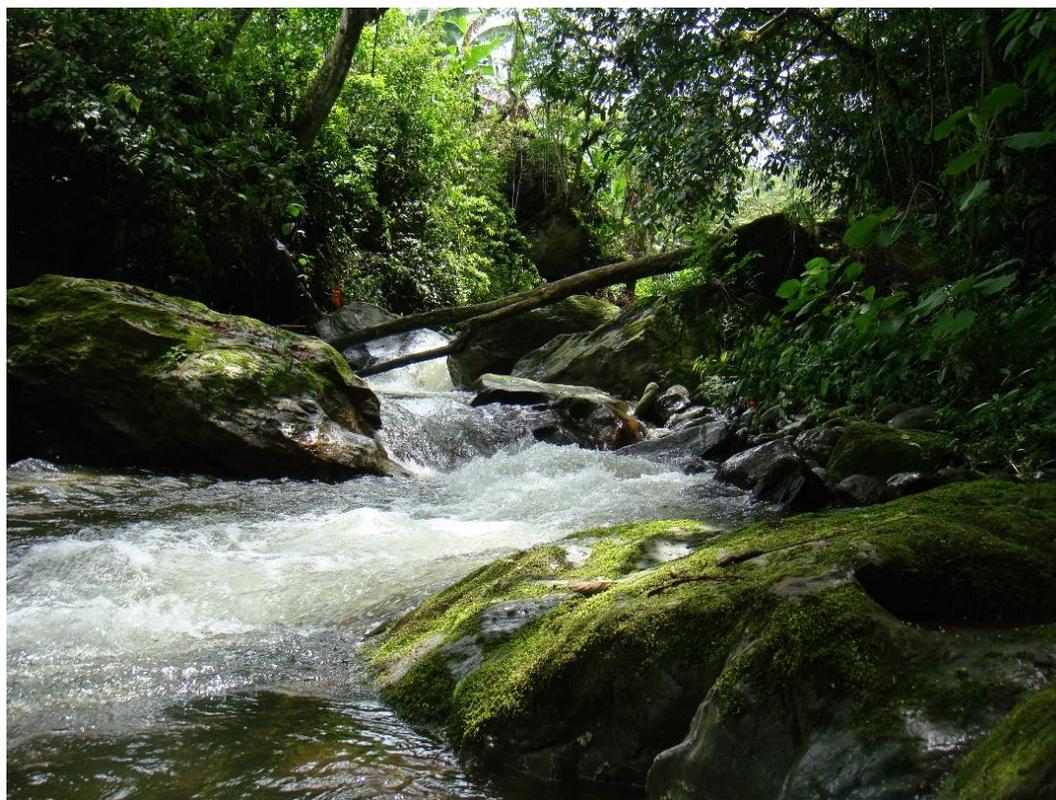


## **OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA (2019 – 2029) EN FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO**



Elaborado por:  
Facultad De Ingeniería Forestal, Universidad Del Tolima

Convenio de cooperación no. 004 de noviembre de 2018, celebrado entre la Corporación  
Autónoma Regional del Quindío y la Universidad del Tolima

Noviembre de 2019

## **EQUIPO DE TRABAJO**

### ***CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO***

**Dr. José Manuel Cortés Orozco**

Director General

**Dr. Edgar Ancizar García Hincapié**

Subdirector de Gestión Ambiental

**Ing. MSc. Patricia Rojas Sánchez**

Profesional Especializada

Subdirección de Gestión Ambiental

**Ing. MSc. Lina María Gallego Echeverry**

Profesional Especializada

Subdirección de Gestión Ambiental

### ***UNIVERSIDAD DEL TOLIMA***

**PhD. Omar Albeiro Mejía Patiño**

Rector

**MSc. Ing. Consuelo Arce González**

Decana – Facultad de Ingeniería Forestal

**PhD. Miguel Ignacio Barrios Peña**

Director del Proyecto

Profesor Asociado Facultad de Ingeniería Forestal

**PhD. Luis Eduardo Peña Rojas**

Componente Modelación

**MSc (c). Henry Giovanni Rubiano**

Componente SIG, Cartografía y Esquemización

**MSc (c). Oscar Andrés Chaparro García**

Demanda Hídrica

**Ing. Erika Astrid Escobar**

Análisis de Datos y Procesamiento

**Topógrafo Jorge Luis Lugo**

Levantamientos Topobatimétricos

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>1 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>26</b>
1.1 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUA BONITA .....	26
1.1.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	26
1.1.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	26
1.1.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	26
1.2 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUA LINDA .....	29
1.2.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	29
1.2.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	29
1.2.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	29
1.3 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA ARMENIA.....	32
1.3.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	32
1.3.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	32
1.3.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	32
1.4 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA BUENAVISTA .....	35
1.4.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	35
1.4.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	35
1.4.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	36
1.5 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CAJONES MONTENEGRO.....	38
1.5.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	38
1.5.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	38
1.5.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	38
1.6 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CRISTALES.....	41
1.6.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	41
1.6.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	41
1.6.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	41
1.7 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL INGLÉS .....	44
1.7.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	44
1.7.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	44
1.7.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	44
1.8 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL MUDO .....	47
1.8.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	47
1.8.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	47
1.8.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	47
1.9 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL NARANJAL.....	49
1.9.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	49
1.9.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	50
1.9.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	50
1.10 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL PESCADOR .....	53
1.10.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	53
1.10.2 <i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	53
1.10.3 <i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	53
1.11 UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA HOJAS ANCHAS .....	56
1.11.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	56

1.11.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	56
1.11.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	56
1.12	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ALDANA .....	59
1.12.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	59
1.12.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	59
1.12.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	59
1.13	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CALZADA .....	61
1.13.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	61
1.13.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	62
1.13.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	62
1.14	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CAMELIA .....	64
1.14.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	64
1.14.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	65
1.14.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	65
1.15	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CONGALA .....	67
1.15.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	67
1.15.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	68
1.15.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	68
1.16	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ESPAÑOLA .....	70
1.16.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	70
1.16.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	71
1.16.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	71
1.17	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA FLORIDA .....	73
1.17.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	73
1.17.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	74
1.17.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	74
1.18	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA JARAMILLA .....	76
1.18.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	76
1.18.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	77
1.18.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	77
1.19	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA PICOTA .....	79
1.19.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	79
1.19.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	80
1.19.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	80
1.20	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA SIBERIA .....	83
1.20.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	83
1.20.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	83
1.20.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	83
1.21	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA TULIA .....	86
1.21.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	86
1.21.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	86
1.21.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	86
1.22	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS DELICIAS .....	88
1.22.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	88
1.22.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	89
1.22.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	89
1.23	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS YEGUAS .....	91
1.23.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	91
1.23.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	92

1.23.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	92
1.24	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LOS QUINDOS .....	94
1.24.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	94
1.24.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	95
1.24.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	95
1.25	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA MINA RICA .....	97
1.25.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	97
1.25.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	98
1.25.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	98
1.26	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN JOSÉ.....	100
1.26.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	100
1.26.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	101
1.26.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	101
1.27	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN NICOLÁS .....	103
1.27.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	103
1.27.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	104
1.27.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	104
1.28	UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SANTA RITA .....	106
1.28.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	106
1.28.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	107
1.28.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	107
1.29	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.....	109
1.29.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	109
1.29.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	109
1.29.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	109
1.30	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ESPEJO .....	112
1.30.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	112
1.30.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	112
1.30.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	113
1.31	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO GRIS.....	115
1.31.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	115
1.31.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	115
1.31.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	115
1.32	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO LEJOS .....	118
1.32.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	118
1.32.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	118
1.32.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	118
1.33	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ROJO .....	121
1.33.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	121
1.33.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	121
1.33.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	121
1.34	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SAN JUAN.....	124
1.34.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	124
1.34.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	124
1.34.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	124
1.35	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SANTO DOMINGO .....	127
1.35.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	127
1.35.2	<i>Unidades Cartográficas de Suelos</i> .....	127
1.35.3	<i>Coberturas y Usos de la Tierra</i> .....	127

1.36	UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO VERDE.....	130
1.36.1	Ubicación geográfica .....	130
1.36.2	Unidades Cartográficas de Suelos .....	130
1.36.3	Coberturas y Usos de la Tierra.....	131
1.37	IMPORTANCIA DE VARIABLES DE CUENCA COMO FUENTES DE CONTAMINACIÓN DIFUSA EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	134
<b>2</b>	<b>ANÁLISIS DE CONCESIONES Y DEMANDAS DE AGUA .....</b>	<b>137</b>
2.1	INTRODUCCIÓN.....	137
2.1	CONCESIONES OTORGADAS EN LAS PRINCIPALES CORRIENTES HÍDRICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO .....	137
2.1.1	Unidad hidrográfica Quebrada Agua Bonita .....	142
2.1.2	Unidad hidrográfica Quebrada Buenavista.....	143
2.1.3	Unidad hidrográfica Quebrada Cajones .....	145
2.1.4	Unidad hidrográfica Quebrada Cajones Montenegro .....	147
2.1.5	Unidad hidrográfica Quebrada Cristales.....	148
2.1.6	Unidad hidrográfica Quebrada El Inglés.....	150
2.1.7	Unidad hidrográfica Quebrada El Naranjal .....	151
2.1.8	Unidad hidrográfica quebrada El Pescador.....	153
2.1.9	Unidad hidrográfica quebrada Hojas Anchas .....	155
2.1.10	Unidad hidrográfica quebrada La Aldana .....	157
2.1.11	Unidad hidrográfica quebrada La Congala.....	157
2.1.12	Unidad hidrográfica quebrada La Española.....	159
2.1.13	Unidad hidrográfica quebrada La Florida.....	159
2.1.14	Unidad hidrográfica quebrada La Jaramilla .....	161
2.1.15	Unidad hidrográfica quebrada La Picota .....	162
2.1.16	Unidad hidrográfica quebrada Las Delicias .....	164
2.1.17	Unidad hidrográfica quebrada La Siberia .....	165
2.1.18	Unidad hidrográfica quebrada Portachuelo .....	166
2.1.19	Unidad hidrográfica quebrada San José.....	167
2.1.20	Unidad hidrográfica quebrada Yeguas .....	169
2.1.21	Unidad hidrográfica Río Boquerón.....	170
2.1.22	Unidad hidrográfica Río Espejo .....	172
2.1.23	Unidad hidrográfica Río Gris.....	174
2.1.24	Unidad hidrográfica Río Lejos .....	174
2.1.25	Unidad hidrográfica Río Rojo.....	176
2.1.26	Unidad hidrográfica Río San Juan.....	178
2.1.27	Unidad hidrográfica Río Santo Domingo.....	180
2.1.28	Unidad hidrográfica Río Verde.....	182
2.1.29	Conclusiones .....	184
2.2	ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE DEMANDA DOMÉSTICA .....	185
2.2.1	Introducción .....	185
2.2.2	Proyecciones de población.....	185
2.2.3	Metodología.....	186
2.2.4	Población proyectada para los municipios del departamento del Quindío .....	189
2.2.5	Demanda de agua proyectada para Uso Doméstico .....	196
<b>3</b>	<b>ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA EN LOS SISTEMAS HÍDRICOS SUPERFICIALES RECEPTORES DE VERTIMIENTOS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....</b>	<b>208</b>

3.1	PARÁMETROS MUESTREADOS E INFORMACIÓN DE CAMPO .....	208
3.2	ESQUEMATIZACIÓN DEL SISTEMA .....	209
3.3	MEDICIONES DE CAMPO .....	211
3.3.1	<i>Calidad del agua</i> .....	211
3.3.2	<i>Caudales</i> .....	213
3.3.3	<i>Curvas de gasto</i> .....	217
3.4	DESCRIPCIÓN MODELO CONCEPTUAL.....	218
3.4.1	<i>Sustancias no conservativas</i> .....	218
3.4.2	<i>Sustancias conservativas</i> .....	223
3.4.3	<i>Modelación del pH</i> .....	225
3.4.4	<i>Coliformes Totales</i> .....	225
3.5	MODELO CONCEPTUAL EN TRAMO TIPO .....	227
3.5.1	<i>Estimación de la velocidad</i> .....	229
3.5.2	<i>Modelación sólidos suspendidos</i> .....	229
3.5.3	<i>Modelación materia orgánica carbonácea DBOC</i> .....	230
3.5.4	<i>Modelación DBO nitrogenada</i> .....	231
3.5.5	<i>Modelación Déficit de oxígeno</i> .....	232
3.5.6	<i>Modelación oxígeno disuelto</i> .....	234
3.5.7	<i>Modelación Coliformes Totales</i> .....	234
3.6	CALIBRACIÓN / VALIDACIÓN DEL MODELO .....	234
3.7	ESCENARIOS DE SIMULACIÓN .....	235
3.8	CÁLCULO DE CARGAS .....	237
3.8.1	<i>Aguas residuales domésticas</i> .....	237
3.8.2	<i>Aguas industriales, comerciales y turismo</i> .....	238
3.9	TRAMOS OBJETO DE ESTUDIO .....	239
3.9.1	<i>Información de línea base</i> .....	239
3.9.2	<i>Inventario de Vertimientos por Unidad Hidrográfica</i> .....	240
3.9.3	<i>Definición de Tramos</i> .....	243
<b>4</b>	<b>RESULTADOS DE MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS .....</b>	<b>249</b>
4.1	CURVAS DE GASTO.....	249
4.2	CARGAS Y CAUDALES OBTENIDOS POR CORRIENTE .....	253
4.3	CALIBRACIÓN / VALIDACIÓN MODELO DE CALIDAD DEL AGUA.....	254
4.4	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA AGUA LINDA .....	255
4.5	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA BUENAVISTA .....	260
4.5.1	<i>Modelación calidad Quebrada Mina Rica</i> .....	264
4.6	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA CRISTALES .....	267
4.6.1	<i>Modelación calidad Quebrada La Jaramilla</i> .....	271
4.6.2	<i>Modelación calidad Quebrada La Tulia</i> .....	274
4.7	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA EL PESCADOR.....	276
4.8	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA LA FLORIDA .....	281
4.9	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA LA PICOTA .....	285
4.9.1	<i>Modelación calidad Quebrada Las Delicias (Las Margaritas)</i> .....	289
4.10	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA SAN JOSÉ.....	291
4.11	MODELACIÓN CALIDAD QUEBRADA SAN NICOLÁS/ EL CAFETERO.....	295
4.12	MODELACIÓN CALIDAD RÍO BOQUERÓN.....	299
4.12.1	<i>Modelación calidad Quebrada El Mudo</i> .....	303
4.12.2	<i>Modelación calidad Quebrada La Calzada</i> .....	306

4.13	MODELACIÓN CALIDAD RÍO ESPEJO .....	308
4.13.1	<i>Modelación calidad Quebrada Armenia .....</i>	<i>313</i>
4.13.2	<i>Modelación calidad Quebrada Cajones (Montenegro).....</i>	<i>315</i>
4.13.3	<i>Modelación calidad Quebrada El Reposo.....</i>	<i>318</i>
4.13.4	<i>Modelación calidad Quebrada Hojas Anchas .....</i>	<i>321</i>
4.13.5	<i>Modelación calidad Quebrada La Aldana .....</i>	<i>323</i>
4.13.6	<i>Modelación calidad Quebrada La Camelia.....</i>	<i>326</i>
4.13.7	<i>Modelación calidad Quebrada Los Quindos .....</i>	<i>329</i>
4.13.8	<i>Modelación calidad Quebrada Yeguas .....</i>	<i>331</i>
4.14	MODELACIÓN CALIDAD RÍO LEJOS.....	334
4.14.1	<i>Modelación calidad Quebrada El Inglés.....</i>	<i>339</i>
4.15	MODELACIÓN CALIDAD RÍO ROJO .....	341
4.15.1	<i>Modelación calidad Río Grís .....</i>	<i>346</i>
4.16	MODELACIÓN CALIDAD RÍO SAN JUAN.....	348
4.17	MODELACIÓN CALIDAD RÍO VERDE .....	351
4.17.1	<i>Modelación calidad Quebrada Agua Bonita &amp; Esmeralda.....</i>	<i>356</i>
4.17.2	<i>Modelación calidad Quebradas La Siberia y La Española.....</i>	<i>358</i>
4.17.3	<i>Modelación calidad Quebrada El Naranjal .....</i>	<i>363</i>
4.17.4	<i>Modelación calidad Quebrada La Congala .....</i>	<i>366</i>
4.17.5	<i>Modelación calidad Río Santo Domingo.....</i>	<i>369</i>
<b>5</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES Y OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA</b> .....	<b>371</b>
5.1	CRITERIOS DE CALIDAD POR TIPO DE USO DEL AGUA .....	372
5.1	CATEGORÍAS DE USO POTENCIAL DEL AGUA .....	372
5.2	FORMULACIÓN DE OBJETIVOS DE CALIDAD DE LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS .....	377
5.3	CONCLUSIONES.....	379
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>385</b>



# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUA BONITA. ....	27
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUA BONITA. ....	28
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUA LINDA. ....	30
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUA LINDA. ....	31
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA ARMENIA. ....	33
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA ARMENIA. ....	34
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA BUENAVISTA. ....	36
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA BUENAVISTA. ....	37
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CAJONES MONTENEGRO. ....	39
FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CAJONES MONTENEGRO. ....	40
FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CRISTALES. ....	42
FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CRISTALES. ....	43
FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL INGLÉS. ....	45
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL INGLÉS. ....	46
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL MUDO. ....	48
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL MUDO. ....	49
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL NARANJAL. ....	51
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURA DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL NARANJAL. ....	52
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL PESCADOR. ....	54
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL PESCADOR. ....	55
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA HOJAS ANCHAS. ....	57
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA HOJAS ANCHAS. ....	58
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ALDANA. ....	60

<i>FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ALDANA.</i>	61
<i>FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CALZADA.</i>	63
<i>FIGURA 26. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CALZADA.</i>	64
<i>FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CAMELIA.</i>	66
<i>FIGURA 28. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CAMELIA.</i>	67
<i>FIGURA 29. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CONGALA.</i>	69
<i>FIGURA 30. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CONGALA.</i>	70
<i>FIGURA 31. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ESPAÑOLA.</i>	72
<i>FIGURA 32. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ESPAÑOLA.</i>	73
<i>FIGURA 33. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA FLORIDA.</i>	75
<i>FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA FLORIDA.</i>	76
<i>FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA JARAMILLA.</i>	78
<i>FIGURA 36. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA JARAMILLA.</i>	79
<i>FIGURA 37. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA PICOTA.</i>	81
<i>FIGURA 38. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA PICOTA.</i>	82
<i>FIGURA 39. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA SIBERIA.</i>	84
<i>FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA SIBERIA.</i>	85
<i>FIGURA 41. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA TULIA.</i>	87
<i>FIGURA 42. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA TULIA.</i>	88
<i>FIGURA 43. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS DELICIAS.</i>	90
<i>FIGURA 44. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS DELICIAS.</i>	91
<i>FIGURA 45. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS YEGUAS.</i>	93
<i>FIGURA 46. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS YEGUAS.</i>	94
<i>FIGURA 47. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LOS QUINDOS.</i>	96

<i>FIGURA 48. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LOS QUINDOS.</i>	97
<i>FIGURA 49. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA MINA RICA.</i>	99
<i>FIGURA 50. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA MINA RICA.</i>	100
<i>FIGURA 51. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN JOSÉ.</i>	102
<i>FIGURA 52. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN JOSÉ.</i>	103
<i>FIGURA 53. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN NICOLÁS.</i>	105
<i>FIGURA 54. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN NICOLÁS.</i>	106
<i>FIGURA 55. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SANTA RITA.</i>	107
<i>FIGURA 56. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SANTA RITA.</i>	108
<i>FIGURA 57. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.</i>	110
<i>FIGURA 58. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.</i>	111
<i>FIGURA 59. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ESPEJO.</i>	113
<i>FIGURA 60. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ESPEJO.</i>	114
<i>FIGURA 61. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO GRIS.</i>	116
<i>FIGURA 62. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO GRIS.</i>	117
<i>FIGURA 63. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO LEJOS.</i>	119
<i>FIGURA 64. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO LEJOS.</i>	120
<i>FIGURA 65. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ROJO.</i>	122
<i>FIGURA 66. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ROJO.</i>	123
<i>FIGURA 67. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SAN JUAN.</i>	125
<i>FIGURA 68. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SAN JUAN.</i>	126
<i>FIGURA 69. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SANTO DOMINGO.</i>	128
<i>FIGURA 70. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SANTO DOMINGO.</i>	129
<i>FIGURA 71. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO VERDE.</i>	132

<i>FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO (A) Y COBERTURAS DE USO (B) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO VERDE.</i> .....	133
<i>FIGURA 73. CONCESIONES PARA USO DOMÉSTICO, RECREATIVO E INDUSTRIAL EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS OBJETO DE ESTUDIO.</i> .....	138
<i>FIGURA 74. CONCESIONES PARA USO AGRÍCOLA, PECUARIO, PISCÍCOLA Y RIEGO EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS OBJETO DE ESTUDIO.</i> .....	139
<i>FIGURA 75. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE.</i> ...	140
<i>FIGURA 76. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE.</i> ..	141
<i>FIGURA 77. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUA BONITA.</i> .....	143
<i>FIGURA 78. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA BUENAVISTA.</i> .....	144
<i>FIGURA 79. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA BUENAVISTA.</i> .....	144
<i>FIGURA 80. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA BUENAVISTA.</i> .....	145
<i>FIGURA 81. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CAJONES.</i> .....	146
<i>FIGURA 82. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CAJONES.</i> .....	147
<i>FIGURA 83. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CAJONES MONTENEGRO.</i> .....	147
<i>FIGURA 84. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CRISTALES.</i> .....	148
<i>FIGURA 85. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CRISTALES.</i> .....	149
<i>FIGURA 86. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CRISTALES.</i> .....	150
<i>FIGURA 87. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL INGLÉS.</i> .....	150
<i>FIGURA 88. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL NARANJAL.</i> .....	151
<i>FIGURA 89. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL NARANJAL.</i> .....	152
<i>FIGURA 90. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL NARANJAL.</i> .....	152
<i>FIGURA 91. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL PESCADOR.</i> .....	153
<i>FIGURA 92. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL PESCADOR.</i> .....	154
<i>FIGURA 93. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL PESCADOR.</i> .....	154
<i>FIGURA 94. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA HOJAS ANCHAS.</i> .....	155
<i>FIGURA 95. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA HOJAS ANCHAS.</i> .....	156
<i>FIGURA 96. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA HOJAS ANCHAS.</i> .....	156

<i>FIGURA 97. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ALDANA.</i>	157
<i>FIGURA 98. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CONGALA.</i>	158
<i>FIGURA 99. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CONGALA.</i>	158
<i>FIGURA 100. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA ESPAÑOLA.</i>	159
<i>FIGURA 101. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA FLORIDA.</i>	160
<i>FIGURA 102. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA CONGALA.</i>	160
<i>FIGURA 103. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA JARAMILLA.</i>	161
<i>FIGURA 104. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA JARAMILLA.</i>	162
<i>FIGURA 105. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA PICOTA.</i>	163
<i>FIGURA 106. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA PICOTA.</i>	163
<i>FIGURA 107. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA PICOTA.</i>	164
<i>FIGURA 108. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS DELICIAS.</i>	164
<i>FIGURA 109. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAS DELICIAS.</i>	165
<i>FIGURA 110. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA SIBERIA.</i>	165
<i>FIGURA 111. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA PORTACHUELO.</i>	166
<i>FIGURA 112. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA PORTACHUELO.</i>	167
<i>FIGURA 113. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA PORTACHUELO.</i>	167
<i>FIGURA 114. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN JOSÉ.</i>	168
<i>FIGURA 115. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN JOSÉ.</i>	169
<i>FIGURA 116. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA YEGUAS.</i>	169
<i>FIGURA 117. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA YEGUAS.</i>	170
<i>FIGURA 118. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.</i>	170
<i>FIGURA 119. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.</i>	171
<i>FIGURA 120. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.</i>	171
<i>FIGURA 121. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ESPEJO.</i>	172

<i>FIGURA 122. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.</i>	173
<i>FIGURA 123. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BOQUERÓN.</i>	173
<i>FIGURA 124. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO GRIS.</i>	174
<i>FIGURA 125. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO LEJOS.</i>	175
<i>FIGURA 126. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO LEJOS.</i>	176
<i>FIGURA 127. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO LEJOS.</i>	176
<i>FIGURA 131. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ROJO.</i>	177
<i>FIGURA 132. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ROJO.</i>	177
<i>FIGURA 133. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ROJO.</i>	178
<i>FIGURA 134. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SAN JUAN.</i>	179
<i>FIGURA 135. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SAN JUAN.</i>	179
<i>FIGURA 136. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SAN JUAN.</i>	180
<i>FIGURA 137. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SANTO DOMINGO.</i>	181
<i>FIGURA 138. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SANTO DOMINGO.</i>	181
<i>FIGURA 139. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO SANTO DOMINGO.</i>	182
<i>FIGURA 140. CONCESIONES DE RECURSO HÍDRICO OTORGADAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO VERDE.</i>	183
<i>FIGURA 141. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS JURÍDICAS POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO VERDE.</i>	183
<i>FIGURA 142. DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES OTORGADAS A PERSONAS NATURALES POR USO Y TIPO DE FUENTE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO VERDE.</i>	184
<i>FIGURA 143. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE ARMENIA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	190
<i>FIGURA 144. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE CALARCÁ, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	190
<i>FIGURA 145. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE LA TEBAIDA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	191
<i>FIGURA 146. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE CIRCASIA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	191
<i>FIGURA 147. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE CÓRDOBA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	192
<i>FIGURA 148. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE FILANDIA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	193
<i>FIGURA 149. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE SALENTO, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	193
<i>FIGURA 150. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE MONTENEGRO, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	194
<i>FIGURA 151. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE QUIMBAYA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.</i>	194

FIGURA 152. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE BUENAVISTA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.....	195
FIGURA 153. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE GÉNOVA, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.....	195
FIGURA 154. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (A) Y ZONA RURAL (B) DE PIJAO, SIN Y CON POBLACIÓN FLOTANTE AL AÑO 2029.....	196
FIGURA 155. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DOMÉSTICA TOTAL DE CADA UNA DE LAS CABECERAS MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, SIN CONSIDERAR LA POBLACIÓN FLOTANTE.....	202
FIGURA 156. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DOMÉSTICA TOTAL DE LOS CENTROS RURALES POR MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, SIN CONSIDERAR LA POBLACIÓN FLOTANTE.....	204
FIGURA 157. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DOMÉSTICA TOTAL DE CADA UNA DE LAS CABECERAS MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CONSIDERANDO LA POBLACIÓN FLOTANTE.....	205
FIGURA 158. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DOMÉSTICA TOTAL DE LOS CENTROS RURALES POR MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CONSIDERANDO LA POBLACIÓN FLOTANTE.....	207
FIGURA 159. CONFIGURACIÓN ESQUEMAS DE MUESTREO CALIDAD DEL AGUA.....	209
FIGURA 160. ESQUEMA CONCEPTUAL Y TIPOS DE VERTIMIENTOS -Q. HOJAS ANCHAS-.....	210
FIGURA 161. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CAMPAÑA DE 2019.....	212
FIGURA 162. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL POR SECCIÓN - VELOCIDAD.....	213
FIGURA 163. MEDICIÓN CON TRAZADOR ÚNICO VERTIDO DE TRAZADOR SALINO.....	214
FIGURA 164. DEFINICIÓN DE LA PLUMA Y PROCEDIMIENTO DE LECTURA PARA UNA INYECCIÓN DE CL-.....	215
FIGURA 165. DEFINICIÓN DE LA PLUMA Y PROCEDIMIENTO DE LECTURA PARA UNA INYECCIÓN DE RODAMINA WT.....	216
FIGURA 166. SITIOS DE INYECCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y LECTURA DEL SENSOR EN LOS ENSAYOS CON TRAZADORES ION CLORURO Y RODAMINA WT.....	217
FIGURA 167. ESQUEMATIZACIÓN BALANCE DE MASA.....	224
FIGURA 168. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONSIDERADAS EN EL ESCENARIO 2029.....	236
FIGURA 169. CONCEPTUALIZACIÓN DE ÁREAS SANITARIAS.....	238
FIGURA 170. DISTRIBUCIÓN DE VERTIMIENTOS POR TIPO DE USO Y UNIDAD HIDROGRÁFICA.....	241
FIGURA 171. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS 561 VERTIMIENTOS PUNTUALES IDENTIFICADOS.....	242
FIGURA 172. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS TRAMOS ESTABLECIDOS PARA LA DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA.....	248
FIGURA 173. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. AGUA LINDA ESCENARIO ACTUAL.....	256
FIGURA 174. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. AGUA LINDA ESCENARIO 2025.....	256
FIGURA 175. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. AGUA LINDA ESCENARIO PSMV 2029.....	257
FIGURA 176. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST, Q. AGUA LINDA.....	257
FIGURA 177. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC, Q. AGUA LINDA.....	258
FIGURA 178. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO, Q. AGUA LINDA.....	258
FIGURA 179. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> , Q. AGUA LINDA.....	258
FIGURA 180. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> , Q. AGUA LINDA.....	259
FIGURA 181. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTUO, Q. AGUA LINDA.....	259
FIGURA 182. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES, Q. AGUA LINDA.....	259
FIGURA 183. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. BUENAVISTA ESCENARIO ACTUAL.....	260
FIGURA 184. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. BUENAVISTA ESCENARIO 2025.....	261
FIGURA 185. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. BUENAVISTA ESCENARIO PSMV 2029.....	261
FIGURA 186. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST, Q. BUENAVISTA.....	262
FIGURA 187. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC, Q. BUENAVISTA.....	262
FIGURA 188. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO, Q. BUENAVISTA.....	262
FIGURA 189. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> , Q. BUENAVISTA.....	263

FIGURA 190. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> , Q. BUENAVISTA.....	263
FIGURA 191. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO, Q. BUENAVISTA.....	263
FIGURA 192. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES, Q. BUENAVISTA.....	264
FIGURA 193. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST, Q. MINA RICA.....	264
FIGURA 194. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC, Q. MINA RICA.....	265
FIGURA 195. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO, Q. MINA RICA.....	265
FIGURA 196. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> , Q. MINA RICA.....	265
FIGURA 197. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> , Q. MINA RICA.....	266
FIGURA 198. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO, Q. MINA RICA.....	266
FIGURA 199. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES, Q. MINA RICA.....	266
FIGURA 200. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. CRISTALES ESCENARIO ACTUAL.....	267
FIGURA 201. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. CRISTALES ESCENARIO 2025.....	268
FIGURA 202. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. CRISTALES ESCENARIO PSMV 2029.....	268
FIGURA 203. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST, Q. CRISTALES.....	269
FIGURA 204. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC, Q. CRISTALES.....	269
FIGURA 205. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO, Q. CRISTALES.....	269
FIGURA 206. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> , Q. CRISTALES.....	270
FIGURA 207. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> , Q. CRISTALES.....	270
FIGURA 208. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO, Q. CRISTALES.....	270
FIGURA 209. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES, Q. CRISTALES.....	271
FIGURA 210. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST, QUEBRADA LA JARAMILLA.....	271
FIGURA 211. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBO CARBONÁCEA QUEBRADA LA JARAMILLA.....	272
FIGURA 212. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO. QUEBRADA LA JARAMILLA.....	272
FIGURA 213. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA LA JARAMILLA.....	272
FIGURA 214. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA LA JARAMILLA.....	273
FIGURA 215. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LA JARAMILLA.....	273
FIGURA 216. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LA JARAMILLA.....	273
FIGURA 217. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA LA TULIA.....	274
FIGURA 218. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBO CARBONÁCEA QUEBRADA LA TULIA.....	274
FIGURA 219. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA LA TULIA.....	275
FIGURA 220. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA LA TULIA.....	275
FIGURA 221. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA LA TULIA.....	275
FIGURA 222. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LA TULIA.....	276
FIGURA 223. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LA TULIA.....	276
FIGURA 224. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. EL PESCADOR ESCENARIO ACTUAL.....	277
FIGURA 225. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. EL PESCADOR ESCENARIO 2025.....	277
FIGURA 226. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. EL PESCADOR ESCENARIO PSMV 2029.....	278
FIGURA 227. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. EL PESCADOR.....	278
FIGURA 228. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. EL PESCADOR.....	279
FIGURA 229. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. EL PESCADOR.....	279
FIGURA 230. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. EL PESCADOR.....	279
FIGURA 231. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. EL PESCADOR.....	280
FIGURA 232. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. EL PESCADOR.....	280
FIGURA 233. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. EL PESCADOR.....	280
FIGURA 234. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. LA FLORIDA ESCENARIO ACTUAL.....	281
FIGURA 235. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. LA FLORIDA ESCENARIO 2025.....	282
FIGURA 236. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN Q. LA FLORIDA ESCENARIO PSMV 2029.....	282
FIGURA 237. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA LA FLORIDA.....	283
FIGURA 238. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBO CARBONÁCEA QUEBRADA LA FLORIDA.....	283



FIGURA 239. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA LA FLORIDA.....	283
FIGURA 240. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA LA FLORIDA.....	284
FIGURA 241. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA LA FLORIDA.....	284
FIGURA 242. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LA FLORIDA .....	284
FIGURA 243. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LA FLORIDA .....	285
FIGURA 244. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN QUEBRADA LA PICOTA .....	286
FIGURA 245. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN QUEBRADA LA PICOTA ESCENARIO PSMC 2029.....	286
FIGURA 246. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST. QUEBRADA LA PICOTA .....	287
FIGURA 247. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC. QUEBRADA LA PICOTA .....	287
FIGURA 248. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO. QUEBRADA LA PICOTA .....	287
FIGURA 249. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N AMONICAL. QUEBRADA LA PICOTA.....	288
FIGURA 250. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NITRATOS. QUEBRADA LA PICOTA .....	288
FIGURA 251. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO. QUEBRADA LA PICOTA .....	288
FIGURA 252. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LA PICOTA .....	289
FIGURA 253. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA LAS DELICIAS (LAS MARGARITAS).....	289
FIGURA 254. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA LAS DELICIAS (LAS MARGARITAS).....	290
FIGURA 255. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA LAS DELICIAS (LAS MARGARITAS) .....	290
FIGURA 256. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA LAS DELICIAS (LAS MARGARITAS).....	290
FIGURA 257 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA LAS DELICIAS (LAS MARGARITAS).....	291
FIGURA 258. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LAS DELICIAS (LAS MARGARITAS) .....	291
FIGURA 259. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LAS DELICIAS (LAS MARGARITAS).....	291
FIGURA 260. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN QUEBRADA SAN JOSÉ .....	292
FIGURA 261. ESQUEMA CONCEPTUAL DE MODELACIÓN QUEBRADA SAN JOSÉ ESCENARIO PSMV 2029 .....	292
FIGURA 262. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA SAN JOSÉ .....	293
FIGURA 263. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA SAN JOSÉ.....	293
FIGURA 264. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA SAN JOSÉ .....	293
FIGURA 265 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA SAN JOSÉ.....	294
FIGURA 266. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA SAN JOSÉ.....	294
FIGURA 267. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA SAN JOSÉ.....	294
FIGURA 268. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA SAN JOSÉ.....	295
FIGURA 269. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO.....	295
FIGURA 270. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN QUEBRADA SAN NICOLAS/EL CAFETERO ESCENARIO PSMV 2029 .....	296
FIGURA 271. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO.....	296
FIGURA 272. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO .....	297
FIGURA 273. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO.....	297
FIGURA 274. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO .....	297
FIGURA 275. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO .....	298
FIGURA 276. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO ...	298
FIGURA 277. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA SAN NICOLÁS / EL CAFETERO	298
FIGURA 278. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN R. BOQUERÓN ESCENARIO ACTUAL .....	299
FIGURA 279. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO BOQUERÓN ESCENARIO 2025 .....	300
FIGURA 280. ESQUEMA CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO BOQUERÓN ESCENARIO PSMV 2029 .....	300
FIGURA 281. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO BOQUERÓN.....	301
FIGURA 282. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO BOQUERÓN. ....	301
FIGURA 283. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO BOQUERÓN. ....	301
FIGURA 284. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO BOQUERÓN. ....	302

FIGURA 285. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO BOQUERÓN. ....	302
FIGURA 286. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO BOQUERÓN. ....	302
FIGURA 287. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO BOQUERÓN. ....	303
FIGURA 288. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA EL MUDO.....	303
FIGURA 289. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA EL MUDO.....	304
FIGURA 290. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA EL MUDO .....	304
FIGURA 291. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA EL MUDO.....	304
FIGURA 292. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA EL MUDO.....	305
FIGURA 293. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA EL MUDO .....	305
FIGURA 294. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA EL MUDO .....	305
FIGURA 295. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA LA CALZADA .....	306
FIGURA 296. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBO CARBONÁCEA QUEBRADA LA CALZADA.....	306
FIGURA 297. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA LA CALZADA .....	307
FIGURA 298. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA LA CALZADA .....	307
FIGURA 299. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA LA CALZADA .....	307
FIGURA 300. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LA CALZADA .....	308
FIGURA 301. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LA CALZADA .....	308
FIGURA 302. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO ESPEJO ESCENARIO ACTUAL .....	309
FIGURA 303. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO ESPEJO ESCENARIO 2025.....	309
FIGURA 304. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL DE MODELACIÓN RÍO ESPEJO ESCENARIO PSMV 2029 .....	310
FIGURA 305. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO ESPEJO .....	310
FIGURA 306. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO ESPEJO. ....	311
FIGURA 307. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO ESPEJO.....	311
FIGURA 308. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO ESPEJO. ....	311
FIGURA 309. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO ESPEJO. ....	312
FIGURA 310. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO ESPEJO. ....	312
FIGURA 311. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO ESPEJO.....	312
FIGURA 312. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. ARMENIA .....	313
FIGURA 313. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. ARMENIA. ....	313
FIGURA 314. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. ARMENIA .....	314
FIGURA 315. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. ARMENIA. ....	314
FIGURA 316. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. ARMENIA .....	314
FIGURA 317. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. ARMENIA .....	315
FIGURA 318. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. ARMENIA .....	315
FIGURA 319. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. CAJONES (MONTENEGRO).....	316
FIGURA 320. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. CAJONES (MONTENEGRO).....	316
FIGURA 321. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. CAJONES (MONTENEGRO). ....	316
FIGURA 322. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. CAJONES (MONTENEGRO). ....	317
FIGURA 323. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. CAJONES (MONTENEGRO). ....	317
FIGURA 324. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. CAJONES (MONTENEGRO). ....	317
FIGURA 325. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. CAJONES (MONTENEGRO). ....	318
FIGURA 326. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA EL REPOSO.....	318
FIGURA 327. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA EL REPOSO .....	319
FIGURA 328. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA EL REPOSO.....	319
FIGURA 329. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA EL REPOSO .....	319
FIGURA 330. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA EL REPOSO .....	320
FIGURA 331. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA EL REPOSO .....	320
FIGURA 332. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA EL REPOSO .....	320
FIGURA 333. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. EL HOJAS ANCHAS. ....	321

FIGURA 334. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. EL HOJAS ANCHAS. ....	321
FIGURA 335. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. EL HOJAS ANCHAS. ....	322
FIGURA 336. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. EL HOJAS ANCHAS. ....	322
FIGURA 337. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. EL HOJAS ANCHAS. ....	322
FIGURA 338. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. EL HOJAS ANCHAS. ....	323
FIGURA 339. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. EL HOJAS ANCHAS. ....	323
FIGURA 340. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. LA ALDANA. ....	324
FIGURA 341. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. LA ALDANA. ....	324
FIGURA 342. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. LA ALDANA. ....	324
FIGURA 343. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. LA ALDANA. ....	325
FIGURA 344. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. LA ALDANA. ....	325
FIGURA 345. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. LA ALDANA. ....	325
FIGURA 346. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. LA ALDANA. ....	326
FIGURA 347. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. LA CAMELIA. ....	326
FIGURA 348. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. LA CAMELIA. ....	327
FIGURA 349. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. LA CAMELIA. ....	327
FIGURA 350. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. LA CAMELIA. ....	327
FIGURA 351. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. LA CAMELIA. ....	328
FIGURA 352. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. LA CAMELIA. ....	328
FIGURA 353. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. LA CAMELIA. ....	328
FIGURA 354. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. LOS QUINDOS. ....	329
FIGURA 355. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. LOS QUINDOS. ....	329
FIGURA 356. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. LOS QUINDOS. ....	330
FIGURA 357. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. LOS QUINDOS. ....	330
FIGURA 358. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. LOS QUINDOS. ....	330
FIGURA 359. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. LOS QUINDOS. ....	331
FIGURA 360. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. LOS QUINDOS. ....	331
FIGURA 361. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. YEGUAS. ....	332
FIGURA 362. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. YEGUAS. ....	332
FIGURA 363. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. YEGUAS. ....	332
FIGURA 364. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. YEGUAS. ....	333
FIGURA 365. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. YEGUAS. ....	333
FIGURA 366. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. YEGUAS. ....	333
FIGURA 367. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. YEGUAS. ....	334
FIGURA 368. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO LEJOS ESCENARIO ACTUAL. ....	335
FIGURA 369. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO LEJOS ESCENARIO 2025. ....	335
FIGURA 370. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO LEJOS ESCENARIO PSMV 2029. ....	336
FIGURA 371. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO LEJOS. ....	336
FIGURA 372. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO LEJOS. ....	337
FIGURA 373. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO LEJOS. ....	337
FIGURA 374. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO LEJOS. ....	337
FIGURA 375. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO LEJOS. ....	338
FIGURA 376. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO LEJOS. ....	338
FIGURA 377. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO LEJOS. ....	338
FIGURA 378. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA EL INGLÉS. ....	339
FIGURA 379. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBO CARBONÁCEA QUEBRADA EL INGLÉS. ....	339
FIGURA 380. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA EL INGLÉS. ....	340
FIGURA 381. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA EL INGLÉS. ....	340
FIGURA 382. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA EL INGLÉS. ....	340

FIGURA 383. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO TOTALES QUEBRADA EL INGLÉS.....	341
FIGURA 384. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA EL INGLÉS .....	341
FIGURA 385. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO ROJO ESCENARIO ACTUAL .....	342
FIGURA 386. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO ROJO ESCENARIO 2025 .....	342
FIGURA 387. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL DE MODELACIÓN RÍO ROJO ESCENARIO PSMV 2029 .....	343
FIGURA 388. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO ROJO.....	343
FIGURA 389. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO ROJO.....	344
FIGURA 390. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO ROJO.....	344
FIGURA 391. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO ROJO.....	344
FIGURA 392. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO ROJO.....	345
FIGURA 393. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO ROJO.....	345
FIGURA 394. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO ROJO.....	345
FIGURA 395. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO GRÍS.....	346
FIGURA 396. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO GRÍS.....	346
FIGURA 397. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO GRÍS. ....	347
FIGURA 398. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO GRÍS. ....	347
FIGURA 399. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO GRÍS. ....	347
FIGURA 400. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO GRÍS. ....	348
FIGURA 401. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO GRÍS. ....	348
FIGURA 402. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO SAN JUAN.....	349
FIGURA 403. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO SAN JUAN. A.....	349
FIGURA 404. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO SAN JUAN. ....	349
FIGURA 405. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO SAN JUAN. ....	350
FIGURA 406. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO SAN JUAN. A .....	350
FIGURA 407. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO SAN JUAN. ....	350
FIGURA 408. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO SAN JUAN. ....	351
FIGURA 409. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO VERDE ESCENARIO ACTUAL .....	352
FIGURA 410. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL MODELACIÓN RÍO VERDE ESCENARIO 2025 .....	352
FIGURA 411. ESQUEMATIZACIÓN CONCEPTUAL DE MODELACIÓN RÍO VERDE ESCENARIO PSMV 2029.....	353
FIGURA 412. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO VERDE .....	353
FIGURA 413. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO VERDE. ....	354
FIGURA 414. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO VERDE.....	354
FIGURA 415. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO VERDE.....	354
FIGURA 416. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO VERDE. ....	355
FIGURA 417. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO VERDE. ....	355
FIGURA 418. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO VERDE.....	355
FIGURA 419. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADAS AGUA BONITA Y ESMERALDA.....	356
FIGURA 420. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADAS AGUA BONITA Y ESMERALDA.....	356
FIGURA 421. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADAS AGUA BONITA Y ESMERALDA.....	357
FIGURA 422. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADAS AGUA BONITA Y ESMERALDA.....	357
FIGURA 423. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADAS AGUA BONITA Y ESMERALDA.....	357
FIGURA 424. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADAS AGUA BONITA Y ESMERALDA .....	358
FIGURA 425. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADAS AGUA BONITA Y ESMERALDA .....	358
FIGURA 426. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA LA ESPAÑOLA .....	359
FIGURA 427. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA LA ESPAÑOLA.....	359
FIGURA 428. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA LA ESPAÑOLA .....	359
FIGURA 429. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA LA ESPAÑOLA .....	360
FIGURA 430. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA LA ESPAÑOLA .....	360

FIGURA 431. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LA ESPAÑOLA.....	360
FIGURA 432. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LA ESPAÑOLA.....	361
FIGURA 433. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA LA SIBERIA .....	361
FIGURA 434. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA LA SIBERIA .....	361
FIGURA 435. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO QUEBRADA LA SIBERIA .....	362
FIGURA 436. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> QUEBRADA LA SIBERIA .....	362
FIGURA 437. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> QUEBRADA LA SIBERIA .....	362
FIGURA 438. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LA SIBERIA.....	363
FIGURA 439. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA EL SIBERIA .....	363
FIGURA 440. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST Q. EL NARANJAL .....	364
FIGURA 441. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC Q. EL NARANJAL .....	364
FIGURA 442. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO Q. EL NARANJAL .....	364
FIGURA 443. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> Q. EL NARANJAL. ....	365
FIGURA 444. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> Q. EL NARANJAL. ....	365
FIGURA 445. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO Q. EL NARANJAL .....	365
FIGURA 446. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES Q. EL NARANJAL .....	366
FIGURA 447. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST QUEBRADA LA CONGALA .....	366
FIGURA 448. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC QUEBRADA LA CONGALA;.....	367
FIGURA 449. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DE N ORGÁNICO, QUEBRADA LA CONGALA .....	367
FIGURA 450. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DE NH <sub>4</sub> QUEBRADA LA CONGALA .....	367
FIGURA 451. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DE NO <sub>3</sub> QUEBRADA LA CONGALA .....	368
FIGURA 452. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO QUEBRADA LA CONGALA.....	368
FIGURA 453. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES QUEBRADA LA CONGALA.....	368
FIGURA 454. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN SST RÍO SANTO DOMINGO. ....	369
FIGURA 455. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DBOC RÍO SANTO DOMINGO .....	369
FIGURA 456. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN N ORGÁNICO RÍO SANTO DOMINGO .....	370
FIGURA 457. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NH <sub>4</sub> RÍO SANTO DOMINGO .....	370
FIGURA 458. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN NO <sub>3</sub> RÍO SANTO DOMINGO. ....	370
FIGURA 459. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN OXÍGENO DISUELTO RÍO SANTO DOMINGO. ....	371
FIGURA 460. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN COLIFORMES TOTALES RÍO SANTO DOMINGO. ....	371
FIGURA 461.. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE ARMENIA (CABECERA).....	388
FIGURA 462. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE ARMENIA (RESTO) .....	388
FIGURA 463. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE BUENAVISTA (CABECERA).....	389
FIGURA 464. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE BUENAVISTA (RESTO).....	389
FIGURA 465.. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE CALARCÁ (CABECERA).....	390
FIGURA 466. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE CALARCÁ (RESTO).....	390
FIGURA 467. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE CIRCASIA (CABECERA).....	391
FIGURA 468. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE CIRCASIA (RESTO) .....	391
FIGURA 469.. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE CÓRDOBA (CABECERA) .....	392

FIGURA 470. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE CÓRDOBA (RESTO) .....	392
FIGURA 471. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE FILANDIA (CABECERA).....	393
FIGURA 472.. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE FILANDIA (RESTO).....	393
FIGURA 473.. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE GÉNOVA (CABECERA) .....	394
FIGURA 474. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE GÉNOVA (RESTO) .....	394
FIGURA 475. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE LA TEBAIDA (CABECERA) .....	395
FIGURA 476. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE LA TEBAIDA (RESTO).....	395
FIGURA 477. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE MONTENEGRO (CABECERA).....	396
FIGURA 478. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE MONTENEGRO (RESTO).....	396
FIGURA 479. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE PIJAO (CABECERA).....	397
FIGURA 480. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE PIJAO (RESTO) .....	397
FIGURA 481. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE QUIMBAYA (CABECERA) .....	398
FIGURA 482. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE QUIMBAYA (RESTO).....	398
FIGURA 483. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA DE SALENTO (CABECERA) .....	399
FIGURA 484. SELECCIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA ZONA RURAL DE SALENTO (RESTO).....	399
FIGURA 485. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: DBO5 .....	426
FIGURA 486. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: DQO .....	427
FIGURA 487. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: OD.....	428
FIGURA 488. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: SST.....	429
FIGURA 489. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: CONDUCTIVIDAD.....	430
FIGURA 490. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: pH.....	431
FIGURA 491. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: NITRATOS	432
FIGURA 492. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: FOSFORO TOTAL.....	433
FIGURA 493. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: GRASAS Y ACEITES .....	434
FIGURA 494. RESULTADOS DE MONITOREO 2019 EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTO: COLIFORMES TOTALES .....	435

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. VARIABLES RESPUESTA CONSIDERADAS EN EL MODELO EN FUNCIÓN DE VARIABLES DE CUENCA, MÉTODO DE OBTENCIÓN, CÓDIGO, UNIDADES DE MEDIDA, Y VALORES MÍNIMO Y MÁXIMO .....	135
TABLA 2. COMPILADO DE CONCESIONES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS ANALIZADAS POR TIPO DE USUARIO Y USO DEL RECURSO HÍDRICO.....	142
TABLA 3. POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, SEGÚN RESULTADOS CENSALES DEL DANE.....	186
TABLA 4. DEMANDAS HÍDRICAS ACTUALES DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA URBANA DE CADA MUNICIPIO, SIN POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO I).....	197
TABLA 5. DEMANDAS HÍDRICAS FUTURAS DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA URBANA DE CADA MUNICIPIO, SIN POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO I) .....	198
TABLA 6. DEMANDAS HÍDRICAS ACTUALES DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA RURAL DE CADA MUNICIPIO, SIN POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO II) .....	198
TABLA 7. DEMANDAS HÍDRICAS FUTURAS DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA RURAL DE CADA MUNICIPIO, SIN POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO II) .....	199
TABLA 8.. DEMANDAS HÍDRICAS ACTUALES DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA URBANA DE CADA MUNICIPIO, CON POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO III) .....	199
TABLA 9.. DEMANDAS HÍDRICAS FUTURAS DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA URBANA DE CADA MUNICIPIO, CON POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO III) .....	200
TABLA 10. DEMANDAS HÍDRICAS ACTUALES DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA RURAL DE CADA MUNICIPIO, CON POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO IV) .....	200
TABLA 11. DEMANDAS HÍDRICAS FUTURAS DE USO DOMÉSTICO PARA LA ZONA RURAL DE CADA MUNICIPIO, CON POBLACIÓN FLOTANTE (ESCENARIO I) .....	201
TABLA 12.. DEMANDA HÍDRICA TOTAL PARA USO DOMÉSTICO DE CADA UNA DE LAS CABECERAS MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, SIN CONSIDERAR LA POBLACIÓN FLOTANTE .....	202
TABLA 13. DEMANDA HÍDRICA TOTAL PARA USO DOMÉSTICO DE LOS CENTROS RURALES POR MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, SIN CONSIDERAR LA POBLACIÓN FLOTANTE.....	203
TABLA 14. DEMANDA HÍDRICA TOTAL PARA USO DOMÉSTICO DE CADA UNA DE LAS CABECERAS MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CONSIDERANDO LA POBLACIÓN FLOTANTE .....	205
TABLA 15. DEMANDA HÍDRICA TOTAL PARA USO DOMÉSTICO DE LOS CENTROS RURALES POR MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CONSIDERANDO LA POBLACIÓN FLOTANTE .....	206
TABLA 16. INFORMACIÓN OBTENIDA DURANTE LOS MUESTREOS DE CALIDAD DEL AGUA .....	208
TABLA 17. DESCRIPCIÓN DE CÓDIGOS Y TIPOS DE VERTIMIENTOS.....	210
TABLA 18. CÓDIGOS ASIGNADOS A LOS CUERPOS DE AGUA ANALIZADOS .....	211
TABLA 19. TASAS DE MUERTE DE COLIFORMES REPORTADAS EN EL RÍO QUINDÍO Y LA LITERATURA ACADÉMICA .....	226
TABLA 20. REPRESENTACIÓN MODELO CONCEPTUAL SIMULACIÓN PARA CADA TRAMO .....	227
TABLA 21. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DESARROLLADOS.....	235
TABLA 22. VALORES ADOPTADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE CARGAS .....	238
TABLA 23. FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS PARA LA DEFINICIÓN DEL INVENTARIO DE VERTIMIENTOS PUNTUALES Y ESQUEMAS CONCEPTUALES DE CADA FUENTE HÍDRICA.....	240
TABLA 24. TRAMOS DEFINIDOS POR LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO PARA HACER EVALUACIÓN DE METAS GLOBALES DE CARGA CONTAMINANTE EN EL AÑO 2018. FUENTE: SRCA-CRQ (2018).....	244
TABLA 25. TRAMOS DEFINIDOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS DE CALIDAD PARA LAS FUENTES HÍDRICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO. FUENTE: RESOLUCIÓN 1035 DE (2008).....	244

TABLA 26. TRAMOS ESTABLECIDOS PARA LA DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA DE LAS FUENTES HÍDRICAS RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, PERIODO 2019-2029. .	247
TABLA 27. CURVAS DE GASTO OBTENIDAS PARA LA MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	250
TABLA 28. VALORES DE CALIBRACIÓN MODELOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO .....	254
TABLA 29. CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA DEFINICIÓN DE METAS AMBIENTALES EN CORRIENTES HÍDRICAS DEL QUINDÍO. ....	372
TABLA 30. CATEGORÍAS DE USO POTENCIAL DEL AGUA EN CORRIENTES HÍDRICAS SUPERFICIALES DEL QUINDÍO. ....	373
TABLA 31. ESCENARIOS CONSIDERADOS PARA LAS METAS AMBIENTALES EN CORRIENTES HÍDRICAS SUPERFICIALES DEL QUINDÍO. ....	373
TABLA 32. VALORES CRÍTICOS OBTENIDOS EN MODELACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA POR CORRIENTE PARA CADA ESCENARIO.....	374
TABLA 33. USOS POTENCIALES DEL AGUA POR TRAMO PARA LAS FUENTES HÍDRICAS RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	376
TABLA 34. CRITERIOS DE CALIDAD POR CATEGORÍA DE USO .....	377
TABLA 36. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LOS 37 TRAMOS SEGÚN LOS RESULTADOS DEL ESCENARIO 2029-PSMV .....	378
TABLA 37. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LOS 37 TRAMOS SEGÚN LOS RESULTADOS DEL ESCENARIO 2029 .....	379

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. DESEMPEÑO DE LOS MODELOS DE PROYECCIÓN POBLACIONAL CANDIDATOS COMO INSUMO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PROYECTADA EN EL PERIODO 2019 - 2029 .....	388
ANEXO 2. INVENTARIO DE VERTIMIENTOS POR FUENTE HÍDRICA .....	400
ANEXO 3. REPORTES LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS, MONITOREO 2019 .....	426



## INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua permite ofrecer condiciones aceptables de calidad del hábitat para los ecosistemas y de vida para las comunidades que aprovechan los recursos hídricos. Para lograrlo, se requieren acciones de planificación ambiental que conduzcan al ordenamiento del territorio, vertimientos y aprovechamientos de agua en concordancia con las metas ambientales y los objetivos de calidad del agua establecidos por las autoridades ambientales.

La Corporación Autónoma Regional del Quindío –CRQ- mediante la ejecución del convenio interinstitucional No: 004-2018 con la Universidad del Tolima, formuló los objetivos de calidad del agua en 37 fuentes receptoras de vertimientos en el departamento del Quindío. En tal sentido, este documento presenta la memoria de cálculo y los resultados del proceso de definición de los usos potenciales del agua y objetivos de calidad en las fuentes hídricas estudiadas. Se espera que los resultados obtenidos le permitan a la entidad establecer lineamientos y normativas que conduzcan al mejoramiento de la calidad del agua en las principales corrientes receptoras de vertimientos domésticos, industriales y comerciales en el departamento del Quindío.

En este documento, se presenta la metodología y resultados de la modelación de la calidad del agua de las principales corrientes hídricas superficiales en el departamento del Quindío, así como los resultados de la simulación de escenarios de calidad del agua. En consecuencia, los resultados de la modelación de la calidad del agua fueron el insumo principal para el establecimiento de los usos potenciales por tramo y la definición de los objetivos de calidad del agua.

Los resultados obtenidos, demuestran que es posible mejorar las características físicoquímicas y microbiológicas de las corrientes objeto de modelación en este estudio mediante la implementación de acciones como la construcción de colectores, interceptores y plantas de tratamiento de aguas residuales. Dichos análisis permiten describir el comportamiento actual de la calidad del agua y su proyección a los años 2025 y 2029.

# 1 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

## 1.1 Unidad Hidrográfica quebrada Agua Bonita

### 1.1.1 Ubicación geográfica

Localizada a los 1270 m.s.n.m al suroeste del municipio de Calarcá. Su cauce principal nace en la vereda La Albania, aproximadamente a los 1340 m.s.n.m entre las coordenadas N 985443.52 – W 1152076.56 y desemboca sobre la quebrada La Esmeralda a 1188 m.s.n.m, en la vereda Calle Larga con coordenadas N 979943.99 - W 1148510.77 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas La Albania, Playa Rica y Calle Larga.

### 1.1.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Esta Unidad Hidrográfica está integrada por suelos de las consociaciones Padilla (PL) en un 53% (2,72 km<sup>2</sup>) y El Cafetal (EC) en un 45% (2,33 km<sup>2</sup>); comprenden las fases ECa, ECb, PLd1, PLe1 y PL2. El 2% (0,12 km<sup>2</sup>) del área restante, es representado por la Zona Urbana (ZU) (Figura 2 y Figura 1).

Los suelos se distribuyen en sectores de pendientes planas (0-3%) a ligeramente escarpadas (25-50%); algunos afectados por erosión en grado ligero o moderado. Su material de origen está constituido por cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos. Son suelos profundos; bien drenados; ligeros a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada. Presentan bajos contenidos de materia orgánica; el CO oscila entre 0,98 y 1,2%. Las texturas son medias a moderadamente finas; la estructura se presenta en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable y en mojado varía desde no pegajosa y no plástica hasta ligeramente pegajosa y plástica (IGAC, 2013).

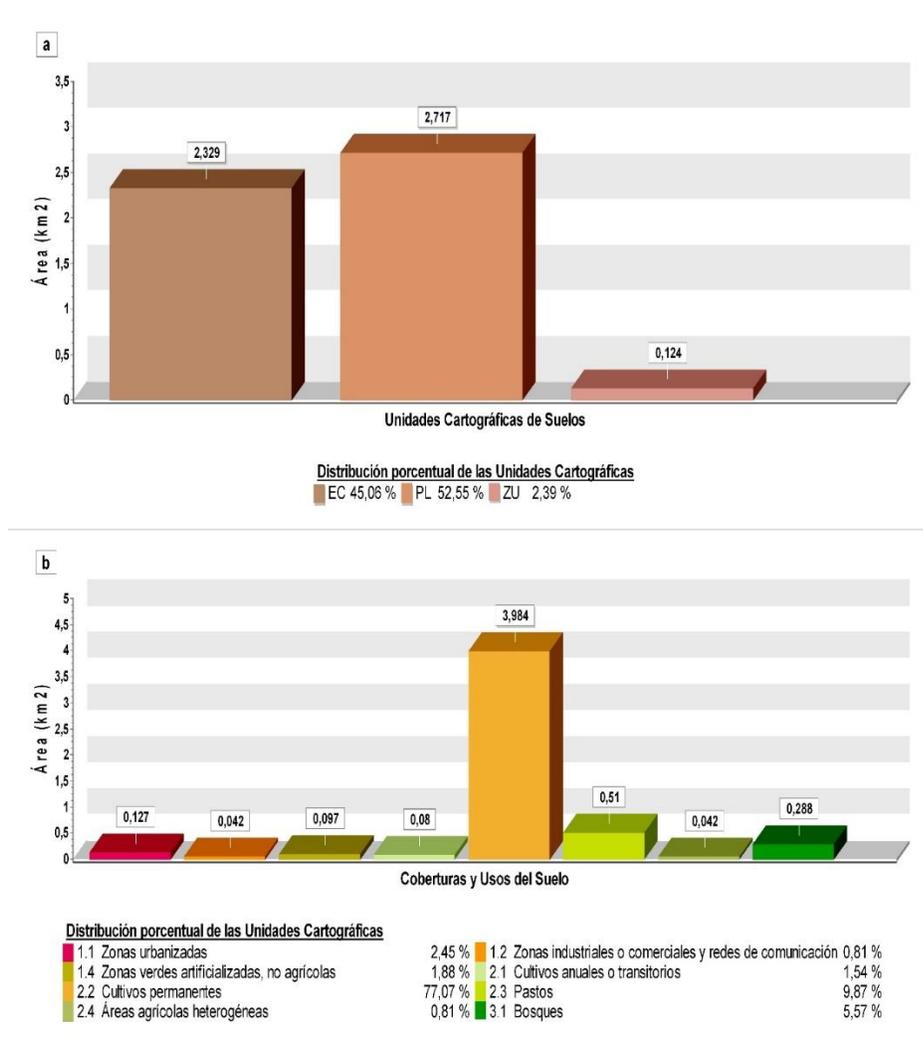
La retención de humedad es de media a alta a distintas tensiones, así como la humedad aprovechable que oscila entre 10 y 27%. La porosidad total presenta valores entre 43 y 65%, distribuida de tal forma que en el suelo existe adecuada retención de agua y a la vez buen drenaje y aireación, a excepción de los suelos de la consociación EC donde se presentan ciertas restricciones por la baja macroporosidad. Los valores de densidad real oscilan entre 2,2 y 2,58 g.cm<sup>-3</sup> mientras que la densidad aparente fluctúa entre 0,76 y 1,43 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC,2013).

### 1.1.3 Coberturas y Usos de la Tierra

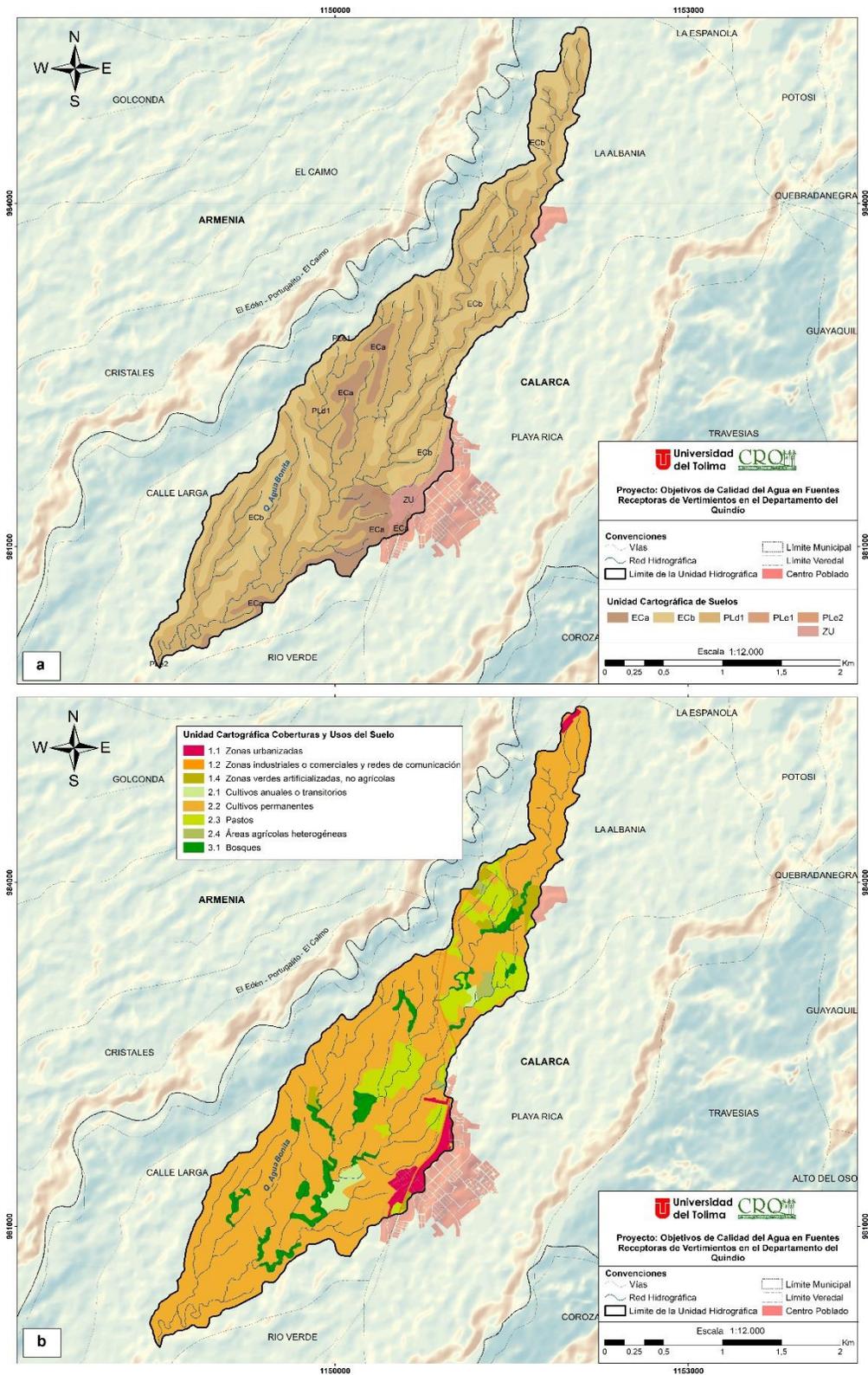
Considerando el estudio de coberturas y usos del suelo del departamento del Quindío, escala 1:10.000 realizado por el IGAC (2010), en la quebrada Agua Bonita, la cobertura más representativa corresponde a los Cultivos permanentes (77% - 3,98 km<sup>2</sup>), principalmente Café (1,91 km<sup>2</sup>) y Plátano (1,85 km<sup>2</sup>). En segundo lugar, con el 10% del área total, se

encuentran los Pastos con una extensión de 0,51 km<sup>2</sup> entre los cuales se destacan los Pastos limpios con el 8% (0,42 km<sup>2</sup>) de estos. En tercer lugar, están los Bosques con el 6% (0,29 km<sup>2</sup>) integrados especialmente por los Bosques de galería de guadua en un 5% (0,28 km<sup>2</sup>). Las demás coberturas, con menor representatividad son, en un 5% (0,27 km<sup>2</sup>) los Territorios artificializados que integran las coberturas de Zonas urbanizadas, Zonas verdes artificializadas, Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación y en un 2% (0,08 km<sup>2</sup>) los Territorios agrícolas con Cultivos anuales o transitorios y el 1% (0,04 km<sup>2</sup>) de Áreas agrícolas heterogéneas. La Figura 2 y Figura 1, señalan la distribución de las coberturas y usos del suelo para esta Unidad Hidrográfica.

Además de esto, el IGAC (2013), indica la presencia de algunas especies como quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), nogal (*Cordia alliodora*) y algunas piperáceas, lianas, helechos y heliconias.



**Figura 1.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Agua Bonita.



**Figura 2.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Agua Bonita.

## **1.2 Unidad Hidrográfica quebrada Agua Linda**

### **1.2.1 Ubicación geográfica**

Nace al noreste del municipio de Quimbaya, en la vereda La Soledad sobre los 1385 m.s.n.m entre las coordenadas N 1003265.29 – W 1147662.26 y desemboca a los 1258 m.s.n.m en la vereda Malabar, sobre la quebrada Campoalegre entre las coordenadas N 1004975.84 - W 1143671.24 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas La Soledad, Mesa Baja, La Granja, Malabar.

### **1.2.2 Unidades Cartográficas de Suelos**

Hacen parte de esta Unidad Hidrográfica los suelos de la consociación La Esperanza (LEc) en un 25% (0,50 km<sup>2</sup>), Membrillal (MMe1) en un 20% (0,41 km<sup>2</sup>), Padilla (PLd1) en un 18% (0,36 km<sup>2</sup>) y El Cafetal (ECa) en un 5% (0,10 km<sup>2</sup>). La Zona Urbana cubre el 32% (0,66 km<sup>2</sup>) del área total, según la Figura 4 y Figura 3.

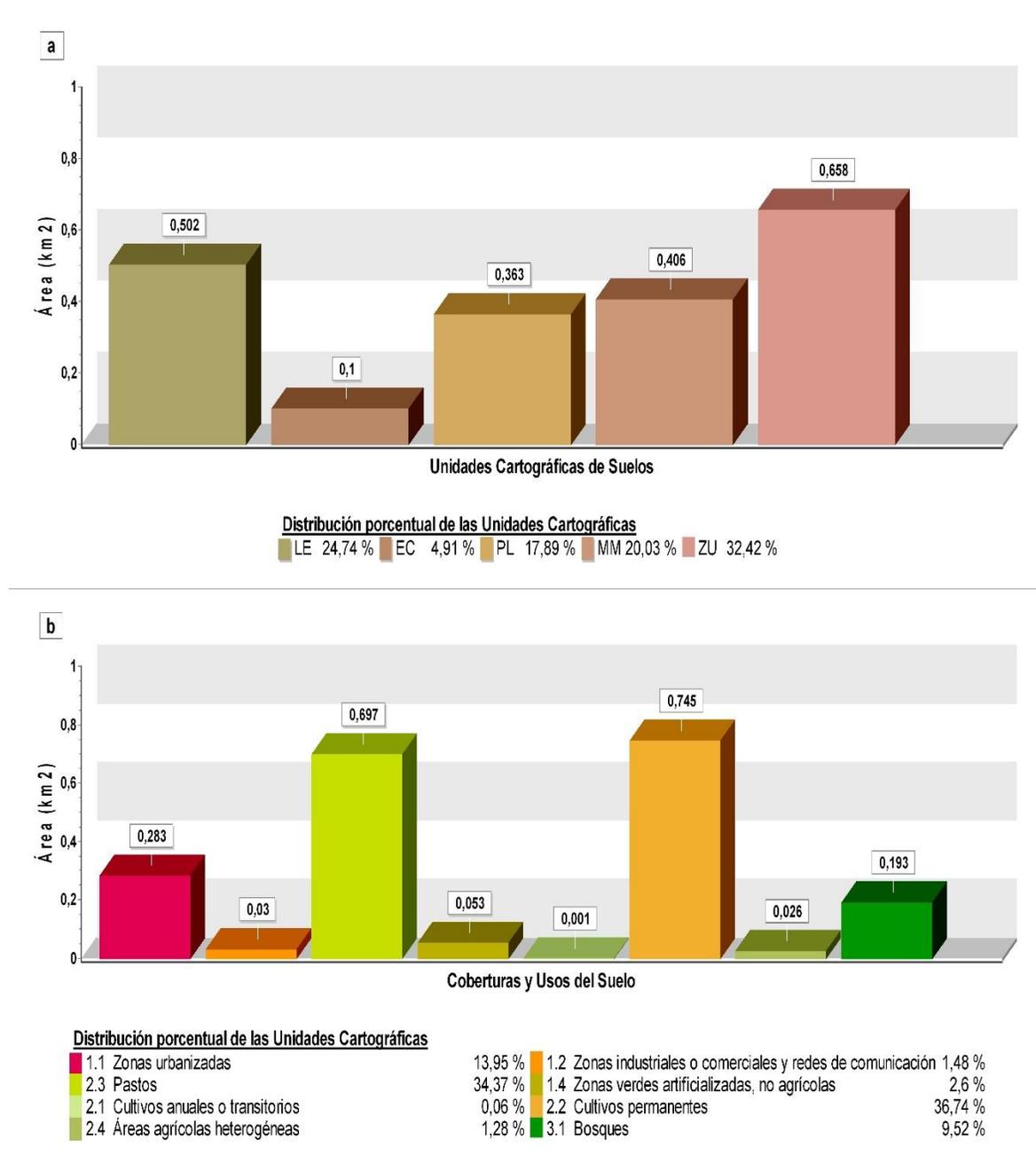
Se localizan en sectores de pendientes planas (0-3%) a ligeramente escarpadas (25-50%); en algunos casos con erosión ligera. Suelos originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales limitados por fragmentos de roca; bien drenados; ligera a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada y baja. Presentan contenidos de carbono orgánico (CO) bajos y altos entre 0,98 y 4,5%; las texturas son moderadamente gruesas a moderadamente finas; la estructura es en bloques subangulares entre finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable, mientras que en mojado varía desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica (IGAC, 2013).

Tienen mediana y alta capacidad de retención de humedad a distintas tensiones; la humedad aprovechable oscila de 10 hasta 27%. La porosidad total es alta, con valores entre 43 y 68%, con predominio de macroporos en la mayor parte de los casos, que garantiza la adecuada retención de agua; sin embargo, la macroporosidad varía bastante de una zona a otra, presentado restricciones en la aireación y el movimiento del agua en el perfil en algunos sitios. La densidad real oscila entre 2,2 y 2,58 g.cm<sup>-3</sup> y la aparente entre 0,76 y 1,43 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

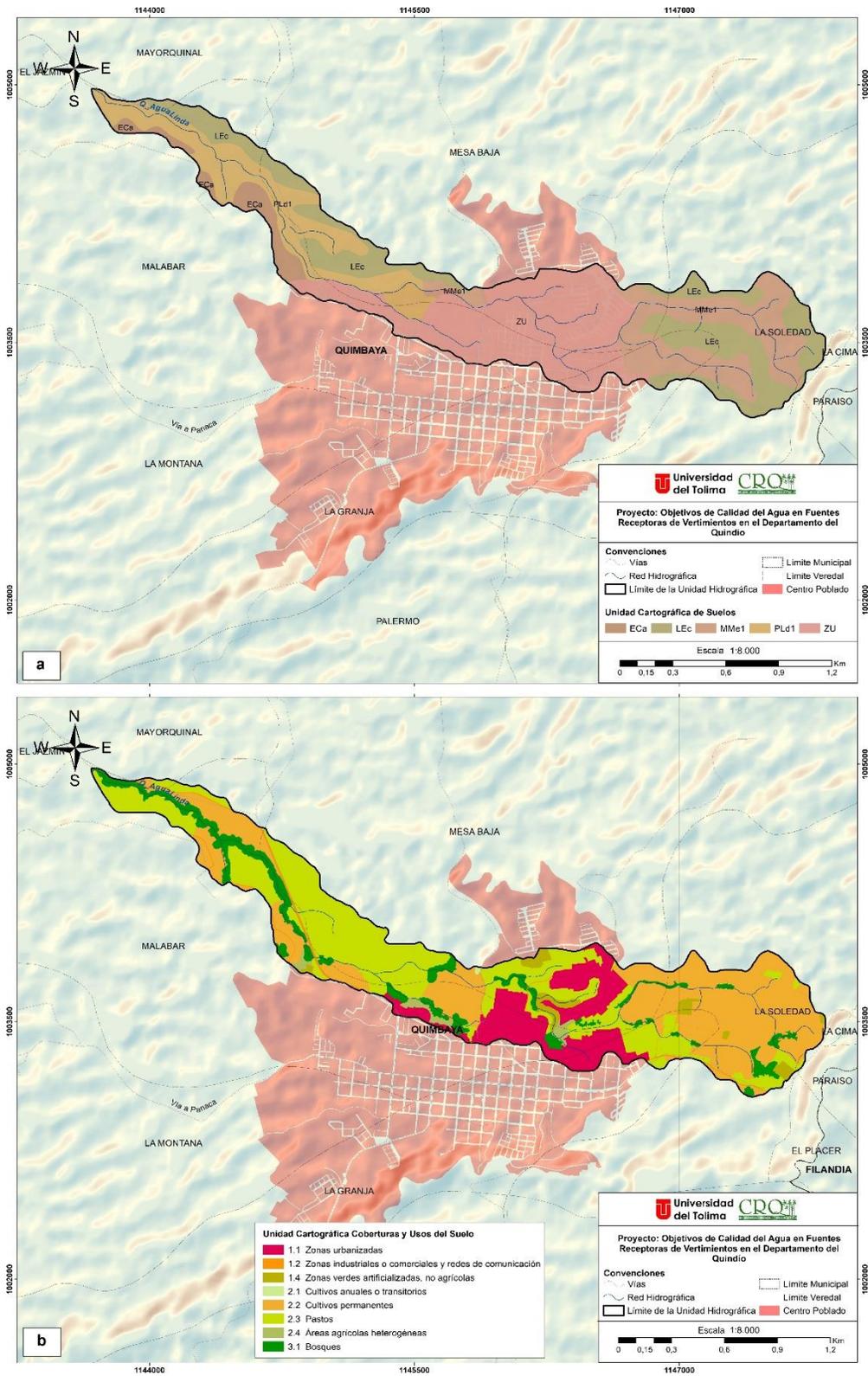
### **1.2.3 Coberturas y Usos de la Tierra**

La quebrada Agua Linda está integrada principalmente por 4 de las coberturas descritas por el IGAC (2010), estas son en su orden, los Cultivos permanentes con el 37% (0,75 km<sup>2</sup>) representados casi en su totalidad por el cultivo de Café (30,74 km<sup>2</sup>), los Pastos con el 34% (0,70 km<sup>2</sup>) básicamente Pastos limpios (31% - 0,63 km<sup>2</sup>) y Pastos enmalezados (3% - 0,07 km<sup>2</sup>), las Zonas urbanizadas con el 14% (0,28 km<sup>2</sup>) y los Bosques con el 10% (0,19 km<sup>2</sup>) del área, siendo principalmente Bosques de galería de guadua con una extensión de 0,17 km<sup>2</sup> (9%). Aproximadamente el 5% (0,11 km<sup>2</sup>) del área restante es ocupada por Áreas agrícolas heterogéneas, ciertos Territorios artificializados como Zonas comerciales y redes de

comunicación, y por algunos Cultivos anuales (Figura 4 y Figura 3.). Las especies vegetales como el quebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), al igual que piperáceas, lianas, helechos y heliconias, también es posible encontrarlas en esta zona (IGAC, 2013).



**Figura 3.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Agua Linda.



**Figura 4.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Agua Linda.

## **1.3 Unidad Hidrográfica quebrada Armenia**

### ***1.3.1 Ubicación geográfica***

Su extensión cubre cerca del 70% del área metropolitana de Armenia. Nace sobre la cabecera municipal a los 1494 m.s.n.m con coordenadas N 993142.16 – W 1154864.34 y desemboca al noroeste del municipio a una altura de 1258 m.s.n.m, sobre el Río Espejo en la vereda La Patria dentro de las coordenadas N 993800.48 - W 1148344.84 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas El Mesón y La Patria.

### ***1.3.2 Unidades Cartográficas de Suelos***

Como se puede observar en la Figura 6 y Figura 5, la Zona Urbana (ZU) constituye la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica (77% - 6,09 km<sup>2</sup>). El 10% (0,80 km<sup>2</sup>) hace parte de los suelos de la consociación La Esperanza (LEb), el 9% (0,75 km<sup>2</sup>) del Quindío (QNai) y el 4% (0,31 km<sup>2</sup>) del Membrillal (MMe1). Los Cuerpos de Agua (CA) cubren menos del 1% de toda el área.

Estos suelos se localizan en pendientes planas (0-3%), ligeramente inclinadas (3-7%) y ligeramente escarpadas (25-50%), inundables o con erosión ligera en algunos casos. El IGAC (2013) los caracteriza como, suelos originados de depósitos aluviales mixtos y cenizas volcánicas sobre rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales limitados por fragmentos de rocas o el nivel freático; bien a imperfectamente drenados; ligera a fuertemente ácidos; de fertilidad baja y moderada. Presentan altos y bajos niveles de materia orgánica; los contenidos de CO oscilan entre el 1,7 a 4,5% en el horizonte superficial y hasta 1,3 y 0,4% en la profundidad en el perfil. Son de grupo textural grueso a moderadamente fino. La estructura puede ser de grano suelto o en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia es friable, no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica.

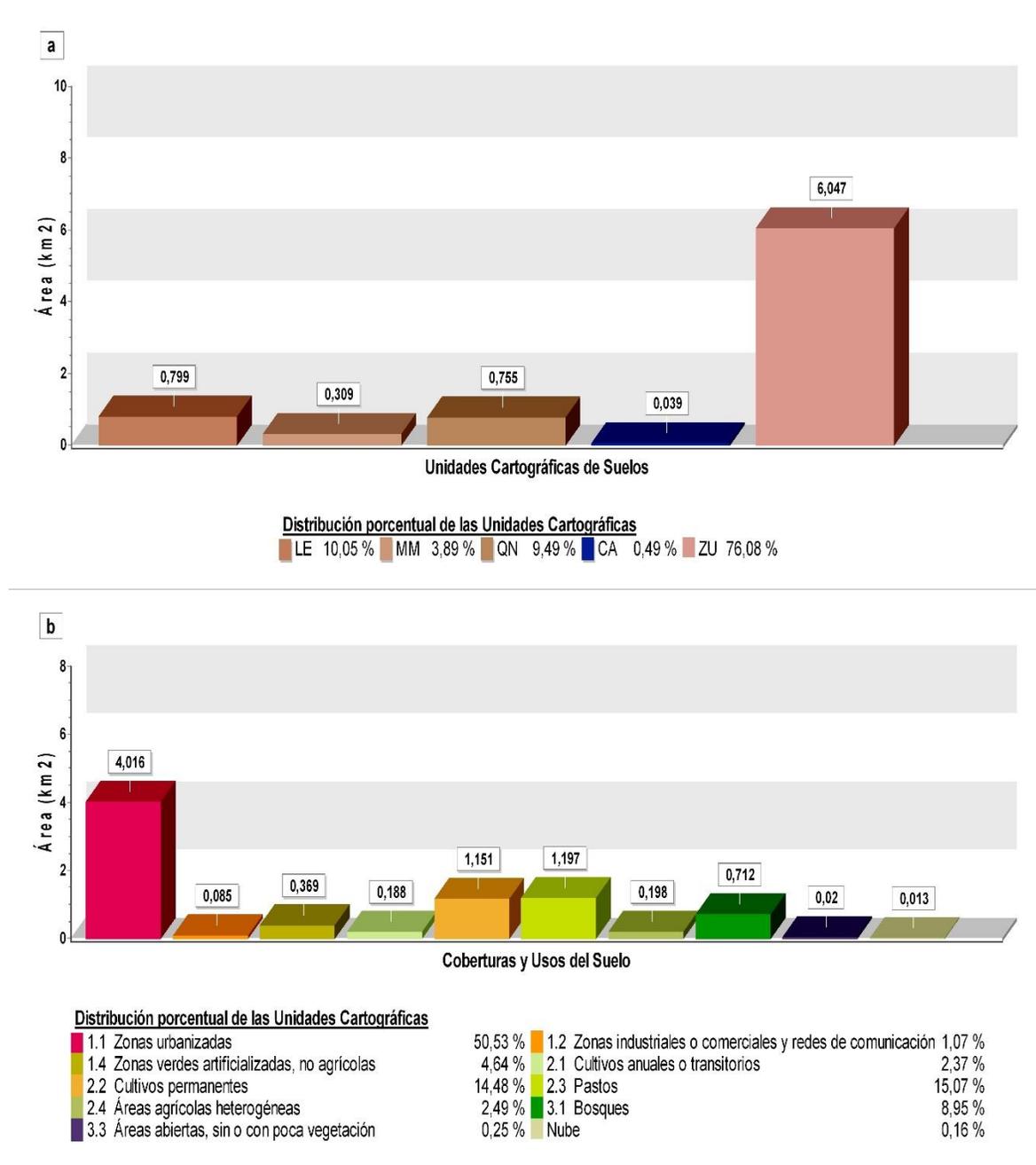
La retención de humedad es alta a diferentes tensiones; la humedad aprovechable fluctúa entre 5 y el 27%. La porosidad total supera el 45%, con distribución adecuada entre macroporos y microporos, que garantiza buena aireación y adecuada retención de humedad. La densidad real oscila entre 2,2 y 2,74 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,78 y 1,5 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### ***1.3.3 Coberturas y Usos de la Tierra***

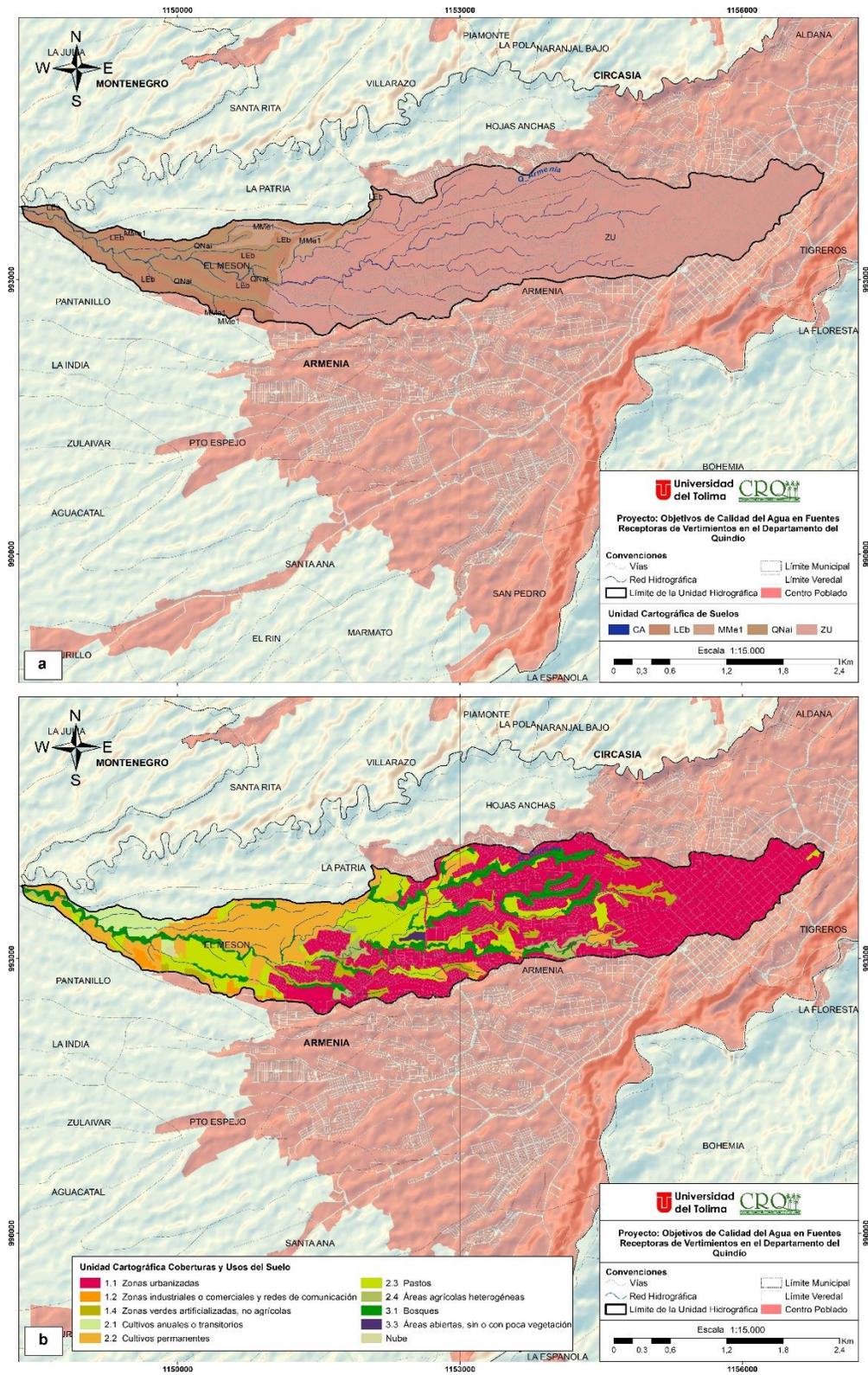
La cobertura que integra la mayor parte de la quebrada Armenia corresponde a Zonas urbanizadas con el 51% (4,02 km<sup>2</sup>) del área total; le siguen los Pastos con el 15% (1,20 km<sup>2</sup>), los Cultivos permanentes con el 14% (1,15 km<sup>2</sup>) básicamente Café (1,0 km<sup>2</sup>) y Plátano (0,14 km<sup>2</sup>), y los Bosques con el 9% (0,69 km<sup>2</sup>) siendo básicamente Bosques de galería de guadua; el resto del área (11% - 0,86 km<sup>2</sup>) es ocupada por Zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, Zonas verdes artificializadas, Cultivos transitorios principalmente de Yuca y Maíz, Áreas agrícolas heterogéneas asociadas a mosaicos entre Pastos, cultivos y espacios



naturales, y algunas Áreas abiertas, sin o con poca vegetación, tal como se indica en la Figura 6 y Figura 5. Según el IGAC (2013), dentro de la vegetación natural predominan especies como quebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) además de algunas piperáceas, lianas, helechos y heliconias.



**Figura 5.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Armenia.



**Figura 6.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Armenia.

## **1.4 Unidad Hidrográfica quebrada Buenavista**

### ***1.4.1 Ubicación geográfica***

Su cauce principal nace al suroeste del casco urbano de Filandia, en la vereda Bambuco Alto a altura aproximada de 1855 m.s.n.m entre las coordenadas N 1007663.28 – W 1155952.33 y confluye al Río La Vieja a los 995 m.s.n.m en la vereda La Montaña, a orillas del corregimiento Puerto Alejandría con coordenadas N 1003132.60 - W 1135978.92 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre los municipios de Filandia y Quimbaya, atravesando las veredas Buenavista, Bambuco Alto y Bajo, Fachadas, La Cauchera, Las Pavas, Los Tanques, El Vigilante, Naranjal, La Unión, El Placer, Paraiso, La Cima, Mesa alto, Trocaderos, La Soledad, La Granja, La Montaña, Malabar, Palermo, Kerman y La Tigrrera, respectivamente.

### ***1.4.2 Unidades Cartográficas de Suelos***

La Unidad Hidrográfica está integrada principalmente por los suelos de la consociación La Esperanza (LE) en un 37% (20,17 km<sup>2</sup>), Padilla (PL) en un 23% (12,74 km<sup>2</sup>), Membrillal (MM) en un 22% (12,05 km<sup>2</sup>) y El Cafetal (EC) en un 9% (5,19 km<sup>2</sup>); incluyen las unidades cartográficas LEa, LEb, LEb1, LEc, LEc1, LEc2, PLd1, Ple1, PLf1, MMe, MMe1, MMe2, MMg2 y ECa (Figura 8 y Figura 7).

Ocupan pendientes planas (0-3%) a fuertemente escarpadas (>75%); algunos con evidencias de erosión en grado ligero y moderado. Son suelos provenientes de arcillolitas, conglomerados, anfibolitas, esquistos, cenizas volcánicas sobre rocas volcano-sedimentarias y/o depósitos torrenciales volcánicos; profundos a moderadamente superficiales limitados por fragmentos de roca; bien drenados; ligera a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada y baja; con altos y bajos niveles de materia orgánica donde los contenidos del CO varían entre 0,98 y 4,5% en el horizonte superficial, hasta 0,04 y 1,2% en la parte más profunda del perfil. Las texturas son moderadamente gruesas a finas; la estructura se presenta en bloques subangulares finos, medios y gruesos, de débiles a fuertemente desarrollados. La consistencia es friable en húmedo, mientras que en mojado varía desde no pegajosa y no plástica hasta plástica y pegajosa, por el alto contenido de arcilla en algunos sitios (IGAC, 2013).

Retienen cantidades medias y altas de humedad a distintas tensiones; la humedad aprovechable oscila entre el 9 a 28%. La porosidad total es superior al 42%, distribuida de tal forma que en el suelo existe buenas condiciones de aireación y retención de agua, a excepción de los suelos de las consociaciones CB y EC donde existen ciertas restricciones tanto para el movimiento del agua como del aire debido a la baja macroporosidad. La densidad real fluctúa entre 2,2 a 2,61 g.cm<sup>-3</sup> mientras que la densidad aparente entre 0,76 y 1,48 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### 1.4.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Las principales coberturas del área son los Cultivos permanentes con el 46% (25,22 km<sup>2</sup>), representados por el Plátano (3,79 km<sup>2</sup>), el Banano (1,16 km<sup>2</sup>), el Café (19,25 km<sup>2</sup>) y algunos Cítricos (0,75 km<sup>2</sup>); le siguen los Pastos con el 32% (17,91 km<sup>2</sup>) principalmente limpios (16,68 km<sup>2</sup>), y luego las áreas de Bosques con el 15% (8,18 km<sup>2</sup>), siendo el 9% (5,15 km<sup>2</sup>) de estos Bosques de galería de guadua. El área restante (7% - 3,6 km<sup>2</sup>) corresponde a Territorios agrícolas integrados por Áreas heterogéneas y Cultivos transitorios como el Maíz, la Habichuela, el Pimentón y la Yuca; Áreas seminaturales con vegetación herbácea y/o arbustiva; Aguas continentales como los ríos, y Territorios artificializados con Zonas urbanizadas, Zonas verdes artificializadas, Zonas industriales y Redes de comunicación (Figura 8 y Figura 7). El IGAC (2013) señala la presencia de especies maderables como balso (*Ochroma pyramidale*), yarumo negro (*Cecropia angustifolia*), yarumo blanco (*Cecropia telealba*) y (*Cecropia teleincana*), guadua (*Guadua angustifolia*), cedro (*Cedrela* spp.) y algunas especies de quebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), piperáceas, lianas, helechos y heliconias.

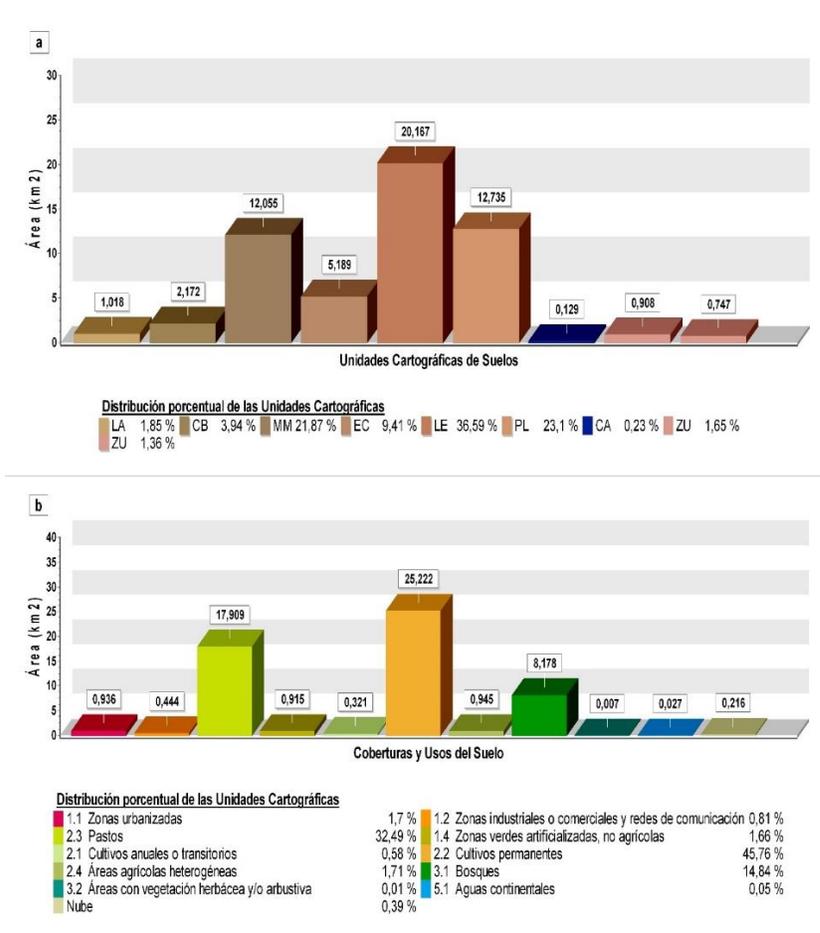
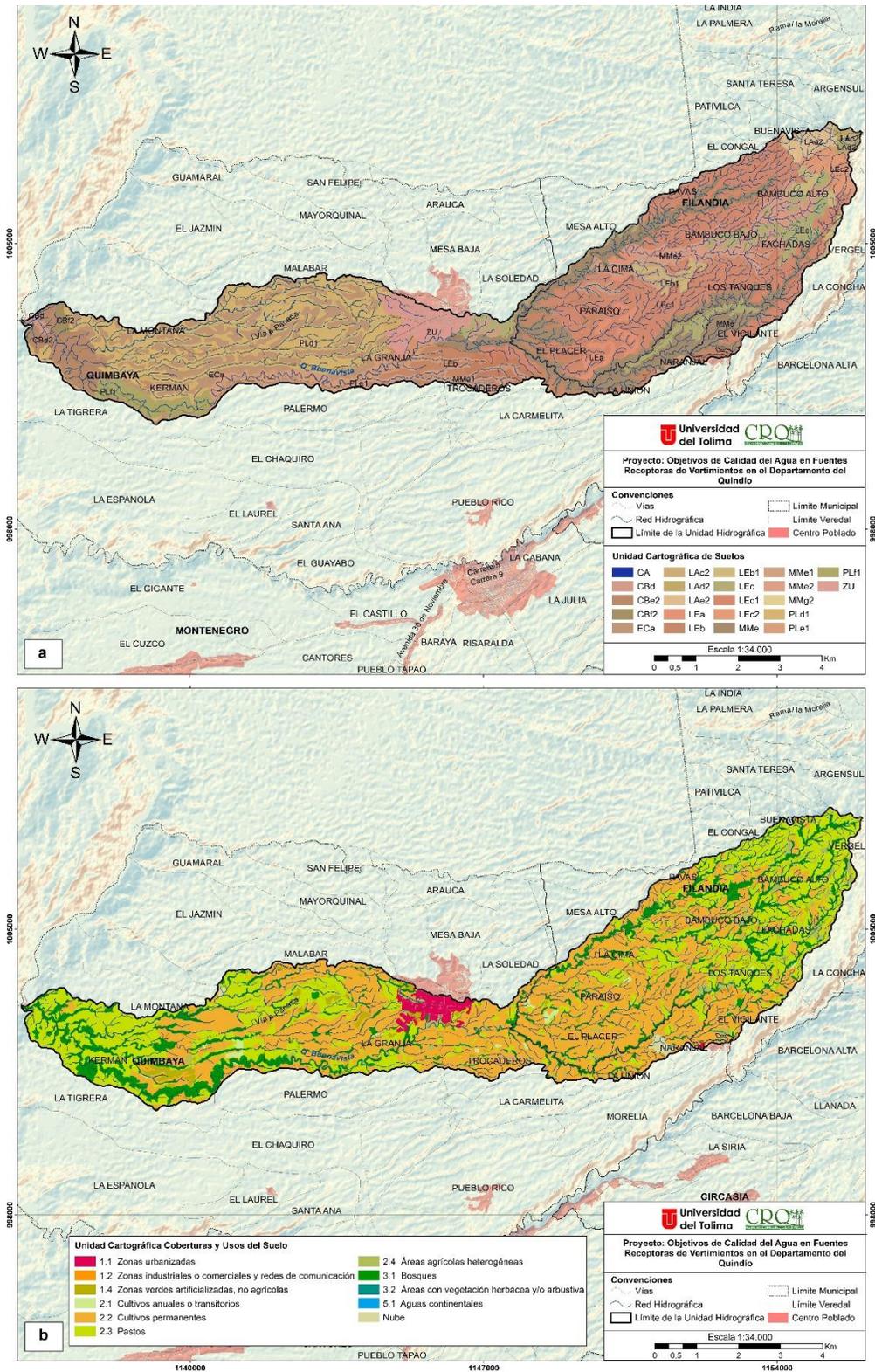


Figura 7. Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Buenavista.



**Figura 8.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Buenavista.

## **1.5 Unidad Hidrográfica quebrada Cajones Montenegro**

### ***1.5.1 Ubicación geográfica***

El cauce principal nace a los 1561 m.s.n.m del suroeste del municipio de Circasia en la vereda Piamonte con coordenadas N 999327.37 – W 1153842.89 y desemboca al noreste del municipio de Montenegro a los 1236 m.s.n.m, en la vereda Risaralda sobre la quebrada La Soledad (Quebrada La Arabia) entre las coordenadas N 994216.60 - W 1145628.95 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Comprende las veredas del municipio de Circasia: La Siria, Piamonte, Pinares y La Cabaña, y del municipio de Montenegro: Risaralda, Baraya, La Cabaña y El Castillo.

### ***1.5.2 Unidades Cartográficas de Suelos***

La Unidad Hidrográfica está integrada principalmente por los suelos de la consociación La Esperanza (LE) en un 46% (3,65 km<sup>2</sup>), Membrillal (MM) en un 20% (1,59 km<sup>2</sup>) y Padilla (PL) en un 9% (0,74 km<sup>2</sup>); comprenden las fases LEB, LEc, LEc2, MMe, MMe1, MMf2, PLd1 y PLe1. Los suelos de la consociación El Quindío (QN) y El Cafetal (EC) solo ocupan el 8% (0,65 km<sup>2</sup>) del área restante, mientras que la Zona Urbana (ZU) el 17% (1,37 km<sup>2</sup>), según la Figura 10 y Figura 9.

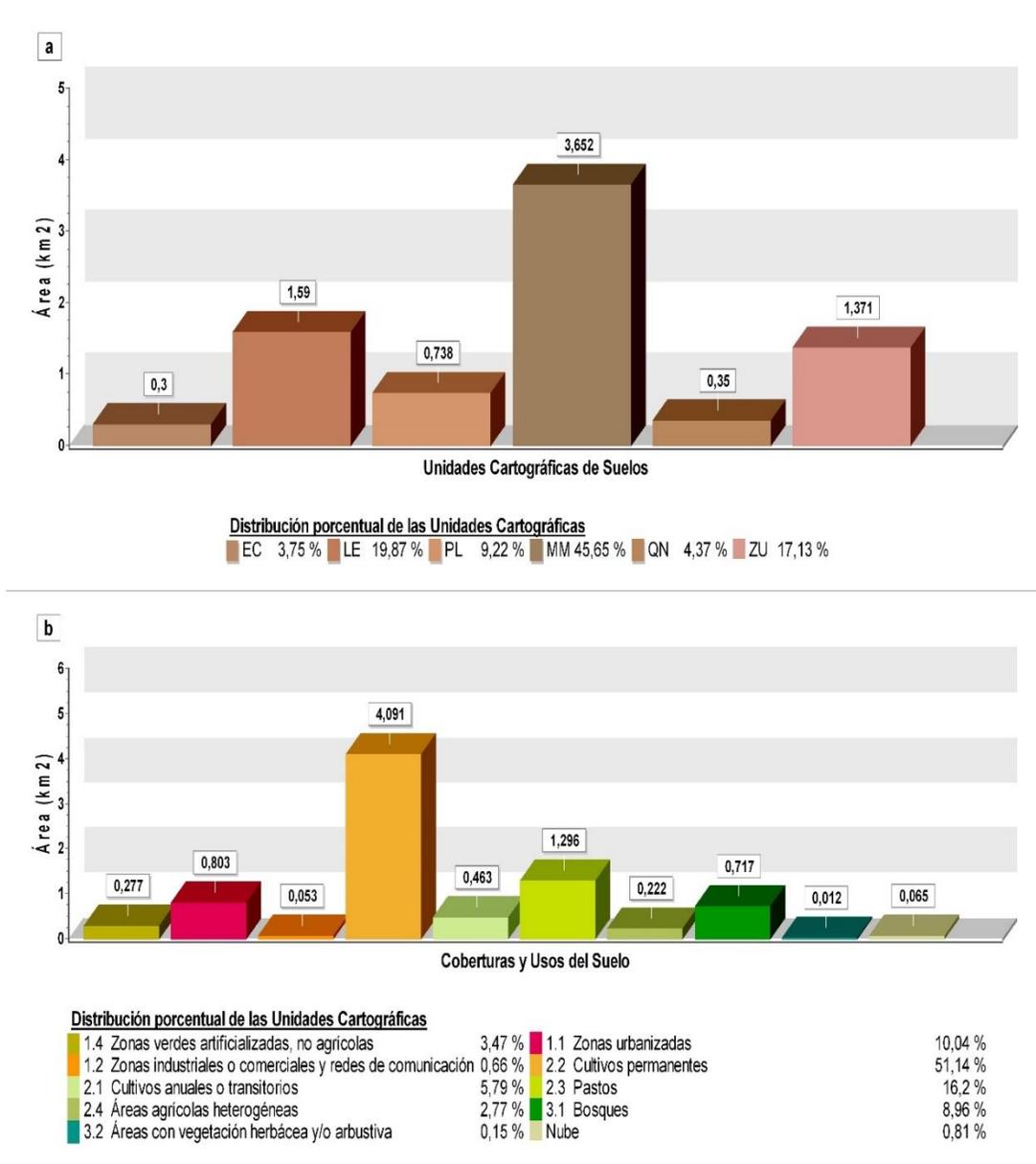
Se encuentran en zonas de pendiente plana (0-3%) a moderadamente escarpada (50-75%), inundables o con algún tipo de erosión de ligera a moderada. Suelos derivados de cenizas volcánicas sobre rocas volcano-sedimentarias y depósitos torrenciales volcánicos; profundos a moderadamente superficiales (limitados por fragmentos de roca y nivel freático); bien a imperfectamente drenados; ligeros a fuertemente ácidos; de fertilidad baja y moderada; con niveles altos y bajos de materia orgánica, reportándose valores entre 0,98 y 4,5% de CO. Presentan texturas gruesas a moderadamente finas; estructura en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados o en algunos casos, sin estructura (grano suelto); de consistencia friable en húmedo y de no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y ligeramente plástica, en mojado (IGAC,2013).

La capacidad de retención de humedad a distintas tensiones es de alta a baja, igual que la humedad aprovechable la cual presenta valores entre 5 y 27%. La porosidad total supera el 43%, con proporciones adecuadas de macro y microporos para facilitar la retención de agua, la aireación y el drenaje del suelo. La densidad real fluctúa entre 2,2 y 2,74 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,76 y 1,5 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

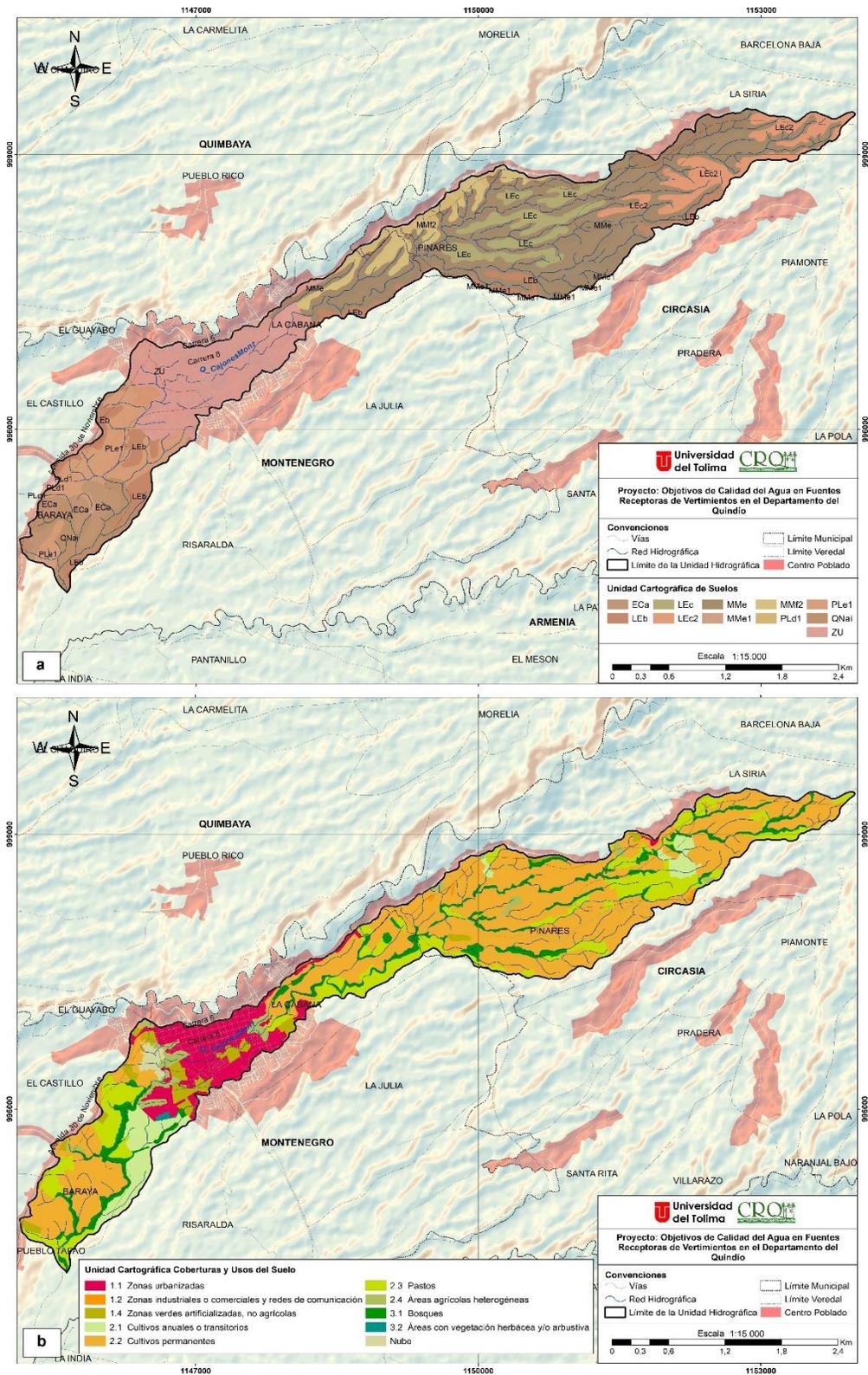
### ***1.5.3 Coberturas y Usos de la Tierra***

Las coberturas que constituyen la mayor parte del área, considerando el estudio del IGAC (2010), son en primer lugar, los Cultivos permanentes en un 51% (4,09 km<sup>2</sup>) de tipo arbustivo como el Café (39% - 3,12 km<sup>2</sup>) y herbáceos como el Plátano y el Banano (12% - 0,95 km<sup>2</sup>); en segundo lugar, los Pastos limpios y Pastos enmalezados con el 16% (1,30 km<sup>2</sup>) y en tercer lugar, las Zonas urbanizadas con el 10% (0,80 km<sup>2</sup>) del área total. Los Bosques ocupan el

9% del territorio con una extensión de 0,72 km<sup>2</sup>, siendo estos fundamentalmente Bosques de galería de guadua. Aproximadamente el 13% (1,03 km<sup>2</sup>) del área restante, es integrado por coberturas como Zonas industriales y redes de comunicación, Zonas verdes artificializadas, Cultivos transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas y Áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva (Figura 10 y Figura 9). Además de esto, es importante mencionar la presencia de quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) y algunas piperáceas, lianas, helechos y heliconias, tal como lo señala el IGAC (2013).



**Figura 9.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Cajones Montenegro.



**Figura 10.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Cajones Montenegro.



## **1.6 Unidad Hidrográfica quebrada Cristales**

### ***1.6.1 Ubicación geográfica***

Nace en el casco urbano del municipio de Armenia entre las coordenadas N 991414.70 – W 1153950.62 a 1462 m.s.n.m y converge sobre el Río La Vieja al suroeste del municipio La Tebaida, en la vereda Pisamal aproximadamente a los 1062 m.s.n.m con coordenadas N 979720.04 - W 1136768.39 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas del municipio de Armenia: Santa Ana, San Pedro, Marmato, El Caimo, El Rin, Cabrero, El Edén, Golconda y Cristales, y del municipio de La Tebaida: Murillo, Tolon, El Edén, La Jaramilla, El Cinco, La Argentina, Palo Negro, La Popa, Pisamal y K-38.

### ***1.6.2 Unidades Cartográficas de Suelos***

Esta Unidad Hidrográfica integra alrededor de 5 unidades cartográficas descritas por el IGAC (2013), de las cuales Padilla (PL), El Cafetal (EC) y Nuevo Horizonte (NH) constituyen la mayor parte del área en un 45% (41,05 km<sup>2</sup>), 42% (38,06 km<sup>2</sup>) y 6% (5,47 km<sup>2</sup>), respectivamente; incluyen las fases PLd, PLd1, PLd2, Ple, Ple1, Ple2, PLf2, ECa, ECb, ECb1 y NHar. Los suelos del complejo Pisamal (PS) y la unidad La Rivera (LR) representan solo el 1% (0,95 km<sup>2</sup>) del área, mientras que la Zona Urbana (ZU) y los Cuerpos de Agua (CA) el 6% (5,74 km<sup>2</sup>) como se puede observar en la Figura 12 y Figura 11.

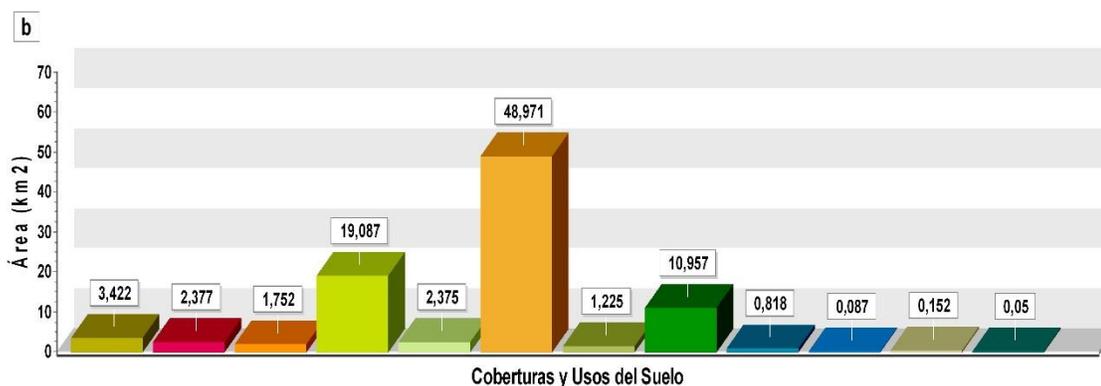
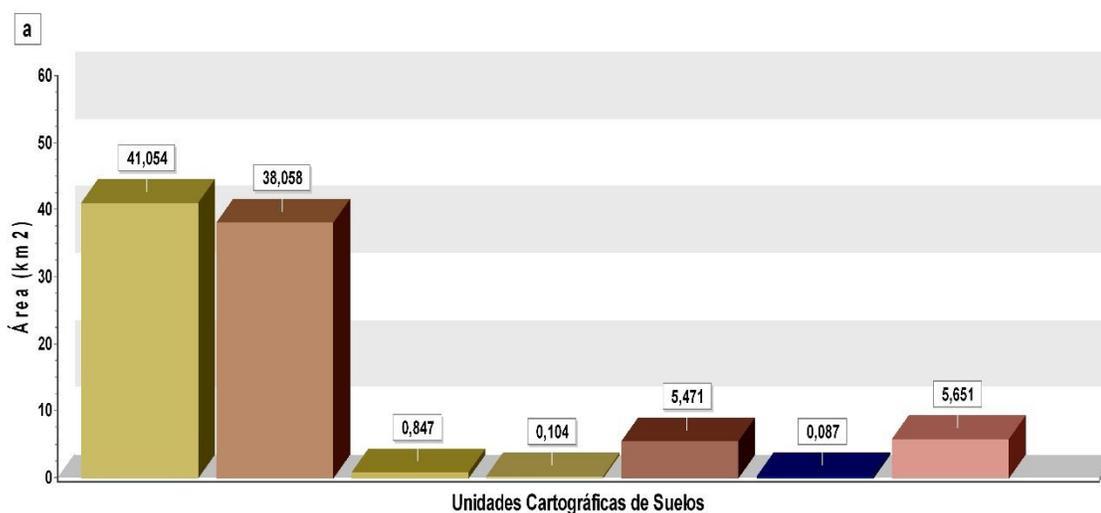
En términos generales, los suelos de esta unidad se encuentran sobre áreas de pendientes planas (0-3%) a moderadamente escarpadas (50-75%), afectados por procesos erosivos de grado ligero y moderado. Originados a partir de cenizas volcánicas, depósitos torrenciales volcánicos y depósitos aluviales gruesos a medios; profundos; bien drenados; ligera a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada. Presentan niveles bajos de materia orgánica; los contenidos de CO varían de 0,98 y 1,2%. Las texturas son medias a moderadamente finas. La estructura se presenta en bloques subangulares entre finos y medios, de débiles a moderados. La consistencia en húmedo es friable y en mojado varía desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica (IGAC, 2013).

La capacidad de retención humedad a distintas tensiones fluctúa entre media y alta; la humedad aprovechable obtiene valores entre 8 a 27%. Presentan alta porosidad total, entre 43 y 65%, la mayor parte con un amplio predominio de microporosidad que proporciona buena retención de humedad, pero con macroporosidad baja que condiciona el drenaje y la aireación. La densidad real varía entre 2,2 y 2,78 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,76 y 1,43 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### ***1.6.3 Coberturas y Usos de la Tierra***

El área de la quebrada Cristales está conformada principalmente por Cultivos permanentes con el 54% (48,97 km<sup>2</sup>), entre ellos el Plátano (24% - 21,94 km<sup>2</sup>), el Café (12% - 10,97 km<sup>2</sup>) y algunos Cítricos (11% - 9,95 km<sup>2</sup>); por Pastos con el 21% (19,09 km<sup>2</sup>) especialmente limpios (18% - 16,81 km<sup>2</sup>), y por Bosques con el 12% (10,96 km<sup>2</sup>), entre los que se destacan

los Bosques de galería guadua con el 9% (8,62 km<sup>2</sup>) de estos; el área restante (13% - 12,10 km<sup>2</sup>), es integrada por Zonas urbanizadas, Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación, Áreas agrícolas heterogéneas, Cultivos transitorios, Áreas seminaturales de vegetación herbácea y/o arbustiva, Áreas húmedas y ciertas Superficies de agua. La Figura 12 y Figura 11 señalan la distribución de las coberturas y usos del suelo para esta Unidad Hidrográfica.



**Figura 11.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Cristales.

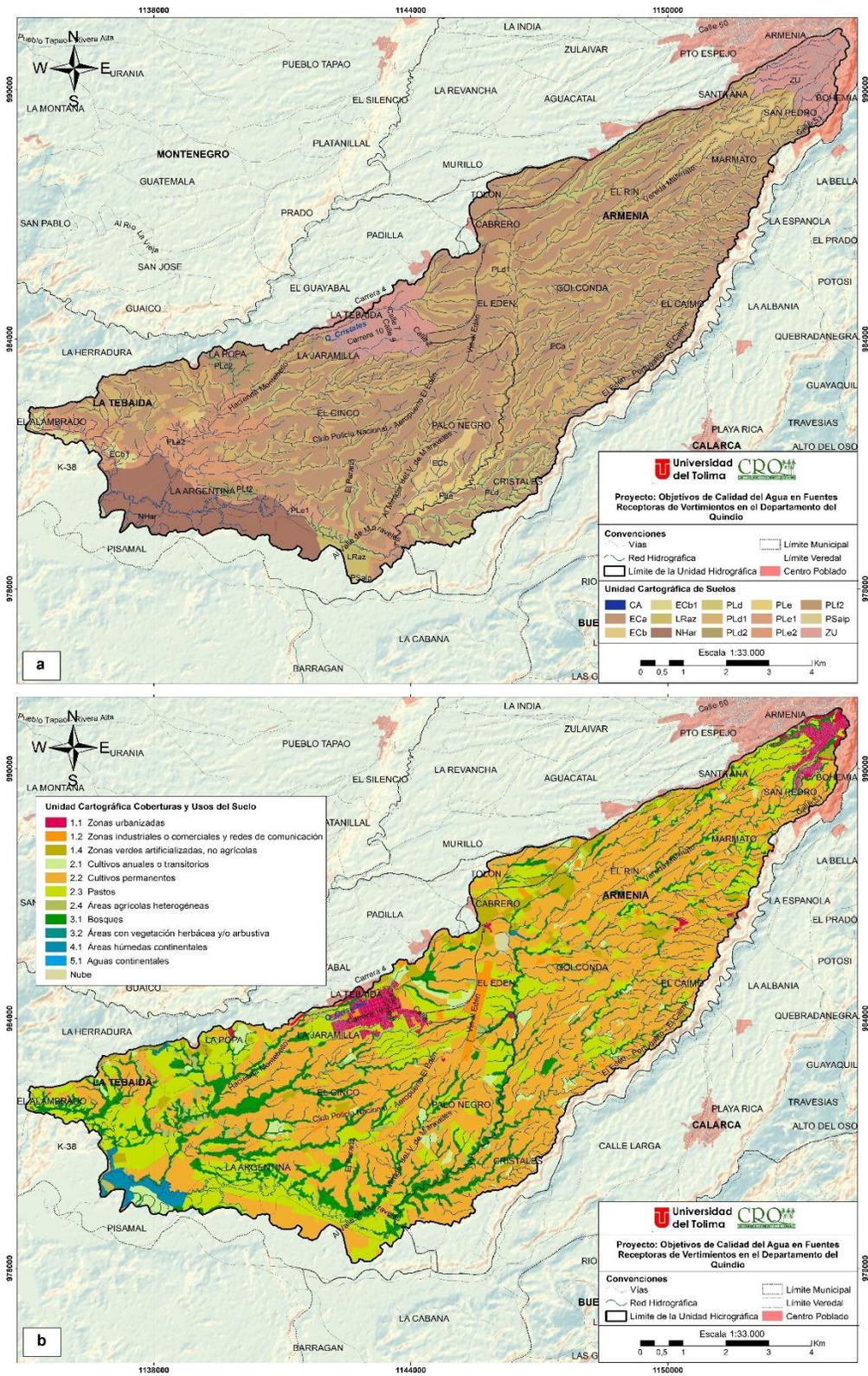


Figura 12. Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Cristales.

## 1.7 Unidad Hidrográfica quebrada El Inglés

### 1.7.1 Ubicación geográfica

Localizado en jurisdicción del municipio de Pijao a los 1883 m.s.n.m. Su cauce principal nace sobre los 2035 m.s.n.m al norte del municipio en la vereda Carniceros con coordenadas N 973176.25 – W 1153699.01 y confluye al Río Lejos a los 1651 m.s.n.m al sur del casco urbano del municipio con coordenadas N 970748.92 - W 1152265.90 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Atraviesa las veredas Carniceros y Poleal.

### 1.7.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Hacen parte de esta Unidad Hidrográfica los suelos de la consociación Guayaquil (GY) en un 54% (2,40 km<sup>2</sup>), Calicanto (CL) en un 30% (1,34 km<sup>2</sup>) y El Vergel (EV) en un 10% (0,44 km<sup>2</sup>), con las unidades cartográficas GYf1, GYg1, GYg2, CLf2 y EVf1. El 5% (0,24 km<sup>2</sup>) del área total corresponde a la Zona Urbana (ZU) y algunos Cuerpos de Agua (CA), según la Figura 14 y Figura 13.

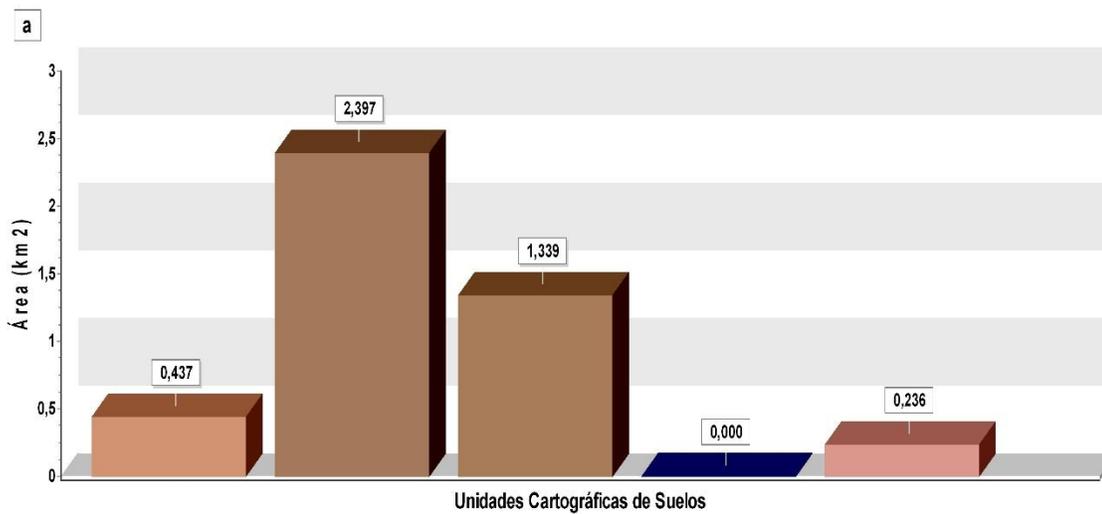
Se distribuyen en pendientes moderadamente escarpadas (50-75%) a fuertemente escarpadas (>5%), susceptibles a erosión ligera y moderada. Originados por anfibolitas, esquistos, depósitos torrenciales volcánicos con influencia de cenizas volcánicas y rocas volcano-sedimentarias; profundos; bien drenados, fuerte a moderadamente ácidos; de fertilidad moderada; con altos contenidos de materia orgánica; el CO varía entre 0,07 a 6,2%. Presentan texturas entre franca, franca arenosa y arenosa franca. Estructura granular, fina y en bloques subangulares finos y gruesos, moderados a débilmente desarrollados. Consistencia friable, de ligeramente pegajosa y plástica hasta no pegajosa y no plástica; algunos susceptibles a movimientos en masa (IGAC, 2013).

La retención de humedad es de alta a media a diferentes tensiones; la humedad aprovechable oscila entre 8 a 32%. La porosidad total alcanza valores entre 43 y 72%, con valores adecuados de micro y macroporos que proporcionan buena aireación, buen drenaje, y a su vez adecuada retención de agua. La densidad real fluctúa entre 1,8 y 2,7 g.cm<sup>-3</sup> mientras que la densidad aparente presenta valores inferiores a 1,0 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### 1.7.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Esta unidad está integrada básicamente por tipos de 2 coberturas descritas por el IGAC (2010); el 65% (2,84 km<sup>2</sup>) corresponde a Pastos limpios (45% - 2,0 km<sup>2</sup>) y Pastos enmalezados (19% - 0,84 km<sup>2</sup>) y el 17% (0,73 km<sup>2</sup>) a Bosques de galería, principalmente de tipo arbolado (15% - 0,65 km<sup>2</sup>); el área restante (19% - 0,84 km<sup>2</sup>), tal como lo indica la Figura 14 y Figura 13, está conformada por coberturas tales como Zonas urbanizadas, Zonas verdes artificializadas, Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación, Cultivos permanentes como el Café, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y Aguas continentales representados por ríos. La vegetación natural está integrada por las especies sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble

(*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*), helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) y ciertos relictos de guamos (*Inga spp.*), yarumos (*Cecropia spp.*) y lechudos (*Ficus maxima*) (IGAC, 2013).



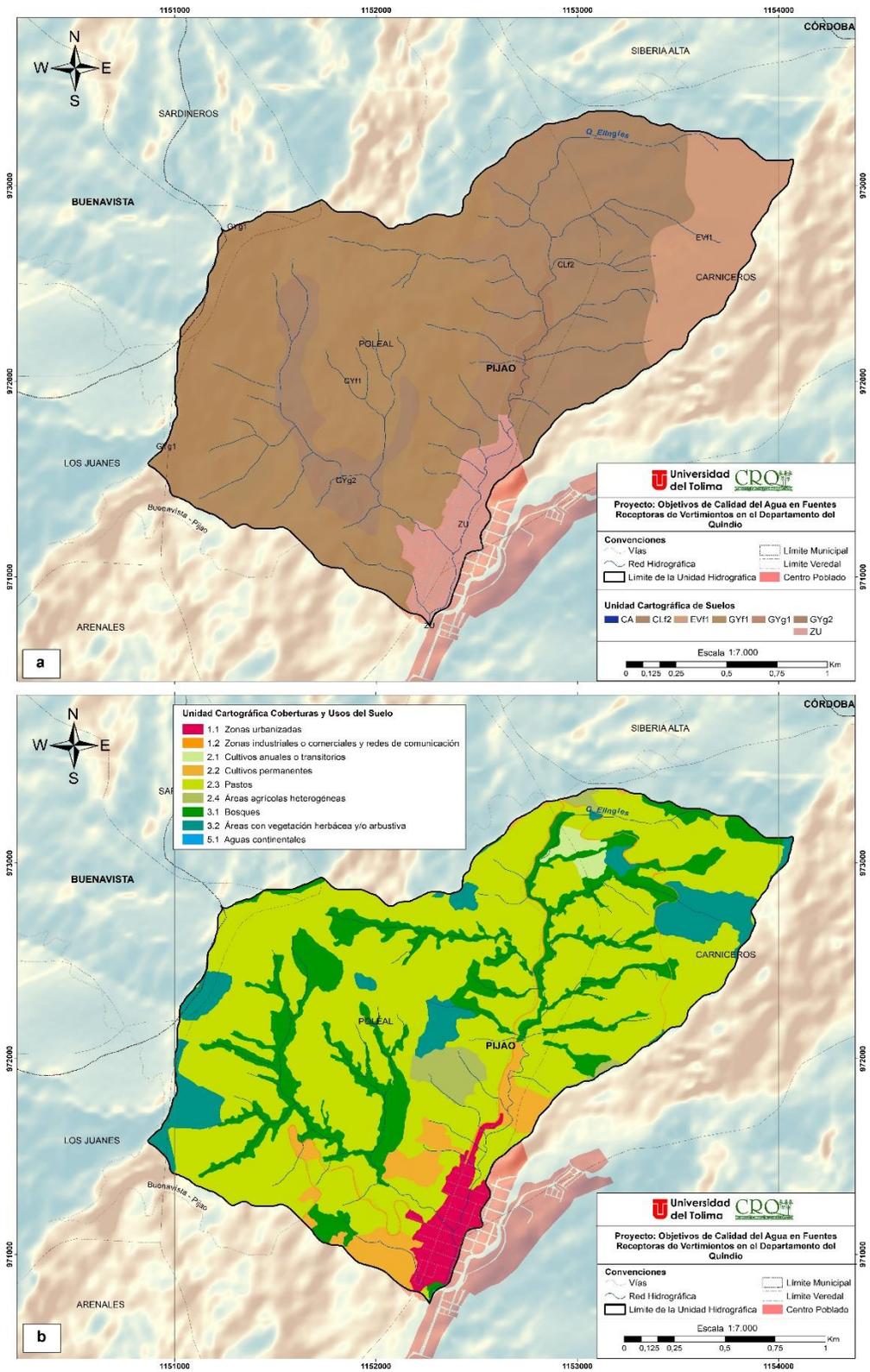
**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 EV 9,91 % GY 54,37 % CL 30,37 % CA 0,01 % ZU 5,34 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	3,24 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,74 %
2.1 Cultivos anuales o transitorios	0,92 %	2.2 Cultivos permanentes	4,86 %
2.3 Pastos	64,5 %	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2,08 %
3.1 Bosques	16,5 %	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	7,14 %
5.1 Aguas continentales	0,01 %		

**Figura 13.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Inglés.



**Figura 14.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Inglés.

## 1.8 Unidad Hidrográfica quebrada El Mudo

### 1.8.1 Ubicación geográfica

Nace aproximadamente a los 2033 m.s.n.m al noreste del municipio de Salento con coordenadas N 1004838.58 – W 1167677.33 y desemboca al sur del mismo, sobre el Río Boquerón a los 1833 m.s.n.m entre las coordenadas N 1003576.92 - W 1167223.70 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas La Playa y Boquerón.

### 1.8.2 Unidades Cartográficas de Suelos

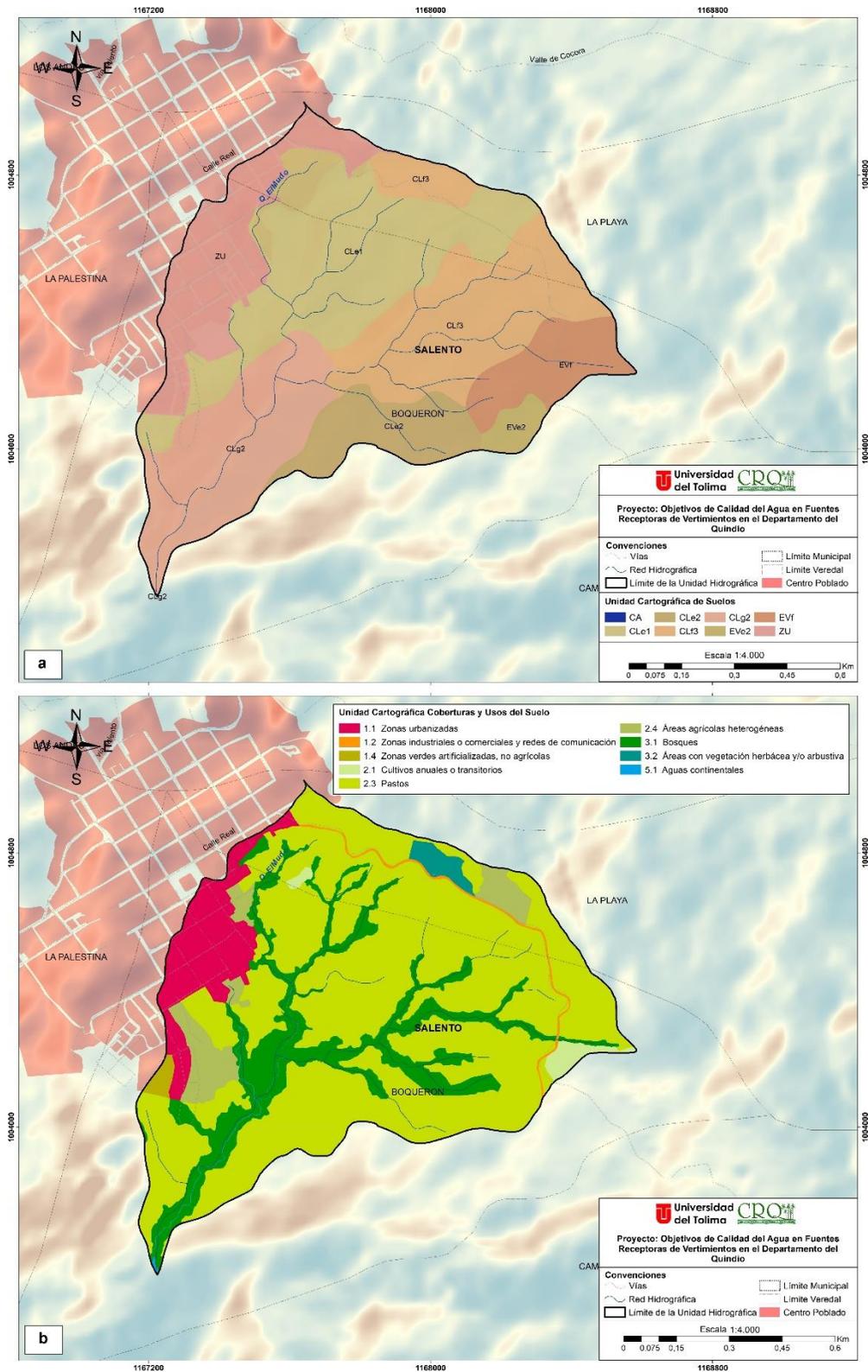
Esta Unidad Hidrográfica la conforman principalmente los suelos CLe1, CLe2, CLf3 y CLg2 de la consociación Calicanto (CL) en un 77% (0,82 km<sup>2</sup>) y Eve2 y EVf de la consociación El Vergel (EV) en un 9% (0,10 km<sup>2</sup>); cerca del 14% (0,16 km<sup>2</sup>) del área restante es ocupada por la Zona Urbana (ZU) y algunos Cuerpos de Agua (CA) (Figura 15 y Figura 16).

Son suelos localizados en pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%), la mayor parte afectados por erosión de tipo ligero, moderado y severo. El IGAC (2013) los describe como, suelos profundos; bien drenados; desarrollados de depósitos torrenciales volcánicos con influencia de cenizas volcánicas y roca volcanosedimentarias; fuerte a moderadamente ácidos; de fertilidad moderada. Niveles altos de materia orgánica, con valores entre 3,1 y 5% de CO; de textura entre franco y franco arenosas; estructura granular fina en superficie y en bloques subangulares finos y gruesos, en los horizontes más profundos, de moderados a débilmente desarrollados. Consistencia friable, no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa; muy susceptibles a movimientos en masa.

Presentan un alta y media capacidad de retención de humedad a distintas tensiones; la humedad aprovechable oscila entre 8 a 22%. La porosidad total es alta, con valores entre 43 y 69%, con una adecuada distribución entre macro y microporos que proporciona una adecuada retención de agua y a la vez buena aireación y drenaje. La densidad real oscila entre 1,8 y 2,62 g.cm<sup>-3</sup>, mientras que la densidad aparente presenta valores inferiores a 1,1 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

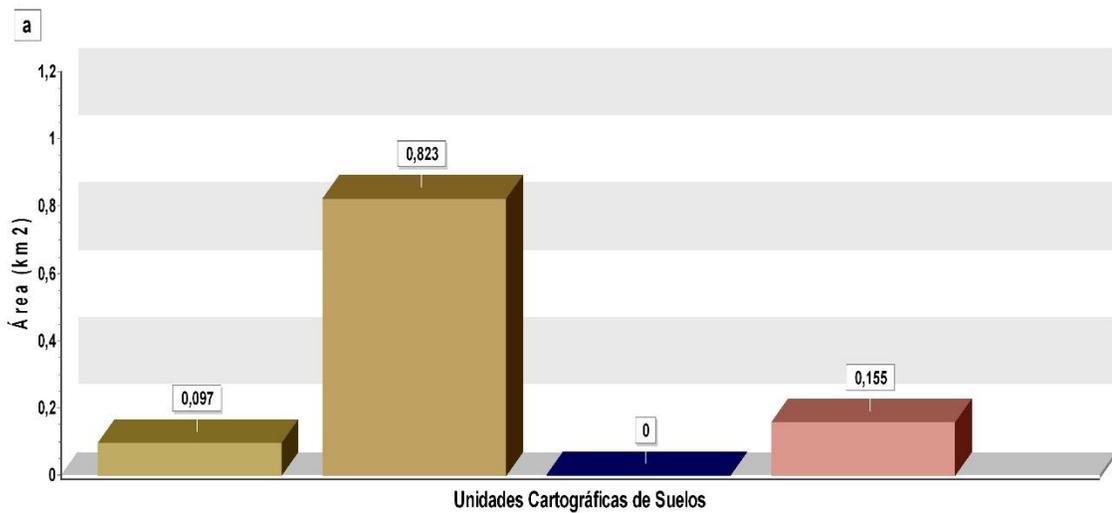
### 1.8.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Según la Figura 15 y Figura 16, la quebrada El Mudo está dominada principalmente por Pastos con el 67% (0,72 km<sup>2</sup>), le siguen los Bosques de galería arbolado con el 16% (0,17 km<sup>2</sup>) y las Zonas urbanizadas con el 8% (0,09 km<sup>2</sup>); el área restante (9% - 0,09 km<sup>2</sup>) está integrada por Zonas verdes artificializadas, Redes de comunicación vial, Cultivos transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva y Aguas continentales como los ríos. Las especies sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), son una de las representativas de la zona según el IGAC (2013).

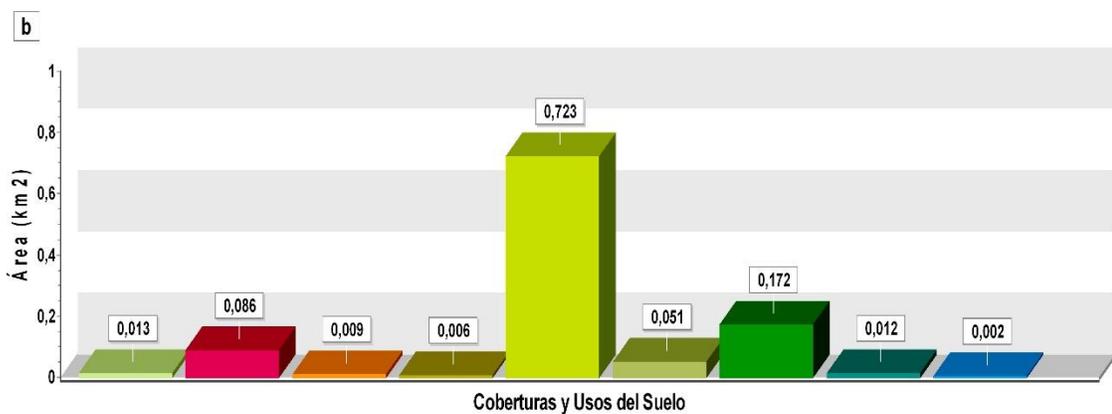


**Figura 15.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Mudo.





**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 EV 8,99 % CL 76,59 % CA 0,00 % ZU 14,42 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

2.1 Cultivos anuales o transitorios	1,23 %	1.1 Zonas urbanizadas	8,02 %
1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,8 %	1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	0,57 %
2.3 Pastos	67,28 %	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	4,77 %
3.1 Bosques	16,01 %	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	1,12 %
5.1 Aguas continentales	0,2 %		

**Figura 16.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Mudo.

## 1.9 Unidad Hidrográfica quebrada El Naranjal

### 1.9.1 Ubicación geográfica

Nace a los 2051 m.s.n.m al norte del municipio de Calarcá, en la vereda Cebollal entre las coordenadas N 993411.18 – W 1162091.96 y converge al sur de la cabecera municipal sobre

los 1480 m.s.n.m en el Río Santo Domingo con coordenadas N 990773.73 - W 1159219.65 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas Cebollal, La Primavera, Pradera Alta y Puerto Rico.

### **1.9.2 Unidades Cartográficas de Suelos**

Conforme a la Figura 18 y Figura 17, la Zona Urbana (ZU) constituye la mayor parte del área de esta Unidad Hidrográfica (47% - 1,48 km<sup>2</sup>). Un 25% (0,79 km<sup>2</sup>) está representado por los suelos de la consociación Calicanto (CLf2), un 15% (0,48 km<sup>2</sup>) por El Vergel (EVf2) y un 10% (0,31 km<sup>2</sup>) por La Esperanza (LEc).

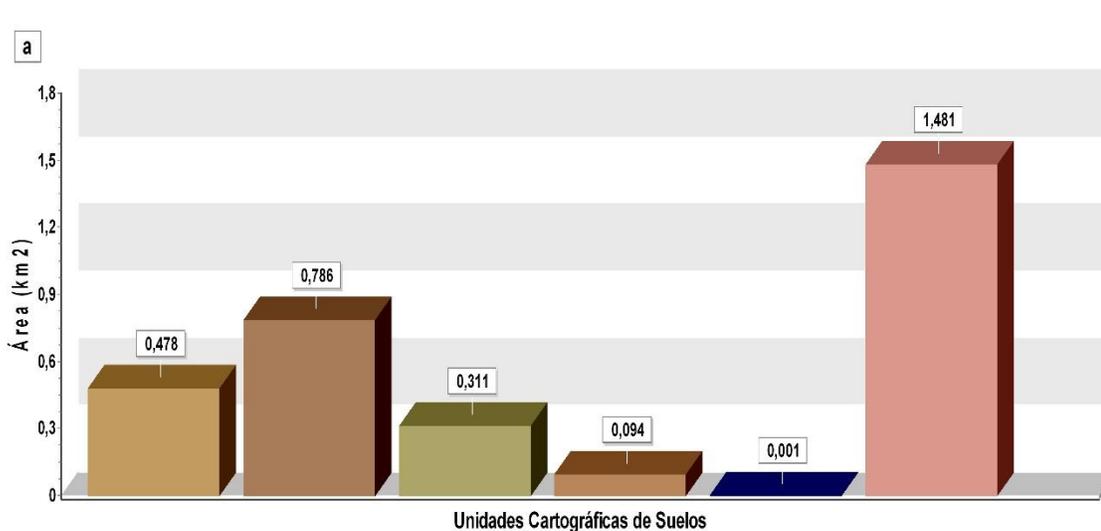
Estos suelos se distribuyen en pendientes planas (0-3%) en condición inundable, como también en pendientes moderadamente inclinadas (7-12%) y moderadamente escarpadas (50-75%); afectados por proceso erosivos de grado moderado. Son suelos que han evolucionado de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos, depósitos aluviales mixtos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente profundos limitados por el nivel freático; bien a imperfectamente drenados; ligera a fuertemente ácidos; con fertilidad baja o moderada. Los niveles de materia orgánica son bajos y altos, con contenidos de CO entre 1,7 y 5%. Las texturas predominantes son gruesas. Algunos no presentan estructura (grano suelto), mientras que para otros la estructura es granular, fina y débil en superficie como en bloques subangulares finos y gruesos en los horizontes más profundos, débil a moderadamente desarrollados. La consistencia es friable en húmedo, mientras que en mojado varía desde ligeramente pegajosa y plástica a no plástica ni pegajosa (IGAC, 2013).

La retención de humedad es alta y media a distintas tensiones; la humedad aprovechable varía entre 5 a 27%. La porosidad total, presenta valores entre 43 y 69%, en algunos casos distribuida con mayor predominio de microporosidad, mientras que en otros hay un equilibrio entre macro y microporos, de modo tal que existen buenas condiciones de aireación y retención de humedad. La densidad real oscila entre 1,8 a 2,74 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,74 y 1,5 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### **1.9.3 Coberturas y Usos de la Tierra**

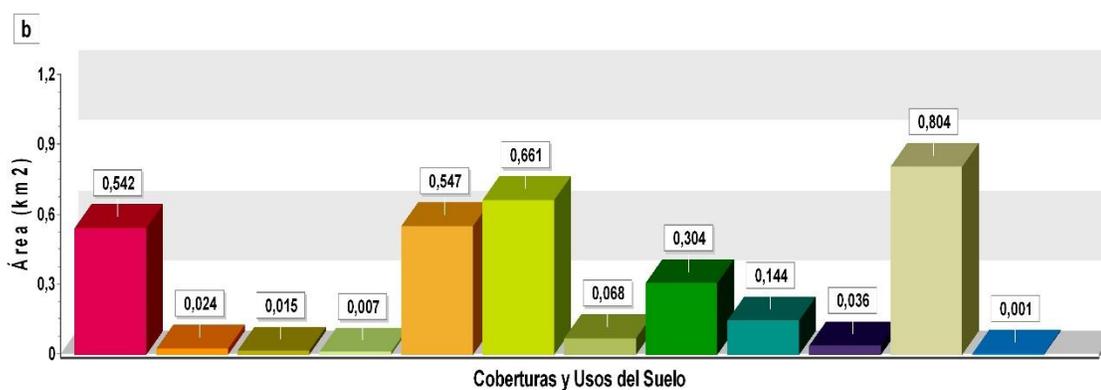
El área es dominada por Pastos limpios y enmalezados (21% - 0,66 km<sup>2</sup>), Cultivos permanentes (17% - 0,55 km<sup>2</sup>) con el 15% (0,47 km<sup>2</sup>) de Café, Zonas urbanizadas (17% - 0,54 km<sup>2</sup>) y algunas áreas de Bosque (10% - 0,30 km<sup>2</sup>), dentro de las cuales se destacan los Bosques de galería. El área restante (9% - 0,29 km<sup>2</sup>) la conforman las Redes de comunicación, Zonas verdes artificializadas, Cultivos transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas con mosaicos de Pastos, cultivos y espacios naturales, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación y Aguas continentales representados por los ríos. La Figura 18 y Figura 17, señala la falta información en esta zona, en una proporción estimada del 26% (0,80 km<sup>2</sup>), debido a la presencia de nubes.

De acuerdo con el IGAC (2010), la vegetación natural esta es integrada por las especies sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*), quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*).



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

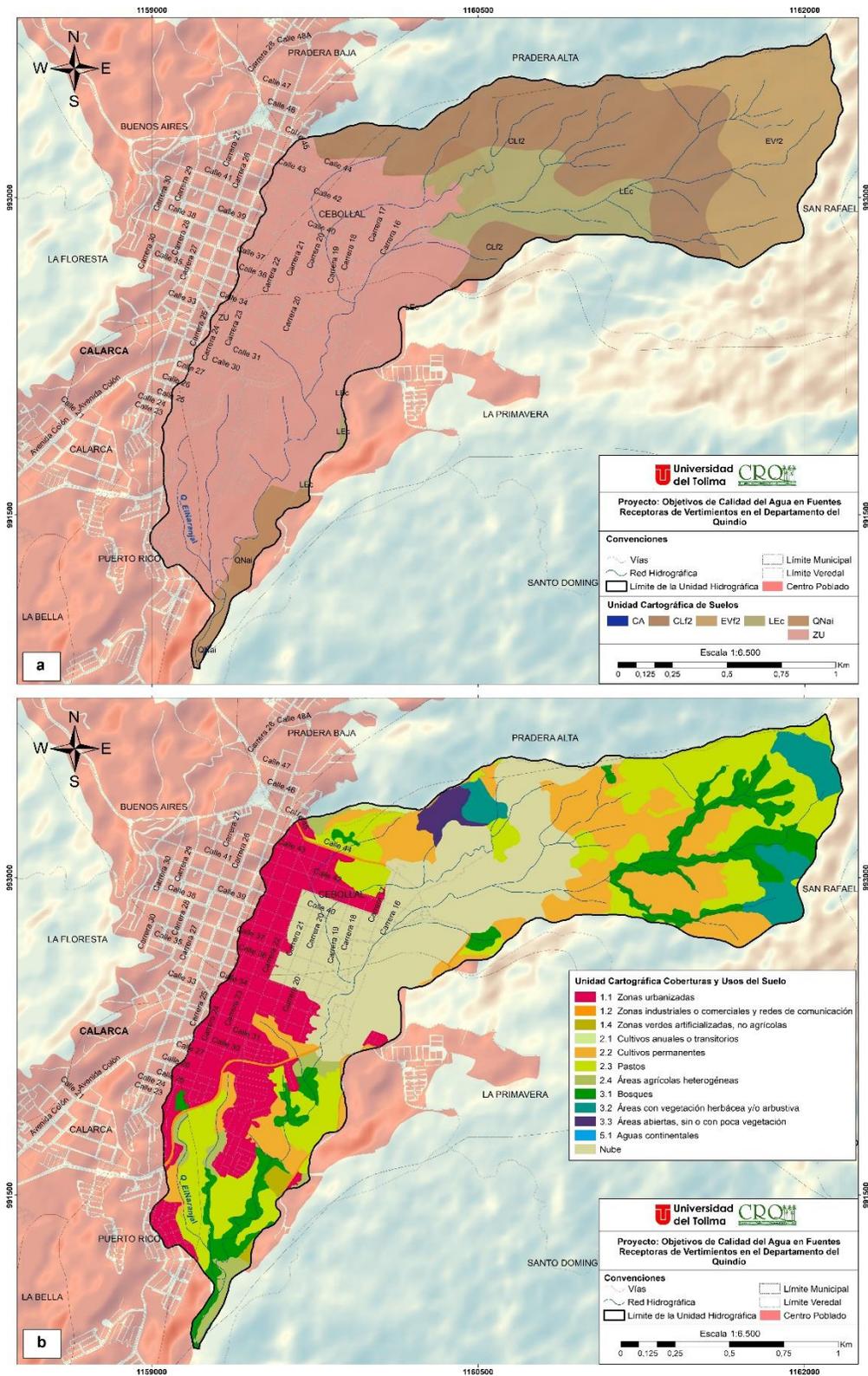
EV 15,18 % CL 24,94 % LE 9,88 % QN 2,99 % CA 0,02 % ZU 46,99 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	17,19 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,76 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	0,47 %	2.1 Cultivos anuales o transitorios	0,23 %
2.2 Cultivos permanentes	17,36 %	2.3 Pastos	20,97 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2,16 %	3.1 Bosques	9,64 %
3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	4,57 %	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	1,15 %
Nube	25,5 %	5.1 Aguas continentales	0,02 %

**Figura 17.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Naranjal.



**Figura 18.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y cobertura de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Naranjal.

## **1.10 Unidad Hidrográfica quebrada El Pescador**

### ***1.10.1 Ubicación geográfica***

Localizado al norte del municipio de Calarcá sobre los 1600 m.s.n.m. Nace en la vereda Buenos Aires entre las coordenadas N 995605.38 – W 1160647.84 a 1762 m.s.n.m y desemboca al oeste del municipio sobre el Río Quindío a los 1337 m.s.n.m, en la vereda La Bella con coordenadas N 989711.03 - W 1154250.52 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas Pradera Alta y Baja, Buenos Aires, La Floresta, Aguacatal, Bohemia y La Bella.

### ***1.10.2 Unidades Cartográficas de Suelos***

Esta Unidad Hidrográfica la integran principalmente los suelos LEB, LEb1 y LEc1 de la consociación La Esperanza (LE) en un 49% (7,53 km<sup>2</sup>), MMe1 y MMe2 de la consociación Membrillal (MM) en un 13% (2,04 km<sup>2</sup>) y CLf2 de Calicanto (CL) en un 9% (1,44 km<sup>2</sup>); el área restante (28% - 4,32 km<sup>2</sup>), tal como se refleja en la Figura 20 y Figura 19, la conforman los suelos de la unidad cartográfica Quindío (QN), El Cafetal (EC), Padilla (PL), El Vergel (EV), la Zona Urbana (ZU) y ciertos Cuerpos de Agua (CA).

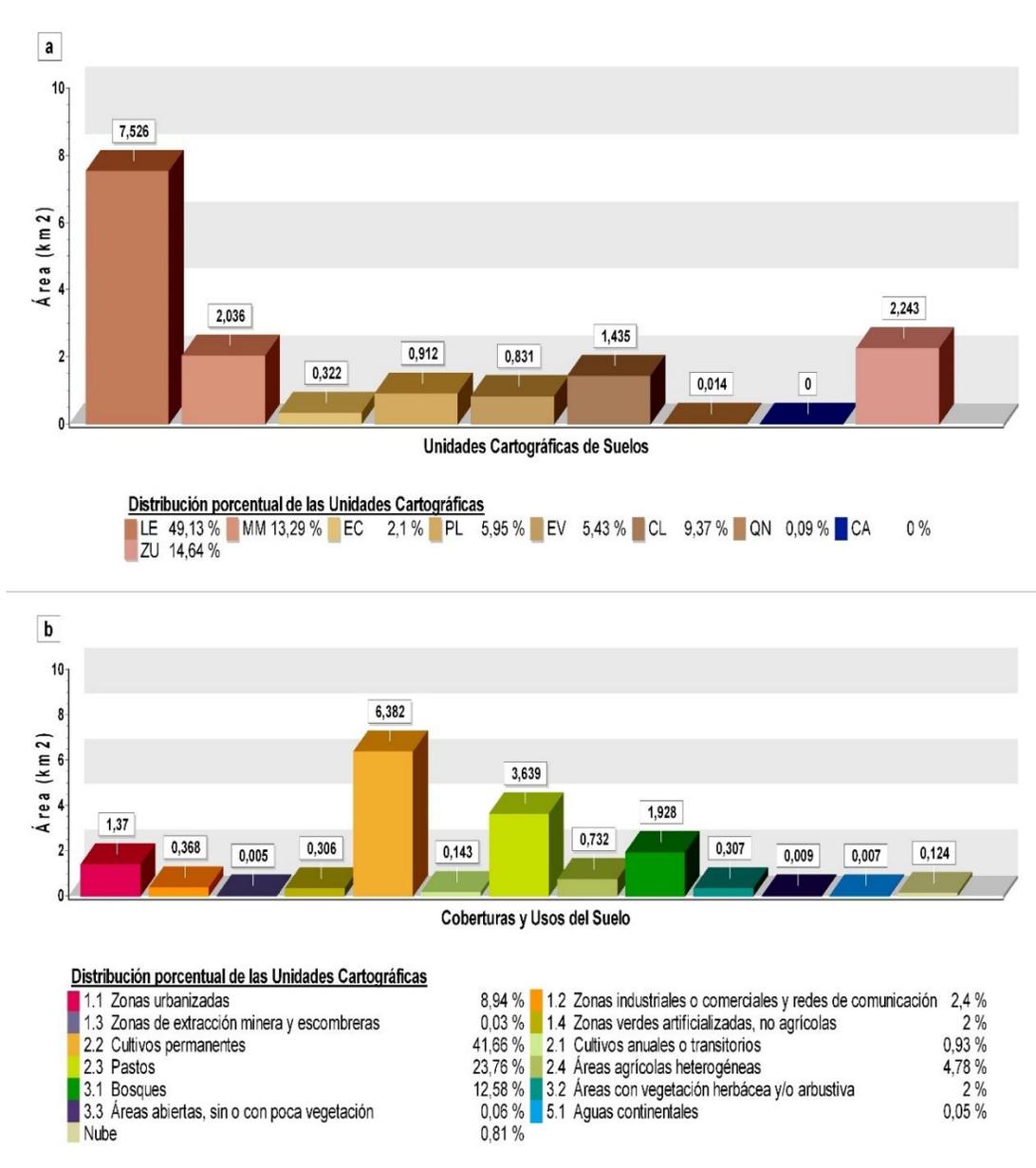
En términos generales, estos suelos ocupan pendientes planas (0-3) en condición inundable hasta pendientes fuertemente escarpadas (>75%); algunos con evidencias de erosión ligera y moderada. Según el IGAC (2013), estos son suelos desarrollados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente profundos (limitados por fragmentos de roca); bien drenados; fuerte a moderadamente ácidos; de fertilidad baja y moderada. Los contenidos de carbono orgánico (CO) son altos con valores de 5 y 3,1% en los primeros horizontes. Conformados por texturas moderadamente gruesas a moderadamente finas. La estructura es granular, en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia es friable, ligeramente pegajosa y plástica a no plástica y no pegajosa, con susceptibilidad a movimientos en masa principalmente por las fuertes pendientes.

Su capacidad de retención de humedad es de media a alta; la humedad aprovechable varía entre 8 a 24%. La porosidad total es superior al 55%, con micro y macroporosidad adecuada, para garantizar la buena aireación, el buen drenaje y buena retención de humedad. Los valores de densidad real están entre 2,2 y 2,62 g.cm<sup>-3</sup> y los de densidad aparente entre 0,78 y 1,1 g.cm<sup>-3</sup>, adecuados para el tipo de texturas dominantes (IGAC, 2013).

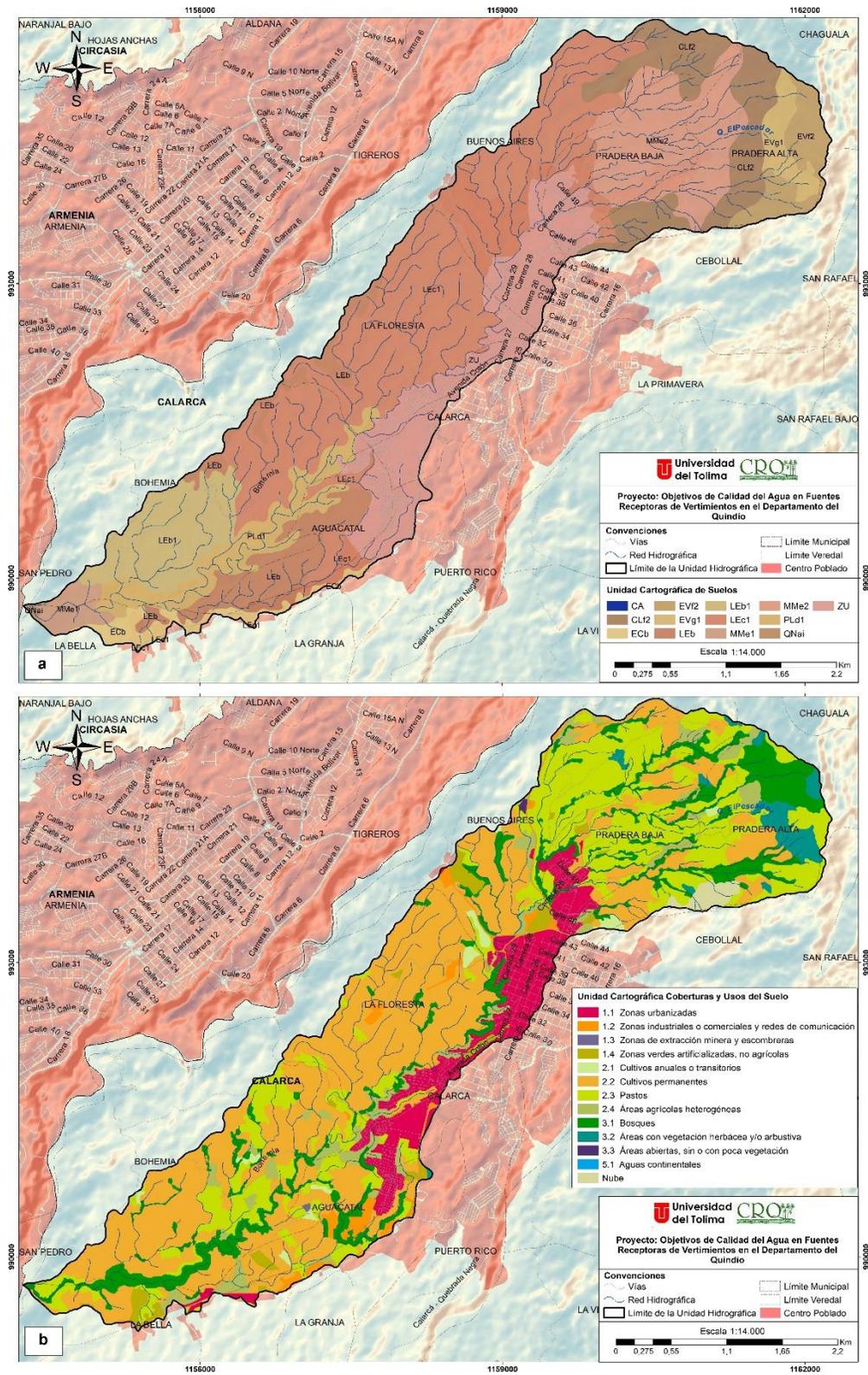
### ***1.10.3 Coberturas y Usos de la Tierra***

Las coberturas más representativas del área son los Cultivos permanentes (42% - 6,38 km<sup>2</sup>) entre ellos el Café (33% - 5,08 km<sup>2</sup>), el Plátano y el Banano (6% - 0,97 km<sup>2</sup>); Pastos en un 24% (3,64 km<sup>2</sup>), Bosques en un 13% (1,93 km<sup>2</sup>) principalmente Bosques de galería, y Zonas Urbanizadas con el 9% (1,37 km<sup>2</sup>). El 13% (2,0 km<sup>2</sup>) del área restante la constituyen las Zonas urbanizadas, Zonas verdes artificializadas, Zonas industriales o comerciales y redes

de comunicación, Cultivos transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas (mosaico de cultivos, Pastos y espacios naturales), Aguas continentales, Áreas abiertas y Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (Figura 20 y Figura 19). La vegetación natural está conformada por las especies sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*), quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), además de algunas piperáceas, lianas y heliconias según el IGAC (2010).



**Figura 19.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Pescador.



**Figura 20.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada El Pescador.

## **1.11 Unidad Hidrográfica quebrada Hojas Anchas**

### ***1.11.1 Ubicación geográfica***

Su cauce principal nace al oeste del casco urbano del municipio de Circasia a una altura de 1772 m.s.n.m entre las coordenadas N 1002480.23 – W 1159118.92 y desemboca en el Río Espejo al suroeste del mismo municipio a los 1294 m.s.n.m, en la vereda San Rita con coordenadas N 994181.84 - W 1149915.63 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas del municipio de Circasia: San Antonio, Barcelona Alta, El Congal, La Florida, Naranjal Alto y Bajo, La Pola, Hojas Anchas, Piemonte, Villa Razo y Santa Rita, y del municipio de Armenia: Mesopotamia y Aldana.

### ***1.11.2 Unidades Cartográficas de Suelos***

Los suelos de la consociación La Esperanza (LEb, LEbc, LEc1 y LEc2) y Membrillal (MMe1 y MMf2) constituyen la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica en un 59% (22,11 km<sup>2</sup>) y 24% (9,04 km<sup>2</sup>), respectivamente. Un 16% (5,84 km<sup>2</sup>) del área total está representado por la Zona Urbana (ZU), tal como lo indica la Figura 22 y Figura 21.

Comprenden sectores de pendientes planas (0-3%) a moderadamente escarpadas (50-75%), algunos inundables o afectados por erosión ligera y moderada. Son suelos derivados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales limitados por fragmentos de roca; bien drenados; fuertemente ácidos; con baja fertilidad. Tiene contenidos de carbono orgánico (CO) altos y bajos, con valores de 4,5 y 1,2%. Las texturas dominantes varían de clase gruesa a moderadamente fina. La estructura se presenta en bloques subangulares finos y medios, moderadamente desarrollados. La consistencia es friable en húmedo; mientras que en mojado varía desde no pegajosa y no plástica hasta ligeramente pegajosa y plástica; muy susceptibles a la erosión (IGAC, 2013).

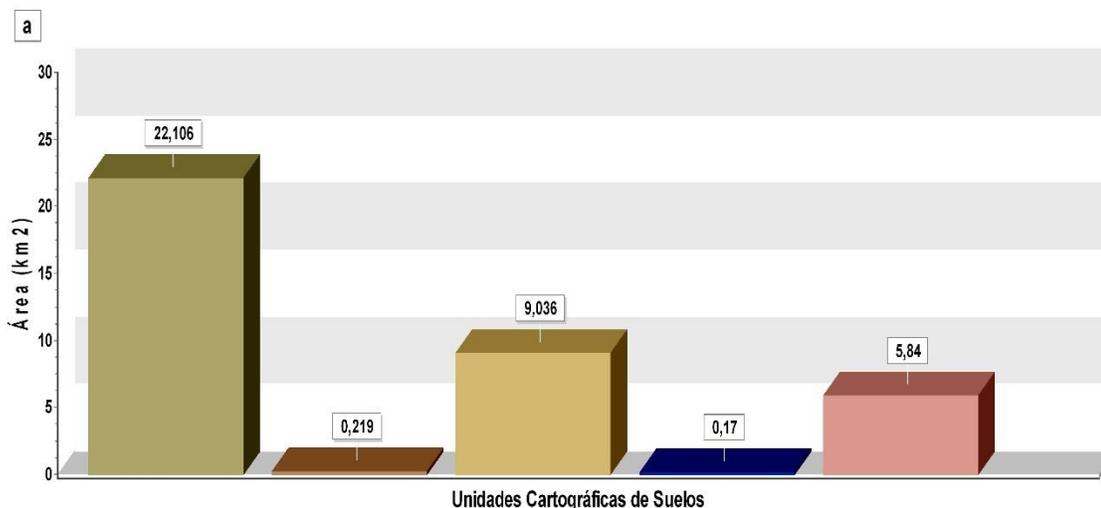
La capacidad de retención de humedad es alta, con valores entre 19 y 24% de humedad aprovechable. La porosidad total es superior al 55%, con predominio de microporosidad que garantiza buena retención de agua, pero con la cantidad adecuada de macroporos para proporcionar buena aireación y buen drenaje. La densidad real presenta valores entre 2,2 y 2,4 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre de 0,78 y 1,04 g.cm<sup>-3</sup>, normal para suelos originados de cenizas volcánicas, según el IGAC (2013).

### ***1.11.3 Coberturas y Usos de la Tierra***

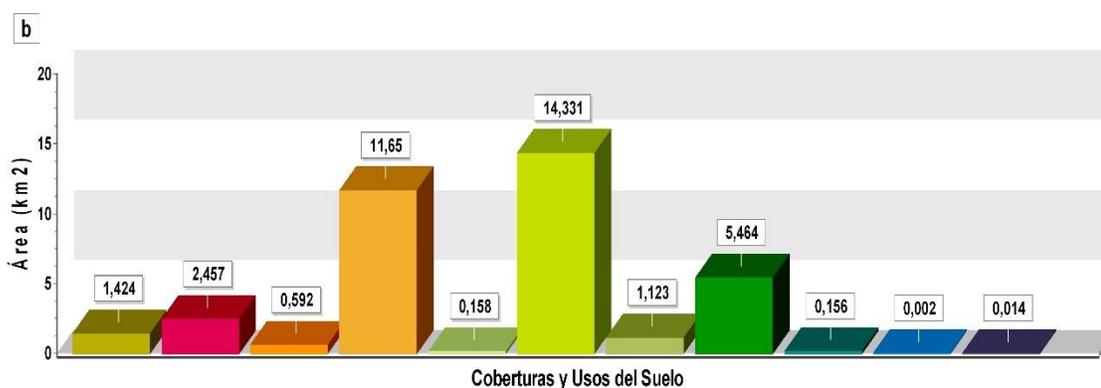
El área de la quebrada Hojas Anchas es representada principalmente en un 38% por la cobertura de Pastos (11,65 km<sup>2</sup>), un 31% (11,65 km<sup>2</sup>) por Cultivos permanentes de Café, Plátano y Banano, y un 15% (5,46 km<sup>2</sup>) por Bosques especialmente de galería. Cerca del 16% (5,93 km<sup>2</sup>) del área restante, la integran las coberturas de Zonas urbanizadas, Zonas verdes artificializadas, Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación, Áreas agrícolas heterogéneas, Cultivos anuales transitorios, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y



algunas Superficies de agua (Figura 22 y Figura 21). La cobertura vegetal según el IGAC (2013), es representada por algunas especies de quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), piperáceas, lianas, helechos y heliconias.



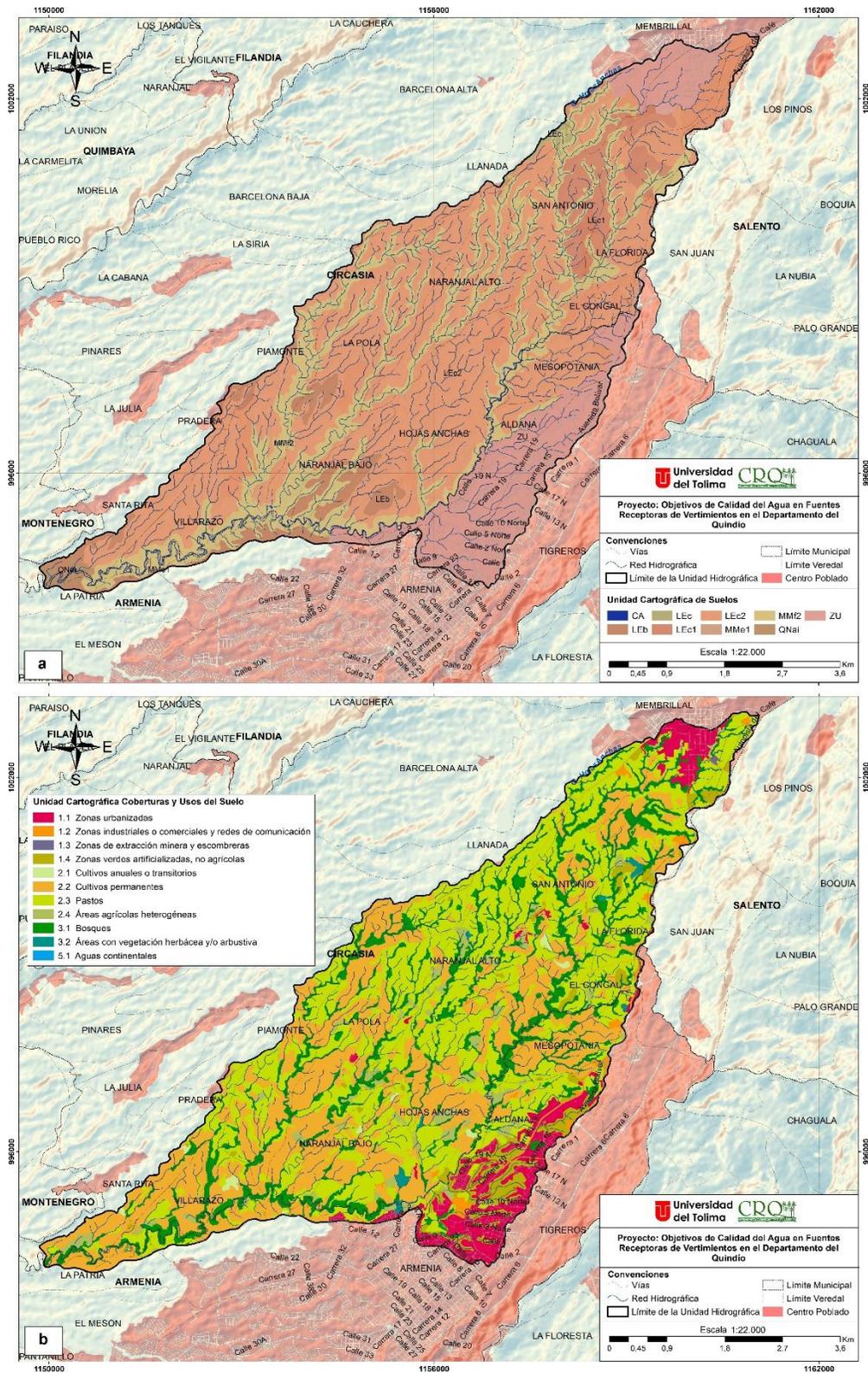
**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 LE 59,15 % QN 0,59 % MM 24,18 % CA 0,45 % ZU 15,63 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3,81 %	1.1 Zonas urbanizadas	6,57 %
1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1,58 %	2.2 Cultivos permanentes	31,17 %
2.1 Cultivos anuales o transitorios	0,42 %	2.3 Pastos	38,35 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	3,01 %	3.1 Bosques	14,62 %
3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	0,42 %	5.1 Aguas continentales	0,00 %
1.3 Zonas de extracción minera y escombreras	0,04 %		

**Figura 21.** Distribución de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Hojas Anchas.



**Figura 22.** Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelo (a) y coberturas de uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Hojas Anchas.

