

FORMULAR EL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

CONTRATO N° CCC 2015173

INFORME DE DIAGNÓSTICO
FEBRERO DE 2016



Supervisores Adriana Ríos Moyano Raul Torres Torres Equipo técnico de CORPOBOYACÁ	Revisó Juan Pablo Macias Manuel Alarcón	Aprobó Cesar Rodríguez
--	--	----------------------------------



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RIO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.....	21
1. FALTANTES GENERALES DE INFORMACIÓN DE ACUERDO A LOS REQUISITOS Y FASES ESTABLECIDAS EN EL DECRETO 1640 DE 2012 Y LOS LINEAMIENTOS CONCEPTUALES DEL ERA.....	21
1.1. Modelo geológico básico.....	21
1.2. Modelo hidráulico.....	21
1.3. Modelo hidrológico.....	21
1.4. Modelo hidrogeoquímico e isotópico.....	22
1.5. Gestión y manejo integral del recurso hídrico.....	22
1.6. Interacción social.....	22
2. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO	23
2.1. Marco geológico	23
2.2. Estratigrafía	24
2.2.1. Cretáceo.....	25
2.2.2. Terciario.....	31
2.2.3. Cuaternario.....	33
2.3. Geología estructural	34
2.3.1. Pliegues.....	35
2.3.2. Fallas.....	36
2.4. Control geológico de campo.....	37
2.5. Modelo Geológico básico	40
3. GEOFÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	47
4. ANALISIS HIDROLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	50
4.1. Aspectos generales.....	50
4.2. Climatología	51
4.2.1. Precipitación.....	51
4.2.2. Temperatura.....	61
4.2.3. Evapotranspiración.....	62
4.3. Caudales.....	64
4.4. Balance hídrico	66
4.4.1. Precipitación (P).....	67
4.4.2. Trasvase (Tv).....	67
4.4.3. Caudal (Q).....	69
4.4.4. Evapotranspiración (ETR).....	69
4.4.5. Infiltración (I).....	70
4.5. Cartografía de la red hidrológica de importancia para el sistema acuífero	73



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



5. HIDROGEOQUÍMICA DEL SISTEMA ACUÍFERO	74
5.1. Aspectos básicos	74
5.1.1. Clasificación físico-química de las aguas subterráneas y su representación gráfica.....	76
5.2. Información Físico-química disponible.....	80
5.3. Red de muestreo para medición en manantiales pozos y aljibes de parámetros físico-químicos	81
5.4. Síntesis sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo.....	82
5.4.1. Información fisicoquímica analizada en la red de monitoreo	82
5.5. Clasificación hidrogeoquímica de las aguas subterráneas	96
5.5.1. Representación gráfica y análisis de muestras de agua subterránea tomadas de pozos profundos y manantiales.....	96
5.6. Clasificación de calidad de agua para consumo humano	110
5.7. Clasificación de calidad de agua para riego	113
5.8. Balance iónico de puntos monitoreados.....	116
6. DEFINICIÓN DEL MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL	118
6.1. Caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas	118
6.1.1. Formación Paja (Kimp).....	119
6.1.2. Formación San Gil inferior (Kmsgi)	119
6.1.3. Formación San Gil superior (Kmsgs)	119
6.1.4. Grupo Churuvita (Ksch)	119
6.1.5. Grupo Conejo (Kscn).....	119
6.1.6. Grupo Guadalupe (Ksg)	120
6.1.7. Formación Guaduas (KTg)	121
6.1.8. Formación Cacho (Tic).....	121
6.1.9. Formación Bogotá (Tb)	121
6.1.10. Formación Tilatá (Tst).....	121
6.1.11. Depósitos Fluvio- lacustres (Qfl)	122
6.1.12. Depósito Coluvial (Qc)	122
6.1.13. Depósito Aluvial (Qal).....	122
6.2. Unidades de análisis de aguas subterráneas.....	123
6.3. Identificación y delimitación de las subcuencas hidrogeológicas de la zona de estudio	123
6.3.1. Sección geológica 3-3' y sección geológica (sur de la zona de estudio)	124
6.3.2. Sección geológica 1-1' y sección hidrogeológica.....	126
6.4. Mapa Hidrogeológico	128
6.4.1. Acuíferos con porosidad primaria.....	128
6.4.2. Acuíferos con porosidad secundaria	129
6.4.3. Acuitardos.....	129
6.4.4. Acuífugas	130
6.4.5. Sistemas Acuíferos	130



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.5.	Modelo hidrogeológico conceptual del sistema acuífero de Tunja.....	130
6.5.1.	Extensión y profundidad de unidades hidrogeológicas consideradas como acuíferos.....	133
6.5.2.	Infiltración y recarga	137
6.5.3.	Descarga	141
6.5.4.	Identificación de las redes de flujo.....	161
6.5.5.	Determinación de parámetros hidráulicos.....	183
6.6.	Mapas de isolíneas con redes de flujo, conductividad eléctrica, evapotranspiración e isoyetas	186
7.	COBERTURA DE LA TIERRA	187
7.1.	Análisis de cobertura de la tierra.....	187
7.1.1.	Consecución y alistamiento de imágenes de sensores remotos	188
7.1.2.	Consecución de información secundaria.....	189
7.1.3.	Interpretación	190
7.1.4.	Estructura de la base de datos.....	191
7.1.5.	Trabajo de campo	192
7.2.	Cobertura de la tierra periodo 2012.....	194
7.2.1.	Territorios artificializados (1).....	197
7.2.2.	Territorios agrícolas (2).....	199
7.2.3.	Bosques (3.1).....	206
7.2.4.	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (3.2).....	212
7.2.5.	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (3.3).....	212
7.2.6.	Aguas continentales (5.1).....	213
7.3.	Cobertura de la tierra en las áreas de recarga.....	214
7.4.	Análisis multitemporal del cambio de las coberturas	218
7.4.1.	Metodología.....	218
7.4.2.	Resultados	221
7.5.	Análisis de fragmentación.....	226
7.5.1.	Índices de estado de área.....	229
7.5.2.	Índices de estado de forma	232
7.5.3.	Índices de estado de área de corte	234
7.6.	Índice de estado de proximidad	238
8.	FLORA Y COBERTURA VEGETAL	240
8.1.	Metodología	240
8.1.1.	Etapas	240
8.1.2.	Procedimientos.....	245
8.1.3.	Variables.....	248
8.1.4.	Modelos de abundancia de especies.....	252
8.2.	Estructura y composición florística	254
8.2.1.	Microcuenca río Piedras – Bosque de galería y ripario.....	254
8.2.2.	Microcuenca río Teatinos – Arbustal denso	271



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.2.3.	Bosque denso bajo de tierra firme – Microcuencas quebradas la Barona y de Pantano verde.....	286
8.2.4.	Ecosistema agropecuario.....	299
8.2.5.	Especies endémicas y amenazadas.....	302
8.2.6.	Especies de valor sociocultural, económico, medicinal y/o artesanal	309
9.	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE IMPORTANCIA ESTRATEGICA PARA EL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA.....	315
9.1.	Identificación de áreas estratégicas según categorías de conservación existentes, ecosistemas, áreas de protección y reserva, además de zona de protección civil.....	315
9.1.1.	Tunja.....	317
9.1.2.	Oicatá.....	320
9.1.3.	Soracá.....	322
9.1.4.	Cucaita.....	323
9.1.5.	Sora.....	325
9.1.6.	Cómbita.....	327
9.1.7.	Motavita.....	328
9.1.8.	Chivatá.....	329
9.1.9.	Recomendaciones para todos los municipios.....	330
9.1.10.	Especies de flora y fauna de importancia para la preservación de áreas de protección y reserva.....	330
9.2.	Propuesta de áreas que requieran ser incluidas en alguna categoría de protección	333
9.2.1.	Microcuenca río Piedras – Bosque de galería y ripario.....	334
9.2.2.	Microcuenca río Teatinos – Arbustal denso.....	335
9.2.3.	Bosque denso bajo de tierra firme – Microcuencas quebradas de pantano verde.....	337
9.2.4.	Otras áreas a conservar.....	339
10.	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN.....	341
10.1.	Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos del sistema acuífero de Tunja	342
10.1.1.	Evaluación de la vulnerabilidad para el acuífero superficial.....	343
10.1.2.	Evaluación de la vulnerabilidad para el acuífero de mayor profundidad.....	346
10.2.	Mapa de vulnerabilidad.....	348
11.	USOS Y DEMANDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	350
11.1.	Revisión de expedientes de Corpoboyacá y Corpochivor.....	350
11.1.2.	Clasificación de expedientes por municipios.....	353
11.2.	Expedientes y puntos de captación de agua subterránea en el acuífero superficial y en el de mayor profundidad.....	354
11.2.1.	Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.....	355



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

11.2.2.	Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.....	359
11.2.3.	Subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá.....	362
11.3.	Demanda del recurso hídrico subterráneo	363
11.3.1.	Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.....	364
11.3.2.	Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.....	369
11.3.3.	Subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá.....	372
11.4.	Usos del recurso hídrico subterráneo	375
11.4.1.	Uso del recurso hídrico subterráneo por subcuenca hidrogeológica	375
12.	OFERTA DE AGUAS SUBTERRANEAS	379
12.1.	Reservas de agua subterránea.....	379
12.1.1.	Parámetros hidráulicos	380
12.1.2.	Cálculo de reservas.....	382
12.1.3.	Cálculo de infiltración	385
12.1.4.	Recarga.....	385
13.	ESTADO DE LEGALIDAD DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO	389
13.1.	Estado de legalidad del recurso hídrico subterráneo en la zona de estudio.....	390
14.	SINTESIS SOBRE EL ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA OFERTA Y DEMANDA DEL AGUA SUBTERRANEA	391
14.1.	Síntesis de la oferta expresada en reserva y recarga, además de la demanda total de agua subterránea.....	391
14.2.	Formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico – RURH	392
14.2.1.	Contenido del formato para el registro de usuarios del recurso hídrico	392
14.2.2.	Registro de usuarios del recurso hídrico subterráneo en la zona de estudio (Subcuencas hidrogeológicas de los sinclinales de Tunja y Albarracín y al oriente de la falla de Chivatá).....	396
15.	IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS Y PROBLEMAS POR EL USO DEL SISTEMA ACUÍFERO. ADEMÁS DE LAS CONDICIONES DE DESABASTECIMIENTO	397
15.1.	Condiciones de desabastecimiento	402
16.	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA	403
16.1.	Análisis de la información obtenida en los FUNIAS.....	408
16.2.	Inventario de puntos de agua en la zona de estudio por subcuencas hidrogeológicas.....	413
16.2.1.	Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.....	414
16.2.2.	Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.....	417
16.2.3.	Subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá.....	420
17.	DEFINICIÓN DE AMENAZAS IDENTIFICADAS POR ACTORES	424
17.1.	Representantes de servicios públicos	424
17.2.	Representantes de las instituciones educativas	424
17.3.	Representantes de las juntas de acueductos	425
17.4.	Representantes industriales	426



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

17.5.	Representantes empresariales.....	426
17.6.	Representantes mineros.....	426
17.7.	Representantes del sector ganadero.....	427
17.8.	Representantes del sector agrícola.....	427
17.9.	Representantes del sector municipal.....	428
18.	CARACTERIZACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA Y CULTURAL DE ACTORES CLAVES PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRANEA ASOCIADA AL SISTEMA ACUÍFERO.....	430
18.1.	Generalidades del departamento de Boyacá.....	431
18.1.1.	Socio-economía del departamento.....	432
18.2.	Municipios del área de estudio.....	433
19.	INFORME DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DE DIAGNOSTICO.....	448
19.1.	Metodología de diagnóstico.....	451
19.1.1.	Metaplán.....	451
19.1.2.	Cartografía social.....	453
19.2.	Diagnóstico.....	453
19.3.	Resultados de talleres de diagnóstico.....	456
20.	PLANILLA DE ACTORES SOCIALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA ACUÍFERO.....	457
21.	DISEÑO DE UN PLAN PARA LA IDENTIFICACIÓN FUTURA DE LAS FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN.....	460
21.1.	Inventario de amenazas.....	460
21.2.	Plan de indentificación de fuentes potenciales de amenaza.....	461
22.	DISEÑO DEL PLAN PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	470
23.	AVANCES EN LA GESTIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN.....	473
23.1.	Talleres de diagnóstico y entrevistas.....	473
23.2.	Actores multiplicadores.....	473
23.3.	Volanteo.....	473
23.4.	Talleres educativos.....	474
23.4.1.	Metodología de desarrollo.....	475
23.4.2.	Resultados.....	476
23.5.	Radio.....	477
23.6.	Web.....	477
24.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG (SISTEMA DE INOFRMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO).....	480
25.	BIBLIOGRAFÍA.....	482



LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Sección geológica 1-1'	43
Figura 2-2 Sección geológica 2-2'	43
Figura 2-3. Sección geológica 3-3'	45
Figura 2-4 Sección geológica 4 - 4'	45
Figura 4-1. Localización de las estaciones en la zona	50
Figura 4-2. Localización de las estaciones de precipitación en la zona	52
Figura 4-3. Precipitación media multianual para las estaciones de la zona	54
Figura 4-4. Precipitación media multianual media, máxima y mínima	54
Figura 4-5. Isoyetas de precipitación total mensual: Enero.....	55
Figura 4-6. Isoyetas de precipitación total mensual: Febrero.....	55
Figura 4-7. Isoyetas de precipitación total mensual: Marzo	56
Figura 4-8. Isoyetas de precipitación total mensual: Abril.....	56
Figura 4-9. Isoyetas de precipitación total mensual: Mayo.....	57
Figura 4-10. Isoyetas de precipitación total mensual: Junio.....	57
Figura 4-11. Isoyetas de precipitación total mensual: Julio	58
Figura 4-12. Isoyetas de precipitación total mensual: Agosto	58
Figura 4-13. Isoyetas de precipitación total mensual: Octubre	59
Figura 4-14. Isoyetas de precipitación total mensual: Noviembre.....	59
Figura 4-15. Isoyetas de precipitación total mensual: Diciembre	60
Figura 4-16. Isoyetas de precipitación total anual.....	60
Figura 4-17. Temperatura media mensual multianual	61
Figura 4-18. Isotermas media anual.....	62
Figura 4-19. Evapotranspiración real media anual	63
Figura 4-20. Estaciones hidrológicas	64
Figura 4-21. Cuenca alta del río Chicamocha-Jordán Parte Alta.....	65
Figura 4-22. Precipitación media mensual multianual Cuenca 3 (aguas Arriba)	66
Figura 4-23. Esquema de Balance General para la cuenca	67
Figura 4-24. Polígonos de Thiessen para distribución de la precipitación	68
Figura 4-25. Precipitación media anual en la Cuenca.....	68
Figura 4-26. Serie de caudal diario Estación San Rafael.....	69
Figura 4-27. Temperatura media en la cuenca.....	70
Figura 4-28. Evapotranspiración media anual en la cuenca	71
Figura 4-29. Evapotranspiración media anual en la cuenca	73
Figura 5-1. Identificación de facies hidroquímicas mediante gráficos obtenidos con los resultados de análisis químicos.	77
Figura 5-2. Diagrama triangular utilizado para clasificación química de las aguas subterráneas en términos del porcentaje de iones.	78
Figura 5-3. Diagrama de Stiff modificado.....	80
Figura 5-4. Red de monitoreo de parámetros fisicoquímicos	82
Figura 5-5. Valores de pH registrados en las estaciones de muestreo.....	89



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 5-6. Valores de temperatura y oxígeno disuelto registrados en las estaciones de muestreo.....	90
Figura 5-7. Valores de conductividad registrados en las estaciones de muestreo.....	91
Figura 5-8. Valores de nitratos registrados en las estaciones de muestreo.....	93
Figura 5-9. Valores de calcio, magnesio, sodio y potasio registrados en las estaciones de muestreo.....	95
<i>Figura 5-10. Pozo Pensilvania</i>	<i>Figura 5-11. Pozo Héctor A. Cruz.....</i>
<i>Figura 5-12. Pozo el estadio</i>	<i>Figura 5-13. Pozo San Francisco</i>
<i>Figura 5-14. Pozo Juan Florez</i>	<i>Figura 5-15. Pozo Caminos Vecinales</i>
<i>Figura 5-16. Pozo Belalcazar</i>	<i>Figura 5-17. Pozo Parque Recreacional..</i>
<i>Figura 5-18. Pozo San Antonio</i>	<i>Figura 5-19. Pozo la Fuente II</i>
<i>Figura 5-20. Pozo Uni. Santo Tomas</i>	<i>Figura 5-21. Pozo Municipio de Oicatá</i>
<i>Figura 5-22. Pozo Municipio de Oicatá – Luis Eduardo Paéz.....</i>	99
<i>Figura 5-23. Pozo UPTC.....</i>	99
<i>Figura 5-24. Pozo Juan Manuel Zamorano</i>	<i>Figura 5-25. Pozo Acueducto la Roca</i>
.....	100
<i>Figura 5-26. Pozo Acueducto la Toma</i>	<i>Figura 5-27. Pozo Condominio Refugio</i>
<i>Campestre.....</i>	100
<i>Figura 5-28. Pozo Virgilio Sánchez Garay</i>	<i>Figura 5-29. Pozo Manuel Río</i>
.....	100
<i>Figura 5-30. Manantial Acue Vda. Salvial</i>	<i>Figura 5-31. Manantial Vda. El Recreo</i>
.....	101
<i>Figura 5-32. Manantial Acue Amarillal</i>	<i>Figura 5-33. Manantial Alcaparro ..</i>
<i>Figura 5-34. Manantial Paraiso #1</i>	<i>Figura 5-35. Manantial Vda Carbonero</i>
.....	102
<i>Figura 5-36. Manantial Acued. El Chorro</i>	<i>Figura 5-37. Manantial Barón Gallero</i>
.....	103
<i>Figura 5-38. Manantial Runta Alto</i>	<i>Figura 5-39. Manantial Vda Rista</i>
.....	103
Figura 5-40. Diagrama de Piper con muestras de agua de pozos profundos	105
Figura 5-41. Diagrama de Piper con muestras de agua de manantiales	106
Figura 5-42. Diagrama Schoeller - Berkaloff para los pozos profundos del área de estudio.....	108
Figura 6-1. Sección geológica 3-3'	125
Figura 6-2. Sección Hidrogeológica	125
Figura 6-3. Sección geológica 1-1'	127
Figura 6-4. Sección Hidrogeológica	127
Figura 6-5. Modelo hidrogeológico conceptual (Sección hidrogeológica 2-2')	135
Figura 6-6. Modelo hidrogeológico conceptual (Sección hidrogeológica 3-3')	135
Figura 6-7. Total Captación Pozos Proactiva Año 2005.....	145
Figura 6-8. Total Captación Pozos Proactiva Año 2006.....	146
Figura 6-9. Total Captación Pozos Proactiva Año 2007.....	147



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 6-10. Total Captación Pozos Proactiva Año 2008	149
Figura 6-11. Total Captación Pozos Proactiva Año 2009	150
Figura 6-12. Total Captación Pozos Proactiva Año 2010	151
Figura 6-13. Total Captación Pozos Proactiva Año 2011	153
Figura 6-14. Total Captación Pozos Proactiva Año 2012	154
Figura 6-15. Total Captación Pozos Proactiva Año 2013	155
Figura 6-16. Total Captación Pozos Proactiva Año 2014	157
Figura 6-17. Total Captación Pozos Proactiva Año 2015	158
Figura 6-18. Comportamiento niveles estáticos pozo Pensilvania 1990- 2015.....	163
Figura 6-19. Comportamiento niveles estáticos pozo Cooservicios I 1985 - 2015.....	164
Figura 6-20. Comportamiento niveles estáticos pozo Cooservicios II 1997 - 2015.	165
Figura 6-21. Comportamiento niveles estáticos pozo San Antonio 1997 - 2015.....	166
Figura 6-22. Comportamiento niveles estáticos pozo Caminos Vecinales 2005 - 2015.	167
Figura 6-23. Comportamiento niveles estáticos pozo Silvino Rodríguez 2005 - 2015.	168
Figura 6-24. Comportamiento niveles estáticos pozo Batallón Bolívar II 1997 - 2015.	169
Figura 6-25. Comportamiento niveles estáticos pozo Parque Recreacional 1992 - 2015.	170
Figura 6-26. Comportamiento niveles estáticos pozo El Estadio 1997 - 2015.....	171
Figura 6-27. Comportamiento niveles estáticos pozo El Estadio 1990 - 2015.....	172
Figura 6-28. Comportamiento niveles estáticos pozo La Fuente II 1996 - 2015.....	173
Figura 6-29. Comportamiento niveles estáticos pozo U.P.T.C. 1997 - 2015.....	174
Figura 6-30. Comportamiento niveles estáticos pozo La Remonta 1990 - 2015.....	175
Figura 6-31. Comportamiento niveles estáticos pozo San Francisco 1990 - 2015.	176
Figura 6-32. Mapa de niveles piezométricos para el acuífero superficial	178
Figura 6-33. Mapa de niveles piezométricos para el acuífero de mayor profundidad	179
Figura 6-34. Representación gráfica de ambos métodos de interpolación para el parámetro de conductividad eléctrica.....	186
Figura 7-1. Marco metodológico general para la elaboración del mapa de Cobertura de la Tierra, Escala 1:25.000 conforme a Corine Land Cover Colombia, 2.010.....	187
Figura 7-2. Imágenes Spot 5 de 2.005 y 2.007, utilizadas para la interpretación de Coberturas de la Tierra, en combinación (RGB: 1:4:3).	189
Figura 7-3. Imágenes Rapideye de 2014, utilizadas para la interpretación de Coberturas de la Tierra. Combinación (RGB: 3:2:1).	190
Figura 7-4. Porcentaje de participación de grandes grupos de coberturas correspondientes al nivel I. Los territorios agrícolas dominan la matriz de las coberturas de la tierra siendo el 84.7%.....	195



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-5. Explotaciones de carbón en el municipio de Tuta, vereda de San Nicolás. Una característica es la frecuente presencia de plantaciones de Eucalipto aledañas a las minas de carbón.199

Figura 7-6. Cultivos agroforestales. Pastos y árboles plantados (2241) en el municipio de Chivatá Vereda Pontezueas. Cobertura que constituye el 0.5% del área del área de estudio.....200

Figura 7-7. Territorios Agrícolas. Pastos Limpios (231) en el municipio de Samacá, Vereda Guantoque. Cobertura que constituye el 24% del área de estudio.....201

Figura 7-8. Áreas agrícolas heterogéneas. Mosaico de pastos y cultivos (242) en el municipio de Tunja, Vereda La Hoya. Cobertura que constituye el 48,5% del área de estudio y se caracteriza por presentar cultivos de papa y en menor proporción de maíz y arveja.....202

Figura 7-9. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (243) en el municipio de Boyacá. Imagen Rapideye en combinación RGB: 321.....203

Figura 7-10. Áreas agrícolas heterogéneas. Mosaico de pastos y espacios naturales (244) en el municipio de Boyacá Vereda Faitoque. Cobertura que constituye el 9.4% del área de estudio y se caracteriza por presentar una matriz dominante de pastos y cultivos en los cuales pueden dominar elementos arbóreos (2431) o elementos arbustivos (2432)205

Figura 7-11. Distribución de fragmentos de bosque denso alto (31121) y bosques fragmentados (3131 y 3132) que evidencian su escasa participación (3.5%) en el área de estudio. Los municipios con mayor número de fragmentos se encuentran en el municipio de Arcabuco, Co.....206

Figura 7-12. Bosque denso bajo (31121) en el municipio de Samacá Vereda Pataguy. Cobertura que constituye el 0.4% del área de estudio.....207

