
Q ₉₀	1,19	Q ₉₀	1,40
Q ₉₅	0,92	Q ₉₅	1,10
Q ₉₇	0,83	Q ₉₇	0,94
Q ₉₉	0,69	Q ₉₉	0,75
Mínimo	0,30	Mínimo	0,30

Tabla 48. Caudales característicos quebrada Santa Rosa y otros Directos al río Sucio 2405-0905. Fuente POMCA Río Sogamoso –CAS

5.5 Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba 2405-11

La Unidad Hidrográfica Nivel I, Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba corresponde a un área intercuenca y está compuesto por la unidad hidrográfica de segundo nivel subsiguiente con el mismo nombre. Esta unidad hidrográfica recibe las aguas aferentes de las unidades 2405-03, 2405-09, 2405-10, y 2405-12.

5.5.1 Unidad Hidrográfica Nivel II, Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba 2405-1100

Ubicada en el municipio de Girón en las veredas Marta, en el municipio de Betulia en las veredas La Putana, en el municipio de San Vicente en las veredas Vizcaína, en el municipio de Puerto Wilches en las veredas Corregimiento Cayumba, en el municipio de Barrancabermeja en las veredas Meseta de San Rafael, La Fortuna, La Unión y

Yacaranda, la subcuenca corresponde a un área intercuenca que recibe las aguas aferentes de las unidades 2405-03, 2405-09, 2405-10, y 2405-12 como se mencionó anteriormente.

5.5.1.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-1100

5.5.1.1.1 Caudales medios mensuales 2405-1100

Los caudales medios mensuales en esta unidad hidrográfica, presentan una distribución de tipo bimodal, con dos períodos húmedos y dos períodos secos. Los períodos secos se observan en los meses de enero a marzo en el primer semestre del año, con valores calculados de 30.07, 35.41 y 51.00 m³/s y en julio y agosto en el segundo, con valores de 57.82 y 64.76 m³/s.

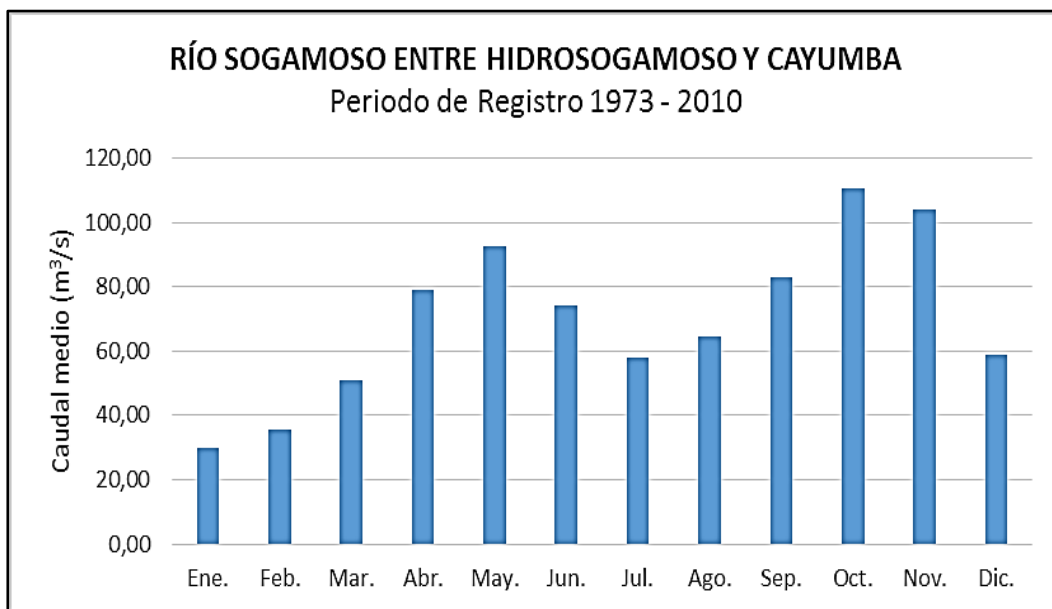
Los períodos húmedos se observan en el mes de mayo en el primer semestre y en el mes de octubre en el segundo semestre, con valores de 92.85 y 110.76 m³/s. El valor promedio anual es de 68.72 m³/s, valor máximo registrado es de 324.06 m³/s, presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 6.26 m³/s, presentado en el mes de enero, del año 2010.

En la Tabla 49, se encuentran consignados los valores generados para toda la serie y en la Gráfica 38, muestra una representación de la distribución temporal.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	45.44	45.44
1974	31.81	23.89	71.59	105.05	94.73	43.74	34.87	55.71	242.37	209.47	134.54	45.38	91.10
1975	17.83	26.06	35.68	50.56	100.40	73.60	82.37	84.04	81.57	99.72	136.02	132.28	76.68
1976	33.98	24.55	42.95	64.07	89.39	84.06	70.37	40.89	76.38	148.69	55.83	17.94	62.42
1977	18.46	12.12	20.36	38.81	106.90	81.81	43.47	37.83	79.73	150.78	103.07	19.87	59.44
1978	20.53	26.52	117.76	142.16	107.85	109.88	74.17	78.06	97.66	137.81	115.67	50.13	89.85
1979	36.19	41.19	46.60	86.56	84.09	124.60	78.52	77.09	77.31	102.29	94.57	61.56	75.88
1980	27.06	35.10	33.52	51.80	58.82	64.94	44.39	46.96	60.54	62.56	143.17	31.26	55.01

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1981	40.90	46.13	33.27	75.18	125.13	106.86	73.85	95.99	98.52	105.89	120.38	55.19	81.44
1982	50.16	70.85	33.89	147.85	153.70	85.01	56.15	59.20	63.33	77.12	61.36	45.08	75.31
1983	42.56	27.92	19.17	51.12	72.28	75.56	55.11	79.21	49.21	53.37	32.96	32.35	49.23
1984	27.58	25.06	22.91	24.58	50.76	52.13	64.38	56.68	106.87	120.13	136.85	82.74	64.22
1985	29.23	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	29.23
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	80.05	67.50	53.45	72.90	90.38	70.34	95.52	70.16	75.04
1990	17.38	XXX	XXX	XXX	74.51	49.93	42.18	58.77	38.58	113.04	73.79	XXX	58.52
1991	13.94	18.40	38.38	47.61	82.16	69.53	52.66	41.26	81.71	66.92	74.33	32.94	51.65
1992	21.81	20.97	20.56	20.94	59.93	55.66	67.58	58.06	56.27	42.48	99.34	60.31	48.66
1993	32.64	28.16	25.40	87.56	103.81	51.86	37.70	44.17	68.30	68.73	102.60	71.68	60.22
1994	35.24	16.37	24.62	51.88	97.16	57.08	44.87	74.49	84.41	97.10	130.12	62.78	64.68
1995	29.21	30.67	69.75	79.74	110.59	112.12	93.72	154.63	89.27	111.44	74.24	24.43	81.65
1996	28.02	18.98	52.46	55.32	67.43	78.85	66.96	59.09	57.88	147.61	63.46	47.26	61.94
1997	24.80	29.06	31.51	89.05	47.34	54.21	23.89	30.32	53.44	57.39	48.48	17.68	42.27
1998	12.11	37.92	24.73	88.98	106.50	78.14	78.91	50.04	43.06	137.17	XXX	XXX	65.75
1999	12.03	117.39	105.17	88.22	101.33	85.49	67.02	95.37	137.17	123.63	103.13	67.73	91.97
2000	49.48	61.69	XXX	75.97	96.93	82.95	70.95	98.38	139.31	133.83	106.62	67.97	89.46
2002	20.93	21.66	51.57	33.61	124.25	37.48	26.12	21.01	23.01	62.84	53.01	20.98	41.37
2003	16.76	26.47	211.64	66.10	134.19	79.99	65.72	77.01	107.03	144.86	108.65	60.89	91.61
2004	30.59	24.65	22.36	145.16	117.25	56.58	37.98	30.65	61.41	119.49	81.05	42.10	64.10
2005	32.25	XXX	36.97	58.63	87.57	91.78	55.08	61.31	48.50	149.55	212.86	208.13	94.78
2006	125.49	94.29	162.12	324.06	118.85	65.17	39.50	46.03	52.48	77.17	60.79	56.59	101.88
2007	38.63	29.44	29.05	67.77	100.38	78.72	51.01	78.72	66.73	140.09	155.57	47.53	73.64
2008	23.50	47.77	37.89	45.63	64.74	40.60	43.75	65.79	111.59	105.45	165.16	43.59	66.29
2009	14.92	26.47	44.45	58.16	46.10	66.18	31.99	48.38	33.69	44.50	78.41	17.44	42.56
2010	6.26	17.00	12.56	43.06	106.00	115.57	121.42	94.21	183.10	262.92	209.67	187.82	113.30
Media	30.07	35.41	51.00	78.84	92.85	74.30	57.82	64.76	83.15	110.76	104.23	58.94	68.72
Max	125.49	117.39	211.64	324.06	153.70	124.60	121.42	154.63	242.37	262.92	212.86	208.13	324.06
Min	6.26	12.12	12.56	20.94	46.10	37.48	23.89	21.01	23.01	42.48	32.96	17.44	6.26

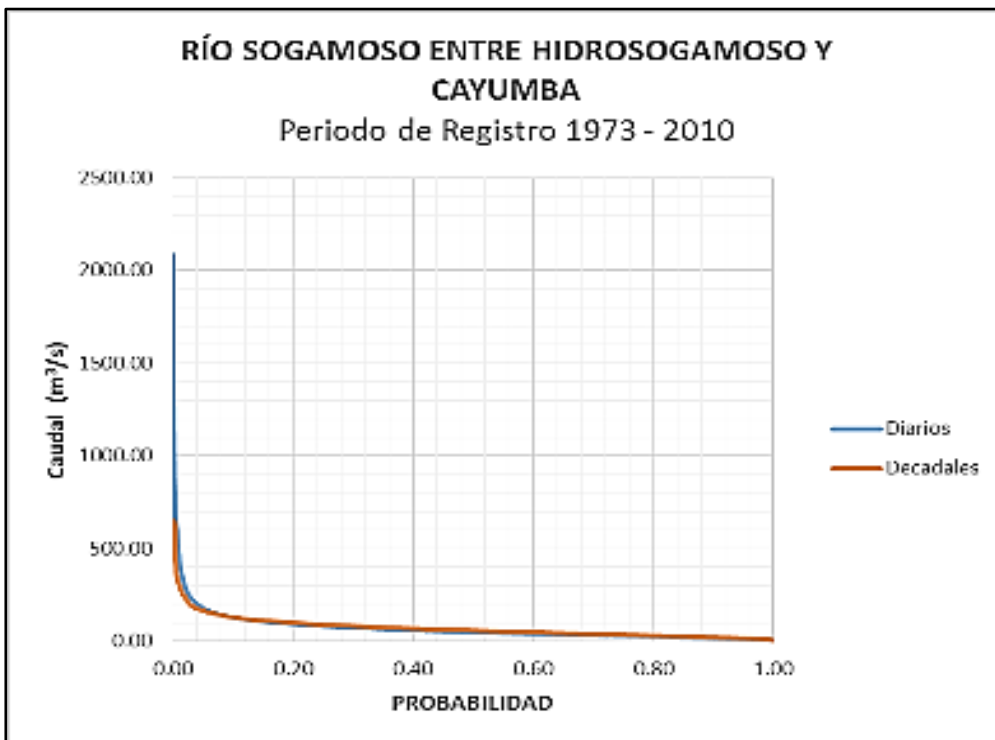
Tabla 49. Caudales medios mensuales 2405-1100 m³/s. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS



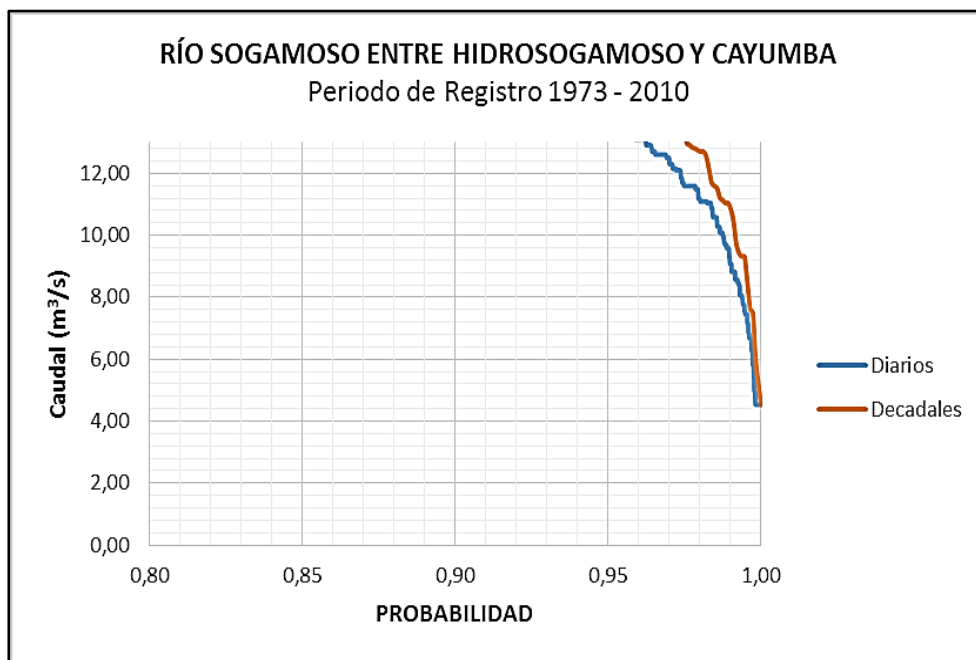
Gráfica 38. Distribución temporal (m³/s) 2405-1100. Fuente POMCA Río Sogamoso –CAS.

5.5.1.1.2 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-1100

Se construyeron las curvas de caudales medios diarios para el período comprendido entre 1973 y 2010. Las Gráficas 39 y 40 evidencian la duración de los caudales medios diarios y decadales y las excedencias superiores al 80%.



Gráfica 39. Curva de duración de caudales medios (m³/s) 2405-1100. Fuente POMCA Río Sogamoso - CAS



Gráfica 40. Distribución temporal (m³/s) 2405-1100. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS

5.5.1.1.3 Caudales característicos 2405-1100

El caudal máximo es de 2084.30 m³/s, y el caudal mínimo generado es de 4.54 m³/s y para una excedencia del 95% el caudal es de 14.12 m³/s, están reportados en la Tabla 50.

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor	Caudales	Valor
	m ³ /s		m ³ /s
Máximo	2084.30	Máximo	649.57
Q ₅₀	49.14	Q ₅₀	58.23
Q ₇₅	30.15	Q ₇₅	35.19
Q ₉₀	18.28	Q ₉₀	21.48
Q ₉₅	14.12	Q ₉₅	16.80
Q ₉₇	12.71	Q ₉₇	14.47
Q ₉₉	10.59	Q ₉₉	11.52
Mínimo	4.54	Mínimo	4.54

Tabla 50. Caudales característicos Quebrada santa Rosa y otros Directos al río Sucio 2405-0905. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

5.6 Hidrosogamoso 2405-1200

La Unidad Hidrográfica Nivel I, denominada como Hidrosogamoso corresponde al área determinada para el embalse que recibe el mismo nombre. En esta unidad se limitó el área de todos los cauces que alimentan el embalse a excepción de los cauces principales que drenan a las demás unidades de primer nivel subsiguiente anteriormente mencionadas. Esta unidad hidrográfica Hidrosogamoso es la que recibe todas las aguas aferentes de las unidades 2405-04, 2405-05, 2405-06, 2405-07 y 2405-08. Es en ésta área en donde se efectúa la desembocadura del río Sogamoso al embalse Hidrosogamoso.

5.6.1 Caracterización de la unidad hidrográfica de segundo nivel 2405-1200

5.6.1.1 Caudales medios mensuales 2405-1200

Los caudales medios mensuales en la unidad hidrográfica, presentan una distribución de tipo bimodal, con dos períodos húmedos y dos períodos secos. Los períodos secos se observan en los meses de enero a marzo en el primer semestre del año, con valores generados de 12.66 m³/s, 14.90 m³/s y 21.46 m³/s y en julio y agosto en el segundo, con valores de 24.33 m³/s y 27.26 m³/s.

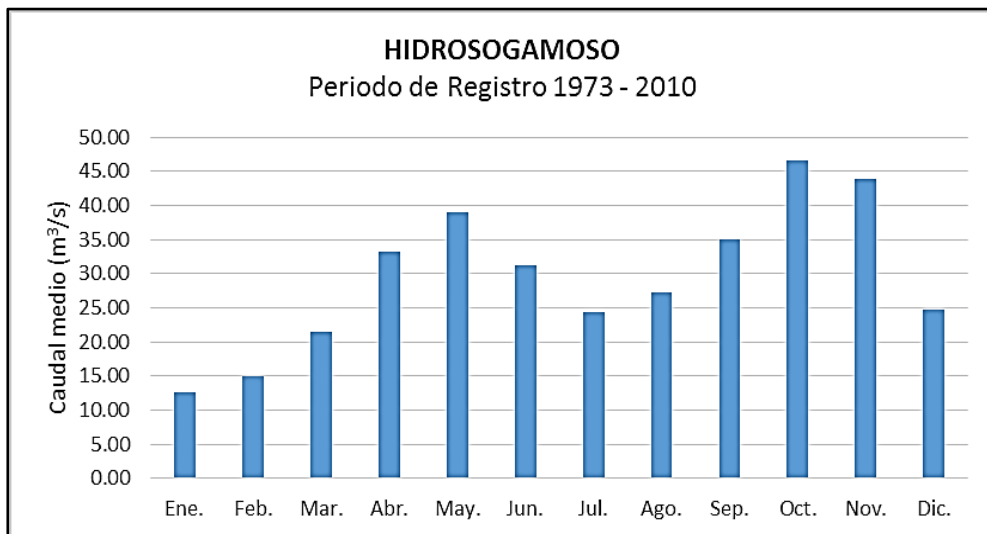
Los períodos húmedos se observan en los meses de mayo en el primer semestre y octubre en el segundo, con valores de 39.08 m³/s y 46.69 m³/s. El valor promedio anual es de 28.92 m³/s. El valor máximo registrado es de 136.39 m³/s, presentado en el mes de abril del año 2006 y el valor más bajo es de 2.63 m³/s, ocurrido en el mes de enero, del año 2010. Se presentan los valores generados para toda la serie y en la distribución temporal.

La Tabla 51, contiene el registro de los valores generados para toda la serie y en la Gráfica 41, se presenta un diagrama de barras de la distribución temporal.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1973	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	19.13	19.13
1974	13.39	10.06	30.13	44.21	39.87	18.41	14.68	23.45	102.01	88.16	56.63	19.10	38.34
1975	7.51	10.97	15.02	21.28	42.26	30.98	34.67	35.37	34.33	41.97	57.25	55.67	32.27
1976	14.30	10.33	18.08	26.96	37.62	35.38	29.62	17.21	32.15	62.58	23.50	7.55	26.27
1977	7.77	5.10	8.57	16.33	44.99	34.43	18.30	15.92	33.56	63.46	43.38	8.36	25.02
1978	8.64	11.16	49.56	59.83	45.39	46.25	31.22	32.86	41.11	58.00	48.68	21.10	37.82
1979	15.23	17.34	19.61	36.43	35.39	52.44	33.05	32.45	32.54	43.05	39.80	25.91	31.94
1980	11.39	14.77	14.11	21.80	24.76	27.33	18.68	19.77	25.48	26.33	60.26	13.16	23.15
1981	17.21	19.42	14.00	31.64	52.67	44.97	31.08	40.40	41.47	44.57	50.67	23.23	34.28
1982	21.11	29.82	14.27	62.23	64.69	35.78	23.63	24.91	26.65	32.46	25.83	18.97	31.70
1983	17.91	11.75	8.07	21.52	30.42	31.80	23.19	33.34	20.71	22.46	13.87	13.62	20.72
1984	11.61	10.55	9.64	10.35	21.37	21.94	27.10	23.86	44.98	50.56	57.60	34.83	27.03

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1985	12.30	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	12.30
1989	XXX	XXX	XXX	XXX	33.69	28.41	22.50	30.68	38.04	29.60	40.20	29.53	31.58
1990	7.31	XXX	XXX	XXX	31.36	21.01	17.75	24.73	16.24	47.58	31.06	XXX	24.63
1991	5.87	7.74	16.15	20.04	34.58	29.27	22.16	17.36	34.39	28.17	31.28	13.86	21.74
1992	9.18	8.82	8.65	8.81	25.22	23.43	28.44	24.44	23.68	17.88	41.81	25.38	20.48
1993	13.74	11.85	10.69	36.85	43.69	21.83	15.87	18.59	28.75	28.93	43.18	30.17	25.35
1994	14.83	6.89	10.36	21.83	40.89	24.02	18.88	31.35	35.53	40.87	54.77	26.42	27.22
1995	12.29	12.91	29.36	33.56	46.54	47.19	39.45	65.08	37.57	46.90	31.25	10.28	34.37
1996	11.79	7.99	22.08	23.29	28.38	33.18	28.18	24.87	24.36	62.13	26.71	19.89	26.07
1997	10.44	12.23	13.26	37.48	19.93	22.82	10.06	12.76	22.49	24.16	20.40	7.44	17.79
1998	5.10	15.96	10.41	37.45	44.82	32.89	33.21	21.06	18.12	57.73	XXX	XXX	27.67
1999	5.06	49.41	44.26	37.13	42.65	35.98	28.21	40.14	57.73	52.03	43.41	28.51	38.71
2000	20.82	25.97	XXX	31.97	40.80	34.91	29.86	41.41	58.63	56.33	44.87	28.61	37.65
2002	8.81	9.12	21.71	14.15	52.29	15.77	10.99	8.84	9.68	26.45	22.31	8.83	17.41
2003	7.05	11.14	89.08	27.82	56.48	33.67	27.66	32.41	45.05	60.97	45.73	25.63	38.56
2004	12.88	10.37	9.41	61.10	49.35	23.81	15.99	12.90	25.84	50.29	34.11	17.72	26.98
2005	13.57	XXX	15.56	24.68	36.86	38.63	23.18	25.81	20.41	62.94	89.59	87.60	39.89
2006	52.82	39.69	68.23	136.39	50.02	27.43	16.63	19.37	22.09	32.48	25.59	23.82	42.88
2007	16.26	12.39	12.23	28.52	42.25	33.13	21.47	33.13	28.08	58.96	65.48	20.00	30.99
2008	9.89	20.11	15.95	19.21	27.25	17.09	18.41	27.69	46.97	44.38	69.51	18.35	27.90
2009	6.28	11.14	18.71	24.48	19.40	27.85	13.47	20.36	14.18	18.73	33.00	7.34	17.91
2010	2.63	7.15	5.28	18.12	44.61	48.64	51.10	39.65	77.06	110.66	88.25	79.05	47.68
Media	12.66	14.90	21.46	33.18	39.08	31.27	24.33	27.26	35.00	46.62	43.87	24.81	28.92
Max	52.82	49.41	89.08	136.39	64.69	52.44	51.10	65.08	102.01	110.66	89.59	87.60	136.39
Min	2.63	5.10	5.28	8.81	19.40	15.77	10.06	8.84	9.68	17.88	13.87	7.34	2.63

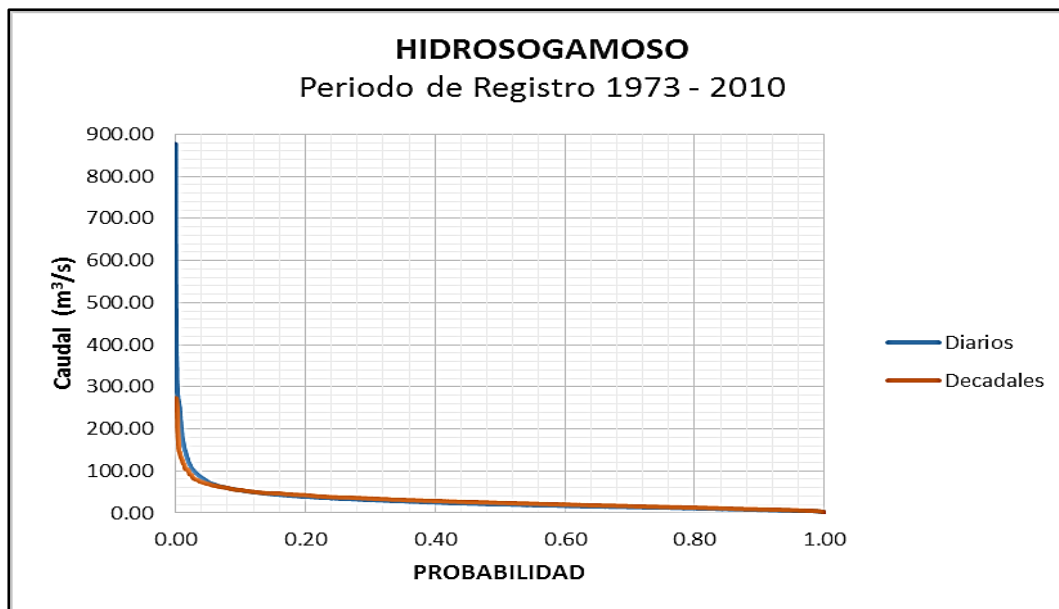
 Tabla 51. Caudales medios mensuales 2405-1200 (m³/s). Fuente POMCA Río Sogamoso -CAS



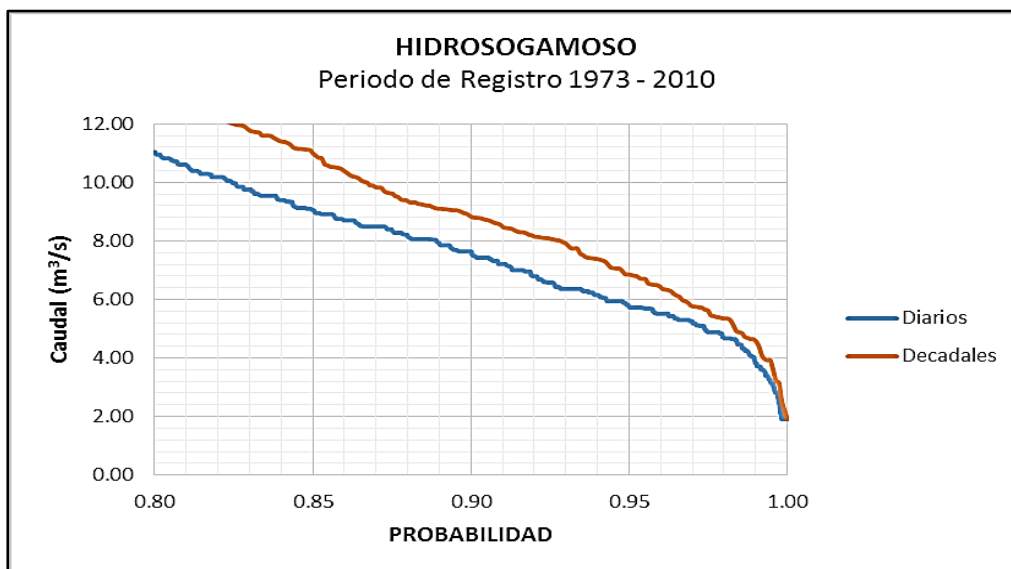
Gráfica 41. Distribución temporal (m³/s) 2405-1200. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS.