## **1.12 Unidad Hidrográfica quebrada La Aldana**

### *1.12.1 Ubicación geográfica*

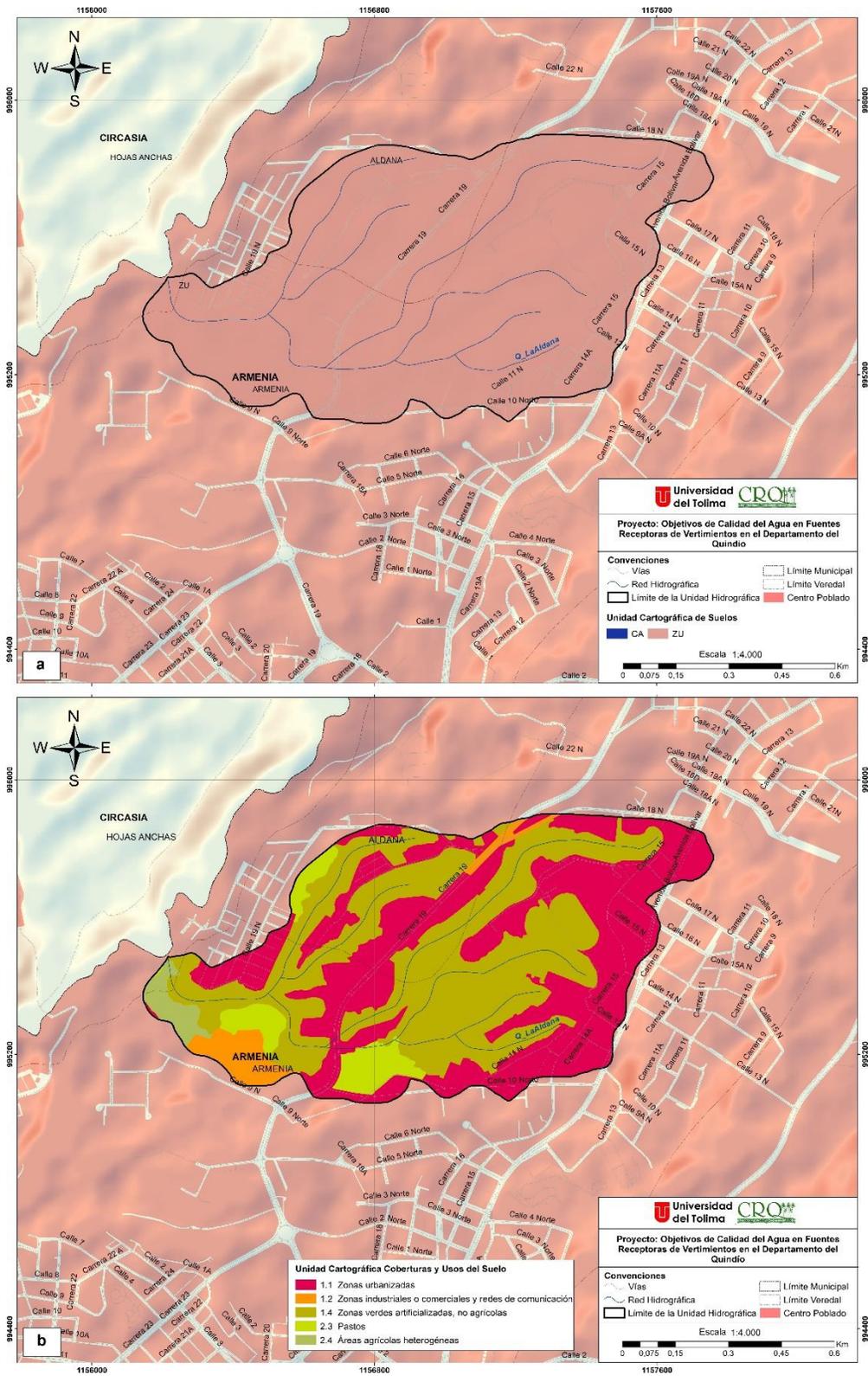
Corresponde a una microcuenca urbana, localizada en su totalidad en el área metropolitana de Armenia a una altura promedio de 1541 m.s.n.m. Nace aproximadamente en la carrera 15 con calle 19A norte entre las coordenadas N 995833.62 – W 1157602.50 a los 1579 m.s.n.m y desemboca al norte del casco urbano, sobre la quebrada Hojas Anchas a 1485 m.s.n.m con coordenadas N 995482.70 - W 1156215.53 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre parte de la vereda La Aldana.

### *1.12.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

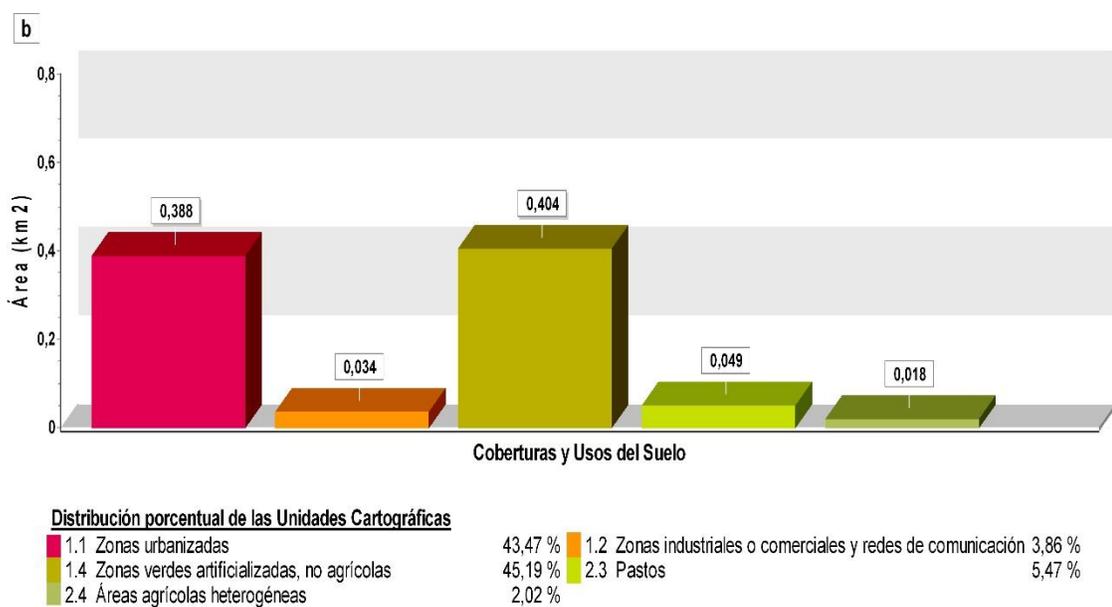
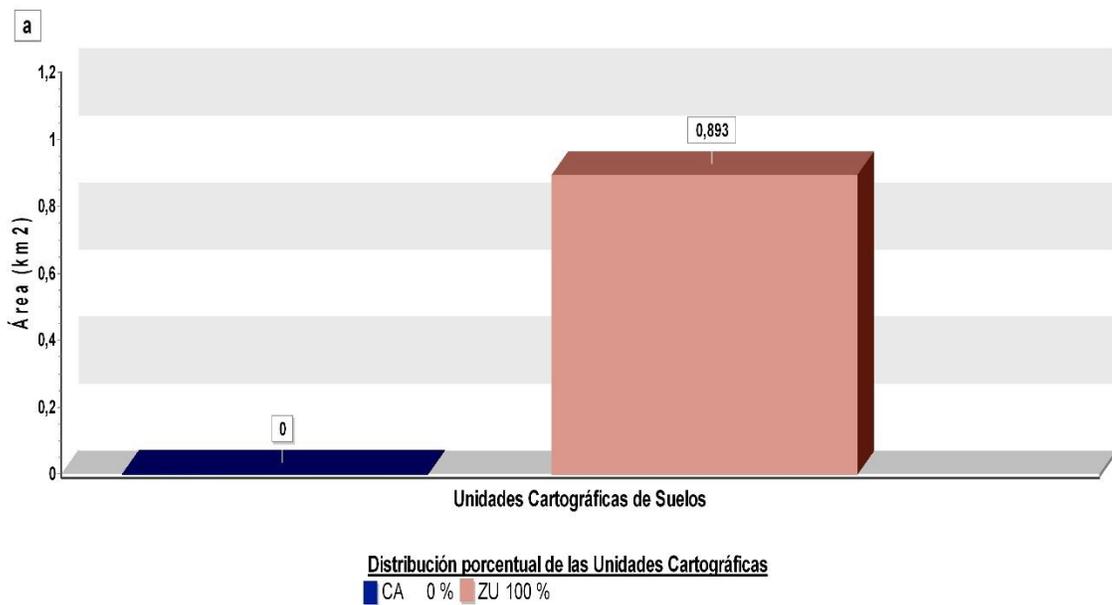
Esta Unidad Hidrográfica está compuesta en su totalidad (100%) por la Zona Urbana (ZU) con una extensión de 0,89 km<sup>2</sup> (Figura 23 y Figura 24).

### *1.12.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

Las principales coberturas que dominan este sitio son en primer lugar, las Zonas verdes artificializadas con el 45% (0,40 km<sup>2</sup>) y, en segundo lugar, las Zonas urbanizadas con el 43% (0,39 km<sup>2</sup>); las menos representativas son las Áreas agrícolas heterogéneas, los Pastos limpios y enmalezados y las Zonas industriales y redes de comunicación, que representan el 11% (0,10 km<sup>2</sup>) del área total (Figura 23 y Figura 24).



*Figura 23. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Aldana.*



**Figura 24.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Aldana.

## 1.13 Unidad Hidrográfica quebrada La Calzada

### 1.13.1 Ubicación geográfica

Cubre cerca del 60% del casco urbano de Salento. Su cauce principal nace a los 2000 m.s.n.m al oeste de la cabecera municipal con coordenadas N 1004746.98 – W 1167046.30 y confluye

al Río Boquerón sobre los 1821 m.s.n.m entre las coordenadas N 1003618.19 - W 1167101.79 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Comprende las veredas Boquerón y Palestina.

### ***1.13.2 Unidades Cartográficas de Suelos***

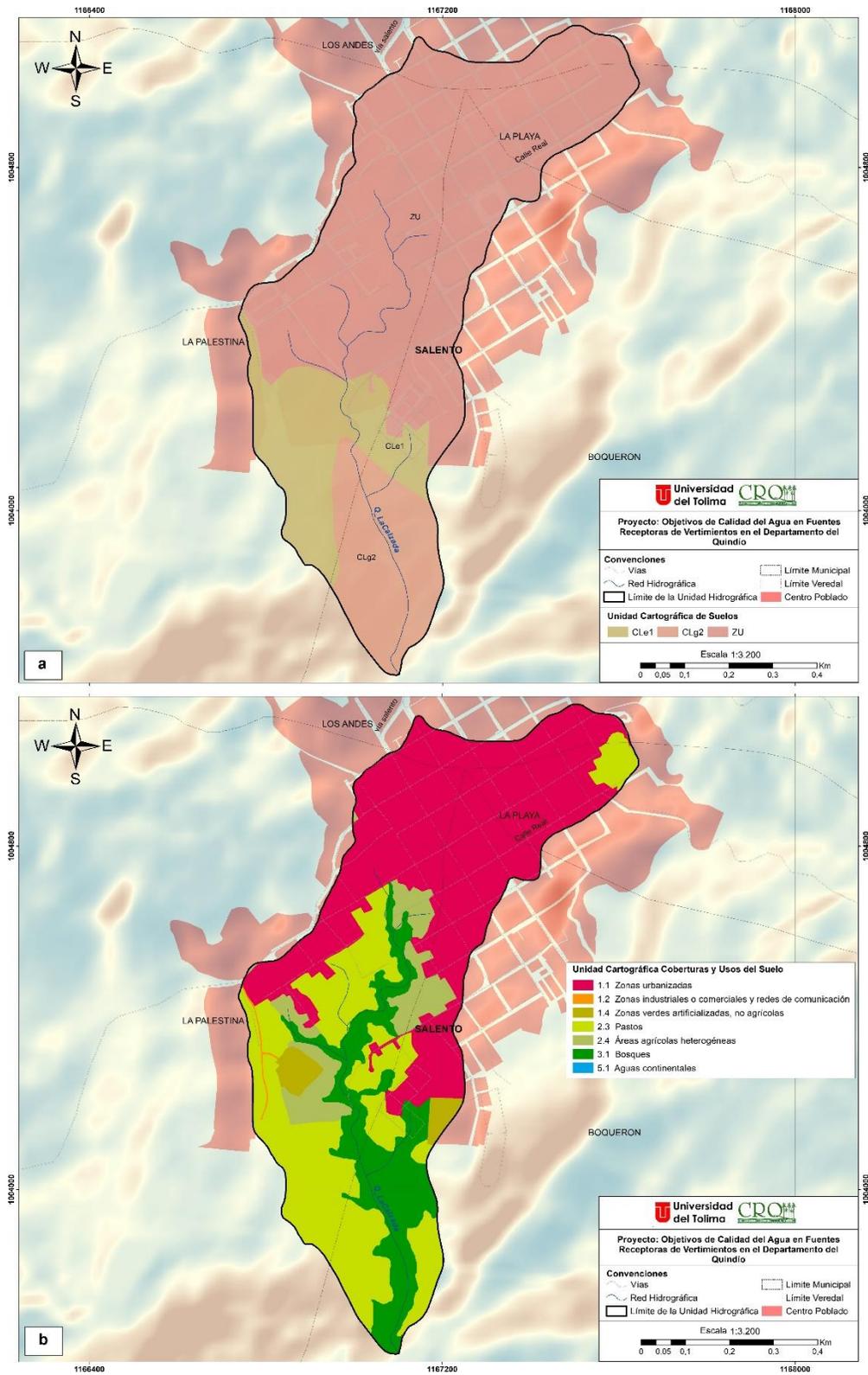
De acuerdo con la Figura 25 y Figura 26, la Zona Urbana es quien cubre la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica con el 66% (0,39 km<sup>2</sup>) de toda el área, mientras que los suelos CLe1 y CLg2 de la consociación Calicanto (CL) representan el 34% (0,20 km<sup>2</sup>) restante.

Son suelos localizados sobre pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%), afectados por procesos erosivos de grado ligero y moderado. Su material parental está constituido por depósitos torrenciales volcánicos con influencia de ceniza volcánica. Caracterizados por ser profundos; bien drenados; moderadamente ácidos; de fertilidad moderada. Presentan niveles de materia orgánica altos; CO de 3,1%; la textura es generalmente franco-arenosa; la estructura es granular fina en el primer horizonte y en bloques subangulares finos y medios en los horizontes más profundos; la consistencia es friable, ligeramente pegajosa y no plástica.

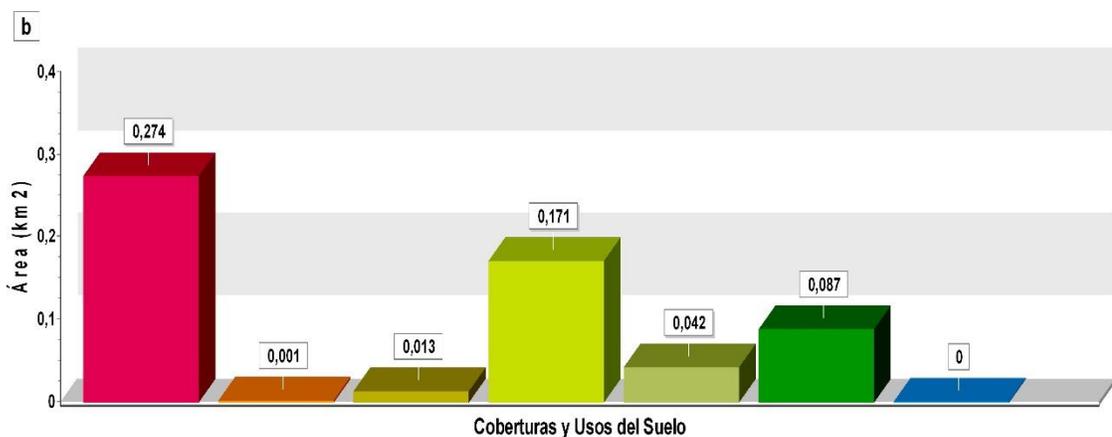
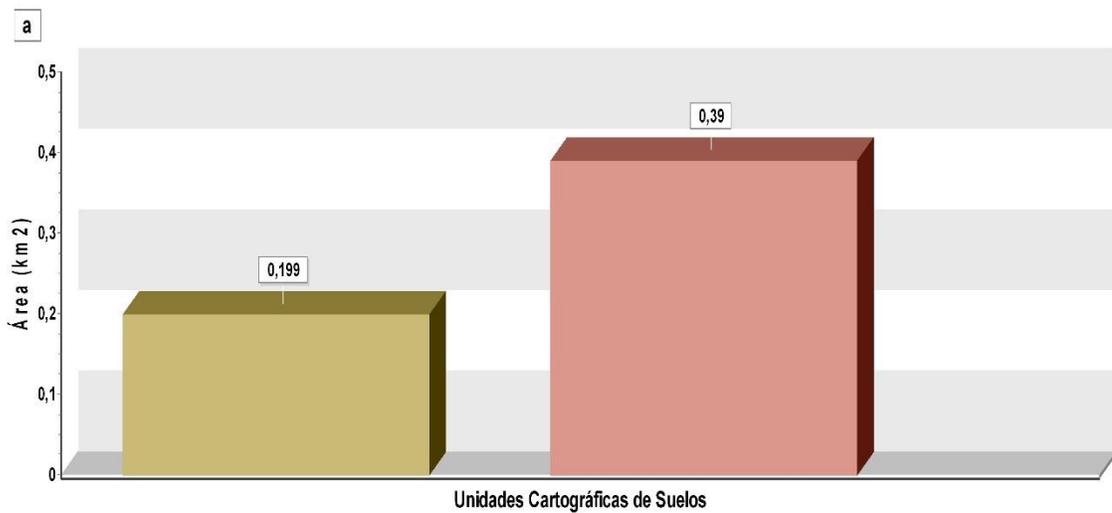
Tienen capacidad media de retención de humedad, con valores entre 8 y 16% de humedad aprovechable. La porosidad total es alta (entre el 58 y 64%), con proporciones equilibradas entre macro y microporos, que proporcionan buena retención de agua y a la vez buen drenaje y aireación del suelo. La densidad real oscila entre 2,55 y 2,62 g.cm<sup>-3</sup>, mientras que la densidad aparente es cercana a la 1,0 g.cm<sup>-3</sup>, comportamiento normal para suelos de origen volcánico, tal como lo menciona el IGAC (2013).

### ***1.13.3 Coberturas y Usos de la Tierra***

Las Zonas urbanizadas (47% - 0,27 km<sup>2</sup>), Pastos (29% - 0,17 km<sup>2</sup>) y algunos sectores de Bosques de galería (15% - 80,09 km<sup>2</sup>), especialmente de guadua y arbolado, son las coberturas más representativas de la quebrada La Calzada. Las Áreas agrícolas heterogéneas, las Redes de comunicación y Aguas continentales solo representan el 10% (0,06 km<sup>2</sup>) del territorio. En la Figura 25 y Figura 26 se puede observar la distribución de cada una de estas coberturas dentro la Unidad Hidrográfica.



**Figura 25.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Calzada.



**Figura 26.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Calzada.

## 1.14 Unidad Hidrográfica quebrada La Camelia

### 1.14.1 Ubicación geográfica

Su cauce principal nace a 1343 m.s.n.m por la confluencia entre las quebradas Las Yeguas y Zuldemayda al oeste del municipio de Armenia entre las coordenadas N 992084.23 – W



1151054.90 y desemboca al noroeste del municipio sobre los 1219 m.s.n.m, en la vereda La India sobre el Río Espejo con coordenadas N 992527.77 - W 1145436.25 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas Puerto Espejo, El Mesón, Pantanillo y La India.

#### **1.14.2 Unidades Cartográficas de Suelos**

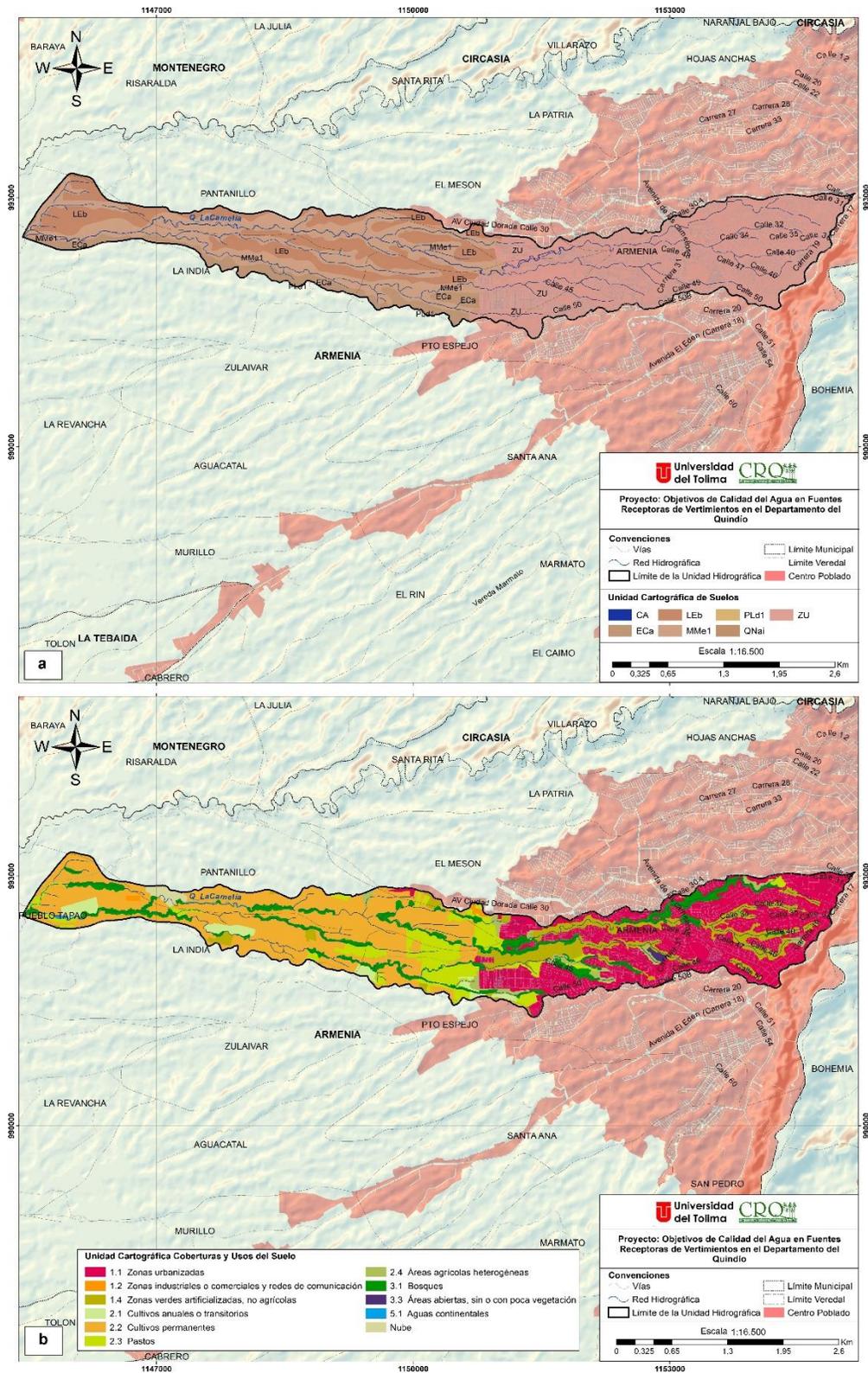
Cerca del 49% (4,09 km<sup>2</sup>) de esta Unidad Hidrográfica es representada por la Zona Urbana (ZU) según se indica en la Figura 27 y Figura 28, mientras que el 26% (2,20 km<sup>2</sup>) del área la integran los suelos de la consociación Membrillal (MMe1), el 18% (1,52 km<sup>2</sup>) La Esperanza (LEb) y el 7% (0,55 km<sup>2</sup>) El Cafetal (ECa).

Los suelos se distribuyen en sectores de pendientes planas (0-3%) en algunos casos en condición inundable, hasta pendientes ligeramente escarpadas (25-50%); muy pocos con procesos erosivos de tipo ligero. Evolucionados a partir de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales; bien drenados; fuerte a moderadamente ácidos; de fertilidad moderada y baja. Presentan altos y bajos niveles de materia orgánica, con valores de CO entre 4,5 y 0,16%. Las texturas son moderadamente gruesas a modernamente finas. La estructura se presenta en bloques subangulares finos y medios, moderados a débilmente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable, mientras que en mojado varía desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica (IGAC, 2013).

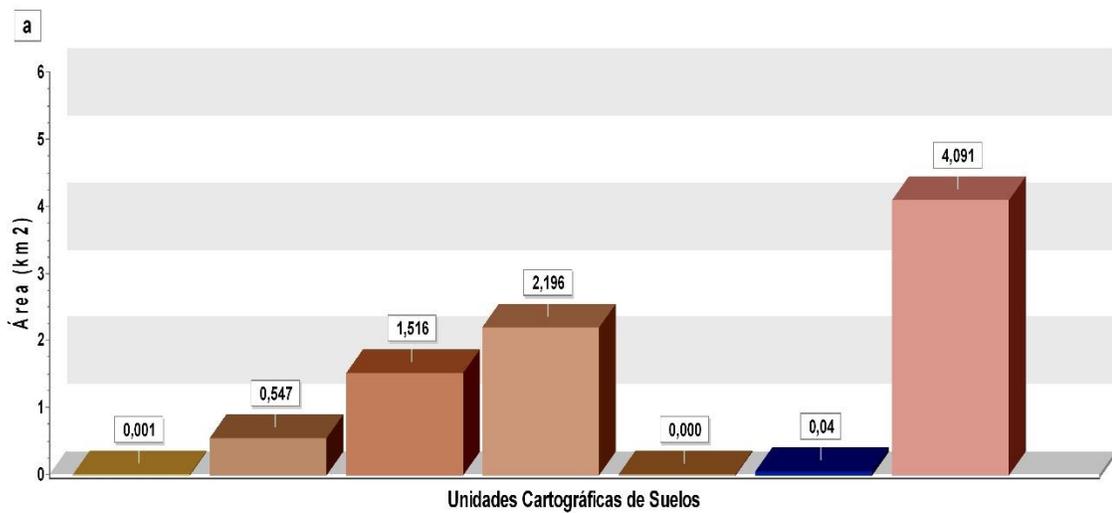
Tienen alta capacidad de retención de humedad a distintas tensiones; la humedad aprovechable varía entre el 10 y 25%. La porosidad esta entre el 46 y 68%, con mayor predominio de microporos, que garantiza la buena retención de agua; en algunos casos se presenta macroporosidad muy baja, indicando restricción en la aireación y el movimiento de agua en el perfil. La densidad real es inferior de 2,5 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente al 1,5% (IGAC, 2013).

#### **1.14.3 Coberturas y Usos de la Tierra**

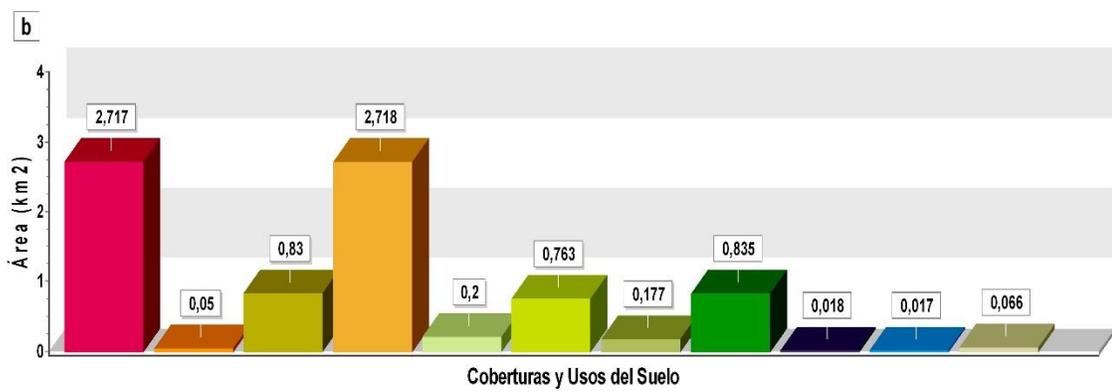
Dentro de la distribución de coberturas de la quebrada La Camelia (Figura 27 y Figura 28), se destacan con el 32% (2,72 km<sup>2</sup>) del total del área, las coberturas Cultivos permanentes y Zonas urbanizadas, y con el 10%, los Bosques (0,84 km<sup>2</sup>) y las Zonas verdes artificializadas (0,83 km<sup>2</sup>). Los Pastos en sus tres modalidades (limpios, arbolados y enmalezados) cubren el 9% (0,76 km<sup>2</sup>) del territorio. El área restante (6% - 0,46 km<sup>2</sup>) la conforman las Zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, algunos Cultivos transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas abiertas sin o con poca vegetación y Aguas continentales integrados por los ríos. Especies como quebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) y algunas piperáceas, lianas, helechos y heliconias, también es posible encontrarlas en la zona, según el IGAC (2013).



**Figura 27.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Camelia.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 PL 0,01 % EC 6,52 % LE 18,07 % MM 26,17 % QN 0,00 % CA 0,47 % ZU 48,75 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	32,38 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,59 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	9,89 %	2.2 Cultivos permanentes	32,4 %
2.1 Cultivos anuales o transitorios	2,39 %	2.3 Pastos	9,09 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2,11 %	3.1 Bosques	9,95 %
3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0,21 %	5.1 Aguas continentales	0,2 %
Nube	0,78 %		

**Figura 28.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Camelia.

## 1.15 Unidad Hidrográfica quebrada La Congala

### 1.15.1 Ubicación geográfica

Localizada al suroeste del municipio de Calarcá sobre los 1262 m.s.n.m. Su cauce principal nace en la vereda La Albania a una altura de 1340 m.s.n.m entre las coordenadas N 985022.25

– W 1152736.67 y desemboca sobre el Río Verde a los 1130 m.s.n.m, en la vereda Calle Larga con coordenadas N 978868.14 - W 1147428.79 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas La Albania, Playa Rica, Calle Larga y Río Verde.

#### *1.15.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

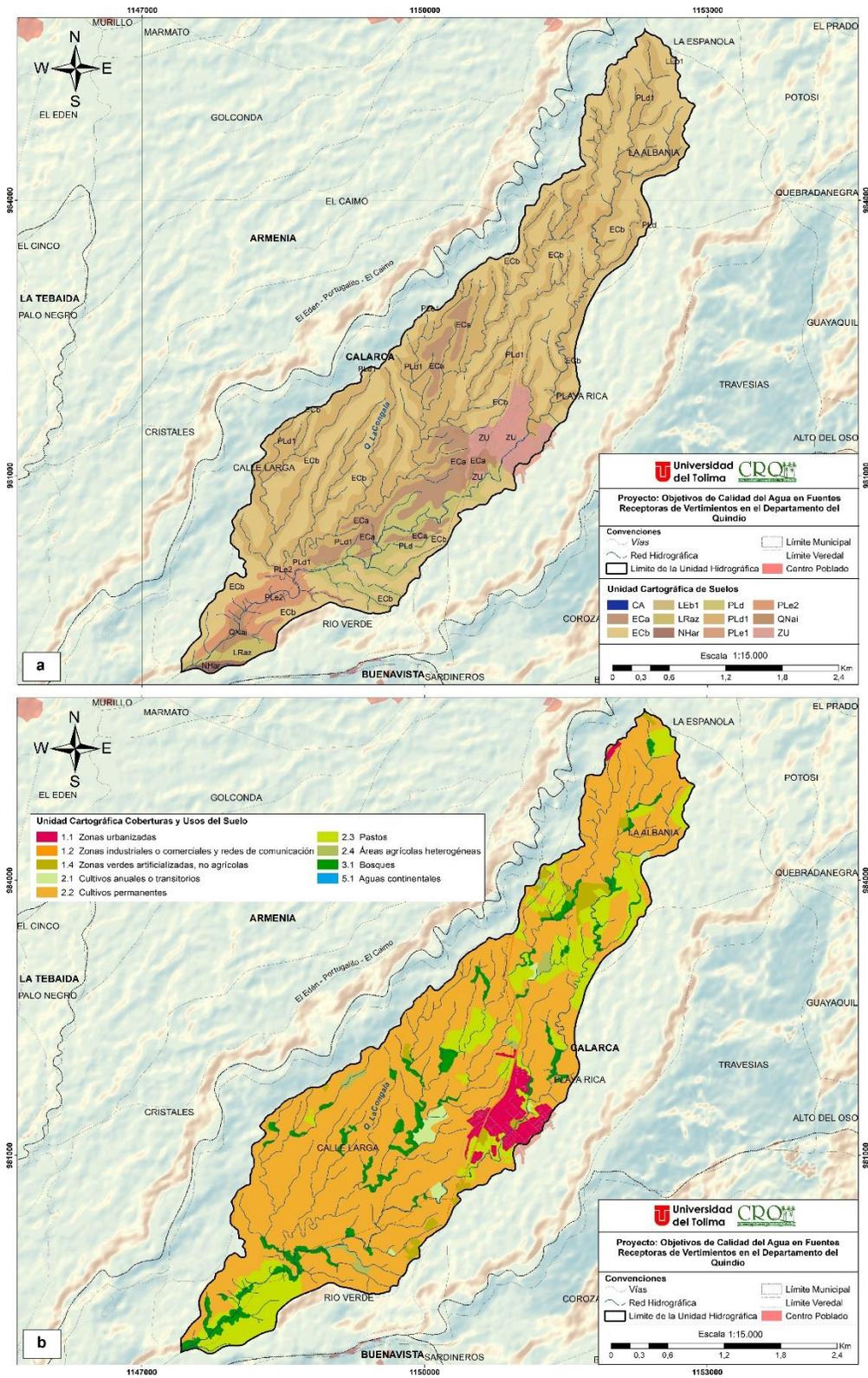
Los principales suelos que integran esta Unidad Hidrográfica son los pertenecientes a las consociaciones Padilla (PL) y El Cafetal (EC) en un 49 (5,60 km<sup>2</sup>) y 46% (5,26 km<sup>2</sup>), respectivamente, con las unidades cartográficas PLd, PLd1, PLe1, PLe2, ECa y ECb (Figura 29 y Figura 30).

Ocupan sectores de pendientes planas (0-3%) a ligeramente escarpadas (25-50%); algunos inundables, encharcables o con erosión de tipo ligero y moderado. El IGAC (2013) los caracteriza como suelos que han evolucionado a partir de cenizas volcánicas y depósitos torrenciales volcánicos; profundos; bien drenados; ligeros a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada. La materia orgánica presenta niveles bajos; los contenidos de CO fluctúan entre 0,98 y 1,2%. La textura es mediana a moderadamente fina. La estructura se presenta en bloques subangulares finos y medios, de débiles a moderadamente desarrollados. La consistencia es friable en húmedo, desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica en mojado.

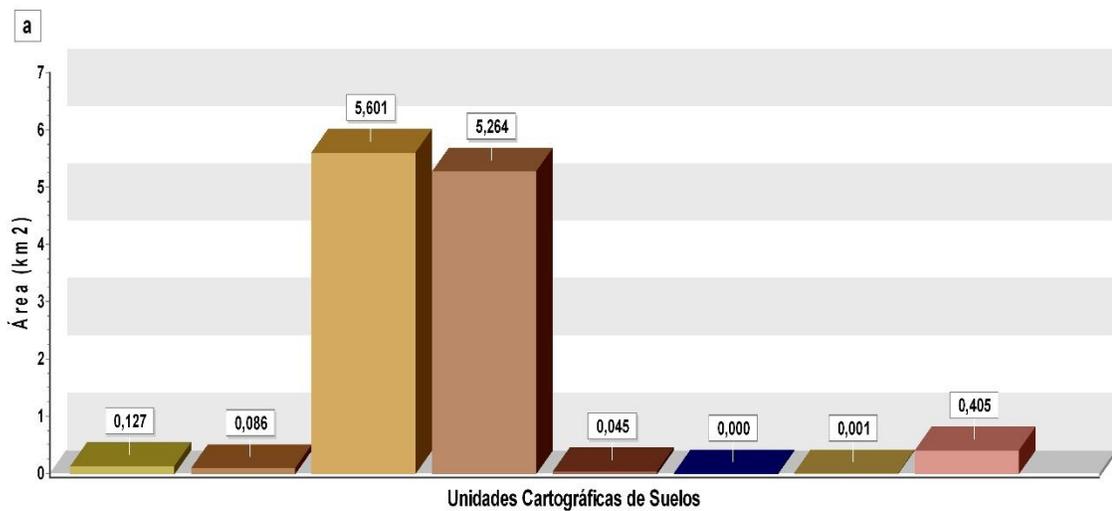
Presentan media y alta capacidad de retención de humedad, con valores entre el 10 y 27% de humedad aprovechable. Porosidad total entre el 43 y 65%, distribuida adecuadamente entre micro y macroporos, de forma tal que garantiza la buena retención de agua, y a la vez buena aireación y drenaje del suelo; algunas veces se presentan ciertas restricciones debido a la baja macroporosidad. Los valores de densidad real se encuentran entre 2,2 y 2,58 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,76 g.cm<sup>-3</sup> y 1,5 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

#### *1.15.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

La mayor parte de la quebrada Congala (72% - 8,27 km<sup>2</sup>) es integrada principalmente por Cultivos permanentes y se destacan por su predominancia el cultivo de Plátano (35% - 4,0 km<sup>2</sup>) y Café (32% - 3,74 km<sup>2</sup>). En segundo lugar, con el 15% (1,69 km<sup>2</sup>) del área se encuentran los Pastos, siendo estos especialmente Limpios con el 14% (1,57 km<sup>2</sup>). Las demás coberturas como Zonas urbanizadas, Redes de comunicación, Zonas verdes artificializadas, Cultivos transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas y algunos relictos de Bosque especialmente Bosques de galería de guadua, ocupan el 14% (1,57 km<sup>2</sup>) del territorio. En la Figura 29 y Figura 30 se puede observar la distribución de cada una de las coberturas que integran esta Unidad Hidrográfica.



**Figura 29.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Congala.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

LR 1,1 % QN 0,74 % PL 48,58 % EC 45,66 % NHr 0,39 % CA 0,00 % LE 0,01 % ZU 3,51 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	3,28 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,64 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	2,07 %	2.1 Cultivos anuales o transitorios	1,05 %
2.2 Cultivos permanentes	71,72 %	2.3 Pastos	14,63 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	0,94 %	3.1 Bosques	5,67 %
5.1 Aguas continentales	0,00 %		

**Figura 30.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Congala.

## 1.16 Unidad Hidrográfica quebrada La Española

### 1.16.1 Ubicación geográfica

Nace al sur del municipio de Córdoba a los 2758 m.s.n.m, en la vereda La Española entre las coordenadas N 974285.63 – W 1157746.30 y converge en la quebrada El Jardín, en la vereda

Travesías a 1416 m.s.n.m al noroeste del municipio con coordenadas N 978935.39 - W 1154037.55 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas La Española, Jardín Alto y Bajo y Siberia Baja.

#### *1.16.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

Esta Unidad Hidrográfica es integrada principalmente por dos unidades cartográficas que caracteriza en IGAC (2013); en primer lugar, El Vergel (EV) con suelos EVf2, EVf3, EVg, EVg1 y EVg2 que representan el 65% (5,97 km<sup>2</sup>) del área y seguidamente Calicanto (CL) con CLd, CLe, CLf2, CLf3, CLg1 y CLg2 con el 32% (2,93 km<sup>2</sup>); el 4% (0,35 km<sup>2</sup>) restante hace parte de la Zona Urbana (ZU), tal como lo indica la Figura 31 y Figura 32.

Estos suelos ocupan pendientes que varían desde fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente escarpadas (>75%), afectados por procesos erosivos de grado ligero y severo. Desarrollados a partir de rocas volcano-sedimentarias y depósitos torrenciales volcánicos con influencia de cenizas volcánicas; profundos; bien drenados; moderada a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada; con niveles de carbono orgánico (CO) altos, entre 3,1 y 5%. Presentan textura franca y franca arenosa; con estructura granular, fina y débil en superficie y en bloques subangulares finos y gruesos, moderados y débilmente desarrollados en los horizontes inferiores. La consistencia es friable en húmedo, ligeramente pegajosa y no plástica en mojado; susceptibles a movimientos en masa (IGAC, 2013).

Presentan una mediana y alta capacidad de retención de humedad a diferentes tensiones; los valores de humedad aprovechable varían entre 8 y 22%. La porosidad total es alta, superior al 43%, con una distribución equilibrada entre macro y microporos que proporciona una adecuada retención de agua y a su vez buena aireación y facilidades para el movimiento del agua de drenaje; en algunas zonas se presenta mayor predominio de la microporosidad, responsables de la mayor retención de la humedad. La densidad real oscila entre 1,8 y 2,62 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,74 y 1,1 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

#### *1.16.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

La quebrada La Española está conformada principalmente por Pastos con un área de 3,06 km<sup>2</sup> (33%), de la cual un 20% (1,81 km<sup>2</sup>) corresponde a Pastos limpios y un 13% (1,23 km<sup>2</sup>) a Pastos enmalezados; en segundo lugar, se encuentran los Bosques (32% - 2,94 km<sup>2</sup>), representados en un 23% por Bosques de galería arbolados (2,11 km<sup>2</sup>) y en tercer lugar, se encuentran las Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva con un 18% (1,68 km<sup>2</sup>), siendo básicamente de Vegetación secundaria (14% - 1,27 km<sup>2</sup>). El área restante, es decir 1,31 km<sup>2</sup> (14%) corresponde a, Cultivos permanentes como Plátano y Café, Áreas agrícolas heterogéneas y Territorios artificializados integrados por las Zonas urbanizadas, Zonas Verdes artificializadas y las Zonas comerciales y redes de comunicación (Figura 31 y Figura 32). La vegetación natural de la zona, según el IGAC (2013) es integrada por las especies

sietecucos (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*).

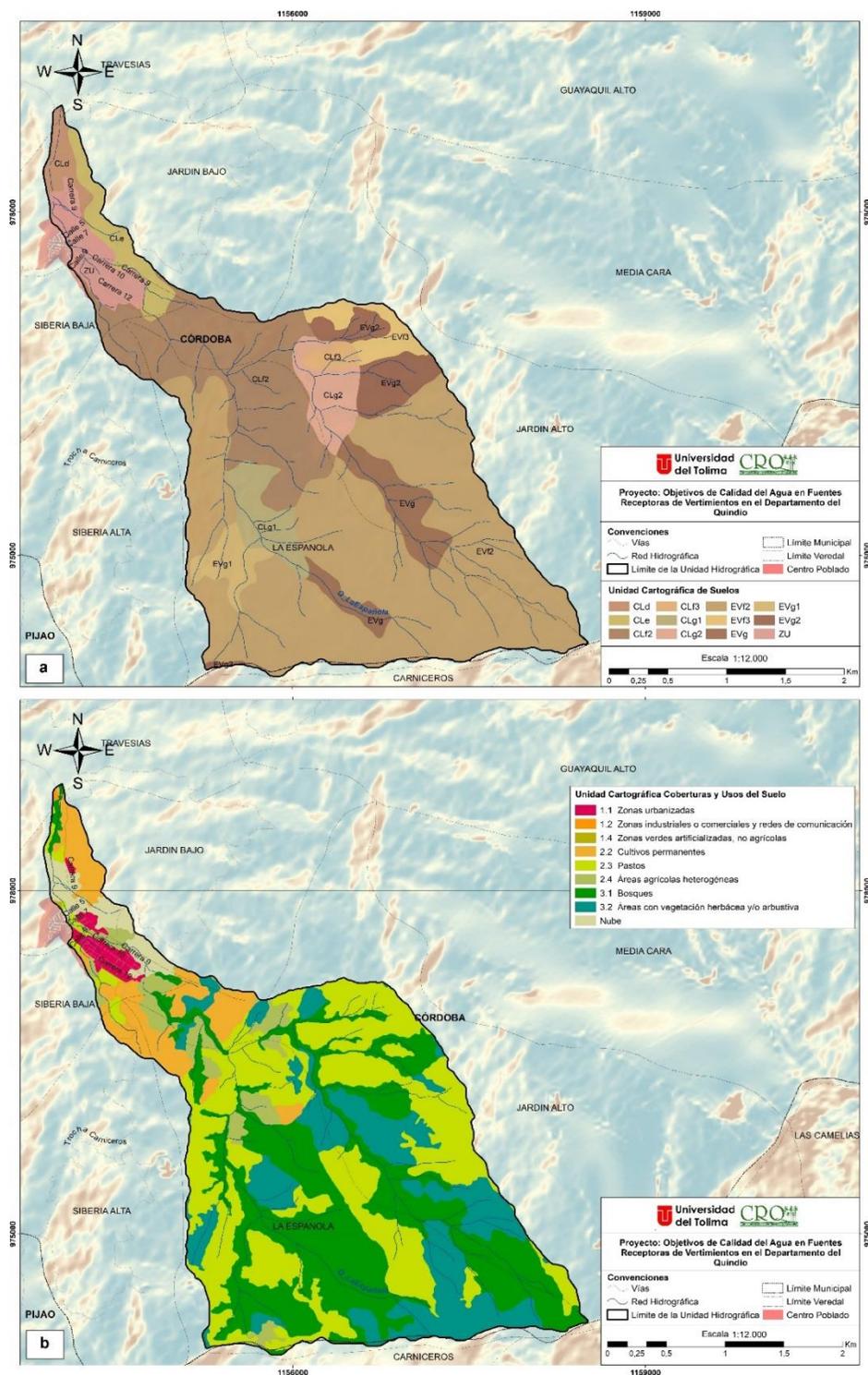
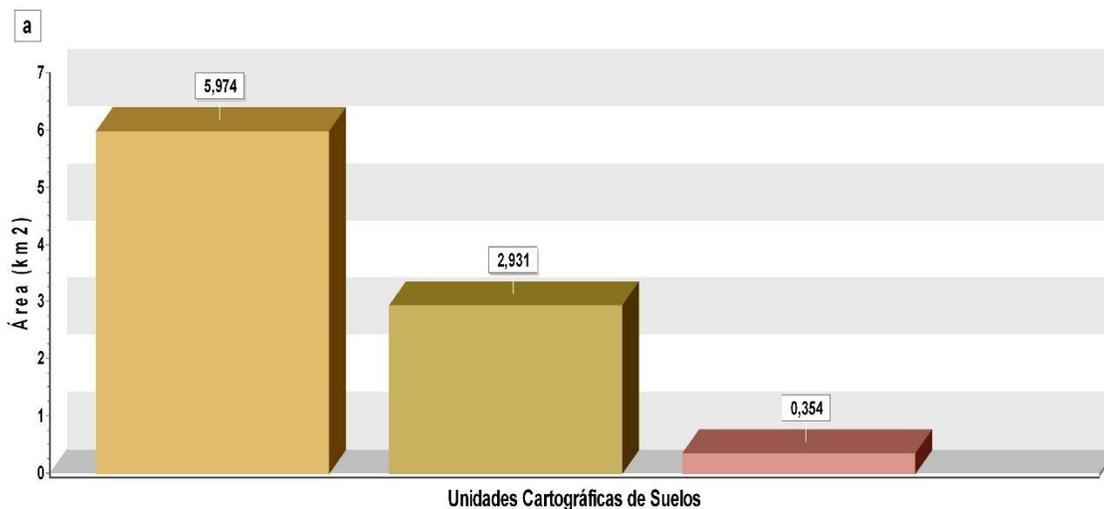
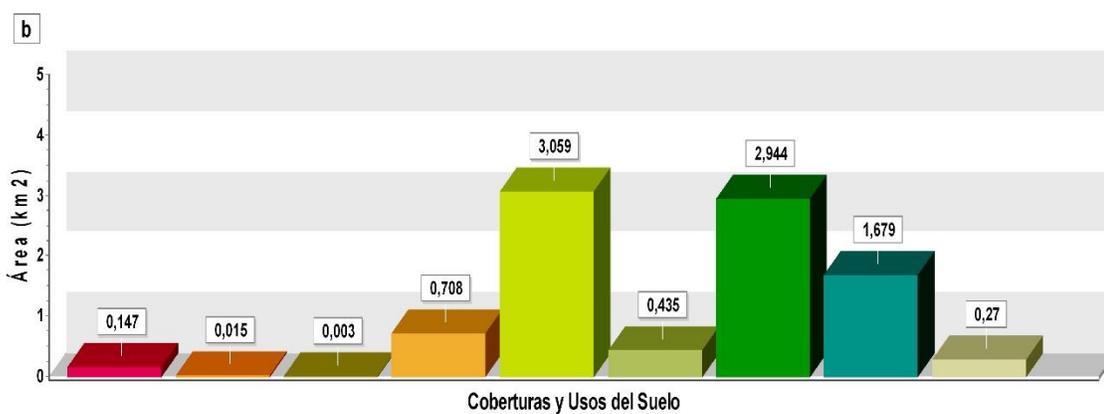


Figura 31. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Española.





**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 EV 64,51 % CL 31,66 % ZU 3,83 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	1,59 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,16 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	0,03 %	2.2 Cultivos permanentes	7,65 %
2.3 Pastos	33,04 %	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	4,7 %
3.1 Bosques	31,79 %	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	18,13 %
Nube	2,91 %		

**Figura 32.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Española.

## 1.17 Unidad Hidrográfica quebrada La Florida

### 1.17.1 Ubicación geográfica

Su corriente principal nace aproximadamente a los 1798 m.s.n.m al oeste del municipio de Salento, en la vereda San Juan con coordenadas N 1000956.78– W 1160193.72 y desemboca

al sur del área metropolitana de Armenia a los 1385 m.s.n.m, sobre el Río Quindío entre las coordenadas N 992252.34 - W 1155522.00 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre la vereda del municipio de Salento: San Juan y del municipio de Armenia: San Juan y Tigreros. El 80% de su extensión queda ubicado en Armenia.

#### *1.17.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

Esta Unidad Hidrográfica es representada básicamente por la Zona Urbana (ZU) en un 69% (4,33 km<sup>2</sup>); los suelos LEc, LEc1 y LEc2 de la consociación La Esperanza conforman el 29% (1,82 km<sup>2</sup>), mientras que los pertenecientes a Quindío (QN) y Membrillal (MM) el 2,5%, con un área de 0,16 km<sup>2</sup> (Figura 33 y Figura 34).

Estos suelos comprenden sectores de pendientes moderadamente inclinadas (7-12%) a moderadamente escarpadas (50-75%), afectados por erosión ligera y moderada. De acuerdo con el IGAC (2013), son suelos originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales; bien drenados; fuertemente ácidos; de baja fertilidad. Los contenidos de materia orgánica son altos, con valores de CO entre 4,5 y 1,2%. Las texturas predominantes varían entre moderadamente gruesas a moderadamente finas. La estructura se presenta en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable, mientras que en mojado varía desde no pegajosa y no plástica hasta ligeramente pegajosa y plástica.

Tienen alta capacidad de retención de humedad a diferentes tensiones, con valores entre 19 y 24% de humedad aprovechable. La porosidad total es superior al 45%, con predominio de microporosidad que garantiza buena retención de humedad, pero con la cantidad adecuada de macroporos para proporcionar buena aireación y buen drenaje del suelo. Los valores de densidad real oscilan entre 2,2 y 2,4 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,8 y 1,0 g.cm<sup>-3</sup>, correspondientes al tipo de texturas dominantes que forman estos suelos, según el IGAC (2013).

#### *1.17.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

Las coberturas dominantes en esta zona, son los Pastos en un 28% (1,77 km<sup>2</sup>) básicamente Pastos limpios (20% - 1,24 km<sup>2</sup>), las Zonas urbanas en un 26% (1,61 km<sup>2</sup>) y los Bosques en un 14% (0,85 km<sup>2</sup>), representados por Bosques de galería; el área restante, es decir aproximadamente 2,08 km<sup>2</sup> (33%), la integran los Cultivos permanentes principalmente Café y Plátano, Áreas agrícolas heterogéneas, Zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, Zonas verdes artificializadas, Áreas con vegetación herbácea y arbustiva, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación y Aguas continentales (Figura 33 y Figura 34). En cuanto a la cobertura vegetal, esta es integrada por piperáceas, lianas, helechos, heliconias y algunas especies de quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) (IGAC, 2013).

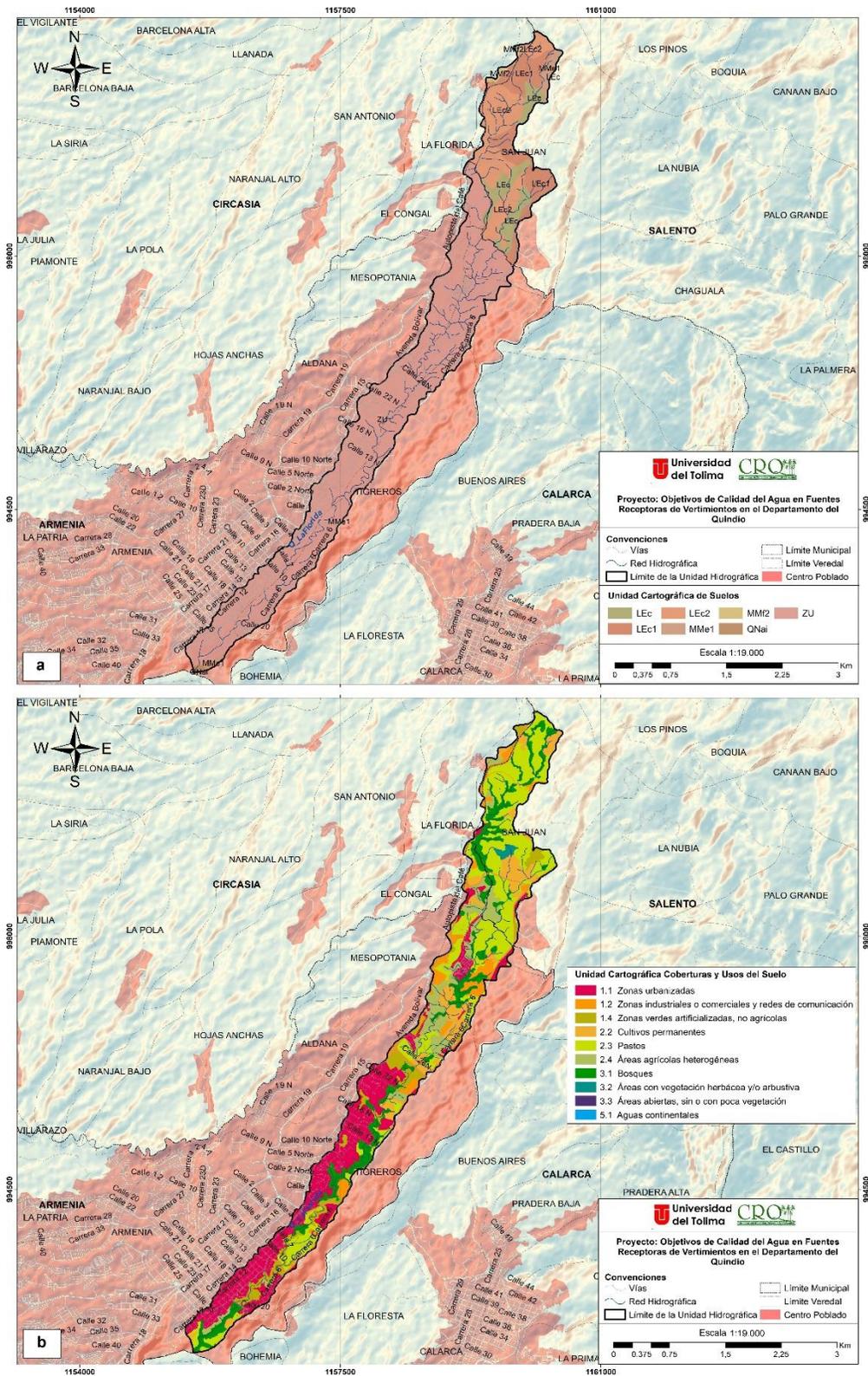
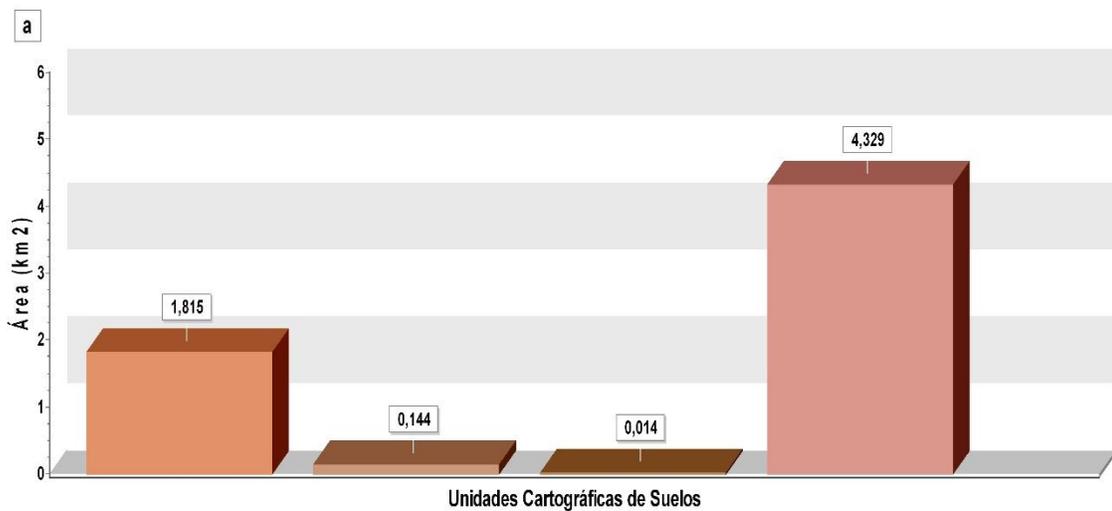


Figura 33. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Florida.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

LE	28,8 %	MM	2,29 %	QN	0,22 %	ZU	68,69 %
----	--------	----	--------	----	--------	----	---------



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	25,53 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	8,39 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	6,57 %	2.2 Cultivos permanentes	9,19 %
2.3 Pastos	28,04 %	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	8,22 %
3.1 Bosques	13,5 %	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	0,55 %
3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0,00 %	5.1 Aguas continentales	0,00 %

**Figura 34.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Florida.

## 1.18 Unidad Hidrográfica quebrada La Jaramilla

### 1.18.1 Ubicación geográfica

Nace a 1237 m.s.n.m al noreste del municipio de La Tebaida, en la vereda El Edén con coordenadas N 985696.34 – W 1145503.99 y desemboca al sur del municipio sobre los 1066

m.s.n.m, en la vereda Pisamal sobre la quebrada Cristales entre las coordenadas N 980152.00 - W 1138214.85 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas El Edén, El Guayabal, La Jaramilla, El Cinco, La Argentina, La Popa y Pisamal.

### *1.18.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

Las consociaciones que integran esta Unidad Hidrográfica son principalmente Padilla (PL) en un 45% (11,46 km<sup>2</sup>) con las unidades PLd, PLd1, PLd2, Ple2, PLf2 y, El Cafetal (EC) en un 43% (11,0 km<sup>2</sup>) con las fases ECa, ECb y ECb1; la Zona Urbana (ZU) representa el 11% (2,83 km<sup>2</sup>) del área restante (Figura 35 y Figura 36).

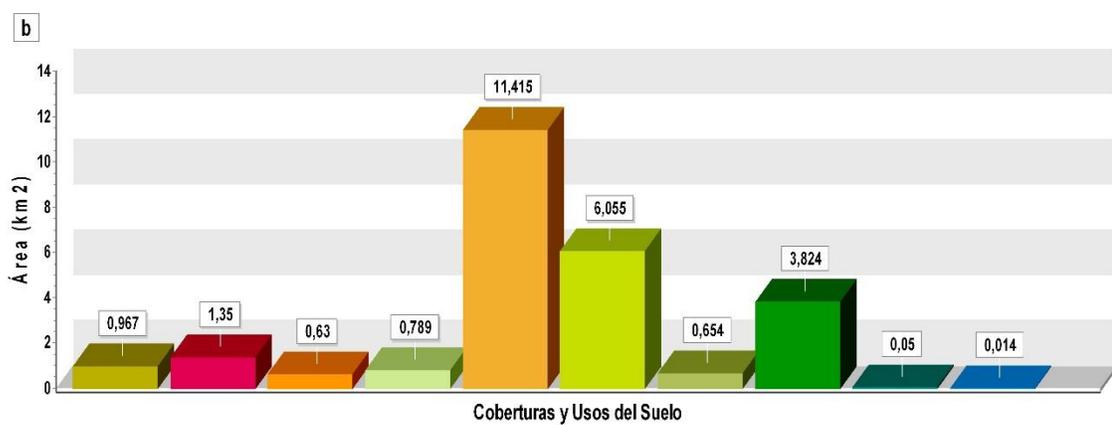
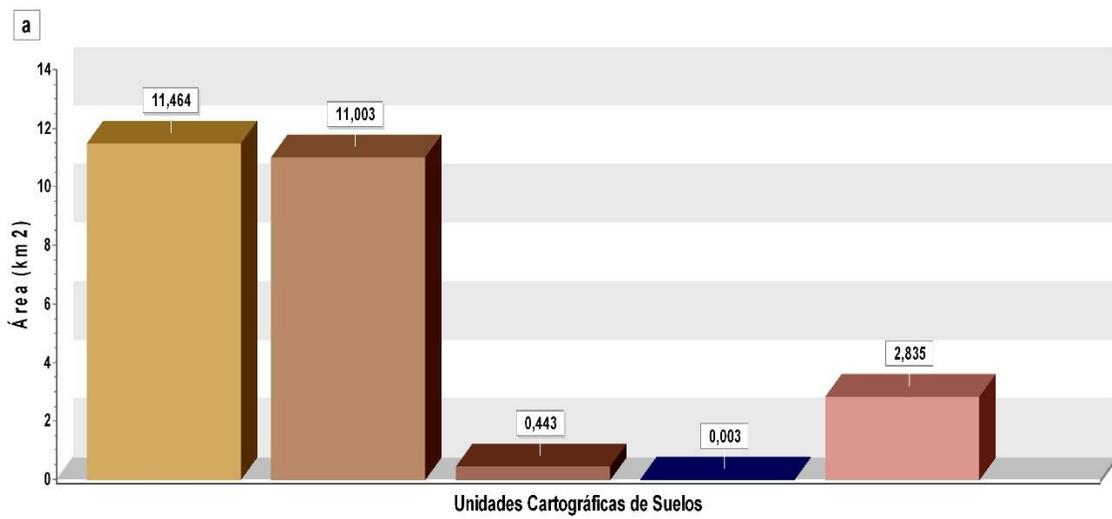
Ocupan zonas de pendientes planas (0-3%) a moderadamente escarpadas (50-75%), con erosión ligera a moderada. Su material de origen está constituido por cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos o por materiales aluviales medios y gruesos. Son suelos profundos; bien a moderadamente drenados; ligera a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada. Los contenidos de materia orgánica son bajos; carbono orgánico (CO) entre 0,98 y 1,7%. Presentan texturas moderadamente finas. La estructura es en bloques subangulares finos y medios, de débiles a moderadamente desarrollados. La consistencia es friable en húmedo, mientras que en mojado varía desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica; en algunos casos el último horizonte se presenta de grano suelto y consistencia polvosa, según lo indicado por el IGAC (2013).

La retención de humedad es de media a alta en diferentes tensiones; los contenidos de humedad aprovechable fluctúan entre 8 y 27%. La porosidad total es alta, con valores entre 43 y 65%, con microporosidad adecuada para garantizar buena retención de agua, pero macroporosidad baja, en la mayor parte de los casos, que condiciona la aireación y el movimiento del agua en el perfil. La densidad real alcanza valores hasta 2,78 gm<sup>-3</sup> y la densidad aparente hasta 1,43 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013)

### *1.18.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

Según la distribución de coberturas evidenciadas en la Figura 35 y Figura 36, en la quebrada La Jaramilla predominan en primer lugar, los Cultivos permanentes con el 44% (11,42 km<sup>2</sup>), entre los cuales se destacan el cultivo de Plátano (10% - 4,38 km<sup>2</sup>), Cítricos (23% - 5,94 km<sup>2</sup>) y Café (6% - 1,47 km<sup>2</sup>); en segundo lugar, están los Pastos con el 24% (6,06 km<sup>2</sup>), destacándose entre ellos, los Pastos limpios (19% - 4,99 km<sup>2</sup>) y en tercer lugar, los Bosques en un 15% (3,82 km<sup>2</sup>), representados por Bosques de galería de guadua con el 12% (3,12 km<sup>2</sup>) de estos. Las demás coberturas cubren una superficie de alrededor de 4,45 km<sup>2</sup>, que representan el 17% del área total, estas son: Zonas urbanizadas, Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación, Zonas verdes artificializadas, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Cultivos anuales de Maíz, Soya y Yuca, Áreas agrícolas heterogéneas y Aguas continentales conformadas por Lagunas, Lagos y algunos Cuerpos de agua artificiales.





**Figura 36.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Jaramilla.

## 1.19 Unidad Hidrográfica quebrada La Picota

### 1.19.1 Ubicación geográfica

Su cauce principal nace al sureste del municipio de Buenavista a una altura de 1993 m.s.n.m, en la vereda Poleal entre las coordenadas N 972927.35 – W 1150667.96 y desemboca a los

1391 m.s.n.m al suroeste del municipio de Calarcá, en la vereda La Cabaña sobre el Río Barragán con coordenadas N 977704.23 - W 1141838.33 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Se encuentra en jurisdicción de los municipios de Pijao, Buenavista y Calarcá, por los cuales atraviesa las veredas Los Juanes, La Moravita, Poleal, Los Sauces, La Huellada, Palo Negro, La Cabaña, La Picota, Las Gurrias y Barragán.

### *1.19.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

Los principales suelos que hacen parte de esta Unidad Hidrográfica, según la Figura 38 y Figura 37 son, GYe1, GYe2, GYe3, GYf1, GYf3 y GYg1 de la consociación Guayaquil (GY) en un 61% (26,13 km<sup>2</sup>); NHar de Nuevo Horizonte (NH) en un 11% (4,89 km<sup>2</sup>); PDF1 y PDg1 de Pedregales (PD) en un 8% (3,42 km<sup>2</sup>); LAc, LAc1, LAd2 y LAe3 de Los Alpes (LA) en un 6% (2,44 km<sup>2</sup>); PLd2 y PLe1 de Padilla (PL) en un 6% (2,49 km<sup>2</sup>) y QNai de Quindío (QN) en un 5% (2,01 km<sup>2</sup>).

Comprenden sectores de pendientes planas (0-3%) a fuertemente escarpadas (>75%), inundables o con erosión en grado ligero y severo. Según el IGAC (2013), son suelos que han evolucionado de materiales volcánico sedimentarios con influencia de cenizas volcánicas, depósitos aluviales mixtos, depósitos torrenciales volcánicos, anfíbolitas y esquistos; profundos a moderadamente profundos (limitados por el nivel freático); bien a imperfectamente drenados; fuertes a ligeramente ácidos; de moderada fertilidad. Presentan niveles altos y bajos de materia orgánica; los contenidos de CO varían de 6,2 a 0,98% en el horizonte superior hasta 0,04% en la parte más profunda. Las texturas oscilan entre gruesas y finas; de consistencia friable en húmedo y de ligeramente pegajosa y plástica hasta no pegajosa y no plástica en mojado. La estructura es granular y en bloques subangulares finos y gruesos, de débiles a fuertemente desarrollados; en algunos casos de grano suelto.

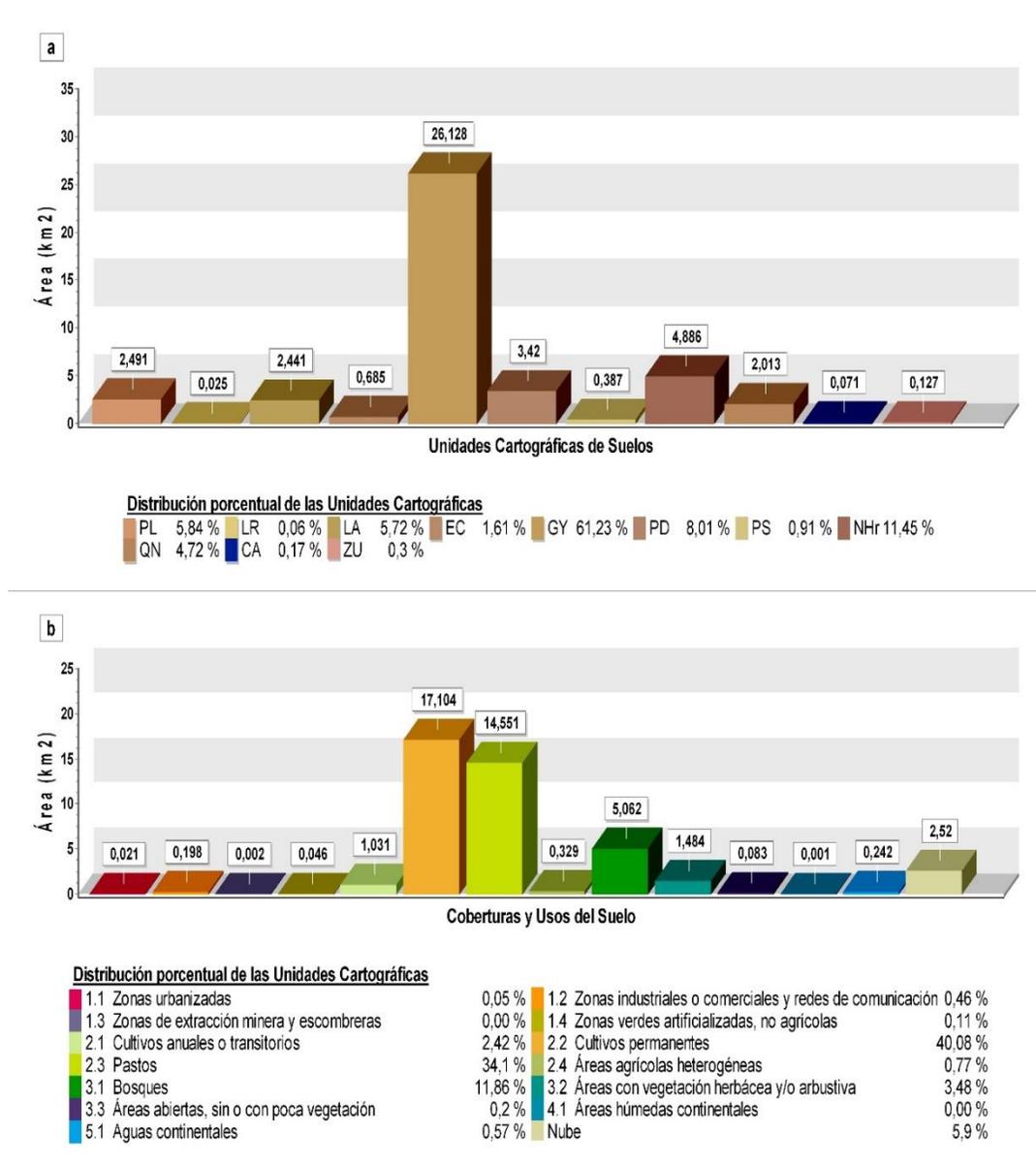
La retención de humedad es media y alta a distintas tensiones; la humedad aprovechable fluctúa entre 4 y 32%. Presentan alta porosidad total, con valores entre 43 y 72%, distribuida adecuadamente en macro y microporos que garantiza la buena retención de agua, el buen drenaje y la aireación del suelo; en ciertos casos se presenta condiciones restrictivas para el drenaje y aireación por causa de la baja macroporosidad. La densidad real fluctúa entre 2,4 y 2,8 g.cm<sup>-3</sup> y densidad aparente entre 0,98 y 1,5 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### *1.19.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

Considerando el estudio de coberturas y usos del suelo realizado por el IGAC (2010), las principales coberturas de esta zona son los Cultivos permanentes (40% - 17,10 km<sup>2</sup>) entre ellos el Café, el Plátano y los Cítricos, le siguen los Pastos con el 34% (14,55 km<sup>2</sup>) y luego los Bosques con el 12% (5,06 km<sup>2</sup>), predominando los Bosques de galería guadua y arbolados; el área restante (8% - 3,44 km<sup>2</sup>) la conforman las Zonas urbanizadas, Cultivos transitorios, Zonas industriales y redes de comunicación, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva, Zonas de extracción minera, Áreas abiertas, sin



o con poca vegetación, Zonas verdes artificializadas, Áreas húmedas y Aguas continentales con ríos y cuerpos de agua artificiales. El área sin información corresponde al 6% (2,52 km<sup>2</sup>) del área, debido a la presencia de nubes (Figura 38 y Figura 37). La Cobertura vegetal está conformada por algunas especies como guamos (*Inga spp.*), guayabos (*Psidium guajava*), chilcas (*Baccharis trinervis*), sietecueros (*Tibouchina lepidota*), yarumos (*Cecropia spp.*), lechudos (*Ficus maxima*), balsos (*Ochroma pyramidale*), tunos (*Miconia salicifolia*), venturosas (*Synedrella nodiflora*) (IGAC, 2013).



**Figura 37.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Picota.

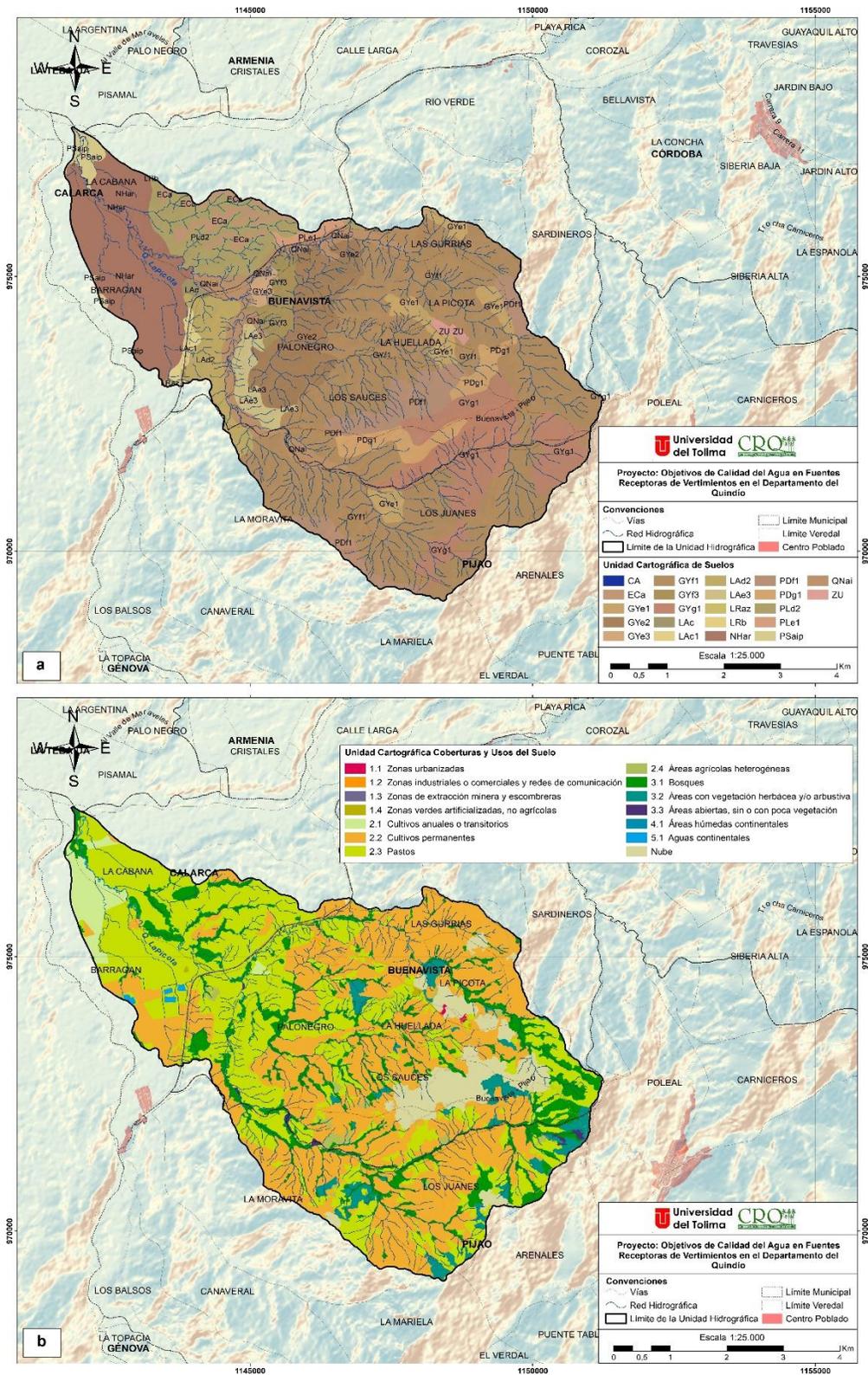


Figura 38. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Picota.

## 1.20 Unidad Hidrográfica quebrada La Siberia

### 1.20.1 Ubicación geográfica

Localizado al suroeste del municipio de Córdoba a los 1803 m.s.n.m. Su cauce principal nace en la vereda Siberia Alta a los 2219 m.s.n.m entre coordenadas N 973891.78 – W 1154596.32 y desemboca sobre la quebrada El Jardín en la vereda Travesías a 1174 m.s.n.m, al noroeste del municipio entre las coordenadas N 979122.15 - W 1153808.85 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas Siberia Alta y Baja, Jardín Bajo, Travesías y La Concha.

### 1.20.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Los suelos de las consociaciones Calicanto (CL) y El Vergel (EV) constituyen la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica en un 59% (3,35 km<sup>2</sup>) y 40% (2,28 km<sup>2</sup>), respectivamente; incluyen las fases CLd, CLf2, CLg1, EVf1, EVf2, EVg1 y Evg2 (Figura 40 y Figura 39).

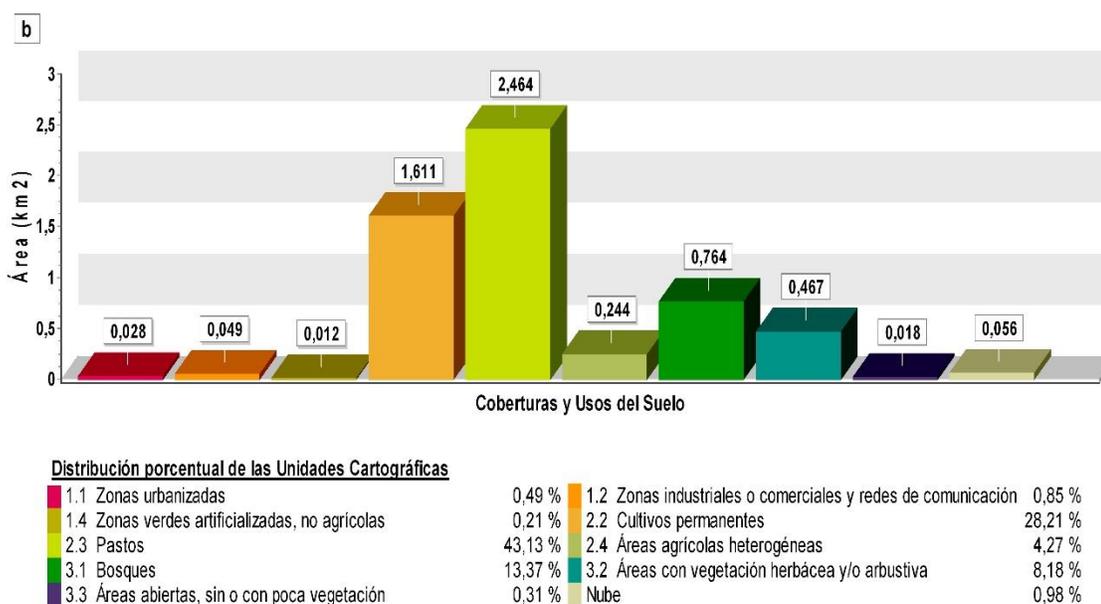
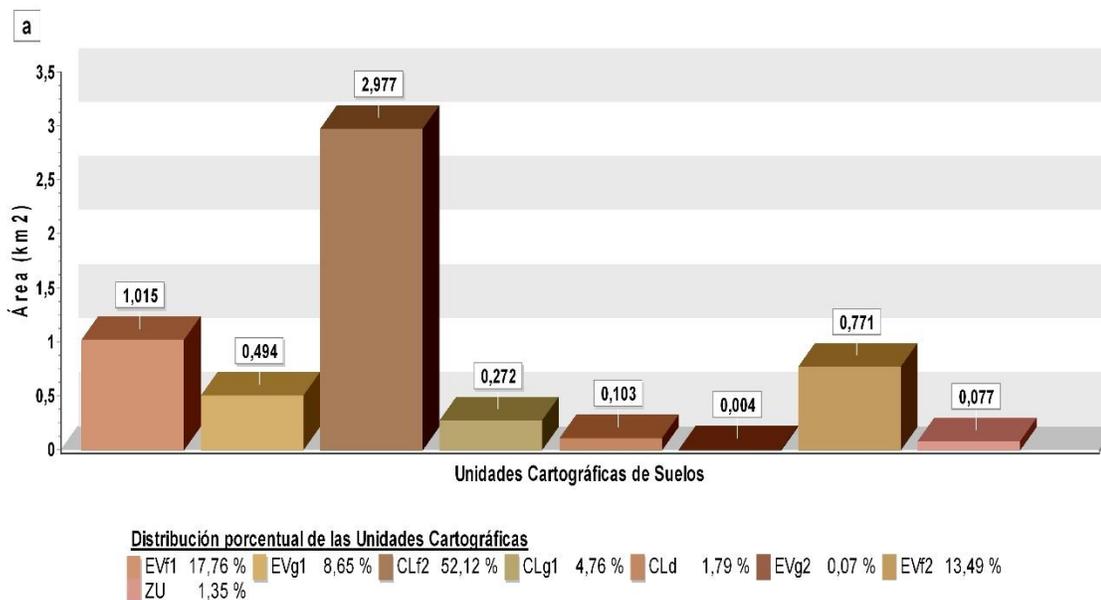
Se distribuyen en sectores de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente escarpadas (>75%), con erosión ligera y moderada. Son suelos originados a partir de depósitos torrenciales volcánicos con influencia de cenizas volcánicas y rocas volcanosedimentarias; profundos; bien drenados; moderados a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada. Los contenidos de materia orgánica son altos, con valores de 3,1 y 5% de CO. Se pueden encontrar texturas entre franco y franco arenosas. La estructura es granular, fina y débil en el primer horizonte y en bloques subangulares finos y gruesos en los horizontes más profundos, de moderados a débilmente desarrollados; en algunos casos presentan estructura de grano suelto. La consistencia es friable, desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa; los movimientos en masa son muy frecuentes en estos suelos a causa de las fuertes pendientes (IGAC, 2013).

Presentan una mediana y alta capacidad de retención de humedad, con valores entre 8 y 22% de humedad aprovechable. La porosidad total es superior del 44%, con una distribución adecuada de macro y microporos de tal manera que en el suelo existe una adecuada retención de agua y a la vez buena aireación y facilidades para el movimiento del agua de drenaje. La densidad real presenta valores entre 1,8 y 2,62 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,74 y 1,0 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

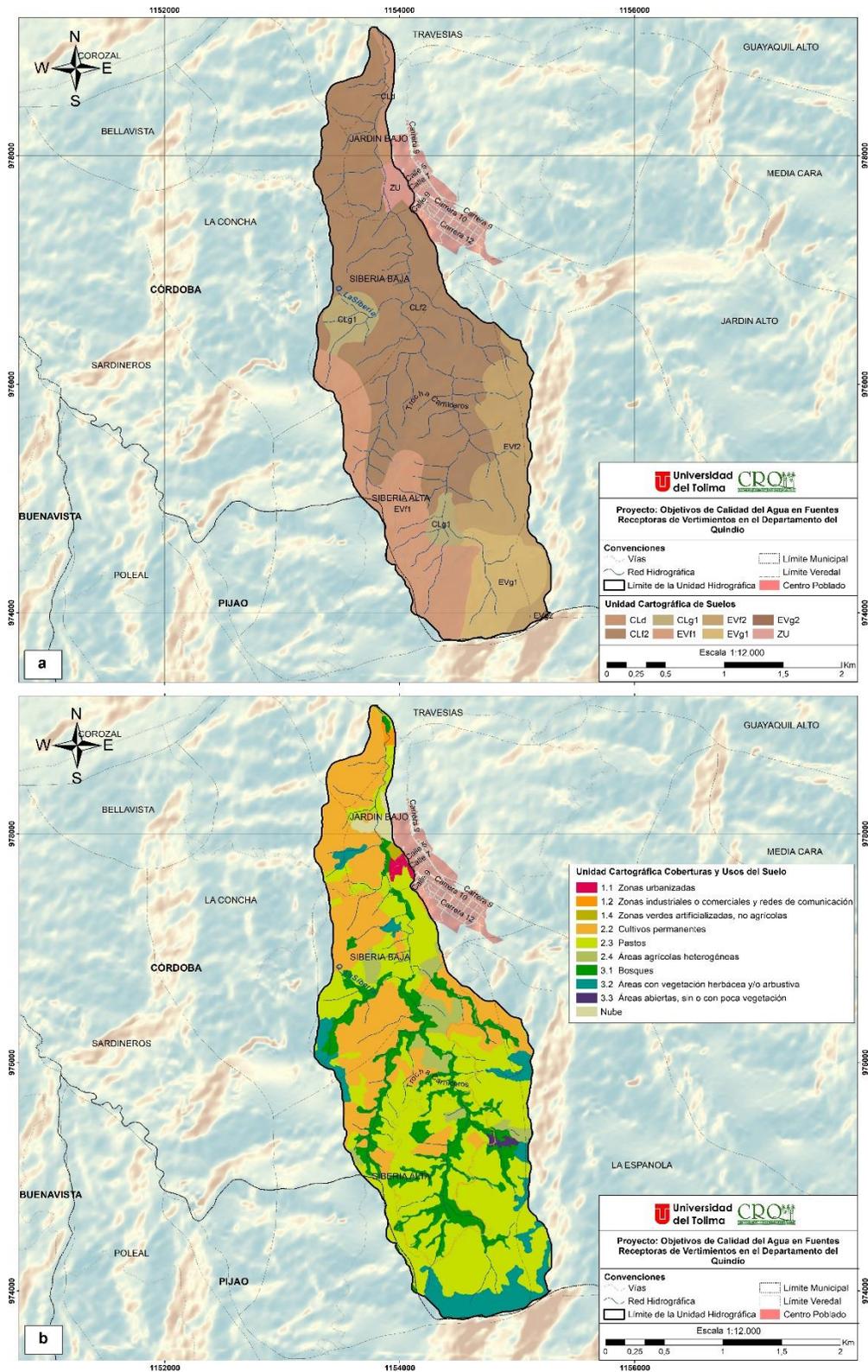
### 1.20.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Las coberturas más representativas del área, considerando la clasificación del IGAC (2010), son en su orden, los Pastos limpios y enmalezados en un 43% (2,46 km<sup>2</sup>), los Cultivos permanentes principalmente de Plátano, Café y Cítricos en un 28% (1,61 km<sup>2</sup>) y Bosques en un 13% (0,76 km<sup>2</sup>) con una extensión de 0,72 km<sup>2</sup> de Bosques de galería mixtos y arbolados; cerca del 14% (0,82 km<sup>2</sup>) del área restante está conformada por Zonas urbanizadas, Zonas comerciales, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (Figura 40 y Figura 39). La vegetación natural es

integrada por las especies sietecucos (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) (IGAC, 2013).



**Figura 39.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Siberia.



**Figura 40.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Siberia.

## 1.21 Unidad Hidrográfica quebrada La Tulia

### 1.21.1 Ubicación geográfica

Nace a los 1223 m.s.n.m al sureste del casco urbano del municipio de La Tebaida entre las coordenadas N 984036.30 – W 1143789.26 y confluye a la quebrada Jaramilla a los 1121 m.s.n.m con coordenadas N 982769.00 - W 1140344.17 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas El Edén y La Jaramilla.

### 1.21.2 Unidades Cartográficas de Suelos

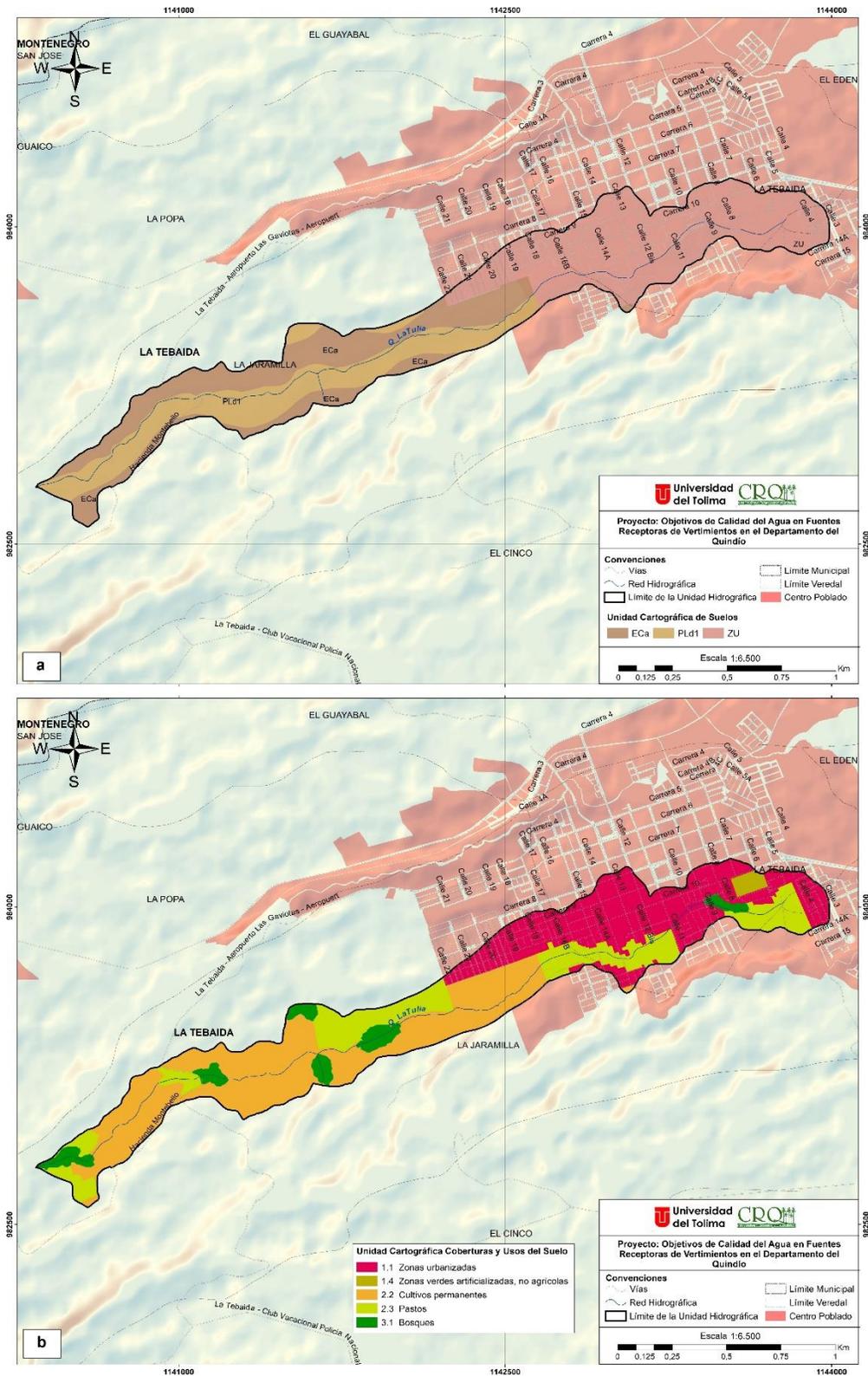
Como se indica en Figura 41 y Figura 42, la Zona Urbana cubre el 45% (0,51 km<sup>2</sup>) de la extensión total de esta Unidad Hidrográfica. Los suelos de la consociación El Cafetal (ECa) y Padilla (PLd1) integran el 29 (0,34 km<sup>2</sup>) y 26% (0,29 km<sup>2</sup>) del área restante, respectivamente.

Los suelos ocupan pendientes planas (0-3%) a fuertemente inclinadas (12-25%); algunos afectados por procesos erosivos en grado ligero. El IGAC (2013) los caracteriza como suelos formados por cenizas volcánicas y depósitos torrenciales volcánicos; profundos; bien drenados; ligeros a moderadamente ácidos; de fertilidad moderada. Los contenidos de materia orgánica que presentan en sus horizontes son bajos; el carbono orgánico (CO) es inferior al 1,2%. Las texturas son moderadamente finas. La estructura se presenta en bloques subangulares finos y medios, de débiles a moderadamente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable y en mojado varía desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica.

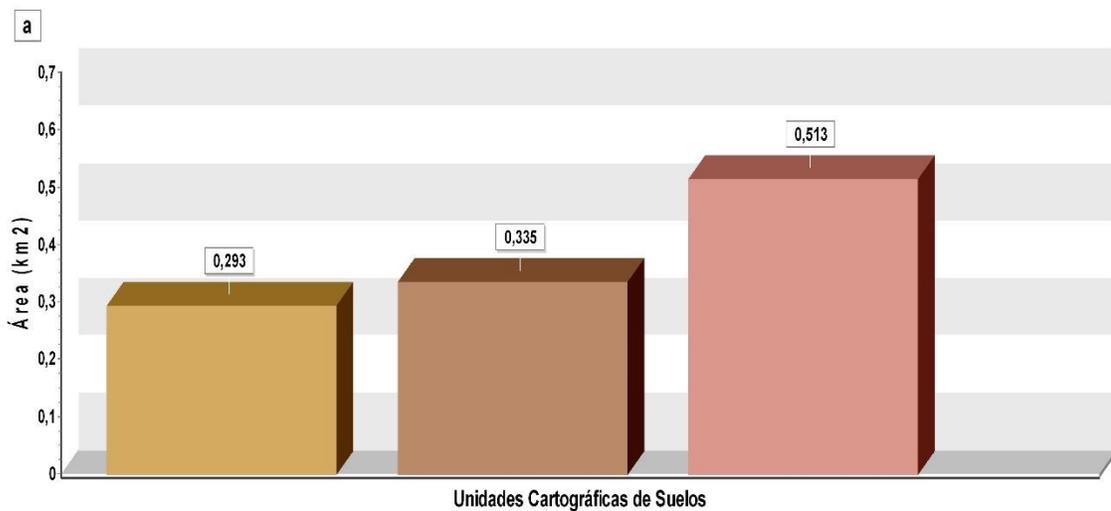
La capacidad de retención de humedad es entre media y alta, aproximadamente con valores de 9 y 27% de humedad aprovechable. La porosidad total oscila entre 43 y 65%, bien distribuida entre macro y microporos, garantizando la buena retención de agua, la buena aireación y el buen drenaje, excepto en algunas zonas donde se presenta baja macroporosidad que restringe la aireación y el movimiento del agua en el perfil. Los valores de densidad real son inferiores al 2,6 g.cm<sup>-3</sup>, mientras que la densidad aparente oscila entre 0,8 y 1,4 g.cm<sup>-3</sup>, consistente con el tipo de texturas predominantes del área (IGAC, 2013).

### 1.21.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Considerando la distribución de coberturas que representan la Figura 41 y Figura 42, el área de la quebrada la Tulia es integrada en primer lugar por Cultivos permanentes en un 40% (0,45 km<sup>2</sup>), entre los que se destacan el Plátano (19% - 0,22 km<sup>2</sup>) y los Cítricos como la mandarina (3% - 0,03 km<sup>2</sup>); el segundo lugar, lo ocupan las Zonas urbanizadas en un 32% (0,36 km<sup>2</sup>) y el tercer lugar, los Pastos limpios y enmalezados en un 21% (0,24 km<sup>2</sup>). Las Zonas verdes artificializadas y los Bosques densos y de galería principalmente de guadua, cubren aproximadamente el 7% (0,08 km<sup>2</sup>) del área restante.

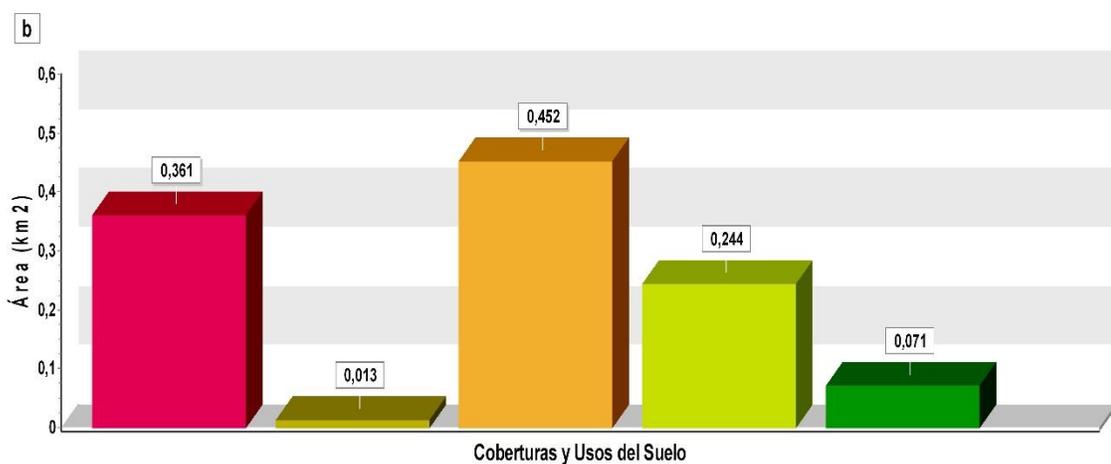


**Figura 41.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Tulla.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

PL 25,64 % EC 29,39 % ZU 44,97 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	31,62 %	1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1,16 %
2.2 Cultivos permanentes	39,59 %	2.3 Pastos	21,42 %
3.1 Bosques	6,22 %		

**Figura 42.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada La Tulia.

## 1.22 Unidad Hidrográfica quebrada Las Delicias

### 1.22.1 Ubicación geográfica

Su cauce principal nace al sureste del municipio de Buenavista sobre los 1744 m.s.n.m, en la vereda Poleal con coordenadas N 973167.44 – W 1149442.66 y desemboca en la quebrada



Los Juanes a los 1160 m.s.n.m, en la vereda La Cabaña al suroeste del municipio entre las coordenadas N 974236.74 - W 1144891.62 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cruza por las veredas Poleal, Los Sauces, La Huellada, Palo Negro y La Cabaña.

### 1.22.2 Unidades Cartográficas de Suelos

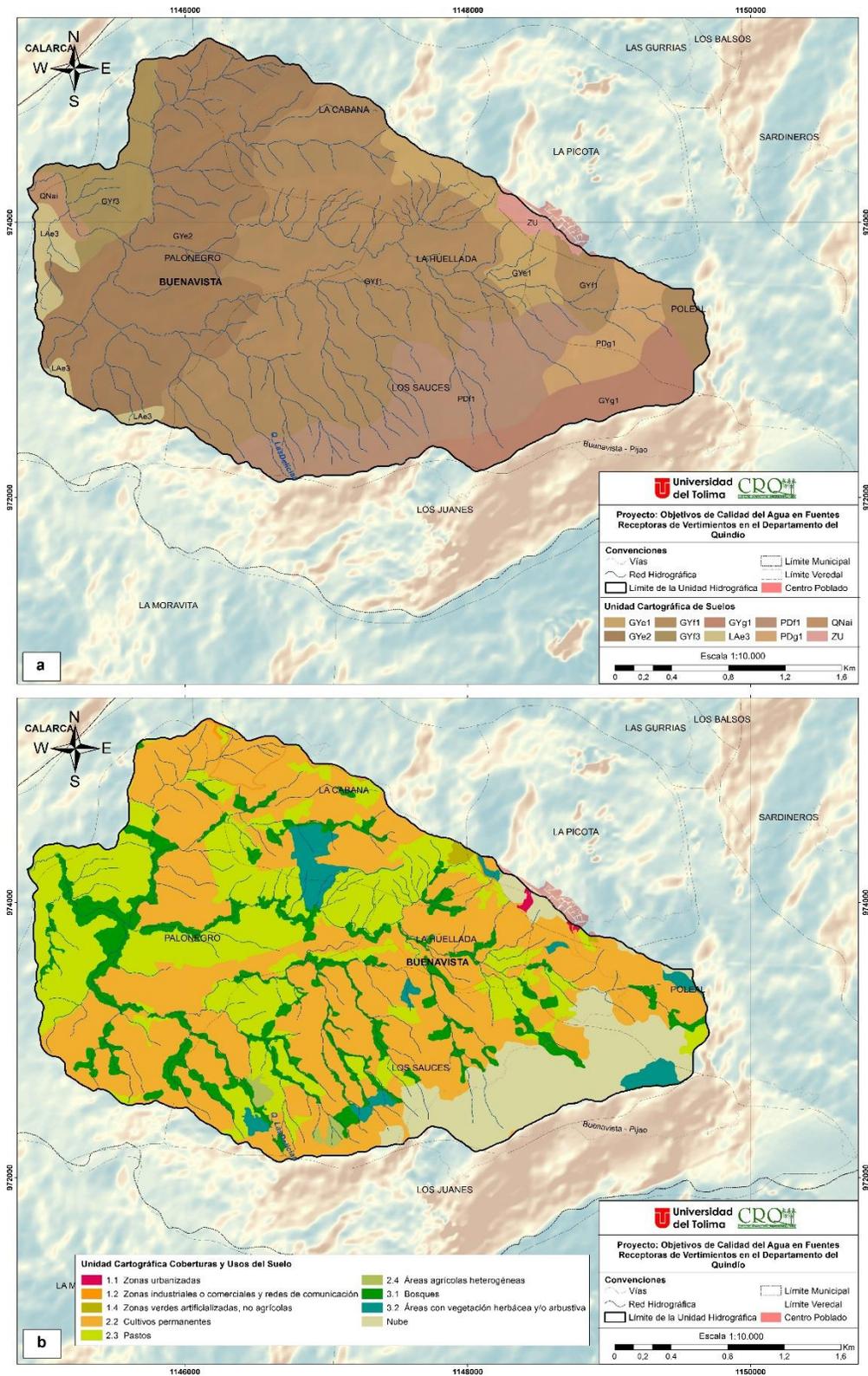
Esta Unidad Hidrográfica está integrada en un 80% (7,80 km<sup>2</sup>) por los suelos de la consociación Guayaquil (GYe1, GYe2, GYf1, GYf3 y GYg1) y en un 17% (1,63 km<sup>2</sup>) por los de la consociación Padilla (PDF1 y PDg1), tal como se observa en la Figura 43 y Figura 44.

Estos suelos comprenden sectores de pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%), con erosión ligera, moderada y severa. Son suelos originados por materiales volcano-sedimentarios con influencia de cenizas volcánicas y por anfibolitas y esquistos; profundos; bien drenados; ligera a fuertemente ácidos; de fertilidad moderada. Los contenidos de materia orgánica son altos; el CO oscila entre 1,6 y 6,2%. Las texturas son gruesas a medias. La estructura es granular y en bloques subangulares finos y gruesos, débiles a fuertemente desarrollados. La consistencia es friable, de ligeramente pegajosa y plástica hasta no pegajosa y no plástica (IGAC, 2013).

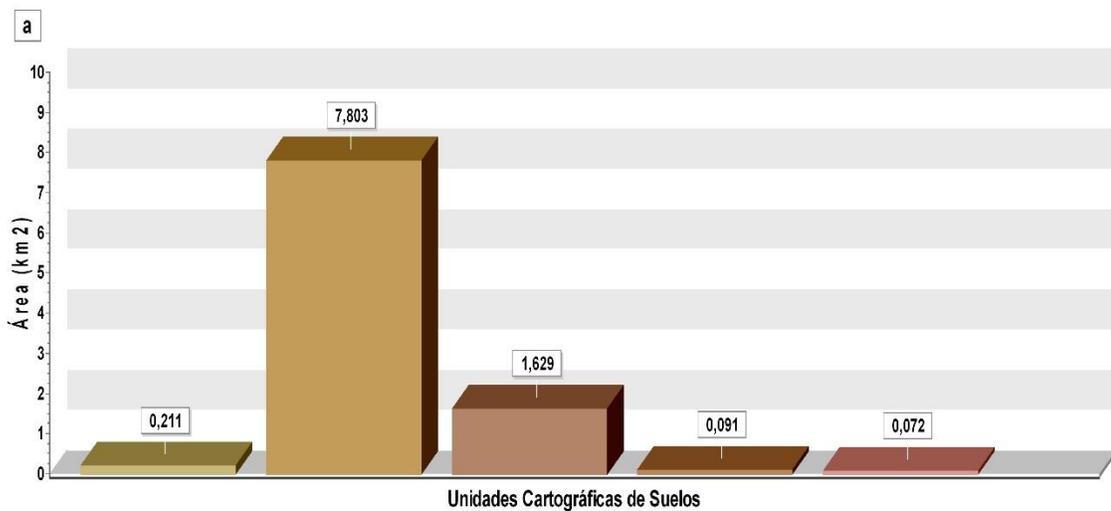
Retienen cantidades altas y medias de humedad a diferentes tensiones; la humedad aprovechable varía entre 11 y 32%. La porosidad es superior al 50%, con una distribución apropiada entre macro y microporos que garantiza alta retención de agua y a la vez, el buen drenaje y aireación del suelo. La densidad real obtiene valores entre 2,5 y 2,7 g.cm<sup>-3</sup> mientras que la densidad aparente es inferior a 1,2 g.cm<sup>-3</sup>, normal para el tipo de suelos presentes según el IGAC (2013).

### 1.22.3 Coberturas y Usos de la Tierra

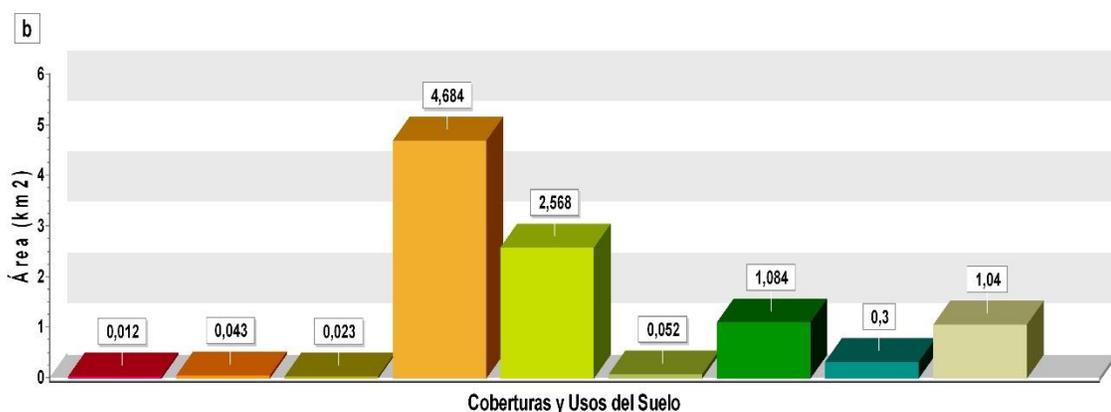
Esta área es representativa de Cultivos permanentes como el Plátano, Café y Cítricos en un 48% (4,68 km<sup>2</sup>), Pastos limpios y enmalezados en un 26% (2,57 km<sup>2</sup>) y Bosques densos y de galería en un 11% (1,08 km<sup>2</sup>); el área restante (4% - 0,43 km<sup>2</sup>) corresponde a algunas Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Zonas industriales y redes de comunicación vial, Zonas verdes artificializadas como fincas recreativas y Áreas agrícolas heterogéneas con mosaicos de Pastos, cultivos y espacios naturales (Figura 43 y Figura 44). La cobertura vegetal esta es integrada por guamos (*Inga* spp.), yarumos (*Cecropia* spp.), lechudos (*Ficus maxima*), guayabos (*Psidium guajava*), chilcas (*Baccharis trinervis*), sietecueros (*Tibouchina lepidota*), balsos (*Ochroma pyramidale*), tunos (*Miconia salicifolia*), venturosas (*Synedrella nodiflora*) (IGAC, 2013).



**Figura 43.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Las Delicias.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 LA 2,15 % GY 79,57 % PD 16,62 % QN 0,93 % ZU 0,74 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	0,12 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,44 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	0,23 %	2.2 Cultivos permanentes	47,76 %
2.3 Pastos	26,19 %	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	0,53 %
3.1 Bosques	11,06 %	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3,06 %
Nube	10,6 %		

**Figura 44.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Las Delicias.

## 1.23 Unidad Hidrográfica quebrada Las Yeguas

### 1.23.1 Ubicación geográfica

Cubre cerca del 50% de la zona urbana del municipio de Circasia. Nace a los 1789 m.s.n.m al noroeste de la cabecera municipal en las coordenadas N 1002743.34 – W 1159700.28 y

desemboca sobre la quebrada Hojas Anchas a los 1318 m.s.n.m, en la vereda San Antonio con coordenadas N 1001082.28 - W 1158063.95 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas San Antonio, Barcelona Alta y El Congal.

### 1.23.2 Unidades Cartográficas de Suelos

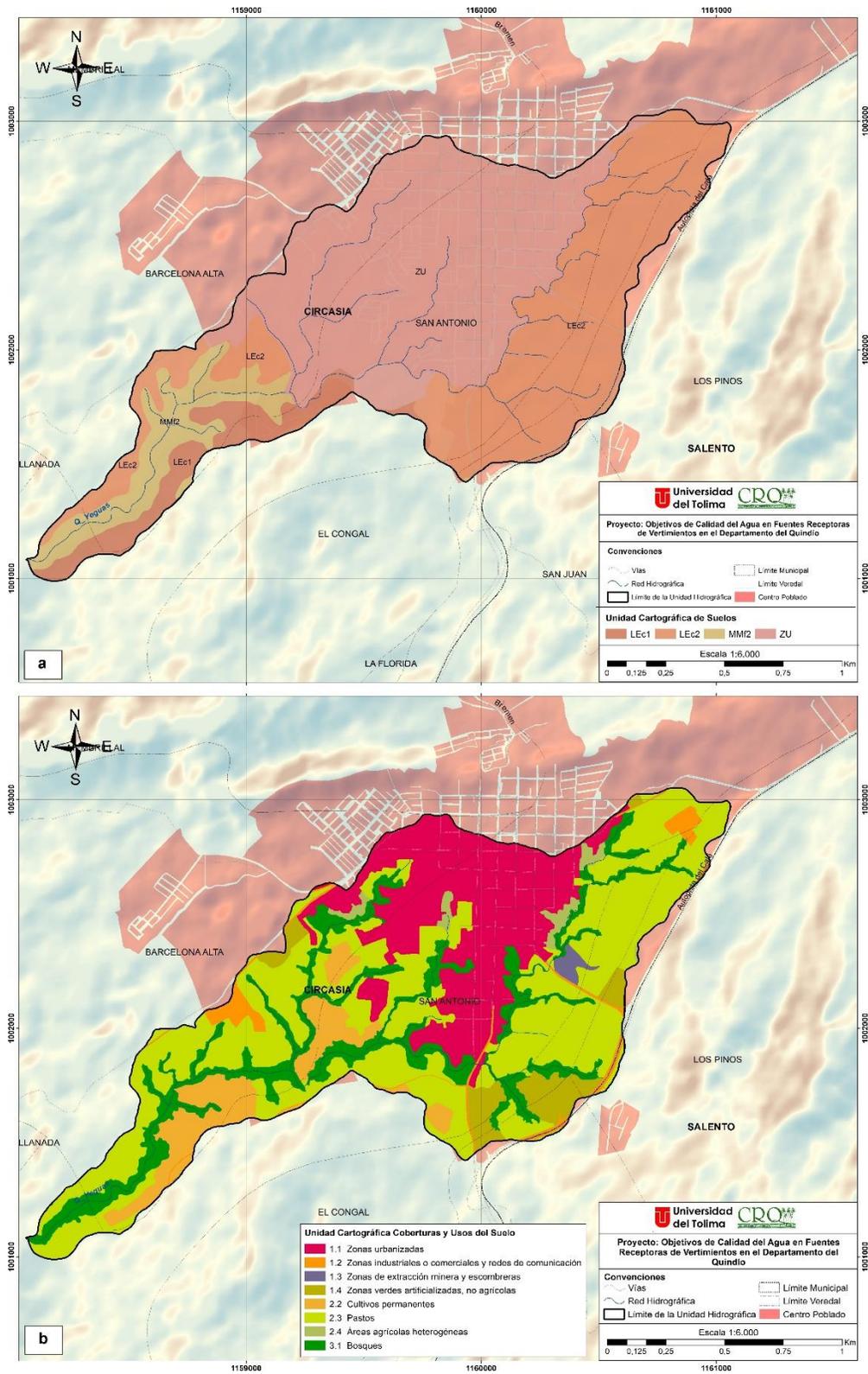
La Zona Urbana (ZU) y los suelos de la consociación La Esperanza (LEc1 y LEc2) integran la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica en una proporción estimada del 47 (1,13 km<sup>2</sup>) y 44% (1,06 km<sup>2</sup>), respectivamente; los suelos MMf2 de unidad Membrillal (MM) solo representan el 9% (0,22 km<sup>2</sup>) de toda el área, como se observa en la Figura 45 y Figura 46.

Estos suelos comprenden sectores de pendientes moderadamente inclinadas (7-12%) a moderadamente escarpadas (50-75%), afectados por erosión ligera y moderada. Originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales; bien drenados; fuertemente ácidos; de fertilidad baja. Presentan altos contenidos de carbono orgánico (CO), con valores hasta 4,5% en el horizonte superficial. Las texturas dominantes varían de moderadamente gruesas a moderadamente finas. La estructura es en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia es friable en húmedo; mientras que en mojado varía desde no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica. De acuerdo con el IGAC (2013) son suelos que alcanzan fácilmente el límite de consistencia líquido por lo que están expuestos a movimientos en masa

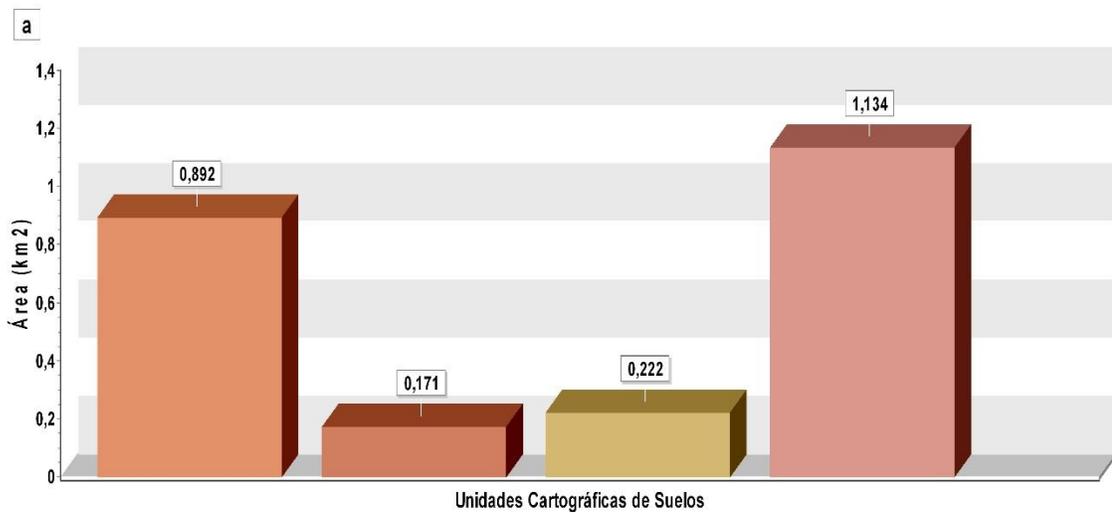
La capacidad de retención de humedad es alta a distintas tensiones; la humedad aprovechable fluctúa entre 19 y 24%. La porosidad total es superior al 55%, con predominio de microporos, responsables de la alta retención de humedad, pero con la macroporosidad adecuada para proporcionar buena aireación y facilidades en el movimiento del agua de en el perfil. La densidad real oscila entre 2,2 y 2,4 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,78 y 1,04 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### 1.23.3 Coberturas y Usos de la Tierra

La principal cobertura de la quebrada Las Yeguas corresponde a Pastos limpios, la cual cubre una extensión de 1,06 km<sup>2</sup>, que equivale al 44% del área total. La segunda cobertura la integra las Zonas urbanizadas con 0,56 km<sup>2</sup> (23%) y la tercera, los Bosques de galería con 0,37 km<sup>2</sup> (15%); el área restante (18% - 0,43 km<sup>2</sup>) está conformada por las Zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, Zonas de extracción minera, Zonas verdes artificializadas, Cultivos permanentes como el Café y la Granadilla, y Áreas agrícolas heterogéneas con mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales (Figura 45 y Figura 46). De acuerdo con el IGAC (2013), las especies de quebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), piperáceas, lianas, helechos y heliconias, integran parte de la cobertura vegetal de esta zona.

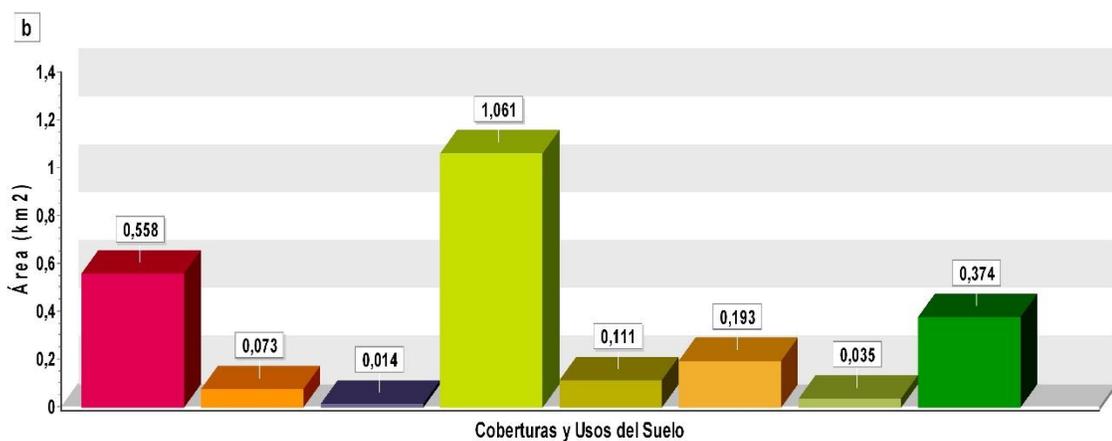


**Figura 45.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Las Yeguas.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

LEc2	36,9 %	LEc1	7,05 %	MMf2	9,18 %	ZU	46,88 %
------	--------	------	--------	------	--------	----	---------



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	23,08 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3 %
1.3 Zonas de extracción minera y escombreras	0,58 %	2.3 Pastos	43,87 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	4,58 %	2.2 Cultivos permanentes	7,96 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	1,45 %	3.1 Bosques	15,48 %

**Figura 46.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Las Yeguas.

## 1.24 Unidad Hidrográfica quebrada Los Quindos

### 1.24.1 Ubicación geográfica

Comprende cerca del 80% del área metropolitana de Armenia. Nace a 1407 m.s.n.m al suroeste de la cabecera municipal con coordenadas N 991821.56 – W 1152703.32 y

desemboca sobre los 1083 m.s.n.m a la quebrada Orlanda, en la vereda Puerto Espejo entre las coordenadas N 991792.52 - W 1150073.14 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre parte de la vereda Puerto Espejo.

#### 1.24.2 Unidades Cartográficas de Suelos

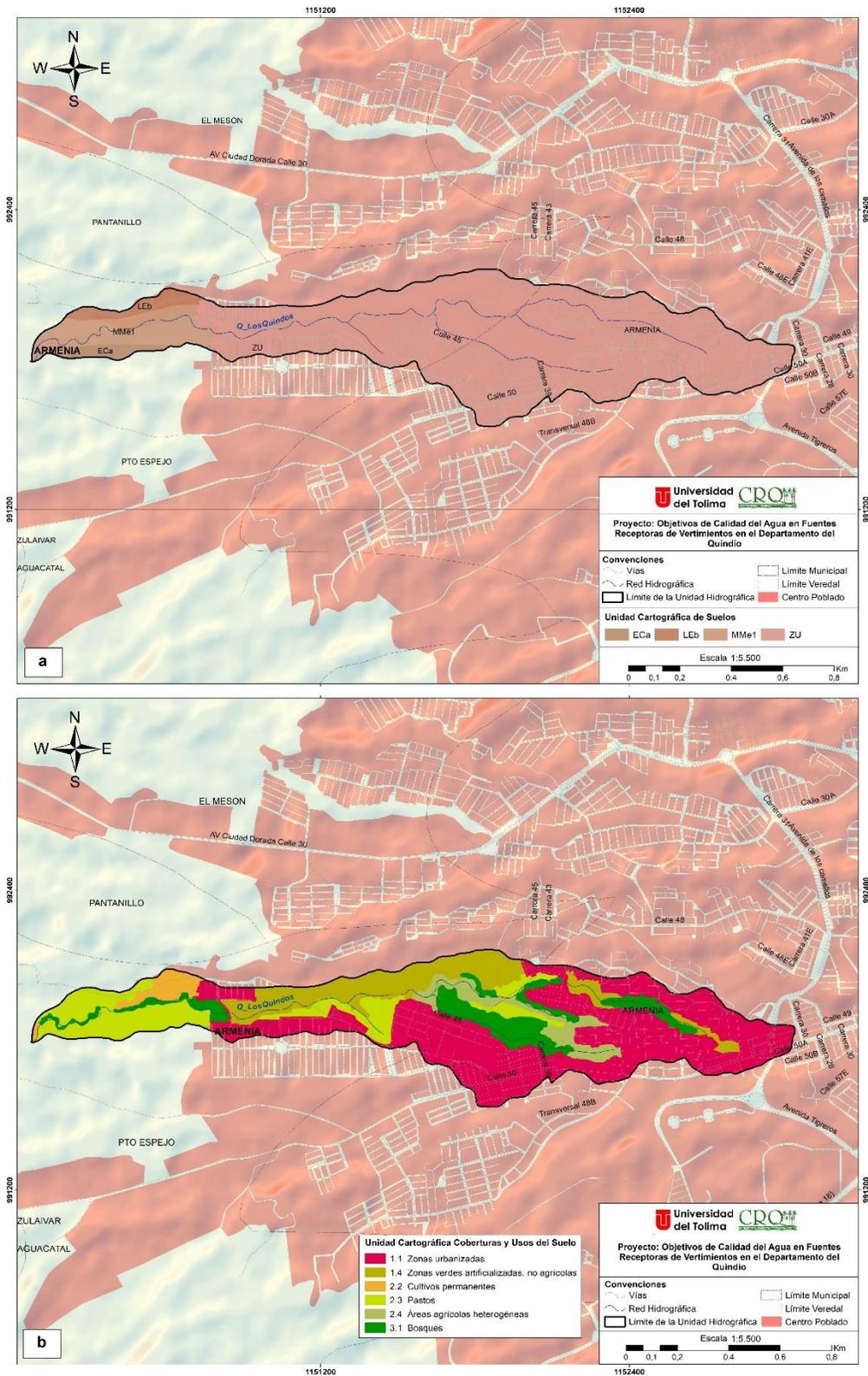
La mayor parte de esta Unidad Hidrográfica, es decir el 86% (0,75 km<sup>2</sup>) hace parte de la Zona Urbana (ZU); el área restante la conforman en un 9% (0,08 km<sup>2</sup>) los suelos la consociación Membrillal (MMe1), 3% (0,02 km<sup>2</sup>) La Esperanza (LEb) y 2% (0,02 km<sup>2</sup>) El Cafetal (ECa), tal como lo indica la Figura 47 y Figura 48.

Estos suelos ocupan áreas de pendientes planas (0-3%) a ligeramente escarpada (7-12%), algunos afectados por erosión ligera. Son suelos que han evolucionado de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales; bien drenados; moderada a fuertemente ácidos; de baja y moderada fertilidad. Presentan altos y bajos contenidos de carbono orgánico (CO), con valores que oscilan entre 4,5 y 1,2%. Las texturas son moderadamente gruesas a moderadamente finas. La estructura se presenta en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable, no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica en mojado; son suelos que alcanzan con facilidad el límite de consistencia líquido, por lo que son muy susceptibles a movimientos en masa, según el IGAC (2013).

La capacidad para retención de humedad a distintas tensiones es alta; la humedad aprovechable varía del 10 al 25%. La porosidad total es superior al 46%, con mayor predominio de microporosidad que garantiza la buena retención de agua, pero con ciertas restricciones en la aireación y el drenaje en algunos sitios, por bajas cantidades de macroporos. La densidad real es inferior a 2,5 g.cm<sup>-3</sup>, mientras que la densidad aparente varía entre 0,76 y 1,33 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

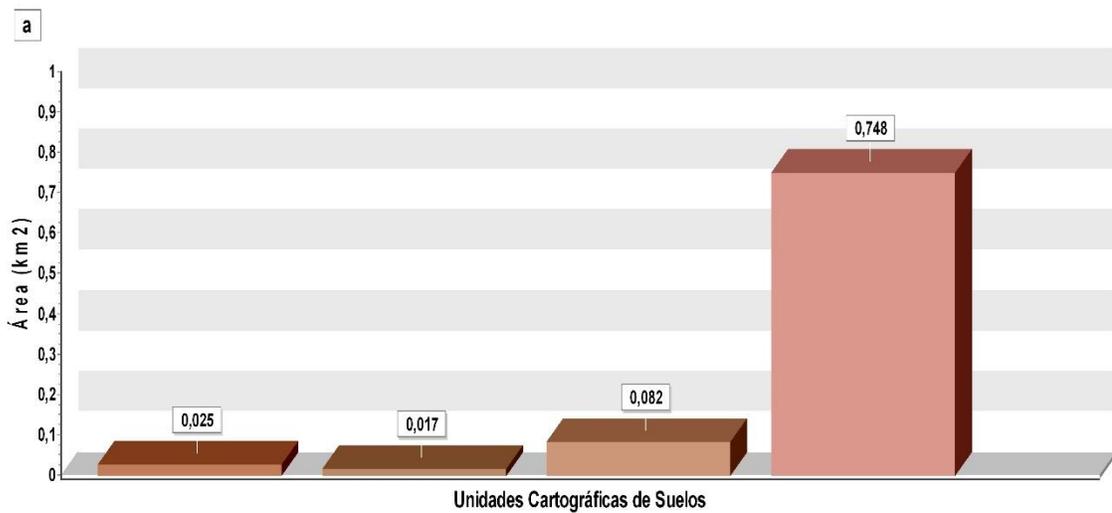
#### 1.24.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Las coberturas representativas de esta zona son, en un 49% (0,42 km<sup>2</sup>) la Zonas urbanizadas, en un 16% (0,14 km<sup>2</sup>) las Zonas verdes artificializadas y los Pastos limpios y enmalezados, y en un 11% (0,10 km<sup>2</sup>) los Bosques de galería. los Cultivos permanentes de Plátano y las Áreas agrícolas heterogéneas con mosaicos de Pastos, cultivos y espacios naturales, solo cubren el 9% (0,07 km<sup>2</sup>) del área restante (Figura 47 y Figura 48). Según el IGAC (2013), en el área también es posible encontrar especies como quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), piperáceas, lianas, helechos y heliconias.

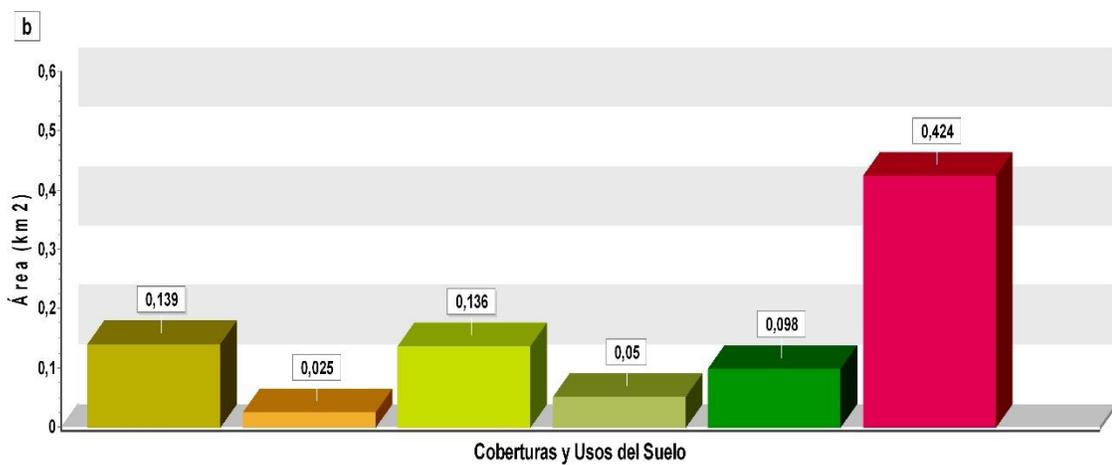


**Figura 47.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Los Quindos.





**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 LE 2,81 % EC 1,9 % MM 9,39 % ZU 85,89 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**  
 1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas 15,94 % 2.2 Cultivos permanentes 2,84 %  
 2.3 Pastos 15,66 % 2.4 Áreas agrícolas heterogéneas 5,71 %  
 3.1 Bosques 11,22 % 1.1 Zonas urbanizadas 48,63 %

**Figura 48.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Los Quindos.

## 1.25 Unidad Hidrográfica quebrada Mina Rica

### 1.25.1 Ubicación geográfica

Su cauce principal nace a una altura de 1331 m.s.n.m en el casco urbano del municipio de Quimbaya entre las coordenadas N 1003225.51 – W 1145598.93 y desemboca al oeste del

municipio a los 1516 m.s.n.m sobre la quebrada Buenavista en la vereda La Montaña con coordenadas N 1002360.12 - W 1137167.21 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas La Granja, Malabar y La Montaña.

#### *1.25.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

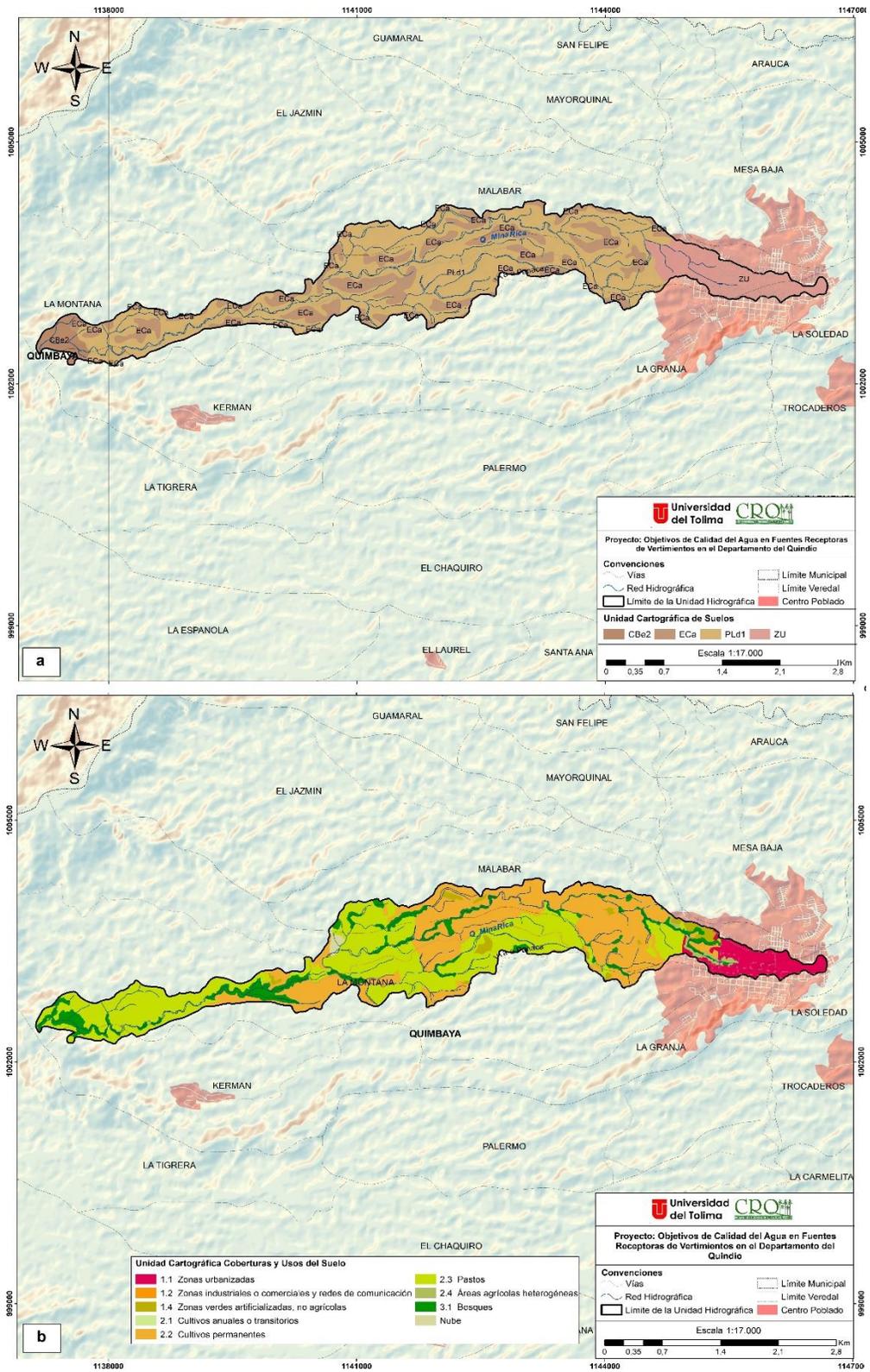
La Unidad Hidrográfica la integran los suelos de la consociación Padilla (PLd1) en un 61% (3,96 km<sup>2</sup>), El Cafetal (ECa) en un 24% (1,57 km<sup>2</sup>) y Casablanca (CBe2) en un 3% (0,20 km<sup>2</sup>); el 12% (0,75 km<sup>2</sup>) restante, según la Figura 49 y Figura 50, corresponde a la Zona Urbana (ZU).

Estos suelos se distribuyen sobre pendientes planas (0-3%), fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%); algunos presentan evidencias de erosión ligera y moderada. Originados de cenizas volcánicas, depósitos torrenciales volcánicos, arcillolitas y conglomerados; profundos; bien drenados; ligeros a moderadamente ácidos; con fertilidad moderada. Los contenidos de materia orgánica son bajos; el CO es inferior a 1,2%. Son de textura fina a moderada. La estructura se presenta en bloques subangulares finos y gruesos, débiles a fuertemente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable, de plástica y pegajosa a no pegajosa y no plástica en estado mojado (IGAC, 2013).

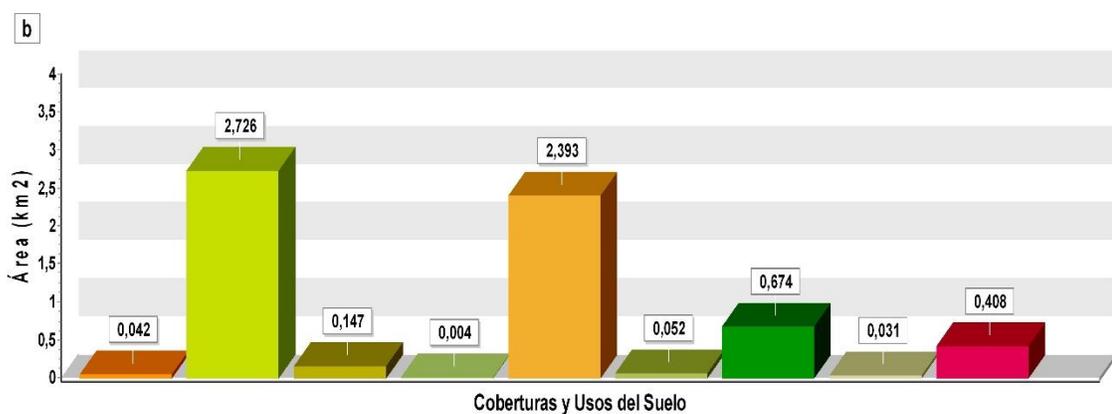
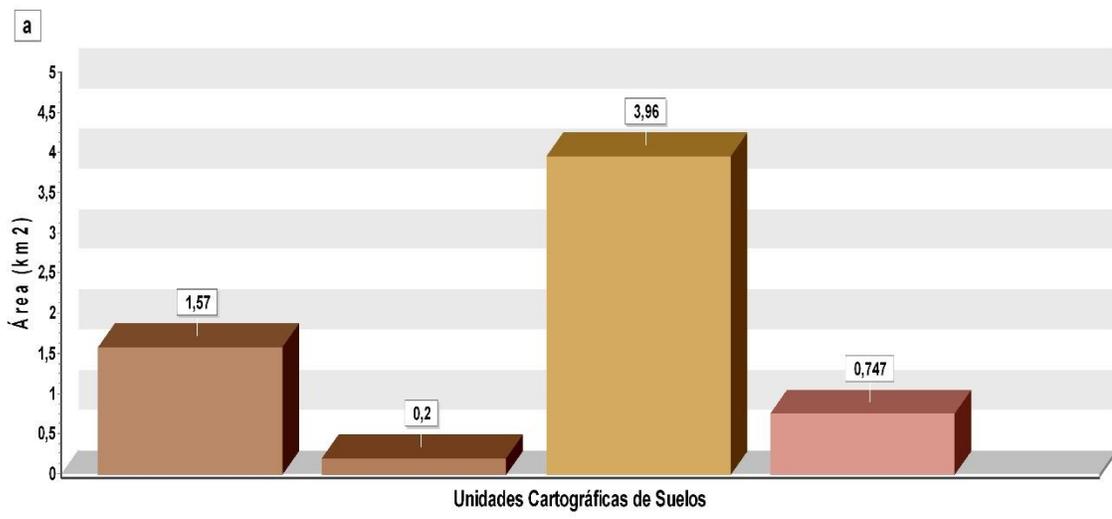
Presentan media y alta retención de humedad a distintas tensiones; se encuentran valores de humedad aprovechable entre 9 y 27%. La porosidad total varía entre el 42 y 65%, con ciertas restricciones en la aireación y el movimiento de agua en el perfil principalmente en suelos de las unidades CB y EC. Los valores de densidad real oscilan entre 2,2 y 2,58 g.cm<sup>-3</sup> y los de densidad aparente entre 0,76 y 1,5 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

#### *1.25.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

De acuerdo con las Figura 49 y Figura 50, las coberturas más representativas dentro de la quebrada MinaRica son en primer lugar, los Pastos (42% - 2,73 km<sup>2</sup>) integrados casi en su totalidad por pastos limpios, y en segundo lugar los Cultivos permanentes (37% - 2,39 km<sup>2</sup>), dentro los cuales el 18% (1,18 km<sup>2</sup>) corresponde al cultivo de Café y el 13% (0,84 km<sup>2</sup>) al cultivo de Plátano. Los Bosques densos y de galería cubren el 10% (0,67 km<sup>2</sup>) del área y las Zonas urbanizadas un 6% (0,41 km<sup>2</sup>). El otro 4% (0,24 km<sup>2</sup>) del área, hace parte de las coberturas tales como Zonas verdes artificializadas, Redes de comunicación, Cultivos anuales y algunas Áreas agrícolas heterogéneas. Según el IGAC (2013), en el área es posible encontrar especies maderables como balsa (*Ochroma pyramidale*), yarumo negro (*Cecropia angustifolia*), yarumo blanco (*Cecropia telealba*) y (*Cecropia teleincana*), guadua (*Guadua angustifolia*), nogal (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela spp.*).



**Figura 49.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Mina Rica.



**Figura 50.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Mina Rica.

## 1.26 Unidad Hidrográfica quebrada San José

### 1.26.1 Ubicación geográfica

Su cauce principal nace al oeste de la cabecera municipal de Filandia aproximadamente a los 1922 m.s.n.m entre las coordenadas N 1008833.44 – W 1157113.47. El punto de cierre del

área drenante se estableció en la zona de convergencia de los límites administrativos de los departamentos del Quindío y Valle del Cauca sobre los 1366 m.s.n.m en la vereda La Palmera, ubicada al este del municipio de Filandia entre las coordenadas N 1010351.77 - W 1151660.98 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas Argensul, La Julia, Morelia, Santa Teresa y La Palmera.

#### *1.26.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

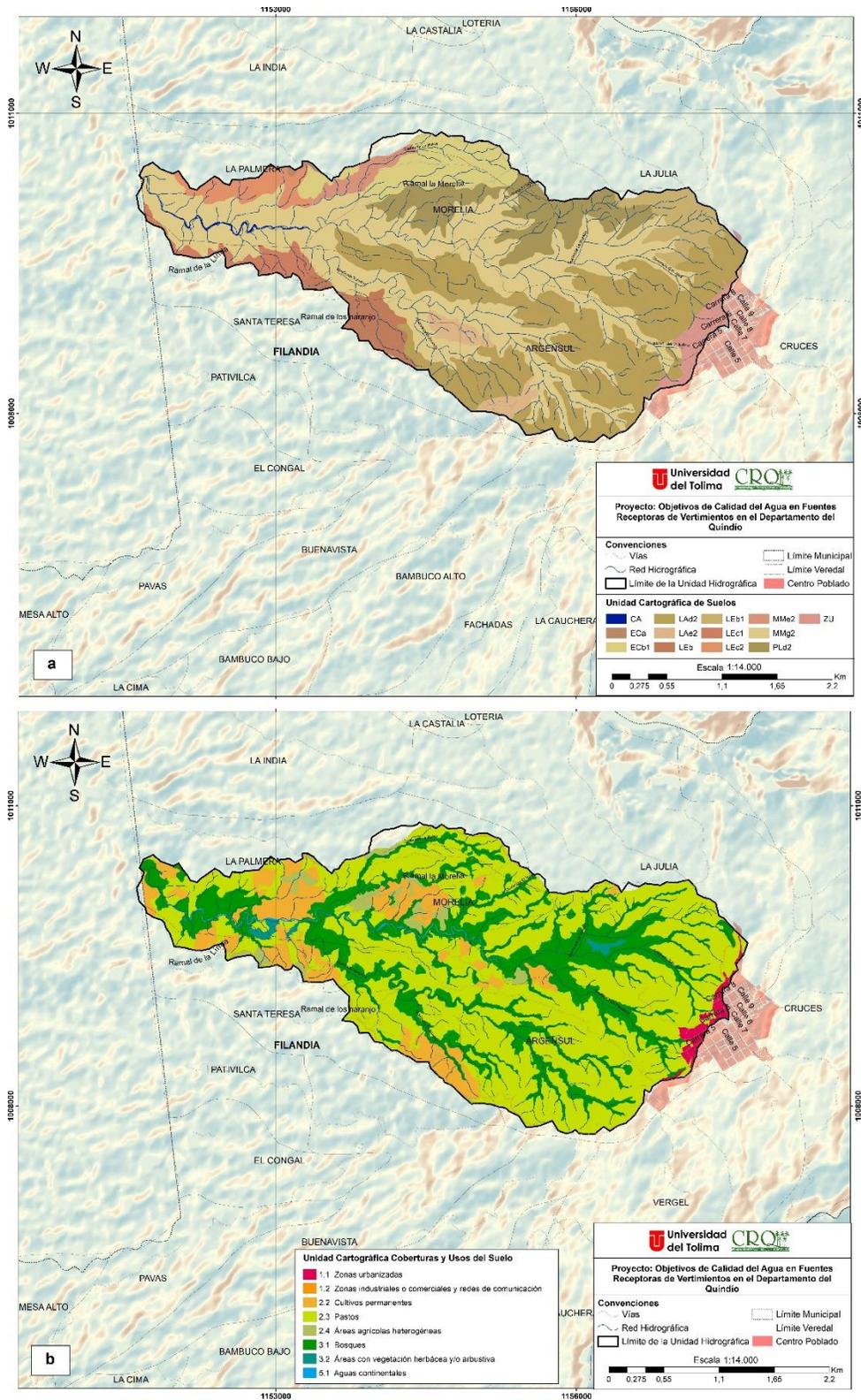
Los suelos de las consociaciones Membrillal (MM), Los Alpes (LA) y La Esperanza (LE) integran la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica en un 40 (4,15 km<sup>2</sup>), 30 (3,10 km<sup>2</sup>) y 12% (1,20 km<sup>2</sup>), respectivamente, con las unidades cartográficas MMe2, MMg2, LAe2, LAd2, LEB, LEB1, LEC1 y LEC2 (Figura 51 y Figura 52).

Ocupan pendientes ligeramente inclinadas (3-7%) a fuertemente escarpadas (50-75%), con presencia de erosión en grado ligero o moderado en algunos casos. Según el IGAC (2013), son suelos que han evolucionado a partir de anfibolitas, esquistos y cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales limitados por fragmentos de roca; bien drenados; moderada a fuertemente ácidos; de baja y moderada fertilidad. Presentan bajos y altos niveles de materia orgánica con valores de CO entre 1,6 y 4,5%; se reportan texturas finas a moderadamente gruesas. Su estructura se presenta en bloques subangulares finos y gruesos, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia en húmedo es friable, desde no pegajosa y no plástica hasta ligeramente pegajosa y plástica en mojado.

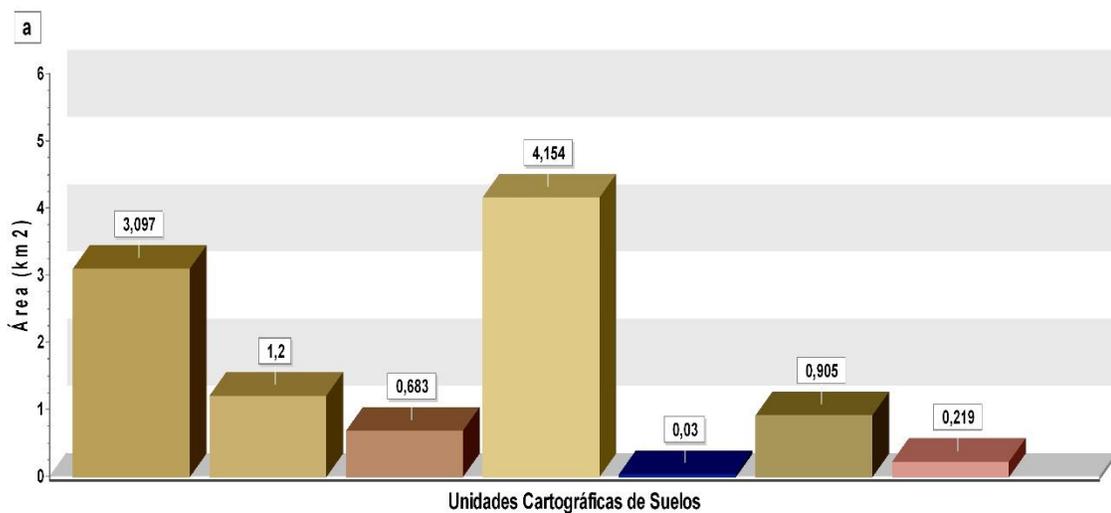
La retención de humedad es entre alta y media a distintas tensiones; la humedad aprovechable varía entre el 9 y 24%. La porosidad total es superior al 44%, con micro y macroporosidad adecuada que facilita el drenaje, la aireación del suelo y la retención de humedad. La densidad real es inferior a 2,6 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente menor a 1,4 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

#### *1.26.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

Las principales coberturas de la esta área, según la Figura 51 y Figura 52, son en primer lugar, los Pastos con una extensión de 5,92 km<sup>2</sup>, que equivalen al 57% del área total, dentro de los cuales se destacan los Pastos limpios, con el 56% (5,79 km<sup>2</sup>) de estos; en segundo lugar, se encuentran los Bosques con 2,77 km<sup>2</sup> (27%), representados casi en su totalidad por Bosques de galería arbolado (26% - 2,64 km<sup>2</sup>); y en tercer lugar, los Cultivos permanentes con 1,09 km<sup>2</sup> (11%), principalmente de Café (10% - 1,05 km<sup>2</sup>). Las coberturas de menor incidencia dentro del área (5% - 0,51 km<sup>2</sup>) son: las Zonas urbanizadas, Redes de comunicación vial, Áreas agrícolas heterogéneas con mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, y Aguas continentales integrados principalmente por los ríos.

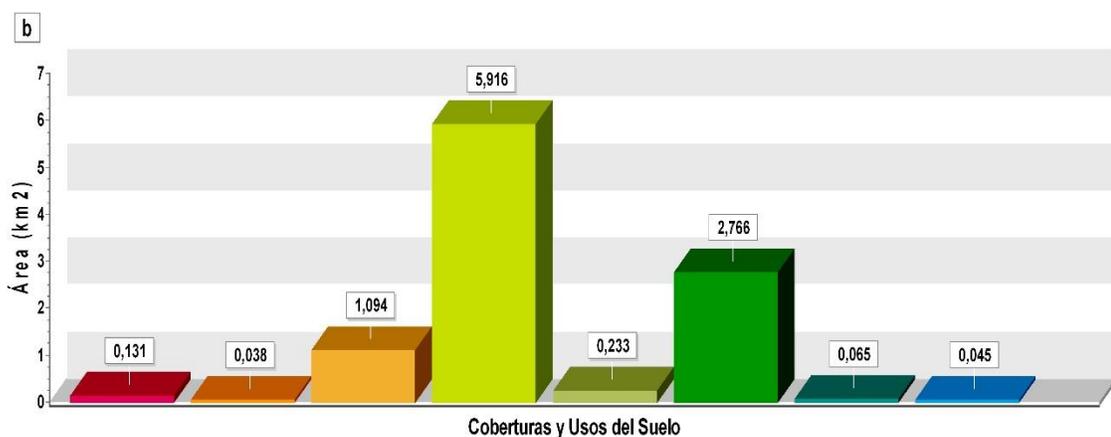


**Figura 51.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada San José.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

LA 30,1 % LE 11,67 % EC 6,64 % MM 40,38 % CA 0,29 % PL 8,8 % ZU 2,13 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

1.1 Zonas urbanizadas	1,27 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,37 %
2.2 Cultivos permanentes	10,64 %	2.3 Pastos	57,5 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2,26 %	3.1 Bosques	26,89 %
3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	0,63 %	5.1 Aguas continentales	0,44 %

**Figura 52.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada San José.

## 1.27 Unidad Hidrográfica quebrada San Nicolás

### 1.27.1 Ubicación geográfica

Microcuenca urbana, cuya extensión cubre cerca el 90% del área metropolitana de Armenia. Nace al sur de la cabecera municipal a los 1486 m.s.n.m con coordenadas N 992862.71 – W

1155353.69 y desemboca sobre el Río Quindío a 1380 m.s.n.m entre las coordenadas N 992203.74 - W 1155102.72 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115).

### *1.27.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

La Zona Urbana (ZU), tal como indica la Figura 53 y Figura 54, constituye la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica (97% - 0,53 km<sup>2</sup>); el 3% (0,02 km<sup>2</sup>) restante hacen parte de los suelos QNai de la consociación Quindío (QN).

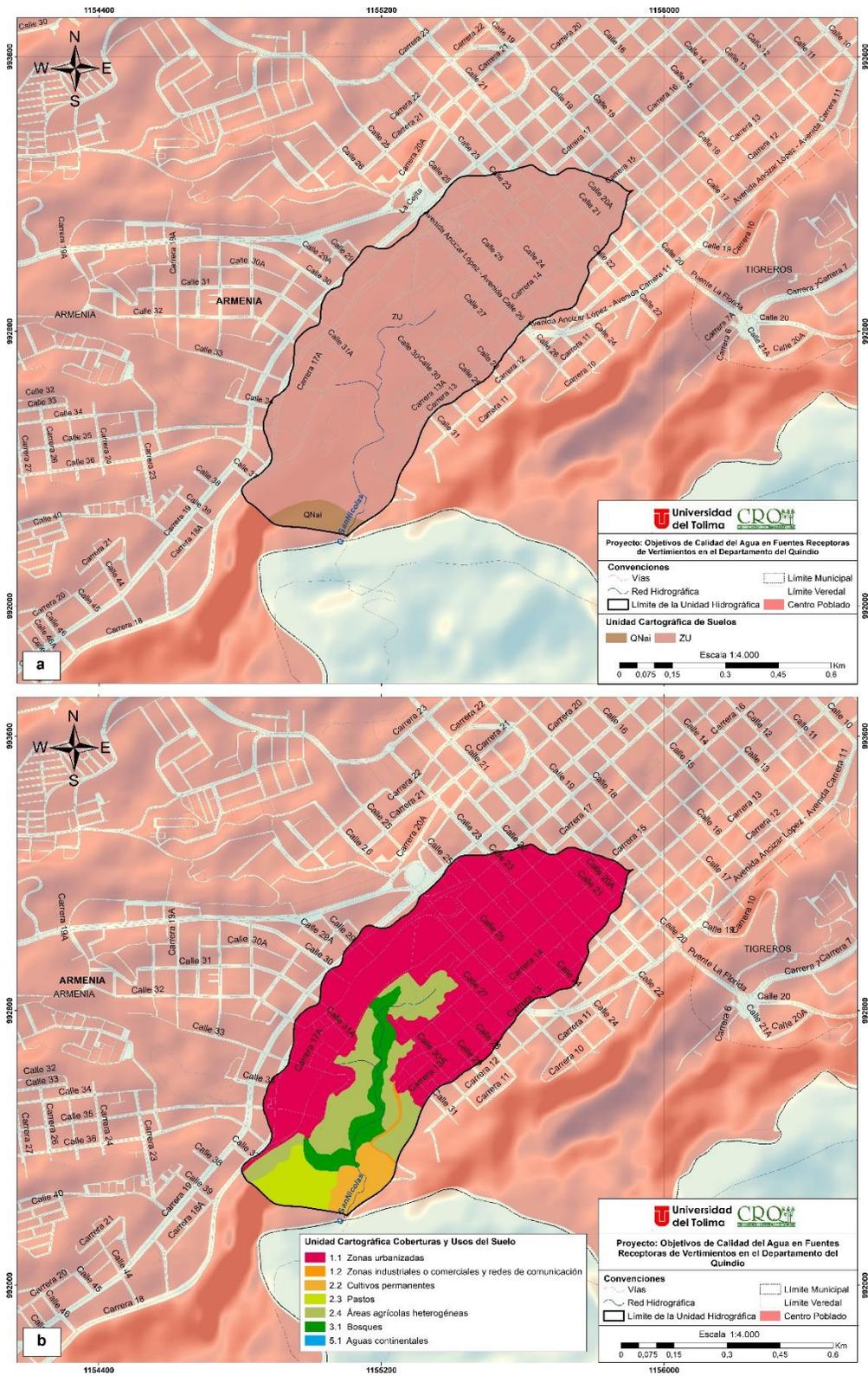
Estos suelos se localizan en pendientes planas (0-3%) en condición inundable. Según el IGAC (2013) son suelos derivados de depósitos aluviales mixtos; moderadamente profundos limitados por el nivel freático; imperfectamente drenados; moderadamente ácidos en superficie y ligeramente ácidos en profundidad; de fertilidad moderada. Los contenidos de materia orgánica son bajos, con valores hasta 1,7% de CO. Son de textura arenosa. La estructura es de grano suelto que le proporciona una consistencia no pegajosa y no plástica.

La retención de humedad es alta, con valores hasta 27% de humedad aprovechable. La porosidad total es alrededor del 50%, con una distribución equilibrada entre macro y microporos, que garantiza la buena aireación y adecuada retención de humedad. Los valores de densidad real son inferiores a 2,74 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente a 1,5 g.cm<sup>-3</sup>, consistentes con el tipo de textura dominante (IGAC, 2013).

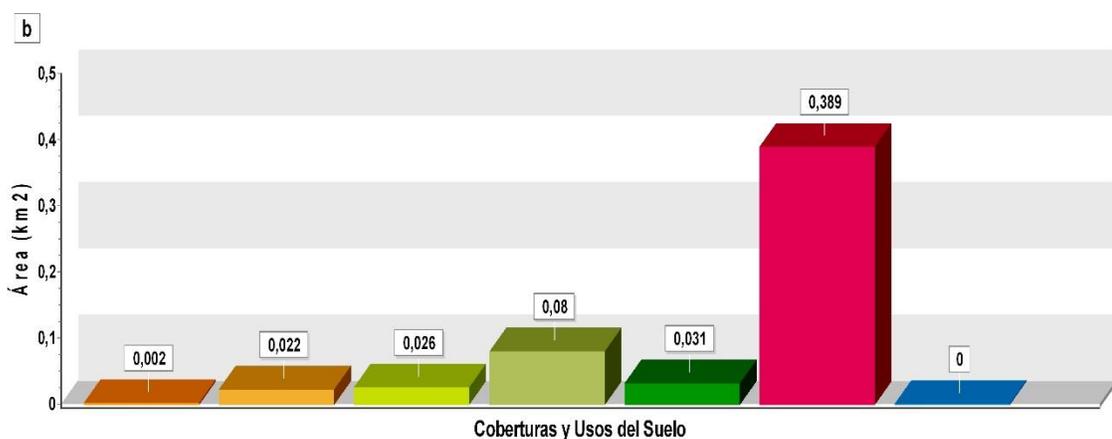
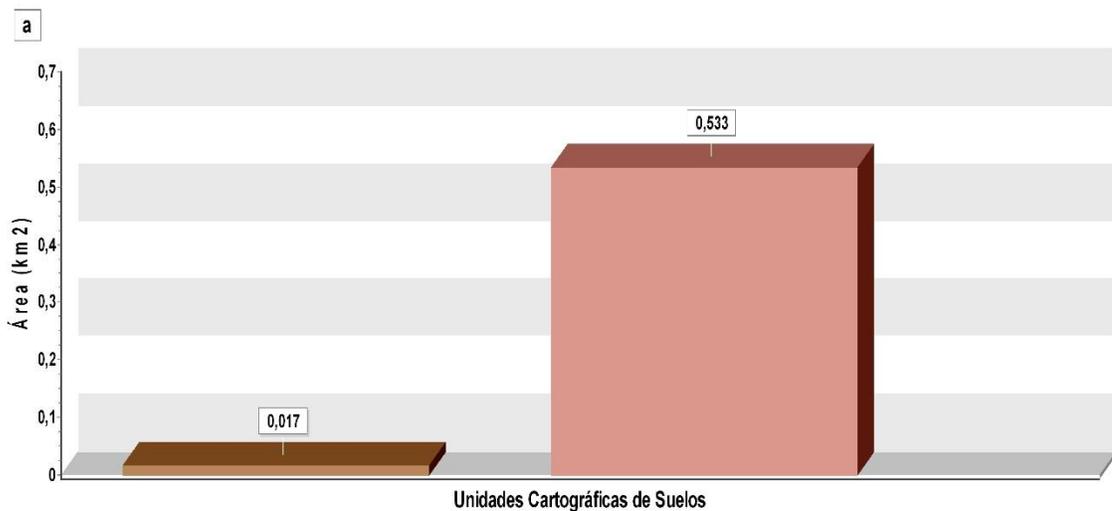
### *1.27.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

Según la Figura 53 y Figura 54, el área de la quebrada San Nicolas es dominada principalmente por las Zonas urbanizadas en un 71% (0,39 km<sup>2</sup>). El 15% (0,08 km<sup>2</sup>) del área restante pertenece a las Áreas agrícolas heterogéneas con mosaicos de Pastos, cultivos y espacios naturales y la otra parte, a coberturas de menor proporción, tales como Bosques de galería mixtos, Redes de comunicación vial, Pastos limpios y enmalezados, Cultivos permanentes como el Plátano, y Aguas continentales integradas por los ríos.





**Figura 53.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada San Nicolás.



**Figura 54.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada San Nicolás.

## 1.28 Unidad Hidrográfica quebrada Santa Rita

### 1.28.1 Ubicación geográfica

Microcuenca urbana localizada sobre el área metropolitana de Armenia a 1437 m.s.n.m. Nace en el punto de convergencia entre la carrera 19 y la calle 50A al este del centro urbano. Su

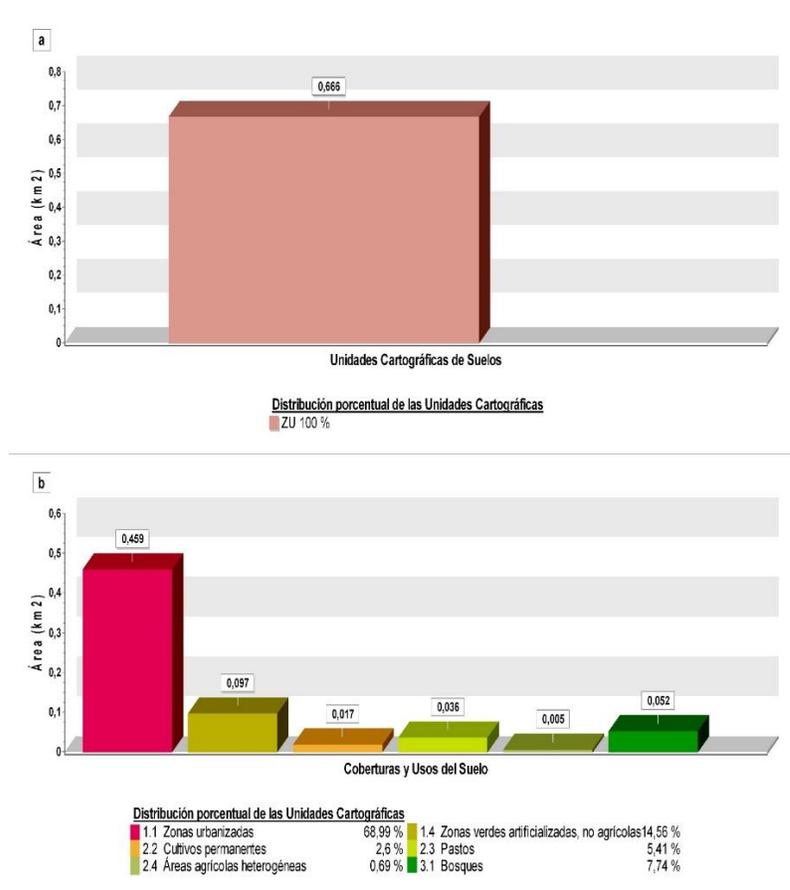
extensión se enmarca entre los 1469 y 1165 m.s.n.m en las coordenadas N 991664.69 – W 1153873.29 y N 991235.97 - W 1152041.31 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115).

### 1.28.2 Unidades Cartográficas de Suelos

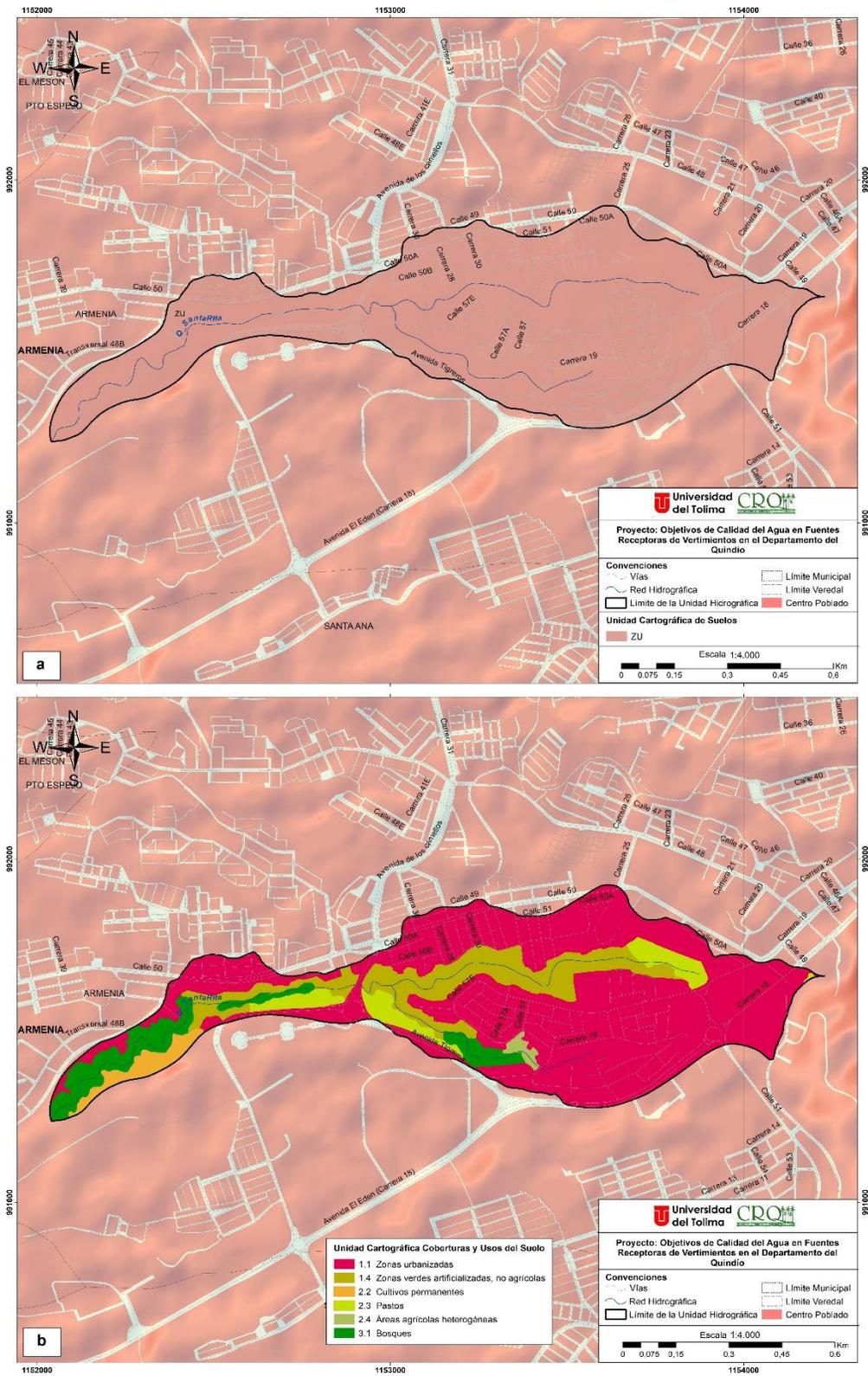
Esta Unidad Hidrográfica es integrada en un 100% por la Zona Urbana (ZU) con una extensión de 0,67 km<sup>2</sup>, tal como se indica en la Figura 56 y Figura 55.

### 1.28.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Las coberturas principales de esta área, considerando la clasificación del IGAC (2010), son las Zonas urbanizadas con el 69% (0,46 km<sup>2</sup>), las Zonas verdes artificializadas con 15% (0,10 km<sup>2</sup>) entre ellas, Rondas de cuerpos de agua en zonas urbanas, y los Bosques de galería de guadua en un 8% (0,05 km<sup>2</sup>); los Cultivos permanentes como el Plátano, los Pastos limpios y enmalezados, y las Áreas agrícolas heterogéneas con mosaicos de cultivos y espacios naturales, representan el 9% (0,06 km<sup>2</sup>) del área restante. En la Figura 56 y Figura 55 se puede observar la distribución de cada una de estas coberturas.



**Figura 55.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Santa Rita.



**Figura 56.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica quebrada Santa Rita.

## **1.29 Unidad Hidrográfica río Boquerón**

### *1.29.1 Ubicación geográfica*

Su cauce principal nace al sur del municipio de Salento a los 3345 m.s.n.m, en la vereda San Julián con coordenadas N 994080.16 – W 1171801.26 y desemboca sobre el Río Navarco al oeste del municipio a 1717 m.s.n.m, en la vereda Boquía con coordenadas N 1002827.43 - W 1164962.54 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas Camino Nacional, Navarco Alto y Bajo, San Julián, La Playa, Boquerón y Palestina.

### *1.29.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

La Unidad Hidrográfica la integran en un 55% (19,97 km<sup>2</sup>) los suelos de la consociación El Vergel (EVe1, EVe2, EVe3, EVf, EVf2, EVf3, EVg1, EVg2), un 31% (11,18 km<sup>2</sup>) los de La Línea (LLe3, LLf2, LLf3, LLg, LLg1 y LLg2) y un 13% (4,78 km<sup>2</sup>) los de Calicanto (CLe1, CLe2, CLf1, CLf2, CLf3 y CLg2), tal como lo indica la Figura 58 y Figura 57.

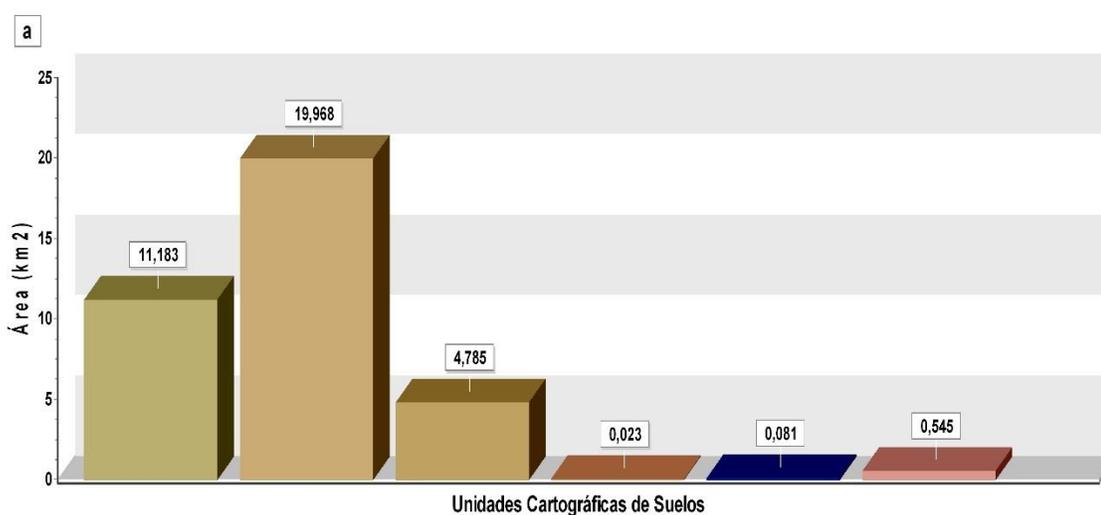
Se encuentran en terrenos de pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%), algunos con procesos erosivos de tipo ligero, moderado y severo. Son suelos profundos que han evolucionado a partir de rocas volcano-sedimentarias, depósitos torrenciales volcánicos y cenizas volcánicas sobre esquistos; bien drenados; ligera a fuertemente ácidos; de alta a moderada fertilidad. Presentan contenidos de materia orgánica altos, con valores de CO entre 3,1 y 5,4%. Las texturas varían entre francas y franca arenosas. La estructura es granular, fina y en bloques subangulares finos a gruesos, moderados y débiles en los horizontes inferiores o sin estructura (grano suelto), en algunos casos. La consistencia es friable en húmedo y en mojado puede presentarse desde ligeramente pegajosa y plástica hasta no pegajosa y no plástica (IGAC, 2013).

Son suelos con capacidad alta y media de retención de humedad; con valores entre 8 y 32% de humedad aprovechable. La porosidad total oscila entre 43 y 69%, con predominio de microporosidad en la mayor parte de los casos, pero con valores adecuados de macroporosidad, de tal manera que en el suelo existe una adecuada retención de humedad, y a la vez buena aireación y facilidades para el movimiento del agua de drenaje. La densidad real es inferior a 2,6 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente cercana a 1,0 g.cm<sup>-3</sup>; valores característicos de suelos de origen volcánico, según el IGAC (2013).

### *1.29.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

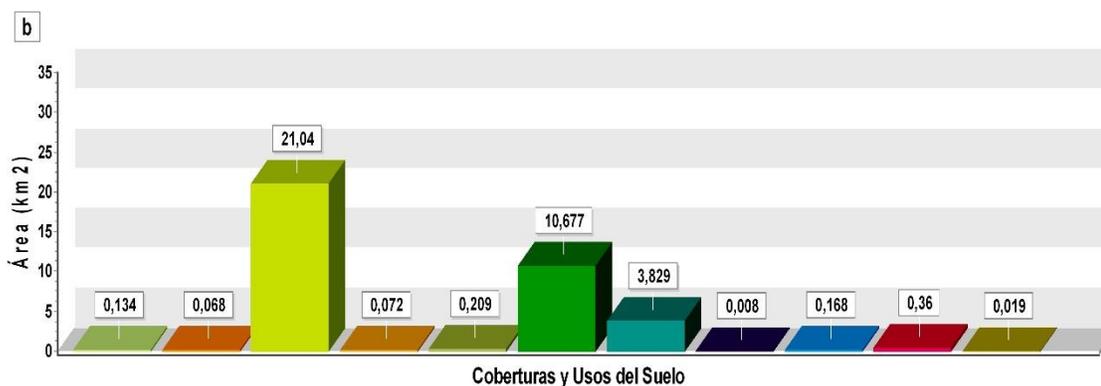
Las coberturas más representativas dentro del área del río Boquerón son en primer lugar, los Pastos con el 58% (21,04 km<sup>2</sup>), entre los cuales, un 48% (17,49 km<sup>2</sup>) pertenece a Pastos limpios y un 8% (3,09 km<sup>2</sup>) a Pastos enmalezados; en segundo lugar, los Bosques con el 29% (10,68 km<sup>2</sup>), principalmente Bosques de galería (20% - 7,24 km<sup>2</sup>), y en tercer lugar las Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva con el 10% (3,83 km<sup>2</sup>). Las demás coberturas cubren una extensión aproximada de 0,87 km<sup>2</sup>, que equivalen tan solo al 2% del territorio, estas coberturas corresponden a las Áreas agrícolas heterogéneas, las Zonas urbanizadas, las Redes

de comunicación, Zonas verdes artificializadas como instalaciones recreativas, Cultivos transitorios de Habichuela y Papa, Cultivos permanentes de Café y Aguacate, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación, y Aguas continentales como los ríos (Figura 58 y Figura 57). La vegetación natural está integrada por las especies sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), según el IGAC (2013).



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

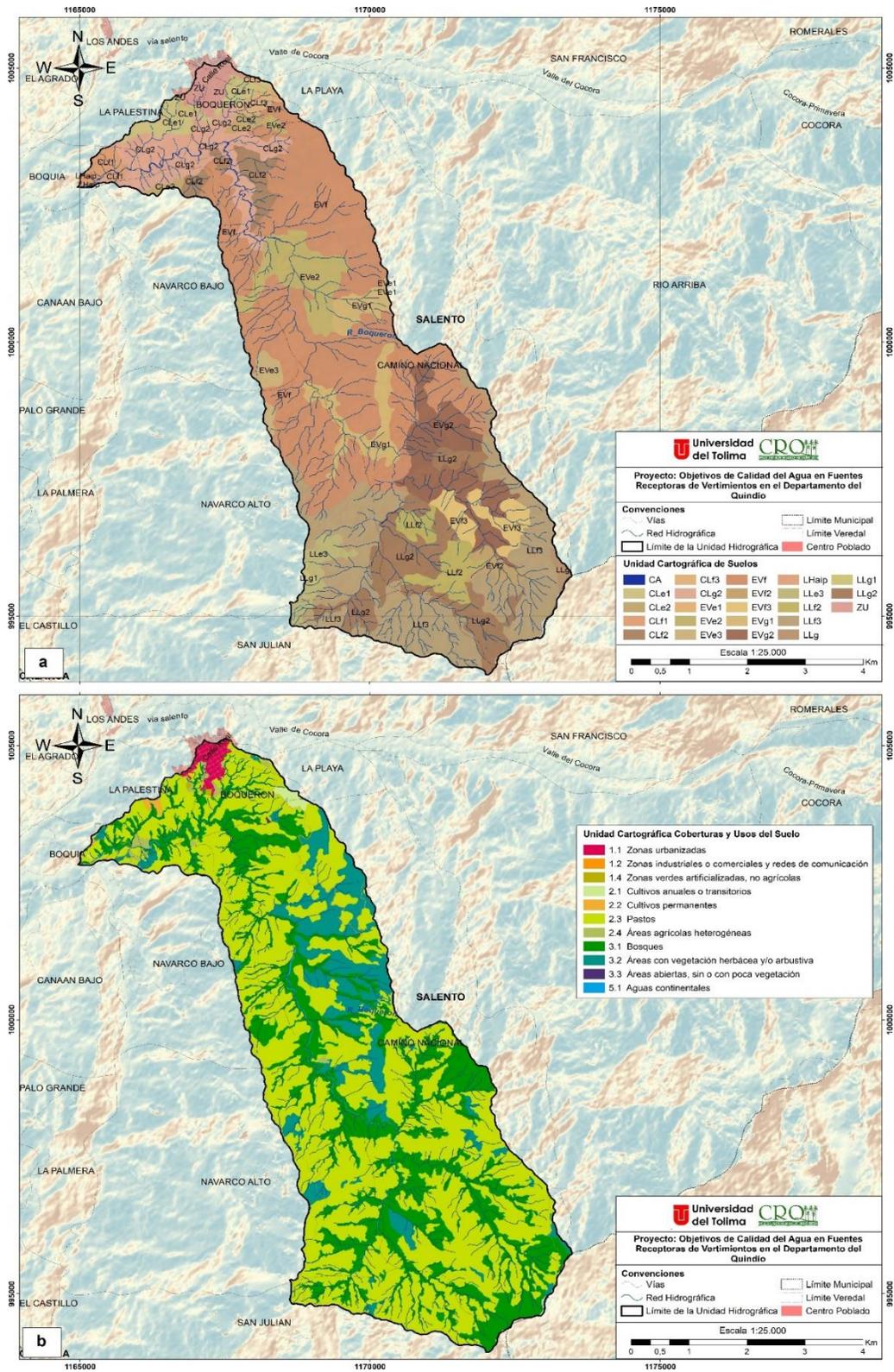
LL 30,57 % EV 54,58 % CL 13,08 % LH 0,06 % CA 0,22 % ZU 1,49 %



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

2.1 Cultivos anuales o transitorios	0,37 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,19 %
2.3 Pastos	57,51 %	2.2 Cultivos permanentes	0,2 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	0,57 %	3.1 Bosques	29,18 %
3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	10,47 %	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0,02 %
5.1 Aguas continentales	0,46 %	1.1 Zonas urbanizadas	0,98 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	0,05 %		

**Figura 57.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Boquerón.



**Figura 58.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Boquerón.

## 1.30 Unidad Hidrográfica río Espejo

### 1.30.1 Ubicación geográfica

Se forma por la confluencia de las quebradas Hojas Anchas y Zanjón a los 1294 m.s.n.m entre las coordenadas N 994181.84 – W 1149915.63, en la vereda La Patria y confluye al Río La Vieja, en la vereda San Pablo a 1046 m.s.n.m, al suroeste del municipio de Montenegro entre las coordenadas N 984518.18 - W 1134176.86 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre los municipios de Armenia, Circasia, La Tebaida y Montenegro, pasando por las veredas Mesopotania, Aldana, Hojas Anchas, La Patria, El Mesón, Pantanillo, La India, Puerto Espejo, Zulaivar, La Revancha, Aguacatal, Santa Ana, Murillo, Barcelona Alta, San Antonio, Llanada, Naranjal Alto y Bajo, La Florida, El Congal, La Pola, Piamonte, Pinares, La Julia, Pradera, Villa Razo, San Rita, Tolon, Padilla, El Guayabal, La Popa, La Herradura, La Cabaña, Santa Rita, Risaralda, Baraya, Pueblo Tapao, El Silencio, Pantanillal, Prado, Guatemala, San José, Guaico y San Pablo.