Figura 7-13. Cobertura bosque fragmentado con vegetación secundaria (3.1.3.2), Cuchilla de Peña Negra, en límite de los municipios de Cucaita, Samacá y Tunja. Es frecuente la distribución de fragmentos en donde se evidencia el avance de la intervención de esta.....209

Figura 7-14. Cobertura plantaciones forestales (315), en el perímetro del aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla.210

Figura 7-15. Cobertura Arbustales densos (3221), municipio de Cóbbita, vereda San Onofre.....213

Figura 7-16. Cambios que provocan la creación de nuevas unidades.....218

Figura 7-17. Cambios en la frontera del polígono.....219

Figura 7-18. Suma de pequeños cambios que no se consideran219

Figura 7-19. Modificación de los límites de un polígono.....220

Figura 7-20. Modificación de los límites de un polígono que afecta varios polígonos.....220

Figura 7-21. Eliminación de polígonos.....221

Figura 7-22. Coberturas de porte arbóreo y arbustivo presentes en el área de estudio sujeto de análisis para fragmentación.228



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 7-23. Localización Áreas Core en el área de estudio. Se puede observar que son muy pequeñas y escasas lo que evidencia la fuerte intervención antrópica.....	237
Figura 8-1. Delimitación de la parcela en campo con estacas y cuerda, para el levantamiento de la información.....	245
Figura 8-2. Proyección de diámetros sobre copa de muestreo de cobertura.....	250
Figura 8-3. Bosque de galería y ripario en Cómbita.....	255
Figura 8-4. Familias más importantes por el número de especies.....	258
Figura 8-5. Diagrama de dispersión para la variable Cobertura.....	264
Figura 8-6. Dominancia relativa (%).....	265
Figura 8-7. Frecuencia relativa (%).....	266
Figura 8-8. Índice de valor de importancia.....	268
Figura 8-9. Perfil de cobertura vertical.....	269
Figura 8-10. Arbustal denso, microcuenca río Teatinos - Municipios de Tunja y Ventaquemada.....	272
Figura 8-11. Composición florística de la especies de los estratos arbóreo, arbolitos, arbusto, herbáceo, bejucos y rastrero encontradas en el bosque de la galería y ripario de Cómbita.....	274
Figura 8-12. Número de especies por familia.....	278
Figura 8-13. Cobertura.....	280
Figura 8-14. Dominancia relativa (%) de las dieciséis especies inventariadas.....	281
Figura 8-15. Abundancia relativa.....	282
Figura 8-16. Índice de valor de importancia.....	284
Figura 8-17. Bosque denso bajo microcuenca quebrada La Barona.....	287
Figura 9-1. Sistema Local de áreas protegidas del Municipio de Cucaita.....	325
Figura 9-2. Torre de comunicaciones con poca cobertura arbustiva.....	338
Figura 10-1. Diagrama para la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos, mediante el Sistema GOD.....	342
Figura 10-2. Colores propuestos para identificar la vulnerabilidad.....	349
Figura 10-3. Leyenda de vulnerabilidad.....	349
Figura 11-1. Clasificación de los expedientes revisados.....	351
Figura 11-2. Estado de los expedientes en la zona de estudio.....	352
Figura 11-3. Número de expedientes por municipio de la zona de estudio.....	354
Figura 11-4. Demanda de agua subterránea de la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja.....	369
Figura 11-5. Demanda hídrica subterránea de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.....	372
Figura 11-6. Demanda Hídrica subterránea de la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá.....	374
Figura 11-7. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.....	376
Figura 11-8. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.....	377



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 11-9. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá	378
Figura 13-1. Estado de legalidad de los puntos de agua subterránea	390
Figura 16-1. Registro fotográfico Campaña de inventario de puntos de agua subterránea.....	404
Figura 16-2. Tipo de Punto.....	404
Figura 16-3. Permanencia de los manantiales.....	409
Figura 16-4. Estado de punto	409
Figura 16-5. Uso del agua en los puntos inventariados	411
Figura 16-6. Usos del agua en el sector agrícola.....	412
Figura 16-7. Uso del agua en el sector pecuario	413
Figura 16-8. Inventario general por subcuencas hidrogeológicas.	413
Figura 16-9. Distribución porcentual de los puntos de agua inventariados en la Subcuenca hidrogeológica sinclinal de Tunja.....	414
Figura 16-10. Permanencia de los manantiales.....	414
Figura 16-11. Uso del agua subterránea.....	415
Figura 16-12. Distribución de los puntos de agua subterránea inventariados por unidad geológica.....	417
Figura 16-13. Distribución de los puntos inventariados por tipo de punto (pozos, aljibes y manantiales).....	417
Figura 16-14. Permanencia de los manantiales.....	418
Figura 16-15. Uso del recurso hídrico subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.	419
Figura 16-16. Distribución de los puntos de agua subterránea por unidad geológica.	420
Figura 16-17. Distribución de los puntos inventariados por tipo de punto (pozos, aljibes y manantiales), al oriente de la falla de Chivata.	421
Figura 16-18. Permanencia de los manantiales al oriente de la Falla de Chivatá.....	421
Figura 16-19. Uso del recurso hídrico subterráneo	422
Figura 16-20. Distribución de los puntos de agua subterránea por unidad geológica	423
Figura 19-1. Imágenes de los metaplanes y cartografía social.....	454
Figura 19-2. Fotografías del Taller realizado en el municipio de Tunja.....	454
Figura 19-3. Fotografías del Taller realizado en el municipio de Boyacá.....	455
Figura 19-4. Fotografías del Taller realizado en el municipio de Cucaita	456
Figura 23-1. Volanteo durante las entrevista	474
Figura 23-2. Fotografías de los talleres educativos.....	476
Figura 23-3. Dibujo ganador Municipio de Chivatá.....	477
Figura 23-4. Nota publicada en la Web	478
Figura 23-5. Tip ambiental publicado en Noviembre de 2015	479



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Puntos de control geológico Sistema acuífero de Tunja.....	38
Tabla 4-1. Estaciones en la Zona de estudio.....	51
Tabla 4-2. Precipitación media mensual multianual.....	53
Tabla 4-3. Temperatura media mensual por estación	61
Tabla 4-4. Estaciones hidrológicas.....	65
Tabla 4-5. Cálculo de la Infiltración	71
Tabla 5-1. Punto de muestreo de agua subterránea.	84
Tabla 5-2. Resultados de calidad para los puntos de monitoreo del 1 - 10.....	86
Tabla 5-3. Resultados de calidad para los puntos de monitoreo del 11 - 20.....	87
Tabla 5-4. Resultados de calidad para los puntos de monitoreo del 21 - 30.....	88
Tabla 5-5. Clasificación hidrogeoquímica de las 20 muestras de agua, extraída de pozos profundos.....	104
Tabla 5-6. Clasificación hidrogeoquímica de muestras de agua de manantiales.....	107
Tabla 5-7. Comparación de parámetros de calidad para riego establecidos en la normatividad colombiana.	111
Tabla 5-8. Comparación de parámetros de calidad para consumo humano en los puntos pertenecientes a la red de monitoreo del presente proyecto.....	112
Tabla 5-9. Comparación de parámetros de calidad para riego establecidos en la normatividad colombiana.	114
Tabla 5-10. Comparación de parámetros de calidad para riego en los puntos pertenecientes a la red de monitoreo del presente proyecto.....	115
Tabla 5-11. Balance iónico Punto de muestreo de agua subterránea.	116
Tabla 6-1. Cuantificación de las áreas de recarga de los acuíferos (km ²).....	140
Tabla 6-2. Pozos profundos para extracción de agua subterránea construidos en la zona de estudio.....	142
Tabla 6-3. Total Captación Pozos Proactiva Año 2005	144
Tabla 6-4. Total Captación Pozos Proactiva Año 2006	146
Tabla 6-5. Total Captación Pozos Proactiva Año 2007	147
Tabla 6-6. Total Captación Pozos Proactiva Año 2008	148
Tabla 6-7. Total Captación Pozos Proactiva Año 2009	149
Tabla 6-8. Total Captación Pozos Proactiva Año 2010	151
Tabla 6-9. Total Captación Pozos Proactiva Año 2011	152
Tabla 6-10. Total Captación Pozos Proactiva Año 2012.....	153
Tabla 6-11. Total Captación Pozos Proactiva Año 2013.....	155
Tabla 6-12. Total Captación Pozos Proactiva Año 2014.....	156
Tabla 6-13. Total Captación Pozos Proactiva Año 2015.....	158
Tabla 6-14. Pozos profundos utilizados para la construcción de las redes de flujo para el acuífero superficial y de mayor profundidad.....	180
Tabla 6-15. Parámetros hidráulicos de los acuíferos, en la zona de estudio.....	184
Tabla 7-1. Relación de imágenes de sensores remotos utilizadas.....	188



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 7-2. Características de resolución espectral y espacial de las imágenes utilizadas.....	189
Tabla 7-3. Especificaciones de los campos asociados a la Geodatabase.....	191
Tabla 7-4. Leyenda Nacional CLCC, Escala 1:100.000	193
Tabla 7-5. Leyenda Cobertura de la Tierra para el área de estudio.....	195
Tabla 7-6. Áreas agrícolas heterogéneas. Mosaico de pastos y espacios naturales (241) en el municipio de Samacá Vereda Paramo Centro Los espacios naturales pueden estar constituido por elementos arbóreos (2441) o arbustivos (2442).....	204
Tabla 7-7. Códigos y categorías de cobertura de suelo.....	214
Tabla 7-8. Porcentajes de área de la cobertura de suelo para la formación Kg1	215
Tabla 7-9. Porcentajes de área de la cobertura de suelo para la formación Kg2	216
Tabla 7-10. Porcentajes de área de la cobertura de suelo para la formación Tic	217
Tabla 7-11. Área (ha) por tipo de cobertura conforme a la leyenda Corine Land Cover Colombia para los dos periodos analizados.	222
Tabla 7-12. Consolidado para Bosques y Áreas Seminaturnales en los dos periodos...226	
Tabla 7-13. Coberturas de porte arbóreo y arbustivo presentes en el área de estudio	227
Tabla 7-14. Índices de estado utilizados para la evaluación.....	229
Tabla 7-15. Descripción de algoritmos de Área	230
Tabla 7-16. Índices de estado de Área para el área de estudio.....	231
Tabla 7-17. Descripción de algoritmos de Forma	232
Tabla 7-18. Índices de estado de Forma para el área de estudio	233
Tabla 7-19. Descripción de algoritmos Área Core	234
Tabla 7-20. Índices de estado de Área Core para toda el área de estudio	236
Tabla 7-21. Descripción de algoritmo de Proximidad.....	238
Tabla 7-22. Índices de estado de Proximidad.....	239
Tabla 8-1. Estratos en el área de estudio.....	246
Tabla 8-2. Medición de DAP (1,30 m) con forcípula.....	247
Tabla 8-3. Composición florística de las especies de los estratos arbóreo, arbolitos, arbusto, herbáceo, bejucos y rastrero encontradas en el Bosque de galería y ripario de Cómbita, 2015.	258
Tabla 8-4. Familias y su número de especies en los estratos herbáceos y rasante.....	262
Tabla 8-5. Composición florística de las especies muestreadas en las parcelas de los estratos arbóreo, arbolitos y arbusto.....	263
Tabla 8-6. Índice de valor de importancia.	267
Tabla 8-7. Especies de flora arbustal denso.	275
Tabla 8-8. Composición florística de las especies muestreadas en las parcelas de los estratos arbóreo, arbolitos y arbusto.....	279
Tabla 8-9. Índice de valor de importancia.	283
Tabla 8-10. Composición florística de las especies de los estratos arbóreo, arbolitos, arbusto, herbáceo, bejucos y rastrero encontradas en el bosque denso bajo tierra firme de microcuencas quebradas la Barona y Pantano Verde.	290



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 8-11. Coeficiente de similitud de Jaccard para tres formaciones vegetales estudiadas.....	295
Tabla 8-12. Especies de aves en el área de estudio.	296
Tabla 8-13. Especies de reptiles en el área de estudio.....	297
Tabla 8-14. Especies de anfibios en el área de estudio.	298
Tabla 8-15. Especies de mamíferos en el área de estudio.	298
Tabla 8-16. Especies amenazadas y endémicas del área de estudio.....	305
Tabla 8-17. Especies exóticas con potencial invasor.	308
Tabla 8-18. Lista de plantas de importancia medicinal en la zona de estudio.....	311
Tabla 9-1. Áreas de conservación y protección ambiental - incluyendo los suelos que hacen parte de la estructura ecológica principal.....	317
Tabla 9-2. Especies de flora de importancia para la preservación de áreas de protección y reserva.	330
Tabla 9-3. Especies de fauna de importancia para la preservación de áreas de protección y reserva.	332
Tabla 10-1. Índice de vulnerabilidad Niveles de areniscas más superficiales de la Formación Bogotá.....	344
Tabla 10-2. Índice de vulnerabilidad niveles de areniscas de la Formación Cacho.....	345
Tabla 10-3. Índice de vulnerabilidad niveles de areniscas más superficiales de la Formación Tiltatá.	346
Tabla 10-4. Índice de vulnerabilidad niveles de areniscas del Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna.....	347
Tabla 10-5. Índice de vulnerabilidad para la Formación Plaeners.....	348
Tabla 11-1. Clasificación de los expedientes revisados	351
Tabla 11-2. Expedientes de la zona de estudio	353
Tabla 11-3. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que captan el acuífero superficial.....	355
Tabla 11-4. Agua subterránea extraída del acuífero superficial de los pozos	356
Tabla 11-5. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que captan el acuífero profundo.	356
Tabla 11-6. Manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que descargan agua subterránea del acuífero superficial, con concesión vigente.	356
Tabla 11-7. Descarga de agua subterránea de los manantiales del acuífero superficial	357
Tabla 11-8. Manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que descargan agua subterránea del acuífero de mayor profundidad, con concesión vigente.	357
Tabla 11-9. Descarga de agua subterránea de los manantiales del acuífero de mayor profundidad	358
Tabla 11-10. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín que captan el acuífero superficial	359
Tabla 11-11. Agua subterránea extraída del acuífero superficial de pozos.....	359



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 11-12. Inventario de pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín.....359

Tabla 11-13. Agua subterránea extraída del acuífero de mayor profundidad de pozos360

Tabla 11-14. Inventario de manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín360

Tabla 11-15. Descarga de agua subterránea de los manantiales del acuífero de mayor profundidad361

Tabla 11-16. Inventario de aljibes en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín361

Tabla 11-17. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá.362

Tabla 11-18. Manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá362

Tabla 11-19. Inventario de aljibes en la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá363

Tabla 11-20. Expedientes relacionados con Pozos para el cálculo de la demanda de agua subterránea.....364

Tabla 11-21. Expedientes relacionados con manantiales para el cálculo de la demanda de agua subterránea365

Tabla 11-22. Expedientes relacionados con aljibes para el cálculo de la demanda de agua subterránea368

Tabla 11-23. Demanda de agua subterránea de la subcuenca hidrogeológica del Sinclinal de Tunja.....368

Tabla 11-24. Expedientes relacionados con Pozos para el cálculo de la demanda de agua subterránea.....369

Tabla 11-25. Expedientes relacionados con manantiales para el cálculo de la demanda de agua subterránea370

Tabla 11-26. Demanda de agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.....371

Tabla 11-27. Expedientes relacionados con Pozos para el cálculo de la demanda de agua subterránea.....372

Tabla 11-28. Expedientes relacionados con manantiales para el cálculo de la demanda de agua subterránea373

Tabla 11-29. Expedientes relacionados con aljibes para el cálculo de la demanda de agua subterránea373

Tabla 11-30. Demanda de agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá374

Tabla 11-31. Demanda actual de agua subterránea en la zona de estudio.375

Tabla 11-32. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.376



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 11-33. Uso del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín	377
Tabla 11-34. Uso del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá.....	378
Tabla 12-1. Valores de rendimiento específico para diferentes materiales de la corteza terrestre.....	382
Tabla 12-2. Reservas de agua subterránea en las subcuencas hidrogeológicas de la zona de estudio.....	384
Tabla 12-3. Recarga de los acuíferos superficiales y de mayor profundidad.....	386
Tabla 13-1. Estado de legalidad de los puntos de agua subterránea.....	390
Tabla 14-1. Síntesis sobre el estado del conocimiento de la oferta y demanda de agua subterránea en la zona de estudio.	391
Tabla 15-1. Síntesis de la matriz de conflictos y problemáticas.....	399
Tabla 16-1. Tipo de punto por municipio y por vereda.....	406
Tabla 16-2. Uso del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.....	415
Tabla 16-3. Localización de los puntos de agua subterránea por unidad geológica. ..	416
Tabla 16-4. Uso del recurso hídrico.....	418
Tabla 16-5. Localización de los puntos de agua subterránea por unidad geológica. ..	420
Tabla 16-6. Usos del recurso hídrico subterráneo al oriente de la Falla de Chivata ...	422
Tabla 16-7. Localización de los puntos de agua subterránea por unidad geológica. ..	423
Tabla 17-1. Síntesis de las amenazas por representantes de Servicios Públicos	424
Tabla 17-2. Síntesis de las amenazas por representantes de las instituciones educativas	425
Tabla 17-3. Síntesis de las amenazas por Juntas de acueductos	425
Tabla 17-4. Síntesis de las amenazas por representantes industriales.....	426
Tabla 17-5. Síntesis de las amenazas por representantes industriales.....	426
Tabla 17-6. Síntesis de las amenazas por representantes de la minería	427
Tabla 17-7. Síntesis de las amenazas por el sector ganadero.....	427
Tabla 17-8. Síntesis de las amenazas por del sector agrícola.....	428
Tabla 17-9. Síntesis de las amenazas por los representantes municipales.....	428
Tabla 19-1. Cronograma de los talleres jurisdicción Corpoboyacá.....	449
Tabla 19-2. Cronograma de los talleres jurisdicción Corpochivor	450
Tabla 19-3. Cronograma de las entrevistas	451
Tabla 19-4. Imágenes de las entrevistas realizadas durante la realización del diagnostico colectivo del sistema acuífero	452
Tabla 23-1. Cronograma de los talleres educativos	474
Tabla 23-2. Estructura del taller educativo	475



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

LISTA DE ANEXOS

1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y CARTOGRAFÍA

1.1. Base de datos geográfica

1.2. Cartografía

1.2.1. Geología

1.2.2. Hidrogeología

1.2.3. Perfiles geológicos

1.2.4. Áreas de recarga

1.2.5. Precipitación

1.2.6. Redes de flujo

1.2.7. Red Hidrológica

1.2.8. Actores Sociales

1.2.9. Inventario – Estado de legalidad

1.2.10. Vulnerabilidad

1.2.11. Calidad de agua

1.2.12. Monitoreo Físicoquímico

1.2.13. Mapa de Cobertura CLC

1.2.14. Hidrogeoquímica Pozos

1.2.15. Hidrogeoquímica Manantiales

1.3. Metadatos

2. INFORMACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Fichas técnicas de control geológico

2.2. Geofísica recopilada en los expedientes de concesiones

3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

4. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

4.1. Físicoquímica disponible en los expedientes de concesión

4.2. Resultados de parámetros físicoquímicos de calidad de agua

5. REVISIÓN DE EXPEDIENTES DE CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

5.1. Expedientes que no corresponden al estudio

5.2. Estado de concesión de los Expedientes

5.3. Total de Expedientes Revisados

5.4. Tablas finales del Inventario de Expedientes

5.5. Expedientes para el cálculo de Demanda.

5.6. Tablas de información estado de legalidad

6. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE COBERTURA DE SUELO

6.1. leyenda de Cobertura de la Tierra

6.2. Geodatabase de coberturas de la tierra 2005 y 2012

7. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL INVENTARIO DE FLORA Y FAUNA

8. FORMULARIO PARA EL REGISTRO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO (RURH)

9. INFORMACIÓN DE DIAGNÓSTICO SOCIAL



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- 9.1. Matriz de conflictos y problemáticas
- 9.2. Matriz de talleres diagnóstico - amenazas por actores
- 9.3. Registro asistencia a talleres
- 9.4. Planilla de entrevistas
- 9.5. Planilla de actores por talleres
- 9.6. Cartografía social por actores - Talleres
- 9.7. Planilla de actores por FUNIAS
- 10. PLAN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUTURAS AMENAZAS AL SISTEMA ACUÍFERO**
 - 10.1. Inventario de amenazas en el área de estudio
 - 10.2. Plan para la identificación futura de fuentes contaminantes
- 11. PLAN PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL SISTEMA ACUÍFERO**
 - 11.1. Intercepción de amenazas contra vulnerabilidad
 - 11.2. Plan para la evaluación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas
- 12. TALLERES EDUCATIVOS**



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional de Boyacá, en el marco de la implementación de la Política Nacional señalada por el Artículo 1640 del 2012 en donde se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos trabaja en la FORMULACION DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA ACUIFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RIO CHICAMOCHA) bajo el esquema de la estrategia de socialización y participación “HAZ TUYO EL ACUIFERO”

El consorcio HIDROBOYACA conformado por las empresas INGFOCOL e HIDROCERON, en el marco del CONTRATO N° CCC 2015173 de 2015, desarrolla el proyecto de FORMULACION DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA ACUIFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RIO CHICAMOCHA). Para el desarrollo del proyecto se han adelantado diferentes actividades técnicas de conformidad con el Plan de Trabajo. En tal virtud, se presenta el correspondiente Informe de aprestamiento del contrato.

El objetivo general del proyecto consiste en a) definir el modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero de Tunja (Cuenca Alta Río Chicamocha), delimitando el acuífero superficial y de profundidad, levantando la línea base hidrogeológica estableciendo el Sistema de Información del Recurso Hídrico Subterráneo, b) reconocer los actores sociales que intervienen directa o indirectamente en el plan, c) determinar la disponibilidad actual y potencial hídrico subterráneo del sistema acuífero, e) establecer el uso y demanda del recurso hídrico subterráneo del área de estudio, f) realizar la síntesis sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo, g) identificar amenazas y estado de vulnerabilidad del sistema acuífero, con el respectivo análisis de riesgos, h) definir las áreas de recarga y el estado actual de esas zonas, con su delimitación, caracterización y cuantificación, i) definir reservas del recurso hídrico subterráneo para el acuífero superficial y el de mayor profundidad y j) definir los programas y proyectos estratégicos para la implementación del Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RIO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012

1. FALTANTES GENERALES DE INFORMACIÓN DE ACUERDO A LOS REQUISITOS Y FASES ESTABLECIDAS EN EL DECRETO 1640 DE 2012 Y LOS LINEAMIENTOS CONCEPTUALES DEL ERA.

1.1. Modelo geológico básico

Con base en la información geológica disponible del área de estudio, se pudo determinar el modelo geológico básico. No obstante, en algunos sectores, será necesario realizar un trabajo de campo detallado, correlacionado con resultados de métodos geofísicos y perforaciones exploratorias.

Los métodos geofísicos se utilizarían para corroborar en algunos sectores, el modelo geológico, en cuanto a la presencia y geometría en el subsuelo de las unidades geológicas, a saber: continuidad lateral, espesor, profundidad y distribución. Las perforaciones exploratorias permiten comprobar y validar la información obtenida en campo y con los métodos geofísicos.

1.2. Modelo hidráulico

Para el modelo hidráulico será necesario que se cubran los vacíos de información, los cuales hacen referencia a la falta de pozos de bombeo y de observación. Se deben programar y realizar pruebas de bombeo de forma tal, que permitan la obtención de parámetros hidráulicos confiables, cumpliendo con los requisitos básicos de la hidráulica de aguas subterráneas.