5.6.1.1.1 Curva de duración de caudales medios diarios 2405-1200

Se elaboraron las curvas de caudales medios diarios para el período comprendido entre 1973 y 2010. Las Gráficas 42 y 43, muestran la duración de los caudales medios diarios y decadales y las excedencias superiores al 80%.



Gráfica 42. Curva de duración de caudales medios diarios (m³/s) 2405-1200. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS



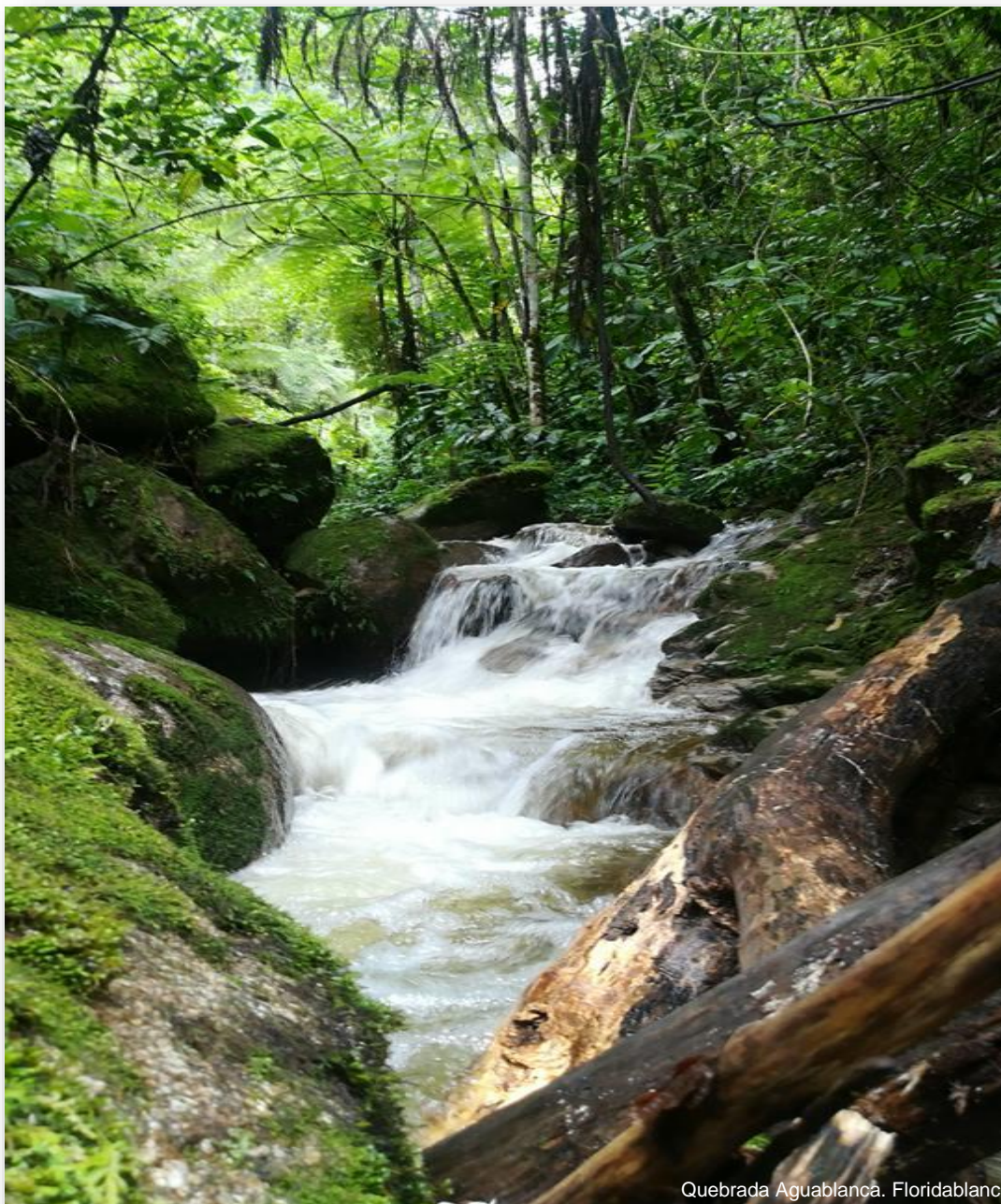
Gráfica 43. Distribución temporal (m³/s) 2405-1200. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

5.6.1.1.2 Caudales característicos 2405-1200

La información sobre caudales característicos se presenta en la Tabla 52, identificando un caudal máximo de 877.25 m³/s y un caudal mínimo generado de 1.91 m³/s, y para una excedencia del 95%, el valor corresponde a 5.94 m³/s

Caudales característicos			
Diarios		Decadales	
Caudales	Valor m ³ /s	Caudales	Valor m ³ /s
Máximo	877.25	Máximo	273.39
Q ₅₀	20.68	Q ₅₀	24.51
Q ₇₅	12.69	Q ₇₅	14.81
Q ₉₀	7.69	Q ₉₀	9.04
Q ₉₅	5.94	Q ₉₅	7.07
Q ₉₇	5.35	Q ₉₇	6.09
Q ₉₉	4.46	Q ₉₉	4.85
Mínimo	1.91	Mínimo	1.91

Tabla 52. Caudales característicos Quebrada santa Rosa y otros Directos al río Sucio 2405-1200. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS.



Quebrada Aguablanca. Floridablanca

SECCIÓN F

CAPITULO 6. OFERTA Y DEMANDA HIDRICA

6.1 Caudales Ambientales

De acuerdo con el decreto 3930 de 2010, el caudal ambiental es el “Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen dichos ecosistemas” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

En la determinación del caudal ambiental, se debe estimar el Índice de Regulación Hídrica – IRH considerando la siguiente regla:

IRH \geq 0.70	Q _{85%}
IRH \leq 0.70	Q _{75%}

La información sobre caudal ambiental año seco y año normal, se recopila en la Tabla 53, individualizando la estación de dónde se genera.

Código	Estación generada	Caudal ambiental año normal	Caudal ambiental año Seco
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	2,722	1,194
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	4,071	1,786
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	1,188	0,521
2405-0801	Quebrada Pujamán	0,582	0,255
2405-0802	Quebrada Aguablanca	0,301	0,132
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	3,429	1,505
2405-0902	Quebrada La Arenosa <small>Quebrada Aguablanca-Floridablanca-Cantander</small>	0,636	0,279
2405-0903	Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	0,970	0,426
2405-0904	Quebrada La Condera	0,559	0,245
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	1,966	0,862

Código	Estación generada	Caudal ambiental año normal	Caudal ambiental año Seco
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	30,150	13,227
2405-1200	Hidrosogamoso	12,690	5,567

Tabla 53. Caudal ambiental (m³/s). Fuente POMCA Río Sogamoso- CAS

6.2 Validación de caudales obtenidos con balance hídrico

Teniendo en cuenta el modelo conceptual aplicado, se obtuvo un caudal de 541.53 m³/s que corresponde al caudal de la cuenca del río Sogamoso, y el caudal base de los ríos Suárez-Chicamocha. Esta información está acorde con la determinada por fuentes oficiales a nivel Nacional, “Estudio Nacional del Agua” (2014), con una diferencia del 1,54%, como se indica en la Tabla 54.

Caudal total generado (m ³ /s)	Caudal ENA (m ³ /s)	Diferencia porcentual
541.53	550	1,54%

Tabla 54. Validación del caudal total obtenido en la cuenca río Sogamoso Vs ENA 2014 Fuente POMCA Río Sogamoso –CAS.

Para confirmar los caudales generados para las unidades hidrográficas Nivel II del área de jurisdicción de la CDMB, con el modelo conceptual aplicado en el numeral 2.10 del actual documento, se validaron los datos obtenidos mediante el balance hídrico climático a largo plazo. Es importante enfatizar que no se adiciono el caudal base proveniente de los ríos Suárez y Chicamocha.

CÓDIGO	SUBCUENCA	Caudal medio generado (m ³ /s)	Caudal medio Balance hídrico largo plazo(m ³ /s)	Porcentaje variación
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	6,20	3,92	63%
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	9,28	6,65	72%
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	2,71	2,30	85%

2405-0801	Quebrada Pujamán	1,33	1,23	93%
2405-0802	Quebrada Aguablanca	0,69	0,62	90%
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	7,82	7,47	96%
2405-0902	Quebrada La Arenosa	1,45	1,41	97%
2405-0903	Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	2,21	2,15	97%
2405-0904	Quebrada La Condera	1,27	1,22	96%
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	4,48	4,14	92%
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	68,72	70,71	97%
2405-1200	Hidrosogamoso	28,92	21,50	74%

Tabla 55. Validación de los caudales obtenidos en el régimen hidrológico de la cuenca, área jurisdicción CDMB
Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

Los valores de los caudales por los dos métodos fluctúan en un rango de similitud entre el 63% y el 97%, registrados en la Tabla 55. Lo anterior, permite evidenciar la eficacia del modelo conceptual seleccionado y el buen ajuste de los caudales generados para el presente estudio, enfocado al análisis a nivel regional de las condiciones de la cuenca hidrográfica.

6.3 Estimación de la Oferta Hídrica

Basados en los datos de promedios multianuales, se efectuaron los cálculos de los valores medios de caudales para las cuencas del río Sogamoso, consiguiendo una aproximación estimada de la disponibilidad de este recurso en las microcuencas o unidades de rendimiento hídrico. Los resultados de los cálculos de la oferta hídrica anual en las cuencas nivel II, área de jurisdicción de la CDMB tanto para año seco como para año normal, consolidan en la Tabla 56.

Código	Unidad Hidrográfica Nivel II	Oferta hídrica anual- año normal (m3/s)	Oferta hídrica anual- año seco (m3/s)	Rendimiento (m3/s*km2)
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	3,48	1,03	0,018
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	5,21	1,79	0,019

Código	Unidad Hidrográfica Nivel II	Oferta hídrica anual- año normal (m3/s)	Oferta hídrica anual- año seco (m3/s)	Rendimiento (m3/s*km2)
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	1,52	0,45	0,019
2405-0801	Quebrada Pujamán	0,74	0,22	0,022
2405-0802	Quebrada Aguablanca	0,39	0,11	0,025
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	4,39	1,30	0,031
2405-0902	Quebrada La Arenosa	0,81	0,24	0,029
2405-0903	Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio		0,37	0,027
2405-0904	Quebrada La Condera	0,71	0,21	0,030
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	2,51	0,75	0,029
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	38,57	11,46	0,034
2405-1200	Hidrosogamoso	16,23	4,82	0,023

Tabla 56. Oferta hídrica año seco y año normal. Fuente POMCA Río Sogamoso- CAS

6.4 Estimación de demanda hídrica

En el Decreto 2930 de 2010 se define la demanda hídrica total como el volumen de agua, expresada en metros cúbicos, utilizado por las diversas actividades socioeconómicas e industriales, ya sea como materia prima o como insumo, y los requerimientos del ecosistema en un espacio y tiempo determinado, que corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales, como se presenta en la siguiente ecuación:

$$DT = DUD + DUA + DUAV + DUP + DUI + DUM + DUH + DUE + DUS$$

(Ecuación 16)

Donde:

- DT = Demanda total de agua
- DUD = Demanda de agua por uso doméstico
- DUA = Demanda de agua por uso agrícola
- DUAV = Demanda de agua por uso avícola
- DUP = Demanda de agua por uso pecuario

- DUI = Demanda de agua por uso industrial
- DUM = Demanda hídrica en minería
- DUH = Demanda hídrica para hidrocarburos
- DUE = Demanda hídrica para energía
- DUS = Demanda hídrica para servicios

Para el cálculo de demanda hídrica a nivel de cuenca hidrográfica, se empleó la metodología diseñada por el IDEAM, y la información disponible de la cantidad de recurso utilizada para satisfacer las necesidades de los ecosistemas, sectores económicos, productivos y doméstico.

6.4.1 Demanda de agua por uso doméstico

El uso del agua para consumo humano y doméstico se refiere a la utilización del recurso en actividades tales como: bebida directa, preparación de alimentos para consumo inmediato, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal, limpieza de elementos, materiales o utensilios, la preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración. Decreto 3930 de 2010

Así mismo se realizó el cálculo de la demanda de agua para uso doméstico de acuerdo con lo establecido en la Reglamentación Técnica del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS 2000, que clasifica a cada una de las poblaciones de acuerdo al nivel de complejidad, como se observa en la Tabla 57.

Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Tabla 57. Nivel de complejidad Fuente: RAS 2000 Titulo A

Se definieron las dotaciones netas máximas de acuerdo al nivel de complejidad y al clima del sector; teniendo en cuenta las poblaciones con clima frío o templado ubicadas a una altura superior a 1.000 metros sobre el nivel del mar y las poblaciones con Clima Cálido situadas a una altura inferior o igual a 1.000 metros sobre el nivel del mar, agrupadas en la Tabla 58.

Nivel de complejidad del sistema	Poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab.día)	Poblaciones con Clima Cálido (L/hab.día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Tabla 58. Dotación neta máxima Fuente: Resolución 2320 de 2009 del MAVDT

De la misma forma, en el cálculo de la demanda de agua para uso doméstico, se contemplan las pérdidas de agua en cada uno de los componentes del sistema de acueducto más la demanda de agua necesaria para su respectivo mantenimiento.

En el sector Rural se calculan unas pérdidas totales del 7% mientras que en las zonas urbanas son del 25%. En el caso de la demanda doméstica superficial; la Tabla 59, incluye la demanda calculada según la población rural ya que en las unidades hidrográficas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB no hay población urbana.

Nivel Subsiguiente	Población	Demanda (m3/año)
	Rural	
2405-0601	177	6221,46
2405-0603	1147	40316,48
2405-0703	9156	321828,82
2405-0801	4674	164288,76
2405-0802	3315	129467,33

Nivel Subsiguiente	Población	Demanda (m3/año)
	Rural	
2405-0901	108	4217,94
2405-0902	421	16442,16
2405-0903	3405	132982,28
2405-0904	98	3827,39
2405-0905	128	4999,04
2405-1100	1817	70962,94
2405-1200	826	32259,43

Tabla 59. Demanda calculada según la población rural de las cuencas nivel II del área jurisdicción de la CDMB.
Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

En el mapa de demanda hídrica, Figura 12, se aprecia el rango de uso del agua con fines doméstico en cada una de las unidades hidrográficas de nivel II.

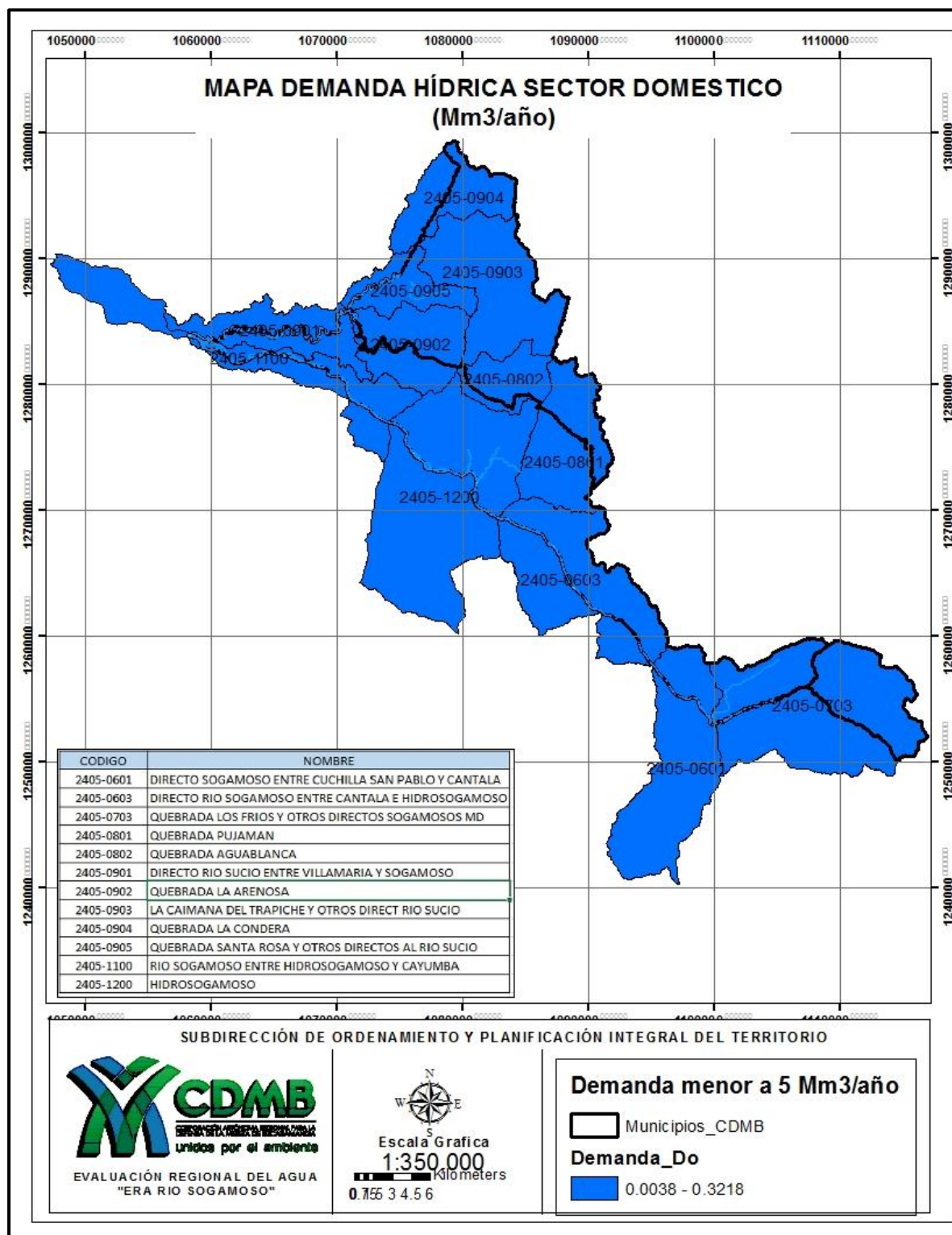


Figura 12. Rango de la Demanda de Uso agua doméstico (m³/año) Unidades hidrográficas de nivel II área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

6.4.2 Demanda de agua por uso agrícola

La demanda hídrica del sector agrícola se refiere a la cantidad de agua que se requiere para suplir las necesidades de riego de un cultivo, de manera artificial. Ésta es determinada por medio de la evapotranspiración del cultivo (etc.) menos el agua que han aportado las precipitaciones. Así mismo, el consumo de agua incluye, además del riego, el agua que es usada en las actividades de pos cosecha y de beneficio.

La cantidad de riego requerido para un cultivo depende de varios factores como la precipitación, las condiciones climáticas, tipo de cultivo, periodo de crecimiento del cultivo, método, cronograma de riego y las características del suelo entre otras.

Uno de los métodos más utilizados para estimar el riego requerido por los cultivos es el de Food and Agricultural Organization (FAO), para grandes áreas y para áreas donde las mediciones en campo de los requerimientos reales de riego no pueden realizarse, especialmente por cuestiones espacio temporales. La herramienta dada por la FAO respecto a los coeficientes de cultivo se hace de suma utilidad en este tipo de determinaciones de demanda del recurso hídrico.

El Estudio Nacional del Agua, elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Ministerio de Ambiente, y otras entidades, también identifica que los sectores con los más altos incrementos a 2022 serán el agrícola, con un aumento de 135,8%, seguido por el de los hidrocarburos, la piscicultura, la minería y la generación de energía. ENA, 2018

Para realizar el cálculo de la demanda de agua por uso agrícola, se delimitaron las áreas de los cultivos según la interpretación de coberturas realizada en el POMCA Río Sogamoso-CAS, utilizando la metodología de Corine Land Cover y determinando el área total de cada uno de los cultivos por cada unidad hidrográfica.

Posteriormente, se estableció el coeficiente de escurrimiento (C_e), la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0), la precipitación (P) y el área total, por cada unidad hidrográfica. Así mismo para cada uno de los cultivos identificados en la cuenca, se establecieron las variables de coeficiente único del cultivo (K_c), y altura media de las plantas (h).

Una vez determinadas las anteriores variables, se realizó la corrección del coeficiente único del cultivo mediante la ecuación:

(Ecuación 17)

$$K_{c\ med} = K_{c\ med\ cua} + [0.04 (U_2 - 2) - 0.004 (HR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3}$$

Donde:

$K_{c\ med\ (Cua)}$ = Valor de $K_{c\ med}^1$.

u_2 = Valor medio diario de la velocidad del viento a 2 m de altura sobre pasto para la etapa de mediados de temporada [$m\ s^{-1}$], con $1\ m\ s^{-1} \leq u_2 \leq 6\ m\ s^{-1}$.

HR_{min} = valor medio diario de humedad relativa mínima durante la etapa de mediados de temporada [%], para $20\% \leq HR_{min} \leq 80\%$

H = altura media de las plantas durante la etapa de mediados de temporada [m] para $0,1\ m < h < 10\ m$.

La relación de las áreas por cultivo en cada unidad hidrográfica nivel II se encuentran tabuladas en la Tabla 60.

Nivel II	Bosque fragmentado con pastos cultivos	Bosque fragmentado alto con pastos y cultivos	Bosque fragmentado bajo con pastos y cultivos	Cacao	Café con semisombra	Café con sombrío	Cítricos	Mosaico de cultivos y espacios naturales arbóreos	Mosaico de cultivos y espacios naturales	Mosaico de cultivos y espacios naturales	Mosaico de cultivos y otros espacios naturales	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
2405-0601			72										35
2405-0603	80		6		32	73		285	63	11		97	65
2405-0703	21		472				21				133	31	96
2405-0801	31		179		23	165		181	36	59		97	46
2405-0802			35					114	114			156	325
2405-0901	149		29								39	70	
2405-0902	0		14										
2405-0903	236		79					350				182	36
2405-0904	123												
2405-0905	22		47										
2405-1100	262		127					38			11	195	
2405-1200	263		399					379	105				

Nivel II	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mosaico de pastos y cultivos	Otros cultivos permanentes arbóreos	Otros cultivos permanentes arbustivos	Otros cultivos transitorios	Palma de aceite	Pastos y árboles plantados	Piña	Plantación de coníferas	Caucho	Plantación Mixta	Tomate	Yuca
2405-0601		53											
2405-0603		166			5					5			
2405-0703		629	30			41	65				11		
2405-0801		829	6		25	22							
2405-0802		110											
2405-0901		42			3	38				333			
2405-0903		480											
2405-1100		1857			52	3072				97	12		
2405-1200		168							90				

Tabla 60. Área por cultivo Unidad Hidrográfica Nivel II. Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

Finalmente, las variables por cuenca se multiplican con el área del cultivo y el coeficiente único del cultivo- K_c corregido, para determinar la demanda de agua total para cada cultivo, como lo muestra la siguiente ecuación:

(Ecuación 18)

$$\text{Demanda de agua por cultivo} = \frac{\text{Área del cultivo}}{0.75} 10(K_c * ET_{0 \text{ corregido}} * P * C_e)$$

Si el valor de $(K_c * ET_0 \text{ corregido} - C_e * P)$ es negativo no existe demanda. En la Tabla 61, se establecen las demandas totales agrícolas por cuenca.

Cuenca Nivel II Área Jurisdicción CDMB	Total (m3/año)
2405-0601	1626437,58
2405-0603	5799925,92
2405-0703	13408609,2
2405-0801	12770465,1
2405-0802	6408341,57
2405-0901	435101,34
2405-0902	90691,06
2405-0903	8911656,8
2405-0904	719878,47
2405-0905	319157,44
2405-1100	13049452,6
2405-1200	9149360,36

Tabla 61. Demanda de agua uso agrícola unidades hidrográficas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB.
Fuente POMCA río Sogamoso - CAS

En el mapa de demanda hídrica del sector agrícola, Figura 13, se puede observar la demanda de uso de agua en la cuenca del río Sogamoso para uso agrícola.

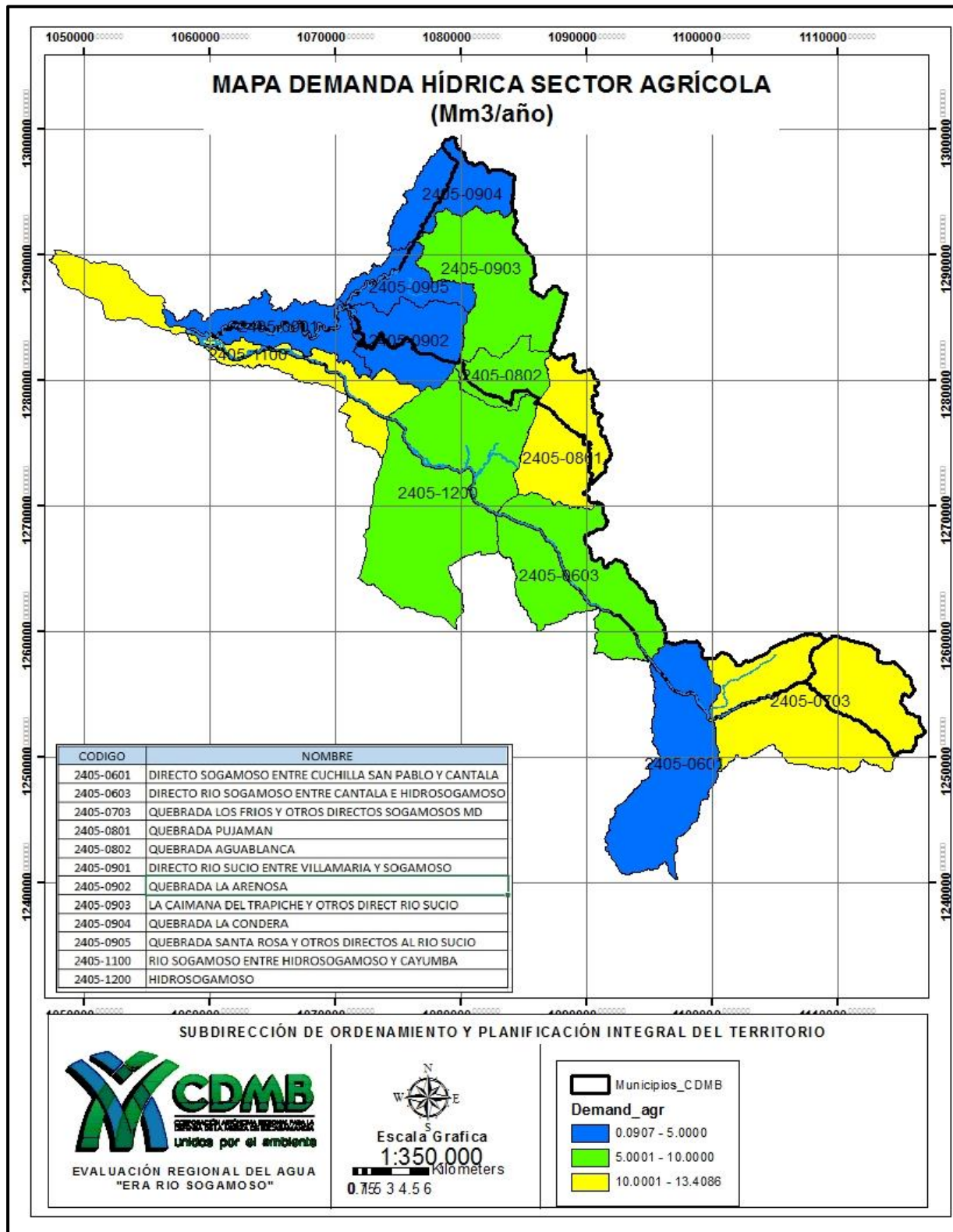


Figura 13. Demanda hídrica por uso agrícola, unidades hidrográficas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso - CAS

6.4.3 Demanda de agua por uso pecuario y avícola

La demanda hídrica del sector pecuario incluye la cantidad de agua utilizada en la cría, levante, engorde, beneficio y sacrificio asociado con la producción de carne, ya sea proveniente de bovinos, porcinos, caprinos y aves, como de producción de huevos, leche y lana, así como de otros animales como caballos, conejos, entre otros (IDEAM, 2010).