### 1.30.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Esta Unidad Hidrográfica la integran principalmente las consociaciones La Esperanza (LE) (25% - 39,63 km<sup>2</sup>), El Cafetal (EC) (19% - 30,31 km<sup>2</sup>), Padilla (PL) (19% - 29,17 km<sup>2</sup>) y Membrillal (MM) (16% - 29,17 km<sup>2</sup>), con las unidades de suelo LEb, LEc, LEc1, LEc2, ECa, ECa1, ECb, ECb1, PLd, PLd1, PLd2, Ple1, Ple2, PLf2, MMe, MMe1 y MMf2. La Zona Urbana (ZU) representa el 14% (22,07 km<sup>2</sup>), mientras que algunos Cuerpos de Agua (CA) y suelos de las consociaciones Quindío (QN) y Casa Blanca (CB) conforman el 6% (9,36 km<sup>2</sup>) restante (Figura 60 y Figura 59).

Se distribuyen en una variedad de pendientes que van desde planas (0-3%) hasta moderadamente escarpadas (50-75%), afectados con diferentes grados de erosión. Originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos y rocas volcano-sedimentarias; profundos a moderadamente superficiales; bien drenados; ligeros a fuertemente ácidos; de baja y moderada fertilidad. Presentan contenidos altos y bajos de materia orgánica, con valores de CO entre 4,5 y 0,98%. Las texturas son moderadamente gruesas a moderadamente finas. La estructura es en bloques subangulares finos y medios, de moderados a débilmente desarrollados. La consistencia es friable en húmedo y en mojado varía desde no pegajosa y no plástica a ligeramente plástica y pegajosa en mojado (IGAC, 2013).

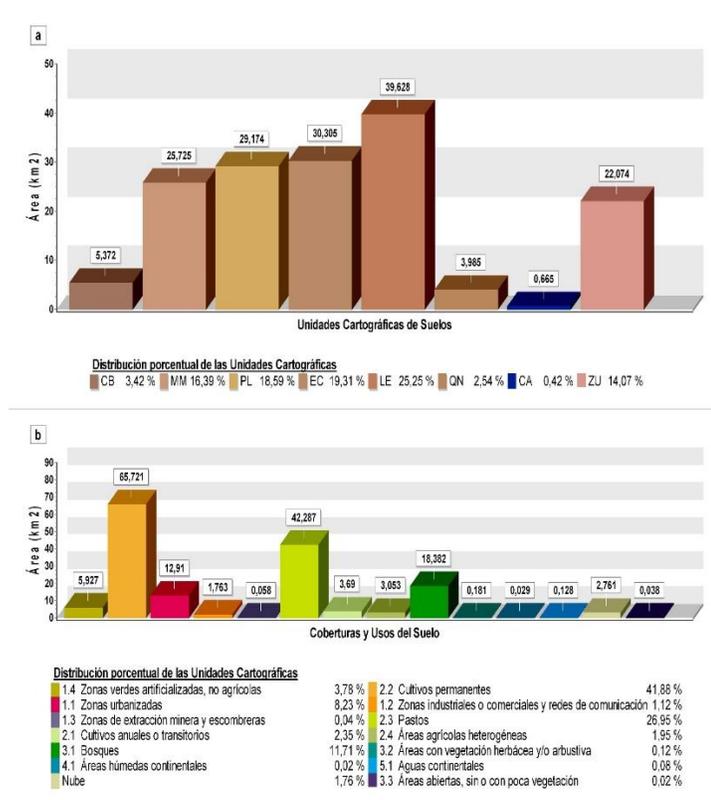
La retención de humedad varía entre media y baja, con el 27 y 10% de humedad aprovechable. La porosidad total supera el 43%, distribuida apropiadamente entre los macro y microporos para facilitar la aireación, el drenaje y la retención de agua; en ciertas zonas existen algunas restricciones por baja macroporosidad. Los valores de densidad real oscilan entre 2,2 y 2,58 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,76 y 1,4 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).



### 1.30.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Conforme a la Figura 60 y Figura 59, la cobertura de Cultivos permanentes es la más predominante dentro esta zona, cubre una extensión de 65,72 km<sup>2</sup>, que equivalen al 42% del territorio, donde el 21% (32,29 km<sup>2</sup>) corresponde al cultivo de Café y el 16% (25,58 km<sup>2</sup>) al Plátano. La segunda cobertura corresponde a los Pastos (27% - 42,29 km<sup>2</sup>), siendo el 25% (38,74 km<sup>2</sup>) de estos, Pastos limpios. La tercera cobertura la integran los Bosques (12% - 18,38 km<sup>2</sup>) con el 11% (17,97 km<sup>2</sup>) de Bosques de galería. Las Zonas urbanizadas hacen parte del 8% del área total, con una extensión de 12,91 km<sup>2</sup>. Aproximadamente el 9% (14,87 km<sup>2</sup>) del área restante la integran las coberturas de menor incidencia tales como, Zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, Zonas de extracción minera y escombreras, Zonas verdes artificializadas, Cultivos anuales o transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación, Áreas húmedas y Aguas continentales integrados por ríos, lagunas, lagos y cuerpos de agua artificiales.

Dentro de la vegetación natural predominan especies maderables como balso (*Ochroma pyramidale*), yarumo negro (*Cecropia angustifolia*), yarumo blanco (*Cecropia telealba*) y/o (*Cecropia teleincana*), guadua (*Guadua angustifolia*), y cedro (*Cedrela spp.*), además de algunas piperáceas, lianas, helechos y heliconias (IGAC, 2013).



**Figura 59.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Espejo.

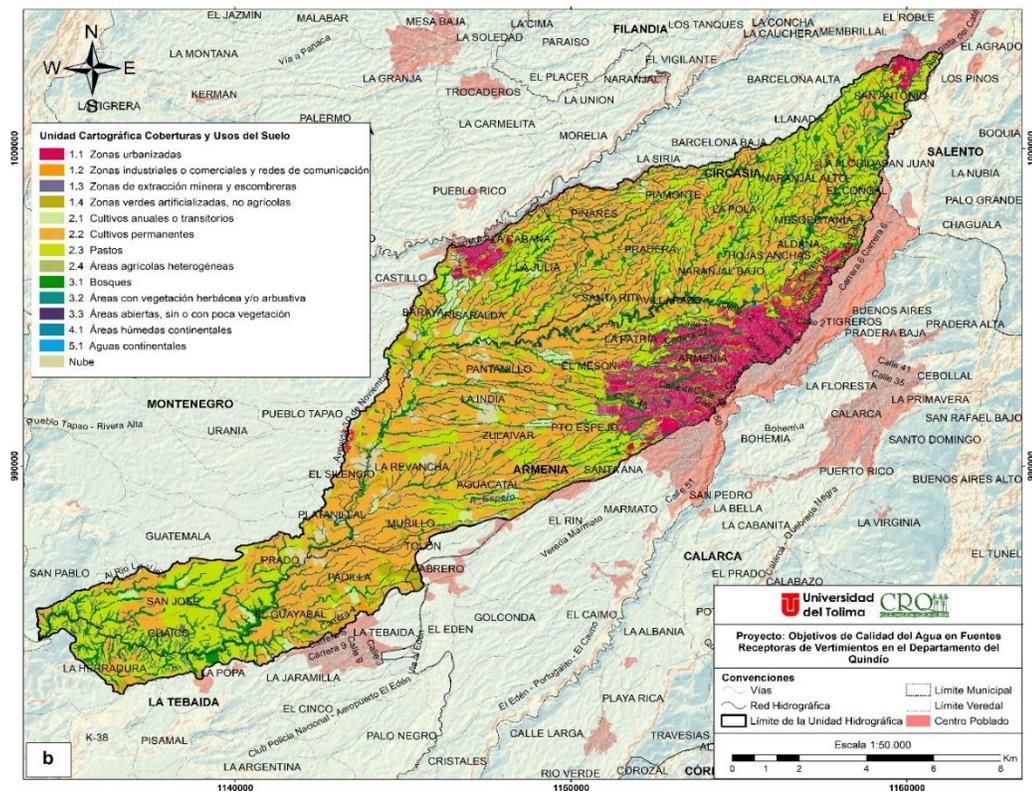
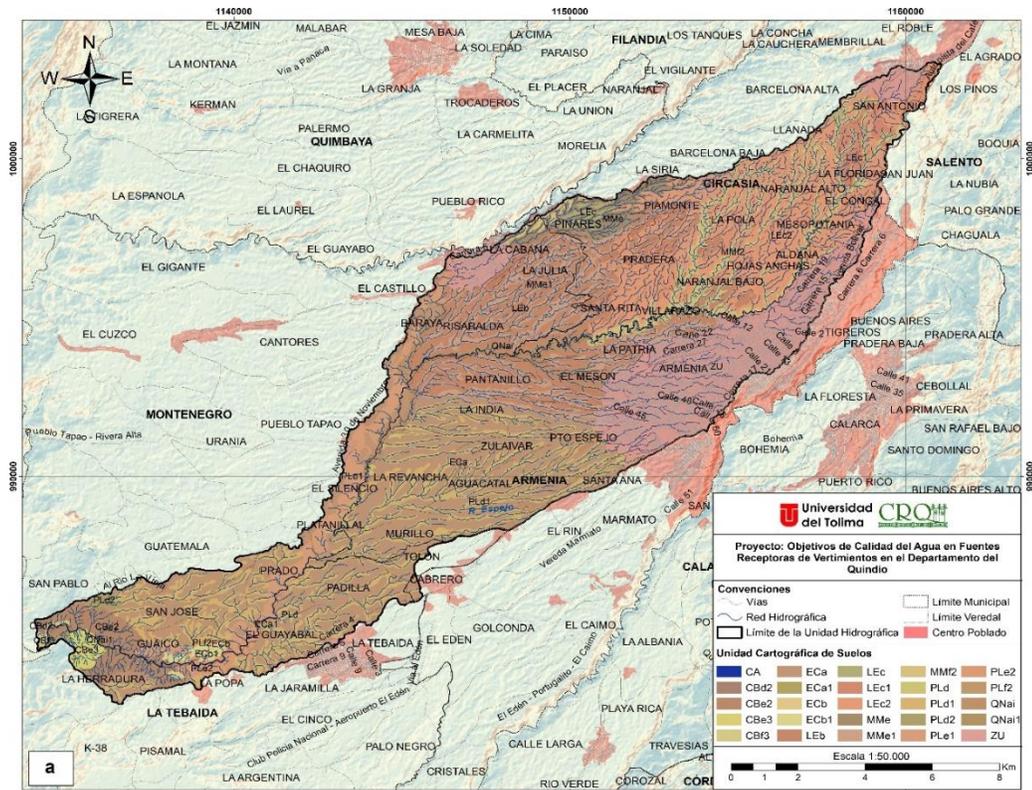


Figura 60. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Espejo.

## 1.31 Unidad Hidrográfica río Gris

### 1.31.1 Ubicación geográfica

Nace a una altura de 3982 m.s.n.m al sur del municipio de Génova, en la vereda Río Gris con coordenadas N 945032.39 – W 1147945.57 y desemboca a los 1471 m.s.n.m sobre El Río San Juan, entre las veredas San Juan Bajo y El Cairo Bajo, al oeste del municipio entre las coordenadas N 957205.78 - W 1142756.94 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas San Juan Alto y Bajo, Río Gris y La Coqueta.

### 1.31.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Las consociaciones que integran la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica son La Línea (LLe, LLe2, LLep2, LLf, LLf2, LLg2) en un 33% (14,35 km<sup>2</sup>), El Vergel (EVe, EVep, EVf, EVfp, EVfp2, EVg, EVgp) en un 30% (13,43 km<sup>2</sup>) y Chili (CHe1, CHe2, CHf2 y CHg2) en 22% (9,83 km<sup>2</sup>). EL área restante, conforme a la Figura 62 y Figura 61, está representada en un 15% (6,41 km<sup>2</sup>) por los suelos de las consociaciones Calicanto (CL), Guayaquil (GY) y Juntas (JN) y en un 3% (0,11 km<sup>2</sup>) por la Zona Urbana (ZU).

En general, los suelos ocupan sectores de pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%), algunos con pedregosidad o afectados por erosión de tipo ligero y moderado. El IGAC (2013) los caracteriza como suelos que han evolucionados a partir de rocas volcano-sedimentarias y cenizas volcánicas sobre esquistos; profundos a moderadamente profundos; bien drenados; ligera a fuertemente ácidos; de alta y baja fertilidad. Los contenidos de carbono orgánico (CO) son altos, con valores entre 5 y 5,4%; en algunos casos hasta 21% en el horizonte superficial y 19,8% en el último horizonte por el depósito de cenizas volcánicas. La textura es franca a franco arenosa. La estructura puede presentarse granular, fina o en bloques subangulares finos y gruesos, débiles a moderadamente desarrollados. La consistencia es friable, de ligeramente pegajosa y plástica hasta no pegajosa y no plástica.

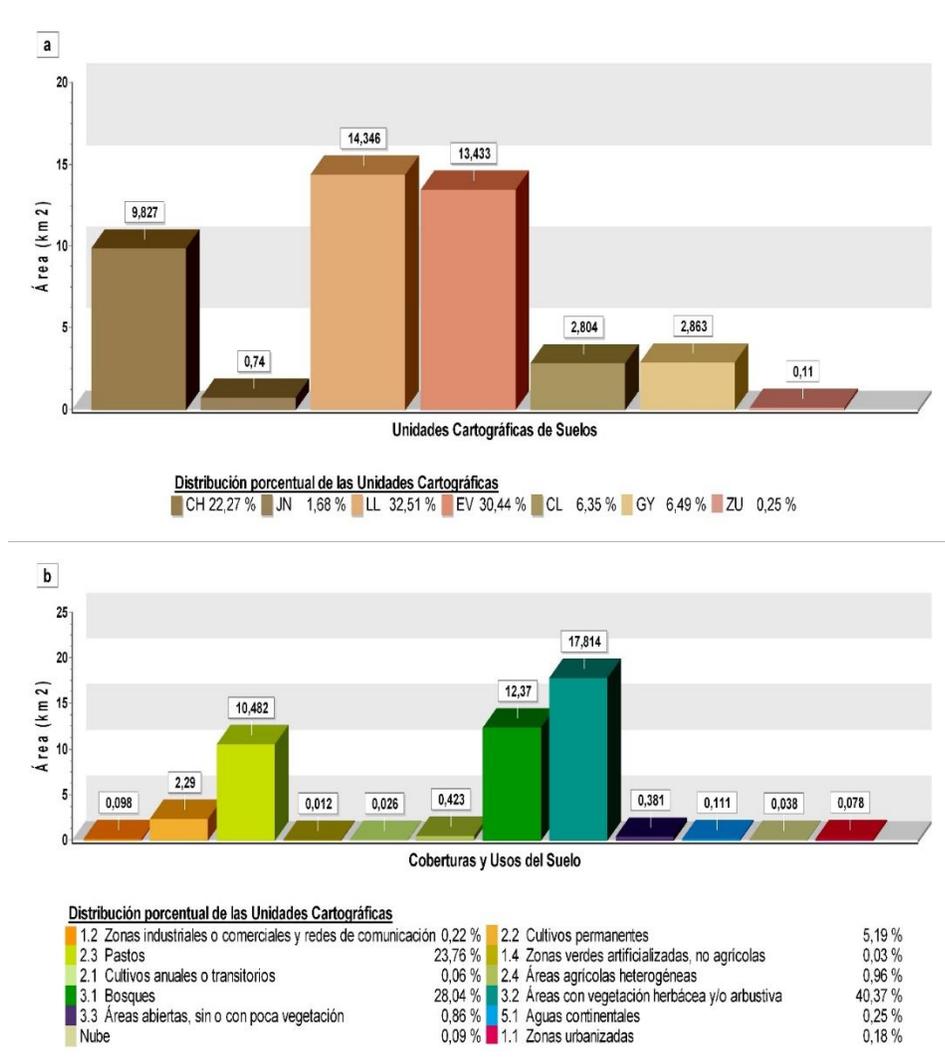
Tienen alta capacidad de retención de humedad a distintas tensiones; los valores de humedad aprovechable pueden superar el 80% en ciertos casos. La porosidad total es alta, mayor al 43%, con predominio de microporos, responsables de la alta retención de agua, pero con valores adecuados de macroporosidad que facilitan la aireación y el drenaje. Los valores de densidad real fluctúan entre 1,8 y 2,6 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,42 y 1,1 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### 1.31.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Considerando la distribución de coberturas que se evidencia en la Figura 62 y Figura 61, el área que comprende el río Gris está dominada en un 40% (17,81 km<sup>2</sup>) por Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, en un 28% (12,37 km<sup>2</sup>) por Bosques especialmente Bosques densos y de galería, y en un 24% (10,48 km<sup>2</sup>) por Pastos limpios y Pastos enmalezados. Aproximadamente el 8% (3,42 km<sup>2</sup>) del área total está cubierta por, las Zonas

urbanizadas, Redes de comunicación vial, Zonas verdes urbanas, Cultivos transitorios, Cultivos permanentes básicamente de Café, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación como afloramientos rocosos, tierras desnudas y degradadas, y Áreas continentales representados por los ríos.

La vegetación natural esta es integrada por las especies sietecucos (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*), Eucalipto (*Eucaliptus glóbulos*), helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) y relictos de guamos (*Inga spp.*), yarumos (*Cecropia spp.*) y lechudos (*Ficus maxima*). En algunos sectores hay presencia de especies vegetales propias de páramo como retamo, musgo, paja y árnica (IGAC, 2013).



**Figura 61.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Gris.

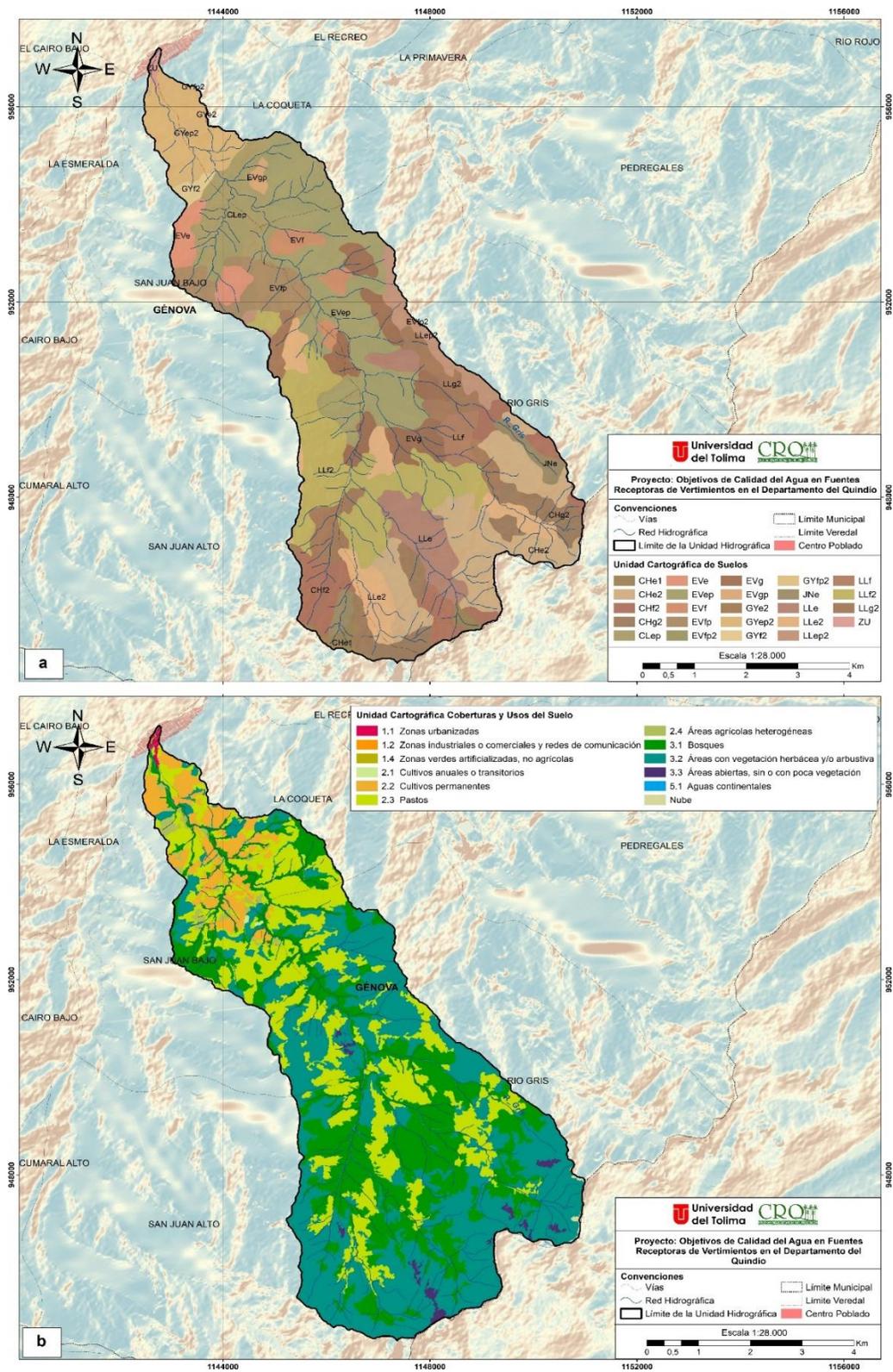


Figura 62. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Gris.

## 1.32 Unidad Hidrográfica río Lejos

### 1.32.1 Ubicación geográfica

Comprende cerca del 90% del municipio de Pijao y una pequeña parte del norte del municipio de Génova a una altura promedio de 2543 m.s.n.m. Nace en la vereda Las Saratas, al este del municipio de Pijao a los 3665 m.s.n.m entre las coordenadas N 965273.13 – W 1163704.26 y desemboca en la vereda Los Balsos a 1027 m.s.n.m, al oeste del municipio de Pijao sobre el Río Barragán con coordenadas N 968557.20 - W 1142412.82 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas del municipio de Pijao: Las Camelias, La Argentina, Las Saratas, Río Lejos Alto, La Playa, Carniceros, Las Pizarras, Poleal, Arenales, Puente Tabla, Quebrada Honda, Rio Azul, Cinabria, El Verdal, La Mariela, La Maizena y Los Balsos, y del municipio de Genova: Cedral Alto y La Topacia.

### 1.32.2 Unidades Cartográficas de Suelos

La Unidad Hidrográfica, según la Figura 64 y Figura 63, está conformada principalmente por los suelos de las consociaciones El Vergel (EVe, EVe1, EVe2, EVf, EVf1, EVf2, EVf3, EVg, EVg1, EVg2 y EVg3), La Línea (LLd2, LLe, LLe1, LLe2, LLe3, LLf, LLf1, LLf2, LLf3, LLg, LLg1 y LLg2) y Guayaquil (GYe, GYe1, GYe2, GYf1, GYf2, GYg1 y GYg2) en una proporción estimada del 46 (103,06 km<sup>2</sup>), 23 (52,84 km<sup>2</sup>) y 11% (24,75 km<sup>2</sup>), respectivamente.

Estos suelos cubren pendientes desde fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente escarpadas (>75%), la mayor parte afectados por procesos de erosión de grado ligero a severo. Según el IGAC (2013) son suelos originados a partir de rocas volcano-sedimentarias, cenizas volcánicas sobre esquistos y anfibolitas; profundos; bien drenados; fuertes a moderadamente ácidos; de alta y moderada fertilidad. Presentan niveles altos de materia orgánica, con valores entre 5 y 6,2% de CO. Las texturas son moderadamente gruesas a medias. La estructura es granular, fina y en bloques subangulares finos y gruesos, de moderado y débil desarrollo; algunos presentan horizontes de grano suelto. La consistencia es friable en húmedo, de ligeramente plástica y pegajosa hasta no pegajosa y no plástica.

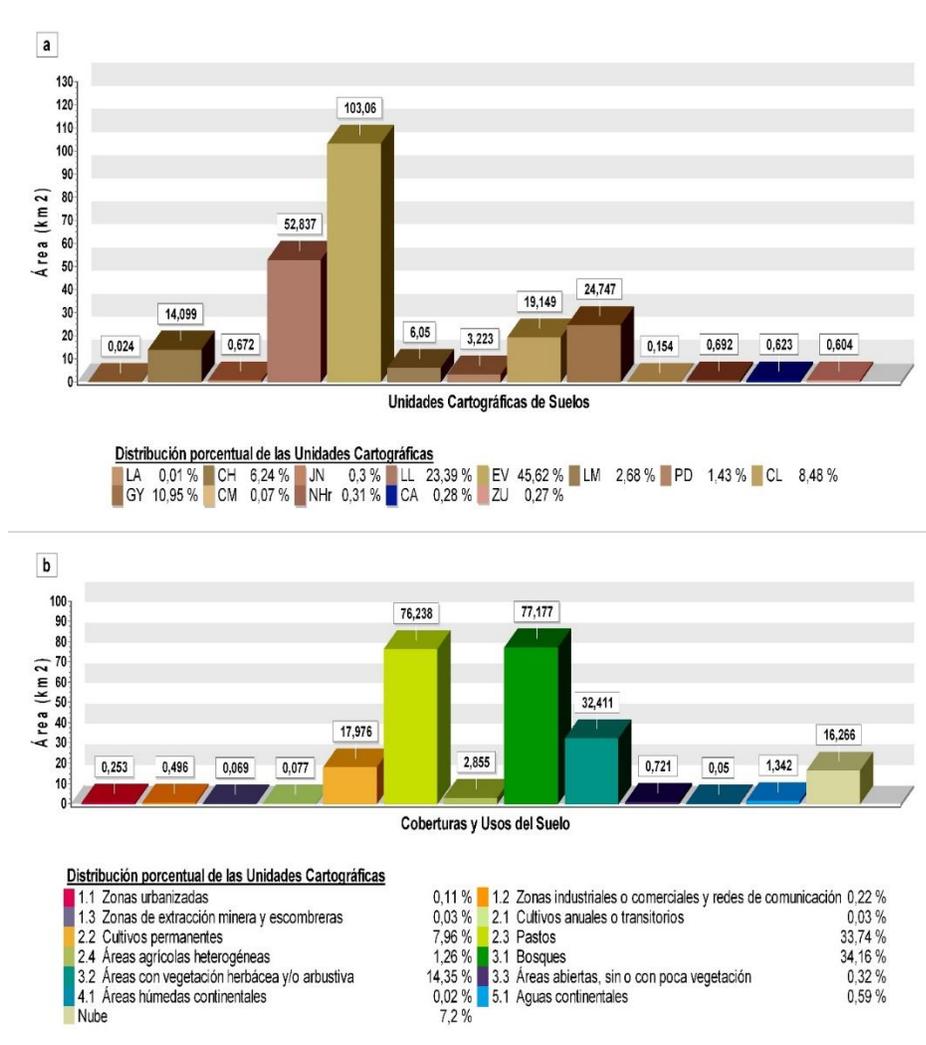
La retención de humedad es alta, con valores entre 11 y 32% de humedad aprovechable. La porosidad total fluctúa entre 43 y 72%, con predominio de la microporosidad, pero con valores adecuados de macroporos que garantiza buena aireación, buen drenaje y buena retención de humedad. La densidad real es inferior a 2,66 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente menor de 1,2 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### 1.32.3 Coberturas y Usos de la Tierra

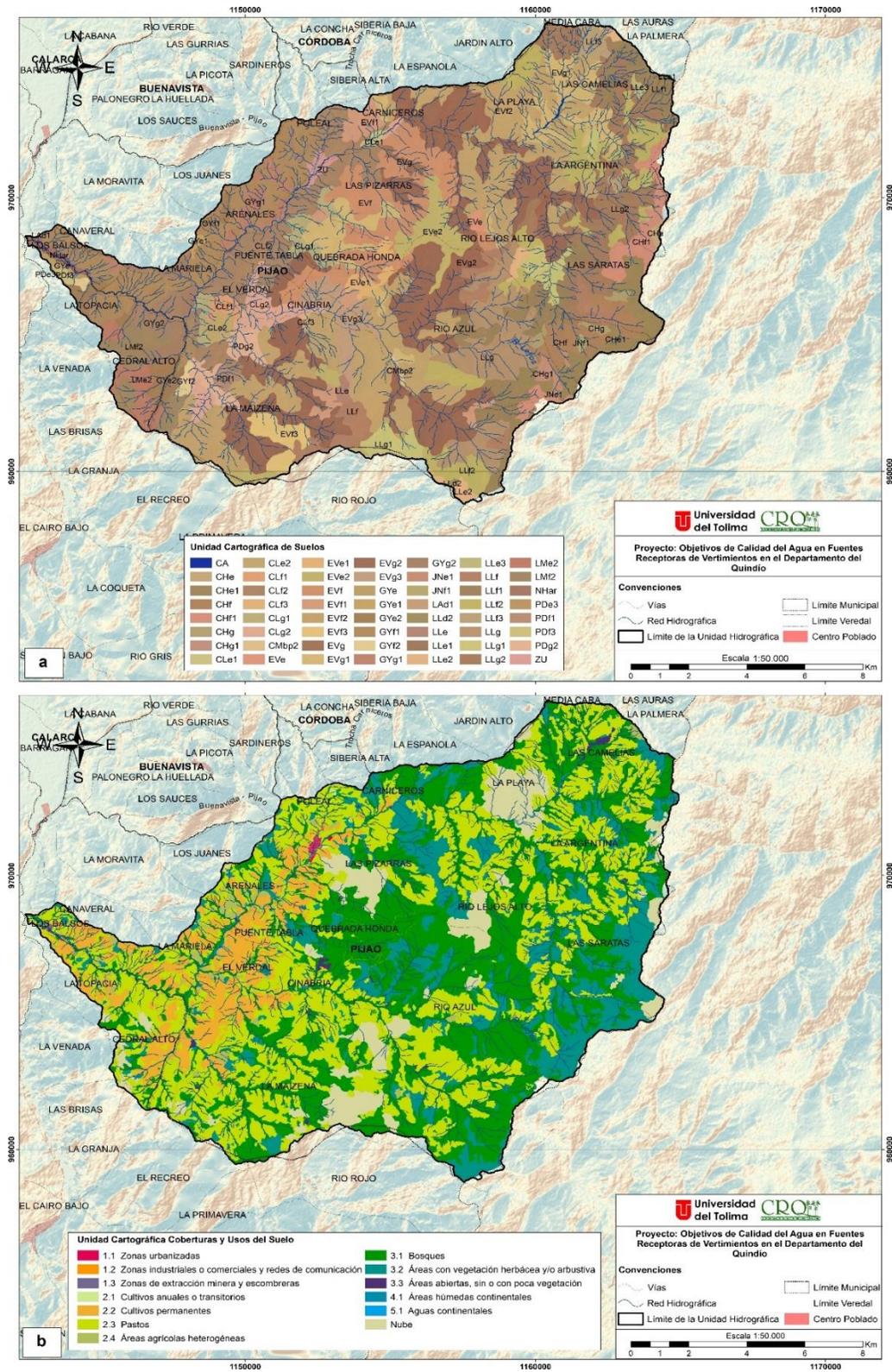
Las coberturas dominantes de esta área, conforme a la clasificación del IGAC (2010) son, los Pastos principalmente limpios y enmalezados en un 34% (76,24 km<sup>2</sup>), los Bosques en todas sus modalidades (densos, abiertos, de galería y plantaciones forestales) en otro 34% (77,18 km<sup>2</sup>), y las Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva en un 14% (32,41 km<sup>2</sup>). Las

coberturas de menor representación (3% - 5,86 km<sup>2</sup>) son los Cultivos permanentes como el Café, las Zonas urbanizadas, las Redes de comunicación vial, Zonas de extracción minera, los Cultivos transitorios de Maíz y Habichuela, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación, Áreas húmedas y Aguas continentales representados por ríos, lagos, lagunas y cuerpos de agua artificiales. El área sin ningún registro de información (nubes), equivale a un 7% (16,27 km) del área total (Figura 64 y Figura 63).

La vegetación natural es integrada por las especies sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), Eucalipto (*Eucaliptus glóbulos*), chilca (*Baccharis trinervis*), helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), guamos (*Inga spp.*), yarumos (*Cecropia spp.*) y lechudos (*Ficus maxima*). En algunos sectores predominan especies vegetales propias de paramo como retamo, musgo, paja, árnica (IGAC, 2013).



**Figura 63.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Lejos.



**Figura 64.** Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Lejos.



## 1.33 Unidad Hidrográfica río Rojo

### 1.33.1 Ubicación geográfica

Su extensión cubre alrededor del 90% del municipio de Génova. Nace al noreste del municipio aproximadamente a los 3728 m.s.n.m, en la vereda Río Rojo con coordenadas N 957920.63 - W 1157803.35 y desemboca en la vereda La Venada a los 1509 m.s.n.m, sobre el Río Barragán al noroeste del municipio con coordenadas N 964027.34 - W 1142237.43 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas Río Rojo, Pedregales, Río Gris, San Juan Alto y Bajo, Cumaral Alto, Cairo Alto y Bajo, La Esmeralda, La Coqueta, La Primavera, El Recreo, La Granja, El Dorado, Las Brisas y La Venada.

### 1.33.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Los suelos que constituyen la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica son los pertenecientes a la consociación La Línea (LL) en un 29% (69,52 km<sup>2</sup>), El Vergel (EV) en un 28% (67,95 km<sup>2</sup>), Guayaquil (GY) en un 18% (43,54 km<sup>2</sup>) y Chili (CH) en un 13% (32,68 km<sup>2</sup>); comprenden las fases LLd2, LLe, LLe2, LLep2, LLf, LLf2, LLg, LLg1, LLg2, EVe, EVe2, EVep, EVep2, EVf, EVf2, EVf3, EVfp, EVfp2, EVg, EVg2, EVg2, GYd, GYd, GYdp, GYe2, GYep2, GYf2, GYfp2, GYg, GYg2, CHd2, CHE, CHE1, CHE2, CHF2 y CHg2 (Figura 66 y Figura 65).

Se distribuyen en sectores de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente escarpadas (>75%), algunos con pedregosidad y otros afectados por diferentes tipos de erosión. Originados de rocas volcano-sedimentarias, cenizas volcánicas, anfibolitas y esquistos; profundos a moderadamente profundos; bien drenados, fuerte a ligeramente ácidos; de baja y moderada fertilidad. Los niveles de materia orgánica son altos; el CO alcanza valores entre 21 y 5%. Poseen textura gruesa a mediana. La estructura es granular, fina y en bloques subangulares finos y gruesos, de débiles a moderados; algunos con horizontes de grano suelto. La consistencia es friable, de no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica; alcanzan con facilidad el límite de consistencia líquido por lo que son muy susceptibles a movimientos en masa, según el IGAC (2013).

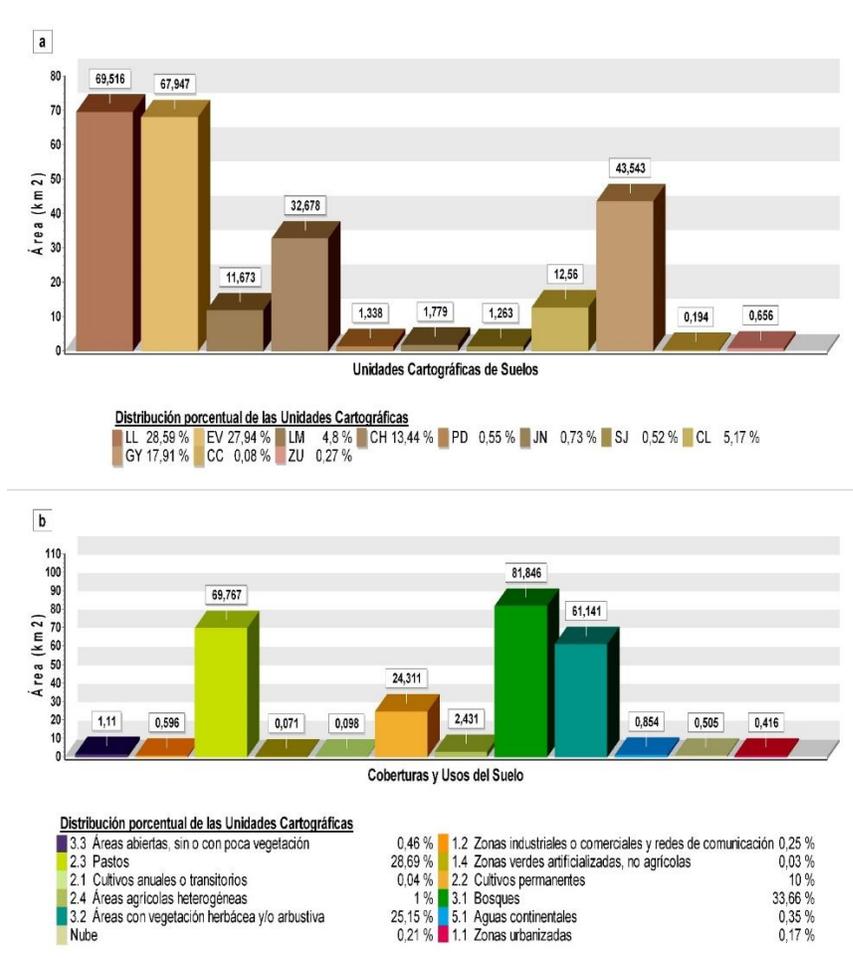
La capacidad de retención de humedad es alta; la humedad aprovechable oscila entre el 11 y 32% y en algunos casos supera el 80%. La porosidad total alcanza valores hasta el 84%, en la que la microporosidad predomina garantizando la adecuada retención de agua; sin embargo, la macroporosidad es adecuada para asegurar buena aireación y buen drenaje. Los valores de densidad real son inferiores a 2,7 g.cm<sup>-3</sup> y los de la densidad aparente a 1,2 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### 1.33.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Esta área es integrada principalmente por Bosques en un 34% (81,85 km<sup>2</sup>) entre los que se destacan los Bosques densos (20% - 49,09 km<sup>2</sup>) y los de Bosques de galería (10% - 23,34 km<sup>2</sup>); le siguen los Pastos con un 29% (69,77 km<sup>2</sup>), generalmente Pastos limpios (16% -

38,50 km<sup>2</sup>) y Pastos enmalezados (13% - 30,94 km<sup>2</sup>); luego las Áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva con un 25% (61,14 km<sup>2</sup>), y en menor grado, los Cultivos permanentes en un 10% (23,97 km<sup>2</sup>) representados por el cultivo de Café (10% - 23,97 km<sup>2</sup>). Las coberturas de menor proporción dentro del área (2% - 5,58 km<sup>2</sup>) corresponden a las Zonas urbanizadas, Zonas comerciales y redes de comunicación, Zonas verdes artificializadas, Cultivos anuales transitorios básicamente Habichuela y Yuca, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación y Aguas continentales representadas por ríos, lagos y lagunas (Figura 66 y Figura 65).

En algunos sectores la vegetación natural está formada por especies propias de páramo entre ellas retamo, musgo, paja y árnica; mientras que en otras zonas es frecuente encontrar especies como sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*), Eucalipto (*Eucaliptus glóbulos*), helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) y algunos relictos de guamos (*Inga spp.*), yarumos (*Cecropia spp.*) y lechudos (*Ficus maxima*) (IGAC, 2013).



**Figura 65.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Rojo.

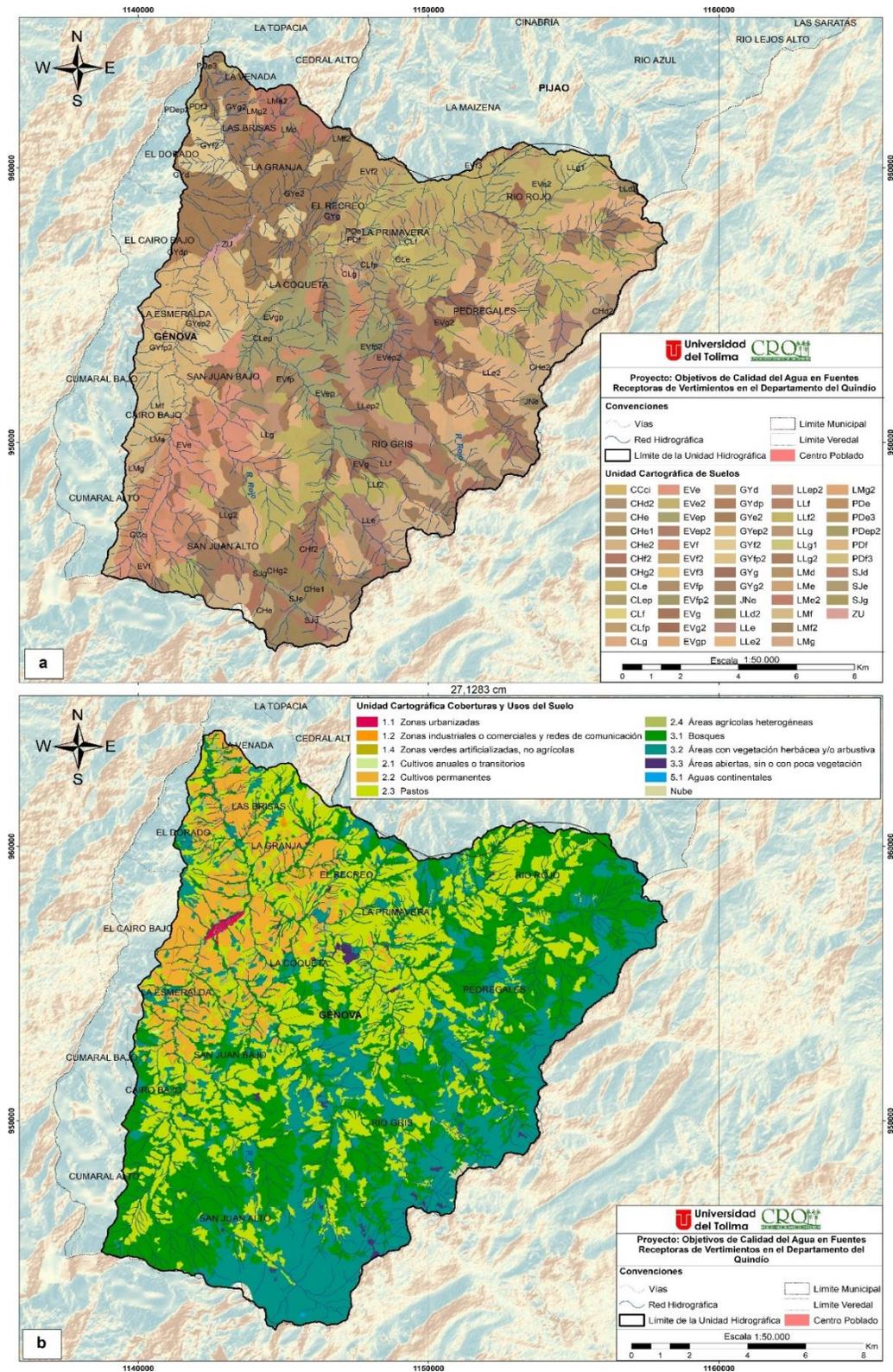


Figura 66. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Rojo.

## 1.34 Unidad Hidrográfica río San Juan

### 1.34.1 Ubicación geográfica

Nace al sureste del municipio de Génova, en la vereda San Juan Alto entre las coordenadas N 944592.31 – W 1147632.31 a 4011 m.s.n.m y converge al noroeste del mismo, en la vereda La Granja sobre el Río Rojo a los 1384 m.s.n.m entre coordenadas N 958989.87- W 1143872.10 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas Río Gris, San Juan Alto y Bajo, Cumaral Alto, Cairo Alto y Bajo, La Esmeralda, La Coqueta, El Dorado y La Granja.

### 1.34.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Esta Unidad Hidrográfica está constituida principalmente por los suelos de las consociaciones El Vergel (EV) en un 26% (30,46 km<sup>2</sup>), La Línea (LL) en un 25% (29,05 km<sup>2</sup>), Guayaquil (GY) en un 19% (22,28 km<sup>2</sup>) y Chili (CH) en otro 19% (21,49 km<sup>2</sup>, respectivamente); integran las unidades EVE, EVep, EVf, EVfp, EVfp2, EVg, EVgp, LLe, LLe2, LLe2p2, LLf, LLf2, LLg, LLg2, GYdp, GYe2, GYep2, GYf2, GYfp2, CHe, CHe1, CHe2, CHf2 y CHg2 (Figura 68 y Figura 67).

Ocupan sectores de pendiente fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente escarpadas (>75%), con pedregosidad o con erosión de grado ligero y moderado. Son suelos que han evolucionado a partir de rocas volcánico-sedimentarias, anfibolitas, esquistos y cenizas volcánicas; profundos a moderadamente profundos; bien drenados; ligera a fuertemente ácidos; de baja y alta fertilidad. Presentan niveles altos de materia orgánica; en suelos de páramo (CH), el CO alcanza valores de 21% en el primer horizonte y 19,8% en el horizonte más profundo, mientras que en los demás oscila entre 6,2 y 5% en la parte superior del perfil hasta 0,07% en la parte más profunda. Presentan textura entre franca, franca arenosa y arenosa franca. La estructura es granular, fina y en bloques subangulares finos y gruesos, débiles a moderadamente desarrollados; en algunas zonas hay presencia de horizontes profundos de grano suelto. La consistencia es friable en húmedo, no plástica y no pegajosa a ligeramente plástica y pegajosa en mojado; susceptibles a movimientos en masa generalmente por las fuertes pendientes (IGAC, 2013).

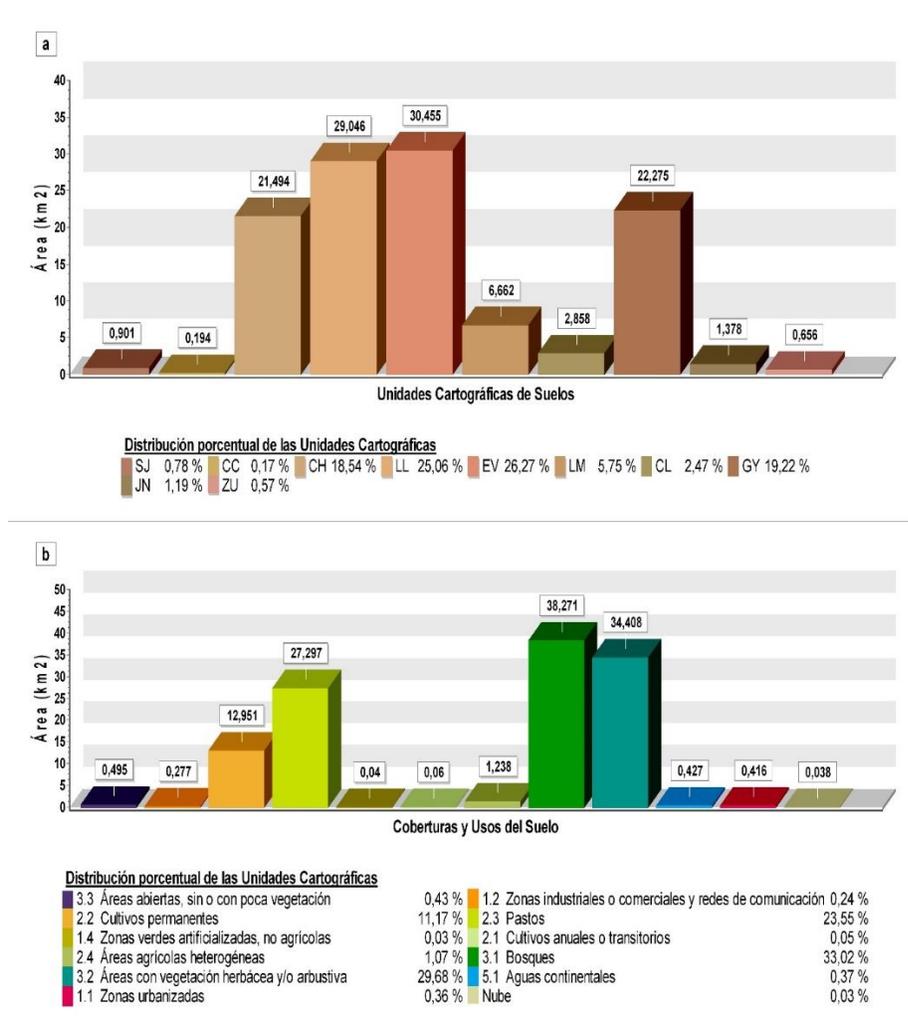
La capacidad de retención de humedad es alta diferentes tensiones; los valores de humedad aprovechable oscilan entre 11 y 32%; en suelos de páramo se supera el 80%. La porosidad oscila entre el 43 y 84%, adecuada para garantizar buena aireación y buen drenaje del suelo. Los valores de la densidad real y aparente son inferiores a 2,8 y 1,2 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente (IGAC, 2013).

### 1.34.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Considerando la clasificación de coberturas del departamento, elaborado por el IGAC (2010), en esta área predominan en un 33% (37,99 km<sup>2</sup>) los Bosques, principalmente densos (21% - 24,26 km<sup>2</sup>); en segundo lugar, las Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva en un 30%

(34,21 km<sup>2</sup>); y en tercer lugar, los Pastos con el 24% (27,30 km<sup>2</sup>) de los cuales un 13% (15,38 km<sup>2</sup>) corresponde a Pastos limpios y un 10% (11,76 km<sup>2</sup>) a Pastos enmalezados. Los Cultivos permanentes cubren el 11% (12,95 km<sup>2</sup>) del área, representados por el Café con una extensión de 12,70 km<sup>2</sup>. Aproximadamente el 3% (2,95 km<sup>2</sup>) del área restante, hace parte de las Zonas urbanizadas, Redes de comunicación vial, Zonas verdes artificializadas, Cultivos anuales o transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación, y Aguas continentales como ríos, lagos y lagunas (Figura 68 y Figura 67).

El IGAC (2013) señala la presencia de especies como sietecueros (*Tibouchina lepidota*), Eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*), aliso (*Alnus acuminata*), guayabo (*Psidium guajava*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), además de algunos guamos (*Inga spp.*), yarumos (*Cecropia spp.*), lechudos (*Ficus maxima*).



**Figura 67.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río San Juan.

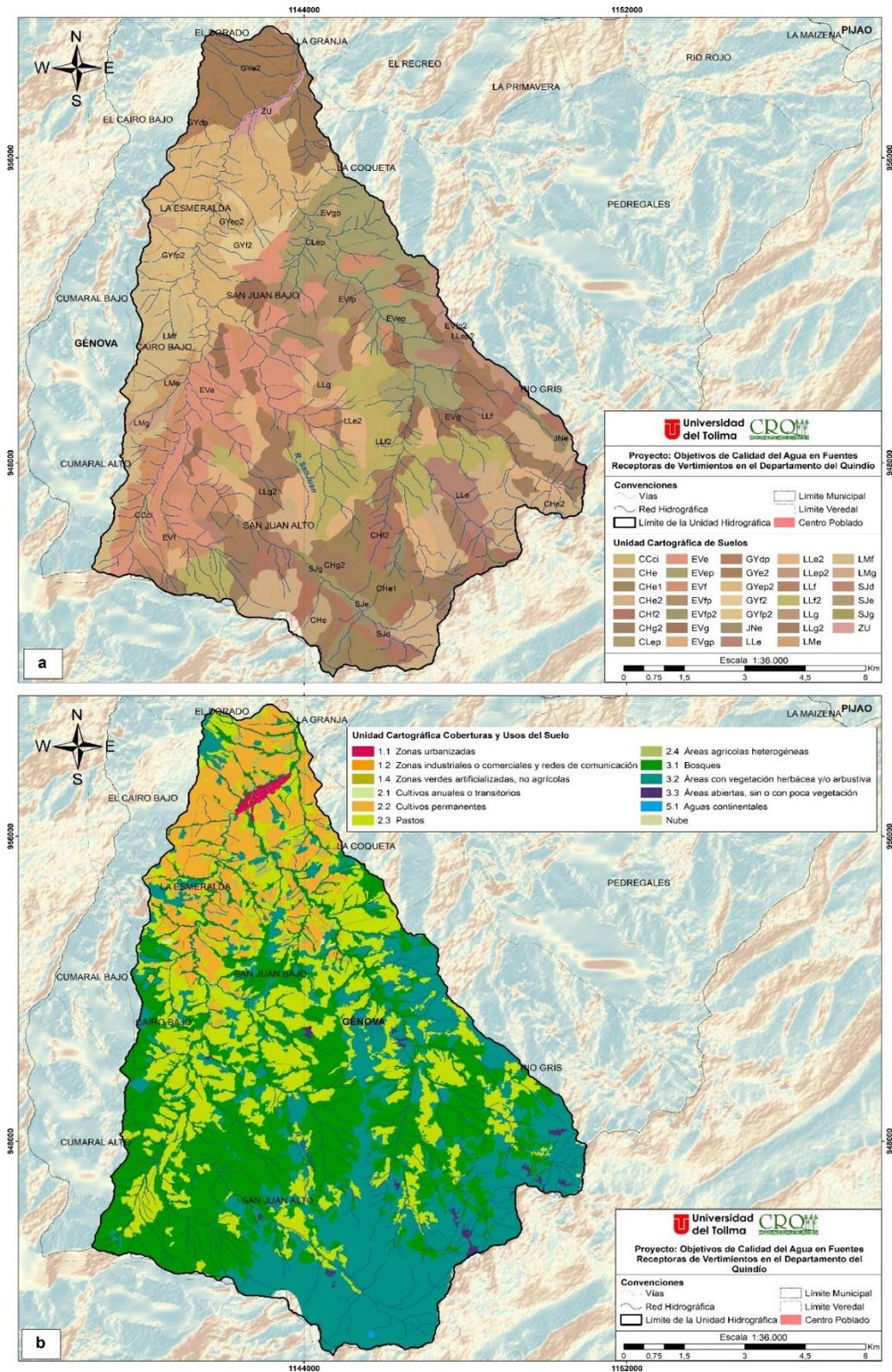


Figura 68. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río San Juan.

## 1.35 Unidad Hidrográfica río Santo Domingo

### 1.35.1 Ubicación geográfica

Cubre aproximadamente el 70% del municipio de Calarcá. Nace a la altura de 3399 m.s.n.m en la vereda Las Auras al sureste del municipio entre las coordenadas N 981562.18 – W 1165020.79 y confluye al Río Verde sobre los 1109 m.s.n.m, al suroeste del municipio entre las coordenadas N 979062.30 – W 1149796.26 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Recorre las veredas El Túnel, Las Auras, Buenos Aires Alto, San Rafael Alto y Bajo, Cebollal, La Primavera, Santo Domingo, Puerto Rico, La Granja, La Virginia, Planadas, Quebrada Negra, El Pensil, La Paloma, La Virginia, La Cabañita, La Bella, El Prado, Calabazo, Potosí, La Española, La Albania, Guayaquil, Alto de Oso, Travesías, Playa Rica y Río Verde.

### 1.35.2 Unidades Cartográficas de Suelos

Conforme a la Figura 70 y Figura 69, las principales consociaciones que integran esta Unidad Hidrográfica son El Vergel (EV) con un 44% (68,83 km<sup>2</sup>), Calicanto (CL) en un 20% (31,04 km<sup>2</sup>) y La Esperanza (LE) en un 9% (14,32 km<sup>2</sup>), con las unidades de suelo EVe3, EVf1, EVf2, EVf3, EVg1, EVg2, EVg3, CLd, CLe1, CLe2, CLf1, CLf2, CLf3, CLg1, CLg2, LEB, LEB1, LEC, LEC1.

Estos suelos se localizan en sectores de pendientes ligeramente inclinadas (3-7%) a fuertemente escarpadas (>75%); la mayor parte afectados por procesos erosivos de grado ligero, moderado o severo. El IGAC (2013) los caracteriza como suelos originados de rocas volcano-sedimentarias y cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos; profundos; bien drenados; moderada a fuertemente ácidos; de fertilidad baja y moderada. Los contenidos de carbono orgánico (CO) son altos, con valores de 5 y 3,1%. Las texturas son moderadamente gruesas. La estructura es granular, fina y en bloques subangulares finos y gruesos, débiles a moderadamente desarrollados; algunos sin estructura (grano suelto). La consistencia es friable en húmedo, no pegajosa y no plástica a ligeramente pegajosa y plástica en mojado.

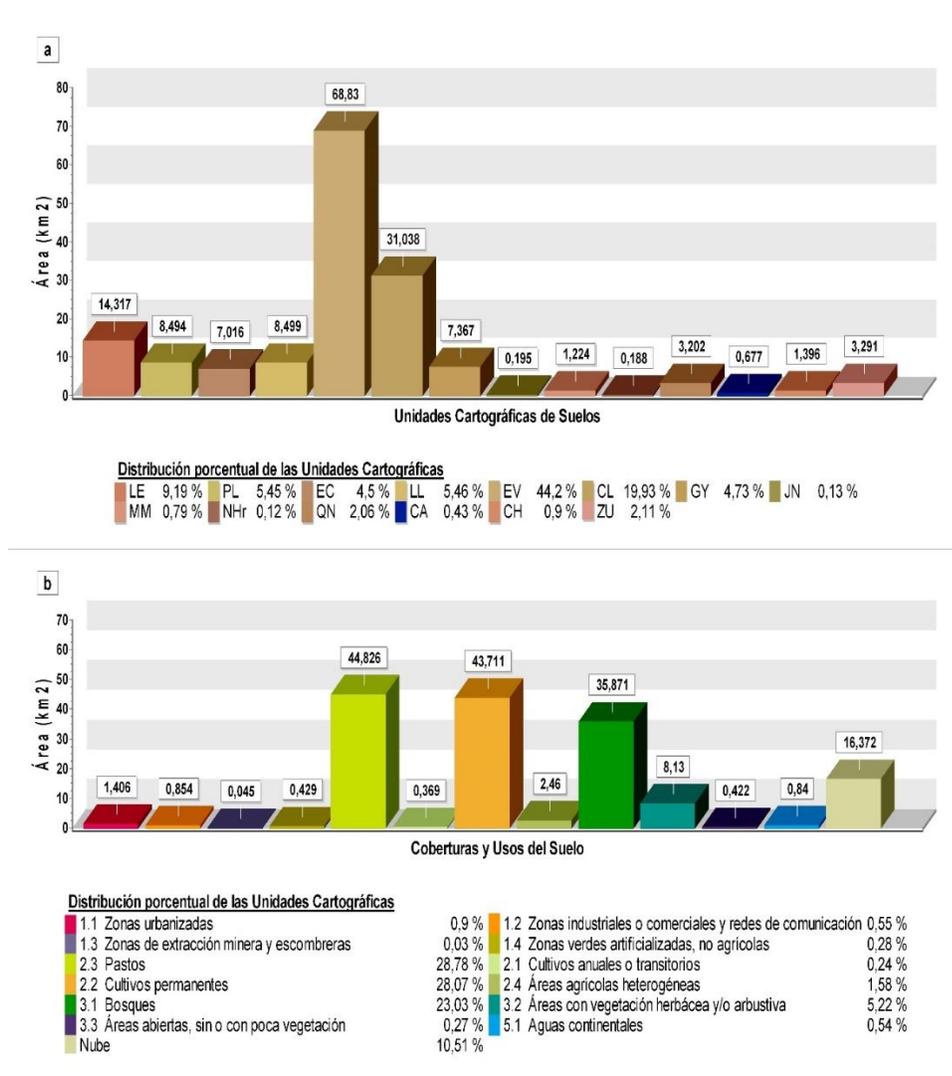
Presentan una mediana y alta capacidad de retención de agua; la humedad aprovechable varía de 8 a 23%. La porosidad total oscila entre 55 y 69%, con valores adecuados de macro y microporos para proporcionar buena aireación, buen drenaje y adecuada retención de humedad. La densidad real es inferior a 2,6 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente a 1,1 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013).

### 1.35.3 Coberturas y Usos de la Tierra

Las coberturas dominantes de esta zona son, los Pastos (29% - 44,83 km<sup>2</sup>), los Cultivos permanentes (28% - 43,71 km<sup>2</sup>) principalmente Café (19% - 30,03 km<sup>2</sup>) y Plátano (6% - 9,94 km<sup>2</sup>) y los Bosques (23% - 35,87 km<sup>2</sup>) en todas sus modalidades (densos, abiertos, de galería y plantaciones forestales). Las coberturas de menor representatividad (10% - 14,95 km<sup>2</sup>) son

las Zonas urbanizadas, Zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, Zonas de extracción minera, Zonas verdes artificializadas, Cultivos anuales o transitorios (Maíz, Habichuela, Tomate y Yuca), Áreas agrícolas heterogéneas con mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (arenales y tierras desnudas), y Aguas continentales integrados por ríos (Figura 70 y Figura 69). El área sin información (nubes), equivale a un 11%, (16,37 km<sup>2</sup>) del área total.

La vegetación natural está conformada por las especies tales como sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*), quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) (IGAC, 2013).



**Figura 69.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Santo Domingo.



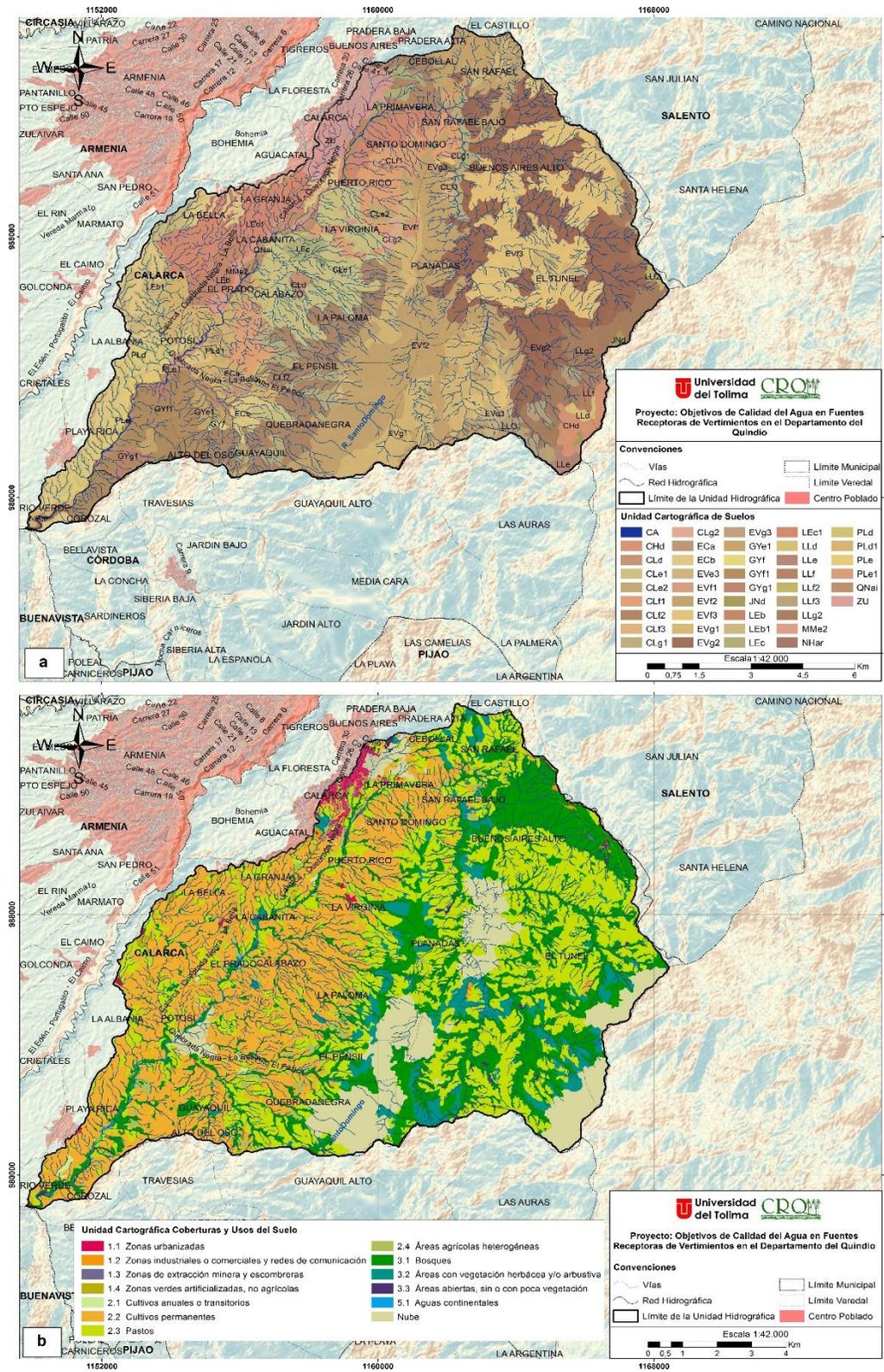


Figura 70. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Santo Domingo.

## **1.36 Unidad Hidrográfica río Verde**

### *1.36.1 Ubicación geográfica*

Recorre los municipios de Buenavista, Calarcá, Córdoba y una pequeña parte de Pijao a altura aproximada de 2087 m.s.n.m. Nace al sureste del municipio de Córdoba, en la vereda La Palmera a los 3666 m.s.n.m con coordenadas N 974856.21 – W 1165072.08 y desemboca al suroeste del municipio de Calarcá a 1687 m.s.n.m, en la vereda Calle Larga sobre el Río Quindío entre las coordenadas N 978056.09 - W 1145926.87 (Magna Colombia Oeste EPSG 3115). Cubre las veredas del municipio de Buenavista: Río Verde, Los Balsos, Sardineros; de Calarcá: El Túnel, Las Auras, Buenos Aires Alto, San Rafael Alto y Bajo, Cebollal, La Primavera, Santo Domingo, Puerto Rico, La Granja, La Virginia, Planadas, Quebrada Negra, El Pensil, La Paloma, La Virginia, La Cabañita, La Bella, El Prado, Calabazo, Potosí, La Española, La Albania, Guayaquil, Alto de Oso, Travesías, Playa Rica, Río Verde y Calle Larga; de Córdoba: Las Auras, La Palmera, Media Cara, Guayaquil Alto, Travesías, Jardín Alto y Bajo, La Española, Siberia Alta y Baja, La Concha, Bellavista, Corozal y Sardineros; del municipio de Pijao, la vereda Poleal.

### *1.36.2 Unidades Cartográficas de Suelos*

Los suelos de las consociaciones El Vergel (EV), Calicanto (CL), Guayaquil (GY) y La Línea (LL) constituyen la mayor parte de esta Unidad Hidrográfica en un 38 (105,32 km<sup>2</sup>), 17 (48,10 km<sup>2</sup>), 12 (33,59 km<sup>2</sup>) y 11% (31,27 km<sup>2</sup>), respectivamente; comprenden las fases EVe1, EVe3, EVf1, EVf2, EVf3, EVg, EVg1, EVg2, EVg3, CLd, CLe, CLe1, CLe2, CLf1, CLf2, CLf3, CLg, CLg1, CLg2, GYe1, GYf, GYf1, GYf2, GYg1, GYg2, LLd, LLe, LLe1, LLe2, LLf, LLf1, LLf2, LLf3, LLg y LLg2 (Figura 71 y Figura 72).

Localizados sobre pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente escarpadas (>75%), afectados por grados de erosión de ligero a severo. Según el IGAC (2013), son suelos derivados de cenizas volcánicas, rocas volcano-sedimentarias, anfibolitas, esquistos y depósitos torrenciales volcánicos; profundos; bien drenados; fuertes a ligeramente ácidos; de fertilidad alta y moderada. Presentan altos niveles de materia orgánica, con valores de CO hasta 6,2%. Las texturas son de medianas a gruesas. La estructura es granular, fina y en bloques subangulares finos y gruesos, débiles a moderados; en algunos casos aparecen horizontes de grano suelto. La consistencia es friable, de ligeramente pegajosa y plástica hasta no pegajosa y no plástica, correspondiente al tipo de texturas presentes.

Tienen mediana y alta capacidad de retención de humedad a diferentes tensiones; la humedad aprovechable presenta valores entre 8 y 32%. La porosidad total es superior al 43%, en la mayoría de los casos con predominio de microporosidad, pero con valores altos de macroporos, de tal manera que existe adecuada retención de humedad y a la vez buena

aireación y buen drenaje. La densidad real oscila entre 1,8 y 2,7 g.cm<sup>-3</sup> y la densidad aparente entre 0,74 y 1,2 g.cm<sup>-3</sup> (IGAC, 2013)

### *1.36.3 Coberturas y Usos de la Tierra*

De acuerdo con la Figura 71 y Figura 72, el área del río Verde es integrada principalmente por Cultivos permanentes en un 30% (83,61 km<sup>2</sup>) entre los que se destacan el Café (19% - 54,42 km<sup>2</sup>) y el Plátano (7% - 20,91 km<sup>2</sup>); en segundo lugar están los Pastos con el 27% (76,56 km<sup>2</sup>), básicamente limpios (20% - 56,82 km<sup>2</sup>) y enmalezados (7% - 19,27 km<sup>2</sup>); y en tercer lugar, los Bosques en un 22% (62,75 km<sup>2</sup>) con una extensión de 44,18 km<sup>2</sup> de Bosques de galería. El área restante (10% - 28,68 km<sup>2</sup>) es representada por Zonas urbanizadas, Zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, Zonas de extracción minera, Zonas verdes artificializadas, Cultivos anuales o transitorios, Áreas agrícolas heterogéneas con mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Áreas abiertas, sin o con poca vegetación, Áreas húmedas representadas por las turberas, y Aguas continentales integrados por los ríos. El área sin información (nubes), equivale a un 10%, (27,60 km<sup>2</sup>) del área total.

Según el IGAC (2013), en algunos sectores hay presencia de especies vegetales como sietecueros (*Tibouchina lepidota*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), roble (*Quercus humboldtii*), chilca (*Baccharis trinervis*), guamos (*Inga* spp.), yarumos (*Cecropia* spp.), lechudos (*Ficus maxima*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*).

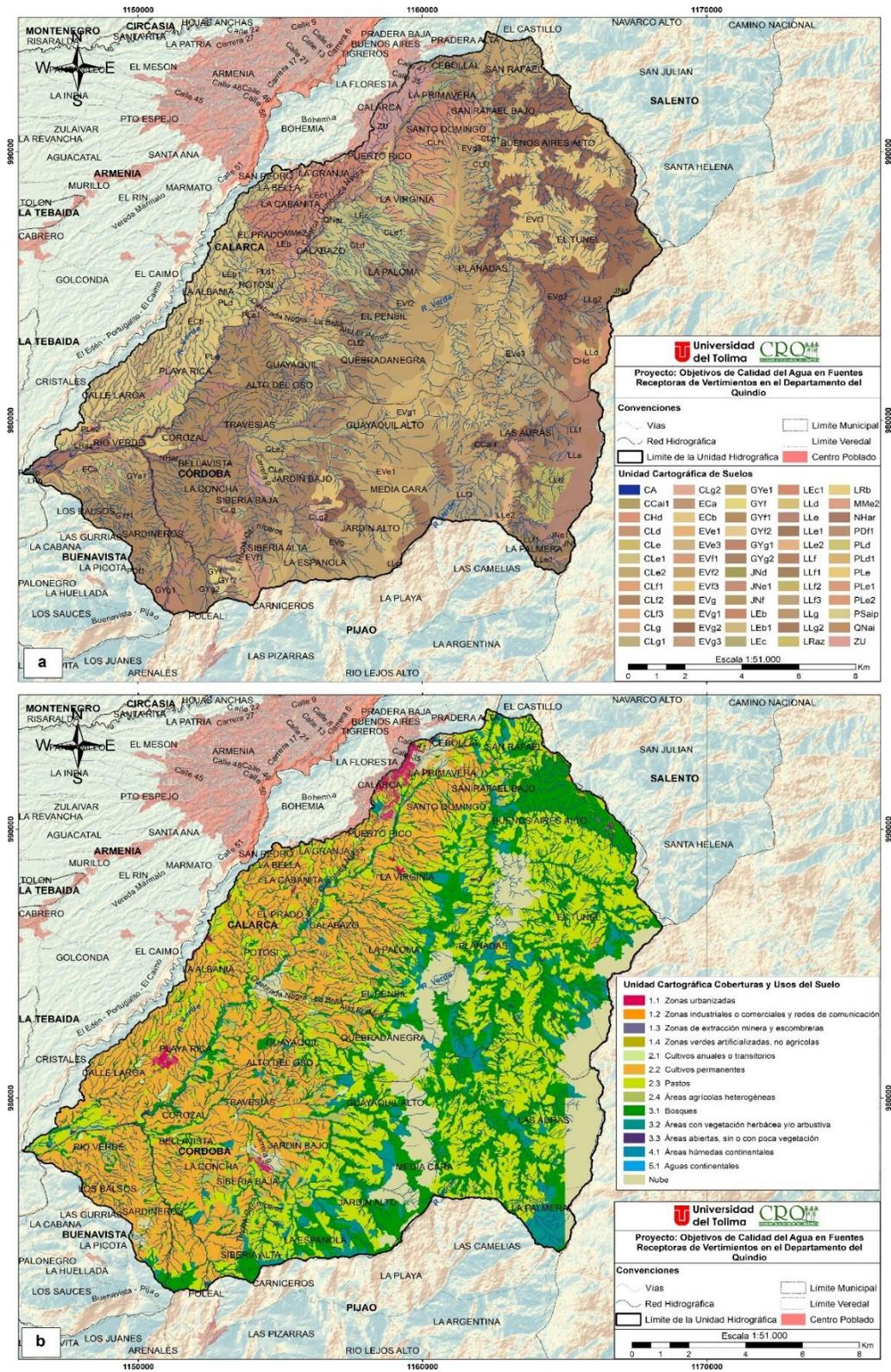
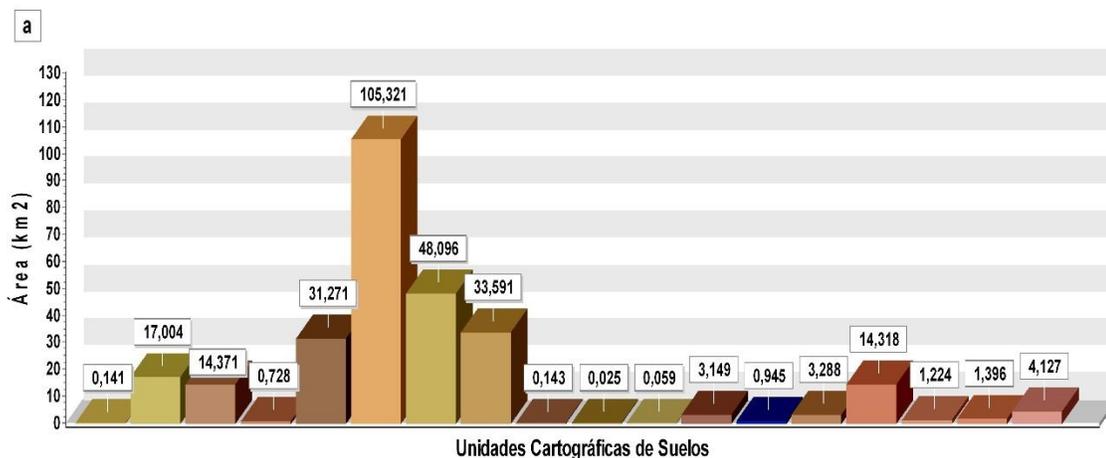
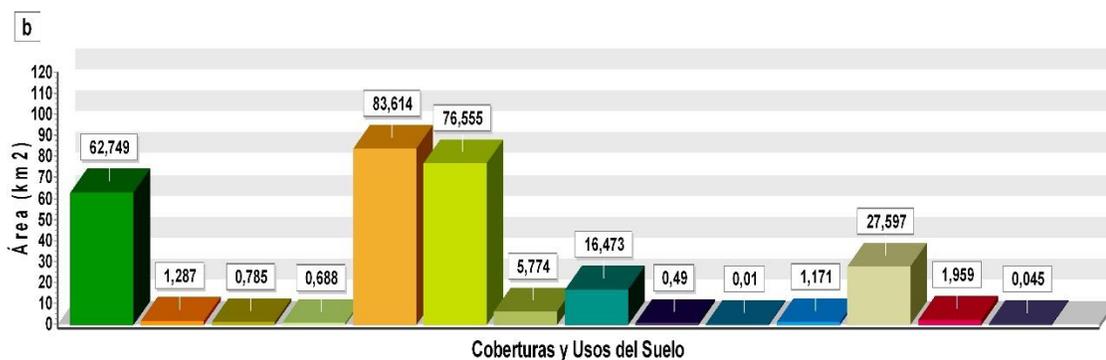


Figura 71. Distribución espacial de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Verde.



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

LR 0,05 %	PL 6,09 %	EC 5,15 %	JN 0,26 %	LL 11,2 %	EV 37,72 %	CL 17,23 %	GY 12,03 %
PD 0,05 %	CC 0,01 %	PS 0,02 %	NHr 1,13 %	CA 0,34 %	QN 1,18 %	LE 5,13 %	MM 0,44 %
CH 0,5 %	ZU 1,48 %						



**Distribución porcentual de las Unidades Cartográficas**

3.1 Bosques	22,47 %	1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	0,46 %
1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	0,28 %	2.1 Cultivos anuales o transitorios	0,25 %
2.2 Cultivos permanentes	29,95 %	2.3 Pastos	27,42 %
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2,07 %	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	5,9 %
3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0,18 %	4.1 Áreas húmedas continentales	0,00 %
5.1 Aguas continentales	0,42 %	Nube	9,88 %
1.1 Zonas urbanizadas	0,7 %	1.3 Zonas de extracción minera y escombreras	0,02 %

**Figura 72.** Distribución de las Unidades Cartográficas de Suelo (a) y Coberturas de Uso (b) de la Unidad Hidrográfica río Verde.

### **1.37 Importancia de variables de cuenca como fuentes de contaminación difusa en la zona de estudio**

En esta sección se presenta un análisis sucinto de fuentes de contaminación difusa en el departamento del Quindío, realizado en el marco de una investigación doctoral vinculada al convenio 024 de 2018, y que busca comprender las relaciones entre factores biofísicos de cuenca con patrones de variabilidad espacial de la calidad del agua superficial. Los ríos son sistemas complejos, influenciados por los procesos en ladera y en la red de cauces (Pool, 2002). La contaminación difusa de estos cuerpos de agua está afectada por la compleja interacción que existe entre la escorrentía y características del paisaje, lo cual incrementa la dificultad en la identificación de las fuentes no puntuales de carga contaminante (Carpenter et al., 1998; Baker, 2003; Chiwa et al., 2012; Liu et al., 2016).

El vínculo que existe entre atributos geográficos, morfológicos y de uso de suelo de la cuenca con las características químicas o el estado ecológico de los sistemas acuáticos, ha sido por largo tiempo un foco de investigación en el campo de cuencas hidrográficas (Osborne y Wiley, 1988; Wang et al., 1997; Donohue et al., 2006), por ejemplo Villanueva et al (2015) construyeron modelos para explicar la variabilidad de índices biológicos en la red de monitoreo de vigilancia francesa y predecir el estado ecológico de cuerpos de agua no monitoreados, tomando en cuenta la presión de uso de suelo, la presión hidromorfológica y la presión hidroquímica, medidas a escala de cuenca, de tramo y de sitio respectivamente, ellos encontraron que las variables de uso de suelo juegan un rol integrador de diferentes presiones que actúan sobre los ríos y explican la mayor parte de su degradación, Wen et al. (2016) encontraron una fuerte relación entre los ecosistemas de la corriente y composición del paisaje en una cuenca altamente contaminada en China, la cual para ese caso indicó resiliencia en la corriente y la posibilidad de recuperar su estado de salud inicial con medidas de restauración apropiadas, y muchos más.

El uso del suelo ha sido un referente abordado por investigadores como Rimer et al., 1978; Bolstad y Swank, 1997; Bu et al., 2014, Donohue et al., 2006; Huang et al., 2013b; Valle Junior et al., 2014; Pacheco y Fernandes, 2016; Yu et al., 2013 y muchos más, para realizar estudios de contaminación de agua. A pesar de las contribuciones científicas en tratar de entender la relación de variables de cuenca con la calidad del agua superficial, se requiere mejorar el conocimiento en este tópico (Teixeira & Marques, 2016; Obropta and Kardos, 2007). En consideración de lo anterior, se investigaron las posibles relaciones entre las variables de cuenca y seis parámetros de calidad de agua superficial (OD, DQO, PH, T°, CE, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Tabla 1) a través de la aplicación de una técnica de aprendizaje de máquinas denominada ExtraTrees (Geurts y Wehenkel, 2006).

El análisis se desarrolló sobre 76 subcuencas del departamento del Quindío, derivadas de sitios de muestreo en los cuales las fuentes hídricas no se ven afectadas por cargas residuales industriales o domésticas, se tomaron veintiocho (28) variables de cuenca como potenciales variables predictivas, las cuales se asocian a factores como la topografía, meteorología

(precipitación y temperatura), características del suelo y prácticas y manejo de uso del suelo (DeFries and Eshleman, 2004). Esas variables fueron seleccionadas tomando en cuenta la participación que tienen en procesos como la escorrentía, que transporta contaminantes desde fuentes no puntuales ocasionando la degradación de aguas receptoras (Bannerman et al., 1993), con el consecuente incremento en la concentración de nutrientes en el sistema de los ríos (Llu, Egodawatta, Guan & Goonetilleke, 2013), susceptibilidad del suelo a ser erosionado (Ramírez, Hincapié & Sadeghian, 2009) y re-aireación, que ayuda a minimizar el déficit de oxígeno disuelto y conduce a cambios en el metabolismo de la corriente (Izaguirre et al., 2008; Aristegi et al., 2009; Arora and Keshari, 2018).

*Tabla 1. Variables consideradas en el modelo en función de variables de cuenca, método de obtención, código, unidades de medida, y valores mínimo y máximo*

Variable	Método	Código	Unidades	Min	Max
pH	in Situ	pH	Unidades	6.5	8.67
Temperatura	In Situ	T	°C	12.7	28.4
Oxígeno Disuelto	in Situ	OD	mg/L	2.83	8.48
Demanda química de oxígeno	RM	DQO	mg/L	4	122.4
Nitratos	RM	NIT	mg/L	0.13	17.14
Conductividad eléctrica	in Situ	CE	µS/cm	27	535

Los principales resultados por determinante de calidad se presentan a continuación:

**Conductividad eléctrica (CE):** Las variables de cobertura del suelo: plátano, bosque, vegetación herbácea y/o arbustiva, pastos, plantación forestal y café comprenden el 60,5% de las variables seleccionadas; las variables hidráulicas: velocidad del agua, pendiente del cauce, longitud del cauce, ancho de la sección del punto de muestreo, y caudal abarcan el 31,8% y las variables físicas-morfológicas de la cuenca: pendiente de la cuenca, porcentaje ponderado de arcilla e índice de compacidad comprenden el 7,8% restante de variables seleccionadas.

**Oxígeno Disuelto:** Las variables hidráulicas: precipitación media dos días antes del muestreo, precipitación media del día de muestreo, precipitación media de la suma de los tres días y velocidad del agua, comprenden el 47% de las variables seleccionadas; las variables de cobertura del suelo: café, plátano, bosque de galería., bosque, plantación forestal y aguacate suman el 40%, y el 13% restante está compuesto por variables físicas de la cuenca: porcentaje ponderado de arena y K ponderado.

**Demanda Química de Oxígeno:** Un total de siete variables fueron seleccionadas en combinaciones de 3 variables de la siguiente manera: índice de compacidad, aguacate, vegetación herbácea y/o arbustiva y precipitación media suma tres días (40%). Las combinaciones de los modelos restantes tienen en común las dos primeras variables explicativas mencionadas anteriormente, sumado a las variables café, caudal y precipitación media del día de muestreo, (20% cada una de ella).

**Nitratos:** Las combinaciones de variables seleccionadas: café, profundidad hidráulica y pendiente media de la cuenca, es recurrente en 4 de los 7 modelos (57,1%), café, profundidad hidráulica y bosque, se encuentra en dos modelos (28,6%) y el último modelo del grupo seleccionó las variables: pendiente media de la cuenca, profundidad hidráulica y precipitación media del día de muestreo (14,3%). Entre las variables explicativas seleccionadas, el 57,1% corresponde a variables hidráulicas, mientras que el 37,9 % hace parte de variables de cobertura de suelo.

**pH:** Un total de siete variables fueron seleccionadas en combinaciones de 3 variables de la siguiente manera: bosque, precipitación media dos días antes del muestreo, y plátano son las más frecuentes (70,6%); bosque, vegetación herbácea y/o arbustiva, y precipitación media dos días antes del muestreo (17,6%); bosque, precipitación media día anterior al muestreo y café (5,9%); bosque, WTI media y vegetación herbácea y/o arbustiva y la combinación bosque, precipitación media día anterior al muestreo y WTI media (2,9%).

**Temperatura del agua:** Un total de 12 variables fueron seleccionadas en combinaciones de 3 variables como se indica a continuación: plátano, café y vegetación herbácea y/o arbustiva (50%); café, ancho sección y vegetación herbácea y/o arbustiva (7,14%); plátano, vegetación herbácea y/o arbustiva y precipitación media de dos días anteriores al muestreo (7,14%); y 3,57% respectivamente para las combinaciones de las siguientes variables: plátano, vegetación herbácea y/o arbustiva y precipitación media de la suma de tres días (dos días anteriores y día de muestreo); café, pendiente del cauce y caudal; café, vegetación herbácea y/o arbustiva y caudal; café, aguacate y vegetación herbácea y/o arbustiva; plátano, vegetación herbácea y/o arbustiva y precipitación media del día de muestreo; café, vegetación herbácea y/o arbustiva e índice topográfico de humedad medio WTI; plátano, vegetación herbácea y/o arbustiva y bosque de galería; pastos, café y plantación forestal; plátano, vegetación herbácea y/o arbustiva y café; café, vegetación herbácea y/o arbustiva y bosque.

Los resultados de estas modelaciones demostraron que los atributos topográficos, hidrológicos y de cobertura y uso del suelo, son variables explicativas de la variabilidad de la concentración de los parámetros físico- químicos T°, PH, CE, OD, NO<sub>3</sub>-, y DQO en las corrientes superficiales, de 76 cuencas del departamento de Quindío, Colombia. La variabilidad en la concentración de estos parámetros fue explicada en su mayoría por la cobertura y uso de suelo, seguido de parámetros hidrológicos y por último topográficos, con excepción de la variabilidad de la concentración de OD, explicada en mayor grado por atributos hidrológicos, seguido de cobertura y uso de suelo, y atributos topográficos. Por otro lado, los modelos implementados demostraron habilidad en la selección de variables más significativas y no redundantes desde un conjunto de 28 candidatas de entrada.



## 2 ANÁLISIS DE CONCESIONES Y DEMANDAS DE AGUA

### 2.1 Introducción

En el departamento del Quindío, la economía gira en torno a actividades representadas por los sectores agrícola, pecuario, piscícola, industrial y de turismo entre otros (Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío, 2018). El desarrollo de las actividades concernientes a cada uno de los sectores mencionados requiere contar con la provisión del recurso hídrico, proveniente de corrientes de agua superficial (por ejemplo, ríos y quebradas) o agua subterránea (acuíferos).

De acuerdo a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 (Libro2, parte 2, Capítulo 2) (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2015), “toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión o permiso de la Autoridad Ambiental competente para hacer uso de las aguas públicas o sus cauces, salvo lo previsto en los artículos 2.2.3.2.6.1 y 2.2.3.2.6.2 de este Decreto” para adquirir el derecho de uso y aprovechamiento del recurso hídrico bien sea de fuente superficial o subterránea, se debe tramitar un permiso de concesión para el uso y aprovechamiento.

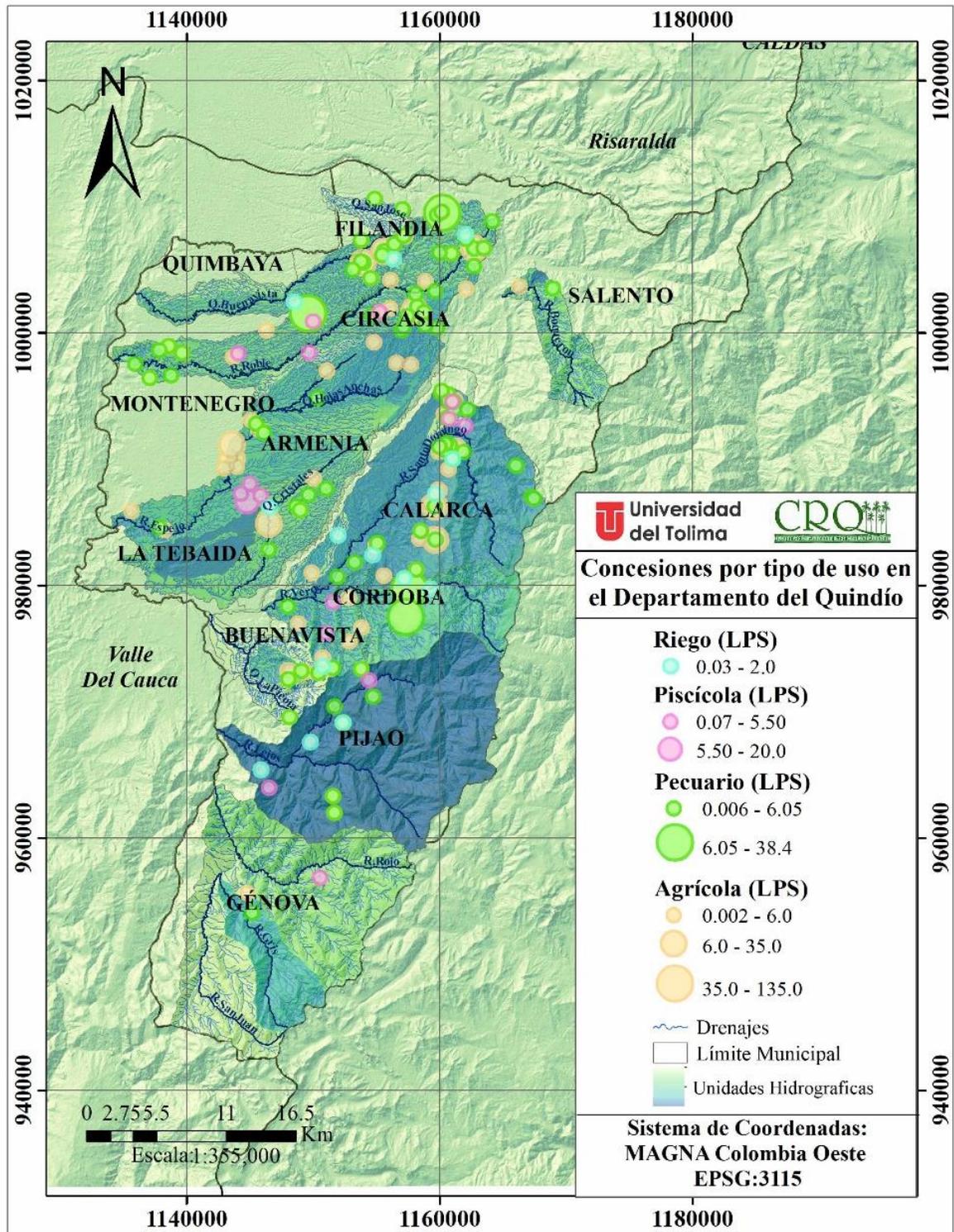
En esta sección se presenta la distribución de concesiones por tipo de uso y fuente del recurso hídrico, identificadas en las corrientes hídricas objeto de estudio. Del total de corrientes estudiadas, se encontró que en 10 cuerpos de agua no se identifican concesiones otorgadas por la Corporación Autónoma Regional Del Quindío (CRQ), estas unidades son las quebradas Agua Linda, Armenia, El Mudo, La Calzada, La Camelia, La Tulia, Los Quindos, Minarica, San Nicolas y Santa Rita.

### 2.1 Concesiones otorgadas en las principales corrientes hídricas del departamento del Quindío

En las unidades hidrográficas analizadas se identificaron 7 tipos de usos o sectores económicos representativos, a los cuales se ha otorgado concesiones del recurso hídrico. La distribución espacial del recurso hídrico concesionado se evidencia en las **Figura 73** y **Figura 74**, los usos en mención son doméstico (0.004 a 130 LPS), industrial (0.01 hasta 91.8 LPS), pecuario (0.006 a 38.4 LPS), piscícola (0.07-20 LPS), agrícola (0.002 a 135 LPS), riego (0.03-2 LPS) y recreativo (0.150 hasta 50.56 LPS).

De acuerdo con los registros de las concesiones tomadas de la CRQ, el caudal adjudicado en estas es de 1601 LPS, este flujo se encuentra distribuido en las actividades descritas anteriormente de la siguiente manera: agrícola 29% (467 LPS), doméstico 44% (694 LPS), industrial 13% (209 LPS), pecuario 8% (134 LPS), piscícola 2.4 % (39 LPS), recreativo 3.2% (6 LPS) y riego 0.4% (6 LPS).

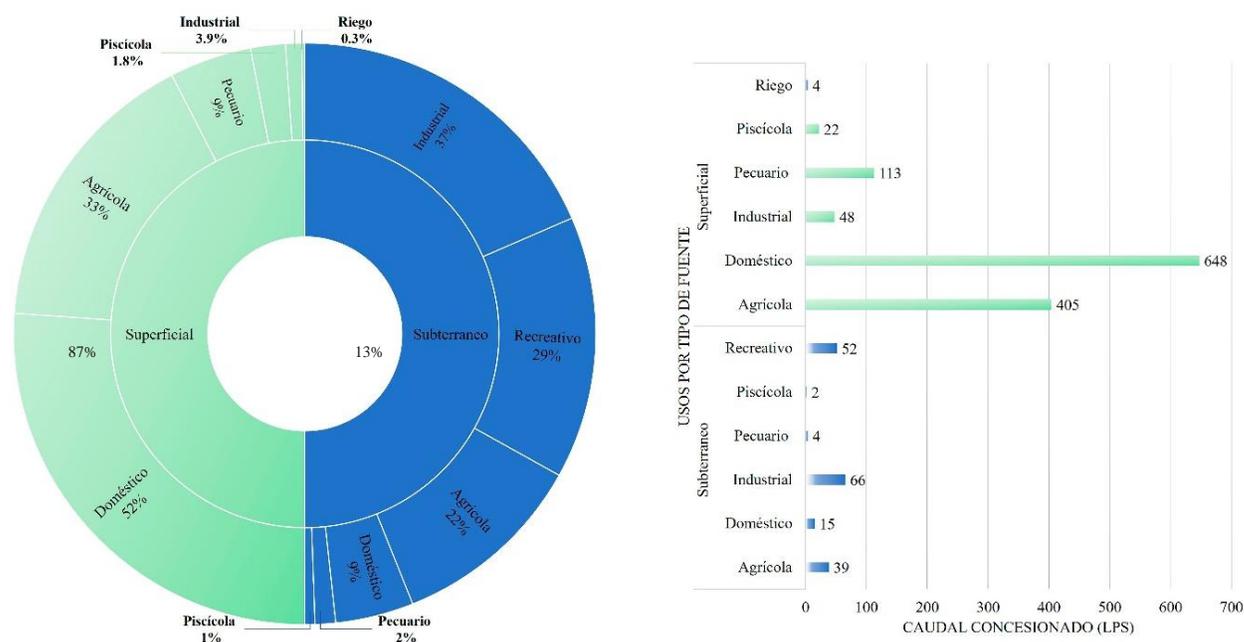




*Figura 74. Concesiones para uso agrícola, pecuario, piscícola y riego en las unidades hidrográficas objeto de estudio.*

De acuerdo con las concesiones actuales reportadas por la CRQ para estas unidades hidrográficas, se pudo establecer que el 88.4% del flujo se encuentra concesionado a personas jurídicas y el restante 11.6% a personas naturales. Del flujo concesionado a personas jurídicas, el 87% proviene de fuentes superficiales y 13% restante de fuentes subterráneas; así mismo, el flujo concesionado a personas naturales se encuentra dividido de la siguiente manera, 92% proveniente de fuentes superficiales y el restante 8% de fuentes subterráneas.

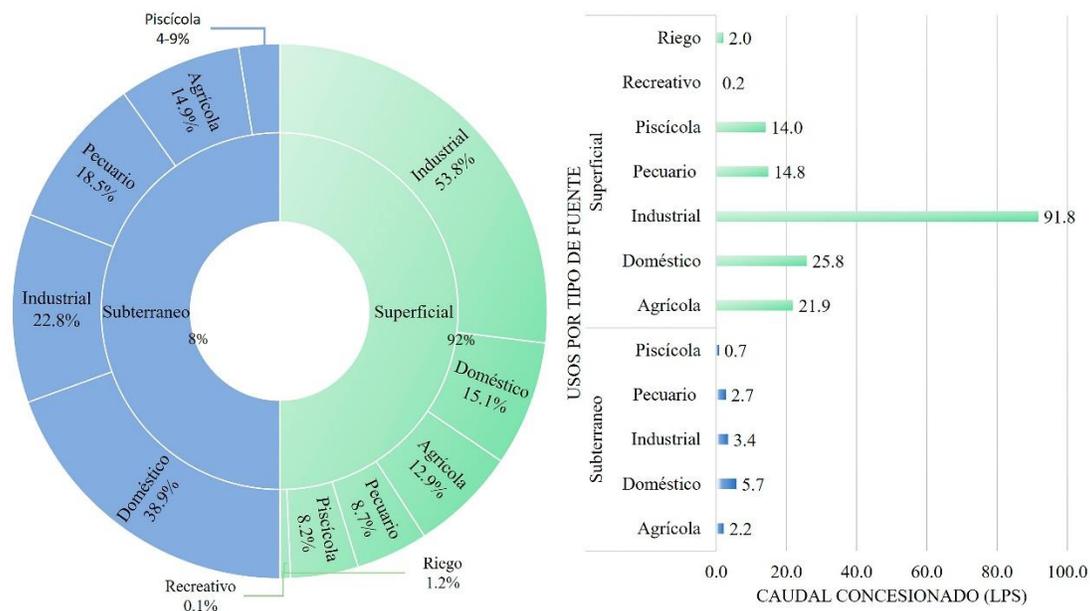
El flujo proveniente de fuentes de agua superficial concesionado a personas jurídicas se distribuye de la siguiente manera: 52.3% (648 LPS) empleado en actividades domésticas, 32.7% (405 LPS) corresponde a concesiones del sector agrícola, 9.1% (113 LPS) concesionado al sector pecuario, 3.9% (48 LPS) al sector industrial, 1.8% (22 LPS) al sector piscícola y por último 0.3% (4LPS) para riego, tal como se observa en la **Figura 75**. Por otra parte, el principal uso del recurso hídrico subterráneo concesionado a personas jurídicas es el industrial con un 37% (66 LPS), seguido del uso recreativo con el 29% (52 LPS), los usos agrícolas 22% (39 LPS) y doméstico 9% (15 LPS) el restante 3% es empleado en actividades pecuarias y piscícolas (**Figura 75**).



**Figura 75.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente.

El flujo concesionado a personas naturales, proveniente de fuentes superficiales se encuentra distribuido entre las siguientes actividades: industrial 53.8 % (91.8 LPS), agrícola 12.9% (21.9 LPS), uso doméstico 15.1% (25.8 LPS), pecuario 8.7% (14.8 LPS), y el restante 10% corresponde a actividades piscícolas, de riego y recreación. En cuanto a las concesiones provenientes de fuentes de agua subterránea otorgadas a personas naturales, la distribución

se asigna a cinco (5) usos: el primero y más representativo es el doméstico 38.9% (5.7 LPS), seguido del industrial, agrícola y pecuario, 22.8% (3.4 LPS), 14.9% (2.2 LPS), y 18.5% (2.7 LPS) respectivamente, el restante corresponde a concesiones otorgadas al sector piscícola (Figura 76).



**Figura 76.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente.

Tipo de Fuente	Uso	Porcentaje	Caudal Concesionado (LPS)
Subterráneo	Agrícola	22%	39
	Doméstico	9%	15
	Industrial	37%	66
	Pecuaria	2%	4
	Piscícola	1%	2
	Recreativo	29%	52
Superficial	Agrícola	32.7%	405

Personas Jurídicas

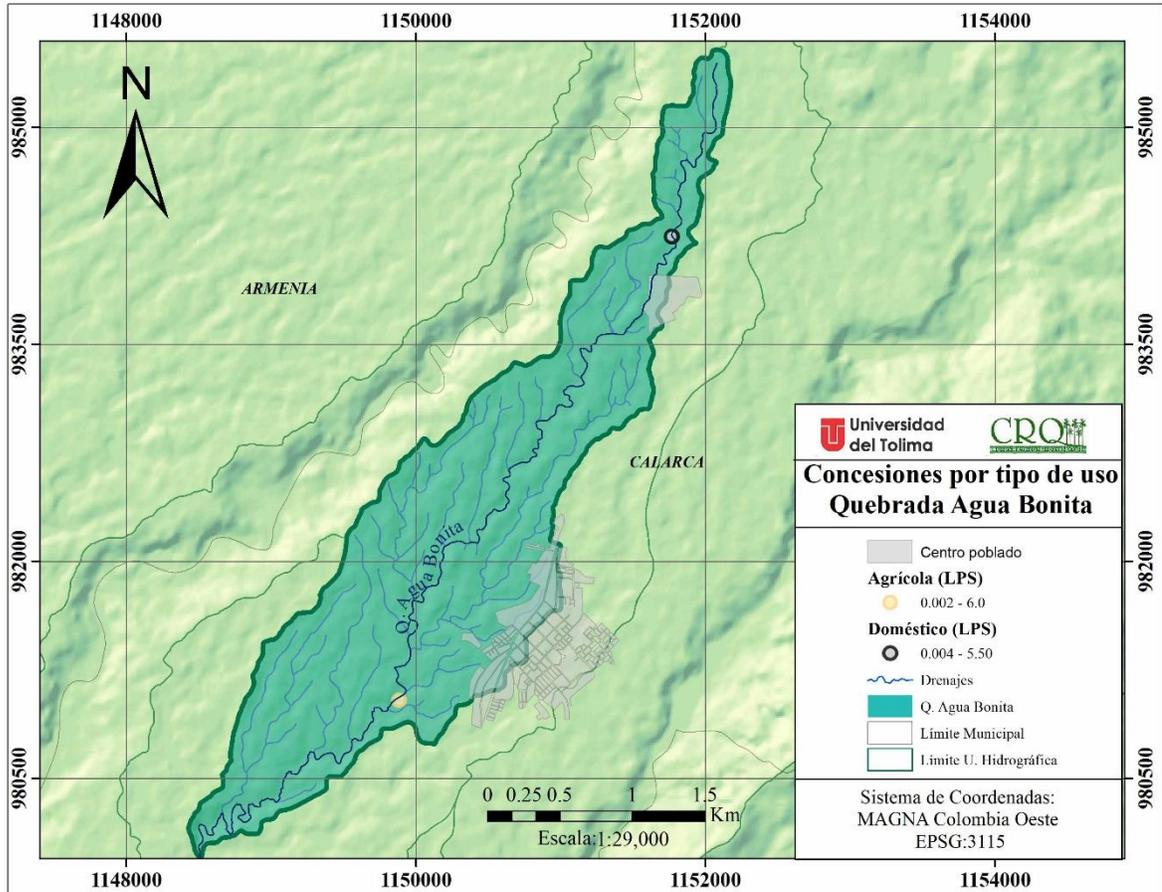
		Doméstico	52.3%	648
		Industrial	3.9%	48
		Pecuario	9.1%	113
		Piscícola	1.8%	22
		Riego	0.3%	4
		Agrícola	14.90%	2.2
		Doméstico	38.90%	5.7
	Subterráneo	Industrial	22.80%	3.4
		Pecuario	18.50%	2.7
		Piscícola	4.90%	0.7
		Agrícola	12.90%	21.9
		Doméstico	15.10%	25.8
		Industrial	53.80%	91.8
	Superficial	Pecuario	8.70%	14.8
		Piscícola	8.20%	14
		Recreativo	0.10%	0.2
		Riego	1.2%	2

Personas Naturales

**Tabla 2.** *Compilado de concesiones en las unidades hidrográficas analizadas por tipo de usuario y uso del recurso hídrico.*

### **2.1.1 Unidad hidrográfica Quebrada Agua Bonita**

La unidad hidrográfica Quebrada Agua Bonita actualmente presenta dos concesiones de acuerdo con los registros de la Autoridad Ambiental, estas concesiones otorgadas sobre el recurso hídrico superficial se encuentran sobre el cauce principal de la quebrada (**Figura 77**) y son destinadas para fines agrícola y doméstico. La concesión para uso agrícola es de 4.5 LPS y se encuentra registrada por una persona natural, mientras que la concesión de uso doméstico, de 1.3 LPS se encuentra otorgada a una persona jurídica.



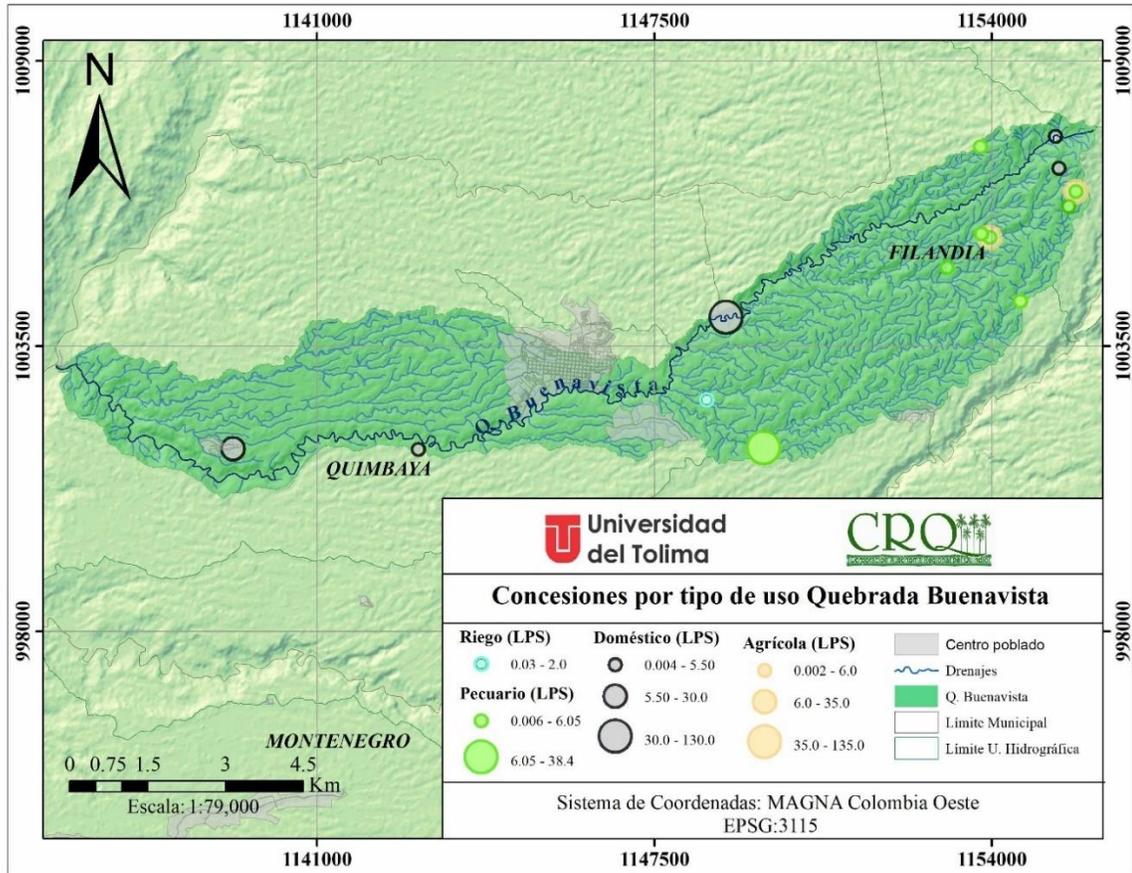
**Figura 77.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Agua Bonita.

### 2.1.2 Unidad hidrográfica Quebrada Buenavista

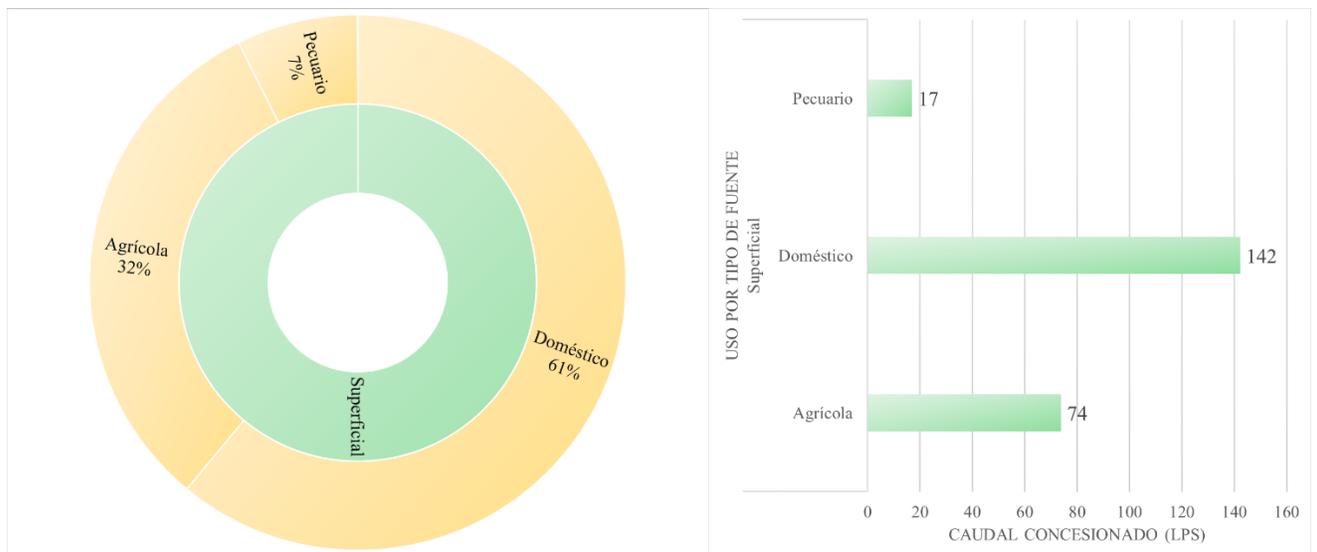
La unidad hidrográfica de la Quebrada Buenavista presenta concesiones para uso agrícola (0.006 a 135 LPS), doméstico (0.004 a más de 130 LPS), pecuario (0.006 a 38.4 LPS) y riego (entre 0.03 y 2 LPS) como se observa en la **Figura 78**. El recurso hídrico concesionado a personas naturales y personas jurídicas proviene de fuentes superficiales y fuentes subterráneas de la unidad hidrográfica.

#### Concesiones personas jurídicas

El 99.6% de las concesiones en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista corresponden a personas jurídicas, las mencionadas concesiones se encuentran sobre fuentes de agua superficial, puntualmente en el cauce principal y algunos tributarios de la quebrada Buenavista. Los usos para los que fueron adjudicadas dichas concesiones son uso agrícola 32% (74 LPS), uso doméstico 61% (142 LPS) y uso pecuario 7% (17 LPS) **Figura 79**.



**Figura 78.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Buenavista.



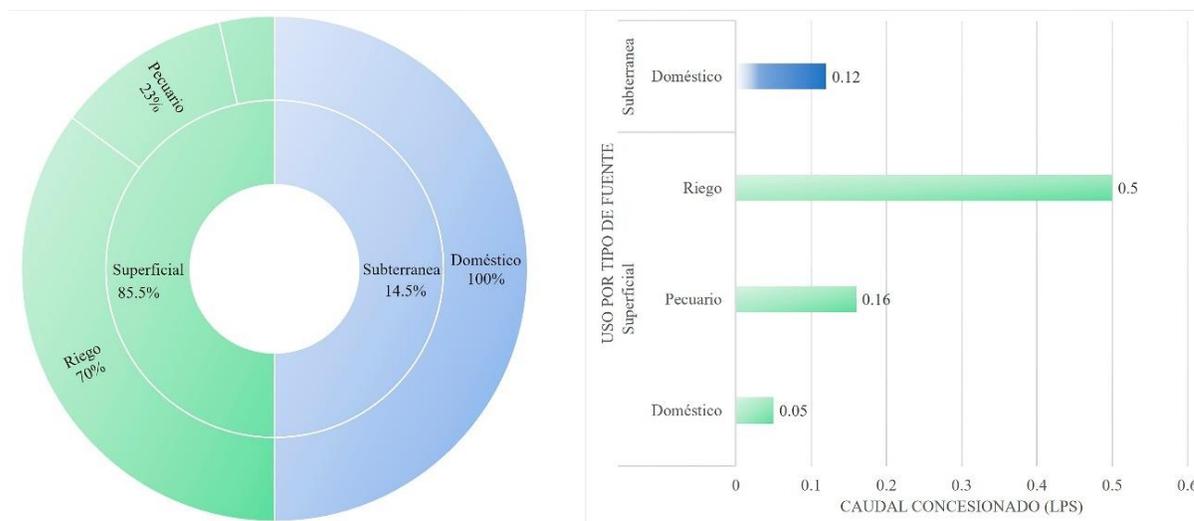
**Figura 79.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Buenavista



## Concesiones personas naturales

El 0.4% de las concesiones en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista se encuentran otorgadas a personas naturales, sobre fuentes superficiales 0.71 LPS (85.5%) y sobre fuentes subterráneas 0.12 LPS (14.5%) como se observa en la **Figura 80**.

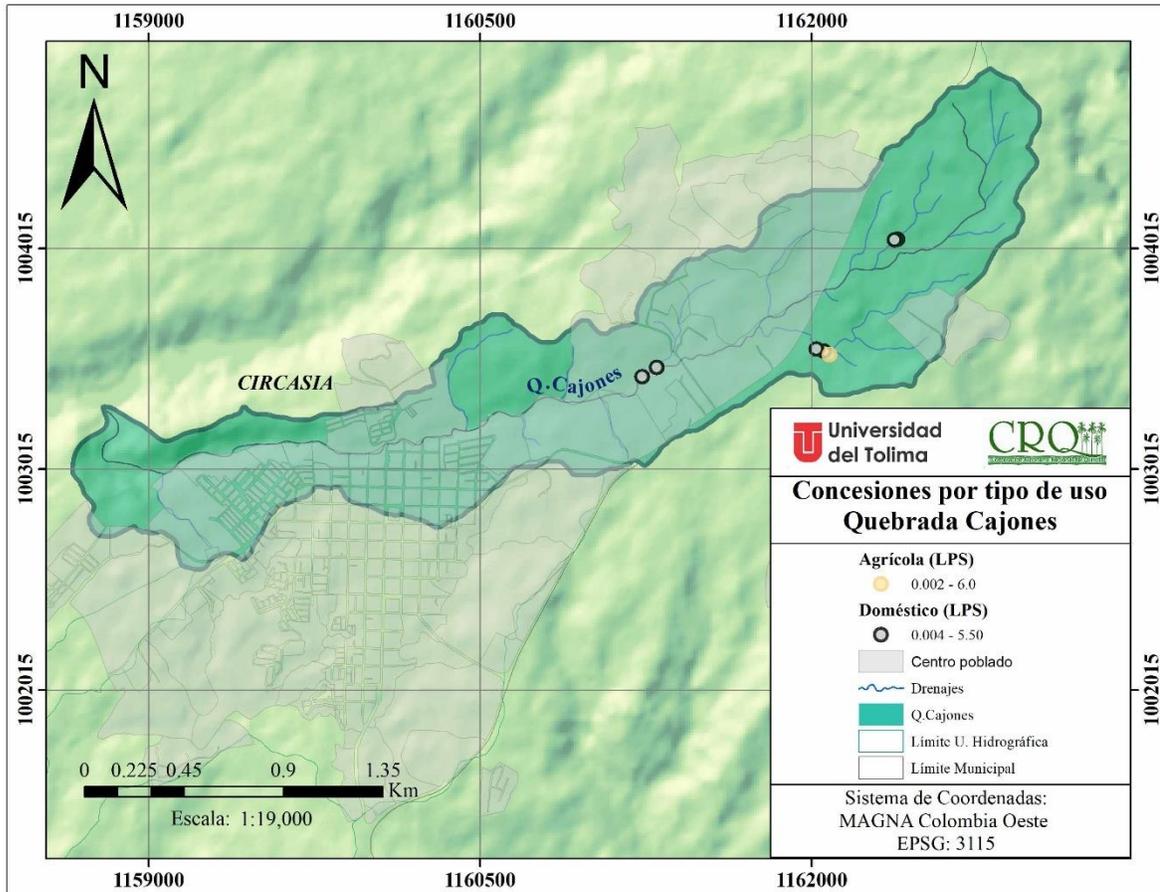
El principal uso de las concesiones superficiales es riego (70%), seguido de uso pecuario (23%) y, por último, uso doméstico (7%) del total concesionado. Por otra parte, la concesión de agua subterránea es empleada para uso doméstico, como se observa en la **Figura 80**.



**Figura 80.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Buenavista.

### 2.1.3 Unidad hidrográfica Quebrada Cajones

La unidad hidrográfica Quebrada Cajones, presenta concesiones para uso agrícola (0.002 a 6 LPS) y doméstico (0.004 a 5.50 LPS) como se observa en la **Figura 81**. Esta unidad hidrográfica solo registra concesiones sobre el recurso hídrico superficial, otorgadas a personas jurídicas y naturales.



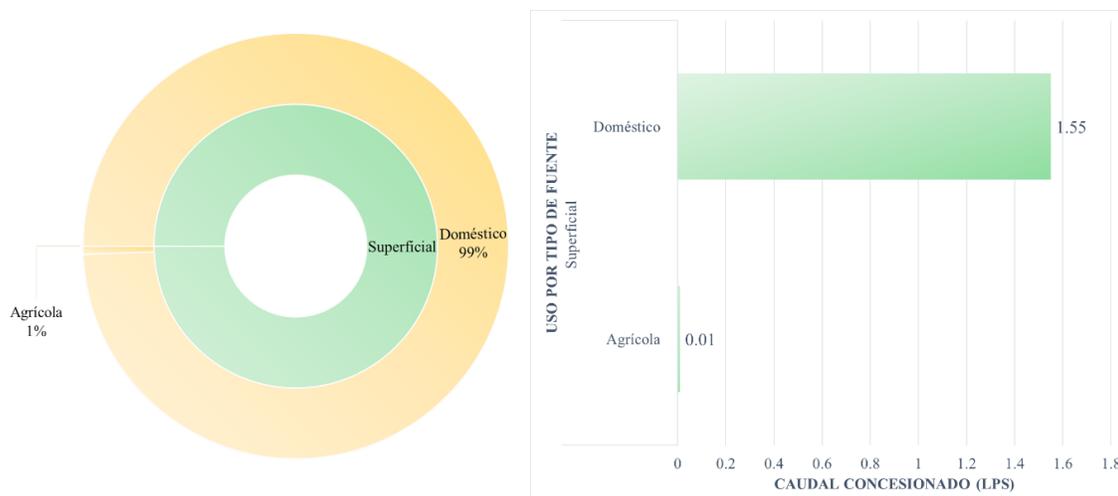
**Figura 81.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Cajones.

### Concesiones personas jurídicas

El 76% del flujo concesionado de la unidad hidrográfica Quebrada Cajones se encuentra otorgado a personas jurídicas, aunque representa un alto porcentaje del total concesionado en la unidad hidrográfica, se trata de una concesión otorgada sobre el cauce principal para uso doméstico de 5 LPS a nombre de la EPQ.

### Concesiones personas naturales

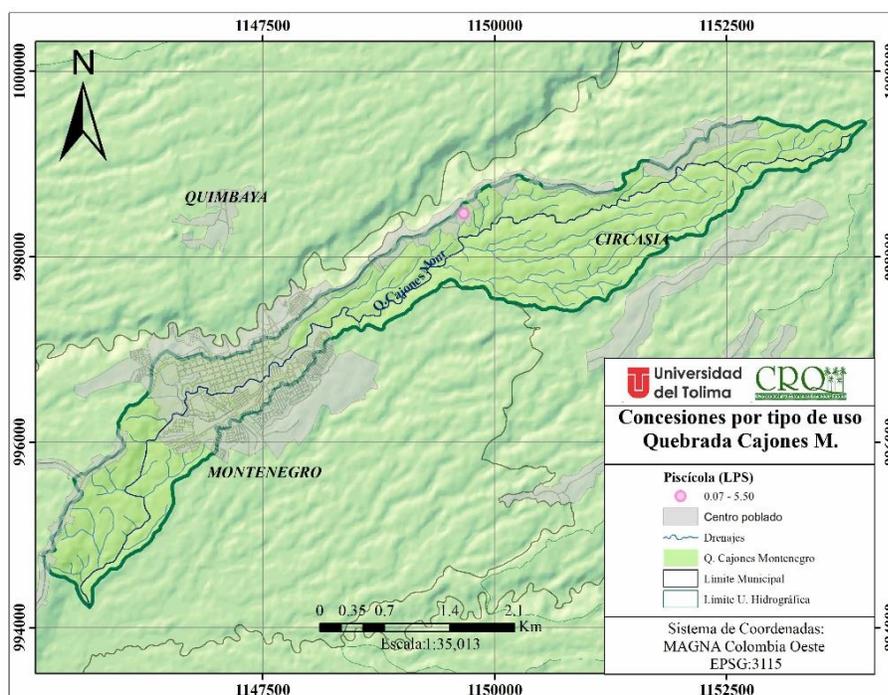
El 24% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica Quebrada Cajones se encuentra otorgado a personas naturales, a diferencia de las concesiones adjudicadas a personas jurídicas, estas se encuentran designadas para dos usos: doméstico (99%), y uso agrícola (1%), la última ubicada en un tributario del cauce principal de la quebrada cajones (**Figura 82**).



**Figura 82.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Cajones.

#### 2.1.4 Unidad hidrográfica Quebrada Cajones Montenegro

La unidad hidrográfica quebrada Cajones Montenegro cuenta en la actualidad con una concesión otorgada por la autoridad ambiental CRQ (**Figura 83**), dicha concesión no se encuentra sobre el cauce principal sino sobre un tributario y fue adjudicada para uso piscícola, actualmente cuenta con un caudal de 0.5 LPS.



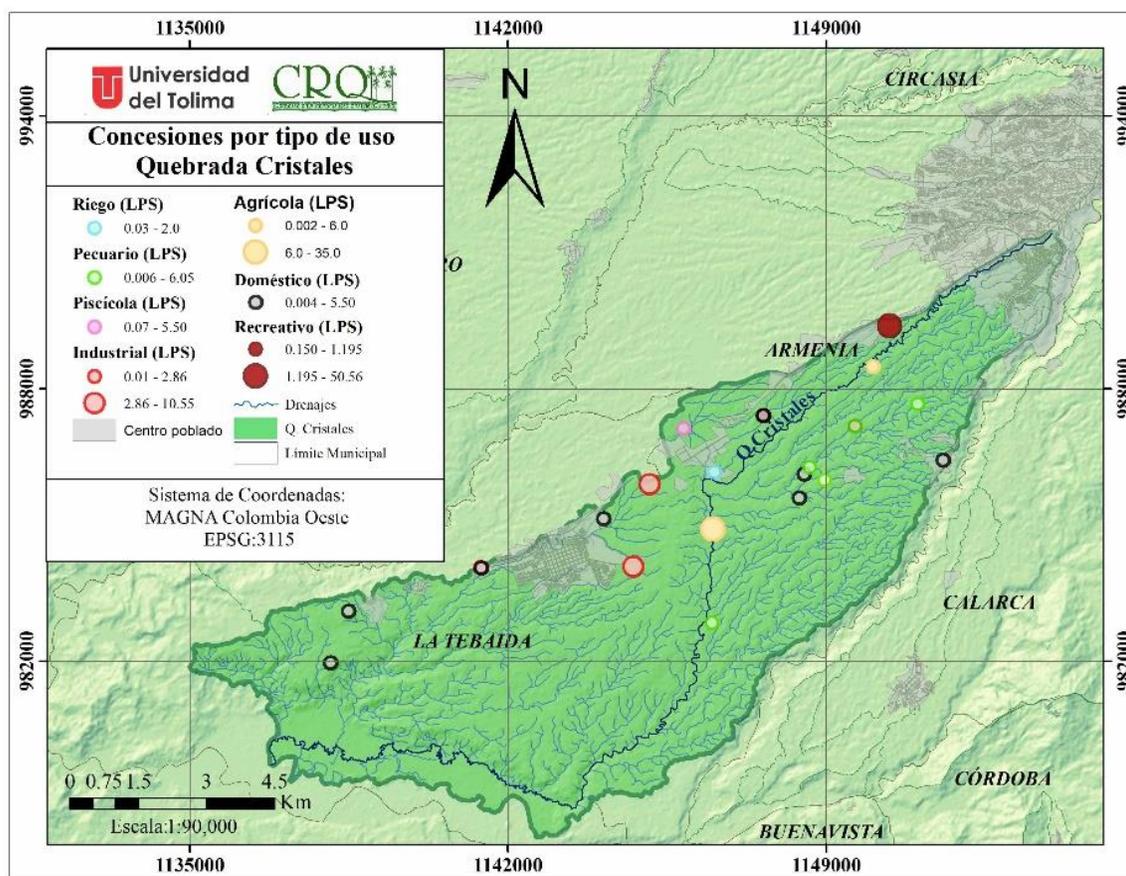
**Figura 83.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Cajones Montenegro.

### 2.1.5 Unidad hidrográfica Quebrada Cristales

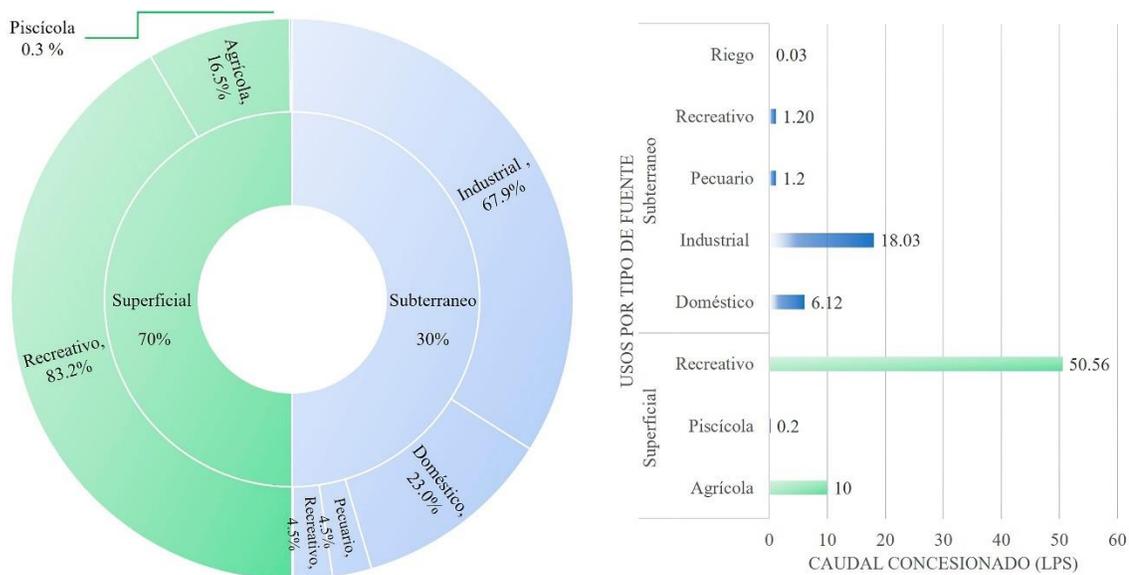
La unidad hidrográfica de la Quebrada Cristales presenta concesiones definidas para riego (0.03 a 2 LPS), uso doméstico (0.004 a más de 5.50 LPS), pecuario (0.006 a 6.05 LPS), piscícola (0.07 a 5.50 y recreativo (entre 0.150 y 50.56 LPS) como se observa en la **Figura 84**. Estas concesiones se encuentran otorgadas a personas naturales y personas jurídicas, distribuidas en fuentes provenientes de agua superficial y agua subterránea dentro de la unidad hidrográfica.

#### Concesiones personas jurídicas

El 93% de las concesiones en la unidad hidrográfica de la Quebrada Cristales se encuentran otorgadas a personas jurídicas; sobre fuentes superficiales 60.76 LPS (70%) y sobre fuentes subterráneas 26.58 LPS (30%). Los usos para los que fueron adjudicadas las concesiones de fuente de agua superficial son: agrícola 16.5%, piscícola 0.3% y recreativo 83.2% (**Figura 85**). Por otra parte, las concesiones del recurso hídrico subterráneo tienen como fin ser empleadas en actividades industriales (67.9%), domésticas (23%), pecuarias (4,5%) y recreativas (4.5%).



**Figura 84.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Cristales.

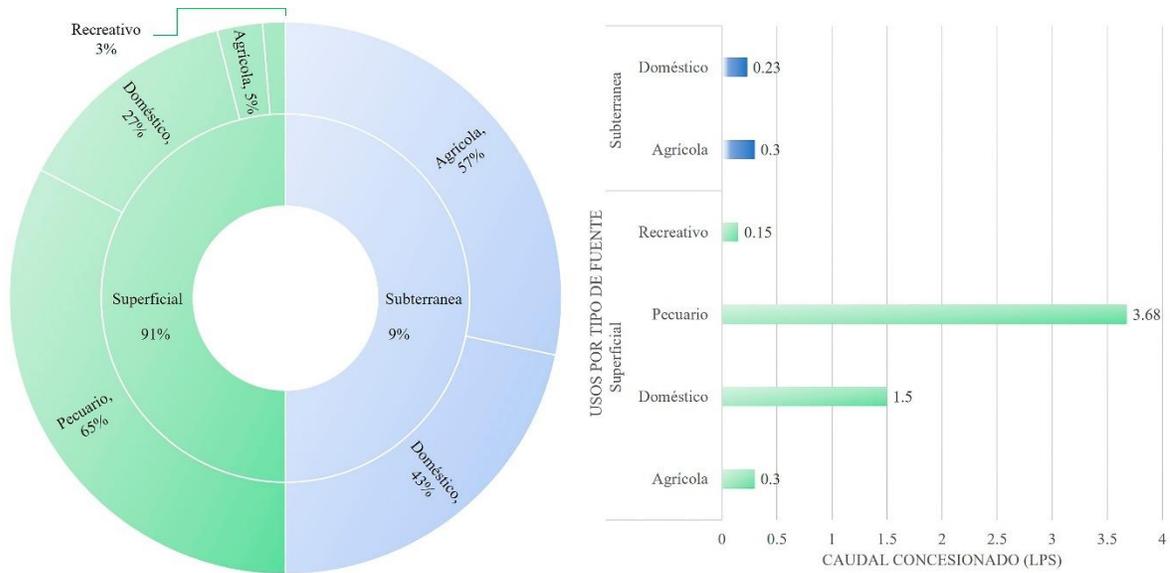


**Figura 85.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Cristales.

- **Concesiones personas naturales**

El 7% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica Quebrada Cristales se encuentra otorgado a personas naturales, estas fueron adjudicadas sobre las fuentes de agua superficial 5.48 LPS (91%) y fuentes de agua subterránea 0.53 LPS (9%) para diferentes usos respectivamente. El recurso hídrico de agua superficial otorgado en esta unidad hidrográfica se encuentra destinado a actividades agrícolas (5%), domésticas (27%), pecuarias (65%) y recreativas (3%).

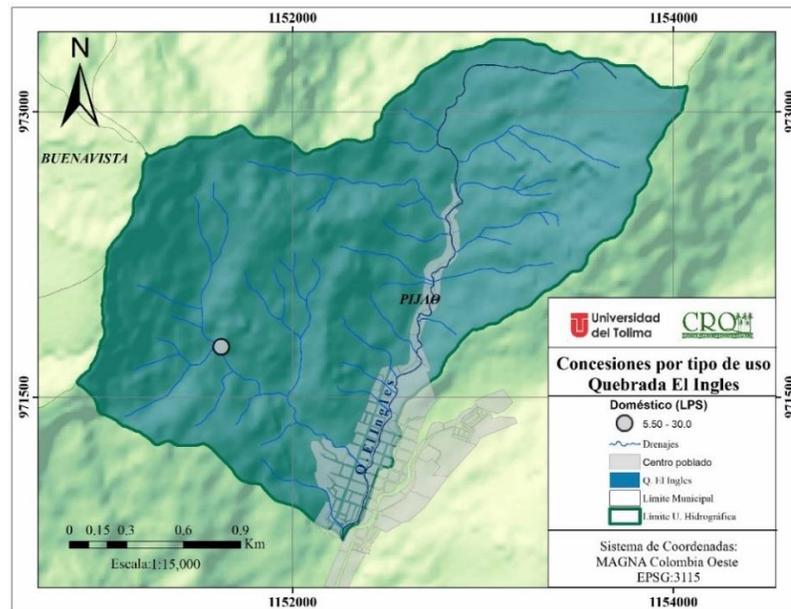
El recurso hídrico de agua subterránea se encuentra otorgado para realizar actividades agrícolas (57%) y domésticas (43%) como se puede observar en la **Figura 86**.



**Figura 86.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Cristales

### 2.1.6 Unidad hidrográfica Quebrada El Inglés

La unidad hidrográfica quebrada El Inglés presenta en la actualidad una concesión otorgada por la autoridad ambiental CRQ (Figura 87), dicha concesión se encuentra sobre un tributario y fue adjudicado a la empresa de acueducto para uso doméstico, actualmente cuenta con un caudal de 10 LPS.



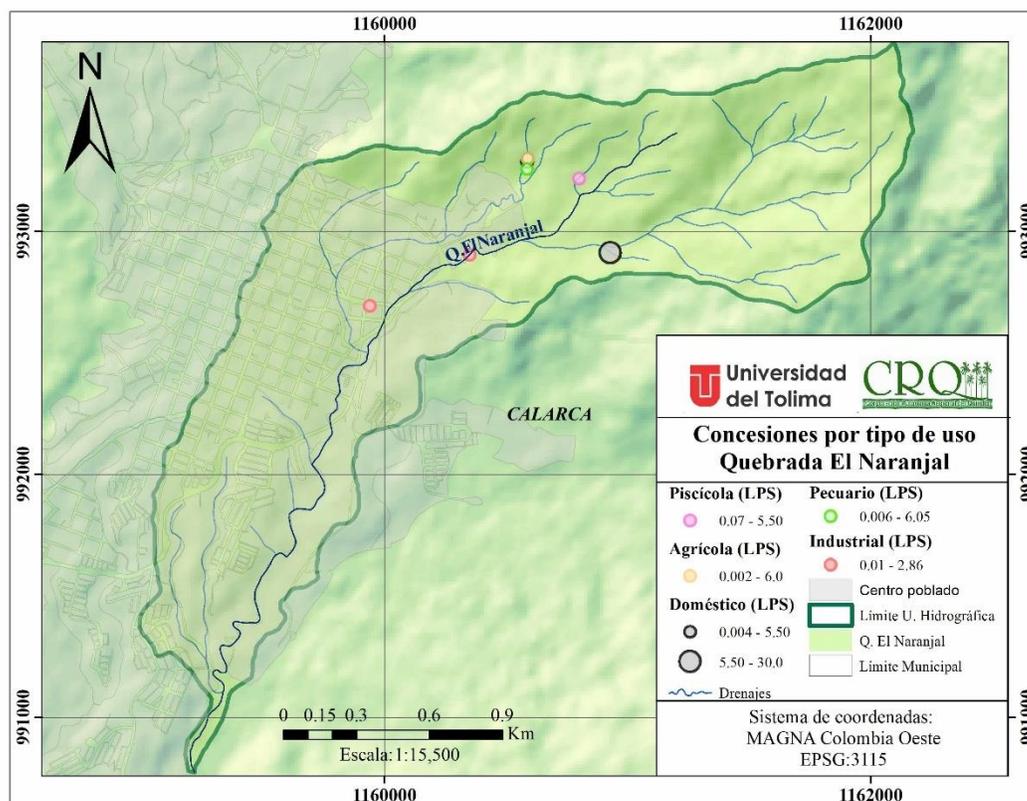
**Figura 87.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada El Inglés.

### 2.1.7 Unidad hidrográfica Quebrada El Naranjal

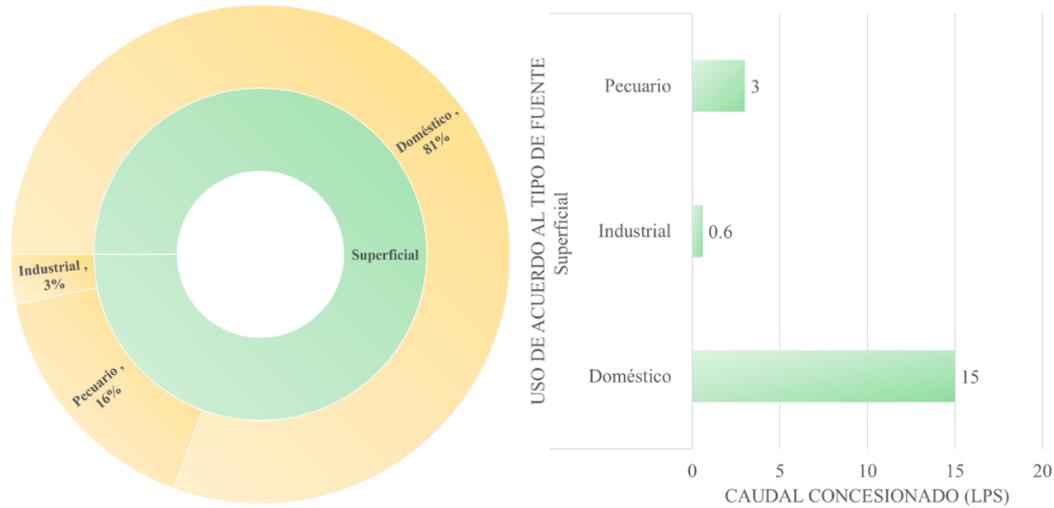
La unidad hidrográfica Quebrada El Naranjal presenta concesiones para uso agrícola (0.002 a 6.05 LPS), doméstico (0.004 a 30 LPS), pecuario (0.006 a 6.05 LPS), piscícola (entre 0.07 y 5.50 LPS) e industrial (entre 0.01 y 2.9 LPS) como se observa en la **Figura 88**. Estas concesiones se encuentran otorgadas a personas naturales (4%) y personas jurídicas (96%), distribuidas en fuentes de agua superficial y agua subterránea dentro de la unidad hidrográfica.

#### Concesiones personas jurídicas

El 96% (18.6 LPS) de las concesiones en la unidad hidrográfica de la Quebrada El Naranjal han sido otorgadas a personas jurídicas, dichas concesiones provienen en su totalidad de fuentes de agua superficial, la mayoría de ellas se encuentran sobre afluentes del cauce principal. Los usos para los que fueron adjudicadas estas concesiones son: doméstico (81%), industrial (3%) y pecuario (16%) **Figura 89**.



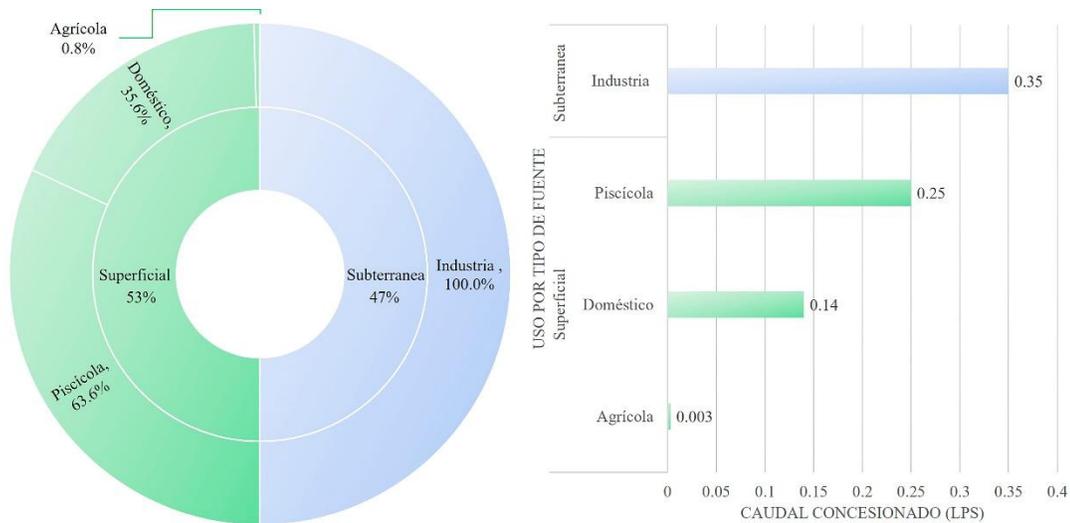
**Figura 88.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada El Naranjal.



**Figura 89.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada El Naranjal.

### Concesiones personas naturales

El 4% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica Quebrada El Naranjal se encuentra otorgado a personas naturales, a diferencia de las concesiones a personas jurídicas, estas fueron adjudicadas sobre fuentes de agua superficial 0.393 LPS (53%) y subterránea 0.35 LPS (47%) para diferentes usos. El recurso hídrico superficial otorgado en esta unidad hidrográfica se encuentra destinado a actividades agrícolas (0.8%), domésticas (35.6%) y piscícolas (63.6%). Por otra parte, solo se encuentra registrado el tipo de uso industrial para el recurso hídrico subterráneo como se puede observar en la **Figura 90**.



**Figura 90.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada El Naranjal.

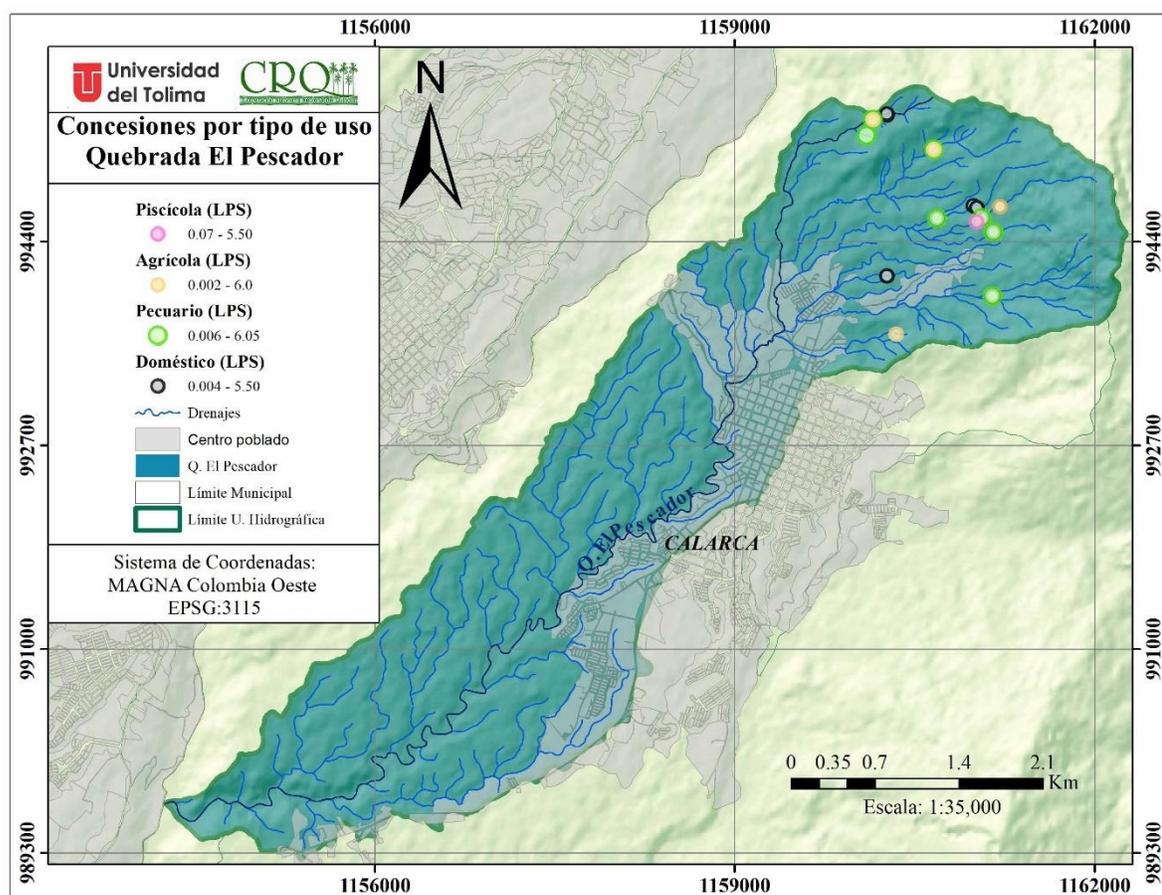


### 2.1.8 Unidad hidrográfica quebrada El Pescador

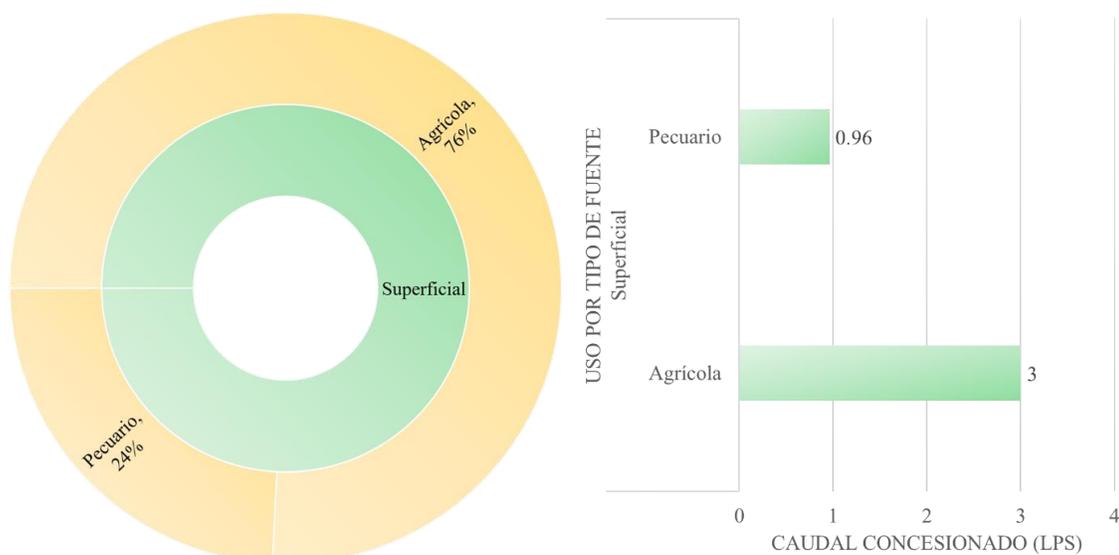
La unidad hidrográfica de la quebrada El Pescador presenta concesiones para uso agrícola (0.002 a 6 LPS), doméstico (0.004 a más de 5.50 LPS), pecuario (0.006 a 6.05 LPS) y piscícola (entre 0.07 y 5.50 LPS) como se observa en la **Figura 91**. Estas concesiones se encuentran otorgadas a personas naturales y personas jurídicas, provenientes de fuentes de agua superficiales.

#### Concesiones personas jurídicas

El 41% de las concesiones en la unidad hidrográfica de la quebrada El Pescador se encuentran otorgadas a personas jurídicas, en su totalidad provienen de fuentes de agua superficial, ubicadas en la parte alta del cauce principal. Los usos para los que fueron adjudicadas estas concesiones son: agrícola 3 LPS (76%) y pecuario 0.96 LPS (24%) **Figura 92**.



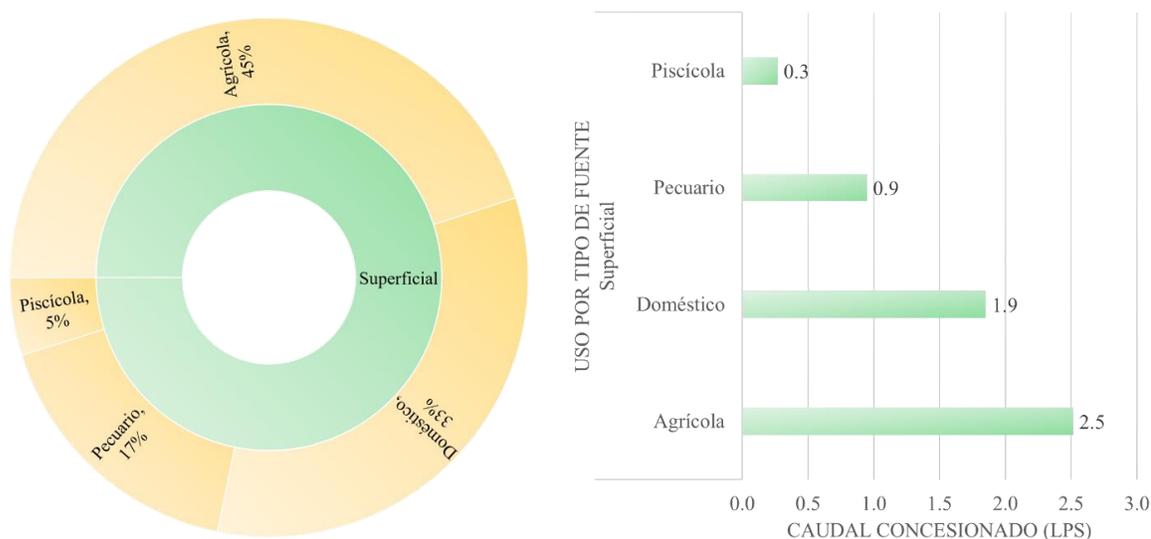
**Figura 91.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada El Pescador.



**Figura 92.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada El Pescador.

- **Concesiones personas naturales**

El 59% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica El Pescador se encuentra otorgado a personas naturales, al igual que las concesiones a personas jurídicas, estas son adjudicadas sobre fuentes de agua superficial para diferentes usos. Entre los usos para los que fueron otorgadas estas concesiones se encuentran actividades agrícolas (45%), domésticas (33%), pecuarias (17%) y piscícolas (0.27%) como se evidencia en la **Figura 93**.



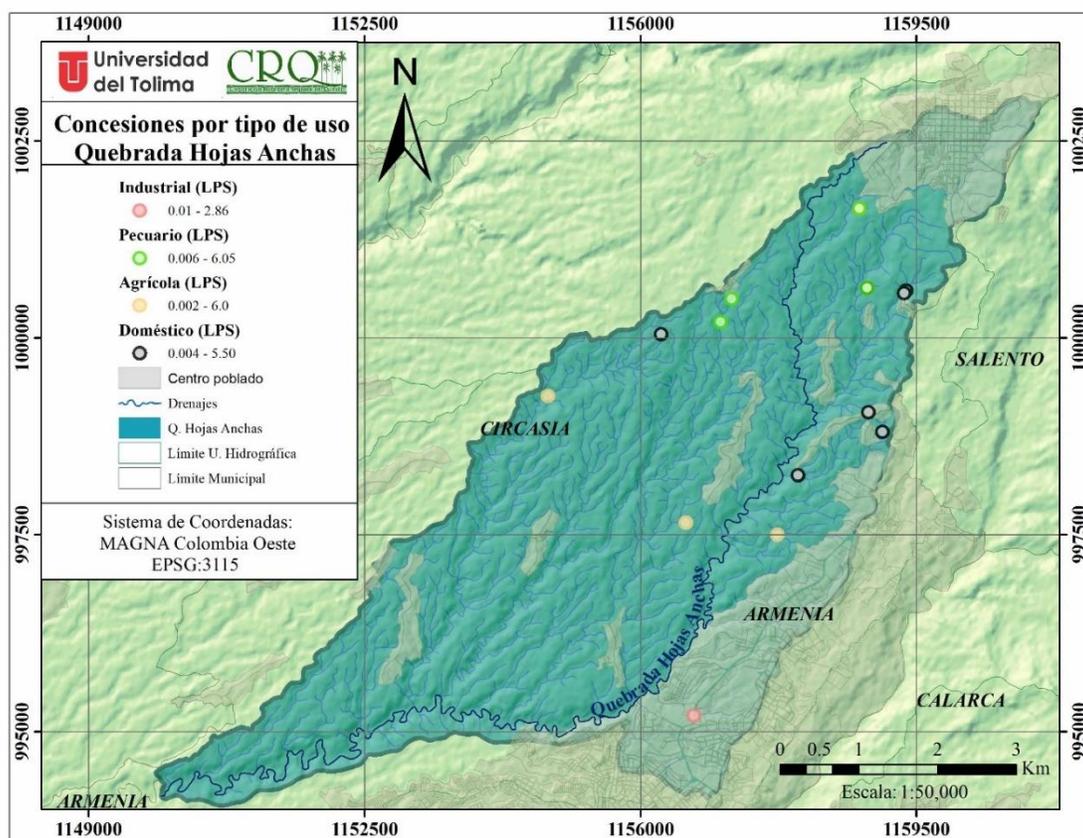
**Figura 93.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada El Pescador.

### 2.1.9 Unidad hidrográfica quebrada Hojas Anchas

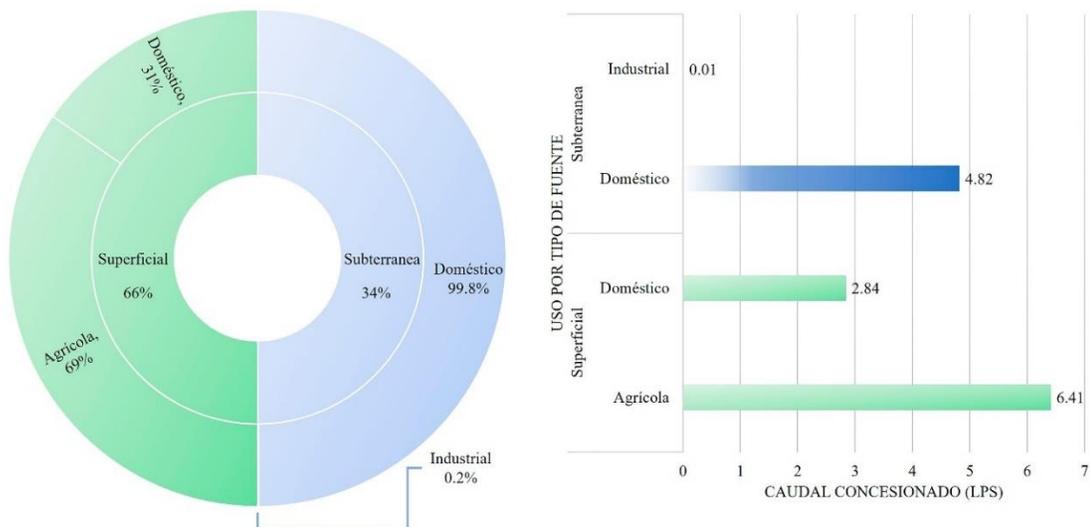
La unidad hidrográfica de la quebrada Hojas Anchas presenta concesiones para uso agrícola (0.002 a 6 LPS), doméstico (0.004 a más de 5.50 LPS), pecuario (0.006 a 6.05 LPS) e industrial (entre 0.01 y 2.86 LPS) como se observa en la **Figura 94**. Estas concesiones se encuentran otorgadas a personas jurídicas 90% (14.1 LPS) y personas naturales 10% (1.6 LPS), distribuidas en fuentes superficiales y subterráneas dentro de la unidad hidrográfica.

#### Concesiones personas jurídicas

El 66% (9.25 LPS) de las concesiones adjudicadas a personas jurídicas en la unidad hidrográfica de la quebrada Hojas Anchas, se encuentran otorgadas sobre fuentes de agua superficial y el 34% restante sobre fuentes de agua subterránea (4.83 LPS). Las concesiones sobre el recurso hídrico superficial se encuentran ubicadas en la parte alta y media de la unidad hidrográfica, sobre afluentes del río principal. para. Los usos para los que fueron adjudicadas las concesiones de estas fuentes son: agrícola (69%) y doméstico (31%), por otra parte, las concesiones sobre el recurso hídrico subterráneo son empleadas principalmente para uso doméstico (99.8 %) y en un bajo porcentaje para uso industrial (0.2%) **Figura 95**.



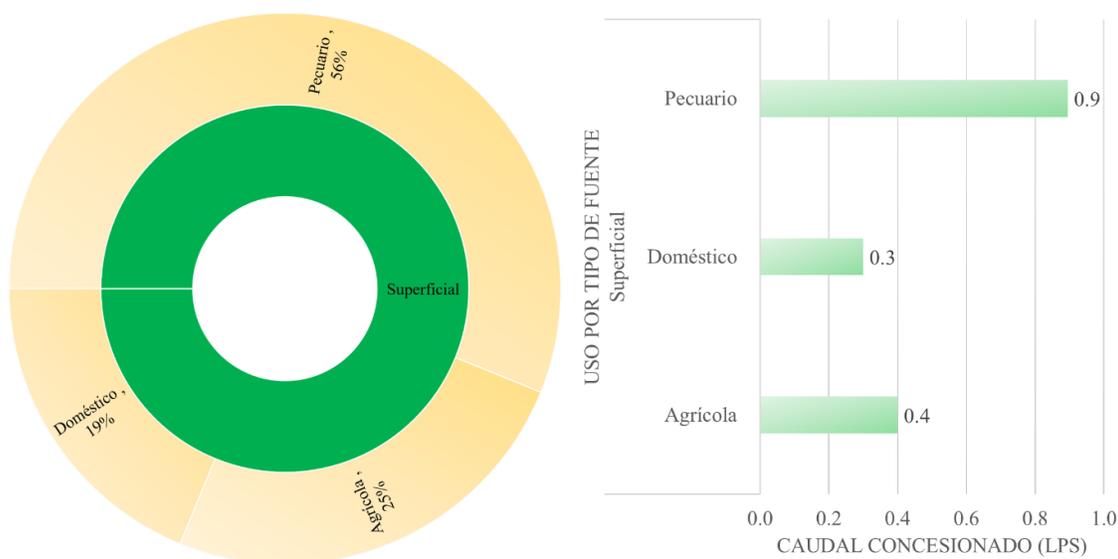
**Figura 94.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Hojas Anchas.



**Figura 95.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Hojas Anchas.

### Concesiones personas naturales

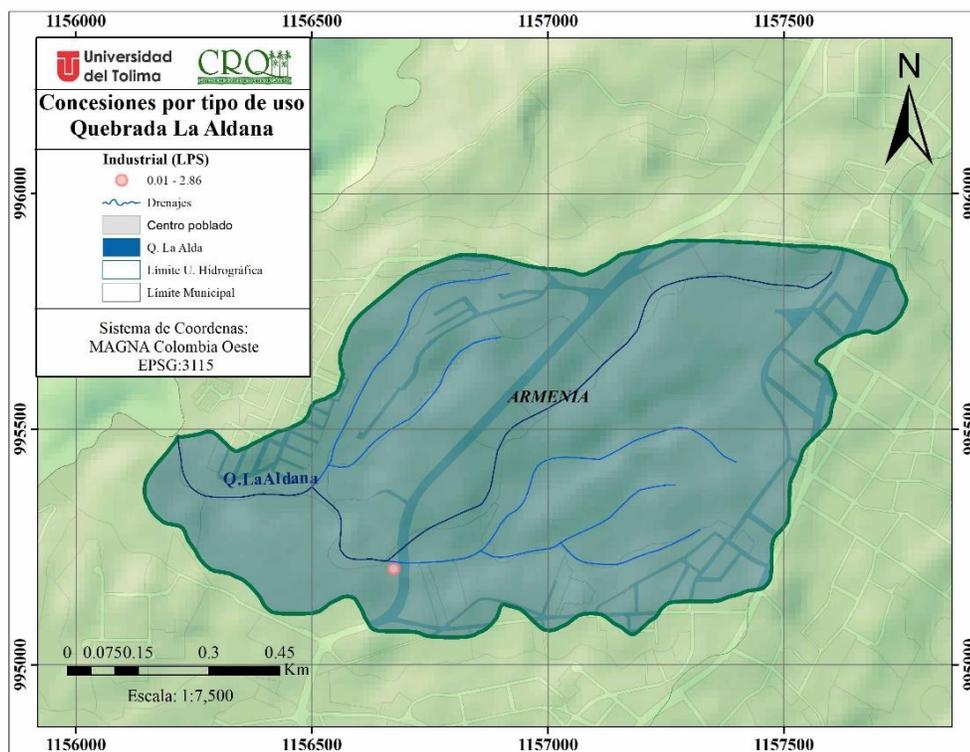
El 10% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica se encuentra adjudicado sobre fuentes de agua superficial y es destinado para diferentes usos. Los usos para los que fueron otorgadas estas concesiones corresponden a actividades agrícolas (25%), domésticas (19%) y pecuarias (56%), siendo el caudal otorgado para personas naturales 1.6 LPS (**Figura 96**).



**Figura 96.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Hojas Anchas.

### 2.1.10 Unidad hidrográfica quebrada La Aldana

La unidad hidrográfica de la quebrada La Aldana cuenta con una concesión otorgada por la CRQ en la actualidad (**Figura 97**), esta concesión fue adjudicada sobre el recurso hídrico subterráneo, para uso industrial, la cantidad adjudicada es de 0.01 LPS y se encuentra otorgada a una persona natural.



**Figura 97.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada La Aldana.

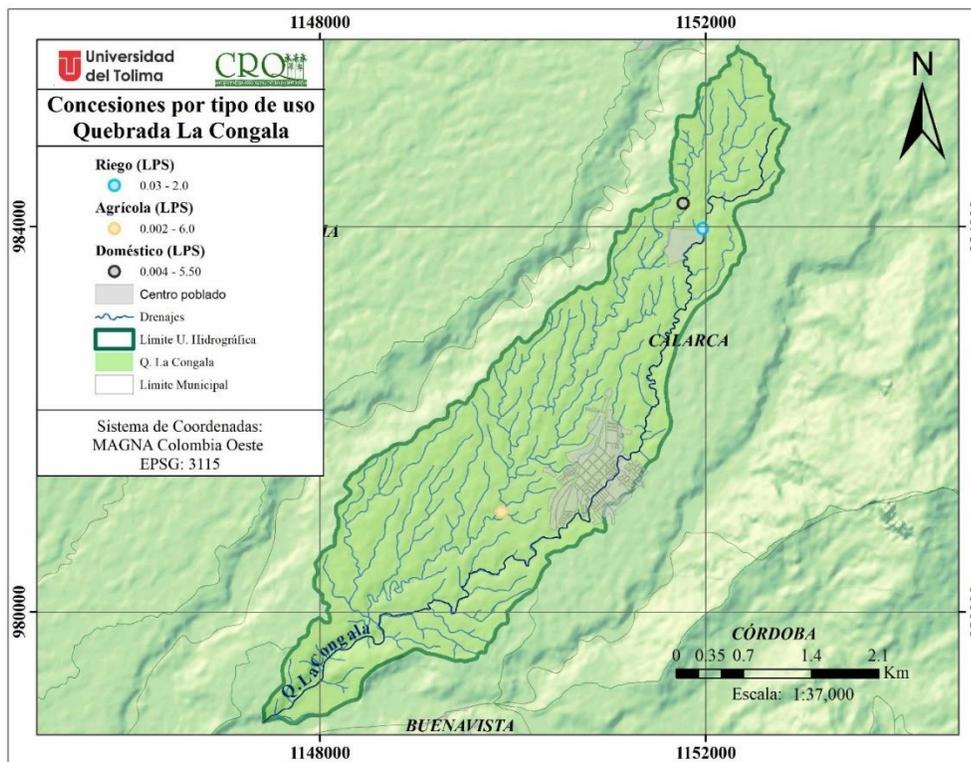
### 2.1.11 Unidad hidrográfica quebrada La Congala

La unidad hidrográfica de la quebrada La Congala actualmente cuenta con tres concesiones otorgadas en toda su extensión, dichas concesiones se encuentran adjudicadas a personas jurídicas y naturales sobre fuentes de agua superficial, las cuales se encuentran ubicadas sobre el cauce principal (para riego) y en tributarios de esta quebrada (para usos agrícola y doméstico), como se aprecia en la **Figura 98**.

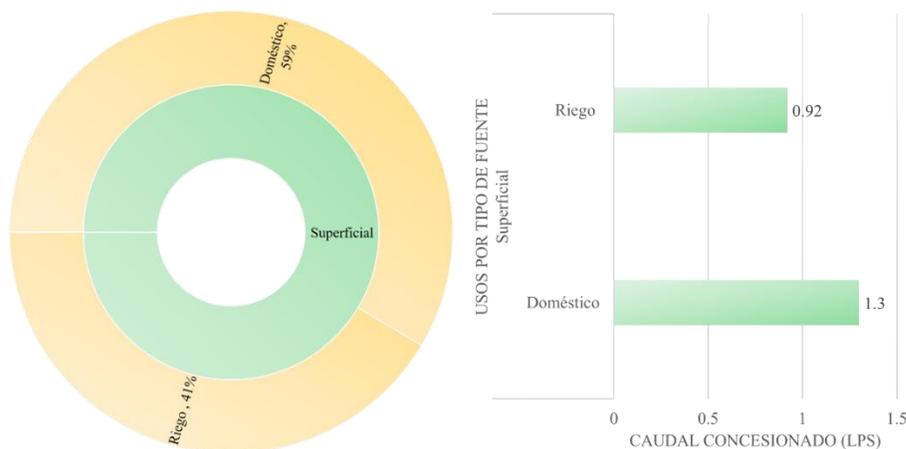
El flujo otorgado a personas jurídicas (2.22 LPS), representa el 33% del total concesionado, este flujo se encuentra distribuido en actividades domésticas (59%) y riego (41%) como se observa en la **Figura 99**.

El caudal concesionado a personas naturales en esta unidad hidrográfica representa el 67% del flujo total adjudicado en esta unidad hidrográfica, a diferencia de las concesiones

jurídicas, estas se encuentran destinadas únicamente para uso agrícola, la cantidad de flujo otorgado es de 4.5 LPS.



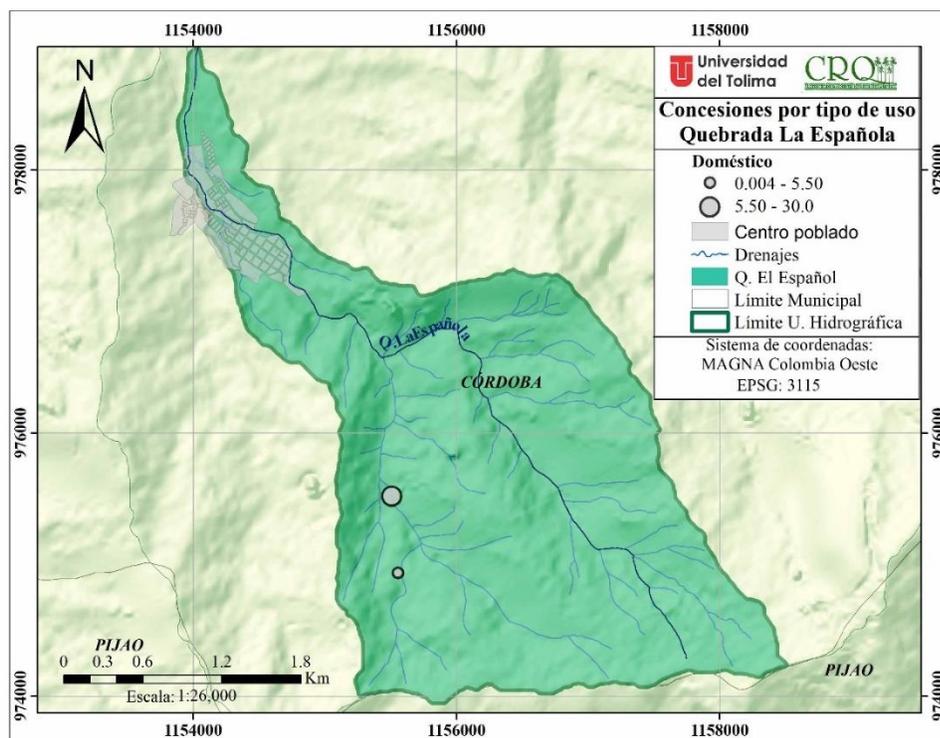
**Figura 98.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada La Congala.



**Figura 99.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada La Congala.

### 2.1.12 Unidad hidrográfica quebrada La Española

La unidad hidrográfica la española cuenta actualmente con dos concesiones registradas en la CRQ (**Figura 100**), estas concesiones se encuentran adjudicadas a personas jurídicas sobre el recurso hídrico superficial, sin embargo, estas no se encuentran sobre el cauce principal sino sobre sus tributarios. El flujo concesionado es de 14 LPS y es empleado para actividades domésticas.



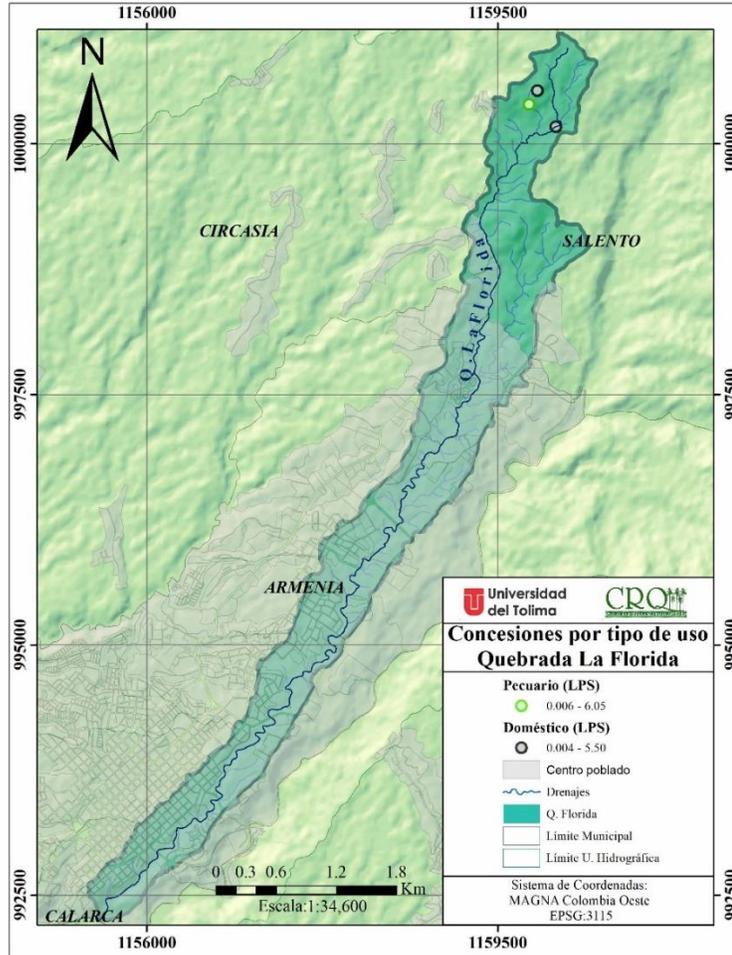
**Figura 100.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada La Española.

### 2.1.13 Unidad hidrográfica quebrada La Florida

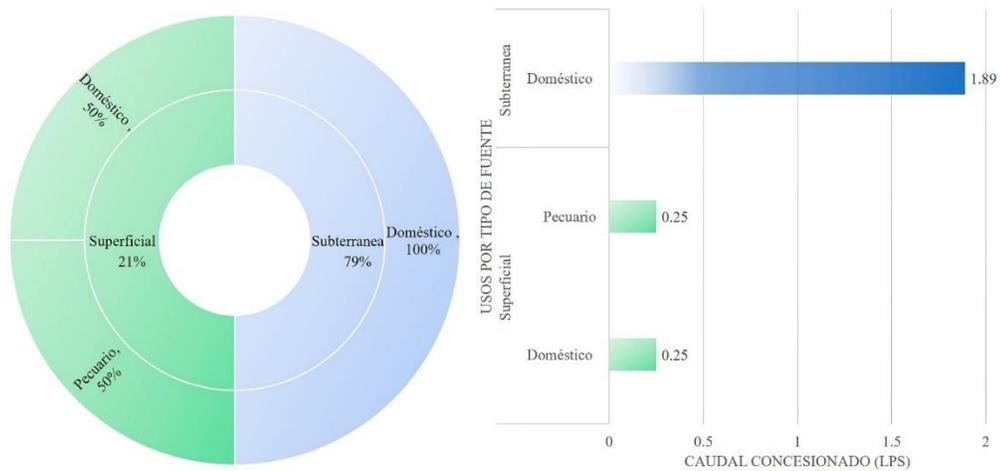
La unidad hidrográfica quebrada La Florida presenta 4 concesiones en su territorio, distribuidas entre personas jurídicas 46% y naturales 54%, estas se encuentran adjudicadas sobre el recurso hídrico superficial y subterráneo. Los usos para los que fueron adjudicados son domésticos (0.004 a 5.50 LPS) y pecuario (0.06 a 6.05) como se puede observar en la **Figura 101**.

#### Concesiones personas jurídicas

Del 46% de las concesiones otorgadas en la quebrada La Florida el 21% (0.5 LPS) se encuentra adjudicado sobre fuentes superficiales y es destinado para uso doméstico y pecuario. El restante 79% (1.89 LPS) del flujo concesionado, se encuentra sobre el recurso hídrico subterráneo y es destinado para uso doméstico como se observa en la **Figura 102**.



**Figura 101.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada La Florida.



**Figura 102.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada La Congala.



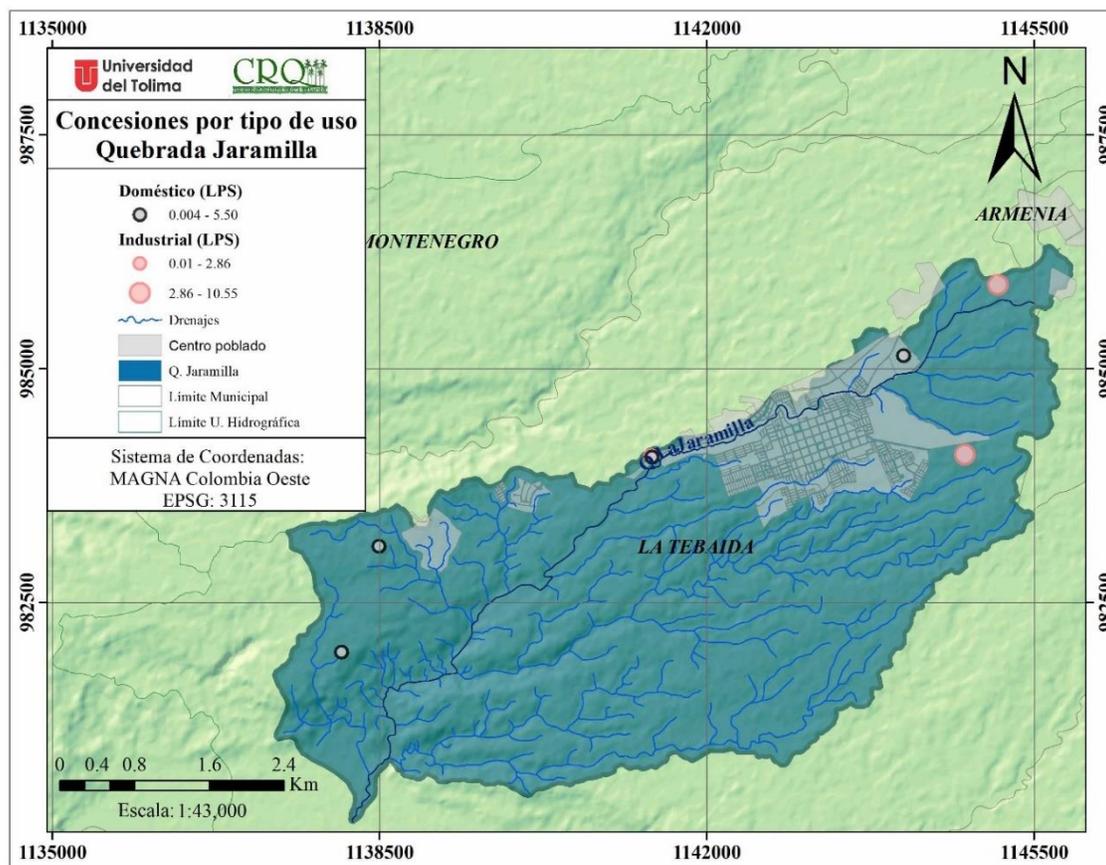
Por otra parte, el recurso hídrico concesionado a personas naturales (2.79 LPS), es empleado para uso doméstico y se encuentra adjudicado sobre el recurso hídrico subterráneo.