1.3. Modelo hidrológico

Para el desarrollo del modelo hidrológico el decreto 1640 de 2012 estipula, en la fase de diagnóstico, determinar la recarga potencial por precipitación; ítem que no se encuentra en los requerimientos del anexo técnico.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

1.4. Modelo hidrogeoquímico e isotópico

Para realizar un estudio de calidad, es necesario seleccionar los puntos de muestreo del agua subterránea, de tal manera que sean representativos de cada acuífero a investigar.

1.5. Gestión y manejo integral del recurso hídrico

Los parámetros exigidos en el anexo técnico para la fase de aprestamiento cumplen con lo estipulado en el decreto 1640 de 2012 y los lineamientos conceptuales del ERA; sin embargo la fase de diagnóstico no se estipularon las exigencias de tres parámetros tenidos en cuenta en el decreto ya mencionado, el primero es el inventario de fuentes potenciales de contaminación a las aguas subterráneas y sus respectiva evaluación, el segundo es la definición de perímetros de protección y capacitaciones, el tercero y último de los faltantes respecto al decreto es la determinación de riesgo de contaminación y de agotamiento de las aguas subterráneas.

Además, cuatro requerimientos mencionados en los lineamientos del ERA también son faltantes en el anexo técnico, el primero es el cálculo de la carga contaminante vertida al sistema acuífero, la presión ambiental y la afectación potencial; el segundo es el establecimiento del modelo conceptual de amenazas para el territorio; el tercero es el modelamiento espacial para la demanda contemplando el registro de usuarios SIRH, base predial y cobertura vegetal; el ultimo faltante es la definición de aptitud del agua para los diferentes usos del agua , no solo consumo humano tal como lo limita el anexo técnico.

1.6. Interacción social

El conflicto por usos del suelo en zonas de interés hidrogeológico es un requisito del decreto 1640, el cual no se encuentra estipulado en el anexo técnico.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

2. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO

En este capítulo, se hace una descripción de la estratigrafía y de las principales estructuras geológicas que se encuentran en la zona de estudio (627 Km²), con base en información disponible y en el trabajo de campo realizado, orientado al levantamiento de puntos de control.

El Sinclinal de Tunja se halla en el Altiplano Cundiboyacense de la Cordillera Oriental, que se extiende entre las ciudades de Bogotá y Tunja, y constituye desde un punto de vista morfológico, la terminación septentrional del Altiplano Cundiboyacense.

Presenta la forma de una cubeta o depresión longitudinal, cuyo punto más bajo se encuentra a unos 10 km al Norte de la ciudad de Tunja y disminuye notoriamente en amplitud hacia el Sur. (Kammer A., 1997).

2.1. Marco geológico

La zona de estudio se encuentra localizada dentro de la cordillera oriental, y está conformada por rocas sedimentarias depositadas durante el Cretáceo, Terciario y Cuaternario.

La cordillera Oriental se desarrolló sobre un miogeosinclinal donde se depositaron sedimentos de edades paleozoicas hasta edades terciarias que sufrieron levantamientos y plegamientos de acuerdo a las diferentes fases orogénicas; acompañada del emplazamiento de cuerpos ígneos, de erupción de volcanes y de intensos procesos de metamorfismo (Irving, 1971).

La zona de estudio presenta una gran complejidad tectónica. La estructura principal, el Sinclinal de Tunja, está afectado por numerosas fallas, entre las cuales se encuentra: la falla de Chivata (que define el límite oriental), la falla de Tunja, y numerosas fallas transversales que afectan la continuidad de las unidades geológicas por el desplazamiento de bloques.

Al occidente del sinclinal de Tunja (dentro de la zona de estudio), se encuentran varias estructuras anticlinales y sinclinales de menor amplitud.

A continuación, se hace la descripción de la geología, basada principalmente en las memorias correspondientes a la geología del cuadrángulo J - 12, elaborada por el Ingeominas, (actual Servicio Geológico Colombiano SGC), complementada con información de los estudios realizados por la USTA (Universidad Santo Tomás de Aquino) y la UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia), en convenio



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



con CORPOBOYACA; con estudios realizados a nivel de pregrado por estudiantes de la universidad UPTC y UN; y con información geológica de los EOT de los municipios que integran la zona de estudio.

La nomenclatura estratigráfica utilizada en el presente estudio, corresponde a la de las planchas geológicas 191 Tunja y 171 Duitama, elaboradas por INGEOMINAS.

2.2. Estratigrafía

Dado que la presencia y distribución del agua subterránea en cualquier área, depende fundamentalmente de la geología, resulta entonces muy importante hacer una descripción de la estratigrafía y de la estructura geológica.

Las unidades geológicas en la zona de estudio, están integradas por sedimentos recientes (cuaternario), y por rocas sedimentarias depositadas durante el cretáceo y terciario.

El mapa geológico de la zona de estudio (Ver **Anexo 1.2 - Mapa Geológico**), se elaboró integrando la geología de las planchas geológicas 191 - Tunja y 171 - Duitama, la cartografía geológica presentada en los estudios elaborados por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, y la Universidad Santo Tomas, complementado con la información levantada en campo en desarrollo del presente estudio.

Con los puntos de control geológicos y el uso un modelo de elevación digital (DEM), se hizo un control de los contactos geológicos de los mapas del Ingeominas y de los estudios de la USTA y la UPTC, y se complementaron los de la Formación Cacho, dentro de la zona de estudio.

En el mapa geológico del sistema acuífero de Tunja, se encuentran los puntos de control geológico, levantados durante el proyecto. Este control geológico de campo, se realizó conjuntamente con personal de CORPOBOYACÁ

A continuación, se describen las unidades geológicas en la zona de estudio en orden cronológico de la más antigua a la más joven.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

2.2.1. Cretáceo

2.2.1.1. Formación Paja (Kimp)

Está representada por una sucesión de 900 m, descrita por la carretera Sáchica – Tunja, compuesta por: una parte inferior de shales negros, una parte media de arcillas abigarradas, yesíferas, y una parte superior de shales negros.

Se encuentra aflorando al noroccidente de la zona de estudio, en jurisdicción del municipio de Combita, en la Vereda Santa Bárbara.

La Formación Paja yace sobre la Formación Ritoque e infrayace la Formación San Gil inferior. Toda la sucesión se muestra algo arenosa en el corte sobre la carretera Tunja – Arcabuco.

En el sector noroccidental. Aflora una sucesión de unos 600 m de shales negros con frecuentes nódulos piritosos (Kimp) que yace sobre la Formación Ritoque y por debajo de la Formación San Gil inferior (Kmsgi).

Aflora al extremo noroccidental de la zona de estudio, en los municipios de Combita y Sotaquirá. En el municipio de Sotaquirá, en la vía a la vereda Avendaños, la parte inferior está constituida por arcillolitas negras. Suprayaciendo el conjunto inferior se encuentran arcillolitas de color gris violeta, intercalados con cuarzoarenitas, gris oscuras, de grano muy fino, matriz arcillosa, micáceas, ocasionalmente areniscas blancas de grano muy fino, bien seleccionadas. El espesor en el área es de 920 m. (EOT Municipio de Sotaquirá).

Al norte de la zona de estudio, forma parte del flanco oriental del Anticlinal de Arcabuco. En este sector, podría constituir a la vez, parte del flanco occidental del Sinclinal de Tunja.

2.2.1.2. Formación San Gil inferior (Kmsgi)

Por la carretera que de Sáchica conduce a Tunja, aflora una sucesión de 480 m, que consta de 140 m de shales y limolitas con intercalaciones de arenisca más o menos calcárea y de caliza; siguen 190 m de calizas; siguen 25 m de areniscas de grano fino, gris verdosas, micáceas y 125 m de arcillas arenosas, gris oscuras, calizas arenosas. La sucesión está cubierta por shales negros de la Formación San Gil Superior.

Aflora en el extremo noroccidental de la zona de estudio, al norte del municipio de Combita como un conjunto lutítico oscuro (EOT Municipio de Combita), y al



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



suroccidente del municipio de Sotaquirá, formando parte del flanco oriental del anticlinal de Arcabuco.

2.2.1.3. Formación San Gil superior (Kmsgs)

Aflora en el extremo noroccidental de la zona de estudio, al norte del municipio de Cómbita como un conjunto arenoso calcáreo y al suroccidente del municipio de Sotaquirá.

Por la carretera Sáchica – Tunja, se observa una sucesión de 620 m de shales negros con intercalaciones de caliza arenosa. Yace por debajo del Grupo Churuvita. Esta formación se correlaciona con parte de la Formación Tibasosa y con parte de la Formación Une.

En el sector de Combita, presenta arcillolitas arenosas, moscovitas, grises, abigarradas de rojo o amarillo por oxidación, y calizas arenosas fosilíferas con intercalaciones calcáreas y vetas de yeso. (EOT Municipio de Combita).

La Formación San Gil Superior, en la zona de estudio, forma parte del flanco oriental del Anticlinal de Arcabuco.

2.2.1.4. Grupo Churuvita (Ksch)

Se ha llamado Formación Churuvita un conjunto que aflora por la carretera Sáchica – Tunja formado por una arenisca basal de 105 m, por una alternancia, en la parte intermedia de arcillolitas, areniscas y calizas, de 75 m y por una parte superior de arenisca y calizas de 225 m; y ha llamado Formación San Rafael el suprayacente conjunto formado por 60 m de shales grises en la parte inferior, y por 15 m de capas limolítico-silíceas en la parte superior.

Se denomina Grupo Churuvita a la sucesión que en el sector de Sáchica- Tunja comprende la Formación Churuvita y la Formación San Rafael. La arenisca que está a la base del Grupo Churuvita en el área de Sáchica - Tunja, puede corresponder a una parte del techo de la Formación Une.

El Grupo Churuvita, aflora al noroccidente en la zona de estudio, en inmediaciones a los municipios de Cómbita y Sotaquirá.; y al sur, en jurisdicción del municipio de Boyacá.

En el sector de Combita, el Grupo Churuvita, aflora por el carreteable Combita – Arcabuco, donde se observa principalmente el techo, constituido por areniscas de grano medio y arcillolitas de color gris – amarillento. (EOT Municipio de Combita).

En el sector de Boyacá, por la vía Ramiriquí – Boyacá, se encuentran 8 m constituidos por paquetes de arcillolitas alternadas con capas de 10 cm de espesor de areniscas



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

amarillas, de grano medio, con presencia de óxidos. El espesor aproximado es de 150 m. (EOT municipio Boyacá).

2.2.1.5. Formación Conejo (Kscn)

Se propone esta formación para la sucesión bien expuesta en el camino que se desprende del carretable Oicatá - Chivata, en la localidad de Pontezuela, y conduce a la vereda San Rafael, bordeando el Alto El Conejo. Sobre un estrato de 0,80 m de caliza, que suprayace a shales negros con delgadas intercalaciones de limolitas y calcáreas, se encuentran 7 m de shales grises oscuros y areniscas bandeadas un poco silíceas, fracturadas en panelitas, siguen 265 m, formados por siete niveles de arenisca (de 3 a 8 m), intercalados en niveles de shales gris - oscuros a amarillentos en superficie. Hacia la parte alta, pueden ocurrir esporádicos estratos de caliza.

En el sector Sáchica - Tunja, se observan 80 m de shales gris oscuros con delgadas intercalaciones de areniscas, 170 m (Miembro Cucaita), de arcillas grises y amarillentas con grandes nódulos calcáreos en la parte inferior, y 120 m de shales gris oscuros, arenisca y caliza; es probable que este último nivel corresponda a la Formación Arenisca Dura de la Sabana de Bogotá.

En la zona de estudio, la Formación Conejo se encuentra aflorando: al oriente, integrando el flanco oriental del Sinclinal de Tunja, en contacto con la falla de Chivata; al sur, en inmediaciones del municipio de Boyacá, y como parte del flanco occidental del sinclinal de Tunja (flanco oriental del anticlinal de Puente de Boyacá - Motavita); y al occidente, integrando el anticlinal de Cucaita, y el flanco oriental del anticlinal de Arcabuco (al noroccidente de Combita).

En la vía Boyacá – Soracá, se encuentra una secuencia alternante de 20 m, conformada por areniscas con shales y algunas arcillolitas.

La formación presenta un espesor aproximado de 273 m. Integrada por bancos de areniscas intercaladas con niveles de shales gris oscuro a amarillento, en su parte superior presenta esporádicos estratos de caliza. Se encuentra aflorando en el Puente de Boyacá, abarcando los dos flancos del anticlinal del mismo nombre (o anticlinal de Motavita). EOT Tunja.

En el área del municipio de Sotaquirá, la Formación Conejo, está compuesta por cuarzoarenitas grises, de grano fino, en capas finas a medias, con estratificación ondulosa paralela y shales negros, y por intercalaciones de areniscas compactas, de grano fino, amarillas a naranjas, con lutitas, arcillolitas y shales. EOT Sotaquirá



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En inmediaciones al municipio de Combita, afloran areniscas, dispuestas en bancos de 3 a 5 m de espesor, intercalados con shales gris amarillentos, y cuyo espesor total en el área es de 250 m. EOT Municipio Combita.

La Formación Conejo yace sobre el Grupo Churuvita y por debajo de la Formación Plaeners.

2.2.1.6. Grupo Guadalupe (Ksg)

En la zona de estudio, el Grupo Guadalupe, está integrado por las formaciones Plaeners y Arenisca de Labor y Tierna.

- Formación Plaeners (Kg2).

La Formación Plaeners aflora al oriente y occidente de la zona de estudio, como una franja alargada, en dirección NE –SW. Al sur de la zona de estudio, se encuentra integrando el anticlinal de Motavita y el cierre periclinal del sinclinal de Tunja. Al oriente, se encuentra en contacto con la Falla de Chivata.

En el sector Sáchica - Tunja, se compone de 50 m de delgadas capas de porcelanitas, chert y esporádica fosforita. En el sector de Soracá, se compone de 105 m de porcelanitas y chert, con una parte media de 30 m arcillas y areniscas. Al norte de El Encanto, sobre la carretera que une los municipios de Ramiriquí y Boyacá, la Formación Plaeners, está compuesta por 97 m de chert, con nódulos calcáreos, porcelanitas y fosfórita en la parte inferior, y de shales más o menos silíceos y arenisca amigdaloides (3 m) en la parte superior.

En la zona de estudio, las rocas de la Formación Plaeners, son utilizadas como material de recebo en la construcción y adecuación de las vías, por tal razón, se encuentran importantes afloramientos, tal como se puede apreciar en los puntos de control Nos 4, 8, 19, 21, 28, 36, etc.

Está constituida principalmente de porcelanitas y limolitas silíceas, grises claras, compactas, estratificada en capas delgadas y medias, de 5 a 20 cm de espesor, con sus contactos planos paralelos.

Al occidente de Motavita, La Formación Plaeners, aflora como parte del flanco oriental del anticlinal de Cucaita. En este sector, se encuentran otros afloramientos de esta formación (porcelanitas), más cerca al eje del sinclinal de Albarracín, integrando posiblemente, estructuras de menor tamaño (sinclinal y anticlinal, no cartografiadas).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En los sectores en donde la geología no es clara, será necesario en el futuro, realizar trabajo de campos más detallados, correlacionados con los resultados obtenidos con la aplicación de técnicas geofísicas, tales como, sondeos eléctricos verticales (SEV's), y la ejecución de perforaciones exploratorias.

- Formación Labor y Tierna (Kg1)

La Formación Labor y Tierna, aflora en el flanco oriental del Sinclinal de Tunja, como una franja continua, alargada en dirección NE-SW.

En el sector occidental de la zona de estudio, la Formación Labor y Tierna, está formando parte del flanco occidental del Sinclinal de Tunja y de otras estructuras de menor amplitud, tales como el anticlinal de Motavita, el Sinclinal Albarracín y Anticlinal de Cucaita.

En inmediaciones a Motavita, la Formación Labor y Tierna, se encuentra aflorando e integrando los flancos del sinclinal de Albarracín y del anticlinal de Motavita, y otras estructuras menor importancia.

En el sector Samacá – Cómbita, se observa una sucesión compuesta de 49 m inferiores de shales con algunas intercalaciones de arenisca y 10 m superiores de arenisca.

En Soracá, la sucesión está formada por 117 m inferiores de shales gris oscuros, con intercalaciones de arenisca, y por 50 m superiores de arenisca.

De acuerdo con la información disponible, la Formación Labor y Tierna, en la zona de estudio, presenta notables cambios en la litología, con respecto a la sección tipo, levantada al oriente de Bogotá.

Estas sucesiones yacen por debajo de la Formación Guaduas y por encima de la Formación Plaeners.

En este sector, la formación suprayacente (Formación Guaduas), fue erosionada dejando al descubierto las rocas de la Formación Labor y Tierna, que se encuentran formando parte de varias estructuras geológicas contiguas, tales como, el anticlinal de Cucaita, el sinclinal de Albarracín, el anticlinal de Motavita y otras estructuras de menor amplitud, razón por la cual se encuentra cubriendo una gran área. En algunos sectores se encuentran remanentes de la Formación Guaduas que no han sido cartografiados, debido a que su reducido tamaño. Por ejemplo en inmediaciones a los puntos de control Nos 1, 3, 9, 15, 16, 18, 20, 23, etc.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Será necesario en el futuro, realizar trabajo de campos más detallados, correlacionados con resultados obtenidos de la aplicación de técnicas geofísicas, tales como, sondeos eléctricos verticales (SEV's), y la ejecución de perforaciones exploratorias, en algunos sectores en donde la geología no está claramente definida.

2.2.1.7. Formación Guaduas (KTg)

Por la carretera Chivatá – Toca y por la Quebrada Carbonera, se encuentra una sucesión compuesta por 250 m inferiores de arcillas grises y esporádicas areniscas friables; siguen 270 m de arcillas grises, arenisca friable y carbón; al techo, 50 m de arcillas verduzas y violáceas y arenisca.

La formación Guaduas, se encuentra en forma concordante sobre la formación Guadalupe y la conforman en su mayoría por arcillolitas carbonáceas, areniscas y arcillas abigarradas, con presencia de mantos de carbón en diferentes espesores que son económicamente explotables. La formación se divide en tres miembros que son:

Guaduas Inferior se caracterizan por presentar arcillolitas grises a oscuras bien estratificadas en su mayoría y pequeños bancos de areniscas, se encuentran mantos de carbón de buena calidad utilizado en la producción de coque metalúrgico.

Guaduas Medio presenta varios mantos de carbón económicamente explotables. Están constituidos por arcillolitas grises oscuras rojas violeta y carbonáceas con la presencia de pequeños niveles arenosos bien estratificadas.

Guaduas Superior: litológicamente consta de arcillas abigarradas, las cuales presenta localmente delgadas capas de carbón sin interés económico con pequeños niveles arenosos no continuos de grano medio a grueso, le siguen niveles de mayor espesor de arenisca friable con estratificación fina.

Para el municipio de Soracá afloran materiales de la formación Guaduas a lo largo de veredas Puente Hamaca y Otro Lado, conformando una estructura de incidencia local Anticlinal de Puente Hamaca, el cual, hacia su parte más norte se adelantan en la actualidad explotaciones de carbón. (*EOT, Soracá*).

En inmediaciones a Motavita, se encuentran explotaciones de carbón hacia el sector de San Ricardo, en las veredas Carbonera y Centro y hacia la parte sur occidental y nor occidental del municipio (*EOT, Motavita, 2000*).

Durante el trabajo de campo, se identificaron algunos puntos, asociados especialmente con explotaciones de carbón.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Yace sobre el Miembro de la Arenisca Tierna y por debajo de la Arenisca del Cacho (parte basal de la Formación Bogotá).

La Formación Guaduas en la Cuenca de Tunja tiene un espesor promedio de 175 m.

2.2.2. Terciario

2.2.2.1. Formación Cacho (Tic)

La Formación Cacho, se encuentra aflorando como una franja alrededor de la ciudad, en los flancos y en la zona de cierre del sinclinal de Tunja, y constituye la parte topográficamente más alta en los alrededores de la ciudad.

Las areniscas de la Formación Cacho, en el Alto de San Lázaro, como parte basal de la Formación Bogotá, han sido descritas por G. Manjarres (1965), como rocas clásticas, compuesta de granos subredondeados de cuarzo, cementados por cuarzo secundario y hematita; el tamaño del grano es grueso a conglomerático hacia la base, con estratificación cruzada y marcas de oleaje, que caracterizan a algunos bancos superiores. La arenisca tiene un espesor total de 60 m y limita en la base por la Formación Guaduas.

La Formación Cacho está constituida por areniscas cuarzosas de color amarillo a pardo oscuro, de grano fino a medio en la parte superior de la sucesión, y arena gruesa en los niveles inferiores, presentando algunos niveles conglomeráticos, granos redondeados, matriz arcillosa, con presencia de moscovita, y cemento ferruginoso, con laminación inclinada y marcas de corriente frecuentes. En la parte media, presenta horizontes arcillolíticos grises y blancos con estratificación fina a delgada, con niveles alterados de color rojo a rosado. La base de las areniscas marca el techo de la Formación Guaduas

El espesor de la Formación Cacho medido en la vía Tunja - Motavita es de 80 m; la parte inferior presenta un espesor de 24 m, la parte media de 27 m y la parte superior de 29 m. (Cajicá, A. Leonardo y Sandoval L, 2003).

De acuerdo con los resultados de la perforación realizada en la Finca La Mecha (Granja avícola la Esperanza, vereda San Onofre, municipio de Combita), la Formación Cacho, se encuentra aproximadamente a partir de los 47 m, hasta los 119 m de profundidad, con aproximadamente 49 metros de areniscas y 23 metros de arcillolitas.

2.2.2.2. Formación Bogotá (Tb)

Cubre una gran parte de la zona de estudio, conformando los flancos del Sinclinal de Tunja, en inmediaciones a la ciudad. Por otra parte, aflora en el anticlinal de Puente Hamaca (conformando sus flancos), y en inmediaciones de los municipios de Chivata y



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tuta, al oriente. Al occidente de la zona de estudio, está integrando los flancos del anticlinal de Motavita (en inmediaciones a Combita), y el sinclinal de Albarracín.

Esta formación presenta una sucesión monótona de arcillolitas abigarradas de colores gris, violeta y rojo que conforman horizontes más o menos gruesos que se encuentran separados por niveles de areniscas arcillosas blancas a amarillas, con un espesor aproximado de 120 m.

Sobre la carretera Central del Norte, en la bajada hacia Tunja, afloran niveles de arcillolitas, rojas a bermeja y niveles de areniscas (pertenecientes estratigráficamente a la parte media y superior de la formación).

La Formación Bogotá presenta concordancia con las areniscas de la Formación Cacho en su base, y hacia el techo, infrayace discordantemente con la Formación Tilatá. En la zona de estudio la Formación Bogotá presenta un espesor aproximado de 150 m determinados con base en registros eléctricos.

2.2.2.3. Formación Tilatá (Tst)

Se dio el nombre de Tilatá a una formación que se encuentra en capas horizontales entre Tilatá y la represa del Sisga, formada alternativamente de arcillas, capas arenosas y cascajos con unos 100 m de espesor visibles.

En el área de estudio se encuentran materiales horizontales y homogéneos a lo largo del Sinclinal de Tunja, presentando un grueso conjunto, conformado por areniscas y limolitas de color variable, con intercalaciones conglomeráticas y frecuente laminación inclinada.

A la Formación Tilatá se le calcula un espesor de 150 m. De acuerdo con el registro litológico del pozo construido en la finca la Victoria, la Formación Tilatá es predominantemente arcillosa, y está constituida por 40 metros de arcillas duras en la parte superior, arcillas arenosas, conglomerados arcillosos y esporádicas arenas finas.