Para este sector, se contabilizó el número de semovientes de acuerdo al análisis económico realizado en el POMCA río Sogamoso-CAS para las unidades hidrográficas del área de jurisdicción de la CDMB, como se muestra en la Tabla 62, dónde se tienen en cuenta los datos de consumo promedio tanto para el manejo del ganado, el mantenimiento de las crías incluyendo también los consumos para aves de corral. Los datos de sacrificio se tomaron de las estadísticas de sacrificio animal y de los registros de plantas de beneficio animal del INVIMA

Tipo	2405-0601	2405-0603	2405-0703	2405-0801	2405-0802	2405-0901
Vacuno	966	2227	2680	1712	1353	2957
Porcino	390	687	1175	1203	959	358
Bufalino	0	0	1	7	2	153
Caprino	107	52	197	140	32	36
Equino	18	96	139	167	39	104
Ovino	43	88	257	317	71	132
Aves	0	3014174	1302426	3465290	0	0

Tipo	2405-0902	2405-0903	2405-0904	2405-0905	2405-1100	2405-1200
Vacuno	1386	4526	1866	1238	6154	3397
Porcino	976	3218	741	742	412	640
Bufalino	0	10	46	48	1842	1
Caprino	3	138	31	19	83	191
Equino	5	142	50	39	600	151
Ovino	5	342	92	63	396	175
Aves	0	0	0	0	0	0

Tabla 62. Cabezas por unidades hidrográficas nivel II del área de Jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso - CAS

A su vez, se determinó el consumo por cabeza de recurso hídrico, durante su cría y manejo, para cada tipo de ganado. (ver Tabla 63).

Actividad Pecuaria	Consumos cría L/día	Consumos manejo L/día
Ganado vacuno	73,0	40
Ganado porcino	8,0	10
Ganado bufalino	73,0	40
Ganado caprino	23,0	10
Ganado equino	45,0	20
Ganado ovino	5,7	10
Aves	0,35	20

Tabla 63. Consumo por cabeza

Posteriormente, se calcula la demanda multiplicando la cantidad de especímenes con el consumo promedio; en la Tabla 64, se establece la demanda total de uso pecuario por cada nivel subsiguiente analizado.

Nivel subsiguiente	Cría							Total (m3/año)
	Vacuno	Porcino	Bufalino	Caprino	Equino	Ovino	Aves	
2405-0601	39858	2562	0	1289	427	246	0	44383
2405-0603	91888	4514	0	626	2278	504	22388531	22488341
2405-0703	110579	7720	41	2373	3298	1473	9674095	9799579
2405-0801	70639	7904	289	1686	3962	1817	25739308	25825604
2405-0802	55826	6301	83	385	925	407	0	63927
2405-0901	122009	2352	6313	434	2467	756	0	134331
2405-0902	57188	6412	0	36	119	29	0	63783
2405-0903	186747	21142	413	1662	3369	1960	0	215293
2405-0904	76993	4868	1898	373	1186	527	0	85846
2405-0905	51081	4875	1981	229	925	361	0	59452
2405-1100	253920	2707	76003	1000	14235	2269	0	350134
2405-1200	140164	4205	41	2301	3582	1003	0	151295

Tabla 64. Demanda hídrica sectorial por uso pecuario y avícola, unidades hidrográficas nivel II del área de Jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso - CAS

La Tabla 64, muestra la demanda total por cría del sector pecuario y avícola, es importante anotar que en la cuenca no hay demanda por sacrificio

La representación de la distribución de la demanda pecuaria y avícola se observa en el mapa de demanda hídrica sector pecuario, Figura 14, en la cual se observa que la

menor actividad se encuentra localizada en la parte baja de las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB.

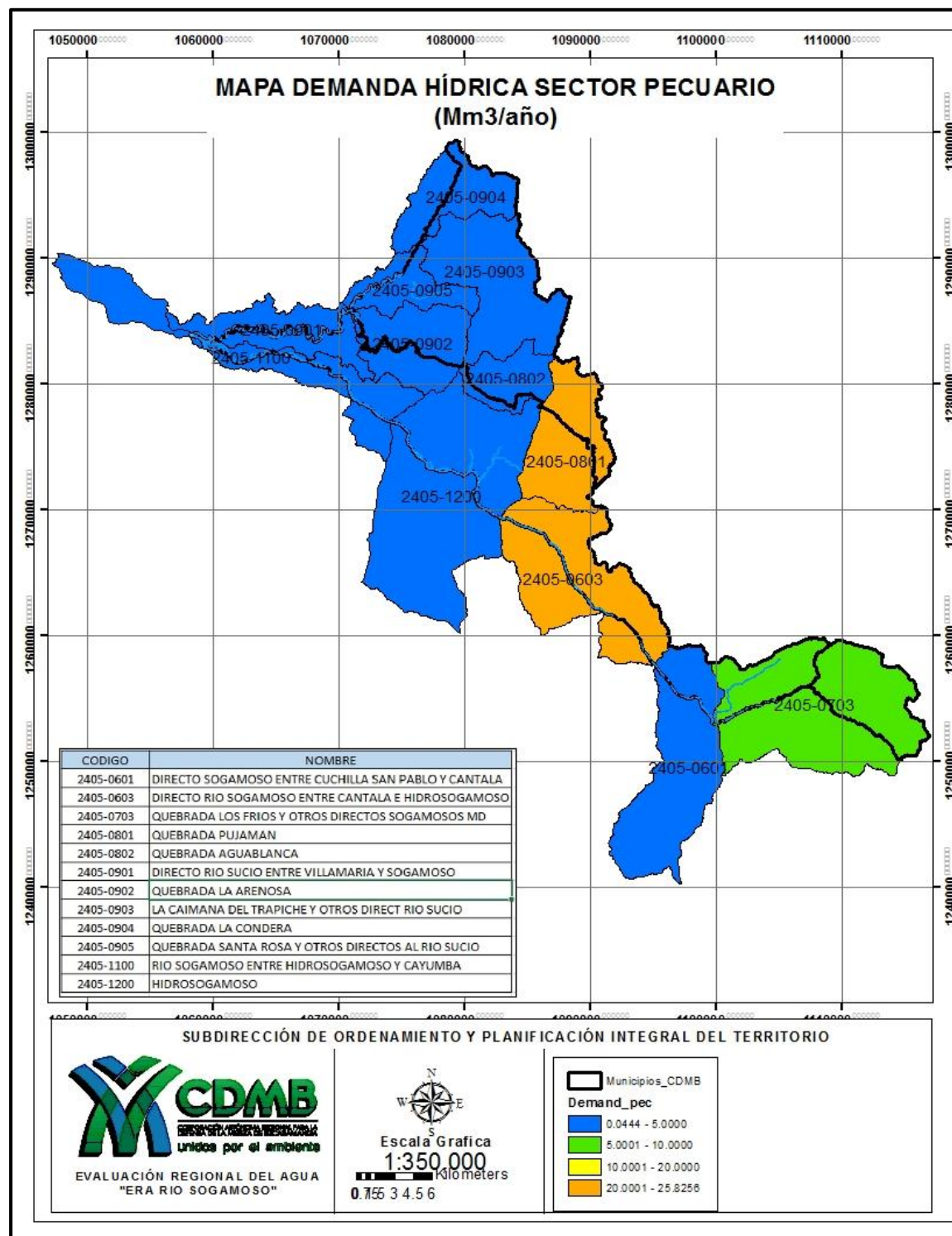


Figura 14. Demanda hídrica sectorial por uso pecuario y avícola, unidades hidrográficas nivel II área de Jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS CAMBIAR MAPA

6.4.4 Demanda de agua por generación de energía

Para determinar la demanda de agua por generación de energía, se contó con la información del embalse de Hidrosogamoso, localizado en la unidad hidrográfica nivel II Hidrosogamoso, código 2405-1200.

El cálculo de la demanda de agua para la producción de energía se basó en la información consignada en el capítulo económico del presente POMCA Río Sogamoso -CAS, proveniente del Sistema de Información Eléctrico Colombiano. La Tabla 65, muestra la información anteriormente mencionada.

Tipo de Energía	Cuenca Nivel II (Ha)
	2405-1200
Hidroeléctrica (Volumen útil diario)	1.237'336.666,67
Consumo agua (m3/año)	1.237'336.666,67

Tabla 65. Consumo de agua por producción de energía, 2405-1200. Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

En la representación gráfica sobre demanda hídrica del sector energía, Figura 15, se puede observar que la unidad 2405-1200 consume más de 200 millones de m³/año.

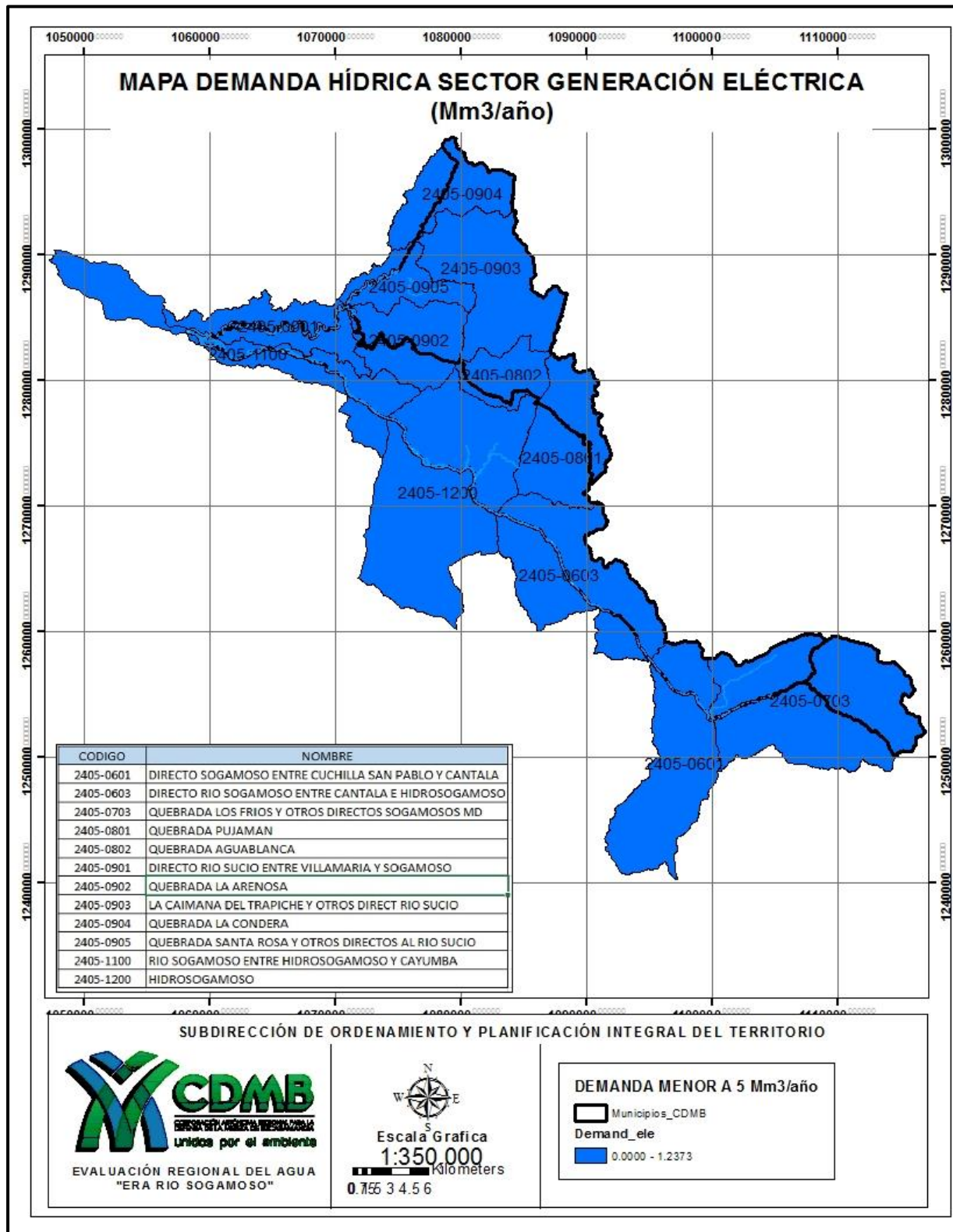


Figura 15. Demanda hídrica sectorial por generación de energía, unidades hidrográficas nivel II área de Jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

6.4.5 Demanda de agua por uso industrial, comercial y de servicios

La determinación de la demanda de recurso hídrico del sector institucional, comercial y de servicios se realizó con base en la información contenida en los registros municipales de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios clasificados como suscriptores comerciales, oficiales, especiales, temporales y multiusuario mixto fueron el punto de partida, así como la información disponible en el Sistema Único de Información y Servicios Públicos (SUI). Esta información no desagrega los diferentes servicios que integran el sector.

Con relación al sector industrial, se obtuvo la información de las visitas a campo a las industrias existentes en la zona. En el área de la cuenca del río Sogamoso Jurisdicción de la CDMB, no se reportaron demandas de agua para el sector.

6.4.6 Demanda hídrica para hidrocarburos

La demanda hídrica para hidrocarburos, comprende las actividades relacionadas con la producción de hidrocarburos en cualquiera de sus fases: explotación, producción, transporte y refinación. La demanda en este sector, se obtiene utilizando la información disponible en la Unidad de Planeación Minero energética UPME, y la de la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH.

Con relación a la demanda de agua para explotación de hidrocarburos en el sector, el consumo por barril de 1.67 m³. En La Tabla 66 y Figura 16, se especifica la demanda de agua para las actividades relacionadas con explotación de hidrocarburos y discrimina la cantidad de barriles producidos al año en cada unidad hidrográfica de la cuenca del río Sogamoso.

Contrato Explotación	2405-0901	2405-1100
Las monas (Barriles)	4381,05069	0
Playón (Barriles)	0	46705,2778
Consumo agua (m3/año)	7316,35	77997,81

Tabla 66. Número de barriles producidos y demanda de agua para hidrocarburos (m3/año). Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

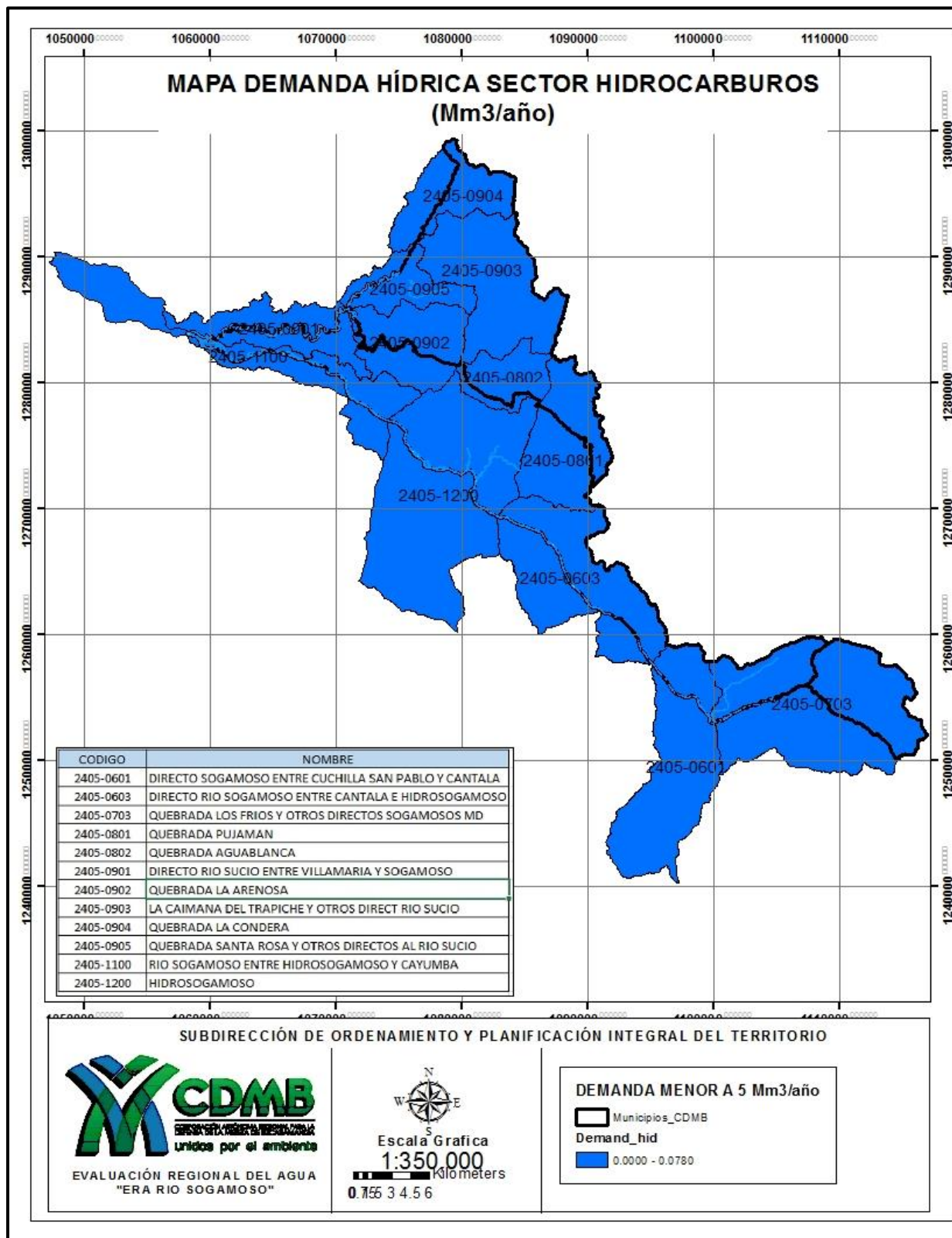


Figura 16. Demanda hídrica sectorial Hidrocarburos, unidades hidrográficas nivel II área de Jurisdicción CDMB.
Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

6.4.7 Demanda hídrica total

El cálculo de la demanda hídrica total se realiza de la suma de los caudales derivados de las actividades económicas anteriormente anunciadas y de los caudales para la preservación de la flora y la fauna tanto para año seco como para año normal. En la Tabla 67, muestra discriminados los caudales totales para año seco y para año normal por cada unidad hidrográfica dentro de la cuenca del río Sogamoso.

Nivel subsiguiente	Demanda por actividades económicas	Demanda por preservación flora y fauna	Demanda por preservación flora y fauna (año seco)	Total (año normal)	Total (año seco)
2405-0601	1677041,7	85838207,3	37658782,3	87515249,06	39335824,06
2405-0603	28328583,3	128382188,0	105119436,7	156710771,33	133448020,03
2405-0703	23530016,5	37473873,6	16440469,7	61003890,06	39970486,22
2405-0801	38760357,9	18352101,9	8051400,8	57112459,89	46811758,76
2405-0802	6601735,7	9490650,6	4163721,0	16092386,34	10765456,71
2405-0901	580966,8	108149170,3	47447007,5	108730137,03	48027974,21
2405-0902	170916,7	20052777,7	8797518,2	20223694,34	8968434,84
2405-0903	9259932,1	30598969,7	13424324,4	39858901,75	22684256,45
2405-0904	809552,1	17620382,6	7730382,2	18429934,67	8539934,29
2405-0905	383608,2	61989532,4	27195935,0	62373140,57	27579543,18
2405-1100	13548546,9	81678240,0	29348791,3	95226786,92	42897338,25
2405-1200	1246669581,9	400184211,1	175568089,9	1646853793,08	1422237671,84

Tabla 67. Demanda de agua total año normal y año seco (m³/año). Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

El mapa de demanda hídrica total, Figura 17, refleja la distribución para cada una de las unidades hidrográficas nivel II.

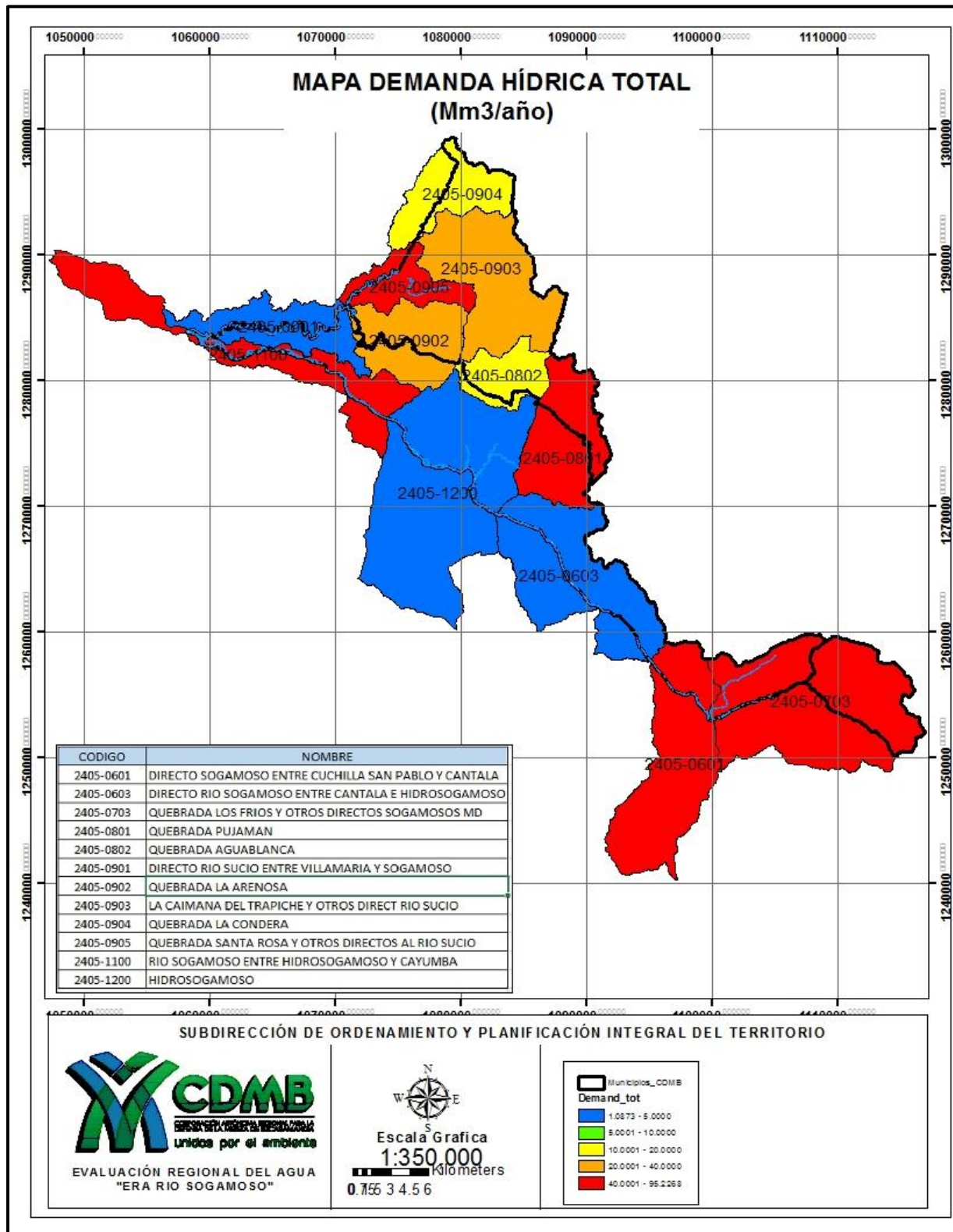
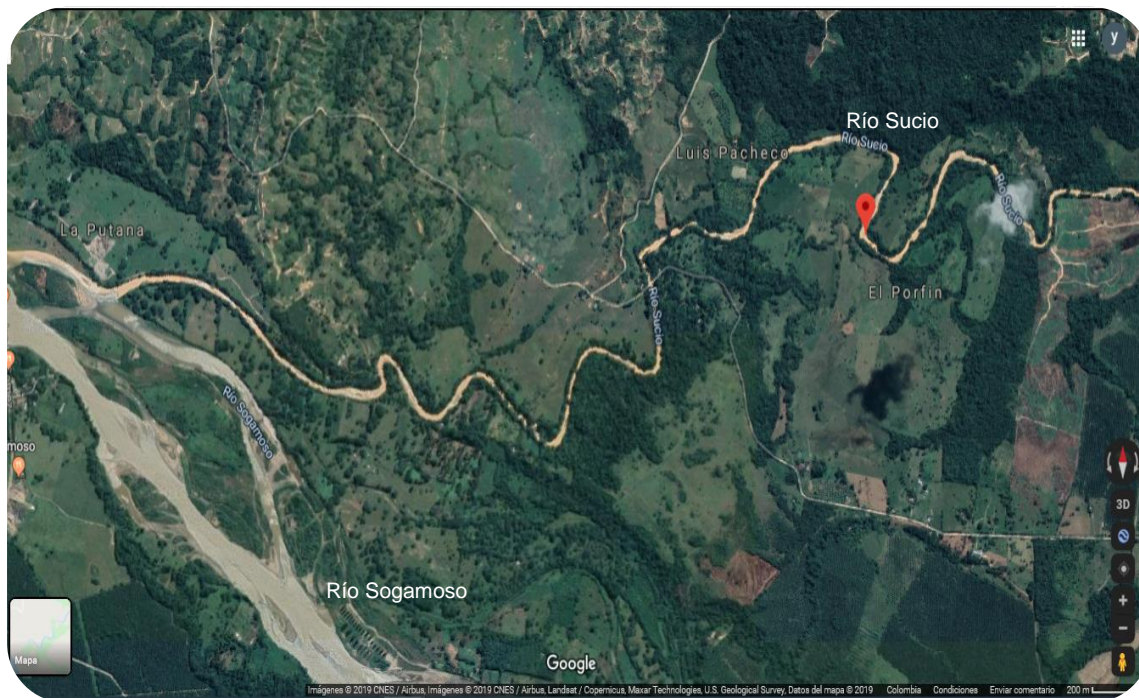


Figura 17. Demanda Hídrica total. Unidades hidrográficas nivel II área de Jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS



SECCIÓN G

CAPITULO 7. INDICADORES HIDROLOGICOS

El sistema de indicadores está integrado por dos grandes grupos comprenden el régimen del sistema hídrico natural y los asociados con la intervención antrópica. ENA,2014

Dentro de los índices del sistema hídrico natural se encuentra el Índice de retención y regulación hídrica (IRH), y el índice de aridez (Ia). Asociados a la intervención antrópica están el Índice de uso del agua (IUA) y el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento-IVH- que corresponde a un índice de riesgo; el Índice de Calidad (ICA) y el índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) indicadores del estado de calidad y presión por contaminación.