#### 2.1.14 Unidad hidrográfica quebrada La Jaramilla

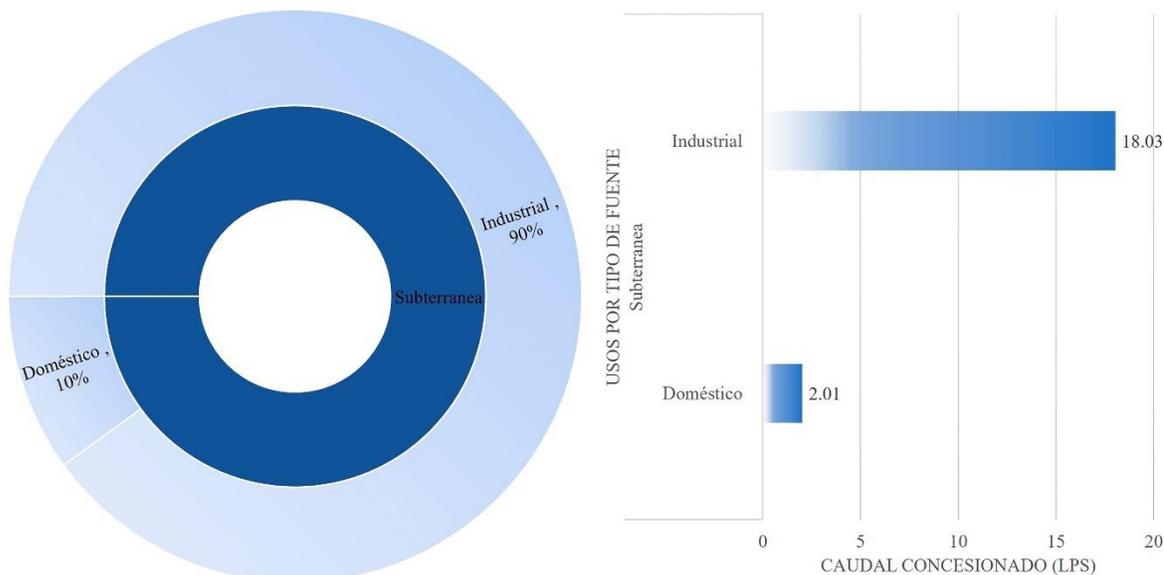
La unidad hidrográfica de la quebrada La Jaramilla presenta concesiones para uso doméstico (0.004 a 5.50 LPS) e industrial (entre 0.01 y 10.55 LPS) como se observa en la **Figura 103**. Estas concesiones se encuentran otorgadas a personas naturales y personas jurídicas, distribuidas en fuentes de agua superficial y subterránea dentro de la unidad hidrográfica.

#### Concesiones personas jurídicas

Del 99% de las concesiones otorgadas en la quebrada La Jaramilla se encuentra adjudicado a personas jurídicas, estas se encuentran sobre fuentes superficiales y son destinadas para uso doméstico y pecuario. El recurso hídrico subterráneo se encuentra dividido de la siguiente manera: 90% del flujo es destinado para uso industrial y el restante 10% en uso doméstico como se observa en la **Figura 104**.



**Figura 103.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada La Jaramilla.



**Figura 104.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada La Jaramilla.

Por otra parte, el caudal concesionado por parte de la CRQ a personas naturales es de 0.23 LPS Doméstico y representa el 1% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica.

### 2.1.15 Unidad hidrográfica quebrada La Picota

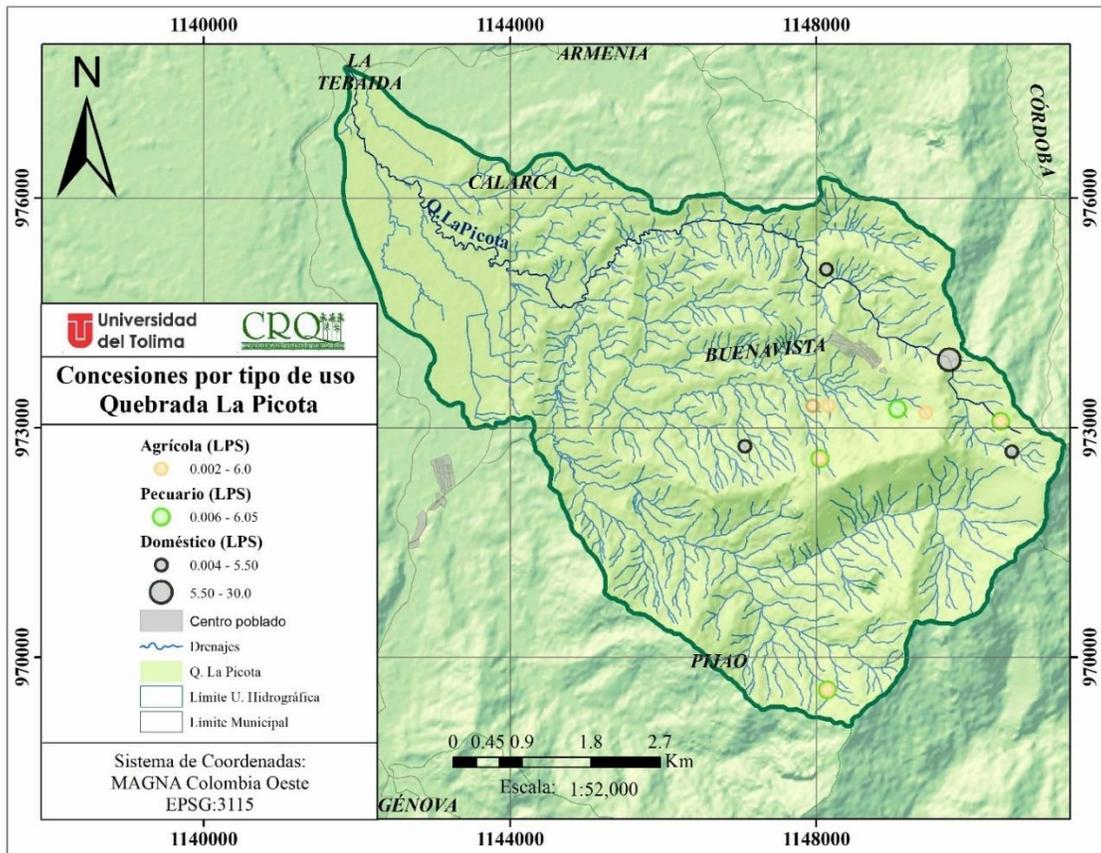
La unidad hidrográfica de la quebrada La Picota presenta concesiones para uso agrícola (0.002 a 6 LPS), doméstico (0.004 a más de 30.6 LPS) y pecuario (0.006 a 6.05 LPS) como se observa en la **Figura 105**. Estas concesiones han sido otorgadas a personas naturales y personas jurídicas, se encuentran distribuidas en diferentes fuentes superficiales sobre el cauce principal y algunos de sus tributarios

#### Concesiones personas jurídicas

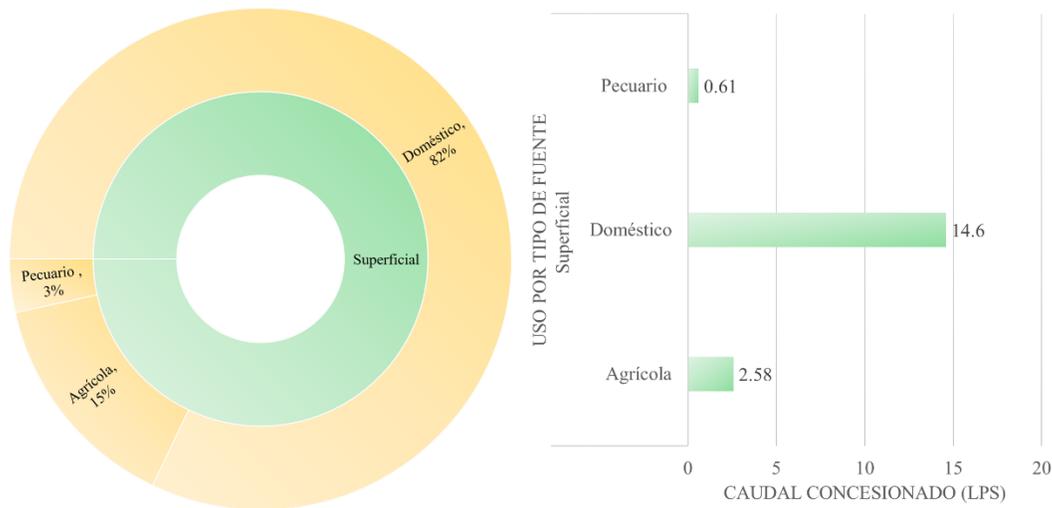
Del 87% de las concesiones otorgadas en la quebrada La Picota se encuentran adjudicadas a personas jurídicas, estas se encuentran sobre fuentes de agua superficial y están destinadas para uso agrícola, doméstico y pecuario, con un total de 17.8 LPS (**Figura 106**).

#### Concesiones personas naturales

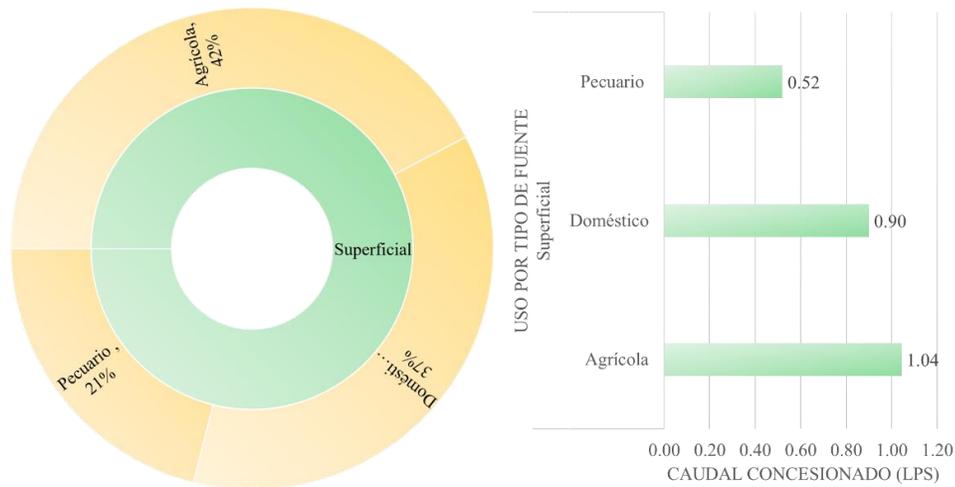
El 13% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica se encuentra adjudicado a personas naturales, dichas concesiones corresponden a fuentes de agua superficial y son nadas para usos agrícolas (42%), domésticos (37%) y pecuarios (21%), siendo el caudal otorgado para personas naturales 2.5 LPS (**Figura 107**).



**Figura 105.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada La Picota.



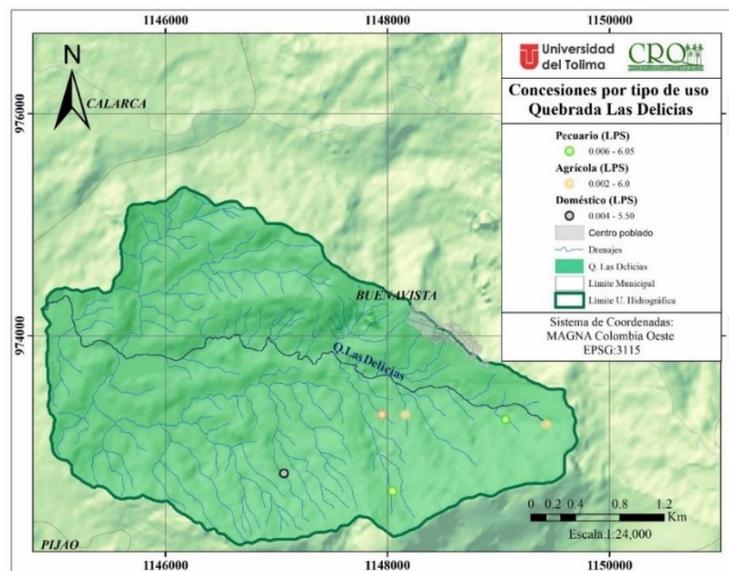
**Figura 106.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada La Picota.



**Figura 107.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada La Picota.

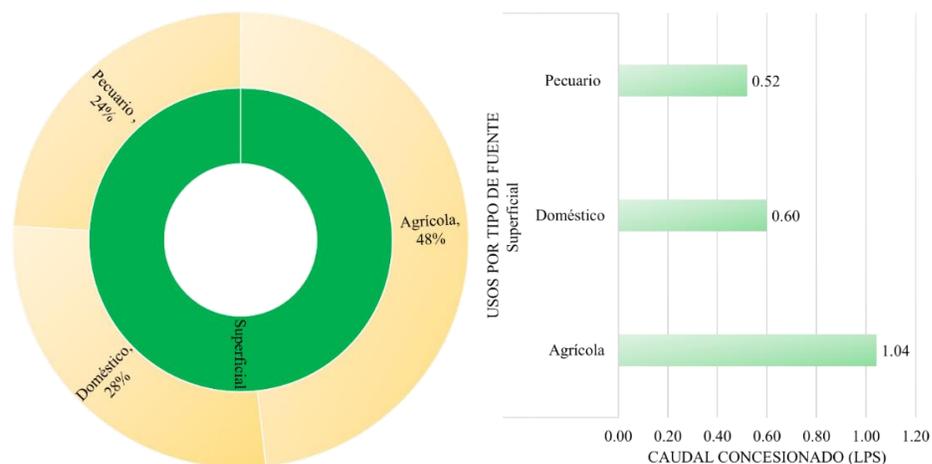
### 2.1.16 Unidad hidrográfica quebrada Las Delicias

La unidad hidrográfica Las Delicias presenta concesiones para uso agrícola (0.002 a 6 LPS), doméstico (0.004 a más de 5.50 LPS) y pecuario (0.006 a 6.05 LPS) como se observa en la **Figura 108**. Estas concesiones se encuentran otorgadas a personas naturales, están distribuidas en diferentes fuentes de agua superficial sobre el cauce principal y algunos de sus tributarios.



**Figura 108.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Las Delicias.

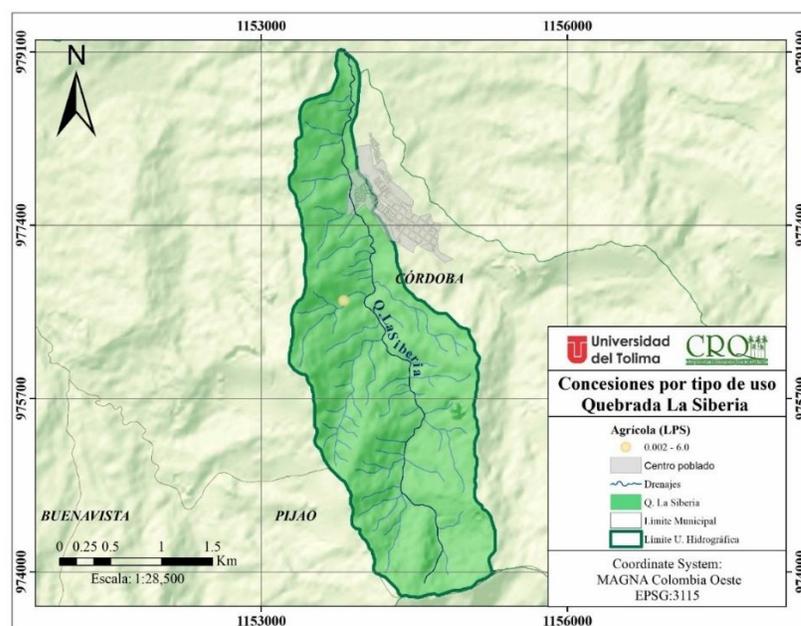
El recurso hídrico otorgado (2.16 LPS) se encuentra distribuido en actividades agrícolas (48%), domésticas (28%) y pecuarias (24%) **Figura 109**.



**Figura 109.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Las Delicias.

### 2.1.17 Unidad hidrográfica quebrada La Siberia

La unidad hidrográfica quebrada La Siberia cuenta con una concesión registrada en la CRQ, otorgada a una persona natural y es empleada en actividades agrícolas, el flujo concesionado es de 0.69 LPS y se encuentra adjudicado sobre fuente de agua superficial ubicada en un tributario del cauce principal como se observa en **Figura 110**.



**Figura 110.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada La Siberia.

### 2.1.18 Unidad hidrográfica quebrada Portachuelo

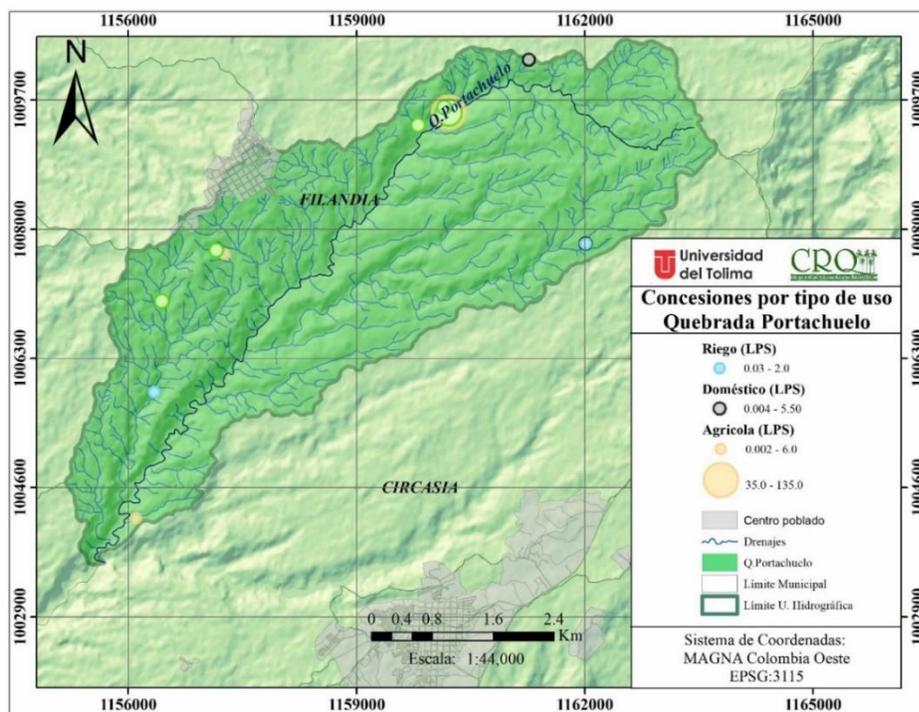
La unidad hidrográfica de la Quebrada Portachuelo presenta concesiones para uso agrícola (0.006 a 135 LPS), doméstico (0.004 a más de 5.50 LPS) y riego (entre 0.03 y 2 LPS) como se observa en la **Figura 111**. Estas concesiones se encuentran otorgadas a personas naturales y personas jurídicas, distribuidas en fuentes de agua superficial y subterránea dentro de la unidad hidrográfica.

#### Concesiones personas jurídicas

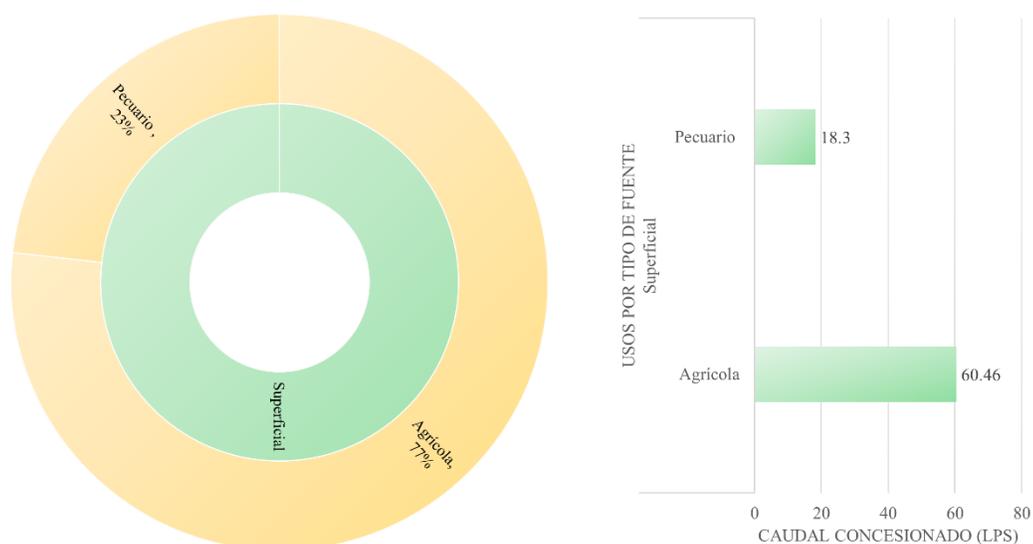
Del 98% de las concesiones otorgadas en la quebrada Portachuelo se encuentran adjudicadas a personas jurídicas, la totalidad de estas concesiones se encuentran sobre fuentes de agua superficial y son usadas para dos actividades económicas, agrícola 77% y pecuario 23%, con un total de 78.8 LPS (**Figura 112**).

#### Concesiones personas naturales

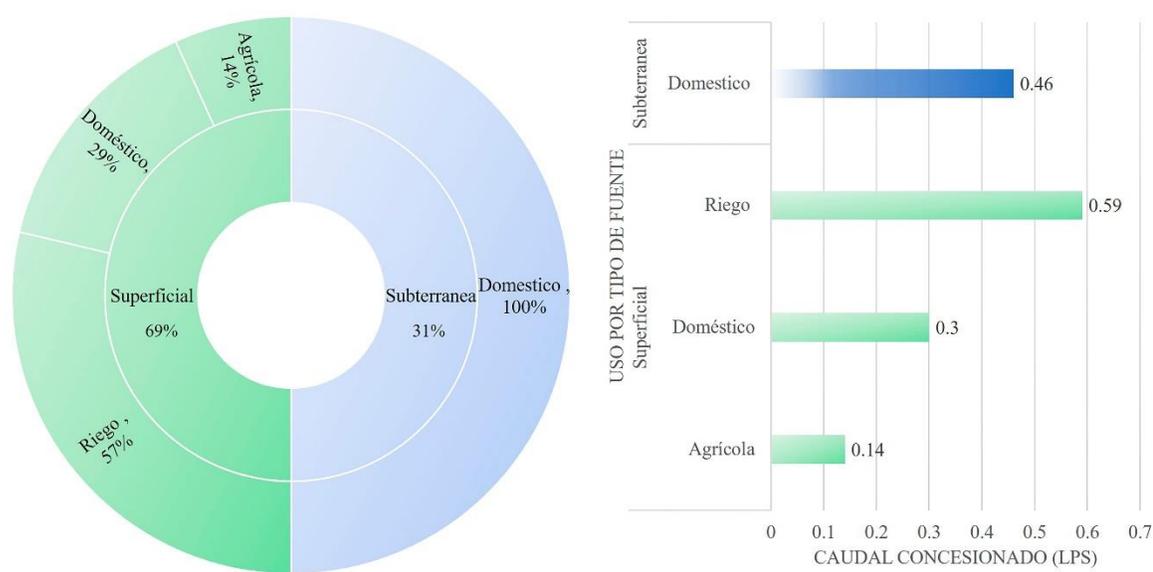
El 2% del flujo concesionado en la unidad hidrográfica se encuentra adjudicado a personas naturales, dichas concesiones se encuentran ubicadas sobre fuentes de agua superficial y subterránea. El recurso hídrico adjudicado es empleado en actividades agrícolas (42%), domésticas (37%) y pecuarias (21%), siendo el caudal otorgado para personas naturales 1.5 LPS (**Figura 113**).



**Figura 111.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Portachuelo.



**Figura 112.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Portachuelo.



**Figura 113.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Portachuelo.

### 2.1.19 Unidad hidrográfica quebrada San José

La unidad hidrográfica de la quebrada San José se encuentran concesiones otorgadas para uso agrícola, doméstico y pecuario, como se puede observar en la **Figura 114**, estas se encuentran distribuidas en la parte media y alta de la unidad hidrográfica, sin embargo, se

observa que las concesiones agrícolas y pecuarias están adjudicadas al mismo lugar y se encuentran sobre fuentes de agua superficial en tributarios de la quebrada San José.

### Concesiones personas jurídicas

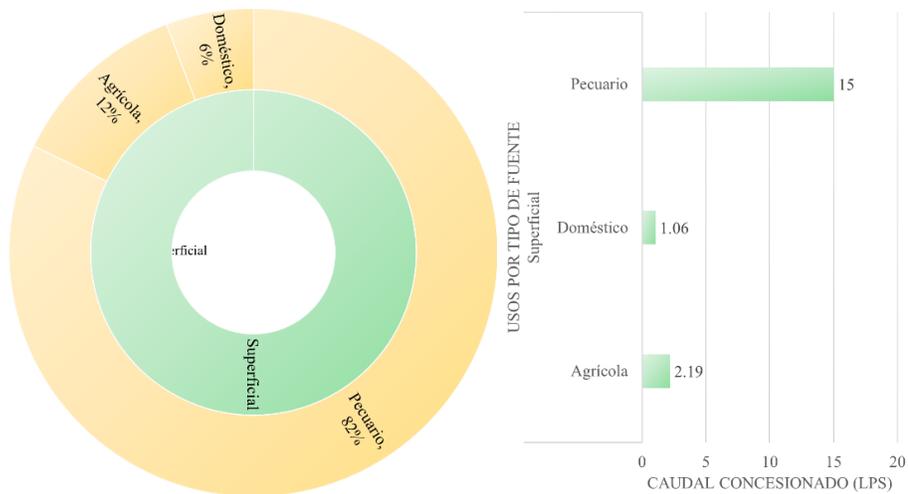
Del 99.8% de las concesiones otorgadas en la quebrada San José se encuentran adjudicadas a personas jurídicas, la totalidad de estas concesiones se encuentran sobre fuentes de agua superficial y fueron otorgadas para tres actividades: agrícolas 12%, pecuarias 82% y uso doméstico 6% con un total de 18.3 LPS concesionado (*Figura 115*).

Por otra parte, 0.2% adjudicado a personas naturales equivale a 0.03 LPS y se ha otorgado para uso doméstico.



*Figura 114. Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada San José.*

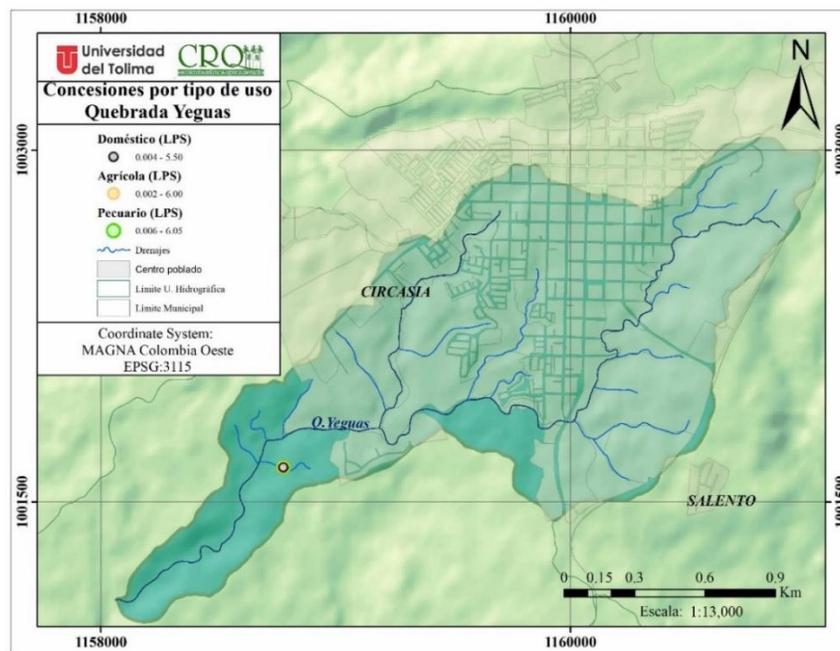




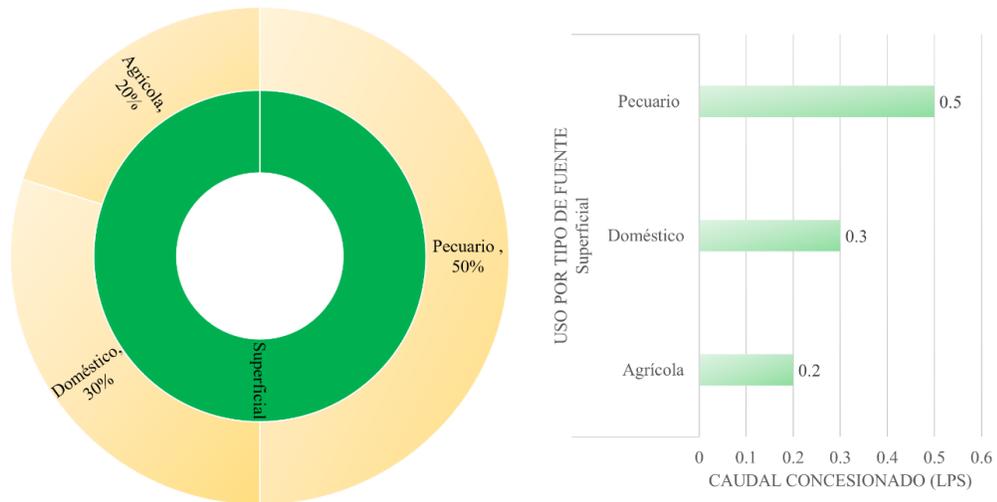
**Figura 115.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada San José.

### 2.1.20 Unidad hidrográfica quebrada Yeguas

La unidad hidrográfica de la quebrada Yeguas cuenta con tres concesiones en su extensión, dichas concesiones se encuentran adjudicadas a una persona natural sobre una fuente superficial tributaria de la quebrada (**Figura 116**). El caudal otorgado en esta unidad hidrográfica es igual a 1 LPS y se encuentra destinado para actividades agrícolas 20%, pecuarias 50% y usos domésticos 30% como se observa en la **Figura 117**.



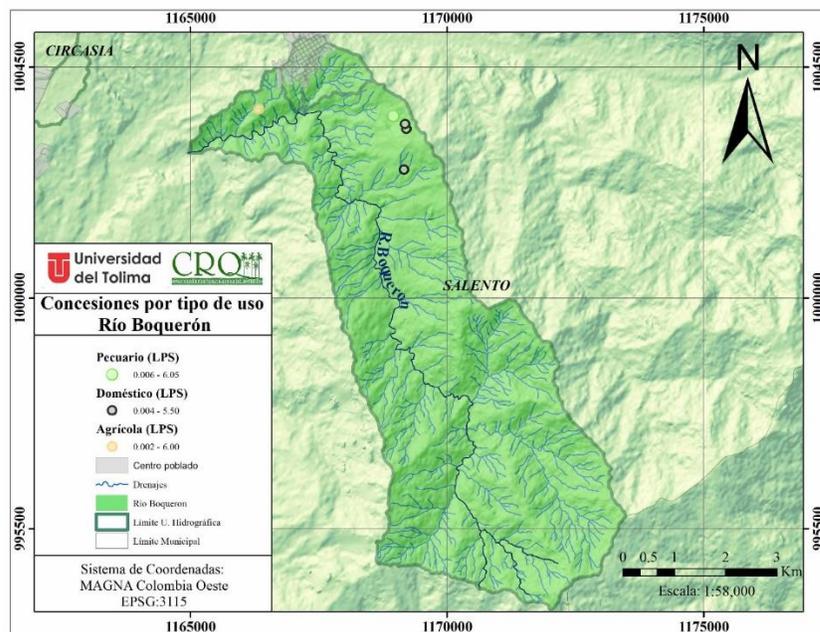
**Figura 116.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Quebrada Yeguas.



**Figura 117.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Quebrada Yeguas.

### 2.1.21 Unidad hidrográfica Río Boquerón

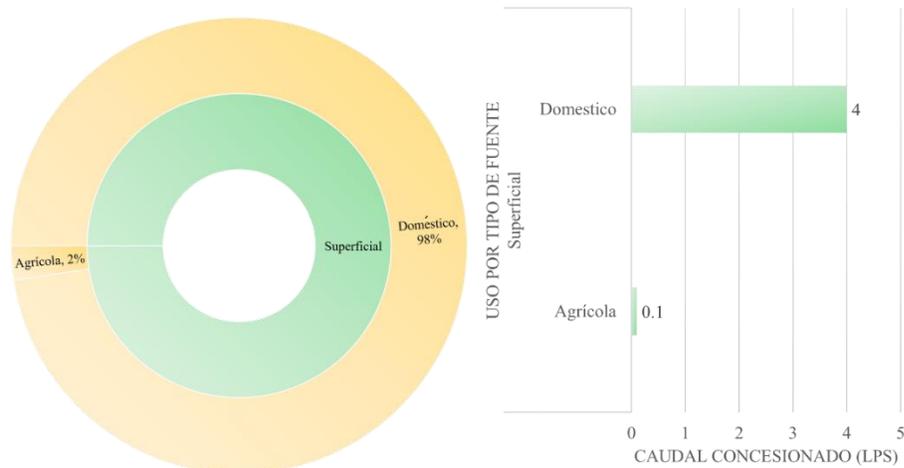
El Río Boquerón actualmente cuenta con ocho concesiones, otorgadas a personas jurídicas (71%) y naturales (29%). Estas se encuentran ubicadas en fuentes superficiales tributarias de su cauce principal. Los fines para los que fueron adjudicadas estas concesiones son actividades agrícolas, pecuarias y en mayor medida uso doméstico (**Figura 118**).



**Figura 118.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río Boquerón.

### Concesiones personas jurídicas

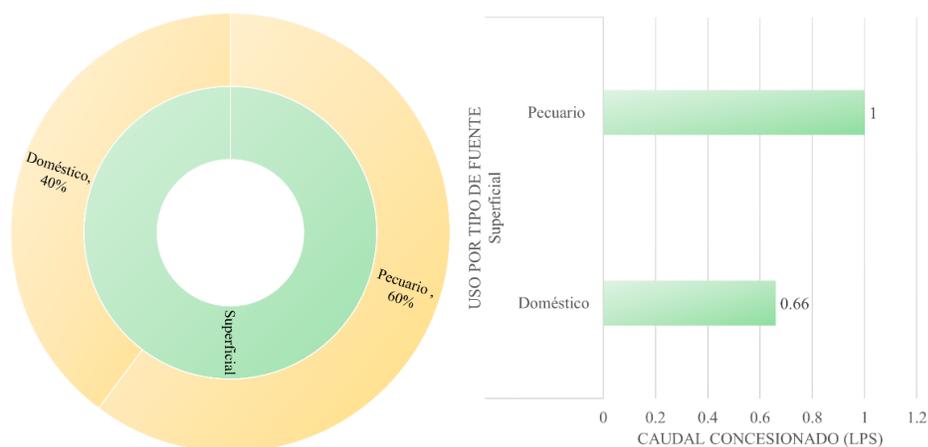
El recurso hídrico otorgado a personas jurídicas es empleado en actividades agrícolas (0.1 LPS, 2%) y uso doméstico (4 LPS, 98%) como se observa en la **Figura 119**.



**Figura 119.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Boquerón.

### Concesiones personas naturales

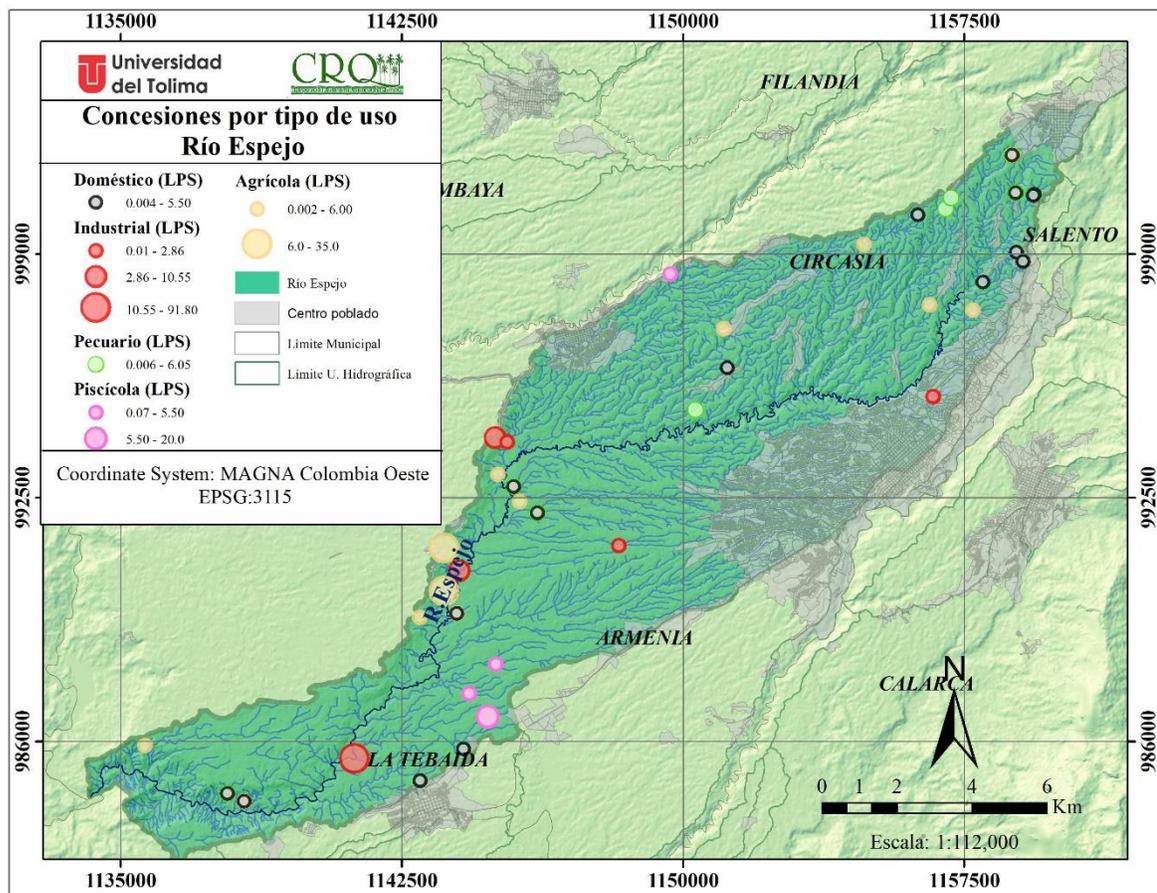
El 29% del flujo concesionado a personas naturales en esta unidad hidrográfica, se ubica sobre fuentes de agua superficiales. El recurso hídrico adjudicado es empleado actividades pecuarias (60%) y uso doméstico (40%), siendo el caudal otorgado a personas naturales 1.67 LPS (**Figura 120**).



**Figura 120.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Boquerón.

### 2.1.22 Unidad hidrográfica Río Espejo

La unidad hidrográfica Río Espejo en la actualidad cuenta con 126 LPS concesionados, estos se encuentran adjudicados a personas jurídicas (89%) y naturales (11%). Como se puede observar en la **Figura 121** las concesiones se encuentran distribuidas en toda la unidad hidrográfica, sobre el cauce principal, algunos tributarios del río y algunas fuentes subterráneas. Las actividades económicas que cuentan con mayor cantidad de flujo concesionado son de tipo industrial agrícola y piscícola, y en menor proporción uso doméstico y el pecuario.

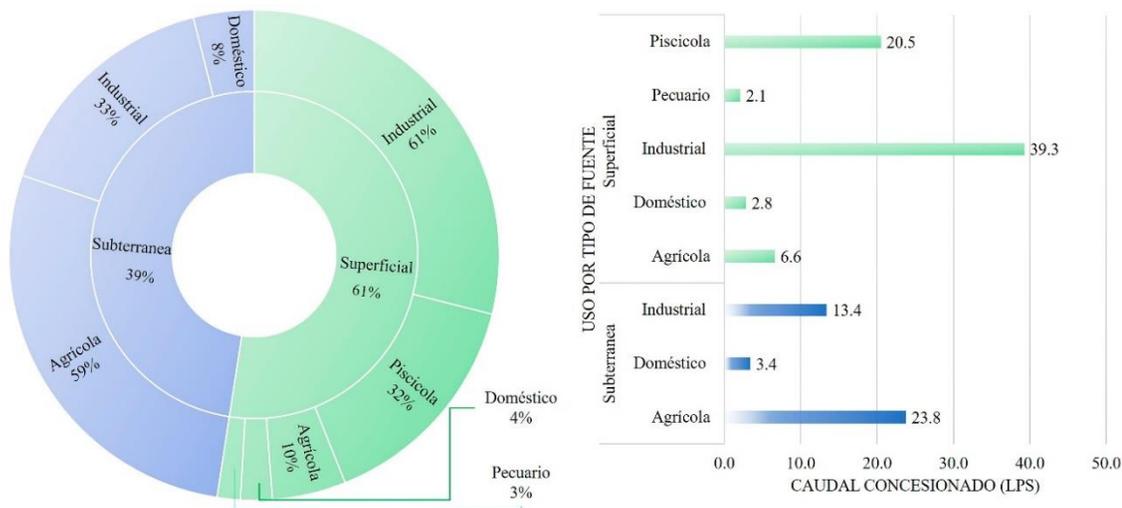


**Figura 121.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río Espejo.

#### Concesiones personas jurídicas

El flujo concesionado a personas jurídicas se encuentra adjudicado sobre fuentes hídricas subterráneas y superficiales, siendo esta última la que aporta el mayor porcentaje del caudal concesionado que corresponde al 61% (71.3 LPS), este porcentaje se encuentra distribuido de la siguiente manera: uso agrícola (10%), industrial (61%), pecuaria (3%), piscícola (32%) y de uso doméstico (4%), como se aprecia en la **Figura 122**. Sobre fuentes hídricas

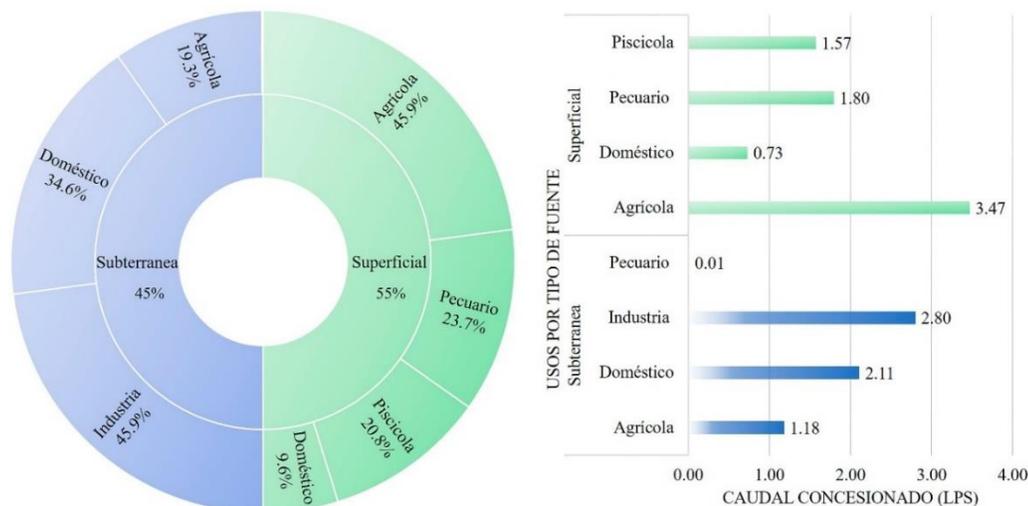
subterráneas se aporta el 39% del flujo concesionado (40.6 LPS), adjudicado para fines agrícolas (59%), industriales (33%) y domésticos (8%)



**Figura 122.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Boquerón.

### Concesiones personas naturales

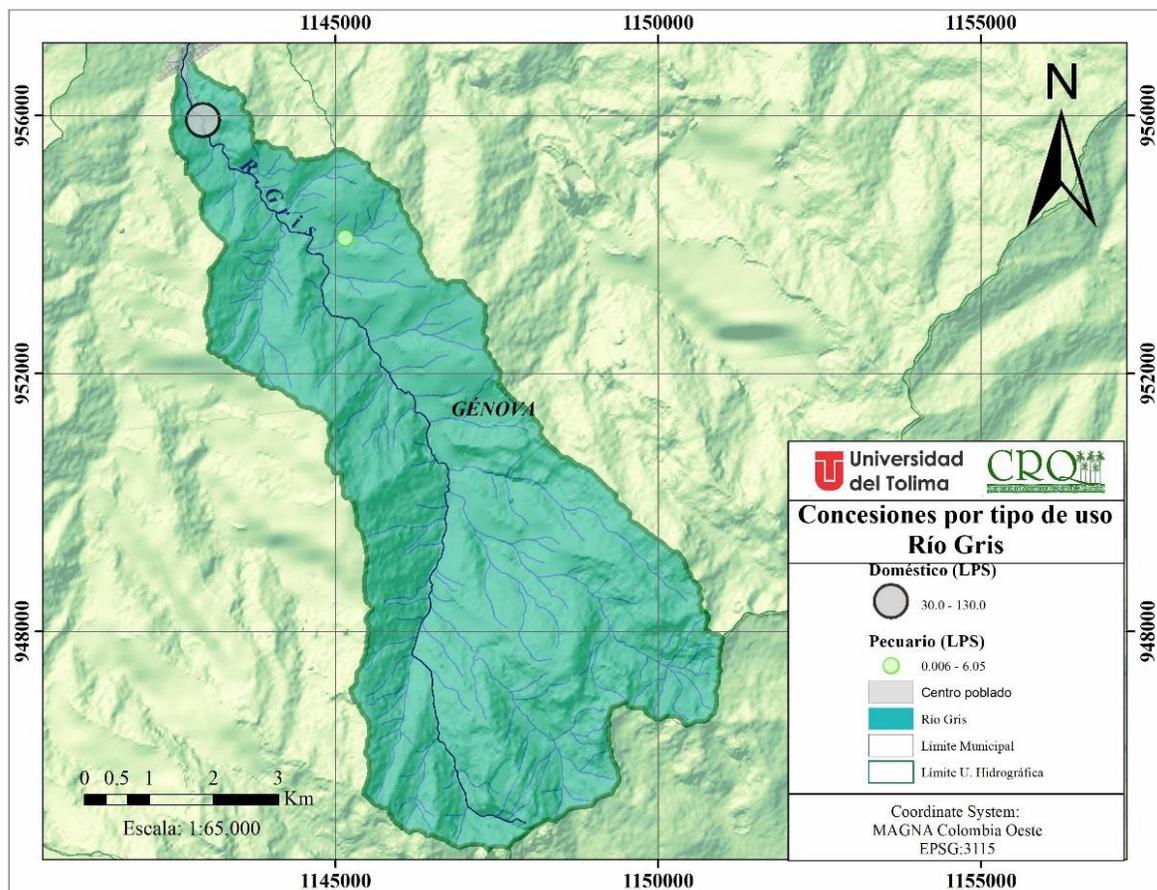
El 55% del flujo adjudicado a personas naturales (7.57 LPS) se encuentra sobre el recurso hídrico superficial el cual es distribuido en usos agrícola 46%, doméstico 9.6%, pecuario 23.7% y piscícola 21%. El 45% restante del flujo concesionado a personas naturales (6.1 LPS) es aportado por fuentes subterráneas y es empleado para uso agrícola 19.3%, doméstico 34.6%, industrial 45.9% y pecuario 0.2% (**Figura 123**).



**Figura 123.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Boquerón.

### 2.1.23 Unidad hidrográfica Río Gris

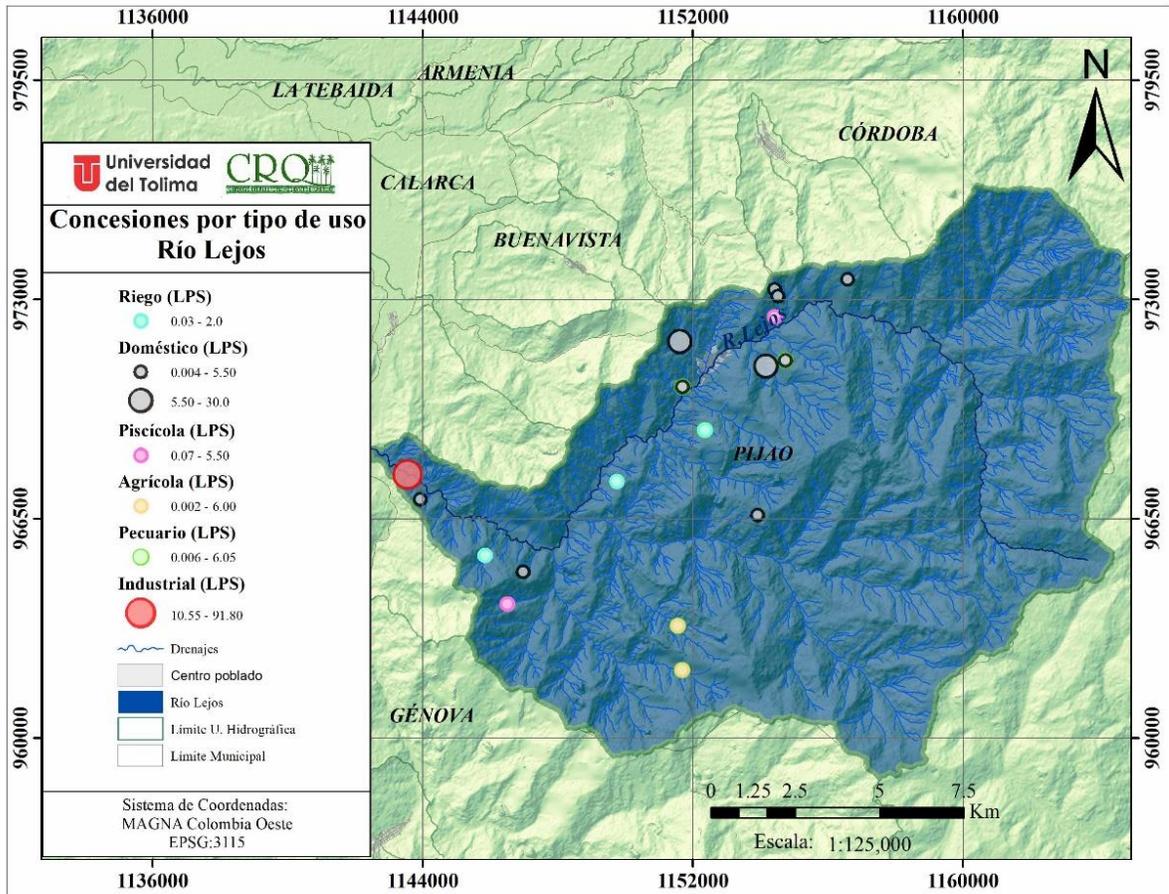
La unidad hidrográfica Río Gris presenta dos concesiones (**Figura 124**), otorgadas sobre el cauce principal, una adjudicada a personas jurídicas (97%, 60 LPS) para uso doméstico y otra adjudicada a personas naturales (3%, 1.83 LPS) para uso pecuario.



**Figura 124.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río Gris.

### 2.1.24 Unidad hidrográfica Río Lejos

En la actualidad la unidad hidrográfica del río Lejos cuenta con un caudal concesionado de 131 LPS, estas concesiones se encuentran otorgadas sobre fuentes del recurso hídrico superficial, ubicadas sobre el cauce principal y algunos de sus tributarios. Las concesiones se encuentran adjudicadas a personas naturales (76%) y jurídicas (24%) y se encuentran destinadas para usos agrícola, doméstico, industrial, pecuario, piscícola y riego, como se puede observar en la **Figura 125**.



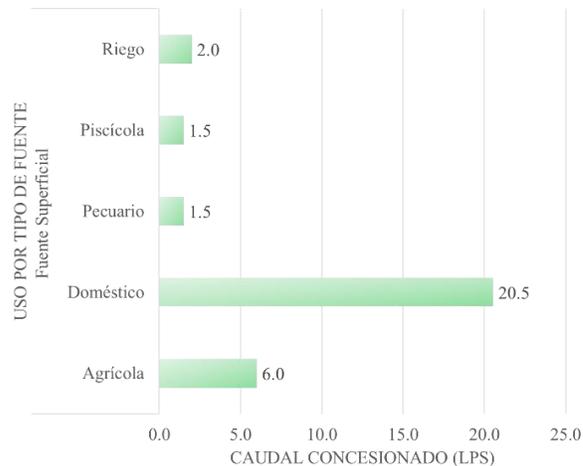
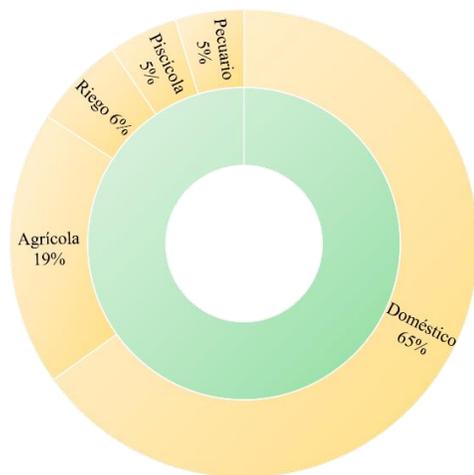
**Figura 125.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río Lejos.

### Concesiones personas jurídicas

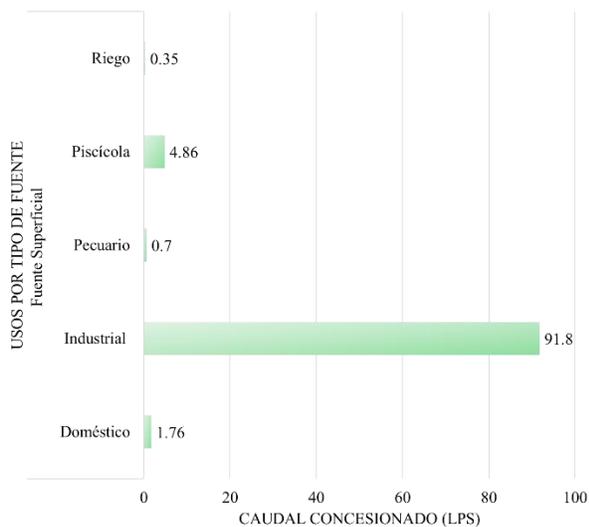
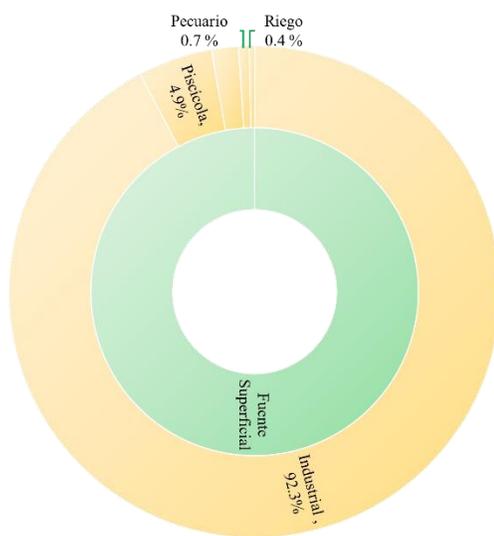
El caudal concesionado a personas jurídicas es 31.5 LPS, este caudal se encuentra distribuido de la siguiente manera: actividades agrícolas (19%), domésticas (65%), pecuarias (5%), piscícola (5%) y riego (6%) (**Figura 126**).

### Concesiones personas naturales

El flujo concesionado a personas naturales es 99.5 LPS, dicho flujo se encuentra distribuido de la siguiente manera: actividades domésticas (1.8%), industriales (92.3%), pecuarias (0.7%), piscícola (4.9%) y riego 0.4% (**Figura 127**).



**Figura 126.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Lejos.



**Figura 127.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Lejos.

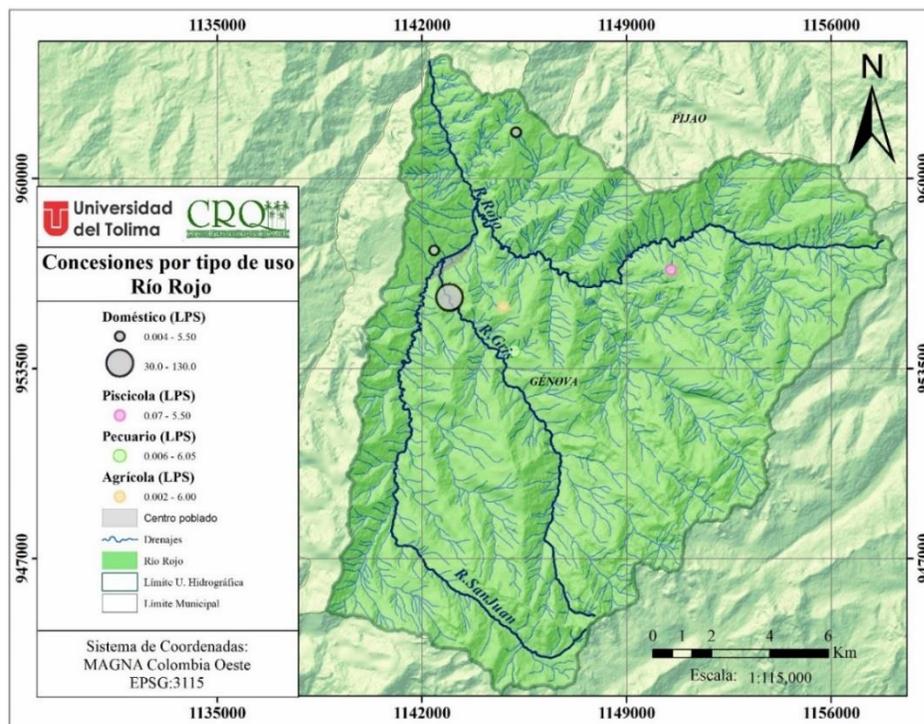
### 2.1.25 Unidad hidrográfica Río Rojo

La unidad hidrográfica del Río Rojo presenta concesiones para personas jurídicas y naturales, estas concesiones suman en total un caudal de 65 LPS y se encuentran adjudicadas sobre el recurso hídrico superficial, principalmente sobre las fuentes superficiales tributarias del cauce principal (**Figura 128**).

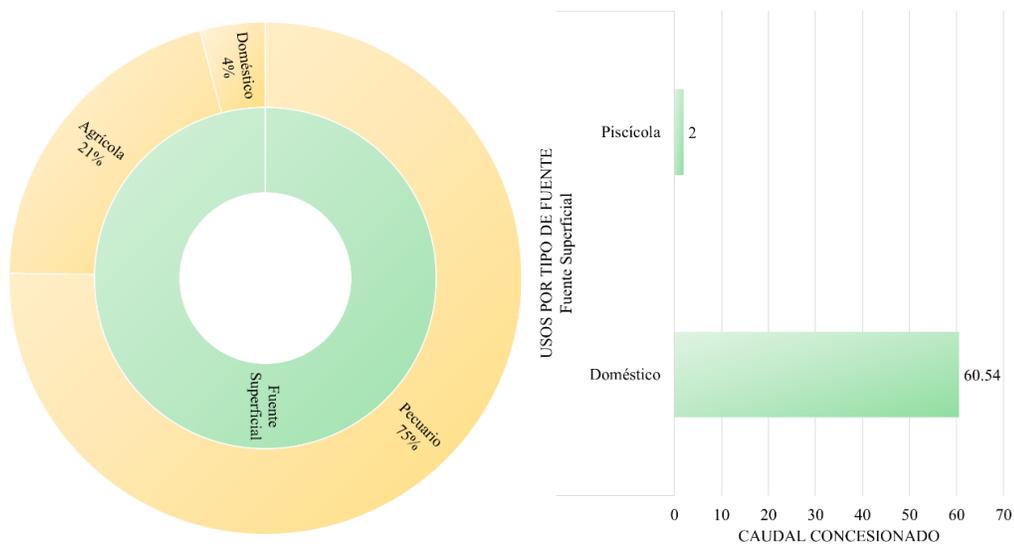


## Concesiones personas jurídicas

El flujo concesionado a personas jurídicas es 63 LPS, este flujo se encuentra adjudicado sobre fuentes del recurso hídrico superficial y es distribuido de la siguiente manera: actividades domésticas 97% y piscícola 3% (*Figura 129*).



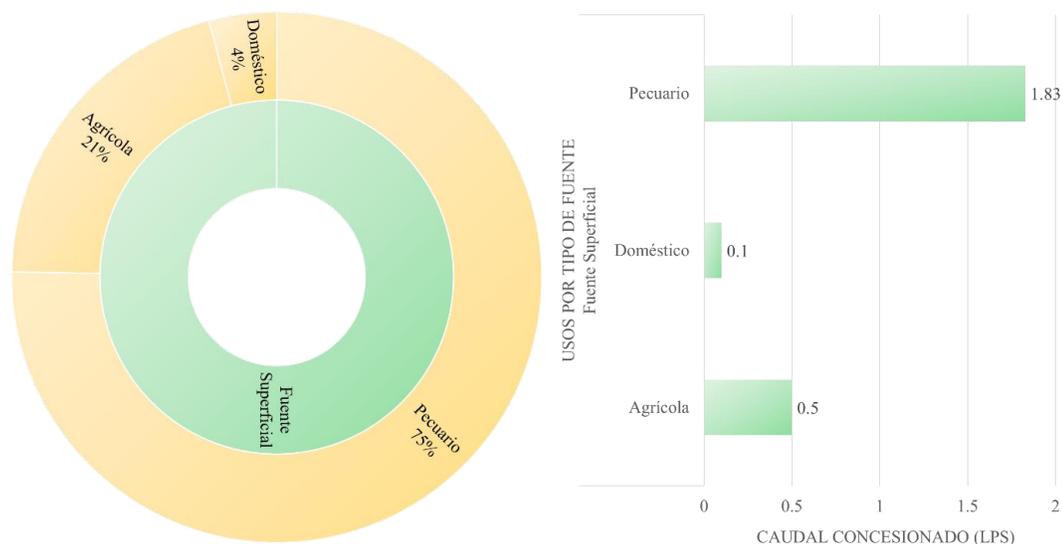
*Figura 128. Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río Rojo.*



*Figura 129. Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Rojo.*

## Concesiones personas naturales

El flujo concesionado a personas naturales es 2.4 LPS, este flujo se encuentra adjudicado sobre fuentes del recurso hídrico superficial y es distribuido en actividades agrícolas 21%, domésticas 4% y pecuarias 75% (**Figura 130**).



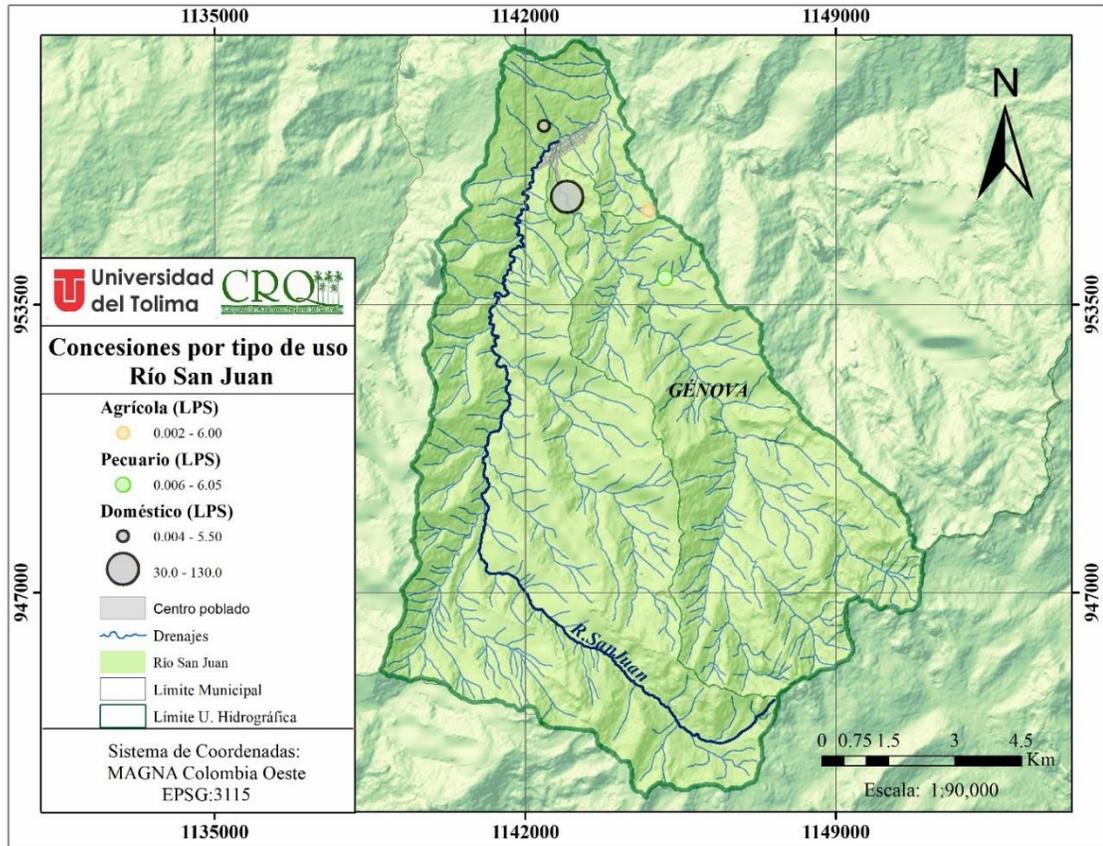
**Figura 130.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Rojo.

### 2.1.26 Unidad hidrográfica Río San Juan

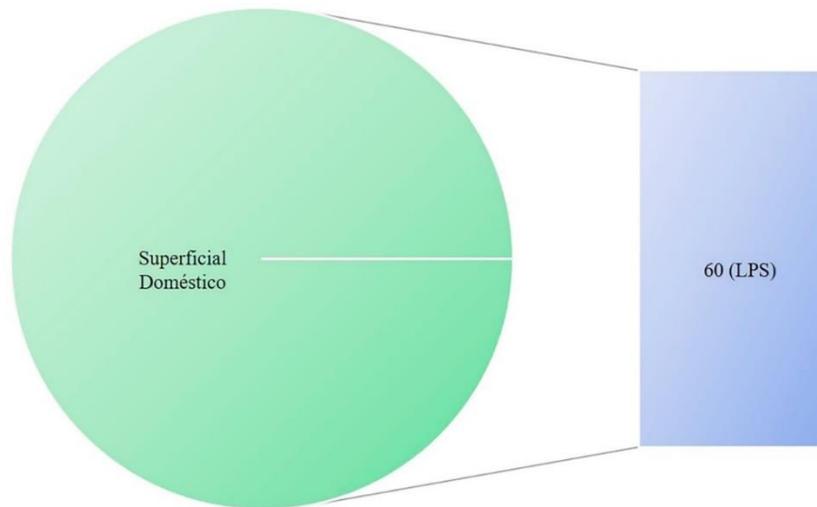
La unidad hidrográfica del río San Juan presenta concesiones otorgadas a personas jurídicas y naturales, estas concesiones se encuentran ubicadas sobre el recurso hídrico superficial (**Figura 131**). fueron adjudicados para usos agrícola, pecuario y doméstico.

## Concesiones personas naturales

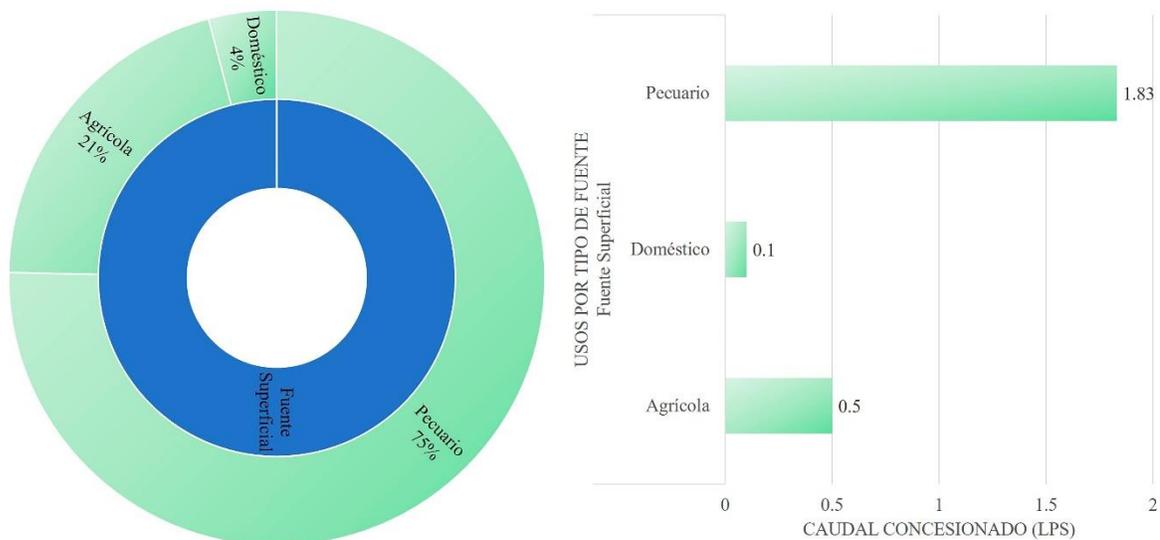
El flujo concesionado a personas naturales es 2.4 LPS, es distribuido en actividades agrícolas (21%), domésticas (4%) y pecuarias (75%) como se aprecia en la (**Figura 133**).



**Figura 131.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río San Juan.



**Figura 132.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río San Juan.



**Figura 133.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río San Juan.

### 2.1.27 Unidad hidrográfica Río Santo Domingo

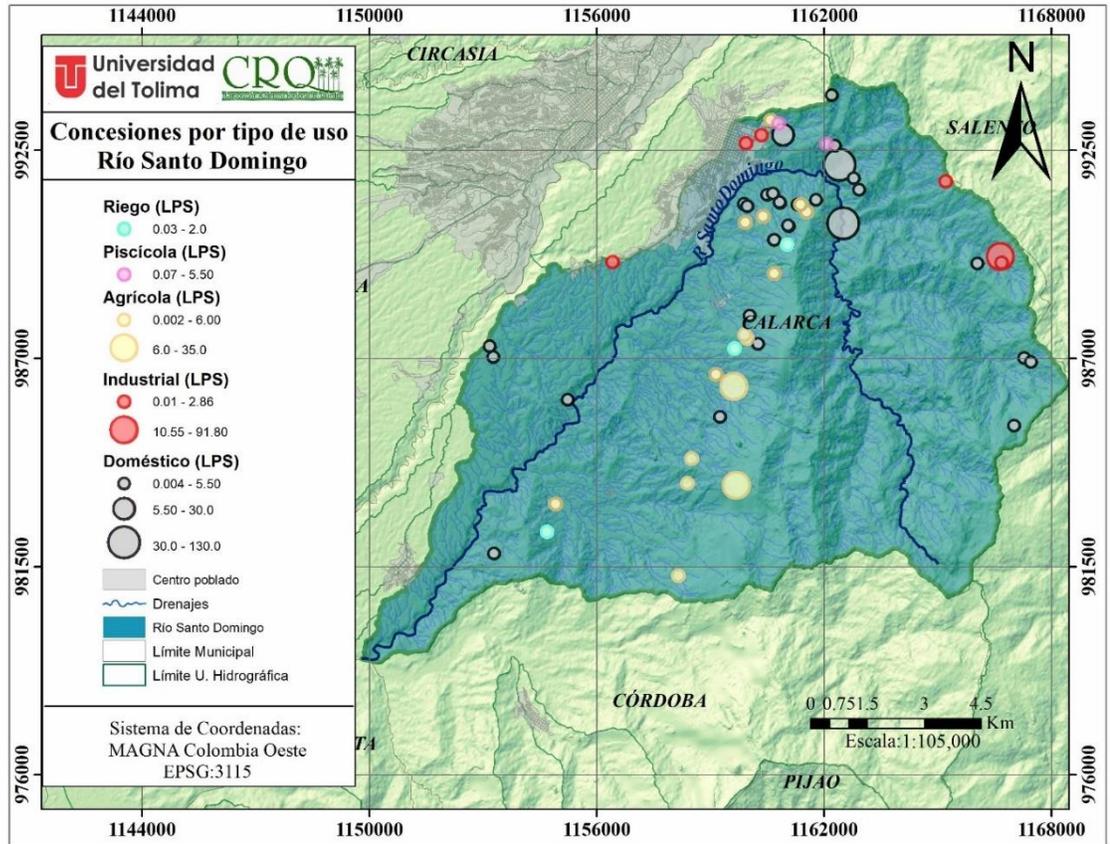
El caudal concesionado actualmente en la unidad hidrográfica del río Santo Domingo es de 257 LPS, según lo reportado por la Autoridad Ambiental, estas concesiones se encuentran adjudicadas para fines agrícolas, domésticos, industrial, pecuario, piscícola y riego (**Figura 134**). El caudal concesionado proviene de fuentes del recurso hídrico superficial y subterráneo, y están registradas a nombre de personas jurídicas (94%) y naturales (6%)

#### Concesiones personas jurídicas

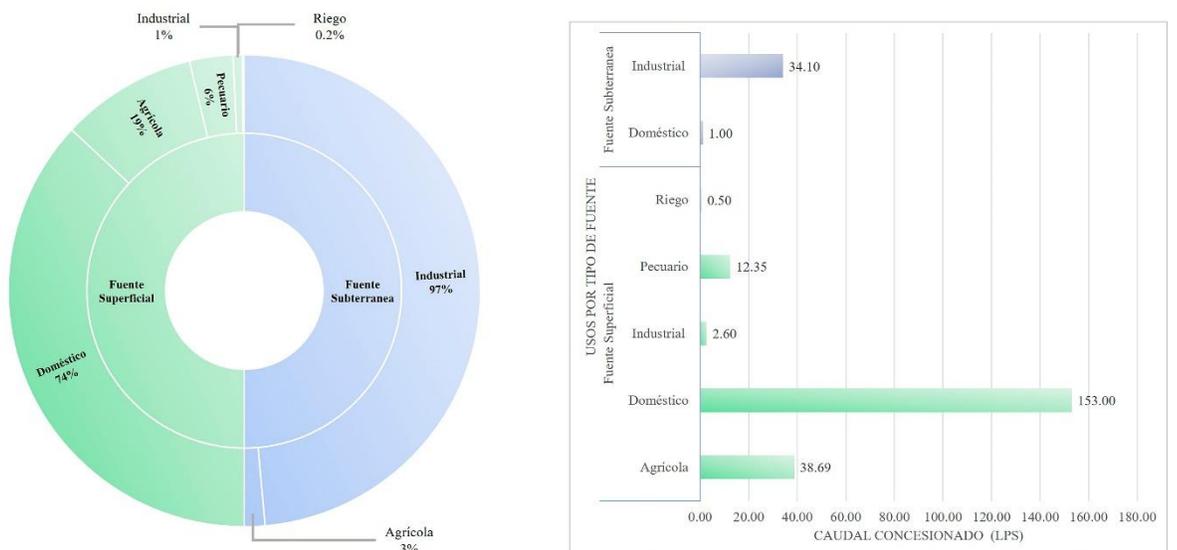
El flujo concesionado a personas jurídicas es 242 LPS, este flujo corresponde a fuentes de agua superficial (85%) y fuentes de agua subterránea (15%). El flujo otorgado sobre fuentes de agua superficial se encuentra distribuido de la siguiente manera: actividades agrícolas (19%), domésticas (74%), industriales (1%), pecuarias (9%) y riego (0.2%). Por otra parte, el flujo subterráneo se encuentra adjudicado para uso doméstico (3%) e industrial (97%) **Figura 135**.

#### Concesiones personas naturales

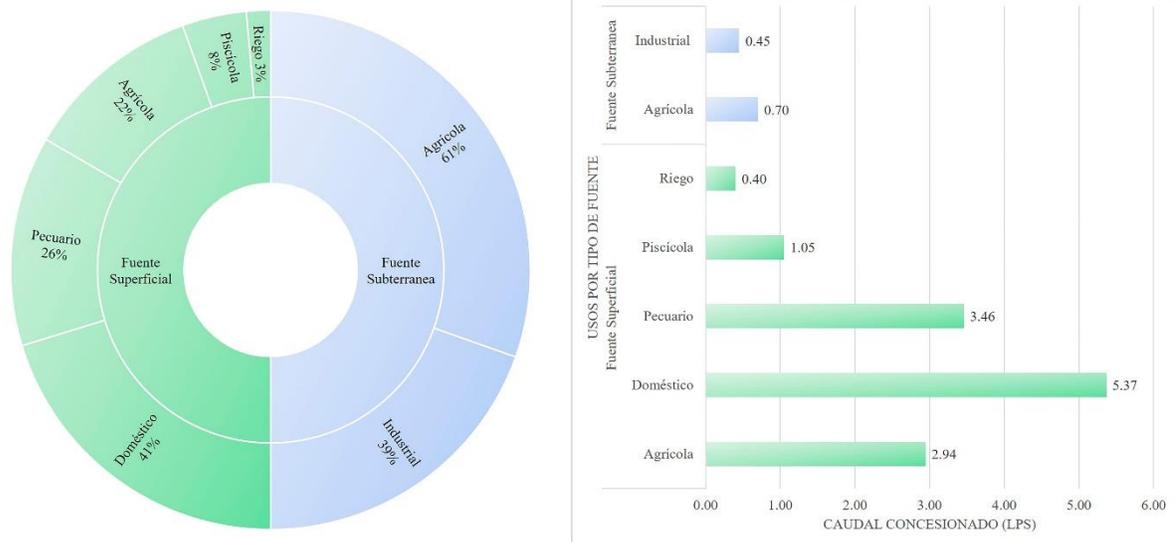
El flujo concesionado a personas naturales es 14.4 LPS, este flujo se encuentra adjudicado sobre fuentes del recurso hídrico superficiales (92%) y subterráneo (8%). El flujo otorgado sobre fuentes de agua superficial es distribuido de la siguiente manera: actividades agrícolas 22%, domésticas 41%, pecuarias 26%, piscícolas 8% y en riego 3% (**Figura 136**).



**Figura 134.** Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río Santo Domingo.



**Figura 135.** Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Santo Domingo.



**Figura 136.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Santo Domingo.

### 2.1.28 Unidad hidrográfica Río Verde

El caudal concesionado actualmente en la unidad hidrográfica del Río Verde es de 414 LPS, según lo reportado por la autoridad ambiental, estas concesiones se encuentran adjudicadas para fines agrícolas, domésticos, industriales, pecuarios, piscícolas y riego (**Figura 137**). Estas concesiones están registradas a nombre de personas jurídicas (94%) y naturales (6%) ubicadas en fuentes del recurso hídrico superficial y subterráneo. **Figura 137**.

#### Concesiones personas jurídicas

El flujo concesionado a personas jurídicas es 486.4 LPS, este flujo comprende fuentes de agua superficial (92%) y fuentes subterráneas (8%). El flujo otorgado sobre fuentes superficiales se encuentra distribuido de la siguiente manera: actividades agrícolas (46.9%), domésticas (38.5%), industrial (0.6%), pecuarias (13.6%) y riego 0.4% (**Figura 138**). El flujo subterráneo se encuentra adjudicado para uso agrícola (90.9%) y doméstico (9.1%).

#### Concesiones personas naturales

El flujo concesionado a personas naturales es 25.8 LPS, este flujo se encuentra adjudicado sobre fuentes del recurso hídrico superficiales (96%) y subterráneo (4%). El flujo otorgado sobre fuentes de agua superficial es distribuido de la siguiente manera: actividades agrícolas 45%, domésticas 31%, pecuarias 15%, piscícolas 7% y en riego 2% (**Figura 139**).

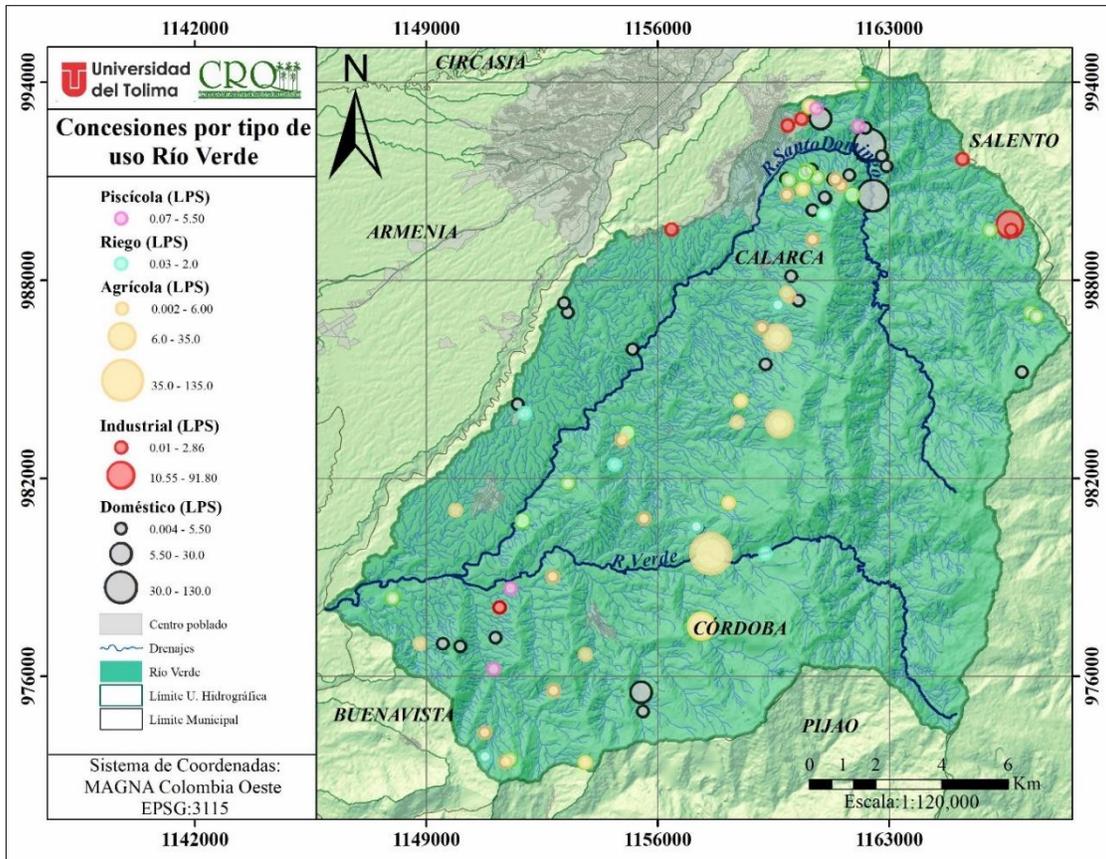


Figura 137. Concesiones de recurso hídrico otorgadas en la unidad hidrográfica Río Verde.

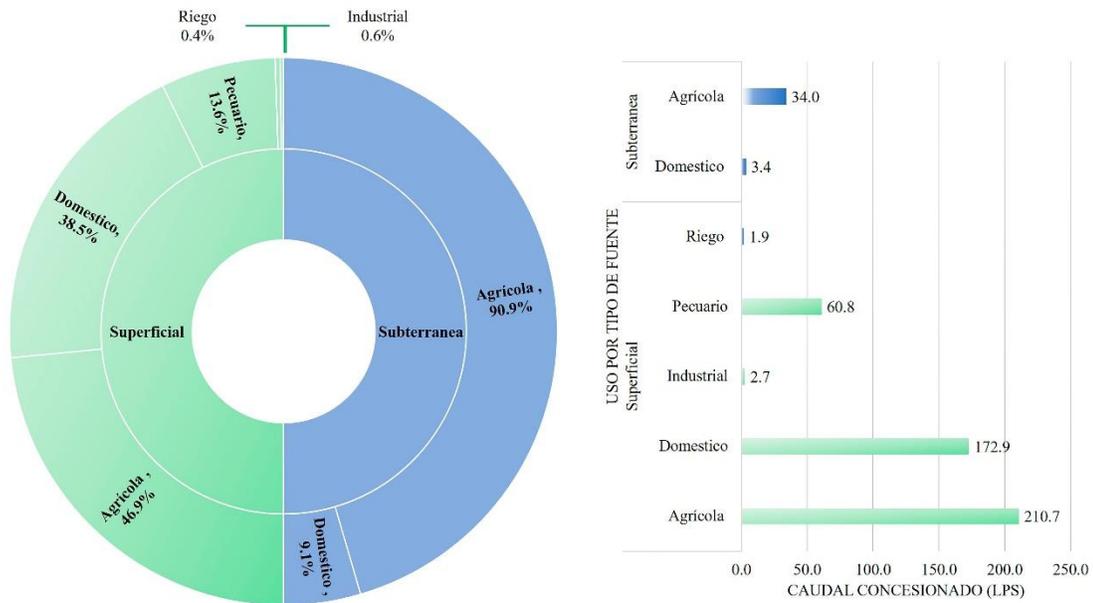
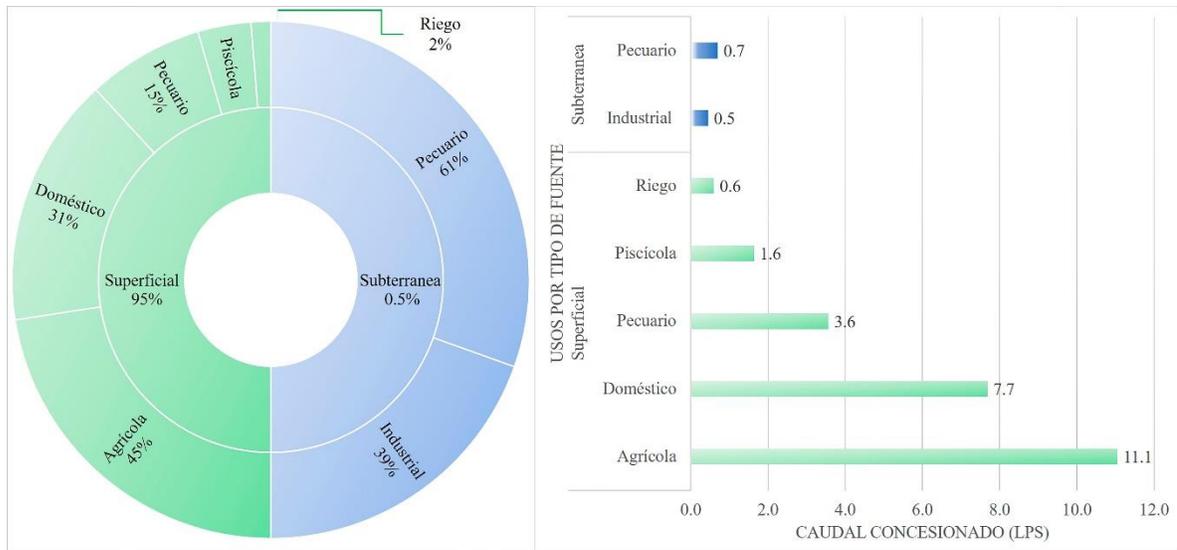


Figura 138. Distribución de concesiones otorgadas a personas jurídicas por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Verde.



**Figura 139.** Distribución de concesiones otorgadas a personas naturales por uso y tipo de fuente en la unidad hidrográfica Río Verde.

### 2.1.29 Conclusiones

1. El análisis de concesiones permitió identificar que el recurso hídrico superficial podría estar bajo una mayor presión en comparación a las fuentes subterráneas, lo anterior se debe a que la mayoría de las concesiones se encuentran adjudicadas sobre fuentes superficiales 88% (1410 LPS) en relación con las identificadas en el recurso hídrico subterráneo 12% (192 LPS).
2. El uso doméstico cuenta con la mayor cantidad de caudal concesionado con un 44% (694 LPS), debido a que varias de estas concesiones se encuentran otorgadas a empresas de acueducto o acueductos veredales que requieren una gran cantidad del recurso para suplir esta demanda. El uso agrícola registra un porcentaje considerable de participación con 29% (467 LPS) del flujo total concesionado, gran parte de este caudal corresponde a concesiones otorgadas al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío.
3. Se evidenció que el 88.4% (1416 LPS) del flujo concesionado se encuentra otorgado a personas jurídicas y el restante 11.6% (185 LPS) corresponde a el flujo adjudicado a personas naturales. Lo que permite inferir que el sector privado se beneficia en mayor medida de las concesiones en las unidades hidrográficas analizadas.



## **2.2 Estimación y proyección de demanda doméstica**

### **2.2.1 Introducción**

En esta subsección se presenta el cálculo de las proyecciones de población para cada municipio del departamento del Quindío con base en el ajuste y selección del modelo que demuestre la mejor eficiencia para estimar el valor poblacional observado en los censos de 2005 y 2018. Los modelos fueron implementados con la información de los censos del Departamento Nacional de Estadística (DANE) de los años 1985, 1993, 2005 y 2018 y fueron evaluados mediante el cálculo de la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE). Los análisis se realizaron para la población del centro poblado principal del municipio (Cabecera) y para el resto de población de cada municipio de manera separada. Con base en las proyecciones de población realizadas para el periodo 2019 a 2029 se determinaron las cargas contaminantes de DBO, DQO, SST, Nitrógeno orgánico, Amonio y Coliformes Totales.

Se realizó la revisión de estudios realizados por CRQ: PORH Río Quindío (2015), POMCA Río La Vieja (2018) y Evaluación regional del Agua (2017). Sin embargo, dichos valores de demanda fueron actualizados ya que se encontró que ninguno de los referidos estudios consideraba el censo de población de 2018, de manera que fue actualizada la información, manteniendo la metodología implementada en el estudio de la Evaluación Regional del Agua en el departamento del Quindío.

### **2.2.2 Proyecciones de población**

La proyección de la demanda de aguas en las unidades hidrográficas objeto de estudio se realizó a partir de la proyección del crecimiento poblacional urbano y rural de los municipios que tienen influencia directa en el balance hídrico superficial, a partir del cálculo de las proyecciones de población para cada municipio del departamento del Quindío. Los análisis se realizaron para la población del centro poblado principal del municipio (Cabecera) y para el resto de población de cada municipio de manera separada. Con base en las proyecciones de población realizadas para el periodo 2019 a 2029 se determinaron las cargas contaminantes de DBO, DQO, SST, Nitrógeno orgánico, Amonio y Coliformes Totales.

Con el propósito de obtener cifras muy aproximadas a la realidad de la forma como se da el cambio de tendencia poblacional urbana y rural para los años 2019 -2029 de los municipios Armenia, Buenavista, Calarcá, Circasia, Córdoba, Filandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento, el presente estudio se apoyó en tres modelos matemáticos que simulan el cambio poblacional con ritmos ajustados a la tendencia de la propia serie de censos o datos históricos. Estos modelos generan resultados a partir de los cuatro últimos censos de población colombiana realizados por el DANE en los años 1985,1993, 2005 y 2018 (Tabla 3).

Ciudad	Censo 1985			Censo 1993			Censo 2005			Censo 2018		
	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total
Armenia	188222	7231	195453	216467	6817	223284	265020	7554	272574	268445	7196	275641
Buenavista	1199	2041	3240	1364	2764	4128	1173	1781	2954	1192	1549	2741
Calarca	39520	14076	53596	44047	15095	59142	54639	16966	71605	55100	15562	70662
Circasia	11888	7192	19080	14414	6587	21001	19543	7162	26705	20495	6640	27135
Cordoba	2438	2621	5059	2799	2726	5525	2897	2341	5238	3312	2223	5535
Filandia	4030	7064	11094	4868	6466	11334	6313	6197	12510	6455	4890	11345
Genova	5076	4726	9802	5309	4333	9642	4756	4537	9293	4001	3120	7121
La Tebaida	16985	2628	19613	19353	2526	21879	29955	2793	32748	29595	2969	32564
Montenegro	23048	7455	30503	26148	6472	32620	31252	7462	38714	29741	5583	35324
Pijao	4422	3683	8105	4173	3598	7771	3686	2735	6421	2893	1984	4877
Quimbaya	21184	9284	30468	22563	9286	31849	26433	6495	32928	23877	5240	29117
Salento	2617	3578	6195	2848	3995	6843	3494	3507	7001	3746	3832	7578
Quindío	320629	71579	392208	364353	70665	435018	449161	69530	518691	448852	60788	509640

Fuente: DANE (2018)

Tabla 3. Población de los municipios del departamento del Quindío, según resultados censales del DANE

### 2.2.3 Metodología

La estimación de las proyecciones de población de los municipios de Armenia, Buenavista, Calarcá, Circasia, Córdoba, Filandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento para el período comprendido entre los años 2019 - 2029, se calculó con base en el ajuste y evaluación mediante el cálculo de la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE) y selección del modelo que demuestra mayor eficiencia para estimar el valor poblacional observado en los censos 2005 y 2018. Se implementaron los métodos de cálculo (Aritmético, Geométrico y Exponencial) propuestos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Colombia, 2010; Colombia, 2017):

#### 2. 2. 3. 1 Modelos poblacionales implementados

##### Método Aritmético

Este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Donde:

$P_f$ : Población (hab) proyectada para el año t

$P_{uc}$ : Población (hab) del último año censado

$P_{ci}$ : Población (hab) del censo inicial.

$t_f$ : Año al cual se quiere proyectar  
 $t_{ci}$ : Año del censo inicial  
 $t_{uc}$ : Último año censado

### Método Geométrico

Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} (1+r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde  $r$  es la tasa de crecimiento anual en forma decimal la cual se calcula así:

$$r = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^{1/m} - 1$$

Donde:

$P_f$ : Población (hab) proyectada para el año  $t$

$P_{uc}$ : Población (hab) del último año censado

$P_{ci}$ : Población (hab) del censo inicial.

$t_f$ : Año al cual se quiere proyectar

$t_{ci}$ : Año del censo inicial

$t_{uc}$ : Último año censado

$r$ : Tasa de crecimiento

### Método Exponencial

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión, es un método que tiene más memoria de la tasa de crecimiento/decrecimiento en comparación con los dos anteriores. Su expresión es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

Donde  $k$  es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde:

$P_f$ : Población (hab) proyectada para el año t

$P_{ci}$ : Población (hab) del censo inicial.

$t_f$ : Año al cual se quiere proyectar

$t_{ci}$ : Año del censo inicial

$P_{cp}$ : Población (hab) censo posterior

$P_{ca}$ : Población (hab) censo anterior

$t_{cp}$ : Año censo posterior

$t_{ca}$ : Año censo anterior

### 2. 2. 3. 2 Estimación de la población flotante

La población flotante es entendida para este cálculo como la población de visitantes nacionales y extranjeros al departamento del Quindío, equivale a 1'397.585 personas/año y 7658 personas/día para el departamento del Quindío, con una estancia permanente promedio de 2 días según el Observatorio de Turismo del Quindío Semana Santa de 2019 (pág. 11) y según histórico de CITUR (Cámara de Comercio de Armenia y el Quindío, 2018). El cálculo de esta estimación se realiza con base en la información del departamento del Quindío (CITUR, 2018), correspondiente a habitaciones en establecimientos de alojamiento y hospedaje, y, a la ocupación hotelera (%), de la siguiente manera:

$$Pv = (H * O)/(100 * 365)$$

Donde:

$Pv$  : Población flotante (personas/año)

$O$  : Ocupación hotelera (%)

$H$  : Total de habitaciones en establecimientos de alojamiento y hospedaje

365: Días del año.

La población flotante por día se calculó de la siguiente manera:

$$Pvd = Pv/(365 * d)$$

Donde:

$Pvd$  = Población flotante (personas/día)

365: Días del año

$d$ : Días de estancia permanente promedio

### 2. 2. 3. 3 Selección del modelo

El ajuste de los métodos de cálculo empleados para estimar la proyección de la población de la cabecera municipal y resto de los municipios Armenia, Buenavista, Calarcá, Circasia, Córdoba, Filandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento, se presenta a través de figuras correspondientes a los resultados de la implementación y evaluación de los tres métodos: aritmético, geométrico y exponencial.

Se puede apreciar al evaluar los modelos utilizados para estimar la proyección de la población de los municipios del departamento del Quindío, tanto para la cabecera municipal como para el resto de cada municipio, el mejor ajuste con relación al censo 2005 y al censo de 2018, presentado en el método exponencial para cada uno de los municipios. En los dos casos de proyección (2019 y 2029) se consideró el valor de la población flotante “visitantes nacionales y extranjeros no residentes, estimados en las tres temporadas turísticas del año: Semana santa, mitad de año y fin de año”. El Anexo 1 presenta los resultados de ajuste de cada modelo poblacional, con y sin población flotante.

#### **2.2.4 Población proyectada para los municipios del departamento del Quindío**

La tendencia de proyección de la población estimada para los municipios de Armenia (Figura 140), Calarcá (Figura 141), La Tebaida (Figura 142) y Circasia (Figura 143) presenta un crecimiento positivo tanto en la cabecera municipal como en el resto del municipio. Siguiendo el orden en que son mencionados estos municipios, para la cabecera municipal se estima un incremento de 9.34%, 9.75%, 19.41%, y 15.62%, mientras que para el resto de cada municipio el incremento proyectado es de 2.44%, 1.56%, 6.76% y 0.58% respectivamente. Se observa en este grupo, que La Tebaida presenta la proyección de mayor crecimiento de la población, tanto en cabecera como en el resto del municipio, por el contrario, Circasia exhibe la proyección de menor crecimiento.

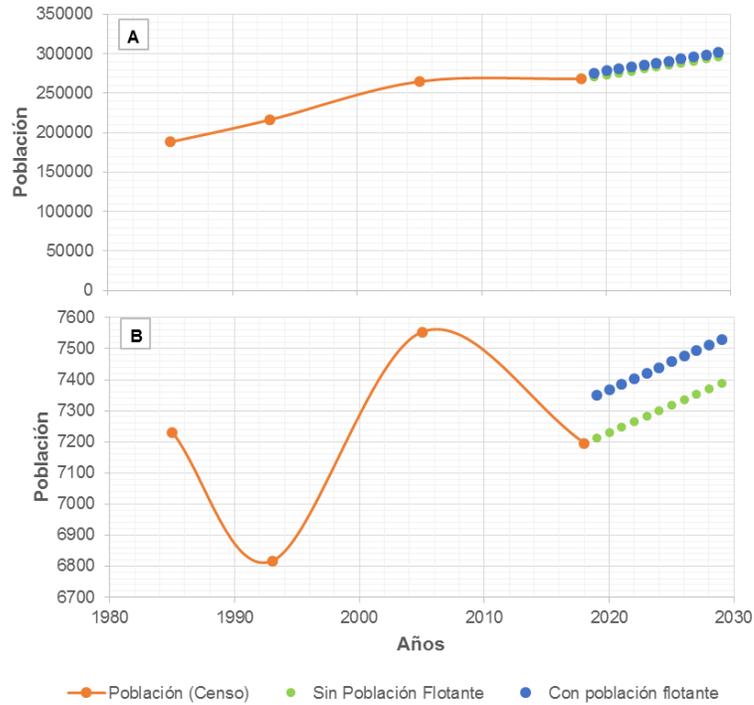


Figura 140. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Armenia, sin y con población flotante al año 2029

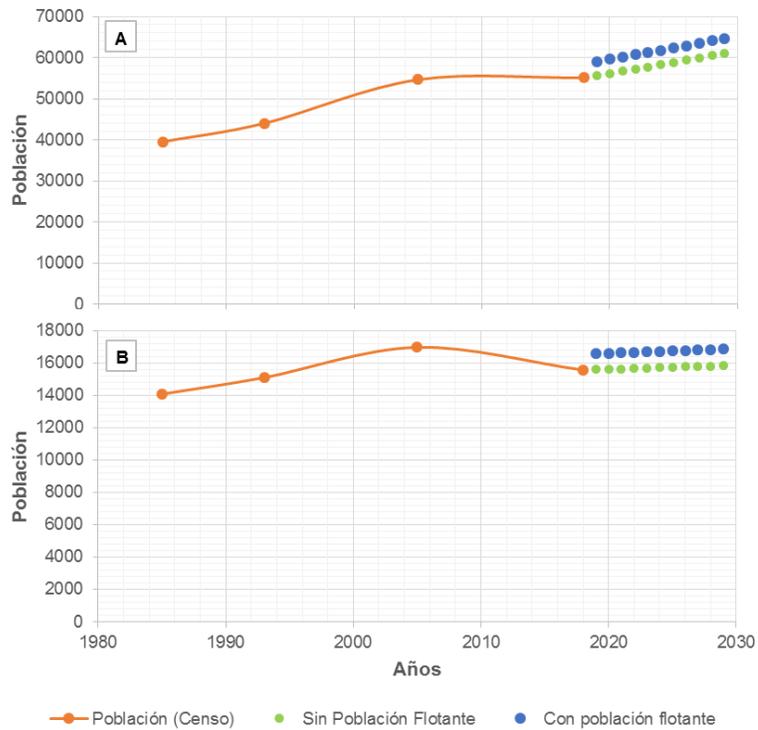


Figura 141. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Calarcá, sin y con población flotante al año 2029

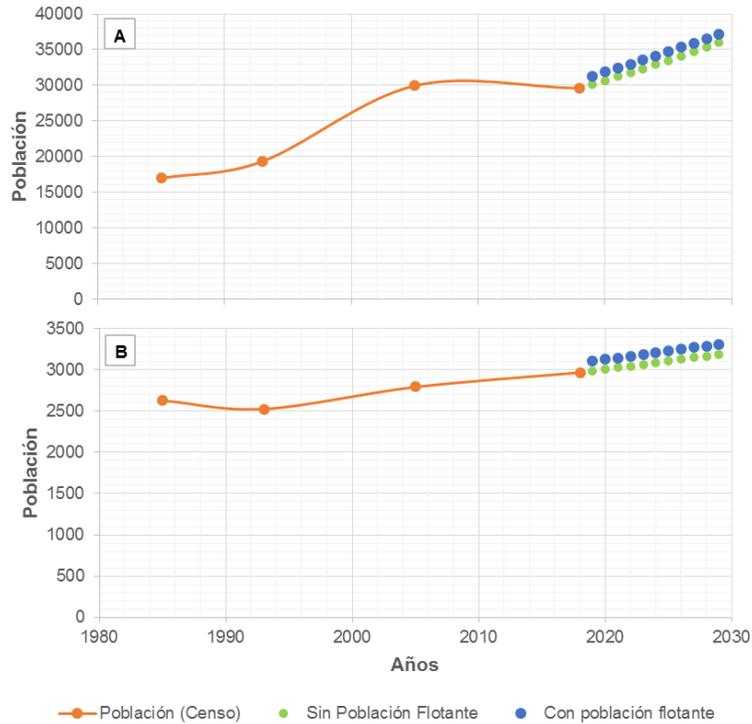


Figura 142. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de La Tebaida, sin y con población flotante al año 2029

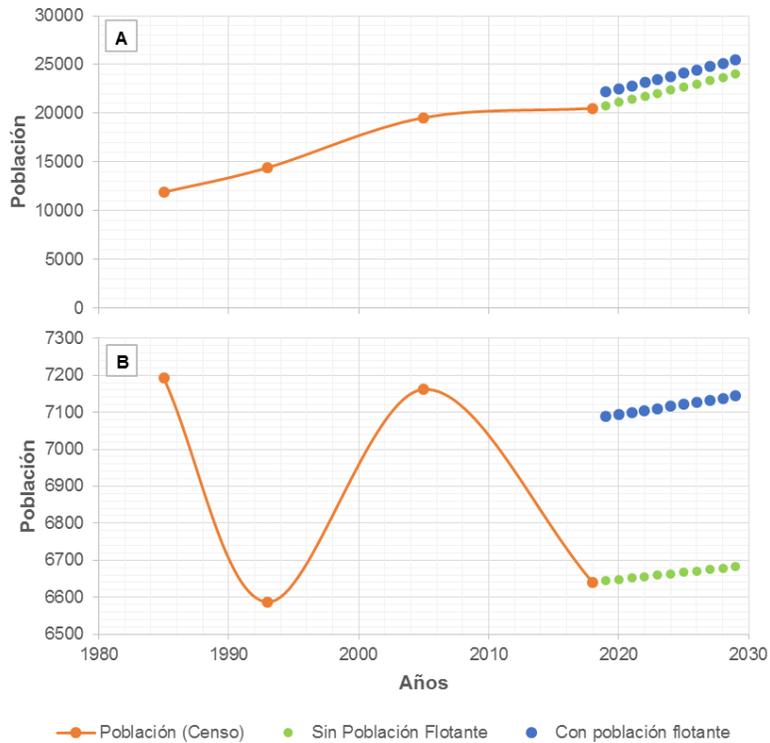


Figura 143. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Circasia, sin y con población flotante al año 2029

La tendencia de proyección de la población estimada para los municipios de Córdoba (Figura 144), Filandia (Figura 145), Salento (Figura 146), Montenegro (Figura 147) y Quimbaya (Figura 148) presenta un crecimiento positivo en la cabecera, mientras en el resto del municipio, la tendencia es negativa. En su respectivo orden, el incremento estimado para la cabecera en este grupo de municipios es 6.80%, 12.4%, 11.85%, 5.68% y 2.72%, entretanto, para el resto del municipio se estima una disminución de 8%, 10.31%, 2%, 5.09% y 20.67%. El mayor crecimiento de la población estimado entre estos municipios corresponde a Filandia, mientras la mayor disminución de población estimada, corresponde a Quimbaya.

La tendencia de proyección de la población estimada para los municipios de Buenavista (Figura 149), Génova (Figura 150) y Pijao (Figura 151) es negativa tanto en la cabecera como en el resto del municipio. Se estimó una disminución de 5.51%, 10.62%, y 13.49% en la cabecera, mientras en el resto del municipio se estimó una disminución en la población de 21.08%, 11.74% y 21.16% correspondientemente. Buenavista y Pijao exhiben valores similares en la tendencia de la proyección de población, con disminución alrededor del 21% en el resto del municipio.

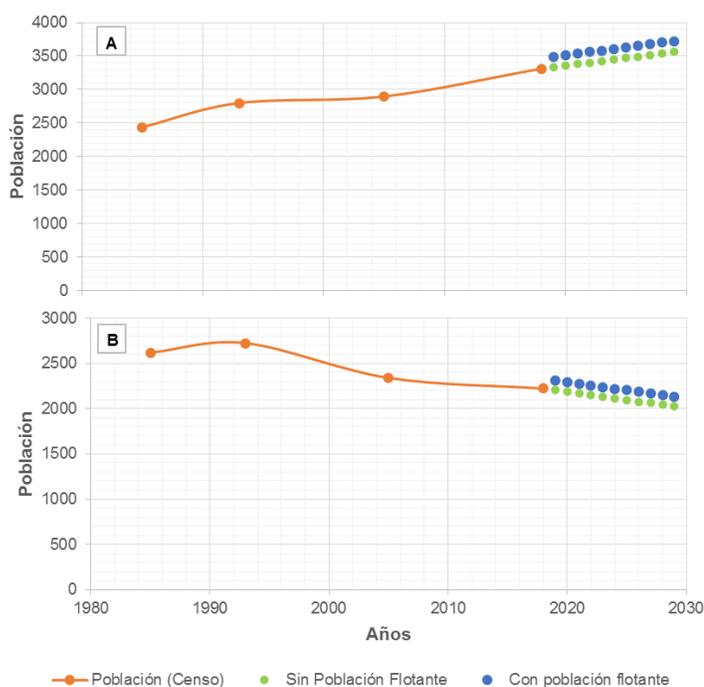


Figura 144. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Córdoba, sin y con población flotante al año 2029



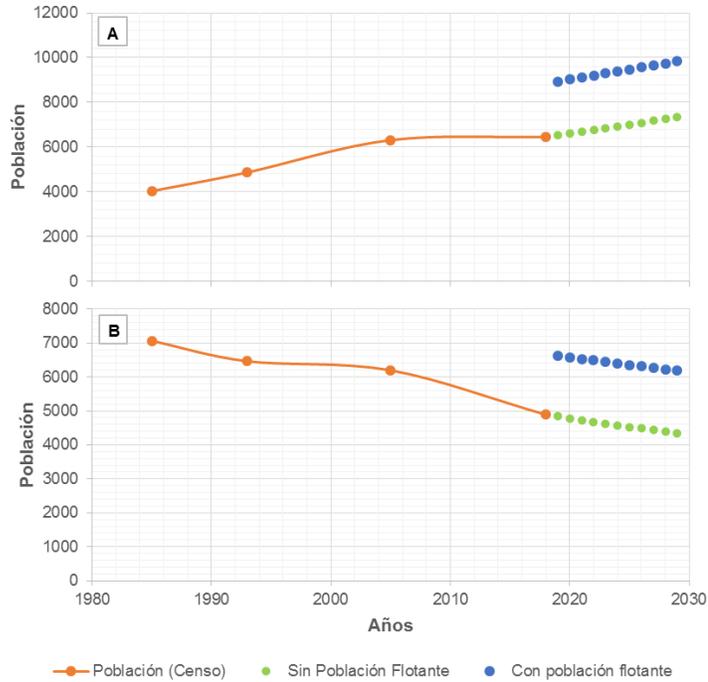


Figura 145. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Filandia, sin y con población flotante al año 2029

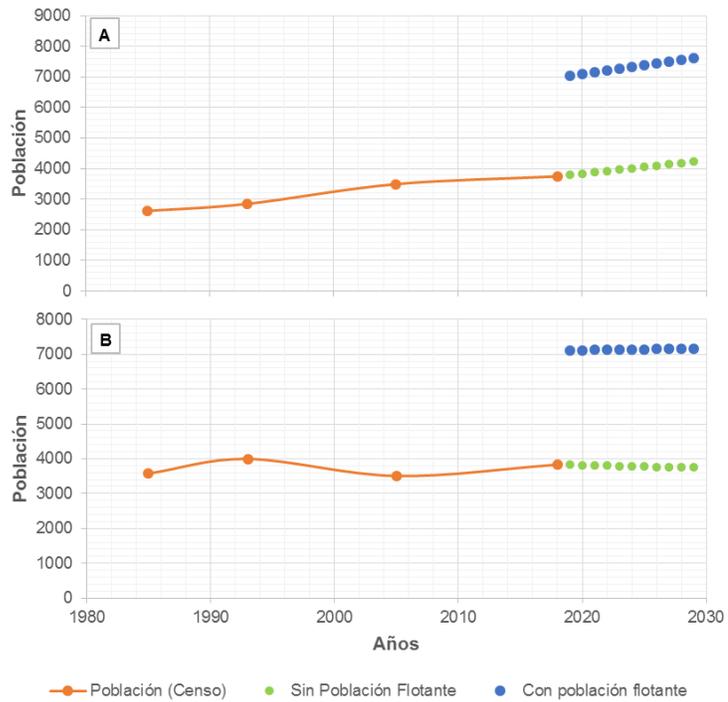


Figura 146. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Salento, sin y con población flotante al año 2029

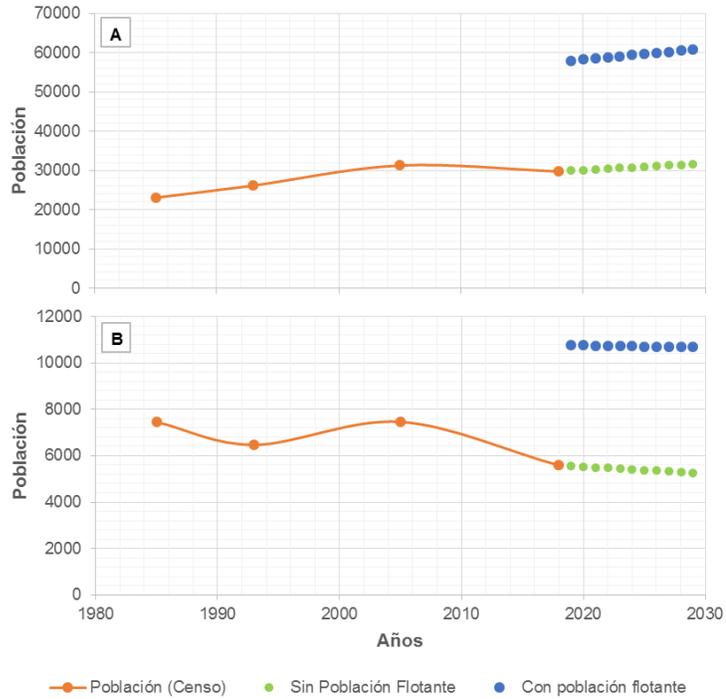


Figura 147. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Montenegro, sin y con población flotante al año 2029

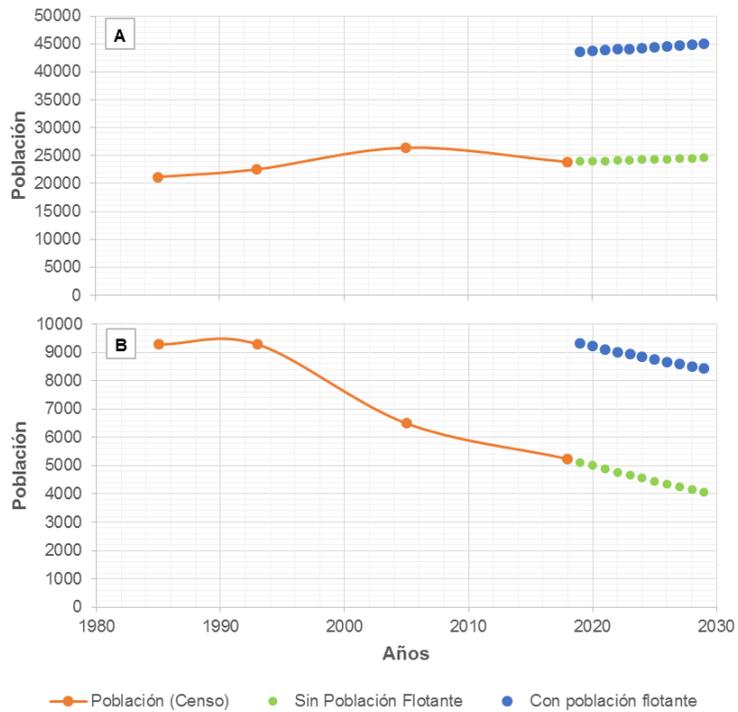


Figura 148. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Quimbaya, sin y con población flotante al año 2029

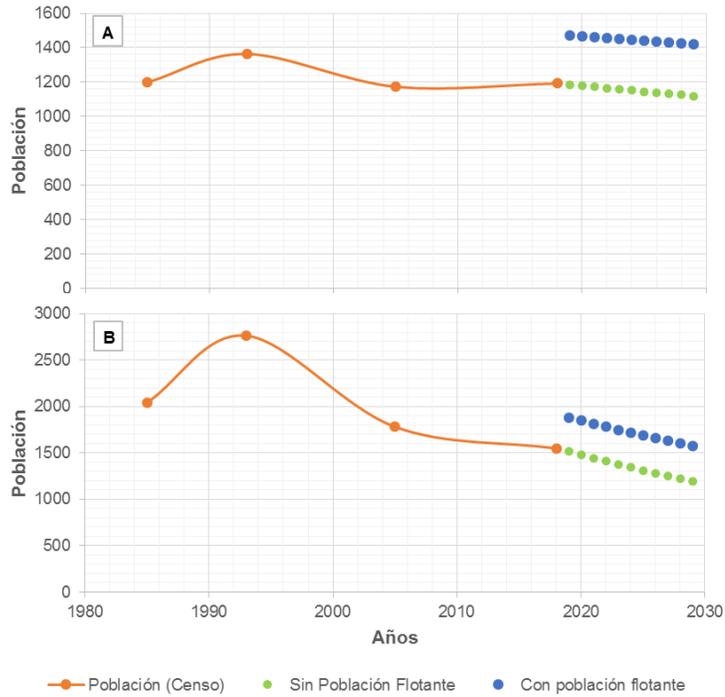


Figura 149. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Buenavista, sin y con población flotante al año 2029

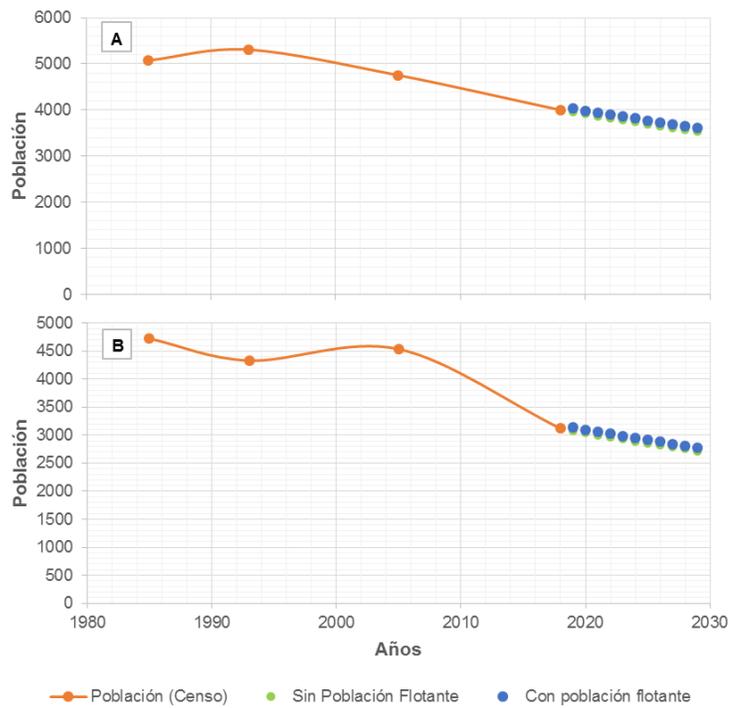


Figura 150. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Génova, sin y con población flotante al año 2029

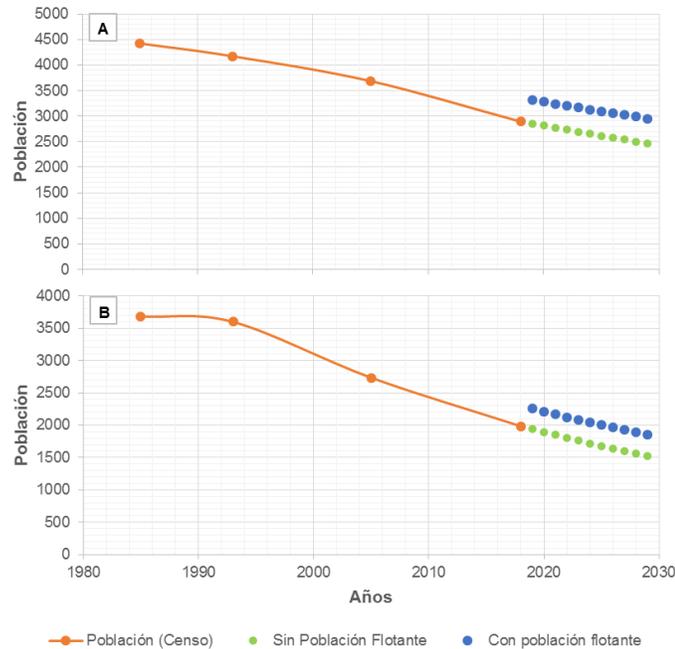


Figura 151. Proyección de la población en la zona urbana (A) y zona rural (B) de Pijao, sin y con población flotante al año 2029

### 2.2.5 Demanda de agua proyectada para Uso Doméstico

El cálculo de la demanda doméstica de los municipios de Armenia, Buenavista, Calarcá, Circasia, Córdoba, Filandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento, se realizó para un horizonte de 10 años, según la metodología indicada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Colombia, 2010; Colombia, 2017). Para el análisis, se utilizaron los censos oficiales de los años 1985, 1993, 2005 y 2018 del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (Tabla 3). La información se complementó con los reportes de las concesiones hídricas de los acueductos municipales y los indicadores técnicos de los sistemas de distribución de agua potable reportados por la Superintendencia de Servicios Públicos.

Para el cálculo, se partió de la estimación de la demanda neta siguiendo los parámetros establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Colombia, 2010; Colombia, 2017). Dentro del proceso, se consideró el índice de agua no contabilizada (IANC) de cada acueducto de acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2014, 2015a, 2015b), con el fin de reconocer las pérdidas técnicas dentro del proceso de estimación de la demanda actual y su proyección, lo cual condujo al cálculo del Caudal Medio Diario (Qmd), Caudal Máximo Diario (QMD) y Caudal Máximo Horario (QMH), tanto en las cabeceras municipales como en el sector rural de los municipios del departamento del Quindío.

La proyección de la demanda hídrica se realizó a partir de la proyección del crecimiento poblacional urbano y rural de cada uno de los municipios. En los dos casos de proyección (2019 y 2029) se consideró el valor de la población flotante “visitantes nacionales y extranjeros no residentes, estimados en las tres temporadas turísticas del año: Semana santa, mitad de año y fin de año”. Según el Ministerio de Comercio Industria y Turismo (CITUR, 2019), para el año 2018 corresponden a 1397585 personas para el departamento del Quindío, que con una estancia promedio de 2 días equivalen a una población teórica permanente de 7658 habitantes.

Se consideraron cuatro escenarios de proyección: (i) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona urbana del departamento del Quindío, sin considerar la población flotante, (ii) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona rural del departamento del Quindío, sin considerar la población flotante, (iii) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona urbana del departamento del Quindío, considerando la población flotante, y (iv) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona rural del departamento del Quindío, considerando la población flotante. Para cada uno de los escenarios se asumió el índice de agua no contabilizada (IANC) real del sistema de abastecimiento y el IANC máximo permisible por la normativa vigente (Minvivienda, resolución 330 de junio de 2017).

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de la demanda doméstica para el escenario (i) (**Tabla 4** y **Tabla 5**), escenario (ii) (**Tabla 6** y **Tabla 7**), escenario (iii) (**Tabla 8** y **Tabla 9**), y escenario (iv) (**Tabla 10** y **Tabla 11**).

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2019	270851,82	EXPONENCIAL	130	30	185,71	582,19	756,84	873,28
Buenavista	2019	1185,26	EXPONENCIAL	130	36	203,13	2,79	3,62	4,18
Calarcá	2019	55614,93	EXPONENCIAL	130	25	173,33	111,57	145,05	167,36
Circasia	2019	20794,62	EXPONENCIAL	130	37	206,35	49,66	64,56	74,50
Córdoba	2019	3333,87	EXPONENCIAL	130	30	185,71	7,17	9,32	10,75
Filandia	2019	6530,87	EXPONENCIAL	130	18	158,54	11,98	15,58	17,98
Génova	2019	3956,31	EXPONENCIAL	130	23	168,83	7,73	10,05	11,60
La Tebaida	2019	30124,61	EXPONENCIAL	130	38	209,68	73,11	95,04	109,66
Montenegro	2019	29905,73	EXPONENCIAL	130	38	209,68	72,58	94,35	108,86
Pijao	2019	2851,39	EXPONENCIAL	130	30	185,71	6,13	7,97	9,19
Quimbaya	2019	23941,18	EXPONENCIAL	130	29	183,10	50,74	65,96	76,10
Salento	2019	3788,18	EXPONENCIAL	130	33	194,03	8,51	11,06	12,76

*Tabla 4. Demandas hídricas actuales de uso doméstico para la zona urbana de cada municipio, sin población flotante (escenario i)*

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2029	296139,40	EXPONENCIAL	130	30	185,71	636,54	827,51	954,81
Buenavista	2029	1119,95	EXPONENCIAL	130	36	203,13	2,63	3,42	3,95
Calarcá	2029	61036,43	EXPONENCIAL	130	25	173,33	122,45	159,18	183,67
Circasia	2029	24042,63	EXPONENCIAL	130	37	206,35	57,42	74,65	86,13
Córdoba	2029	3560,73	EXPONENCIAL	130	30	185,71	7,65	9,95	11,48
Filandia	2029	7340,45	EXPONENCIAL	130	18	158,54	13,47	17,51	20,20
Génova	2029	3536,00	EXPONENCIAL	130	23	168,83	6,91	8,98	10,36
La Tebaida	2029	35970,98	EXPONENCIAL	130	38	209,68	87,30	113,48	130,94
Montenegro	2029	31604,07	EXPONENCIAL	130	38	209,68	76,70	99,71	115,05
Pijao	2029	2466,82	EXPONENCIAL	130	30	185,71	5,30	6,89	7,95
Quimbaya	2029	24592,58	EXPONENCIAL	130	29	183,10	52,12	67,75	78,17
Salento	2029	4236,97	EXPONENCIAL	130	33	194,03	9,52	12,37	14,27

*Tabla 5. Demandas hídricas futuras de uso doméstico para la zona urbana de cada municipio, sin población flotante (escenario i)*

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2019	7213,36	EXPONENCIAL	130	30	185,71	15,50	20,16	23,26
Buenavista	2019	1512,75	EXPONENCIAL	130	36	203,13	3,56	4,62	5,33
Calarcá	2019	15586,08	EXPONENCIAL	130	25	173,33	31,27	40,65	46,90
Circasia	2019	6643,83	EXPONENCIAL	130	37	206,35	15,87	20,63	23,80
Córdoba	2019	2204,55	EXPONENCIAL	130	30	185,71	4,74	6,16	7,11
Filandia	2019	4837,08	EXPONENCIAL	130	18	158,54	8,88	11,54	13,31
Génova	2019	3081,29	EXPONENCIAL	130	23	168,83	6,02	7,83	9,03
La Tebaida	2019	2988,47	EXPONENCIAL	130	38	209,68	7,25	9,43	10,88
Montenegro	2019	5553,89	EXPONENCIAL	130	38	209,68	13,48	17,52	20,22
Pijao	2019	1937,39	EXPONENCIAL	130	30	185,71	4,16	5,41	6,25
Quimbaya	2019	5120,07	EXPONENCIAL	130	29	183,10	10,85	14,11	16,28
Salento	2019	3824,27	EXPONENCIAL	130	33	194,03	8,59	11,16	12,88

*Tabla 6. Demandas hídricas actuales de uso doméstico para la zona rural de cada municipio, sin población flotante (escenario ii)*

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2029	7389,32	EXPONENCIAL	130	30	185,71	15,88	20,65	23,82
Buenavista	2029	1193,78	EXPONENCIAL	130	36	203,13	2,81	3,65	4,21
Calarcá	2029	15828,98	EXPONENCIAL	130	25	173,33	31,76	41,28	47,63
Circasia	2029	6682,24	EXPONENCIAL	130	37	206,35	15,96	20,75	23,94
Córdoba	2029	2028,29	EXPONENCIAL	130	30	185,71	4,36	5,67	6,54
Filandia	2029	4338,38	EXPONENCIAL	130	18	158,54	7,96	10,35	11,94
Génova	2029	2719,66	EXPONENCIAL	130	23	168,83	5,31	6,91	7,97
La Tebaida	2029	3190,35	EXPONENCIAL	130	38	209,68	7,74	10,07	11,61
Montenegro	2029	5271,06	EXPONENCIAL	130	38	209,68	12,79	16,63	19,19
Pijao	2029	1527,46	EXPONENCIAL	130	30	185,71	3,28	4,27	4,92
Quimbaya	2029	4061,85	EXPONENCIAL	130	29	183,10	8,61	11,19	12,91
Salento	2029	3747,80	EXPONENCIAL	130	33	194,03	8,42	10,94	12,62

*Tabla 7. Demandas hídricas futuras de uso doméstico para la zona rural de cada municipio, sin población flotante (escenario ii)*

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2019	275955,51	EXPONENCIAL	130	30	185,71	593,16	771,11	889,74
Buenavista	2019	1472,99	EXPONENCIAL	130	36	203,13	3,46	4,50	5,19
Calarcá	2019	59093,67	EXPONENCIAL	130	25	173,33	118,55	154,12	177,83
Circasia	2019	22184,44	EXPONENCIAL	130	37	206,35	52,98	68,88	79,47
Córdoba	2019	3491,57	EXPONENCIAL	130	30	185,71	7,51	9,76	11,26
Filandia	2019	8938,99	EXPONENCIAL	130	18	158,54	16,40	21,32	24,60
Génova	2019	4029,95	EXPONENCIAL	130	23	168,83	7,87	10,24	11,81
La Tebaida	2019	31316,29	EXPONENCIAL	130	38	209,68	76,00	98,80	114,00
Montenegro	2019	57966,05	EXPONENCIAL	130	38	209,68	140,67	182,88	211,01
Pijao	2019	3319,36	EXPONENCIAL	130	30	185,71	7,13	9,28	10,70
Quimbaya	2019	43581,17	EXPONENCIAL	130	29	183,10	92,36	120,06	138,54
Salento	2019	7047,41	EXPONENCIAL	130	33	194,03	15,83	20,57	23,74

*Tabla 8.. Demandas hídricas actuales de uso doméstico para la zona urbana de cada municipio, con población flotante (escenario iii)*

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2029	301440,70	EXPONENCIAL	130	30	185,71	647,94	842,32	971,91
Buenavista	2029	1418,82	EXPONENCIAL	130	36	203,13	3,34	4,34	5,00
Calarcá	2029	64649,87	EXPONENCIAL	130	25	173,33	129,70	168,61	194,55
Circasia	2029	25486,27	EXPONENCIAL	130	37	206,35	60,87	79,13	91,30
Córdoba	2029	3724,53	EXPONENCIAL	130	30	185,71	8,01	10,41	12,01
Filandia	2029	9841,80	EXPONENCIAL	130	18	158,54	18,06	23,48	27,09
Génova	2029	3612,49	EXPONENCIAL	130	23	168,83	7,06	9,18	10,59
La Tebaida	2029	37208,80	EXPONENCIAL	130	38	209,68	90,30	117,39	135,45
Montenegro	2029	60750,88	EXPONENCIAL	130	38	209,68	147,43	191,66	221,15
Pijao	2029	2952,91	EXPONENCIAL	130	30	185,71	6,35	8,25	9,52
Quimbaya	2029	44993,03	EXPONENCIAL	130	29	183,10	95,35	123,95	143,02
Salento	2029	7622,40	EXPONENCIAL	130	33	194,03	17,12	22,25	25,68

Tabla 9.. Demandas hídricas futuras de uso doméstico para la zona urbana de cada municipio, con población flotante (escenario iii)

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2019	7349,29	EXPONENCIAL	130	30	185,71	15,80	20,54	23,70
Buenavista	2019	1879,97	EXPONENCIAL	130	36	203,13	4,42	5,75	6,63
Calarcá	2019	16561,00	EXPONENCIAL	130	25	173,33	33,22	43,19	49,84
Circasia	2019	7087,87	EXPONENCIAL	130	37	206,35	16,93	22,01	25,39
Córdoba	2019	2308,83	EXPONENCIAL	130	30	185,71	4,96	6,45	7,44
Filandia	2019	6620,65	EXPONENCIAL	130	18	158,54	12,15	15,79	18,22
Génova	2019	3138,64	EXPONENCIAL	130	23	168,83	6,13	7,97	9,20
La Tebaida	2019	3106,69	EXPONENCIAL	130	38	209,68	7,54	9,80	11,31
Montenegro	2019	10765,07	EXPONENCIAL	130	38	209,68	26,12	33,96	39,19
Pijao	2019	2255,36	EXPONENCIAL	130	30	185,71	4,85	6,30	7,27
Quimbaya	2019	9320,29	EXPONENCIAL	130	29	183,10	19,75	25,68	29,63
Salento	2019	7114,55	EXPONENCIAL	130	33	194,03	15,98	20,77	23,97

Tabla 10. Demandas hídricas actuales de uso doméstico para la zona rural de cada municipio, con población flotante (escenario iv)



Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2029	7530,50	EXPONENCIAL	130	30	185,71	16,19	21,04	24,28
Buenavista	2029	1575,22	EXPONENCIAL	130	36	203,13	3,70	4,81	5,55
Calarcá	2029	16841,64	EXPONENCIAL	130	25	173,33	33,79	43,92	50,68
Circasia	2029	7143,48	EXPONENCIAL	130	37	206,35	17,06	22,18	25,59
Córdoba	2029	2136,60	EXPONENCIAL	130	30	185,71	4,59	5,97	6,89
Filandia	2029	6191,01	EXPONENCIAL	130	18	158,54	11,36	14,77	17,04
Génova	2029	2779,23	EXPONENCIAL	130	23	168,83	5,43	7,06	8,15
La Tebaida	2029	3313,15	EXPONENCIAL	130	38	209,68	8,04	10,45	12,06
Montenegro	2029	10684,01	EXPONENCIAL	130	38	209,68	25,93	33,71	38,89
Pijao	2029	1857,74	EXPONENCIAL	130	30	185,71	3,99	5,19	5,99
Quimbaya	2029	8424,70	EXPONENCIAL	130	29	183,10	17,85	23,21	26,78
Salento	2029	7165,48	EXPONENCIAL	130	33	194,03	16,09	20,92	24,14

*Tabla 11. Demandas hídricas futuras de uso doméstico para la zona rural de cada municipio, con población flotante (escenario i)*

### 2. 2. 5. 1 Sensibilidad de la Demanda proyectada al IANAC (Escenario i)

De acuerdo con el índice de agua no contabilizada (IANC) actual de todos los municipios del departamento del Quindío, el sistema de abastecimiento urbano de Calarcá, Filandia y Génova, son los únicos que reportan valores iguales o inferiores a 25%, tal como se establece en la Resolución 330 del MinVivienda (2017). Pese a esto, la mayor demanda hídrica doméstica, sin considerar la población flotante, se presenta en la cabecera municipal de Armenia y Calarcá (582,19 y 111,57 l/s, respectivamente), con una dotación de consumo doméstico promedio de 130 litros diarios por habitante.

Se estima que para el año 2029, los municipios de Armenia, La Tebaida y Calarcá presenten un incremento en la demanda hídrica urbana de 54,35, 14,19 y 10,88 l/s, respectivamente, que al sostener o reducir el actual IANC al 25%, se podrían convertir en valores de 50,73, 11,73 y 10,88 l/s, respectivamente. Caso contrario sucede con los municipios de Buenavista, Génova y Pijao, que presentarían reducciones de 0,15, 0,82 y 0,77 l/s, respectivamente, con el IANC actual y de 0,13, 0,82 y 0,77, respectivamente con IANC al 25%. En la Figura 152 se puede observar la distribución de la demanda hídrica urbana para cada uno de los municipios, asumiendo el IANC actual del sistema de abastecimiento y el IANC máximo permisible por la normativa vigente.

Municipio	IANC (%) Actual	Demanda (2019)	Demanda (2029)	IANC (%) Max res. 330-2017 MinVivienda	Demanda (2019)	Demanda (2029)
Armenia	30	582,19	636,54	25	543,38	594,11
Buenavista	36	2,79	2,63	25	2,38	2,25
Calarcá	25	111,57	122,45	25	111,57	122,45
Circasia	37	49,66	57,42	25	41,72	48,23
Córdoba	30	7,17	7,65	25	6,69	7,14
Filandia	18	11,98	13,47	18	11,98	13,47
Génova	23	7,73	6,91	23	7,73	6,91
La Tebaida	38	73,11	87,30	25	60,44	72,16
Montenegro	38	72,58	76,70	25	60,00	63,40
Pijao	30	6,13	5,30	25	5,72	4,95
Quimbaya	29	50,74	52,12	25	48,03	49,34
Salento	33	8,51	9,52	25	7,60	8,50

Tabla 12.. Demanda hídrica total para uso doméstico de cada una de las cabeceras municipales del departamento del Quindío, sin considerar la población flotante

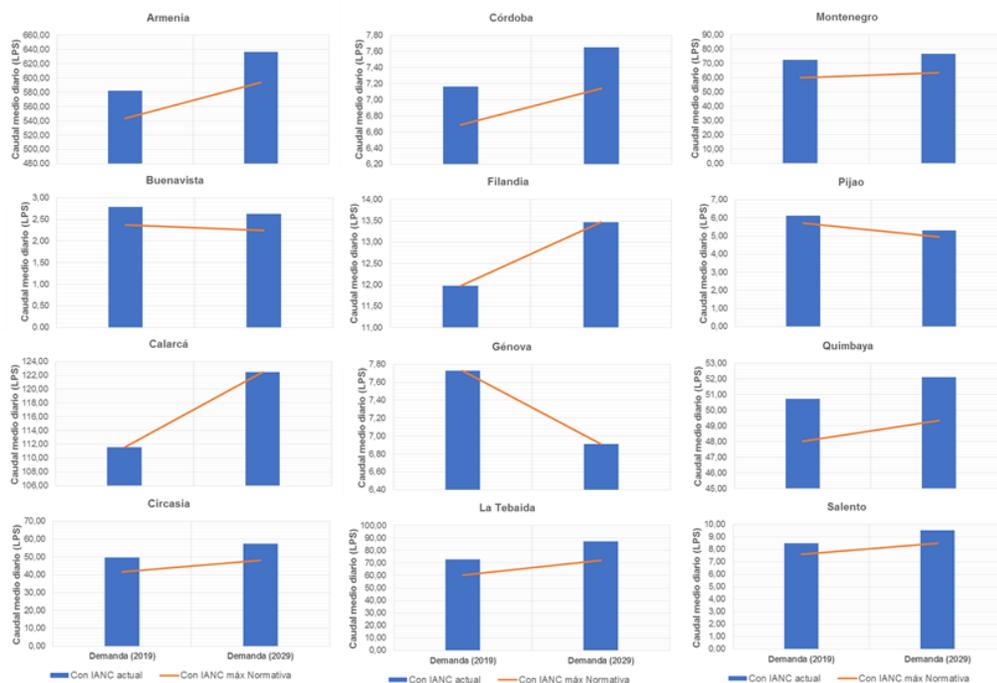


Figura 152. Proyección de la demanda doméstica total de cada una de las cabeceras municipales del departamento del Quindío, sin considerar la población flotante

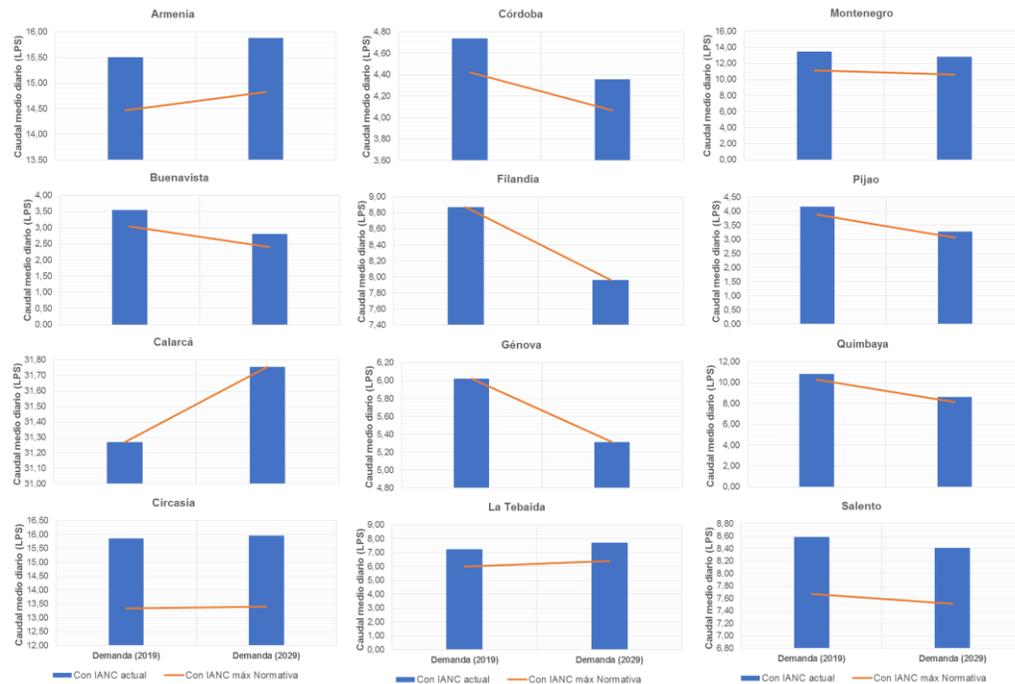
### 2. 2. 5. 2 Sensibilidad de la Demanda proyectada al IANAC (Escenario ii)

Considerando el IANAC actual del sistema de abastecimiento de agua, actualmente la mayor demanda hídrica doméstica en los centros rurales (sin población flotante), se presenta en los municipios de Calarcá, Circasia, Armenia, Montenegro y Quimbaya, con caudales de 31,27 l/s, 15,87 l/s, 15,50 l/s, 13,48 l/s y 10,85 l/s, respectivamente (Tabla 13). Los municipios de Buenavista, Córdoba, Filandia, Génova, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento, proyectan al año 2029 reducciones de 0,75 l/s, 0,38 l/s, 0,92 l/s, 0,71 l/s, 0,69 l/s, 0,88 l/s, 2,24 l/s y 0,17 l/s, respectivamente.

Municipio	IANC (%) Actual	Demanda (2019)	Demanda (2029)	IANC (%) Max res. 330-2017 MinVivienda	Demanda (2019)	Demanda (2029)
Armenia	30	15,50	15,88	25	14,47	14,82
Buenavista	36	3,56	2,81	25	3,03	2,39
Calarcá	25	31,27	31,76	25	31,27	31,76
Circasia	37	15,87	15,96	25	13,33	13,41
Córdoba	30	4,74	4,36	25	4,42	4,07
Filandia	18	8,88	7,96	18	8,88	7,96
Génova	23	6,02	5,31	23	6,02	5,31
La Tebaida	38	7,25	7,74	25	6,00	6,40
Montenegro	38	13,48	12,79	25	11,14	10,57
Pijao	30	4,16	3,28	25	3,89	3,06
Quimbaya	29	10,85	8,61	25	10,27	8,15
Salento	33	8,59	8,42	25	7,67	7,52

**Tabla 13.** Demanda hídrica total para uso doméstico de los centros rurales por municipio del departamento del Quindío, sin considerar la población flotante

Por otro lado, se estima que al mantener o reducir el IANAC actual al 25%, los municipios en los que se proyecta un mayor crecimiento en la demanda de agua son Calarcá (incremento de 0,49 l/s), Armenia (incremento de 0,35 l/s), Circasia (incremento de 0,08 l/s) y Montenegro (incremento de 0,57 l/s). En la Figura 153 se puede observar la distribución de la demanda hídrica rural para cada uno de los municipios, asumiendo el IANAC actual del sistema de abastecimiento y el IANAC máximo permisible por la normativa vigente.



**Figura 153.** Proyección de la demanda doméstica total de los centros rurales por municipio del departamento del Quindío, sin considerar la población flotante

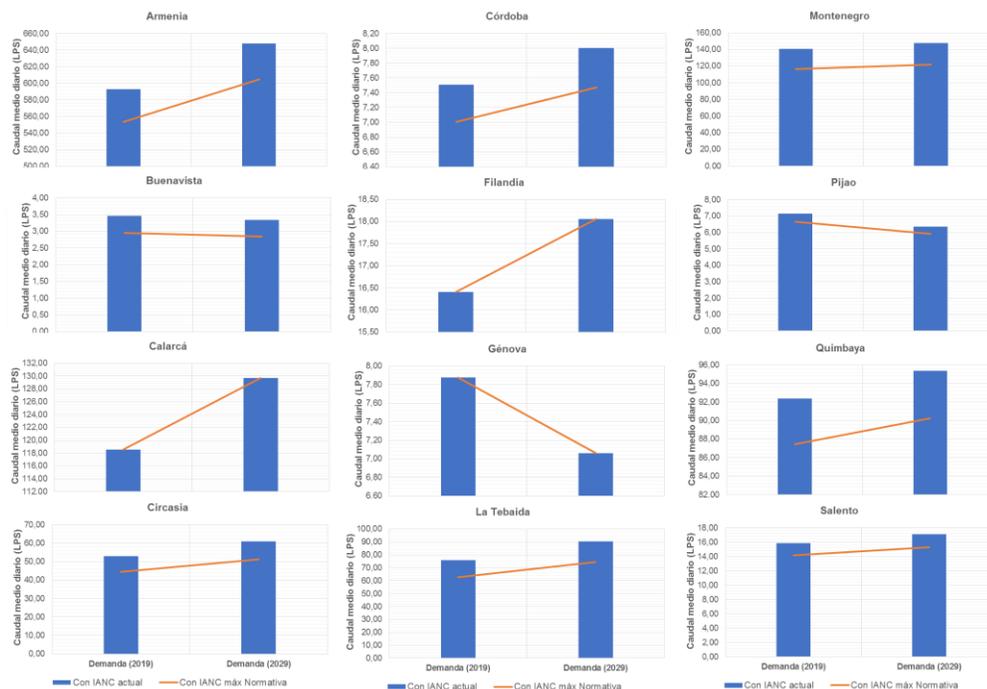
### 2. 2. 5. 3 Sensibilidad de la Demanda proyectada al IANAC (Escenario iii)

La demanda doméstica urbana considerando la población flotante, con el IANAC actual, es superior en los municipios de Armenia (593,16 l/s), Calarcá (118,55), Montenegro (140,67) y Quimbaya (92,369) (Tabla 14), para los cuales se estiman incrementos al 2029 bajo el mismo índice, de 54,78 l/s, 11,15 l/s, 6,76 l/s y 2,99 l/s, y con un IANAC al 25% de 51,13 l/s, 11,15 l/s, 11,82 l/s y 2,83 l/s.

De la misma forma, para los municipios de Buenavista, Génova y Pijao se esperan reducciones al año 2029 de 0,13 l/s, 0,82 l/s y 0,79 l/s con IANAC actual y de 0,11 l/s y 0,82 l/s con el IANAC permisible. A continuación, la Figura 154, presenta la distribución de la demanda hídrica urbana para cada uno de los municipios, asumiendo el IANAC actual del sistema de abastecimiento y el IANAC máximo permisible por la normativa vigente.

Municipio	IANC (%) Actual	Demanda (2019)	Demanda (2029)	IANC (%) Max res. 330-2017 MinVivienda	Demanda (2019)	Demanda (2029)
Armenia	30	593,16	647,94	25	553,61	604,74
Buenavista	36	3,46	3,34	25	2,96	2,85
Calarcá	25	118,55	129,70	25	118,55	129,70
Circasia	37	52,98	60,87	25	44,51	51,13
Córdoba	30	7,51	8,01	25	7,00	7,47
Filandia	18	16,40	18,06	18	16,40	18,06
Génova	23	7,87	7,06	23	7,87	7,06
La Tebaida	38	76,00	90,30	25	62,83	74,65
Montenegro	38	140,67	147,43	25	116,29	121,88
Pijao	30	7,13	6,35	25	6,66	5,92
Quimbaya	29	92,36	95,35	25	87,43	90,26
Salento	33	15,83	17,12	25	14,14	15,29

**Tabla 14.** Demanda hídrica total para uso doméstico de cada una de las cabeceras municipales del departamento del Quindío, considerando la población flotante



**Figura 154.** Proyección de la demanda doméstica total de cada una de las cabeceras municipales del departamento del Quindío, considerando la población flotante

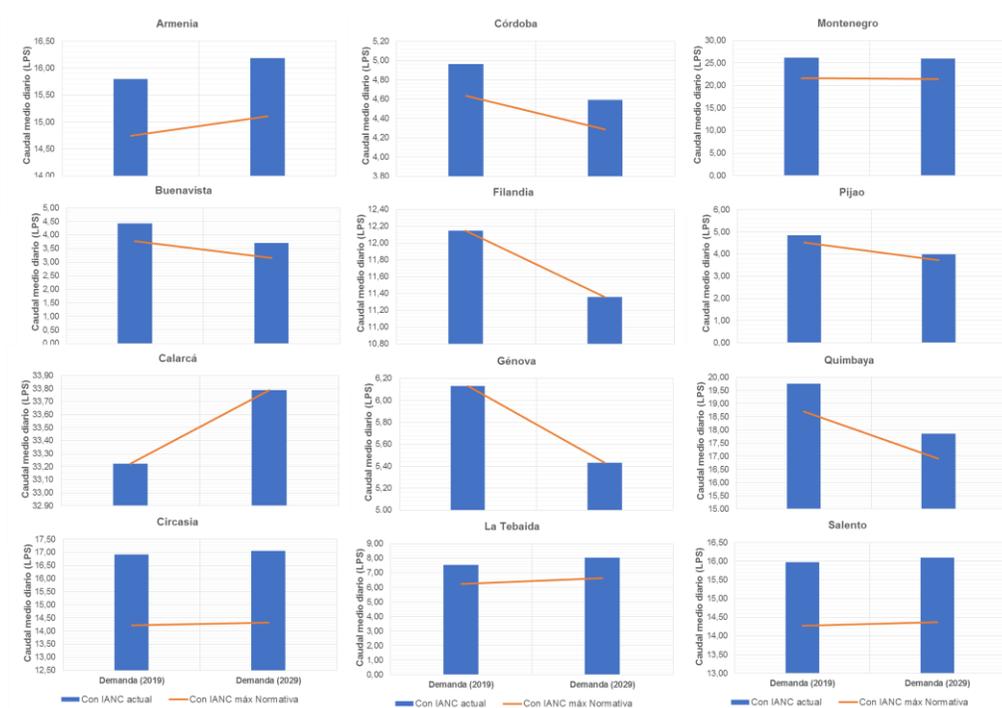
#### 2. 2. 5. 4 Sensibilidad de la Demanda proyectada al IANAC (Escenario iv)

Los municipios en los cuales se proyecta mayor incremento en la demanda doméstica rural con el IANAC actual y el IANAC permisible (con población flotante), son Calarcá con incrementos de 0,56 l/s para ambos casos y La Tebaida con 0,50 y 0,41 l/s, respectivamente. Mientras que, para los municipios de Buenavista, Córdoba, Filandia, Génova, Montenegro, Pijao y Quimbaya se esperan reducciones con el IANAC actual de 0,72 l/s, 0,37 l/s, 0,79 l/s, 0,70 l/s, 0,20 l/s, 0,85 l/s y 1,90 l/s, respectivamente y con el IANAC permisible de 0,61 l/s, 0,35 l/s, 0,79 l/s, 0,70 l/s, 0,16 l/s, 0,80 l/s y 1,80 l/s, respectivamente. En la **Tabla 15** se puede observar la distribución de la demanda hídrica urbana para cada uno de los municipios, asumiendo el IANAC actual del sistema de abastecimiento y el IANAC máximo permisible por la normativa vigente.

Para todos los escenarios anteriores es necesario que los municipios de Armenia, Buenavista, Circasia, Córdoba, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento realicen inversiones para reducir sus pérdidas en redes y alcanzar un IANAC máximo del 25%, tal como lo indica el RAS (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2017), lo cual contribuirá a la sostenibilidad de la demanda hídrica en función de la variación de la potencial oferta en condiciones de variabilidad climática y el crecimiento poblacional proyectado. No obstante, los demás municipios deben monitorear sus pérdidas para lograr sostener o reducir el actual valor del IANAC.

Municipio	IANC (%) Actual	Demanda (2019)	Demanda (2029)	IANC (%) Max res. 330-2017 MinVivienda	Demanda (2019)	Demanda (2029)
Armenia	30	15,80	16,19	25	14,74	15,11
Buenavista	36	4,42	3,70	25	3,77	3,16
Calarcá	25	33,22	33,79	25	33,22	33,79
Circasia	37	16,93	17,06	25	14,22	14,33
Córdoba	30	4,96	4,59	25	4,63	4,29
Filandia	18	12,15	11,36	18	12,15	11,36
Génova	23	6,13	5,43	23	6,13	5,43
La Tebaida	38	7,54	8,04	25	6,23	6,65
Montenegro	38	26,12	25,93	25	21,60	21,43
Pijao	30	4,85	3,99	25	4,52	3,73
Quimbaya	29	19,75	17,85	25	18,70	16,90
Salento	33	15,98	16,09	25	14,27	14,38

**Tabla 15.** Demanda hídrica total para uso doméstico de los centros rurales por municipio del departamento del Quindío, considerando la población flotante



**Figura 155.** Proyección de la demanda doméstica total de los centros rurales por municipio del departamento del Quindío, considerando la población flotante

### 3 ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA EN LOS SISTEMAS HÍDRICOS SUPERFICIALES RECEPTORES DE VERTIMIENTOS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

#### 3.1 Parámetros muestreados e información de campo

Para el análisis de la calidad del agua en las corrientes objeto de estudio se realizaron muestreos puntuales de los parámetros indicados en la Tabla 16, de manera que además se obtuvo información del caudal que discurría en la corriente en el momento de la medición y el levantamiento de la sección transversal. En este sentido, con la información de los tirantes y caudales medidos durante cada muestreo de calidad del agua, se construyeron las curvas de gasto mediante la aplicación del método de Manning, en donde la velocidad media de la corriente está dada como:  $V = \frac{1}{n} R_H^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{2}}$ ; donde la velocidad se representa como V, el radio hidráulico de la sección transversal es RH, y el término S corresponde a la pendiente hidráulica.

Tabla 16. Información obtenida durante los muestreos de calidad del agua

Tipo de Parámetro	Parámetro	Caudal	Sección Transversal	Curvas de gasto	
Conservativo	Cadmio Total	Método Sección – Velocidad: mediante uso de molinete en corrientes hídricas	A: área de la sección transversal	$H = a * Q^b$ $V = \alpha * Q^{b\beta}$	
	Cromo Total				
	Grasas y Aceites				
	Mercurio Total				
	Níquel Total				
	Plomo				
	Arsénico				
No Conservativo	Coliformes Totales		Método Volumétrico: en sitios de vertimiento	B: ancho de la sección transversal	donde:
	DBO <sub>5</sub>				
	DQO				
	Fósforo Total				
	Nitratos				
	Nitrógeno Amoniacal				
	SST				
In Situ	OD	n: coeficiente de rugosidad del cauce (Manning)	H: tirante medio en la sección transversal	H: tirante Q: caudal V: velocidad a, b, α, β son coeficientes empíricos para las curvas Nivel Vs. Caudal y Velocidad Vs. Caudal, respectivamente	
	Temperatura				
	Conductividad				
	pH				

Para asociar las variables asociadas al clima, se consultaron los reportes de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de los muestreos.



### 3.2 Esquematización del sistema

En este apartado se describe la topología aplicada para el análisis del comportamiento de la calidad del agua en las corrientes hídricas objeto de estudio. En este caso, se consideraron cinco configuraciones para la realización de los muestreos, tal como se presenta en la Figura 156.

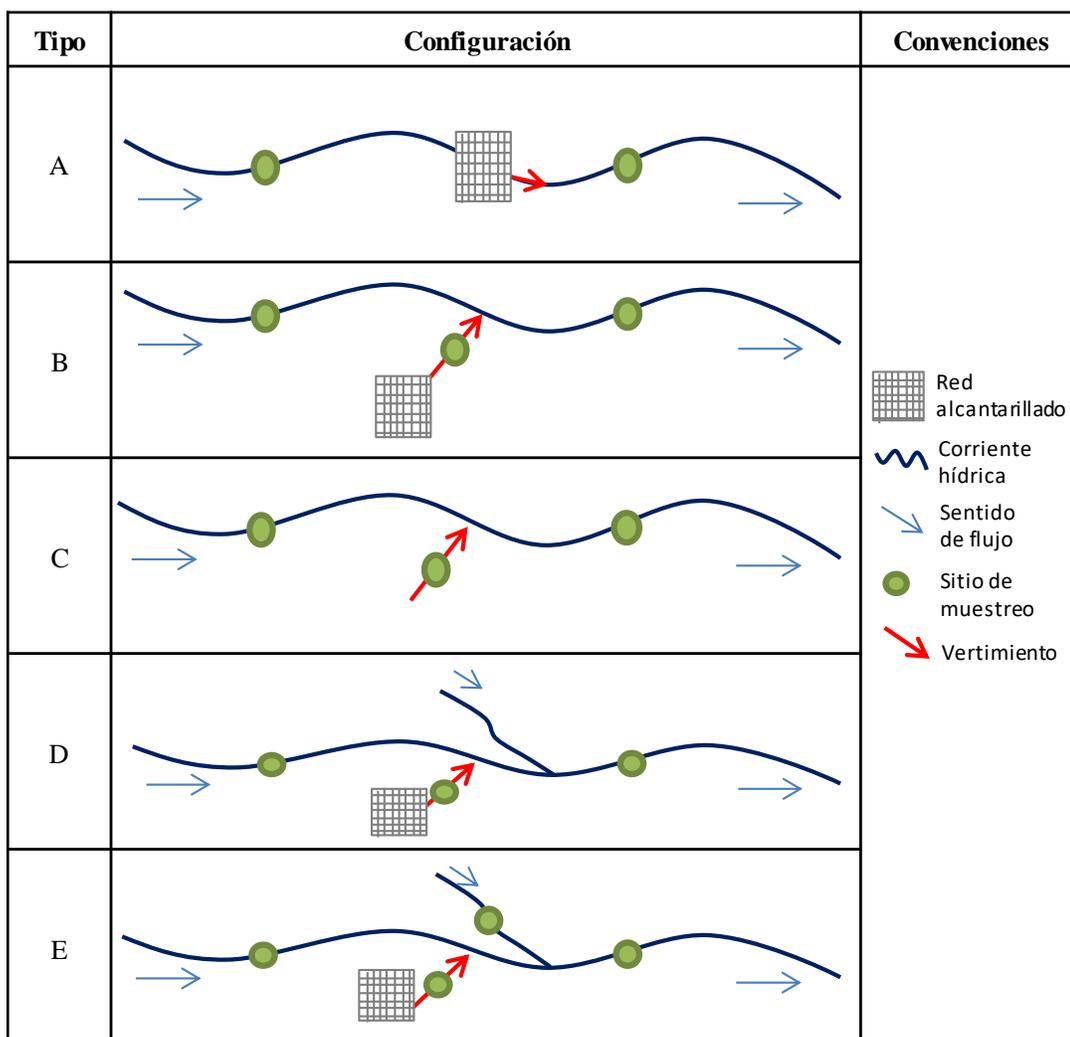


Figura 156. Configuración esquemas de muestreo calidad del agua

Definidos los cinco tipos de esquemas de muestreo de la calidad del agua, se consultaron las bases de datos de vertimientos de la CRQ y la información contenida en los PSMV de los municipios del Quindío. Por lo tanto, fue posible clasificar los vertimientos en dos categorías principales: 1) aguas residuales domésticas y 2) vertimientos industriales, comerciales o turísticos. En este sentido, también se establecieron dos tipos de vertimientos, los puntuales y distribuidos (Figura 157).

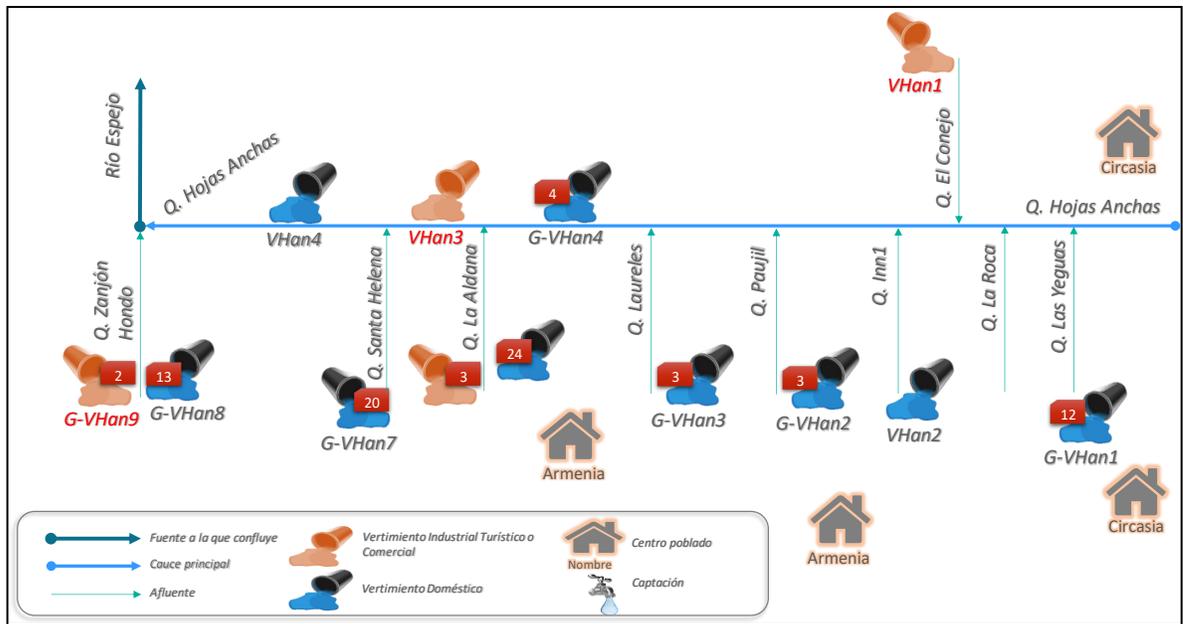


Figura 157. Esquema conceptual y tipos de vertimientos -Q. Hojas Anchas-

En la Tabla 17, se describe la configuración de los códigos y tipos de vertimientos. Así mismo la Tabla 18, presenta los códigos de vertimientos asignados para cada una de las corrientes objeto de análisis en este estudio.

Tabla 17. Descripción de códigos y tipos de vertimientos

Símbolo	Código Vertimiento	Identificador de descarga	Identificador de localización	Tipo de descarga
	VHan2	<b>V</b> : Vertimiento doméstico	<b>Han2</b> : Quebrada Hojasanchas # : Ubicación en el esquema	Puntual
	G-VHan2	<b>G</b> -: grupo de vertimientos # : número de vertimientos	<b>G-Han2</b> : Quebrada Hojasanchas # : Ubicación en el esquema	Distribuida
	VHan1	<b>V</b> : Vertimiento Industrial, comercial o turístico	<b>Han9</b> : Quebrada Hojasanchas # : Ubicación en el esquema	Puntual
	G-VHan9	<b>G</b> -: grupo de vertimientos Industriales, comerciales o turísticos # : número de vertimientos	<b>Han9</b> : Quebrada Hojasanchas # : Ubicación en el esquema	Distribuida

Tabla 18. Códigos asignados a los cuerpos de agua analizados

<b>Código</b>	<b>Corriente</b>	<b>Municipio</b>
Arm	Quebrada Armenia	Armenia
Cr	Quebrada Cristales	
Ald	Quebrada La Aldana	
Cam	Quebrada La Camelia	
Flo	Quebrada La Florida	
Quin	Quebrada Los Quindos	
Nic	Quebrada San Nicolás	
SRa	Quebrada Santa Rita	
Han	Quebrada Hojas Anchas	Amenia, Circasia
Yeg	Quebrada Las Yeguas	Circasia
Nar	Quebrada El Naranjal	Calarcá
Pes	Quebrada El Pescador	
SDm	Río Santo Domingo	
ABo	Quebrada Agua Bonita	Barcelona
Con	Quebrada La Congala	
Pic	Quebrada La Picota	Bellavista
Del	Quebrada Las Delicias	
Esp	Quebrada La Española	Córdoba
Sib	Quebrada La Siberia	
Jos	Quebrada San José	Filandia
Jua	Río San Juan	Génova
Gri	Río Gris	
Jar	Quebrada La Jaramilla	La Tebaida
Tul	Quebrada La Tulia	
Cjm	Quebrada Cajones	Montenegro
Ing	Quebrada El Inglés	Pijao
Lej	Río Lejos	
ALi	Quebrada Agua Linda	Quimbaya
Bvta	Quebrada Buenavista	
Min	Quebrada Mina Rica	
Mud	Quebrada El Mudo	Salento
Cal	Quebrada La Calzada	
Q.Inn#	Quebrada o cuerpo de agua innominado	Indicado en cada esquema

### 3.3 Mediciones de campo

#### 3.3.1 Calidad del agua

Para la descripción del comportamiento de la calidad del agua en los cuerpos de agua objeto de estudio se realizaron 75 muestreos puntuales (su distribución espacial se indica en la Figura 158 y los informes de las campañas de monitoreo se presentan en el anexo digital A1). Se siguió el Procedimiento de Toma de Muestras de Aguas establecido en el Laboratorio ChemiLab (PGC 04 004), el cual se encuentra acreditado según Resolución 0288 del 19 de marzo de 2019 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Las muestras obtenidas en campo fueron refrigeradas y custodiadas hasta el laboratorio Chemilab (Acreditado ante la UNAC) en la ciudad de Bogotá, en un periodo de tiempo

inferior a 24 horas. Se llevaron los procesos de aseguramiento de la calidad con la realización de la verificación de los equipos de campo, los cuales hacen parte del listado maestro de equipos de laboratorio y cuentan con un programa de mantenimiento y calibración (FOR 04 103) según lo establece la Norma NTC-ISO/IEC 17025:2005.

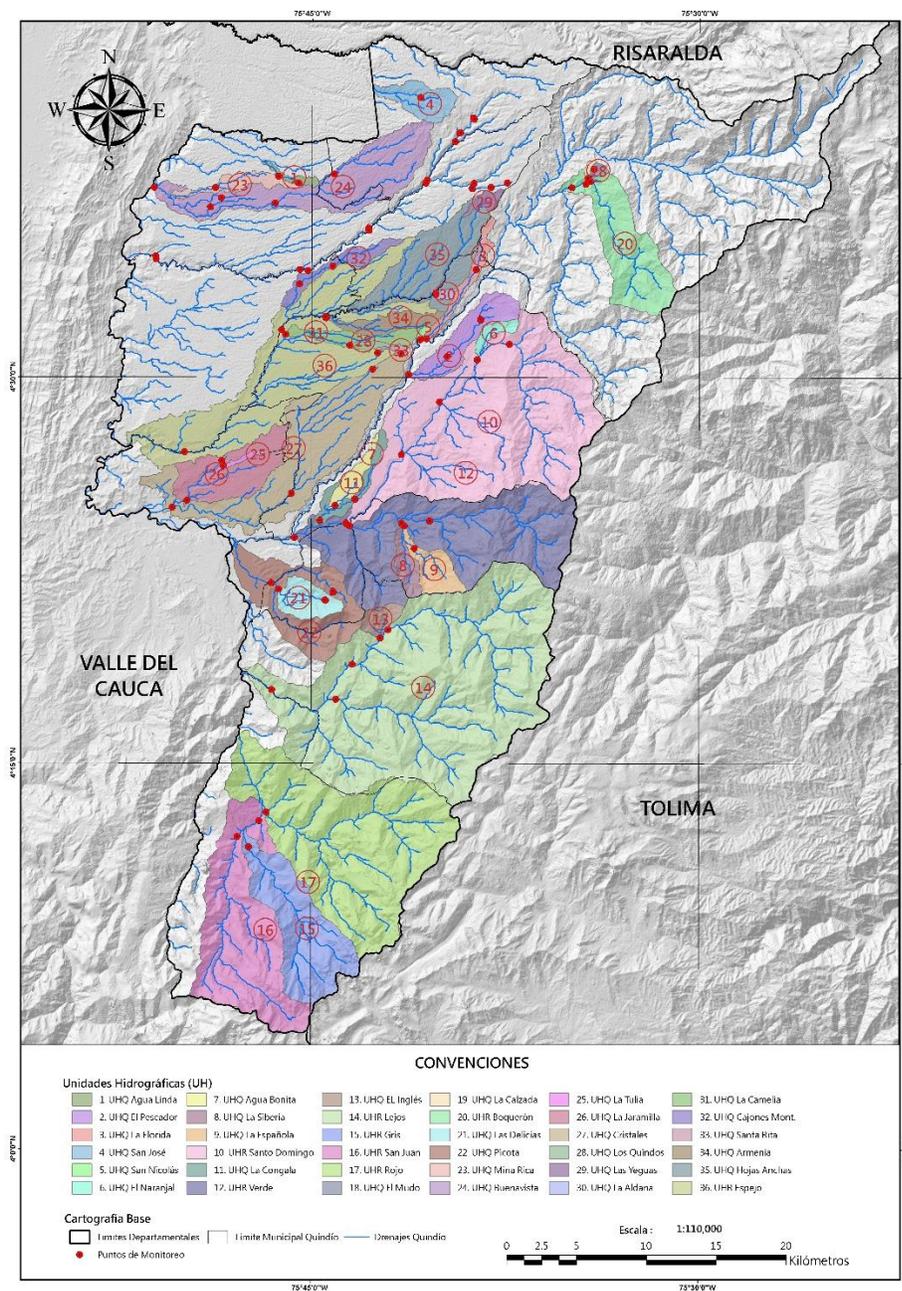


Figura 158. Ubicación de los sitios de medición de calidad del agua en la campaña de 2019

Se hizo la toma de muestras simple en todos los puntos de monitoreo realizando mediciones In Situ de Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH y Temperatura para cada una de las muestras. Para el transporte y preservación de las muestras de agua hasta el Laboratorio se

emplean los respectivos recipientes nuevos, las cuales fueron preservadas de acuerdo con lo establecido en el Formato de Preservación de aguas para análisis (FOR 04 106) conservando la cadena de frío. Los resultados de los monitoreos se presentan de manera detallada en el “Informe de monitoreo de calidad del agua” que se reporta en el anexo digital del presente documento (A1). Dicho anexo contiene un informe de cada jornada de campo, la toponimia, coordenadas, tipo de muestreo, técnicas de campo y laboratorio, certificados de calibración de equipos y los resultados del monitoreo en cada sitio sobre agua superficial y vertimientos.

### 3.3.2 Caudales

Las mediciones de caudales asociadas a los vertimientos y las corrientes de interés en este estudio fueron obtenidas principalmente con dos métodos: el método Sección-Velocidad, y el método de dilución con trazador salino.

**Método Sección-Velocidad**, se utilizó un molinete universal OTT y un micromolinete marca OTT para el caso de mediciones en corrientes con tirantes menores de 0.3 m. En este caso se aplicó el protocolo de mediciones indicado por World Meteorological Organization (2008), se aplicó el método de medición de la velocidad en un punto ubicando el molinete a una profundidad de observación ( $h_{obs}$ ) de  $0.4 \cdot h_i$ . Así mismo, la distancia entre verticales ( $b_i$ ) está dado por una longitud no mayor del cociente del ancho por 20 ( $b_i = B/20$ ) (Figura 159). Finalmente, al resultado obtenido se debe aplicar un factor de corrección de 0.92 para tirantes menores de 1.0 m, de manera que la velocidad media ( $\bar{v}$ ) en la vertical ( $h_i$ ), se obtiene como indica la Ecuación 1 y el caudal en la sección transversal se obtiene aplicando la Ecuación 2.

$$\bar{v} = 0.82 v_i \quad (Ec. 1)$$

$$Q = \sum_1^B \left[ \bar{v}_i \left( \frac{h_i + h_{i-1}}{2} \right) b_i \right] \quad (Ec. 2)$$

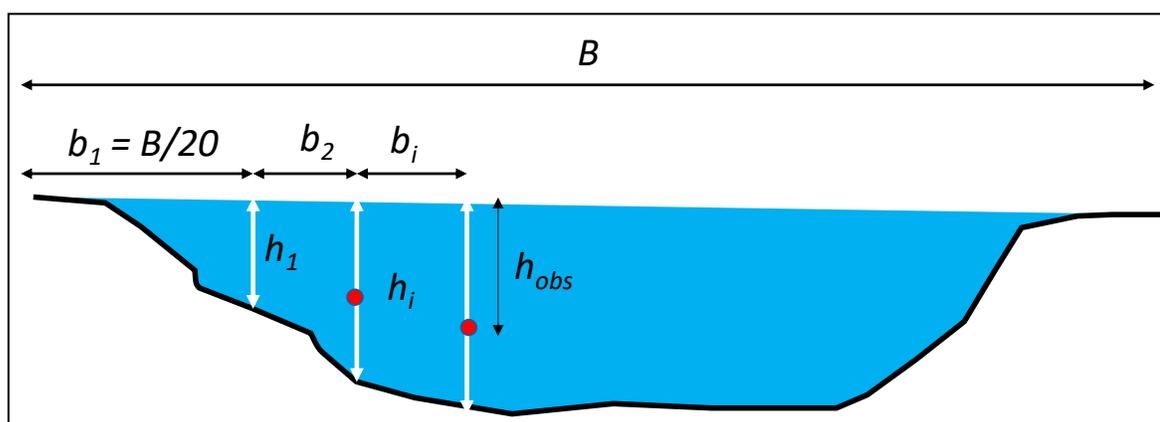


Figura 159. Estimación del caudal por Sección - Velocidad

**Método de dilución con trazador**, dado que para la modelación de la calidad del agua y necesario conocer la velocidad de viaje de la masa de agua, se realizaron mediciones con ion cloruro como trazador, de manera que también fue posible conocer el caudal de la corriente (Figura 160). Así mismo, dicha medición del flujo fue útil para estimar el error del aforo con el método de Sección-Velocidad, dada la precisión de la medición del caudal por métodos químicos (García et al., 2016). En este caso, las mediciones se realizaron con un vertido único de solución salina, tal como indican Galecio (2007) y Sánchez San Román (2013) (Ecuación 3).

En el estudio se priorizó el uso de este trazador ya que la manipulación de la solución base genera mucho menor riesgo y mantiene una precisión similar en la lectura de la señal para los cuerpos de agua de montaña. La sustancia fuente de ion cloruro utilizada fue la sal común, y se aplicó a razón de 2 kg por cada 5 litros de agua para 1 metro cubico por segundo de caudal en el afluente.

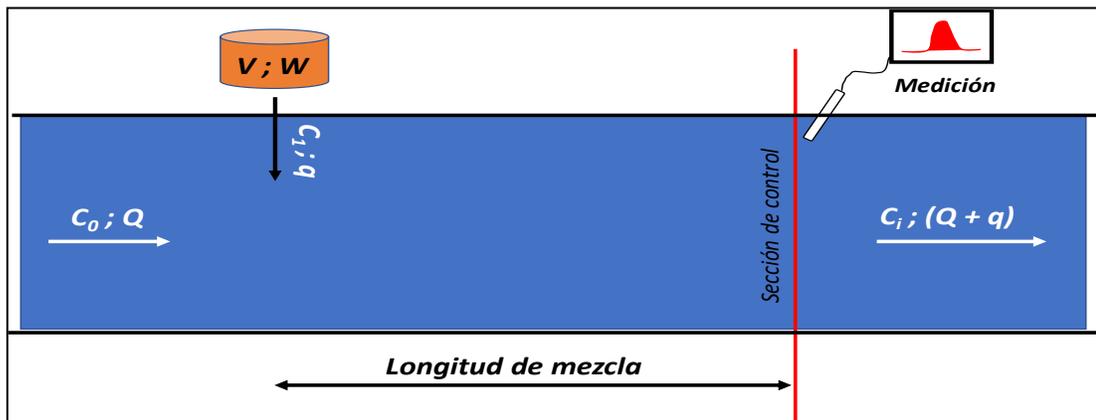


Figura 160. Medición con trazador único vertido de trazador salino

$$Q = \frac{C_1 V}{\int_0^{\infty} C_i dt} \approx Q = \frac{C_1}{RC} \quad (Ec. 3)$$

Donde,  $Q$  es el caudal de la corriente objeto de medición en LPS,  $V$  es el volumen del recipiente con contiene la solución salina,  $RC$  es el área bajo curva de detección de la carga en el sitio de medición y el término  $C_1$  es la concentración del trazador salino en ppm. De manera  $RC$  puede ser obtenido como indica la Ecuación 4, en donde  $C_i$  es la concentración medida en la sección de control en un tiempo  $t_i$ , mientras que  $C_0$  es la concentración salina de la corriente en estado habitual:

$$RC = \Delta t * \sum_{i=1}^t (C_i - C_0) \quad (Ec. 4)$$



*Figura 161. Definición de la pluma y procedimiento de lectura para una inyección de Cl-*

De la misma manera, se utilizó como trazador radiactivo la rodamina WT (Figura 162 y Figura 163), la cual ha sido ampliamente usada para mediciones de caudal en corrientes en Estados Unidos y estudios hidrológicos (Environmental, 2001; World Meteorological Organization, 2008; Mines et al., 2009; Lepot et al., 2014; Pubchem, 2018), en este estudio, fue útil para determinar la velocidad y tiempo de viaje de volúmenes de control.