En inmediaciones de la ciudad de Tunja (pozo Cooservicios, Silvino Rodríguez, Batallón II, El Estadio, La Fuente, etc.), la Formación Tilatá, está integrada por intercalaciones de arcillas abigarradas, arcillas arenosas, arenas arcillosas, arenas de grano fino a medio, areniscas conglomeráticas.

En el área de Tuta, esta suavemente inclinada hacia el occidente y localmente presenta buzamientos fuertes. En la Cuenca de Tunja yace discordantemente sobre todas las formaciones que reposa.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En el bajo estructural, correspondiente a la depresión del Río Chicamocha, entre Tunja y Duitama, se extiende sobre la vasta superficie, un conjunto formado por capas de gravas, arcillas, arenas y esporádicas lignitos. En el área de Tuta está suavemente inclinado al occidente. Yace discordantemente sobre todas las formaciones comprendidas entre la Formación Bogotá y la Formación Une.

2.2.3. Cuaternario

2.2.3.1. Depósitos Fluvio-lacustres (Qfl)

Los depósitos Fluvio-lacustres se encuentran formando los valles del río Chulo y de la quebrada La Cascada. Presentan una morfología de relieve suave a plano; son depósitos no consolidados y su composición varía lateralmente.

En el eje del Sinclinal el espesor alcanza los 37 m, sus componentes son finos, constituidos por intercalaciones de arenas y arcillas de color gris, café y con oxidaciones rojizas, lo que sugiere la alternación de episodios Lacustres y Fluviales. También se encuentra este depósito en el municipio de Soracá, a lo largo de la quebrada Puente Hamaca.

2.2.3.2. Depósito Coluvial (Qc)

Los depósitos coluviales se componen de bloque angulares a subangulares, hasta de 0.5 metros de diámetro, de roca procedente de los niveles duros de las formaciones Cacho y Bogotá, dentro de una matriz arenarcillosa.

En la zona de estudio se localizan hacia la parte baja del flanco occidental de la estructura. En el sector noroccidental se encuentra un gran depósito coluvial, constituido por materiales de la formación Bogotá.

2.2.3.3. Depósito Aluvial (Qal)

En la zona de estudio, hacia el flanco occidental del Sinclinal, en el sector noroccidental de la ciudad, se localiza un cono aluvial que forma el valle del río la Vega. Está constituido por gravas, fragmentos de arenisca blanca y verdosa, de grano fino; chert, arcilla amarilla, arena arcillosa de grano fino a medio, embebidos en una matriz arcillosa.

Este conjunto tiene un espesor variable, alcanzando los 83 m en la parte más profunda.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

2.3. Geología estructural

La región estudiada está enmarcada dentro de la tectónica regional para la Cordillera Oriental de fuerzas de compresionales que han producido fallas de tipo inverso en los bordes oriental y occidental y numerosos pliegues en el área.

El Sinclinal de Tunja se encuentra en la terminación septentrional del Altiplano de la Cordillera Oriental, una provincia fisiográfica característica de la parte central de la Cordillera Oriental, que se extiende entre las ciudades de Bogotá y Tunja. Con los anticlinales colindantes de Arcabuco y de Toca define estructuras de primer orden, que se caracterizan por longitudes de unos cien km y por vergencias hacia el este. (Kammer, A. 1997).

El sinclinal de Tunja, está ubicado en medio de los anticlinales de Arcabuco y Toca, puesto que ambos altos, separados unos 38 km., son las estructuras colindantes. Este sinclinal define una depresión longitudinal de primer orden, cuya amplitud visiblemente va disminuyendo hacia el NS. Las vergencias en los dos flancos, opuestas y apuntando hacia la margen de la depresión, fingen una cierta simetría de los pliegues de segundo orden, pues la vergencia se hace a través del propio eje sinclinal. En el flanco E del anticlinal de Tunja, los cabeceos son variados y la tendencia se mantiene en la dirección NE.

El anticlinal de Toca, muestra una asimetría más marcada que el de Arcabuco, por su flanco W menos inclinado casi hasta alcanzar la categoría de monoclinal, mientras el del E está afectado por la falla de Soagapa, de visible desplazamiento en el orden de los primeros km. En el Alto de Toca el eje anticlinal no muestra cabeceo.

El anticlinal de Arcabuco, presenta su flanco W más inclinado sin que la asimetría se pueda asociar a alguna falla mayor, mientras en su flanco E la Falla de Boyacá refuerza la asimetría estructural y anuncia con su expresión una falla inversa. Las estructuras de segundo orden muestran bisagras menos regulares que la de Arcabuco, de curso casi rectilíneo. (Duque E, Manual de Geología para Ingenieros (2003) Rev. 2014).

El Sinclinal de Tunja constituye desde un punto de vista morfológico la terminación septentrional del Altiplano Cundi-Boyacense. Define una depresión de primer orden, presenta la forma de una cubeta o depresión longitudinal, cuyo punto más bajo se encuentra a unos 10 km al N de Tunja. Disminuye notoriamente en amplitud hacia el sur.

Las continuidades longitudinales de los pliegues de segundo orden, entre los cuales se encuentran en la zona de estudio, al anticlinal de Motavita, el sinclinal de Albarracín y el Anticlinal de Cucaita, oscilan entre unas decenas de km hasta 100 km y son, por tanto,



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

de una magnitud inferior a las longitudes de las estructuras de primer orden, como el sinclinal de Tunja. Los pliegues de menor continuidad son los pliegues apareados conformados por las estructuras de Gachaneca - Cucaita y de Albarracín - Motavita (Kammer, A. 1997).

2.3.1. Pliegues

2.3.1.1. Sinclinal de Tunja

Es una estructura amplia de dirección suroccidente-nororiente, que empieza desde el sur de Tunja y termina en la localidad del Manzano, probablemente contra la Falla de Boyacá y está limitado al oriente por la Falla de Chivatá.

La zona periclinal se encuentra al sur de Tunja, cerrándose en los alrededores de la línea del ferrocarril. La tectónica que afecta el sector está ligada al tipo de esfuerzos que afectaron la Cordillera Oriental, presentando plegamientos y fallas con dirección suroccidente - nororiente y transversales.

La estructura sinclinal es de tipo asimétrico, especialmente hacia la parte norte de la zona periclinal. La estructura se encuentra afectada por un sistema de fallas transversales que han dislocado sus flancos, modificando los buzamientos y desplazando las rocas aflorantes en diferentes sectores del mismo.

Por la parte central del sinclinal de Tunja, se encuentra una falla transversal (Falla de Tunja), con dirección noroccidente- suroriente, que divide y afecta la continuidad de las rocas en los dos flancos.

Al norte, el flanco occidental se encuentra afectado por un sistema de fallas transversales que lo dislocan, el cual presenta probables deslizamientos gravitacionales e inversiones de buzamiento de estratos de formaciones más recientes (Alarcón, M., Suarez, M, 1991).

2.3.1.2. Anticlinal de Puente Hamaca

Ubicado sobre el flanco oriental del Sinclinal de Tunja, presenta un cabeceo hacia la parte norte; la estructura posee una dirección nororiente – suroccidente, paralela al eje del Sinclinal de Tunja, con una longitud no mayor a 6 km e identificable en la vereda Pirgua.

Se encuentra afectado por desplazamientos transversales menores, involucrando las formaciones Guaduas, Cacho y Bogotá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

2.3.1.3. Sinclinal de Pirgua

Ubicado en el flanco oriental del Sinclinal de Tunja e inmediatamente al oriente del Anticlinal de Puente Hamaca, presenta el mismo tren estructural nororiente - suroccidente, de las anteriores estructuras.

Es un pliegue de similar amplitud que el anterior e identificable en la vereda Pirgua, el cual hacia la parte norte, se encuentra afectado por un desplazamiento transversal de aproximadamente 300 m, que posiblemente puede corresponder con el lineamiento de la quebrada La Cebolla. (Cajicá, A., Sandoval L., 2003).

2.3.1.4. Anticlinal de Motavita

Es una estructura localizado al costado occidental de la zona de estudio, con dirección nororiente – suroccidente, cuya amplitud no sobrepasa los dos kilómetros, presentando el mismo tren estructural del Sinclinal de Tunja. Este pliegue se ve afectado por el desplazamiento transversal de la Falla de Tunja e involucra las formaciones Guaduas y Labor y Tierna.

2.3.1.5. Sinclinal de Albarracín

Estructura de amplitud y longitud similar a la anterior que presenta buzamientos bajos a lado y lado del eje cuya dirección es suroccidente – nororiente, paralelo al eje del Sinclinal de Tunja. El pliegue afecta las formaciones Guaduas y Labor y Tierna.

2.3.2. Fallas

En la zona de estudio se encuentran por fallas inversas y de rumbo, de carácter regional y local, que afectan el sinclinal de Tunja y otras estructuras de menor importancia.

A continuación se describen los rasgos de las **principales fallas que afectan el área de estudio.**

2.3.2.1. Falla de Chivatá

Se encuentra al oriente de la zona de estudio, y constituye el límite oriental del sinclinal de Tunja. Es una falla inversa de carácter regional, la cual presenta una dirección suroccidente – nororiente, poniendo en contacto rocas del Cretácico Superior con rocas del Terciario. Dicha falla se prolonga hacia el norte paralela al eje de la estructura sinclinal.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

2.3.2.2. Falla de Tunja

Es una falla de rumbo que tiene una dirección N13°W, la cual corta ambos flancos del sinclinal en forma transversal a la orientación de éste. Su desplazamiento es de aproximadamente 400 m, aunque su efecto es menos notorio en el flanco oriental.

Esta falla se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios en el valle y posiblemente es la responsable del lineamiento del río la Vega.

2.3.2.3. Falla Tras del Alto

Es una falla inversa, que afecta el flanco occidental del sinclinal de Tunja, aproximadamente en una longitud de 9.5 kilómetros, la cual se halla a la vez cortada por fallas transversales de carácter local.

Presenta un rumbo paralelo a la directriz tectónica, y pone en contacto rocas de la Formación Guaduas y la Formación Cacho. Tiene un rumbo medio de N36°E y su plano se inclina 65° al NW.

2.3.2.4. Falla la Cebolla

Falla de rumbo, con dirección oriente – occidente que afecta los flancos del Sinclinal de Pirgua, y posiblemente es la responsable del lineamiento de la quebrada La Cebolla.

2.3.2.5. Falla el Asís

Falla de rumbo de carácter local, ligeramente ortogonal al rumbo de la Falla Tras del Alto; afecta rocas de la Formación Bogotá.

2.4. Control geológico de campo

En cumplimiento de los términos de referencia, se hicieron visitas de campo a la zona de estudio, con el fin de realizar un reconociendo de la cartografía geológica existente, y levantar puntos de control geológico, para verificar y complementar la información existente.

En la Tabla 2-1, se presentan los puntos de control geológico levantados en la zona de estudio, con la supervisión y acompañamiento de Corpoboyacá. En cada punto de control (estación), se tomaron datos de rumbo y buzamiento (en los puntos en donde las condiciones lo permitían), y se hizo una breve descripción litológica de las rocas que afloran en el sitio.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 2-1. Puntos de control geológico Sistema acuífero de Tunja

ESTACIÓN	COORDENADAS		Cota	Rumbo	Buzamiento	Unidad Geológica
	N	E				
1	1095109	1073928	2662	N35E	24SE	Fm. Labor y Tierna
2	1094848	1074067		N80W	44NE	Fm. Guaduas
3	1094624	1074549	2569	N45W	20NE	Fm. Labor y Tierna
4	1095217	1078908	2417	N45W	32NE	Fm. Plaeners
5	1077828	1094402	2374	N65W	27NE	Fm. Conejo
6	1081537	1096405		NE	34N	Fm. Plaeners
7	1096980	1081961	2872	N25E	20NW	Fm. Conejo
8	1099073	1082918	2889	N40E	40NW	Fm. Plaeners
9	1099255	1082612	2877	N52E	46NW	Fm. Labor y Tierna
10	1100774	1080347	2941	N23E	43NW	Fm. Cacho
11	1103450	1081895	2770	N60E	55NW	Fm. Cacho
12	1103306	1083520	2828	N5W	33NE	Fm. Cacho
13	1104041	1083882	2963			Fm. Cacho
14	1107458	1084831	2872			Fm. Cacho
15	1106189	1086318	2857	N13E	65NW	Fm. Labor y Tierna
16	1105533	1086776	2907	N6W	34NE	Fm. Labor y Tierna
17	1105903	1088419	3023	N54E	26NW	Fm. Cacho
18	1105160	1089661	3027	N25E	37NW	Fm. Labor y Tierna
19	1106301	1090959	2987	N40E	36NW	Fm. Plaeners
20	1107091	1087529	2958	N35E	45NW	Fm. Labor y Tierna
21	1109432	1089355	2786	N40E	20NW	Fm. Plaeners
22	1112297	1088776	2708	N20E	16SE	Fm. Cacho-Tilata
23	1112913	1091390	2710	N50E	50MW	Fm. Labor y Tierna
24	1116831	1087102	2688			Fm. Tilatá
25	1118243	1084279	2919	N60E	24SE	Fm. Labor y Tierna
26	1120144	1084305	2991	N15E	35NW	Fm. Conejo
27	1120716	1084068	3003	N50E	50SE	Fm. Churuvita
28	1121514	1087234	2840	N3W	63NE	Fm. Plaeners
29	1117658	1093262	2763	EW	8N	Fm. Cacho
30	1115540	1095940	2868	N35E	13NW	Fm. Labor y Tierna
31	1115553	1094819	2746			Fm. Labor y Tierna
32	1116355	1093848	2674	N18E	43NW	Fm. Labor y Tierna
33	1116315	1093498	2707			Fm. Tilatá?
34	1114140	1082785	2911	N60E	26NW	Fm. Cacho
35	1114725	1081445	3046	N83E	50SE	Fm. Labor y Tierna



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



ESTACIÓN	COORDENADAS		Cota	Rumbo	Buzamiento	Unidad Geológica
	N	E				
36	1114807	1081166	3113	N85E	22NW	Fm. Plaeners
37	1115406	1080488	3075	N55E	32SE	Fm. Conejo
38	1116825	1080248	3091	N44E	24SE	Fm. Churuvita
39	1114325	1080505	3096	N58E	42SE	Fm. Plaeners
40	1113746	1079715	3091	N24E	23SE	Fm. Labor y Tierna
41	1112483	1079596	3221	N40E	40NW	Fm. Guaduas
42	1112637	1078661	3285	N20E	55SE	Fm. Labor y Tierna
43	1113331	1078543	3173			Fm. Plaeners
44	1113746	1078831	3098	N70W	35SW	Fm. Plaeners
45	1112154	1077768	3250			Fm. Plaeners
46	1111608	1077079	3204	N35E	36SE	Fm. Plaeners
47	1110800	1077066	3130			Fm. Plaeners
48	1110540	1077121	3072	N35E	SE	Fm. Labor y Tierna
49	1108292	1078056	2894	N70W	20NE	Fm. Labor y Tierna
50	1108636	1076454	2954			Fm. Guaduas
51	1108674	1075688	3039	N62E	35SE	Fm. Plaeners
52	1108516	1074962	3127	N72E	80SE	Fm. Labor y Tierna
53	1109523	1075584	3166	N70E	32SE	Fm. Plaeners
54	1107307	1075394	2958	N40E	10SE	Fm. Labor y Tierna
55	1107014	1074688	2950	N42E	27SE	Fm. Plaeners
56	1107265	1074196	3003	N35E	50NW	Fm. Labor y Tierna
57	1105207	1078342	2853	N17E	20SE	Fm. Cacho
58	1105667	1077473	2849			Fm. Guaduas
59	1106234	1077164	2841	N55W	15SW	Fm. Guaduas
60	1105556	1076769	2843	N42E	36SE	Fm. Labor y Tierna
61	1106307	1076560	2879	N72E	21NW	Fm. Labor y Tierna
62	1105940	1076115	2929	N50E	55NW	Fm. Labor y Tierna
63	1105141	1075405	2954	N4W	52SE	Fm. Labor y Tierna
64	1106354	1073466	3111	N55E	22NW	Fm. Plaeners
65	1106273	1073336	3158	N80E	34NW	Fm. Labor y Tierna
66	1105421	1071946	3177	N75E	35NW	Fm. Labor y Tierna
67	1104221	1072472	3239			Fm. Guaduas
68	1102942	1070810	3086	N33E	50SE	Fm. Labor y Tierna
69	1102758	1069626	2987	N60E	32SE	Fm. Plaeners
70	1102750	1069256	2948	N55E	35SE	Fm. Conejo
71	1101926	1069749	3014	N60E	26SE	Fm. Plaeners



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



ESTACIÓN	COORDENADAS		Cota	Rumbo	Buzamiento	Unidad Geológica
	N	E				
72	1101848	1069916	3031	N50E	52SE	Fm. Plaeners
73	1100799	1069818	2952	N25E	25SE	Fm. Labor y Tierna
74	1098346	1067767	2891			
75	1100822	1077913	2853	N32E	27SE	Fm. Bogotá
76	1099479	1076167	3063	N15E	10SE	Fm. Cacho
77	1100783	1076316	3079	N5E	21SE	Fm. Cacho
78	1102977	1077311	3070	N23E	8SE	Fm. Cacho
79	1103171	1077536	3026	N16E	9SE	Fm. Bogotá

Fuente: Hidroboyacá 2015

En el **Anexo 2.1 - Fichas técnicas de control geológico**, se presenta una ficha para cada una de los puntos de control, con el número de la estación o punto de control, coordenadas, cota, datos estructurales (rumbo y buzamiento), unidad geológica, descripción litológica y un registro fotográfico de cada punto.

En el mapa geológico, se presentan los puntos de control geológico identificados, con el número del punto correspondiente.

La información obtenida en campo, se correlaciona con la información disponible y se procedió a: complementar la información geológica de la zona de estudio, realizar un control de los contactos geológicos y a verificar en algunos puntos la presencia de las unidades geológicas descritas previamente.

2.5. Modelo Geológico básico

De acuerdo con los lineamientos conceptuales y metodológicos para las evaluaciones regionales del agua, elaborado por el IDEAM (2013), y la guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos, inicialmente, se procede a la formulación del modelo geológico básico, como base fundamental para la elaboración del modelo hidrogeológico conceptual.

El modelo geológico básico, se elaboró a partir de la estratigrafía y de la estructura geológica regional, lo cual permitió establecer su composición y geometría (extensión lateral, espesor, profundidad).

El modelo geológico básico se presenta en cuatro (4), secciones geológicas trazadas perpendicularmente al rumbo de la estructura regional, en las cuales se señalan las principales estructuras que tienen importancia desde el punto de vista hidrogeológico.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Las secciones geológica 1-1', 2-2' y 3-3', fueron elaboradas con base en el mapa geológico de la zona de estudio, resultado de la integración de las planchas geológicas 191 (Tunja) y 171 (Duitama), complementado con información cartográfica de los estudios elaborados por la USTA y la UPTC, y con la información obtenida en campo con el levantamiento de los puntos de control.

La sección geológica 4-4', fue tomada y adaptada del corte esquemático J-K-L, de la plancha geológica 191 – Tunja (Ingeominas, 1998).

A continuación se hace la descripción de las principales estructuras geológicas que tienen importancia desde el punto de vista hidrogeológico, en cada una de las secciones geológicas presentadas. Las secciones se encuentran numeradas de norte a sur, y su localización se puede apreciar en el mapa geológico (**Anexo 1.2 – Mapa Geológico**).

- Sección geológica 1-1'

En la Figura 2-1, se presenta la sección geológica 1-1', localizada al norte de la zona de estudio.

En esta sección geológica, el sinclinal de Tunja, se encuentra delimitado al occidente por eje del anticlinal de Arcabuco (por fuera de la zona de estudio), y al oriente por la falla de Chivata, la cual desplaza e interrumpen la continuidad de las unidades geológicas, en especial las de interés hidrogeológico.

La cuenca del sinclinal de Tunja, está integrada por una secuencia de rocas cretácicas y terciarias, que conforman el Sistema acuífero de Tunja.

Dentro de la zona de estudio, las rocas más antiguas, se observan en el flanco occidental del sinclinal, representadas por la Formación Paja (Kimp). En este flanco, la secuencia estratigráfica está integrada por las siguientes formaciones (de la más antigua a la más reciente): Formación Paja (Kimp), Formación San Gil Inferior (Kmsgi), la Formación San Gil Superior (Kmsgs), el Grupo Churuvita (Ksch), la Formación Conejo (Kscn), el Grupo Guadalupe, (constituido en la zona por las Formaciones Plaeners (Kg2) y Labor y Tierna (Kg1)), la Formación Guaduas (Ktg). Sobre la Formación Guaduas, la Formación Cacho (Tc), la Formación Bogotá (Tb), la Formación Tilatá (Tst), y finalmente, depósitos recientes, integrados por depósitos aluviales del río Chulo.

Las formaciones de interés hidrogeológico, tales como, la Formación Cacho y la Formación Labor y Tierna, afloran en los dos flancos del sinclinal.

- Sección geológica 2-2'



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

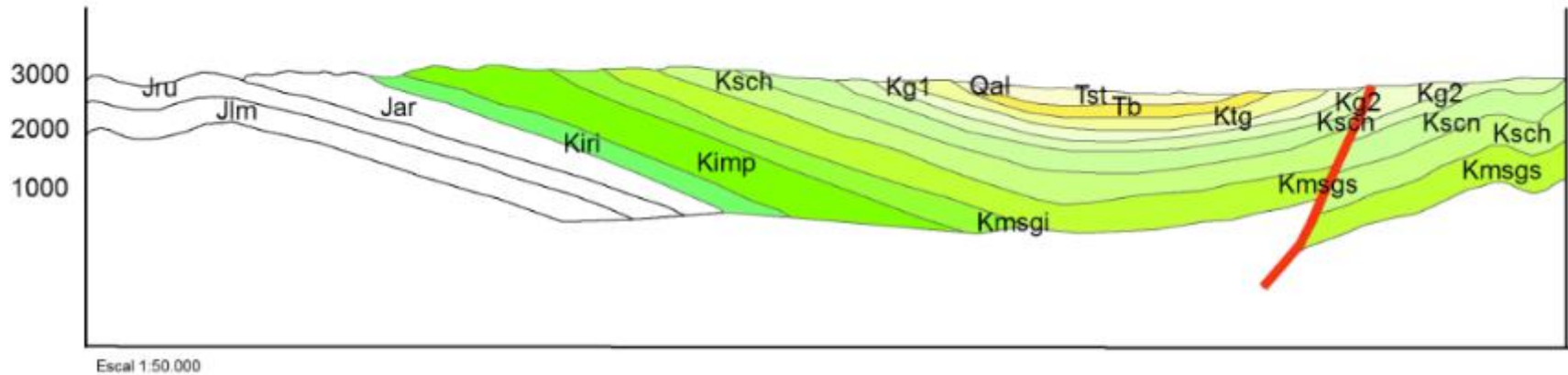


Se encuentra localizada al norte de la ciudad de Tunja, pasando por el norte del municipio de Motavita y al sur del municipio de Chivata. Ver Figura 2-2

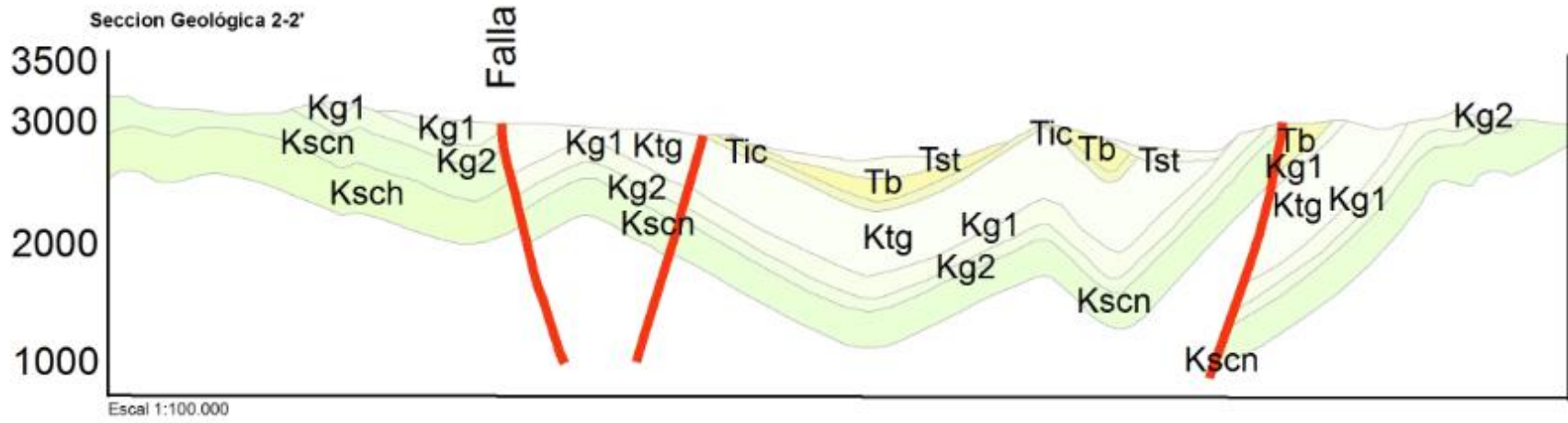
En esta sección geológica se puede identificar, además de la estructura principal, correspondiente al Sinclinal de Tunja, otros dos sinclinales locales, el sinclinal de Albarracín, al occidente, y el sinclinal de Puente Hamaca, al oriente, aislados del sinclinal de Tunja, por los anticlinales de Motavita y Puente Hamaca respectivamente.