Estos índices se calcularon en cada una de las unidades hidrográficas de nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB.

7.1 Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

De acuerdo con la definición del IDEAM (2010), el Índice de retención y regulación Hídrica IRH, “Evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo – vegetación, con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca”.

Con la metodología del IDEAM se determina el índice, a partir de la curva de duración de caudales, por lo tanto, se estima el volumen existente para el caudal Q_{50} , bajo la curva de duración y el volumen total bajo la curva, conforme a la expresión matemática:

(Ecuación 21)

$$IRH = \frac{V_{50}}{V_T}$$

Donde:

V_{50} = Volumen correspondiente al Q_{50}

V_T = Volumen total bajo la curva

Los rangos de los valores definidos por el IDEAM, para calificar el indicador, entre regulación muy alta a regulación muy baja, se encuentran discriminados en la Tabla 68.

Rango	Categoría	Significado IRH
> 0,85	Muy alta	Muy alta capacidad de retener y regular el agua.
0,75 - 0,85	Alta	Alta capacidad de retener y regular el agua.
0,65 - 0,75	Moderada	Moderada capacidad de retener y regular el agua.
0,5 - 0,65	Baja	Baja capacidad de retener y regular el agua.
< 0,5	Muy baja	Muy baja capacidad de retener y regular el agua.

Tabla 68. Clasificación indicadora IRH Fuente: IDEAM (2014). Fuente: IDEAM (2014).

Teniendo en cuenta la información generada para unidades hidrológicas nivel II, se establece el IRH en el área de jurisdicción de la CDMB en categoría baja, con un valor de 0.56. (ver Tabla 69 y Figura 18). Una vez se disponga de información más detallada para la generación de caudales se ajustará este indicador.

Código	Unidad hidrográfica Nivel II	VALOR	IRH
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	0,56	Baja
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	0,56	Baja
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	0,56	Baja
2405-0801	Quebrada Pujamán	0,56	Baja
2405-0802	Quebrada Aguablanca	0,56	Baja
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	0,56	Baja
2405-0902	Quebrada La Arenosa	0,56	Baja
2405-0903	Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	0,56	Baja
2405-0904	Quebrada La Condera	0,56	Baja
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	0,56	Baja
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	0,56	Baja
2405-1200	Hidrosogamoso	0,56	Baja

Tabla 69. Categoría de IRH para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso --CAS

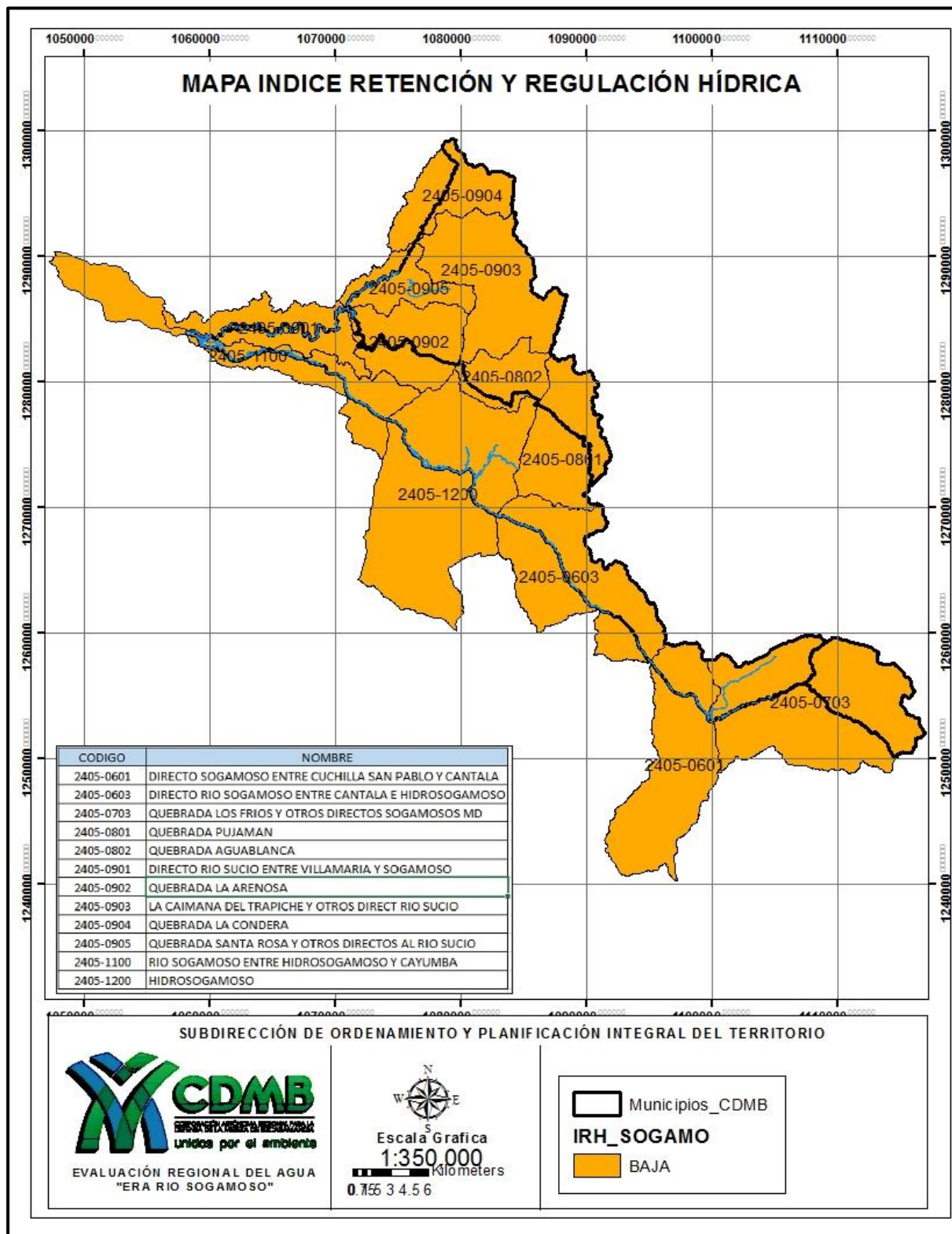


Figura 18. Categoría de IRH para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso --CAS

7.2 Índice de uso del agua (IUA)

El IUA, es la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores, en un periodo determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) con relación a la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales. (IDEAM, 2010).

Según el ENA (2010), el índice de uso del agua corresponde a la relación porcentual de la demanda de agua con la oferta hídrica disponible; para su estimación se utiliza la siguiente fórmula:

(Ecuación 22)

$$IUA = \left(\frac{D_h}{O_h} \right) * 100$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica sectorial, que corresponde a la sumatoria del volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado.

Oh: Oferta hídrica superficial disponible, que corresponde al volumen total de agua superficial, menos el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental de una misma unidad de análisis espacial y temporal determinada.

Este Índice constituye la principal herramienta para evaluar cuando el recurso hídrico de un país, área hidrográfica, región, municipio o cabecera, es suficiente o deficitario; además, permite adicionar el ingrediente de calidad de agua al concepto de disponibilidad. El uso de este instrumento, facilita la obtención de nuevos soportes para la planificación y el uso eficiente del agua.

La Tabla 70, presenta los rangos de fluctuación del IUA y la calificación por categorías con niveles que van de muy alto a muy bajo.

Rango	Categoría	Significado IUA
> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
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 - 20	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda es muy baja con respecto a la oferta disponible

Tabla 70. Rangos y categorías Índice de uso del agua según IDEAM (ENA 2014-pg256)

En la Tabla 71 se establecen los valores del índice de uso del agua por cada una de las unidades hidrográficas Nivel II, área de jurisdicción de la CDMB en año normal y seco y las Figura 19 y 20 representan los mapas año normal y año seco.

Código	Unidad hidrográfica de segundo nivel subsiguiente	IUA		IUA	
		Año normal	Año seco	Año normal	Año seco
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	1,53	5,14	Bajo	Bajo
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	17,25	58,06	Moderado	Muy alto
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	49,08	165,20	Alto	Crítico
2405-0801	Quebrada Pujamán	165,10	555,75	Crítico	Crítico
2405-0802	Quebrada Aguablanca	54,37	183,01	Muy alto	Crítico
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	0,42	1,41	Muy bajo	Bajo
2405-0902	Quebrada La Arenosa	0,67	2,24	Muy bajo	Bajo
2405-0903	Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	23,65	79,62	Alto	Muy alto
2405-0904	Quebrada La Condera	3,59	12,09	Bajo	Moderado
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	0,48	1,63	Muy bajo	Bajo
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	12,98	36,12	Moderado	Alto
2405-1200	Hidrosogamoso	243,50	819,62	Crítico	Crítico

Tabla 71. Índice uso de agua para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso --CAS

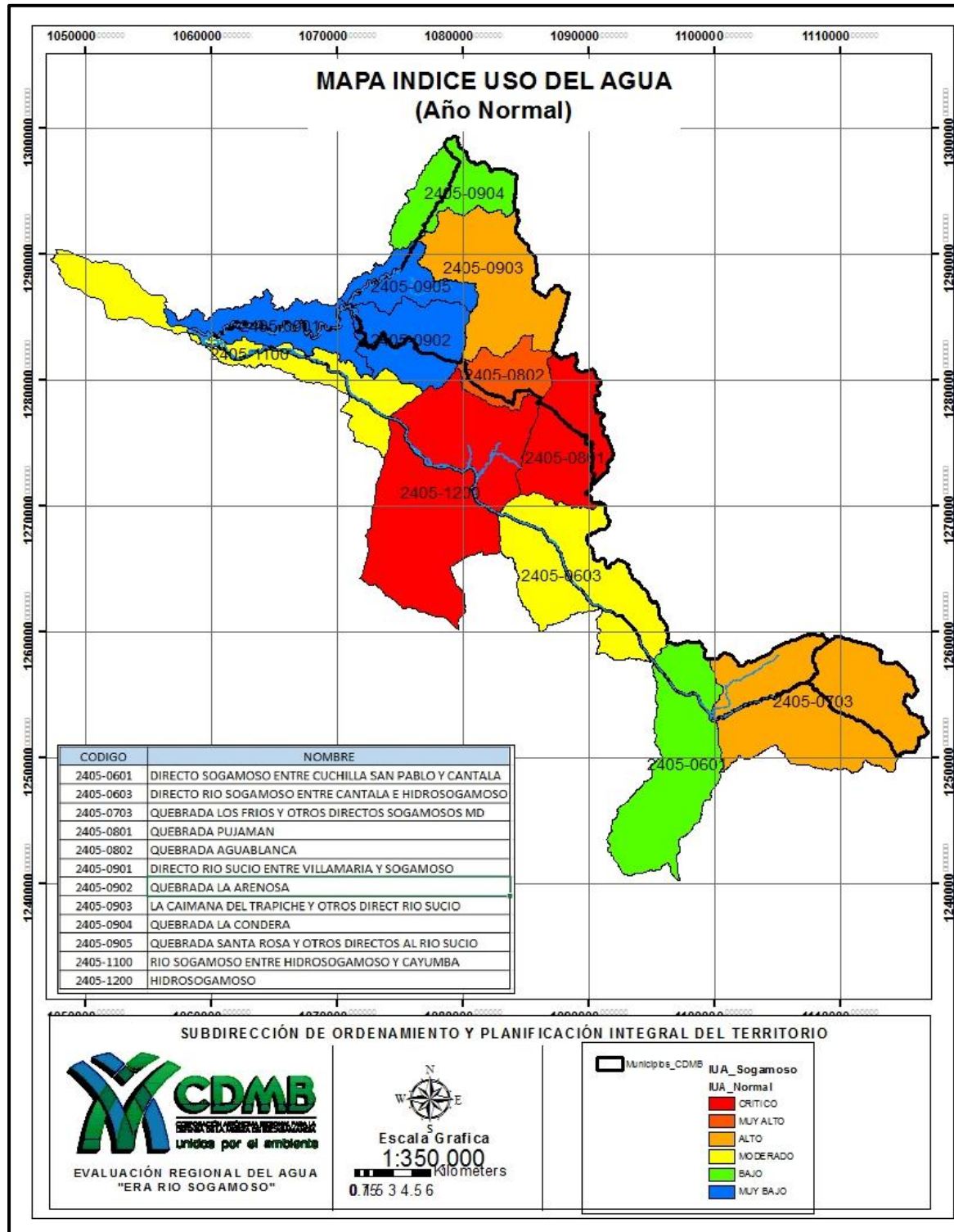


Figura 19. Índice del uso de agua año normal para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso --CAS

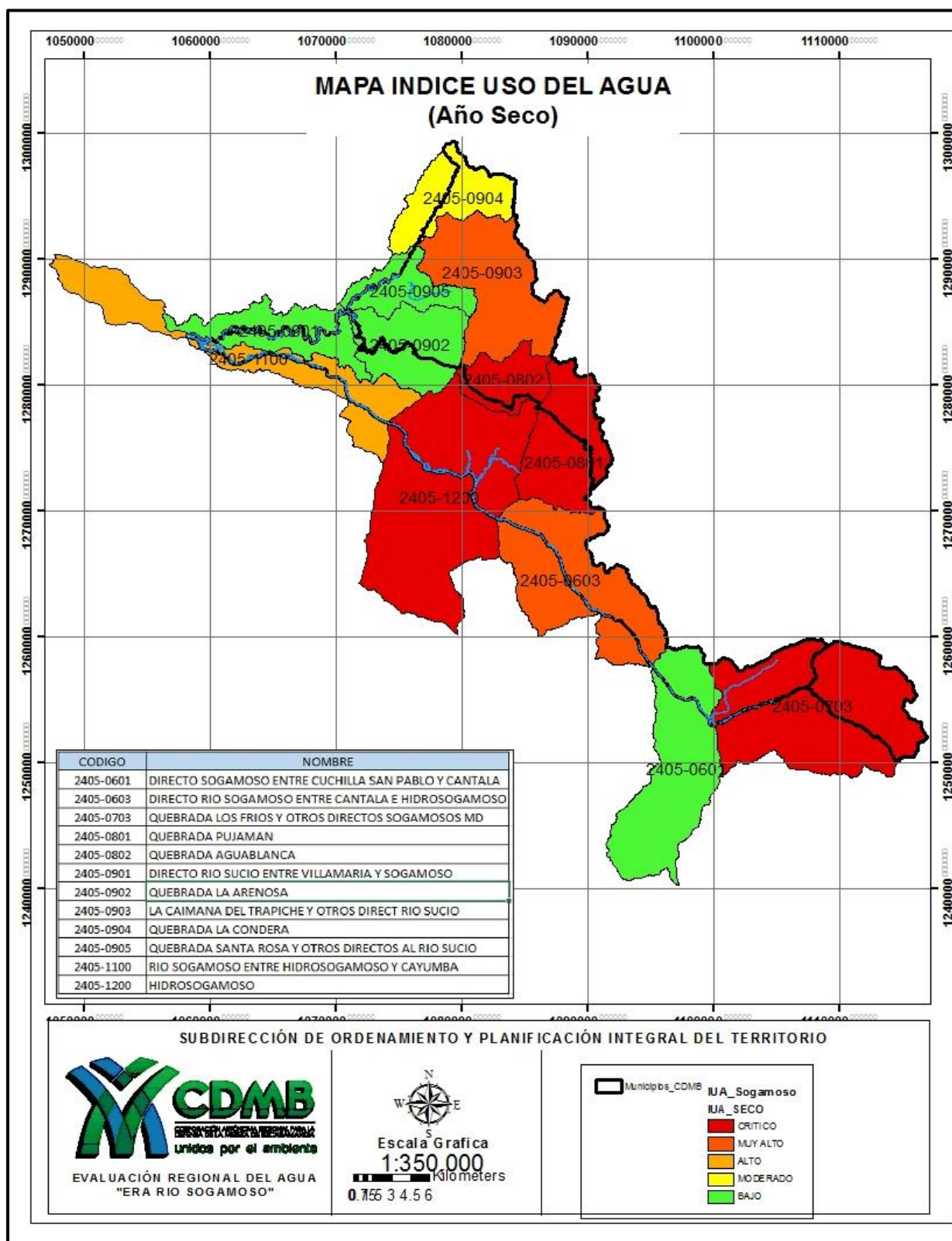


Figura 20. Índice uso agua año seco para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB.
Fuente POMCA río Sogamoso --CAS

7.3 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)

Con base en la información del IDEAM (2010a), el IVH permite identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta de abastecimiento de agua, que ante amenazas o eventos podría generar riesgos de desabastecimiento.

El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA), organizadas en categorías claramente definidas en la Tabla 72.

	Categoría	Índice de regulación hídrica IRH			
		Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Índice uso de agua	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Medio	Medio
	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Moderado	Medio	Medio	Alto	Alto
	Alto	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Muy alto	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Crítico	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

Tabla 72. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH. Fuente ENA 2014

Con base en la tabla anterior, se construye la Tabla 73 y la representación gráfica Figura 21, para el índice de vulnerabilidad de las unidades hidrológicas de la cuenca, nivel II en año normal.

Código	Unidad hidrográfica Nivel II	IUA		IRH	IVH	
		Año normal	Año seco		Año normal	Año seco
2405-0601	Directos al río Sogamoso entre Cuchilla de San Pablo y Cantala	Bajo	Bajo	Baja	Medio	Medio
2405-0603	Directos al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso	Moderado	Muy alto	Baja	Alto	Alto
2405-0703	Quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md	Alto	Crítico	Baja	Alto	Muy alto
2405-0801	Quebrada Pujamán	Crítico	Crítico	Baja	Muy alto	Muy alto
2405-0802	Quebrada Aguablanca	Muy alto	Crítico	Baja	Alto	Muy alto
2405-0901	Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso	Muy bajo	Bajo	Baja	Medio	Medio
2405-0902	Quebrada La Arenosa	Muy bajo	Bajo	Baja	Medio	Medio
2405-0903	Quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio	Alto	Muy alto	Baja	Alto	Alto
2405-0904	Quebrada La Condera	Bajo	Moderado	Baja	Medio	Alto
2405-0905	Quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio	Muy bajo	Bajo	Baja	Medio	Medio
2405-1100	Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba	Moderado	Alto	Baja	Alto	Alto
2405-1200	Hidrosogamoso	Crítico	Crítico	Baja	Muy alto	Muy alto

Tabla 73. Índice de vulnerabilidad hídrica por unidad hidrográfica para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

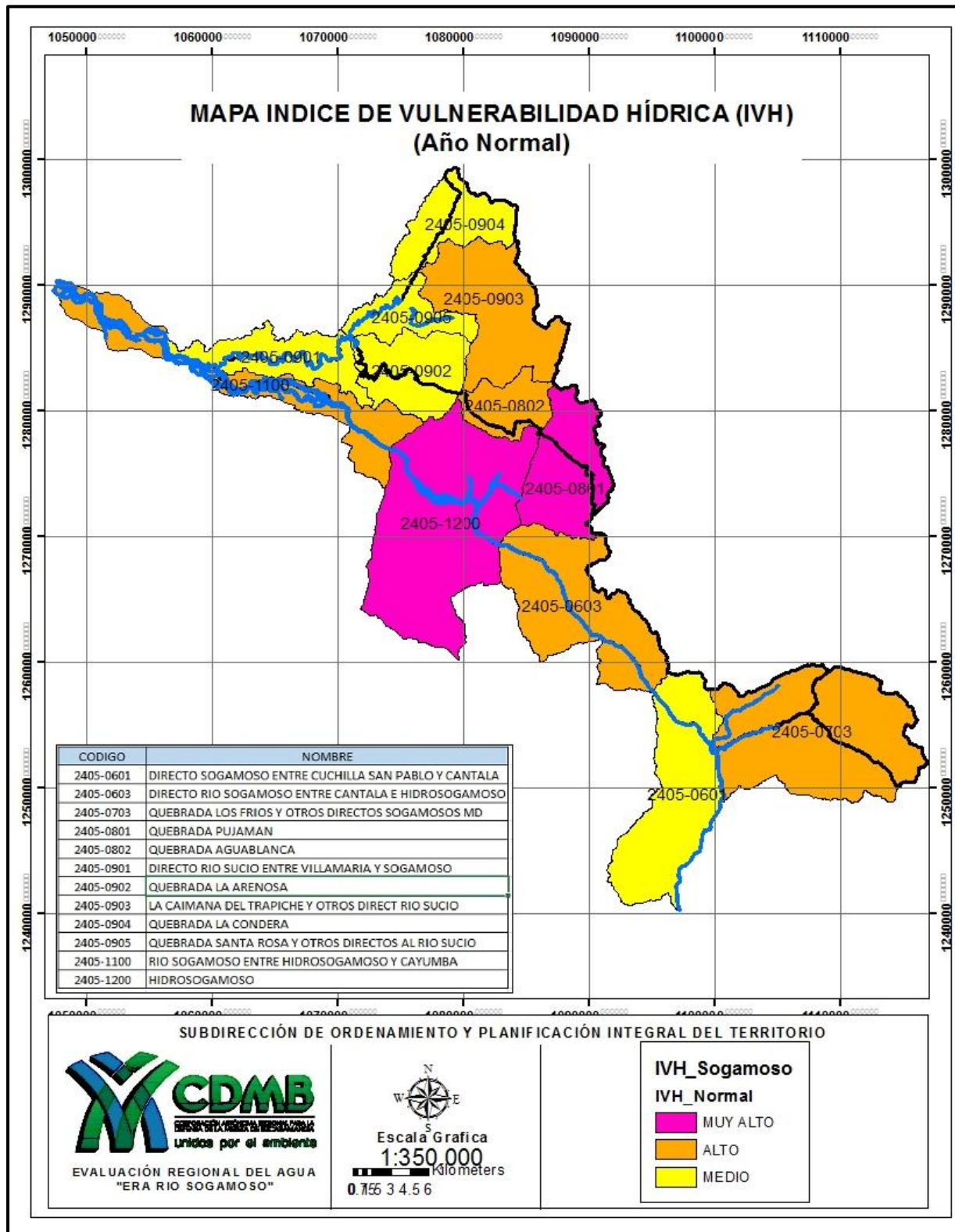


Figura 21. Índice de vulnerabilidad hídrica por unidad hidrográfica año normal para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

El índice de vulnerabilidad año seco para cada una de las unidades hidrológica nivel II se encuentra representado en la Figura 22.