El uso de la rodamina WT permite en este caso de estudio determinar parámetros hidrodinámicos del flujo como la distribución de los tiempos de viaje del agua, los coeficientes de dispersión y la estimación del caudal que circula en el momento del ensayo. La solución base de Rodamina WT se preparó en todos los casos al 20%, y se tomó como criterio de concentración la inyección de una masa de trazador a razón de 1 gr de Rodamina WT por  $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  de caudal en el afluente o un máximo de 2 gr de Rodamina WT por  $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

de caudal en el afluente, con el fin de lograr una concentración pico en el sitio de medición del orden de 20 ppb. Los ensayos se realizaron en segmentos de máximo 1 km en cada cuerpo de agua, y aguas abajo de las captaciones para uso doméstico.



*Figura 162. Definición de la pluma y procedimiento de lectura para una inyección de Rodamina WT*

Los resultados de las mediciones realizadas en 66 sitios donde se practicaron los ensayos con trazadores se relacionan en el anexo digital del informe (A1), y su ubicación espacial se presenta en la Figura 163.



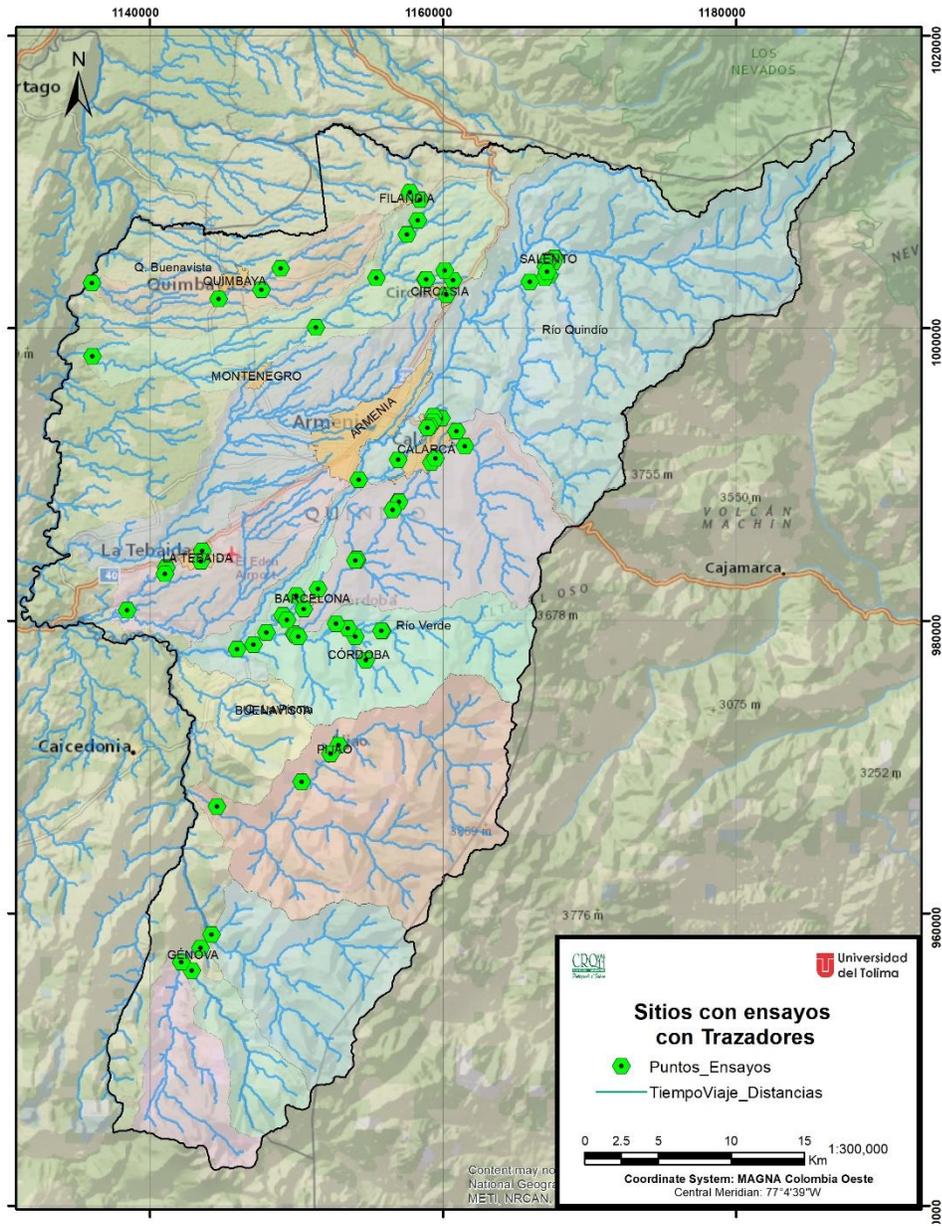


Figura 163. Sitios de inyección de la solución y lectura del sensor en los ensayos con trazadores ion Cloruro y Rodamina WT

### 3.3.3 Curvas de gasto

A partir de la información de los aforos realizados en las secciones de control definidas para este estudio, se dispuso de los valores de velocidad, caudal, tirante y geometría de las secciones transversales, de manera que se aplicó el método de Manning para obtener las curvas de gasto (Ec. 5). Así mismo, para la calibración de las curvas, contrastó la velocidad de viaje obtenida en las mediciones con trazadores, mientras que el coeficiente de Manning se obtuvo inicialmente a partir de las observaciones de campo.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{Ec. 5})$$

### 3.4 Descripción modelo conceptual

Para describir el comportamiento de la calidad del agua en los tramos y corrientes objetos de este estudio, se aplicaron diferentes conceptualizaciones, según se trataba de sustancias conservativas y no conservativas.

En general para el caso de las sustancias conservativas se adoptó como método de representación el balance de masa, el cual ha sido aplicado ampliamente a nivel global y representa una forma conservadora de descripción (Dillon, Jeffries, & Scheider, 1982; Hunter, 1983; Jonsson, Johansson, & Wörman, 2003; O'Connor, 1967a). En general se presentan los procesos objeto de modelación según su condición conservativa o no conservativa, lo cual se describe en los numerales 3.3.1 y 3.3.2 En este caso, los procesos a modelar corresponden a:

- Tasa de nitrificación (d-1)
- Hidrolisis del nitrógeno (d-1)
- Hidrólisis del fósforo orgánico (d-1)
- Tasa de reaireación (d-1)
- Tasa de decaimiento materia orgánica carbonácea (d-1)
- Tasa de desnitrificación (d-1)
- Velocidad de sedimentación nitrógeno orgánico (m d-1)
- Velocidad de sedimentación fósforo orgánico (m d-1)
- Velocidad de sedimentación de los sólidos suspendidos totales SST (m d-1)
- Velocidad de sedimentación de CT (m d-1)

#### 3.4.1 Sustancias no conservativas

##### 3.4.1.1 Balance de masa para el oxígeno disuelto OD Carbonáceo

Este balance resulta útil en el proceso de identificar efectos de los diferentes fuentes y mecanismos mediante los cuales, podría decaer el oxígeno disuelto en un cuerpo de agua, según la descripción conceptual de Thomann & Mueller (1987). En este sentido el balance de oxígeno disuelto con una concentración ( $C$ ) en un volumen de control  $V$ , corresponde a la indicada en la Ecuación 6.

$$V = \frac{dc}{dt} = \text{reareación} + (\text{fotosíntesis} - \text{respiración}) \quad (\text{Ec. 6})$$

### 3. 4. 1. 2 Estimación de la demanda de oxígeno bioquímica carbonácea -DBO<sub>5</sub>-

En este caso la materia orgánica es oxidada en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y la otra parte se aprovecha para crear nuevo material biológico, de manera que para representar la cinética de la DBO

En este caso  $L$  corresponde a la oxidación carbonácea de material para ser oxidada en la botella de DBO,  $K$  es la tasa de oxidación de material carbonáceo y  $t$  es el tiempo de incubación. De manera que la cinética de primer orden podría ser descrita según la Ecuación 7.

$$\frac{dL}{dt} = -K_1L \quad (Ec. 7)$$

Por lo tanto, en la Ecuación 7 se resuelve como indican Thomann & Mueller (1987):  $L = L_0 \exp(-K_1 t)$ , donde  $L_0$  corresponde a la cantidad inicial de material carbonáceo presente en la botella de al inicio de la prueba. En este sentido, el oxígeno disuelto consumido en el proceso de estabilización de la materia orgánica ( $y$ ) puede representarse como:  $y = L_0 [1 - \exp(-K_1 t)]$ . Así mismo:  $y = L_0 - L$  es la diferencia entre la cantidad de oxígeno inicial y al final del periodo  $t$ , lo cual define que la DBO<sub>5</sub> puede ser estimada indica la Ecuación 8, en la que  $K_1$  es obtenida en laboratorio:

$$Y_5 = DBO_5 = L_0 [1 - \exp(-K_1 t)] \quad (Ec. 8)$$

De manera que la tasa ( $f$ ) de la DBO última para el periodo de cinco días se describe con indica la Ecuación 9.

$$f = \frac{L_0}{Y_5} = [1 - \exp(-K_1 t)]^{-1} \quad (Ec. 9)$$

Adicionalmente, el efecto de la temperatura se describe como aparece en la Ecuación 10, en donde  $T$  corresponde a la temperatura en grados Celsius  $(K_1)_{20}$  es la tasa de la DBO y  $(K_1)_T$  es la tasa de la temperatura:

$$(K_1)_T = (K_1)_{20} (1.04)^{(T-20)} \quad (Ec. 10)$$

Otra forma de estimación de la DBO consiste en obtener la completa estabilización del carbón orgánico ( $C_{org}$ ) en un cuerpo de agua el cual es de 2.7 mg de oxígeno por cada mg de carbón que es oxidado (Ec. 11):

$$L_0 \approx 2.7 C_{org} \quad (Ec. 11)$$

### 3. 4. 1. 3 Estimación de la DBO Nitrogenada –Hidrólisis del nitrógeno-

Debido a que el proceso de hidrólisis del nitrógeno libera Amoniaco y dicha sustancia es altamente soluble, su combinación con el ión de hidrógeno forma el ión de amonio, el cual tiende a incrementar el pH del agua. Sobre el amoniaco, puede ser oxidado bajo condiciones aerobias en nitrito por las bacterias Nitrosomonas. Dicha reacción requiere 3.43 g de oxígeno por cada gramo de nitrito y 1.14 g de oxígeno para convertir 1 g de nitrito a nitrato (Thomann & Mueller, 1987). Por lo tanto, el proceso de nitrificación requiere 4.57 g de oxígeno por gramo de nitrógeno oxidado en nitrato. Este proceso se da en el largo plazo, de manera que la tasa de NDBO ( $L^N$ ) se da en un primer orden como:

$$L^N = L_O^N [1 - \exp(-K_N t)] \quad (\text{Ec. 12})$$

En donde,  $K_N$  es la tasa de reacción de la NDBO. Para el caso de la hidrólisis a amoniaco, la reacción se estima como indica la ecuación 13, en la que la variable  $N_O$  representa el nitrógeno orgánico y  $N_a$  la concentración de nitrógeno amoniacal (Ec. 13):

$$L_O^N = 4.57(N_O + N_a) \quad (\text{Ec. 13})$$

### 3. 4. 1. 4 Tasa de reaireación

En este caso se considera lo planteado por Thomann & Mueller (1987) quienes indican que el mecanismo de transferencia del oxígeno a la masa de agua, el cual sigue el comportamiento de la Ley de Henry, en donde la presión de oxígeno  $p$  en mm Hg, se relaciona con la constante de Henry  $He$  en Hg/mg/l, mientras que la concentración de saturación del oxígeno disuelto en el agua ( $C_s$ ), es decir que  $p = He * C_s$ . En este sentido, la constante de Henry corresponde a la tasa de la presión parcial del OD en la fase gaseosa a la fase líquida, la cual se expresa como indica la Ecuación 14.

$$He = 16 \frac{M}{T} \frac{p}{C_s} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:  $T$  es la temperatura en grados Kelvin,  $M$  corresponde al peso molecular en g/g-mol. En este caso se considera que el oxígeno molecular tiene un peso de 32 a una presión de 158 mm Hg y una saturación ( $C_s$ ) de 14.2 mg/l y el valor de la constante de Henry es de 21. De manera que el equilibrio del valor de saturación del oxígeno disuelto con la atmósfera se relaciona con la temperatura ambiente, la salinidad del agua y la presión atmosférica.

La concentración saturación de OD en función de la temperatura y la presión atmosférica puede ser obtenida mediante la aplicación de la Ecuación 15.

$$\ln C_s = -13934411 + \frac{1.575701 \cdot 10^5}{T} - \frac{6.642308 \cdot 10^7}{T^2} + \frac{1.243800 \cdot 10^{10}}{T^3} - \frac{8.621949 \cdot 10^{11}}{T^4} \quad (\text{Ec. 15})$$

Por otra parte, la salinidad reduce la saturación de oxígeno en el agua, de manera que dicho efecto puede ser descrito como indica la Ecuación 16.

$$\ln C_{ss} = \ln CS - S \left( 1.7674 * 10^{-2} - \frac{1.0754 * 10^1}{T} + \frac{2.1407 * 10^3}{T^2} \right) \quad (\text{Ec. 16})$$

De manera que el término  $C_{ss}$  corresponde a la salinidad del agua a una saturación de OD (mg/l) y  $S$  es la salinidad en partes por millón (ppm), la cual puede ser estimada como:  $s = 1.080655 * \text{clorinidad}$ .

Debido a que el efecto de la presión atmosférica puede ser importante en cuerpos de agua localizados en grandes elevaciones, dicha relación puede ser estimada mediante la aplicación de la Ecuación 17, en donde: el término  $C_{sp}$  es la saturación de OD a una presión  $P$  (atm);  $C_{so}$  corresponde a la saturación de OD al nivel medio del mar,  $T$  representa la temperatura en grados Kelvin,  $t$  la temperatura en grados Celsius,  $\theta = 0.000975 - (1.426 * 10^{-5}t) + (6.436 * 10^{-8}t^2)$ , y finalmente,  $P_{av}$  es la presión de vapor de agua (atm) calculada como  $\ln P_{av} = (216961/T^2)$ .

$$C_{sp} = C_{so} * P \left[ \frac{[1 - (P_{av}/P)](1 - \theta * P)}{[(1 - P_{av}) - (1 - \theta)]} \right] \quad (\text{Ec. 17})$$

El cambio de la saturación con la elevación puede ser representado como:  $\%Cs(\text{nivel del mar}) = 100 - 0.0035H$ , en donde  $H$  corresponde al nivel medio del mar en pies.

La transferencia de masa de oxígeno en el recipiente es proporcional a la diferencia entre su valor de saturación y el oxígeno disuelto en cualquier instante del tiempo  $t$ , de manera que  $\frac{dc}{dt} = K_a(C_s - C)$  donde la variable  $K_a$  representa el coeficiente volumétrico de reaireación (T-1), el cual se obtiene como:  $K_a = K_L A / V$  o también puede ser expresado como  $K_a = K_L / H$ , donde  $K_L$  es el coeficiente interfacial de OD ( $\text{m d}^{-1}$ ),  $A$  es la superficie entre la lámina del agua y la atmósfera,  $V$  corresponde al volumen del recipiente donde se realiza la prueba y,  $H$  es el tirante o la relación entre la superficie y el volumen. Así mismo el déficit de OD, es la diferencia entre  $C_s$  y  $C$ , el cual se describe como:  $D = C_s - C$ . En este caso  $C$  es el OD en el agua.

Con base en lo anteriormente expuesto, al considerar que la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica son constantes en un instante del tiempo  $t$ , entonces la concentración no varía, lo cual puede expresarse como  $dC_s/dt = 0$ . Por lo tanto, la variación del déficit de OD puede ser representada como indica la Ecuación 18.

$$\frac{dD}{dt} = -K_a * D \quad (\text{Ec. 18})$$

En este caso para en instante en que  $D=D_0$ , el déficit inicial  $(C_s-C_0)=0$  y por lo tanto, el déficit de oxígeno puede representarse como:  $D = D_0 e^{-Ka*t}$  y la concentración de oxígeno disuelto en el agua podría estimarse como indica la Ecuación 19.

$$C = C_s - (C_s - C_0) * e^{-Ka*t} \quad (Ec. 19)$$

Por otra parte, el coeficiente de transferencia de oxígeno depende de factores como la mezcla interna, la turbulencia del flujo debido a fluctuaciones en el gradiente de velocidad en las corrientes hídricas; la temperatura; velocidad del viento; presencia de cascadas, presas o embalses, zonas de rápidos y películas que cubran la superficie del flujo. En este caso, la ecuación de (O'Connor, 1967b, 1967a) permite estimar el coeficiente de reaeración (Ec. 20).

$$Ka = \frac{K_L}{H} = \frac{\sqrt{D_L U}}{\sqrt{H^3}} \quad (Ec. 20)$$

En donde  $D_L$  corresponde a la difusividad del oxígeno a 20°C que corresponde a 0.000081 ft<sup>2</sup>/hr),  $U$  es la velocidad media del flujo y el término  $H$  representa el tirante medio o el porcentaje entre el volumen y la superficie del área, de manera que un punto específico,  $H$  es la porción del área de la sección transversal con el ancho. Esta expresión podría ser válida para secciones en el rango de velocidades entre 0.16 – 0.53 ms<sup>-1</sup>.

La ecuación de Churchill et al (1964) aplica en el rango de velocidades entre 0.6 y 1.66 ms<sup>-1</sup> y profundidades entre 0.67 y 3.66 m, de manera que se representa como aparece en la Ecuación 21, en donde,  $U$  está en fps,  $H$  en pulgadas y  $Ka$  en d<sup>-1</sup>.

$$Ka = \frac{11.6 U}{H^{1.67}} \quad (Ec. 21)$$

La ecuación de (Tsvoglou & Wallace, 1972) encontraron que  $Ka = 0.88US$  puede usarse en corrientes con caudales entre 0.28 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> <  $Q$  < 8.50 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. De igual manera,  $Ka = 1.8US$  para caudales entre 0.028 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> <  $Q$  < 0.28 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Donde,  $U$  es la velocidad media en la corriente (fps) y  $S$  corresponde a la pendiente (ft/mi).

La ecuación de Owens et al (1964) (Ec. 22) es útil en el rango de velocidades entre 0.03 ms<sup>-1</sup> a 1.67 ms<sup>-1</sup> y tirantes con profundidades de 0.13 y 3.67 m.

### 3. 4. 1. 5 Hidrólisis

Corresponde al proceso de decadencia de las reacciones de componentes químicos con el agua. Este comportamiento puede ser extrapolado mediante la Ecuación 2, en donde  $K_H$  se calcula como:  $K_H = K_n + K_a[H^+] + K_b[OH^-]$ . De manera que  $K_n$  es la tasa de hidrólisis neutral,  $K_a$  es el ácido catalizado en hidrólisis a tasa constante,  $K_b$  indica la base catalizada

en hidrólisis a tasa constante,  $[H^+]$  es concentración molar de iones de hidrógeno,  $[OH^-]$  representa la concentración molar de iones de hidróxido.

$$\frac{dc_d}{dt} = -K_H c_d \quad (Ec. 22)$$

### 3.4.1.6 Fósforo

El fósforo orgánico se incrementa debido a la muerte de las plantas y la presencia de excrementos, de manera que la tasa del fósforo puede ser descrita como indica Chapra et al (2008) (Ecuación 23), en donde  $K_{hp}(T)$  es la temperatura que depende de la tasa de hidrólisis del fósforo orgánico, el cual se determina en la Ecuación 24, donde  $v_{op}$  es la tasa de decaimiento del fósforo orgánico.

$$OPHydro = K_{hp}(T)p_o \quad (Ec. 23)$$

$$OPSttl = \frac{v_{op}}{H} p_o \quad (Ec. 24)$$

Para el caso del fósforo inorgánico, la tasa de decaimiento está dada por la Ecuación 25, en donde:  $IPSttl = \frac{v_{ip}}{H} p_i$  velocidad de decaimiento del fósforo inorgánico.

$$S_{pi} = OPHydro + (1 - f_{opp})q_{Pp}PhytoDeath + (1 - f_{opp})q_{Pp}\frac{BotAlgDeath}{H} + PhyExp + \frac{BotAlgDeath}{H} - PhyUpP - \frac{BotAlgUpP}{H} - IPSttl \quad (Ec. 25)$$

### 3.4.2 Sustancias conservativas

Dado que por definición las sustancias no conservativas no son objeto de reacciones, en este caso para la descripción de su presencia en el volumen de control se aplicará Balance de Masa tal como se describe en las ecuaciones 26 y 27.

$$Q * C_o + q * C_1 = (Q + q) * C_2 \quad (Ec. 26)$$

$$C_2 = \frac{(Q * C_o + q * C_1)}{(Q + q)} \quad (Ec. 27)$$

donde:

El caudal de la corriente aguas arriba del sitio de vertimiento es  $Q$  y la concentración de la sustancia contaminante es  $CO$ , mientras que  $q$  es el caudal del vertimiento y la variable  $C_1$  es

la concentración de la sustancia contaminante en dicho sitio, de manera que  $C_2$  corresponde a la concentración del contaminante aguas abajo del sitio de vertimiento (Figura 164).

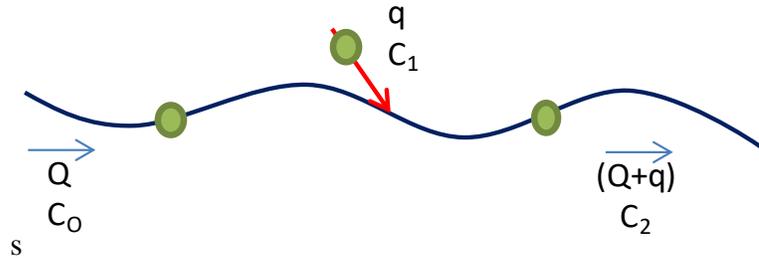


Figura 164. Esquematización balance de masa

### 3. 4. 2. 1 Balance de masa de los sólidos suspendidos

Según Thomann & Mueller (1987), el balance de masa en un cuerpo de agua completamente mezclado con una capa de sedimentos, puede representarse como indica la Ecuación 27, en la que se asume que los parámetros de resuspensión y depositación son constantes, para el caso de sedimentación neta (Ec.28) o el caso de depositación cero (Ec.29)

$$U \frac{dm_1}{dx} = -\frac{v_s}{H_1} m_1 + \frac{v_u}{H_1} m_2 \quad (Ec. 28)$$

$$0 = v_s m_1 - v_u m_2 - v_d m_2 \quad (Ec.29)$$

De manera que los sólidos en la columna de agua se describen como indica la Ecuación 30, en donde  $v_n$  es la pérdida neta de sólidos en la corriente.

$$U \frac{dm_1}{dx} = -\frac{v_n}{H_1} m_1(x) \quad (Ec. 30)$$

Los sólidos en un tramo de una corriente se analizan desde el tramo inicial  $x=0$  de río, en donde su concentración es  $m_1(0)$ . Para las pérdidas netas en el fondo de la corriente, se realiza un balance por resuspensión (Ec. 31).

$$m_1 = m_1(0) \exp\left(-\frac{v_s}{H_1 U} x\right) + \frac{v_u m_2}{v_s} \left[1 - \exp\left(-\frac{v_s}{H_1 U} x\right)\right] \quad (Ec. 31)$$

Si  $m_1(0)$  es pequeño entonces  $x=\infty$

$$m_1(\infty) = \frac{v_u m_2}{v_s}$$

De acuerdo con Thomann & Mueller (1987) indica que  $v_u$  puede ser obtenido por extrapolación (O'Connor, 1988; Chapra, 1997).



### 3.4.2.2 Modelación sólidos suspendidos inorgánicos

Su comportamiento depende principalmente de la velocidad de asentamiento, el diámetro de las partículas sedimentables y su peso específico, de manera que la modelación de la tasa de sólidos suspendidos totales (SST) puede implementarse mediante la aplicación de la Ecuación 34.

$$SST = \overline{v_{SST}} \frac{\partial C_{SST}}{\partial h_i} \quad (Ec. 34)$$

donde,  $\overline{v_{SST}}$  es la velocidad media de sedimentación ( $m\ s^{-1}$ ),  $C_{SST}$  corresponde a la concentración de sólidos suspendidos ( $g\ m^{-3}$ ) y  $h_i$  es la profundidad de la sección transversal.

### 3.4.3 Modelación del pH

El pH corresponde al logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno o protón (Ecuación 32), en donde  $a_{H^+}$  representa la actividad del ion hidrógeno.

$$pH = -\log a_{H^+} \quad (Ec. 32)$$

El principio básico para el control del pH de una corriente es simplemente agregar más base si el pH es demasiado bajo y menos base si es demasiado alto. Sin embargo, esta relación es no lineal y puede considerarse el modelo de Gustafsson et al (1995).

### 3.4.4 Coliformes Totales

Dado que es posible simular el comportamiento de los Coliformes Totales, en este caso la tasa de Coliformes Totales ( $S_{col}$ ) se obtiene mediante la Ecuación 33, descrita por Cole & Wells (2011).

$$S_{col} = -K_{col} \theta^{(T-20)} \varphi_{col} - \omega_{col} \frac{\partial \varphi_{col}}{\partial x} \quad (Ec. 33)$$

donde,  $-K_{col}$  es la tasa de mortalidad de los coliformes a  $20^\circ C$  ( $s^{-1}$ );  $\theta$  corresponde al factor de temperatura el cual se incrementa la tasa de reacción  $Q_{10}$  al doble por cada  $10^\circ C$  de aumento de la temperatura;  $\varphi_{col}$  es la concentración de coliformes ( $g\ m^{-3}$ );  $T$  es la temperatura del agua en grados Celsius.

Para este estudio se consideraron como valores iniciales las constantes de muerte de coliformes reportadas por diferentes estudios como CRQ & Uniquindío (2002) en el Río

Quindío, CRQ (2014) en el río Quindío; y en corrientes de Estados Unidos (Cole & Wells (2011), Tabla 19).

*Tabla 19. Tasas de muerte de coliformes reportadas en el Río Quindío y la literatura académica*

Localización	Constante de Muerte de Coliformes/1000 (1/día)
Unidad hidrográfica alta Río Quindío	0.002
Bocatoma Armenia Río Quindío	250
Sector La María Río Quindío	6
Quebrada La Florida Río Quindío	1255
Unidad hidrográfica Media Río Quindío	0.108
Estación Limnigráfica Calle Larga Río Quindío	35.2
Sector Tarapacá Río Quindío	6.4
Río Ohio, U.S.A	1.18
Río Illiois, U.S.A	2.04 – 2.52
Río Tennessee, U.S.A	1.03 – 1.32
Río Cumberland, U.S.A	5.52

*Modificado de: CRQ & UniQuindío (2002); Cole & Wells (2011); Cole & Wells (2011)*

### 3.5 Modelo conceptual en tramo tipo

Tabla 20. Representación modelo conceptual simulación para cada tramo

Condición hidráulica	Balance	Sólidos Suspendidos Totales	DBO Carbonácea	DBO Nitrosa					Déficit Oxígeno					Coliformes totales													
				Curvas	Tasa Decaimiento	Constante Sedimentación	Concentración Inicial en el Vertimiento	Conversion DBO5 a materia orgánica	Materia orgánica carbonácea 1er orden	Constante biodegradación	Tramo con vertimiento	Concentración Nitrogeno Orgánico	Constante Mineralización		Concentración Amoniaco	Constante Nitrificación	Tramo	Concentración Nitrosos	Concentración por aporte difuso	Diferencia Saturación y OD	Oxígeno d saturación	Déficit de oxígeno por aporte puntual de DBO	Constante de reaireación	Déficit de oxígeno por aporte difuso de DBOC	Déficit oxígeno por nitrificación	Déficit total oxígeno	OD
	$\sum Q_{nodo} = 0$ ; $Q_{entrada} = Q_{salida}$																										
	$v = a Q^b$ ; $h = c Q^d$ ; $B = e Q^f$																										
	$[SS]_{jji} = [SS]_{jjo} e^{-(k_{sij} t_{ij}/v_{ij})}$																										
	$k_{sij} = v_{sij}/Y_{ij}$																										
	$[SS]_{jjo} = ([SS]_{(i-1,j)} Q_{(i-1,j)} + [SS]_{vij} \times Q_{vij}) / (Q_{(i-1,j)} + Q_{vij})$																										
	$[L]_{jji} = DBO5 / (1 - e^{-(k_{Lij} t_{ij}^{n_{Lij}})})$																										
	$[L]_{jji} = [L]_{jjo} e^{-(k_{Lij} t_{ij}^{n_{Lij}})}$																										
	$k_{Lij} = k_{Li} \theta^{(T_{ij}-20)}$																										
	$[L]_{jjo} = ([L]_{(i-1,j)} Q_{(i-1,j)} + [L]_{vij} Q_{vij}) / (Q_{(i-1,j)} + Q_{vij})$																										
	$[NO]_{jji} = [NO]_{jjo} e^{-(k_{n_{Oij}} x_{i,j} / v_{ij})}$																										
	$k_{n_{Oij}} = k_{ni} \theta^{(T_{ij}-20)}$																										
	$[NH_4]_{jji} = [NH_4]_{jjo} e^{-(k_{n_{ij}} x_{i,j} / v_{ij})} + (k_{m_{ij}} [NO]_{jjo}) / (k_{m_{ij}} - k_{n_{ij}}) (e^{-(k_{n_{ij}} x_{i,j} / v_{ij})} - e^{-(k_{n_{Oij}} x_{i,j} / v_{ij})})$																										
	$[NO_3]_{jji} = [NO]_{jjo} + [NH_4]_{jjo} + [NO_3]_{jjo} - [NO]_{jji} - [NH_4]_{jji}$																										
	$[NO_3]_{Difjji} = [S_r(y_{ij} a_{ij})] x_{i,j} / v_{ij}$																										
	$D_{ijjo} = O_{sij} - O_{dijjL}$																										
	$O_{sij} = e^{-(139.34411 + 157570.1 / (273 + T_{ij}))} - 66423080 / (273 + T_{ij})^2 + 12438000000 / (273 + T_{ij})^3 - 8621949000000 / (273 + T_{ij})^4$																										
	$[DOL]_{jji} = (k_{Lij} [L]_{jjo}) / (k_{2ij} - k_{Lij}) (e^{-(k_{Lij} x_{i,j} / v_{ij})} - e^{-(k_{2ij} x_{i,j} / v_{ij})}) + D_{ijjo} e^{-(k_{2ij} x_{i,j} / v_{ij})}$																										
	$k_{2ij} = k_{2i} \theta^{(T_{ij}-20)}$																										
	$[DOLd]_{jji} = S_i / k_{2ij} (1 - e^{-(k_{2ij} x_{i,j} / v_{ij})}) - (k_{Lij} \times S_i) / (k_{Lij} (k_{2ij} - k_{Lij})) (e^{-(k_{Lij} x_{i,j} / v_{ij})} - e^{-(k_{2ij} x_{i,j} / v_{ij})})$																										
	$[DON]_{jji} = (k_{n_{ij}} * 4.57 [NKT]_{jjo}) / (k_{2ij} - k_{n_{ij}}) (e^{-(k_{n_{ij}} x_{i,j} / v_{ij})} - e^{-(k_{2ij} x_{i,j} / v_{ij})}) + D_{ijjo} * e^{-(k_{2ij} x_{i,j} / v_{ij})}$																										
	$[DOT]_{jji} = [DOL]_{jji} + [DOLd]_{jji} + [DON]_{jji} - e^{-(k_{2ij} x_{i,j} / v_{ij})}$																										
	$O_{dijj} = O_{sij} - DOT_{jji}$																										
	$S_{col} = -K_{col} \theta^{(T-20)} \phi_{col} + O_{col} (\partial \phi_{col}) / \partial x$																										



Para la simulación de la calidad del agua en cada tramo, se adoptó el modelo presentado en la Tabla 20, en donde se indican las ecuaciones en función del espacio (unidimensional). Una descripción más detallada se encuentra disponible en los numerales 3.5.1 al 3.5.7.

### 3.5.1 Estimación de la velocidad

La estimación de la velocidad se obtuvo a partir de los aforos realizados con molinete y con trazadores. Como se indicó en el numeral 3.3. Así mismo, se realizó el balance de caudales en cada tramo, considerando las entradas naturales, vertimientos y extracciones representadas en los sitios de bocatoma. Para obtener dichos balances, se consultó la información de los PSMV de los municipios objeto de estudio y las concesiones asociadas a las principales captaciones ubicadas en la zona de estudio.

### 3.5.2 Modelación sólidos suspendidos

Para la modelación de los sólidos suspendidos se empleó una ecuación de decaimiento exponencial de la concentración, en la cual se estimó una constante de sedimentación ( $K_s$ ) en función de la velocidad de sedimentación y el calado (Ecuaciones 34 y 35).

$$[SS]_{ijl} = [SS]_{ij0} e^{(-k_{sij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 34)$$

$$k_{sij} = \frac{v_{si}}{Y_{ij}} \quad (Ec. 35)$$

Donde,

$[SS]_{ijk}$  = Concentración en la abscisa  $l$  del tramo  $i$ , en el tiempo  $j$

$[SS]_{ij0}$  = Concentración inicial del tramo  $i$ , en el tiempo  $j$

$k_{sij}$  = Constante de sedimentación para el tramo  $i$  en el tiempo  $j$

$x_{il}$  = Abscisa  $l$  del tramo  $i$

$v_{si}$  = Velocidad de sedimentación en el tramo  $i$

La concentración inicial en los tramos en que hay vertidos se calculó según la Ecuación 36.

$$[SS]_{ij0} = \frac{[SS]_{i-1,j} \times Q_{i-1,j} + [SS]_{vij} \times Q_{vij}}{Q_{i-1,j} + Q_{vij}} \quad (Ec. 36)$$

Donde,  $[SS]_{i-1,j}$  es la concentración al final del tramo anterior, en el tiempo  $j$ ,  $[SS]_{vij}$  corresponde a la concentración del vertimiento  $i$  en el tiempo  $j$ ,  $Q_{vij}$  es el caudal del vertido  $i$  en el tiempo  $j$ ,  $Q_{i-1,j}$  representa el caudal del tramo anterior en el tiempo  $j$ .

### 3.5.3 Modelación materia orgánica carbonácea DBOC

Para transformar los DBO5 de entrada en el sistema a materia orgánica se utilizó la Ecuación 37.

$$[L]_{ei} = \frac{DBO5}{1 - e^{(-k'_{1i} * 5)}} \quad (Ec. 37)$$

La materia orgánica carbonosa puntual se simuló con la aplicación del modelo de la cinética de primer orden; en el cual la degradación sigue un decaimiento exponencial de primer orden (Ecuación 38).

$$[L]_{ijl} = [L]_{ij0} e^{(-k'_{1ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 38)$$

Donde,  $[L]_{ijl}$  es la concentración en la abscisa l del tramo i, en el tiempo j;  $[L]_{ij0}$  indica la concentración inicial del tramo i, en el tiempo j;  $k'_{1ij}$  corresponde a la constante de biodegradación de la materia orgánica para el tramo i en el tiempo j (*corregida por temperatura*).

La constante de biodegradación varía principalmente en función de la temperatura. Por tanto, en un tiempo j se calcula un  $k'_{1i}$  corregido por temperatura mediante la aplicación de la Ecuación 39.

$$k'_{1ij} = k'_{1i} \times \theta^{(T_j - 20)} \quad (Ec. 39)$$

En este caso  $k'_{1i}$  es la constante de biodegradación de la materia orgánica a 20 °C en el tramo i,  $\theta = 1.047$ . Así mismo, en los tramos que inician con vertimiento se aplicó la Ecuación 40 para determinar la concentración inicial.

$$[L]_{ij0} = \frac{[L]_{i-1,j} \times Q_{i-1,j} + [L]_{vij} \times Q_{vij}}{Q_{i-1,j} + Q_{vij}} \quad (Ec. 40)$$

Donde,  $[L]_{i-1,j}$  corresponde a la concentración al final del tramo anterior en el tiempo j;  $[L]_{vij}$  es la concentración del vertido i en el tiempo j. De manera que la materia orgánica de origen difuso se modeló mediante la Ecuación 41.

$$[L_d]_{ijl} = \frac{S_l / (y_{ij} \times a_{ij})}{k'_{1ij}} \left( 1 - e^{(-k'_{1ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \right) \quad (Ec. 41)$$

Donde,  $[L]_{ijl}$  es la concentración difusa en la abscisa l del tramo i en el tiempo j, y el término  $S_l$  indica la concentración aporte difuso (g/d/m).

### 3.5.4 Modelación DBO nitrogenada

En la modelación de la demanda de oxígeno nitrosa se emplearon las variables: Nitrógeno orgánico, Amonio y Nitratos para representar de una forma más adecuada el consumo de oxígeno. Las ecuaciones correspondientes a las transformaciones entre las especies son las siguientes:

#### Concentración de Nitrógeno Orgánico (Ec. 42)

$$[NO]_{ijl} = [NO]_{ij0} e^{(-k_{mij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 42)$$

Donde,  $[NO]_{ijl}$ = concentración en la abscisa l del tramo i, en el tiempo j;  $[NO]_{ij0}$ = concentración inicial del tramo i, en el tiempo j;  $k_{mij}$ = constante de mineralización para el tramo i en el tiempo j (*corregida por temperatura*) (Ecuación 43).

$$k_{mij} = k_{mi} \times \theta^{(T_j-20)} \quad (Ec. 43)$$

Donde,  $k_{mi}$ = Constante de mineralización a 20 °C en el tramo i;  $\theta$ = 1.08;  $T_j$ = Temperatura del agua en el tiempo j.

#### Concentración de Amonio (Ec. 44)

$$[NH_4]_{ijl} = [NH_4]_{ij0} e^{(-k_{nij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} + \frac{k_m [NO]_{ij0}}{k_n - k_m} \left( e^{(-k_{mij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} - e^{(-k_n \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \right) \quad (Ec. 44)$$

Donde,  $[NH_4]_{ijl}$ = Concentración en la abscisa l del tramo i, en el tiempo j,  $[NH_4]_{ij0}$ = concentración inicial del tramo i, en el tiempo j,  $k_{nij}$ = constante de nitrificación para el tramo i en el tiempo j (*corregida por temperatura*) (Ecuación 45).

$$k_{nij} = k_{ni} \times \theta^{(T_j-20)} \quad (Ec. 45)$$

Donde,  $k_{ni}$ = Constante de nitrificación a 20 °C en el tramo i;  $\theta$ = 1.08;  $T_j$ = Temperatura del agua en el tiempo j.

#### Concentración de Nitratos

La concentración por el aporte puntual se calculó por balance con la aplicación de Ecuación 46.

$$[NO_3]_{ijl} = [NO]_{ij0} + [NH_4]_{ij0} + [NO_3]_{ij0} - [NO]_{ijl} - [NH_4]_{ijl} \quad (Ec. 46)$$

Donde,  $[NO_3]_{ijl}$ = Concentración de nitratos en la abscisa  $l$  del tramo  $i$ , en el tiempo  $j$ ;  $[NO_3]_{ij0}$ = Concentración inicial de nitratos del tramo  $i$ , en el tiempo  $j$ . Así mismo, La concentración por aporte difuso se calculó con la Ecuación 47.

$$[NO_3Dif]_{ijl} = \left[ Sn / (y_{ij} \times a_{ij}) \right] \times \frac{x_{il}}{v_{ij}} \quad (Ec. 47)$$

Donde,  $[NO_3Dif]_{ijl}$ =Concentración difusa de nitratos en la abscisa  $l$  de tramo  $i$  en el tiempo  $j$ ,  $Sn$ = concentración difusa de nitratos (g/d/m).

### 3.5.5 Modelación Déficit de oxígeno

El déficit de oxígeno representa la diferencia entre el oxígeno de saturación y el oxígeno disuelto; es necesario calcular el déficit inicial del tramo para poder modelar el déficit, en este sentido, se calculó el déficit inicial con la aplicación de la Ecuación 48.

$$D_{ij0} = Os_{ij} - Od_{ijL} \quad (Ec. 48)$$

Donde,  $D_{ij0}$ =Déficit inicial del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ ;  $Os_{ij}$ =Oxígeno de saturación del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ ;  $Od_{ijL}$ =Oxígeno disuelto al final del tramo anterior en el tiempo  $j$ . Así mismo, el oxígeno de saturación se calculó solo en función de la temperatura del agua en cada tramo  $i$  (Ecuación 49).

$$Os_{ij} = e^{\left( -139.34411 + \frac{157570.1}{273+T_j} + \frac{66423080}{(273+T_j)^2} + \frac{12438000000}{(273+T_j)^3} - \frac{862194900000}{(273+T_j)^4} \right)} \quad (Ec. 49)$$

Donde,  $T_j$ = Temperatura del agua en el tiempo  $j$ .

### Déficit de oxígeno por aporte puntual de DBO (Ecuación 50)

$$[DOL]_{ijl} = \frac{k'_{1ij}[L]_{ij0}}{k_{2ij} - k'_{1ij}} \left( e^{(-k'_{1ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} - e^{(-k_{2ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \right) + D_{ij0} \times e^{(-k_{2ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 50)$$



Donde,  $[DOL]_{ij}$ =Déficit de oxígeno por DBOC puntual en la abscisa  $l$  del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ ;  $k_{2ij}$ = Constante de reaireación para el tramo  $i$  en el tiempo  $j$  (corregida por temperatura) (Ecuación 51).

$$k_{2ij} = k_{2i} \times \theta^{(T_j-20)} \quad (Ec. 51)$$

Donde,  $K_{2i}$ = Constante de reaireación a 20 °C en el tramo  $i$ ;  $\theta= 1.024$ ;  $T_j$ = Temperatura del agua en el tiempo  $j$ .

### Déficit de oxígeno por aporte difuso de DBOC (Ec. 52)

$$[DOLD]_{ijl} = \frac{sl}{k_{2ij}} \left( 1 - e^{(-k_{2ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \right) - \frac{k'_{1ij} \times sl}{k'_{1ij}(k_{2ij} - k'_{1ij})} \left( e^{(-k'_{1ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} - e^{(-k_{2ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \right) \quad (Ec. 52)$$

Donde,  $[DOLD]_{ijl}$ =Déficit de oxígeno por DBO difuso en la abscisa  $l$  del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ .

### Déficit de Oxígeno por Nitrificación (Ec. 53)

$$[DON]_{ijl} = \frac{k_{nij} \times 4.57 [NKT]_{ijo}}{k_{2ij} - k_{nij}} \left( e^{(-k_{nij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} - e^{(-k_{2ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \right) + D_{ijo} \times e^{(-k_{2ij} \frac{x_{il}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 53)$$

Donde,  $[DON]_{ijl}$ =Déficit de oxígeno por nitrificación en la abscisa  $l$  del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ ;  $[NKT]_{ijo}$ =Nitrógeno Kjeldhal Total (suma de N orgánico y Amoniacal) inicial en el tramo  $i$  en el tiempo  $j$ .

### Déficit Total de Oxígeno (Ec. 54)

El déficit total se calculó haciendo la suma de todos los déficits presentes en cada tramo y restando una vez el componente de reaireación ya que se tuvo en cuenta dos veces en el cálculo de los déficits parciales (déficit puntual por DBOC y déficit por DBON).

Para los análisis en cada configuración se realizaron los siguientes balances

- i. Suma del déficit por aporte puntual de DBOC, el déficit por aporte difuso de DBOC, el déficit por nitrificación y se restó una vez la componente de reaireación (Ecuación 54).

$$[DOT]_{ijl} = [DOL]_{ijl} + [DOLD]_{ijl} + [DON]_{ijl} - e^{(-k_{2ij} \frac{x_{ij}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 54)$$

Donde,  $[DOT]_{ijl}$ = Déficit total de oxígeno en la abscisa  $l$  del tramo  $i$  en el tiempo  $j$

- i. Suma del déficit por aporte puntual de DBOC, el déficit por nitrificación y se restó una vez la componente de reaireación (Ecuación 55).

$$[DOT]_{ijl} = [DOL]_{ijl} + [DON]_{ijl} - e^{(-k_{2ij} \frac{x_{ij}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 55)$$

Donde,  $[DOT]_{ijl}$ = Déficit total de oxígeno en la abscisa  $l$  del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ .

Para calcular el déficit total en el tramo E se sumó el déficit por aporte puntual de DBOC, el déficit por nitrificación, la demanda de oxígeno por parte de los sedimentos y se restó una vez la componente de decaimiento de la reaireación (Ecuación 56).

$$[DOT]_{ijl} = [DOL]_{ijl} + [DOS]_{ijl} + [DON]_{ijl} - e^{(-k_{2ij} \frac{x_{ij}}{v_{ij}})} \quad (Ec. 56)$$

Donde,  $[DOT]_{Ejl}$ = Déficit total de oxígeno en la abscisa  $l$  del tramo  $E$  en el tiempo  $j$ .

### 3.5.6 Modelación oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto se calculó mediante la diferencia entre el oxígeno de saturación y el déficit total de oxígeno

$$Od_{ijl} = Os_{ij} - DOT_{ijl} \quad (Ec. 57)$$

Donde,  $Od_{ijl}$ = Oxígeno disuelto en el río en la abscisa  $l$  del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ ,  $Os_{ij}$ = Oxígeno de saturación para el tramo  $i$  en el tiempo  $j$ ,  $DOT_{ijl}$ = Déficit total de oxígeno en el río en la abscisa  $l$  del tramo  $i$  en el tiempo  $j$ .

### 3.5.7 Modelación Coliformes Totales

Las ecuaciones que representan este proceso fueron indicadas en el numeral 3.4.4.

## 3.6 Calibración / Validación del modelo

El esquema de calibración adoptado consistió en simular los diferentes parámetros para cada tramo asociado a las corrientes objeto de análisis y comparar los resultados con los datos observados en los puntos de monitoreo, en los que se realizaron muestreo de calidad del agua. Se ajustaron las diferentes constantes de reacción hasta lograr el mejor ajuste entre los valores observados y los simulados. De la misma manera, el proceso de validación corresponde a la comparación de las simulaciones con los valores observados en un periodo diferente a los analizados en el proceso de calibración.

Para evaluar la calibración del modelo se utilizó el Índice de Nash (Abbaspour et al., 2015; Sincock et al., 2003) y la comparación de los valores y simulados y observados del oxígeno disuelto, tal como indica Cole & Wells (2011).

Para el proceso de modelación de la calidad del agua de las corrientes objeto de estudio, se realizaron las mediciones de los efluentes de las PTAR existentes en los municipios, de manera fue considerado el efecto de remoción en los vertimientos municipales. Respecto de los usuarios con tratamiento, es importante aclarar que dentro del proceso de modelación se realizó el ajuste de los factores correctores mediante calibración, lo cual permite al modelo describir las condiciones del sistema real. En este caso, representado por los muestreos de calidad del agua realizados.

### 3.7 Escenarios de simulación

Una vez calibrado el modelo de simulación, se plantearon cuatro escenarios de simulación representativos de 1) la situación actual de cada fuente hídrica, 2) propuesta de saneamiento enfocada a eliminación de vertimientos en el año 2025 y/o mejoramiento de eficiencias de remoción de PTAR existentes, 3) Operación en el año 2029 de PTAR adicionales a las existentes y propuestas en este estudio 4) Implementación de las obras de saneamiento planteadas en los PSMV de los municipios para el año 2029 (Tabla 21). De forma complementaria, se formuló un escenario adicional de acciones de saneamiento proyectadas en los PSMV al año 2025 (los resultados de todos los escenarios se presentan en el anexo digital A6).

Tabla 21. Escenarios de simulación desarrollados

Escenario	Código	Descripción
1	Actual	Descripción del comportamiento actual (año 2019-2020) de la calidad del agua en las corrientes objeto de análisis, a partir del modelo implementado en este estudio.
2	2025	Eliminación de vertimientos dispersos para ser interceptados y dirigidos hacia un colector municipal principal que transporte el flujo hacia una PTAR proyectada. En los casos en los que la PTAR existe, se propone mejorar la eficiencia de tratamiento a un mínimo de remoción del 80% en DBO, SST y Coliformes Totales, según eficiencias de remoción recomendadas por Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2017), Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2010) y Ministerio de Desarrollo Económico (2000).
3	2029	Involucra las acciones descritas en el escenario 2025 y realizar el tratamiento de las aguas residuales en una PTAR con una eficiencia del 80% en remoción de DBO, SST, Coliformes Totales y 20% del ciclo del nitrógeno. La Figura 165 presenta la ubicación espacial de las plantas.
4	PSMV-2029	Eliminación de vertimientos y puesta en operación de las PTAR proyectadas en los PSMV aprobados y en proceso de revisión.

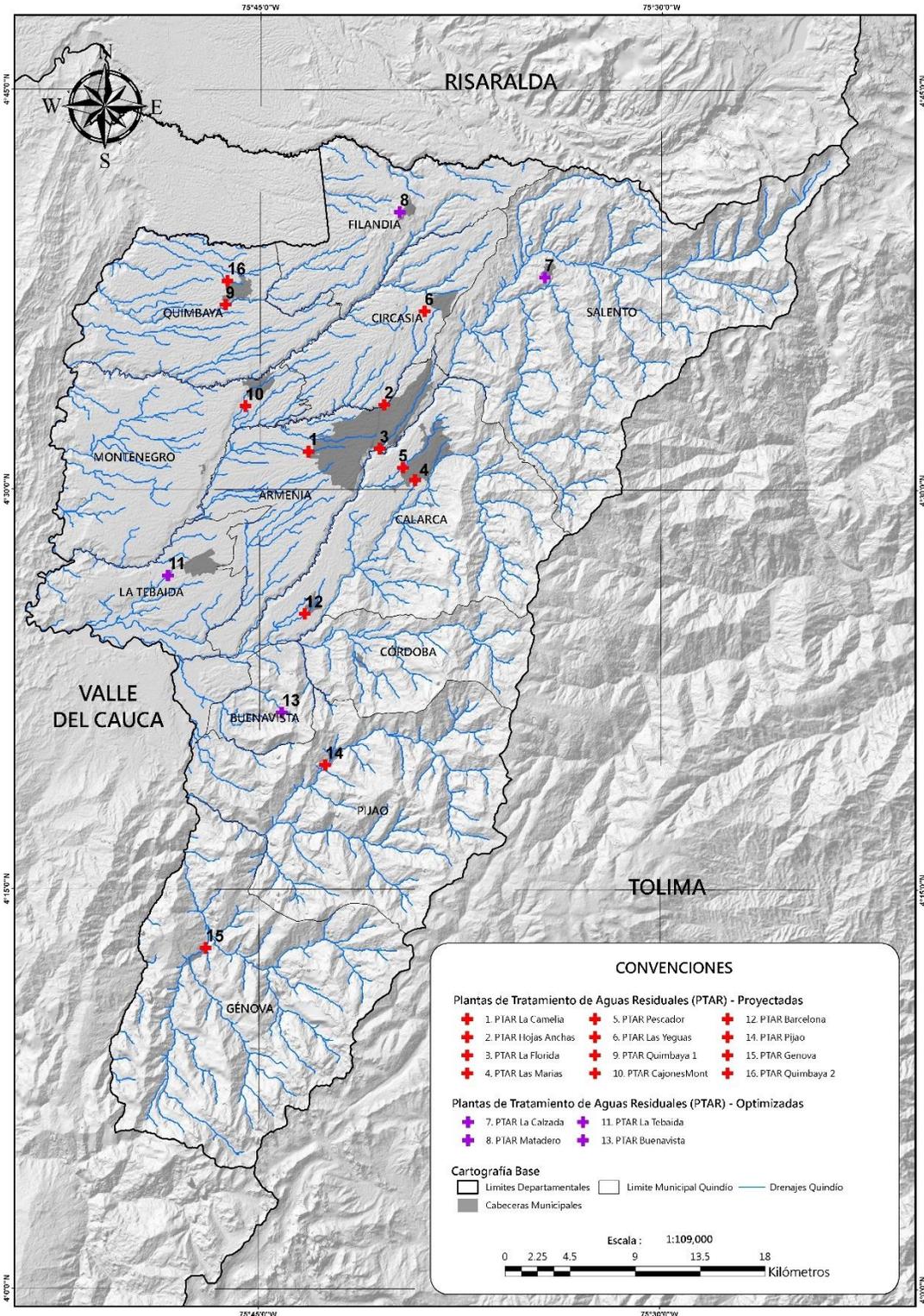


Figura 165. Ubicación espacial de las plantas de tratamiento de aguas residuales consideradas en el escenario 2029

Con relación a los escenarios de simulación implementados (Tabla 21), se destaca que según el Art. 1 de la resolución 1433 de 2004 del hoy MADS, los PSMV deben articularse a los objetivos de calidad del agua y uso que defina la Autoridad Ambiental competente para la corriente, dicha resolución se encuentra vigente ya que el artículo 2.2.9.7.3.3 del decreto 1076 de 2015 expresa que “continúa vigente y podrá ser modificada o sustituida”. Esto implica que el PSMV no debe condicionar a la formulación de los objetivos de calidad, y el establecimiento de los objetivos de calidad del agua superficial podría conducir a requerir una revisión de los PSMV.

Cabe aclarar que en los escenarios de simulación no se incluyó un escenario de saneamiento asumiendo como condición de vertimiento óptimo los umbrales definidos en la resolución 631 de 2015 del MADS, ya que para el caso de las fuentes hídricas estudiadas dicho criterio sería permisivo en contraste con los valores de remoción adoptados, por lo que por aplicación del principio de precaución para la conservación ambiental, se adoptó como condición de saneamiento más restrictiva la estrategia de definir un mínimo de remoción porcentual de carga conforme al mínimo establecido por el RAS.

### 3.8 Cálculo de cargas

Para este estudio se definieron dos tipos de cargas: i) aguas residuales domésticas, ii) aguas residuales industriales, comerciales y turismo.

#### 3.8.1 Aguas residuales domésticas

En este caso se determinó la demanda del servicio de acueducto como indica el RAS (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2017; Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), de manera que se consultaron las pérdidas técnicas de cada uno de los sistemas de acueducto de los municipios que se encuentran dentro de la zona de estudio y se calculó el caudal de aguas residuales como indica Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2016; 2017), de manera que una vez obtenidas las poblaciones proyectadas al periodo de diseño, se definieron las áreas sanitarias que contribuyen a los puntos de vertimiento en una relación proporcional a la población municipal (Figura 166), según se indican en las Ecuaciones 58 y 59.

$$\frac{P_m}{A_m} = \frac{P_v}{A_v} \quad (Ec. 58)$$

$$Q_v = F * \{[C_R * D_{Neta} * A_v] + Q_{Ind} + Q_{com}\} + [C_i * \phi * L] + \left[0.2 \frac{L}{ha}\right] \quad (Ec. 59)$$

Donde,  $P_m$  es la población municipal proyectada a 25 años más la población flotante,  $A_m$  área municipal,  $P_v$  población asociada al vertimiento,  $A_v$  área aferente al vertimiento,  $Q_v$  caudal del vertimiento,  $F$  factor de mayoración calculado con la ecuación de Flores ( Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016).  $F = \frac{3.5}{P_m^{0.1}}$ ;  $C_R = 0.85$ ;  $D_{Neta} = 120$

L/hab\*d cuando la elevación (E) de la población es mayor de 2000 m.s.n.m., 130 L/hab\*d cuando 1000 m.s.n.m. < E < 2000 m.s.n.m., 140 L/hab\*d cuando E < 1000 m.s.n.m.;  $Q_{Ind}$  es el caudal industrial;  $Q_{com}$  corresponde al caudal comercial;  $C_i$  coeficiente de infiltración;  $\phi$  y  $L$  indican el diámetro y longitud de la tubería respectivamente. Así mismo, las conexiones erradas tienen una magnitud de 0.2 litros / área sanitaria en hectáreas.

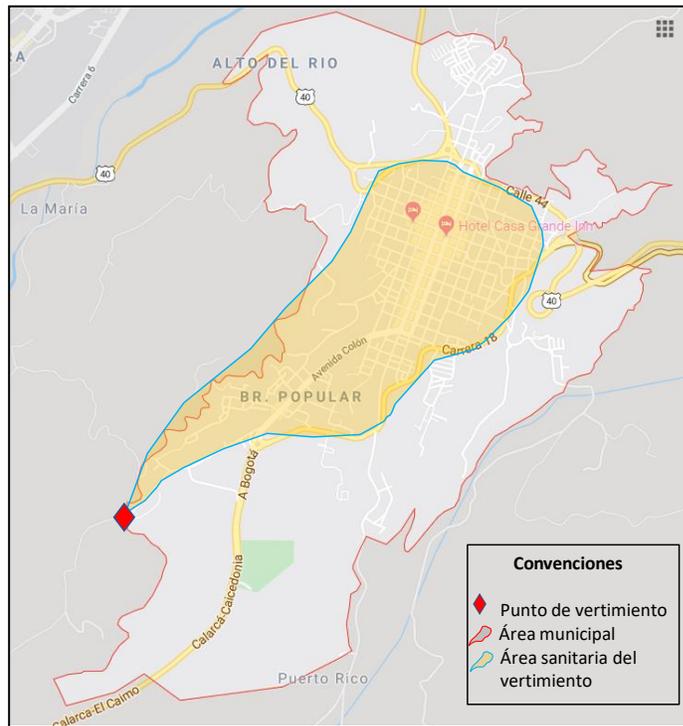


Figura 166. Conceptualización de áreas sanitarias

Los valores adoptados para el cálculo de cargas se basaron en los valores per cápita recomendados por el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2017; 2018), los cuales se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Valores adoptados para la estimación de cargas

Parámetro	DBO <sub>5</sub>	SST	NO <sub>3</sub> -N	N-Kjendahl total como N	Coliformes Totales (# d <sup>-1</sup> )
Valor recomendado P*(Kg d <sup>-1</sup> )	50	50	8.4	8.4	2.0E12

### 3.8.2 Aguas industriales, comerciales y turismo

El proceso de cálculo de aguas industriales, comerciales y relacionadas con el turismo corresponde al indicado en 3.8.1 para el caso de vertimientos de aguas residuales domésticas. Sin embargo, en cada caso se consultaron los valores reportados en los monitoreos de

seguimiento y expedientes de permisos de vertimiento dada la naturaleza específica de algunos vertimientos y los resultados del monitoreo realizado en el marco de la ejecución del estudio. Con base en dicha información, las cargas fueron calculadas mediante la siguiente expresión:

$$CC = \frac{0.0864 \times Q_v \times C_i \times t}{24}$$

Donde,  $CC$  es la carga contaminante en Kg/día,  $Q_v$  es el caudal del vertimiento en LPS,  $t$  es el tiempo de duración del vertimiento en horas y  $C_i$  es la concentración del determinante considerado en mg/l.

### 3.9 Tramos Objeto de Estudio

#### 3.9.1 Información de línea base

Con el fin de caracterizar e identificar los vertimientos puntuales y establecer el esquema conceptual de cada cuerpo de agua objeto de análisis se recopiló información proveniente de diferentes estudios de modelación de la calidad del agua, monitoreos históricos de calidad del agua reportados por la Autoridad Ambiental, instrumentos de planificación del recurso hídrico vigentes y la información recopilada en las jornadas de campo adelantadas en cada fuente hídrica durante la formulación del estudio (Tabla 23).

Tipo de fuente de información	Denominación	Año
Estudio	Modelación de la calidad del agua río Quindío municipios de Salento, Armenia, Calarcá y La Tebaida, departamento del Quindío	2015
Estudio	Modelación de la calidad del agua quebrada Buenavista municipios de Filandia y Quimbaya departamento del Quindío	2015
Estudio	Modelación de la calidad del agua quebrada La Gata, municipio de Calarcá departamento del Quindío	2015
Estudio	Modelación de la calidad del agua río San Juan, municipio de Génova departamento del Quindío	2015
Estudio	Modelación de la calidad del agua quebrada Cristales, municipios de Armenia y La Tebaida, departamento del Quindío	2015
Estudio	Modelación de la calidad del agua quebrada La Florida, municipio de Armenia departamento del Quindío	2015
Estudio	Modelación de la calidad del agua río Azul, municipio de Pijao departamento del Quindío	2015
Estudio	Modelación de la calidad del agua río Rojo, municipio de Génova departamento del Quindío	2015
Base de datos	Red de monitoreo de vertimientos y fuentes hídricas, Subdirección de Regulación y Control Ambiental, CRQ	2015
Base de datos	Red de monitoreo de vertimientos y fuentes hídricas, Subdirección de Regulación y Control Ambiental, CRQ	2016
Estudio	Evaluación regional del agua del departamento del Quindío	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Buenavista	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Calarcá	2017

<b>Tipo de fuente de información</b>	<b>Denominación</b>	<b>Año</b>
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Circasia	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Córdoba	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Filandia	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Génova	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de La Tebaida	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Montenegro	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Pijao	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Quimbaya	2017
Instrumento de Planificación	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Salento	2017
Instrumento de Planificación	Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río La Vieja	2017
Base de datos	Red de monitoreo de vertimientos y fuentes hídricas, Subdirección de Regulación y Control Ambiental, CRQ	2017
Base de datos	Red de monitoreo de vertimientos y fuentes hídricas, Subdirección de Regulación y Control Ambiental, CRQ	2018
Estudio	Informe de evaluación de meta global de carga contaminante año 2018	2018
Base de datos	Usuarios de Tasa Retributiva, Subdirección de Regulación y Control Ambiental, CRQ	2018
Base de datos	Liquidación Tasa Retributiva año 2018, CRQ	2018
Base de datos	Red de monitoreo de vertimientos y fuentes hídricas, Subdirección de Regulación y Control Ambiental, CRQ	2019
Base de datos	Resultados de campañas de monitoreo de cantidad y calidad del agua	

*Tabla 23. Fuentes de información consultadas para la definición del inventario de vertimientos puntuales y esquemas conceptuales de cada fuente hídrica*

### **3.9.2 Inventario de Vertimientos por Unidad Hidrográfica**

En el área de estudio se identificaron 549 vertimientos, de los cuales 493 corresponden a aguas residuales de tipo doméstico, 30 al sector comercial y de servicios, 19 al sector industrial, 6 al sector turístico y 1 al sector pecuario. En el anexo digital A2 se identifican las equivalencias de codificación de los vertimientos que fueron considerados en cada esquema de modelación.

Las unidades hidrográficas con mayor número de vertimientos son río Espejo y quebrada Armenia con un total de 312 y 113 respectivamente, la gran mayoría de éstos pertenecen al sector de uso doméstico (90.7 y 93.8 % respectivamente) seguido por el sector comercial (7.1 y 6.2 % respectivamente). En contraste, las unidades hidrográficas que presentan menor número de vertimientos son las correspondientes a la quebrada Las Delicias (Municipio de



Buenavista) y La Siberia (Municipio de Córdoba) con un único vertimiento cada una, en ambos casos de tipo doméstico.

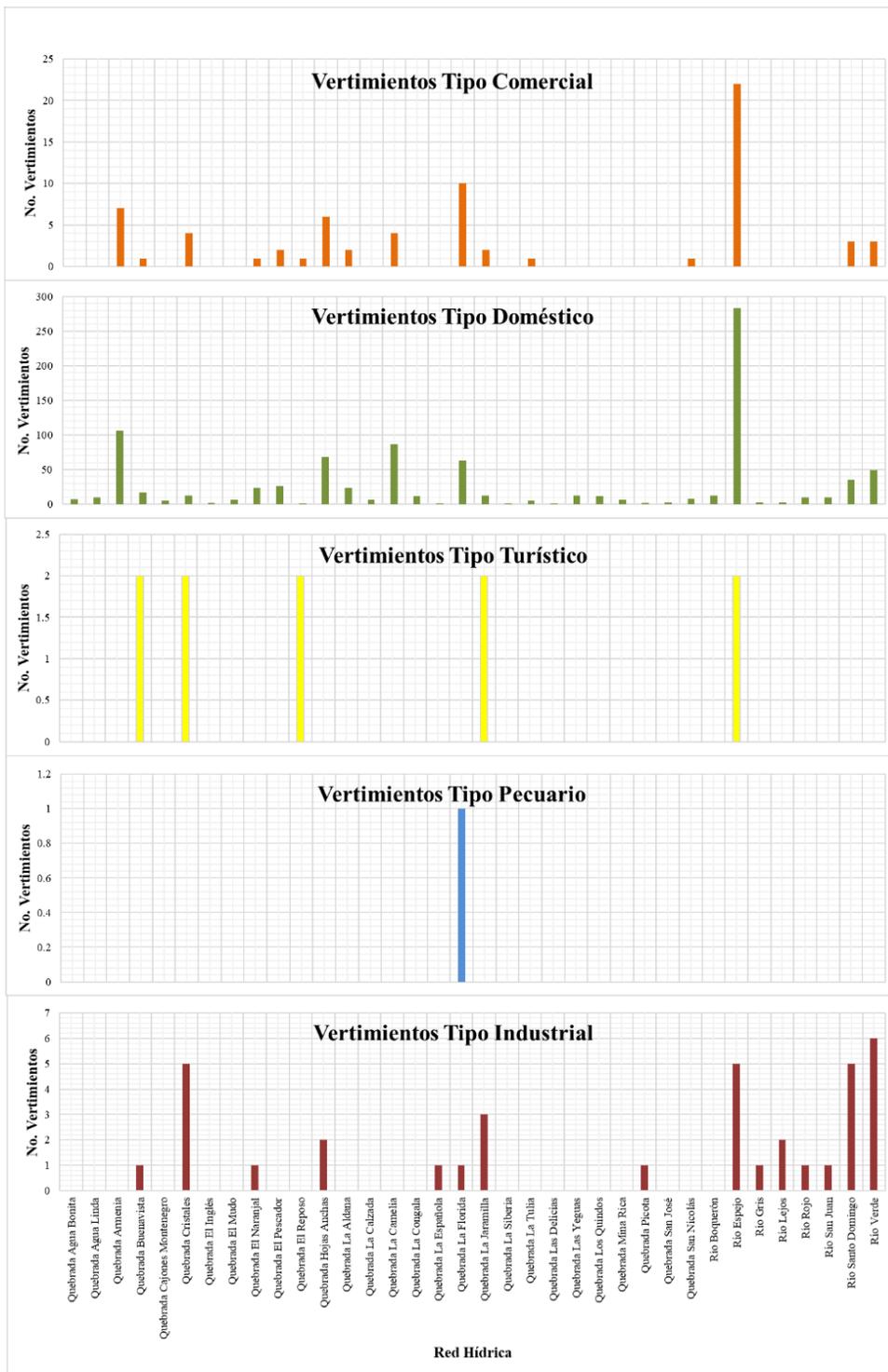


Figura 167. Distribución de vertimientos por tipo de uso y unidad hidrográfica

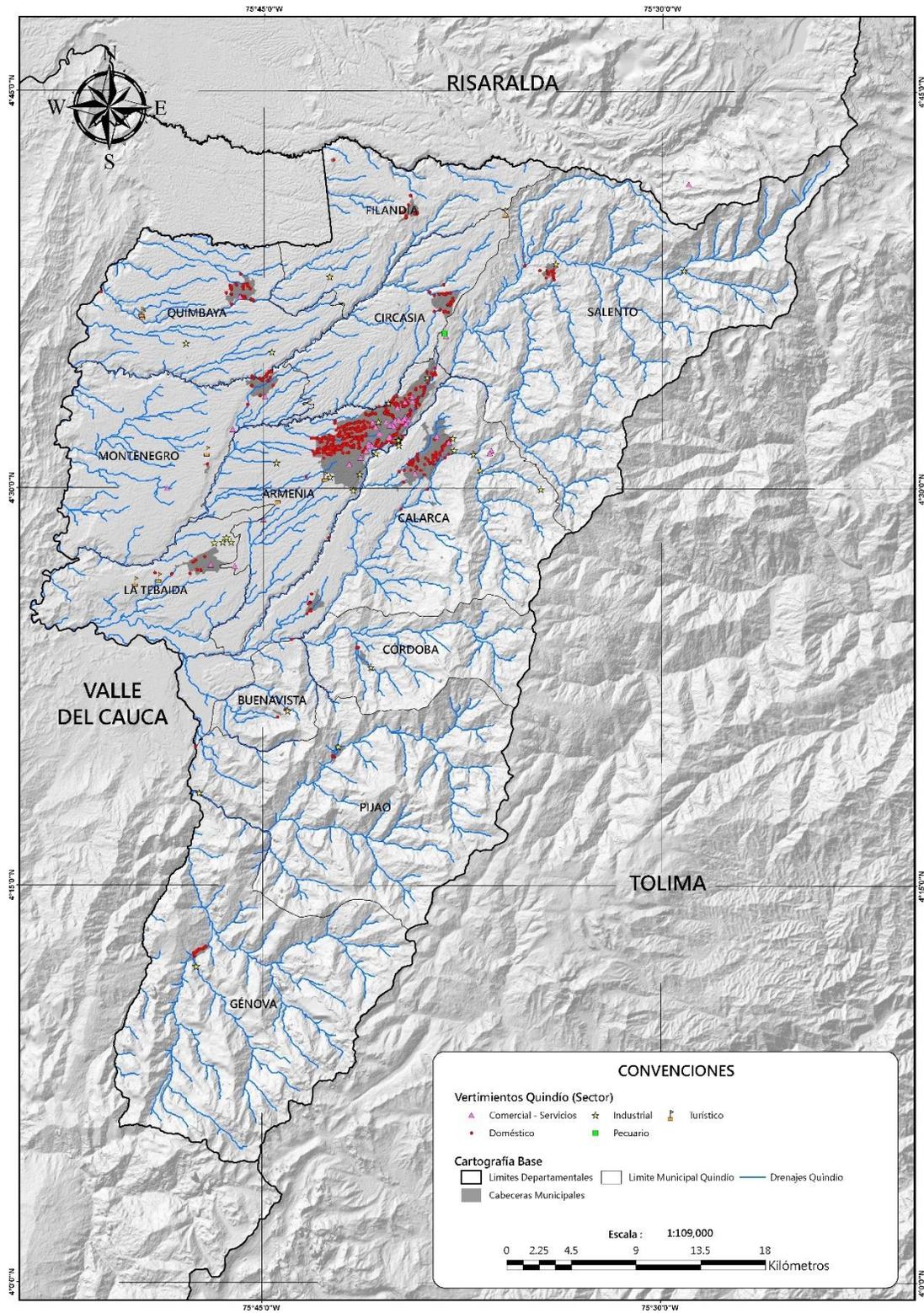


Figura 168. Distribución espacial de los 561 vertimientos puntuales identificados

### 3.9.3 Definición de Tramos

La discretización más reciente de tramos reportada por la Corporación Autónoma Regional del Quindío corresponde a una clasificación de las fuentes hídricas en 27 segmentos, los cuales han sido implementadas por la Subdirección de Regulación y Control Ambiental para el seguimiento y evaluación de las metas de carga contaminante durante el año 2018 (Tabla 24). Por otra parte, las resoluciones que establecen los objetivos de calidad del agua de las fuentes hídricas del departamento del Quindío (Resolución No. 1035 de 2008 que modifica y adiciona la resolución 107 de 2007 y Resolución 326 de 2017 por medio de la cual se prorrogan). definen un total de 18 tramos (Tabla 25).

Considerando que los modelos dinámicos y de balance de masa requeridos para el análisis de escenarios de saneamiento en cada fuente hídrica deben representar las condiciones de contorno específicas de cada sistema a simular (vertimientos directos al cuerpo de agua, puntos de captación de caudal, aportes de flujo de fuentes hídricas confluyentes), se hace necesario revisar la discretización inicialmente adoptada por la entidad, y redefinirla para satisfacer los requerimientos de los modelos matemáticos de calidad del agua en materia de esquematización conceptual por tramos en cada fuente hídrica estudiada.

Algunas de las principales razones que motivaron tal redefinición se soportan en que algunos vertimientos no llegan directamente a la fuente hídrica objeto de modelación, sino de manera indirecta a través de un afluente; en otros casos la fuente hídrica principal objeto del establecimiento de objetivos de calidad no se encuentra representada de forma explícita en la discretización de tramos existente, y en algunas fuentes hídricas se requiere mantener una representación explícita de la variabilidad longitudinal de la calidad del agua.

En total se definieron 37 tramos sobre las fuentes hídricas que requieren del establecimiento de objetivos de calidad del agua (Tabla 26 y Figura 169).

ID	Fuente Hídrica	Descripción
Tramo 1	Río Quindío	Desde el nacimiento hasta la confluencia con Río Boquerón
Tramo 2	Río Quindío	Desde que recibe la quebrada la calzada hasta su desembocadura en el río Quindío
Tramo 3	Río Quindío	Desde la Central de Sacrificio Frigocafé hasta el Río Barragán El Caimo
Tramo 4	Quebrada La Florida	Desde el casco Urbano del Municipio de Armenia hasta la desembocadura en el Río Quindío
Tramo 5	Quebrada El Pescador	Desde el Casco Urbano hasta desembocadura Río Quindío
Tramo 6	Quebrada El Naranjal	Desde el casco Urbano del Municipio de Calarcá hasta la desembocadura en el Río Quindío
Tramo 7	Río Santo Domingo	Entre la bocatoma San Rafael hasta la desembocadura al Río Verde
Tramo 8	Río Verde	Entre el Casco Urbano del Municipio de Córdoba hasta desembocadura
Tramo 9	Quebrada La Picota	Entre el Casco Urbano del Municipio de Buenavista y la desembocadura en el Río Barragán
Tramo 10	Quebrada La Picota	Entre el Casco Urbano del Municipio de Buenavista y la desembocadura en el Río Barragán
Tramo 11	Quebrada Cristales	Desde Casco Urbano hasta desembocadura al Río La Vieja
Tramo 12	Quebrada Cristales	Desde la descarga de la quebrada la Jaramilla hasta la desembocadura en el río la vieja
Tramo 13	Quebrada San Nicolas	Desde el nacimiento hasta la desembocadura del río Quindío

Tramo 14	Quebrada Santa Rita	Desde el nacimiento de la quebrada los naranjos hasta la descarga PTAR la marina
Tramo 15	Quebrada Hojas Anchas	Desde el nacimiento hasta 100 metros después en la confluencia con la quebrada Zanjón Hondo
Tramo 16	Quebrada Armenia	Desde el nacimiento hasta 100 metros después con la confluencia con quebrada Grillo
Tramo 17	Quebrada La Camelia	Desde el nacimiento hasta finalizar el perímetro urbano
Tramo 18	Quebrada Los Quindos	Desde el nacimiento hasta 100 metros después de la confluencia de la quebrada los Quindos
Tramo 19	Río Espejo	Desde Confluencia Q. Armenia y Q. Hojas Anchas hasta desembocadura al Río La Vieja
Tramo 20	Quebrada Cajones (Montenegro)	Desde Casco Urbano hasta desembocadura al Río Espejo
Tramo 21	Río Roble	Entre la Bocatoma de Circasia y la bocatoma de Montenegro
Tramo 22	Río Roble	Entre el casco urbano de Montenegro y la desembocadura en el Río La Vieja
Tramo 23	Quebrada Buenavista	Desde casco Urbano del Municipio de Quimbaya hasta desembocadura del Río La Vieja
Tramo 24	Río Rojo	Desde casco Urbano hasta desembocadura al Río La Vieja
Tramo 25	Río Rojo	Desde el puente vía a Génova hasta desembocadura en Río Barragán
Tramo 26	Quebrada San José	Desde el casco urbano del municipio de Filandia hasta la entrega en el río barbas
Tramo 27	Río Lejos	Desde el casco urbano del municipio de pijao hasta la desembocadura del río barragán

*Tabla 24. Tramos definidos por la Corporación Autónoma Regional del Quindío para hacer evaluación de metas globales de carga contaminante en el año 2018. Fuente: SRCA-CRQ (2018).*

ID	Fuente Hídrica	Descripción
Tramo 1	Río Quindío	Entre el nacimiento hasta la bocatoma del municipio de La Tebaida
Tramo 2	Río Quindío	Desde la central de sacrificio Frigocafé hasta el río Barragán
Tramo 3	Quebrada La Florida	Entre el casco urbano y la desembocadura en el río Quindío
Tramo 4	Quebrada Hojas Anchas	Desde su inicio hasta la unión con la quebrada Armenia
Tramo 5	Quebrada Armenia	Desde su inicio hasta unión con quebrada Hojas Anchas
Tramo 6	Río Espejo	Desde su inicio hasta desembocadura al río La Vieja
Tramo 7	Quebrada Cristales	Desde el casco urbano hasta la desembocadura al río La Vieja
Tramo 8	Quebrada El Naranjal	Entre el casco urbano y la desembocadura al río Santo Domingo
Tramo 9	Quebrada El Pescador	Desde el casco urbano hasta la desembocadura al río Quindío
Tramo 10	Río Santo Domingo	Entre la bocatoma San Rafael hasta la desembocadura al río Verde
Tramo 11	Quebrada La Picota	Entre el casco urbano del municipio de Buenavista y la desembocadura en el río Quindío
Tramo 12	Río Verde	Entre el centro de la Guadua hasta desembocadura en el río Quindío
Tramo 13	Río Lejos	Desde el casco urbano hasta la desembocadura en el río La Vieja
Tramo 14	Quebrada Cajones (Montenegro)	Desde el casco urbano hasta la desembocadura al río Espejo
Tramo 15	Quebrada Buenavista	Desde el Casco urbano hasta la desembocadura al río La Vieja
Tramo 16	Río Roble	Entre la bocatoma de circasia y la bocatoma de Montenegro
Tramo 17	Río Roble	Entre el casco urbano de Montenegro y la desembocadura en el río La Vieja
Tramo 18	Río Rojo, río Gris y San Juan	Desde el puente en la vía a Génova hasta la desembocadura en el río Barragán

*Tabla 25. Tramos definidos en el establecimiento de objetivos de calidad para las fuentes hídricas del departamento del Quindío. Fuente: Resolución 1035 de (2008).*

En cada sistema hídrico que define los tramos presentados en la Tabla 26, se evaluó e identificó el número de tributarios relevantes para el balance hídrico y de masa de los parámetros de calidad, los vertimientos puntuales que generan aporte de carga contaminante,

clasificados según su tipo de uso, las captaciones de agua superficial y la determinación de la dirección del flujo. Para cada uno de estos elementos se determinó su ubicación espacial en el sistema y su codificación. Este procedimiento implicó la creación de los esquemas conceptuales de los sistemas hídricos, identificando condiciones de frontera, afluentes, vertimientos, captaciones y puntos de monitoreo de calidad del agua. Con base en dicha información se realizó la implementación de los modelos de calidad del agua (Cada uno de los esquemas conceptuales se presentan en el anexo digital “A2”).

ID	Fuente Hídrica	Descripción	Coordenadas Magna SIRGAS Oeste			
			Punto de Inicio		Punto Final	
			X	Y	X	Y
Tramo 1	Quebrada La Florida	Desde aguas arriba del casco Urbano del Municipio de Armenia hasta la desembocadura en el río Quindío	1,159,365.84	999,341.61	1,155,511.15	992,238.53
Tramo 2	Quebrada El Pescador	Comprendida desde aguas arriba del Casco Urbano hasta desembocadura río Quindío	1,159,394.13	994,373.23	1,154,250.52	989,711.03
Tramo 3	Quebrada El Naranjal	Desde aguas arriba del casco Urbano del Municipio de Calarcá hasta la desembocadura en el río Santo Domingo	1,160,630.23	992,940.12	1,159,219.65	990,773.81
Tramo 4	Río Santo Domingo	Comprendido entre la bocatoma San Rafael hasta la desembocadura al río Verde	1,162,498.05	990,514.62	1,149,796.26	979,062.31
Tramo 5	Río Verde	Comprendido entre aguas arriba de la confluencia de la quebrada el Jardín hasta desembocadura	1,153,736.62	979,435.70	1,145,926.88	978,056.10
Tramo 6	Quebrada La Picota	Comprendido entre aguas debajo de la bocatoma de Buenavista y la desembocadura en el río Barragán	1,149,407.97	974,053.75	1,141,838.33	977,704.23
Tramo 7	Quebrada Las Delicias (Las Margaritas)	Comprendido entre aguas arriba del Casco Urbano del Municipio de Buenavista y la desembocadura en la quebrada Los Juanes	1,147,908.62	973,635.57	1,144,891.63	974,236.74
Tramo 8	Quebrada Cristales	Comprendido desde El nacimiento hasta la confluencia con río La Vieja	1,153,952.06	991,415.29	1,136,768.40	979,720.04
Tramo 9	Quebrada San Nicolás	Desde el nacimiento hasta la desembocadura del río Quindío	1,155,353.69	992,862.71	1,155,102.73	992,203.74
Tramo 10	Quebrada Santa Rita	Comprendido desde el nacimiento hasta la confluencia con Quebrada La Argelia	1,153,873.29	991,664.69	1,152,041.31	991,235.97
Tramo 11	Quebrada Hojas Anchas	Comprendido desde el nacimiento hasta la confluencia con la quebrada Zanjón Hondo	1,159,120.50	1,002,482.29	1,149,915.64	994,181.85
Tramo 12	Quebrada Armenia	Comprendida desde el nacimiento hasta la confluencia con el río Espejo	1,154,864.58	993,142.37	1,148,344.85	993,800.49
Tramo 13	Quebrada La Camelia	Comprendido desde el nacimiento hasta confluencia con río Espejo	1,151,869.28	992,410.35	1,145,436.26	992,527.77
Tramo 14	Quebrada Los Quindos	Comprendido desde el nacimiento hasta la confluencia con la quebrada Orlanda	1,152,703.56	991,821.43	1,150,073.15	991,792.52
Tramo 15	Río Espejo	Comprendido desde Confluencia Q. Zanjón Hondo y Q. Hojas Anchas hasta desembocadura al río La Vieja	1,149,915.64	994,181.85	1,134,176.87	984,518.18
Tramo 16	Quebrada Cajones (Montenegro)	Comprendido desde aguas arriba del Casco Urbano de Montenegro hasta desembocadura al río Espejo	1,148,537.80	997,296.41	1,145,297.41	993,342.69
Tramo 17	Quebrada Buenavista	Comprendido desde aguas debajo de la bocatoma de Quimbaya hasta desembocadura del río La Vieja	1,148,882.06	1,003,993.53	1,135,978.93	1,003,132.61
Tramo 18	Río Gris	Comprendido desde aguas arriba de la bocatoma de Génova hasta la desembocadura al río San Juan	1,142,839.88	956,026.36	1,142,756.95	957,205.79
Tramo 19	Río San Juan	Desde aguas arriba del casco urbano de Génova hasta la confluencia con río Rojo	1,142,175.67	956,448.30	1,143,872.10	958,989.88
Tramo 20	Río Rojo	Comprendido desde el puente vía a Génova hasta desembocadura en río Barragán	1,144,195.78	958,358.36	1,142,237.43	964,027.34
Tramo 21	Quebrada San José	Desde el casco urbano del municipio de Filandia hasta el límite departamental	1,157,113.48	1,008,833.45	1,151,660.72	1,010,351.83
Tramo 22	Río Lejos	Desde aguas arriba del casco urbano del municipio de Pijao hasta la desembocadura del río Barragán	1,153,412.52	971,569.57	1,142,412.82	968,557.21
Tramo 23	Quebrada El Inglés	Desde aguas arriba del casco urbano del municipio de Pijao hasta la confluencia con el río Lejos	1,152,854.63	972,651.20	1,152,265.91	970,748.92
Tramo 24	Quebrada Agua Bonita	Desde el casco urbano de Barcelona hasta la confluencia con la quebrada la Congala	1,149,976.52	981,725.28	1,148,510.77	979,943.99
Tramo 25	Quebrada La Congala	Desde aguas arriba del casco urbano de Barcelona hasta la confluencia con el río Verde	1,151,442.29	982,127.68	1,147,412.74	978,855.39
Tramo 26	Quebrada La Española	Desde aguas arriba del casco urbano de Córdoba hasta la confluencia con la quebrada El Jardín	1,154,962.85	976,890.33	1,154,037.55	978,935.40
Tramo 27	Quebrada La Siberia	Desde aguas arriba del casco urbano de Córdoba hasta la confluencia con la quebrada El Jardín	1,154,056.48	977,306.72	1,153,808.86	979,122.16
Tramo 28	Quebrada La Tulia	Desde el casco urbano del municipio de la Tebaida hasta la confluencia con la	1,143,789.27	984,036.31	1,140,344.17	982,769.01

ID	Fuente Hídrica	Descripción	Coordenadas Magna SIRGAS Oeste			
			Punto de Inicio		Punto Final	
			X	Y	X	Y
		quebrada La Jaramilla				
Tramo 29	Quebrada La Jaramilla	Desde aguas arriba del casco urbano del municipio de La Tebaida hasta la confluencia con quebrada Cristales	1,144,458.49	985,390.05	1,138,214.86	980,152.00
Tramo 30	Quebrada Mina Rica	Desde el casco urbano de Quimbaya hasta la confluencia con la quebrada Buenavista	1,145,544.93	1,003,221.21	1,137,169.66	1,002,369.37
Tramo 31	Quebrada Agua Linda	Desde aguas arriba del casco urbano de Quimbaya hasta la confluencia con la quebrada Campo Alegre	1,146,936.08	1,003,701.42	1,143,668.81	1,004,976.96
Tramo 32	Quebrada La Aldana	Desde el casco urbano de Armenia hasta la confluencia con la quebrada Hojas Anchas	1,157,602.50	995,833.72	1,156,215.63	995,484.29
Tramo 33	Quebrada Yeguas	Desde aguas arriba del casco urbano de Circasia hasta la confluencia con la quebrada Hojas Anchas	1,160,888.90	1,002,672.32	1,158,061.85	1,001,080.52
Tramo 34	Quebrada El Mudo	Desde el casco urbano de Salento hasta la confluencia con el río Boquerón	1,167,677.34	1,004,838.59	1,167,224.83	1,003,569.99
Tramo 35	Quebrada La Calzada	Desde el casco urbano de Salento hasta la confluencia con el río Boquerón	1,167,046.31	1,004,746.99	1,167,101.80	1,003,618.20
Tramo 36	Río Boquerón	Desde aguas arriba de la confluencia de la quebrada El Mudo hasta la confluencia con el río Navarco	1,167,312.40	1,003,602.86	1,164,962.55	1,002,827.44
Tramo 37	Quebrada El Reposo	Desde la confluencia de Quebrada La Argelia con la quebrada Santa Rita hasta la confluencia de Quebrada EL Reposo con el río Espejo	1,152,041.31	991,235.97	1,143,473.18	988,038.32

Tabla 26. Tramos establecidos para la definición de objetivos de calidad del agua de las fuentes hídricas receptoras de vertimientos en el departamento del Quindío, periodo 2019-2029.

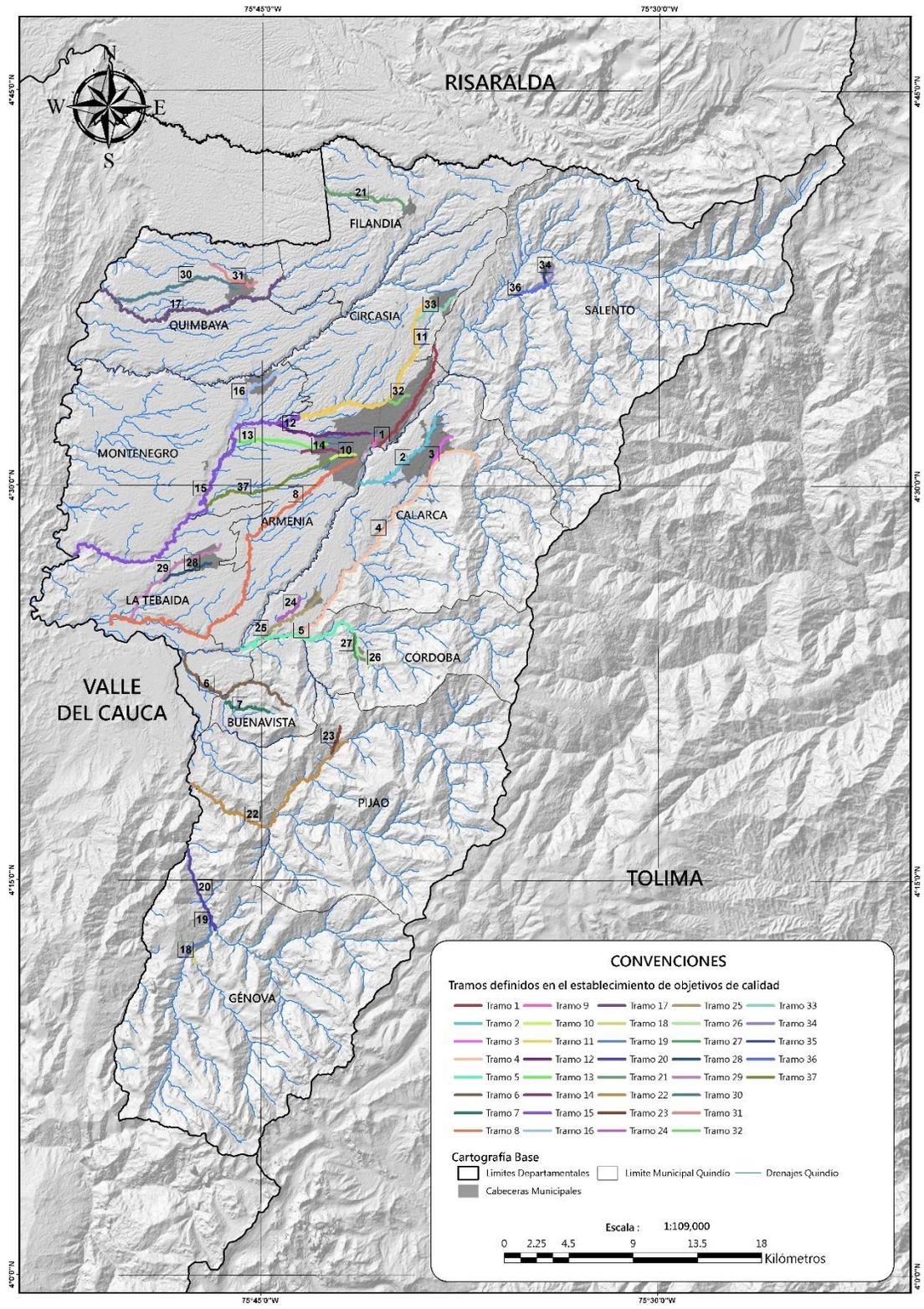


Figura 169. Distribución espacial de los tramos establecidos para la definición de objetivos de calidad del agua.



## **4 RESULTADOS DE MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS FUENTES RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS**

### **4.1 Curvas de gasto**

En el proceso de obtención de curvas de gasto, se realizaron aforos líquidos en los puntos de muestreo de calidad del agua, en donde se obtuvo información como: altura de la lámina del agua, radio hidráulico, pendiente hidráulica, velocidad media del flujo y ancho de la corriente, de manera que mediante la aplicación del método de Manning fueron obtenidas las relaciones indicadas en la Tabla 27 (Anexo digital A3).

Tabla 27. Curvas de gasto obtenidas para la modelación de la calidad del agua

Corriente principal	Corriente	Código Estación	Relación H Vs. Q		Relación V Vs. Q		Relación w Vs. Q	
			Coef.	Exp.	Coef.	Exp.	Coef.	Exp.
<b>Agua Linda</b>	Quebrada Agua Linda	QAgLinda1	0.546	0.6052	1.4595	0.2792	1.6588	0.2545
<b>Quebrada Buenavista</b>	Quebrada Buenavista	QBVta1	0.5075	0.4728	0.3267	0.2848	5.6565	0.2692
	Quebrada Buenavista	QBVta3	0.3262	0.4415	0.6568	0.2681	4.6126	0.3157
	Quebrada Buenavista	QBVta4	0.3349	0.5191	0.3361	0.2716	8.7571	0.3081
	Quebrada La Silenciosa	QSilenciosa1	0.3931	0.4548	1.2309	0.2839	2.0666	0.2614
	Quebrada Belén	QBelen1	0.1535	0.505	7.1106	0.3054	0.8027	0.2049
	Quebrada Mina Rica	QMRica1	0.2841	0.5479	2.5502	0.3249	1.2759	0.1351
<b>Quebrada Cristales</b>	Quebrada Cristales	QCristales2	0.3034	0.5437	1.133	0.336	3.1387	0.1448
	Quebrada Cristales	QCristales3	0.4664	0.5212	0.6936	0.2957	3.1429	0.204
	Quebrada Cristales	QCristales4	0.2419	0.49	0.7765	0.3095	5.2712	0.2052
	Quebrada La Jaramilla	QLaJaramilla1	0.2508	0.3338	0.3616	0.1996	10.347	0.5195
	Quebrada La Jaramilla	QLaJaramilla2	0.2486	0.4774	1.2472	0.2897	3.0769	0.2576
	Quebrada La Tulia	QLaTulia2	0.2485	0.4573	1.0374	0.3078	3.1883	0.2187
<b>Quebrada La Pradera</b>	Quebrada El Pescador	QEIPescador2	0.5709	0.5535	1.213	0.382	1.252	0.0127
	Quebrada Pescador	QEIPescador3	0.7955	0.6493	0.3193	0.3707	4.2462	0.036
	Quebrada Pescador	QEIPescador4	0.4086	0.3922	0.4115	0.2541	6.1567	0.3596
	Quebrada La Pradera	QLaPradera2	0.3099	0.4809	0.7774	0.3279	3.5671	0.1658
<b>Quebrada La Florida</b>	Quebrada La Florida	QFlorida1	0.4059	0.4686	1.0105	0.2758	2.4861	0.2803
	Quebrada La Florida	QFlorida2	0.1738	0.4911	0.7138	0.2454	8.8845	0.3825
<b>Quebrada La Picota</b>	Quebrada La Picota	QLaPicota1	0.3476	0.4651	2.1565	0.2818	1.4502	0.2556
	Quebrada La Picota	QLaPicota2	0.182	0.4746	0.6106	0.3009	8.3537	0.2416
	Quebrada Las Margaritas	QMargaritas1	0.078	0.2525	1.7339	0.2332	3.4863	0.4396
	Quebrada Las Margaritas	QMargaritas2	0.4432	0.5837	2.0869	0.2925	1.3799	0.2321
	Quebrada Las Delicias	QDelicias1	0.1723	0.5081	0.9144	0.3884	5.2186	0.0206
<b>Quebrada San José</b>	Quebrada San José	QSanJosé1	0.4537	0.4496	0.3576	0.2541	6.779	0.3571

Corriente principal	Corriente	Código Estación	Relación H Vs. Q		Relación V Vs. Q		Relación w Vs. Q	
			Coef.	Exp.	Coef.	Exp.	Coef.	Exp.
<b>Quebrada El Cafetero</b>	Quebrada El Cafetero	QCafetero1	0.6346	0.5112	1.1818	0.3382	1.0604	0.0864
<b>Río Boquerón</b>	Quebrada El Mudo	QEIMudo1	2.4589	0.6204	1.6626	0.3204	0.26	0.0582
	Quebrada El Mudo	QEIMudo4	3.1948	0.6007	0.4887	0.2644	0.7765	0.185
	Río Boquerón	RBoquerón1	0.2389	0.4117	0.4221	0.3916	7.0759	0.0136
	Río Boquerón	RBoquerón2	0.253	0.5641	1.3416	0.3157	2.8074	0.1832
	Río Boquerón	RBoquerón3	0.2824	0.5508	0.8503	0.3552	4.1185	0.0883
	Quebrada La Calzada	QLaCalzada3	0.6019	0.5736	0.7064	0.1791	6.0054	0.5589
<b>Río Espejo</b>	Quebrada Cajones	QCajMont1	0.3635	0.4926	1.0612	0.2837	2.6924	0.2653
	Quebrada Cajones	QCajMont2	1.0627	0.5815	0.329	0.3626	2.6621	0.0275
	Quebrada Armenia	QArmenia1	0.6211	0.4631	0.1882	0.2851	7.8289	0.2737
	Río Espejo	REspejo3	0.1487	0.4913	0.4771	0.3175	12.8098	0.1994
	Quebrada Aldana	QAldana1	1.1652	0.636	0.6549	0.3291	1.5733	0.1108
	Quebrada Hojas Anchas	QHAnchas1	0.2583	0.6173	0.5328	0.3754	6.8832	0.0511
	Río Espejo	REspejo1	0.2035	0.4921	0.7526	0.366	5.1388	0.0713
	Río Espejo	REspejo2	0.336	0.5161	0.4589	0.3149	5.7203	0.1899
	Quebrada La Camelia	QCamelia1	0.3691	0.5006	0.53	0.3127	4.651	0.2008
	Quebrada Los Quindos	QQuindos1	0.9031	0.5508	0.5822	0.3598	1.5579	0.061
<b>Río Lejos</b>	Río Lejos	RLejos3	0.148	0.5384	0.5218	0.3499	11.6527	0.1175
	Río Lejos	RLejos1	0.2691	0.5173	0.8783	0.3036	3.8546	0.2128
	Quebrada Ingles	QInglés1	0.2869	0.5349	1.2721	0.3065	2.8877	0.2107
	Río Lejos	RLejos2	0.2131	0.335	1.1615	0.2087	4.1934	0.4961
	Río Azul	RAzul1	0.1802	0.5548	1.2955	0.3002	3.9041	0.2294
<b>Río Rojo</b>	Río Gris	RGris1	0.3985	0.516	0.3819	0.2937	5.9107	0.2418
	Río San Juan	RSJuan1	0.3195	0.2961	0.4288	0.1972	7.5045	0.532
	Río San Juan	RSJuan2	0.3097	0.4317	0.4205	0.2233	7.3925	0.4426
	Río Rojo	RRojo1	0.2781	0.4339	0.4172	0.2638	7.7449	0.3348
<b>Río Verde</b>	Quebrada Naranjal	QNarj2	0.3639	0.474	0.8713	0.2712	3.105	0.2956
	Quebrado La Congala	QLaCongala2	0.2792	0.4201	1.0938	0.3391	2.1185	0.1346
	Quebrada Agua Bonita	QAgBonita1	0.629	0.5483	0.3829	0.2702	5.5335	0.3067

Corriente principal	Corriente	Código Estación	Relación H Vs. Q		Relación V Vs. Q		Relación w Vs. Q	
			Coef.	Exp.	Coef.	Exp.	Coef.	Exp.
	Quebrada La Española	QLEspañola1	0.3365	0.5494	1.1883	0.2904	2.6375	0.2296
	Quebrada La Española	QLEspañola2	0.2742	0.5818	1.0949	0.3511	3.2374	0.099
	Quebrada La Siberia	QSiberia1	0.4144	0.457	0.7603	0.2628	3.3789	0.3182
	Quebrada Congala	QLaCongala4	0.293	0.6046	1.0372	0.3784	3.1225	0.0383
	Río Santo Domingo	RStoDmgo1	0.1217	0.4289	0.6987	0.2228	10.4586	0.4433
	Río Santo Domingo	RStoDmgo3	0.1317	0.4309	0.5192	0.2901	12.8815	0.272
	Río Santo Domingo	RStoDmgo4	0.1962	0.5342	0.5275	0.3112	10.6615	0.2128
	Río Santo Domingo	RStoDmgo5	0.2595	0.4441	0.3947	0.2645	13.0083	0.2053
	Río Verde	RVerde1	0.2038	0.4528	0.4909	0.2762	9.2914	0.304
	Río Verde	RVerde3	0.1347	0.4706	0.7469	0.2879	8.6534	0.275
	Río Verde	RVerde4	0.0755	0.5458	0.5952	0.3033	17.7285	0.2393
	Quebrada Sardineros	QSardineros1	0.1418	0.5473	1.3105	0.2749	5.741	0.3062

## 4.2 Cargas y caudales obtenidos por corriente

En los puntos de muestreo se realizaron análisis de calidad del agua en donde se midieron parámetros como: DBO5, Nitratos Sólidos suspendidos, Nitrógeno amoniacal, Coliformes Totales, arsénico total, cadmio total, cromo total, fósforo, grasas y aceites, oxígeno disuelto, pH, plomo total y temperatura. Así mismo, según se indicó en el numeral 3.8, se cuantificaron las cargas asociadas a los vertimientos. En el anexo digital del informe se presentan los resultados obtenidos de cargas y caudales para cada elemento de cada tramo modelado (anexo digital A4), así como los valores medidos y calculados de caudal en las corrientes y vertimientos objeto de análisis. Para tal fin se definió la siguiente nomenclatura:

#####: Datos calculados de caudal a partir de aforos y la aplicación del método de transposición de cuencas.

#####: Variables de calidad del agua en vertimientos de aguas residuales domésticas calculadas según se indicó en el numeral 3.8.

#####: Variables de calidad del agua en vertimientos de aguas residuales comerciales, industriales y turismo calculadas según se indicó en el numeral 3.8.

#####: Variables de calidad del agua medidas en campo.

### 4.3 Calibración / Validación modelo de calidad del agua

En general los modelos implementados presentaron diferencias menores de 1 mg l<sup>-1</sup> en oxígeno disuelto y diferencias inferiores al 20% en sólidos suspendidos totales, DBO5, OD, Nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos y Coliformes Totales, de manera que se considera que el modelo representa aceptablemente el comportamiento de la calidad del agua en las corrientes objeto de análisis (Tabla 28). En el anexo digital A6 se presentan los modelos implementados.

Tabla 28. Valores de calibración modelos de calidad del agua para el departamento del Quindío

Corriente	Diferencia entre valores observados y simulados						
	SST	DBO <sub>5</sub>	OD (mg l <sup>-1</sup> )	N Orgánico (mg l <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	Coliformes Totales
<b>Q. Agua Linda</b>	1.2	4.9	0.0	0.1	7.2	3.1	29954.6
<b>Q. Buenavista</b>	1.5	2.8	0.3	0.0	2.9	0.5	384.4
Q. MinaRica	1.0	2.6	0.2	0.1	7.6	1.2	15157.3
<b>Q. Cristales</b>	35.8	63.3	0.3	0.2	0.7	6.5	118775.6
Q. La Jaramilla	5.8	2.0	4.1	0.2	17.0	0.2	1299208.1
Q. La Tulia	0.6	1.4	0.3	0.0	23.2	0.8	567310.6
<b>Q. El Pescador</b>	0.3	5.8	0.8	0.2	12.1	0.7	45171.7
<b>Q. La Florida</b>	13.3	121.9	0.5	0.9	15.1	2.6	28005295.1
<b>Q. La Picota</b>	3.2	2.0	0.5	0.5	0.2	0.1	57127.3
Q. Las Delicias	0.2	2.9	0.2	0.0	0.6	0.0	92357.2
<b>Q. San José</b>	14.8	4.4	0.3	1.1	2.8	0.6	104.8
<b>Q. San Nicolás</b>	31.6	0.4	0.2	0.1	10.6	0.2	1471706.6
<b>R. Boquerón</b>	1.4	12.0	0.6	0.2	5.0	0.5	7454.9
Q. El Mudo	2.1	0.7	3.2	2.6	14.0	8.0	5747776.6
Q. La Calzada	0.8	1.0	0.4	0.1	9.8	0.5	7581407.9
<b>R. Espejo</b>	2.0	4.0	0.2	0.3	12.7	1.2	12266361.5
Q. Armenia	2.3	1.0	2.0	0.3	18.6	0.6	16179706.5
Q. Cajones Montenegro	4.5	7.6	0.5	0.2	1.8	1.7	95287.8
Q. Hojas Anchas	24.0	29.3	0.7	2.4	3.9	6.1	340564319.9

Corriente	Diferencia entre valores observados y simulados						
	SST	DBO <sub>5</sub>	OD (mg l <sup>-1</sup> )	N Orgánico (mg l <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	Coliformes Totales
Q. La Aldana	6.7	1.1	0.2	0.4	10.4	2.8	2159039.9
Q. La Camelia	4.8	5.2	0.4	0.4	18.0	2.7	4045.2
Q. Los Quindos	2.9	11.3	0.3	0.1	32.1	4.6	12189750.8
Q. Yeguas	18.7	2.8	0.3	0.0	0.2	2.6	38404.5
<b>R. Lejos</b>	0.6	2.3	0.3	0.0	0.5	0.0	23614.5
Q. El Inglés	0.1	0.5	1.2	0.0	0.0	0.0	1449.7
<b>R. Rojo</b>	0.0	4.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
R. Gris	0.0	3.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
R. San Juan	0.1	2.1	0.1	0.1	0.7	0.2	197939.7
<b>R. Verde</b>	0.2	2.3	0.2	0.0	0.5	0.0	14598.9
Q. Agua Bonita & Esmeralda	1.4	124.2	0.0	0.2	4.1	0.0	2645.6
Q. El Naranjal	0.2	1.0	0.3	1.0	9.9	0.0	93930.2
Q. La Congala	13.5	24.5	0.9	3.3	4.5	3.2	9403.3
R. Santo Domingo	1.3	1.9	0.4	0.1	1.7	0.1	1224099.9

#### 4.4 Modelación calidad Quebrada Agua Linda

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Agua Linda se consideró la esquematización indicada en la Figura 170 para el escenario actual, el escenario 2025 implica la eliminación de los vertimientos indicados en la Figura 171 y descargados de forma agregada aguas abajo en la misma quebrada Agua Linda. El escenario 2029 corresponde a la conceptualización del escenario 2025 y la puesta en funcionamiento de una PTAR entre las coordenadas N 1003900.29 - W 1145032.61 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115), indicado en el esquema de la Figura 171. El escenario 2029-PSMV se implementó mediante la eliminación de todos los vertimientos y su conducción hacia la PTAR proyectada en la quebrada Buenavista (Figura 172). En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados corresponden a las Figura 173 - Figura 179, de los cuales se revela que el escenario 2029- PSMV es el más favorable ya que no habría efluente de PTAR vertiendo al cuerpo de agua porque será conducido a la PTAR de la quebrada Buenavista.

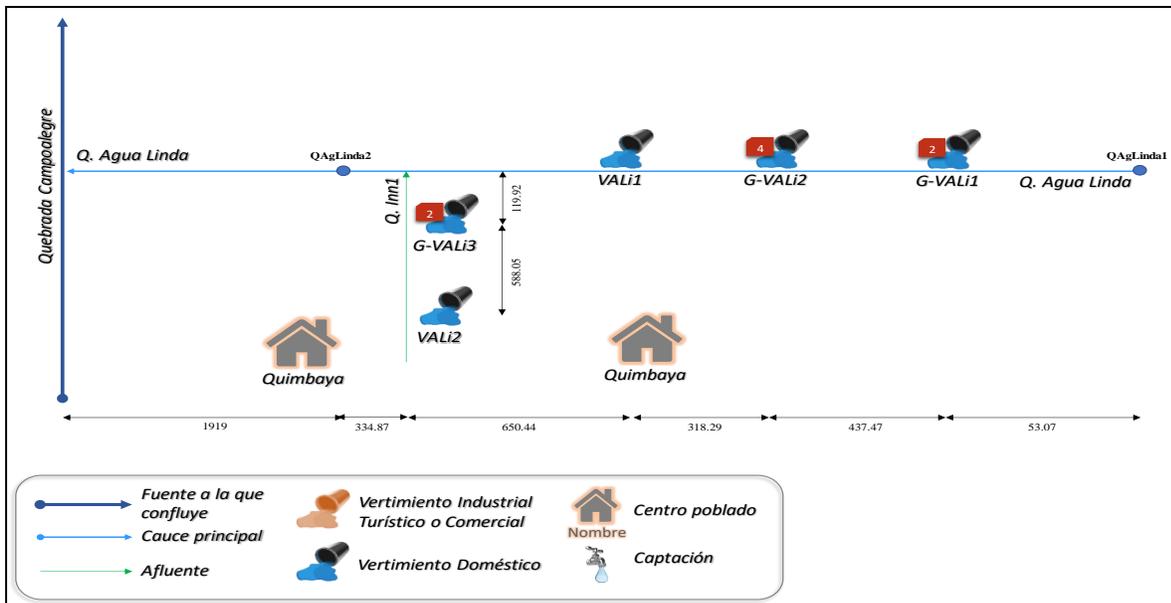


Figura 170. Esquema conceptual modelación Q. Agua Linda escenario actual

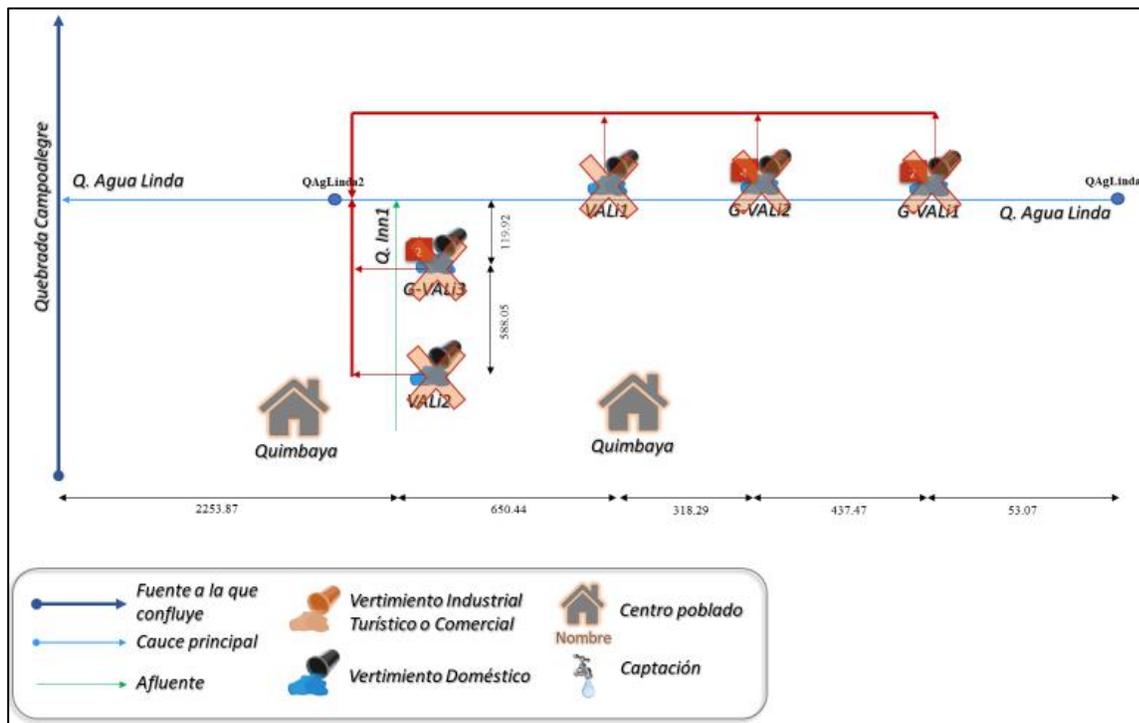


Figura 171. Esquema conceptual modelación Q. Agua Linda escenario 2025



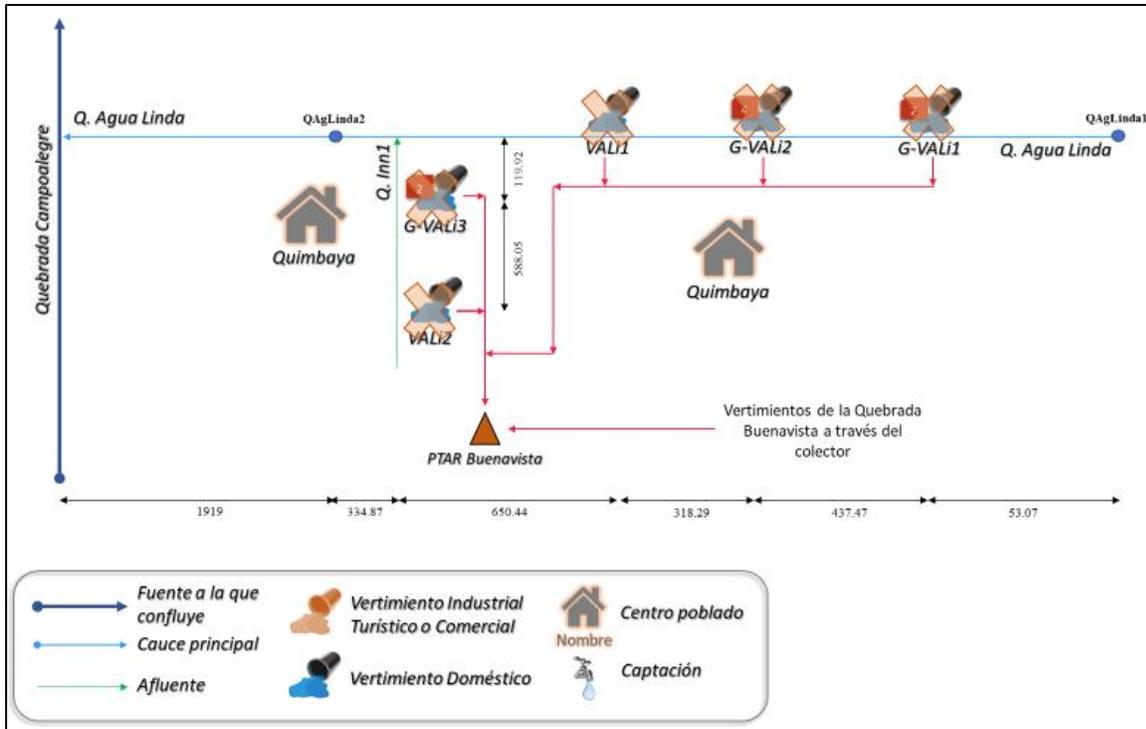


Figura 172. Esquema conceptual modelación Q. Agua Linda escenario PSMV 2029

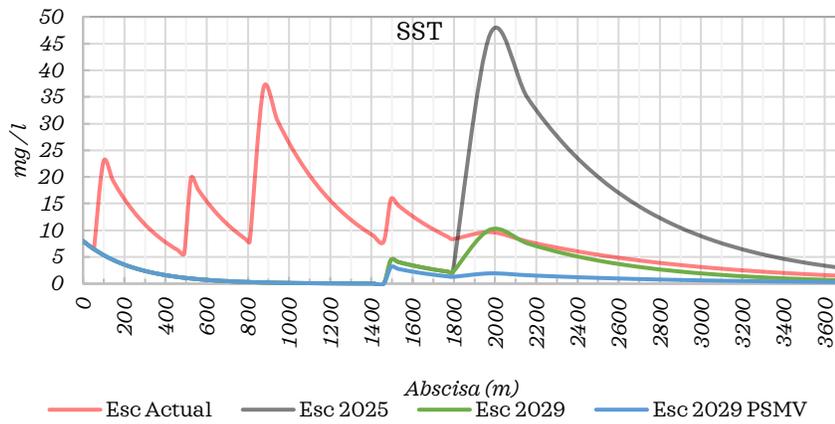


Figura 173. Escenarios de simulación SST, Q. Agua Linda.

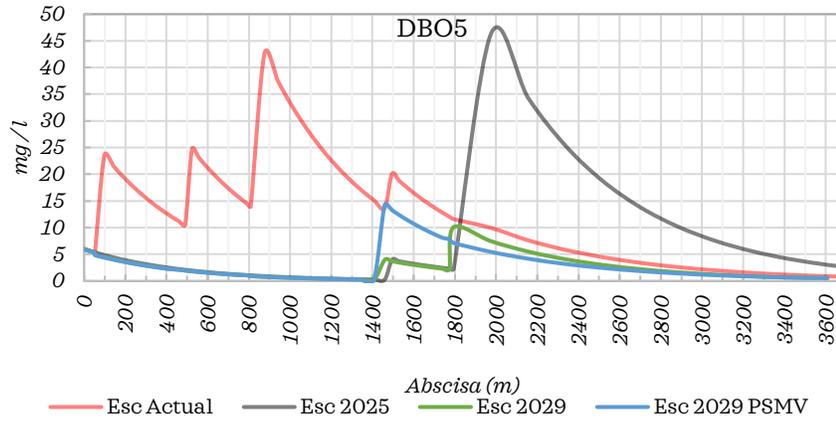


Figura 174. Escenarios de simulación DBOC, Q. Agua Linda.

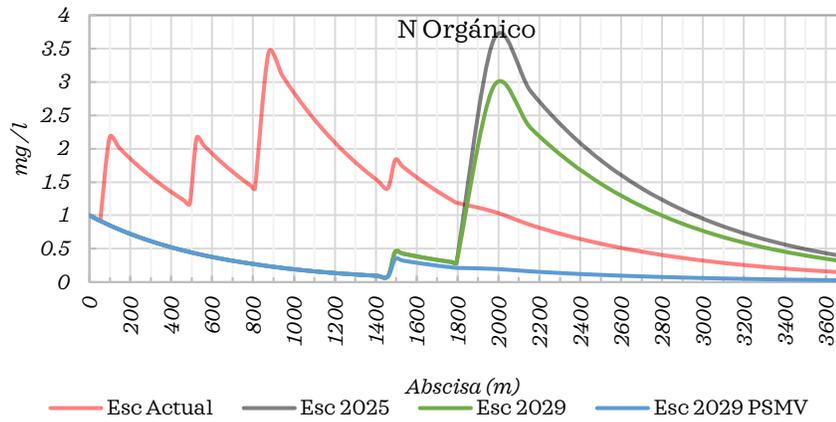


Figura 175. Escenarios de simulación N orgánico, Q. Agua Linda.

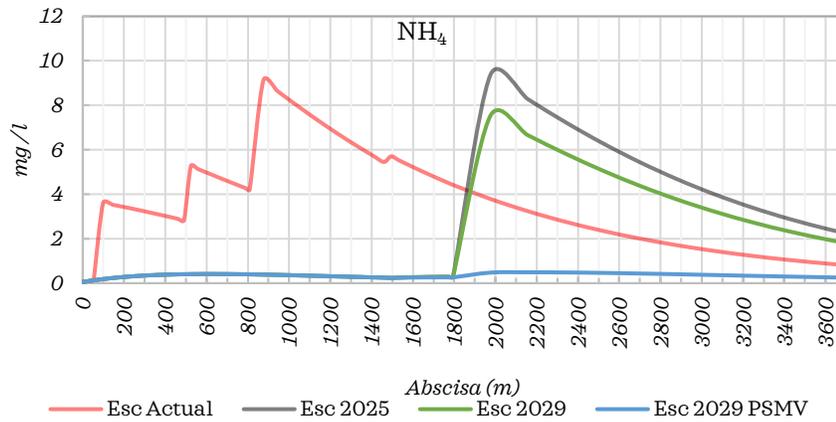


Figura 176. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub>, Q. Agua Linda.

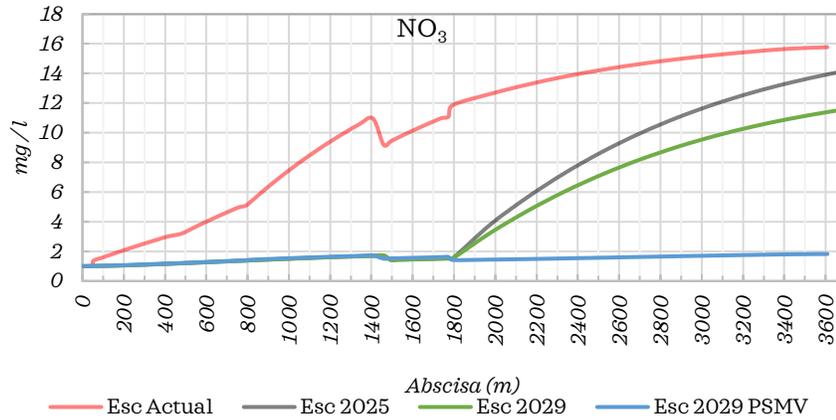


Figura 177. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub>, Q. Agua Linda.

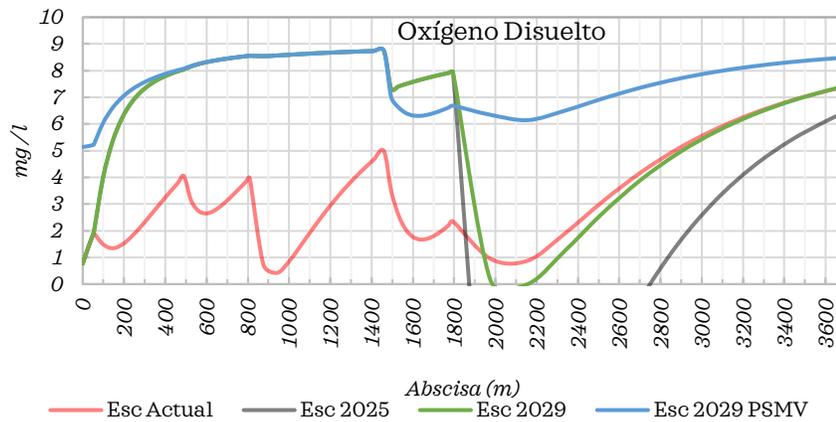


Figura 178. Escenarios de simulación oxígeno disuelto, Q. Agua Linda.

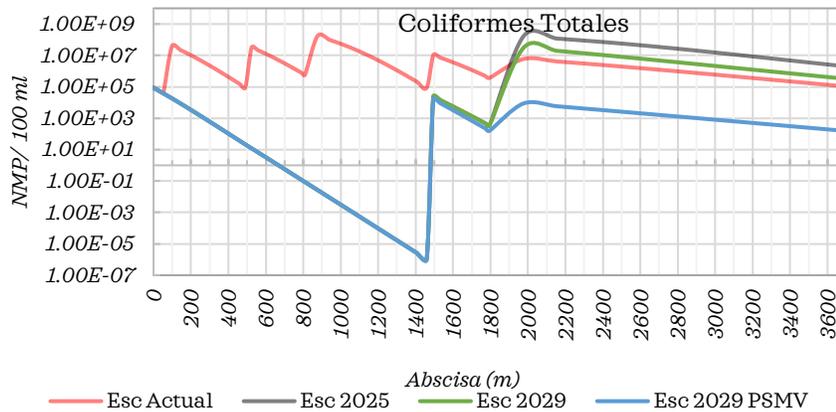


Figura 179. Escenarios de simulación Coliformes Totales, Q. Agua Linda.

## 4.5 Modelación calidad Quebrada Buenavista

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Buenavista se consideró la esquematización indicada en la Figura 180 para el escenario actual y Figura 181 para la simulación del escenario 2025. El escenario 2029 corresponde a la conceptualización del escenario 2025 y la puesta en funcionamiento de una PTAR entre las coordenadas N 1002264.12 - W 1144920.96 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115), en el caso del escenario 2029-PSMV se tuvo en cuenta que a la PTAR de la quebrada Buenavista ingresarán vertimientos que actualmente descargan a las quebradas Mina Rica, La Silenciosa, y Agua Linda (Figura 182). En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 183 - Figura 189, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029, se identifica que los escenarios 2029 y 2029-PSMV son favorables para reducir la carga orgánica en la quebrada Buenavista, sin embargo, el escenario 2029-PSMV resulta más idóneo ya que permitirá conducir a este cuerpo de agua cargas contaminantes que actualmente reciben las quebradas Mina Rica, Agua Linda y La Silenciosa, contribuyendo a la descontaminación de éstas.

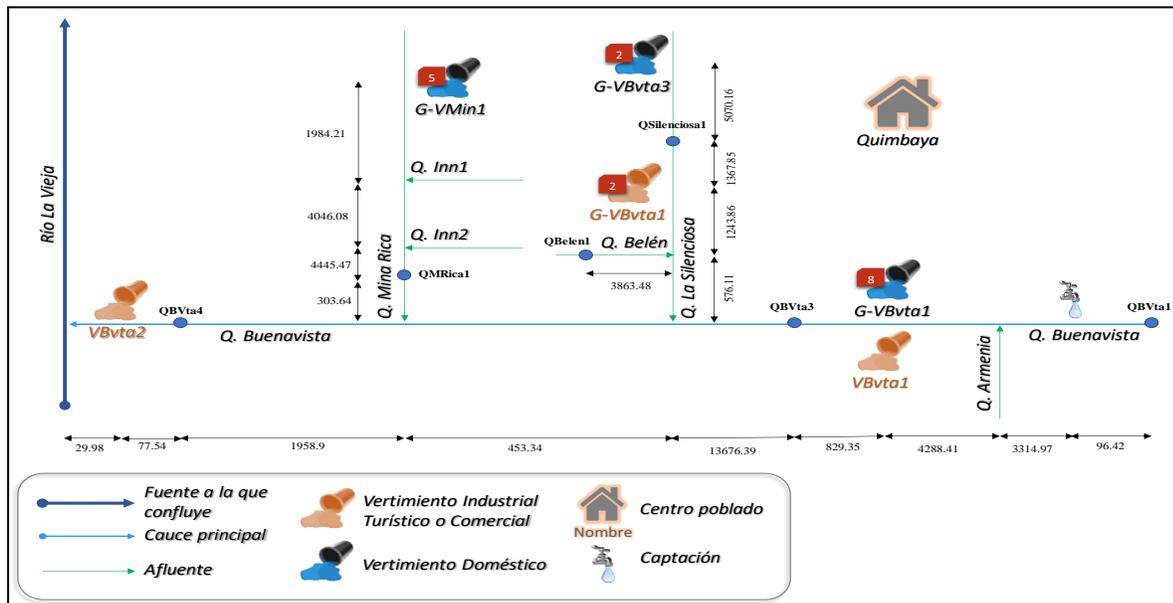


Figura 180. Esquema conceptual modelación Q. Buenavista escenario actual

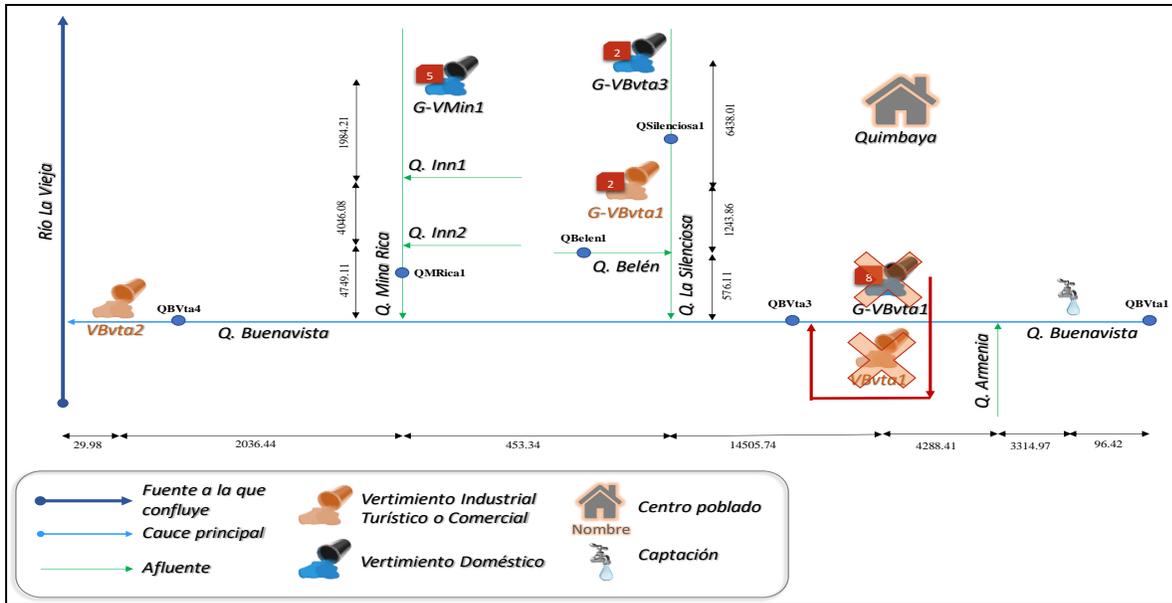


Figura 181. Esquema conceptual modelación Q. Buenavista escenario 2025

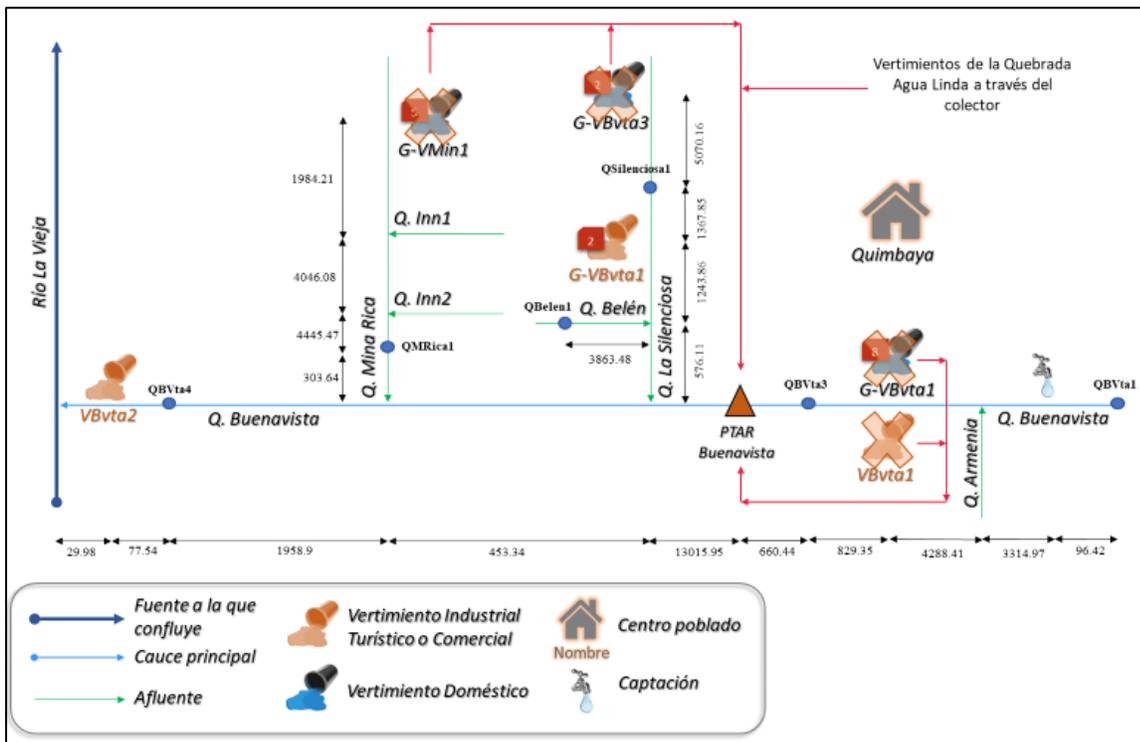


Figura 182. Esquema conceptual modelación Q. Buenavista escenario PSMV 2029

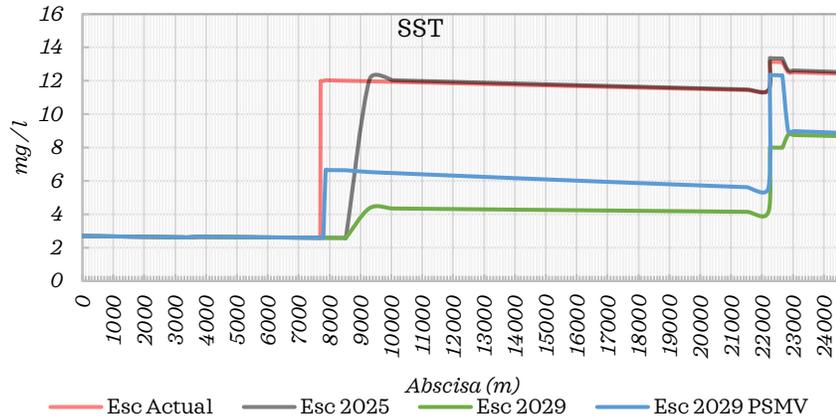


Figura 183. Escenarios de simulación SST, Q. Buenavista.

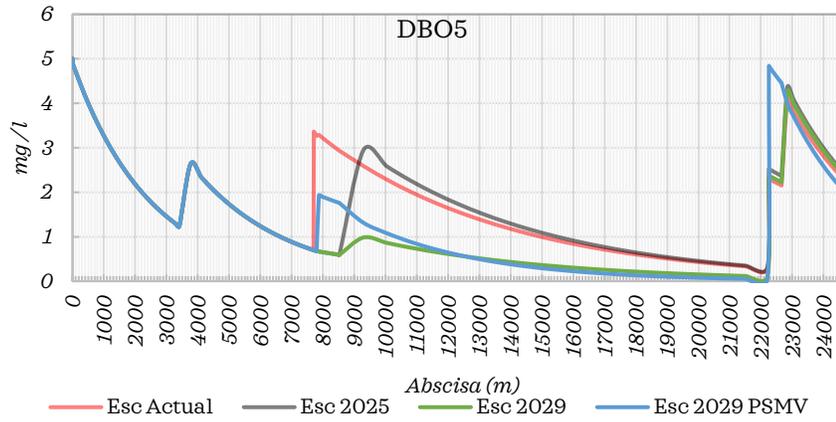


Figura 184. Escenarios de simulación DBOC, Q. Buenavista.

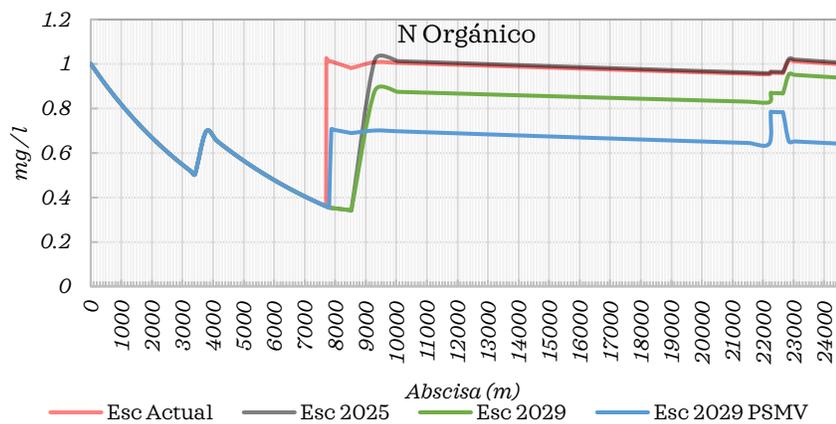


Figura 185. Escenarios de simulación N orgánico, Q. Buenavista.

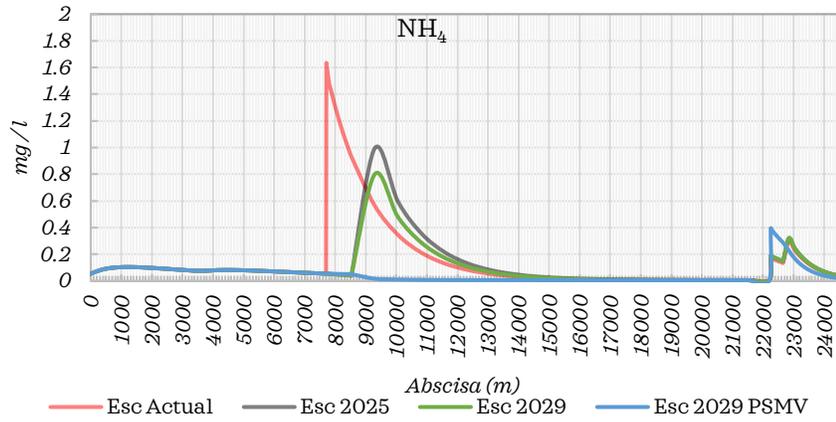


Figura 186. Escenarios de simulación  $\text{NH}_4$ , Q. Buenavista.

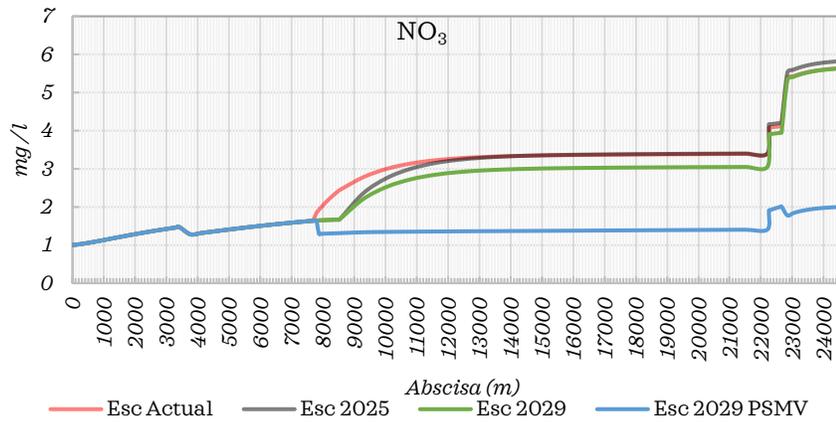


Figura 187. Escenarios de simulación  $\text{NO}_3$ , Q. Buenavista.

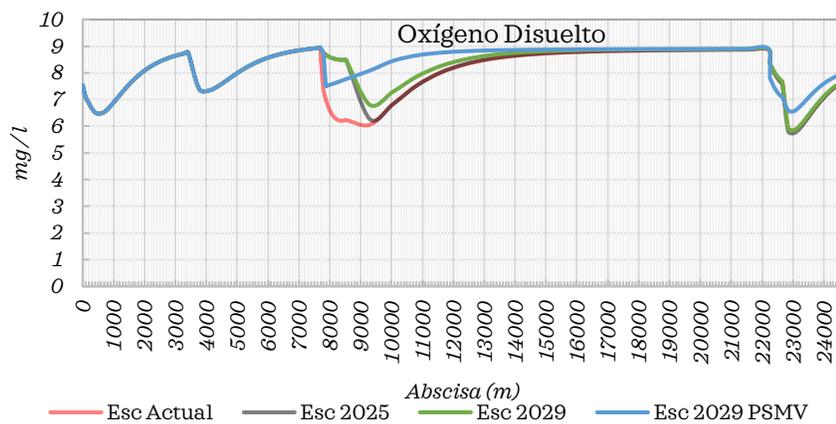


Figura 188. Escenarios de simulación oxígeno disuelto, Q. Buenavista.

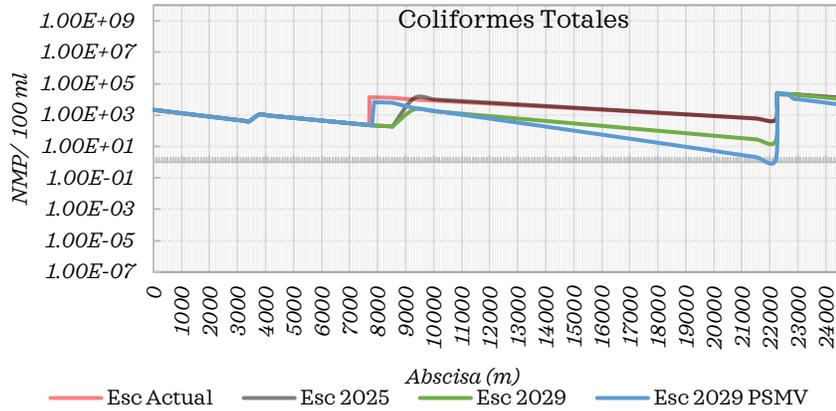


Figura 189. Escenarios de simulación Coliformes Totales, Q. Buenavista.

#### 4.5.1 Modelación calidad Quebrada Mina Rica

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Mina Rica, se consideró la esquematización indicada en la Figura 180 ya que dicha corriente hace parte de la quebrada Buenavista. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Al observar las simulaciones en los diferentes escenarios se encontró que la condición más favorable para el cuerpo de agua es el escenario 2029-PSMV ya que implica trasladar los vertimientos actuales hacia la quebrada Buenavista a través de la PTAR proyectada (Figura 190 - Figura 196).

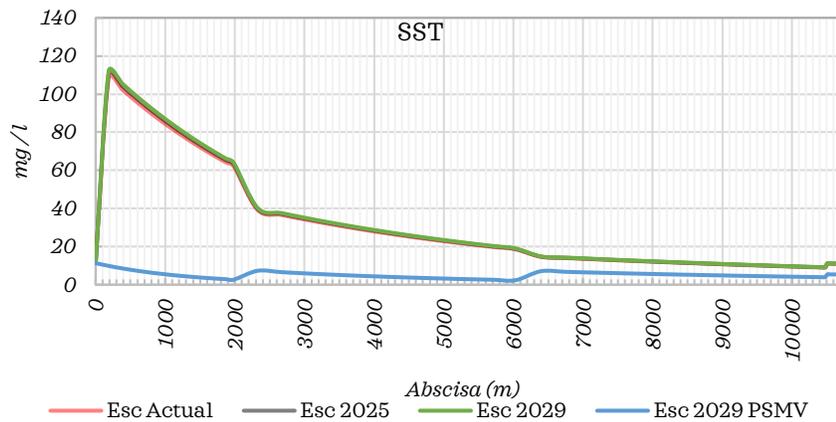


Figura 190. Escenarios de simulación SST, Q. Mina Rica



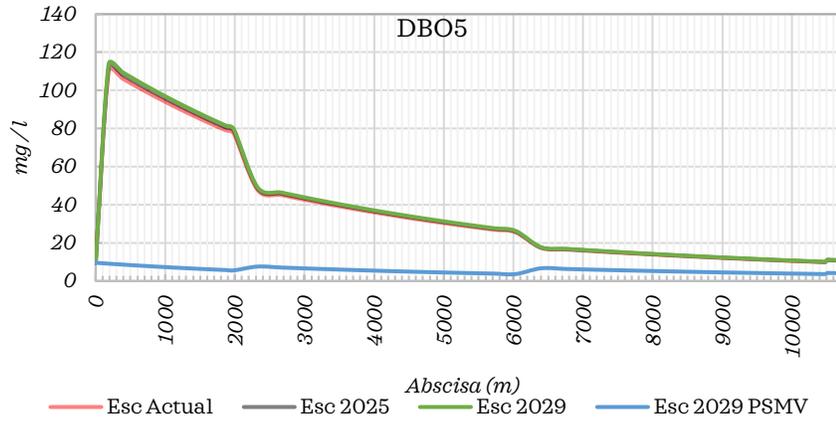


Figura 191. Escenarios de simulación DBOC, Q. Mina Rica

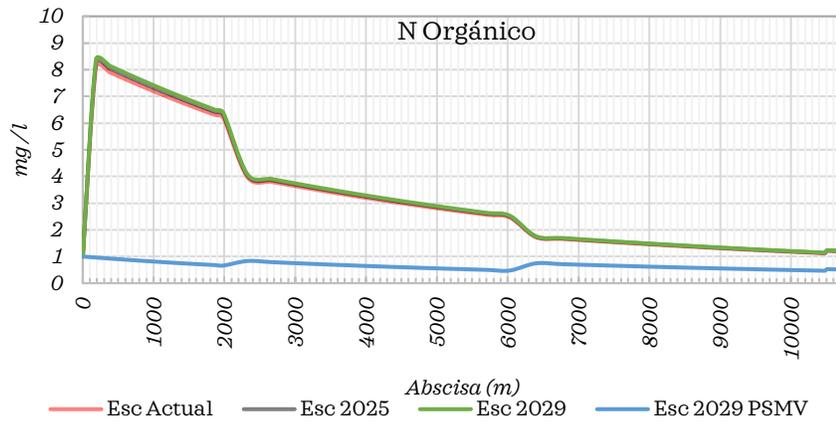


Figura 192. Escenarios de simulación N Orgánico, Q. Mina Rica

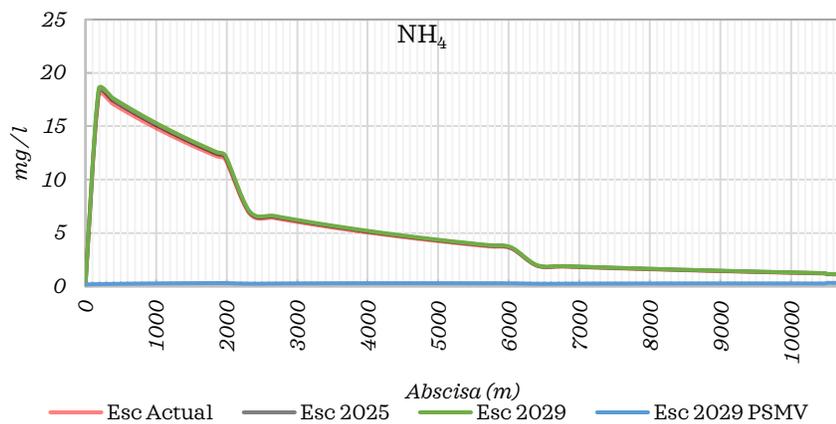


Figura 193. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub>, Q. Mina Rica

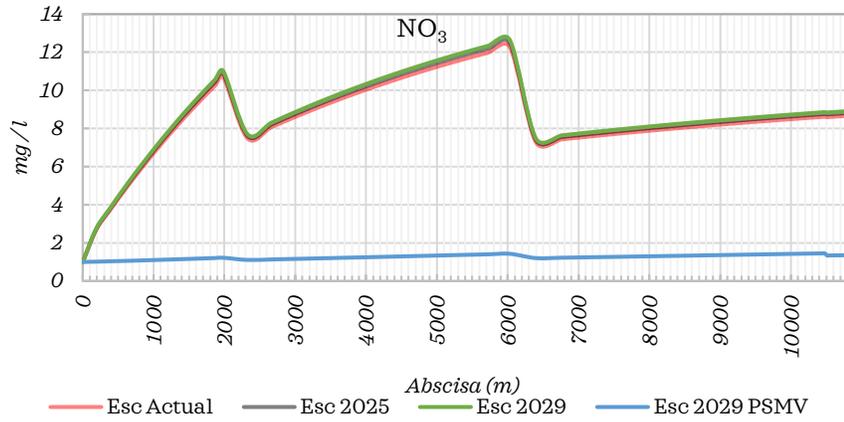


Figura 194. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub>, Q. Mina Rica

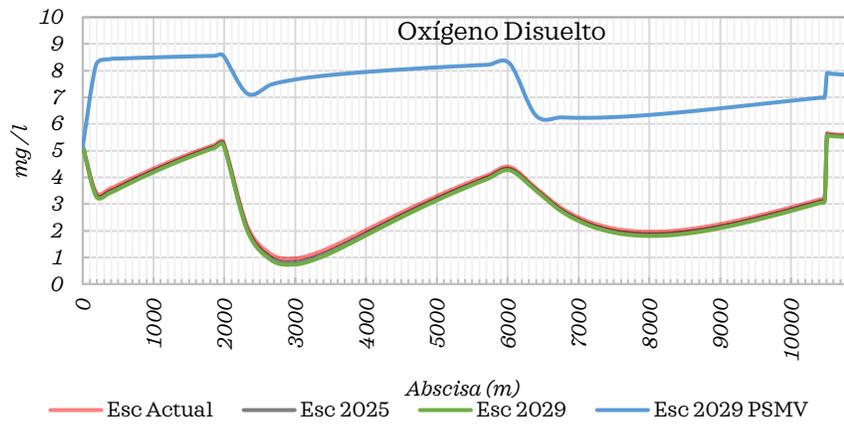


Figura 195. Escenarios de simulación oxígeno disuelto, Q. Mina Rica

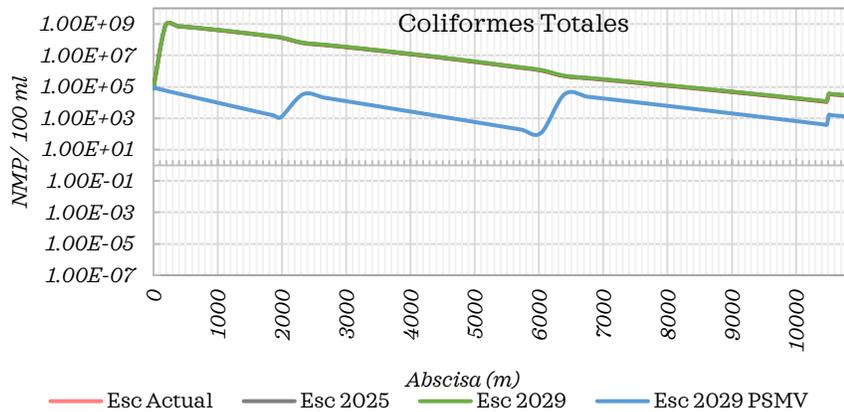


Figura 196. Escenarios de simulación Coliformes Totales, Q. Mina Rica

## 4.6 Modelación calidad Quebrada Cristales

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Cristales se consideró la esquematización indicada en la Figura 197 (escenario actual), Figura 198 (escenario 2025), escenario 2029 basado en la conceptualización del escenario 2025 incluyendo el establecimiento de colectores en VJar3 que canalicen el agua residual hasta la PTAR en la quebrada La Jaramilla, localizada las coordenadas N 983514.49 - W 1141010.29 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El escenario 2029-PSMV se esquematiza en la Figura 199. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 200 - Figura 206, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029. En los escenarios no se contemplan acciones de saneamiento directamente sobre la quebrada Cristales, se notan principalmente los efectos del saneamiento proyectado para la quebrada La Jaramilla a partir de la abscisa 35.000m del modelo.

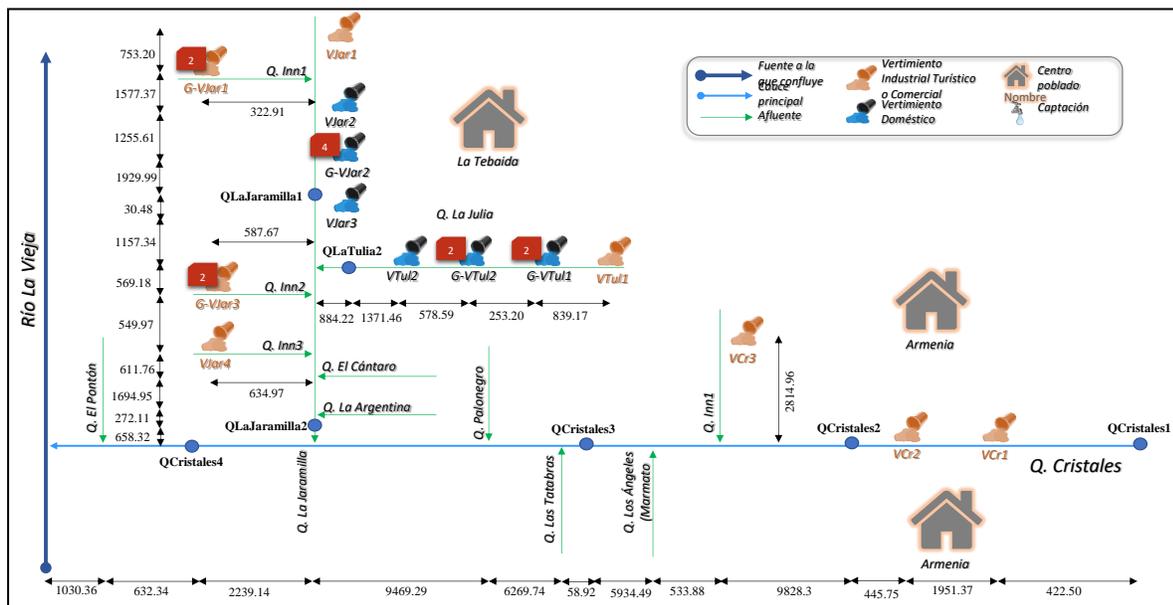


Figura 197. Esquema conceptual modelación Q. Cristales escenario actual

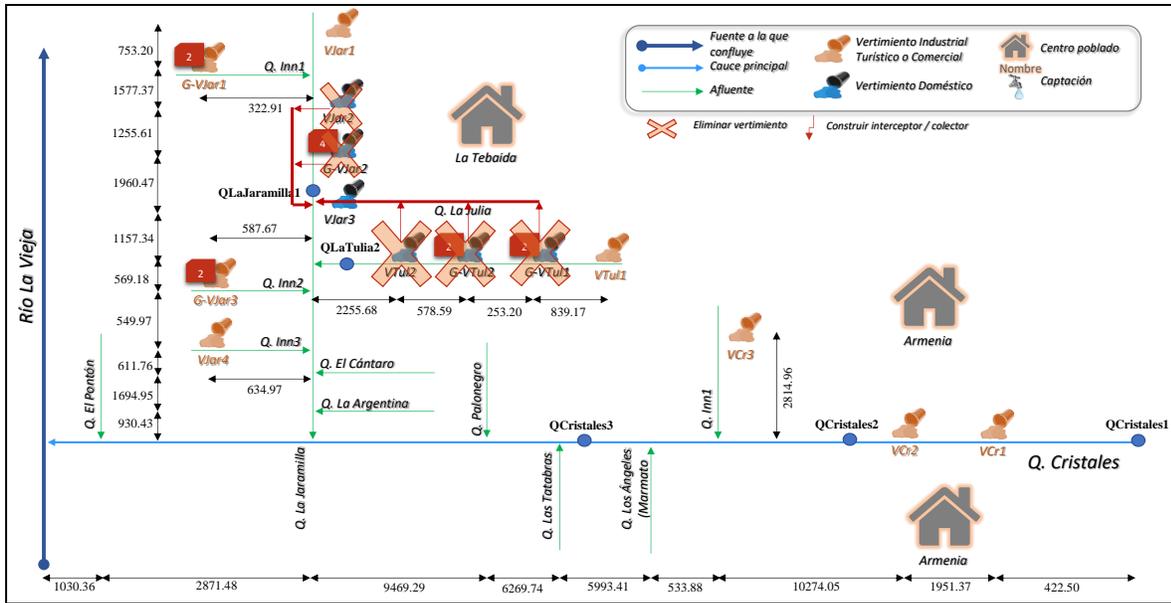


Figura 198. Esquema conceptual modelación Q. Cristales escenario 2025

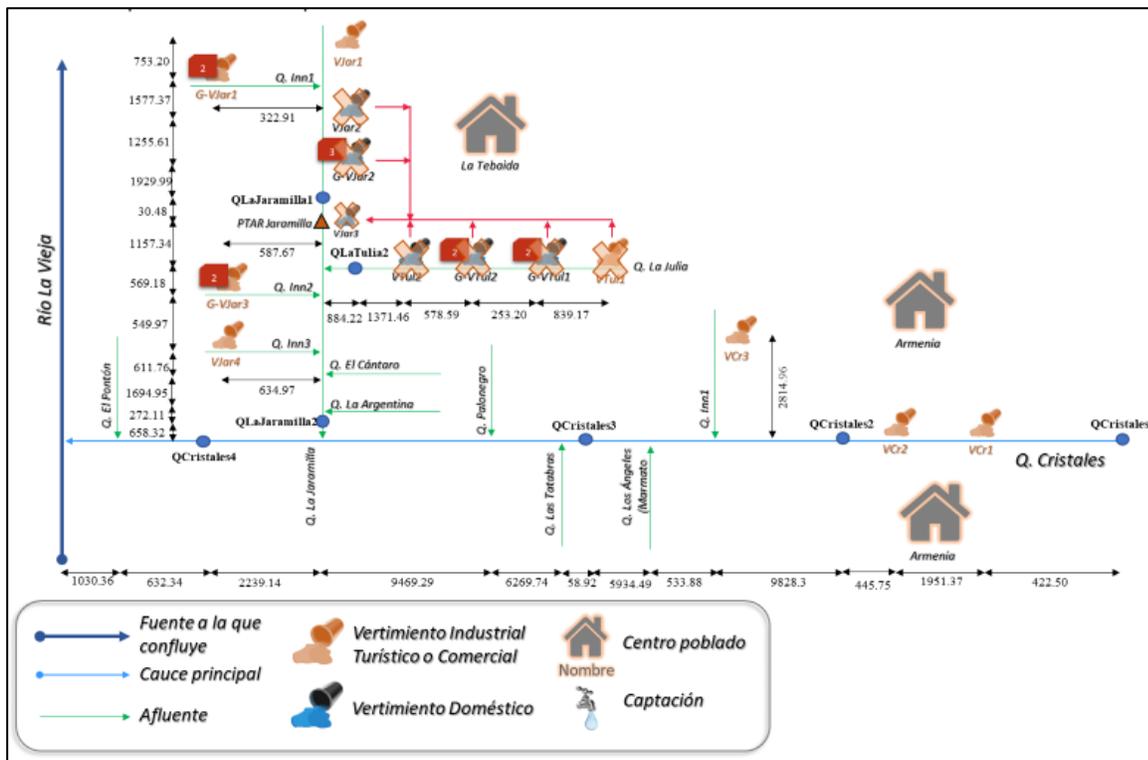


Figura 199. Esquema conceptual modelación Q. Cristales escenario PSMV 2029

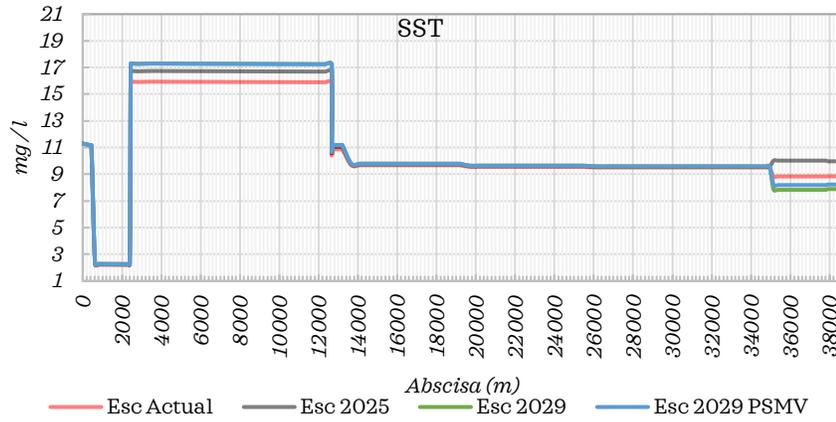


Figura 200. Escenarios de simulación SST, Q. Cristales.

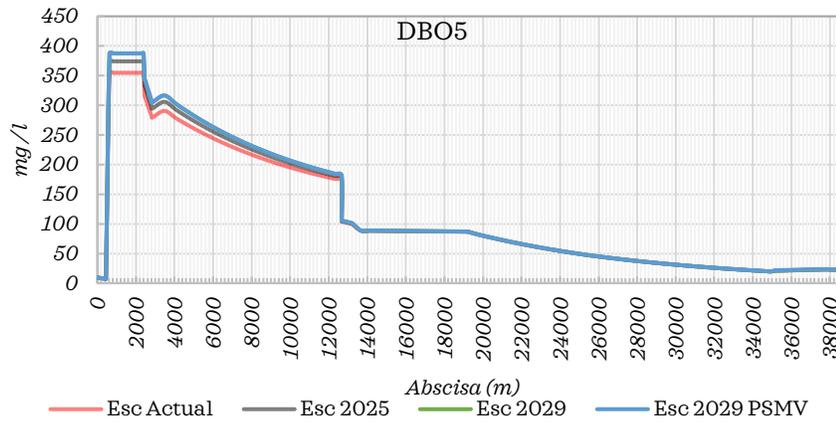


Figura 201. Escenarios de simulación DBOC, Q. Cristales.

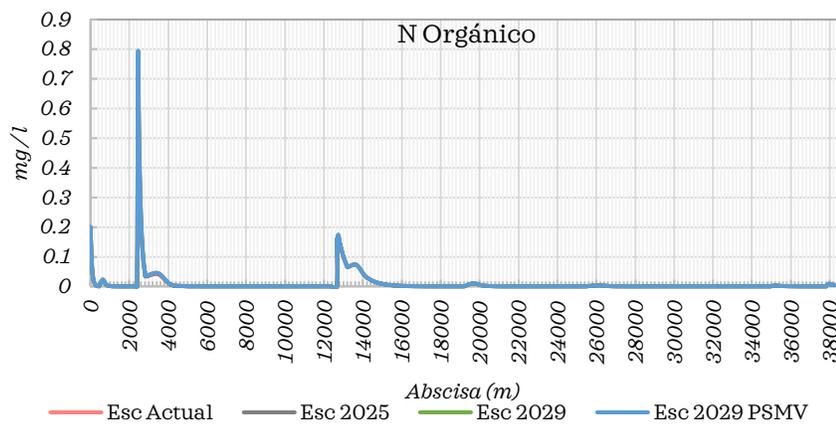


Figura 202. Escenarios de simulación N orgánico, Q. Cristales.

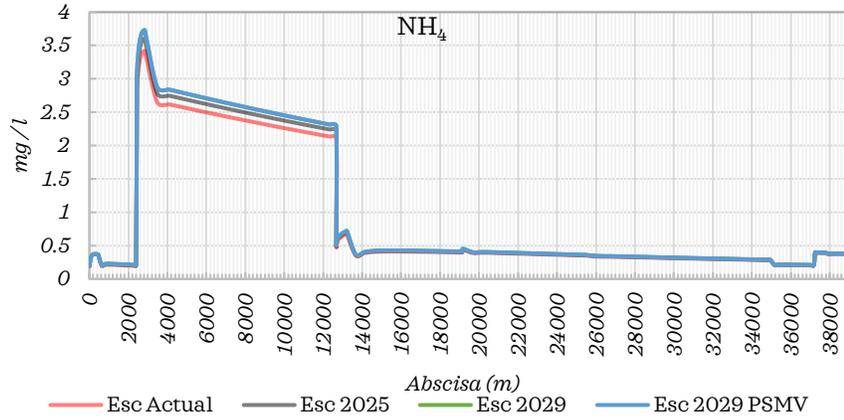


Figura 203. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub>, Q. Cristales.

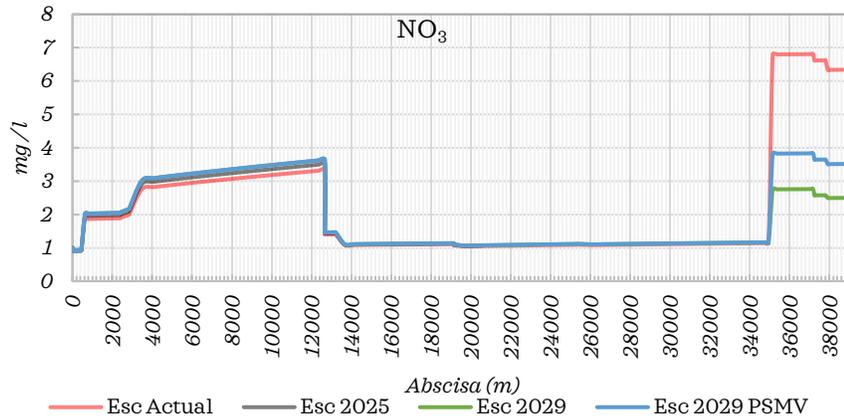


Figura 204. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub>, Q. Cristales.

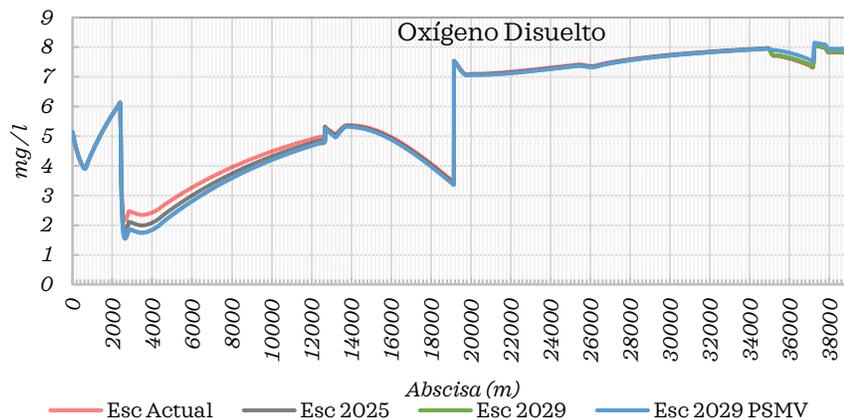


Figura 205. Escenarios de simulación oxígeno disuelto, Q. Cristales.

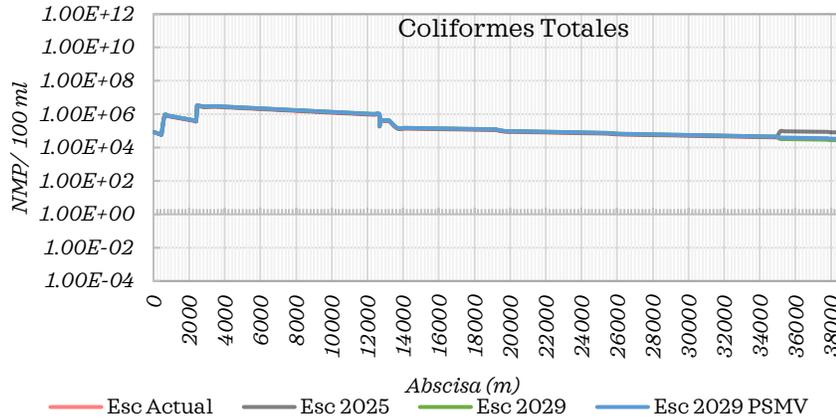


Figura 206. Escenarios de simulación Coliformes Totales, Q. Cristales.

#### 4.6.1 Modelación calidad Quebrada La Jaramilla

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Jaramilla se consideró la esquematización indicada en la Figura 197 para el escenario actual y Figura 198 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye el establecimiento de colectores en VJar3 que canalicen el agua residual hasta la PTAR localizada las coordenadas N 983514.49 - W 1141010.29 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El escenario 2029-PSMV se presenta esquematizado en la Figura 206. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 207 - Figura 213. La reducción en la carga orgánica generada por la eliminación de vertimientos actuales y tratados a través de la PTAR implican una recuperación de las condiciones de oxigenación de la fuente y siendo similares los resultados para los escenarios 2029 y 2029-PSMV.

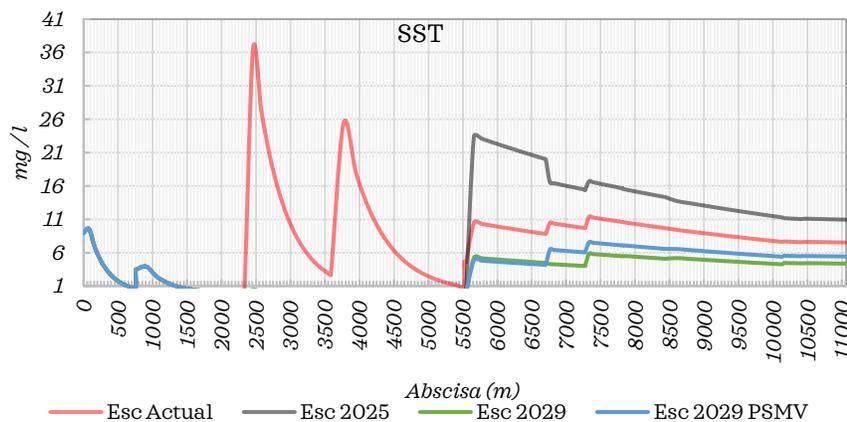


Figura 207. Escenarios de simulación SST, quebrada La Jaramilla

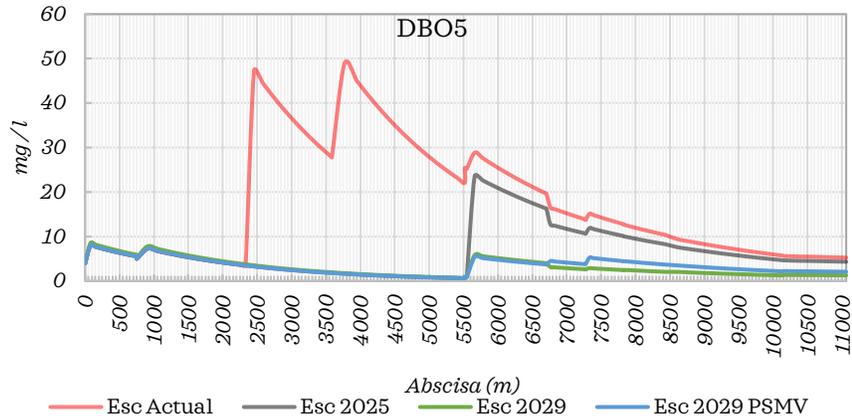


Figura 208. Escenarios de simulación DBO carbonácea quebrada La Jaramilla

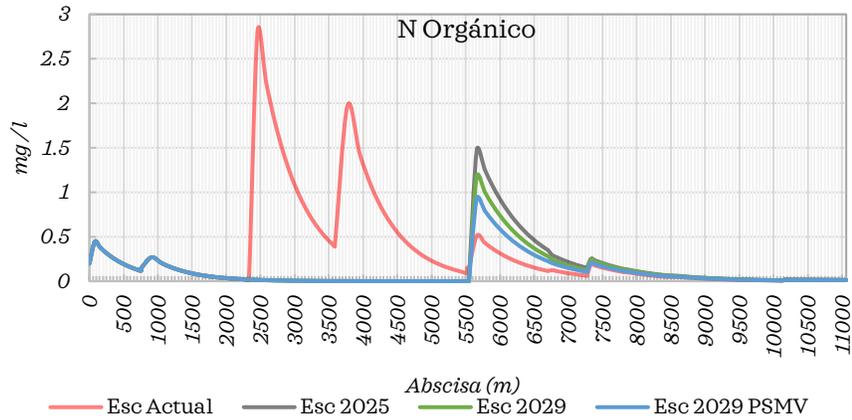


Figura 209. Escenarios de simulación N orgánico. quebrada La Jaramilla

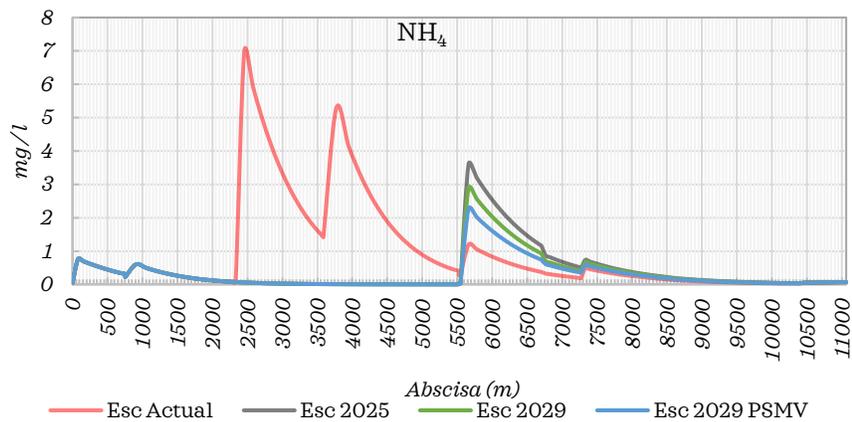


Figura 210. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada La Jaramilla



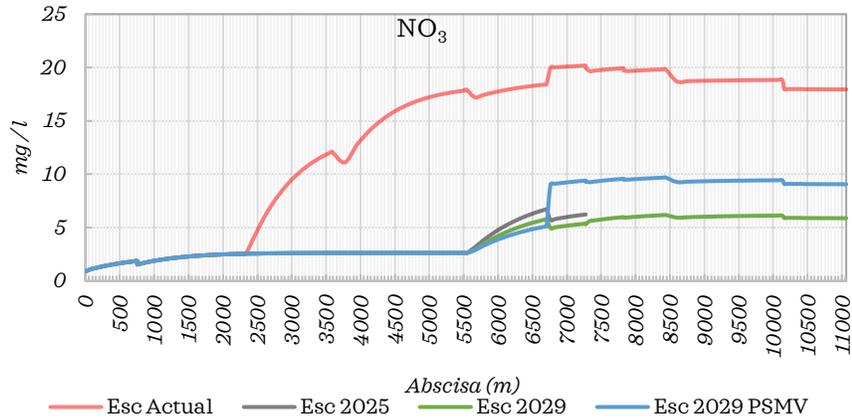


Figura 211. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada La Jaramilla

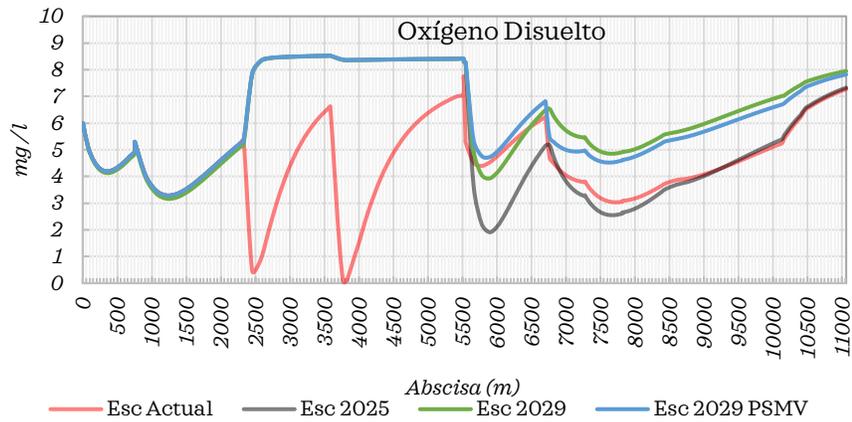


Figura 212. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada La Jaramilla

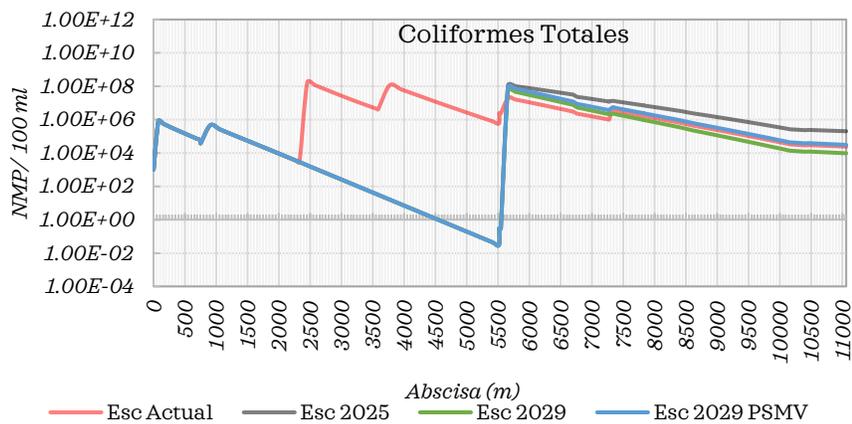


Figura 213. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada La Jaramilla

#### 4.6.2 Modelación calidad Quebrada La Tulia

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Tulia se consideró la esquematización indicada en la Figura 197 para el escenario actual, la Figura 198 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 incluyendo el establecimiento de colectores en VJar3 que canalicen el agua residual hasta la PTAR localizada las coordenadas N 983514.49 - W 1141010.29 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El escenario 2029-PSMV se presenta esquematizado en la Figura 206. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 214 - Figura 220.