En este sector, el sinclinal de Tunja, se encuentra delimitado, al occidente por el anticlinal de Motavita, y al oriente por el anticlinal de Puente de Hamaca, y la falla de Chivata.

Figura 2-1. Sección geológica 1-1'



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)
Figura 2-2 Sección geológica 2-2'



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Hacia el occidente de la sección geológica, se encuentra la falla de Tras del Alto (de tipo inversa), y se infiere la existencia de otra falla de tipo inverso, de poco desplazamiento, que desplaza las unidades geológicas poniendo en contacto, rocas de la Formación Plaeners con la Formación Guaduas, afectando la continuidad de la misma.

Al oriente, la Falla de Chivata (de tipo inverso), desplaza e interrumpe la continuidad de las formaciones geológicas, en especial las de interés hidrogeológico, tales como la Cacho, la Formación Labor y Tierna y la Formación Plaeners.

- Sección geológica 3-3'

Se localiza al sur de la ciudad de Tunja, pasando por el sur del municipio de Soracá.

En la sección geológica de la Figura 2-3, localizada al sur de la ciudad de Tunja, se puede observar la cuenca del sinclinal de Tunja, delimitada al occidente por la Falla de Tras del Alto y el anticlinal de Motavita, que lo aísla de la cuenca aledaña, correspondiente al sinclinal de Albarracín.

A su vez, hacia el occidente, el sinclinal de Albarracín, se encuentra delimitado y aislado del sinclinal de Gachaneca, por el anticlinal de Cucaita – Samacá (por fuera de la zona de estudio). En este sector se encuentra una estructura sinclinal, cuyo núcleo está constituido por rocas de la Formación Labor y Tierna.

Al oriente, el flanco del sinclinal de Tunja, está afectado por la Falla de Tunja (de rumbo), que desplaza las formaciones geológicas, sin afectar la continuidad, en especial de la Formación Labor y Tierna, que integra el acuífero principal y de mayor profundidad.

Las principales formaciones de interés hidrogeológico, Formación Cacho (Tc) y Formación Labor y Tierna (Kg1), afloran en los flancos occidental y oriental del sinclinal, conformando el núcleo del anticlinal de Motavita, al occidente, y en el extremo oriental de la sección, en inmediaciones a la Falla de Chivata.

- Sección geológica 4-4'

Se encuentra atravesando transversalmente el sinclinal de Tunja, desde inmediaciones al municipio de Cucaita, hasta el oriente del municipio de Chivata.

En la sección geológica de la Figura 2-4, tomada y adaptada de la plancha geológica 191, se puede observar la distribución de las principales unidades geológicas en la zona de estudio, su extensión, espesor y profundidad.



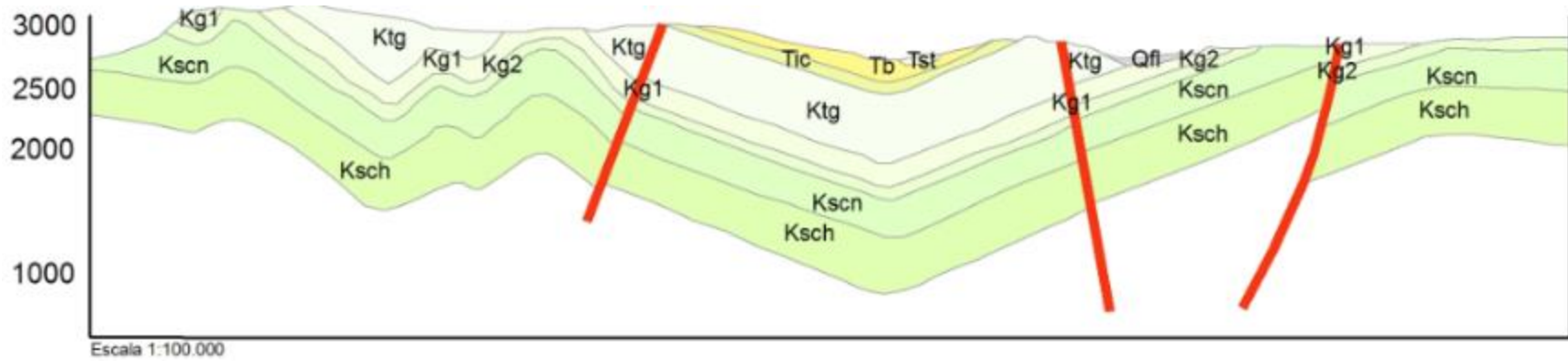
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



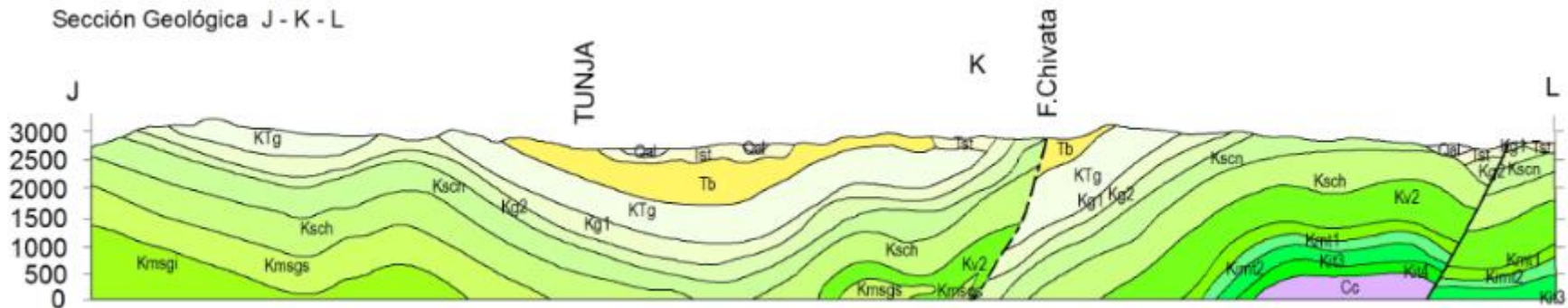
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 2-3. Sección geológica 3-3'



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)

Figura 2-4 Sección geológica 4 - 4'



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la sección geológica se puede observar, que el Sinclinal de Tunja (en el cual se encuentra enmarcado el “Sistema acuífero de Tunja”), está delimitado al oriente por la Falla de Chivata y al occidente por el eje del anticlinal de Motavita.

El sinclinal de Tunja, empieza desde el sur de Tunja, y tiene continuidad al norte, como se puede apreciar en el mapa geológico (**Anexo 1.2 - Mapa Geológico**), hasta la localidad del Manzano, donde termina probablemente contra la Falla de Boyacá.

Presenta la forma de una cubeta o depresión longitudinal, cuyo punto más bajo se encuentra a unos 10 km al N de Tunja (Kammer A., 1997). La zona periclinal se encuentra al sur de Tunja, cerrándose en los alrededores de la línea del ferrocarril.

Sinclinal de Tunja, está conformado por rocas y sedimentos que datan del Cretáceo al Cuaternario. Las formaciones geológicas de mayor interés, desde el punto de vista hidrogeológico, corresponden a la Formación Cacho y algunos niveles de areniscas de la Formación Bogotá, que constituyen el denominado Acuífero Superficial; y la Formación Labor y Tierna, que conforma el acuífero de mayor profundidad.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

3. GEOFÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El método geofísico utilizado en la zona de estudio, consistió en la ejecución de sondeos eléctricos verticales (SEV), orientados a la prospección de aguas subterráneas. En algunos casos, solo se realizó un (1) sondeo eléctrico en el sitio, con el fin de determinar la profundidad y espesor de los posibles niveles acuíferos y de las capas impermeables, por lo que la información obtenida es puntual, y no permite establecer continuidad lateral y distribución de los niveles productores de agua.

Hidroceron Ltda, realizó el estudio “Exploración de nuevas fuentes de agua subterránea para el acueducto de Tunja”, en el en el sector sur occidental del municipio de Tunja (flanco occidental del Sinclinal de Tunja), para lo cual se hicieron veinte (20) sondeos geoelectrónicos verticales (SEV), con el fin de confirmar la presencia, ubicación, y profundidades del acuífero a ser investigado (Formación Labor y tierna), la cual se evaluó e integró con la información geológica e hidrogeológica para la elaboración del Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC).

A continuación, se presenta la información obtenida de estudios geofísicos realizados en la zona de estudio (existentes en los expedientes de aguas subterráneas suministrados por Corpoboyacá), y los resultados de algunas perforaciones realizadas para la construcción de los pozos profundos, la cual se tuvo en cuenta para establecer el MHC.

En la zona de estudio se han realizado varios estudios de prospección geofísica, con el fin de investigar la presencia de agua subterránea, especialmente por parte de particulares y por parte de algunas alcaldías.

- Estudio para prospección de aguas subterráneas, predio Refugio Campestre, municipio de Combita, (capp-0004-09). Se interpreta la presencia de la Formación Guaduas, con un espesor de 38 m, suprayaciendo la Formación Labor y Tierna, desde los 38 m hasta más de 250 m. El pozo se construyó a 198 m de profundidad.

- Exploración geofísica, Granja la Mecha, municipio de Combita, (capp-0004-10). Se investiga la Formación Bogotá y la Formación Cacho.

De acuerdo con los resultados de la perforación exploratoria, la Formación Cacho, podría estar a partir de los 86 m de profundidad. La parte superior puede corresponder a la Formación Bogotá. El pozo se revistió hasta los 125 m.

- Estudio geoelectrónico Finca La Victoria, municipio de Oicatá, (capp- 0031-10). Se interpreta como la Formación Tilatá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Durante la perforación del pozo, se encontraron predominantemente arcillas duras, arcillas arenosas y conglomerados arcillosos, hasta los 170 m de profundidad, que corresponden a la Formación Tilata. El pozo se revistió hasta los 170 m.

- Estudio geoelectrico para la prospección de aguas subterráneas en los predios El Ermitaño, El Mico y Planta de tratamiento, Alcaldía del Municipio de Motavita. Vereda la Carbonera (oope-0002-15). Se interpreta la presencia de la Formación Labor y Tierna, desde un (1) metro de profundidad, hasta más de 225 m. La Formación Plaeners, se interpreta en el SEV 3 (predio Planta de tratamiento), a partir de los 78 m de profundidad.

- Estudio geoelectrico para el posible abastecimiento con agua subterránea del acueducto municipal de Oicatá, predio San Joaquín, vereda Centro (capp-0005-06). En los sitios investigados, se interpreta la presencia de las formaciones Tilatá, Cacho y Guaduas. De acuerdo con la interpretación de los SEV, la Formación Tilatá, tiene un espesor desde los 54 m, hasta los 80 a 90 m. La Formación Cacho, tiene un espesor de 120 m. La Formación Guaduas se encuentra a profundidades mayores a los 200 m.

- Estudio geoelectrico para la prospección de agua subterránea en un predio del municipio de Samacá (capp-0008-13). Se interpreta la presencia de gravas y arenas.

- Estudio geoelectrico para la prospección de aguas subterráneas en la Finca La Planada (Lote 10), vereda Forantiva, municipio de Oicatá (capp-0009-10). Se interpreta la presencia de las formaciones Cacho y Labor y Tierna.

- Estudio geoelectrico Finca La Esperanza, vereda Agua Blanca, municipio de Tuta (oope-0003-14), Se interpreta la presencia de la Formación Bogotá, hasta una profundidad mayor de 200 m.

- Estudio geoelectrico de la Finca la Hortensia, vereda Ristá, (Niño Sandoval y Asociados), municipio de Motavita, (oope-0016-14). Se interpreta la Formación Labor y Tierna a una profundidad, entre los 65 - 75 m de profundidad, infrayaciendo a la Formación Guaduas.

- Estudio geoelectrico Vereda Pijaos, sector represa, municipio de Cucaita, (oope-0017-14). Se investiga la Formación Labor y Tierna y la Formación Plaeners. El posible contacto entre las dos formaciones, se interpreta entre 225 y 250 m de profundidad.

En inmediaciones se encuentra el pozo profundo de la Vereda Lluviosos, construido a 350 m de profundidad, captando la Formación Labor y Tierna.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Estudio geoelectrico Finca El Rancho, vereda Alto de Bolívar, municipio de Tuta, (oope-0018-14). Se interpreta la presencia de arenas y gravas de la Formación Tilatá, hasta los 100 m de profundidad.
- Estudio geoelectrico, Finca El Papayo, vereda San Francisco, municipio de Combita, (oope-0019-14). Se interpreta la presencia de la Formación Labor y Tierna, desde los 0,70 m, hasta a más de 225 m de profundidad.
- Finca El Diamante, vereda El Salvial, municipio de Motavita, (OOPE-0021-14). De acuerdo con la información del informe del concepto técnico, en el estudio geoelectrico se interpreta la Formación Labor y Tierna a una profundidad entre 65 a 80 m de profundidad, en el predio.
- Finca El Llano, vereda San Isidro, municipio de Combita (OOPE-0007-14). De acuerdo con el informe del concepto técnico, en el sondeo realizado se interpreta la presencia de la Formación Guaduas.
- Informe de perforación del pozo profundo en la Finca El Santuario (CAPP-0014-09). De acuerdo con el registro litológico del pozo, se atravesaron rocas de las formaciones Cacho y Guaduas. El contacto se encontró posiblemente a 47 m de profundidad.
- Informe de perforación del pozo profundo Finca Las Margaritas, (CAPP-0004-14). De acuerdo con la descripción litológica, La Formación Labor y Tierna se encuentra desde 1 a 36 m de profundidad, suprayaciendo a la Formación Plaeners, hasta los 110 m de profundidad. El pozo se revistió a 110 m.
- Informe de perforación del pozo profundo de la Finca Tierra Grata, (CAPP-0010-10). Hacia la parte superior se encuentra un depósito coluvial de aproximadamente 15 m de espesor. A continuación se describe una unidad arcillosa con delgados lentes de areniscas que interpretan como la Formación Labor y Tierna. Posteriormente, se encuentran areniscas fracturadas. El pozo se revistió a 115 m de profundidad.

En el **Anexo 2.2 – Geofísica recopilada en los expedientes de concesiones**, se presenta la información geofísica recopilada de la revisión de los expedientes de permisos de exploración de aguas subterráneas, concesiones, conceptos técnicos, suministrados por Corpoboyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

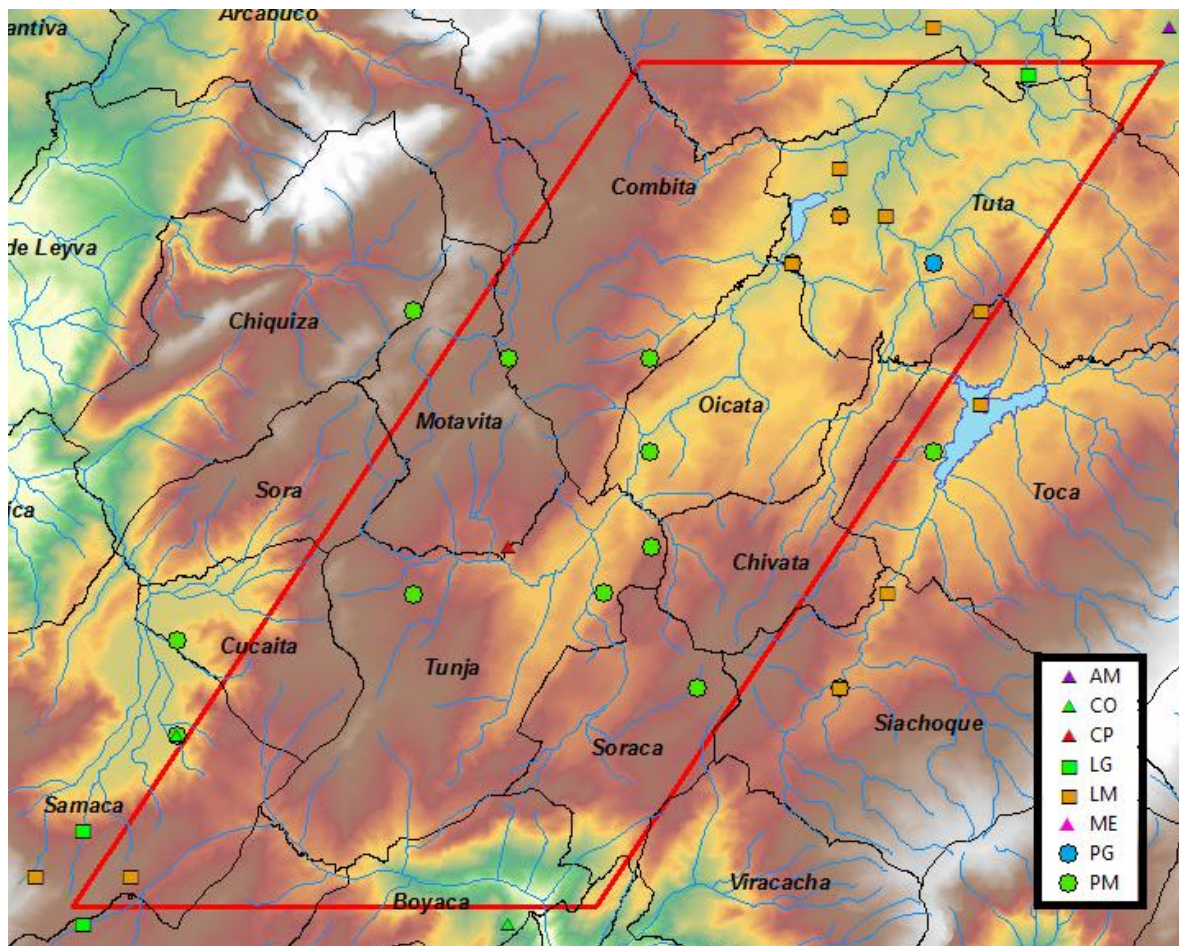


4. ANALISIS HIDROLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Aspectos generales

La zona de estudio se encuentra en el departamento de Boyacá, la cuenca que se analizó para la estimación de la recarga es la cuenca alta del río Chicamocha. La zona del polígono analizada tiene alturas que van desde los 3.276 m.s.n.m. hasta los 2.157 m.s.n.m. En el área del estudio se identificaron las estaciones hidrológicas y climatológicas del IDEAM. En la Figura 4-1 se presenta la localización de las estaciones y en la Tabla 1 se listan las estaciones.

Figura 4-1. Localización de las estaciones en la zona



Fuente: Hidroboyacá, 2015



4.2. Climatología

4.2.1. Precipitación

En la cuenca se tiene información de 12 estaciones meteorológicas que miden precipitación con información diaria, en la Tabla 4-2 se presentan los periodos con los cuales se cuenta con información.