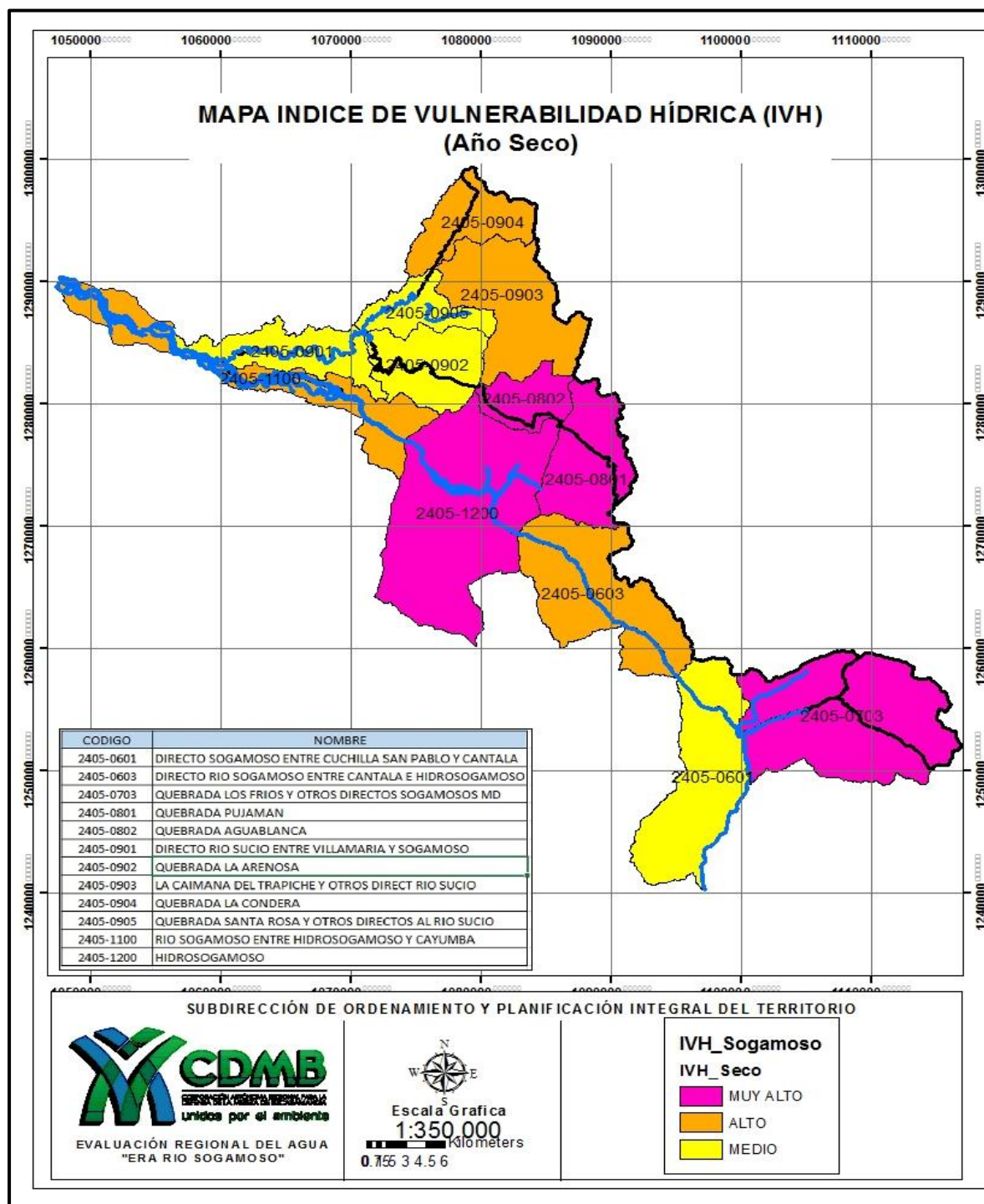


Figura 22. Índice de vulnerabilidad hídrica por unidad hidrográfica año seco para las unidades hidrológicas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso –CAS

7.4 Monitoreo de cuerpos de agua superficial

Con el fin de determinar la calidad del recurso hídrico, la CAS realizó dos (2) campañas de monitoreo, la primera en época seca en marzo de 2016 y la segunda en época normal en agosto de 2016. En el área de jurisdicción de la CDMB, se determinaron seis (6) puntos de monitoreo con georreferenciación en el sistema de coordenadas planas. (ver Tabla 74 y Figura 23)

ID	NOMBRE	COORD_X	COORD_Y	COTA
10	Río Sucio	1,059,982.270	1,283,575.235	129
13	Río Sogamoso	1,070,393.640	1,280,588.691	162
14	Quebrada la Condera	1,076,766.118	1,291,880.424	178
18	Río Sogamoso	1,081,126.880	1,270,387.050	198
19	Quebrada Aguablanca	1,082,160.540	1,273,558.670	228
23	Río Sogamoso- Puente Vía Nacional	1,099,373.540	1,253,767.830	299

Tabla 74. Coordenadas puntos monitoreo área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

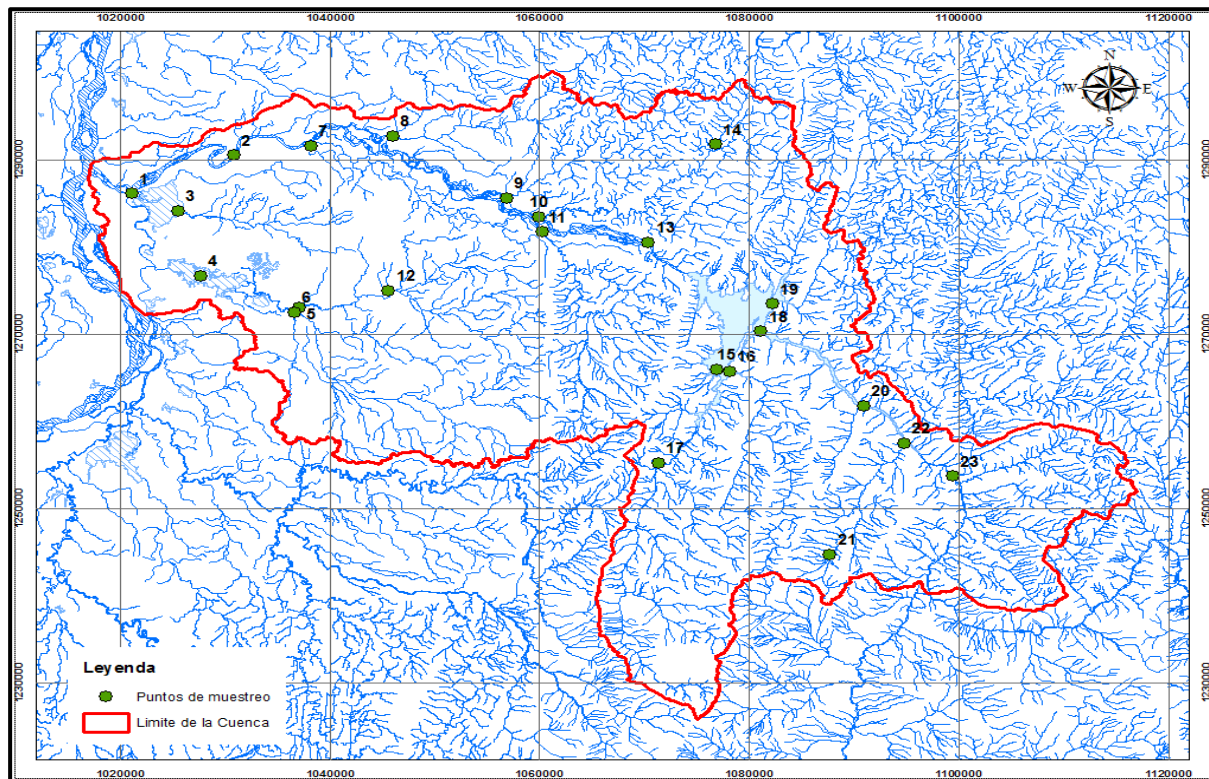


Figura 23. Puntos de monitoreo cuenca nivel I río Sogamoso. Fuente POMCA río Sogamoso -CAS

De los veintitrés (23) puntos de monitoreo en la cuenca nivel I río Sogamoso, Figura 23, se seleccionaron seis (6) que pertenecen al área de jurisdicción de la CDMB, efectuando muestreos en época seca y normal; los resultados fisicoquímicos se encuentran resumidos en la Tablas 75 y 76.

ID	NOMBRE	PARAMETROS										
		T	PH	OD	COND	SST	DBO	DQO	NT	PT	COL FEC	COL TOT
		°C	Unid	mg/L	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP	NMP
10	Río Sucio	29.30	7.30	6.52	127.10	10.00	3.10	15.00	1.00	0.05	130	2200
13	Río Sogamoso	28.30	7.31	3.76	206.60	10.00	3.20	15.00	1.00	0.05	13	920
14	Quebrada la Condera	27.20	7.29	5.17	133.60	10.00	2.30	15.00	1.00	0.24	230	5400
18	Río Sogamoso	31.60	9.30	10.17	176.50	10.00	2.10	15.00	0.45	0.05	2	46
19	Quebrada Aguablanca	27.30	7.57	9.10	530.00	10.00	3.60	15.00	0.39	0.05	49	540
23	Río Sogamoso- Puente Vía Nacional	28.20	7.79	8.11	209.10	646.00	7.30	38.00	1.23	0.24	130	5400

Tabla 75. Resultados parámetros de monitoreo de calidad de agua para condiciones secas área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

ID	NOMBRE	PARAMETROS										
		T	PH	OD	COND	SST	DBO	DQO	NT	PT	COL FEC	COL TOT
		°C	Unid	mg/L	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP	NMP
10	Río Sucio	27.60	7.30	7.48	86.00	153.00	7.80	21.00	1.00	0.05	1100	22000
13	Río Sogamoso	26.50	7.22	4.10	195.90	11.50	2.50	15.00	1.00	0.05	180	1200
14	Quebrada la Condera	26.50	7.09	7.61	148.50	10.00	2.00	15.00	1.00	0.05	400	17000
18	Río Sogamoso	29.50	7.46	8.33	220.10	10.00	2.90	17.80	1.00	0.05	180	7000
19	Quebrada Aguablanca	25.30	7.12	8.69	134.10	10.00	2.50	15.00	1.00	0.05	2300	9400
23	Río Sogamoso- Puente Vía Nacional	25.10	7.75	9.11	82.80	355.00	3.50	15.00	1.00	0.05	3300	92000

Tabla 76. Resultados parámetros de monitoreo de calidad de agua para condiciones normales área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA Río Sogamoso-CAS

7.4.1 Temperatura

La temperatura media del agua en la cuenca exhibe variaciones espaciales considerables, debido a las formaciones montañosas ubicadas al centro y oriente del área. Durante los periodos secos, el rango de temperatura en los muestreos se situó entre 27,2°C en la Quebrada La Condera 2405-0904 y 31,6°C en el río Sogamoso

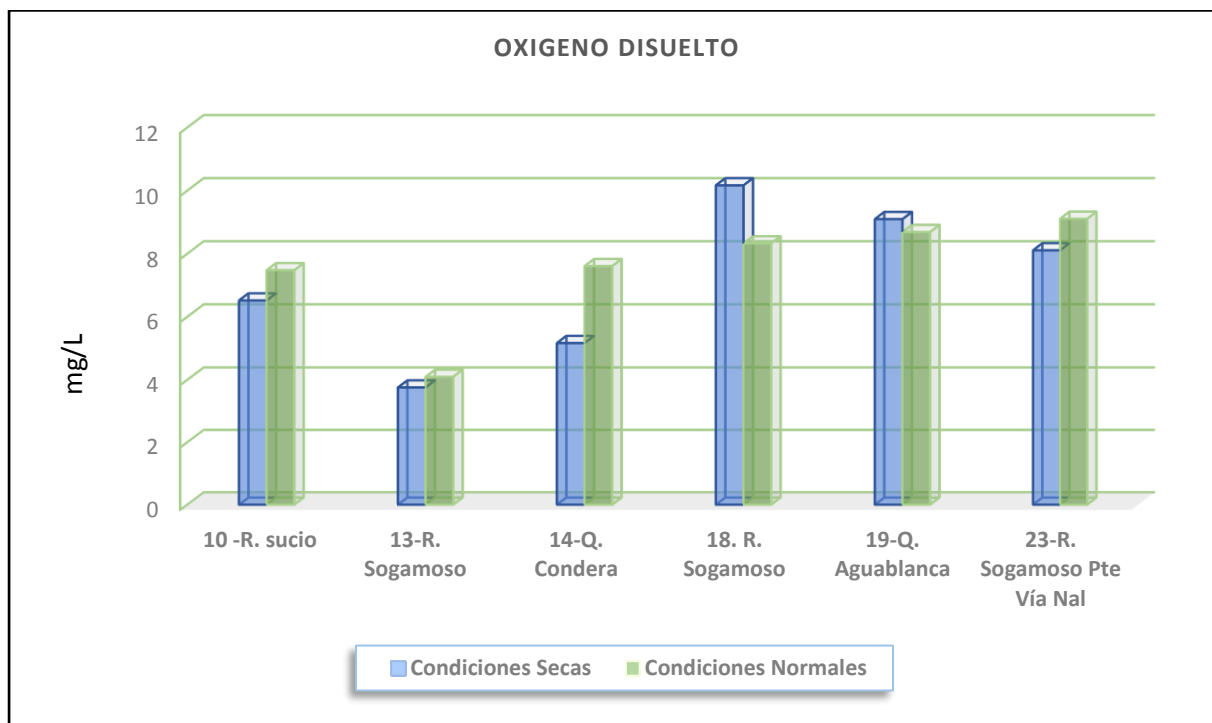
2405-1100, limite San Mateo – La Parroquia; en tanto que bajo condiciones normales fluctuó entre 25,3°C en la Quebrada Aguablanca 2405-0802 hasta 29,5°C en el río Sogamoso 2405-1100, limite San Mateo – La Parroquia. De acuerdo con estos valores, la temperatura no representa condiciones de riesgo para las especies acuáticas, por ser inferior a 40°C.

7.4.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua; fundamental para los ecosistemas acuáticos y la supervivencia de todos los organismos que en ella habitan. ya sea ríos, quebradas y ciénagas; así mismo se requiere que el cuerpo de agua pueda por sí mismo eliminar o estabilizar la contaminación de origen natural o la causada por las actividades antrópicas.

Es importante señalar que, en las épocas secas y normales, el oxígeno disuelto tiene altas concentraciones en los sitios elevados de la Cuenca nivel II, especialmente en los puntos 23, río Sogamoso- Puente Vía Nacional, 19 quebrada Aguablanca y 18 río Sogamoso, decreciendo aguas abajo, hasta el punto 13 río Sogamoso, ubicado en seguida de Hidrosogamoso.

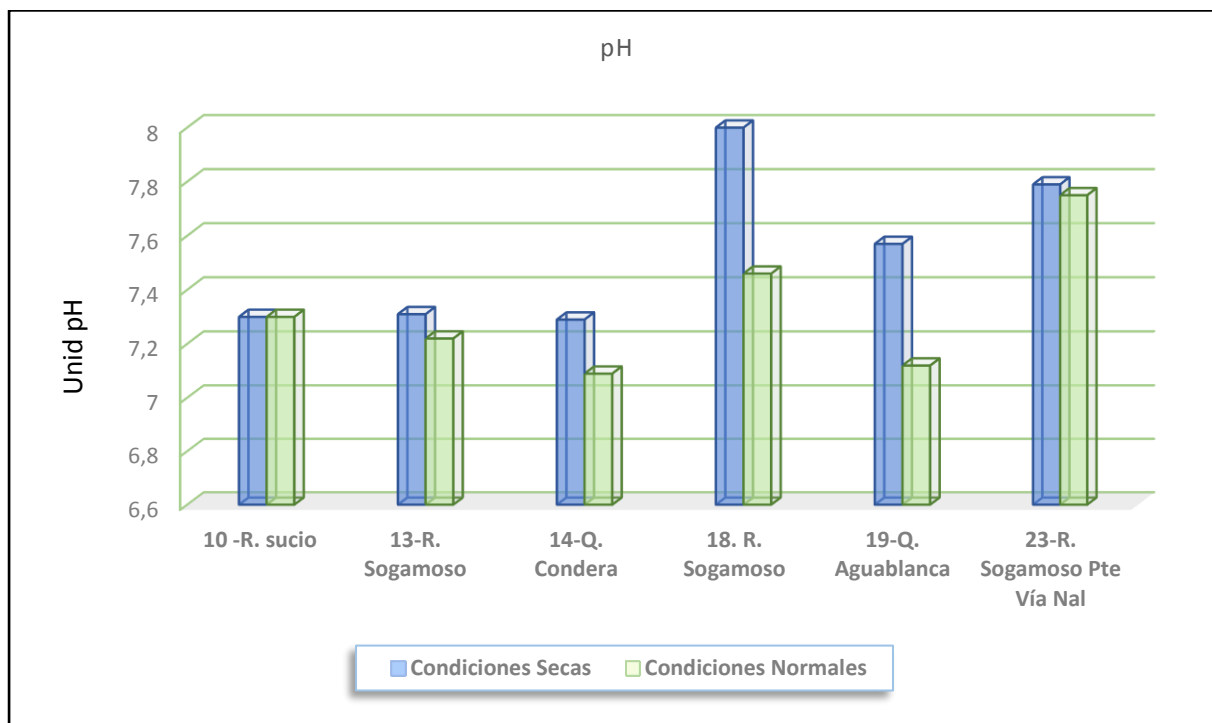
Por otra parte, la baja concentración de oxígeno disuelto sugiere un rápido consumo del oxígeno en la eliminación de la materia orgánica proveniente de residuos vegetales, humanos y de animales. (ver Gráfica 44)



Gráfica 44. Concentración de oxígeno disuelto (mg/L) en las cuencas Nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

7.4.3 Potencial de hidrógeno (pH)

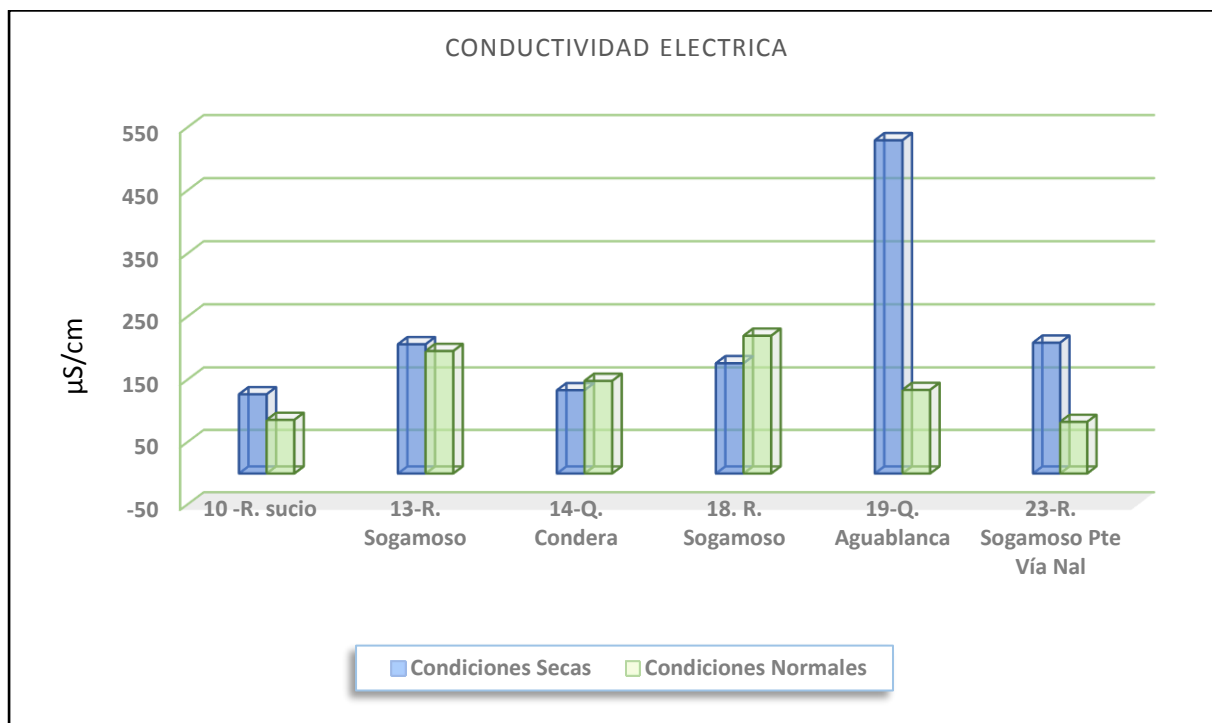
El pH es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad de las fuentes o cuerpos de agua. En las Cuencas Nivel II del área de jurisdicción de la CDMB de la cuenca nivel I del Río Sogamoso, su comportamiento es bastante regular en las dos épocas del año, presentando hacia las partes elevadas de la Cuenca, la disolución de carbonatos y otras sales de tendencia alcalina presentes en el suelo, lo cual eleva el pH y decrece progresivamente a medida que las corrientes avanzan por la cuenca, debido al aporte de fertilizantes y ácidos provenientes de la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, los valores se mantienen en el rango adecuado no detectándose riesgos por acidez, como se puede apreciar en la Gráfica 45.



Gráfica 45. Niveles de pH en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

7.4.5 Conductividad eléctrica

Al examinar la variación espacial de la conductividad eléctrica en el área de jurisdicción de la CDMB, se advierte uniformidad en los datos; sin embargo, en la época normal los valores disminuyen hacia la parte alta específicamente en los puntos 23 río Sogamoso- Puente Vía Nacional y 19 quebrada Aguablanca, en la parte media no hay variación significativa y en la parte baja presenta un valor inferior en el punto de muestreo sobre río sucio. En la época seca se registran valores más altos de conductividad en los puntos 10 Río Sucio y 13 Río Sogamoso, que puede estar asociados a procesos erosivos, no obstante, se observa una posible influencia del Embalse Topocoró - Hidrosogamoso, 2405-1100, aun cuando los resultados no alcanzan límites que conlleven riesgo por salinización. (ver Gráfica 46)



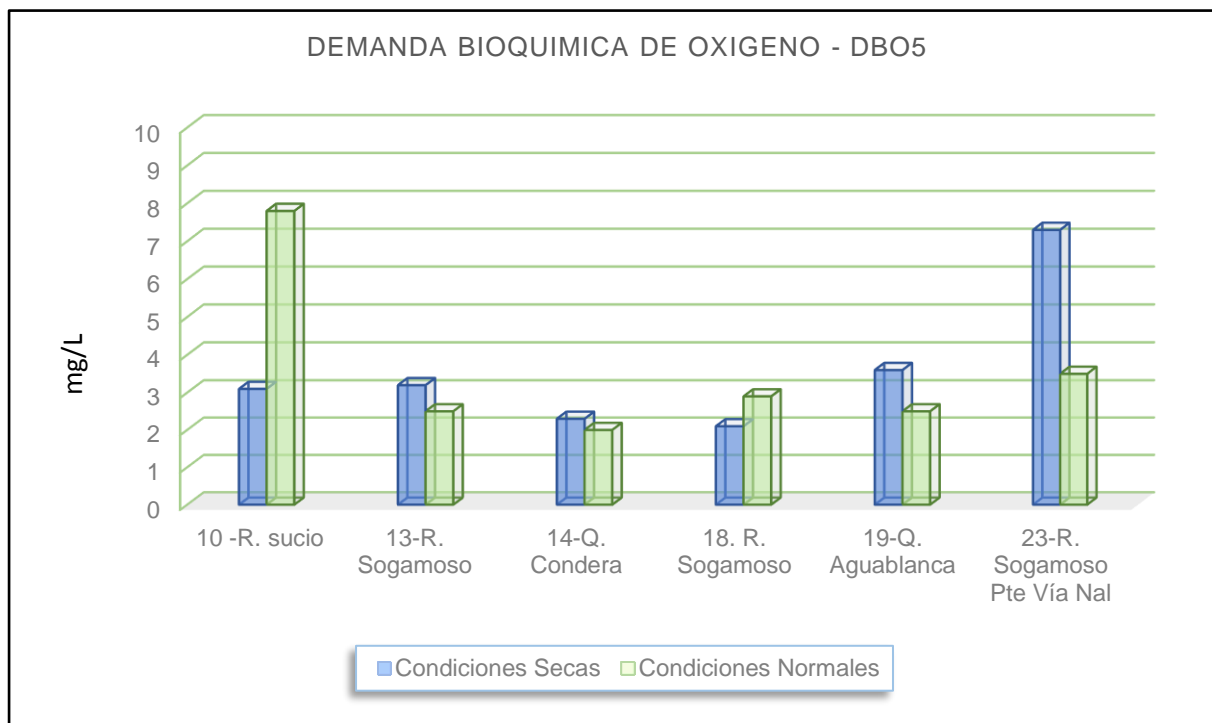
Gráfica 46. Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

7.4.6 Demanda bioquímica de oxígeno - DBO_5

La Demanda Biológica de Oxígeno o Demanda Bioquímica de Oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida y se utiliza para medir propiamente el grado de contaminación.

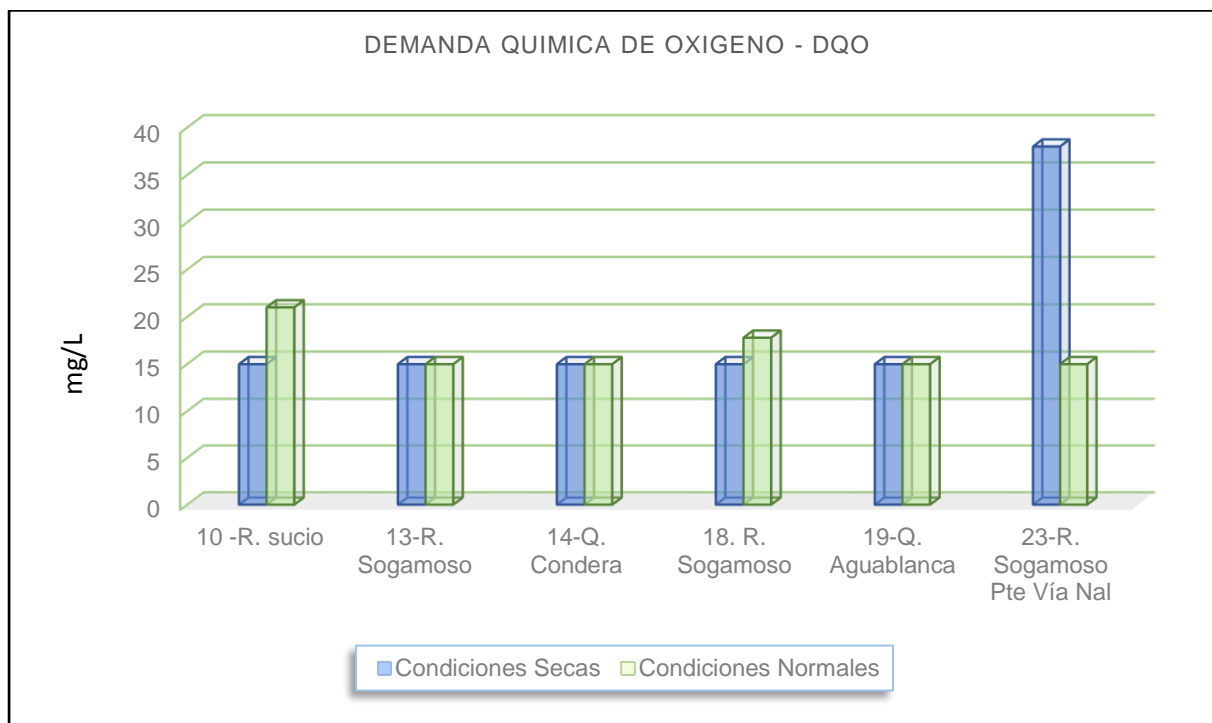
Con relación a la materia orgánica total presente en las cuencas Nivel II área de jurisdicción de la CDMB, se observa un comportamiento similar tanto en la época seca como en la normal excepto en el punto quebrada Aguablanca cerca de una zona más densamente poblada.

Bajo condiciones de sequía, se aprecia también la incidencia de la actividad turística en el municipio de los Santos, donde se eleva moderadamente el contenido de materia orgánica. No obstante, los valores no alcanzan a superar en ningún momento los límites para ser considerada una zona de alta contaminación. (ver Gráfica 47)



Gráfica 47. Valores de demanda bioquímica de oxígeno en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

La demanda Química de Oxígeno –DQO, tiene un comportamiento semejante con la demanda bioquímica de oxígeno –DBO₅. Sin embargo, se evidencia un aumento de la DBO₅ en la zona alta punto (23) río Sogamoso-puente vía nacional la cual está asociada a un efecto de concentración en la época seca. El aumento de concentración de la DBO₅, Gráfica 48, el punto de río sucio (10), se puede asociar a contaminación doméstica, pero los valores no alcanzan a superar en ningún momento límites de alta contaminación ya que se encuentran por debajo de 8 mg/L.