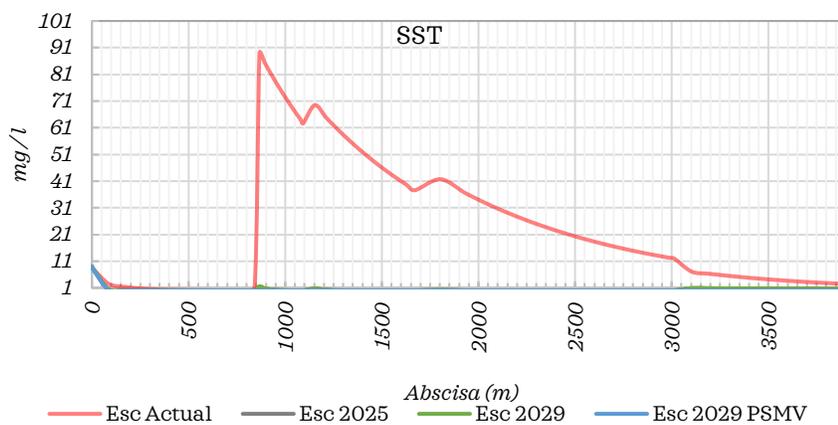


Figura 214. Escenarios de simulación SST quebrada La Tulia

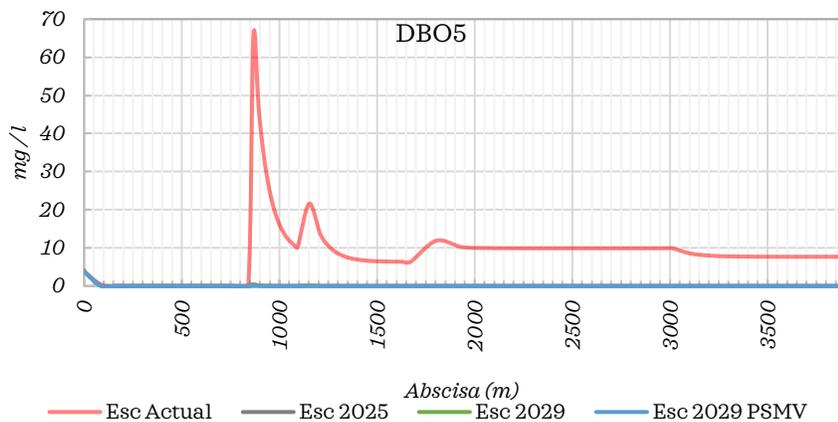


Figura 215. Escenarios de simulación DBO carbonácea quebrada La Tulia

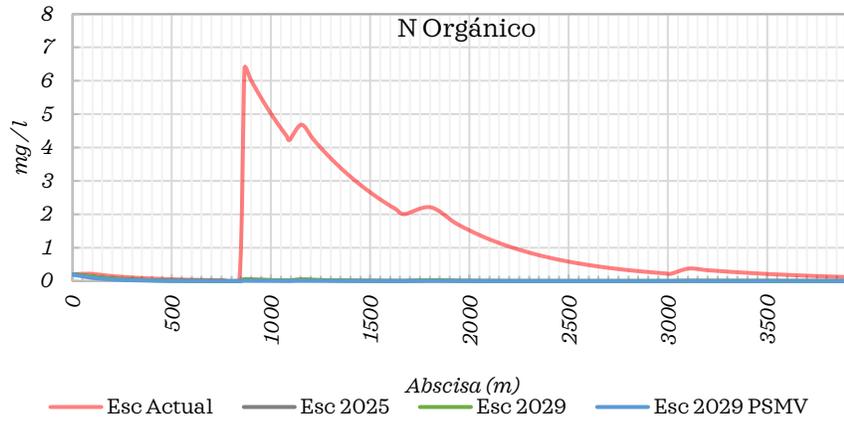


Figura 216. Escenarios de simulación N orgánico quebrada La Tulia

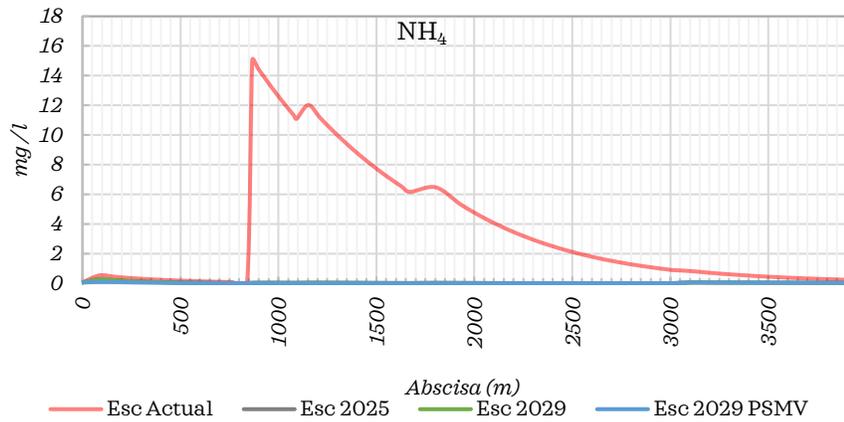


Figura 217. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada La Tulia

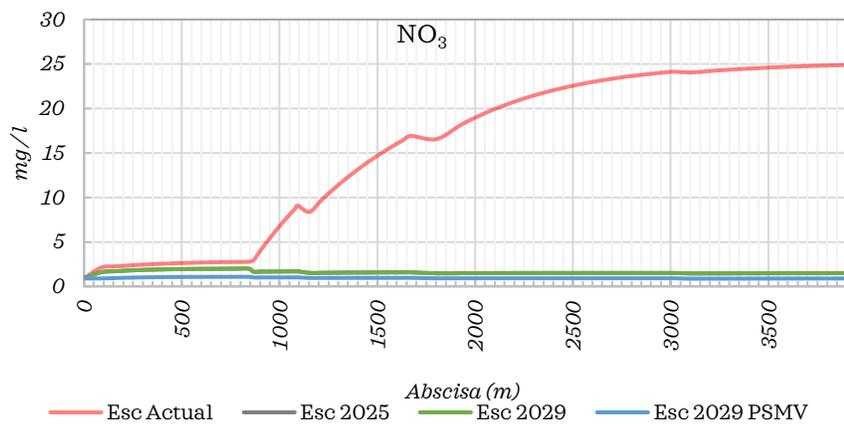


Figura 218. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada La Tulia

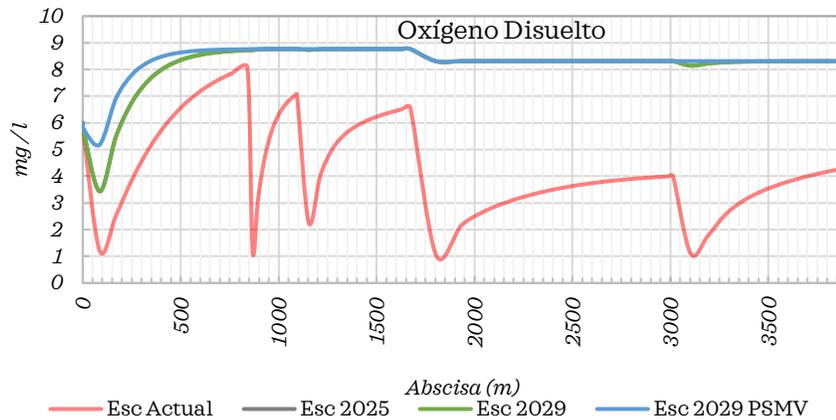


Figura 219. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada La Tulia

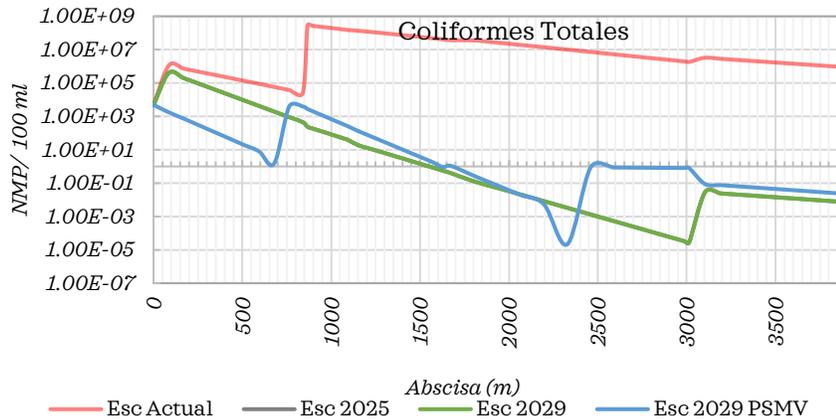


Figura 220. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada La Tulia

#### 4.7 Modelación calidad Quebrada El Pescador

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada El Pescador se consideró la esquematización indicada en la Figura 221 para el escenario actual y Figura 222 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR entre las coordenadas N 991037.92 - W 1157235.63 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El escenario 2029-PSMV se presenta esquematizado en la Figura 223. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 224 - Figura 230. A pesar de los escenarios de saneamiento formulados, y por el efecto de la concentración de la mayoría de vertimientos en un solo sector, se esperaba que para el año 2029 no se logre un mejoramiento significativo del

oxígeno disuelto, sin embargo, en el PSMV de Calarcá se contempla que para 2037 se conducirán dichos vertimientos directamente a la PTAR proyectada sobre el río Quindío.

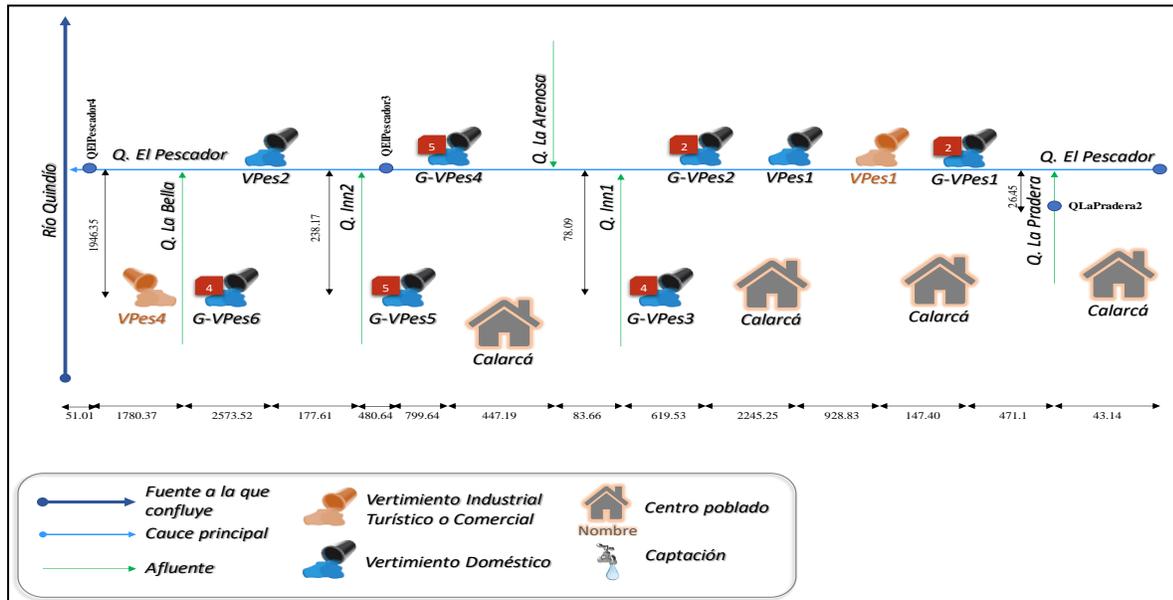


Figura 221. Esquema conceptual modelación Q. El Pescador escenario actual

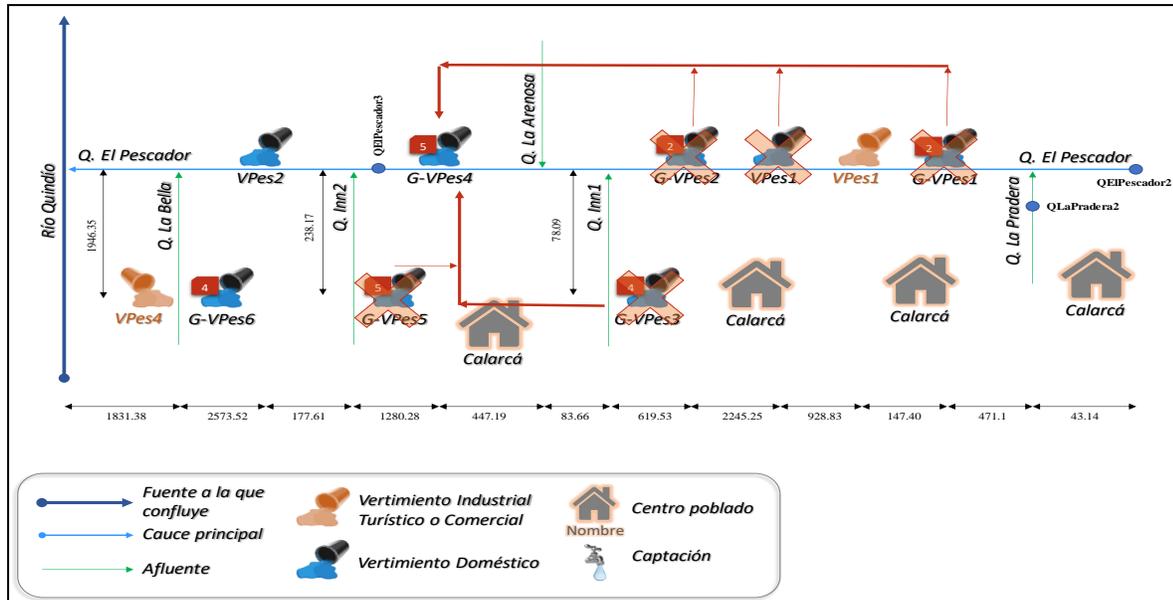


Figura 222. Esquema conceptual modelación Q. El Pescador escenario 2025

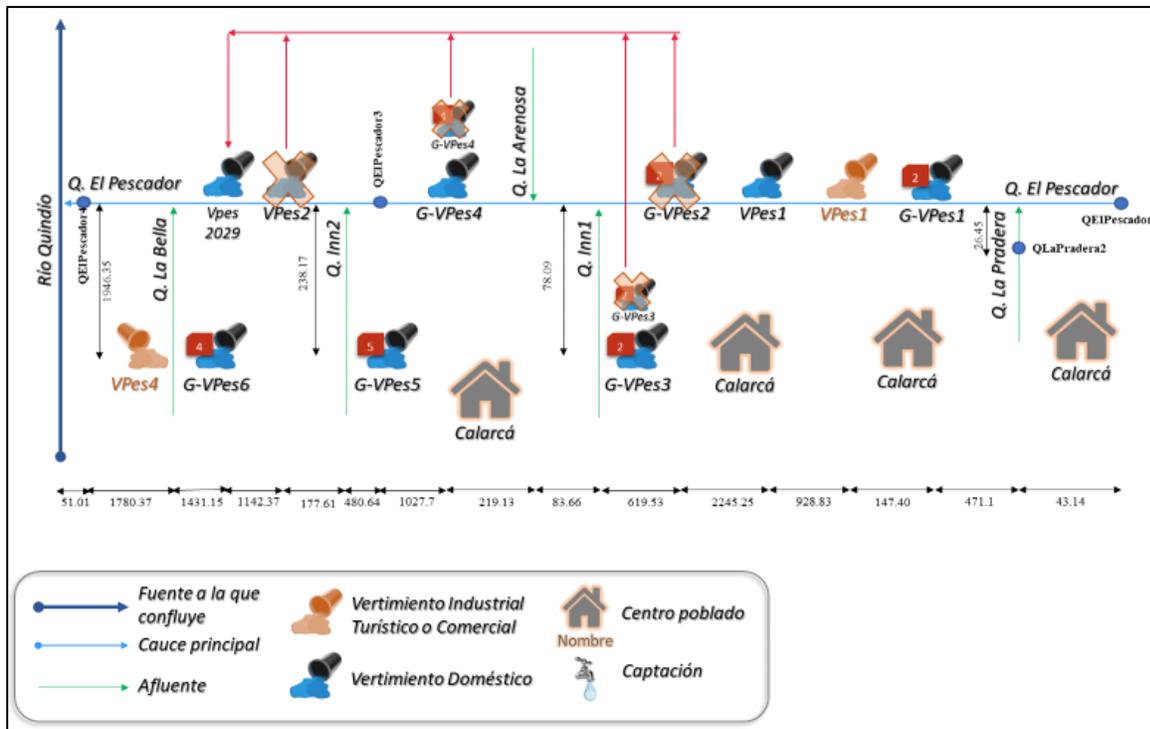


Figura 223. Esquema conceptual modelación Q. El Pescador escenario PSMV 2029.

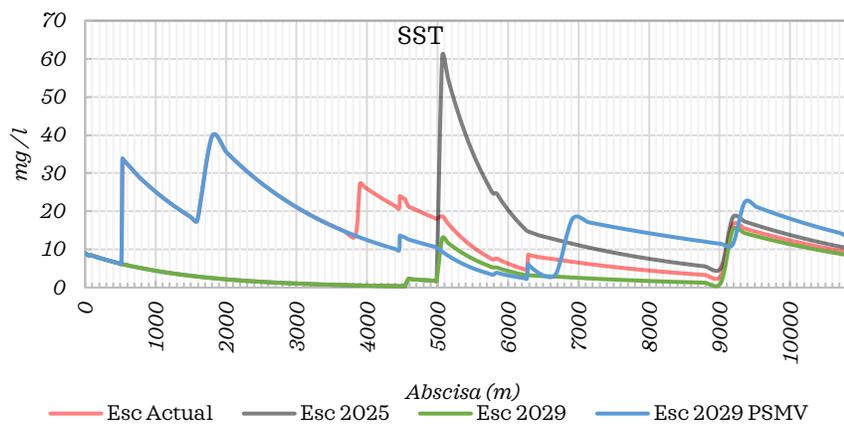


Figura 224. Escenarios de simulación SST Q. El Pescador.

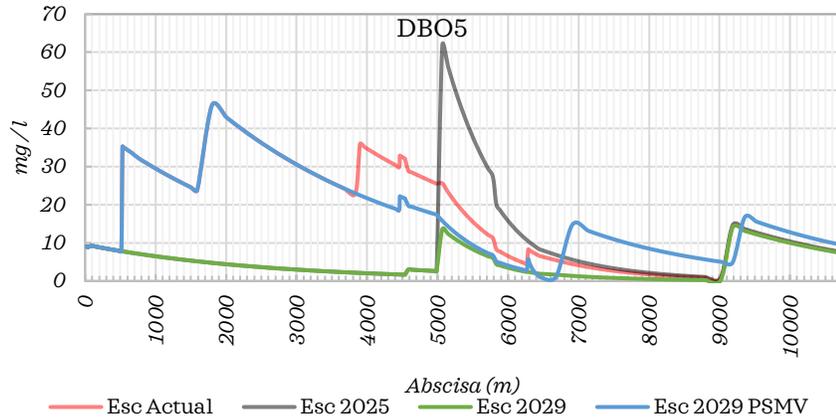


Figura 225. Escenarios de simulación DBOC Q. El Pescador.

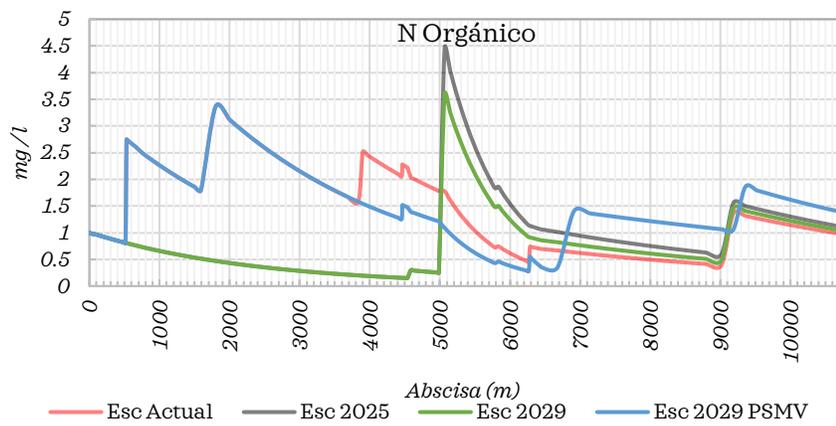


Figura 226. Escenarios de simulación N orgánico Q. El Pescador.

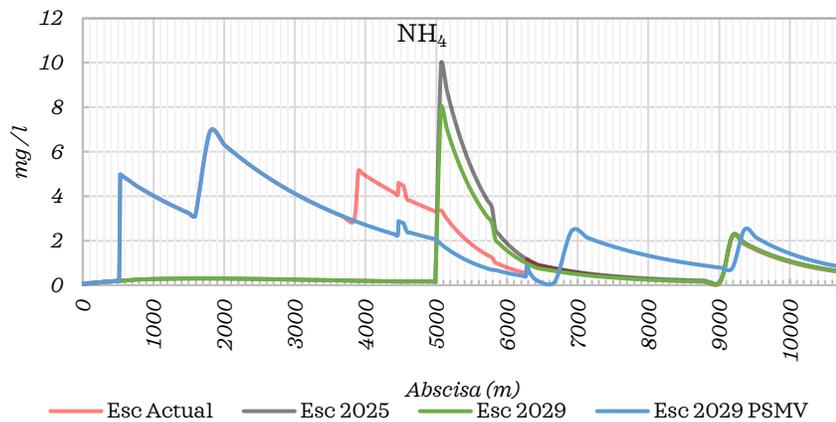


Figura 227. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. El Pescador.

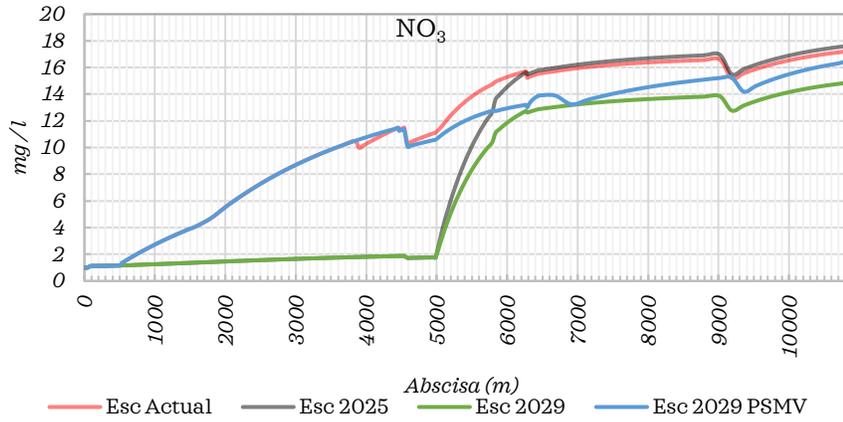


Figura 228. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. El Pescador.

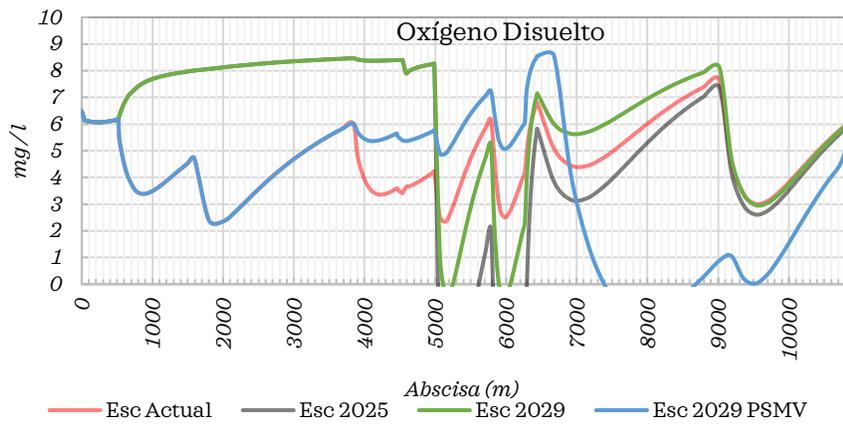


Figura 229. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. El Pescador.

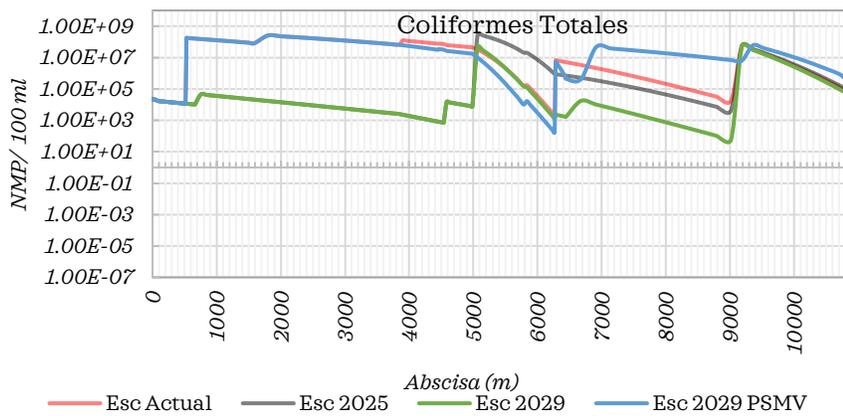


Figura 230. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. El Pescador.



## 4.8 Modelación calidad Quebrada La Florida

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Florida se consideró la esquematización indicada en la Figura 231 para el escenario actual y Figura 232 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye el funcionamiento de una PTAR entre las coordenadas N 992343.68 - W 1155623.78 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115) El escenario 2029-PSMV se presenta esquematizado en la Figura 233. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 234 - Figura 240.

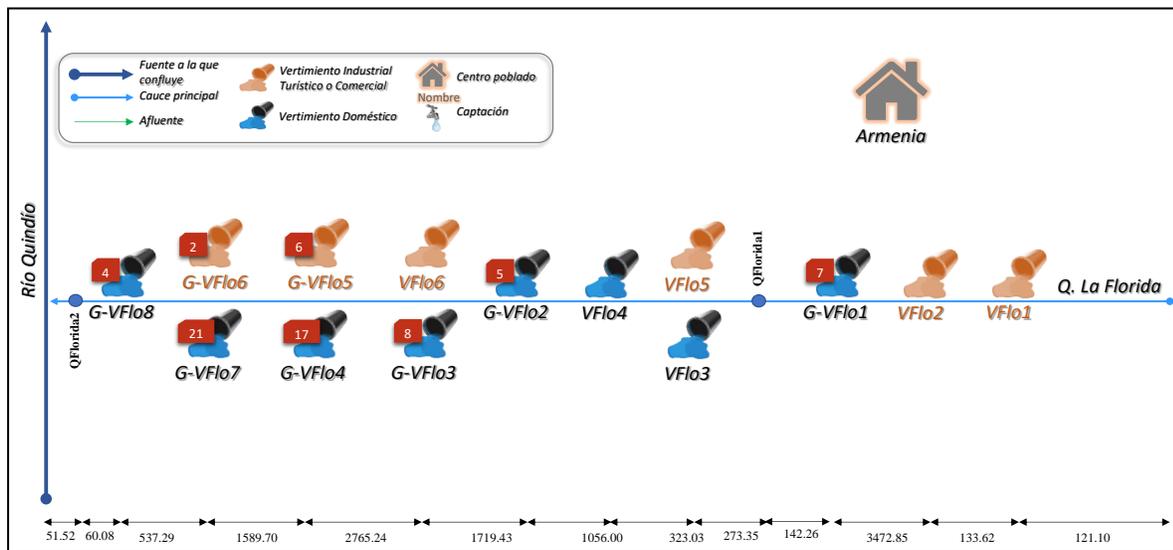


Figura 231. Esquema conceptual modelación Q. La Florida escenario actual

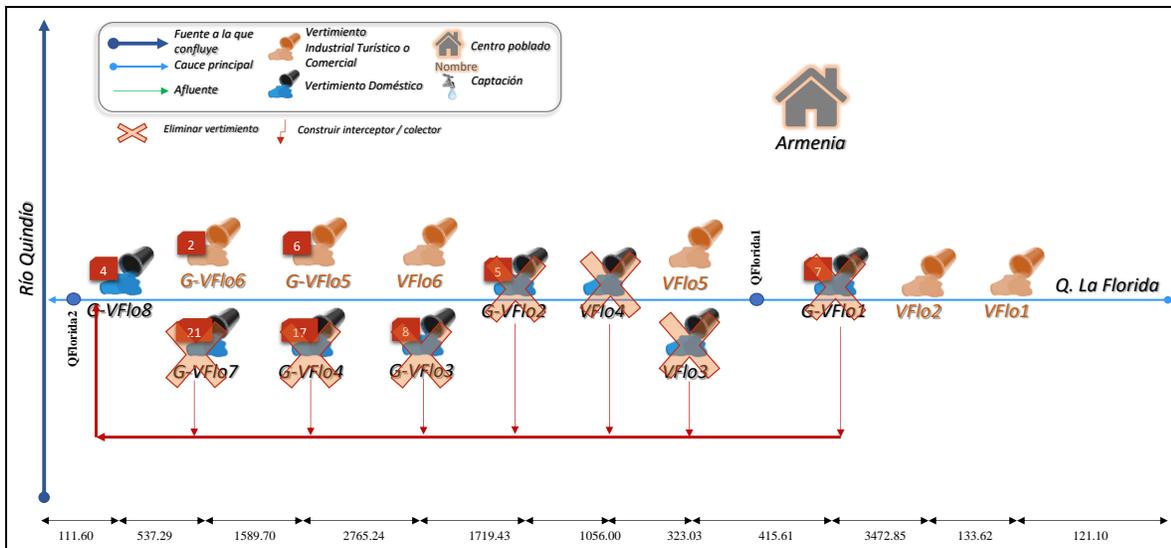


Figura 232. Esquema conceptual modelación Q. La Florida escenario 2025

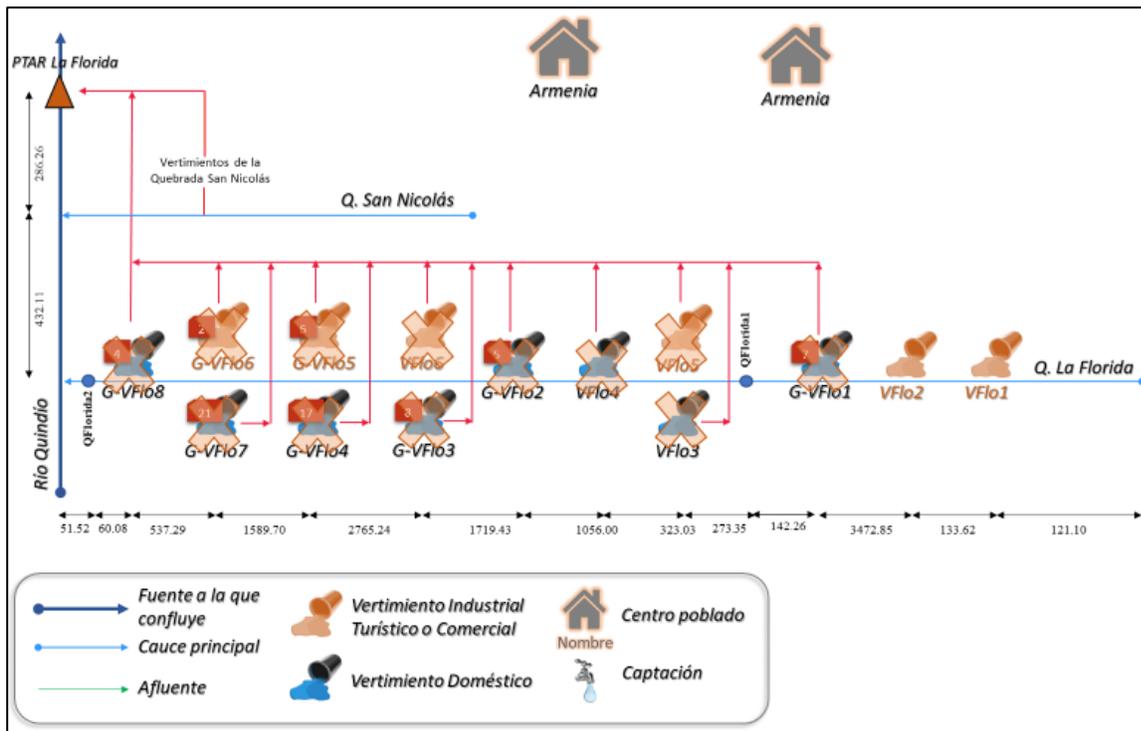


Figura 233. Esquema conceptual modelación Q. La Florida escenario PSMV 2029

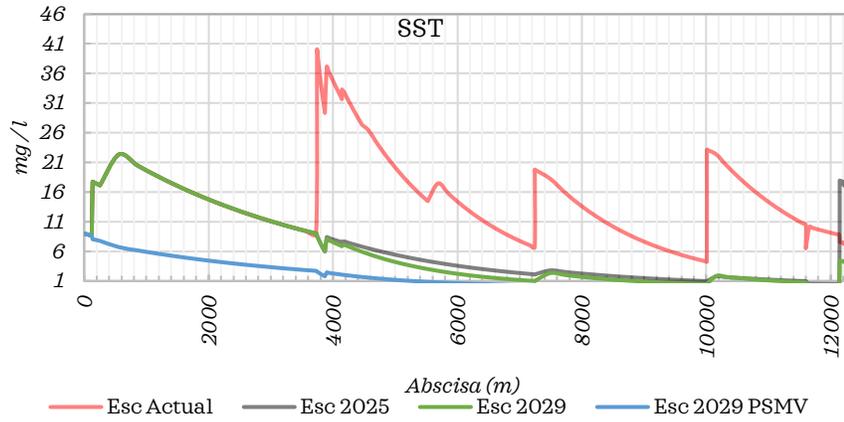


Figura 234. Escenarios de simulación SST quebrada La Florida

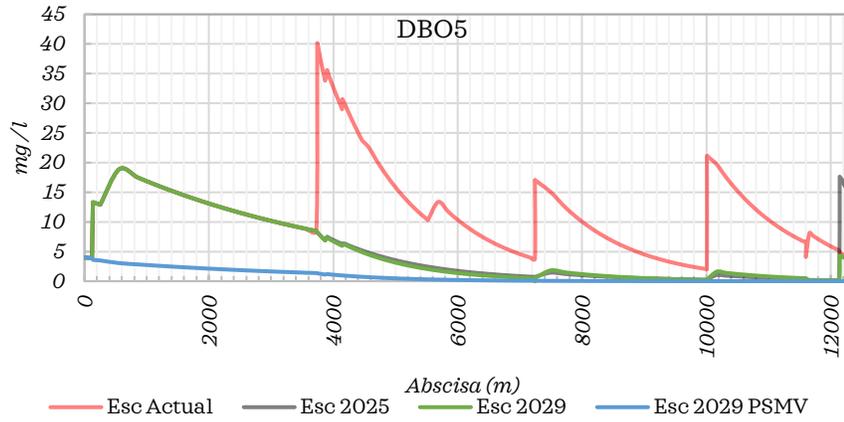


Figura 235. Escenarios de simulación DBO carbonácea quebrada La Florida

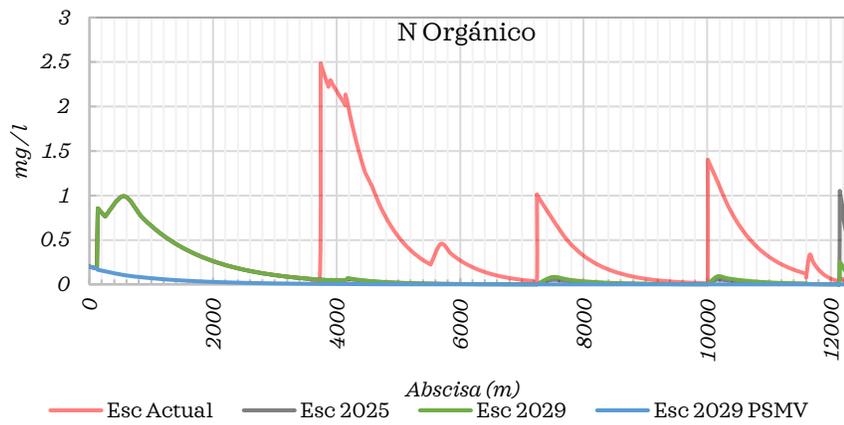


Figura 236. Escenarios de simulación N orgánico quebrada La Florida

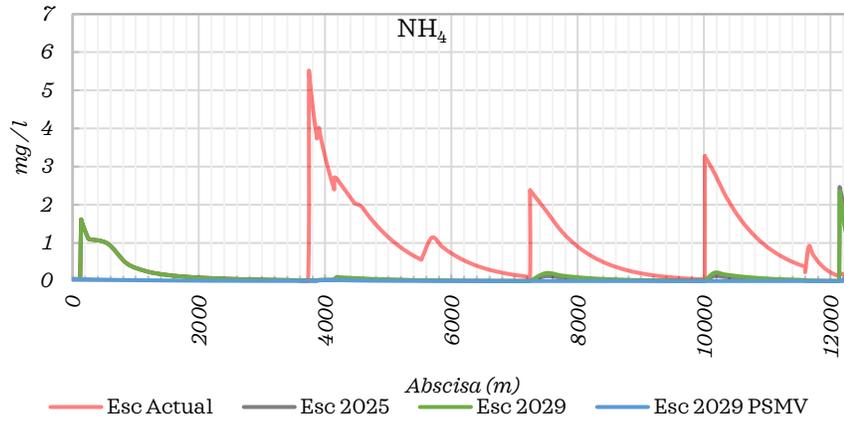


Figura 237. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada La Florida

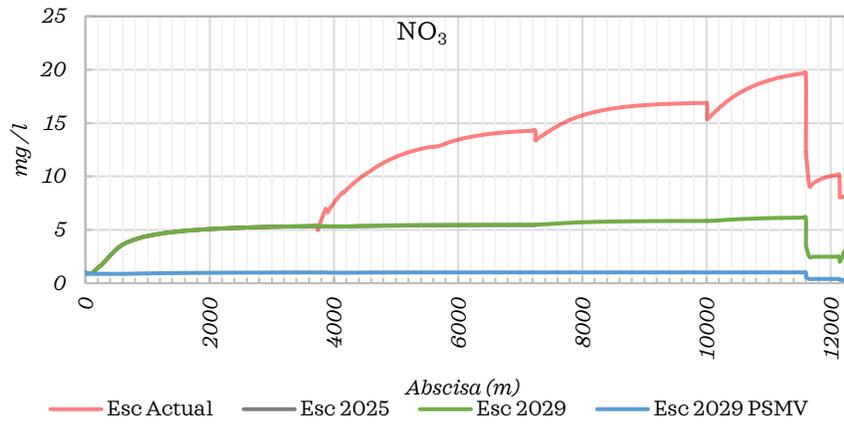


Figura 238. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada La Florida

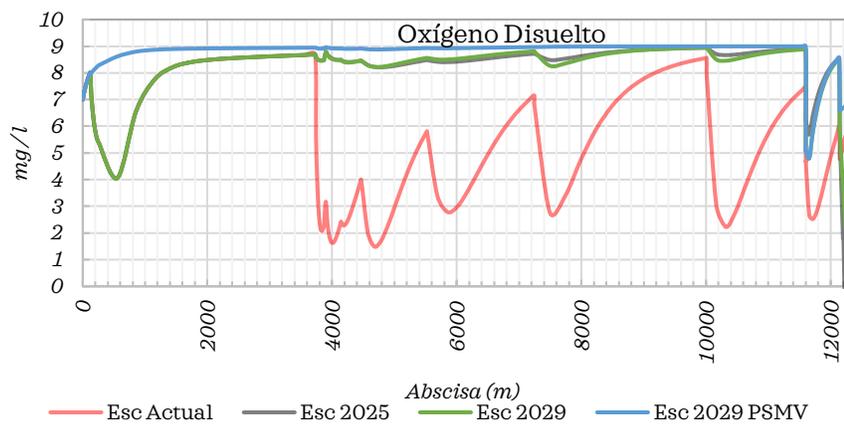


Figura 239. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada La Florida

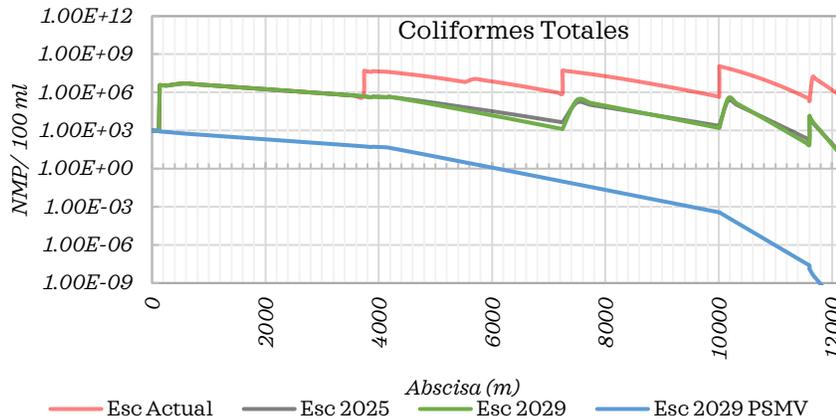


Figura 240. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada La Florida

#### 4.9 Modelación calidad Quebrada La Picota

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Picota se consideró la esquematización indicada en la Figura 241. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. En este caso se presentan los resultados de la modelación en condición actual, la simulación de los escenarios 2025 y 2029 consiste en mejorar la eficiencia de remoción de la PTAR existente en el municipio de Buenavista entre las coordenadas N 97406 - W 1148924.23 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115) en un 10%.

El escenario 2029-PSMV se presenta esquematizado en la Figura 242, en el cual se contempla la construcción y operación de la PTAR Las Margaritas y mantener las condiciones actuales de saneamiento de la quebrada La Picota. En los Resultados de simulación se evidencia que la condición hidráulica de la quebrada La Picota permite asimilar la carga vertida desde el centro poblado de Buenavista y el potencial efecto del saneamiento en la quebrada Las Margaritas no impactará sensiblemente la calidad del agua en la quebrada la Picota (Figura 243 - Figura 249).

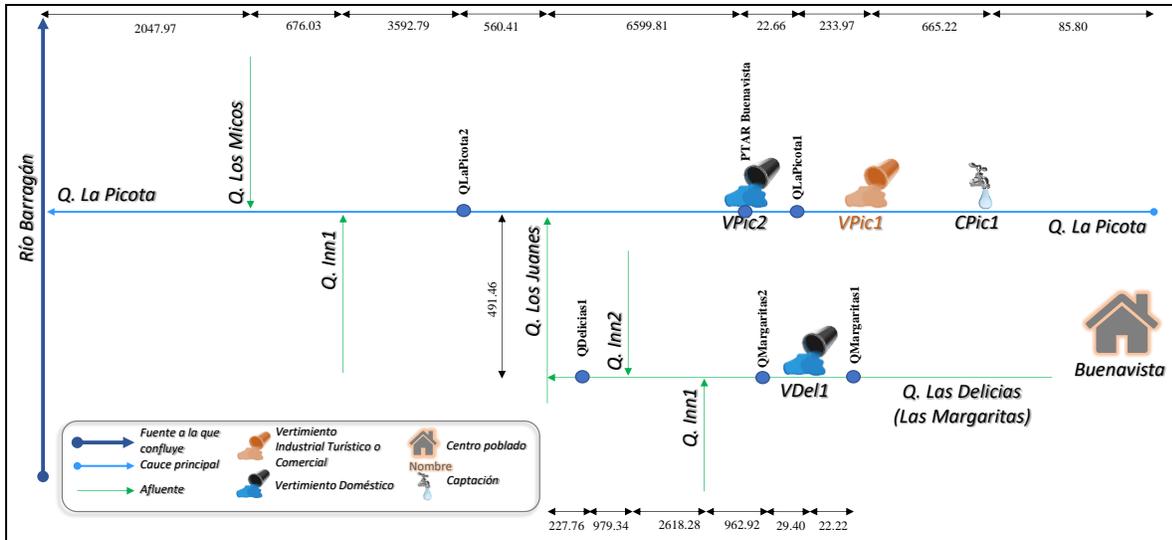


Figura 241. Esquema conceptual modelación Quebrada La Picota

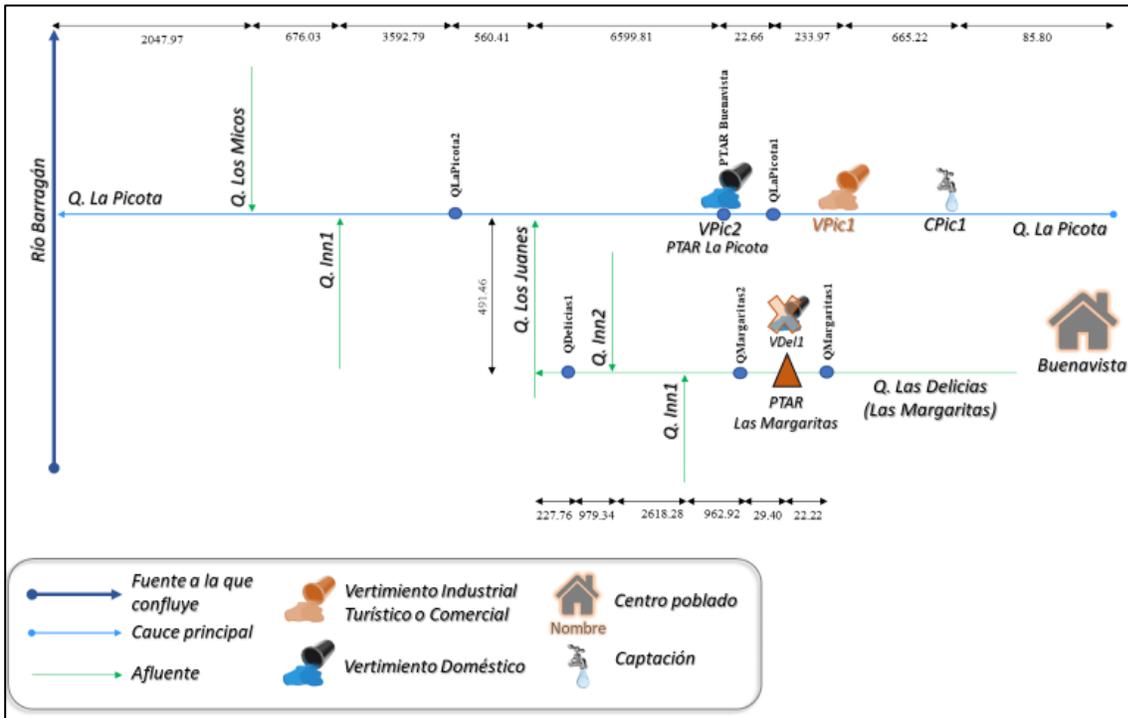


Figura 242. Esquema conceptual modelación Quebrada La Picota escenario PSMC 2029

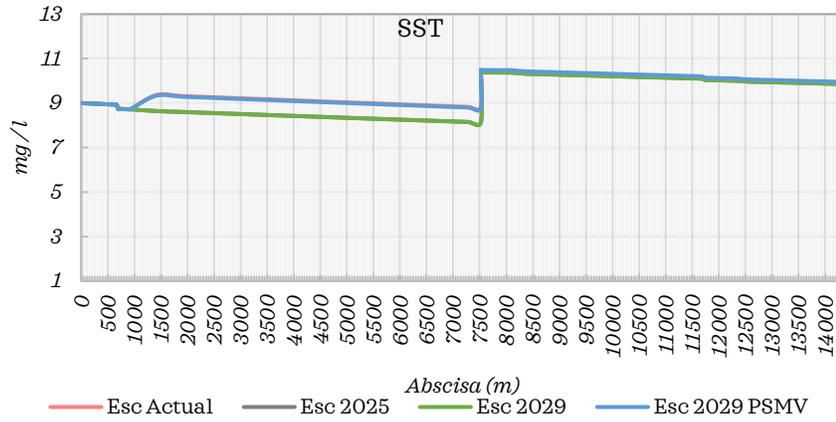


Figura 243. Escenarios de simulación SST. Quebrada La Picota

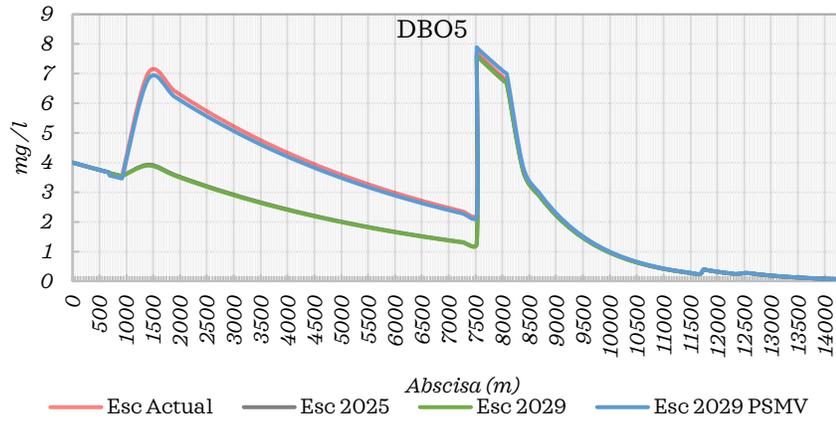


Figura 244. Escenarios de simulación DBOC. Quebrada La Picota

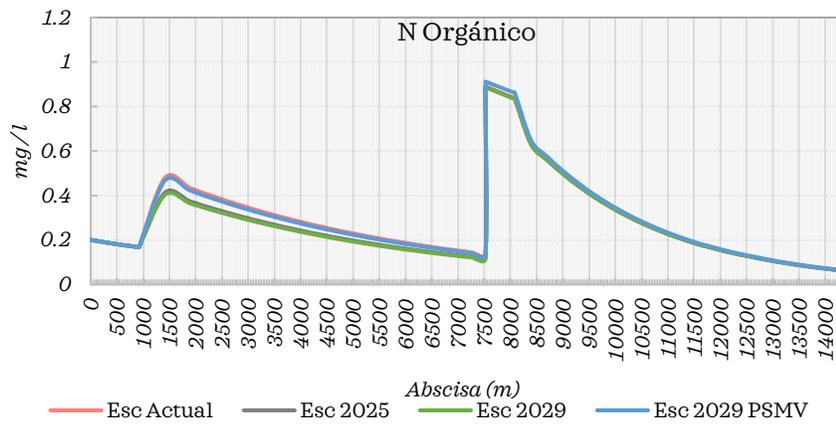


Figura 245. Escenarios de simulación N orgánico. Quebrada La Picota

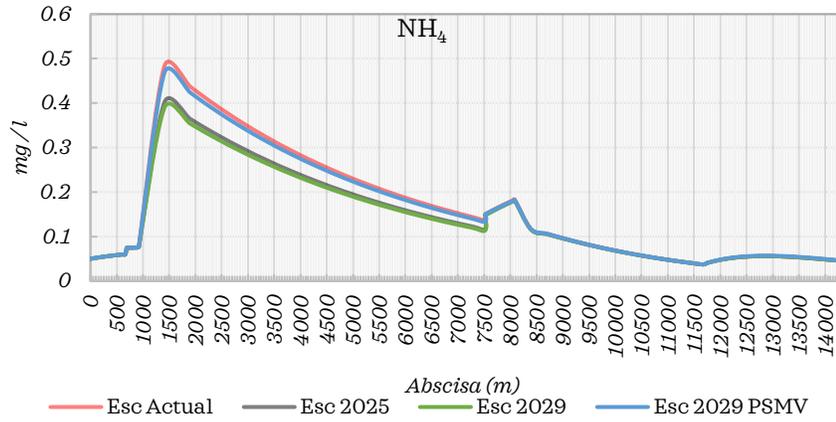


Figura 246. Escenarios de simulación N amoniacal. Quebrada La Picota

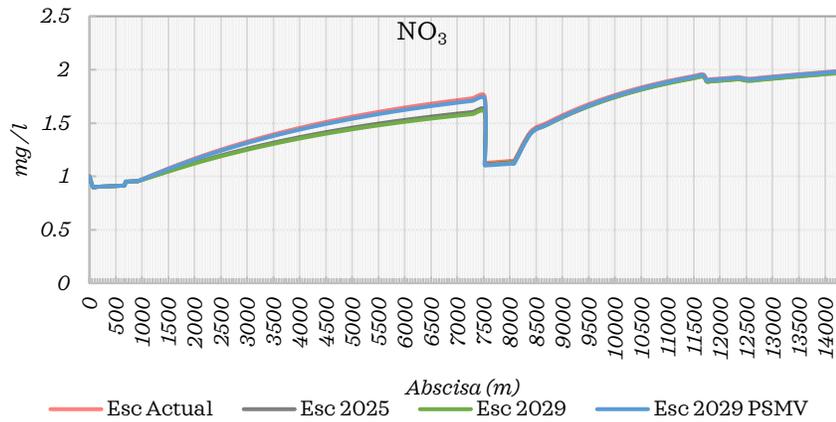


Figura 247. Escenarios de simulación Nitratos. Quebrada La Picota

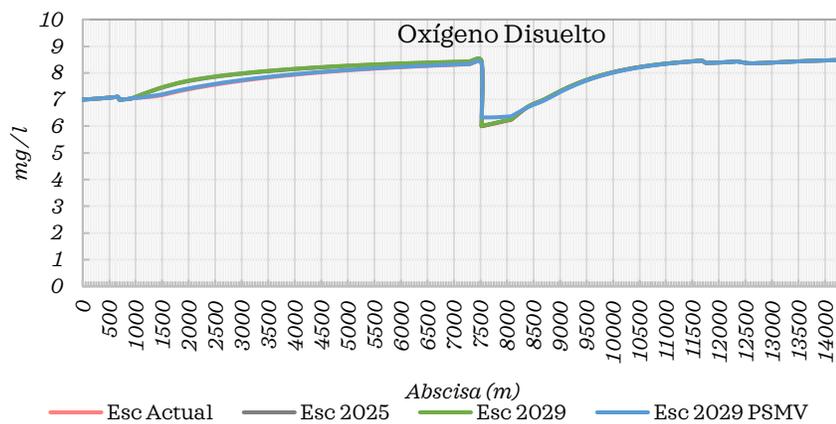


Figura 248. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto. Quebrada La Picota



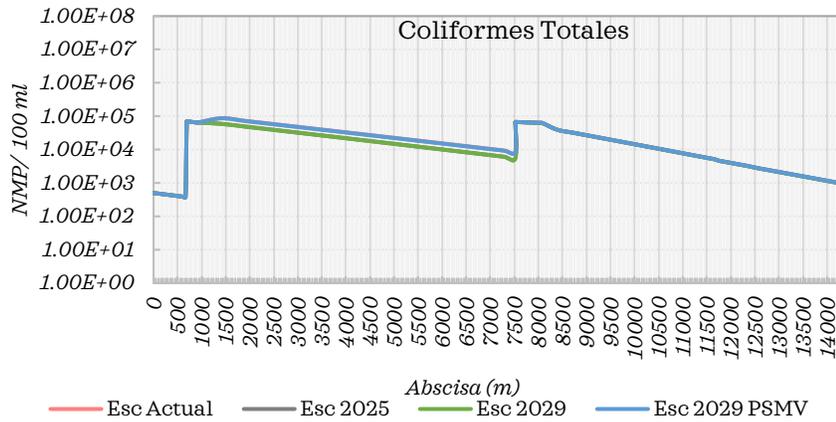


Figura 249. Escenarios de simulación Coliformes Totales Quebrada La Picota

#### 4.9.1 Modelación calidad Quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Las Delicias, se consideró la esquematización indicada en la Figura 241 y Figura 242. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. En este caso se presentan los resultados de la modelación para los cuatro escenarios (Figura 250 - Figura 256), destacando que la acción de saneamiento se presenta en el escenario 2029-PSMV con la operación de la PTAR Las Margaritas propuesto en el PSMV del municipio de Buenavista.

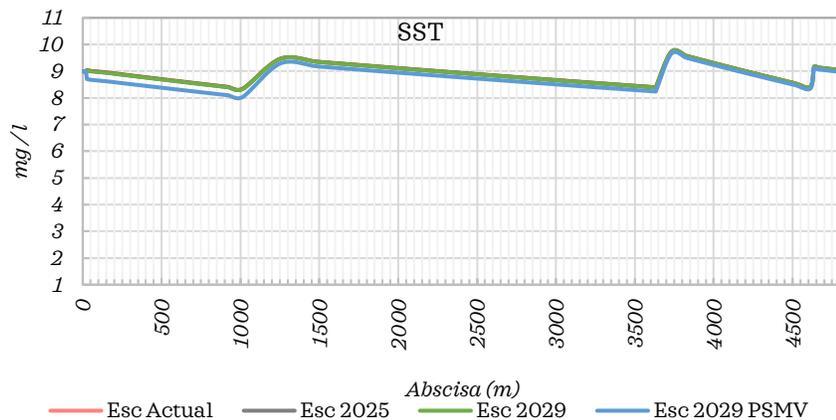


Figura 250. Escenarios de simulación SST quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

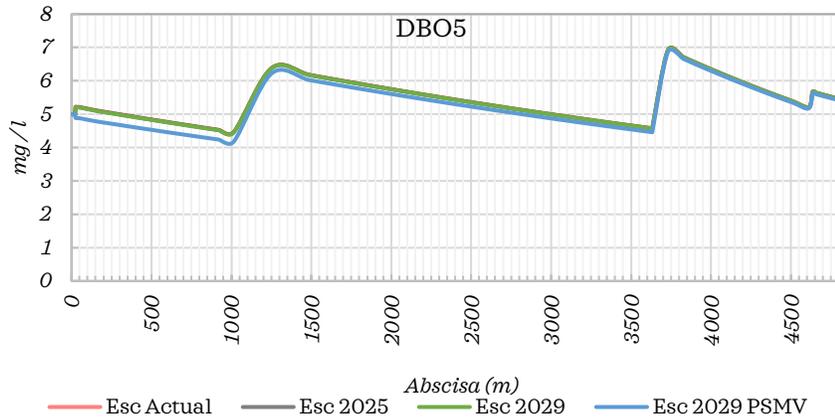


Figura 251. Escenarios de simulación DBOC quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

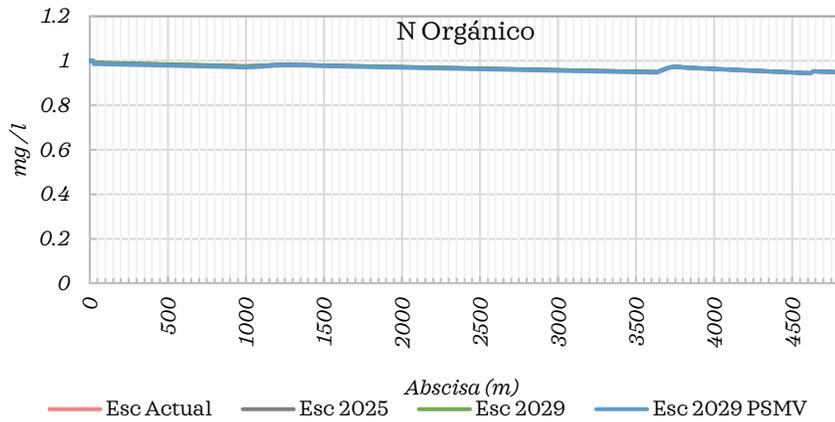


Figura 252. Escenarios de simulación N Orgánico quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

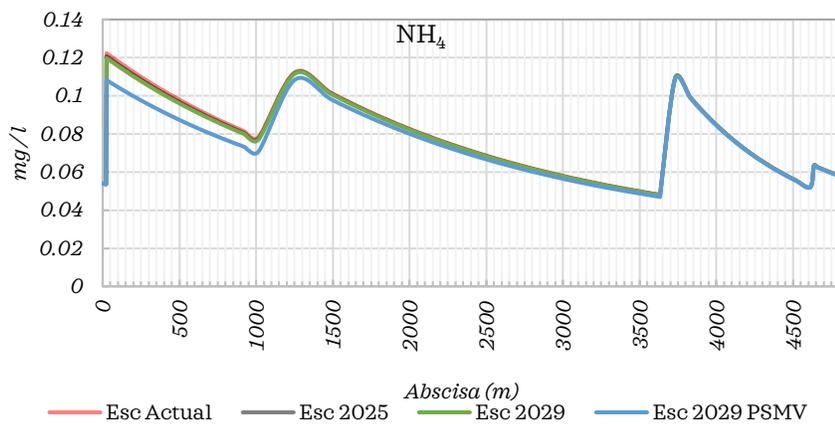


Figura 253. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

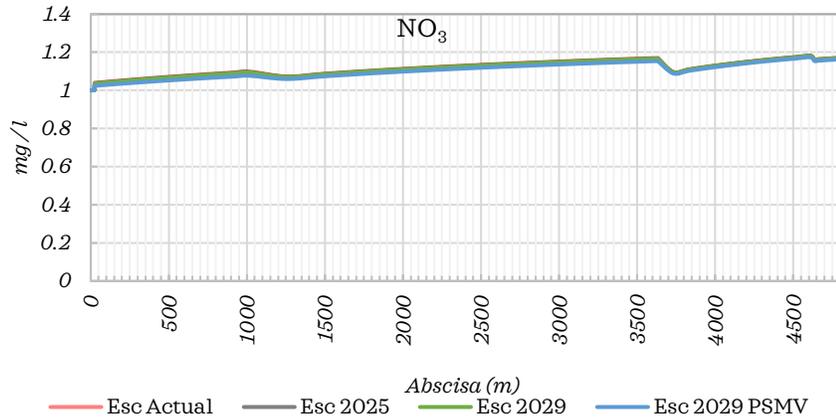


Figura 254 Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

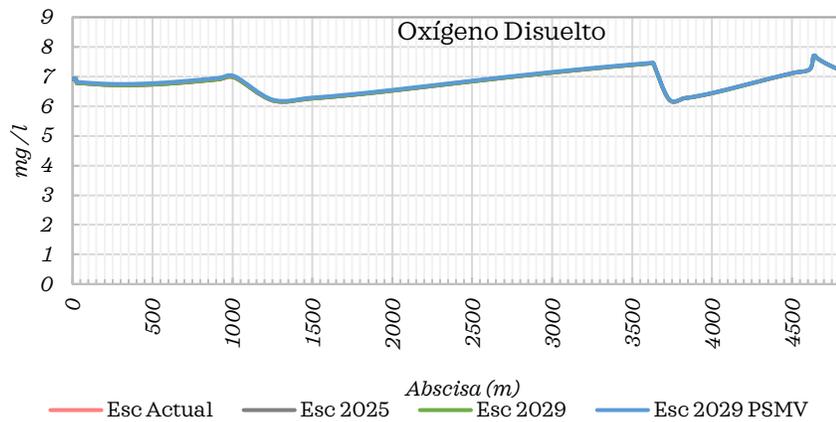


Figura 255. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

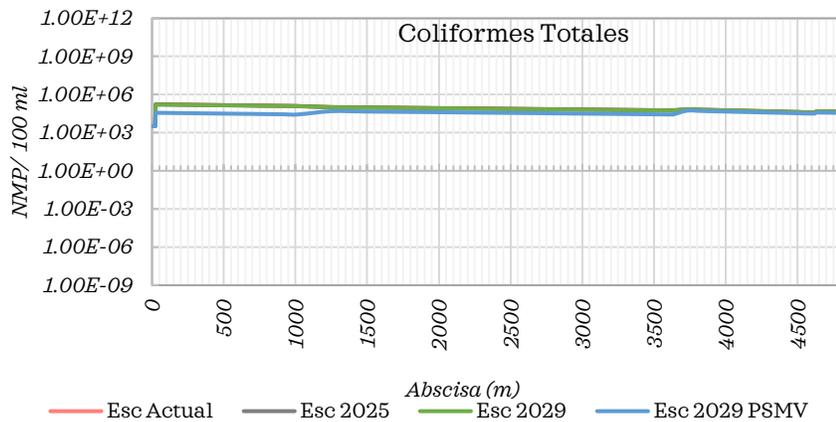


Figura 256. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada Las Delicias (Las Margaritas)

#### 4.10 Modelación calidad Quebrada San José

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada San José se consideró la esquematización indicada en la Figura 257 y Figura 258. En el proceso se implementó el

modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. En este caso, el escenario 2025 y 2029 contemplan la puesta en operación de la PTAR El Matadero, y el escenario 2029-PSMV implica la operación de la PTAR El Recreo según se especifica en el PSMV. Los resultados de los escenarios se presentan en la Figura 259 a la Figura 265.

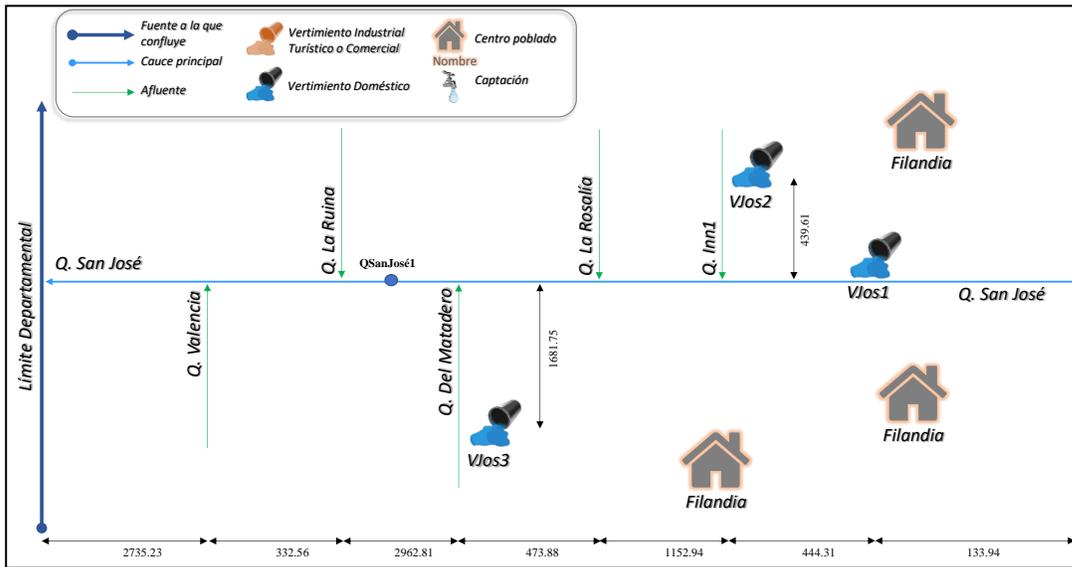


Figura 257. Esquema conceptual modelación Quebrada San José

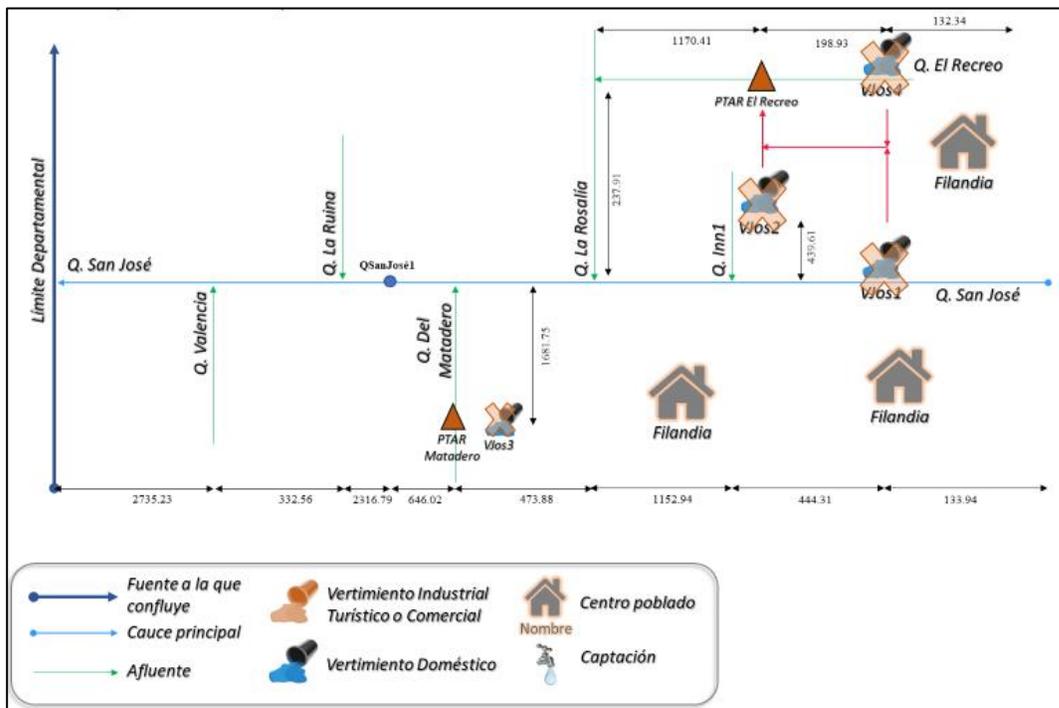


Figura 258. Esquema conceptual de modelación Quebrada San José escenario PSMV 2029

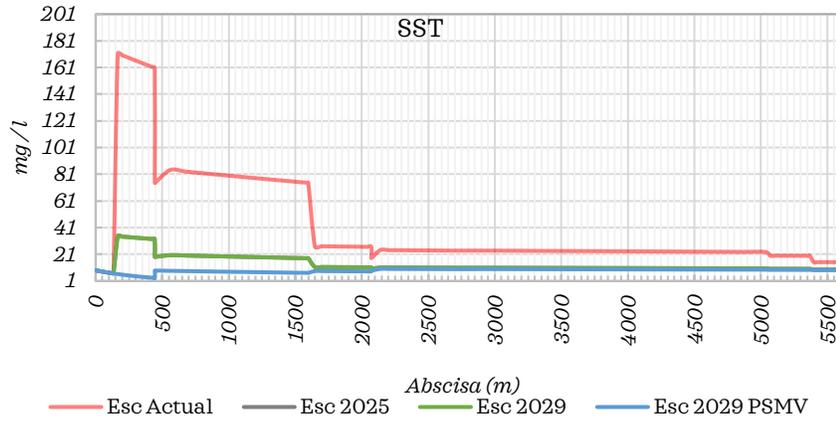


Figura 259. Escenarios de simulación SST quebrada San José

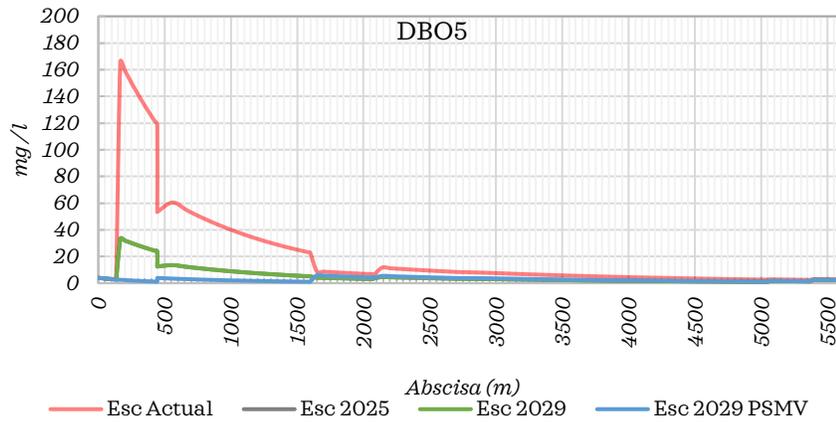


Figura 260. Escenarios de simulación DBOC quebrada San José

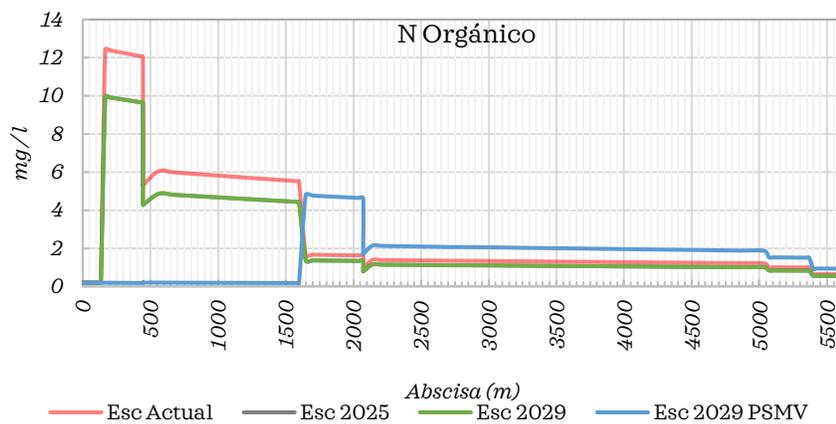


Figura 261. Escenarios de simulación N Orgánico quebrada San José

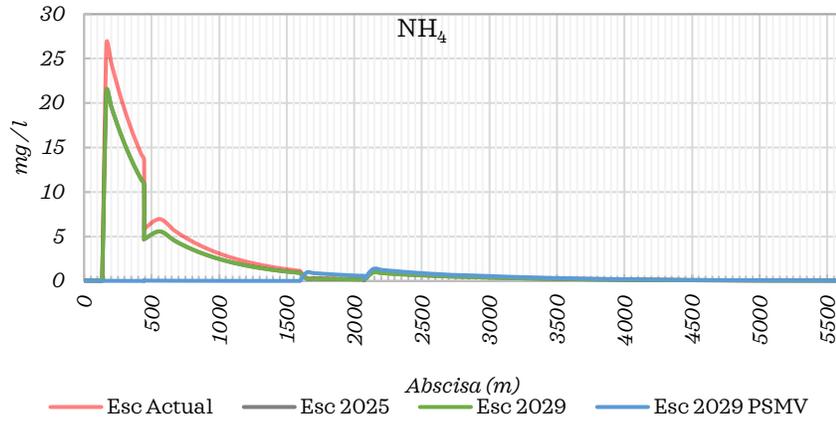


Figura 262 Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada San José

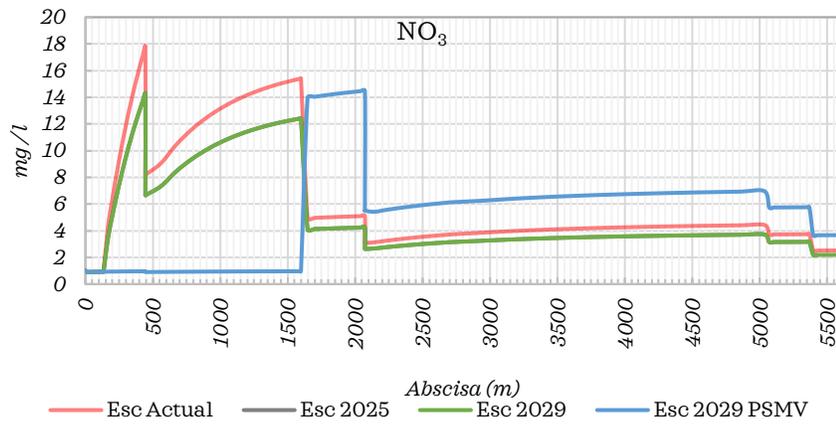


Figura 263. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada San José

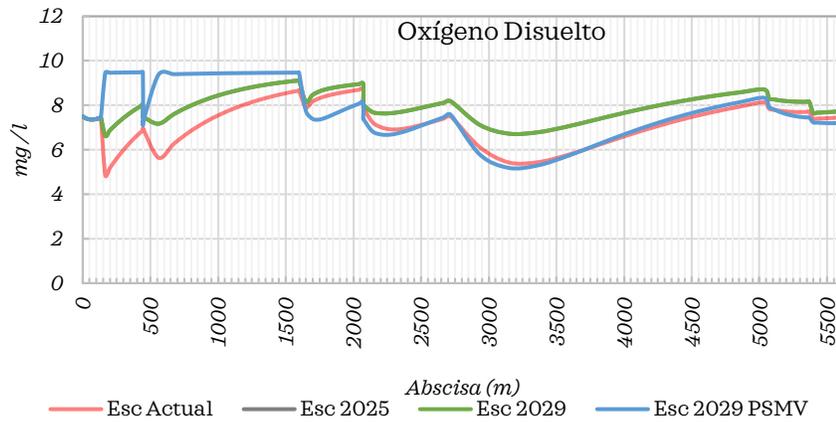


Figura 264. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada San José

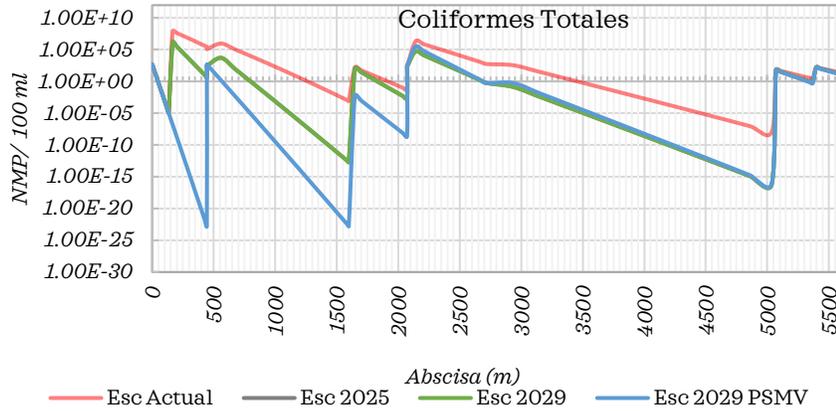


Figura 265. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada San José

#### 4.11 Modelación calidad Quebrada San Nicolás/ El Cafetero

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada San Nicolás o El Cafetero se consideró la esquematización indicada en la Figura 266 y Figura 267. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. El escenario 2029-PSMV contempla eliminar todos los vertimientos sobre la fuente hídrica y conducirlos a una PTAR proyectada en el río Quindío que recibirá también los vertimientos actuales a la quebrada La Florida (Figura 268 - Figura 274).

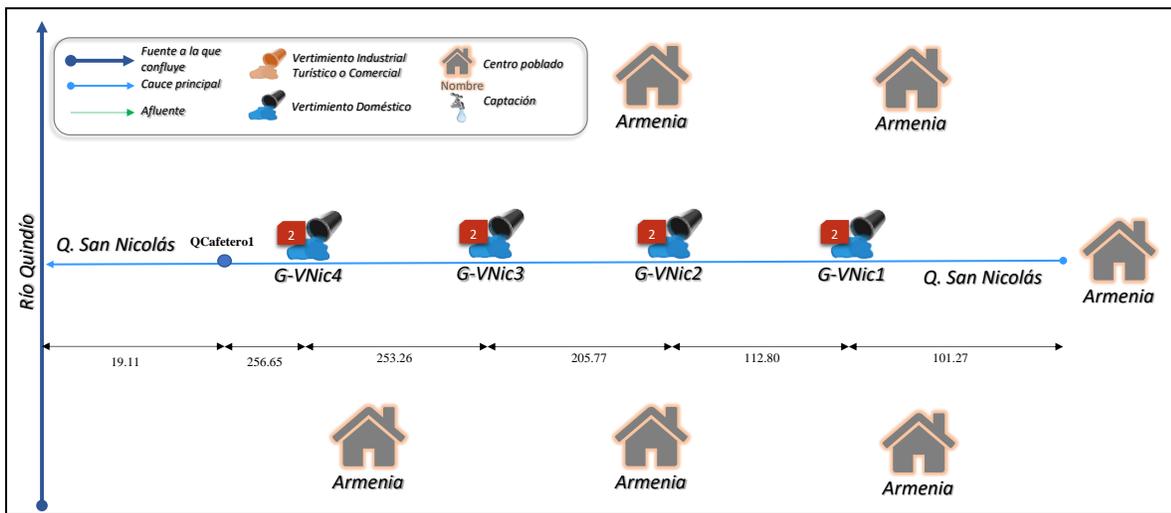


Figura 266. Esquema conceptual modelación Quebrada San Nicolás / El Cafetero

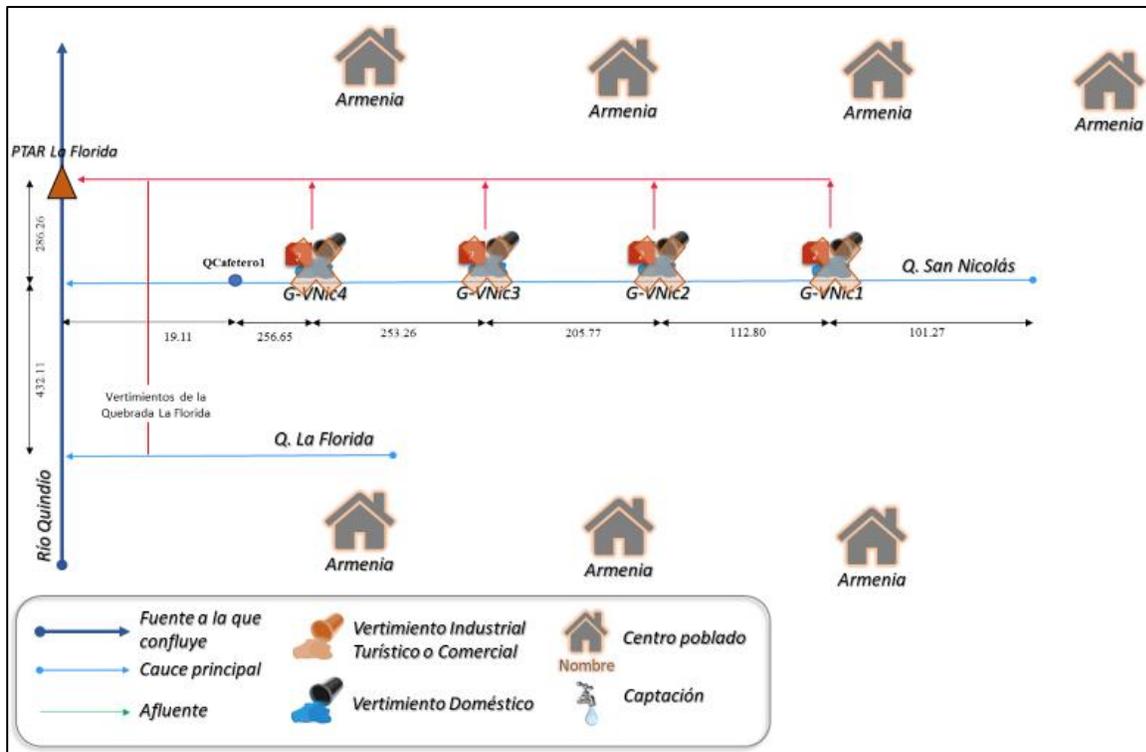


Figura 267. Esquema conceptual modelación quebrada San Nicolas/El Cafetero escenario PSMV 2029

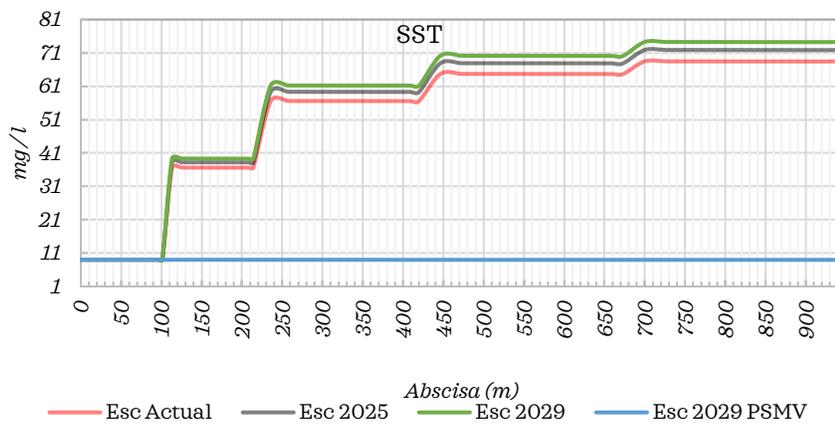


Figura 268. Escenarios de simulación SST quebrada San Nicolás / El Cafetero



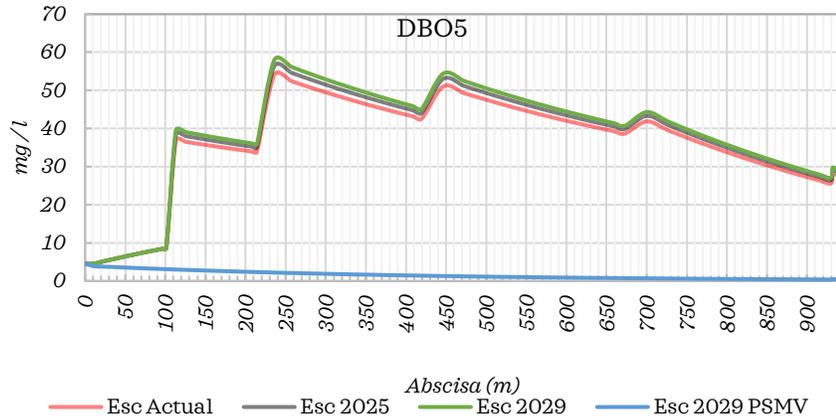


Figura 269. Escenarios de simulación DBOC quebrada San Nicolás / El Cafetero

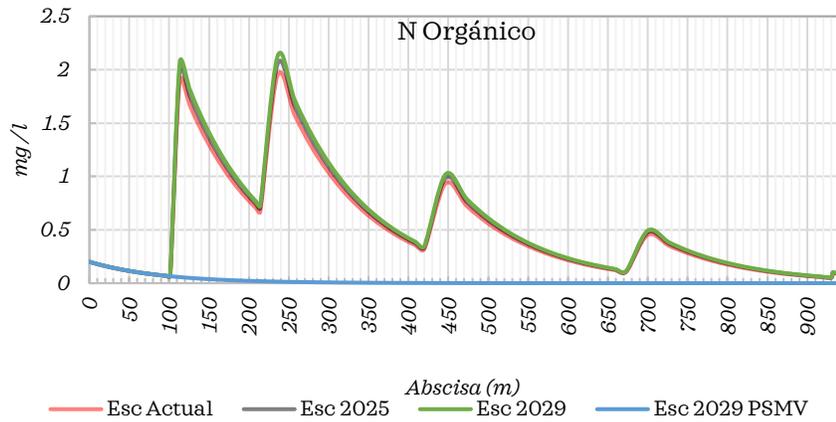


Figura 270. Escenarios de simulación N Orgánico quebrada San Nicolás / El Cafetero

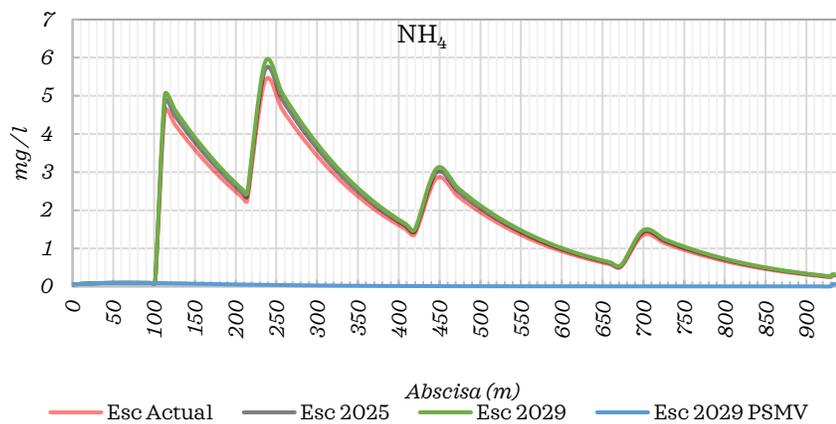


Figura 271. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada San Nicolás / El Cafetero

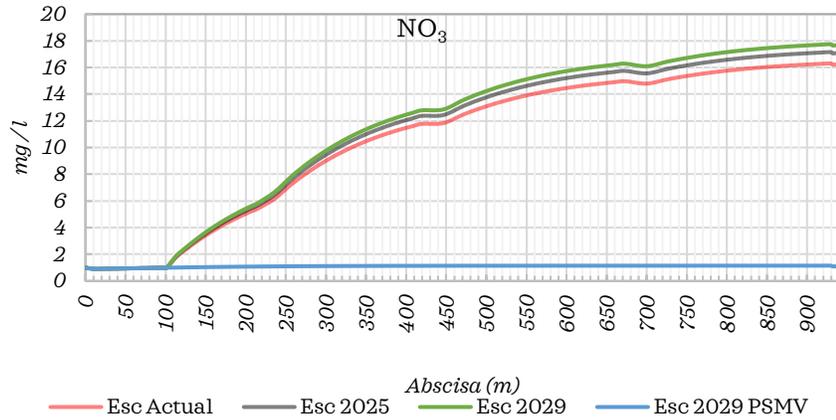


Figura 272. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada San Nicolás / El Cafetero

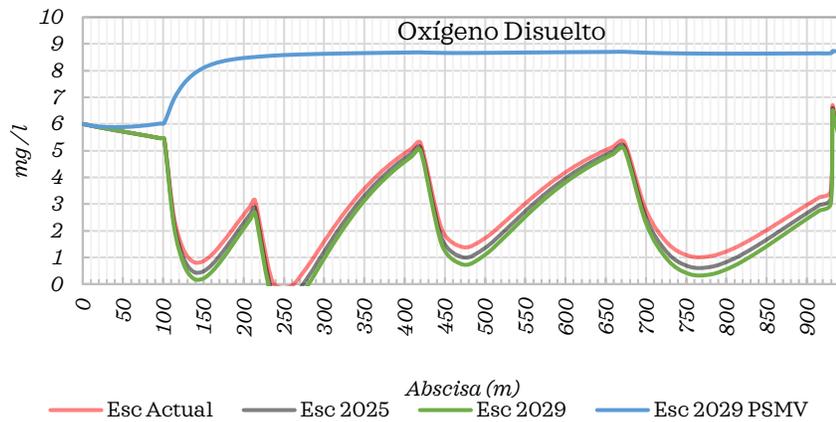


Figura 273. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada San Nicolás / El Cafetero

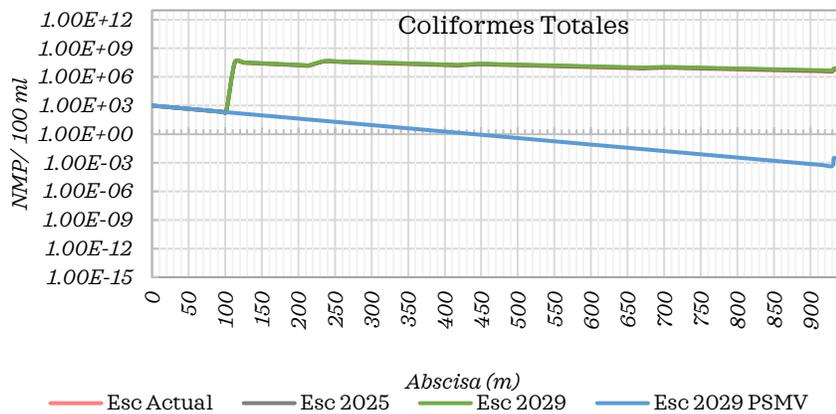


Figura 274. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada San Nicolás / El Cafetero

## 4.12 Modelación calidad Río Boquerón

Para la modelación de la calidad del agua del río Boquerón se consideró la esquematización indicada en la Figura 275 (escenario actual) y la Figura 276 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización del escenario 2025 y se incluye la rehabilitación de la PTAR de la quebrada La Calzada localizada en las coordenadas N 1004228.52 - W 1166990.04 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El escenario 2029-PSMV considera además de la rehabilitación de la PTAR en la quebrada la Calzada, la conducción hasta la PTAR de las aguas residuales domésticas vertidas actualmente a la quebrada El Mudo. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 278 - Figura 284, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025, 2029 y 2029-PSMV.

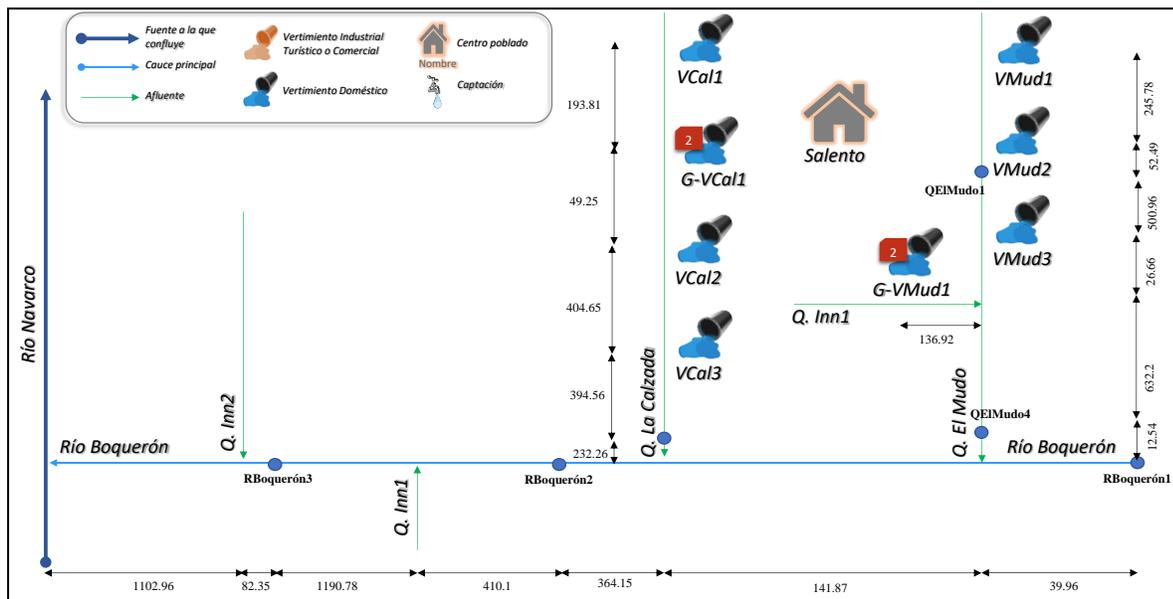


Figura 275. Esquema conceptual modelación R. Boquerón escenario actual

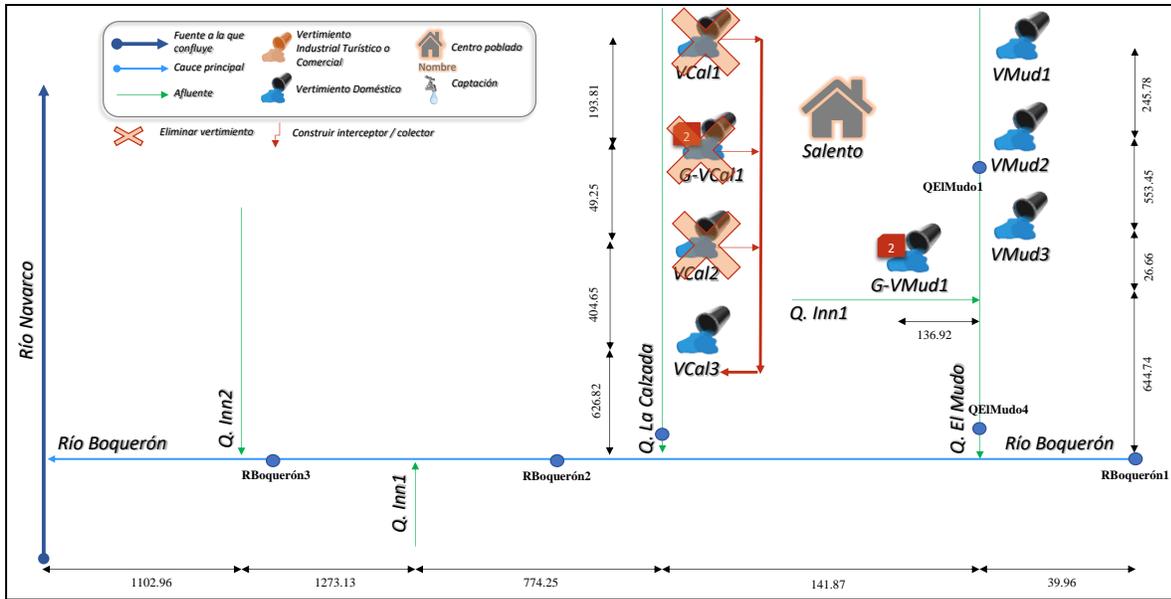


Figura 276. Esquema conceptual modelación río Boquerón escenario 2025

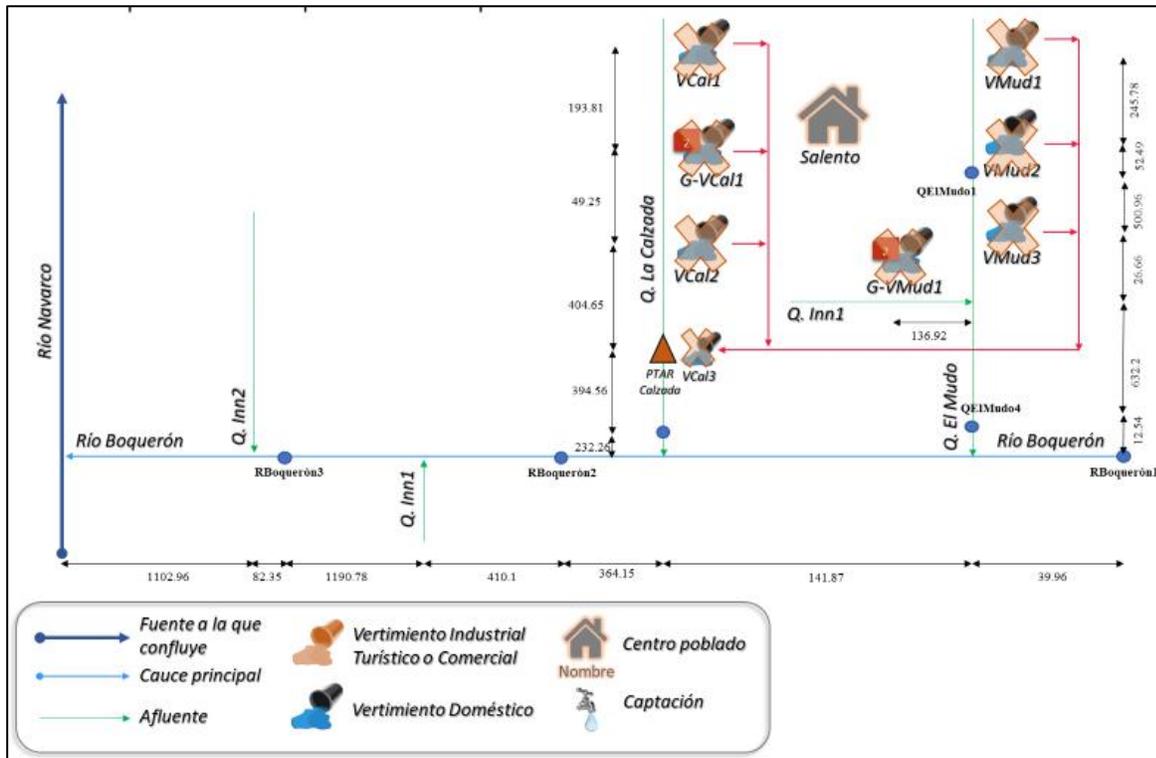


Figura 277. Esquema conceptual modelación río Boquerón escenario PSMV 2029

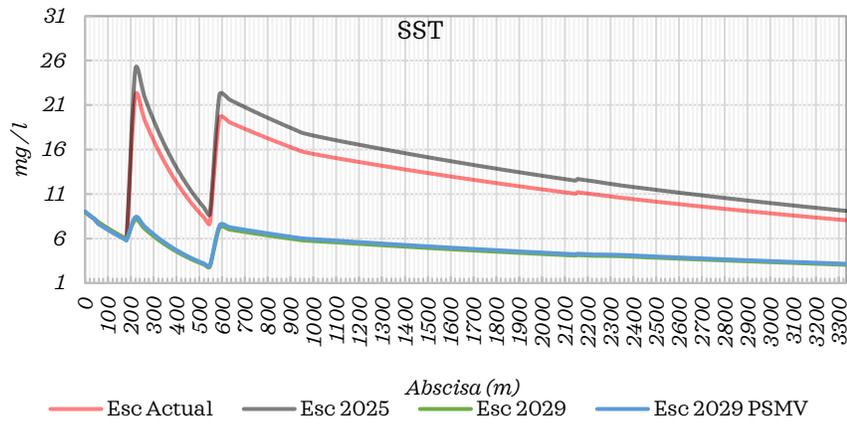


Figura 278. Escenarios de simulación SST Río Boquerón.

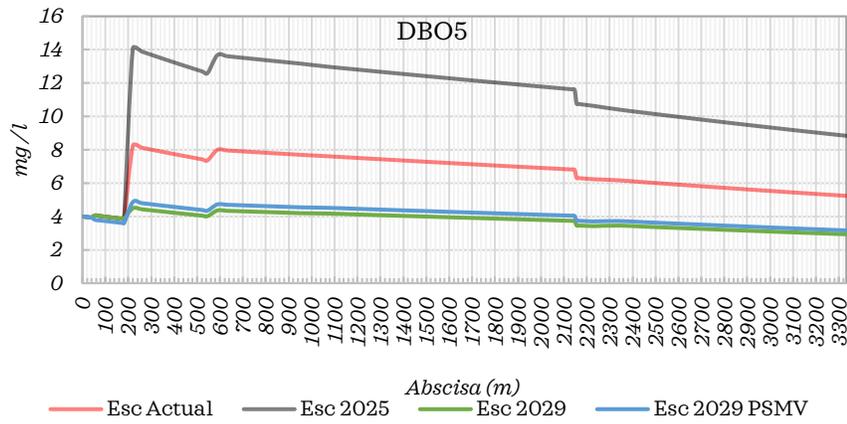


Figura 279. Escenarios de simulación DBOC Río Boquerón.

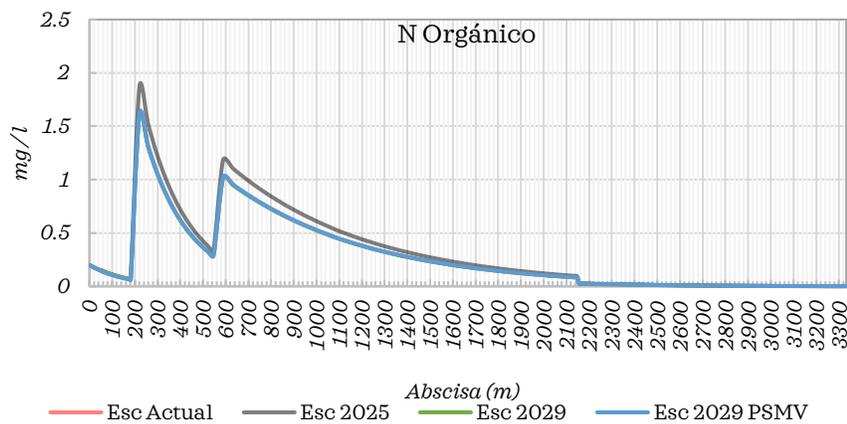


Figura 280. Escenarios de simulación N orgánico Río Boquerón.

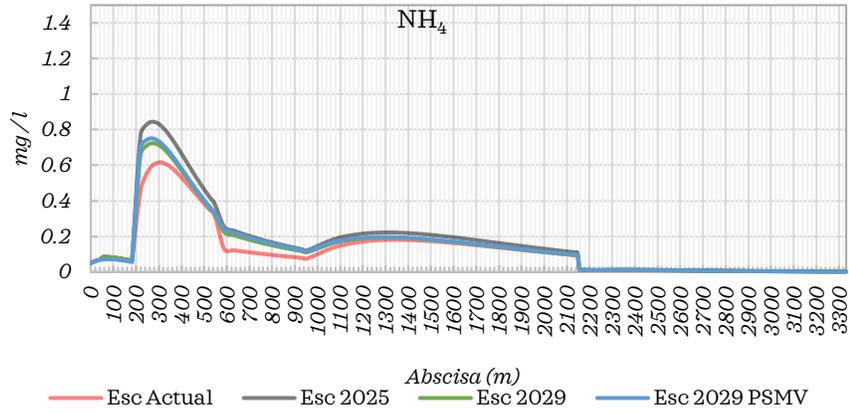


Figura 281. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Río Boquerón.

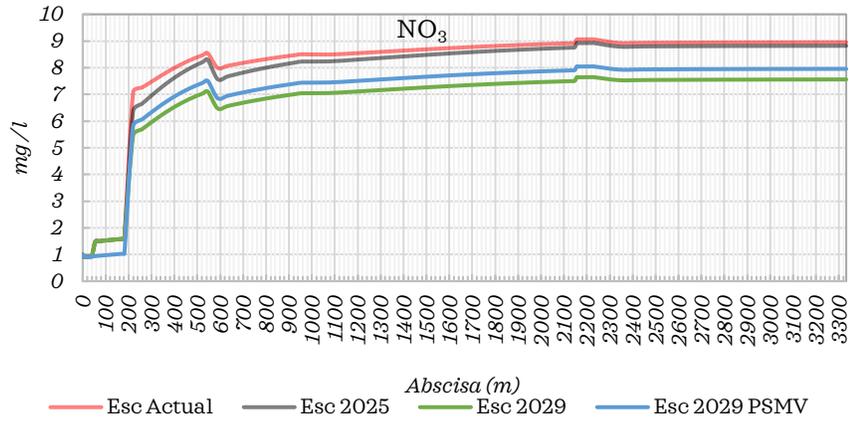


Figura 282. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Río Boquerón.

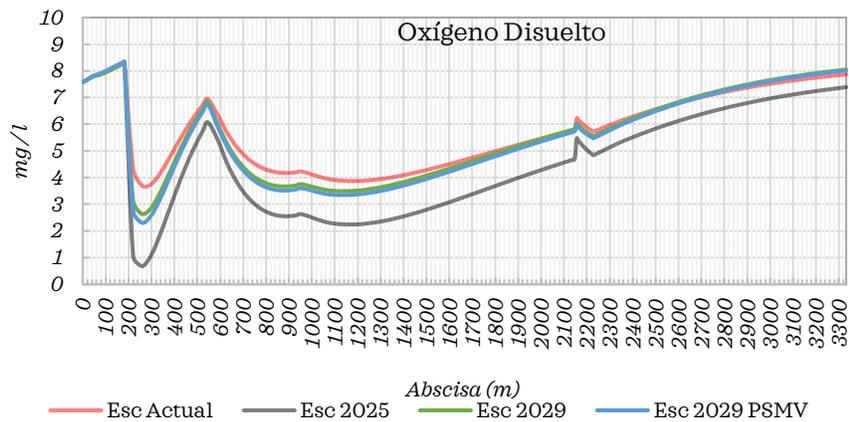


Figura 283. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río Boquerón.

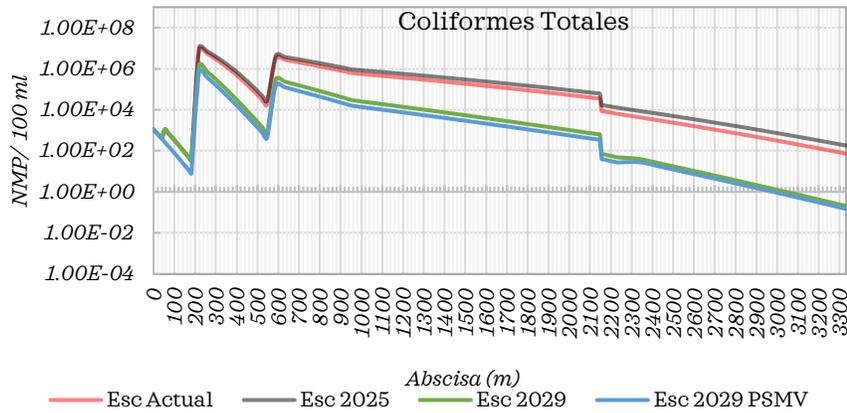


Figura 284. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río Boquerón.

#### 4.12.1 Modelación calidad Quebrada El Mudo

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada El Mudo se consideró la esquematización indicada en la Figura 275 y Figura 277 ya que dicha corriente hace parte del Río Boquerón. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Debido a que el escenario 2029-PSMV considera la eliminación de todos los vertimientos en la corriente, corresponde a la mejor opción de las simulaciones realizadas (Figura 285 - Figura 291) sin efectos apreciablemente desfavorables para las condiciones de calidad del río Boquerón.

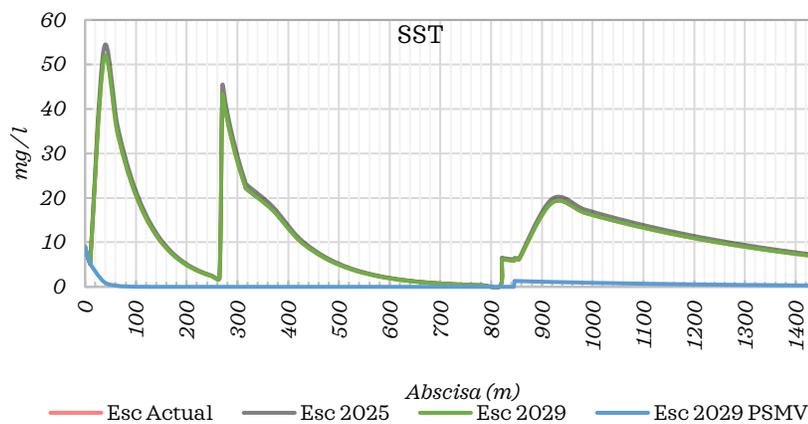


Figura 285. Escenarios de simulación SST quebrada El Mudo

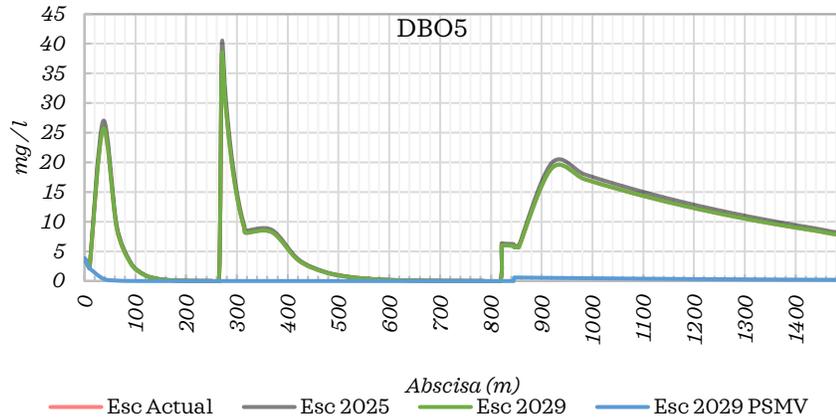


Figura 286. Escenarios de simulación DBOC quebrada El Mudo

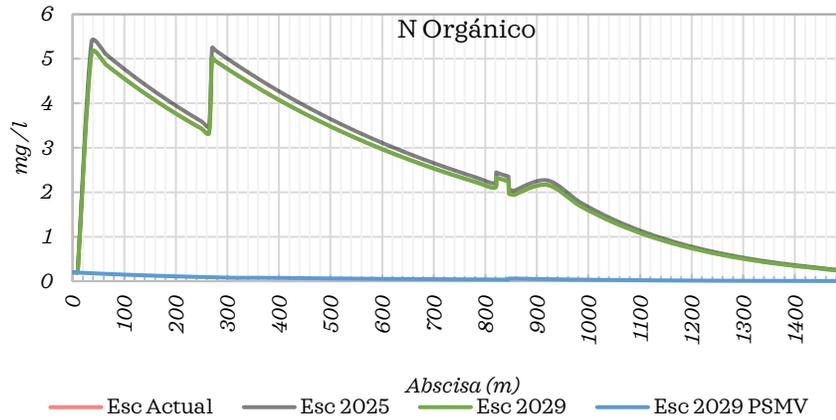


Figura 287. Escenarios de simulación N Orgánico quebrada El Mudo

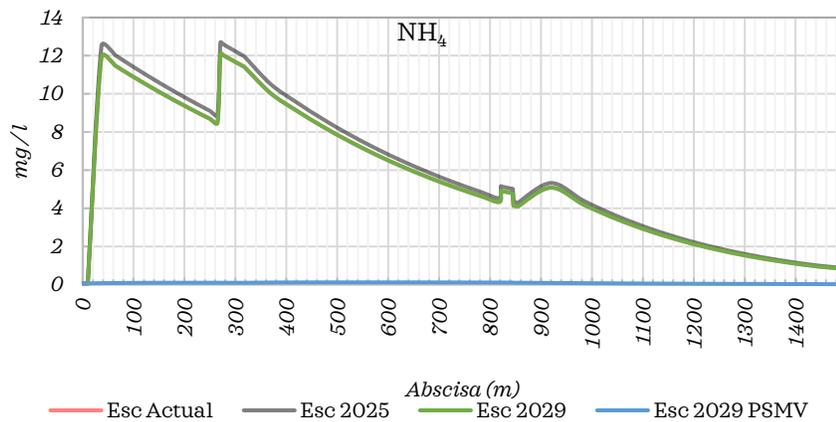


Figura 288. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada El Mudo



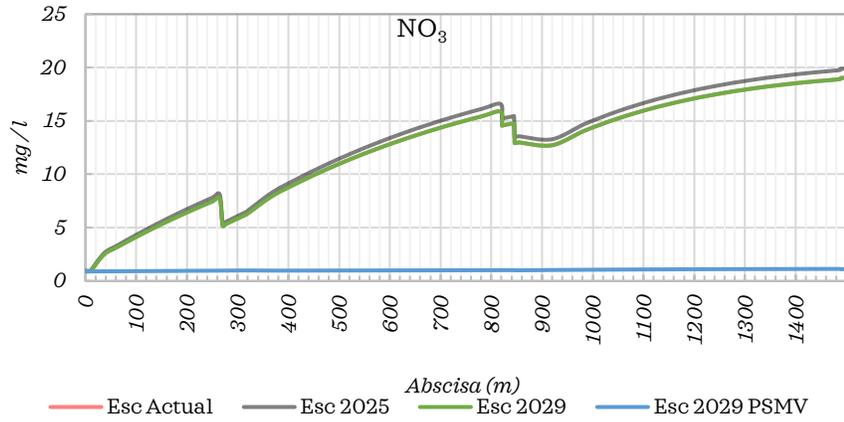


Figura 289. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada El Mudo

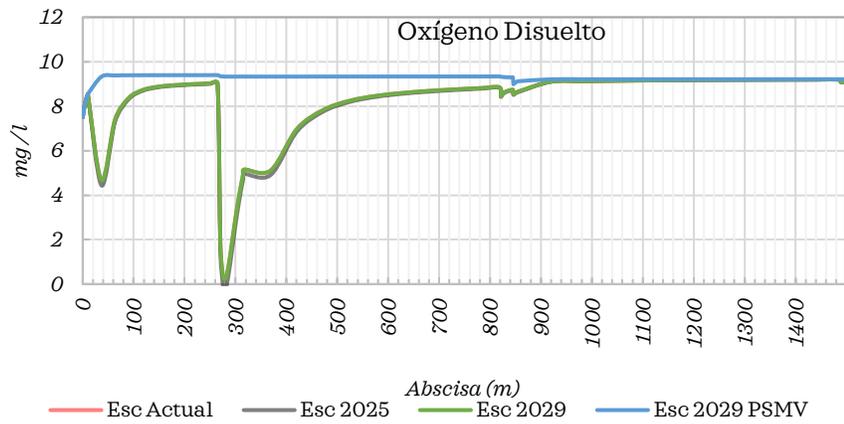


Figura 290. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada El Mudo

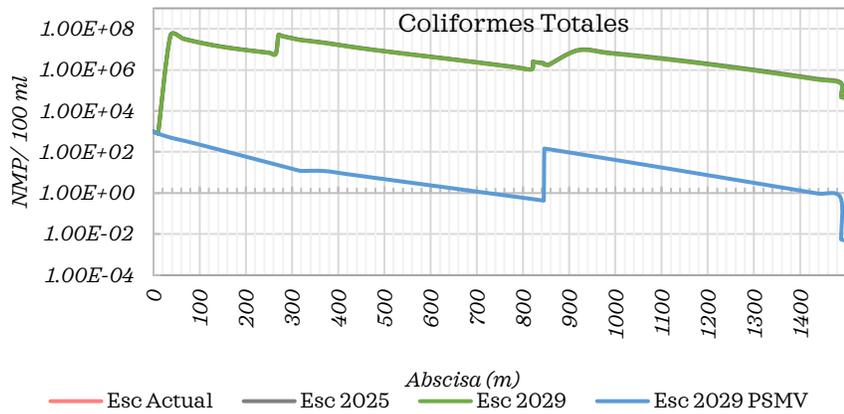


Figura 291. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada El Mudo

#### 4.12.2 Modelación calidad Quebrada La Calzada

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Calzada se consideró la esquematización indicada en la Figura 275 para el escenario actual y Figura 276 para la simulación del escenario 2025 y la Figura 277 para el escenario 2029-PSMV. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye la rehabilitación de la PTAR localizada en las coordenadas N 1004228.52 - W 1166990.04 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema indican que los escenarios 2029 y 2029-PSMV mejoran las condiciones de la calidad del agua en la corriente a pesar del efecto de concentración puntual de la carga contaminante tratada, sin embargo se nota una reducción significativa del oxígeno disuelto aguas abajo del sitio de descarga (Figura 292 - Figura 298).

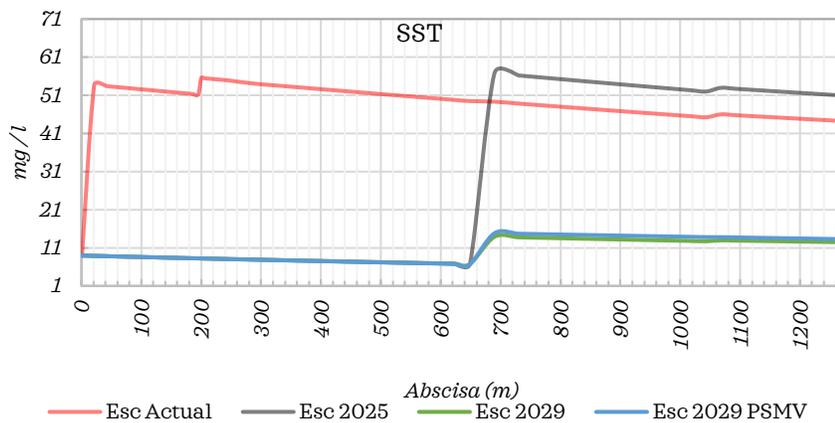


Figura 292. Escenarios de simulación SST quebrada La Calzada

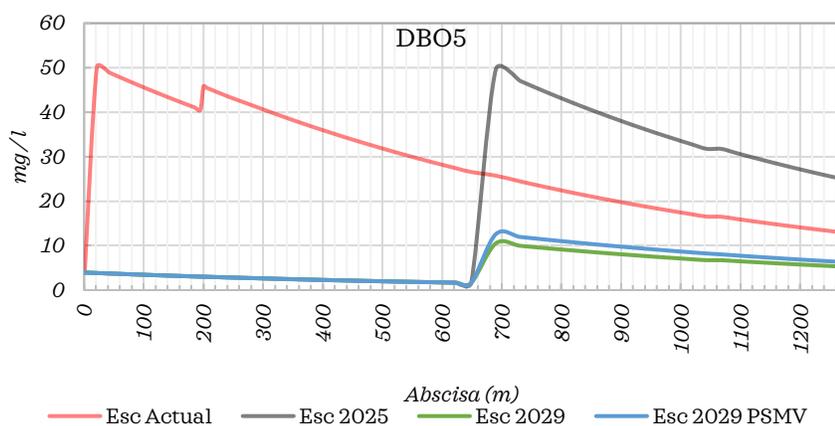


Figura 293. Escenarios de simulación DBO carbonácea quebrada La Calzada

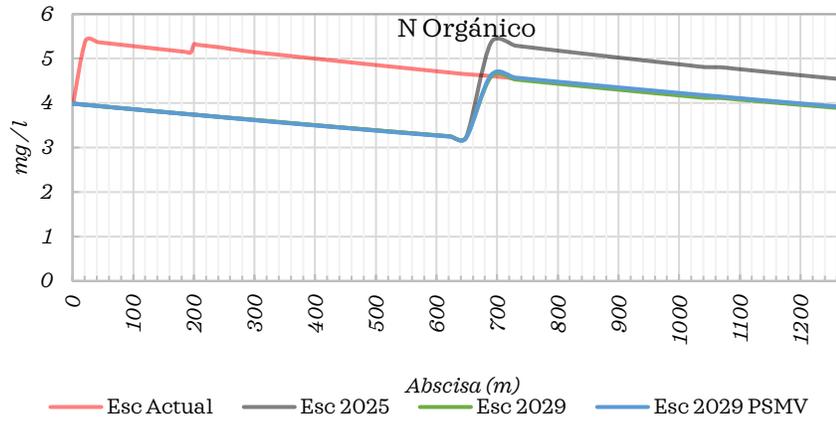


Figura 294. Escenarios de simulación N orgánico quebrada La Calzada

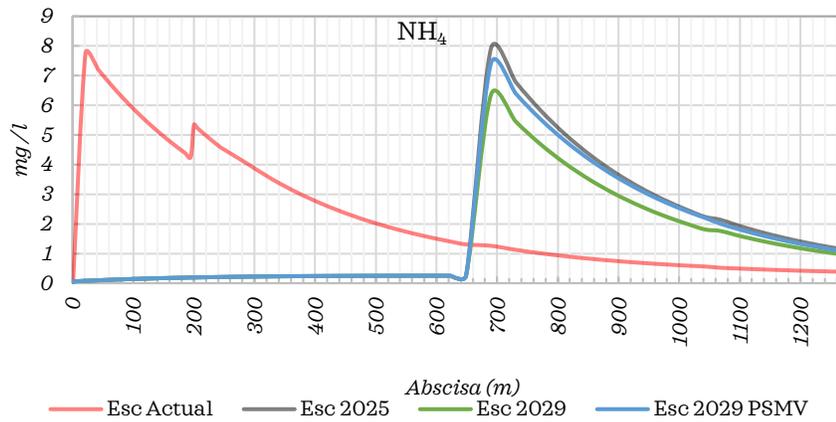


Figura 295. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada La Calzada

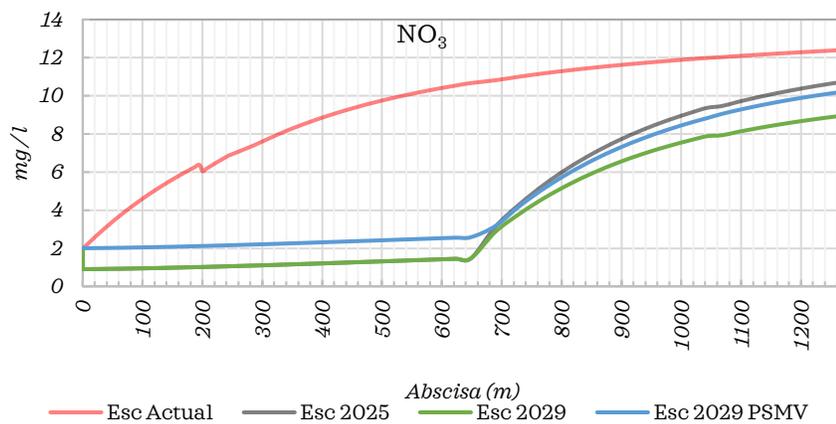


Figura 296. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada La Calzada

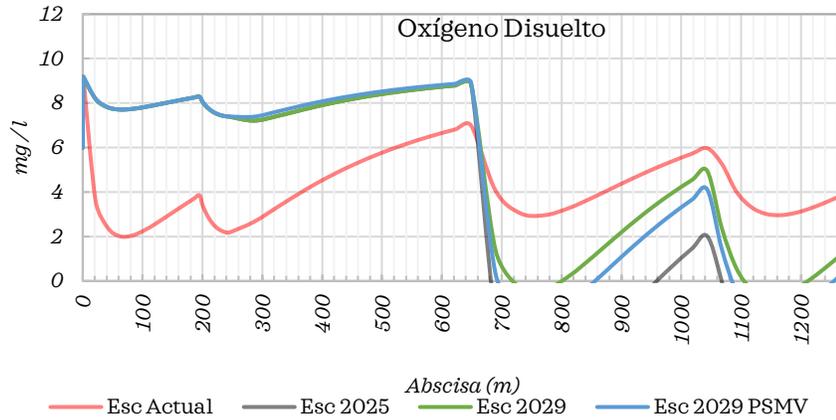


Figura 297. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada La Calzada

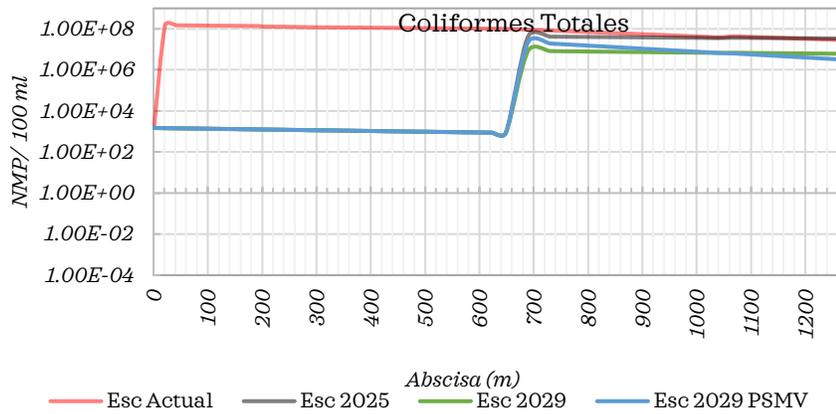


Figura 298. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada La Calzada

### 4.13 Modelación calidad Río Espejo

Para la modelación de la calidad del agua del río Espejo se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación de 2025, de manera que el escenario 2029 sigue la conceptualización de 2025 e incluye la construcción de dos PTAR en el municipio de Armenia entre las coordenadas N 992128.18 - W 1150694.76 y N 995384.01 - W 1155912, una en el municipio de Circasia entre las coordenadas N 1001866.34 - W 1158682.87 y otra en el municipio de Montenegro entre las coordenadas N 995254.62 - W 1146323.85 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El escenario 2029-PSMV solamente contempla acciones de saneamiento en las quebradas Yeguas (construcción de colector y PTAR), quebrada cajones-Montenegro (construcción de colector y PTAR, y quebrada santa Helena (construcción de colecto) y quebrada la Aldana (construcción de colector). En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y

los resultados corresponden a las Figura 302 - Figura 308, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029.

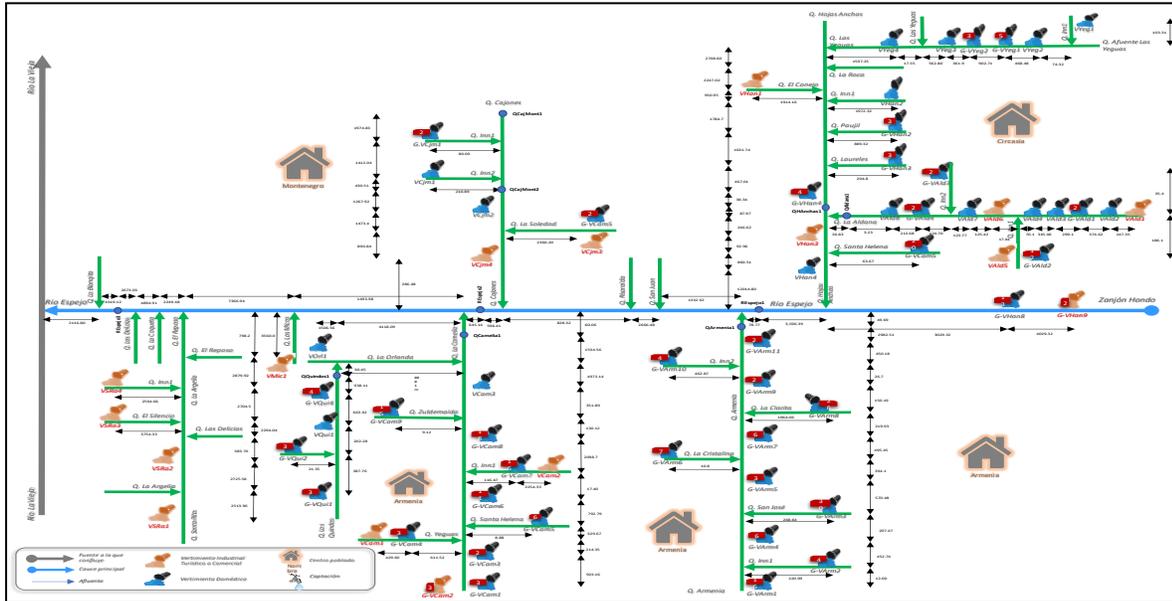


Figura 299. Esquematzación conceptual modelación Río Espejo escenario actual

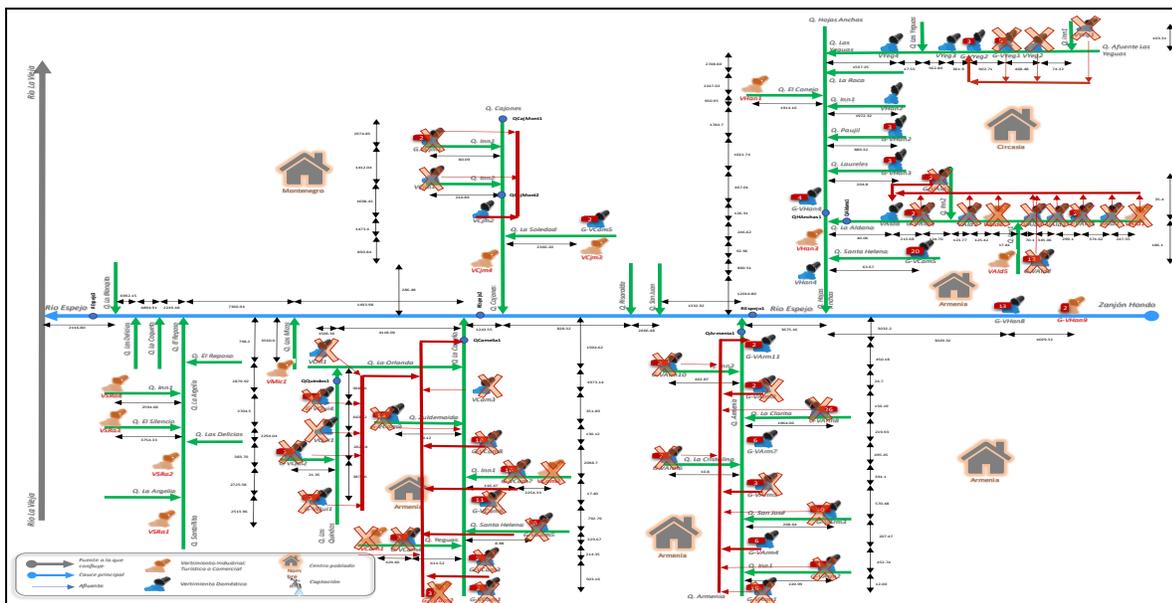


Figura 300. Esquematzación conceptual modelación Río Espejo escenario 2025



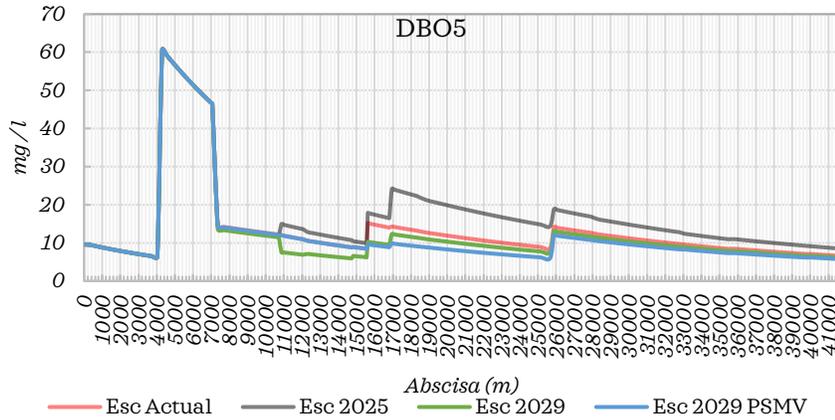


Figura 303. Escenarios de simulación DBOC Río Espejo.

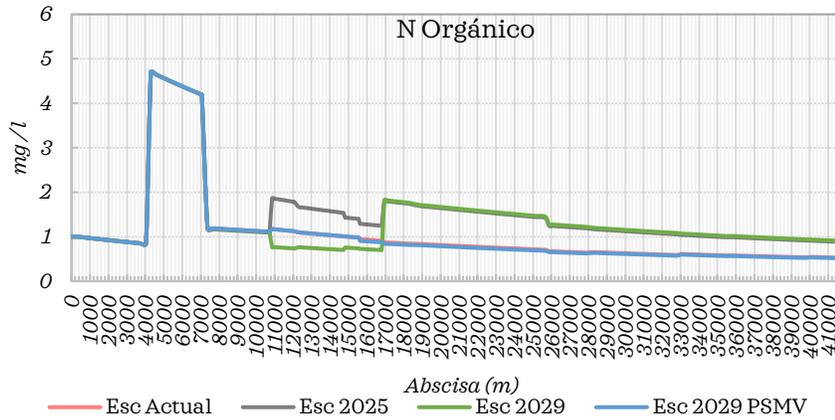


Figura 304. Escenarios de simulación N orgánico Río Espejo

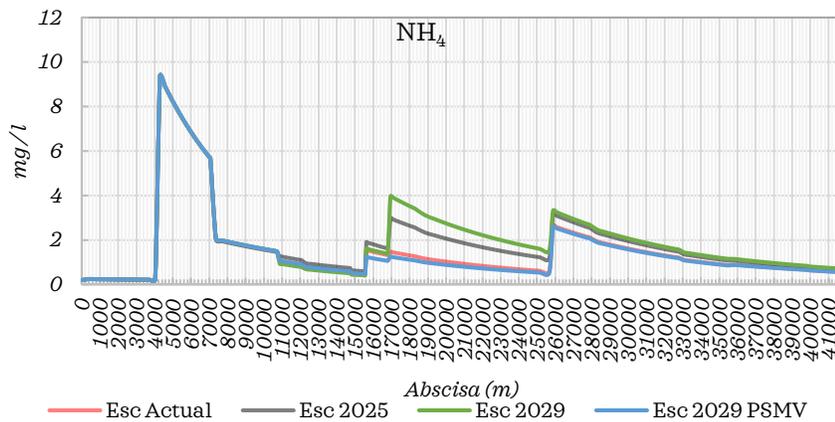


Figura 305. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Río Espejo.

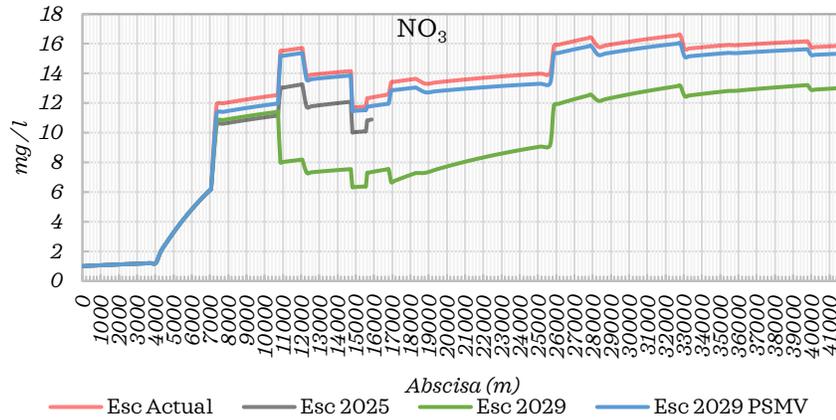


Figura 306. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Río Espejo.

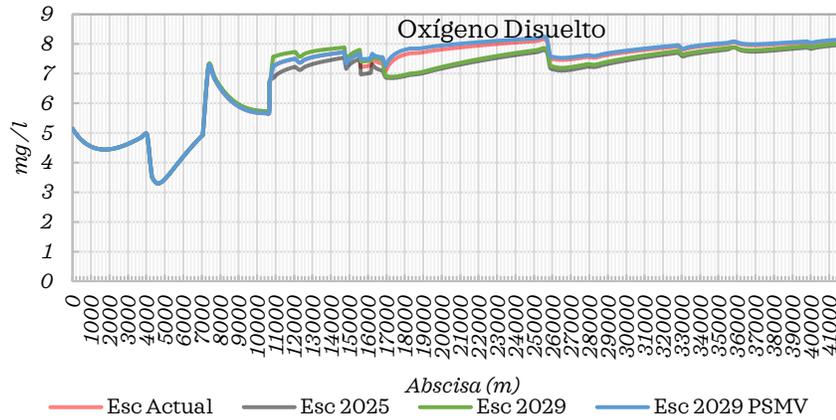


Figura 307. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río Espejo.

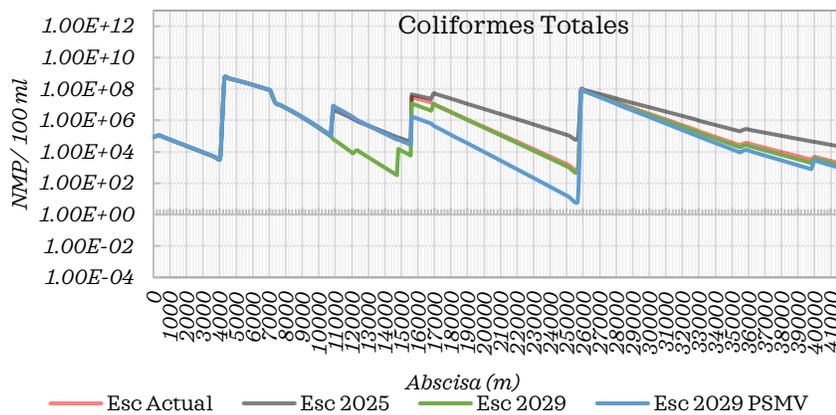


Figura 308. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río Espejo.



### 4.13.1 Modelación calidad Quebrada Armenia

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Armenia, que hace parte del río Espejo, se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR entre las coordenadas N 992128.18 - W 1150694.76 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115) y Figura 301 para el escenario 2029-PSMV. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 309 - Figura 315, notándose claramente que el escenario más favorable corresponde al 2029 sin generar afectaciones en la calidad del agua hacia aguas abajo en el río Espejo.

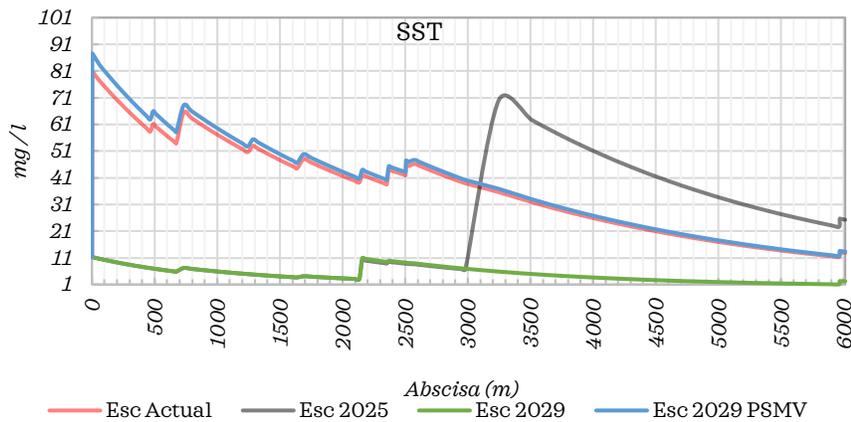


Figura 309. Escenarios de simulación SST Q. Armenia

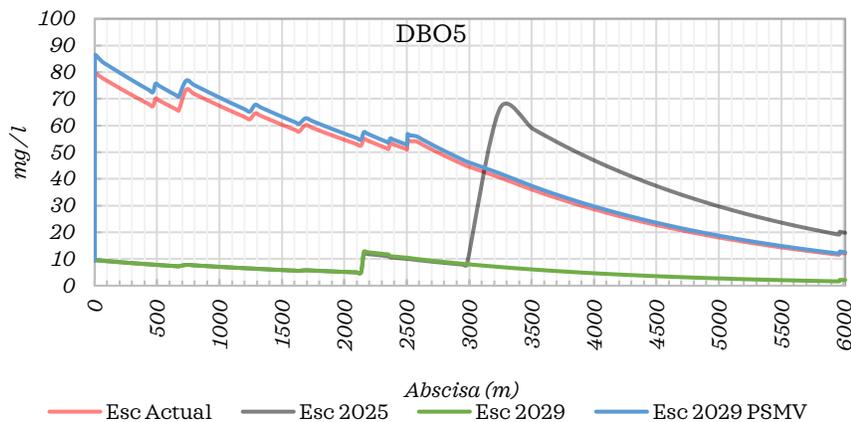


Figura 310. Escenarios de simulación DBOC Q. Armenia.

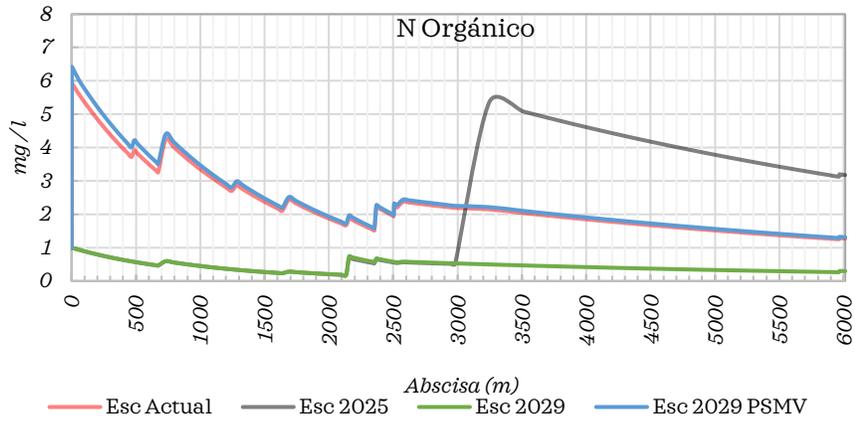


Figura 311. Escenarios de simulación N orgánico Q. Armenia

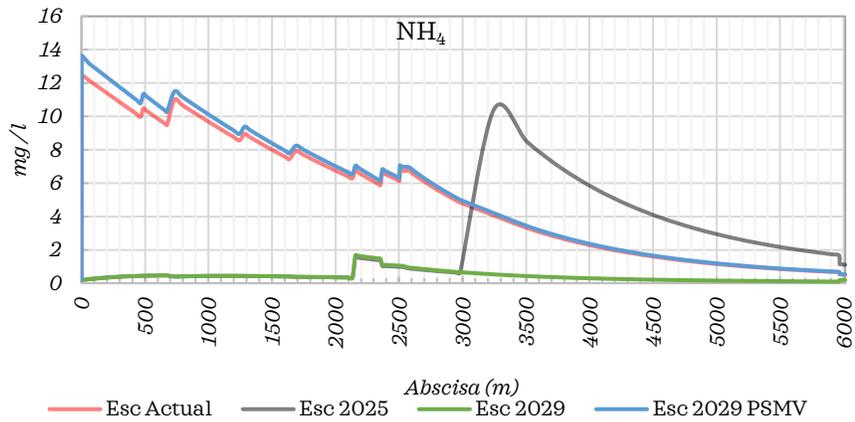


Figura 312. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. Armenia.

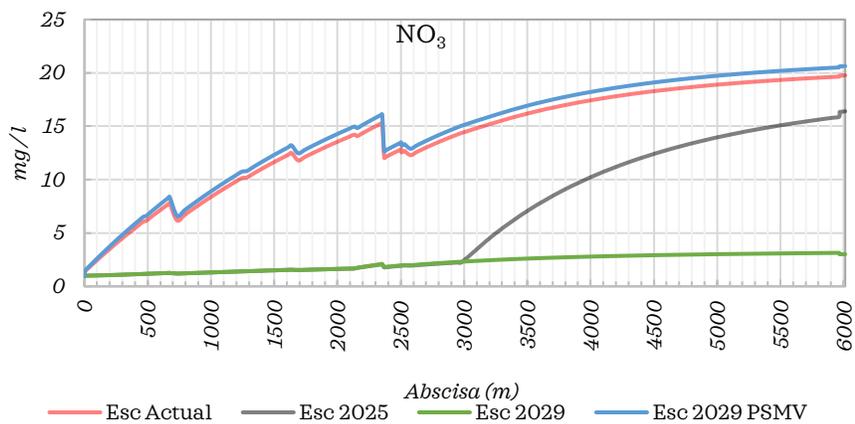


Figura 313. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. Armenia

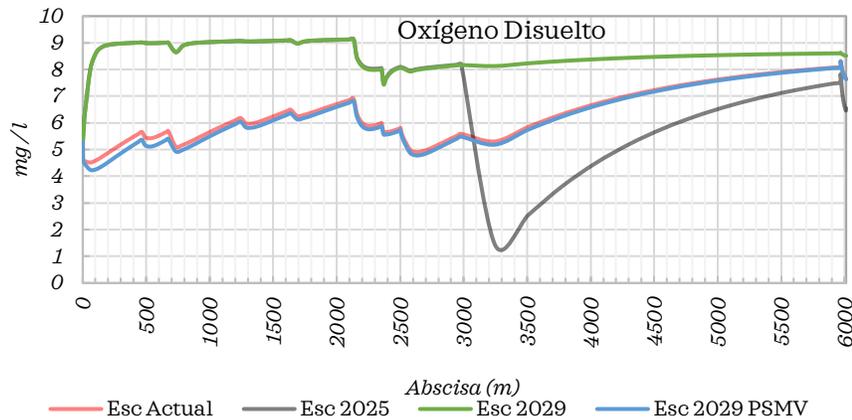


Figura 314. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. Armenia

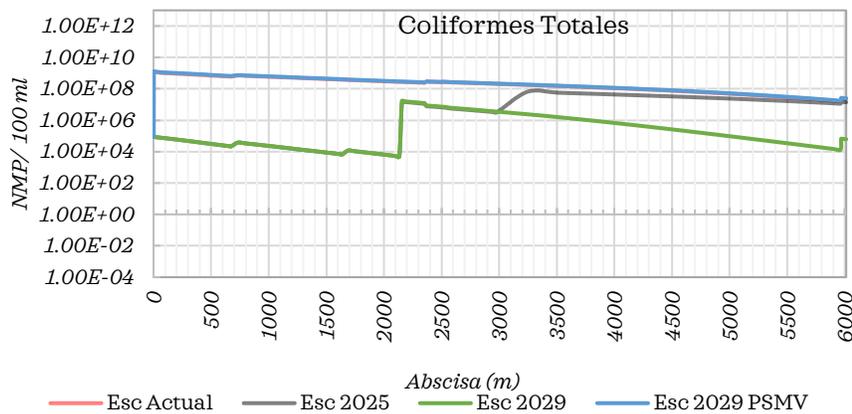


Figura 315. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. Armenia

#### 4.13.2 Modelación calidad Quebrada Cajones (Montenegro)

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Cajones – Montenegro se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación de 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR entre las coordenadas N 995254.62 - W 1146323.85 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115), y Figura 301 para el escenario 2029-PSMV. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 316 - Figura 322, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios, notándose la conveniencia del escenario 2029 en relación al oxígeno disuelto.

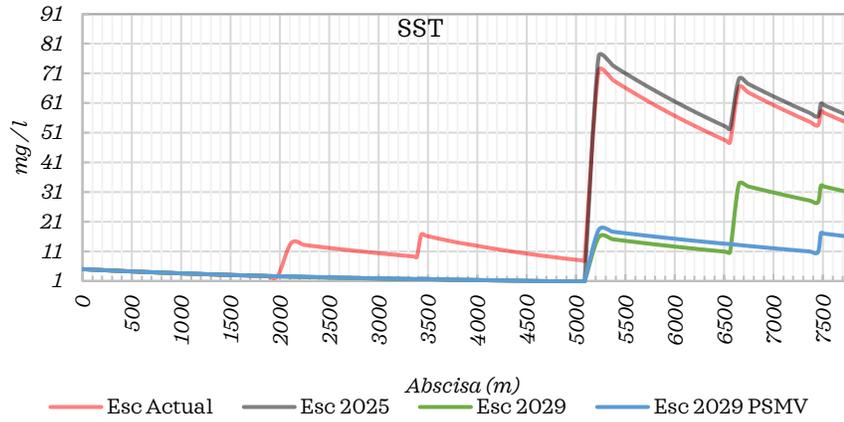


Figura 316. Escenarios de simulación SST Q. Cajones (Montenegro).

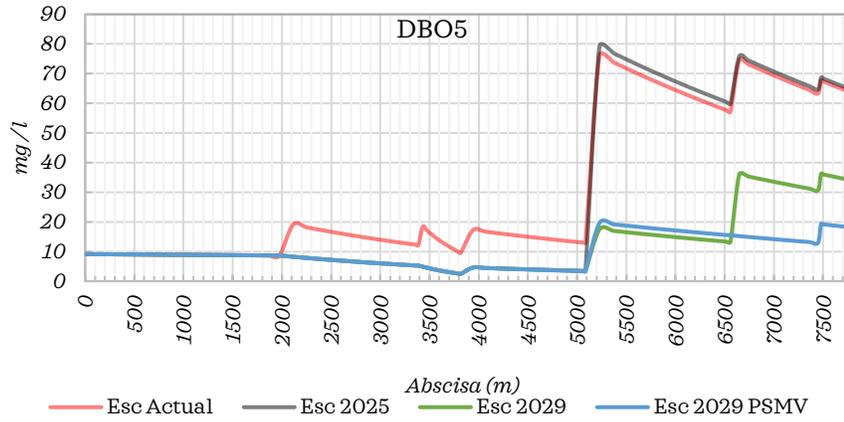


Figura 317. Escenarios de simulación DBOC Q. Cajones (Montenegro)

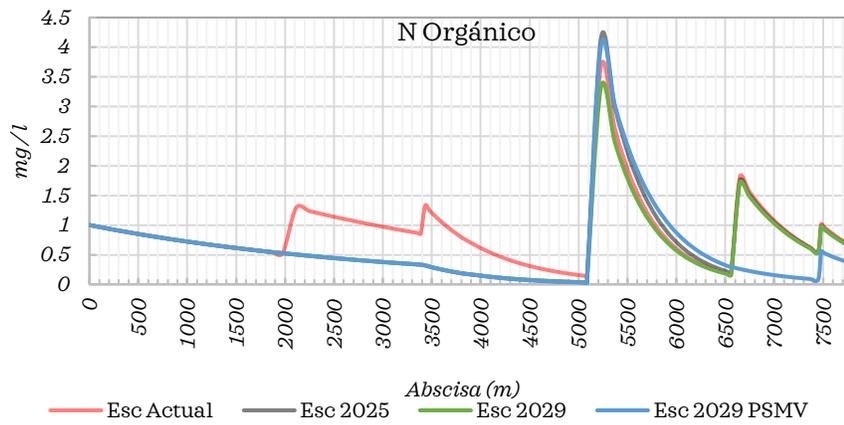


Figura 318. Escenarios de simulación N orgánico Q. Cajones (Montenegro).

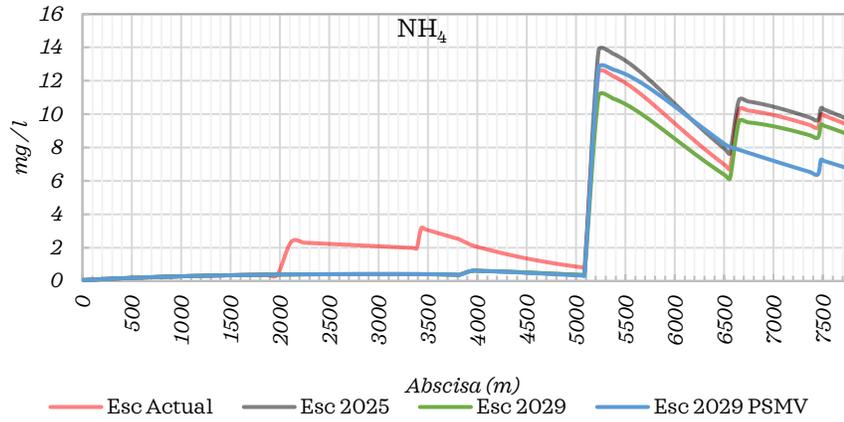


Figura 319. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. Cajones (Montenegro).

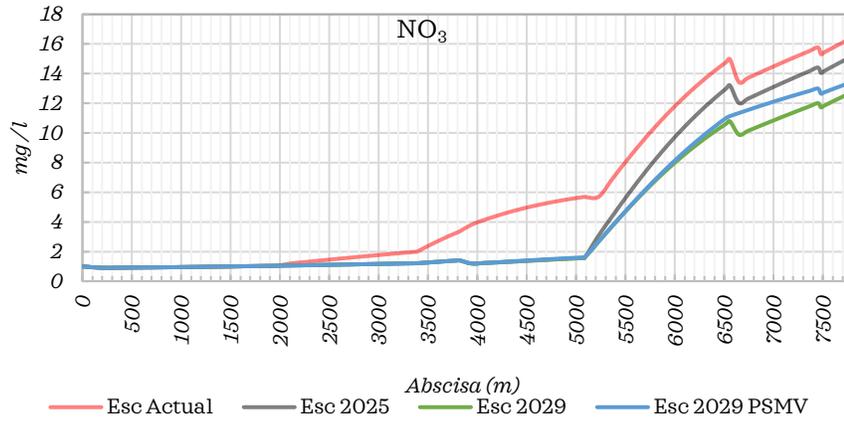


Figura 320. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. Cajones (Montenegro).

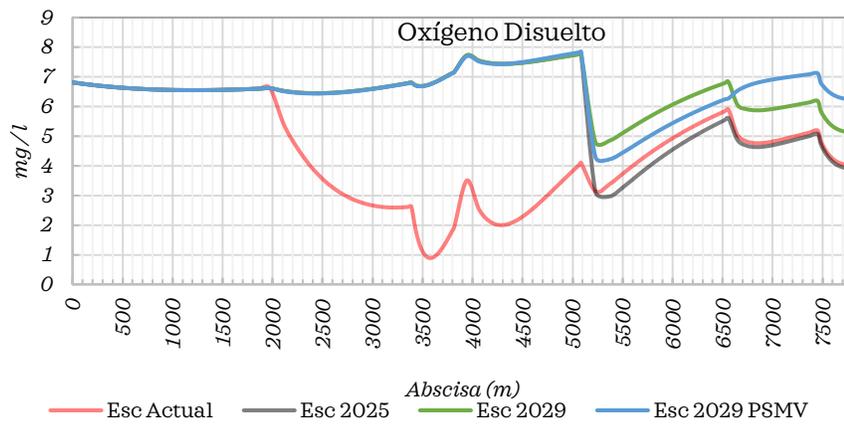


Figura 321. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. Cajones (Montenegro).

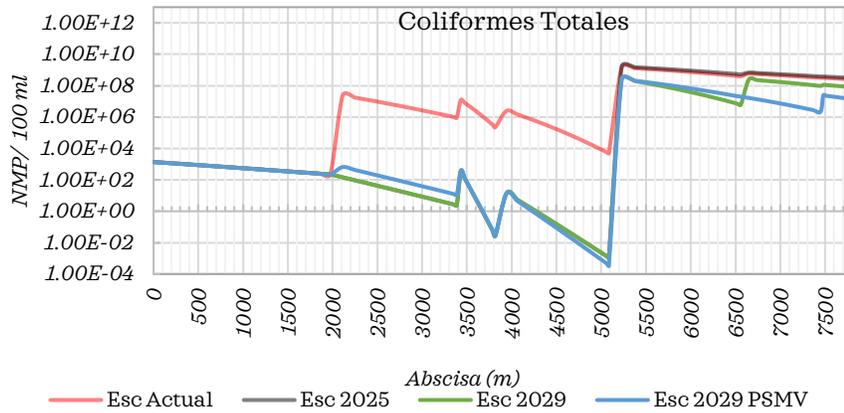


Figura 322. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. Cajones (Montenegro).

#### 4.13.3 Modelación calidad Quebrada El Reposo

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada El Reposo que la comprende la quebrada Santa Rita se consideró la esquematización indicada en la Figura 299, notándose únicamente el efecto de las caras proyectadas en los diferentes escenarios. Dicha corriente hace parte del río Espejo. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. En este caso se presentan los resultados de la modelación en las Figura 323 - Figura 329.

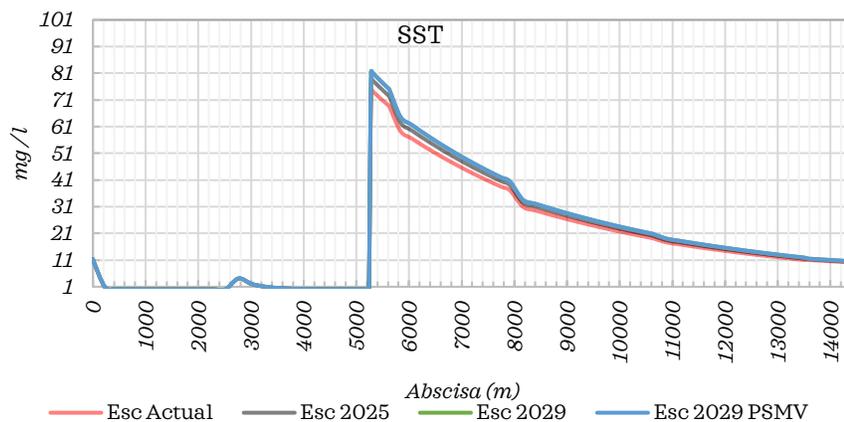


Figura 323. Escenarios de simulación SST quebrada El Reposo

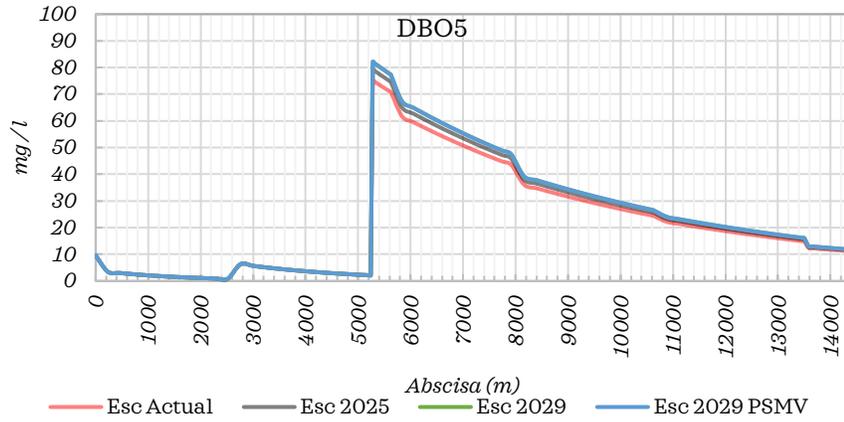


Figura 324. Escenarios de simulación DBOC quebrada El Reposo

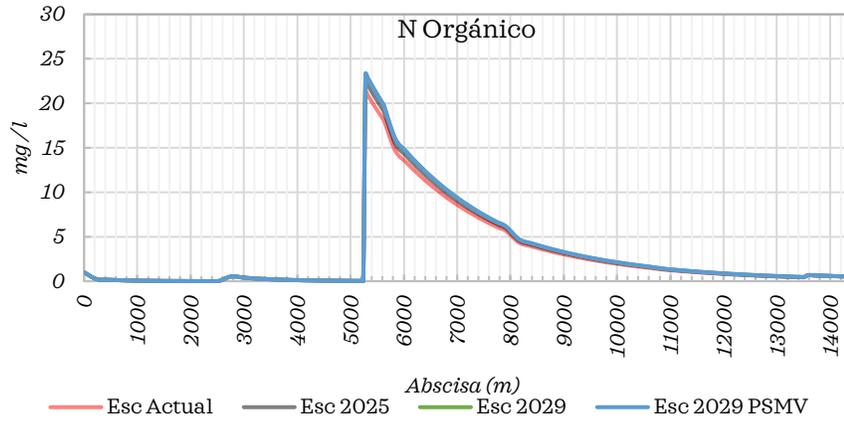


Figura 325. Escenarios de simulación N Orgánico quebrada El Reposo

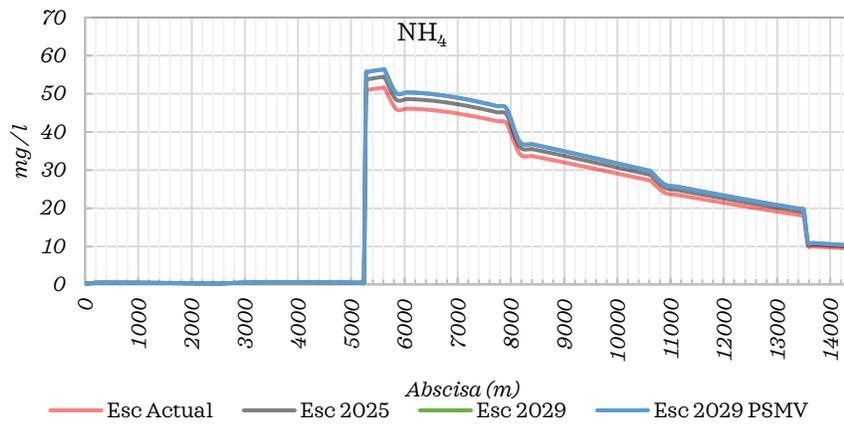


Figura 326. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada El Reposo

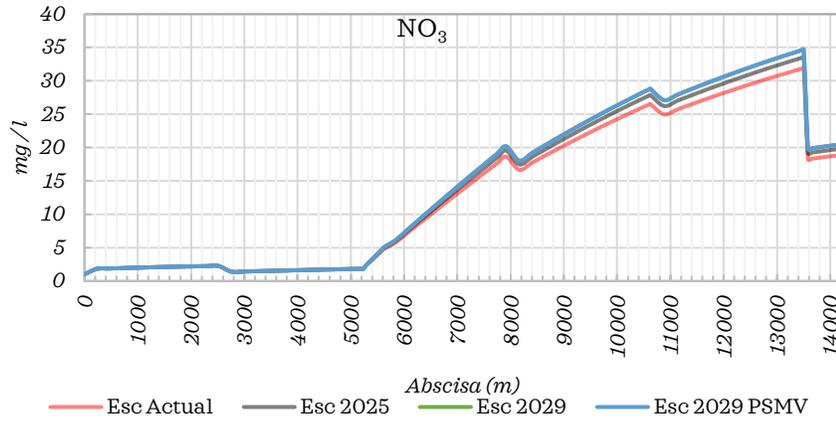


Figura 327. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada El Reposo

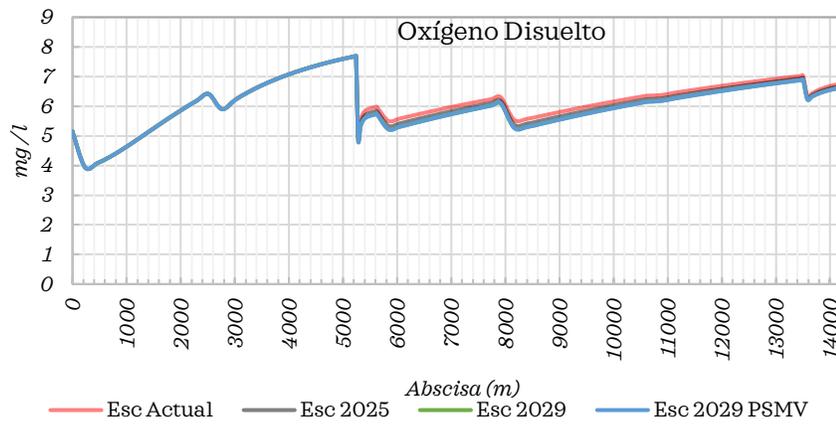


Figura 328. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada El Reposo

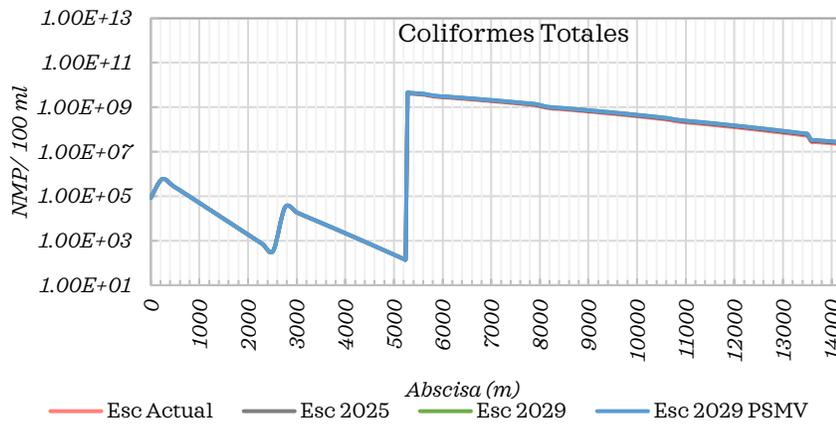


Figura 329. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada El Reposo



#### 4.13.4 Modelación calidad Quebrada Hojas Anchas

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Hojas Anchas se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR sobre la quebrada Yeguas entre las coordenadas N 1001866.34 - W 1158682.87 y otra sobre la quebrada La Aldana entre las coordenadas N 995384.01 - W 1155912.81 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 301. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 330 - Figura 336, notando resultados similares entre los escenarios s 2029 y 2029-PSMV.

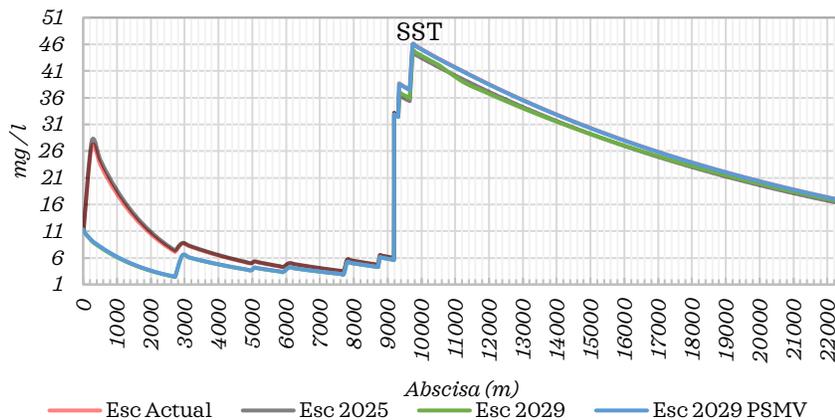


Figura 330. Escenarios de simulación SST Q. El Hojas Anchas.

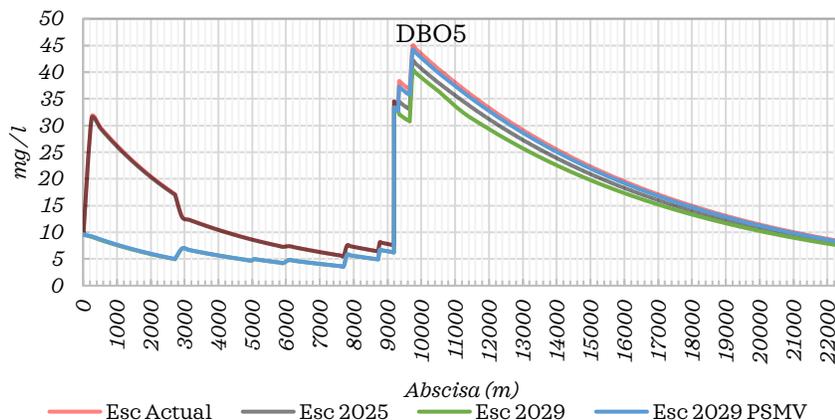


Figura 331. Escenarios de simulación DBOC Q. El Hojas Anchas.

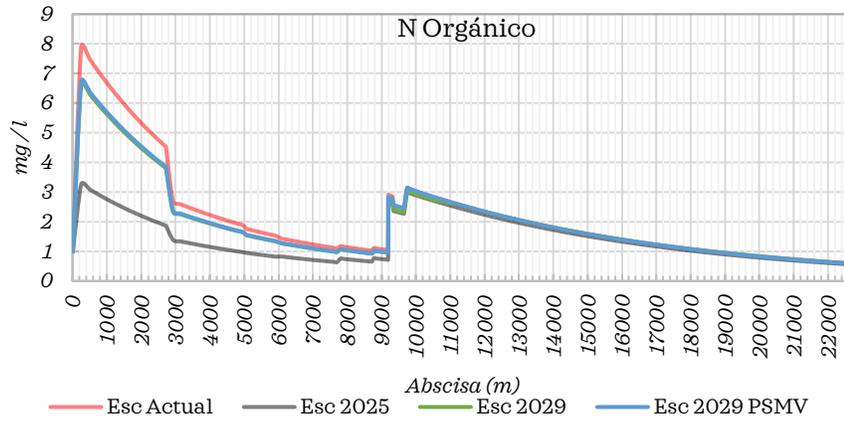


Figura 332. Escenarios de simulación N orgánico Q. El Hojas Anchas.

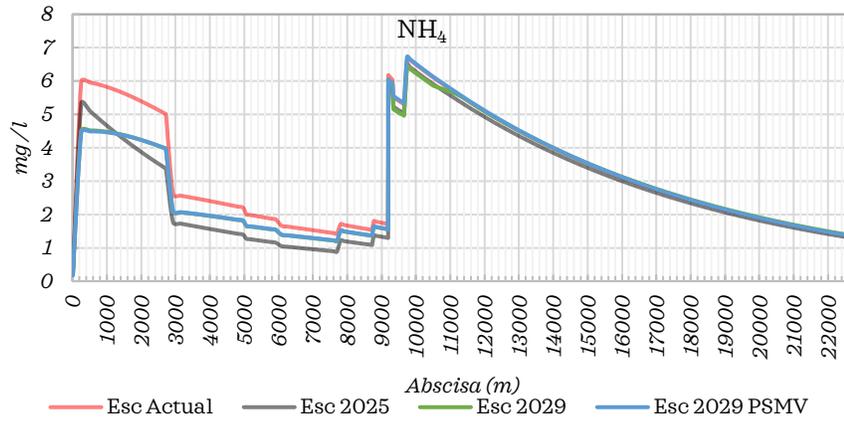


Figura 333. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. El Hojas Anchas.

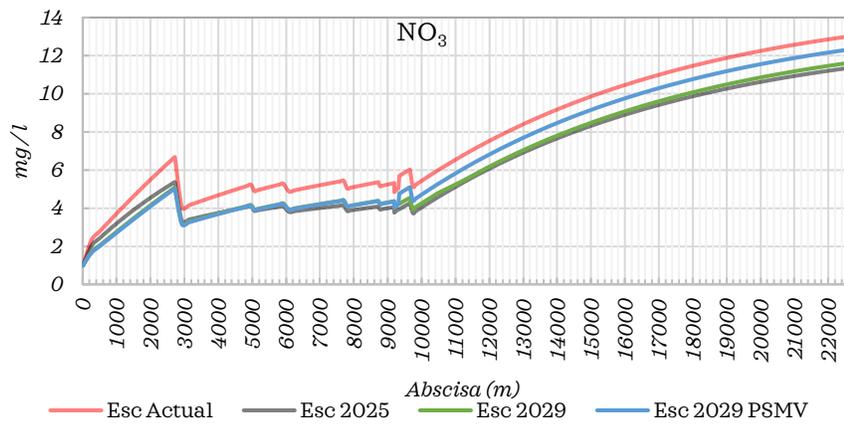


Figura 334. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. El Hojas Anchas.

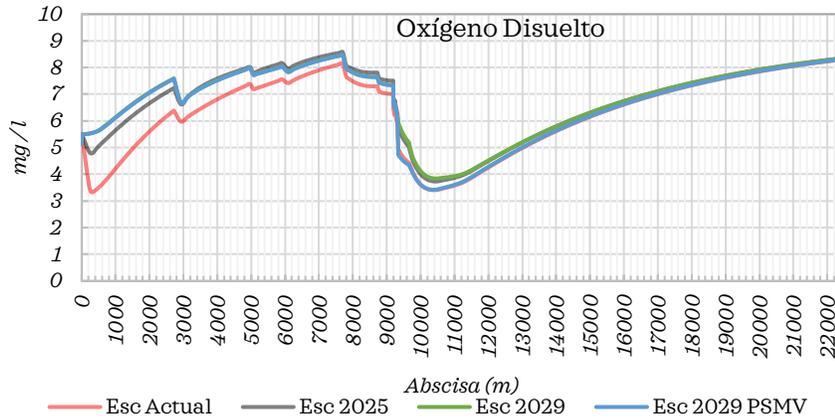


Figura 335. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. El Hojas Anchas.

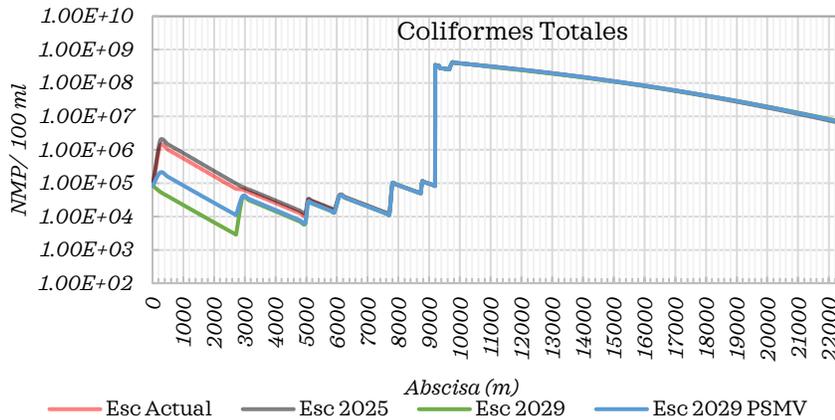


Figura 336. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. El Hojas Anchas.

#### 4.13.5 Modelación calidad Quebrada La Aldana

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Aldana se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación de 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR entre las coordenadas N 995384.01 - W 1155912.81 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 301. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 337 - Figura 343, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029, en los que se destaca la clara conveniencia del escenario 2029.

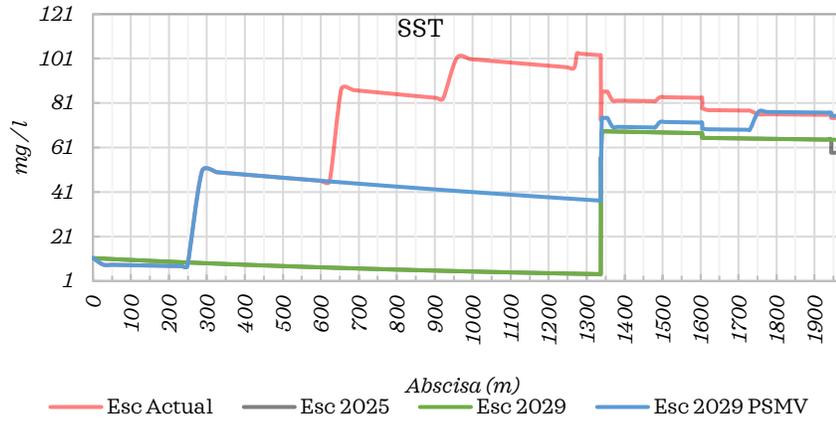


Figura 337. Escenarios de simulación SST Q. La Aldana.

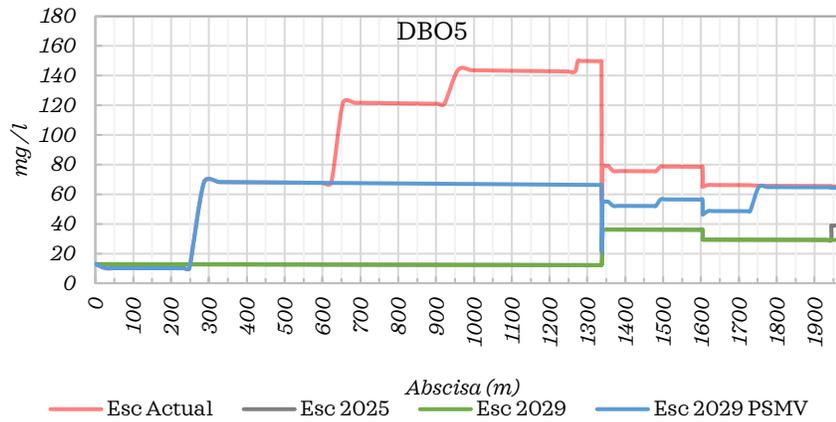


Figura 338. Escenarios de simulación DBOC Q. La Aldana.