Tabla 4-1. Estaciones en la Zona de estudio

Código	Tipo	Nombre	Fecha de Instalación	Fecha de Suspensión	% de Datos Faltantes
24010800	PM	Minas Las	15/07/1979	15/02/2002	0,7%
24010840	PM	Panelas	15/08/1980		3,3%
24010970	PM	Sto Domingo	15/04/1942	15/01/1949	71,6%
24011120	PM	Jassa La	15/05/1992	15/09/1998	2,8%
24015010	CO	Gachaneca Represa	15/04/1931	15/03/1952	0,0%
24015220	CP	Villa Carmen	15/02/1968		2,8%
24015290	CP	Gachaneca	15/07/1979	15/04/1994	24,4%
24030090	PM	Boqueron El	15/05/1955	15/02/1973	7,5%
24030140	PM	Siachoque	15/07/1957		2,1%
24030310	PM	Combita	15/08/1958		2,3%
24030380	PM	Sotaquirá	15/09/1960		0,8%
24030420	PM	Pila La Fca	15/05/1992		2,8%
24030450	PM	Encanto El	15/05/1992		3,2%
24030500	PM	Col Dptal Agrop	15/05/1992		0,8%
24030530	PM	San Antonio	15/04/1971		1,0%
24030770	PM	Garrocho El	15/03/1974		2,8%
24030780	PM	Hotel El	15/03/1974	15/09/1998	1,4%
24030820	PG	Azulejos Los	15/06/1976		7,8%
24030900	PM	Col Ortiz	15/11/1946	15/11/1955	29,4%
24030910	PM	Seminario	15/01/1923	15/06/1944	10,5%
24030920	PM	Tunja	15/04/1962	15/12/1968	2,5%
24035040	CO	Copa La	15/12/1991		5,8%
24035130	CP	U P T C	15/02/1962		0,0%
24035170	AM	Tunguavita	15/01/1968		0,7%
24035300	ME	San Cristobal	15/07/1971		1,6%
35070310	PG	Teatinos	15/04/1990		3,9%
35075030	CO	Villa Luisa	15/07/1981		2,1%

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

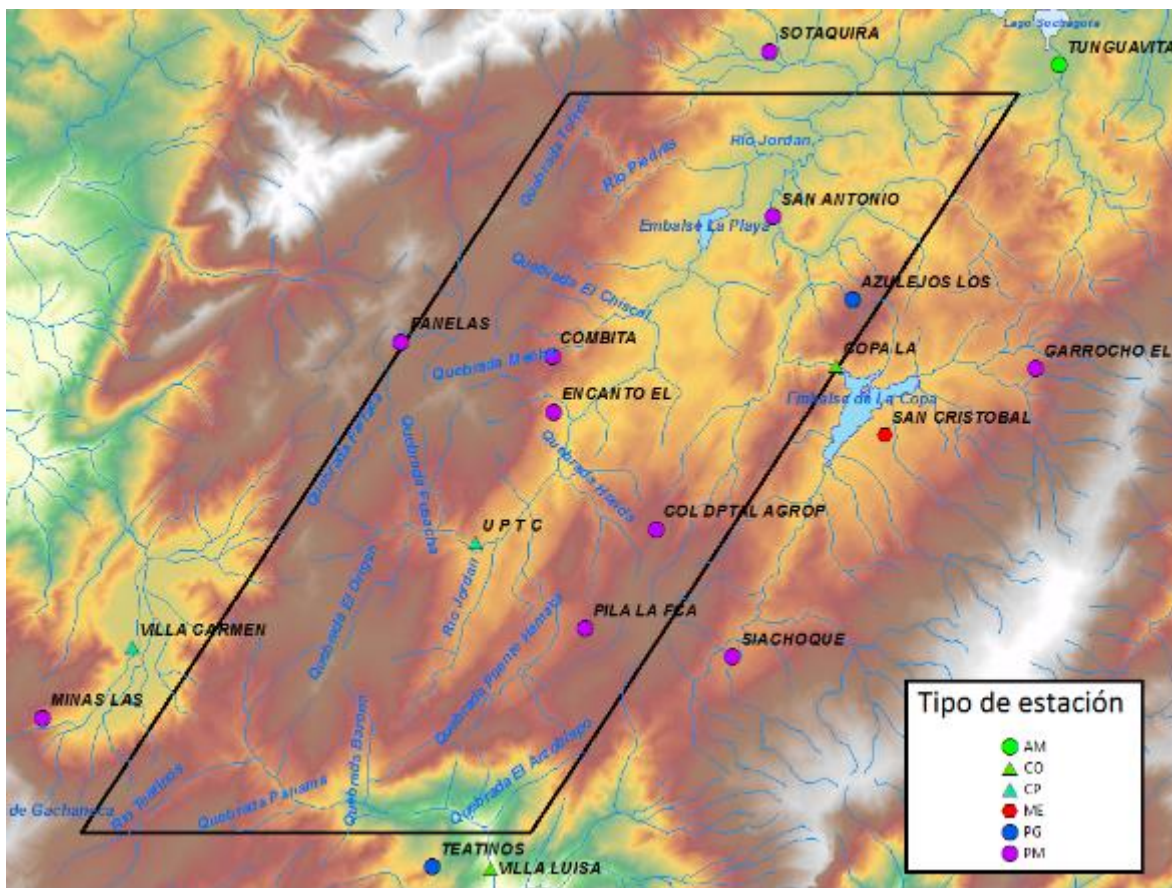
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la Tabla 4-1 se muestra el listado de estaciones climatológicas del área del proyecto, se realizó una revisión de la longitud de las series y de la cantidad de datos faltantes para filtrar aquellas que contaran con al menos el 90% de los datos y que la longitud de las series sea mayor a 20 años y con datos de al menos los últimos 20 años. En la Tabla 4-1 se presenta resaltado aquellas estaciones que no cumplen con este filtro, con lo cual se excluyen 9 estaciones y se cuenta con un total de 18 estaciones para los análisis.

En la Tabla 4-2 se presenta los datos de precipitación total mensual para las estaciones de la cuenca. En la Figura 4-16 se ve como los valores totales anuales varían entre los 600 y 1800 mm al año dependiendo el sector de la cuenca.

Figura 4-2. Localización de las estaciones de precipitación en la zona



Fuente: Hidroboyacá, 2015

En las Figura 4-3 y Figura 4-4 se presenta la serie media multianual de las estaciones y los valores máximos, medios y mínimos respectivamente. Allí observamos el régimen bimodal de la precipitación en la zona, a excepción de la estación de teatinos y villas luisa en las cuales se presentan valores máximos en el mes de julio, lo cual es



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

comportamiento característico de la precipitación en la vertiente de los llanos orientales, área a la cual pertenecen estas estaciones. En las demás estaciones se identifica un periodo de lluvias máximas en abril y octubre y la época de menores precipitaciones enero y julio.

Tabla 4-2. Precipitación media mensual multianual

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
MINAS LAS	29,7	53,6	91,5	95,6	86,9	73,4	76,8	58,7	62,4	103,0	98,3	48,4
PANELAS	27,4	40,1	63,8	106,4	94,7	64,3	58,7	54,3	63,0	108,7	94,2	41,6
VILLA CARMEN	30,0	48,2	76,8	99,6	75,5	39,1	36,3	33,1	48,8	100,0	92,3	45,9
SIACHOQUE	15,3	24,0	47,8	94,0	106,7	79,9	66,3	56,5	59,9	97,8	88,9	29,7
COMBITA	28,8	32,4	78,7	126,9	111,1	87,1	62,7	63,1	74,4	134,4	117,5	47,4
SOTAQUIRA	36,5	63,3	97,9	155,5	153,6	104,4	83,9	84,6	91,5	161,0	130,5	66,4
PILA LA FCA	17,0	27,1	53,0	95,0	108,9	78,5	86,1	48,2	52,7	89,2	100,2	28,4
ENCANTO EL	17,6	28,5	61,1	106,9	85,7	66,8	59,0	47,7	47,9	96,1	85,1	39,0
COL DPTAL AGROP	12,3	18,4	48,8	67,8	79,0	50,9	37,3	29,9	35,5	68,8	72,2	24,7
SAN ANTONIO	27,5	44,1	75,3	123,4	116,1	64,8	54,0	54,1	78,4	121,7	93,5	48,3
GARROCHO EL	18,0	28,5	63,1	99,2	80,6	49,9	41,8	40,4	47,2	101,9	93,2	37,9
AZULEJOS LOS	19,9	35,6	70,5	114,0	101,9	63,3	53,0	48,5	70,8	115,6	94,5	47,3
COPA LA	24,9	36,4	70,7	101,9	98,5	54,6	58,4	45,3	53,8	89,2	85,2	46,3
U P T C	18,1	25,0	50,7	92,5	83,3	57,9	48,1	40,0	47,9	86,2	76,7	32,4
TUNGUAVITA	27,3	49,4	86,5	136,2	122,2	77,3	55,8	61,1	81,7	135,2	103,7	46,5
SAN CRISTOBAL	17,2	35,5	65,2	96,2	91,3	55,1	46,5	40,0	54,9	88,7	85,7	41,3
TEATINOS	39,1	55,6	102,8	131,3	144,2	148,1	176,6	149,1	101,2	138,6	120,8	64,5
VILLA LUISA	18,9	37,6	60,0	98,8	127,4	106,4	115,9	94,8	77,6	112,4	95,7	40,5

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Con estas estaciones seleccionadas y con la generación de las precipitaciones medias mensuales multianuales se construyeron las isoyetas mensuales de precipitación implementando el método de inverso de la distancia para realizar la interpolación espacial. Como resultado se obtienen las siguientes figuras.

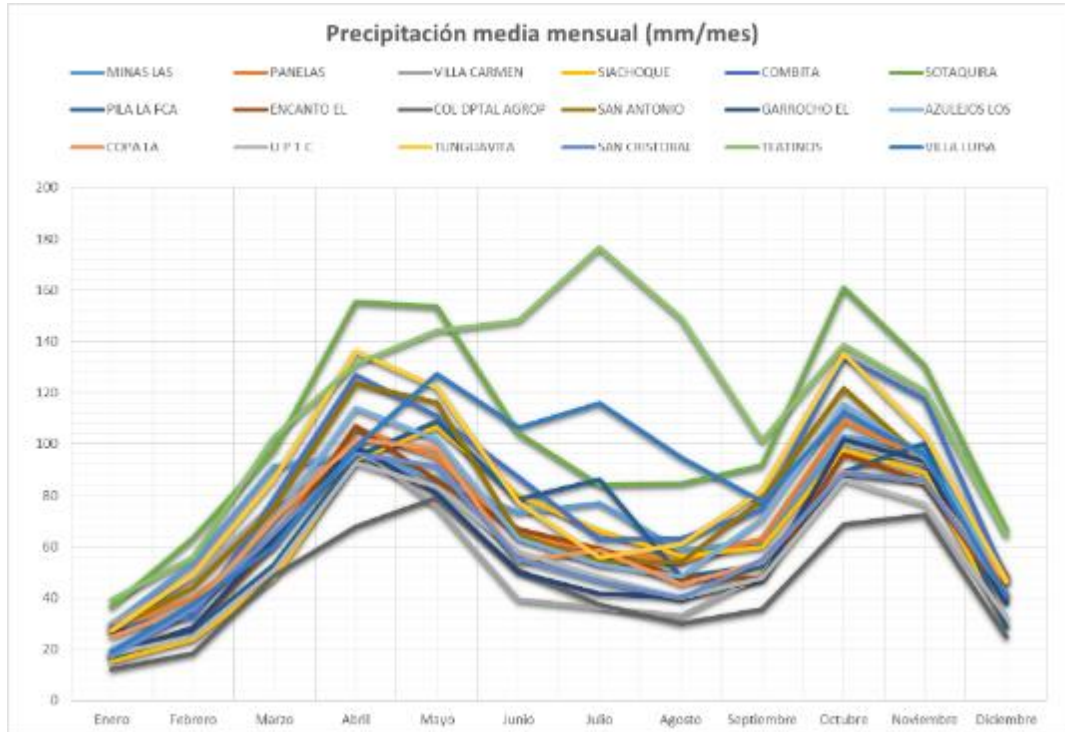


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

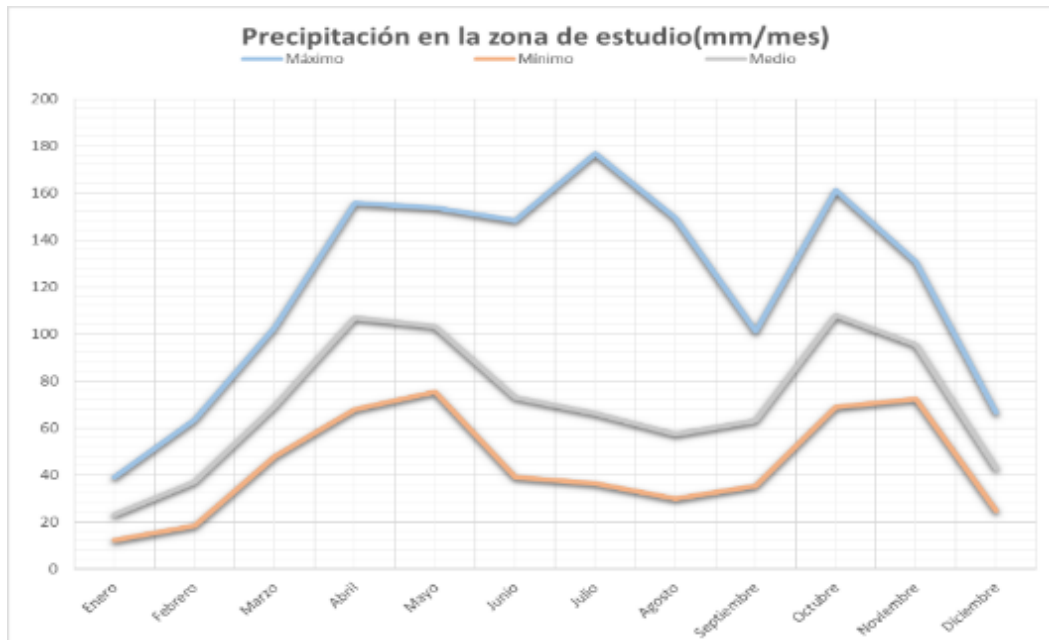


Figura 4-3. Precipitación media multianual para las estaciones de la zona



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-4. Precipitación media multianual media, máxima y mínima



Fuente: Hidroboyacá, 2015



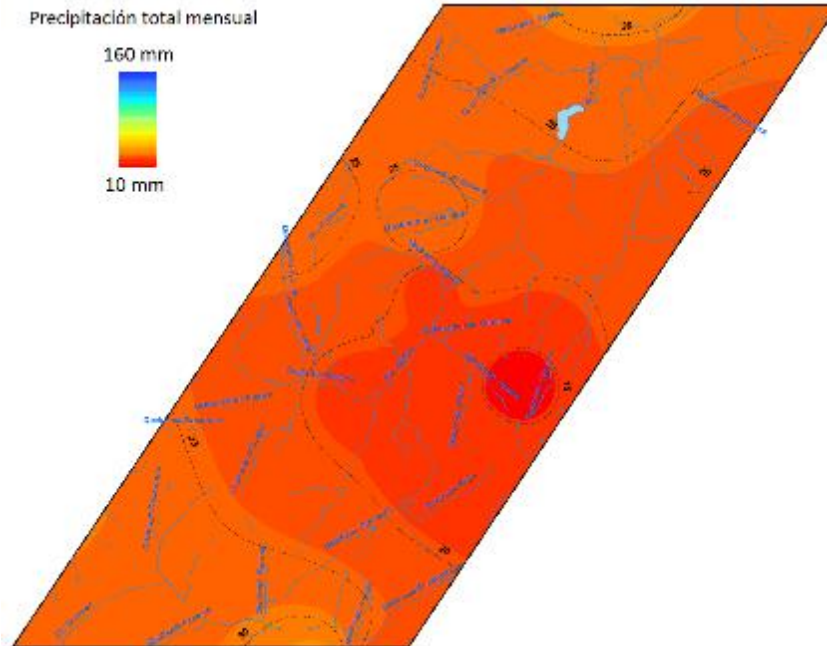
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



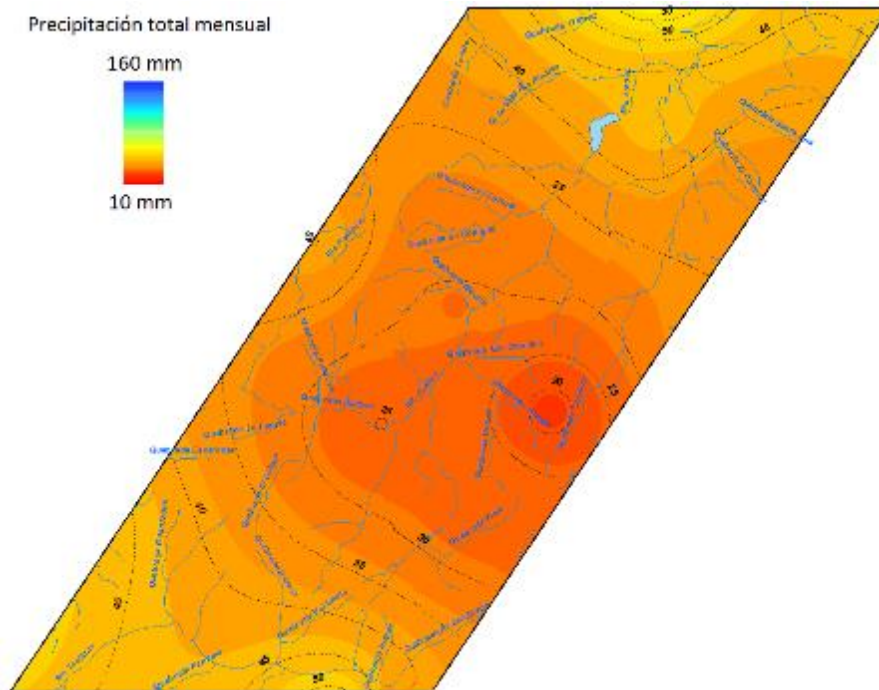
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 4-5. Isoyetas de precipitación total mensual: Enero



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-6. Isoyetas de precipitación total mensual: Febrero



Fuente: Hidroboyacá, 2015



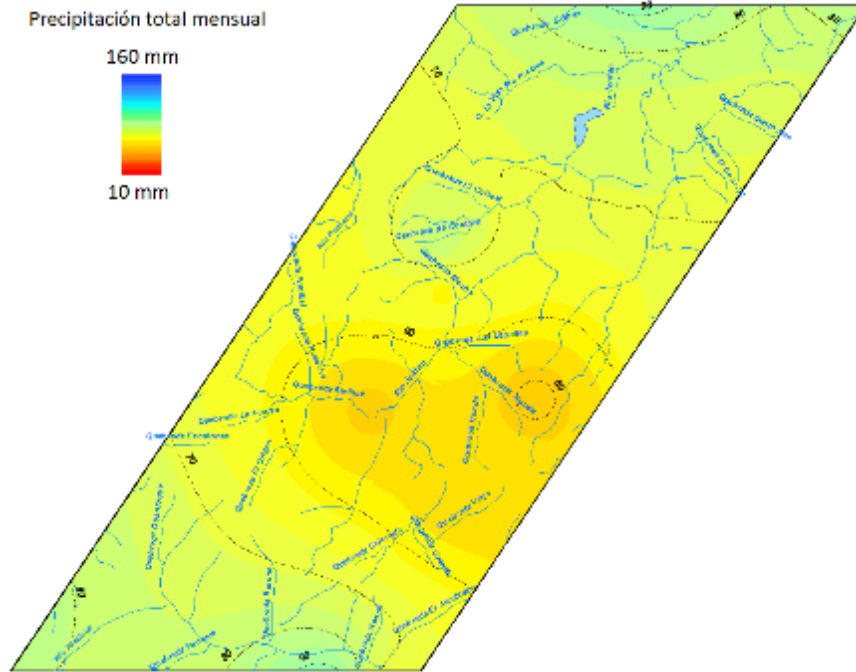
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



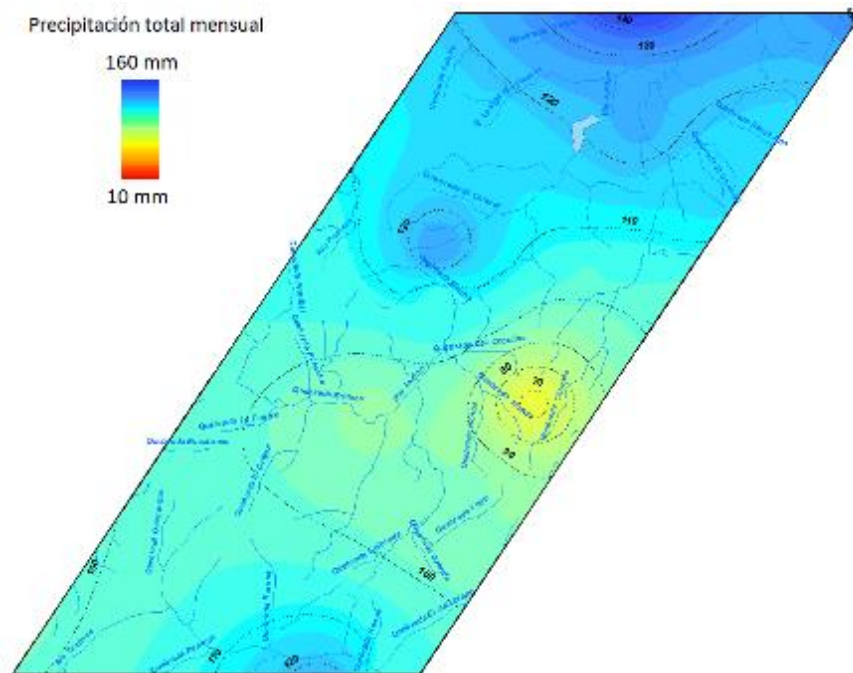
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 4-7. Isoyetas de precipitación total mensual: Marzo



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-8. Isoyetas de precipitación total mensual: Abril



Fuente: Hidroboyacá, 2015

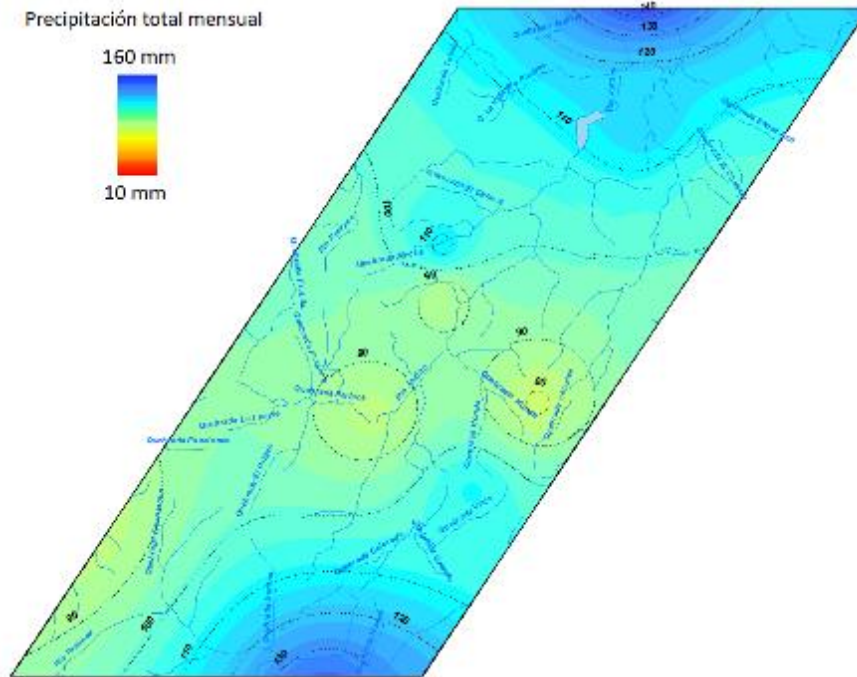


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

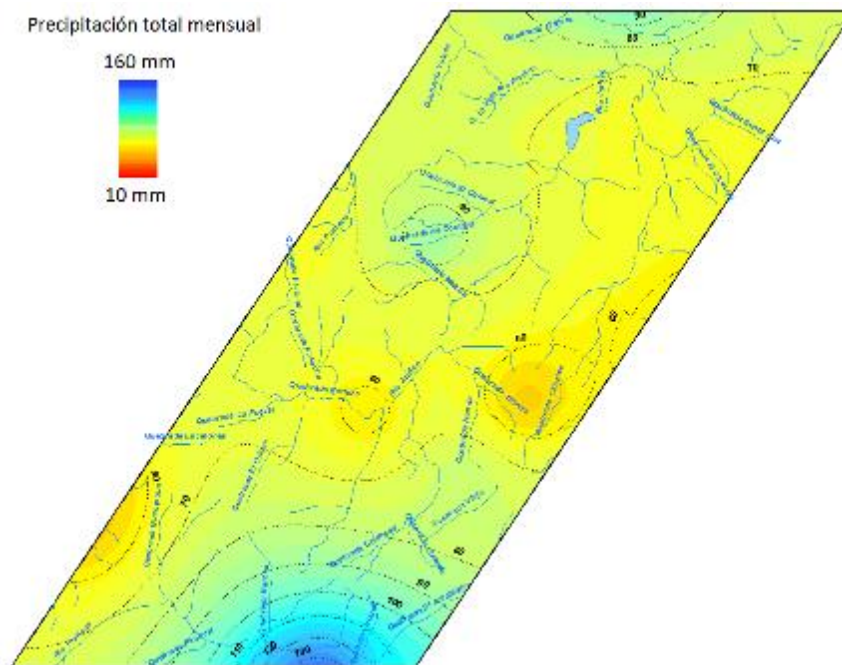


Figura 4-9. Isoyetas de precipitación total mensual: Mayo



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-10. Isoyetas de precipitación total mensual: Junio