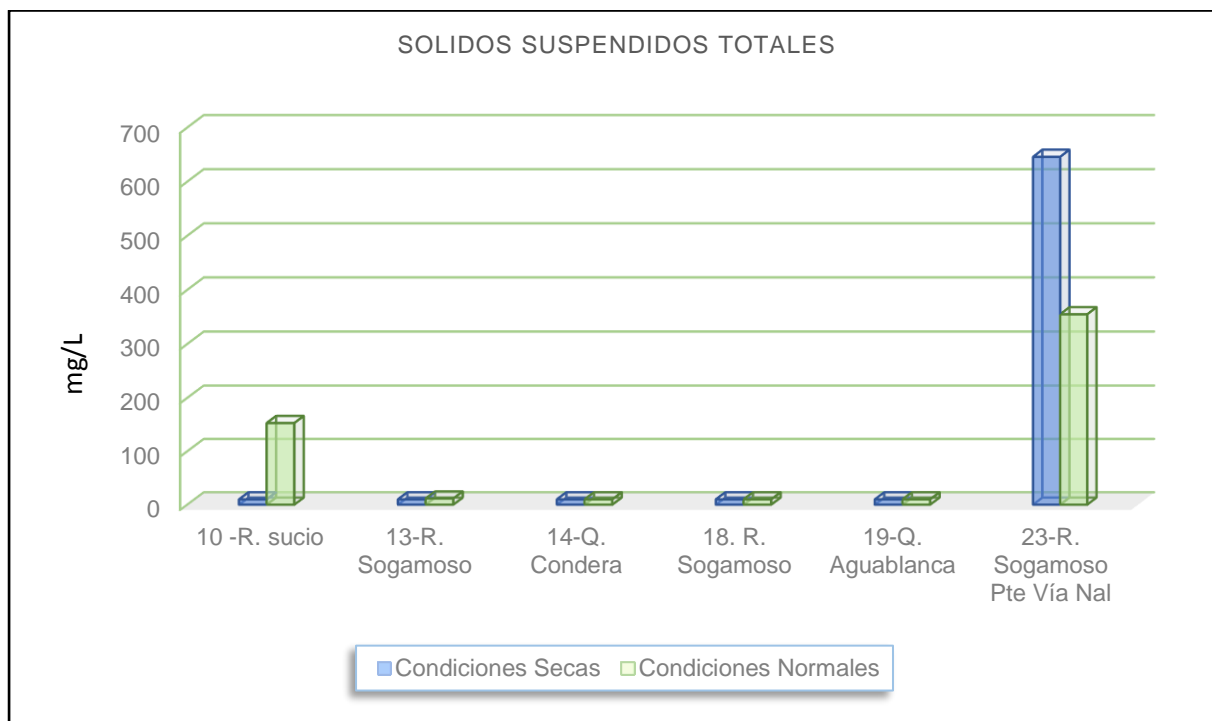
Gráfica 48. Concentración de materia orgánica – DQO mg/L) en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

Con respecto a la DQO, se observa el mismo escenario que en la DBO₅ en los puntos 10 río Sucio y 23 río Sogamoso-puente vía nacional, lo que ratifica la relación que existe entre estos dos parámetros y una contaminación máxima de 38 mg/L que no son alarmantes en ningún lugar de la cuenca.

7.4.7 Sólidos suspendidos totales

Los sólidos en suspensión son partículas orgánicas o inorgánicas que permanecen en ese estado ya sea por el movimiento del agua o por su menor densidad; es importante mencionar que la concentración de sólidos es utilizada como referente de la calidad del agua.

La unidad hidrográfica nivel II que mostró altas concentraciones de material suspendido se encuentran en la parte alta de Sogamoso-puente vial nacional (23) y puede estar asociados muy probablemente a efectos erosivos, esta condición se presenta en la época seca y normal. (ver Gráfica 49)

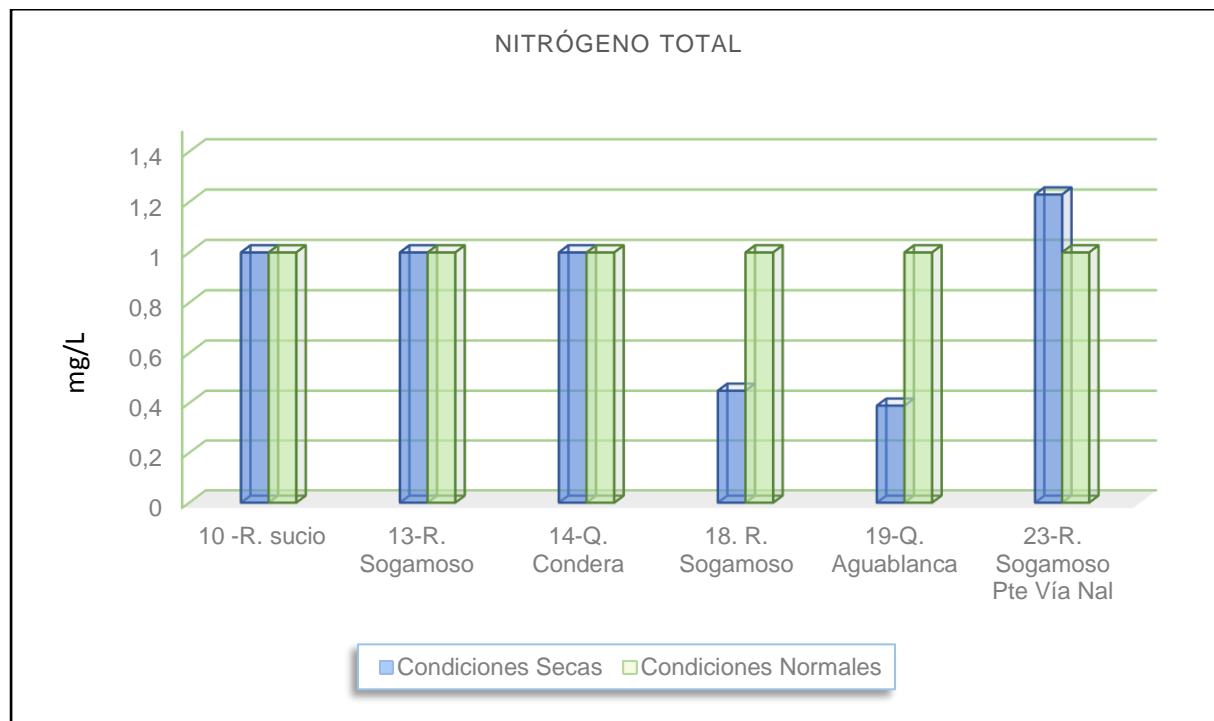


Gráfica 49. Concentración de solidos suspendidos totales – SST mg/L) en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

7.4.8 Nitrógeno total

El nitrógeno (N) es un elemento esencial para la vida; junto con el fósforo son nutrientes naturales presentes en los ecosistemas acuáticos; sin embargo, cuando demasiado nitrógeno y fósforo ingresan al medio se convierten en contaminantes. El exceso de nitrógeno reduce el oxígeno disuelto de las aguas superficiales, es tóxico para el ecosistema acuático, entraña un riesgo para la salud pública y junto al fósforo (P), son responsables del crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos. La actividad humana tiende a aumentar la concentración de estos dos elementos y generalmente cuando llueve, cantidades de los fertilizantes son arrastrados a las corrientes acuáticas; un el exceso de nitrógeno y fosforo puede provocar la extinción de éstos ecosistemas mediante procesos de eutrofización. Todos estos factores hacen que la legislación sea cada vez más restrictiva en cuanto a los límites máximos permitidos para este parámetro.

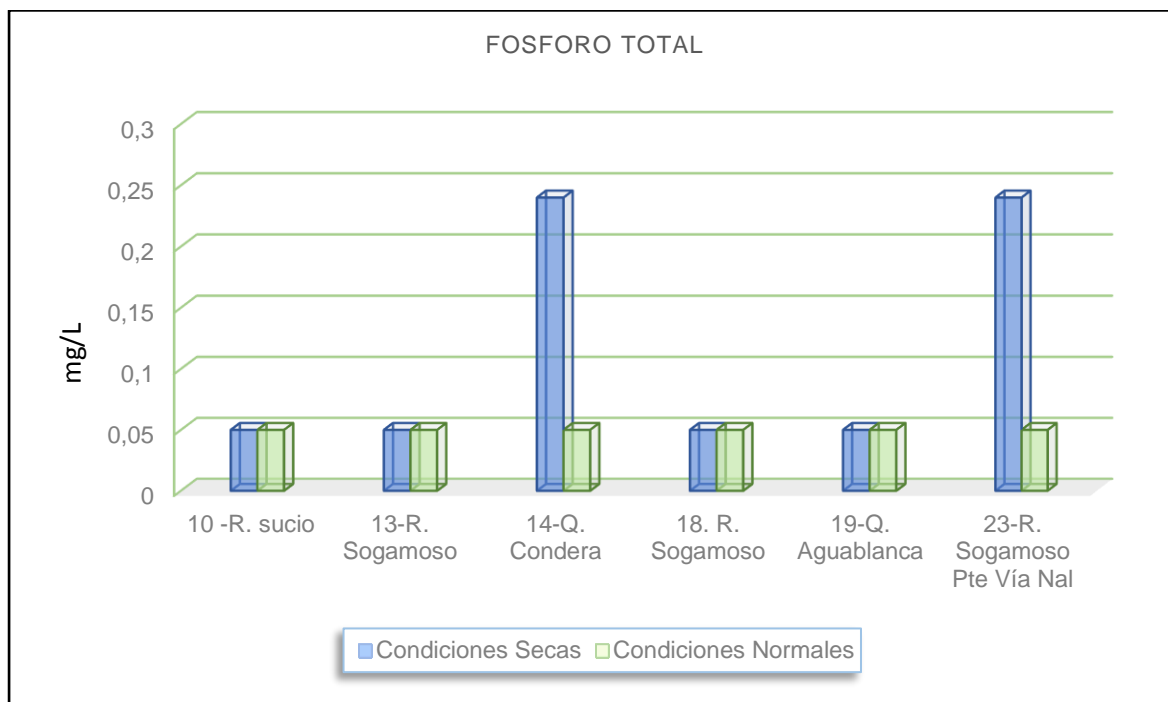
En la cuenca se observan bajas concentraciones de nitrógeno que oscilan entre 0.39 mg/L y 1.23 mg/L lo cual no representa mayores implicaciones con relación a este macronutriente. (ver Gráfica 50)



Gráfica 50. Concentración de nitrógeno total mg/L, en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

7.4.9 Fosforo total

Por otra parte, en condiciones normales el fósforo exhibe el mismo comportamiento, en las dos épocas. Se confirma la incidencia de la actividad agrícola en áreas rurales del municipio Girón, ya que allí los niveles de fósforo se elevan más que en el resto de la Cuenca, y se asocian al uso de fertilizantes, situación que se observa en la Gráfica 51.



Gráfica 51. Concentración de fosforo total mg/L, en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

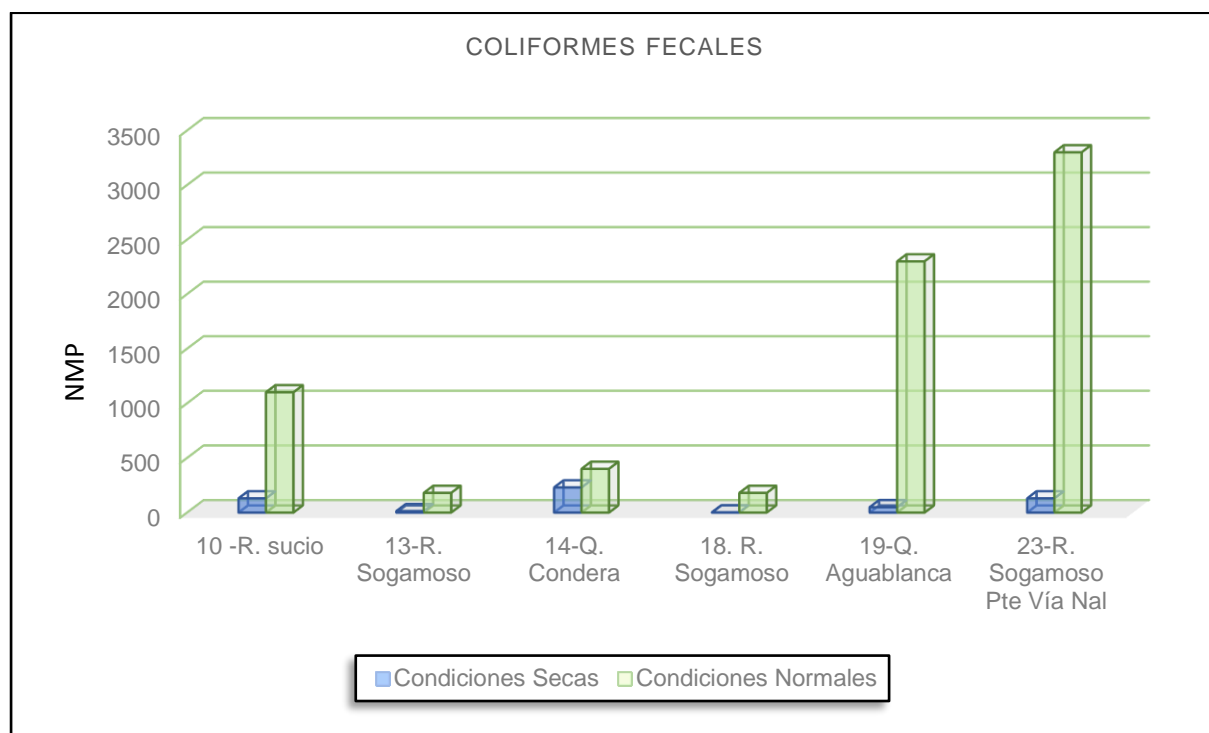
7.4.10 Coliformes

En estudios a nivel nacional e internacional sobre la calidad microbiológica del agua en diferentes fuentes hídricas, se han utilizado microorganismos patógenos e indicadores de contaminación fecal, como Coliformes totales, Coliformes fecales como *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* para el control de aguas de embalses artificiales (Shubiao *et al.*, 2016); también se ha propuesto el uso de *Clostridium perfringens* como un indicador de contaminación fecal en fuentes superficiales (Francy *et al.*, 2000; Campos *et al.*, 2008).

Los parámetros microbiológicos que actualmente se exigen de acuerdo a la normatividad colombiana (Decreto 1594 de 1984 y Decreto 3930 de 2010) corresponden al recuento de Coliformes totales, Coliformes fecales, incluyendo a la *Escherichia coli*, análisis obligatorios en aguas para consumo humano, uso doméstico, preservación de fauna y flora, agrícola, pecuario, recreativo mediante contacto primario y secundario, estético, pesca, maricultura y acuicultura como también el uso industrial (MAVDT, 2010; Betancur *et al.*, 2011; Arroyave *et al.*, 2012).

Las Coliformes fecales en la cuenca nivel II área de jurisdicción de la CDMB, son reportadas, en época normal, con valores altos. En la Gráfica 52, se evidencia que la parte más alta y baja de la cuenca río Sogamoso específicamente en los puntos 23, 19 y 10 que corresponden a (23) Sogamoso- Puente Vial Nacional, (19) quebrada Aguablanca y (10) Río Sucio, con registros de valores para Coliformes fecales de 1100 NMP, 2300 NMP y 3300 NMP respectivamente.

La presencia de estas bacterias Coliformes es un indicio de contaminación del agua con residuos domésticos u otro tipo de desechos en descomposición. La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana.



Gráfica 52. Concentración de Coliformes fecales NMPL, en las cuencas Nivel II del área de jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

7.5 Estimación de cargas contaminantes

Con el propósito de evaluar las cargas contaminantes en la cuenca, se utilizó como referencia la metodología propuesta en el Estudio Nacional del Agua (2014), fundamentada en la construcción de un inventario de cargas contaminantes a partir de la identificación de las actividades económicas de la Cuenca, determinándose el aporte doméstico, agrícola, pecuario, industrial, comercial y de servicios, entre otros sectores; en términos de materia orgánica biodegradable (DBO₅), materia orgánica no biodegradable (DQO), sólidos en suspensión (SST) y nutrientes (NT y PT) en una base anual.

La evaluación de los aportes sectoriales de carga contaminante, se realizó a partir de la adopción de factores de vertimiento, aplicados a las fuentes de contaminación identificadas en cada segundo nivel subsiguiente de la Cuenca; estos factores se consultaron en la bibliografía referenciada por el Estudio Nacional del Agua (2014), para cada caso. En otros, donde no se conoce con detalle el factor de vertimiento, se emplearon los límites máximos permisibles de concentración de analitos en vertimientos, establecidos por la Resolución 631 de 2015; si bien es cierto que esta alternativa tiende a subestimar la presión real que pueda tener el vertimiento, se asume que las diferentes actividades están o deberían estar cumpliendo con la legislación vigente.

7.5.1 Resultados de Carga Contaminante por Unidad Hidrográfica Nivel II

7.5.1.1 Cargas contaminantes de origen doméstico

Con el propósito de estimar las cargas de origen doméstico, se empleó como base los resultados del análisis demográfico realizado para la Cuenca, discriminando la población rural y la urbana según su presencia en cada uno de los niveles subsiguientes. En el caso de las áreas rurales dispersas, se empleó la densidad poblacional promedio para estimar la población que efectivamente pertenecía a cada cuenca nivel II.

Posteriormente, se aplicaron los factores de vertimiento según el caso, para la estimación de las cargas anuales basados en los datos del Estudio Nacional del Agua -ENA (2010).

En la cuenca Sogamoso no se dispone del reporte de plantas de tratamiento existentes, razón por la cual se mantienen los valores, como lo recomienda el ENA (2014). De acuerdo con la información ya analizada en el presente capítulo, se tomó la decisión de no aplicar factor de remoción de carga contaminante, debido a la inexistencia o mala operación de los sistemas de tratamiento para agua residual. En la Tabla 78, se presentan los resultados de las cargas contaminantes en las cuencas hidrográficas nivel II en el área de Jurisdicción de la CDMB.

CARGAS CONTAMINANTES (Kg/año)		CUENCAS HIDROGRAFICAS NIVEL II AREA JURISDICCION CDMB					
		2405-0601	2405-0603	2405-0703	2405-0801	2405-0802	2405-0901
Población	Rural	177	1147	9156	4674	3315	108
	Urbana						
DBO ₅		1221.30	7914.30	63176.40	32250.60	22873.50	745.20
DQO		1628.40	10552.40	84235.20	43000.80	30498.00	993.60
DQO - DBO		407.10	2638.10	21058.80	10750.20	7624.50	248.40
SST		2832.00	18352.00	146496.00	74784.00	53040.00	1728.00
NT		68.26	442.32	3530.82	1802.43	1278.36	41.65
PT		9.75	63.19	504.40	257.49	182.62	5.95

CARGAS CONTAMINANTES (Kg/año)		CUENCAS HIDROGRAFICAS NIVEL II AREA JURISDICCION CDMB					
		2405-0902	2405-0903	2405-0904	2405-0905	2405-1100	2405-1200
Población	Rural	421	3405	98	128	1817	826
	Urbana						
DBO ₅		2904.90	23494.50	676.20	883.20	12537.30	5699.40
DQO		3873.20	31326.00	901.60	1177.60	16716.40	7599.20
DQO - DBO		968.30	7831.50	225.40	294.40	4179.10	1899.80
SST		6736.00	54480.00	1568.00	2048.00	29072.00	13216.00
NT		162.35	1313.07	37.79	49.36	700.69	318.53
PT		23.19	187.58	5.40	7.05	100.10	45.50

Tabla 77. Cargas contaminantes en las cuencas hidrográficas nivel II área de Jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

Como se infirió, las cuencas hidrográficas nivel II en el área de jurisdicción de la CDMB con mayor valor de cargas contaminantes se presentan en los lugares donde la población rural presenta una mayor densidad, como se observa en la quebrada Los Fríos y otros directos al río Sogamoso md (2405-0703), quebrada Aguablanca (2405-0802), quebradas La Caimana, del Trapiche y otros directos al río Sucio (2405-0903), las cuales presentan los valores más altos en la carga de DQO, DBO, SST, N total y P total.

En los monitoreos efectuados, se detecta la presencia de Coliformes y las concentraciones de materia orgánica, corroboran la importancia de los vertimientos de origen doméstico en la calidad de este cuerpo de agua.

7.5.1.2 Cargas contaminantes de origen agrícola

En el área de la cuenca nivel I del Río Sogamoso existen problemas de contaminación en los cuerpos de agua; se han reportado cultivos de palma que posiblemente inciden por acción de los agroquímicos utilizados. Así mismo, se incluyó la estimación de las cargas contaminantes generadas por escorrentía en suelo agrícola, a partir de factores de vertimiento disponibles en la literatura especializada para condiciones similares (OMS, 1993; Villanueva, 2011). Por consiguiente, teniendo en cuenta el área con uso agrícola y el valor de la escorrentía promedio por nivel II, se obtuvo la carga por lavado del área de suelo agrícola. (ver Tabla 78).

Cargas contaminantes	CUENCAS HIDROGRAFICAS NIVEL II AREA JURISDICCION CDMB					
	2405-0601	2405-0603	2405-0703	2405-0801	2405-0802	2405-0901
DBO5 (Kg/año)	3669.35	30059.35	38561.65	50329.99	27062.17	37762.49
DQO (Kg/año)	9173.36	74286.23	96404.13	124290.11	67655.42	94406.22
DQO - DBO (Kg/año)	5504.02	44226.88	57842.48	73960.12	40593.25	56643.73
SST (Kg/año)	184384.62	1461919.92	1937722.96	2442627.42	1359873.88	1897564.93
NT (Kg/año)	1431.04	11405.99	15039.04	19064.07	10554.25	14727.37
PT (Kg/año)	330.24	2626.25	3470.55	4388.90	2435.60	3398.62

Cargas contaminantes	CUENCAS HIDROGRAFICAS NIVEL II AREA JURISDICCION CDMB					
	2405-0902	2405-0903	2405-0904	2405-0905	2405-1100	2405-1200
DBO5 (Kg/año)	546.94	47911.29	4837.83	2931.26	253110.04	49722.80
DQO (Kg/año)	1367.34	119778.23	12094.59	7328.16	632775.10	124307.00
DQO - DBO (Kg/año)	820.41	71866.94	7256.75	4396.90	379665.06	74584.20
SST (Kg/año)	27483.60	2407542.36	243101.16	147296.03	12718779.41	2498570.72
NT (Kg/año)	213.31	18685.40	1886.76	1143.19	98712.91	19391.89
PT (Kg/año)	49.22	4312.02	435.41	263.81	22779.90	4475.05

Tabla 78. Cargas contaminantes de origen agrícola cuencas hidrográficas nivel II área de Jurisdicción de la CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso

Teniendo en cuenta los inventarios por tipo de animales, del Instituto Colombiano Agropecuario, las estadísticas de sacrificio del DANE y el listado de plantas de beneficio animal reportadas por el INVIMA, se realizó el cálculo de la carga contaminante potencial relacionada con la cría y sacrificio de ganado.

En este sentido, se emplearon los factores de vertimiento establecidos en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010; IDEAM, 2014) para cada una de las especies consideradas. Las Cargas contaminantes de origen pecuario se resumen en la Tabla 79.

Actividad Pecuaria	CUENCAS HIDROGRAFICAS NIVEL II AREA JURISDICCION CDMB					
	2405-0601	2405-0603	2405-0703	2405-0801	2405-0802	2405-0901
DBO5 (Kg/año)	182643	10115662.6	4718960.82	11530799.3	265480.3	546813.4
DQO (Kg/año)	243524	13487550.1	6291947.76	15374399.1	353973.733	729084.533
DQO - DBO (Kg/año)	60881	3371887.53	1572986.94	3843599.77	88493.4333	182271.133
SST (Kg/año)	1211779.33	28089973	14337290.9	31356723.5	1722243.36	3815009.91
NT (Kg/año)	50323.2	21816979.3	9527161.2	25060588.2	72435.4	152606.6
PT (Kg/año)	13098	3129536.86	1377911.97	3592244.89	18836.6	38780.8

Actividad Pecuaria	CUENCAS HIDROGRAFICAS NIVEL II AREA JURISDICCION CDMB					
	2405-0902	2405-0903	2405-0904	2405-0905	2405-1100	2405-1200
DBO5 (Kg/año)	260611.6	898540.2	352430.1	245798.6	1440472.4	621748.4
DQO (Kg/año)	347482.133	1198053.6	469906.8	327731.467	1920629.87	828997.867
DQO - DBO (Kg/año)	86870.5333	299513.4	117476.7	81932.8667	480157.467	207249.467
SST (Kg/año)	1742120.36	5782949.56	2381888.91	1621146.09	9862724.18	4215103.82
NT (Kg/año)	68492.1	246740.8	96748.9	67346.1	421429.4	176312.7
PT (Kg/año)	18041.4	64155	24941.7	17419.2	104303.8	44761.4

Tabla 79. Cargas contaminantes de origen pecuario área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

De acuerdo a la interpretación de resultados, las áreas con mayor incidencia de carga contaminante por actividades ganaderas se ubican en los municipios de Girón (Pantano, Cantala, Motoso, Cedro, La Parroquia, pantano, entre otros) 2405-0603 y 2405-0801. Esta contaminación de origen pecuario aporta materia orgánica, nitrógeno y Coliformes, que deterioran la calidad de las fuentes con más rapidez que las actividades agrícolas. Fuente CDMB

7.5.1.3 Cargas contaminantes de origen minero – Sector hidrocarburos

Dada la importancia estratégica de la cuenca para el sector de explotación de hidrocarburos por parte de la ANH, así como la presencia de campamentos dedicados a tal fin, se estimaron las cargas relacionadas con los vertimientos de la actividad de explotación, siguiendo las recomendaciones del Estudio Nacional del Agua (2014).

Como base para el cálculo, se empleó la distribución espacial de los pozos petrolíferos y las estadísticas de producción anual de la Agencia Nacional de Hidrocarburos y la Unidad de Planeación Minero-Energética, junto con los factores de vertimiento definidos por el IDEAM y los límites de concentración en vertimientos establecidos en la Resolución 631 de 2015. En la Tabla 80, se resumen los resultados obtenidos para las cuencas nivel II área de jurisdicción de la CDMB.

Parámetro	2405-0901 Contrato Explotación Las Monas	2405-1100 Contrato Explotación Playón
DBO5 (Kg/año)	195.97	2089.18
DQO (Kg/año)	587.91	6267.55
DQO - DBO (Kg/año)	391.94	4178.37
SST (Kg/año)	163.31	1740.99
NT (Kg/año)	32.66	348.20
PT (Kg/año)	4.67	49.74

Tabla 80. Cargas relacionadas con los vertimientos de la actividad de explotación, área de jurisdicción CDMB, Fuente: Cálculos propios, a partir de la metodología establecida por el IDEAM para el Estudio Nacional del Agua (2014) y los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua (2013)

Las unidades hidrográficas Nivel II, que corresponden al área de jurisdicción de la CDMB, no se encuentran visiblemente afectadas por efecto de contaminación de vertimientos del sector de hidrocarburos.