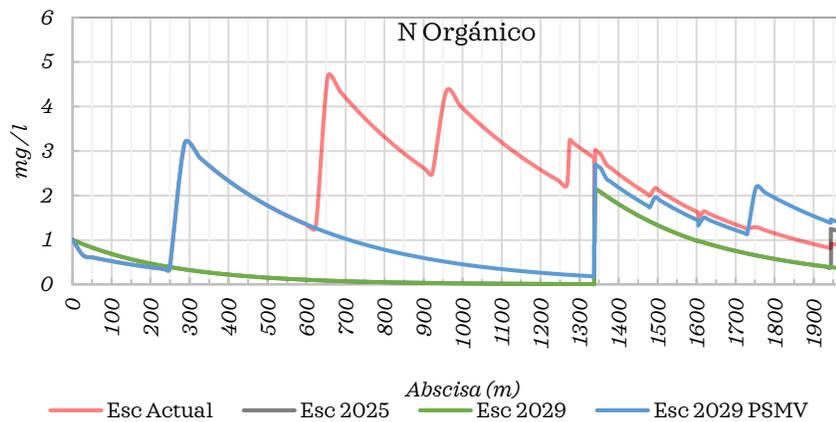


Figura 339. Escenarios de simulación N orgánico Q. La Aldana

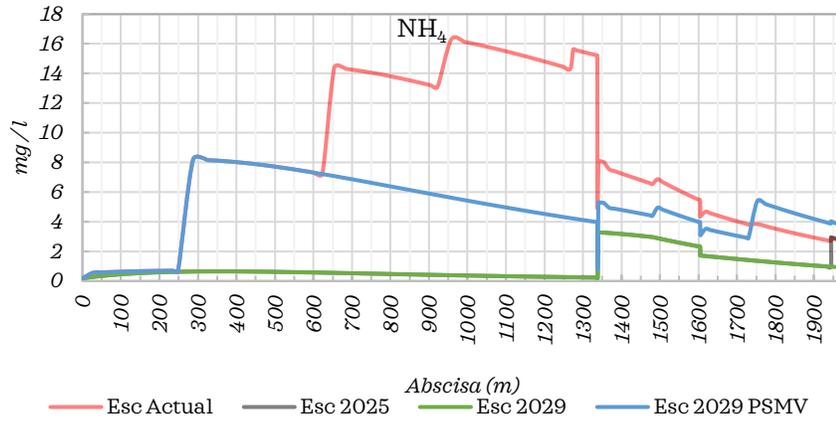


Figura 340. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. La Aldana.

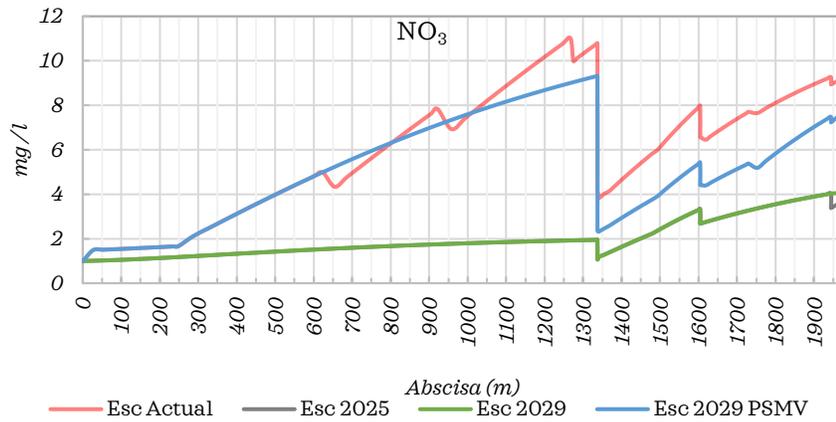


Figura 341. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. La Aldana.

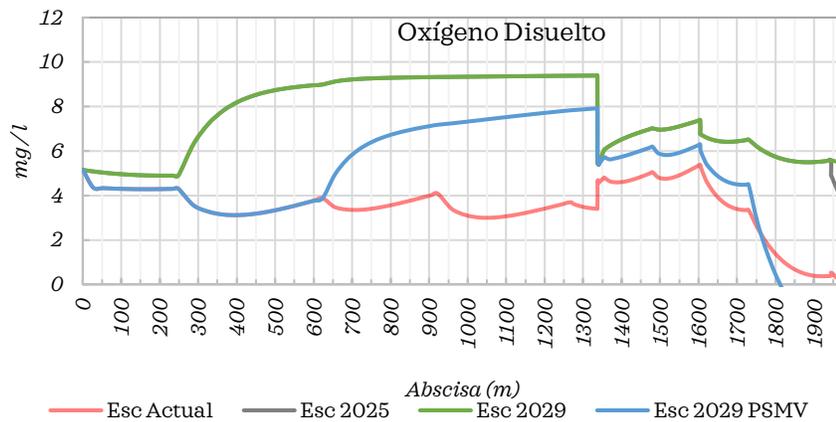


Figura 342. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. La Aldana

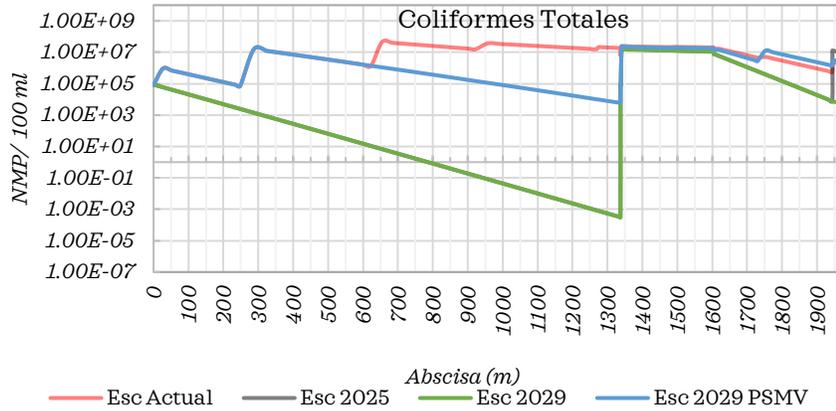


Figura 343. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. La Aldana.

#### 4.13.6 Modelación calidad Quebrada La Camelia

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Camelia se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR entre las coordenadas N 992128.18 - W 1150694.76 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 301. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema demuestran que el escenario 2029 es el más favorable debido a la implementación de las acciones de saneamiento referidas y no contempladas en el PSMV (Figura 344 - Figura 350).

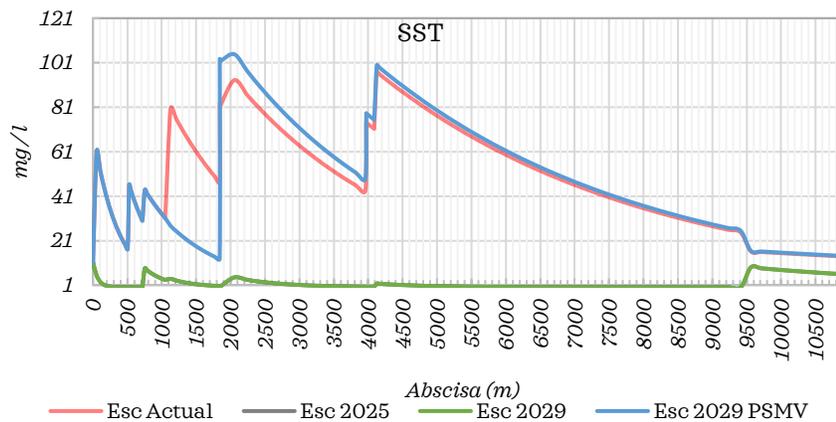


Figura 344. Escenarios de simulación SST Q. La Camelia.

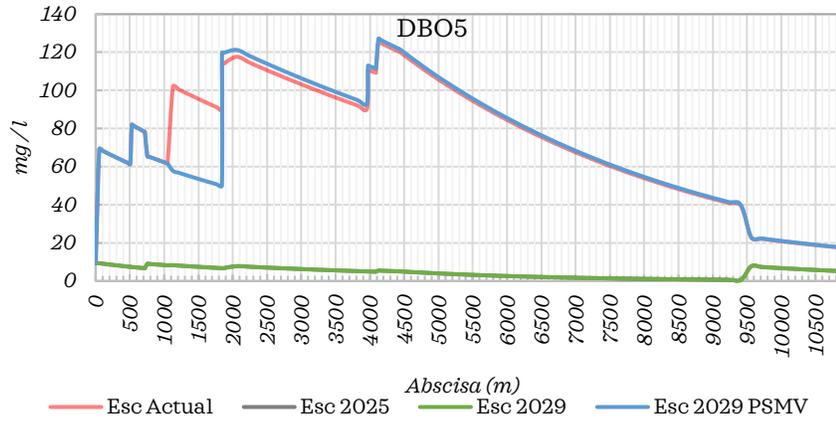


Figura 345. Escenarios de simulación DBOC Q. La Camelia.

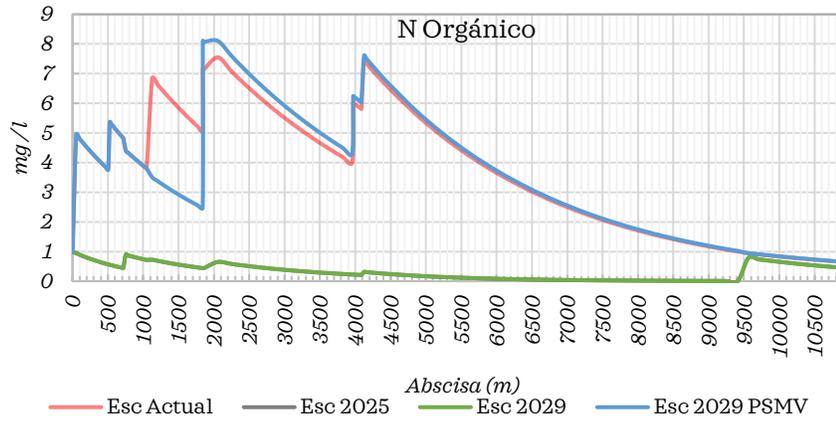


Figura 346. Escenarios de simulación N orgánico Q. La Camelia

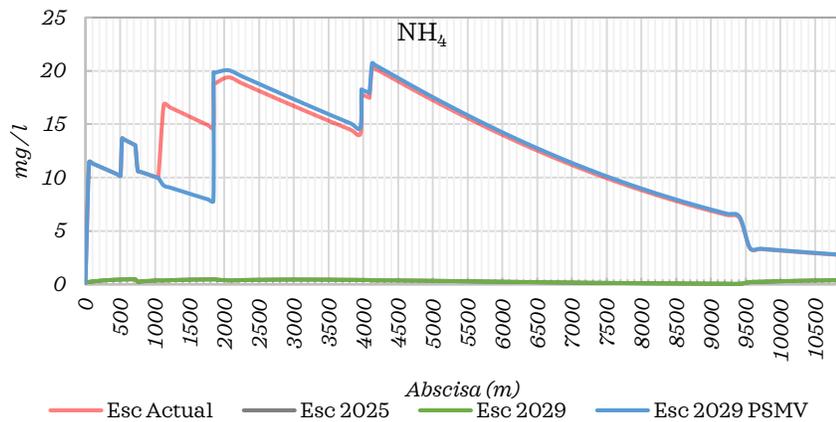


Figura 347. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. La Camelia.

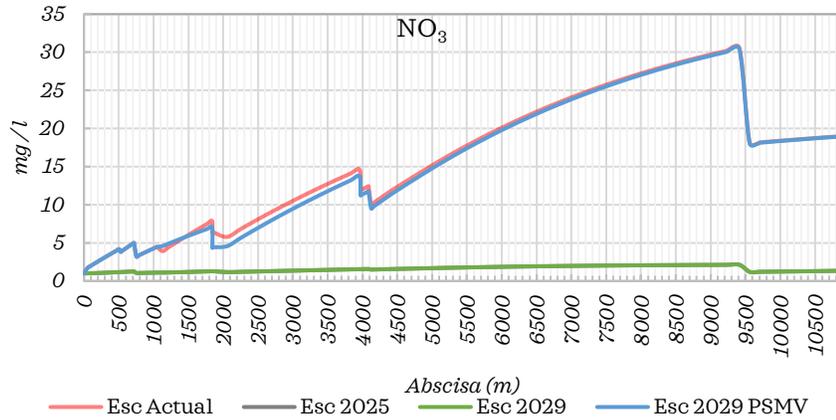


Figura 348. Escenarios de simulación  $\text{NO}_3$  Q. La Camelia.

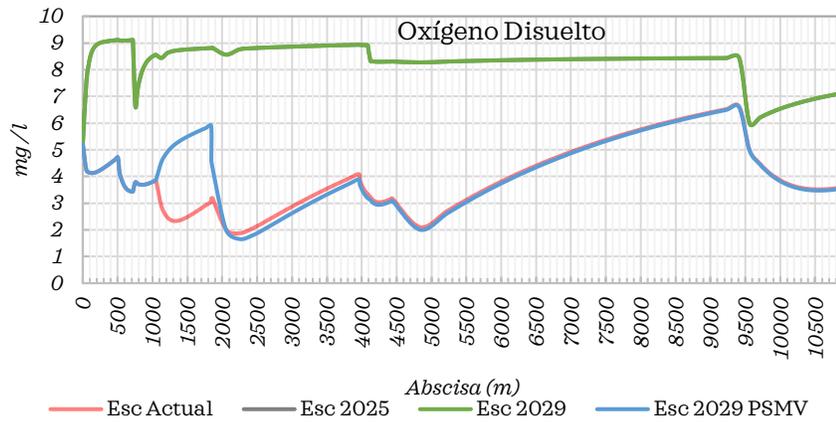


Figura 349. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. La Camelia.

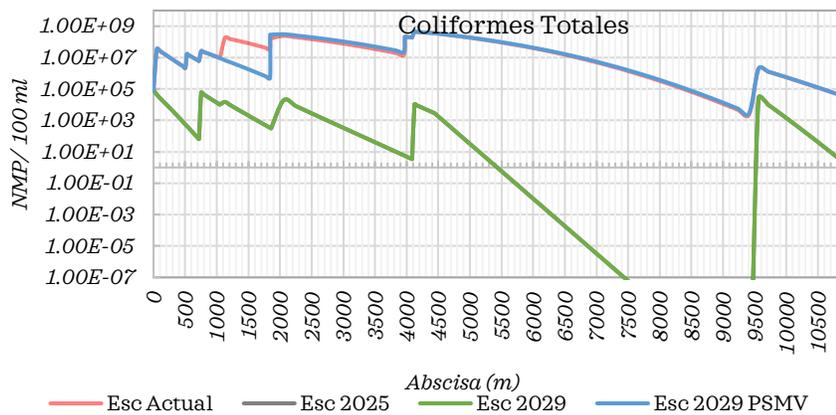


Figura 350. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. La Camelia.



#### 4.13.7 Modelación calidad Quebrada Los Quindos

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Los Quindos se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR entre las coordenadas N 992128.18 - W 1150694.76 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 301. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 351 - Figura 357, destacando que el escenario 2029 permite un mejoramiento significativo de las condiciones de calidad del agua de la fuente hídrica.

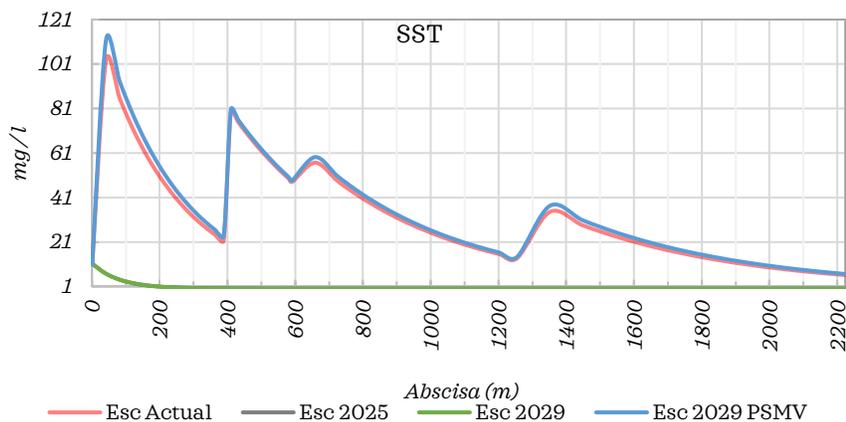


Figura 351. Escenarios de simulación SST Q. Los Quindos.

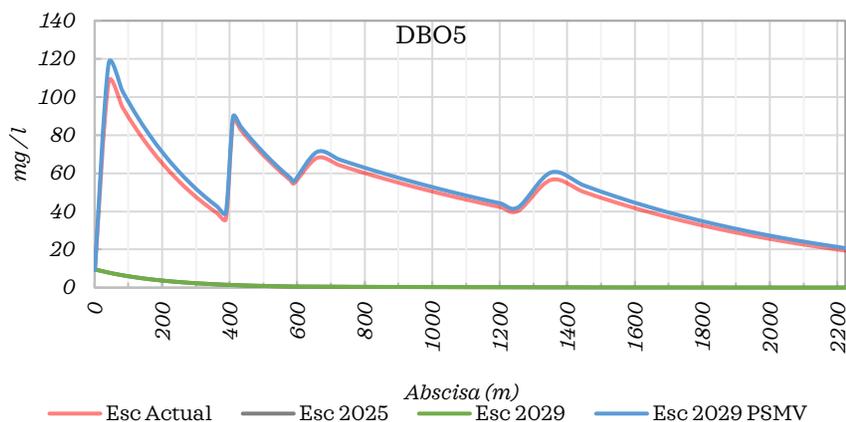


Figura 352. Escenarios de simulación DBOC Q. Los Quindos.

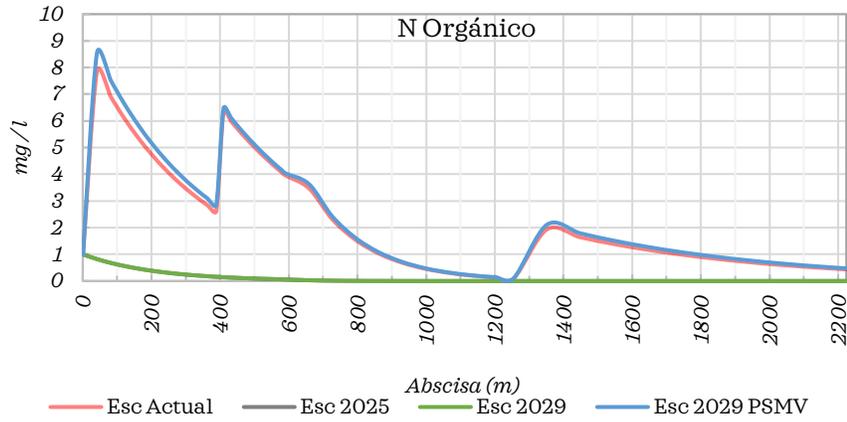


Figura 353. Escenarios de simulación N orgánico Q. Los Quindos.

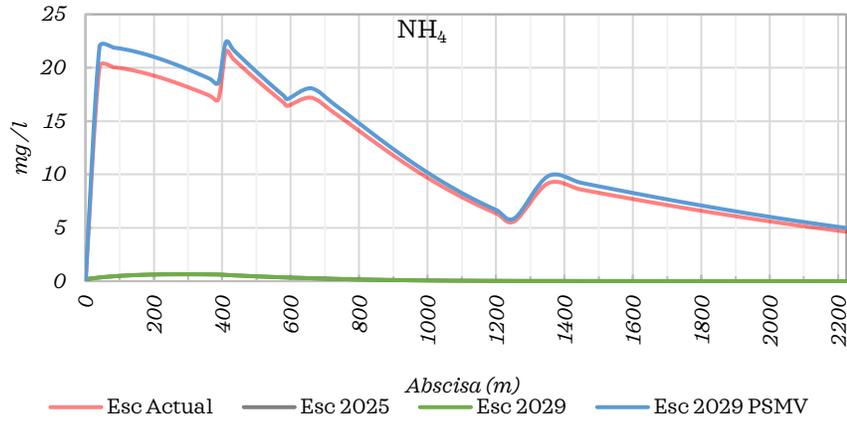


Figura 354. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. Los Quindos.

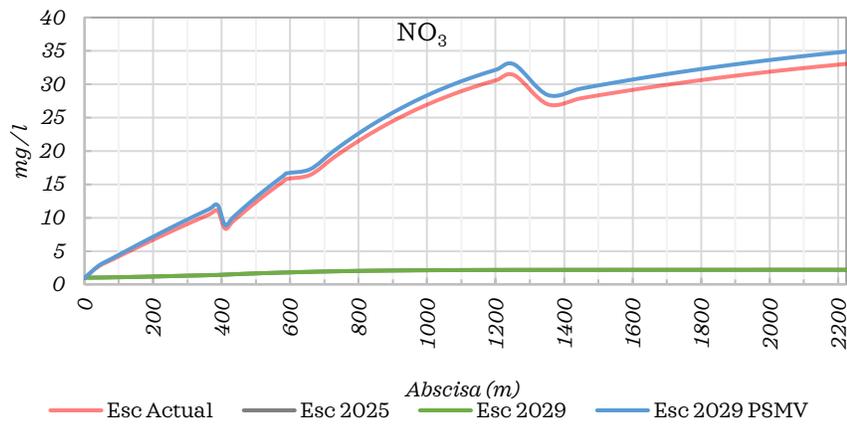


Figura 355. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. Los Quindos.

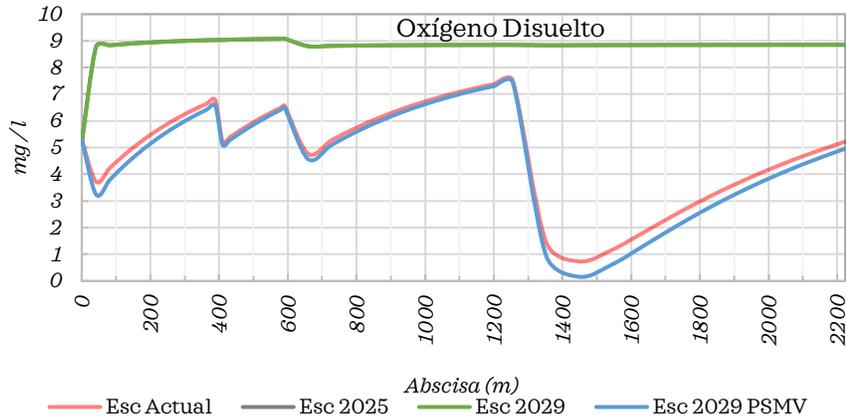


Figura 356. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. Los Quindos.

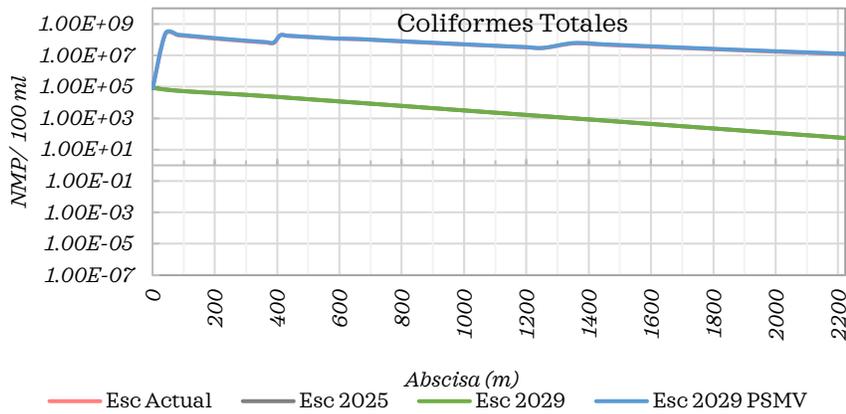


Figura 357. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. Los Quindos.

#### 4.13.8 Modelación calidad Quebrada Yeguas

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada Yeguas se consideró la esquematización indicada en la Figura 299 para el escenario actual y Figura 300 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye una PTAR entre las coordenadas N 1001866.34 - W 1158682.87 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 301. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. Los resultados de la modelación del sistema actual y la simulación de los escenarios 2025 y 2029 se presentan en las Figura 358 - Figura 364, identificando resultados similares en la respuesta de la corriente frente a las acciones de saneamiento planteadas en los escenarios 2029 y 2029-PSMV.

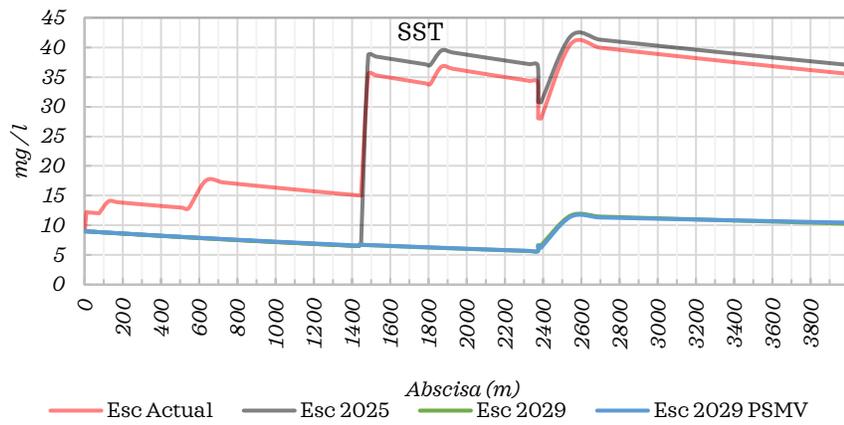


Figura 358. Escenarios de simulación SST Q. Yeguas.

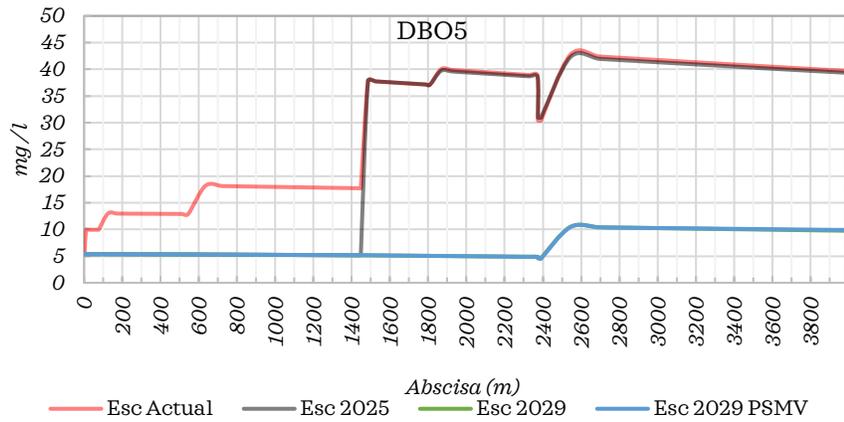


Figura 359. Escenarios de simulación DBOC Q. Yeguas.

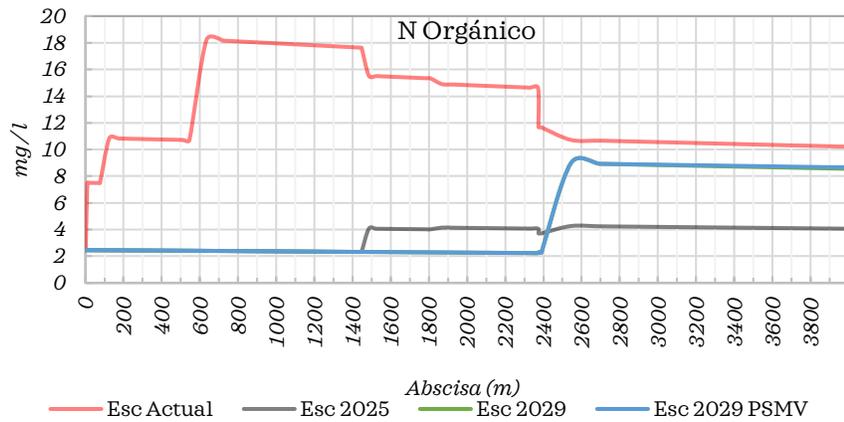


Figura 360. Escenarios de simulación N orgánico Q. Yeguas.

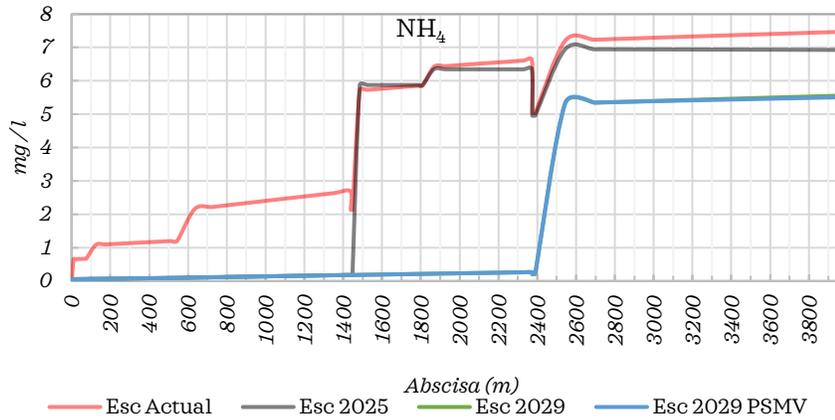


Figura 361. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. Yeguas.

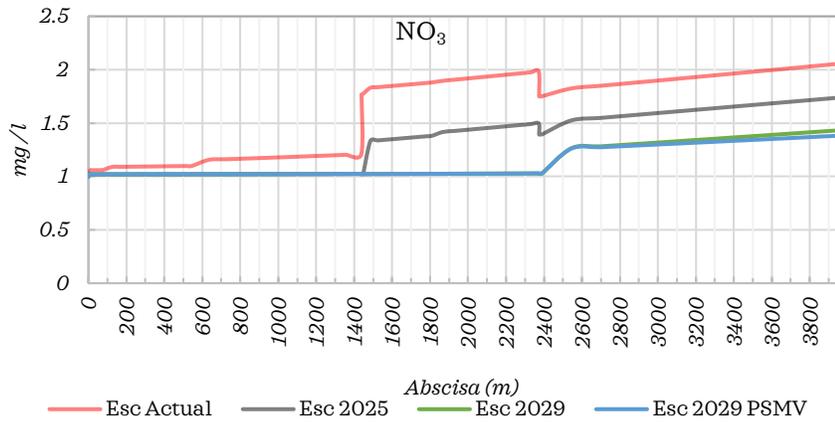


Figura 362. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. Yeguas.

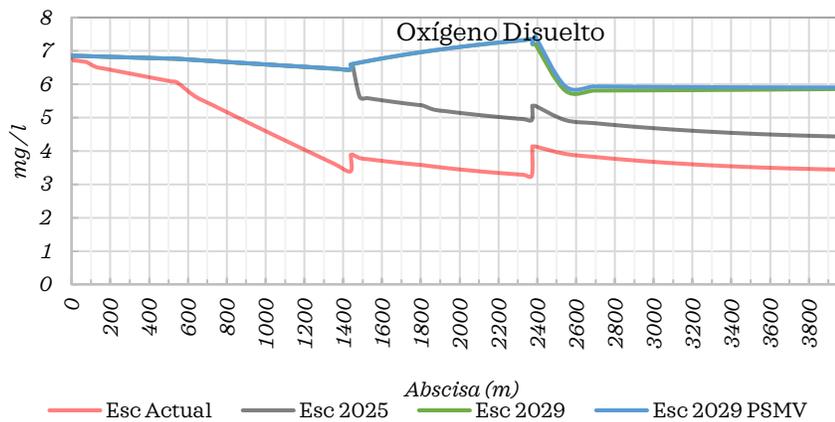


Figura 363. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. Yeguas.

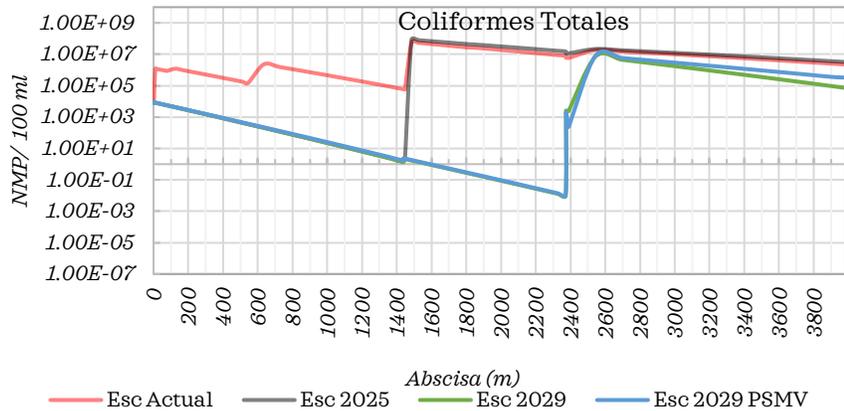


Figura 364. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. Yeguas.

#### 4.14 Modelación calidad Río Lejos

Para la modelación de la calidad del agua del río Lejos se consideró la esquematización indicada en la Figura 365 para el escenario actual y Figura 366 para la simulación de 2025, de manera que el escenario 2029 sigue la conceptualización de 2025 e incluye la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales aguas arriba de la desembocadura de la quebrada El Inglés en el río Lejos, entre las coordenadas N 970434.17 - W 1151935.12 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 367. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 368 - Figura 374, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029.

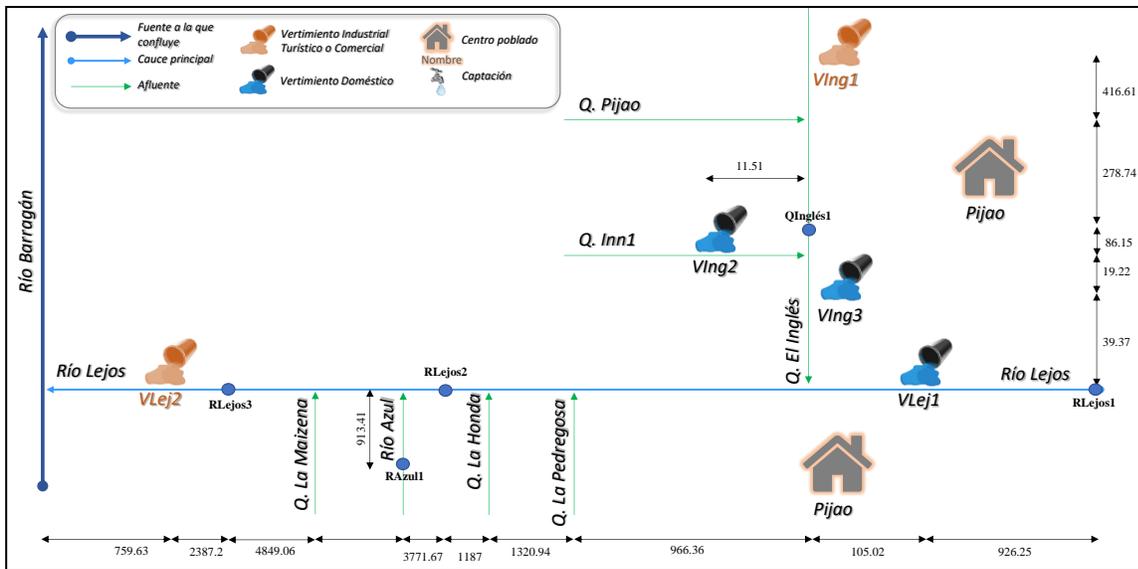


Figura 365. Esquematización conceptual modelación Río Lejos escenario actual

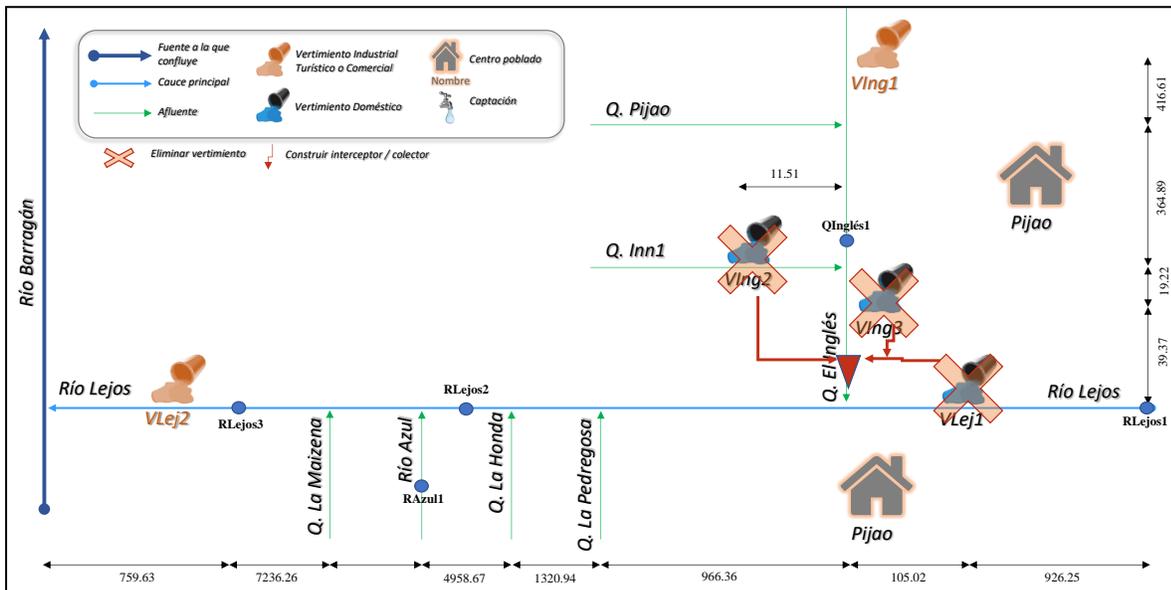


Figura 366. Esquematización conceptual modelación Río Lejos escenario 2025

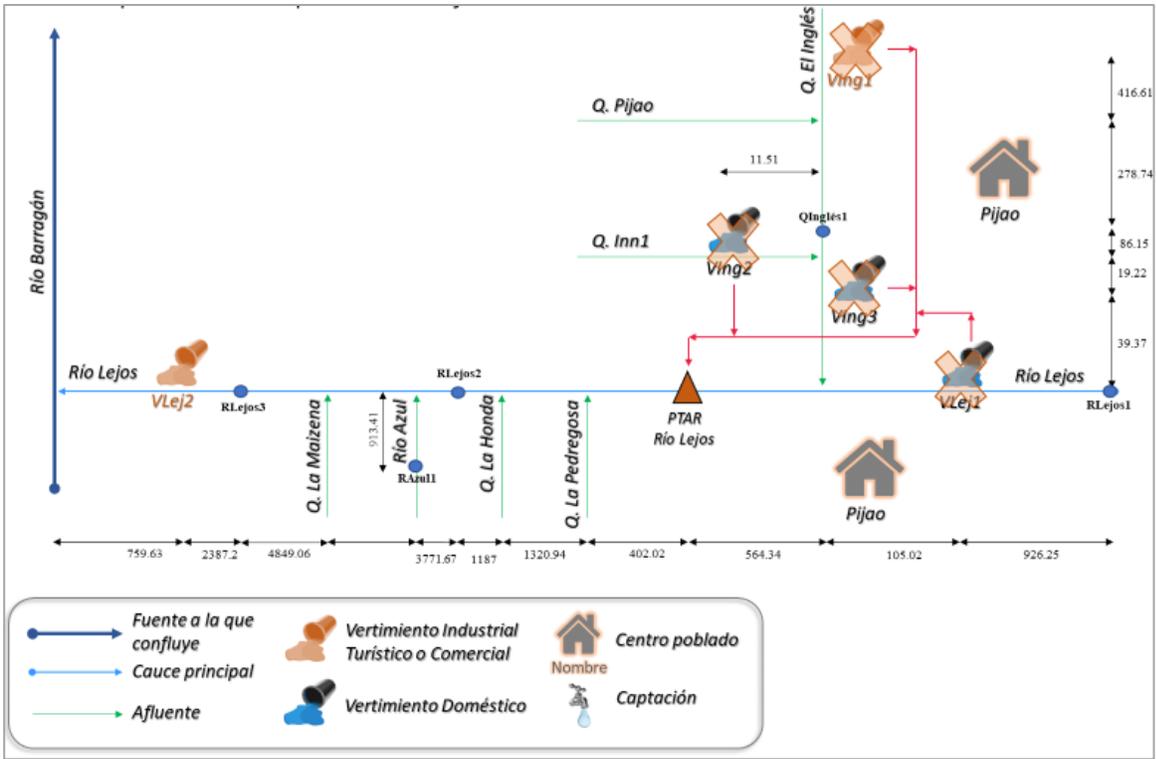


Figura 367. Esquematización conceptual modelación río Lejos escenario PSMV 2029

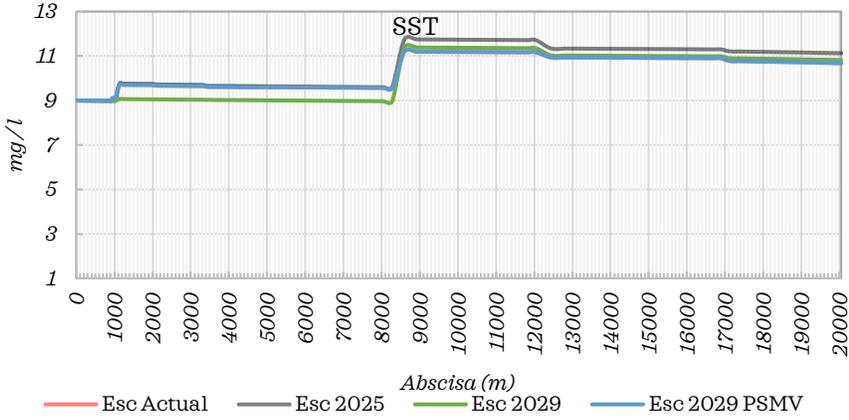


Figura 368. Escenarios de simulación SST Río Lejos.



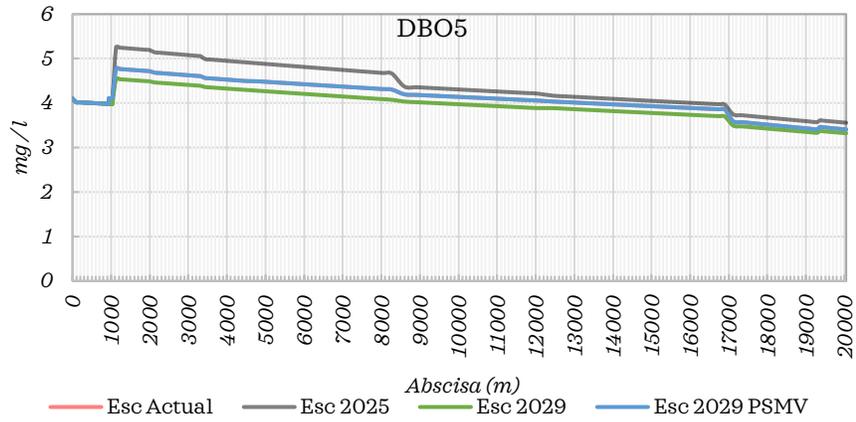


Figura 369. Escenarios de simulación DBOC Río Lejos.

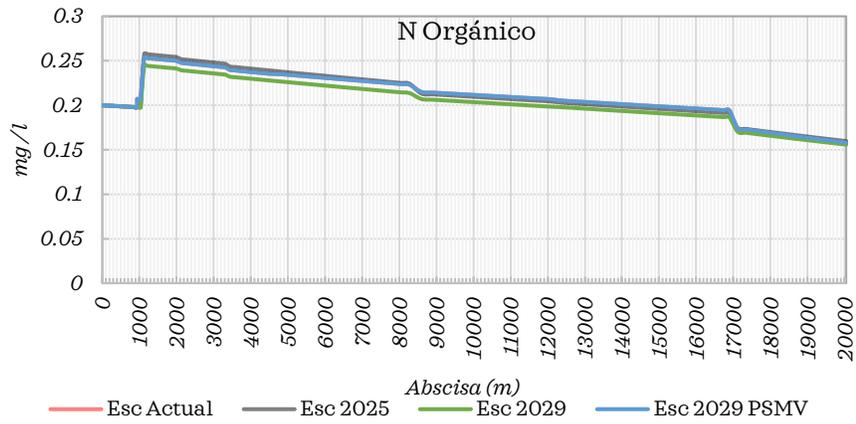


Figura 370. Escenarios de simulación N orgánico Río Lejos.

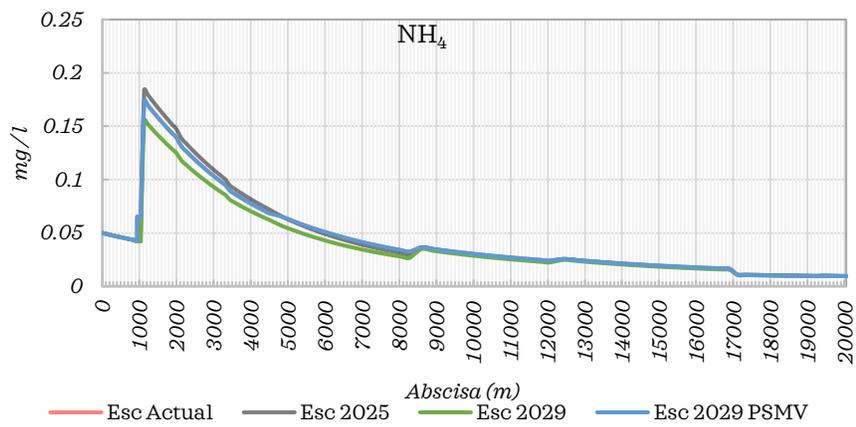


Figura 371. Escenarios de simulación NH4 Río Lejos.

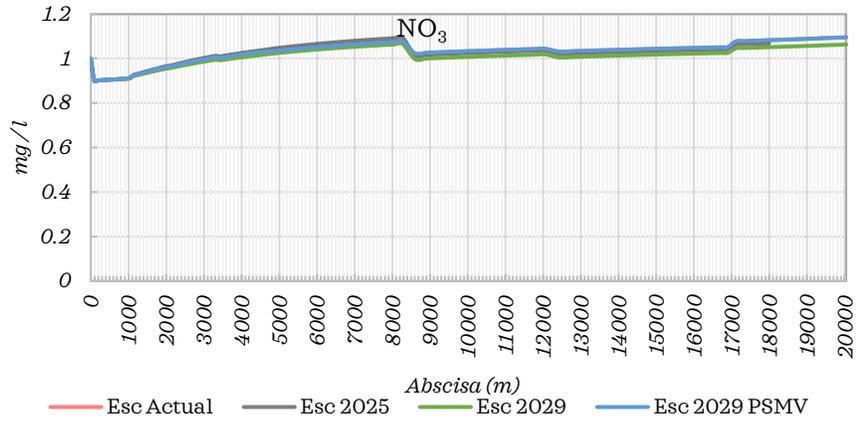


Figura 372. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Río Lejos.

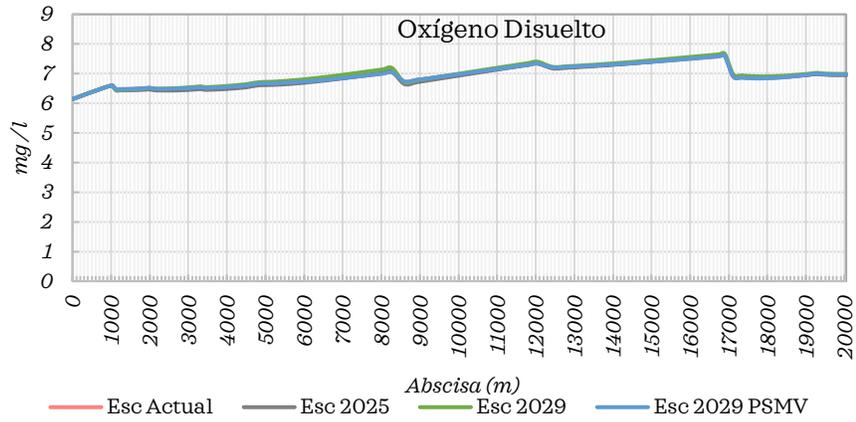


Figura 373. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río Lejos

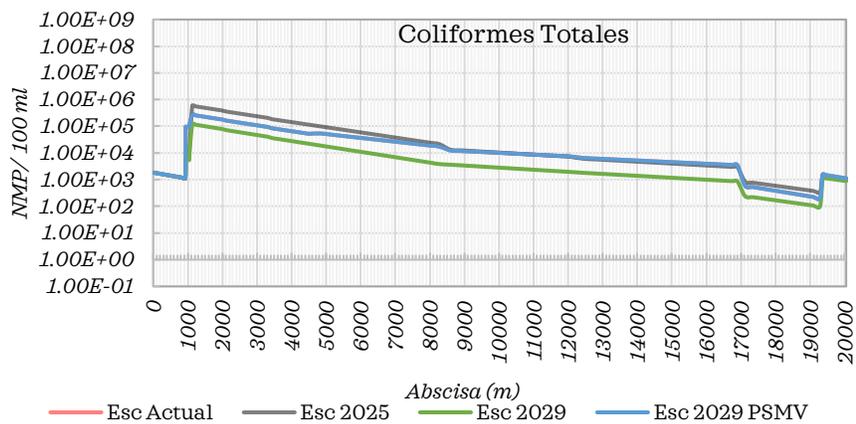


Figura 374. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río Lejos.

#### 4.14.1 Modelación calidad Quebrada El Inglés

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada El Inglés se consideró la esquematización indicada en la Figura 365 para el escenario actual y Figura 366 en la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 corresponde al esquema de 2025 y se incluye el funcionamiento de una PTAR aguas arriba de la desembocadura de la quebrada El Inglés al Lejos, entre las coordenadas N 970434.17 - W 1151935.12 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 367. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. En este caso se presentan los resultados de la modelación en condición actual y escenarios 2025 y 2029 (Figura 375 - Figura 381).

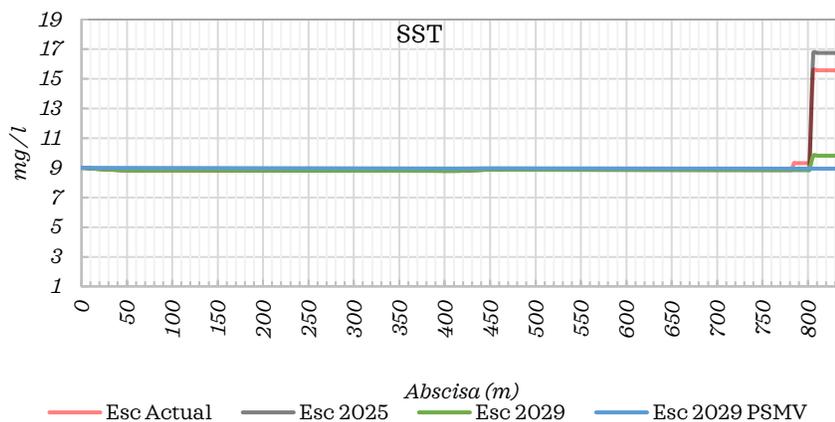


Figura 375. Escenarios de simulación SST quebrada El Inglés

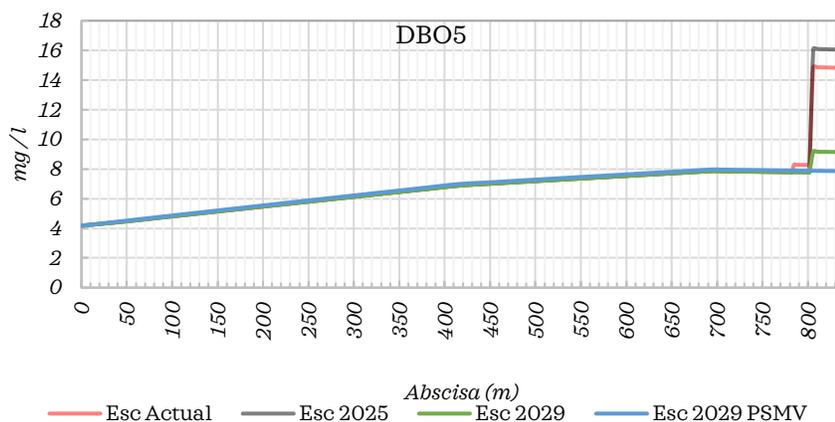


Figura 376. Escenarios de simulación DBO carbonácea quebrada El Inglés

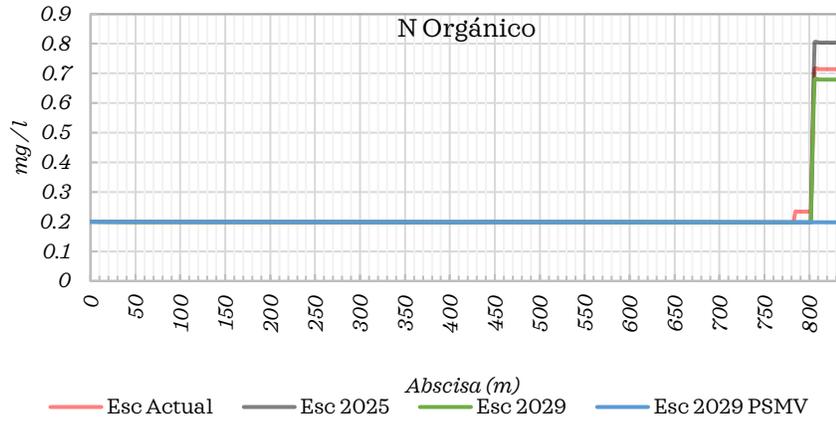


Figura 377. Escenarios de simulación N orgánico quebrada El Inglés

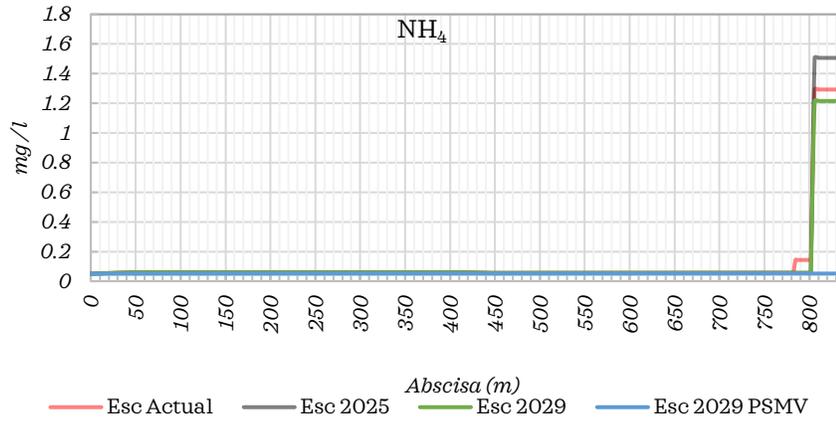


Figura 378. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebrada El Inglés

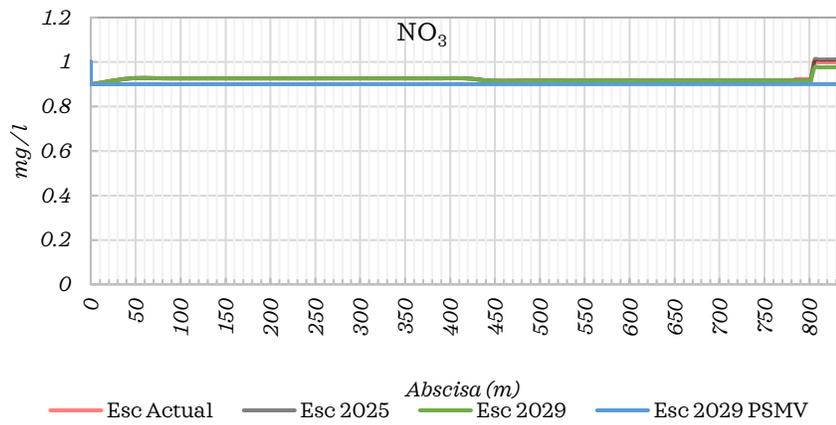


Figura 379. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebrada El Inglés

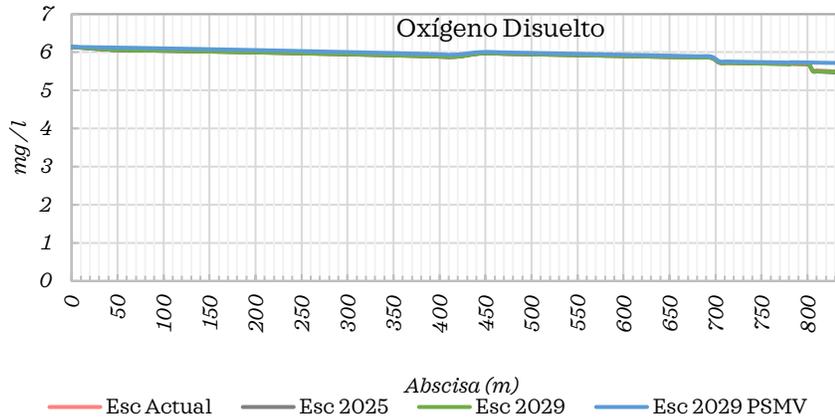


Figura 380. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto totales quebrada El Inglés

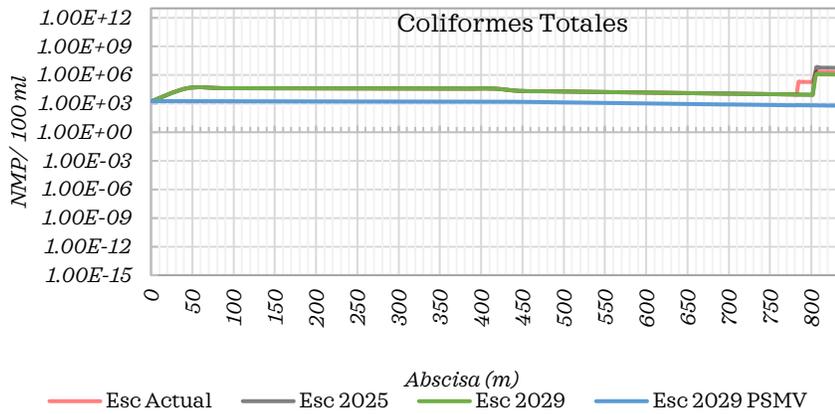


Figura 381. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada El Inglés

#### 4.15 Modelación calidad Río Rojo

Para la modelación de la calidad del agua del río Rojo se consideró la esquematización indicada en la Figura 382 para el escenario actual y Figura 383 para la simulación de 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización del escenario 2025 y se incluye el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales en las coordenadas N 957765.86 - W 1143714.59 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 384. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 385 - Figura 391, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029.

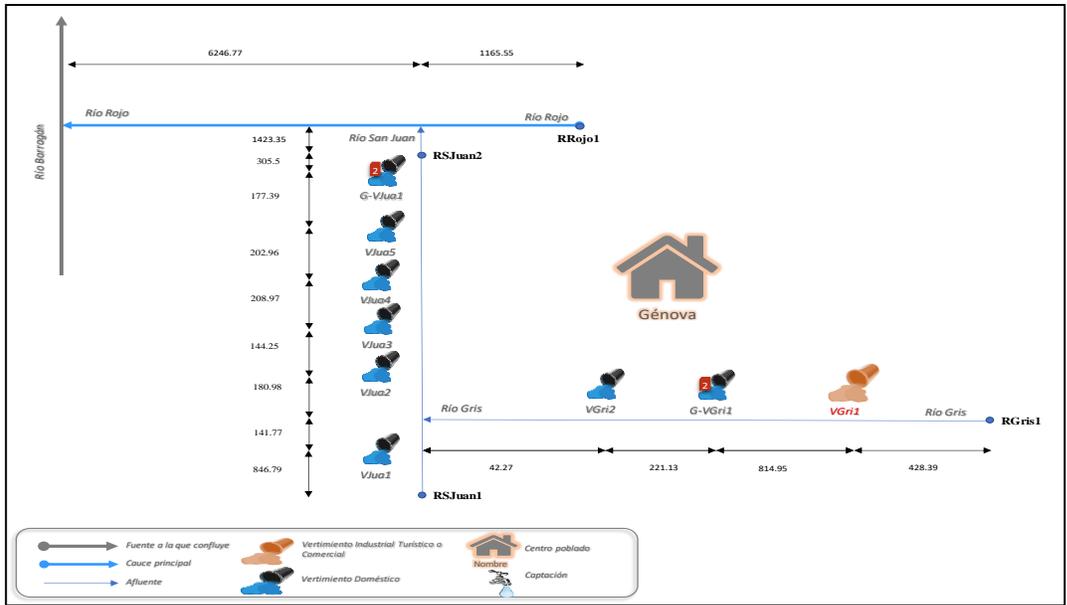


Figura 382. Esquematización conceptual modelación Río Rojo escenario actual

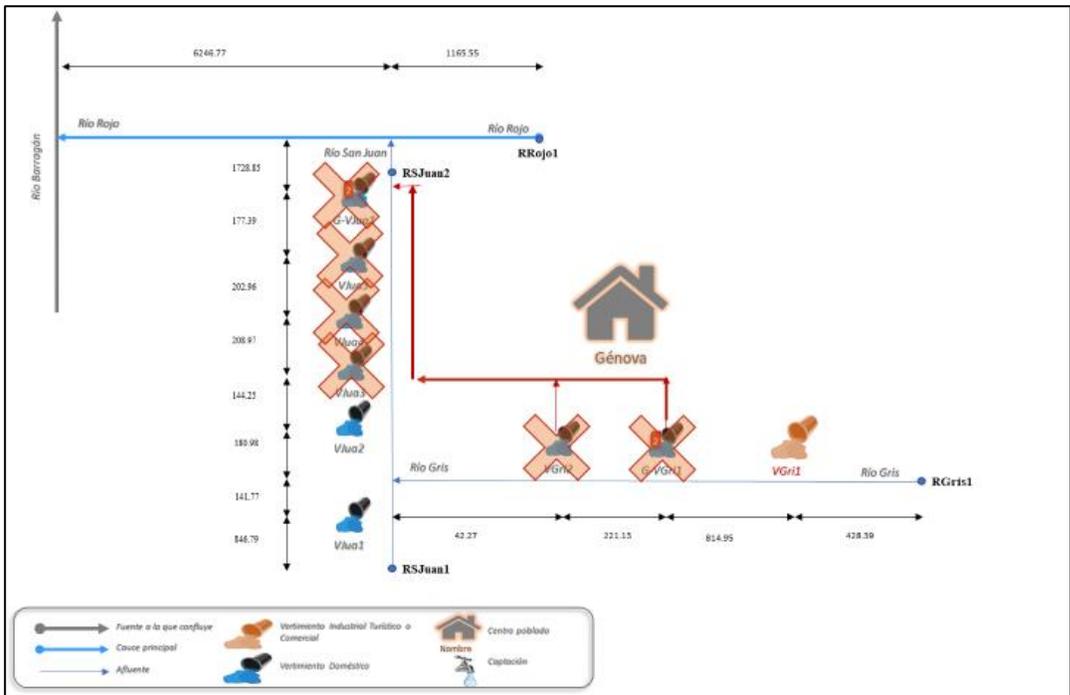


Figura 383. Esquematización conceptual modelación Río Rojo escenario 2025

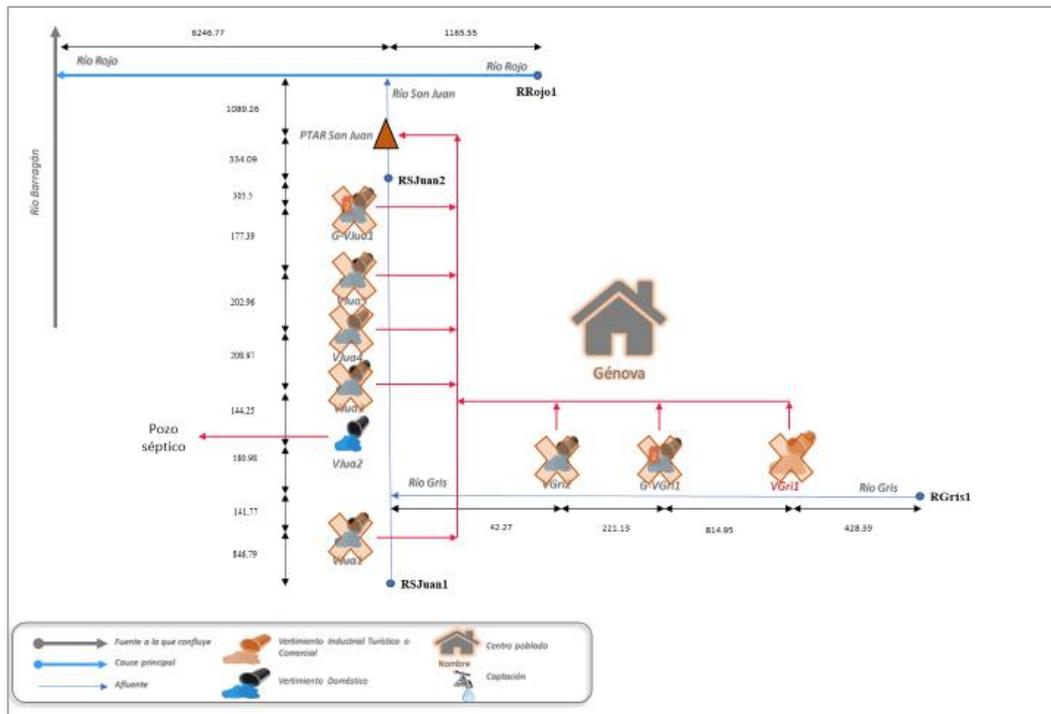


Figura 384. Esquematzación conceptual de modelación río Rojo escenario PSMV 2029

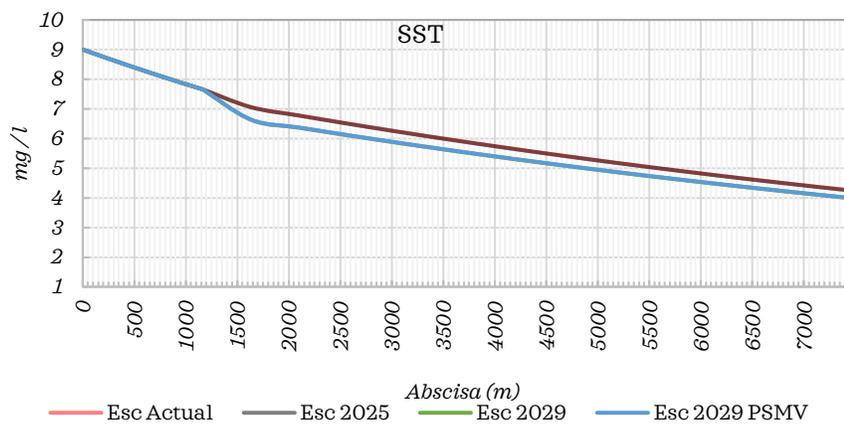


Figura 385. Escenarios de simulación SST Río Rojo.

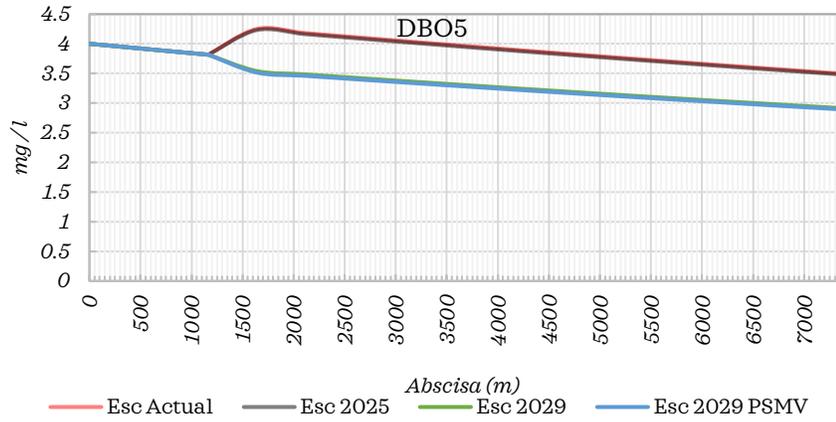


Figura 386. Escenarios de simulación DBOC Río Rojo.

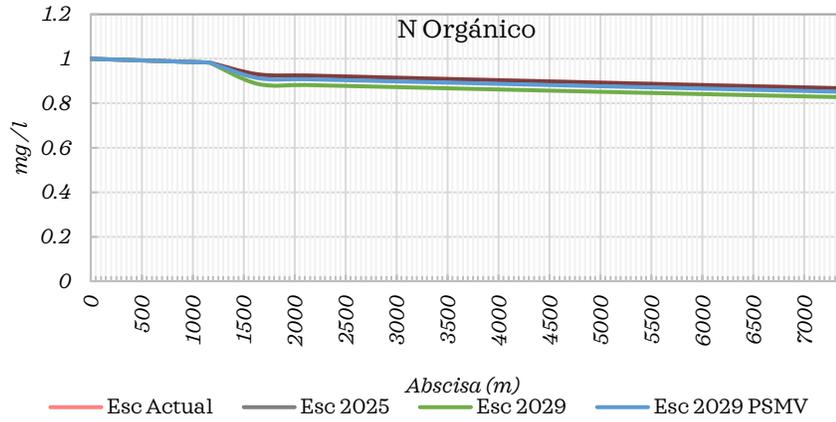


Figura 387. Escenarios de simulación N orgánico Río Rojo.

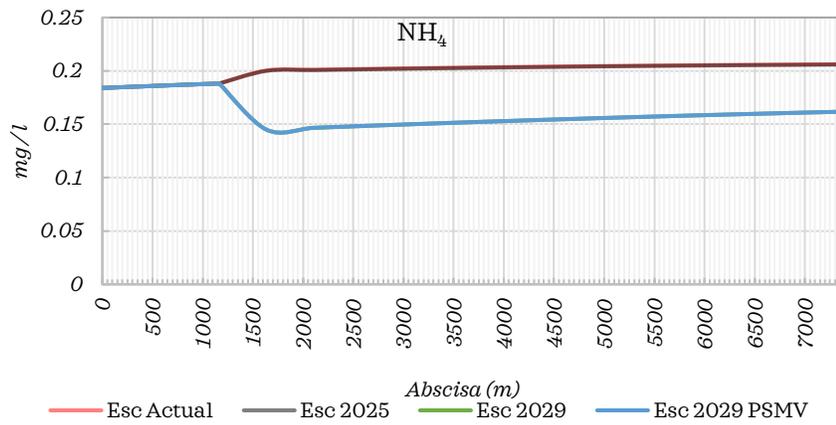


Figura 388. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Río Rojo.



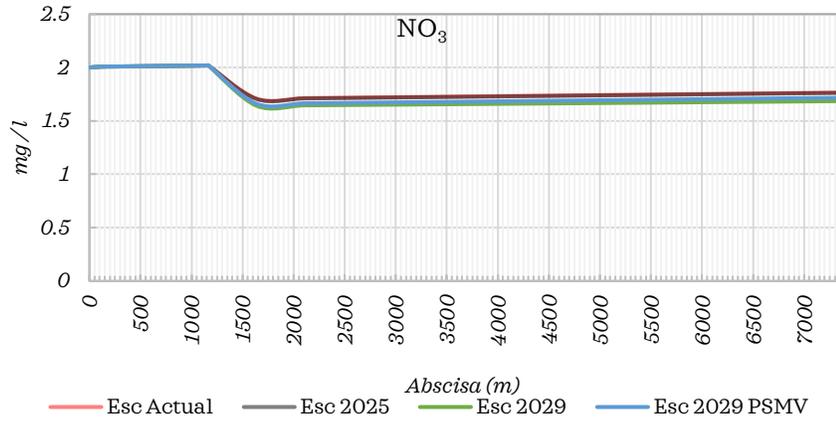


Figura 389. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Río Rojo.

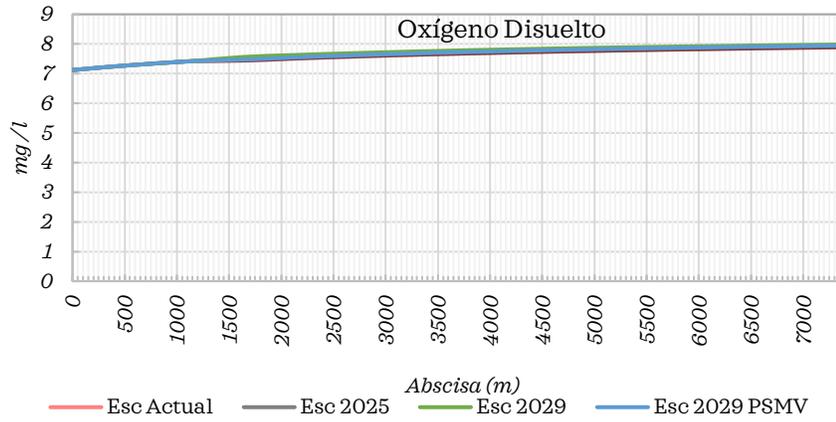


Figura 390. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río Rojo.

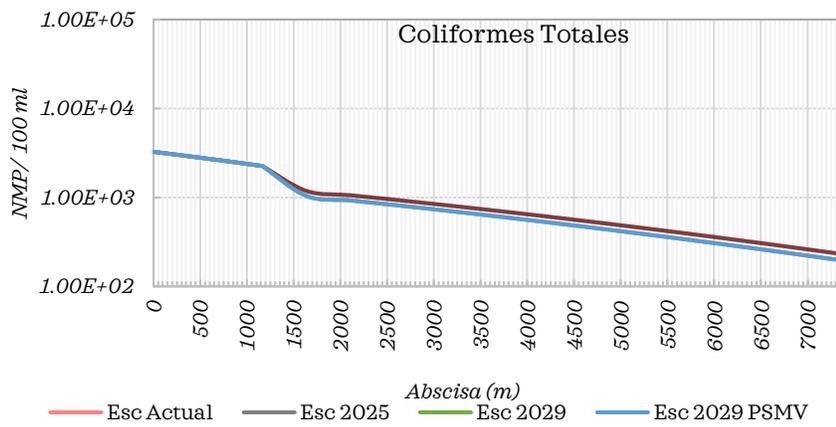


Figura 391. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río Rojo.

#### 4.15.1 Modelación calidad Río Gris

Para la modelación de la calidad del agua del río Gris se consideró la esquematización indicada en la Figura 382 para la condición actual y Figura 383 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización del escenario 2025 y se incluye el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales en las coordenadas N 957765.86 - W 1143714.59 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 384. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 392 - Figura 398, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029.

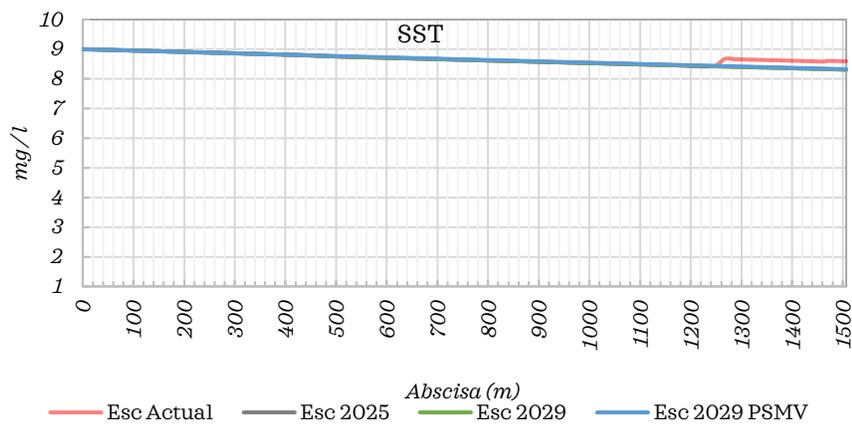


Figura 392. Escenarios de simulación SST Río Grís.

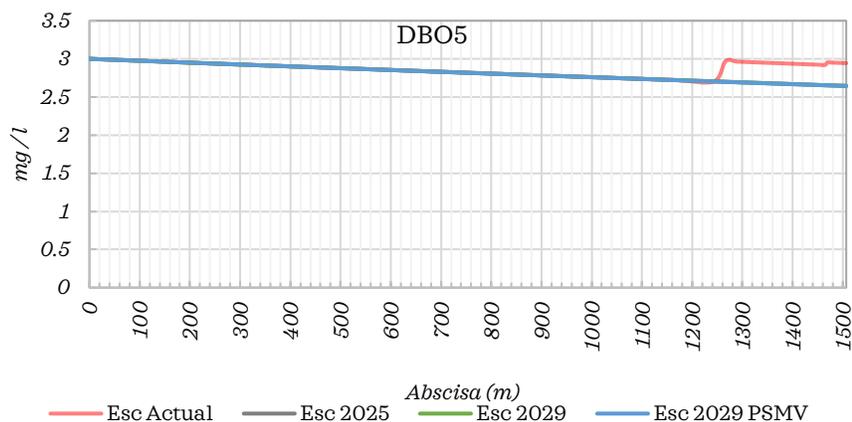


Figura 393. Escenarios de simulación DBOC Río Grís.

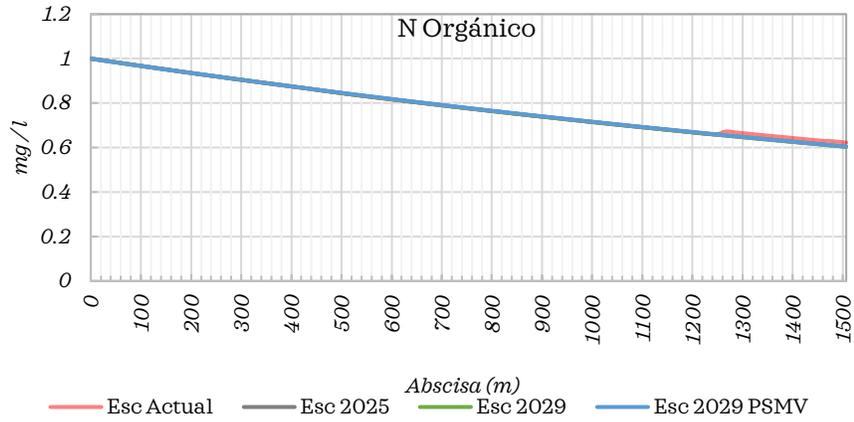


Figura 394. Escenarios de simulación N orgánico Río Grís.

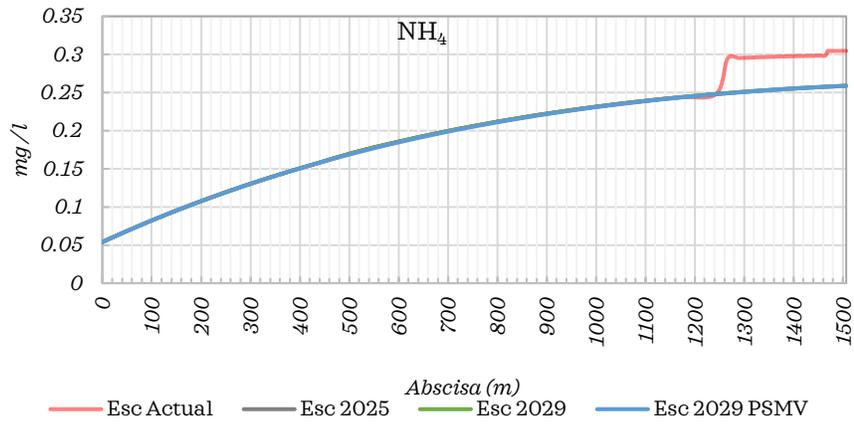


Figura 395. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Río Grís.

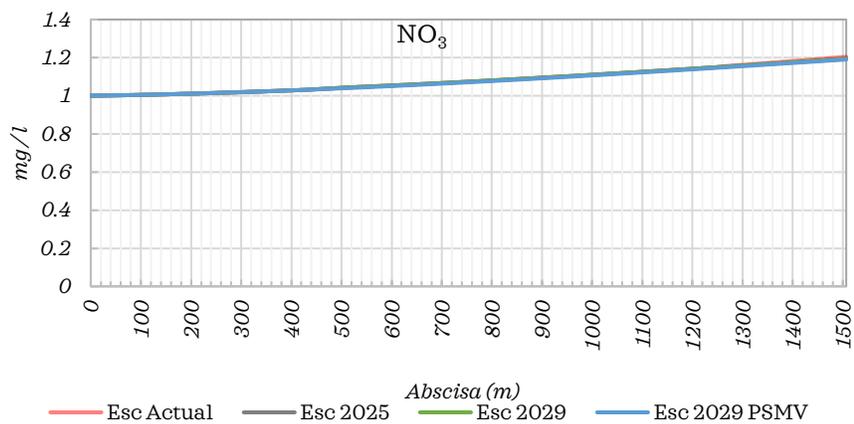


Figura 396. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Río Grís.

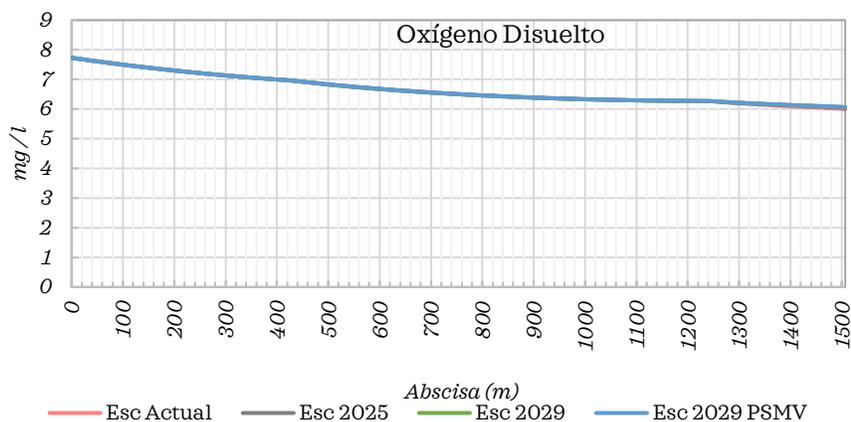


Figura 397. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río Grís.

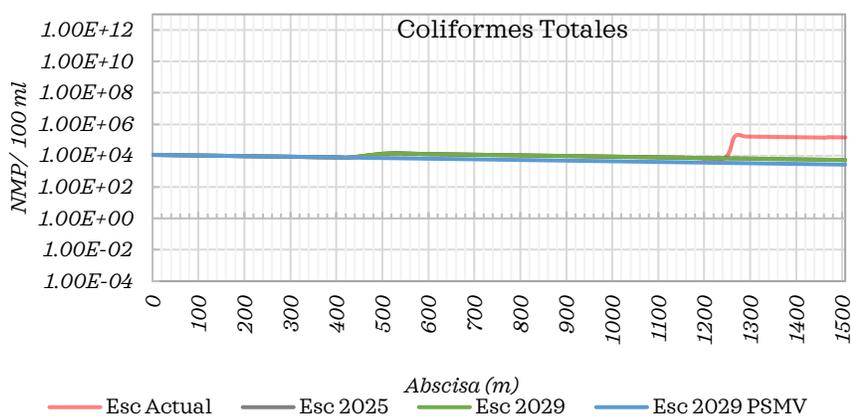


Figura 398. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río Grís.

#### 4.16 Modelación calidad Río San Juan

Para la modelación de la calidad del agua del río San Juan se consideró la esquematización indicada en la Figura 382 para la condición actual y Figura 383 para la simulación del escenario 2025. La simulación del escenario 2029 se basa en la conceptualización del escenario 2025 y se incluye el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales en las coordenadas N 957765.86 - W 1143714.59 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 384. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 399 - Figura 405, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029.

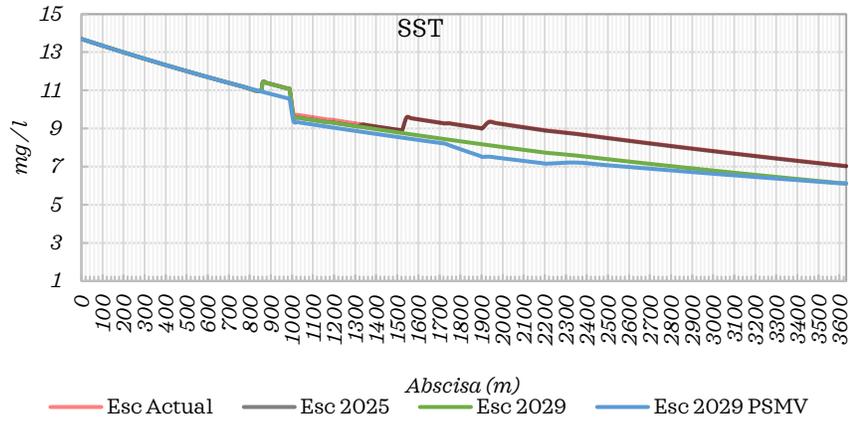


Figura 399. Escenarios de simulación SST Río San Juan.

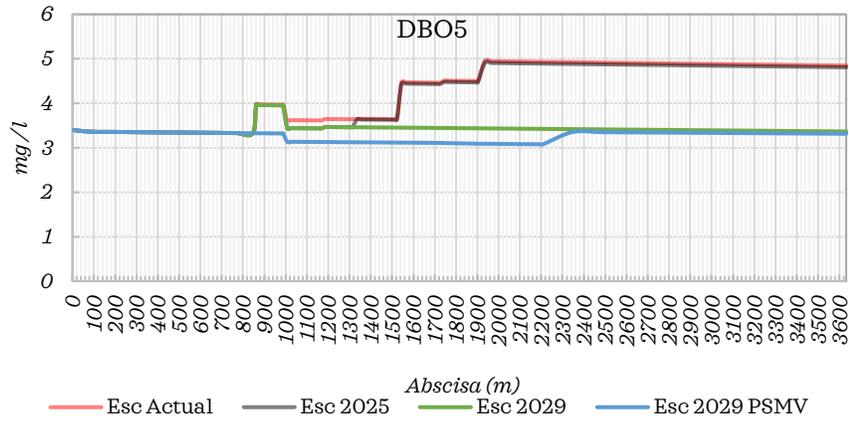


Figura 400. Escenarios de simulación DBOC Río San Juan. a

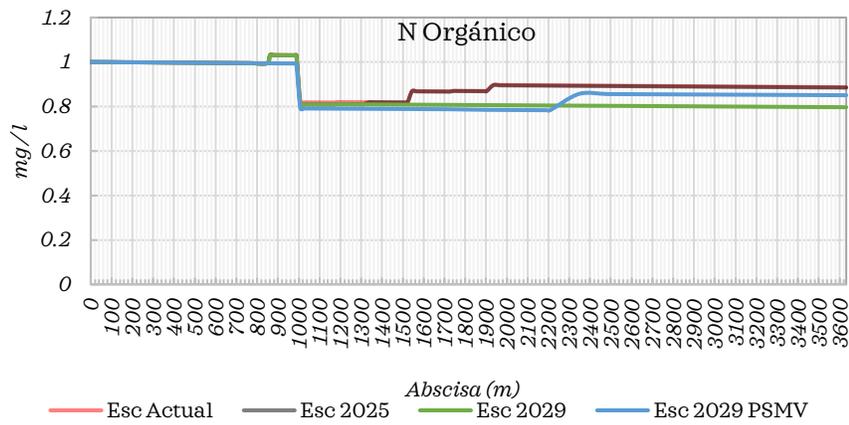


Figura 401. Escenarios de simulación N orgánico Río San Juan.

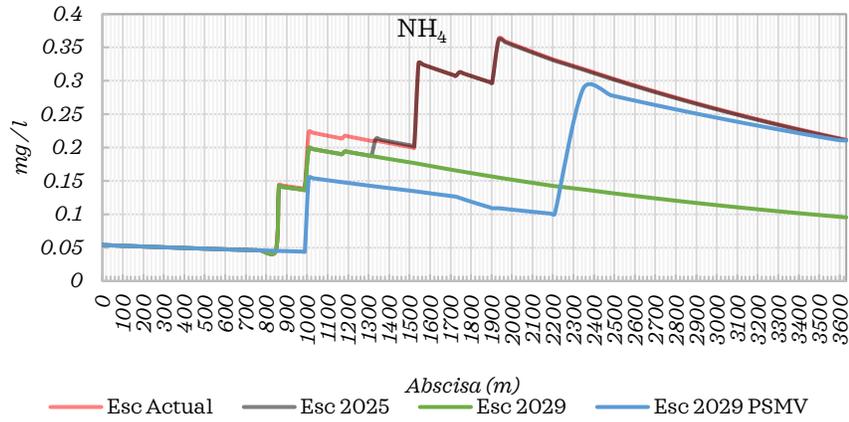


Figura 402. Escenarios de simulación  $NH_4$  Río San Juan.

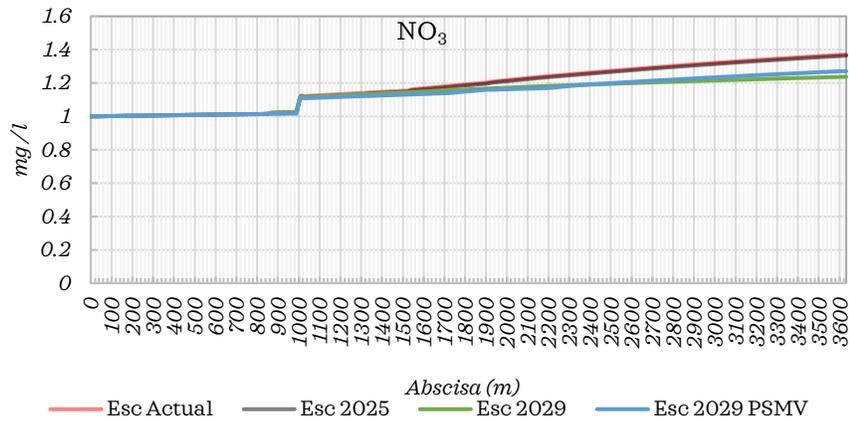


Figura 403. Escenarios de simulación  $NO_3$  Río San Juan. a

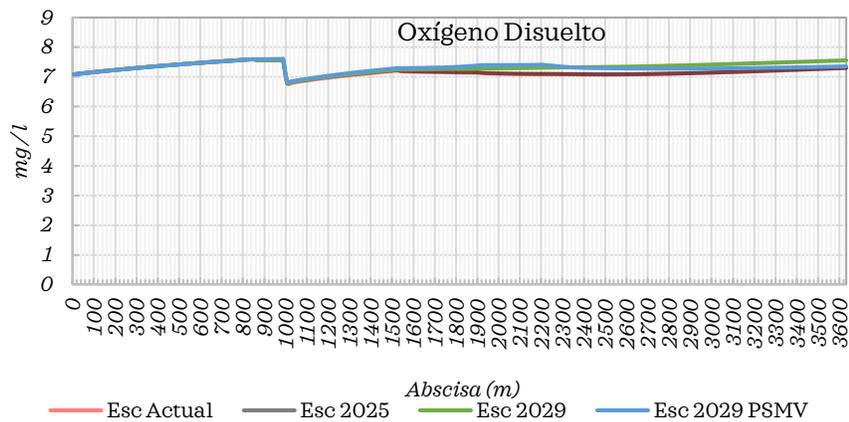


Figura 404. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río San Juan.

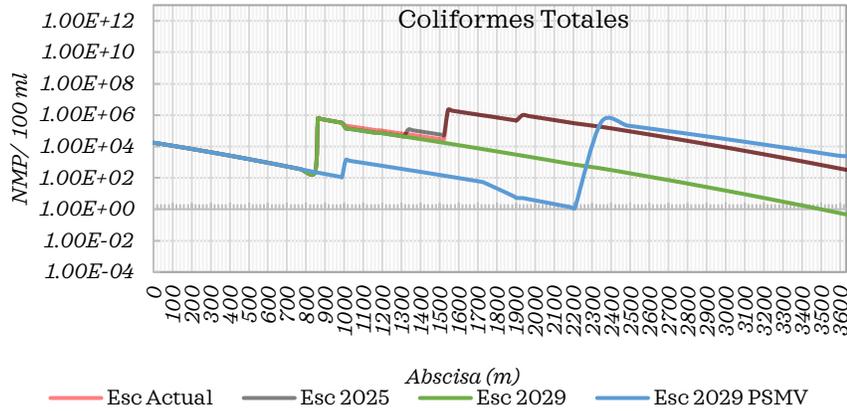


Figura 405. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río San Juan.

#### 4.17 Modelación calidad Río Verde

Para la modelación de la calidad del agua del río Verde se consideró la esquematización indicada en la Figura 406 para el escenario actual y Figura 407 para la simulación del escenario 2025, de manera que el escenario 2029 corresponde a la conceptualización del escenario 2025 y la puesta en funcionamiento de una PTAR localizada en el municipio de Calarcá entre las coordenadas N 990185.64 - W 1158072.50 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 408. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 409 - Figura 415, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029.

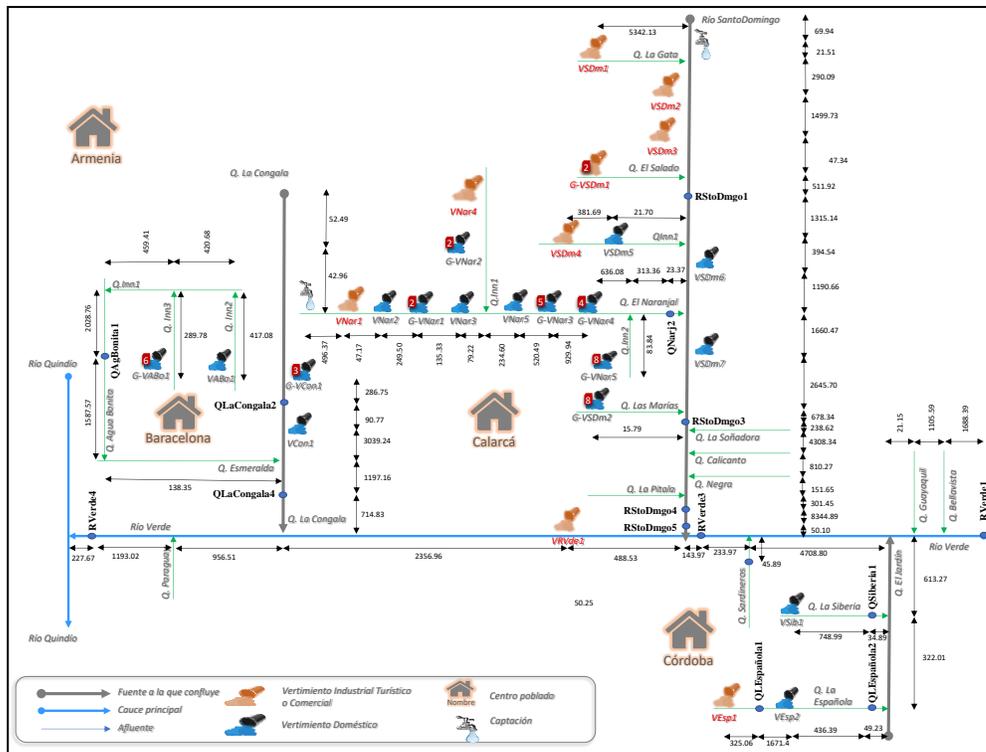


Figura 406. Esquematzación conceptual modelación Río Verde escenario actual

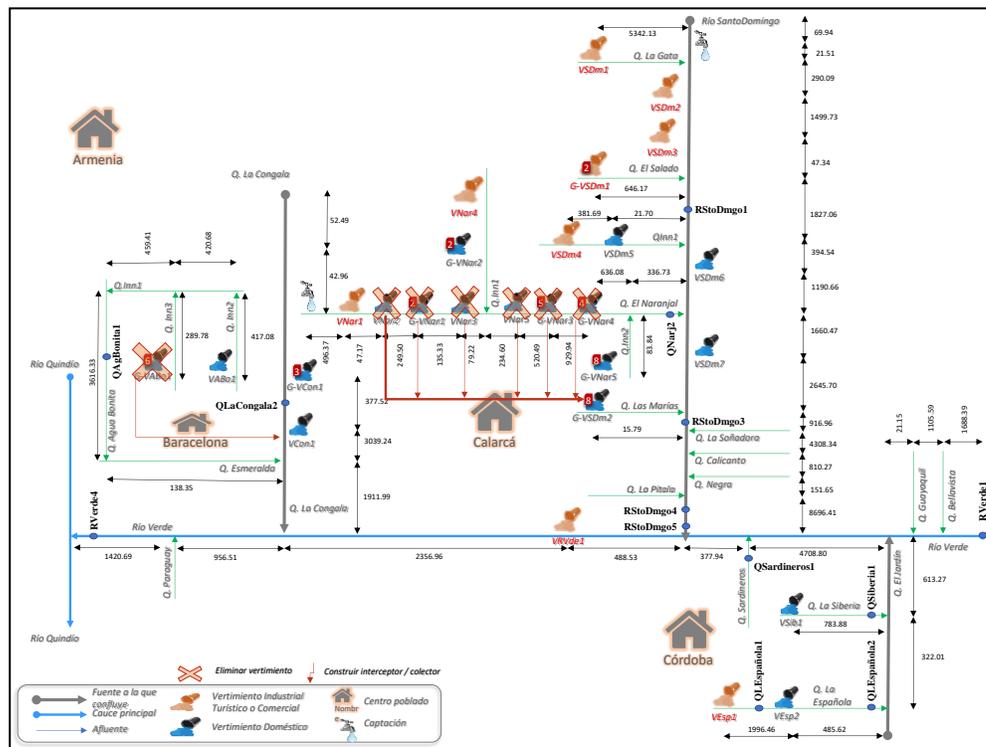


Figura 407. Esquematzación conceptual modelación Río Verde escenario 2025





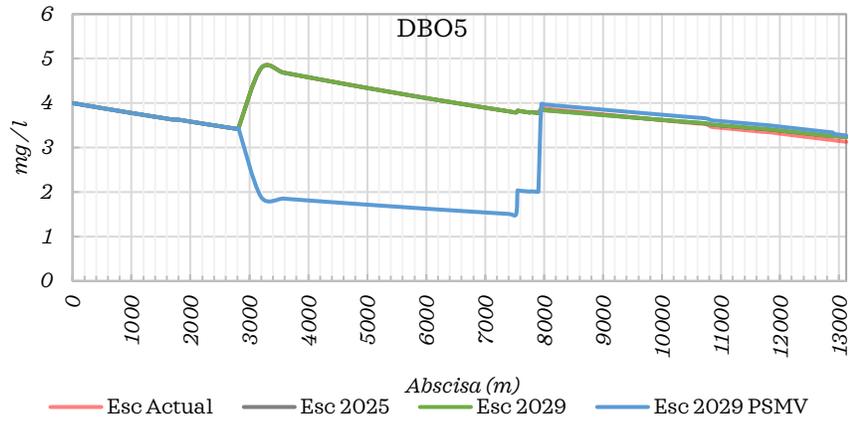


Figura 410. Escenarios de simulación DBOC Río Verde.

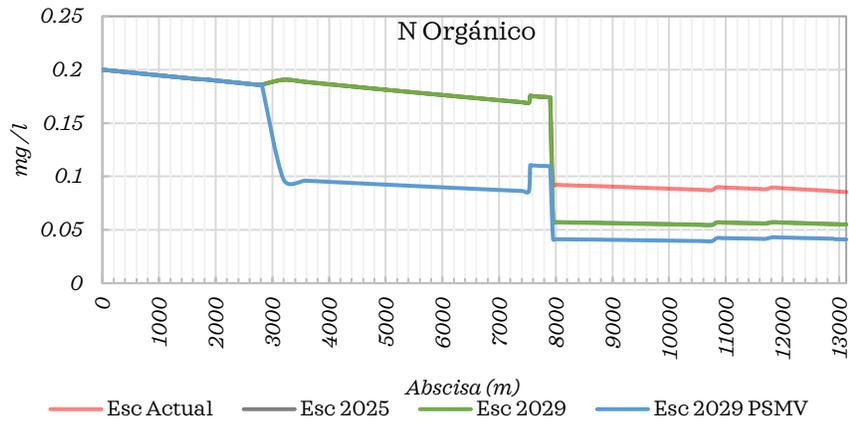


Figura 411. Escenarios de simulación N orgánico Río Verde.

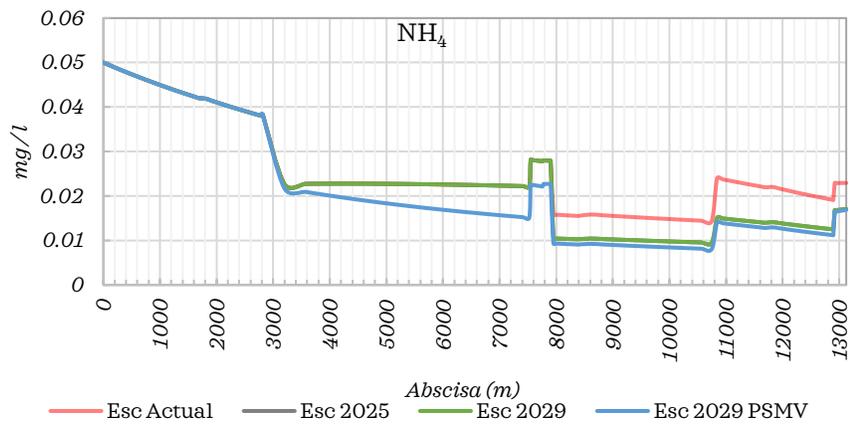


Figura 412. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Río Verde.

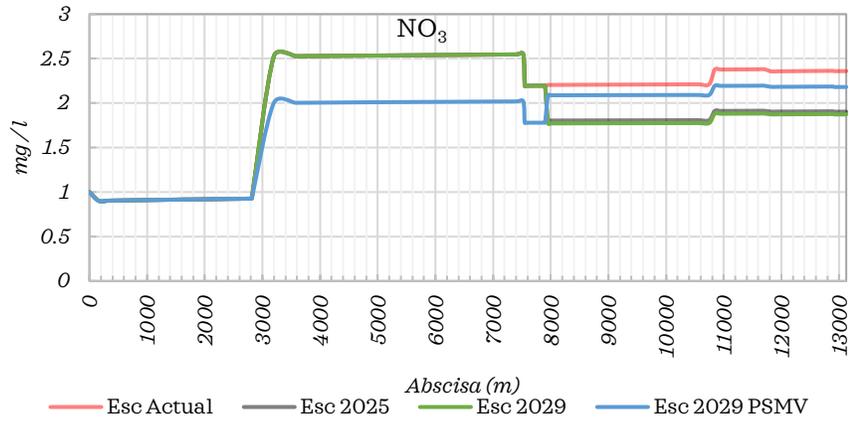


Figura 413. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Río Verde.

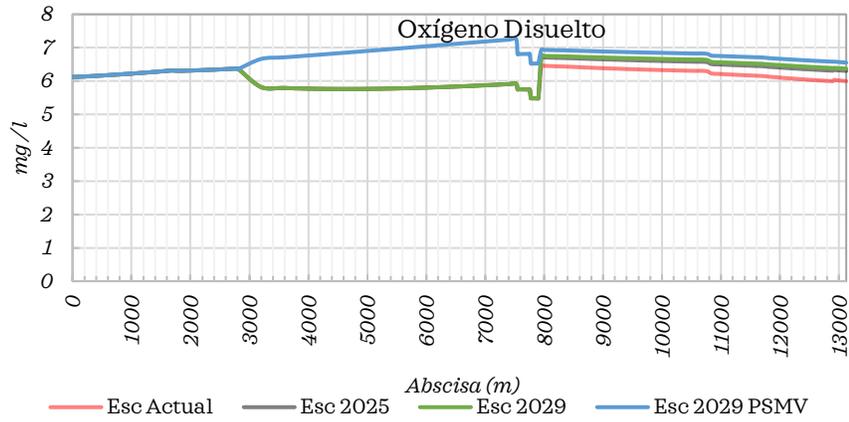


Figura 414. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río Verde.

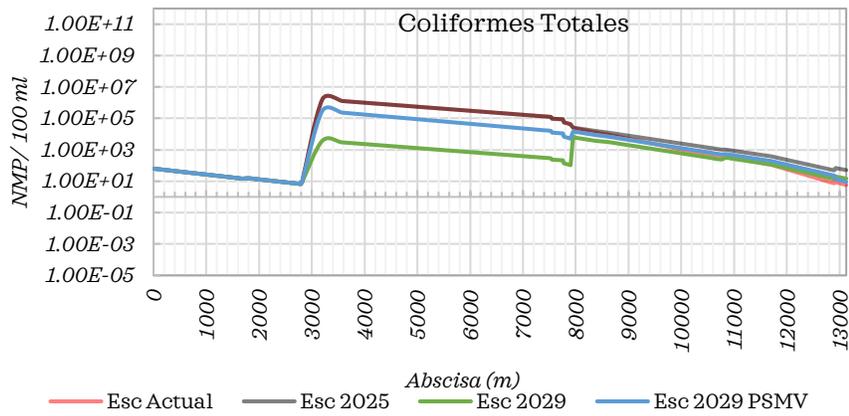


Figura 415. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río Verde

#### 4.17.1 Modelación calidad Quebrada Agua Bonita & Esmeralda

Para la modelación de la calidad del agua de las quebradas Agua Bonita y La Esmeralda se consideró la esquematización indicada en la Figura 406. Dichas corrientes hacen parte del Río Verde. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 408. Los resultados demuestran que el escenario 2029 permite mejorar notablemente las condiciones de calidad de la quebrada Agua Bonita en contraste con el escenario 2029-PSMV (Figura 416 - Figura 422).

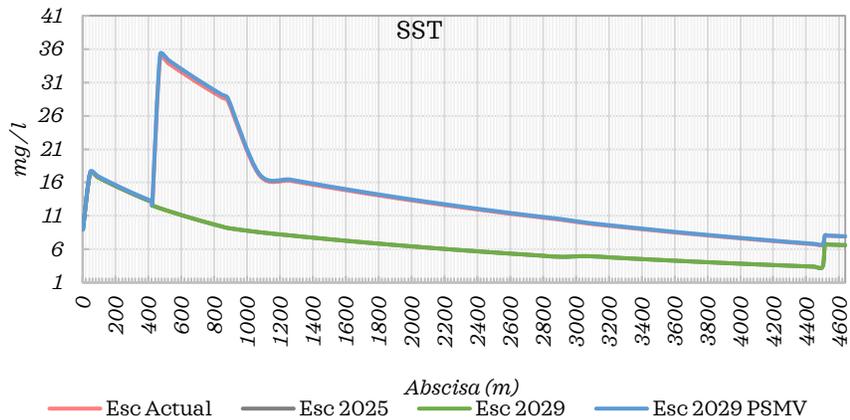


Figura 416. Escenarios de simulación SST quebradas Agua Bonita y Esmeralda

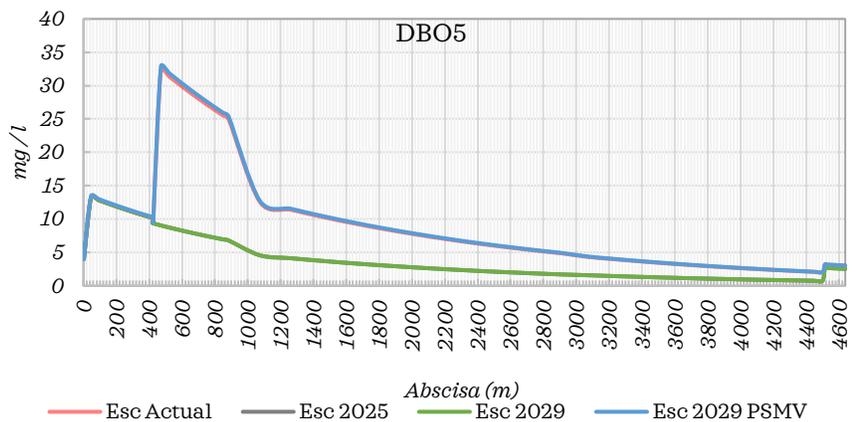


Figura 417. Escenarios de simulación DBOC quebradas Agua Bonita y Esmeralda

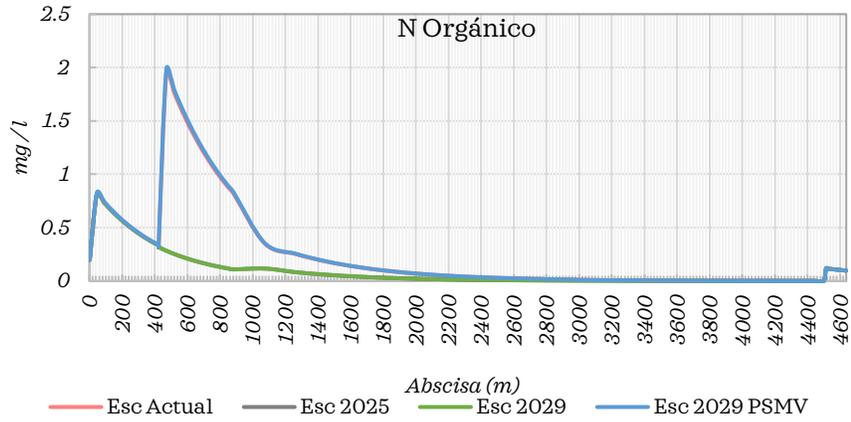


Figura 418. Escenarios de simulación N Orgánico quebradas Agua Bonita y Esmeralda

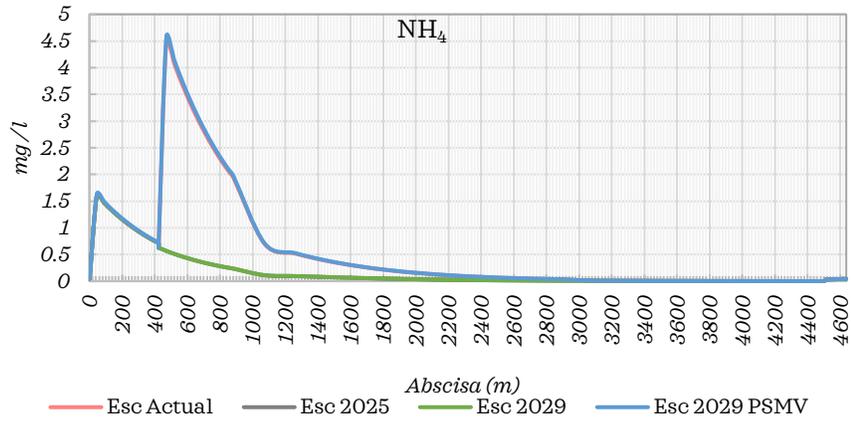


Figura 419. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> quebradas Agua Bonita y Esmeralda

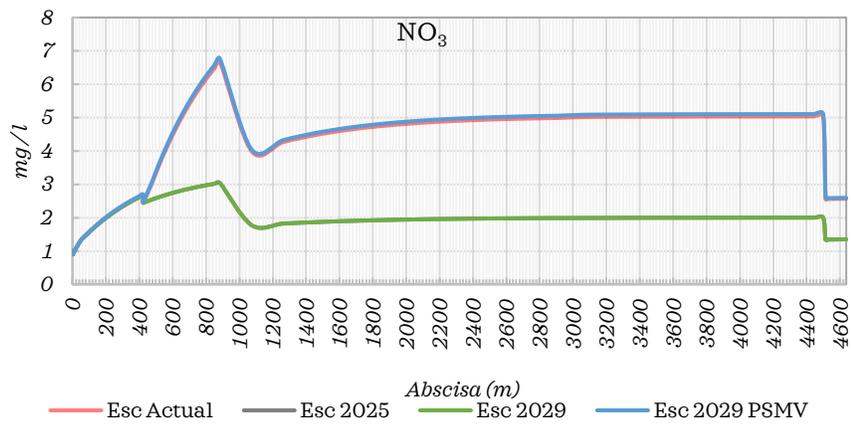


Figura 420. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> quebradas Agua Bonita y Esmeralda

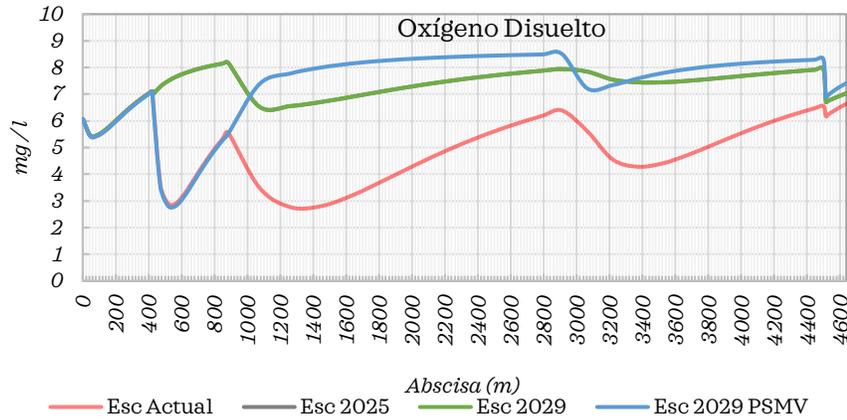


Figura 421. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebradas Agua Bonita y Esmeralda

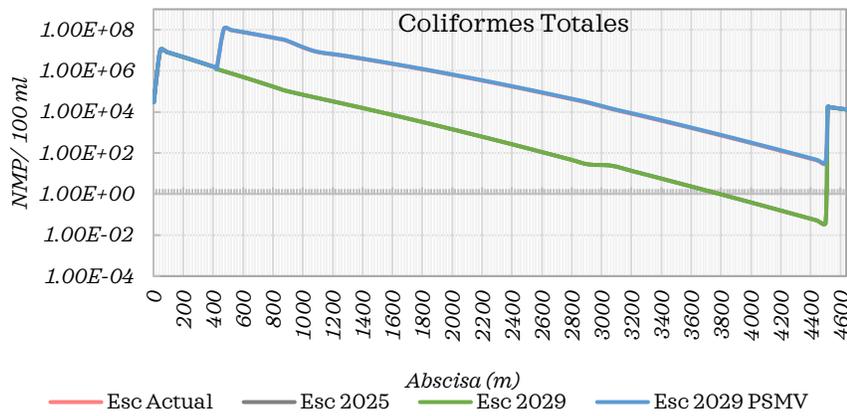


Figura 422. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebradas Agua Bonita y Esmeralda

#### 4.17.2 Modelación calidad Quebradas La Siberia y La Española

Para la modelación de la calidad del agua de La Española y La Siberia se consideró la esquematización indicada en la Figura 406, El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 408. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. En este caso se presentan los resultados de la modelación en las Figura 423 a la Figura 429. El escenario 2029-PSMV representa una condición favorable para la calidad del agua en la quebrada La Española ya que en la abscisa 2000 m se presenta una eliminación del vertimiento para ser conducido a la PTAR proyectada en la quebrada La Siberia, mientras que el incremento en la carga (aún tratada) en dicha fuente hídrica (quebrada La Siberia) genera una disminución en las condiciones de calidad (Figura 430 a Figura 436).

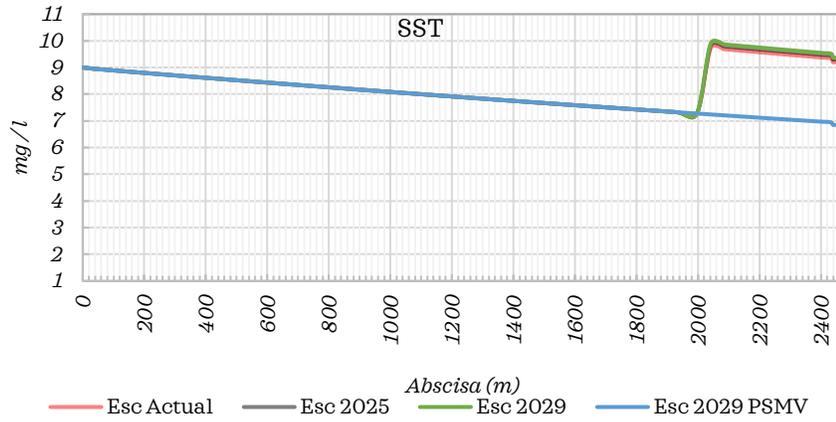


Figura 423. Escenarios de simulación SST quebrada La Española

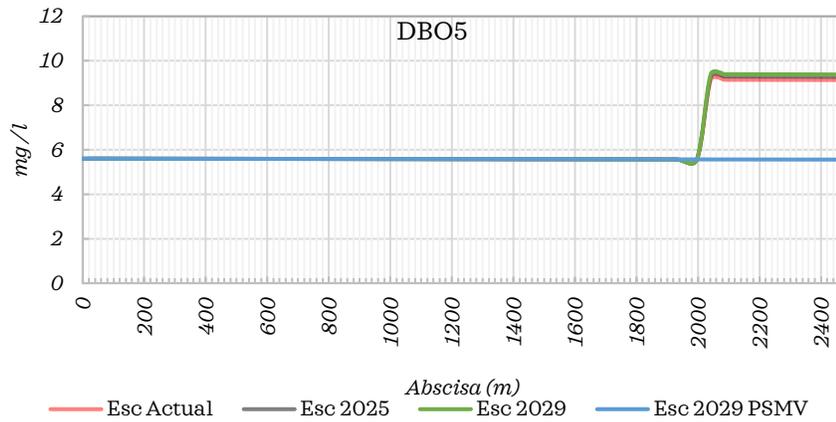


Figura 424. Escenarios de simulación DBOC quebrada La Española

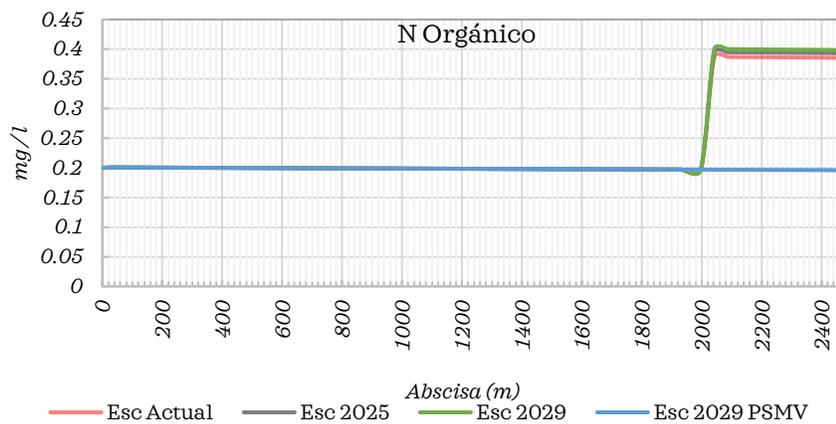


Figura 425. Escenarios de simulación N Orgánico quebrada La Española

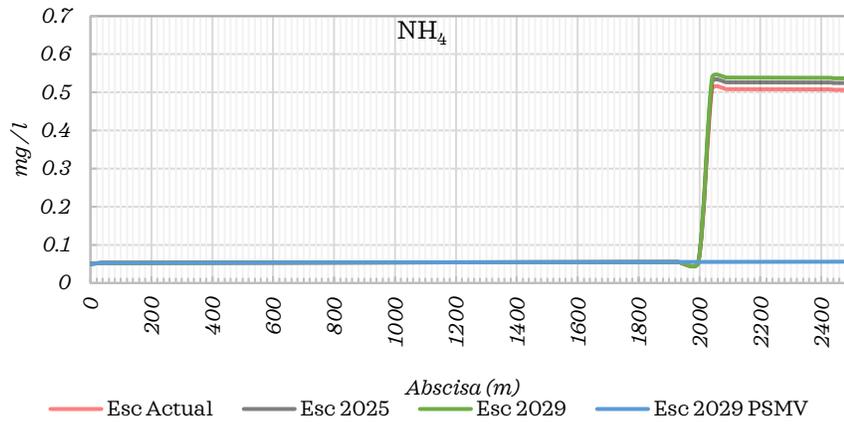


Figura 426. Escenarios de simulación NH4 quebrada La Española

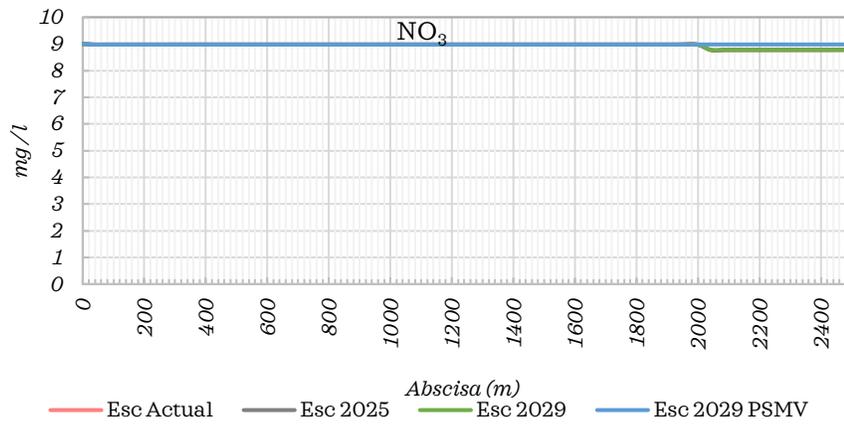


Figura 427. Escenarios de simulación NO3 quebrada La Española

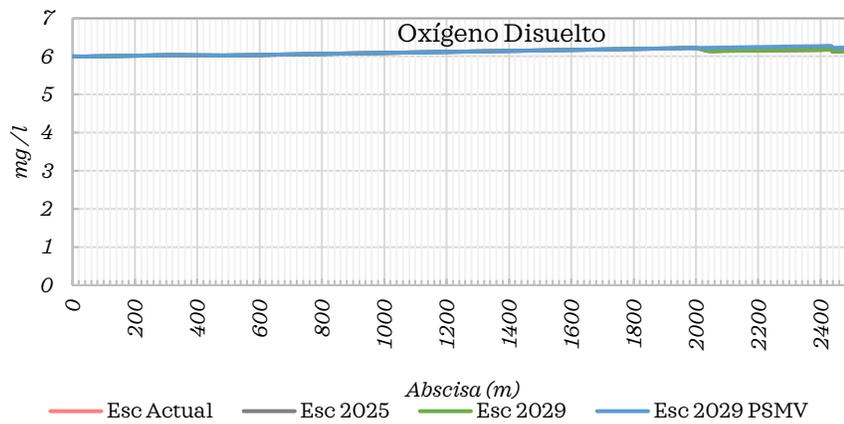


Figura 428. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada La Española



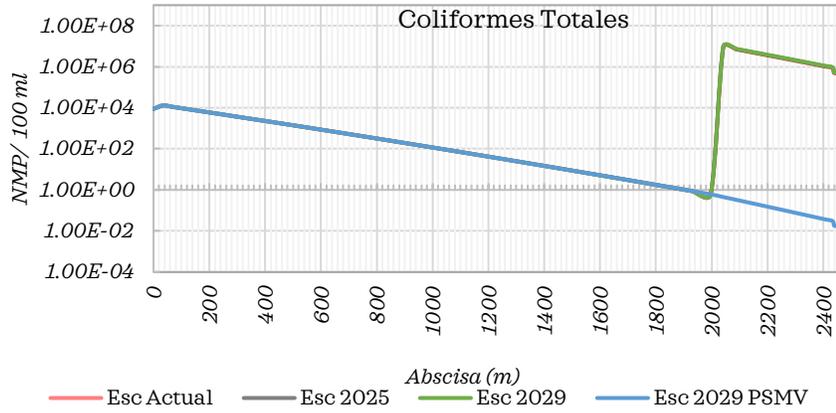


Figura 429. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada La Española

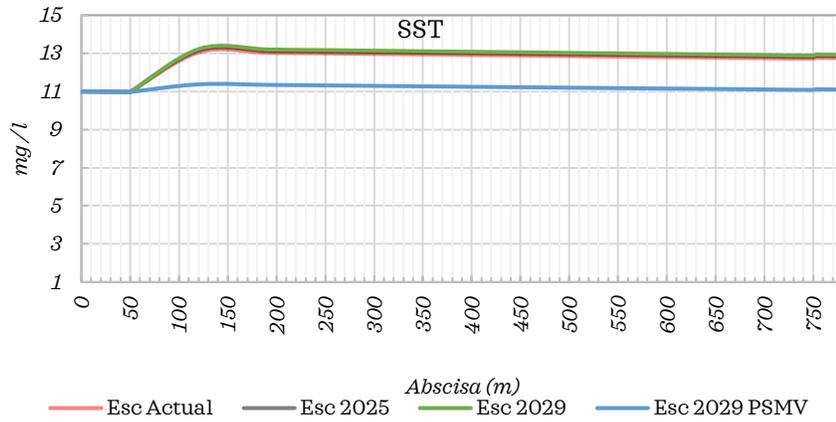


Figura 430. Escenarios de simulación SST quebrada La Siberia

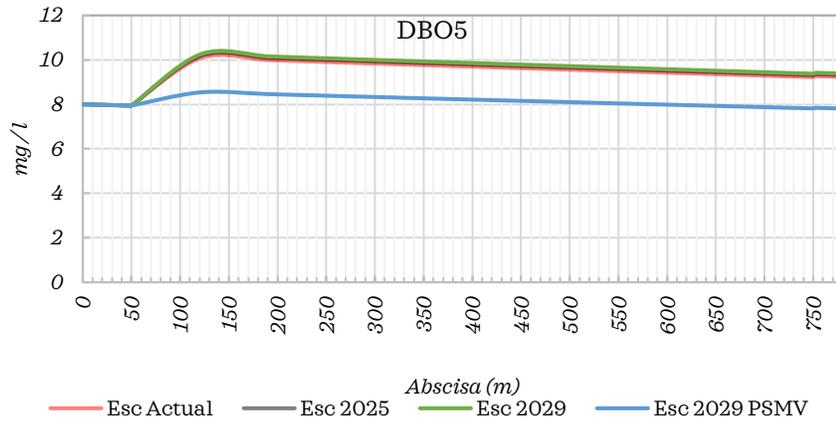


Figura 431. Escenarios de simulación DBOC quebrada La Siberia

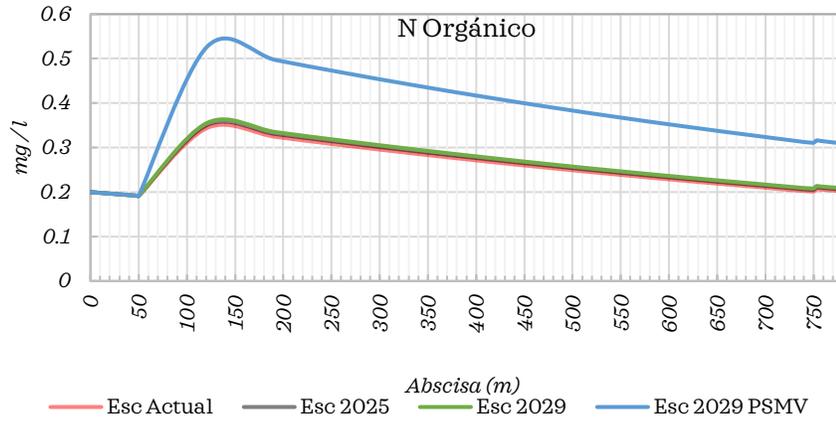


Figura 432. Escenarios de simulación N Orgánico quebrada La Siberia

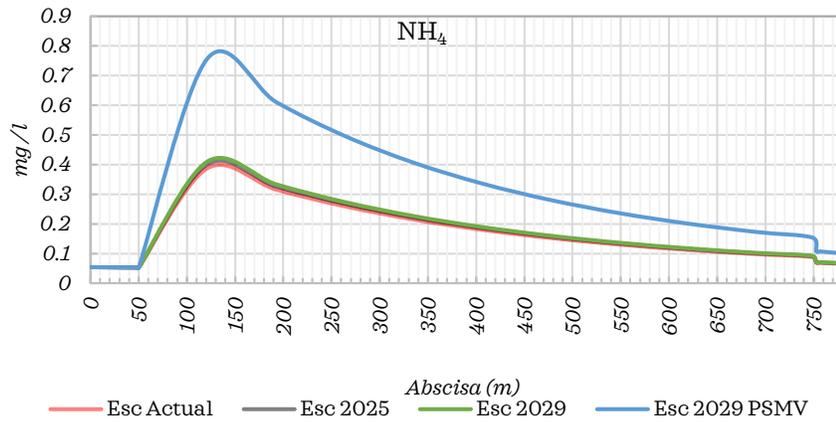


Figura 433. Escenarios de simulación NH4 quebrada La Siberia

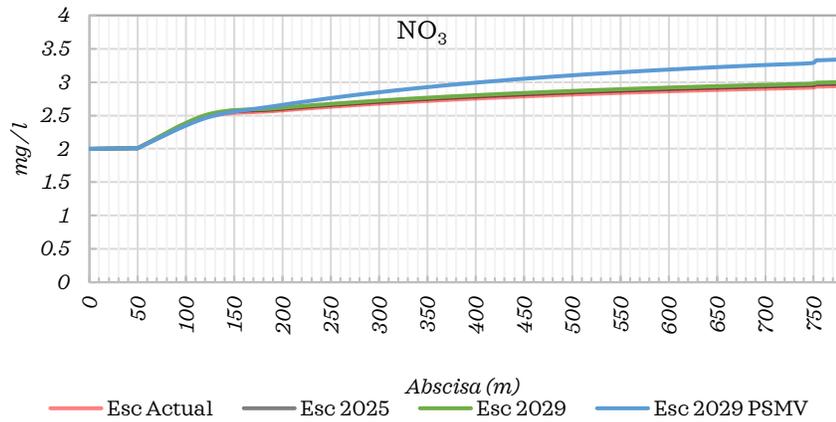


Figura 434. Escenarios de simulación NO3 quebrada La Siberia

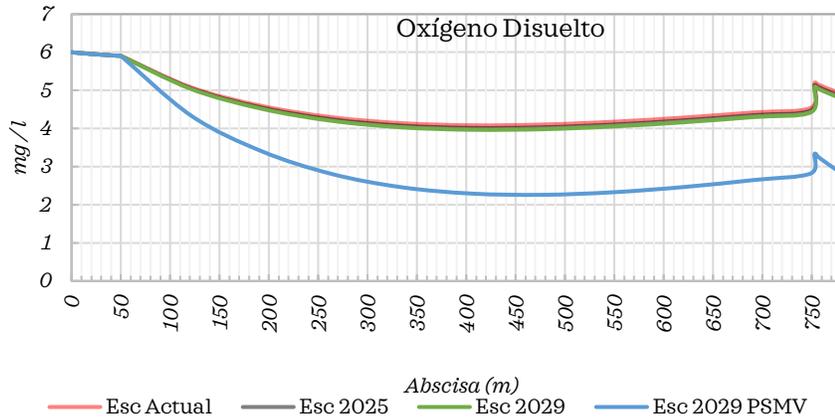


Figura 435. Escenarios de simulación Oxígeno Disuelto quebrada La Siberia

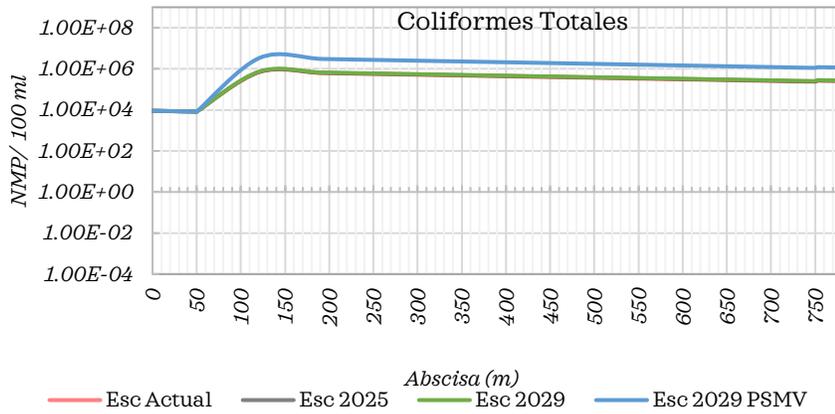


Figura 436. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada El Siberia

#### 4.17.3 Modelación calidad Quebrada El Naranjal

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada El Naranjal -Río Verde- se consideró la esquematización indicada en la Figura 406 para el escenario actual y Figura 407 para la simulación de 2025, mientras que el escenario 2029, se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye el funcionamiento de una planta de tratamiento entre las coordenadas N 990185.64 - W 1158072.50 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 408, e implica una eliminación de los vertimientos en esta corriente y su posterior conducción a una PTAR sobre el río Santo Domingo. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27 y los resultados corresponden a las Figura 437 - Figura 443, en donde se representa la condición actual y las simulaciones de los escenarios 2025 y 2029, notándose una mejora sustancial en la calidad del agua a partir de la abscisa 2900 m para los escenarios 2029 y 2029-PSMV.

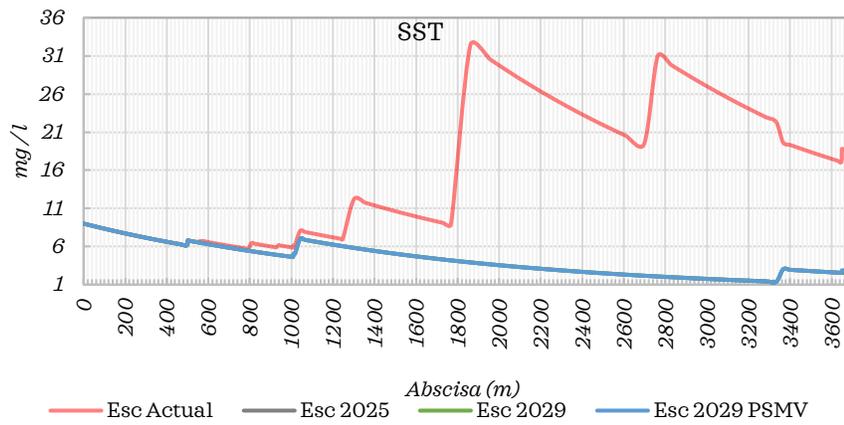


Figura 437. Escenarios de simulación SST Q. El Naranjal

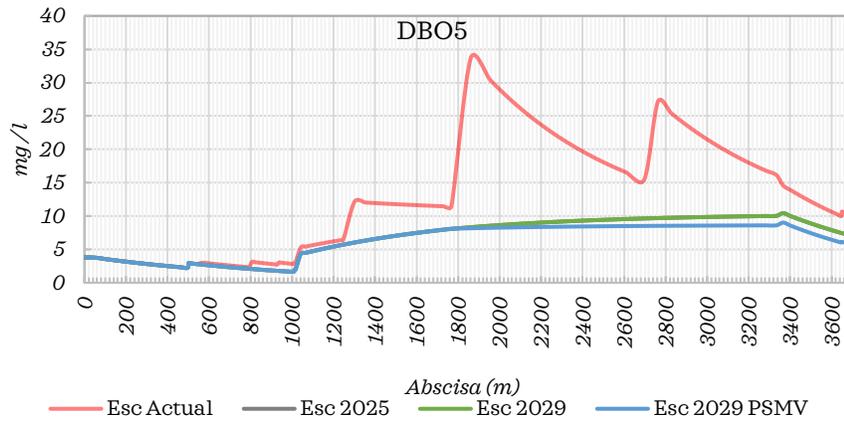


Figura 438. Escenarios de simulación DBOC Q. El Naranjal

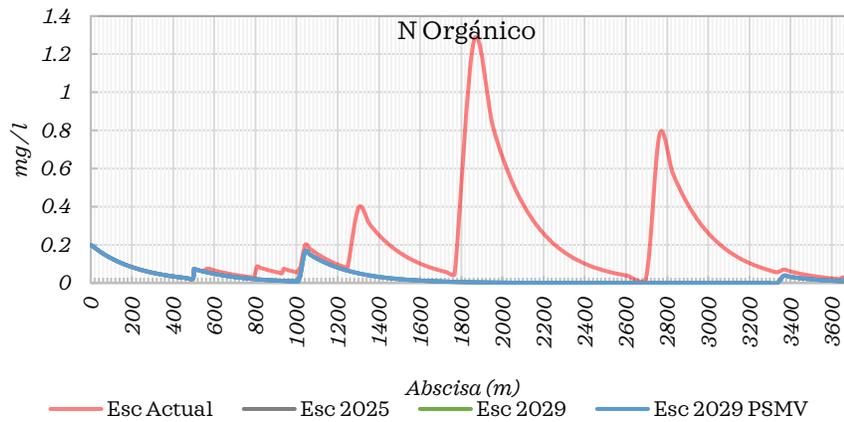


Figura 439. Escenarios de simulación N orgánico Q. El Naranjal

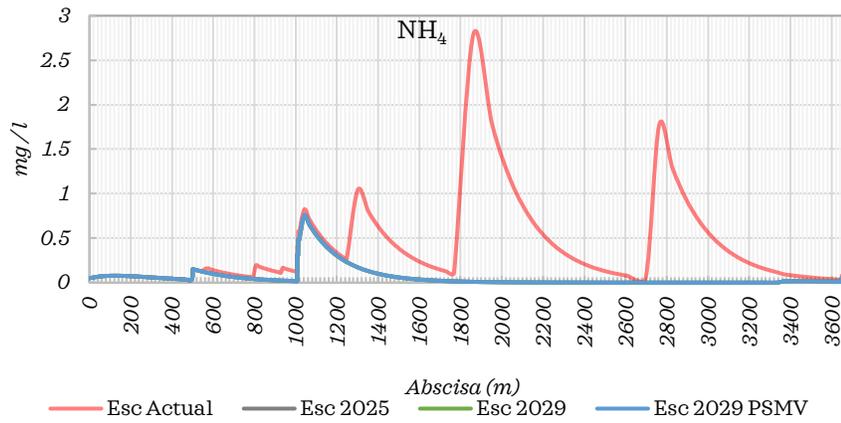


Figura 440. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Q. El Naranjal.

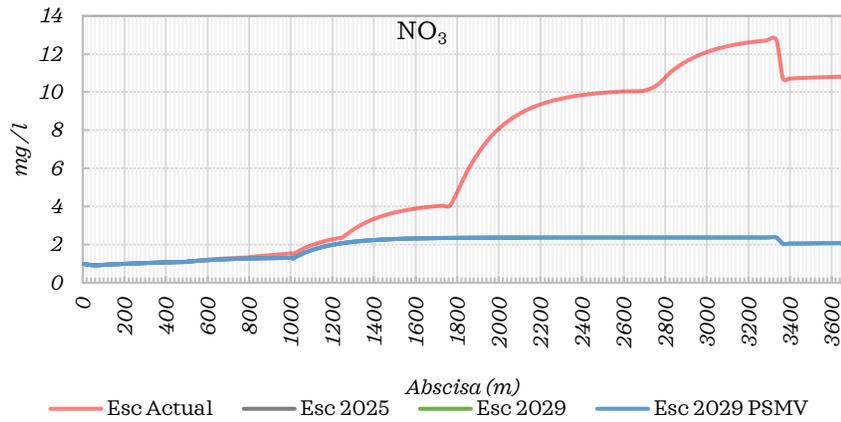


Figura 441. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Q. El Naranjal.

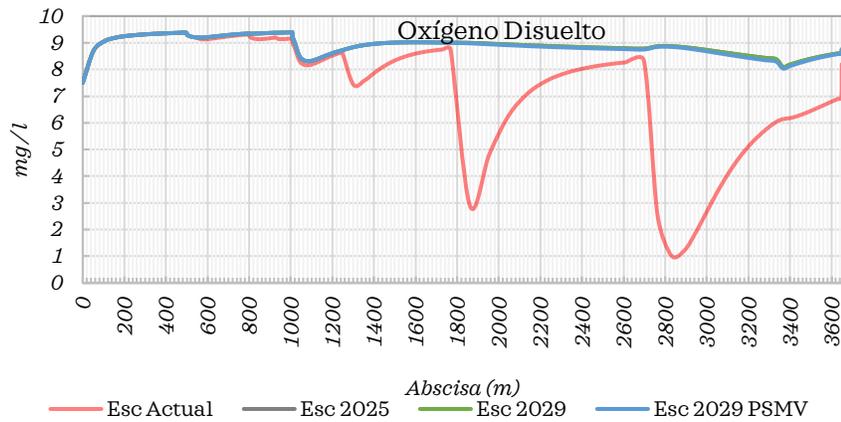


Figura 442. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Q. El Naranjal

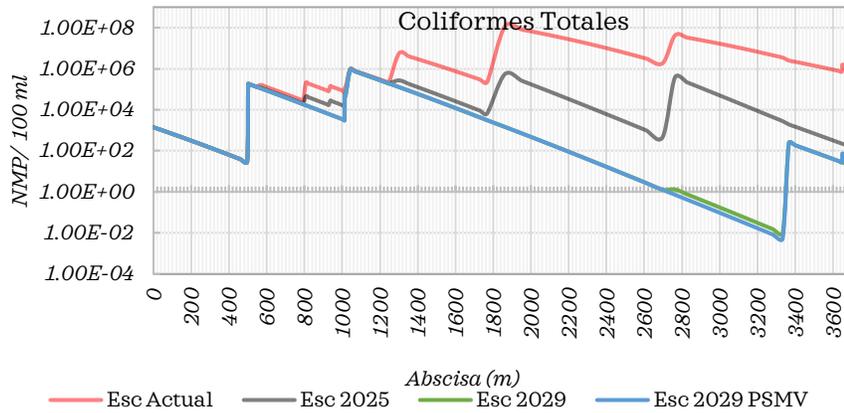


Figura 443. Escenarios de simulación Coliformes Totales Q. El Naranjal

#### 4.17.4 Modelación calidad Quebrada La Congala

Para la modelación de la calidad del agua de la quebrada La Congala, que hace parte del Río Verde, se consideró la esquematización indicada en la Figura 406. El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 408. El escenario 2029 contempla la eliminación del grupo de vertimientos G-VABo1 ubicados en la quebrada Agua Bonita y el vertimiento VCon1 y la puesta en operación de una PTAR en este último sitio. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. En este caso se presentan los resultados de la modelación en la Figura 444 a Figura 450, demostrando la capacidad del escenario 2029 para mejorar las condiciones de calidad en el cauce principal de la corriente.

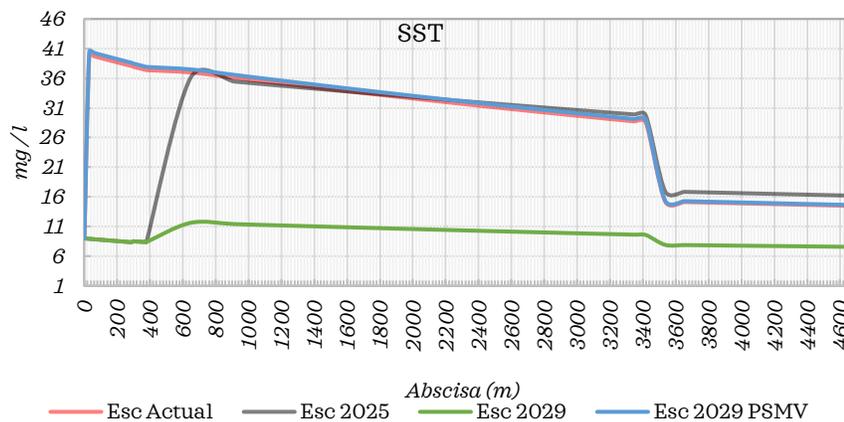


Figura 444. Escenarios de simulación SST quebrada La Congala

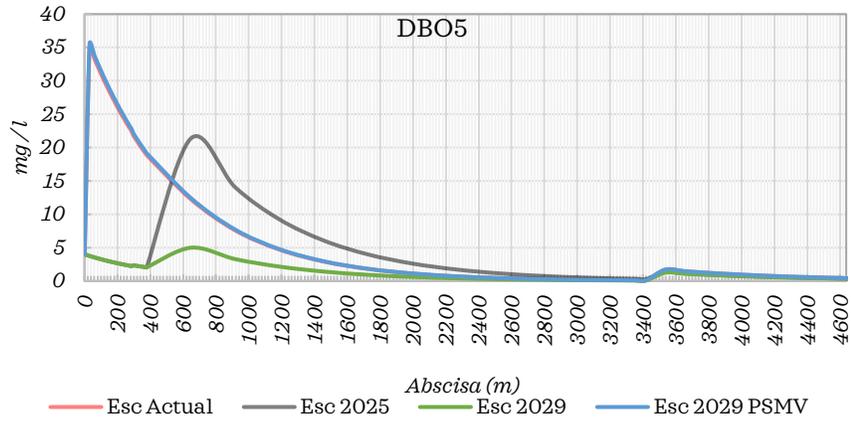


Figura 445. Escenarios de simulación DBOC quebrada La Congala;

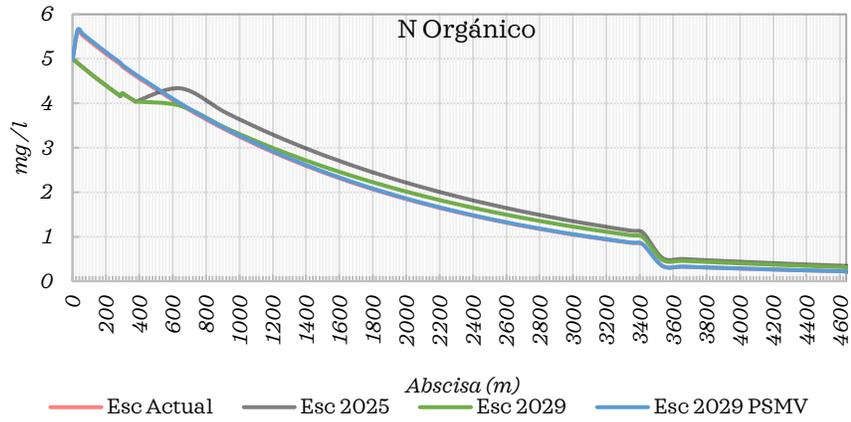


Figura 446. Escenarios de simulación de N Orgánico, quebrada La Congala

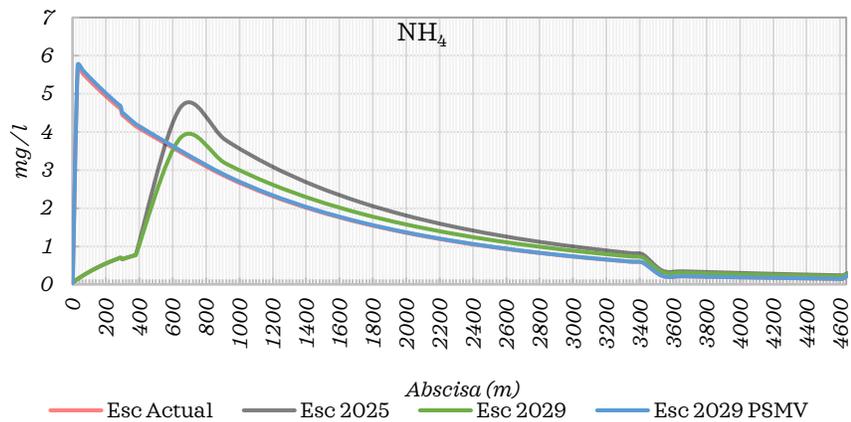


Figura 447. Escenarios de simulación de NH<sub>4</sub> quebrada La Congala

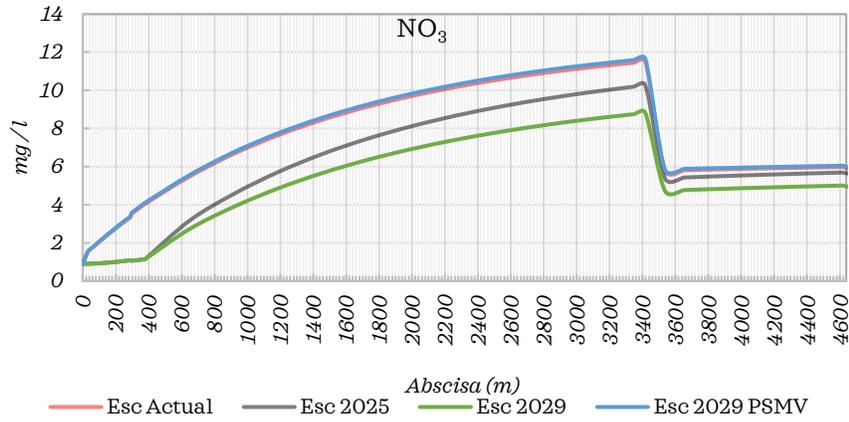


Figura 448 Escenarios de simulación de NO<sub>3</sub> quebrada La Congala

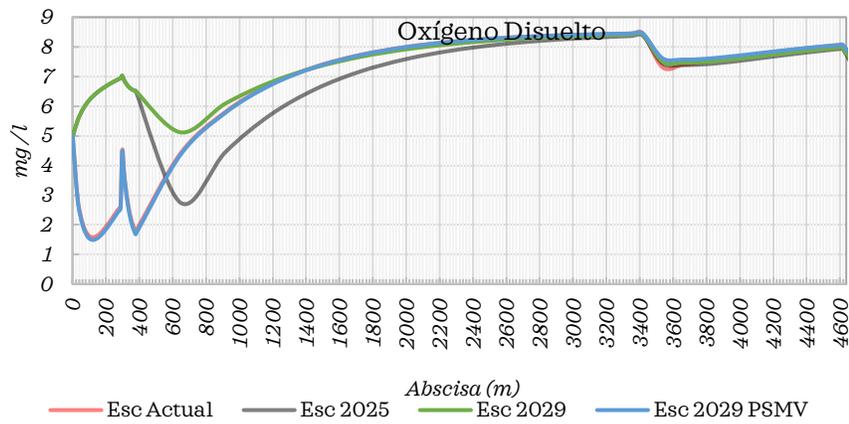


Figura 449 Escenarios de simulación de Oxígeno Disuelto quebrada La Congala

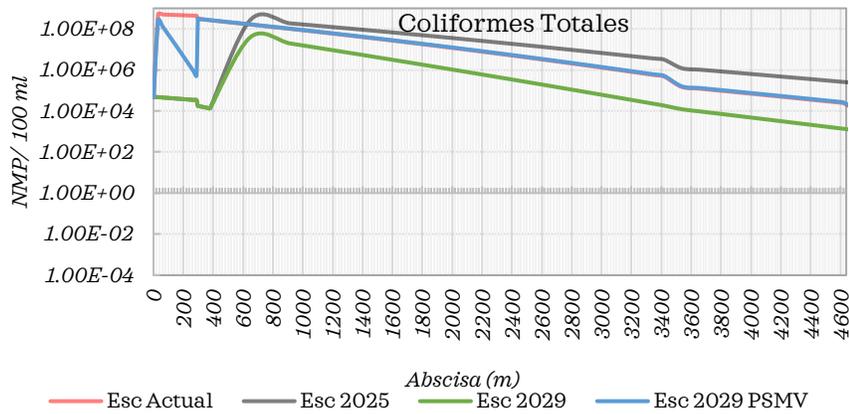


Figura 450. Escenarios de simulación Coliformes Totales quebrada La Congala



#### 4.17.5 Modelación calidad Río Santo Domingo

Para la modelación de la calidad del agua del Río Santo Domingo -Río Verde- se consideró la esquematización indicada en la Figura 406 para el escenario actual y Figura 407 para la simulación de 2025, mientras que el escenario 2029, se basa en la conceptualización de 2025 y se incluye el funcionamiento de una planta de tratamiento entre las coordenadas N 990185.64 - W 1158072.50 (proyección Magna Colombia Oeste EPSG 3115). El esquema que soporta el escenario 2029-PSMV se presenta en la Figura 408. En el proceso se implementó el modelo con la información presentada en la sección 4.2 y las curvas de gasto incluidas en la Tabla 27. los resultados permiten constatar que el escenario 2029 implica un mejoramiento en las condiciones de calidad del agua del río Santo Domingo al punto de permitir conservar valores de oxígeno disuelto por encima de 5 mg/l en todo el tramo modelado (Figura 451 - Figura 457).

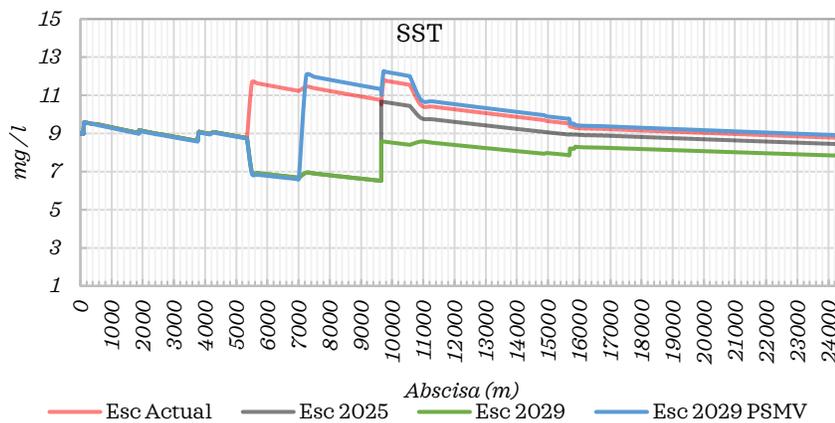


Figura 451. Escenarios de simulación SST Río Santo Domingo.

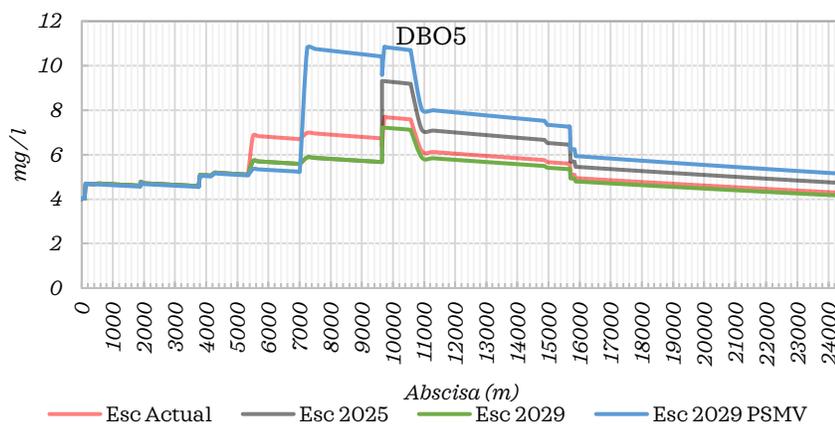


Figura 452. Escenarios de simulación DBOC Río Santo Domingo

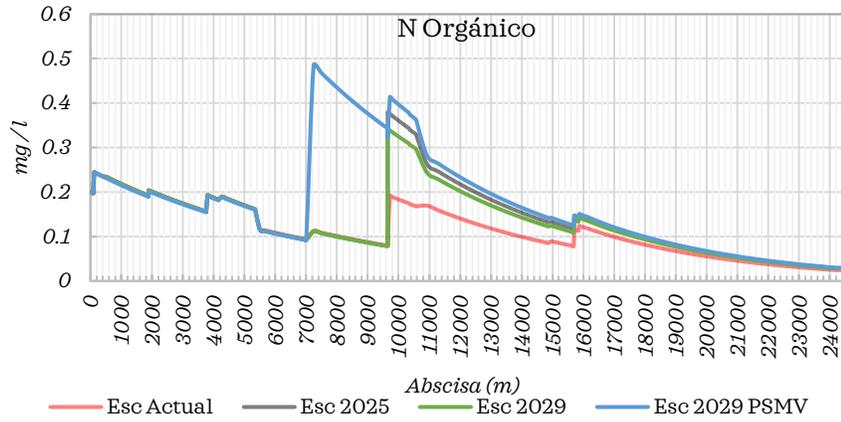


Figura 453. Escenarios de simulación N orgánico Río Santo Domingo

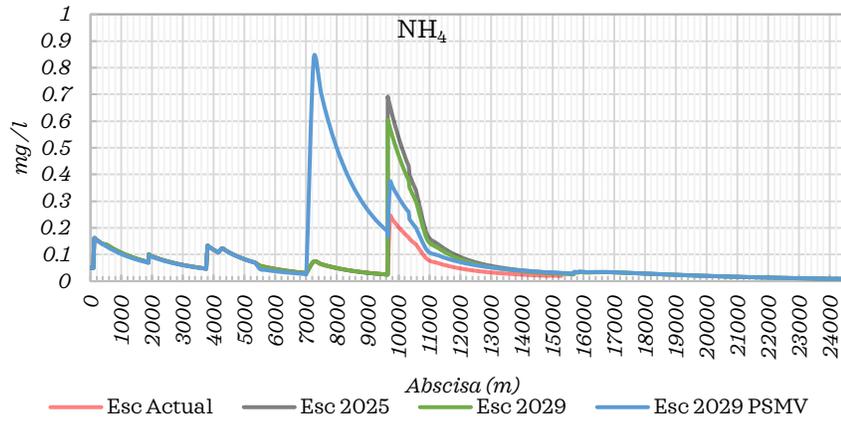


Figura 454. Escenarios de simulación NH<sub>4</sub> Río Santo Domingo

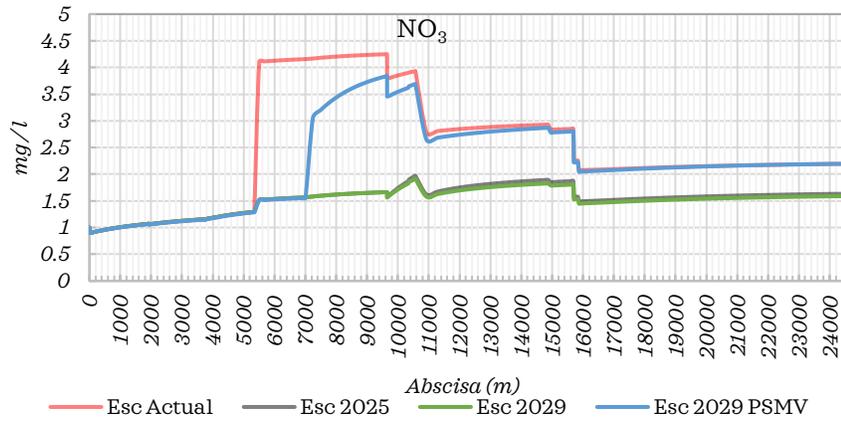


Figura 455. Escenarios de simulación NO<sub>3</sub> Río Santo Domingo.

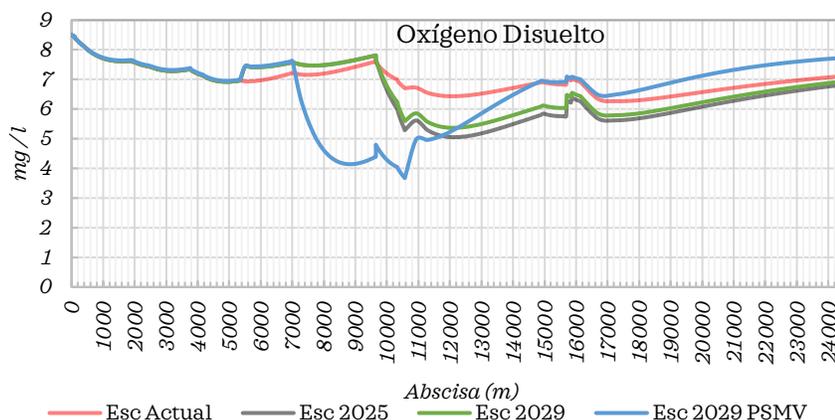


Figura 456. Escenarios de simulación oxígeno disuelto Río Santo Domingo.

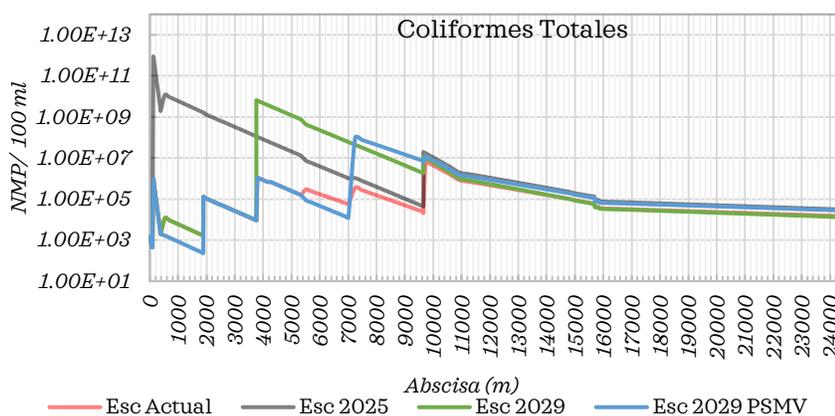


Figura 457. Escenarios de simulación Coliformes Totales Río Santo Domingo.

## 5 DETERMINACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES Y OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA

Los objetivos de calidad del agua para los 37 tramos definidos en la sección 3.9.3 se formularon a partir del establecimiento de los usos potenciales del agua en cada tramo, con base en los resultados de la modelación de la calidad del agua en los escenarios propuestos (2019, 2029 y 2029-PSMV). Para tal fin, se identificaron los valores críticos de los parámetros de calidad del agua modelados en cada tramo y para cada escenario de saneamiento, luego se calcularon los potenciales usos que podría tener el agua con referencia a los criterios de calidad del agua por cada tipo de uso reglamentados para Colombia (Sección 9 del Decreto 1076 de 2015 del MADS) y criterios de determinantes de calidad del agua no contemplados en dicha norma tomando como referencia los valores propuesto por Sierra

(2011). Finalmente, los usos potenciales para cada tramo se clasificaron en las categorías definidas en la Tabla 30 y se codificó cada tipo de uso como se indica en la misma tabla.

### 5.1 Criterios de calidad por tipo de uso del agua

Para definir los criterios de calidad del agua en las corrientes hídricas superficiales del departamento del Quindío, se aplicó la normatividad vigente (Sección 9 del Decreto 1076 de 2015 del MADS), y la compilación de literatura internacional realizada por Sierra (2011), de manera que a partir de la legislación vigente se establecieron los criterios para definir los potenciales usos del agua en este estudio (Tabla 29).

Tabla 29. Criterios de calidad del agua para la definición de objetivos de calidad en corrientes hídricas del Quindío.

Usos del Agua	DBO <sub>5</sub> [mg/L O <sub>2</sub> ]	SST [mg/L]	Oxígeno Disuelto [mg/L O <sub>2</sub> ]	Coliformes Totales [NMP/100 mL]	Nitrógeno Amoniacal [mg/L N - NH <sub>3</sub> ]	Nitritos + Nitratos [mg/L N]
Consumo humano y doméstico (Solo Desinfección)	-	-	-	20000	1	10
Consumo humano y doméstico (Tratamiento convencional)	-	-	-	20000	1	10
Preservación de flora y fauna	-	-	5	-	-	-
Agrícola con restricciones	10	30	2	-	5	-
Agrícola sin restricciones	30	-	-	5000	5	-
Pecuario	-	-	4	-	1	100
Recreativo contacto primario	20	500	5	1000	2.5	-
Recreativo contacto secundario	10	-	2	5000	3	-
Industrial	-	1000	2	-	1	10
Industrial: explotación manual de material de construcción y material de arrastre	-	1000	2	5000	1	10
Estético	30	-	2	-	-	-
Pesca, Maricultura y Acuicultura	-	-	2	-	3	-
Navegación y Transporte Acuático	-	-	-	-	-	-

### 5.1 Categorías de uso potencial del agua

Las categorías de uso potencial para las corrientes hídricas superficiales del departamento del Quindío se definieron agrupando tipos de uso con similares restricciones de valores críticos permisibles según los criterios de calidad establecidos, tal como se presentan en la Tabla 30.

Tabla 30. Categorías de uso potencial del agua en corrientes hídricas superficiales del Quindío.

Categoría	Usos potenciales	Convención	Código
<b>A</b>	Preservación de fauna y flora. Recreativo con contacto secundario. Agrícola sin restricciones. Industrial: explotación manual de material de construcción y material de arrastre		3,8,5,10
<b>B</b>	Consumo humano y doméstico con solo desinfección. Consumo humano y doméstico con tratamiento convencional. Agrícola con restricciones. Recreativo contacto primario.		1,2,4,7
<b>C</b>	Pecuario. Industrial. Estético. Pesca, y Acuicultura.		6,9,11,12
<b>D</b>	Asimilación y transporte.		13

En la Tabla 32 se presentan los valores máximos de los determinantes de calidad del agua modelados para cada tramo en los tres escenarios, a excepción de oxígeno disuelto, para el cual se adopta el valor mínimo del respectivo escenario. Para establecer los usos potenciales se emplearon tres escenarios de modelación Tabla 31, el escenario 2019, escenario 2029 y escenario 2029-PSMV. Los resultados del escenario 2025 no se utilizaron para determinar los usos potenciales ya que corresponde a una situación intermedia entre los efectivamente considerados.

Tabla 31. Escenarios considerados para establecer los objetivos de calidad en corrientes hídricas superficiales del Quindío.

Escenario	Descripción
<b>E-2019</b>	Comportamiento actual de la calidad del agua en las corrientes analizadas en este estudio, a partir de mediciones de campo y reporte de laboratorio.
<b>E-2029</b>	Corresponde a la construcción de la PTAR proyectada y funcionando con una eficiencia mínima de remoción correspondiente a: 80% SST, 80% CT, 80% de DBOC, 20% NH <sub>4</sub> , 20% NO <sub>3</sub> .
<b>E-2029-PSMV</b>	Corresponde a la programación de eliminación de vertimientos, construcción de las PTAR proyectadas en los PSMV de los 12 municipios del departamento y su funcionamiento con una eficiencia mínima de remoción correspondiente a: 80% SST, 80% CT, 80% de DBOC, 20% NH <sub>4</sub> , 20% NO <sub>3</sub>

Tabla 32. Valores críticos obtenidos en modelación de calidad del agua para la definición de objetivos de calidad del agua por corriente para cada escenario

Corriente	E-2019 (Actual)						E-PSMV-2029						E-2029					
	DBO5 mg/l	SST mg/l	OD mg/l	CT NMP	NH4 mg/l	NO3 mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l	OD mg/l	CT NMP	NH4 mg/l	NO3 mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l	OD mg/l	CT mg/l	NH4 mg/l	NO3 mg/l
Quebrada La Florida	40.2	39.9	1.5	1.16E+08	5.5	19.7	4.0	9.0	4.8	1.00E+03	0.1	1.0	18.9	22.3	2.0	8.02E+07	2.4	6.1
Quebrada El Pescador	46.1	39.6	2.3	2.54E+08	6.9	17.2	46.1	39.6	-1.1	2.54E+08	6.9	16.5	14.1	15.2	-0.5	5.34E+07	8.0	14.8
Quebrada El Naranjal	33.6	32.4	1.0	1.14E+08	2.8	12.8	9.0	9.0	7.5	9.00E+05	0.8	2.4	10.4	9.0	7.5	8.97E+05	0.8	2.4
Río Santo Domingo	7.7	11.8	6.3	6.94E+06	0.2	4.2	10.8	12.3	3.7	9.80E+07	0.8	3.8	7.2	9.6	5.4	6.55E+09	0.6	1.9
Río Verde	4.8	9.5	5.5	1.60E+06	0.1	2.5	4.0	9.0	6.1	3.01E+05	0.1	2.2	4.8	9.5	5.5	6.18E+03	0.1	2.5
Quebrada La Picota	7.7	10.5	6.0	8.76E+04	0.5	2.0	7.9	10.5	6.3	8.63E+04	0.5	2.0	7.6	10.4	6.0	7.04E+04	0.4	2.0
Quebrada Las Delicias (Las Margaritas)	6.9	9.7	6.2	1.71E+05	0.1	1.2	6.9	9.7	6.2	5.43E+04	0.1	1.2	6.9	9.7	6.2	1.65E+05	0.1	1.2
Quebrada Cristales	354.9	15.9	2.2	3.10E+06	3.4	6.8	387.6	17.3	1.5	3.39E+06	3.7	3.8	387.6	17.3	1.5	3.39E+06	3.7	3.6
Quebrada San Nicolas	54.0	68.5	-0.1	4.24E+07	5.4	16.3	4.6	9.0	5.9	1.00E+03	0.1	1.1	57.9	74.3	-0.9	4.72E+07	5.9	17.7
Quebrada Santa Rita	5.1	9.0	6.7	1.55E+04	0.1	0.4	5.1	9.0	6.7	1.55E+04	0.1	0.4	5.1	9.0	6.7	1.55E+04	0.1	0.4
Quebrada Hojas Anchas	45.0	46.1	3.4	4.11E+08	6.7	13.0	44.2	46.0	3.4	4.11E+08	6.7	12.3	40.4	44.8	3.8	4.10E+08	6.4	11.6
Quebrada Armenia	79.8	80.8	4.5	1.19E+09	12.5	19.8	86.6	87.6	4.2	1.29E+09	13.6	20.6	12.7	11.3	5.1	1.65E+07	1.7	3.1
Quebrada La Camelia	125.5	96.8	1.9	4.37E+08	20.4	30.6	127.0	104.8	1.7	4.42E+08	20.7	30.4	9.6	11.3	5.1	8.66E+04	0.5	2.1
Quebrada Los Quindos	107.7	102.5	0.7	2.29E+08	21.5	33.0	117.4	111.7	0.2	2.50E+08	22.4	34.9	9.6	11.3	5.1	8.66E+04	0.6	2.2
Río Espejo	60.7	55.8	3.3	5.47E+08	9.4	16.6	60.7	55.8	3.3	5.47E+08	9.4	16.0	60.7	55.8	3.3	5.47E+08	9.4	13.2
Quebrada Cajones (Montenegro)	76.1	71.9	0.9	1.44E+09	12.5	16.2	19.7	18.2	4.2	2.58E+08	12.8	13.3	36.2	33.7	4.8	2.72E+08	11.1	12.6
Quebrada Buenavista	5.0	13.1	5.9	2.07E+04	1.6	5.6	5.0	12.4	6.5	2.51E+04	0.4	2.0	5.0	8.8	5.8	2.25E+04	0.8	5.6
Río Grís	3.0	9.0	6.0	1.68E+05	0.3	1.2	3.0	9.0	6.1	1.12E+04	0.3	1.2	3.0	9.0	6.1	1.36E+04	0.3	1.2
Río San Juan	4.9	13.7	6.8	2.08E+06	0.4	1.4	3.4	13.7	6.8	3.55E+05	0.3	1.3	4.0	13.7	6.8	6.00E+05	0.2	1.2
Río Rojo	4.2	9.0	7.1	3.26E+03	0.2	2.0	4.0	9.0	7.1	3.26E+03	0.2	2.0	4.0	9.0	7.1	3.26E+03	0.2	2.0
Quebrada San José	166.1	171.6	4.8	7.88E+07	26.7	17.8	5.9	10.1	5.2	2.83E+05	1.3	14.5	33.3	34.5	7.1	3.37E+06	21.4	14.2

Corriente	E-2019 (Actual)						E-PSMV-2029						E-2029					
	DBO5 mg/l	SST mg/l	OD mg/l	CT NMP	NH4 mg/l	NO3 mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l	OD mg/l	CT NMP	NH4 mg/l	NO3 mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l	OD mg/l	CT mg/l	NH4 mg/l	NO3 mg/l
Río Lejos	4.8	11.2	6.1	2.68E+05	0.2	1.1	4.8	11.2	6.1	2.68E+05	0.2	1.1	4.5	11.4	6.1	1.20E+05	0.2	1.1
Quebrada El Inglés	14.9	15.6	5.5	2.09E+06	1.3	1.0	8.0	9.0	5.7	1.84E+03	0.1	1.0	9.2	9.8	5.5	1.20E+06	1.2	1.0
Quebrada Agua Bonita	32.4	34.7	2.8	1.09E+08	4.5	6.7	32.9	35.2	2.8	1.11E+08	4.6	6.8	13.3	17.4	5.4	1.02E+07	1.6	3.0
Quebrada La Congala	35.0	39.9	1.6	5.10E+08	5.7	11.5	35.6	40.5	1.5	3.12E+08	5.8	11.6	5.0	11.6	5.0	3.90E+07	3.8	8.8
Quebrada La Española	9.1	9.7	6.0	9.11E+06	0.5	9.0	5.6	9.0	6.0	1.30E+04	0.1	9.0	9.4	9.9	6.0	9.74E+06	0.5	9.0
Quebrada La Siberia	10.1	13.1	4.1	6.96E+05	0.4	2.9	8.5	11.4	2.3	3.42E+06	0.8	3.3	10.3	13.2	4.0	7.42E+05	0.4	3.0
Quebrada la Tulia	65.4	89.0	1.1	2.89E+08	15.1	24.9	4.0	9.0	5.2	5.00E+03	0.1	1.1	4.0	9.0	3.4	4.03E+05	0.3	2.0
Quebrada La Jaramilla	48.9	36.2	0.2	1.73E+08	7.0	20.2	8.0	9.6	3.3	9.02E+07	2.3	9.7	8.5	9.6	3.2	5.78E+07	2.9	6.2
Quebrada Mina Rica	110.5	108.8	1.0	8.38E+08	17.9	12.3	9.6	11.3	5.1	8.66E+04	0.3	1.5	113.9	112.1	0.7	8.67E+08	18.5	12.6
Quebrada Agua Linda	42.6	36.6	7.4	3.78E+04	9.1	15.8	14.3	8.0	5.1	8.66E+04	0.5	1.8	10.1	10.1	0.0	3.00E+07	7.5	11.6
Quebrada La Aldana	149.9	103.3	0.0	4.44E+07	16.3	11.0	68.3	77.1	-3.0	2.35E+07	8.2	9.3	36.2	68.3	4.9	1.57E+07	3.3	4.1
Quebrada Yeguas	42.7	40.5	3.3	5.88E+07	7.5	2.1	10.4	11.4	5.9	8.04E+06	5.5	1.4	10.5	11.6	5.8	7.09E+06	5.6	1.4
Quebrada El Mudo	38.0	51.1	0.3	4.82E+07	12.1	19.0	3.8	9.0	7.5	1.00E+03	0.1	1.1	38.0	51.1	0.3	4.82E+07	12.1	19.0
Quebrada La Calzada	50.2	55.5	2.0	1.51E+08	7.8	12.4	12.6	14.8	-1.8	2.21E+07	7.4	10.2	10.5	13.9	-0.7	8.46E+06	6.4	9.0
Río Boquerón	8.2	22.1	3.7	8.98E+06	0.6	9.1	4.9	9.0	2.3	7.84E+05	0.7	8.0	4.5	9.0	2.6	1.52E+06	0.7	7.6
Quebrada El Reposo	75.2	74.8	3.9	4.16E+09	51.6	31.9	82.1	81.7	3.9	4.54E+09	56.4	34.7	82.1	81.7	3.9	4.54E+09	56.4	34.7





## 5.2 Formulación de objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimientos

Para los determinantes de calidad del agua modelados en cada tramo se asignó el valor de concentración más restrictivo entre los usos potenciales identificados para cada escenario (Tabla 33), de acuerdo con los criterios de calidad del agua establecidos para cada categoría de uso según la Tabla 34.

Tabla 34. Criterios de calidad por categoría de uso

Categoría	A	B	C	D
Usos potenciales	Preservación de fauna y flora. Recreativo con contacto secundario. Agrícola sin restricciones. Industrial: explotación manual de material de construcción y material de arrastre	Consumo humano y doméstico con solo desinfección. Consumo humano y doméstico con tratamiento convencional. Agrícola con restricciones. Recreativo contacto primario.	Pecuario. Industrial. Estético. Pesca, Maricultura y Acuicultura.	Asimilación y transporte*.
Código de usos	3,8,5,10	1,2,4,7	6,9,11,12	13
DBO <sub>5</sub> [mg/L O <sub>2</sub> ]	10	5	20	30
SST [mg/L]	20	20	30	50
Oxígeno Disuelto [mg/L O <sub>2</sub> ]	7	7	5	5
Coliformes Totales [NMP/100 mL]	5000	20000	35000	50000
Nitrógeno Amoniacal [mg/L N - NH <sub>3</sub> ]	1	1	1	5
Nitritos + Nitratos [mg/L N]	10	10	10	10
DQO [mg/L O <sub>2</sub> ]	15	10	25	30
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0

\*Esta categoría se refiere a la función de una corriente de agua como medio natural para recibir, transportar y asimilar sustancias en las aguas de escorrentía. De acuerdo con Sierra (2011), no se requieren criterios de calidad para este uso debido a que cualquier cuerpo de agua puede ser utilizado para asimilar y transportar desechos. Sin embargo, con el propósito de orientar las acciones de saneamiento hídrico hacia un mejoramiento de las condiciones de calidad de los tramos que presenten este uso, se procedió a fijar criterios de calidad en esta categoría. Los aportes de carga en la zona de estudio son principalmente orgánicos para los tramos que presentan este uso ya que sus vertimientos son principalmente domésticos, lo cual confiere una alta capacidad de biodegradabilidad en estas aguas, sin embargo, el grado de biodegradabilidad es variable entre cuerpos de agua por lo que no se debe prescribir una relación constante entre DBO<sub>5</sub> y DQO. Por lo anterior, los criterios de calidad para DBO<sub>5</sub> y DQO deben ser entendidos como valores máximos para cada determinante.

Los objetivos de calidad reportados en la Tabla 35 y Tabla 36 están determinados con base en los usos potenciales reportados en este estudio. Los parámetros de calidad incluidos en la Tabla 35 y Tabla 36 corresponden a los que con mayor frecuencia se miden en el agua para su monitoreo. Para los determinantes de calidad y sustancias que no aparecen en las tablas se deben consultar los criterios presentados en los artículos 2.2.3.3.9.2. a 2.2.3.3.9.13. del Decreto 1076 de 2015 del MADS correspondientes al respectivo uso.