Fuente: Hidroboyacá, 2015



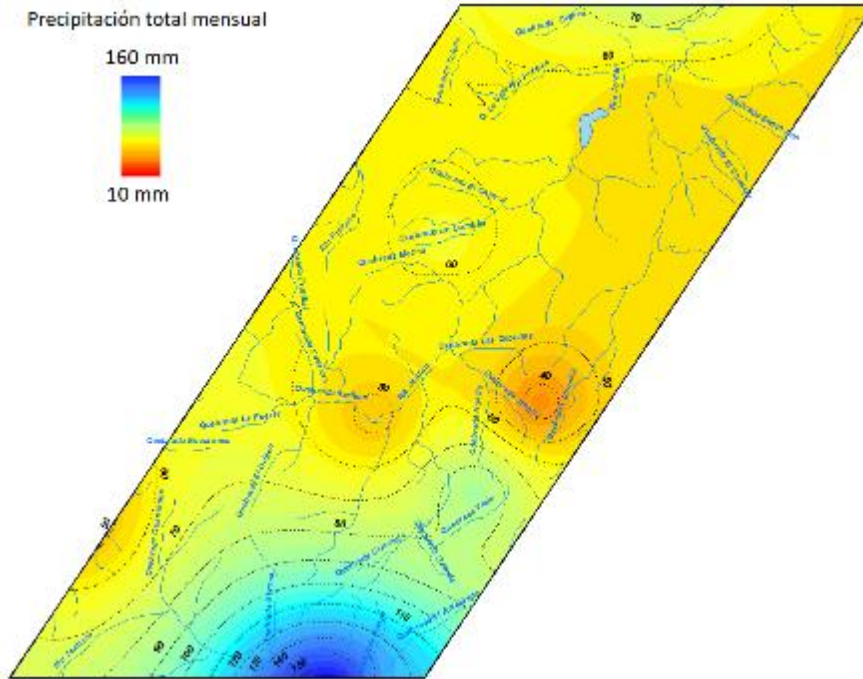
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



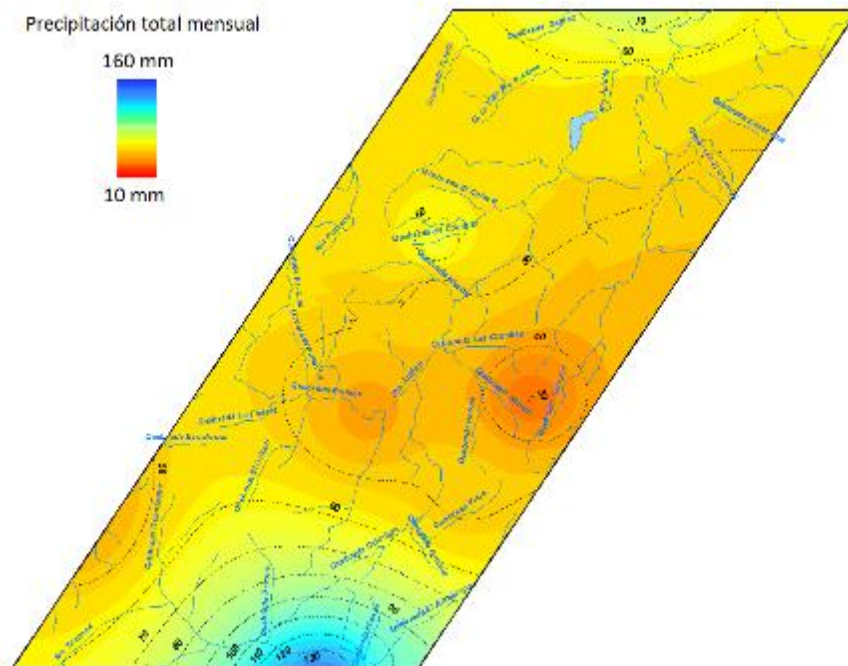
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 4-11. Isoyetas de precipitación total mensual: Julio



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-12. Isoyetas de precipitación total mensual: Agosto



Fuente: Hidroboyacá, 2015



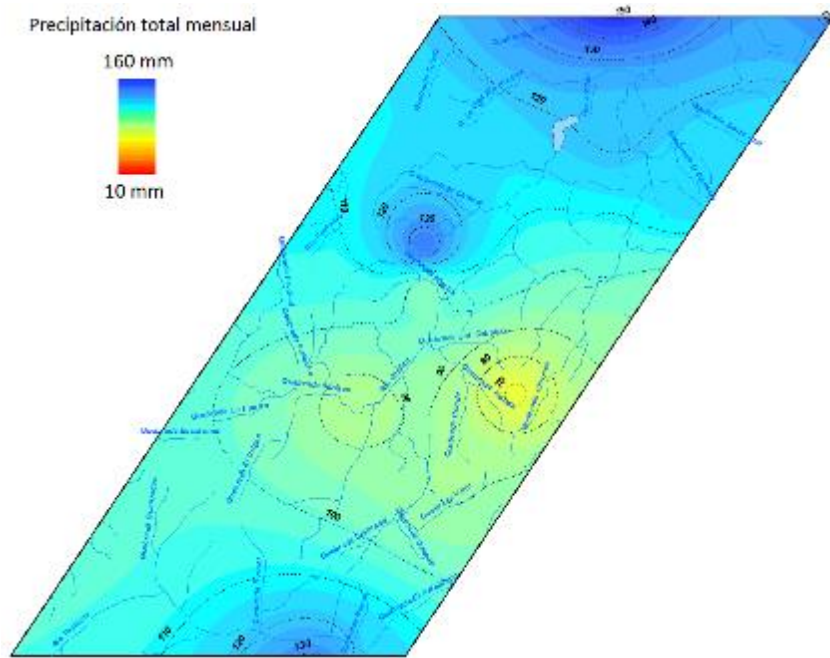
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



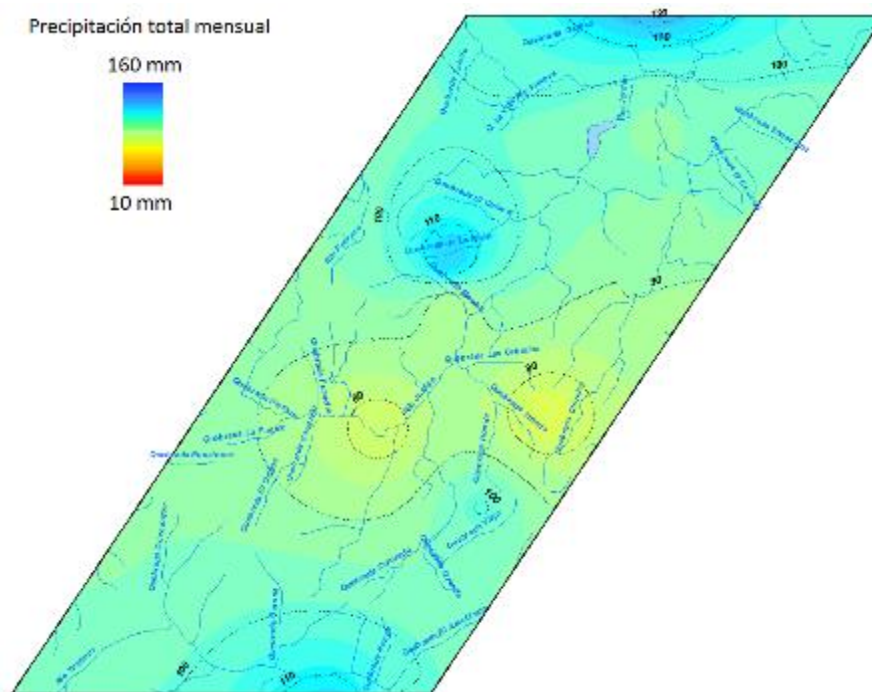
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 4-13. Isoyetas de precipitación total mensual: Octubre



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-14. Isoyetas de precipitación total mensual: Noviembre



Fuente: Hidroboyacá, 2015

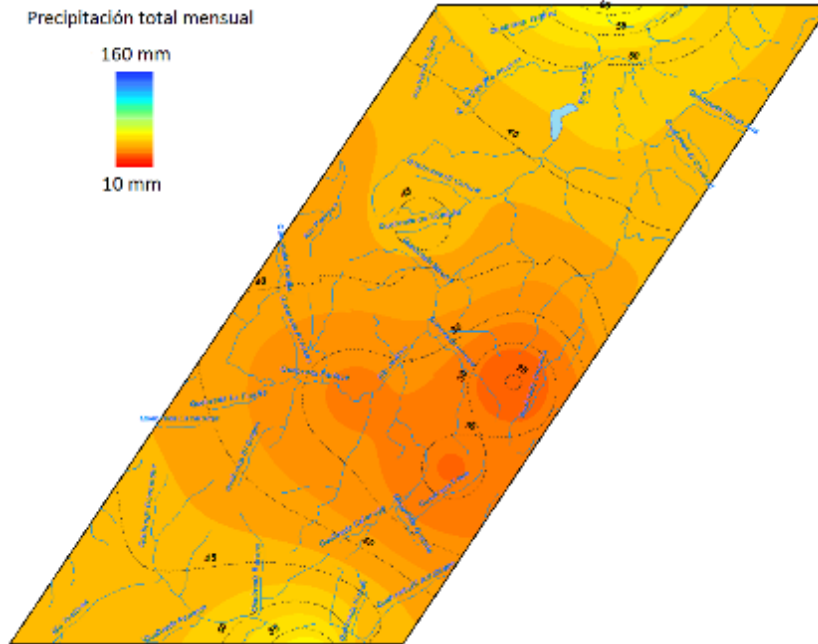


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

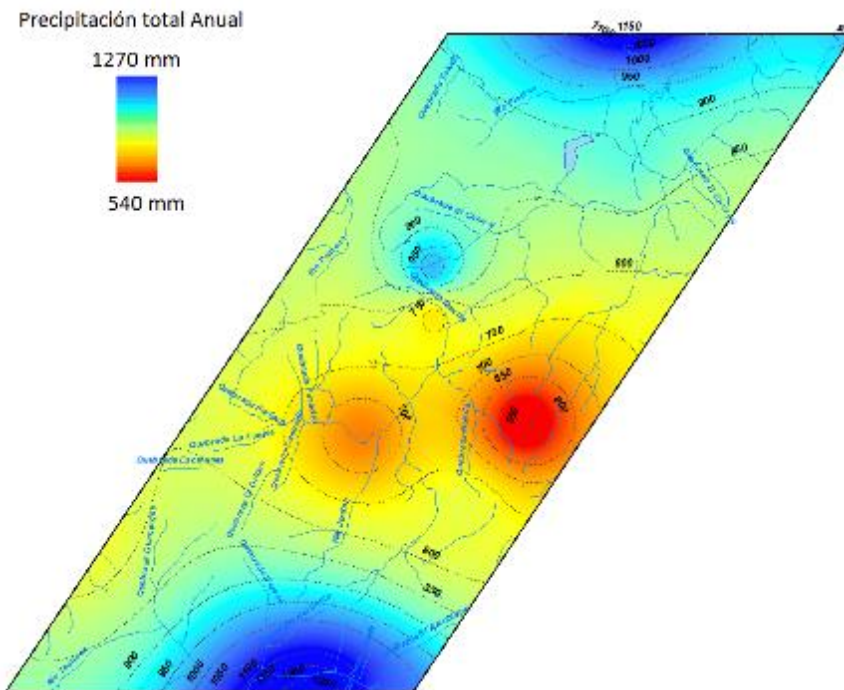


Figura 4-15. Isoyetas de precipitación total mensual: Diciembre



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-16. Isoyetas de precipitación total anual



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

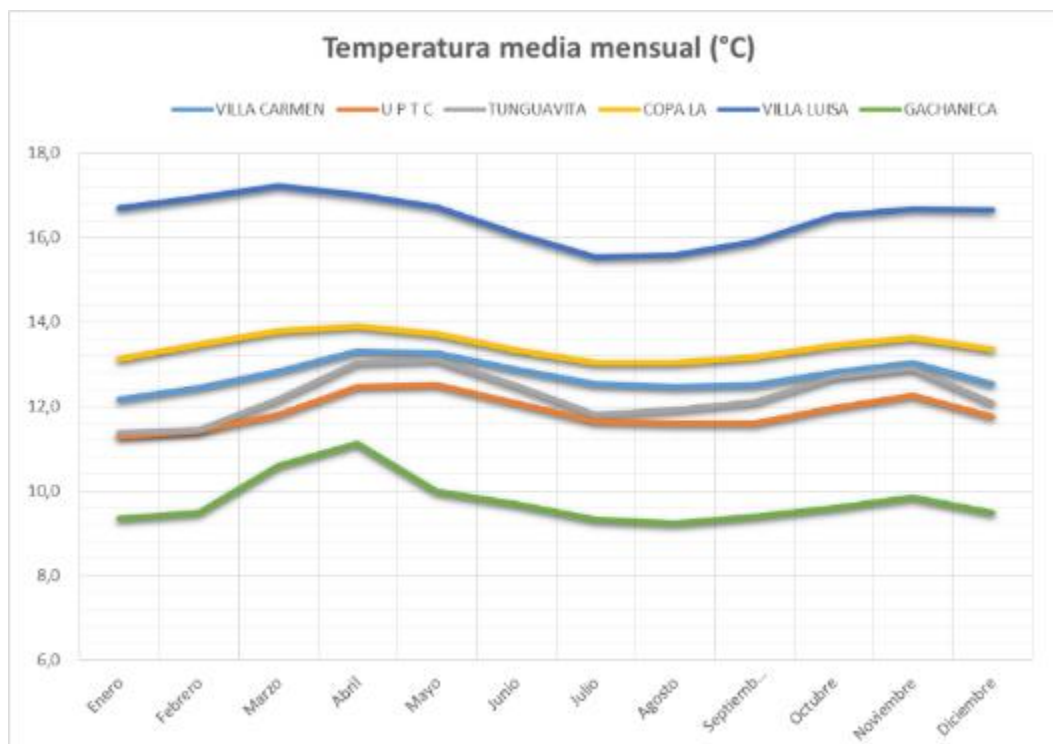


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

4.2.2. Temperatura

En la zona del estudio se abarcan temperaturas de pisos térmicos frío y paramos. La temperaturas media varían desde los 9°C en las áreas más altas en la zona de paramó, hasta los 17°C en las zonas más bajas en la parte nororiental del polígono del estudio. En la Figura 4-17 el cálculo de la evapotranspiración nos va a permitir a estimar que tanta agua de la que entra a la cuenca por medio de la precipitación sale de esta por procesos de evaporación directa de cuerpos de aguas y del suelo y por transpiración de la planta.

Figura 4-17. Temperatura media mensual multianual



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 4-3. Temperatura media mensual por estación

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
VILLA CARMEN	12,2	12,4	12,8	13,3	13,3	12,9	12,5	12,5	12,5	12,8	13,0	12,5
UPTC	11,3	11,4	11,8	12,5	12,5	12,1	11,7	11,6	11,6	12,0	12,3	11,8
TUNGUAVITA	11,4	11,4	12,2	13,0	13,1	12,5	11,8	11,9	12,1	12,7	12,9	12,1
COPA LA	13,1	13,5	13,8	13,9	13,7	13,3	13,0	13,0	13,2	13,5	13,6	13,4
VILLA LUISA	16,7	17,0	17,2	17,0	16,7	16,1	15,5	15,6	15,9	16,5	16,7	16,6
GACHANECA	9,3	9,5	10,6	11,1	10,0	9,7	9,3	9,3	9,4	9,6	9,8	9,5

Fuente: Hidroboyacá, 2015

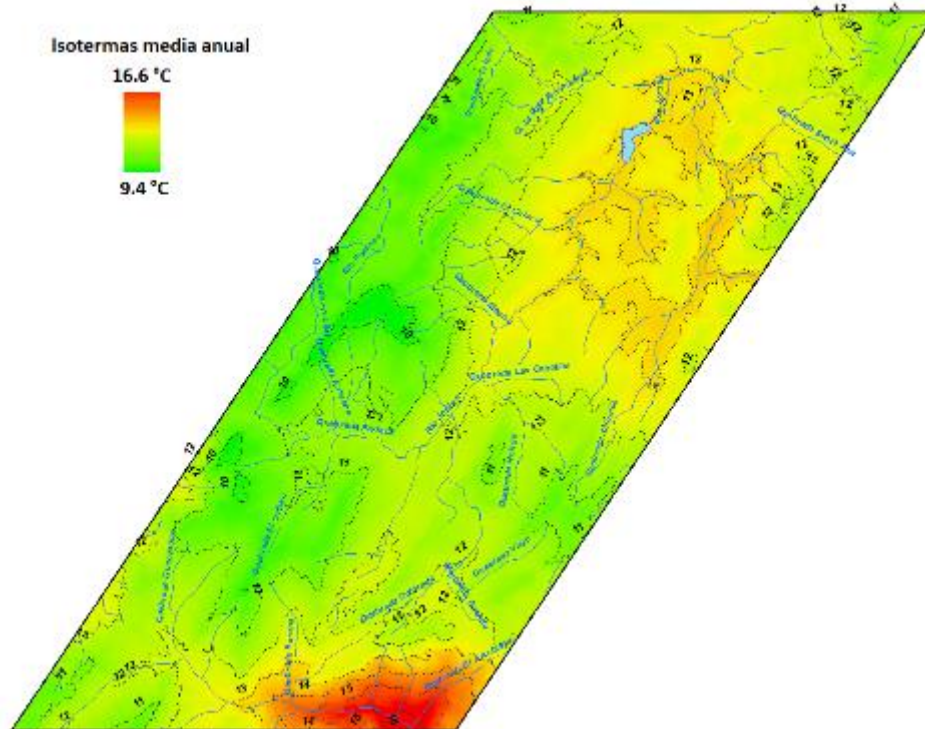


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 4-18. Isotermas media anual



Fuente: Hidroboyacá, 2015

4.2.3. Evapotranspiración

El cálculo de la evapotranspiración nos va a permitir a estimar que tanta agua de la que entra a la cuenca por medio de la precipitación sale de esta por procesos de evaporación directa de cuerpos de aguas y del suelo y por transpiración de la planta.

Existen diversas metodologías para la estimación de este proceso basado en balances energéticos, que tiene en cuenta variables de radiación en la superficie de la atmósfera, coeficientes de albedo, flujo de radiación líquida, entre otros, sin embargo, para este caso se carece de información medida de este tipo en la cuenca por lo que se estimó la evapotranspiración mediante dos métodos Thornthwaite y Turc, ya que estos requieren de información de temperatura y precipitación. En el área de estudio se cuenta con solo una estación climatológica que cuenta con equipos de medición de temperatura.

Turc desarrolló la fórmula siguiente la cual se basa en estudios estadísticos de 254 cuencas alrededor del mundo; relaciona evapotranspiración, precipitación y temperatura. También, desarrolló otra fórmula mucho más complicada para periodos más pequeños (10 días); en esta fórmula trata de tomar en cuenta el efecto de la humedad del suelo para diferentes plantas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

$$ET_{real} = \frac{P}{\left[0.9 + \left(\frac{P}{I_r}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

ET_{real} = evapotranspiración anual (mm)

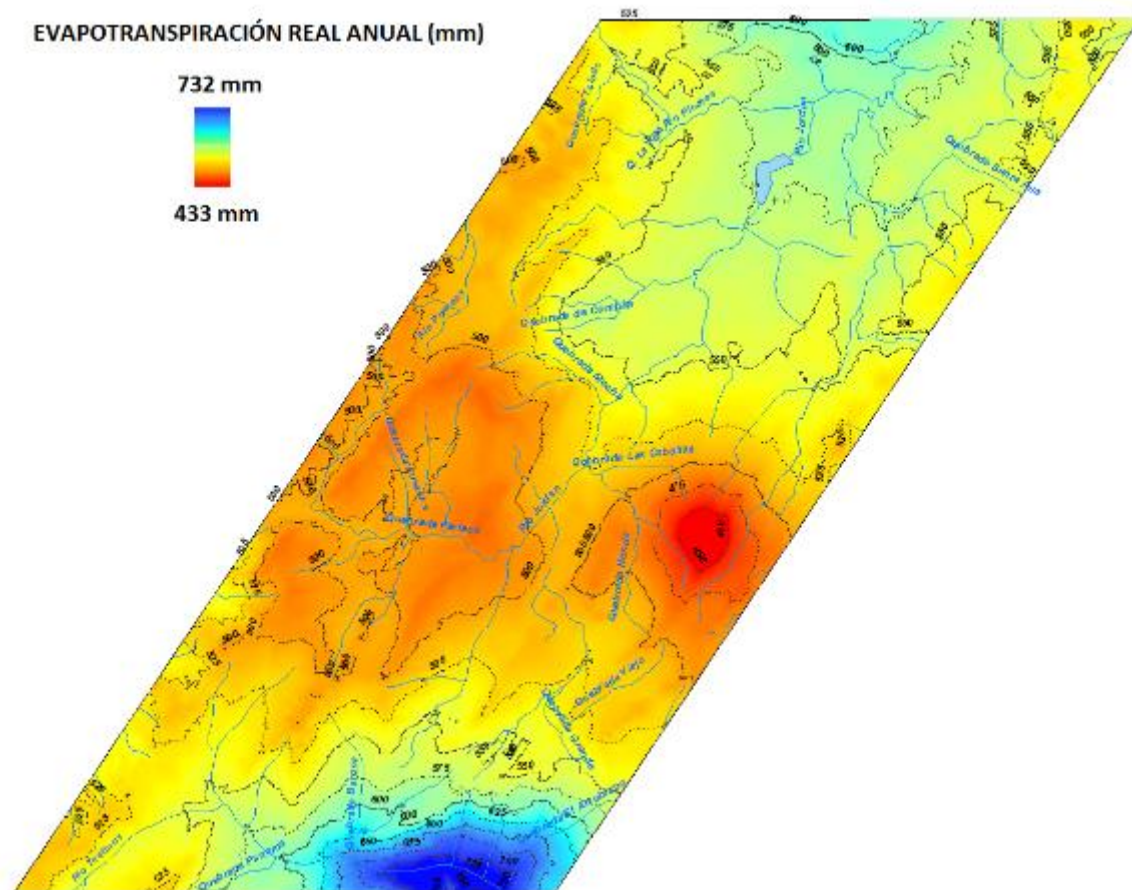
P = precipitación anual (mm)

I_T = 300 + 25 T + 0.05 T³

T = temperatura media del aire (°C)

Para el cálculo de la evapotranspiración se trabajó con la información de precipitación anual de Figura 4-17 y la temperatura en la Figura 4-18.