7.5.1.4 Cargas contaminantes originadas en otros sectores

El análisis de cargas contaminantes, en la cuenca nivel I Río Sogamoso, incluyó de la estimación del aporte realizado por la actividad industrial especialmente relacionada con la agroindustria palmera y con el procesamiento de lácteos. Por lo anterior, para el cálculo de las cargas se tuvieron en cuenta los límites permisibles para vertimientos para cada una de las actividades reglamentados en la Resolución 631 de 2015.

De la misma forma, se contemplaron las cargas contaminantes asociadas al sector comercial y de servicios, obtenidas a partir de la estimación de la población en cada unidad de nivel II, y el reporte comercial de los prestadores de servicios públicos en las cabeceras urbanas de los municipios de la Cuenca.

Los resultados consolidados por cuenca nivel II para cada uno de los tipos de contaminante se resumen en la Tabla 81. Para tener una mejor visión del nivel de la

intensidad de carga contaminante para cada parámetro, se realizó la comparación por rangos en los límites indicados por el IDEAM en el Estudio Nacional del Agua, obteniéndose los resultados de la Tabla 82.

UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL II	CARGAS CONTAMINANTES (t/año)				
	DBO5	DQO - DBO	SST	NT	PT
2405-0601	187.53	66.79	1399.00	51.82	13.44
2405-0603	10153.64	3418.75	29570.24	21828.83	3132.23
2405-0703	4820.70	1651.89	16421.51	9545.73	1381.89
2405-0801	11613.38	3928.31	33874.13	25081.45	3596.89
2405-0802	315.42	136.71	3135.16	84.27	21.45
2405-0901	585.52	239.56	5714.47	167.41	42.19
2405-0902	264.06	88.66	1776.34	68.87	18.11
2405-0903	969.95	379.21	8244.97	266.74	68.65
2405-0904	357.94	124.96	2626.56	98.67	25.38
2405-0905	249.61	86.62	1770.49	68.54	17.69
2405-1100	1708.21	868.18	22612.32	521.19	127.23
2405-1200	677.17	283.73	6726.89	196.02	49.28

Tabla 81. Cargas contaminantes originadas en otros sectores, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL II	CARGAS CONTAMINANTES (Kg/año)				
	DBO5	DQO - DBO	SST	NT	PT
2405-0601	Moderada	Baja	Alta	Media Alta	Media Alta
2405-0603	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0703	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0801	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0802	Media Alta	Baja	Muy Alta	Alta	Alta
2405-0901	Alta	Media Alta	Muy Alta	Alta	Alta
2405-0902	Media Alta	Baja	Alta	Alta	Alta
2405-0903	Alta	Media Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
2405-0904	Media Alta	Baja	Alta	Alta	Alta
2405-0905	Moderada	Baja	Alta	Alta	Alta
2405-1100	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-1200	Alta	Media Alta	Muy Alta	Alta	Alta

Tabla 82. Intensidad de la carga contaminante cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

La unidad hidrográfica que recibe la más alta intensidad de carga contaminante, corresponde al río Sogamoso entre Cantala e Hidrosogamoso (2405-0603), quebrada Los Fríos y otros Directos al río Sogamoso MD (2405-0703) y La Quebrada Pujamán (2405-0801). En estas unidades hidrográficas se detecta una considerable concentración de actividades agrícolas, pecuarias y/o de hidrocarburos, que son las causantes de la elevación de los niveles de carga contaminante para la mayoría de los parámetros de calidad. Fuente CDMB

Posteriormente, se efectuó el cálculo de la presión por contaminante; los resultados se registran, en la Tabla 83. Los bajos niveles de oferta hídrica, mezclados con las elevadas cargas contaminantes, conducen a que la presión del contaminante sea alta o muy alta, situación que resulta evidente en la mayoría de las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB.

Solamente se presenta la excepción del río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba 2405-1100) e Hidrosogamoso (2405-1200). Esta circunstancia implica que a corto plazo deben proponerse acciones concretas para mejorar las condiciones del saneamiento básico y el control de los vertimientos de actividades productivas, y de esta manera, no comprometer el estado de la calidad de los ríos y quebradas de la Cuenca.

NIVEL Subsiguiente	PRESIÓN POR CONTAMINANTE AÑO NORMAL(t/MMC)					PRESIÓN POR CONTAMINANTE AÑO SECO (t/MMC)					IACAL AÑO Normal	IACAL AÑO Seco
	DBO5	DQO- DBO	SST	NT	PT	DBO5	DQO- DBO	SST	NT	PT		
2405-0601	Media Alta	Moderada	Alta	Alta	Alta	Alta	Media Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Media Alta	Alta
2405-0603	Media Alta	Moderada	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta
2405-0703	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0801	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0802	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0901	Alta	Media Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta

2405-0902	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0903	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0904	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2405-0905	Alta	Media Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
2405-1100	Baja	Baja	Media Alta	Moderada	Moderada	Moderada	Baja	Alta	Media Alta	Media Alta	Moderada	Media Alta
2405-1200	Baja	Baja	Moderada	Baja	Baja	Baja	Baja	Media Alta	Baja	Moderada	Baja	Moderada

Tabla 83. Presiones por contaminante, cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS.

7.6 Índice de calidad del agua -ICA

7.6.1 Metodología de cálculo

El índice de calidad físico-química del agua (ICA) es un indicativo de las condiciones de calidad física, química y microbiológica de las corrientes y cuerpos de agua. Este indicador permite identificar problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Asimismo, muestra el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y microbiológicas (IDEAM, 2013)

El índice de calidad del agua es el valor numérico que, en una de cinco categorías, la calidad de una corriente superficial con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de siete variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t , como se muestra en la ecuación 23.

(Ecuación 23)

$$ICA = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot I_i)$$

Donde:

I_i : valor calculado de la variable i

w_i : ponderación de cada variable

La Tabla 84, presenta los parámetros y pesos de importancia para ejecutar el cálculo del ICA de acuerdo al IDEAM.

ICA (7 variables - Incluye coliformes fecales)		
Variable	Expresada como	Peso de importancia
Oxígeno disuelto, OD	% saturación	0.16
Sólidos en suspensión	mg/l	0.14
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l	0.14
Conductividad eléctrica	μ S/cm	0.14
Relación N total/P total	(mg/l)/(mg/l)	0.14
pH	Unidades de pH	0.14
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0.14

Tabla 84. Fuente: Lineamientos conceptuales y metodológicos para las evaluaciones regionales del agua IDEAM (2013)

La calificación del valor del índice se realiza de acuerdo con las categorías contenidas en la Tabla 85.

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Tabla 85. Categorías de descripción del ICA. Fuente: IDEAM (2013).

7.6.2 Resultados de evaluación del ICA

La evaluación del Índice de calidad del agua para las cuencas nivel II en el área jurisdicción CDMB, para las condiciones secas, se muestran en la Tabla 86 y su representación gráfica en la Figura 24.

En el caso del año normal, la información se encuentra tabulada en la Tabla 87, discriminado por cuenca nivel II y su correspondiente valoración ICA condición normal; el mapa de índice de calidad de agua año normal representado en la Figura 25.

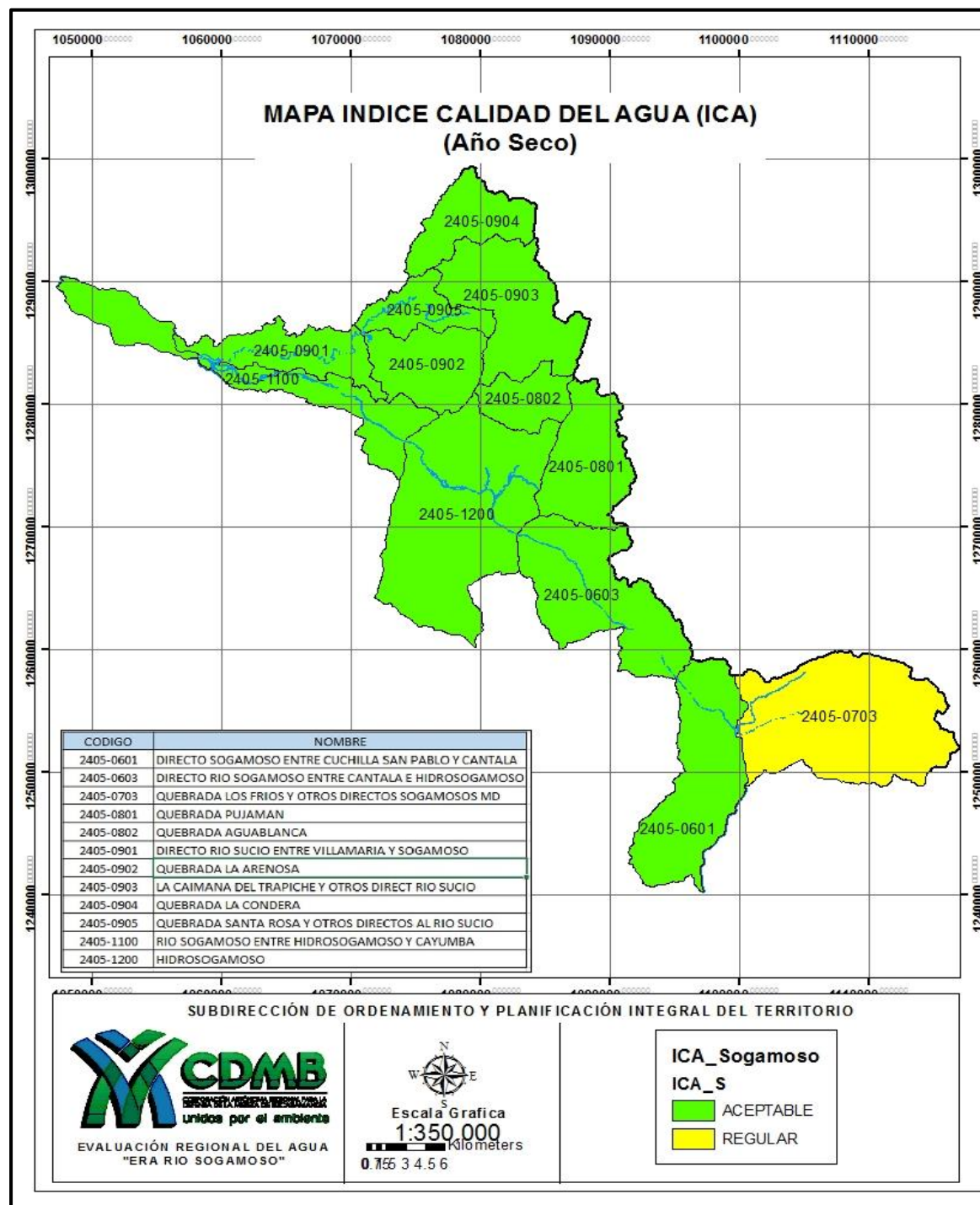


Figura 24. ICA condiciones secas cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

ID	cuenca nivel II,	ICA Cond Seca	
10	Rio Sucio	0.872	Aceptable
13	Rio Sogamoso	0.777	Aceptable
14	Quebrada la Condera	0.734	Aceptable
18	Rio Sogamoso (Limite San Mateo-La Parroquia)	0.811	Aceptable
19	Quebrada Aguablanca	0.781	Aceptable
23	Rio Sogamoso- Puente Vía Nacional	0.601	Regular

Tabla 86. ICA condiciones secas cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA rio Sogamoso-CAS

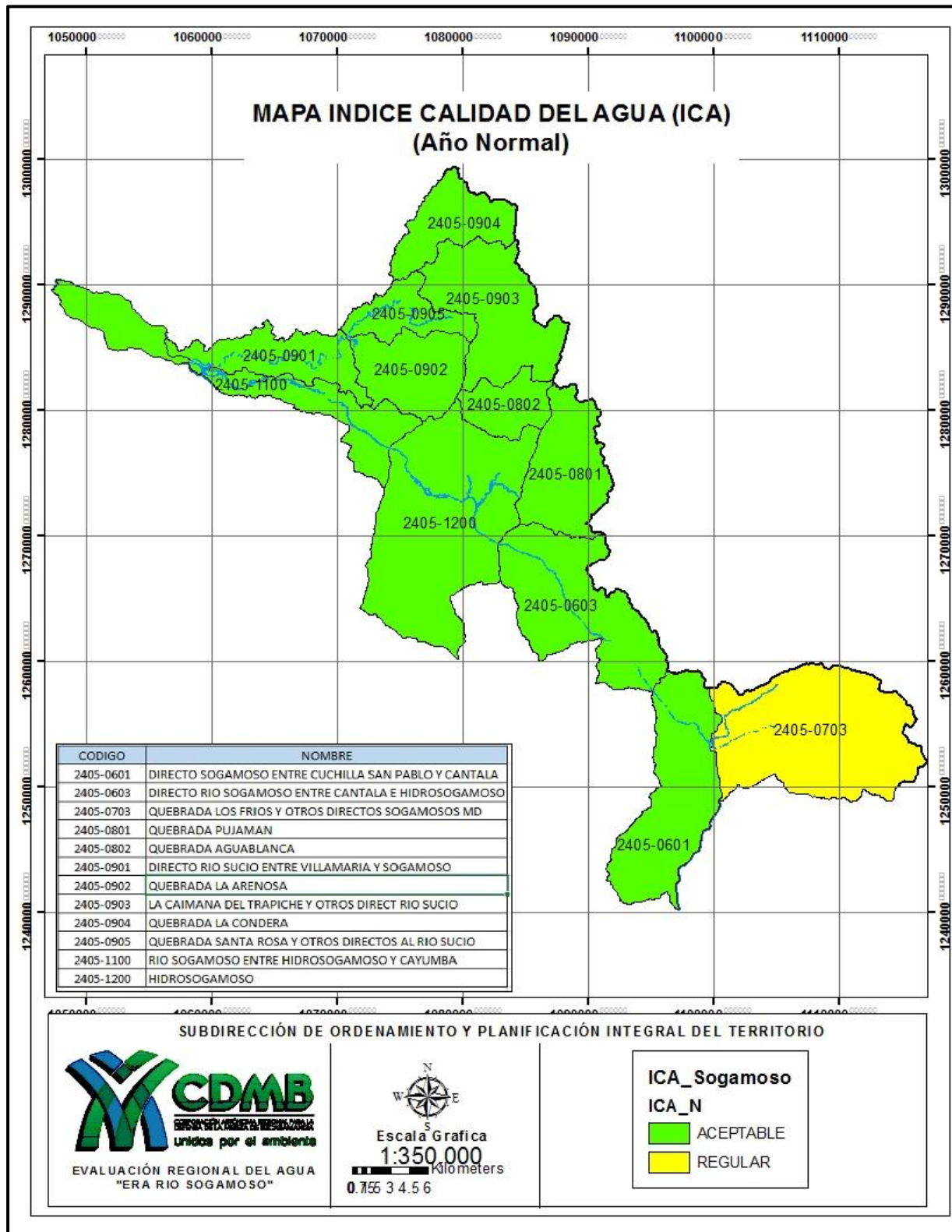


Figura 25. ICA condiciones Normales cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

ID	NOMBRE	ICA Cond Normal	
10	Río Sucio	0.742	Aceptable
13	Río Sogamoso	0.770	Aceptable
14	Quebrada la Condera	0.847	Aceptable
18	Río Sogamoso	0.852	Aceptable
19	Quebrada Aguablanca	0.791	Aceptable
23	Río Sogamoso- Puente Vía Nacional	0.688	Regular

Tabla 87. ICA condición Normal en cuenca nivel II, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

En las condiciones secas y normales, se observa un índice de calidad aceptable del recurso en río Sucio (10), río Sogamoso (13), quebrada La Condera (14), río Sogamoso (18) y quebrada Aguablanca (19). Un índice de calidad regular se registra en el río Sogamoso- Puente Vía Nacional (23).

Estos resultados muestran que el recurso hídrico en las cuencas nivel II, tiene un alto potencial de uso, condiciones que se confirmarían con el cálculo de las cargas contaminantes. Es importante aclarar que el ICA no se relaciona con la calidad del agua de consumo. Los municipios cuentan, especialmente en sus cabeceras, con sistemas de tratamiento para hacer apto el recurso para el consumo humano.

7.7 Índice de alteración potencial de la calidad del agua -IACAL-

7.7.1 Metodología de Cálculo

El recurso hídrico es vulnerable a la afectación de su calidad, la cual se ve altamente afectada por la variabilidad climática. Ésta vulnerabilidad depende de la disponibilidad natural y/o regulada del recurso, y de la presión ejercida sobre éste por los usos y el consumo que realiza la población asentada en sus alrededores, así como los vertimientos que se descargan en las corrientes.

Los valores calculados del indicador, se comparan con los establecidos en una tabla de interpretación, que permiten calificar la alteración potencial de la calidad del agua de forma descriptiva como de cierto nivel de presión (baja, moderada, media-alta, alta o muy alta); a su vez, están asociados a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente).

El valor del indicador surge de promediar la valoración de las categorías de clasificación obtenidas para cada una de las variables. En la Tabla 89 se registran los rangos de los valores alternativos que puede tomar el IACAL, la categoría de clasificación que se le asigna a cada uno de ellos, la calificación del nivel de presión al que corresponde y el color que la representa

Este indicador, además de las estimaciones de actividades para DBO, incluye las variables de demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT). La metodología para el cálculo del IACAL se resume en la Figura 26, teniendo en cuenta las presiones por carga contaminante determinadas en la sección correspondiente de este capítulo.

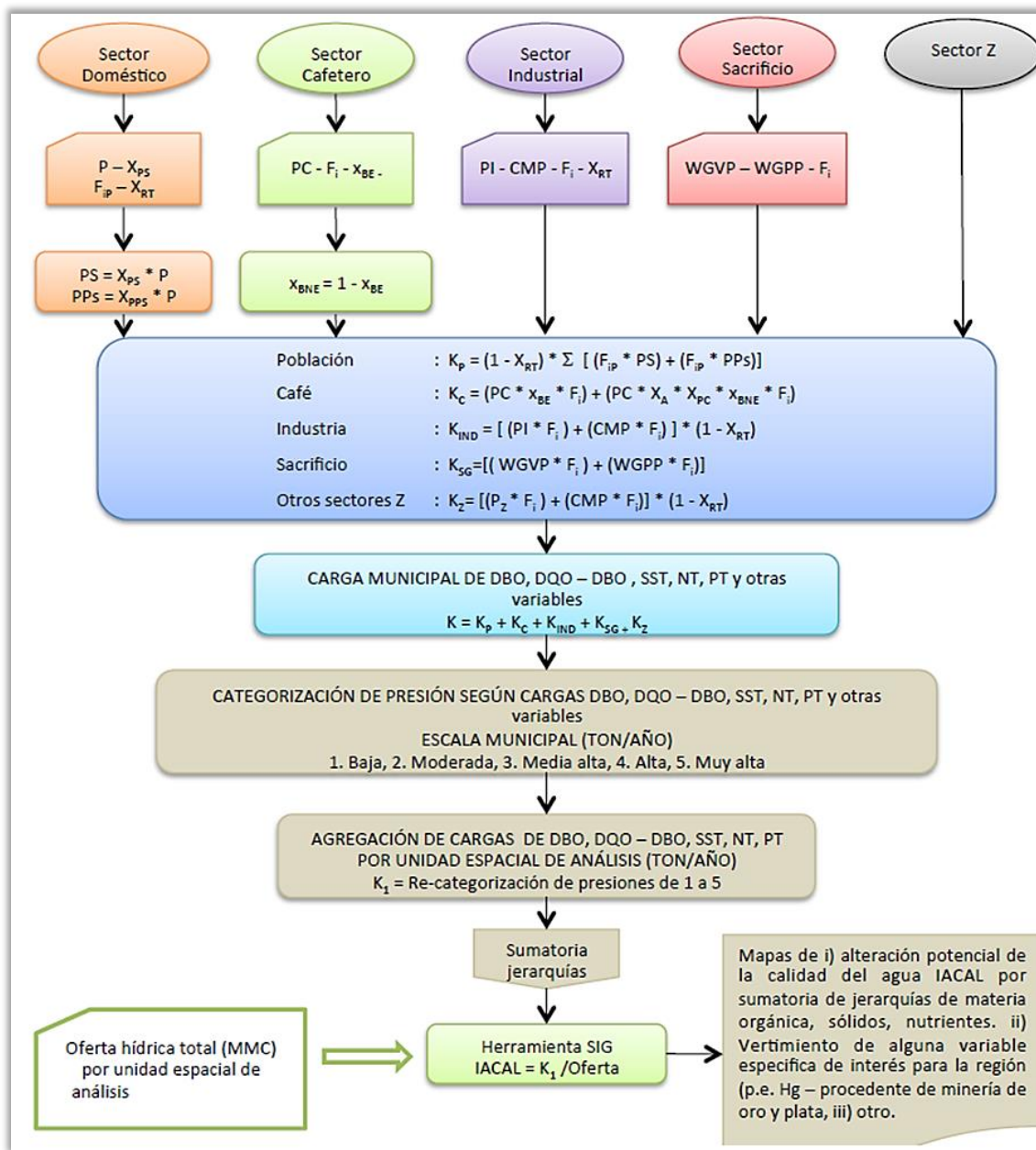


Figura 26. Metodología para el Cálculo del IACAL. Fuente: IDEAM (2013)

En la categorización de la presión de cada una de las variables de calidad, se emplearon los rangos definidos por el IDEAM (2011) en su ficha metodológica para la elaboración del indicador, resumidas en la Tabla 88.

Rangos $i_{acal} DBO$ $i_{acal} DBO - jt - añomed$ $i_{acal} DBO - jt - año$ sec	Categoría de clasificación $c_{atiacal} DBO$	Calificación de la amenaza
$i_{acal} DBO < 0,14$	1	Baja
$0,14 \leq i_{acal} DBO < 0,40$	2	Moderada
$0,40 \leq i_{acal} DBO < 1,21$	3	Media-Alta
$1,21 \leq i_{acal} DBO < 4,86$	4	Alta
$i_{acal} DBO \geq 4,86$	5	Muy Alta

Rangos $i_{acal} DQO - DBO - jt - añomed$ $i_{acal} DQO - DBO - jt - año$ sec	Categoría de clasificación $c_{atiacal} DQO - DBO$	Calificación de la amenaza
$i_{acal} DQO - DBO < 0,14$	1	Baja
$0,14 \leq i_{acal} DQO - DBO < 0,36$	2	Moderada
$0,36 \leq i_{acal} DQO - DBO < 1,17$	3	Media-Alta
$1,17 \leq i_{acal} DQO - DBO < 6,78$	4	Alta
$i_{acal} DQO - DBO \geq 6,78$	5	Muy Alta

Rangos $i_{acal} SST$ $i_{acal} SST - jt - añomed$ sec	Categoría de clasificación $c_{atiacal} SST$	Calificación de la amenaza
$i_{acal} SST < 0,4$	1	Baja
$0,4 \leq i_{acal} SST < 0,8$	2	Moderada
$0,8 \leq i_{acal} SST < 1,9$	3	Media-Alta
$1,9 \leq i_{acal} SST < 7,7$	4	Alta
$i_{acal} SST \geq 7,7$	5	Muy Alta

Rangos i_{acal}_{NT} $\frac{jt - año_{med}}{sec} i_{acal}_{NT} - jt - año$	Categoría de clasificación $c_{atiacal}_{NT}$	Calificación de la amenaza
$i_{acal}_{NT} < 0,03$	1	Baja
$0,03 \leq i_{acal}_{NT} < 0,06$	2	Moderada
$0,06 \leq i_{acal}_{NT} < 0,14$	3	Media-Alta
$0,14 \leq i_{acal}_{NT} < 0,56$	4	Alta
$i_{acal}_{NT} \geq 0,56$	5	Muy Alta

Rangos i_{acal}_{PT} $\frac{jt - año_{med}}{sec} i_{acal}_{PT} - jt - año$	Categoría de clasificación $c_{atiacal}_{PT}$	Calificación de la amenaza
$i_{acal}_{PT} < 0,005$	1	Baja
$0,005 \leq i_{acal}_{PT} < 0,014$	2	Moderada
$0,014 \leq i_{acal}_{PT} < 0,036$	3	Media-Alta
$0,036 \leq i_{acal}_{PT} < 0,135$	4	Alta
$i_{acal}_{PT} \geq 0,135$	5	Muy Alta

Tabla 88. Rangos para la clasificación de presión de carga contaminante Fuente: IDEAM (2011)

7.7.2 Resultados de IACAL cuencas nivel II área jurisdicción CDMB

De acuerdo con la evaluación de la Alteración Potencial de la Calidad del Agua, Figura 27, el IACAL calculado para condición hidrológica de año normal, presenta una presión de cargas contaminantes muy alto para las siguientes cuencas nivel II: quebradas La Caimana del Trapiche y otros directos al río Sucio, quebrada La Arenosa, quebrada Aguablanca, quebrada Pujamán. Una alta contaminación para las cuencas nivel II, Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso y quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio 2405-0905 que obedece principalmente a cargas

contaminantes que son vertidos a la cuenca en condiciones no adecuadas -sin tratamiento o con tratamiento insuficiente.