Tabla 35. Objetivos de calidad del agua para los 37 tramos según los resultados del escenario 2029-PSMV

Tramo	Descripción	DBO <sub>5</sub> [mg/L O <sub>2</sub> ]	SST [mg/L]	Oxígeno Disuelto [mg/L O <sub>2</sub> ]	Coliformes Totales [NMP/100 mL]	Nitrógeno Amoniacal [mg/L N - NH <sub>3</sub> ]	Nitritos + Nitratos [mg/L N]	pH	DQO [mg/L O <sub>2</sub> ]	Plomo Total [mg/L]	Mercurio Total [mg/L]	Niquel Total [mg/L]	Cromo Total [mg/L]	Grasas y Aceites (Película flotante)
1	Quebrada La Florida	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
2	Quebrada El Pescador	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
3	Quebrada El Naranjal	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
4	Río Santo Domingo	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
5	Río Verde	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
6	Quebrada La Picota	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
7	Quebrada Las Delicias (Las Margaritas)	10	20	7	5000	1	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
8	Quebrada Cristales	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
9	Quebrada San Nicolas	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
10	Quebrada Santa Rita	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
11	Quebrada Hojas Anchas	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
12	Quebrada Armenia	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
13	Quebrada La Camelia	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
14	Quebrada Los Quindos	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
15	Río Espejo	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
16	Quebrada Cajones (Montenegro)	20	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
17	Quebrada Buenavista	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
18	Río Grís	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
19	Río San Juan	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
20	Río Rojo	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
21	Quebrada San José	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
22	Río Lejos	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
23	Quebrada El Inglés	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
24	Quebrada Agua Bonita	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
25	Quebrada La Congala	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
26	Quebrada La Española	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
27	Quebrada La Siberia	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
28	Quebrada la Tulia	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
29	Quebrada La Jaramilla	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
30	Quebrada Mina Rica	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
31	Quebrada Agua Linda	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
32	Quebrada La Aldana	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
33	Quebrada Yeguas	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
34	Quebrada El Mudo	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
35	Quebrada La Calzada	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
36	Río Boquerón	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
37	Quebrada El Reposo	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente

Tabla 36. Objetivos de calidad del agua para los 37 tramos según los resultados del escenario 2029

Tramo	Descripción	DBO <sub>5</sub> [mg/L O <sub>2</sub> ]	SST [mg/L]	Oxígeno Disuelto [mg/L O <sub>2</sub> ]	Coliformes Totales [NMP/100 mL]	Nitrógeno Amoniacal [mg/L N - NH <sub>3</sub> ]	Nitritos + Nitratos [mg/L N]	pH	DQO [mg/L O <sub>2</sub> ]	Plomo Total [mg/L]	Mercurio Total [mg/L]	Niquel Total [mg/L]	Cromo Total [mg/L]	Grasas y Aceites (Película flotante)
1	Quebrada La Florida	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
2	Quebrada El Pescador	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
3	Quebrada El Naranjal	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
4	Río Santo Domingo	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
5	Río Verde	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
6	Quebrada La Picota	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
7	Quebrada Las Delicias (Las Margaritas)	10	20	7	5000	1	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
8	Quebrada Cristales	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
9	Quebrada San Nicolas	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
10	Quebrada Santa Rita	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
11	Quebrada Hojas Anchas	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
12	Quebrada Armenia	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
13	Quebrada La Camelia	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
14	Quebrada Los Quindos	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
15	Río Espejo	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
16	Quebrada Cajones (Montenegro)	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
17	Quebrada Buenavista	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
18	Río Grís	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
19	Río San Juan	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
20	Río Rojo	5	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	10	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
21	Quebrada San José	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
22	Río Lejos	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
23	Quebrada El Inglés	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
24	Quebrada Agua Bonita	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
25	Quebrada La Congala	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
26	Quebrada La Española	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
27	Quebrada La Siberia	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
28	Quebrada la Tulia	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
29	Quebrada La Jaramilla	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
30	Quebrada Mina Rica	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
31	Quebrada Agua Linda	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
32	Quebrada La Aldana	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
33	Quebrada Yeguas	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
34	Quebrada El Mudo	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
35	Quebrada La Calzada	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
36	Río Boquerón	20	30	5	35000	1	10	5.0-9.0	25	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
37	Quebrada El Reposo	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente

### 5.3 Conclusiones

A partir de las mediciones de campo realizadas durante la ejecución del proyecto se logró caracterizar las principales corrientes superficiales del departamento del Quindío desde el punto de vista de la calidad del agua. Dicha información fue fundamental para la implementación de los modelos matemáticos que describen el comportamiento de la calidad del agua de las 37 fuentes receptoras estudiadas. La calibración lograda en los modelos

matemáticos permite describir el comportamiento de los cuerpos de agua objeto de estudio en este proyecto.

Con base en lo anteriormente expuesto, se presentan las siguientes conclusiones delimitadas por cada corriente principal analizada:

- 1) **Quebrada Agua Linda:** La implementación del colector e interceptores propuestos para el escenario 2025 reduce la carga aportada en la parte alta del tramo por la eliminación de los vertimientos G-VALi1, G-VALi2, VALi2 y G-VALi3. Sin embargo, se descargarían de forma concentrada aguas abajo incrementando la carga puntual en la abscisa 2000 m. lo cual reduciría el oxígeno disuelto con relación al escenario actual aguas abajo del sitio de descarga. El escenario 2029 mejora el estado de la calidad en gran parte del tramo, sin embargo, quedarían algunos vertimientos directos en la parte alta del tramo que continuarían limitando la potencialidad de uso de la fuente hídrica. El escenario 2029-PSMV contempla la eliminación total de los vertimientos de esta corriente y su conducción hacia la PTAR proyectada en la quebrada Buenavista, por lo que se produciría una recuperación satisfactoria de la calidad del agua en la quebrada Agua Linda.
- 2) **Quebrada Buenavista:** Esta fuente hídrica no presenta problemáticas sensibles por reducción del oxígeno disuelto en ninguno de los escenarios pese a recibir una importante carga contaminante doméstica proveniente del centro urbano de Quimbaya, presenta una alta capacidad de autodepuración y degradación de la materia orgánica.
- 3) **Río Verde:** presenta una alta capacidad de autodepuración. La principal fuente de vertimientos corresponde a la quebrada El Naranjal que vierte hacia el Río Santo Domingo, el cual depura con eficiencia dichos vertimiento. En este caso se planteó la construcción de una PTAR en área de influencia de la quebrada Las Marías, de manera que, desde la simulación de la calidad del agua, es posible lograr use remover hasta el 80% de SST, DBO, y CT, así como un 20% de las formas nitrogenadas. En este sentido, los Ríos Santo Domingo y Verde mejoran sus características de calidad del agua en comparación con el estado actual. Para lograr este escenario, es necesaria la construcción de interceptores y colectores en el municipio de Calarcá que permitan transportar las aguas residuales hasta la PTAR propuesta.

Por otra parte, el escenario 2029 propone para la quebrada la Congala la conducción de los vertimientos desde el punto G-VABo1 en la quebrada agua linda y trasegarlos hasta una PTAR propuesta en cercanías al vertimiento codificado como VCon1 sobre la quebrada La Congala, de manera que el tratamiento de las aguas residuales de Barcelona, mejorarán las condiciones de calidad de las quebradas Agua Bonita, La Esmeralda y la Congala, por lo que se contribuye a mejorar las condiciones de calidad del Río Verde. Sin embargo, el escenario 2029-PSMV no contempla acciones de

saneamiento sobre la quebrada La Congala ni Agua Bonita en el Corregimiento de Barcelona, hecho que no tendría un impacto significativo en la calidad del agua del río Verde.

- 4) **Río Espejo:** Las acciones de saneamiento propuestas en Circasia, Armenia y Montenegro presentaron una alta eficiencia para mejorar notablemente la calidad del agua en la Quebrada Yeguas, Quebrada La Aldana, Quebrada Armenia, Quebrada la Camelia, Quebrada Los Quindos y Quebrada Cajones (Montenegro), especialmente en asimilación de carga orgánica y aumento del oxígeno disuelto. A pesar de estas mejoras proyectadas en la calidad de estos afluentes del río Espejo, el cauce principal presenta un efecto positivo en su calidad apreciable entre las abscisas 10000 y 150000 para el escenario 2029. En todos los escenarios se nota que, aunque el río recibe una alta carga contaminante mantiene una gran capacidad de asimilación y autodepuración hacia las abscisas entre 15000 y 40000 m.
- 5) **Río Lejos:** Es este caso, se propone la construcción de una PTAR sobre el área de influencia del río Lejos aguas abajo del centro urbano de Pijao. Mediante colectores e interceptores en el municipio de Pijao se proyecta la conducción de las aguas residuales cerca del sitio de vertimientos VLej1. Dichas obras permitirán mejorar las condiciones de calidad del Agua de la quebrada El Inglés y del Río Lejos.
- 6) **Río Boquerón:** El río Boquerón presenta una alta capacidad de depuración, de manera que se propone la rehabilitación de la PTAR sobre el área de influencia de la quebrada La Calzada cercana al punto de vertimiento VCal3. De esta manera se logra mejorar las condiciones de calidad de la quebrada La Calzada y el Río Boquerón, lo cual es posible mediante la reparación y recuperación de las conexiones hidráulicas de interceptores y colectores en el municipio de Salento para conducir las aguas residuales hasta la PTAR. Una obra de saneamiento adicional propuesta en el escenario 2029-PSMV es la eliminación y conducción de los vertimientos sobre la quebrada El Mudo hasta la PTAR en la quebrada La Calzada, con lo que demuestra una mejora notable en la calidad del agua de la quebrada El Mudo, en detrimento de la calidad de la quebrada La Calzada y aguas debajo de su confluencia con el río Boquerón.
- 7) **Quebrada San Nicolás:** En este cuerpo de agua no se proyectan obras de saneamiento para el periodo de análisis (2019-2029) para los escenarios 2025 y 2029; sin embargo, el escenario 2029-PSMV propone la eliminación de los vertimientos a esta corriente y su tránsito hacia la PTAR proyectada en el río Quindío, con lo que se garantizaría una recuperación significativa de las condiciones de calidad del agua en los determinantes analizados.

- 8) **Quebrada San José:** El cuerpo de agua presenta una alta capacidad de depuración de los vertimientos localizados en dicha corriente, para el periodo de análisis (2019-2029), se plantea la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales (escenarios 2025 y 2029) y la puesta en operación de la PTAR El Recreo según el escenario 2029-PSMV.
- 9) **Quebrada La Picota:** El cuerpo de agua presenta una alta capacidad de depuración de los vertimientos localizados en dicha corriente, de manera que para el periodo de análisis (2019-2029), no se plantea la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales adicional a la existente en los escenarios 2025 y 2029. Sin embargo, se recomienda mejorar la eficiencia de la PTAR existente en el municipio de Buenavista, lo cual permitirá mejorar las características de calidad del agua en la quebrada La Picota. En el escenario 2029-PSMV se proyecta la operación de una PTAR en la quebrada Las Margaritas (Las Delicias), la cual no impactaría notoriamente las condiciones de calidad de la corriente hacia aguas abajo.
- 10) **Quebrada La Florida:** presenta gran cantidad de vertimientos dispersos, de manera que el escenario 2029 propone la construcción de una PTAR cercana a su desembocadura, lo cual contribuirá a mejorar las características de calidad del agua a lo largo del eje del cauce principal. Para tal fin, es necesaria la construcción de colectores e interceptores hasta el sitio de la PTAR proyectada cercana al punto de vertimiento G-VFlo8. El escenario 2029-PSMV propone una solución de saneamiento similar al escenario 2029.
- 11) **Quebrada Cristales:** la corriente presenta una baja capacidad de depuración, de manera que se propone la optimización de la PTAR, cerca al punto de vertimiento VJar3 sobre la quebrada la Jaramilla. Para lograrlo se deben construir interceptores y colectores en el municipio de La Tebaida para eliminar los vertimientos VTul2, G-VTul2 y G-VTul1 para conducir las aguas residuales hasta la PTAR sobre la quebrada La Jaramilla. Así mismo, se propone eliminar los vertimientos VJar2 y G-VJar2 mediante la construcción de interceptores y colectores para conducir las aguas residuales hasta la PTAR en La Jaramilla cerca del sitio de vertimientos Vjar3. De esta manera, se logra mejorar la calidad del agua de las quebradas La Tulia y La Jaramilla, lo cual contribuye a mejorar la depuración de la calidad del agua de la quebrada Cristales en su tramo final.

Por otra parte, se definieron criterios de calidad del agua a partir de la legislación que define los usos del agua, de manera que fuera posible asociar los objetivos de calidad del agua para las corrientes del Quindío según sus usos potenciales. Dicha clasificación se realizó para el comportamiento actual de la calidad del agua en los tramos analizados y para escenarios proyectados (2029 y 2029-PSMV), los cuales consideran la construcción de obras como

colectores e interceptores que permitan la conducción de las aguas residuales hasta el sitio proyectado para la construcción (rehabilitación en el caso de Filandia y Salento, y optimización en el caso de Buenavista y La Tebaida) de una planta de tratamiento de aguas residuales. Particularmente, el año 2029 define la puesta en funcionamiento de la PTAR proyectada.

Los resultados obtenidos de la modelación de la calidad del agua indican que es posible mejorar la calidad de las corrientes objeto de este estudio siempre que se realicen las obras asociadas a cada escenario. Así mismo, es importante aclarar, en el caso de las quebradas: La Florida, El Naranjal, Cristales, La Calzada y La Jaramilla, se logra mejorar la calidad del agua hasta el punto de localización de la PTAR. No obstante, después de la PTAR, se incrementan los niveles de coliformes totales y sólidos suspendidos totales, los cuales son transportados hasta las fuentes receptoras: Río Quindío, Quebrada Cristales, Río Santo Domingo, Río La Vieja y Río Boquerón. Dichas corrientes presentan una alta tasa de autodepuración y el efecto del efluente de las PTAR proyectadas sobre las corrientes receptoras principales no es significativo. Por lo tanto, se espera que, con la implementación de las metas ambientales para las corrientes analizadas y obras asociadas a cada escenario, se logre el mejoramiento de las características de calidad del agua.





## REFERENCIAS

- Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., Yang, H., & Kløve, B. (2015). A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model. *Journal of Hydrology*, 524, 733–752. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.027>
- Chapra, S. C. (1997). *Surface water-quality modeling*. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=lbgsAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=modeling+frameworks,+toxic+substances+notes,+water+pollution+control,+o'connor+1985&ots=LZsXiWzjid&sig=qgiuskXGrGChmqit5NQxbH3IqjI#v=onepage&q=modeling+frameworks%2C+toxic+substa>
- Chapra, S., Pelletier, G., & Tao, H. (2008). *QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.11: Documentation and Users Manual*. (p. 109). p. 109. Retrieved from <http://www.qual2k.com/>
- Churchill, M. A., Elmore, H. L., & Buchingham, R. A. (1964). The Prediction of Stream Reaeration Rates. In *Advances in Water Pollution Research*. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4832-8391-3.50015-4>
- Cole, T., & Wells, S. (2011). *CE-QUAL-W2: A two-dimensional, laterally averaged, hydrodynamic and water quality model, version 3.7. User Manual. Instruction Report EL-11-1* (p. 429). p. 429. Retrieved from [https://archive.org/stream/DTIC\\_ADA172930/DTIC\\_ADA172930\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/DTIC_ADA172930/DTIC_ADA172930_djvu.txt)
- Dillon, P. J., Jeffries, D. S., & Scheider, W. A. (1982). The use of calibrated lakes and watersheds for estimating atmospheric deposition near a large point source. *Water, Air, and Soil Pollution*, 18(1–3), 241–258. <https://doi.org/10.1007/BF02419416>
- Environmental, Y. (2001). Water tracing , in situ dye fluorometry and the YSI 6130 Rhodamine WT Sensor. 1–8.
- Galecio, J. (2007). *Métodos De Aforo Para La Estimación De La Recarga De Acuiferos* (Universidad de Chile). Retrieved from [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/galecio\\_j/sources/galecio\\_j.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/galecio_j/sources/galecio_j.pdf)
- García, B., Peña, L. E., Barrios, M., & Múnera, J. (2016). Uncertainty of discharge estimation in high-grade Andean streams. *Flow Measurement and Instrumentation*, 48, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2016.02.005>
- Gustafsson, T. K., Skrifvars, B. O., Sandström, K. V., & Waller, K. V. (1995). Modeling of pH for Control. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 34(3), 820–827.

<https://doi.org/10.1021/ie00042a014>

- Hunter, K. A. (1983). On the estuarine mixing of dissolved substances in relation to colloid stability and surface properties. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47(3), 467–473. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(83\)90269-7](https://doi.org/10.1016/0016-7037(83)90269-7)
- Jonsson, K., Johansson, H., & Wörman, A. (2003). Hyporheic exchange of reactive and conservative solutes in streams - Tracer methodology and model interpretation. *Journal of Hydrology*, 278(1–4), 153–171. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00140-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00140-9)
- Lepot, M., Momplot, A., Lipeme Kouyi, G., & Bertrand-Krajewski, J. L. (2014). Rhodamine WT tracer experiments to check flow measurements in sewers. *Flow Measurement and Instrumentation*, 40, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2014.08.010>
- Mines, C. H., Ghadouani, A., & Ivey, G. N. (2009). Dying to find the source - The use of rhodamine WT as a proxy for soluble point source pollutants in closed pipe surface drainage networks. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13(11), 2169–2178. <https://doi.org/10.5194/hess-13-2169-2009>
- Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. Título E. , Pub. L. No. Decreto 216 de 2003, 22 De Novi Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico 150 (2000).
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título B. , Pub. L. No. Decreto 216 de 2003, 480 (2010).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Guía Nacional De Modelación Del Recurso Hídrico Para Aguas Superficiales Continentales. Retrieved from [http://www.andi.com.co/Uploads/Guía\\_modelación\\_Final\\_aguasuperficialcontinental.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Guía_modelación_Final_aguasuperficialcontinental.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS. Título D. , Pub. L. No. Decreto 216 de 2003, 282 (2016).
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Resolucion 0330 08jun2017 RAS. , Pub. L. No. Resolución 0330 del 08jun2017, 182 (2017).
- O'Connor, D. (1967a). Models of Sorptive Toxic Substances in Freshwater Systems. III: Streams and Rivers. *Journal of Environmental Engineering*, 3(1), 65–79. <https://doi.org/10.1029/WR003i001p00065>
- O'Connor, D. (1967b). The temporal and spatial distribution of dissolved oxygen in streams.

Water Resources Research, 3(1), 65–79. <https://doi.org/10.1029/WR003i001p00065>

O'Connor, D. (1988). Models of Sorptive Toxic Substances in. *Journal of Environmental Engineering*, 114, 533–551. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1988\)114:3\(533\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1988)114:3(533))

Owens, M., Edwards, R. W., & Gibbs, J. W. (1964). Some reaeration studies in streams. *Air and Water Pollution*, 8, 469. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14215805>

Pubchem. (2018). Rhodamine wt. Retrieved June 28, 2018, from U.S. National Library of Medicine website: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/rhodamine\\_wt#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/rhodamine_wt#section=Top)

Sánchez San Román, F. J. (2013). *Hidrología Superficial y Subterránea*. In Universidad de Salamanca. Salamanca, España: Createspace Independent Pub.

Sierra, CA. (2011). *Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. 460 p.

Sincock, A. M., Wheeler, H. S., & Whitehead, P. G. (2003). Calibration and sensitivity analysis of a river water quality model under unsteady flow conditions. *Journal of Hydrology*, 277(3–4), 214–229. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00127-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00127-6)

Thomann, R. V., & Mueller, J. A. (1987). *Principles of surface water modeling and control* (Harper Int). New York: HarperCollinsPublishers Inc.

Tsivoglou, E. C., & Wallace, J. R. (1972). Characterization of stream reaeration capacity. Office of Research and Monitoring (U. E. P. Agency, Ed.). Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=dmPxAAAAMAAJ&hl=es&pg=GBS.PA5>

World Meteorological Organization. (2008). *Guide to Hydrological Practices WMO-168*. In World Meteorological Organization (Sixth). <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.546602>

## ANEXOS

Anexo 1. Desempeño de los modelos de proyección poblacional candidatos como insumo para la estimación de la demanda hídrica proyectada en el periodo 2019 - 2029

- **Proyección de población Municipio de Armenia**

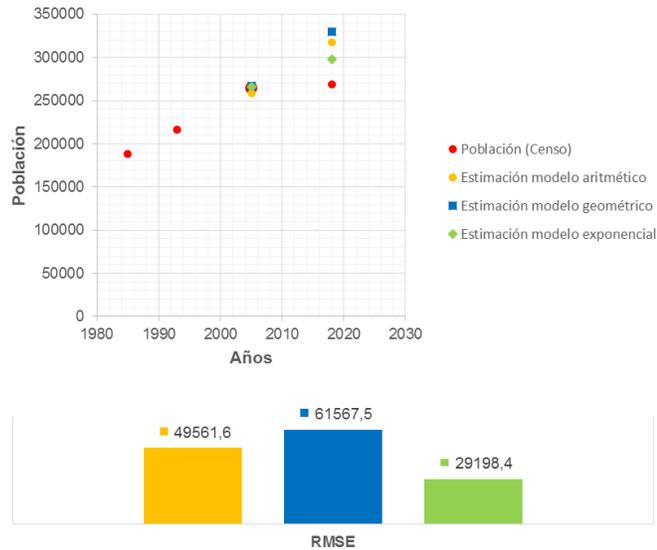


Figura 458.. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Armenia (cabecera)

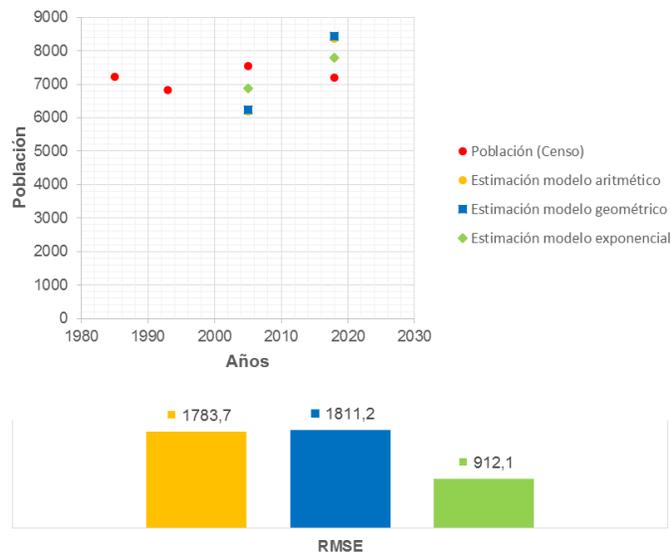


Figura 459. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Armenia (resto)

## Proyección de población Municipio de Buenavista

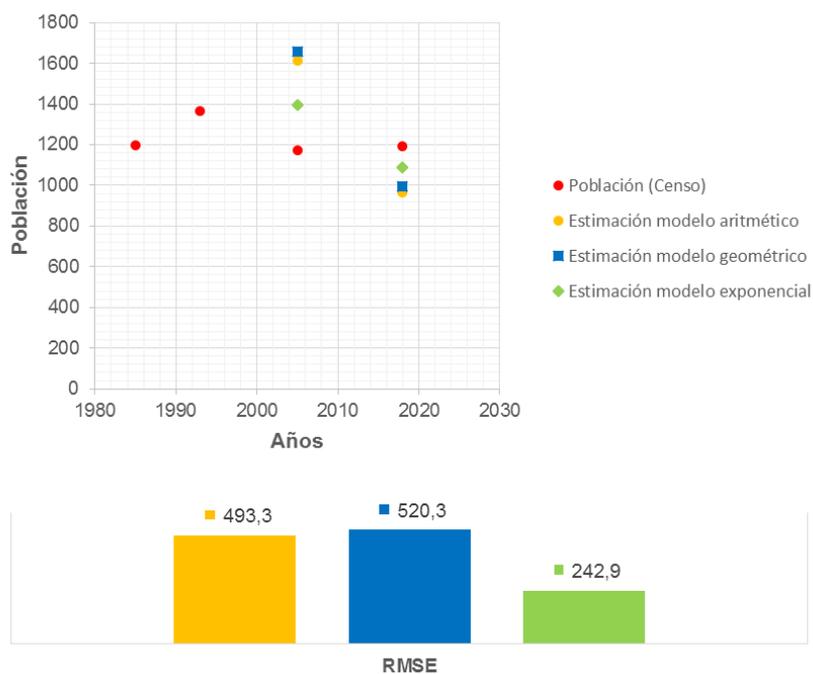


Figura 460. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Buenavista (cabecera)

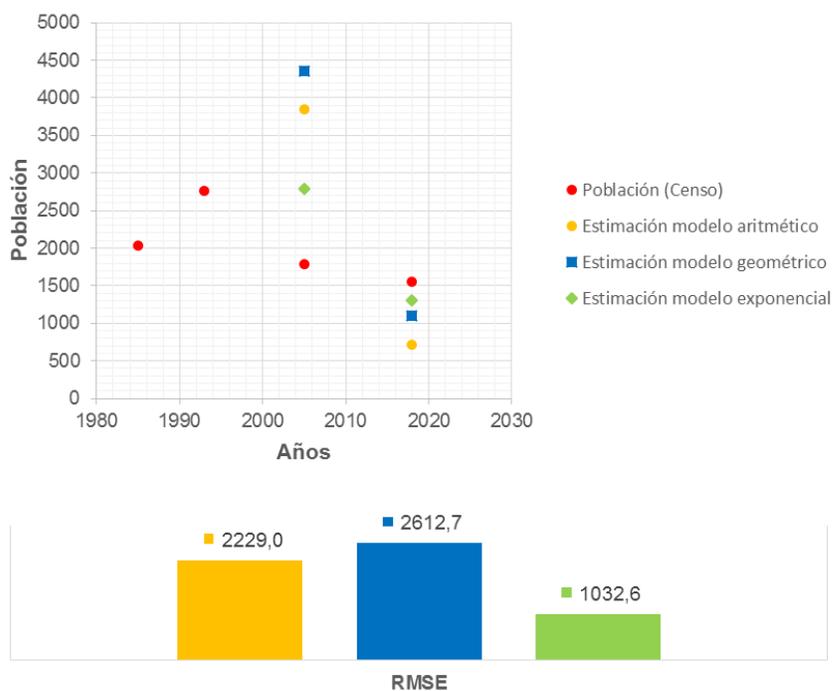


Figura 461. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Buenavista (resto)

- **Proyección de población Municipio de Calarcá**

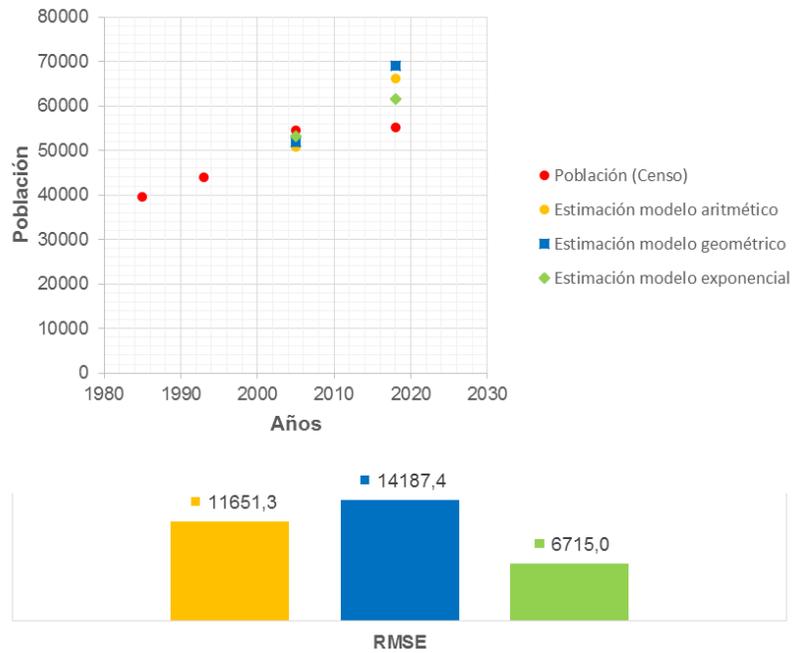


Figura 462.. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Calarcá (cabecera)

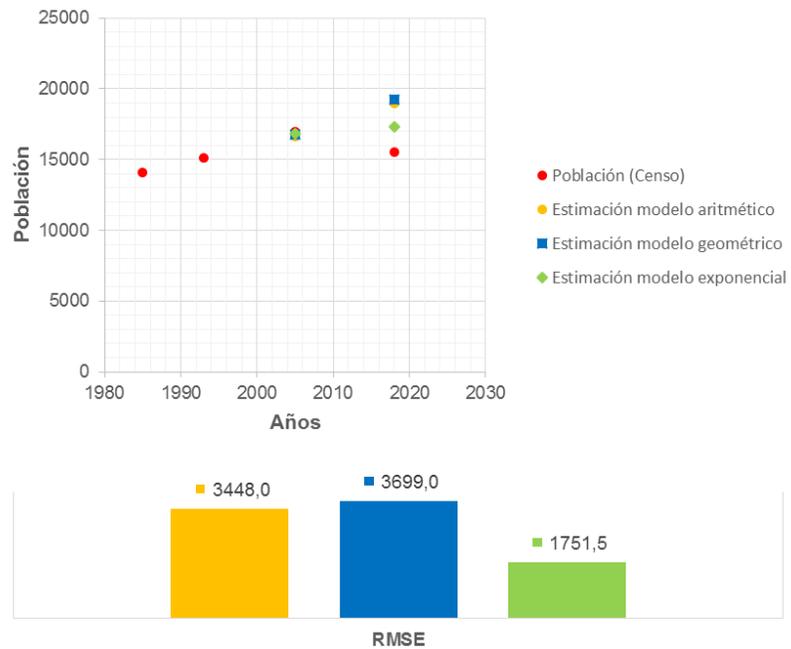


Figura 463. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Calarcá (resto)

- **Proyección de población Municipio de Circasia**

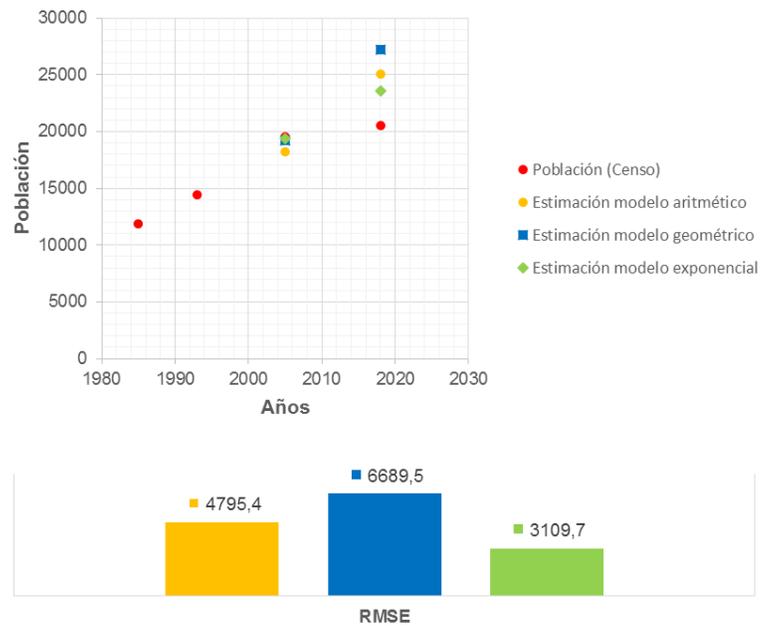


Figura 464. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Circasia (cabecera)

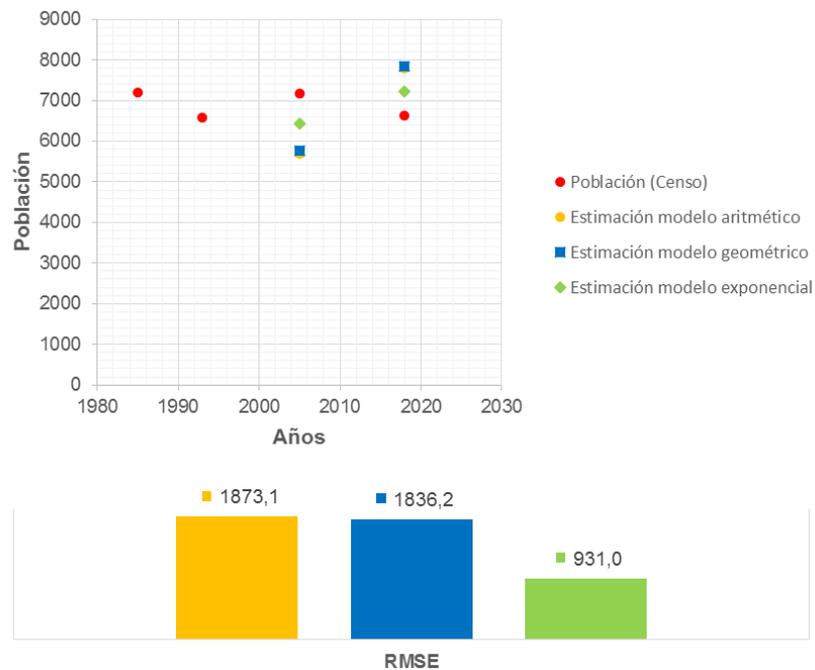


Figura 465. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Circasia (resto)

- **Proyección de población Municipio de Córdoba**

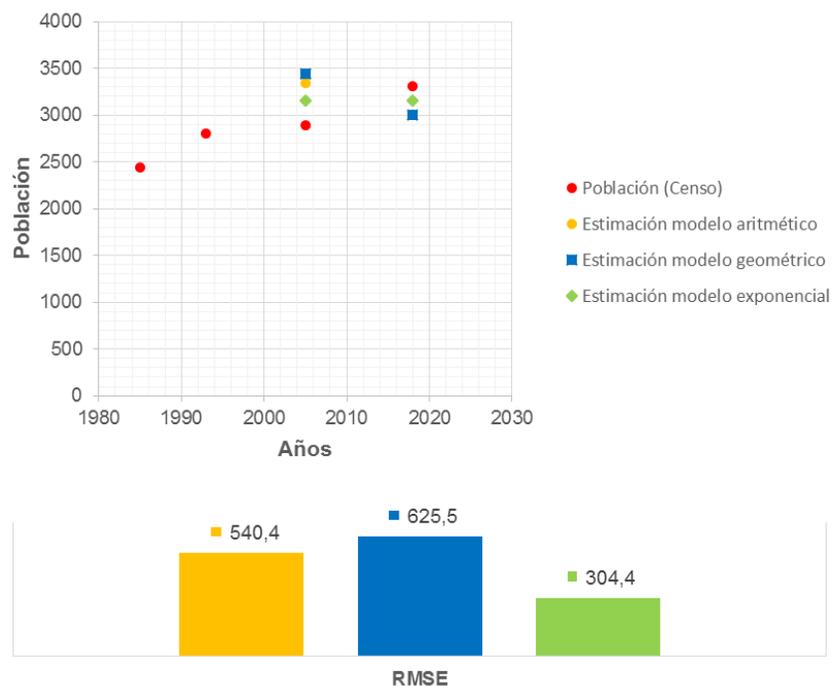


Figura 466.. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Córdoba (cabecera)

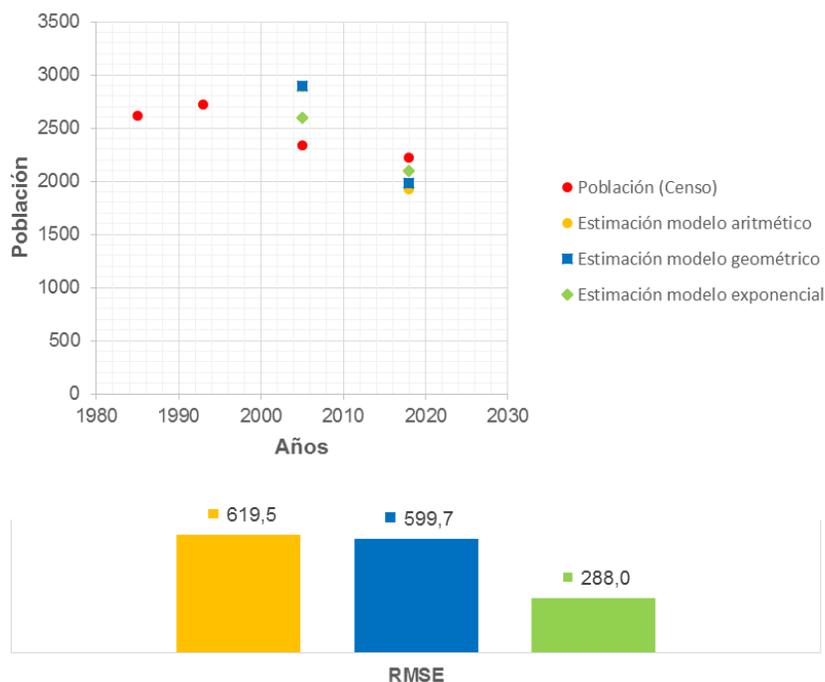


Figura 467. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Córdoba (resto)

- **Proyección de población Municipio de Filandia**



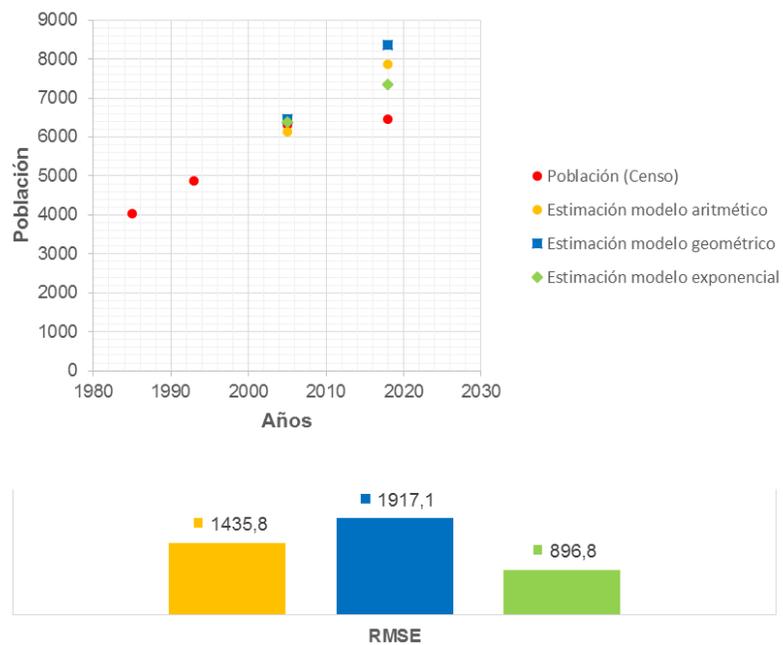


Figura 468. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Filandia (cabecera)

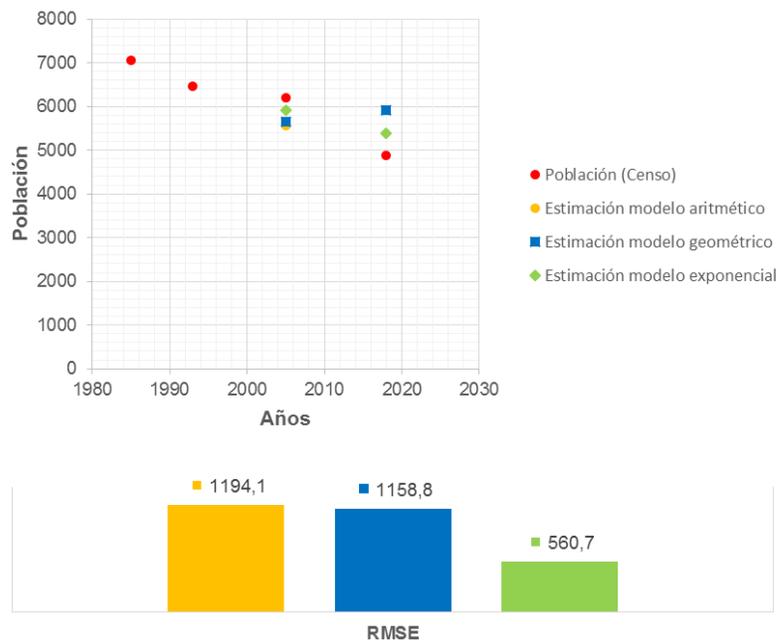


Figura 469.. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Filandia (resto)

- **Proyección de población Municipio de Génova**

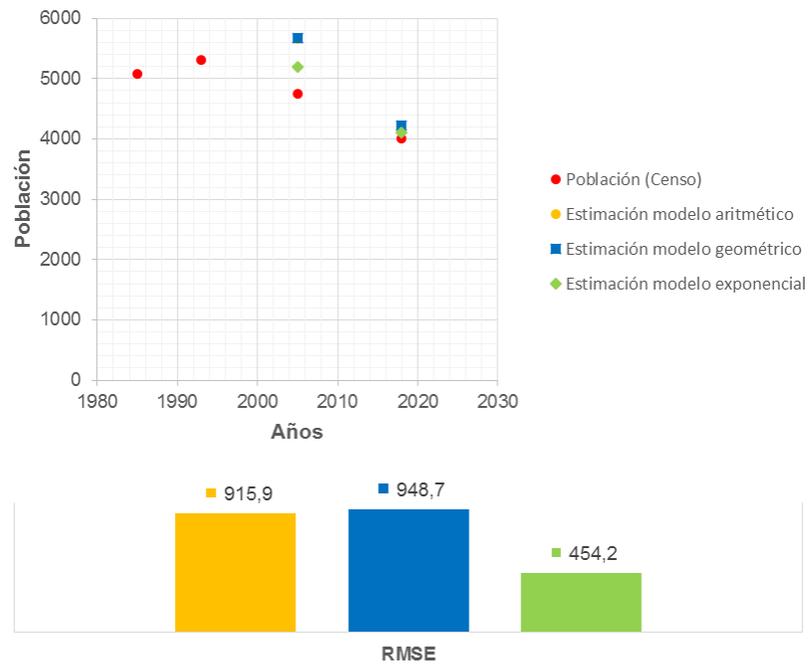


Figura 470.. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Génova (cabecera)

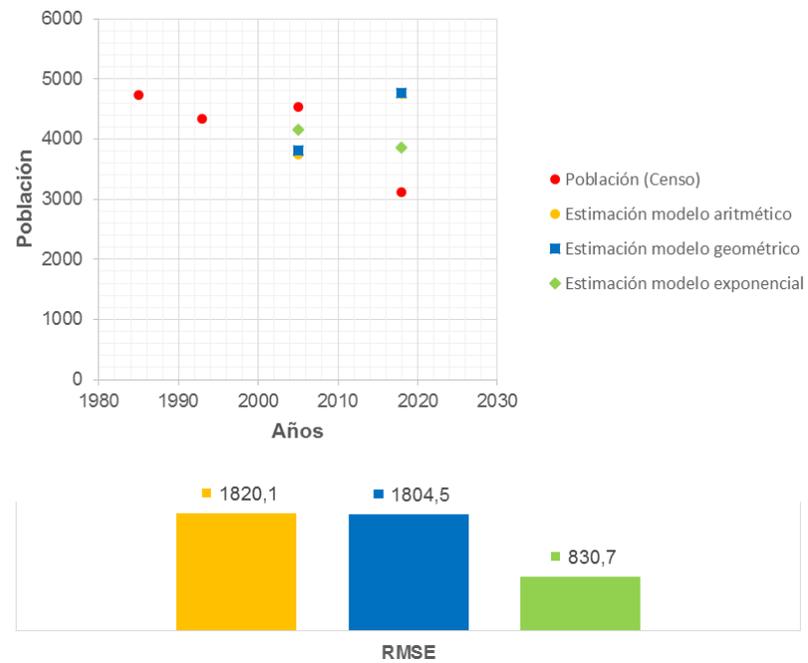


Figura 471. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Génova (resto)

- **Proyección de población Municipio de La Tebaida**

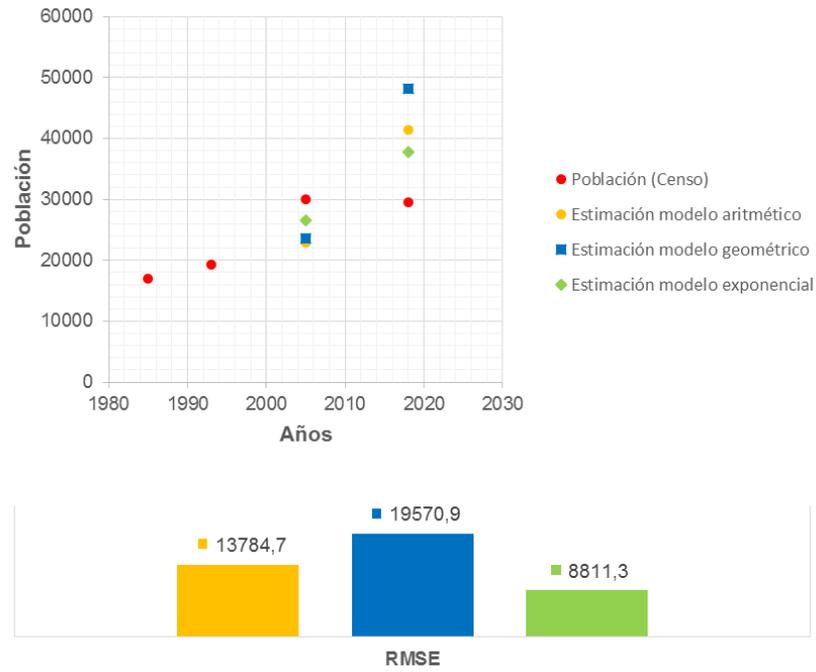


Figura 472. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de La Tebaida (cabecera)

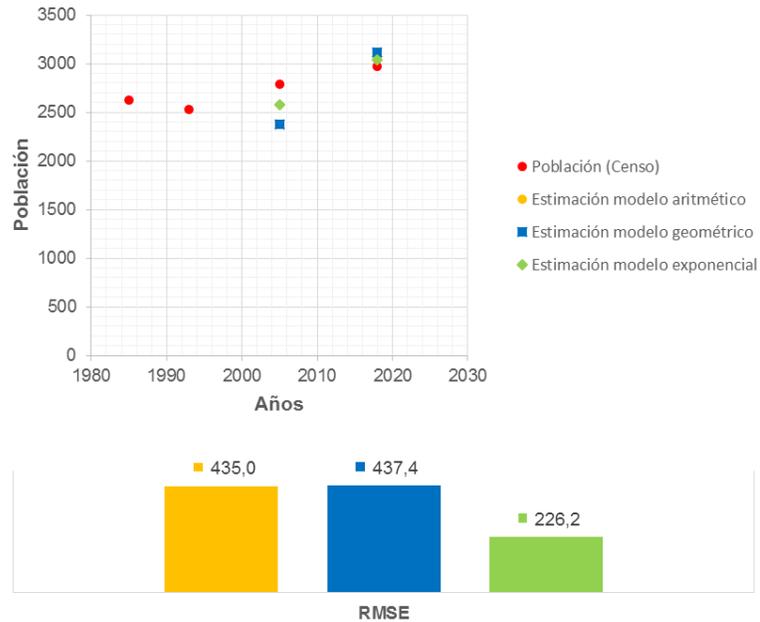


Figura 473. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de La Tebaida (resto)

- **Proyección de población Municipio de Montenegro**

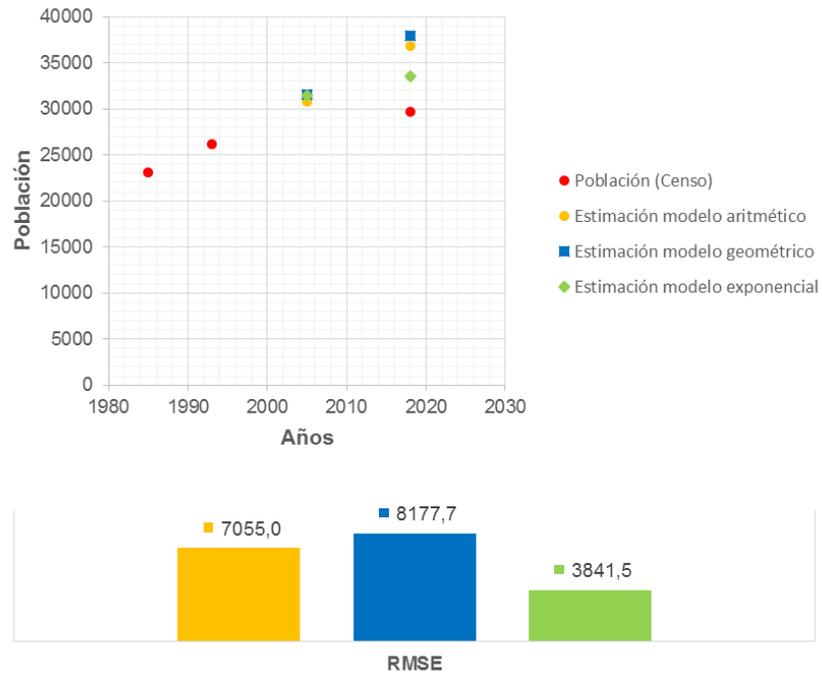


Figura 474. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Montenegro (cabecera)

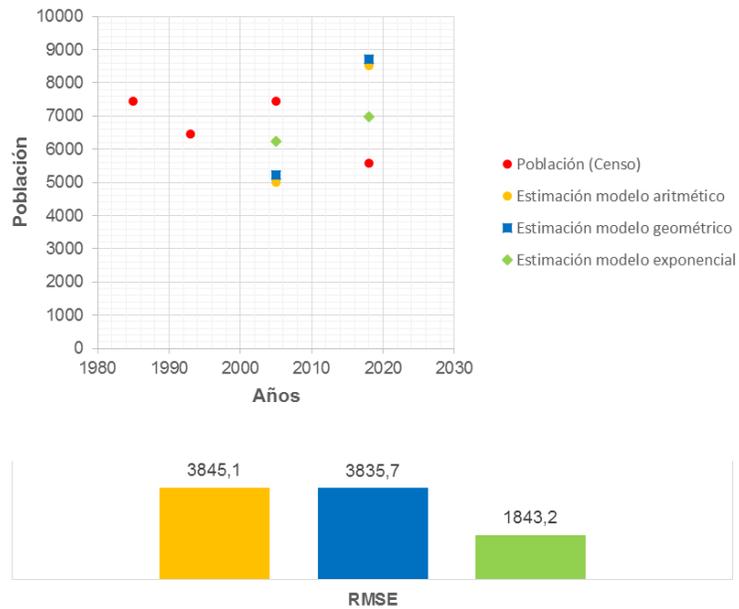


Figura 475. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Montenegro (resto)

- **Proyección de población Municipio de Montenegro**

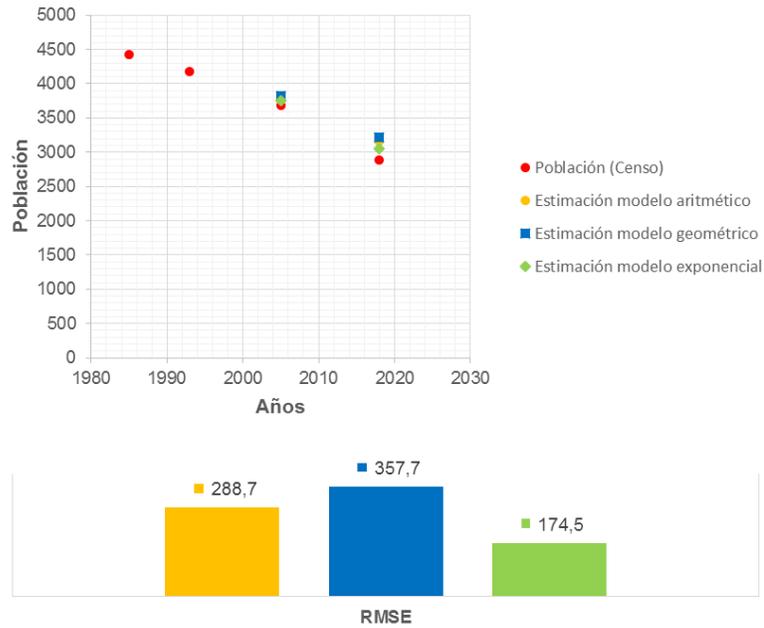


Figura 476. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Pijao (cabecera)

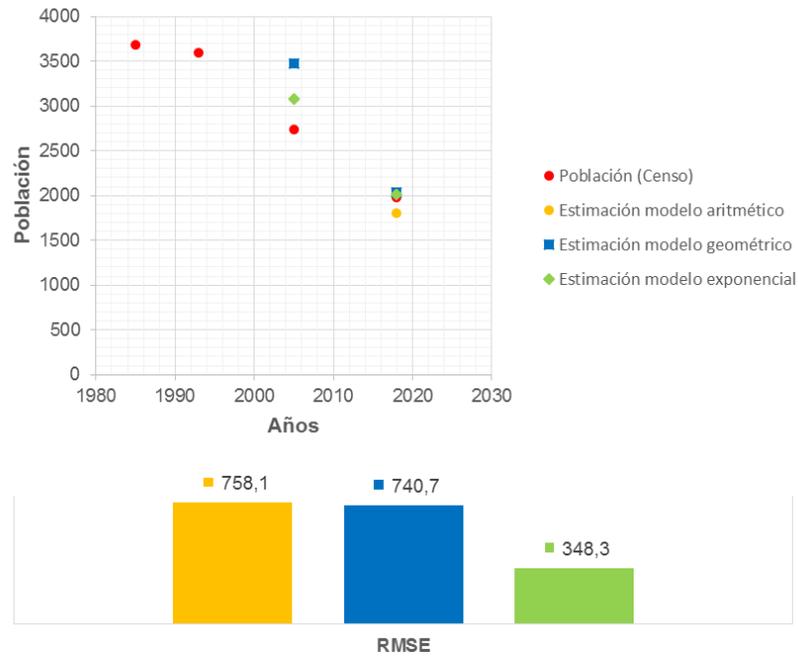


Figura 477. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Pijao (resto)

- **Proyección de población Municipio de Quimbaya**

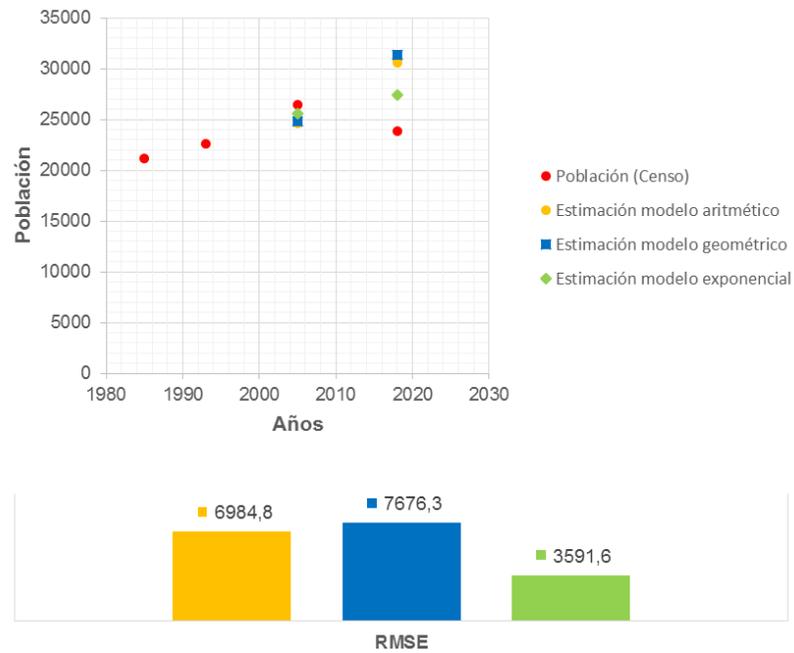


Figura 478. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Quimbaya (cabecera)

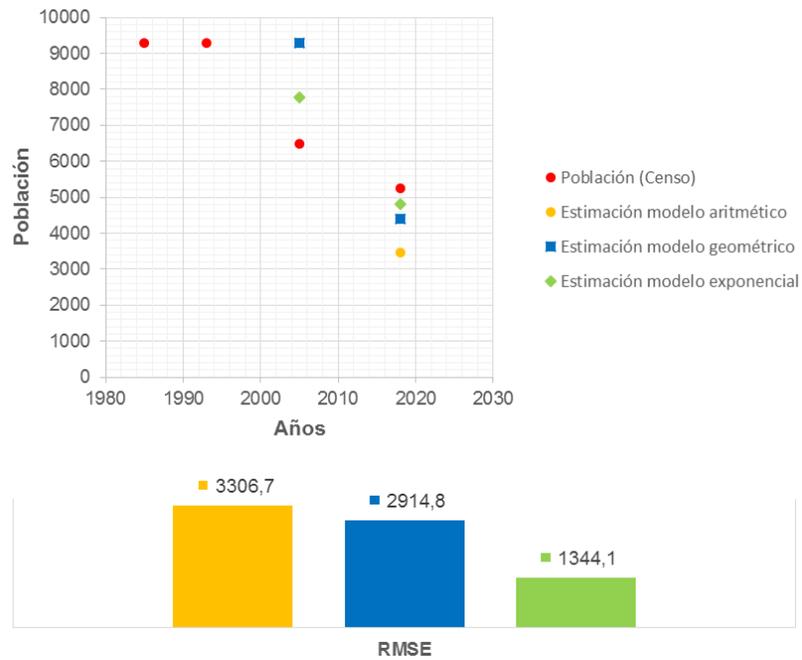


Figura 479. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de

Quimbaya (resto)

• **Proyección de población Municipio de Salento**

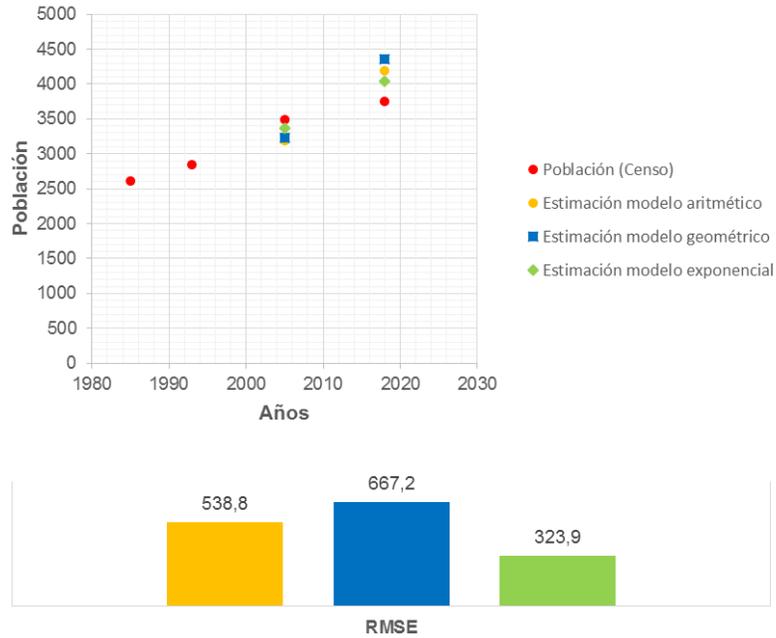


Figura 480. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona urbana de Salento (cabecera)

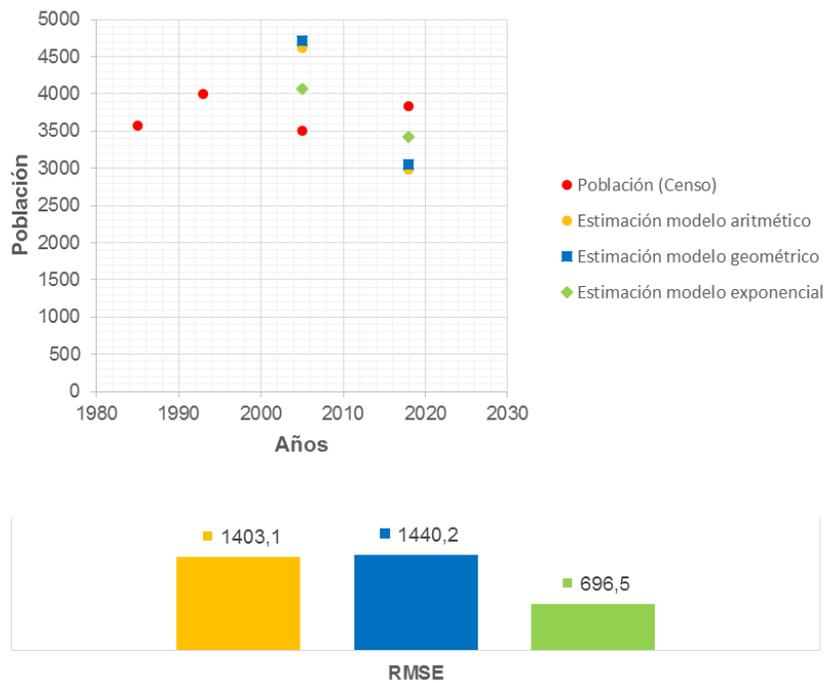


Figura 481. Selección del modelo de mejor ajuste para la proyección de la población en la zona rural de Salento (resto)

Anexo 2. Inventario de vertimientos por fuente hídrica

Nombre CRQ	Latitud	Longitud	Tipo de Vertimiento	Municipio
<b>QUEBRADA AGUA BONITA</b>				
B1	981561.34	1150652.79	Doméstico	Calarcá
B2	981519.79	1150617.40	Doméstico	Calarcá
B3	981529.89	1150591.79	Doméstico	Calarcá
B4	981507.77	1150592.45	Doméstico	Calarcá
B5	981489.31	1150580.14	Doméstico	Calarcá
B11	982125.01	1150743.97	Doméstico	Calarcá
B7	981444.64	1150516.08	Doméstico	Calarcá
<b>QUEBRADA AGUA LINDA</b>				
QAD1*	1003418.06	1146349.16	Doméstico	Quimbaya
QAD2*	1003363.11	1146354.24	Doméstico	Quimbaya
QAD3*	1003570.65	1146182.84	Doméstico	Quimbaya
QAD4*	1003696.39	1146172.54	Doméstico	Quimbaya
QAD5*	1003710.09	1146125.87	Doméstico	Quimbaya
QAD4A*	1003668.85	1146200.57	Doméstico	Quimbaya
QAD5B*	1003663.75	1145891.57	Doméstico	Quimbaya
QAD6*	1003502.13	1145867.53	Doméstico	Quimbaya
QAD7*	1003657.03	1145413.41	Doméstico	Quimbaya
QAD8*	1003691.21	1145368.93	Doméstico	Quimbaya
<b>QUEBRADA ARMENIA</b>				
DCLA_01	994022.71	1154837.40	Doméstico	Armenia
DCLA_02	994014.35	1154807.20	Doméstico	Armenia
DCLA_03	994119.32	1154268.62	Doméstico	Armenia
DCLA_04	994085.78	1154084.60	Doméstico	Armenia
DCLA_05	994158.18	1154007.68	Doméstico	Armenia
DCLA_06	994125.40	1153897.54	Doméstico	Armenia
DCLA_07	994138.06	1153944.82	Doméstico	Armenia
DCLA_08	994102.89	1153825.99	Doméstico	Armenia
DCLA_09	994055.39	1153712.18	Doméstico	Armenia
DCLA_10	994040.26	1153688.68	Doméstico	Armenia
DCLA_10A	993999.25	1153616.76	Doméstico	Armenia
DCLA_10B	994008.77	1153593.74	Doméstico	Armenia
DCLA_11	994016.32	1153368.17	Doméstico	Armenia
DCLA_11A	993963.24	1153306.97	Doméstico	Armenia
DCLA_12	993932.38	1153176.53	Doméstico	Armenia
DCLA_13	993814.40	1152969.58	Doméstico	Armenia
DCLA_14	993824.15	1152944.49	Doméstico	Armenia
DCLA_14A	993791.75	1152803.45	Doméstico	Armenia
DCLA_14B	993710.80	1152569.63	Doméstico	Armenia
DCLA_15	993688.18	1152549.57	Doméstico	Armenia
DCLA_16	993536.24	1152403.43	Doméstico	Armenia
DCLA_38	994103.72	1154575.18	Doméstico	Armenia
DCLA_39	994185.87	1154316.13	Doméstico	Armenia
DCLA_41	994104.35	1153881.27	Doméstico	Armenia
DCLA_43	994000.26	1153274.77	Doméstico	Armenia
DCLA_44	993839.22	1153015.91	Doméstico	Armenia



<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DQA_01	993169.75	1154452.12	Doméstico	Armenia
DQA_02	993177.54	1154464.23	Doméstico	Armenia
DQA_03	993147.71	1154447.08	Doméstico	Armenia
DQA_04	993163.95	1154376.62	Doméstico	Armenia
DQA_05	993121.58	1154156.75	Doméstico	Armenia
DQA_07	993096.99	1154022.95	Doméstico	Armenia
DQA_08	993086.86	1153738.20	Doméstico	Armenia
DQA_09	993108.01	1153773.93	Doméstico	Armenia
DQA_10	993062.16	1153643.40	Doméstico	Armenia
DQA_11	993101.56	1153390.20	Doméstico	Armenia
DQA_12	993113.76	1153308.46	Doméstico	Armenia
DQA_13	993075.91	1153245.69	Doméstico	Armenia
DQA_14	993036.41	1153190.20	Doméstico	Armenia
DQA_17	993124.51	1152854.83	Doméstico	Armenia
DQA_18	993139.24	1152714.19	Doméstico	Armenia
DQA_19	993105.77	1152649.23	Doméstico	Armenia
DQA_20	993151.38	1152590.99	Doméstico	Armenia
DQA_21	993167.27	1152573.78	Doméstico	Armenia
DQA_22	993171.60	1152492.43	Doméstico	Armenia
DQA_23	993101.82	1152217.98	Doméstico	Armenia
DQA_24	993177.49	1151934.37	Doméstico	Armenia
DQA_25	993115.85	1151965.88	Doméstico	Armenia
DQA_26	992962.67	1151766.79	Doméstico	Armenia
DQA_26A	992975.77	1151706.17	Doméstico	Armenia
DQA_27	993016.69	1151638.44	Doméstico	Armenia
DQA_28	993010.76	1151455.73	Doméstico	Armenia
DQA_31	992951.43	1151425.31	Doméstico	Armenia
DQA_32	992941.35	1151344.11	Doméstico	Armenia
DQA_33	992957.63	1151142.54	Doméstico	Armenia
DQA_34	992961.01	1150995.39	Doméstico	Armenia
DQA_34A	992975.25	1150887.94	Doméstico	Armenia
DQA_35	993309.86	1153247.16	Doméstico	Armenia
DQA_35A	993351.89	1153503.72	Doméstico	Armenia
DQA_36	993288.55	1153175.17	Doméstico	Armenia
DQA_37	993281.04	1153054.53	Doméstico	Armenia
DQA_38	993274.91	1154496.32	Doméstico	Armenia
DQA_39	993125.28	1154227.57	Doméstico	Armenia
DQA_40	993195.75	1152623.06	Doméstico	Armenia
DQA_41	992981.52	1150662.31	Doméstico	Armenia
DQA_42	993026.52	1151507.28	Doméstico	Armenia
DQC_01	992953.58	1153002.30	Doméstico	Armenia
DQC_02	992922.97	1152883.12	Doméstico	Armenia
DQC_04	992870.73	1152247.98	Doméstico	Armenia
DQC_05	992893.00	1152097.75	Doméstico	Armenia
DQC_06	992884.22	1152051.73	Doméstico	Armenia
DQC_07	992862.07	1151877.89	Doméstico	Armenia
DQM_01	992655.14	1152207.88	Doméstico	Armenia
DQM_02	992646.15	1151771.48	Doméstico	Armenia

Nombre CRQ	Latitud	Longitud	Tipo de Vertimiento	Municipio
DQM_03	992723.24	1151430.95	Doméstico	Armenia
DQM_04	992711.80	1151263.05	Doméstico	Armenia
DSJ_01	993728.09	1155035.31	Doméstico	Armenia
DSJ_02	993726.97	1154967.14	Doméstico	Armenia
DSJ_02A	993710.51	1154412.20	Doméstico	Armenia
DSJ_02B	993730.47	1154440.16	Doméstico	Armenia
DSJ_02C	993675.72	1154374.22	Doméstico	Armenia
DSJ_02D	993493.71	1154127.27	Doméstico	Armenia
DSJ_02F	993502.74	1154073.85	Doméstico	Armenia
DSJ_02G	993456.47	1153962.81	Doméstico	Armenia
DSJ_03	993458.04	1153821.95	Doméstico	Armenia
DSJ_04	993890.58	1154357.06	Doméstico	Armenia
DSJ_05	993817.47	1154299.14	Doméstico	Armenia
DSJ_06	993715.73	1153979.76	Doméstico	Armenia
DSJ_07	993807.01	1153928.37	Doméstico	Armenia
DSJ_07A	993691.40	1153837.66	Doméstico	Armenia
DSJ_07B	993649.54	1153685.94	Doméstico	Armenia
DSJ_07C	993632.51	1153668.15	Doméstico	Armenia
DSJ_08	993634.55	1153380.43	Doméstico	Armenia
DSJ_09	993620.90	1153184.40	Doméstico	Armenia
DSJ_09_1	993601.28	1153431.40	Doméstico	Armenia
DSJ_10	993528.17	1152993.71	Doméstico	Armenia
DSJ_11	993488.79	1152947.23	Doméstico	Armenia
DSJ_12	993428.50	1152671.59	Doméstico	Armenia
DSJ_13	993340.11	1152628.62	Doméstico	Armenia
DSJ_14	993768.11	1154739.74	Doméstico	Armenia
DSJ_15	993761.98	1154480.12	Doméstico	Armenia
DSJ_17	993610.16	1154204.38	Doméstico	Armenia
DSJ_18	993696.81	1153547.43	Doméstico	Armenia
DSJ_20	993763.20	1154264.12	Doméstico	Armenia
DSJ_21	993699.25	1153794.69	Doméstico	Armenia
DSJ_23	993627.18	1152899.48	Doméstico	Armenia
Autoservicio Del Café	993968.03	1156271.95	Comercial - Servicios	Armenia
Lavadero Tropical Car Wash	994152.69	1156425.76	Comercial - Servicios	Armenia
Estación De Servicio Texaco Armenia	993937.48	1156364.51	Comercial - Servicios	Armenia
Estación De Servicio El Diamante	993875.61	1156148.79	Comercial - Servicios	Armenia
Lava Autos La 19	993781.52	1155162.25	Comercial - Servicios	Armenia
Auto Sport Regional	993351.83	1155409.76	Comercial - Servicios	Armenia
Clínica Sagrada Familia	993814.70	1156426.42	Comercial - Servicios	Armenia
<b>QUEBRADA BUENAVISTA</b>				
QAD9*	1003522.16	1145040.35	Doméstico	Quimbaya
QAD10*	1003542.14	1145025.57	Doméstico	Quimbaya

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
QAD11*	1003440.40	1145012.25	Doméstico	Quimbaya
QAD11A*	1003346.76	1145048.39	Doméstico	Quimbaya
QAD12*	1003581.35	1144979.75	Doméstico	Quimbaya
QAD13*	1003097.43	1144697.04	Doméstico	Quimbaya
QAD14*	1002998.79	1145053.20	Doméstico	Quimbaya
QBD1*	1002621.01	1146417.45	Doméstico	Quimbaya
QBD2*	1002578.99	1146572.56	Doméstico	Quimbaya
QBD3*	1002843.63	1145969.46	Doméstico	Quimbaya
QBD4*	1002688.39	1146006.56	Doméstico	Quimbaya
QBD5*	1002735.15	1145915.65	Doméstico	Quimbaya
QBD6*	1002727.01	1145723.09	Doméstico	Quimbaya
QBD7*	1002915.61	1145698.03	Doméstico	Quimbaya
QBD8*	1002284.37	1145086.99	Doméstico	Quimbaya
QAD5B	1003350.41	1145894.37	Doméstico	Quimbaya
Condominio Campestre Hotelero Panaca	1001740.00	1138837.17	Turístico	Quimbaya
Hotel Decameron Panaca	1001555.76	1138899.15	Turístico	Quimbaya
Hospital Sagrado Corazón de Jesús Quimbaya	1002827.69	1145679.52	Comercial - Servicios	Quimbaya
Centro Poblado Puerto Alejandría	1003117.65	1135998.44	Doméstico - Centros Poblados	Quimbaya
PTAP Quimbaya	1004222.09	1151904.65	Industrial	Filandia
<b>QUEBRADA CAJONES MONTENEGRO</b>				
QPD1*	997205.15	1147796.19	Doméstico	Montenegro
QPD2*	996965.11	1147627.13	Doméstico	Montenegro
QCD2*	995317.62	1146221.64	Doméstico	Montenegro
QAND1*	996615.23	1146496.37	Doméstico	Montenegro
QAND2*	996614.41	1146498.23	Doméstico	Montenegro
<b>QUEBRADA CRISTALES</b>				
Punto 1	983742.72	1143031.23	Doméstico	La Tebaida
Punto 2	983765.71	1142997.88	Doméstico	La Tebaida
Punto 3	983785.28	1142767.80	Doméstico	La Tebaida
Punto 4	983530.93	1142263.75	Doméstico	La Tebaida
Punto 1	983818.12	1142749.55	Doméstico	La Tebaida
Punto 2	984720.22	1143289.48	Doméstico	La Tebaida
Punto 3	984461.07	1142681.82	Doméstico	La Tebaida
Punto 4	984341.84	1142492.69	Doméstico	La Tebaida
Punto 5	984329.17	1142447.69	Doméstico	La Tebaida
Descarga PTAR	984397.94	1142596.21	Doméstico	La Tebaida
QLJD1*	983493.40	1140996.40	Doméstico	La Tebaida
Procesadora Avícola Mi Pollo	989353.97	1153598.10	Industrial	Armenia
Central De Sacrificio Don Pollo	990272.72	1151992.88	Industrial	Armenia
Estación De Servicio La Villa	991196.99	1153317.07	Comercial - Servicios	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
Aeronáutica Civil	984054.10	1145374.33	Comercial - Servicios	Armenia
Centro Vacacional Comfenalco	987318.53	1147368.26	Comercial - Servicios	Armenia
Hospital Pio X - La Tebaida	984143.33	1143708.95	Comercial - Servicios	La Tebaida
Printex	985712.80	1145124.69	Industrial	La Tebaida
Comestibles Frito Mix	985711.76	1144538.79	Industrial	La Tebaida
Trapiche Sinaí	986031.75	1144788.00	Industrial	La Tebaida
Finca Hotel Amaru	982966.79	1138468.64	Turístico	La Tebaida
Centro Poblado La Silvia	983552.85	1139824.48	Doméstico - Centros Poblados	La Tebaida
Mocawa Resort	983246.08	1140102.54	Turístico	La Tebaida
<b>QUEBRADA EL INGLÉS</b>				
QID1*	970811.57	1152255.66	Doméstico	Pijao
QID2*	970853.97	1152226.99	Doméstico	Pijao
<b>QUEBRADA EL MUDO</b>				
Punto 1	1004769.98	1167504.23	Doméstico	Salento
Punto 2	1004533.41	1167523.23	Doméstico	Salento
Punto 3	1004222.96	1167474.56	Doméstico	Salento
Punto 4	1004284.41	1167474.43	Doméstico	Salento
INTERR6*	1004376.53	1167443.40	Doméstico	Salento
INTERR8*	1004069.45	1167536.55	Doméstico	Salento
<b>QUEBRADA EL NARANJAL</b>				
N1*	991172.16	1159221.32	Doméstico	Calarcá
N3*	991858.84	1159657.22	Doméstico	Calarcá
N5-N6*	992327.42	1159811.09	Doméstico	Calarcá
N7-N8*	992451.42	1159897.80	Doméstico	Calarcá
N9*	992957.77	1160499.02	Doméstico	Calarcá
N10*	992867.96	1160302.47	Doméstico	Calarcá
N11*	992459.73	1159902.41	Doméstico	Calarcá
N12*	992413.17	1159821.09	Doméstico	Calarcá
N13*	991995.47	1159603.60	Doméstico	Calarcá
N14*	991495.29	1159472.00	Doméstico	Calarcá
N15*	991637.18	1159127.89	Doméstico	Calarcá
N16*	991408.94	1159159.18	Doméstico	Calarcá
N17*	992875.96	1160307.38	Doméstico	Calarcá
N18*	992811.77	1160168.75	Doméstico	Calarcá
N19*	992772.10	1160151.87	Doméstico	Calarcá
N20*	992689.05	1160107.63	Doméstico	Calarcá
N22*	992580.09	1160010.10	Doméstico	Calarcá
N23*	992179.88	1159783.32	Doméstico	Calarcá
N24*	992047.21	1159351.88	Doméstico	Calarcá
N25*	991549.38	1159476.82	Doméstico	Calarcá
N26*	991855.70	1159155.21	Doméstico	Calarcá
M5*	991861.33	1159359.64	Doméstico	Calarcá
M6*	991848.67	1159327.60	Doméstico	Calarcá
M7*	991703.59	1159305.38	Doméstico	Calarcá

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
Lavadero Mobil Estación De Servicio Calarcá	992716.07	1160252.20	Comercial - Servicios	Calarcá
PTAP Calarcá	992993.17	1160529.17	Industrial	Calarcá
<b>QUEBRADA EL PESCADOR</b>				
P1*	991885.82	1158064.79	Doméstico	Calarcá
P2*	991808.97	1158050.44	Doméstico	Calarcá
P3*	991453.68	1157689.74	Doméstico	Calarcá
P5*	991600.96	1158050.85	Doméstico	Calarcá
P6*	991180.30	1157415.21	Doméstico	Calarcá
P7*	991204.17	1157522.79	Doméstico	Calarcá
P8*	991253.34	1157530.71	Doméstico	Calarcá
P9*	991347.05	1157525.28	Doméstico	Calarcá
P10*	991020.41	1157987.23	Doméstico	Calarcá
P11*	990673.97	1156805.33	Doméstico	Calarcá
P12*	990896.96	1158027.25	Doméstico	Calarcá
P13*	989960.18	1157113.54	Doméstico	Calarcá
P14*	991195.28	1157533.29	Doméstico	Calarcá
P15*	991460.35	1158110.64	Doméstico	Calarcá
P16*	991562.85	1158046.92	Doméstico	Calarcá
P17*	991459.78	1157821.40	Doméstico	Calarcá
P18*	991283.20	1157714.43	Doméstico	Calarcá
P19*	991210.43	1157740.79	Doméstico	Calarcá
P20*	991144.94	1157718.40	Doméstico	Calarcá
P21*	991144.94	1157718.40	Doméstico	Calarcá
P22*	990777.86	1157614.89	Doméstico	Calarcá
P23*	990776.94	1157142.79	Doméstico	Calarcá
P24*	989949.73	1157112.94	Doméstico	Calarcá
N2*	991885.82	1158064.79	Doméstico	Calarcá
N4*	991885.82	1158064.79	Doméstico	Calarcá
N27*	992933.18	1159257.00	Doméstico	Calarcá
Cooperativa De Motoristas El Cacique Calarcá	990560.59	1157912.89	Comercial - Servicios	Calarcá
Hospital La Misericordia - Calarcá	993144.59	1159418.78	Comercial - Servicios	Calarcá
<b>QUEBRADA HOJAS ANCHAS</b>				
QYD1	1002733.49	1160478.72	Doméstico	Circasia
QYD2	1002579.92	1160509.86	Doméstico	Circasia
QYD3	1002456.63	1160325.12	Doméstico	Circasia
QYD4	1002425.91	1160325.18	Doméstico	Circasia
QYD5	1002333.73	1160325.37	Doméstico	Circasia
QYD6	1002302.63	1160140.44	Doméstico	Circasia
QYD7	1002272.21	1160294.66	Doméstico	Circasia
QYD8	1001841.41	1159987.21	Doméstico	Circasia
QYD9	1001810.44	1159863.94	Doméstico	Circasia
QYD10	1001932.78	1159586.20	Doméstico	Circasia
QAD1	1001780.33	1160172.33	Doméstico	Circasia
DHA_18	994904.57	1156007.10	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DHA_04B	995442.02	1156231.95	Doméstico	Armenia
DHA_05	995369.02	1156486.23	Doméstico	Armenia
DHA_07	995466.83	1157137.17	Doméstico	Armenia
DHA_08	995670.97	1157243.46	Doméstico	Armenia
DHA_101	995381.56	1156411.71	Doméstico	Armenia
DHA_103	995410.65	1156658.42	Doméstico	Armenia
DHA_12	995447.10	1156536.25	Doméstico	Armenia
DHA_13	995269.68	1156548.13	Doméstico	Armenia
DHA_28	995776.87	1157186.30	Doméstico	Armenia
DHA_42	995512.51	1156926.48	Doméstico	Armenia
DHA_43	995314.64	1157149.87	Doméstico	Armenia
DHA_44	995312.48	1157132.02	Doméstico	Armenia
DHA_45	995313.15	1157129.55	Doméstico	Armenia
DHA_46	995400.30	1157102.62	Doméstico	Armenia
DHA_47	995412.26	1157403.45	Doméstico	Armenia
DHA_48	995450.43	1157388.94	Doméstico	Armenia
DHA_49	995426.77	1157391.92	Doméstico	Armenia
DHA_50	995769.50	1157500.46	Doméstico	Armenia
DHA_51	995271.36	1157173.70	Doméstico	Armenia
DHA_25	996353.99	1157914.98	Doméstico	Armenia
DHA_33	996587.81	1158264.37	Doméstico	Armenia
DHA_34	996479.51	1157928.67	Doméstico	Armenia
DHA_06	996105.16	1157550.67	Doméstico	Armenia
DHA_11	995912.27	1156618.87	Doméstico	Armenia
DHA_41	996017.79	1157451.68	Doméstico	Armenia
DHA_03	995725.74	1156372.16	Doméstico	Armenia
DHA_04	995634.97	1156340.54	Doméstico	Armenia
DHA_04A	995604.32	1156252.85	Doméstico	Armenia
DHA_31	995205.95	1155413.57	Doméstico	Armenia
DHA_32	997616.21	1158689.81	Doméstico	Armenia
DHA_35	995831.70	1156394.67	Doméstico	Armenia
DHA_16	995331.76	1156004.36	Doméstico	Armenia
DHA_19	994534.85	1156375.50	Doméstico	Armenia
DHA_20	994539.21	1156373.61	Doméstico	Armenia
DHA_21	994626.30	1156312.63	Doméstico	Armenia
DHA_21A	994603.90	1156268.83	Doméstico	Armenia
DHA_21B	994637.36	1156170.83	Doméstico	Armenia
DHA_21C	994664.32	1156113.09	Doméstico	Armenia
DHA_21D	994665.07	1156009.42	Doméstico	Armenia
DHA_21E	994653.53	1155999.92	Doméstico	Armenia
DHA_22	994693.85	1155847.17	Doméstico	Armenia
DHA_23	994770.09	1155787.36	Doméstico	Armenia
DHA_23A	994910.51	1155854.46	Doméstico	Armenia
DHA_24	995006.38	1155854.74	Doméstico	Armenia
DHA_29	994453.09	1156376.06	Doméstico	Armenia
DHA_30	994715.27	1155785.40	Doméstico	Armenia
DHA_37	994503.17	1156371.95	Doméstico	Armenia
DHA_38	994452.52	1156350.13	Doméstico	Armenia

Nombre CRQ	Latitud	Longitud	Tipo de Vertimiento	Municipio
DHA_39	994763.85	1155786.36	Doméstico	Armenia
DHA_40	995162.28	1155869.57	Doméstico	Armenia
DHA_08A	995272.24	1157043.08	Doméstico	Armenia
DHA_09	995289.73	1157326.82	Doméstico	Armenia
DHA_10	995215.02	1157162.18	Doméstico	Armenia
DHA_104	995252.39	1156728.30	Doméstico	Armenia
DHA_27	995224.64	1157038.18	Doméstico	Armenia
QYD11*	1001842.73	1159181.04	Doméstico	Circasia
Estación De Servicio Av. Bolívar	995875.84	1157686.61	Comercial - Servicios	Armenia
Servicentro El Guadual	995136.41	1156670.52	Comercial - Servicios	Armenia
Universidad Del Quindío	995506.15	1157193.99	Comercial - Servicios	Armenia
Lavadero Estación De Servicio Galán	994245.05	1156518.09	Comercial - Servicios	Armenia
Lavamos Y Lavamos - Pro Service	994245.53	1156764.77	Comercial - Servicios	Armenia
Auto Aqua Spa	994306.98	1156764.65	Comercial - Servicios	Armenia
Central De Sacrificio Bellavista	995442.41	1156022.40	Industrial	Circasia
La Gaviota	999470.52	1157525.34	Industrial °	Circasia

**QUEBRADA LA ALDANA**

DHA_04B	995442.02	1156231.95	Doméstico	Armenia
DHA_05	995369.02	1156486.23	Doméstico	Armenia
DHA_07	995466.83	1157137.17	Doméstico	Armenia
DHA_08	995670.97	1157243.46	Doméstico	Armenia
DHA_101	995381.56	1156411.71	Doméstico	Armenia
DHA_103	995410.65	1156658.42	Doméstico	Armenia
DHA_12	995447.10	1156536.25	Doméstico	Armenia
DHA_13	995269.68	1156548.13	Doméstico	Armenia
DHA_28	995776.87	1157186.30	Doméstico	Armenia
DHA_42	995512.51	1156926.48	Doméstico	Armenia
DHA_43	995314.64	1157149.87	Doméstico	Armenia
DHA_44	995312.48	1157132.02	Doméstico	Armenia
DHA_45	995313.15	1157129.55	Doméstico	Armenia
DHA_46	995400.30	1157102.62	Doméstico	Armenia
DHA_47	995412.26	1157403.45	Doméstico	Armenia
DHA_48	995450.43	1157388.94	Doméstico	Armenia
DHA_49	995426.77	1157391.92	Doméstico	Armenia
DHA_50	995769.50	1157500.46	Doméstico	Armenia
DHA_51	995271.36	1157173.70	Doméstico	Armenia
DHA_08A	995272.24	1157043.08	Doméstico	Armenia
DHA_09	995289.73	1157326.82	Doméstico	Armenia
DHA_10	995215.02	1157162.18	Doméstico	Armenia
DHA_104	995252.39	1156728.30	Doméstico	Armenia
DHA_27	995224.64	1157038.18	Doméstico	Armenia
Servicentro El Guadual	995136.41	1156670.52	Comercial - Servicios	Armenia

Nombre CRQ	Latitud	Longitud	Tipo de Vertimiento	Municipio
Universidad Del Quindío	995506.15	1157193.99	Comercial - Servicios	Armenia
<b>QUEBRADA LA CALZADA</b>				
Punto 1	1004689.11	1167048.08	Doméstico	Salento
Punto 2	1004557.11	1167106.94	Doméstico	Salento
Punto 3	1004469.86	1167113.30	Doméstico	Salento
Punto 4	1004652.82	1167319.48	Doméstico	Salento
INTERR4*	1004517.18	1167113.20	Doméstico	Salento
QCD1*	1004208.75	1166984.21	Doméstico	Salento
<b>QUEBRADA LA CAMELIA</b>				
DCLA_BOX	992349.08	1154451.63	Doméstico	Armenia
DLC_00	991989.28	1153293.65	Doméstico	Armenia
DLC_01	991968.14	1153178.82	Doméstico	Armenia
DLC_07	992193.40	1152779.54	Doméstico	Armenia
DLC_08	992176.82	1152524.50	Doméstico	Armenia
DLC_09	992188.42	1152407.34	Doméstico	Armenia
DLC_10	992166.25	1152299.42	Doméstico	Armenia
DLC_1000	991949.91	1152882.84	Doméstico	Armenia
DLC_11	992142.08	1152176.87	Doméstico	Armenia
DLC_12	992188.21	1152114.77	Doméstico	Armenia
DLC_13	992243.38	1151946.99	Doméstico	Armenia
DLC_14	992222.09	1151815.36	Doméstico	Armenia
DLC_15	992196.08	1151627.78	Doméstico	Armenia
DLC_16	992171.43	1152485.17	Doméstico	Armenia
DLC_17	992176.00	1151519.77	Doméstico	Armenia
DQL_03	991804.92	1152027.21	Doméstico	Armenia
DQL_05	991873.42	1151820.12	Doméstico	Armenia
DQL_06	991972.19	1151650.58	Doméstico	Armenia
DQO_01	991596.75	1151530.91	Doméstico	Armenia
DQQ_03	991955.19	1152279.90	Doméstico	Armenia
DQQ_05	992043.87	1152152.82	Doméstico	Armenia
DQQ_06	991968.11	1151963.54	Doméstico	Armenia
DQQ_07	991958.58	1151208.03	Doméstico	Armenia
DQQ_08	991953.54	1151094.38	Doméstico	Armenia
DQQ_09	991921.66	1150965.89	Doméstico	Armenia
DQQ_10	991880.57	1150866.99	Doméstico	Armenia
DQQ_11	991977.27	1151472.81	Doméstico	Armenia
DQY_01	992883.80	1154110.25	Doméstico	Armenia
DQY_02	992826.24	1154011.47	Doméstico	Armenia
DQY_03	992912.60	1153938.84	Doméstico	Armenia
DQY_04	992979.16	1153829.06	Doméstico	Armenia
DQY_05	992961.40	1153845.35	Doméstico	Armenia
DQY_07	992936.92	1153753.91	Doméstico	Armenia
DQY_09	992819.25	1153533.81	Doméstico	Armenia
DQY_10	992742.84	1153422.86	Doméstico	Armenia
DQY_11	992573.51	1152989.76	Doméstico	Armenia
DQY_11_1	992629.40	1153169.70	Doméstico	Armenia
DQY_12	992539.96	1152908.91	Doméstico	Armenia



<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DQY_13	992556.86	1152845.70	Doméstico	Armenia
DQY_14	992432.70	1152620.22	Doméstico	Armenia
DQY_15	992450.70	1152538.11	Doméstico	Armenia
DQY_16	992438.02	1152494.47	Doméstico	Armenia
DQY_17	992356.68	1152340.14	Doméstico	Armenia
DQY_18	992411.83	1152306.21	Doméstico	Armenia
DQY_19	992436.03	1152251.89	Doméstico	Armenia
DQY_21	992452.90	1152124.14	Doméstico	Armenia
DQY_21A	992505.07	1152072.48	Doméstico	Armenia
DQY_21B	992479.79	1152044.90	Doméstico	Armenia
DQY_22	992377.31	1151829.47	Doméstico	Armenia
DQY_23	992379.26	1151739.76	Doméstico	Armenia
DQY_24	992329.68	1151660.43	Doméstico	Armenia
DQY_25	992409.68	1151724.94	Doméstico	Armenia
DQY_26	992346.78	1151622.19	Doméstico	Armenia
DQY_27	992312.83	1151528.08	Doméstico	Armenia
DQY_28	992094.43	1151067.26	Doméstico	Armenia
DQY_28A	992194.22	1151077.56	Doméstico	Armenia
DQY_28D	992242.95	1151257.23	Doméstico	Armenia
DQY_29A	992614.71	1153968.73	Doméstico	Armenia
DQY_30B	992519.17	1153982.67	Doméstico	Armenia
DQY_31	992508.82	1153645.23	Doméstico	Armenia
DQY_32	992466.19	1153604.48	Doméstico	Armenia
DQY_33A	992415.83	1153493.05	Doméstico	Armenia
DQY_34	992339.63	1153606.54	Doméstico	Armenia
DQY_35	992347.61	1153569.59	Doméstico	Armenia
DQY_36	992407.10	1153458.96	Doméstico	Armenia
DQY_37	992375.70	1153429.23	Doméstico	Armenia
DQY_41	992501.61	1153150.24	Doméstico	Armenia
DQY_43	992433.47	1152865.02	Doméstico	Armenia
DQY_44	992458.88	1152785.64	Doméstico	Armenia
DQY_45	992080.94	1150786.01	Doméstico	Armenia
DQY_46	992877.68	1154110.29	Doméstico	Armenia
DQY_48	992649.51	1152998.50	Doméstico	Armenia
DQY_49	992528.62	1152973.60	Doméstico	Armenia
DQY_50	992864.05	1154243.89	Doméstico	Armenia
DQY_51	992463.45	1153601.96	Doméstico	Armenia
DQY_52	992423.54	1154664.22	Doméstico	Armenia
DQY_53	992413.09	1154649.44	Doméstico	Armenia
DQY_54	992311.93	1154063.48	Doméstico	Armenia
DQY_55	992297.96	1153959.47	Doméstico	Armenia
DQY_56	992072.56	1154264.19	Doméstico	Armenia
DQY_57	992036.25	1154223.62	Doméstico	Armenia
DQY_58	992385.25	1153439.33	Doméstico	Armenia
DQY_59	992442.82	1153402.80	Doméstico	Armenia
DQY_60	992516.38	1153195.17	Doméstico	Armenia
DQY_61	992386.12	1152816.89	Doméstico	Armenia
DQY_62	992506.93	1152048.77	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DQY_64	992234.72	1154405.75	Doméstico	Armenia
Estación De Servicio Mobil Los Fundadores	992521.16	1154856.33	Comercial - Servicios	Armenia
Bomba La Brasilia	992090.28	1154487.13	Comercial - Servicios	Armenia
Terminal De Transportes	992674.43	1154671.02	Comercial - Servicios	Armenia
Autoservicio La 35	992490.07	1154671.37	Comercial - Servicios	Armenia
<b>QUEBRADA LA CONGALA</b>				
B1	981561.34	1150652.79	Doméstico	Calarcá
B2	981519.79	1150617.40	Doméstico	Calarcá
B3	981529.89	1150591.79	Doméstico	Calarcá
B4	981507.77	1150592.45	Doméstico	Calarcá
B5	981489.31	1150580.14	Doméstico	Calarcá
B11	982125.01	1150743.97	Doméstico	Calarcá
B6	981032.60	1150681.21	Doméstico	Calarcá
B7	981444.64	1150516.08	Doméstico	Calarcá
B8	980763.87	1150408.46	Doméstico	Calarcá
B9	980954.43	1150611.04	Doméstico	Calarcá
B10	980985.36	1150722.31	Doméstico	Calarcá
<b>QUEBRADA LA ESPAÑOLA</b>				
D9*	978438.89	1154004.12	Doméstico	Córdoba
PTAP de Córdoba	977035.25	1154885.64	Industrial	Córdoba
<b>QUEBRADA LA FLORIDA</b>				
DQF_01	997900.79	1159266.27	Doméstico	Armenia
DQF_02	997573.37	1159268.00	Doméstico	Armenia
DQF_03	997552.10	1159267.55	Doméstico	Armenia
DQF_07	997440.92	1159198.52	Doméstico	Armenia
DQF_08	997369.19	1159102.80	Doméstico	Armenia
DQF_10	997208.29	1158876.06	Doméstico	Armenia
DQF_11	996865.84	1158783.68	Doméstico	Armenia
DQF_12	996582.80	1158559.89	Doméstico	Armenia
DQF_15	995987.28	1158399.01	Doméstico	Armenia
DQF_16A	995854.32	1158134.99	Doméstico	Armenia
DQF_17	995696.27	1158026.70	Doméstico	Armenia
DQF_17A	995487.99	1158036.39	Doméstico	Armenia
DQF_18	995493.08	1158001.63	Doméstico	Armenia
DQF_20	995374.49	1157942.70	Doméstico	Armenia
DQF_21	995121.82	1157943.78	Doméstico	Armenia
DQF_22	994779.57	1157557.41	Doméstico	Armenia
DQF_23	994629.64	1157407.76	Doméstico	Armenia
DQF_25	994357.31	1157313.07	Doméstico	Armenia
DQF_27	994312.98	1157192.60	Doméstico	Armenia
DQF_28	994244.11	1157280.27	Doméstico	Armenia
DQF_29	994210.01	1157283.02	Doméstico	Armenia
DQF_30	994189.62	1157165.36	Doméstico	Armenia
DQF_31	994133.30	1157179.81	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DQF_32	994048.78	1157123.36	Doméstico	Armenia
DQF_33	993964.77	1156915.17	Doméstico	Armenia
DQF_34	993896.39	1156877.94	Doméstico	Armenia
DQF_35	993685.56	1156758.28	Doméstico	Armenia
DQF_36	993619.47	1156696.27	Doméstico	Armenia
DQF_37	993343.15	1156635.08	Doméstico	Armenia
DQF_38	993334.87	1156613.20	Doméstico	Armenia
DQF_39	993229.66	1156551.03	Doméstico	Armenia
DQF_40	993272.43	1156467.38	Doméstico	Armenia
DQF_40A	993271.68	1156495.81	Doméstico	Armenia
DQF_41	993208.31	1156427.05	Doméstico	Armenia
DQF_42	993168.98	1156347.57	Doméstico	Armenia
DQF_43	993168.64	1156393.91	Doméstico	Armenia
DQF_44	993120.76	1156291.08	Doméstico	Armenia
DQF_45	992988.47	1156286.71	Doméstico	Armenia
DQF_46	992961.86	1156098.02	Doméstico	Armenia
DQF_47	992842.02	1156154.22	Doméstico	Armenia
DQF_48	992823.03	1155999.09	Doméstico	Armenia
DQF_50	992715.22	1155906.98	Doméstico	Armenia
DQF_51	992713.42	1155896.13	Doméstico	Armenia
DQF_51A	992611.42	1155632.37	Doméstico	Armenia
DQF_52	992619.33	1155624.96	Doméstico	Armenia
DQF_53	992571.96	1155627.82	Doméstico	Armenia
DQF_54	992459.39	1155522.03	Doméstico	Armenia
DQF_56	996578.15	1158474.03	Doméstico	Armenia
DQF_57	996301.03	1158511.21	Doméstico	Armenia
DQF_58	996200.04	1158515.05	Doméstico	Armenia
DQF_59	997431.62	1159299.03	Doméstico	Armenia
DQF_60	994364.87	1157299.06	Doméstico	Armenia
DQF_61	994608.29	1157551.06	Doméstico	Armenia
DQF_62	993245.76	1156578.07	Doméstico	Armenia
DQF_63	993181.71	1156369.19	Doméstico	Armenia
DQF_64	993344.29	1156652.74	Doméstico	Armenia
DQF_65	993273.29	1156596.55	Doméstico	Armenia
DQF_66	993219.91	1156529.61	Doméstico	Armenia
DQF_67	992972.89	1156112.18	Doméstico	Armenia
DQF_68	994918.60	1157568.27	Doméstico	Armenia
DQF_69	997534.33	1159015.83	Doméstico	Armenia
DQF_70	994973.33	1157570.82	Doméstico	Armenia
DQF_72	996358.18	1158524.85	Doméstico	Armenia
GI School	1000120.78	1160021.52	Comercial - Servicios	Armenia
Ecored Estación De Servicio Alcázar	994215.22	1156980.67	Comercial - Servicios	Armenia
Estación De Servicio Del Norte	994277.58	1157443.08	Comercial - Servicios	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
Refriautos Sas	993045.88	1156088.73	Comercial - Servicios	Armenia
Clean Car Express	993138.12	1156119.38	Comercial - Servicios	Armenia
Clínica ESIMED Armenia	994492.24	1157226.81	Comercial - Servicios	Armenia
Hospital Universitario	995599.36	1157717.99	Comercial - Servicios	Armenia
Clínica Central	994461.39	1157165.20	Comercial - Servicios	Armenia
Clínica del Café	994369.16	1157134.55	Comercial - Servicios	Armenia
PTAP Armenia	997229.88	1158732.30	Industrial	Armenia
Centro Comercial Calima	993969.95	1157258.67	Comercial - Servicios	Armenia
Mis Ilusiones	1000304.95	1159928.65	Pecuario	Armenia
<b>QUEBRADA LA JARAMILLA</b>				
Punto 1	983742.72	1143031.23	Doméstico	La Tebaida
Punto 2	983765.71	1142997.88	Doméstico	La Tebaida
Punto 3	983785.28	1142767.80	Doméstico	La Tebaida
Punto 4	983530.93	1142263.75	Doméstico	La Tebaida
Punto 1	983818.12	1142749.55	Doméstico	La Tebaida
Punto 2	984720.22	1143289.48	Doméstico	La Tebaida
Punto 3	984461.07	1142681.82	Doméstico	La Tebaida
Punto 4	984341.84	1142492.69	Doméstico	La Tebaida
Punto 5	984329.17	1142447.69	Doméstico	La Tebaida
Descarga PTAR	984397.94	1142596.21	Doméstico	La Tebaida
QLJD1*	983493.40	1140996.40	Doméstico	La Tebaida
Aeronáutica Civil	984054.10	1145374.33	Comercial - Servicios	Armenia
Hospital Pio X - La Tebaida	984143.33	1143708.95	Comercial - Servicios	La Tebaida
Printex	985712.80	1145124.69	Industrial	La Tebaida
Comestibles Frito Mix	985711.76	1144538.79	Industrial	La Tebaida
Trapiche Sinaí	986031.75	1144788.00	Industrial	La Tebaida
Finca Hotel Amaru	982966.79	1138468.64	Turístico	La Tebaida
Centro Poblado La Silvia	983552.85	1139824.48	Doméstico - Centros Poblados	La Tebaida
Mocawa Resort	983246.08	1140102.54	Turístico	La Tebaida
<b>QUEBRADA LAS DELICIAS</b>				
QMD1	973551.49	1148415.25	Doméstico	Buenavista
<b>QUEBRADA LA SIBERIA</b>				
D18*	978409.52	1153883.77	Doméstico	Córdoba
<b>QUEBRADA LAS YEGUAS</b>				
QYD1*	1002735.02	1160452.91	Doméstico	Circasia
QYD2*	1002601.09	1160480.89	Doméstico	Circasia
QYD3*	1002479.24	1160302.64	Doméstico	Circasia
QYD4*	1002449.05	1160332.79	Doméstico	Circasia

Nombre CRQ	Latitud	Longitud	Tipo de Vertimiento	Municipio
QYD5*	1002347.74	1160322.72	Doméstico	Circasia
QYD6*	1002317.55	1160136.08	Doméstico	Circasia
QYD7*	1002275.35	1160284.91	Doméstico	Circasia
QYD8*	1001848.71	1159976.03	Doméstico	Circasia
QYD9*	1001838.94	1159844.17	Doméstico	Circasia
QYD10*	1001957.62	1159581.14	Doméstico	Circasia
QYD11*	1001842.73	1159181.04	Doméstico	Circasia
QAD1*	1001791.22	1160142.84	Doméstico	Circasia
<b>QUEBRADA LA TULIA</b>				
Punto 1	983742.72	1143031.23	Doméstico	La Tebaida
Punto 2	983765.71	1142997.88	Doméstico	La Tebaida
Punto 3	983785.28	1142767.80	Doméstico	La Tebaida
Punto 4	983530.93	1142263.75	Doméstico	La Tebaida
Punto 1	983818.12	1142749.55	Doméstico	La Tebaida
Hospital Pio X - La Tebaida	984143.33	1143708.95	Comercial - Servicios	La Tebaida
<b>QUEBRADA LOS QUINDOS</b>				
DQL_03	991804.92	1152027.21	Doméstico	Armenia
DQL_05	991873.42	1151820.12	Doméstico	Armenia
DQL_06	991972.19	1151650.58	Doméstico	Armenia
DQQ_03	991955.19	1152279.90	Doméstico	Armenia
DQQ_05	992043.87	1152152.82	Doméstico	Armenia
DQQ_06	991968.11	1151963.54	Doméstico	Armenia
DQQ_07	991958.58	1151208.03	Doméstico	Armenia
DQQ_08	991953.54	1151094.38	Doméstico	Armenia
DQQ_09	991921.66	1150965.89	Doméstico	Armenia
DQQ_10	991880.57	1150866.99	Doméstico	Armenia
DQQ_11	991977.27	1151472.81	Doméstico	Armenia
<b>QUEBRADA MINA RICA</b>				
QAD9*	1003522.16	1145040.35	Doméstico	Quimbaya
QAD10*	1003542.14	1145025.57	Doméstico	Quimbaya
QAD11*	1003440.40	1145012.25	Doméstico	Quimbaya
QAD11A*	1003346.76	1145048.39	Doméstico	Quimbaya
QAD12*	1003581.35	1144979.75	Doméstico	Quimbaya
QAD5B	1003350.41	1145894.37	Doméstico	Quimbaya
<b>QUEBRADA PICOTA</b>				
ENTREGA PTAR*	974021.15	1148781.85	Doméstico	Buenavista
QMD1*	973554.48	1148405.16	Doméstico	Buenavista
PTAP Buenavista*	973982.85	1149093.00	Industrial	Buenavista
<b>QUEBRADA SAN JOSÉ</b>				
QRD1*	1008932.91	1157134.75	Doméstico	Filandia
QRD2*	1009265.97	1157372.79	Doméstico	Filandia
PTAR MATADERO*	1008730.20	1156948.47	Doméstico	Filandia
<b>QUEBRADA SAN NICOLÁS</b>				
DSN_01	992880.45	1155371.20	Doméstico	Armenia
DSN_02	992849.41	1155339.47	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DSN_03	992807.30	1155249.76	Doméstico	Armenia
DSN_04	992817.25	1155247.18	Doméstico	Armenia
DSN_05	992640.83	1155191.00	Doméstico	Armenia
DSN_06	992466.58	1155174.13	Doméstico	Armenia
DSN_07	992463.71	1155149.43	Doméstico	Armenia
DSN_08	992679.40	1155272.39	Doméstico	Armenia
Serviautos La 18	992459.76	1154887.28	Comercial - Servicios	Armenia
<b>QUEBRADA EL REPOSO</b>				
PTAR LA MARINA	990299.24	1150318.35	Doméstico	Armenia
Don Frijoles	990333.47	1151622.73	Turístico	Armenia
Merly's	988791.21	1148387.81	Turístico	Armenia
Servicentro 3 Esquinas	991628.68	1154117.98	Comercial - Servicios	Armenia
<b>RÍO BOQUERÓN</b>				
Punto 1	1004689.11	1167048.08	Doméstico	Salento
Punto 2	1004557.11	1167106.94	Doméstico	Salento
Punto 3	1004469.86	1167113.30	Doméstico	Salento
Punto 4	1004652.82	1167319.48	Doméstico	Salento
Punto 1	1004769.98	1167504.23	Doméstico	Salento
Punto 2	1004533.41	1167523.23	Doméstico	Salento
Punto 3	1004222.96	1167474.56	Doméstico	Salento
Punto 4	1004284.41	1167474.43	Doméstico	Salento
INTERR4	1004517.18	1167113.20	Doméstico	Salento
INTERR6	1004376.53	1167443.40	Doméstico	Salento
INTERR8	1004069.45	1167536.55	Doméstico	Salento
QCD1	1004208.75	1166984.21	Doméstico	Salento
<b>RÍO ESPEJO</b>				
QPD1	997178.19	1147817.35	Doméstico	Montenegro
QPD2	996962.77	1147632.75	Doméstico	Montenegro
QCD2	995301.06	1146248.31	Doméstico	Montenegro
QAND1	996592.02	1146523.45	Doméstico	Montenegro
QAND2	996592.02	1146523.45	Doméstico	Montenegro
QAD1	996656.20	1148003.31	Doméstico	Montenegro
QAD2	995947.87	1147110.46	Doméstico	Montenegro
QYD1	1002733.49	1160478.72	Doméstico	Circasia
QYD2	1002579.92	1160509.86	Doméstico	Circasia
QYD3	1002456.63	1160325.12	Doméstico	Circasia
QYD4	1002425.91	1160325.18	Doméstico	Circasia
QYD5	1002333.73	1160325.37	Doméstico	Circasia
QYD6	1002302.63	1160140.44	Doméstico	Circasia
QYD7	1002272.21	1160294.66	Doméstico	Circasia
QYD8	1001841.41	1159987.21	Doméstico	Circasia
QYD9	1001810.44	1159863.94	Doméstico	Circasia
QYD10	1001932.78	1159586.20	Doméstico	Circasia
QAD1	1001780.33	1160172.33	Doméstico	Circasia
DCLA_01	994022.71	1154837.40	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DCLA_02	994014.35	1154807.20	Doméstico	Armenia
DCLA_03	994119.32	1154268.62	Doméstico	Armenia
DCLA_04	994085.78	1154084.60	Doméstico	Armenia
DCLA_05	994158.18	1154007.68	Doméstico	Armenia
DCLA_06	994125.40	1153897.54	Doméstico	Armenia
DCLA_07	994138.06	1153944.82	Doméstico	Armenia
DCLA_08	994102.89	1153825.99	Doméstico	Armenia
DCLA_09	994055.39	1153712.18	Doméstico	Armenia
DCLA_10	994040.26	1153688.68	Doméstico	Armenia
DCLA_10A	993999.25	1153616.76	Doméstico	Armenia
DCLA_10B	994008.77	1153593.74	Doméstico	Armenia
DCLA_11	994016.32	1153368.17	Doméstico	Armenia
DCLA_11A	993963.24	1153306.97	Doméstico	Armenia
DCLA_12	993932.38	1153176.53	Doméstico	Armenia
DCLA_13	993814.40	1152969.58	Doméstico	Armenia
DCLA_14	993824.15	1152944.49	Doméstico	Armenia
DCLA_14A	993791.75	1152803.45	Doméstico	Armenia
DCLA_14B	993710.80	1152569.63	Doméstico	Armenia
DCLA_15	993688.18	1152549.57	Doméstico	Armenia
DCLA_16	993536.24	1152403.43	Doméstico	Armenia
DCLA_38	994103.72	1154575.18	Doméstico	Armenia
DCLA_39	994185.87	1154316.13	Doméstico	Armenia
DCLA_41	994104.35	1153881.27	Doméstico	Armenia
DCLA_43	994000.26	1153274.77	Doméstico	Armenia
DCLA_44	993839.22	1153015.91	Doméstico	Armenia
DCLA_BOX	992349.08	1154451.63	Doméstico	Armenia
DLC_00	991989.28	1153293.65	Doméstico	Armenia
DLC_01	991968.14	1153178.82	Doméstico	Armenia
DLC_07	992193.40	1152779.54	Doméstico	Armenia
DLC_08	992176.82	1152524.50	Doméstico	Armenia
DLC_09	992188.42	1152407.34	Doméstico	Armenia
DLC_10	992166.25	1152299.42	Doméstico	Armenia
DLC_1000	991949.91	1152882.84	Doméstico	Armenia
DLC_11	992142.08	1152176.87	Doméstico	Armenia
DLC_12	992188.21	1152114.77	Doméstico	Armenia
DLC_13	992243.38	1151946.99	Doméstico	Armenia
DLC_14	992222.09	1151815.36	Doméstico	Armenia
DLC_15	992196.08	1151627.78	Doméstico	Armenia
DLC_16	992171.43	1152485.17	Doméstico	Armenia
DLC_17	992176.00	1151519.77	Doméstico	Armenia
DLE_01	994703.69	1155152.23	Doméstico	Armenia
DLE_02	994695.71	1155145.22	Doméstico	Armenia
DLE_03	994689.92	1155118.80	Doméstico	Armenia
DLE_04	994756.80	1154891.27	Doméstico	Armenia
DLE_04A	994628.89	1154752.05	Doméstico	Armenia
DLE_04B	994622.27	1154711.30	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DLE_05	994594.94	1154672.87	Doméstico	Armenia
DLE_06	994658.17	1154480.22	Doméstico	Armenia
DLE_07	994700.99	1154422.48	Doméstico	Armenia
DLE_08	994714.80	1154878.99	Doméstico	Armenia
DLE_09	994769.30	1154904.38	Doméstico	Armenia
DQA_01	993169.75	1154452.12	Doméstico	Armenia
DQA_02	993177.54	1154464.23	Doméstico	Armenia
DQA_03	993147.71	1154447.08	Doméstico	Armenia
DQA_04	993163.95	1154376.62	Doméstico	Armenia
DQA_05	993121.58	1154156.75	Doméstico	Armenia
DQA_07	993096.99	1154022.95	Doméstico	Armenia
DQA_08	993086.86	1153738.20	Doméstico	Armenia
DQA_09	993108.01	1153773.93	Doméstico	Armenia
DQA_10	993062.16	1153643.40	Doméstico	Armenia
DQA_11	993101.56	1153390.20	Doméstico	Armenia
DQA_12	993113.76	1153308.46	Doméstico	Armenia
DQA_13	993075.91	1153245.69	Doméstico	Armenia
DQA_14	993036.41	1153190.20	Doméstico	Armenia
DQA_17	993124.51	1152854.83	Doméstico	Armenia
DQA_18	993139.24	1152714.19	Doméstico	Armenia
DQA_19	993105.77	1152649.23	Doméstico	Armenia
DQA_20	993151.38	1152590.99	Doméstico	Armenia
DQA_21	993167.27	1152573.78	Doméstico	Armenia
DQA_22	993171.60	1152492.43	Doméstico	Armenia
DQA_23	993101.82	1152217.98	Doméstico	Armenia
DQA_24	993177.49	1151934.37	Doméstico	Armenia
DQA_25	993115.85	1151965.88	Doméstico	Armenia
DQA_26	992962.67	1151766.79	Doméstico	Armenia
DQA_26A	992975.77	1151706.17	Doméstico	Armenia
DQA_27	993016.69	1151638.44	Doméstico	Armenia
DQA_28	993010.76	1151455.73	Doméstico	Armenia
DQA_31	992951.43	1151425.31	Doméstico	Armenia
DQA_32	992941.35	1151344.11	Doméstico	Armenia
DQA_33	992957.63	1151142.54	Doméstico	Armenia
DQA_34	992961.01	1150995.39	Doméstico	Armenia
DQA_34A	992975.25	1150887.94	Doméstico	Armenia
DQA_35	993309.86	1153247.16	Doméstico	Armenia
DQA_35A	993351.89	1153503.72	Doméstico	Armenia
DQA_36	993288.55	1153175.17	Doméstico	Armenia
DQA_37	993281.04	1153054.53	Doméstico	Armenia
DQA_38	993274.91	1154496.32	Doméstico	Armenia
DQA_39	993125.28	1154227.57	Doméstico	Armenia
DQA_40	993195.75	1152623.06	Doméstico	Armenia
DQA_41	992981.52	1150662.31	Doméstico	Armenia
DQA_42	993026.52	1151507.28	Doméstico	Armenia
DQC_01	992953.58	1153002.30	Doméstico	Armenia



<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DQC_02	992922.97	1152883.12	Doméstico	Armenia
DQC_04	992870.73	1152247.98	Doméstico	Armenia
DQC_05	992893.00	1152097.75	Doméstico	Armenia
DQC_06	992884.22	1152051.73	Doméstico	Armenia
DQC_07	992862.07	1151877.89	Doméstico	Armenia
DQL_03	991804.92	1152027.21	Doméstico	Armenia
DQL_05	991873.42	1151820.12	Doméstico	Armenia
DQL_06	991972.19	1151650.58	Doméstico	Armenia
DQM_01	992655.14	1152207.88	Doméstico	Armenia
DQM_02	992646.15	1151771.48	Doméstico	Armenia
DQM_03	992723.24	1151430.95	Doméstico	Armenia
DQM_04	992711.80	1151263.05	Doméstico	Armenia
DQO_01	991596.75	1151530.91	Doméstico	Armenia
DQQ_03	991955.19	1152279.90	Doméstico	Armenia
DQQ_05	992043.87	1152152.82	Doméstico	Armenia
DQQ_06	991968.11	1151963.54	Doméstico	Armenia
DQQ_07	991958.58	1151208.03	Doméstico	Armenia
DQQ_08	991953.54	1151094.38	Doméstico	Armenia
DQQ_09	991921.66	1150965.89	Doméstico	Armenia
DQQ_10	991880.57	1150866.99	Doméstico	Armenia
DQQ_11	991977.27	1151472.81	Doméstico	Armenia
DQY_01	992883.80	1154110.25	Doméstico	Armenia
DQY_02	992826.24	1154011.47	Doméstico	Armenia
DQY_03	992912.60	1153938.84	Doméstico	Armenia
DQY_04	992979.16	1153829.06	Doméstico	Armenia
DQY_05	992961.40	1153845.35	Doméstico	Armenia
DQY_07	992936.92	1153753.91	Doméstico	Armenia
DQY_09	992819.25	1153533.81	Doméstico	Armenia
DQY_10	992742.84	1153422.86	Doméstico	Armenia
DQY_11	992573.51	1152989.76	Doméstico	Armenia
DQY_11_1	992629.40	1153169.70	Doméstico	Armenia
DQY_12	992539.96	1152908.91	Doméstico	Armenia
DQY_13	992556.86	1152845.70	Doméstico	Armenia
DQY_14	992432.70	1152620.22	Doméstico	Armenia
DQY_15	992450.70	1152538.11	Doméstico	Armenia
DQY_16	992438.02	1152494.47	Doméstico	Armenia
DQY_17	992356.68	1152340.14	Doméstico	Armenia
DQY_18	992411.83	1152306.21	Doméstico	Armenia
DQY_19	992436.03	1152251.89	Doméstico	Armenia
DQY_21	992452.90	1152124.14	Doméstico	Armenia
DQY_21A	992505.07	1152072.48	Doméstico	Armenia
DQY_21B	992479.79	1152044.90	Doméstico	Armenia
DQY_22	992377.31	1151829.47	Doméstico	Armenia
DQY_23	992379.26	1151739.76	Doméstico	Armenia
DQY_24	992329.68	1151660.43	Doméstico	Armenia
DQY_25	992409.68	1151724.94	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DQY_26	992346.78	1151622.19	Doméstico	Armenia
DQY_27	992312.83	1151528.08	Doméstico	Armenia
DQY_28	992094.43	1151067.26	Doméstico	Armenia
DQY_28A	992194.22	1151077.56	Doméstico	Armenia
DQY_28D	992242.95	1151257.23	Doméstico	Armenia
DQY_29A	992614.71	1153968.73	Doméstico	Armenia
DQY_30B	992519.17	1153982.67	Doméstico	Armenia
DQY_31	992508.82	1153645.23	Doméstico	Armenia
DQY_32	992466.19	1153604.48	Doméstico	Armenia
DQY_33A	992415.83	1153493.05	Doméstico	Armenia
DQY_34	992339.63	1153606.54	Doméstico	Armenia
DQY_35	992347.61	1153569.59	Doméstico	Armenia
DQY_36	992407.10	1153458.96	Doméstico	Armenia
DQY_37	992375.70	1153429.23	Doméstico	Armenia
DQY_41	992501.61	1153150.24	Doméstico	Armenia
DQY_43	992433.47	1152865.02	Doméstico	Armenia
DQY_44	992458.88	1152785.64	Doméstico	Armenia
DQY_45	992080.94	1150786.01	Doméstico	Armenia
DQY_46	992877.68	1154110.29	Doméstico	Armenia
DQY_48	992649.51	1152998.50	Doméstico	Armenia
DQY_49	992528.62	1152973.60	Doméstico	Armenia
DQY_50	992864.05	1154243.89	Doméstico	Armenia
DQY_51	992463.45	1153601.96	Doméstico	Armenia
DQY_52	992423.54	1154664.22	Doméstico	Armenia
DQY_53	992413.09	1154649.44	Doméstico	Armenia
DQY_54	992311.93	1154063.48	Doméstico	Armenia
DQY_55	992297.96	1153959.47	Doméstico	Armenia
DQY_56	992072.56	1154264.19	Doméstico	Armenia
DQY_57	992036.25	1154223.62	Doméstico	Armenia
DQY_58	992385.25	1153439.33	Doméstico	Armenia
DQY_59	992442.82	1153402.80	Doméstico	Armenia
DQY_60	992516.38	1153195.17	Doméstico	Armenia
DQY_61	992386.12	1152816.89	Doméstico	Armenia
DQY_62	992506.93	1152048.77	Doméstico	Armenia
DQY_64	992234.72	1154405.75	Doméstico	Armenia
DSJ_01	993728.09	1155035.31	Doméstico	Armenia
DSJ_02	993726.97	1154967.14	Doméstico	Armenia
DSJ_02A	993710.51	1154412.20	Doméstico	Armenia
DSJ_02B	993730.47	1154440.16	Doméstico	Armenia
DSJ_02C	993675.72	1154374.22	Doméstico	Armenia
DSJ_02D	993493.71	1154127.27	Doméstico	Armenia
DSJ_02F	993502.74	1154073.85	Doméstico	Armenia
DSJ_02G	993456.47	1153962.81	Doméstico	Armenia
DSJ_03	993458.04	1153821.95	Doméstico	Armenia
DSJ_04	993890.58	1154357.06	Doméstico	Armenia
DSJ_05	993817.47	1154299.14	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DSJ_06	993715.73	1153979.76	Doméstico	Armenia
DSJ_07	993807.01	1153928.37	Doméstico	Armenia
DSJ_07A	993691.40	1153837.66	Doméstico	Armenia
DSJ_07B	993649.54	1153685.94	Doméstico	Armenia
DSJ_07C	993632.51	1153668.15	Doméstico	Armenia
DSJ_08	993634.55	1153380.43	Doméstico	Armenia
DSJ_09	993620.90	1153184.40	Doméstico	Armenia
DSJ_09_1	993601.28	1153431.40	Doméstico	Armenia
DSJ_10	993528.17	1152993.71	Doméstico	Armenia
DSJ_11	993488.79	1152947.23	Doméstico	Armenia
DSJ_12	993428.50	1152671.59	Doméstico	Armenia
DSJ_13	993340.11	1152628.62	Doméstico	Armenia
DSJ_14	993768.11	1154739.74	Doméstico	Armenia
DSJ_15	993761.98	1154480.12	Doméstico	Armenia
DSJ_17	993610.16	1154204.38	Doméstico	Armenia
DSJ_18	993696.81	1153547.43	Doméstico	Armenia
DSJ_20	993763.20	1154264.12	Doméstico	Armenia
DSJ_21	993699.25	1153794.69	Doméstico	Armenia
DSJ_23	993627.18	1152899.48	Doméstico	Armenia
DZH_15	994190.32	1152330.87	Doméstico	Armenia
DZH_16	994034.96	1152278.43	Doméstico	Armenia
DHA_18	994904.57	1156007.10	Doméstico	Armenia
DHA_04B	995442.02	1156231.95	Doméstico	Armenia
DHA_05	995369.02	1156486.23	Doméstico	Armenia
DHA_07	995466.83	1157137.17	Doméstico	Armenia
DHA_08	995670.97	1157243.46	Doméstico	Armenia
DHA_101	995381.56	1156411.71	Doméstico	Armenia
DHA_103	995410.65	1156658.42	Doméstico	Armenia
DHA_12	995447.10	1156536.25	Doméstico	Armenia
DHA_13	995269.68	1156548.13	Doméstico	Armenia
DHA_28	995776.87	1157186.30	Doméstico	Armenia
DHA_42	995512.51	1156926.48	Doméstico	Armenia
DHA_43	995314.64	1157149.87	Doméstico	Armenia
DHA_44	995312.48	1157132.02	Doméstico	Armenia
DHA_45	995313.15	1157129.55	Doméstico	Armenia
DHA_46	995400.30	1157102.62	Doméstico	Armenia
DHA_47	995412.26	1157403.45	Doméstico	Armenia
DHA_48	995450.43	1157388.94	Doméstico	Armenia
DHA_49	995426.77	1157391.92	Doméstico	Armenia
DHA_50	995769.50	1157500.46	Doméstico	Armenia
DHA_51	995271.36	1157173.70	Doméstico	Armenia
DHA_25	996353.99	1157914.98	Doméstico	Armenia
DHA_33	996587.81	1158264.37	Doméstico	Armenia
DHA_34	996479.51	1157928.67	Doméstico	Armenia
DHA_06	996105.16	1157550.67	Doméstico	Armenia
DHA_11	995912.27	1156618.87	Doméstico	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
DHA_41	996017.79	1157451.68	Doméstico	Armenia
DHA_03	995725.74	1156372.16	Doméstico	Armenia
DHA_04	995634.97	1156340.54	Doméstico	Armenia
DHA_04A	995604.32	1156252.85	Doméstico	Armenia
DHA_31	995205.95	1155413.57	Doméstico	Armenia
DHA_32	997616.21	1158689.81	Doméstico	Armenia
DHA_35	995831.70	1156394.67	Doméstico	Armenia
DHA_16	995331.76	1156004.36	Doméstico	Armenia
DHA_19	994534.85	1156375.50	Doméstico	Armenia
DHA_20	994539.21	1156373.61	Doméstico	Armenia
DHA_21	994626.30	1156312.63	Doméstico	Armenia
DHA_21A	994603.90	1156268.83	Doméstico	Armenia
DHA_21B	994637.36	1156170.83	Doméstico	Armenia
DHA_21C	994664.32	1156113.09	Doméstico	Armenia
DHA_21D	994665.07	1156009.42	Doméstico	Armenia
DHA_21E	994653.53	1155999.92	Doméstico	Armenia
DHA_22	994693.85	1155847.17	Doméstico	Armenia
DHA_23	994770.09	1155787.36	Doméstico	Armenia
DHA_23A	994910.51	1155854.46	Doméstico	Armenia
DHA_24	995006.38	1155854.74	Doméstico	Armenia
DHA_29	994453.09	1156376.06	Doméstico	Armenia
DHA_30	994715.27	1155785.40	Doméstico	Armenia
DHA_37	994503.17	1156371.95	Doméstico	Armenia
DHA_38	994452.52	1156350.13	Doméstico	Armenia
DHA_39	994763.85	1155786.36	Doméstico	Armenia
DHA_40	995162.28	1155869.57	Doméstico	Armenia
DHA_08A	995272.24	1157043.08	Doméstico	Armenia
DHA_09	995289.73	1157326.82	Doméstico	Armenia
DHA_10	995215.02	1157162.18	Doméstico	Armenia
DHA_104	995252.39	1156728.30	Doméstico	Armenia
DHA_27	995224.64	1157038.18	Doméstico	Armenia
PTAR LA MARINA	990299.24	1150318.35	Doméstico	Armenia
QYD11*	1001842.73	1159181.04	Doméstico	Circasia
Don Frijoles	990333.47	1151622.73	Turístico	Armenia
Merly's	988791.21	1148387.81	Turístico	Armenia
Zona Franca Eje Cafetero	985680.00	1143952.94	Industrial	La Tebaida
Estación De Servicio Mobil Los Fundadores	992521.16	1154856.33	Comercial - Servicios	Armenia
Bomba La Brasilia	992090.28	1154487.13	Comercial - Servicios	Armenia
Servicentro 3 Esquinas	991628.68	1154117.98	Comercial - Servicios	Armenia
Lava - Autos Camello 23	994151.61	1155870.74	Comercial - Servicios	Armenia
Lava Autos y Motos Las Américas (Tecniservicios)	994119.09	1154945.75	Comercial - Servicios	Armenia

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
Estación De Servicio Av. Bolívar	995875.84	1157686.61	Comercial - Servicios	Armenia
Servicentro El Guadual	995136.41	1156670.52	Comercial - Servicios	Armenia
Cooperativa Colanta Ltda.	994119.86	1155346.60	Industrial	Armenia
Universidad Del Quindío	995506.15	1157193.99	Comercial - Servicios	Armenia
Autoservicio Del Café	993968.03	1156271.95	Comercial - Servicios	Armenia
Lavadero Tropical Car Wash	994152.69	1156425.76	Comercial - Servicios	Armenia
Estación De Servicio Texaco Armenia	993937.48	1156364.51	Comercial - Servicios	Armenia
Estación De Servicio El Diamante	993875.61	1156148.79	Comercial - Servicios	Armenia
Lava Autos La 19	993781.52	1155162.25	Comercial - Servicios	Armenia
Lavadero Estación De Servicio Galán	994245.05	1156518.09	Comercial - Servicios	Armenia
Lavamos Y Lavamos - Pro Service	994245.53	1156764.77	Comercial - Servicios	Armenia
Auto Aqua Spa	994306.98	1156764.65	Comercial - Servicios	Armenia
Terminal De Transportes	992674.43	1154671.02	Comercial - Servicios	Armenia
Autoservicio La 35	992490.07	1154671.37	Comercial - Servicios	Armenia
Auto Sport Regional	993351.83	1155409.76	Comercial - Servicios	Armenia
Clínica Sagrada Familia	993814.70	1156426.42	Comercial - Servicios	Armenia
Central De Sacrificio Bellavista	995442.41	1156022.40	Industrial	Circasia
Parque Del Café	993578.55	1145203.10	Comercial - Servicios	Montenegro
Procesadora Avícola Los Ángeles	991249.00	1148259.96	Industrial	Armenia
Hospital Roberto Quintero Villa - Montenegro	995887.04	1147449.74	Comercial - Servicios	Montenegro
La Gaviota °	999470.52	1157525.34	Industrial	Circasia
Pueblo Tapao	991148.14	1143449.90	Doméstico - municipio	Montenegro
<b>RÍO GRIS</b>				
RGD1*	956905.85	1142645.91	Doméstico	Génova
RGD2*	956946.12	1142671.51	Doméstico	Génova
RGD3*	957149.30	1142723.09	Doméstico	Génova
PTAP Génova	956182.33	1142800.34	Industrial	Génova
<b>RÍO LEJOS</b>				
QRLD1	970793.28	1152368.03	Doméstico	Pijao
QID1	970793.11	1152275.50	Doméstico	Pijao

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
QID2	970823.78	1152244.60	Doméstico	Pijao
Agregados Éxito	968257.37	1142965.29	Industrial	Pijao
PTAP Pijao	971500.47	1152644.34	Industrial	Pijao
<b>RÍO ROJO</b>				
RSJD1*	957120.77	1142599.86	Doméstico	Génova
RSJD2*	957285.96	1142848.01	Doméstico	Génova
RSJD3*	957306.11	1142959.94	Doméstico	Génova
RSJD4*	957395.80	1143167.74	Doméstico	Génova
RSJD5*	957481.63	1143321.31	Doméstico	Génova
RSJD6*	957554.03	1143437.22	Doméstico	Génova
RSJD7*	957575.53	1143459.01	Doméstico	Génova
RGD1*	956905.85	1142645.91	Doméstico	Génova
RGD2*	956946.12	1142671.51	Doméstico	Génova
RGD3*	957149.30	1142723.09	Doméstico	Génova
PTAP Génova	956182.33	1142800.34	Industrial	Génova
<b>RÍO SAN JUAN</b>				
RSJD1*	957120.77	1142599.86	Doméstico	Génova
RSJD2*	957285.96	1142848.01	Doméstico	Génova
RSJD3*	957306.11	1142959.94	Doméstico	Génova
RSJD4*	957395.80	1143167.74	Doméstico	Génova
RSJD5*	957481.63	1143321.31	Doméstico	Génova
RSJD6*	957554.03	1143437.22	Doméstico	Génova
RSJD7*	957575.53	1143459.01	Doméstico	Génova
RGD1*	956905.85	1142645.91	Doméstico	Génova
RGD2*	956946.12	1142671.51	Doméstico	Génova
RGD3*	957149.30	1142723.09	Doméstico	Génova
PTAP Génova	956182.33	1142800.34	Industrial	Génova
<b>RÍO SANTO DOMINGO</b>				
P4*	990775.49	1158285.59	Doméstico	Calarcá
N1*	991172.16	1159221.32	Doméstico	Calarcá
N3*	991858.84	1159657.22	Doméstico	Calarcá
N5-N6*	992327.42	1159811.09	Doméstico	Calarcá
N7-N8*	992451.42	1159897.80	Doméstico	Calarcá
N9*	992957.77	1160499.02	Doméstico	Calarcá
N10*	992867.96	1160302.47	Doméstico	Calarcá
N11*	992459.73	1159902.41	Doméstico	Calarcá
N12*	992413.17	1159821.09	Doméstico	Calarcá
N13*	991995.47	1159603.60	Doméstico	Calarcá
N14*	991495.29	1159472.00	Doméstico	Calarcá
N15*	991637.18	1159127.89	Doméstico	Calarcá
N16*	991408.94	1159159.18	Doméstico	Calarcá
N17*	992875.96	1160307.38	Doméstico	Calarcá
N18*	992811.77	1160168.75	Doméstico	Calarcá
N19*	992772.10	1160151.87	Doméstico	Calarcá
N20*	992689.05	1160107.63	Doméstico	Calarcá
N21*	991643.19	1159993.45	Doméstico	Calarcá

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
N22*	992580.09	1160010.10	Doméstico	Calarcá
N23*	992179.88	1159783.32	Doméstico	Calarcá
N24*	992047.21	1159351.88	Doméstico	Calarcá
N25*	991549.38	1159476.82	Doméstico	Calarcá
N26*	991855.70	1159155.21	Doméstico	Calarcá
M1*	991176.39	1158559.25	Doméstico	Calarcá
M2*	991621.19	1158653.35	Doméstico	Calarcá
M3*	991269.38	1158972.27	Doméstico	Calarcá
M4*	990466.90	1158551.08	Doméstico	Calarcá
M5*	991861.33	1159359.64	Doméstico	Calarcá
M6*	991848.67	1159327.60	Doméstico	Calarcá
M7*	991703.59	1159305.38	Doméstico	Calarcá
M8*	991251.47	1158926.36	Doméstico	Calarcá
M9*	991460.54	1158835.91	Doméstico	Calarcá
RS1*	991912.57	1160256.88	Doméstico	Calarcá
RS2*	988061.58	1156950.08	Doméstico	Calarcá
Lavadero Mobil Estación De Servicio Calarca	992716.07	1160252.20	Comercial - Servicios	Calarcá
Lavadero Virgen Negra	992168.93	1163213.58	Comercial - Servicios	Calarcá
Lavadero Bellavista	991984.38	1163121.45	Comercial - Servicios	Calarcá
La Virginia	989456.13	1158778.48	Domestico - Centros Poblados	Calarcá
Túnel De La Línea	989471.98	1166672.87	Industrial	Calarcá
Túnel Chorros - Robles	990784.66	1162445.45	Industrial	Calarcá
Túnel Virgen Negra	991889.87	1161965.26	Industrial	Calarcá
PTAP Calarcá	992993.17	1160529.17	Industrial	Calarcá
Industria Quindiana de Alimentos Lácteos R y O S.A.S.	992163.73	1160623.33	Industrial	Calarcá
<b>RÍO VERDE</b>				
P4*	990775.49	1158285.59	Doméstico	Calarcá
N1*	991172.16	1159221.32	Doméstico	Calarcá
N3*	991858.84	1159657.22	Doméstico	Calarcá
N5-N6*	992327.42	1159811.09	Doméstico	Calarcá
N7-N8*	992451.42	1159897.80	Doméstico	Calarcá
N9*	992957.77	1160499.02	Doméstico	Calarcá
N10*	992867.96	1160302.47	Doméstico	Calarcá
N11*	992459.73	1159902.41	Doméstico	Calarcá
N12*	992413.17	1159821.09	Doméstico	Calarcá
N13*	991995.47	1159603.60	Doméstico	Calarcá
N14*	991495.29	1159472.00	Doméstico	Calarcá
N15*	991637.18	1159127.89	Doméstico	Calarcá
N16*	991408.94	1159159.18	Doméstico	Calarcá

<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
N17*	992875.96	1160307.38	Doméstico	Calarcá
N18*	992811.77	1160168.75	Doméstico	Calarcá
N19*	992772.10	1160151.87	Doméstico	Calarcá
N20*	992689.05	1160107.63	Doméstico	Calarcá
N21*	991643.19	1159993.45	Doméstico	Calarcá
N22*	992580.09	1160010.10	Doméstico	Calarcá
N23*	992179.88	1159783.32	Doméstico	Calarcá
N24*	992047.21	1159351.88	Doméstico	Calarcá
N25*	991549.38	1159476.82	Doméstico	Calarcá
N26*	991855.70	1159155.21	Doméstico	Calarcá
M1*	991176.39	1158559.25	Doméstico	Calarcá
M2*	991621.19	1158653.35	Doméstico	Calarcá
M3*	991269.38	1158972.27	Doméstico	Calarcá
M4*	990466.90	1158551.08	Doméstico	Calarcá
M5*	991861.33	1159359.64	Doméstico	Calarcá
M6*	991848.67	1159327.60	Doméstico	Calarcá
M7*	991703.59	1159305.38	Doméstico	Calarcá
M8*	991251.47	1158926.36	Doméstico	Calarcá
M9*	991460.54	1158835.91	Doméstico	Calarcá
RS1*	991912.57	1160256.88	Doméstico	Calarcá
RS2*	988061.58	1156950.08	Doméstico	Calarcá
B1*	981561.34	1150652.79	Doméstico	Calarcá
B2*	981519.79	1150617.40	Doméstico	Calarcá
B3*	981529.89	1150591.79	Doméstico	Calarcá
B4*	981507.77	1150592.45	Doméstico	Calarcá
B5*	981489.31	1150580.14	Doméstico	Calarcá
B6*	981032.60	1150681.21	Doméstico	Calarcá
B7*	981444.64	1150516.08	Doméstico	Calarcá
B8*	980763.87	1150408.46	Doméstico	Calarcá
B9*	980954.43	1150611.04	Doméstico	Calarcá
B10*	980985.36	1150722.31	Doméstico	Calarcá
B11*	982125.01	1150743.97	Doméstico	Calarcá
D9*	978438.89	1154004.12	Doméstico	Córdoba
D18*	978409.52	1153883.77	Doméstico	Córdoba
Lavadero Mobil Estación De Servicio Calarca	992716.07	1160252.20	Comercial - Servicios	Calarcá
Lavadero Virgen Negra	992168.93	1163213.58	Comercial - Servicios	Calarcá
Lavadero Bellavista	991984.38	1163121.45	Comercial - Servicios	Calarcá
La Virginia	989456.13	1158778.48	Domestico - Centros Poblados	Calarcá
Túnel De La Línea	989471.98	1166672.87	Industrial	Calarcá
Túnel Chorros - Robles	990784.66	1162445.45	Industrial	Calarcá
Túnel Virgen Negra	991889.87	1161965.26	Industrial	Calarcá



<b>Nombre CRQ</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo de Vertimiento</b>	<b>Municipio</b>
PTAP Calarcá	992993.17	1160529.17	Industrial	Calarcá
Industria Quindiana de Alimentos Lácteos R y O S.A.S.	992163.73	1160623.33	Industrial	Calarcá
PTAP de Córdoba	977035.25	1154885.64	Industrial	Córdoba
Centro Poblado Río Verde - Calarcá	978960.84	1149361.64	Domestico - Centros Poblados	Calarcá

Anexo 3. Reportes Laboratorio de Calidad de Aguas, Monitoreo 2019

Resumen de Resultados de Monitoreo de Cantidad y Calidad del Agua, los informes completos de las campañas de campo pueden ser consultados en el anexo digital del informe.

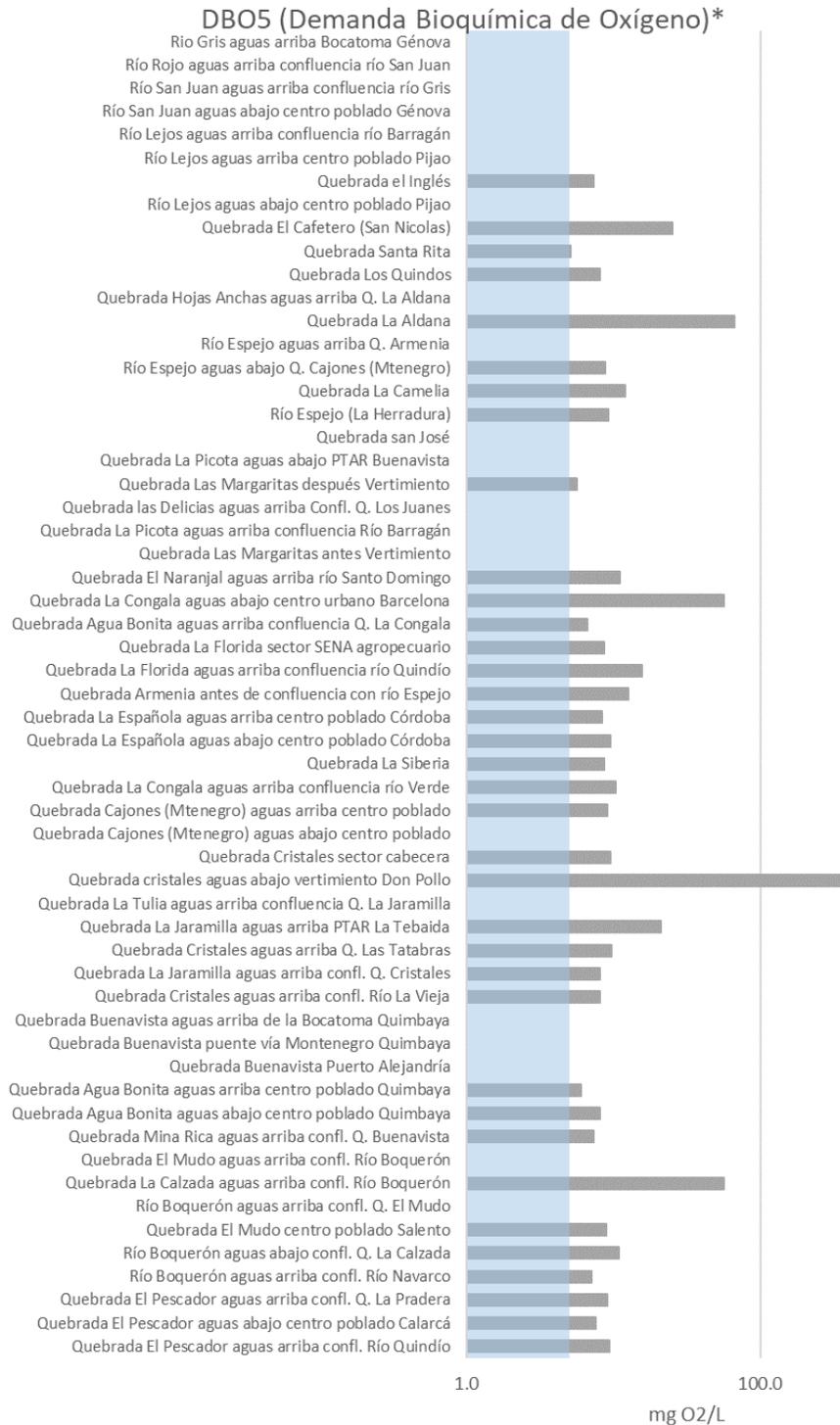


Figura 482. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: DBO5

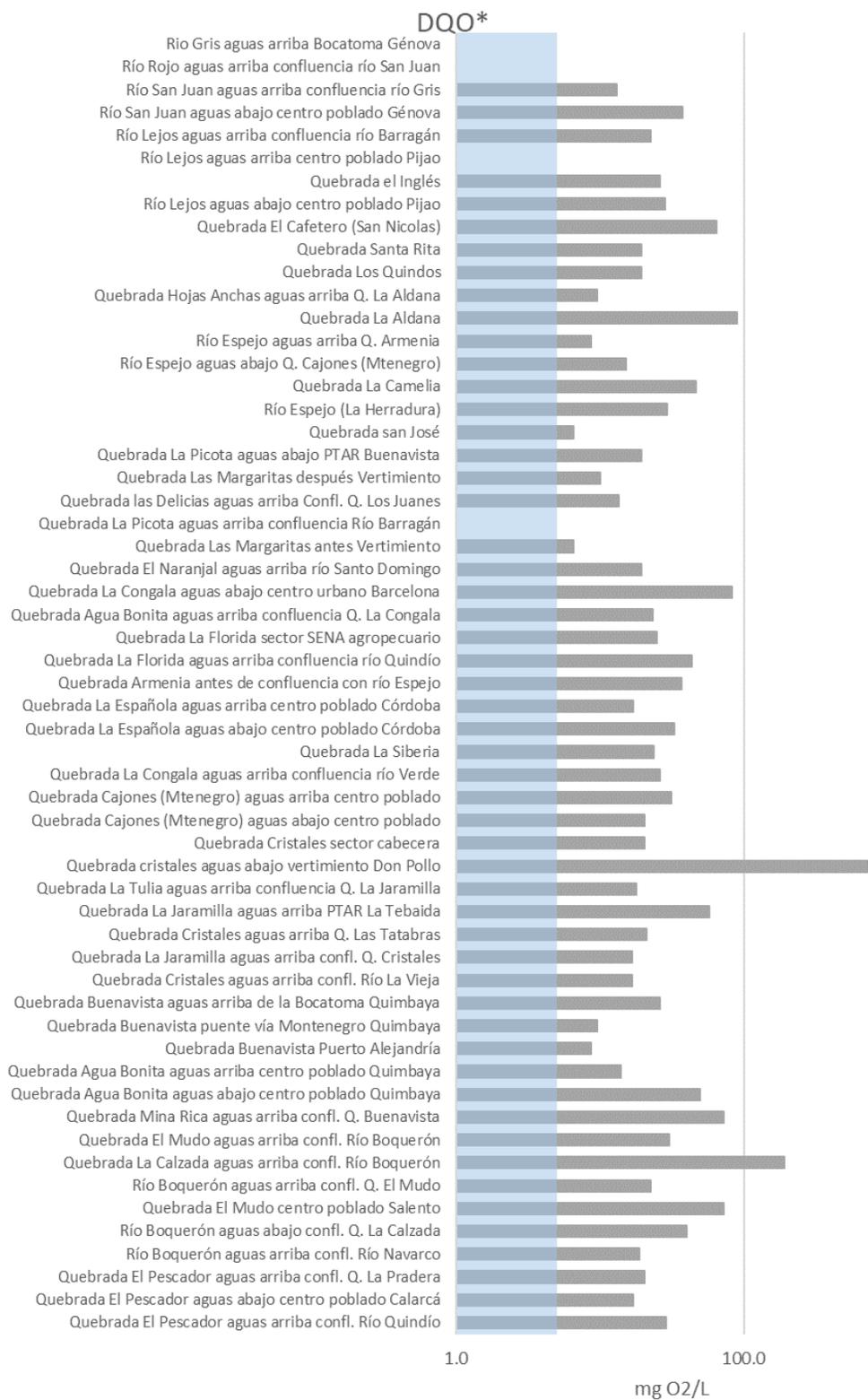


Figura 483. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: DQO

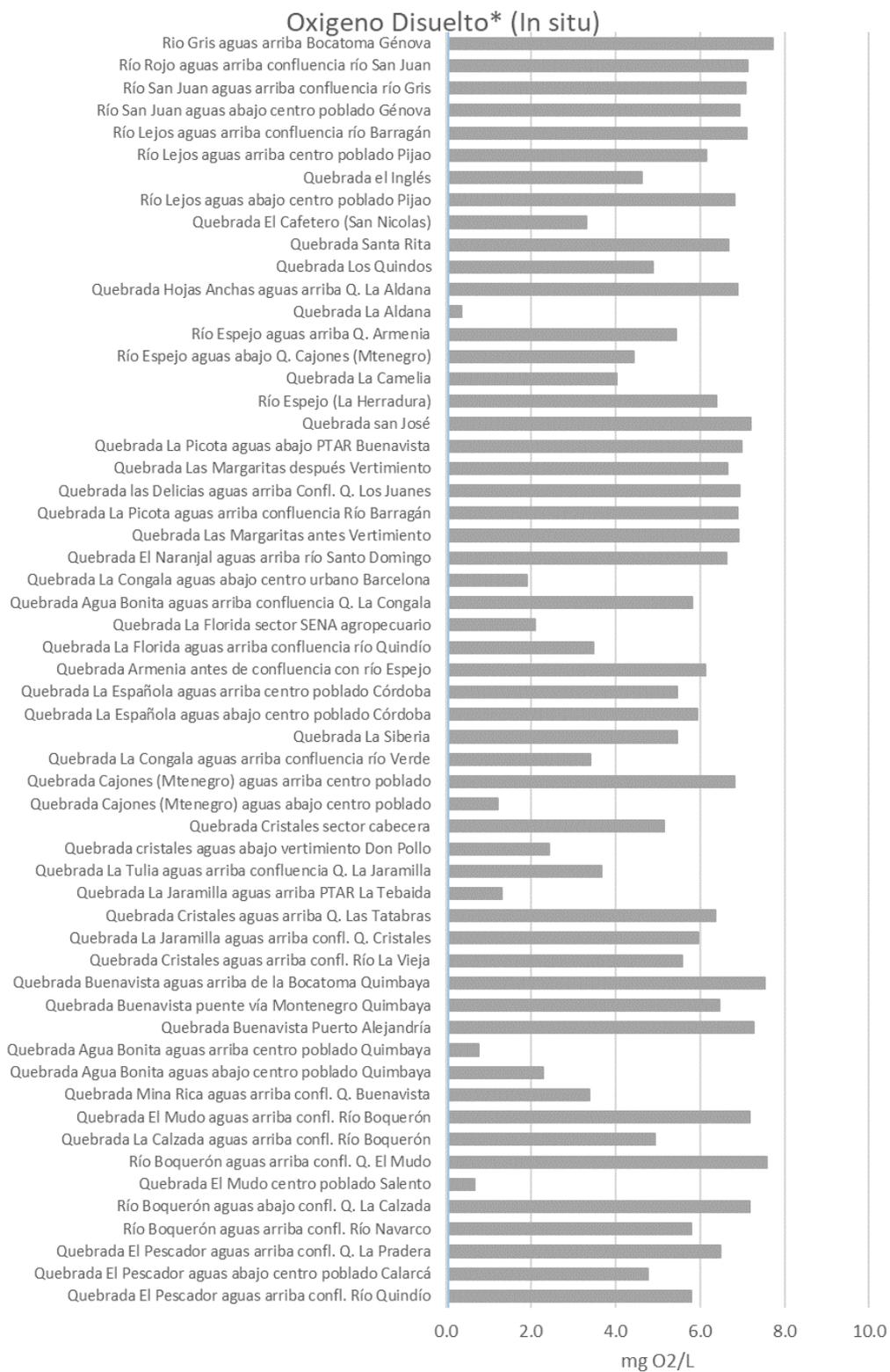


Figura 484. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: OD

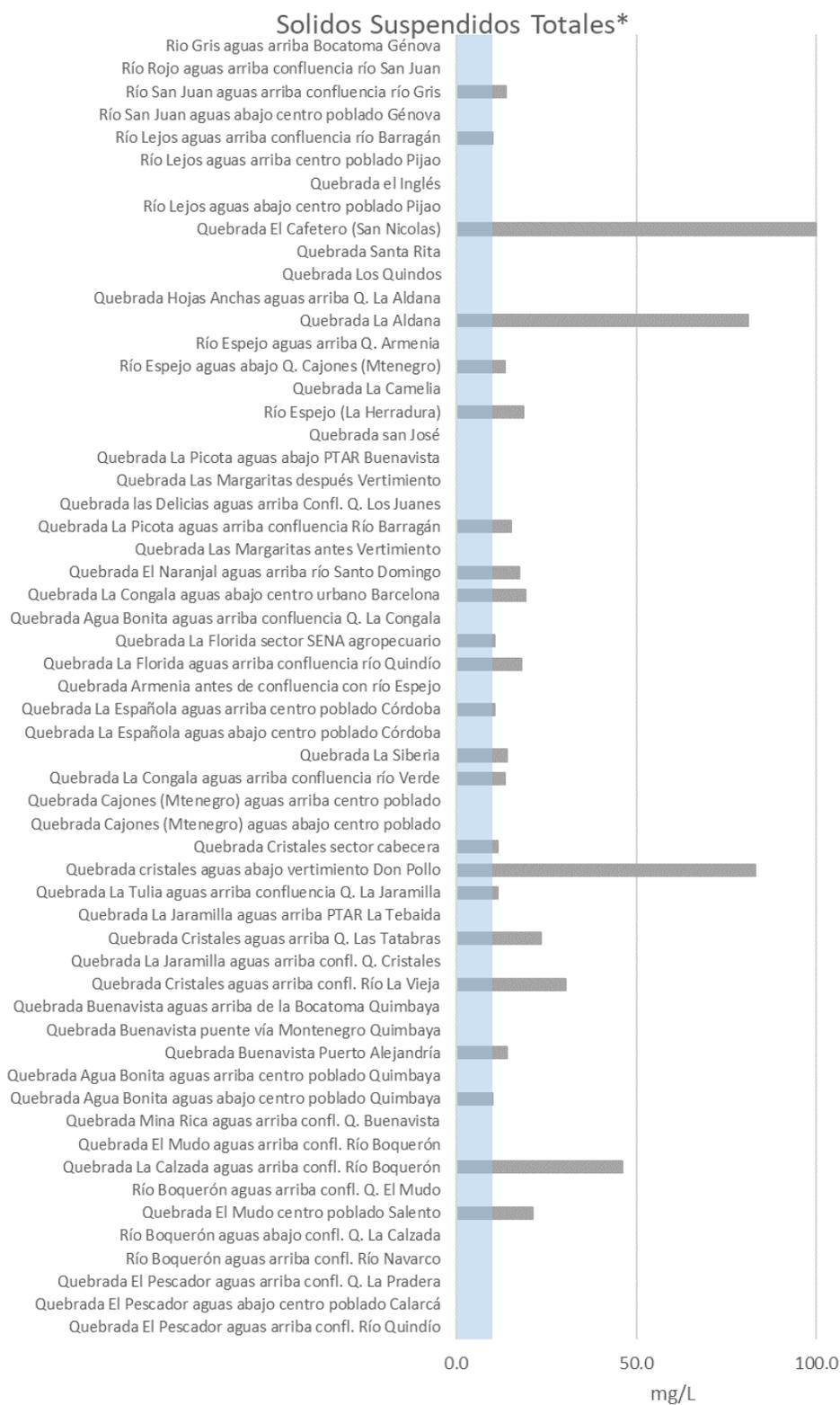


Figura 485. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: SST

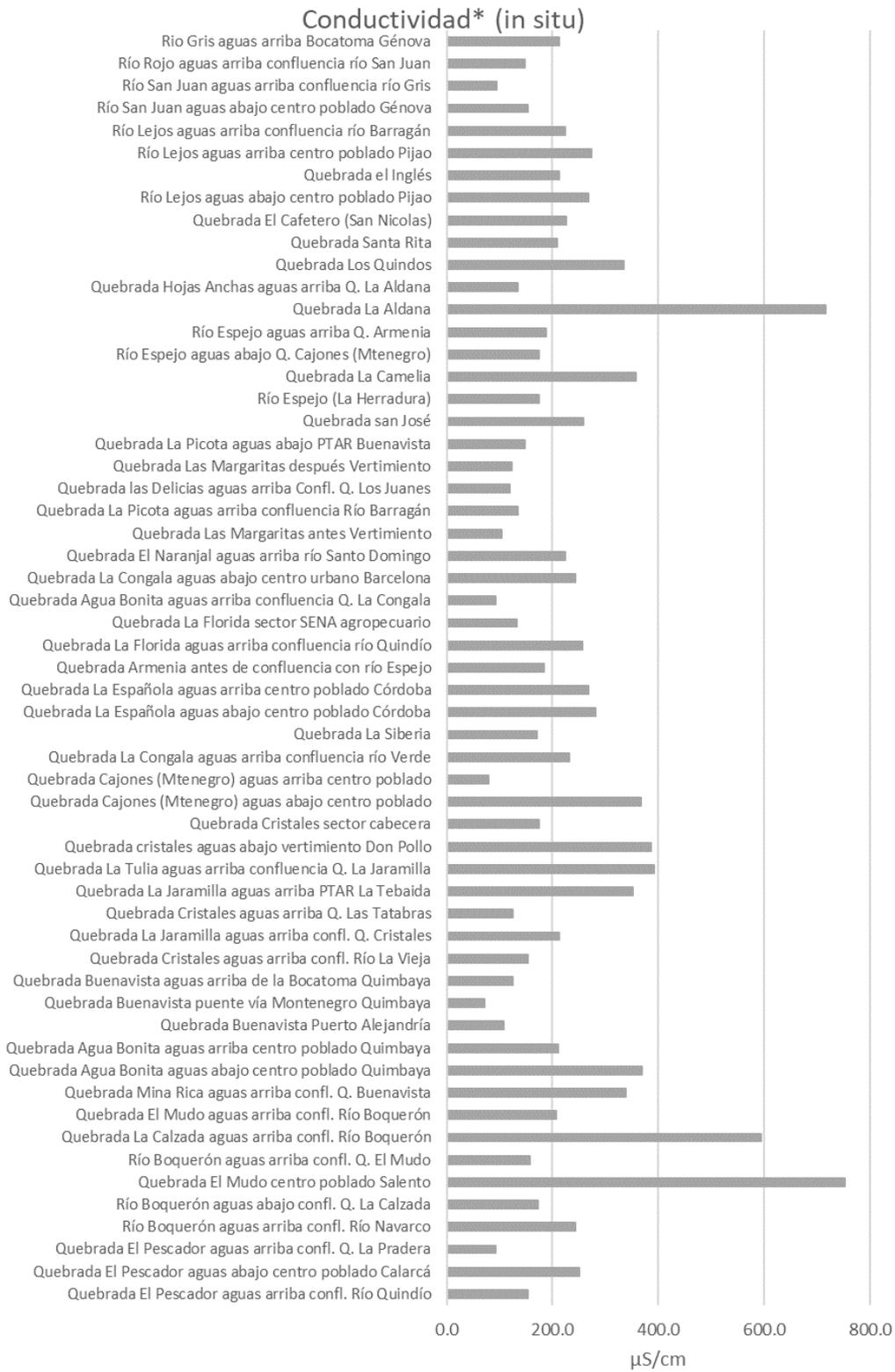


Figura 486. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: Conductividad

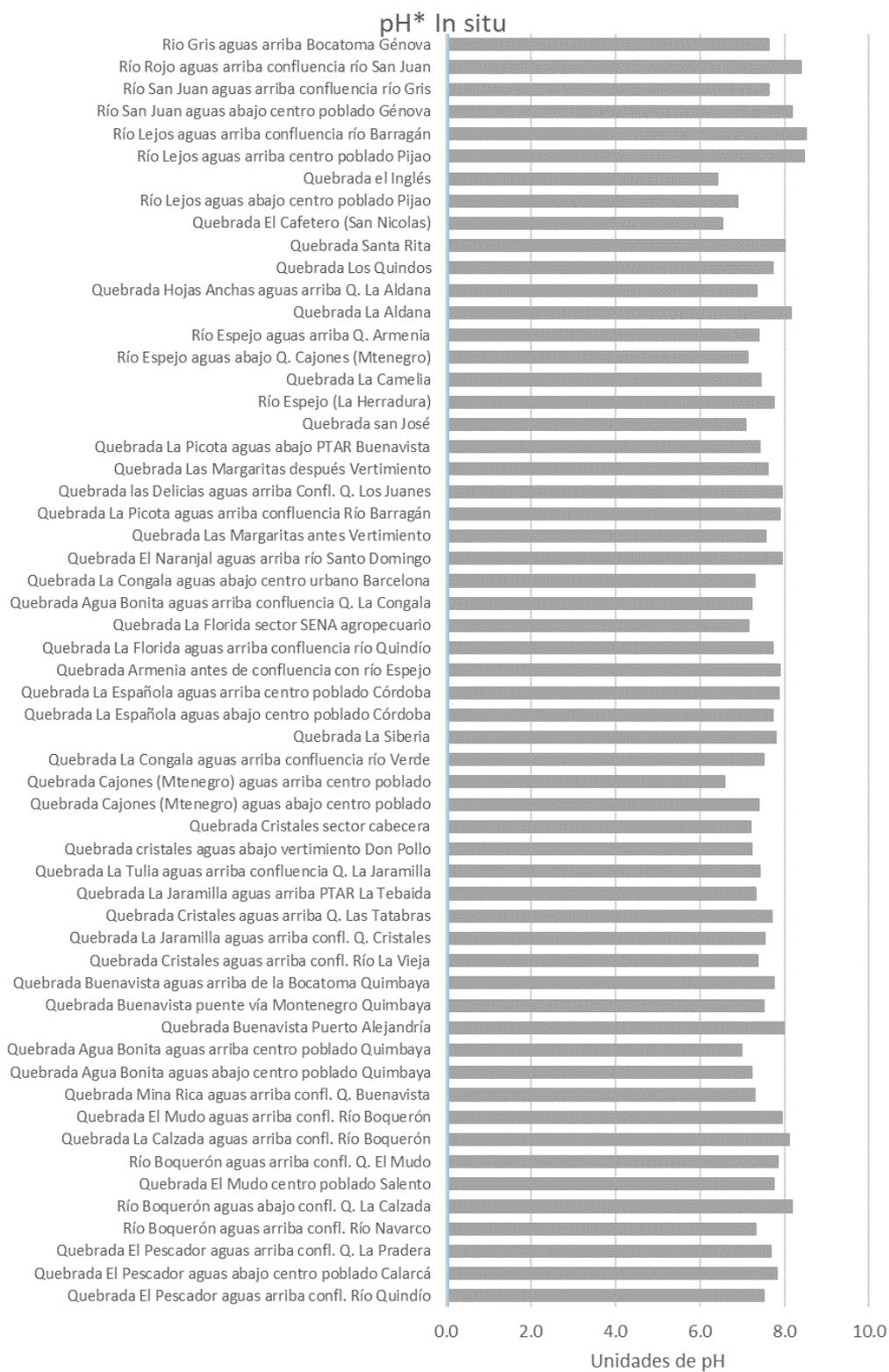


Figura 487. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: pH

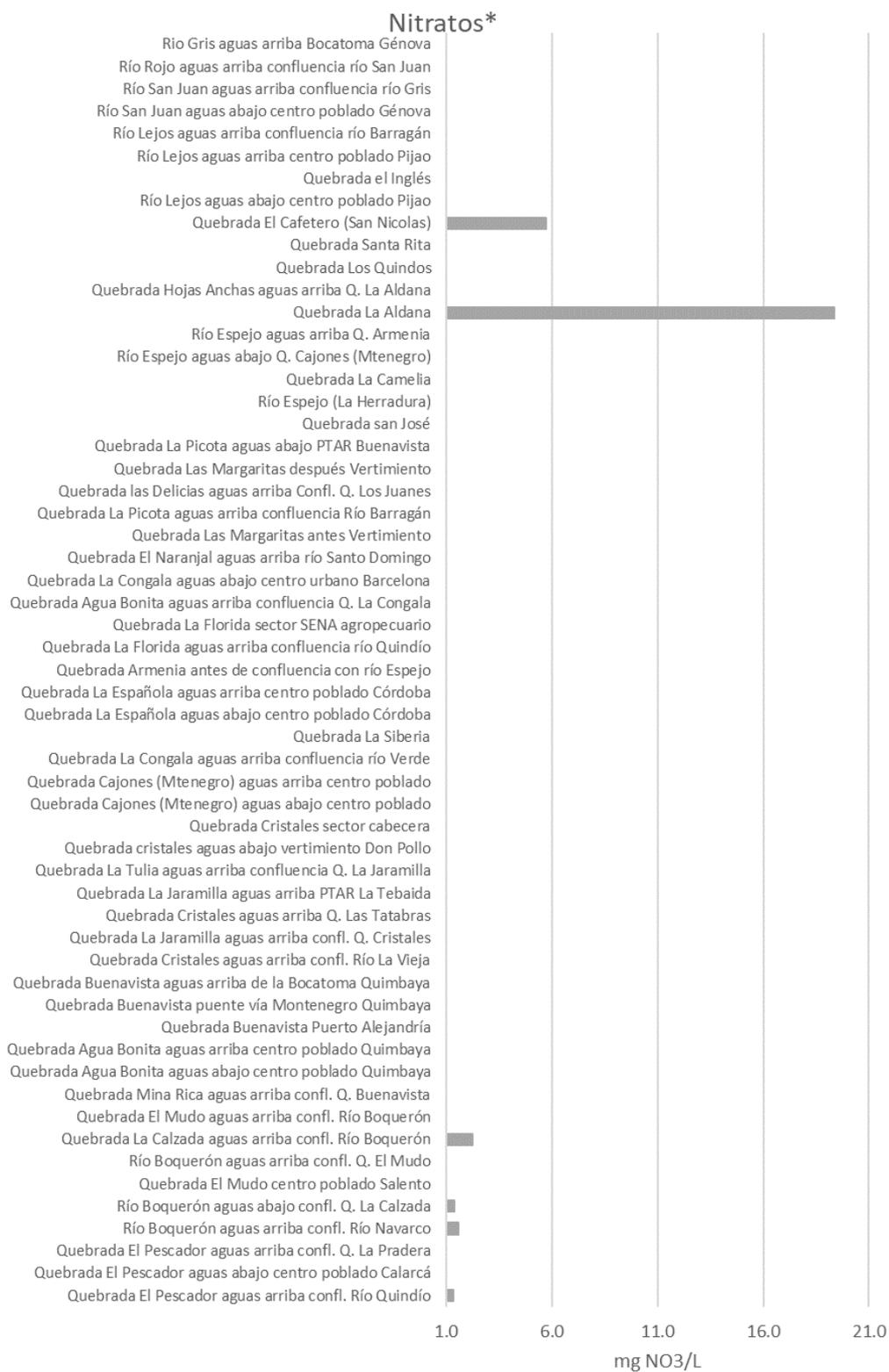


Figura 488. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: Nitratos



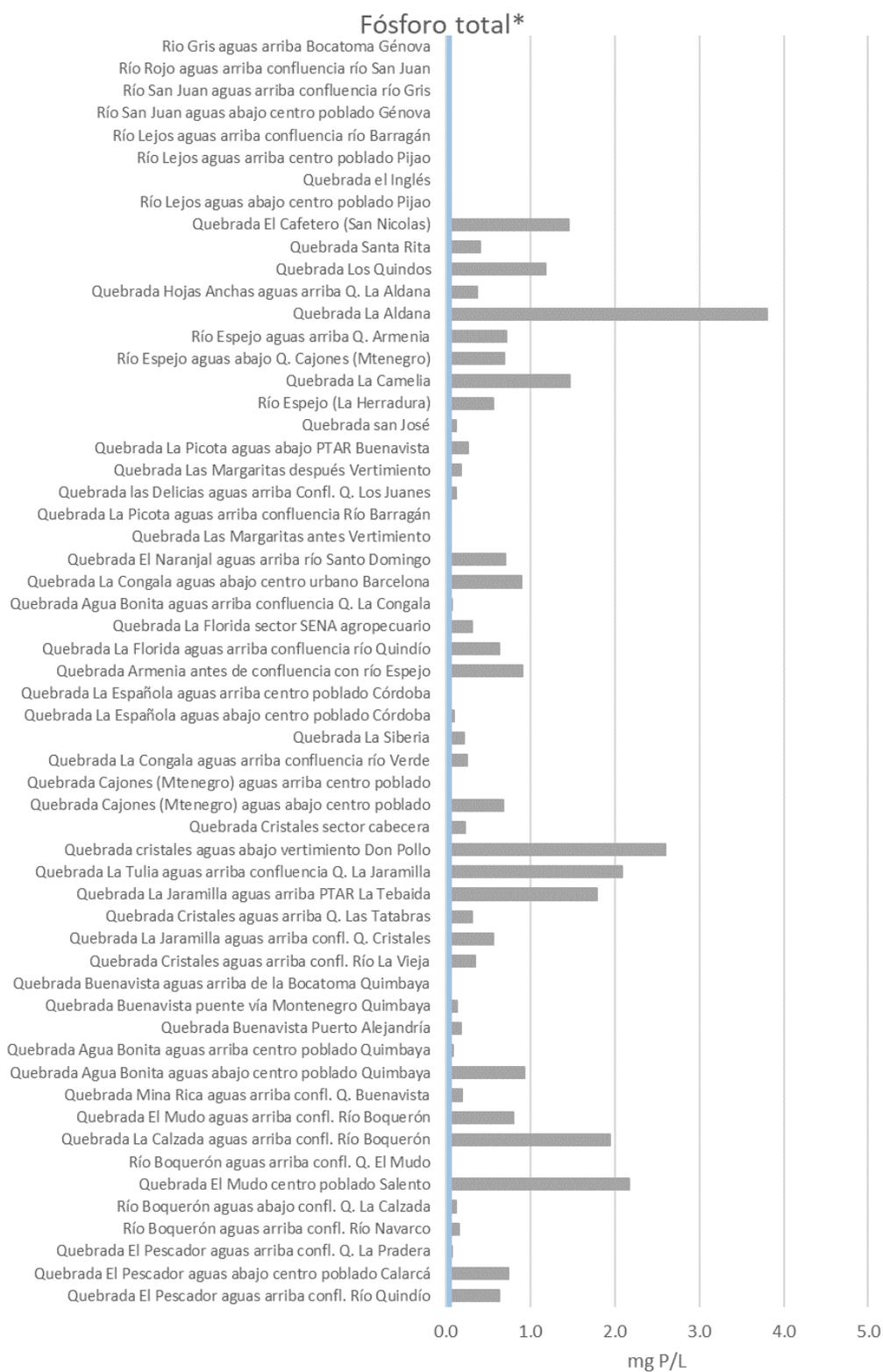


Figura 489. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: Fosforo total

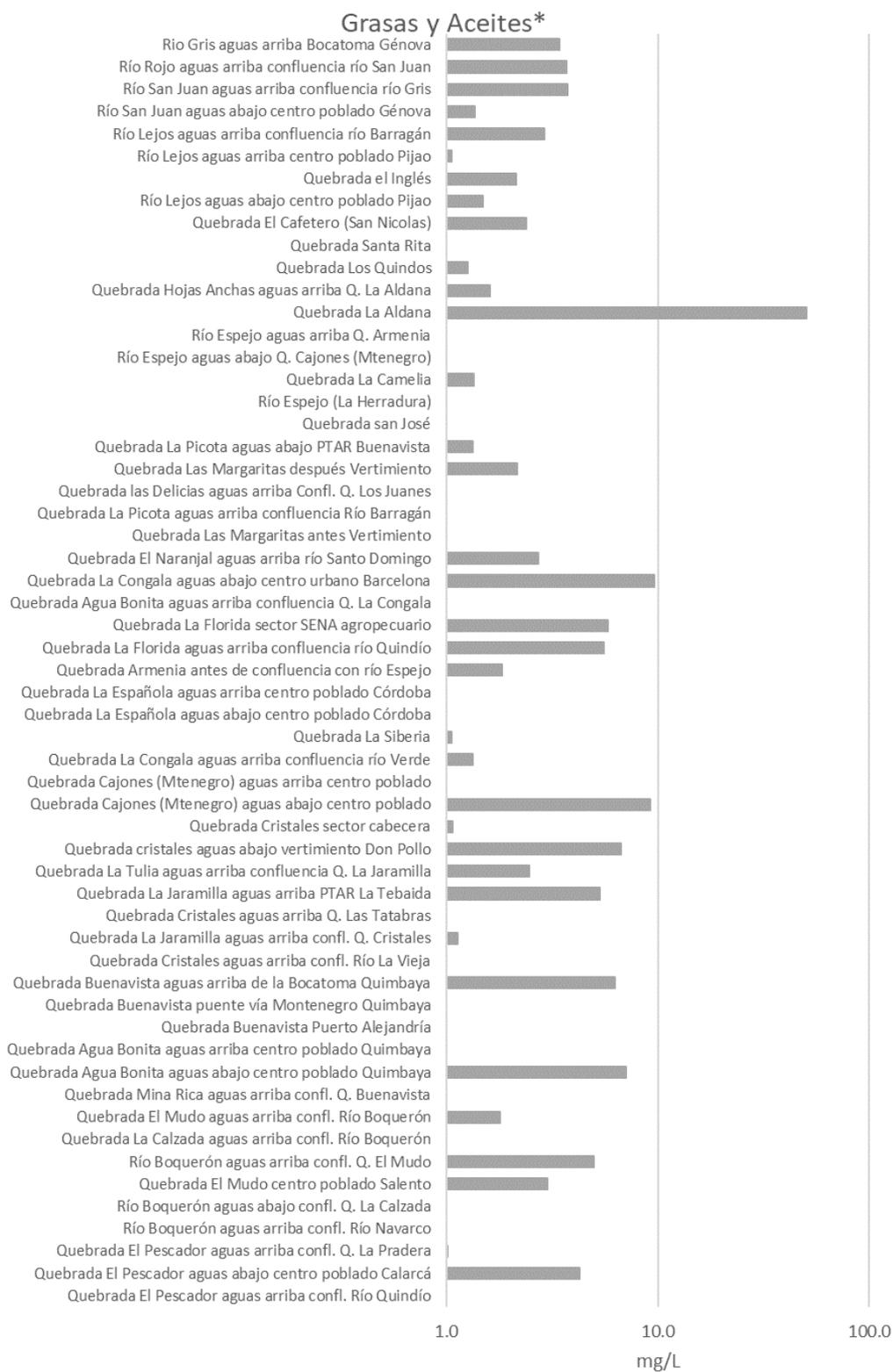


Figura 490. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: Grasas y Aceites

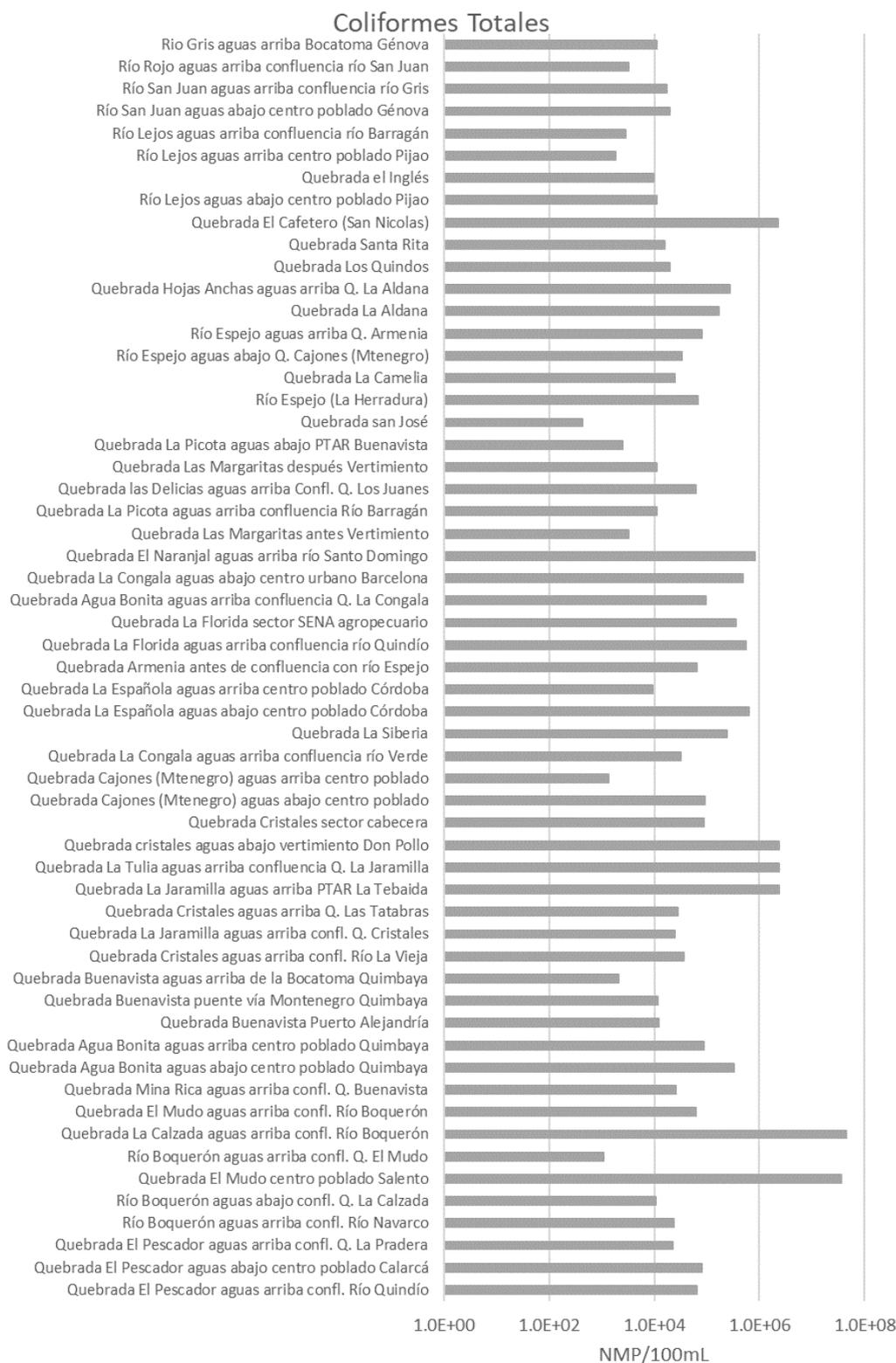


Figura 491. Resultados de monitoreo 2019 en las fuentes receptoras de vertimiento: Coliformes totales