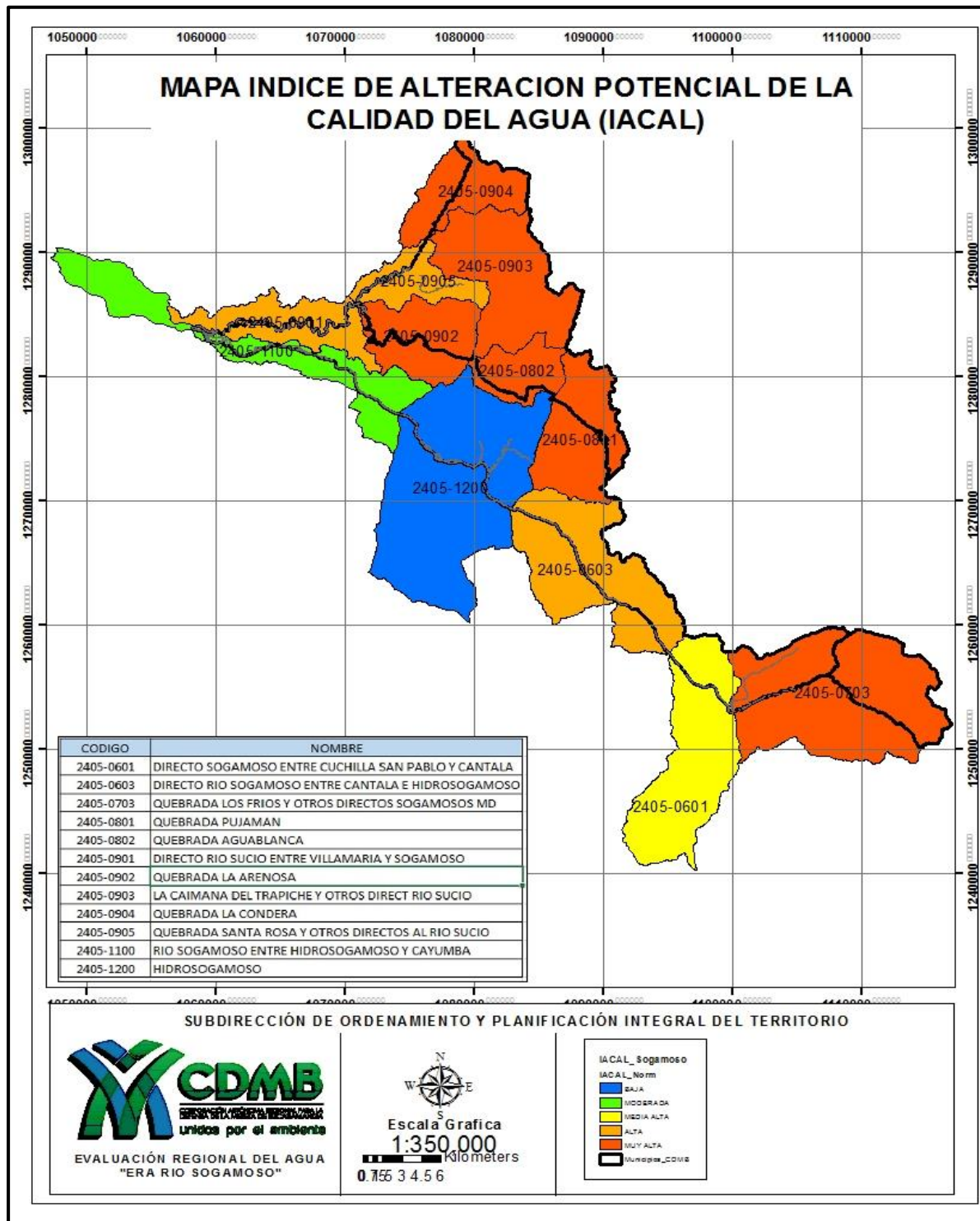


Figura 27. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones normal, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

En la cuenca nivel II, río Sogamoso entre la Cuchilla de San Pablo y Cantala, se presenta una alteración potencial de contaminación Medio alta, debido a una presión Alta de los contaminantes nitrógeno total y fosforo total.

Las cuencas nivel II, río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba 2405-1100 y la hidrográfica de Hidrosogamoso 2405-1200, presentan una presión de contaminación moderada y baja respectivamente, ya que en estas unidades hidrográficas pasa el cauce principal del río Sogamoso, que lleva un alto caudal aportado por la confluencia de los ríos Chicamocha y Suárez.

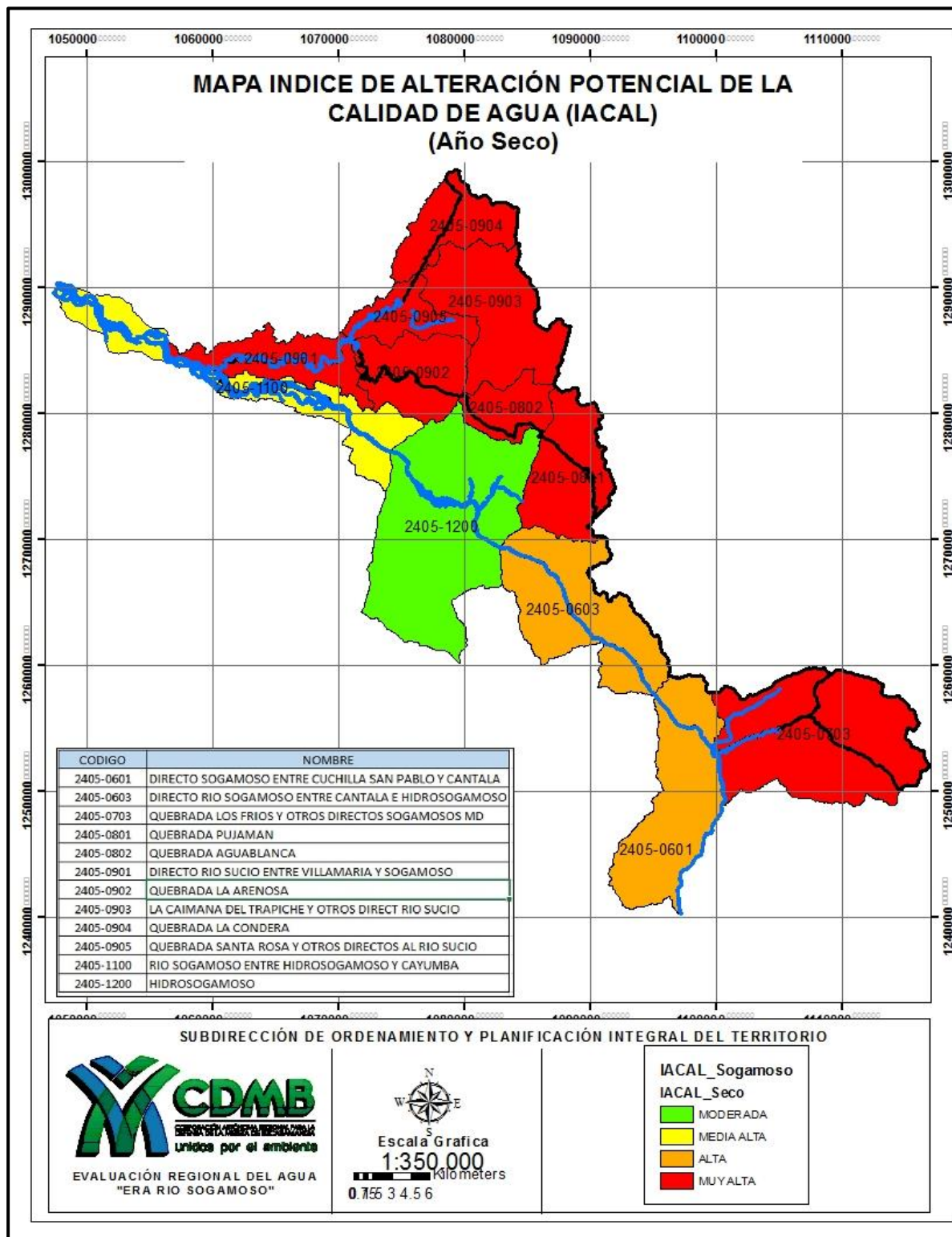


Figura 28. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones secas, área jurisdicción CDMB. Fuente POMCA río Sogamoso-CAS

Para las condiciones hidrológicas de año seco, el estado de alteración potencial de la calidad del agua se eleva a “Muy Alta” en las áreas que no incluyen el cauce principal del río Sogamoso, con presiones moderadas solo en el área del embalse y en la entrega del río Sogamoso al río Magdalena.

Teniendo en cuenta que las actividades económicas que dan soporte a las poblaciones en el área de la Cuenca tienen una dependencia importante del recurso hídrico, no solo por el consumo doméstico sino por las actividades agrícolas, ganaderas y pesqueras especialmente, los valores elevados del IACAL promueven/provocan fuertes conflictos por uso del agua, situación que debe ser resuelta a través de una adecuada zonificación ambiental en el marco del POMCA, y acciones coherentes y efectivas orientadas a la reducción de la carga contaminante que los diferentes sectores y actividades ejercen sobre el recurso hídrico.



CAPITULO 8. CONCLUSIONES

1. El Índice de Aridez (Ia) de la cuenca Alto Lebrija fluctúa entre 0.12 y 0.36. En la parte cuenca del Río Sucio se encuentran unidades de Moderado y excedentes de agua hasta Excedentes de agua; en la parte media Alta se presentan altos Excedentes de agua en la unidad hidrológica Nivel II de Directos Sogamoso entre Cuchilla San Pablo y Cantala; en el resto de la cuenca del río Sogamoso en Jurisdicción de la CDMB la calificación es de Moderada. En conclusión, no existe riesgo de aridez en la cuenca
2. El cálculo de los caudales característicos de las cuencas hidrológicas nivel II, se efectuó con la estación Puente Comuna, ubicada en el cauce del río Chucurí, debido a que dispone de la información de 1973 -2010. Para la generación de la oferta en las subcuencas se utilizó el método conceptual de relación lluvia – escorrentía basado en la transferencia hidrológica entre cuencas similares. El Índice de Retención Hídrica (IRH) dio como resultado que todas las subcuencas presentan valores bajos de capacidad para retener y regular caudales.
3. Si bien es cierto que la metodología de cálculo utilizada para la generación de caudales característicos es de aceptación general para estudios hidrológicos, para determinar los valores del Índice de Retención Hídrica (IRH) para cada una de las cuencas Nivel II, se deben individualizar las curvas de duración de caudales, lo cual solo se podrá hacer una vez se implementen en las corrientes principales estaciones hidrológicas para cada una de las corrientes principales.
4. El Índice de Uso de Agua (IUA) presenta para el comportamiento hidrológico normal, niveles muy altos de presión de la demanda con respecto a la oferta disponible en las cuencas Nivel II de Hidrosogamoso y Quebrada Pujamán debido a que allí se encuentra el embalse de generación eléctrica. En la quebrada

Aguablanca se presenta una calificación de muy alto. En el nacimiento de Río Sucio (La Caimana del Trapiche y otros directos a Río Sucio) y Quebrada Los Fríos su calificación es de alta presión de la demanda con respecto a la oferta disponible. En las otras subcuencas se presentan niveles de Moderado, Bajo y muy bajo.

5. Para la condición hidrológica de año seco, los valores del Índice de Uso de Agua (IUA) para las cuencas Nivel II se deterioran casi en su totalidad, exceptuando la subcuenca Directos Sogamoso entre Cuchilla San Pablo y Cantala que permanece en nivel bajo de presión de la demanda con respecto a la oferta disponible. En consecuencia, la cuenca de río Sogamoso en jurisdicción de la CDMB presenta niveles de alta presión de la demanda con respecto a la oferta disponible.
6. El Índice de Vulnerabilidad por abastecimiento hídrico (IVH) nos está indicando que, para las condiciones de año hidrológico normal y seco los niveles de criticidad se encuentra en valores medio, alto y muy alto. Es importante anotar que estos niveles de criticidad pueden variar una vez se obtenga a mayor nivel de detalle el cálculo del Índice de Retención y Regulación hídrica.
7. El Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT), que expresa el comportamiento de la escorrentía, la velocidad y capacidad de arrastre de una cuenca para inferir la susceptibilidad a eventos torrenciales, presenta niveles altos, para las Subcuenca de Nivel II Directos Sogamoso entre Cuchilla San Pablo y Cantala y Quebrada La Condera. Para las Subcuencas Hidrosogamoso, Quebrada Agua Blanca y Río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba el valor es bajo.
8. El Índice de variabilidad (IV) que muestra la deferencia de los caudales mínimos y máximos, indica un nivel medio para los caudales generados en cada una de las Subcuencas Nivel II.
9. Por lo anterior, el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) presenta valores medios para las Subcuencas Hidrosogamoso, Quebrada Agua Blanca y Río

Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba y para el resto de las cuencas nivel II el valor es de alta Vulnerabilidad.

10. El Índice de Calidad ICA promedio, para las condiciones secas y húmedas en las doce (12) cuencas nivel II que pertenecen a la cuenca nivel I Río Sogamoso, presentan una calificación Aceptable en todas las unidades hidrográficas nivel II, excepto en la correspondiente al Río Sogamoso–Puente vía Nacional en la cual la calificación es regular de acuerdo a la clasificación descrita por el IDEAM.
11. De acuerdo con la evaluación de la Alteración Potencial de la Calidad del Agua, el IACAL calculado para condición hidrológica de año normal, presenta una presión de cargas contaminantes muy alta para las siguientes cuencas nivel II: Directos al río Sucio, quebrada La Arenosa, quebrada Aguablanca, quebrada Pujamán. Una alta contaminación para las cuencas nivel II, Directos al río Sucio entre Villa María y el río Sogamoso y quebrada Santa Rosa y otros directos al río Sucio que obedece principalmente a cargas contaminantes que son vertidos a la cuenca en condiciones no adecuadas -sin tratamiento o con tratamiento insuficiente.
12. En la cuenca nivel II, río Sogamoso entre la Cuchilla de San Pablo y Cantala, se presenta una alteración potencial de contaminación Medio alta, debido a una presión ALTA de los contaminantes nitrógeno total y fosforo total.
13. Las cuencas nivel II, río Sogamoso entre Hidrosogamoso y Cayumba 2405-1100 y la hidrográfica de Hidrosogamoso 2405-1200, muestran una presión de contaminación moderada y baja respectivamente, ya que en estas unidades hidrográficas pasa el cauce principal del río Sogamoso, que lleva un alto caudal aportado por la confluencia de los ríos Chicamocha y Suárez.

CAPITULO 9. ANÁLISIS INTEGRAL DE LAS CUENCAS NIVEL II RIO SOGAMOSO

Para realizar el análisis integrado de la cuenca, se siguió la metodología propuesta por la CAR para la Evaluación Regional del Agua en la Cuenca Alta del Río Bogotá, ya que permite conocer la disponibilidad del agua en la cuenca mediante el desarrollo de los diferentes indicadores para determinar el grado de disponibilidad, calidad y riesgo del recurso hídrico.

La metodología consiste en dar un puntaje de acuerdo a la criticidad de cada indicador, representando con color rojo la situación más crítica y por lo tanto un nivel de importancia de 5 y en color azul la situación más favorable con grado de importancia de 1.

Se realiza la calificación y sumatoria de cada calificación de los indicadores y se promedia por el número de indicadores. Las categorías de criticidad se presentan a continuación en la Tabla 89.

CATEGORIA DE CRITICIDAD INTEGRAL		
RANGO	COLOR	CATEGORIA
MAYOR A 4,5		MUY ALTO
3,6 - 4,5		ALTO
2,6 - 3,5		MEDIO
1,6 - 2,5		BAJO
MENOR A 1,5		MUY BAJO

Tabla 89. Categoría de criticidad integral

Los indicadores que se tuvieron en cuenta para el análisis integral a escala anual con condición de año normal son: Índice de Aridez (IA), Índice de Regulación Hídrica (IRH), Índice de Uso de Agua (IUA), Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH), Índice de Calidad del Agua (ICA), Índice de Alteración Potencial de la calidad del Agua (IACAL) y el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET).

Un resumen de los indicadores para las unidades hidrográficas nivel II y la valoración de la criticidad para años normal y seco son presentados en la Tabla 90 y 91.

CODIGO	MICROCUEENCA	IA	IRH	IUA	IVH	ICA	IACAL	IVET	CALIFICACION
2405-0601	DIRECTO SOGAMOSO ENTRE CUCHILLA SAN PABLO Y CANTALA	1	4	2	3	1	3	4	MEDIO
2405-0603	DIRECTO RIO SOGAMOSO ENTRE CANTALA E HIDROSOGAMOSO	2	4	3	4	1	4	4	MEDIO
2405-0703	QUEBRADA LOS FRIOS Y OTROS DIRECTOS SOGAMOSOS MD	2	4	4	4	2	5	4	ALTO
2405-0801	QUEBRADA PUJAMAN	2	4	5	5	1	5	4	ALTO
2405-0802	QUEBRADA AGUABLANCA	2	4	5	4	2	5	3	ALTO
2405-0901	DIRECTO RIO SUCIO ENTRE VILLAMARIA Y SOGAMOSO	1	4	1	3	2	4	3	MEDIO
2405-0902	QUEBRADA LA ARENOSA	2	4	1	3	2	5	4	MEDIO
2405-0903	LA CAIMANA DEL TRAPICHE Y OTROS DIRECT RIO SUCIO	2	4	4	4	1	5	4	MEDIO
2405-0904	QUEBRADA LA CONDERA	1	4	2	3	1	5	4	MEDIO
2405-0905	QUEBRADA SANTA ROSA Y OTROS DIRECTOS AL RIO SUCIO	1	4	1	3	2	4	4	MEDIO
2405-1100	RIO SOGAMOSO ENTRE HIDROSOGAMOSO Y CAYUMBA	1	4	3	4	2	2	3	MEDIO
2405-1200	HIDROSOGAMOSO	2	4	5	5	2	1	3	MEDIO

Tabla 90. Valoración de la criticidad para años normal. Fuente CDMB

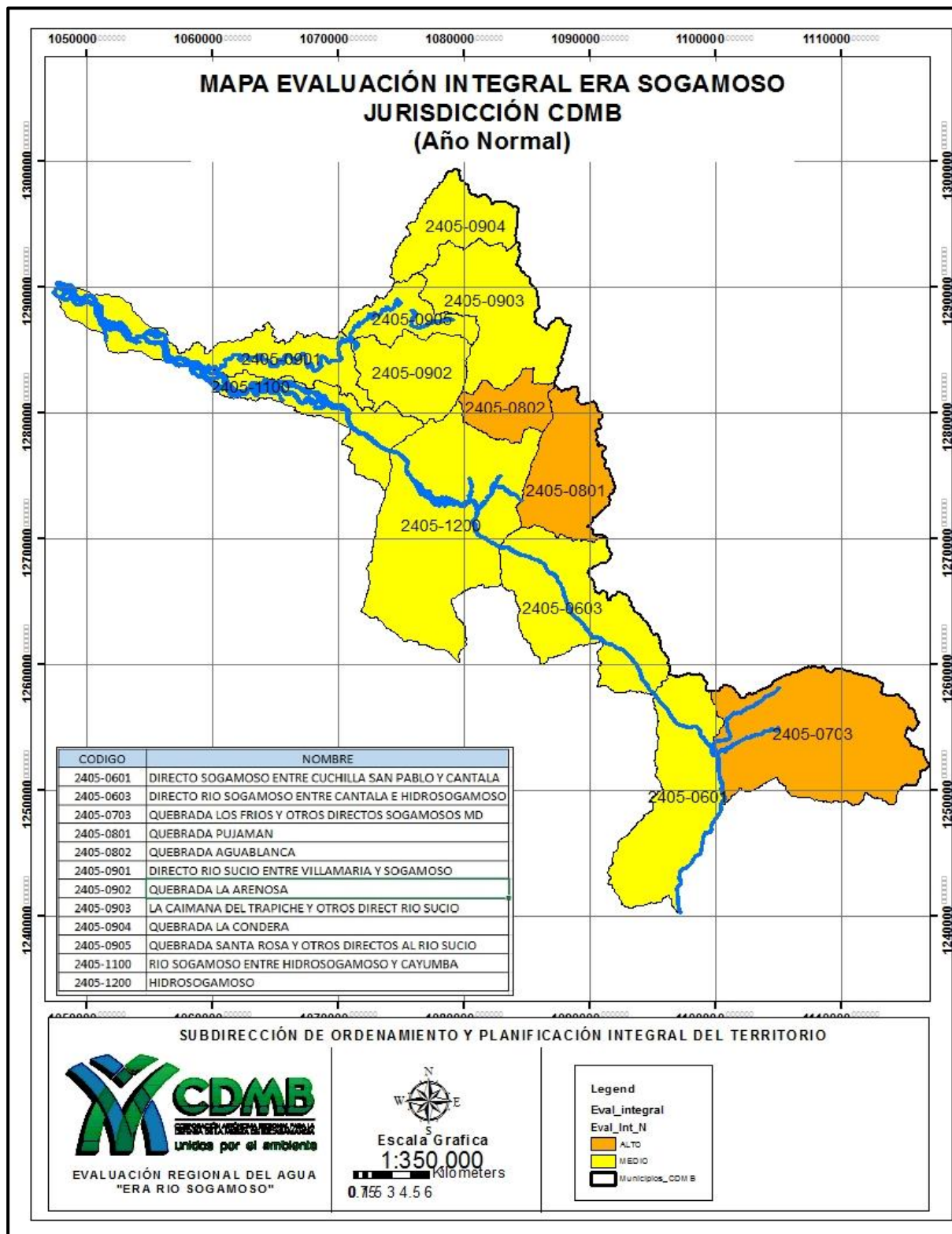


Figura 29. Valoración de la criticidad para años normal. Fuente CDMB

CODIGO	NOMBRE	IA	IRH	IUA	IVH	ICA	IACAL	IVET	TOTAL	PROMEDIO	CALIFICACION
2405-0601	DIRECTO SOGAMOSO ENTRE CUCHILLA SAN PABLO Y CANTALA	1	4	2	3	1	4	4	19	2,71	MEDIO
2405-0603	DIRECTO RIO SOGAMOSO ENTRE CANTALA E HIDROSOGAMOSO	2	4	5	4	1	4	4	24	3,43	MEDIO
2405-0703	QUEBRADA LOS FRIOS Y OTROS DIRECTOS SOGAMOSOS MD	2	4	5	5	2	5	4	27	3,86	ALTO
2405-0801	QUEBRADA PUJAMAN	2	4	5	5	2	5	4	27	3,86	ALTO
2405-0802	QUEBRADA AGUABLANCA	2	4	5	5	2	5	3	26	3,71	ALTO
2405-0901	DIRECTO RIO SUCIO ENTRE VILLAMARIA Y SOGAMOSO	1	4	2	3	1	5	3	19	2,71	MEDIO
2405-0902	QUEBRADA LA ARENOSA	2	4	2	3	1	5	4	21	3,00	MEDIO
2405-0903	LA CAIMANA DEL TRAPICHE Y OTROS DIRECT RIO SUCIO	2	4	5	4	2	5	4	26	3,71	ALTO
2405-0904	QUEBRADA LA CONDERA	1	4	3	4	2	5	4	23	3,29	MEDIO
2405-0905	QUEBRADA SANTA ROSA Y OTROS DIRECTOS AL RIO SUCIO	1	4	2	3	1	5	4	20	2,86	MEDIO
2405-1100	RIO SOGAMOSO ENTRE HIDROSOGAMOSO Y CAYUMBA	1	4	4	4	2	3	3	21	3,00	MEDIO
2405-1200	HIDROSOGAMOSO	2	4	5	5	2	2	3	23	3,29	MEDIO

Tabla 91. Valoración de la criticidad para años normal. Fuente CDMB

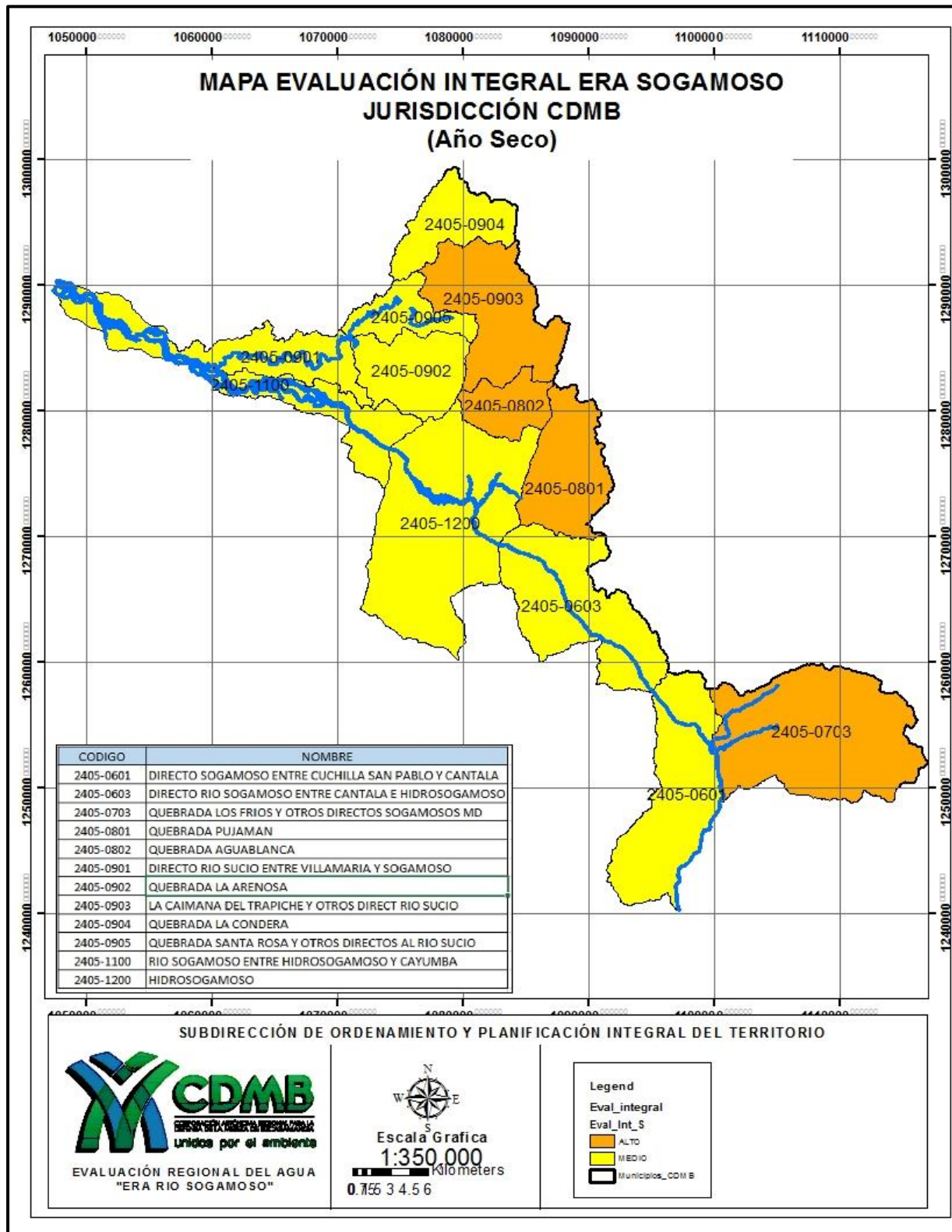


Figura 30. Valoración de la criticidad para años seco. Fuente CDMB

Finalmente se observa que en la evaluación integral la valoración de criticidad en las cuencas nivel II del área de jurisdicción de la CDMB, en la cuenca del río Sogamoso, se encuentran con calificación Media para año seco y normal excepto en la quebrada los fríos y otros directos Sogamoso md, quebrada Pujamán y quebrada Aguablanca.

BIBLIOGRAFIA

Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua (ERA). Bogotá D.C.

Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (2010). Estudio Nacional del Agua (ENA). Bogotá D.C.

Colombia Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico- MADS 2010-2022, Bogotá D.C.

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, (2016). Plan de Acción Trienal 2016-2019. Bucaramanga

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, Cartografía.

Corporación Autónoma de Santander – CAS, (2018). POMCA Río Sogamoso Bogotá, D.C., Colombia.

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, (2016). Plan de Acción Trienal 2016-2019. Bucaramanga.