Figura 4-19. Evapotranspiración real media anual



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

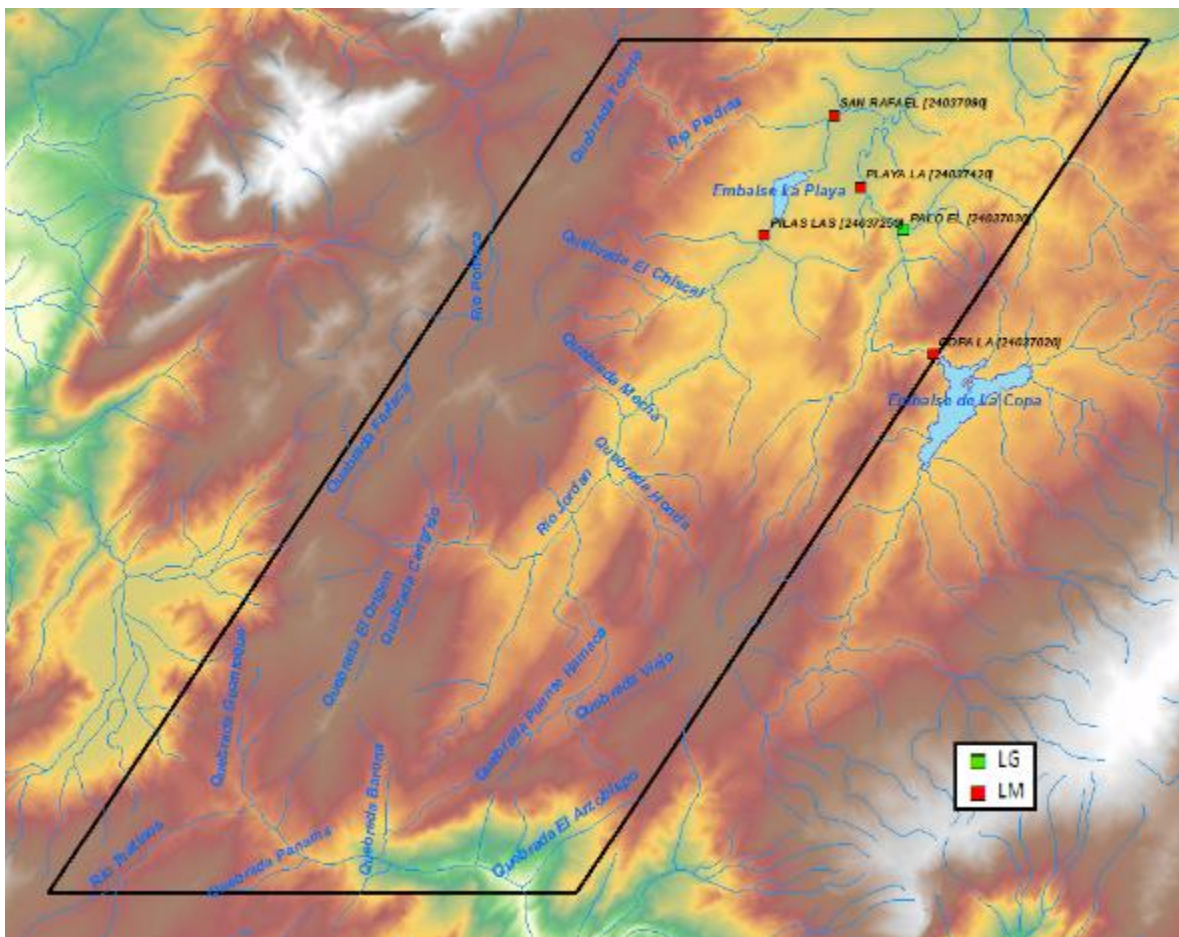


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

4.3. Caudales

El flujo base y la escorrentía superficial en una cuenca se unen en los cuerpos de agua loticos para conformar el caudal de los ríos y quebradas, el cual es medido mediante limnómetros y/o limnógrafos. En la zona de estudio contamos con 5 estaciones de medición de caudal en algunos cuerpos de agua, las cuales están distribuidas como se muestra en la Figura 4-20.

Figura 4-20. Estaciones hidrológicas



Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la Tabla 4-4 se muestran los periodos en los cuales se tienen mediciones de los caudales en cada una de estas estaciones. Para seleccionar la estación hidrológica en la cual se realizará el cierre de la cuenca que servirá como volumen de control para realizar el balance hídrico se tiene en cuenta la localización y el periodo de medición con que se cuente. Para ellos se debe garantizar que la cuenca abarque la mayor área posible de la zona de estudio y que el periodo seleccionado concuerde con la



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



información de precipitación y evapotranspiración (Calculada a partir de temperatura y precipitación) disponible. De acuerdo a esto se trabajara para el análisis de Caudales de salida en la cuenca con la estación San Rafael.

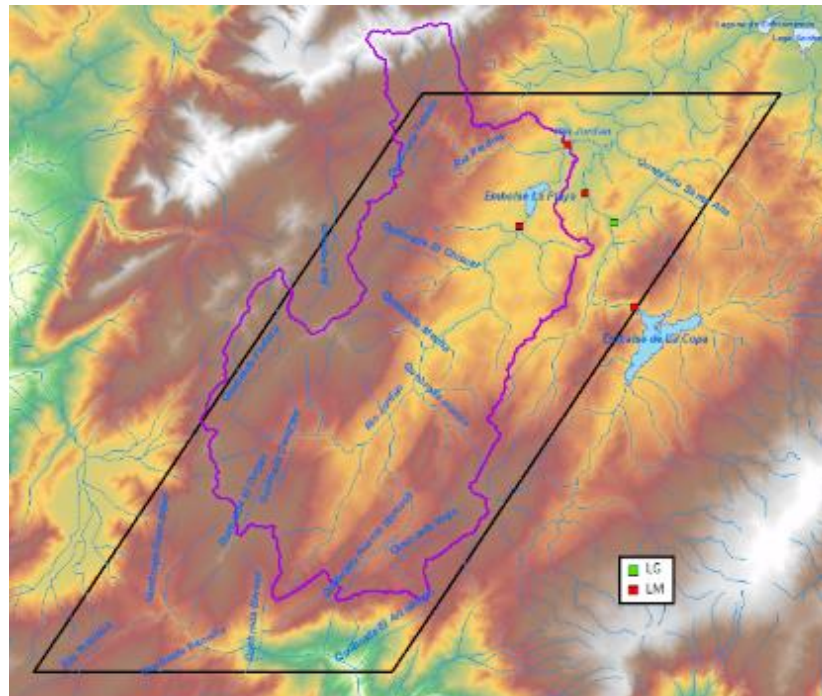
Tabla 4-4. Estaciones hidrológicas

Código	Tipo	Nombre	Corriente	Fecha de Instalación	Fecha de Suspensión
24037030	LG	PALO EL	Tuta	15/05/1955	
24037090	LM	SAN RAFAEL	Jordan-Chicamocha	15/01/1964	
24037020	LM	COPA LA	Tuta	15/04/1990	
24037250	LM	PILAS LAS	Jordan-Chicamocha	15/10/1970	15/09/1997
24037280	LM	PLAYA LA	Jordan-Chicamocha	15/09/1995	15/09/2005

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Utilizando como insumo el Modelo de elevación digital de 30m, se realizó la delimitación de la cuenca cerrando en la estación San Rafael, la cual se encuentra sobre el Rio Chicamocha el cual en su arte alta se conoce como río Jordan. De esta delimitación se obtiene la cuenca presentada en la Figura 4-21.

Figura 4-21. Cuenca alta del río Chicamocha-Jordán Parte Alta.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

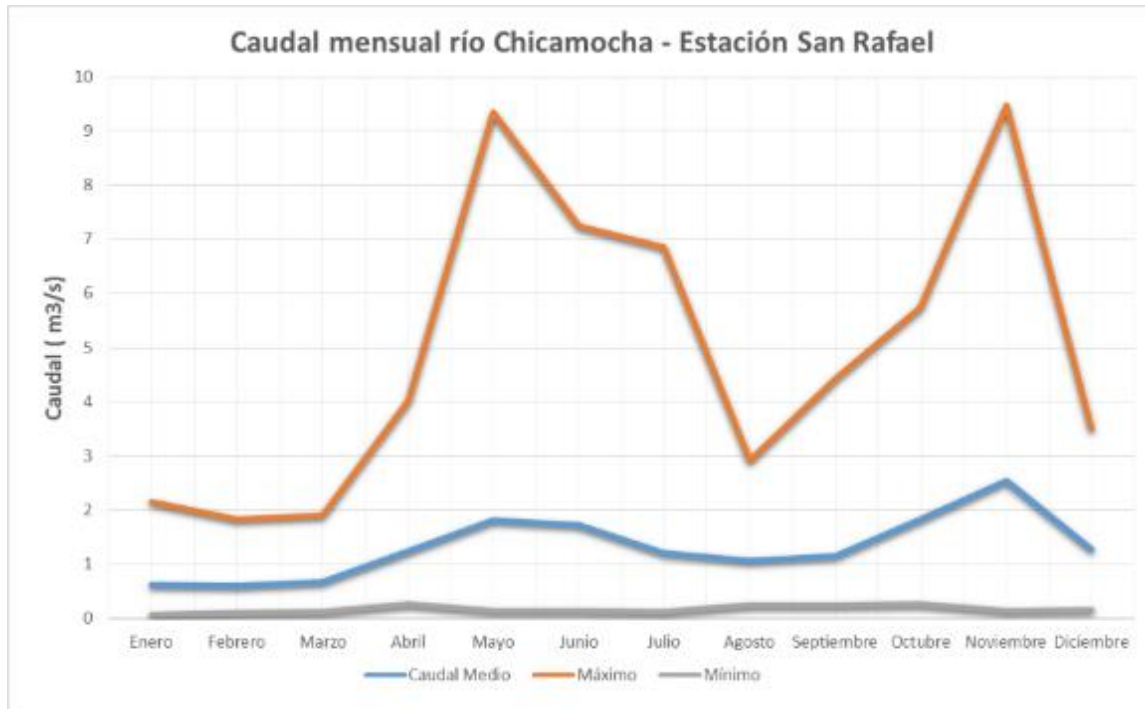


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 4-22. Precipitación media mensual multianual Cuenca 3 (aguas Arriba)



Fuente: Hidroboyacá, 2015

4.4. Balance hídrico

El Balance hídrico para el estudio se realizó teniendo como volumen de control la cuenca alta del río Chicamocha (río Jordan), la cual fue delimitada teniendo como referencia la estación San Rafael.

La ecuación de Balance hídrico está determinada por:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Cambio de Almacenamiento}$$

El cambio del Almacenamiento corresponde a la variación de la cantidad de agua en el suelo, este valor se considera 0 para un año de análisis considerando el ciclo anual del comportamiento del régimen hídrico en la zona del estudio. De acuerdo a esto se tiene que:

$$P + Tv - (Q + ETR - I) = \Delta S = 0$$



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

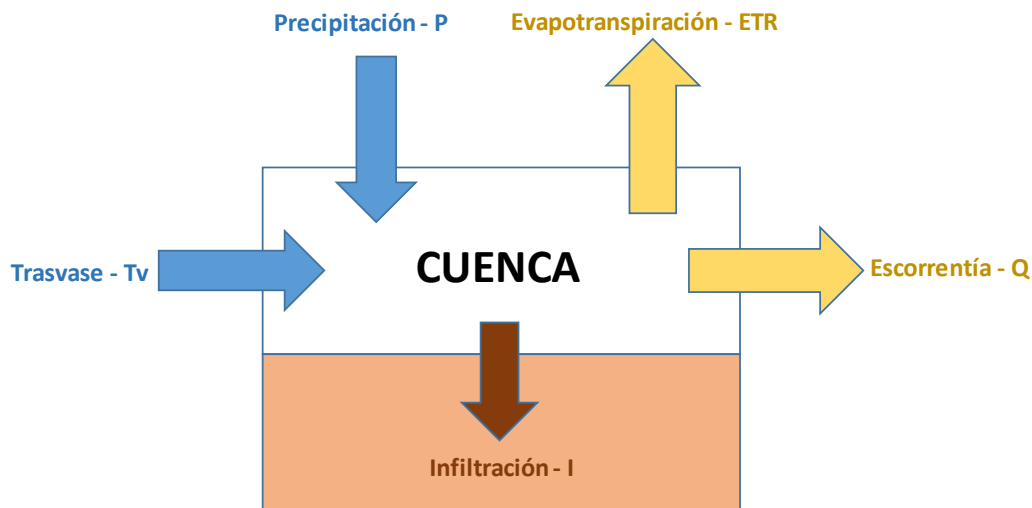


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Donde:

P es Precipitación, T_v es caudal de trasvase, Q es caudal superficial de salida, ETR es evapotranspiración, I es infiltración profunda y ΔS es cambio en el almacenamiento.

Figura 4-23. Esquema de Balance General para la cuenca



Fuente: Hidroboyacá, 2015

4.4.1. Precipitación (P)

El calcula de la precipitación media se realiza distribuyendo espacialmente la precipitación utilizando polígonos de Thiessen y las estaciones cercanas a la cuenca, en la Figura 4-24 se presentan los polígonos y la estaciones asociadas a estos.

4.4.2. Traslase (T_v)

En la cuenca alta del río Chicamocha se encuentra un trasvase que proviene del embalse de teatinos, el cual tiene por objeto el abastecimiento de la ciudad de Tunja. El caudal de este trasvase es de 280 l/s, sin embargo, por perdidas en el sistema de conducción no toda esta agua llega a la cuenca del Chicamocha; de acuerdo a las mediciones de caudal del vertimiento del alcantarillado de Tunja al río Chicamocha realizadas en el desarrollo del proyecto Plan de Ordenamiento del recurso hídrico para la cuenca alta del río Chicamocha, se obtuvo caudales variables de entre 160 l/s y 240 l/s dependiendo la hora del día. De acuerdo a esto se toma como valor de referencia medio un caudal de entrada de Teatino a la cuenca del Chicamocha de 200 l/s, el cual es suministrado de forma continua durante el año, sumando un volumen anual de 6 millones de metros cúbicos.



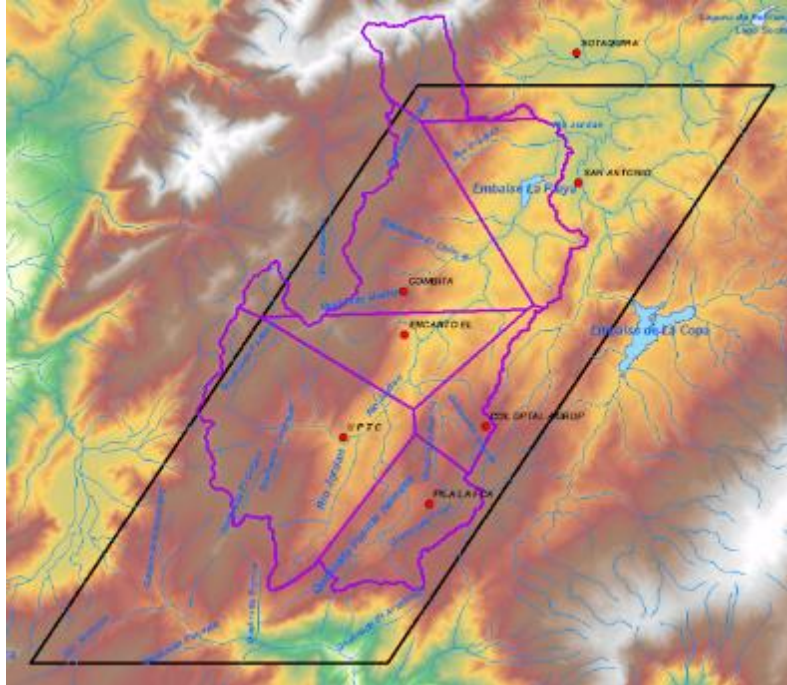
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



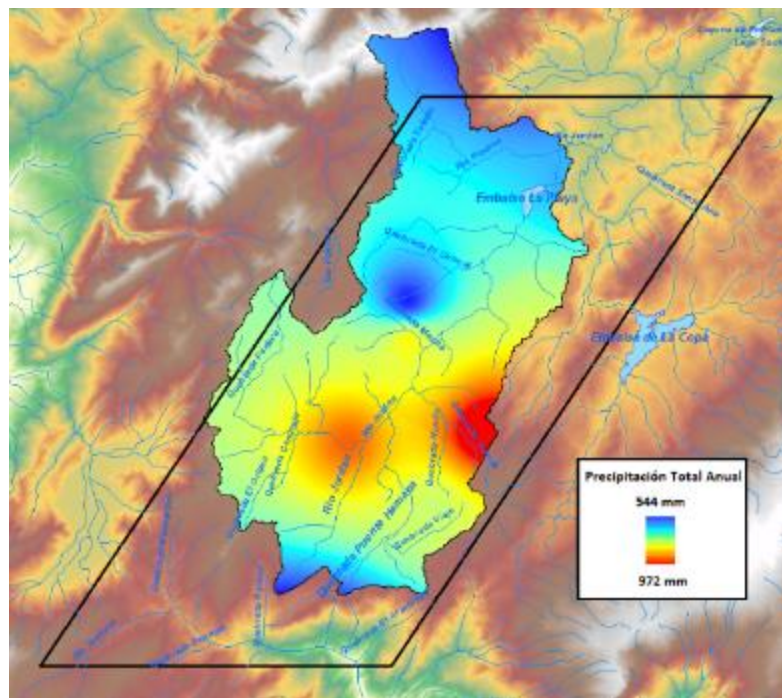
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 4-24. Polígonos de Thiessen para distribución de la precipitación



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 4-25. Precipitación media anual en la Cuenca



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

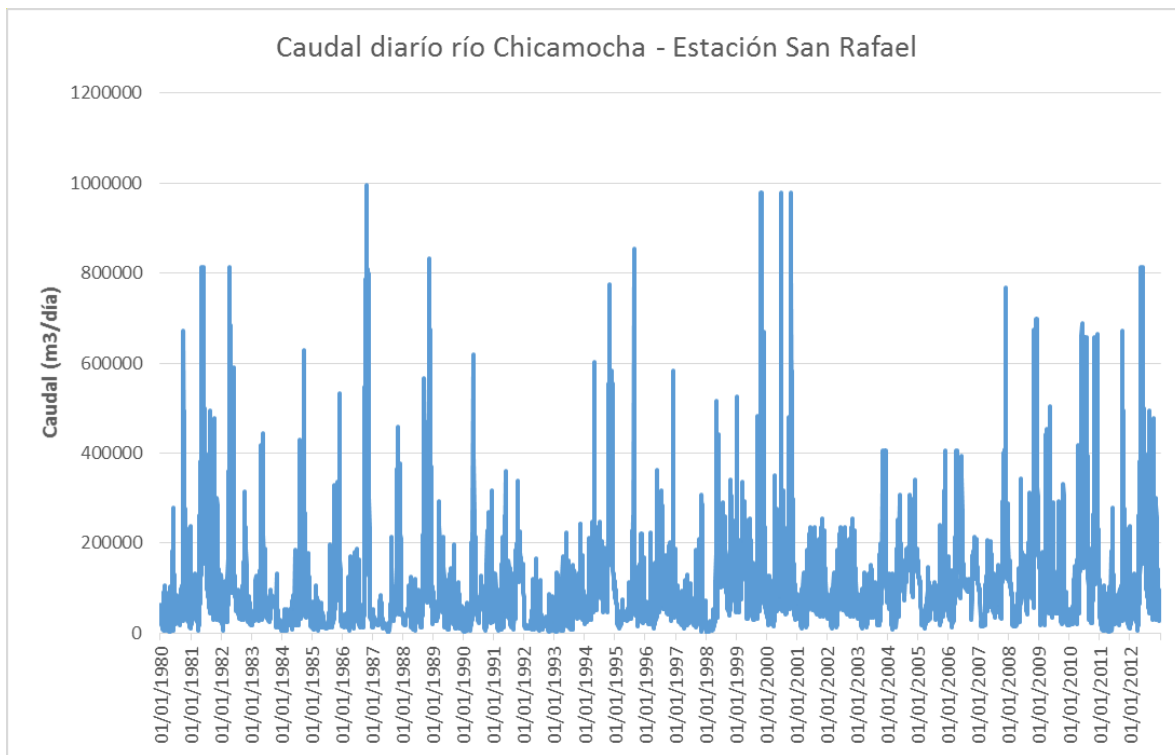
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



4.4.3. Caudal (Q)

La esorrentía es el caudal de salida de la cuenca, este se encuentra medido a nivel diario en la estación de San Rafael. En la Figura 4-26 se presenta la serie de caudales para el periodo de análisis.

Figura 4-26. Serie de caudal diario Estación San Rafael



Fuente: Hidroboyacá, 2015

4.4.4. Evapotranspiración (ETR)

Para la estimación de la evapotranspiración real anual se utilizó el método de Turc, para el cual se contó con información de 3 estaciones para la cuenca de análisis, la estación UPTC, La copa y Tinguavita, para estas se calculó el promedio ponderado por la distancia para el periodo del análisis, obteniendo los valores de la Tabla 4-5. En la figura 28 y 29 se muestra el comportamiento de la temperatura y la evapotranspiración anual respectivamente.

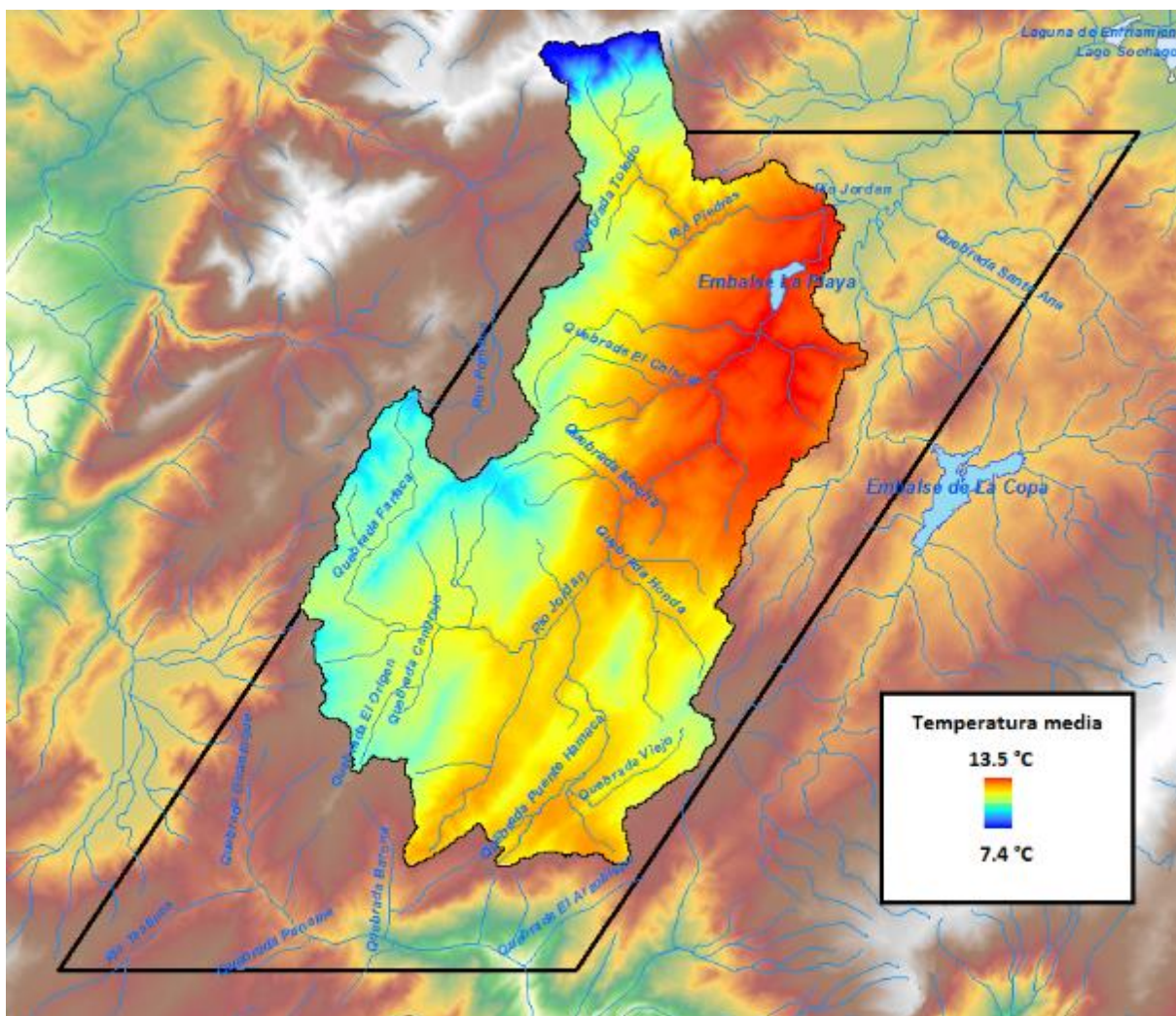


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 4-27. Temperatura media en la cuenca



Fuente: Hidroboyacá, 2015

4.4.5. Infiltración (I)

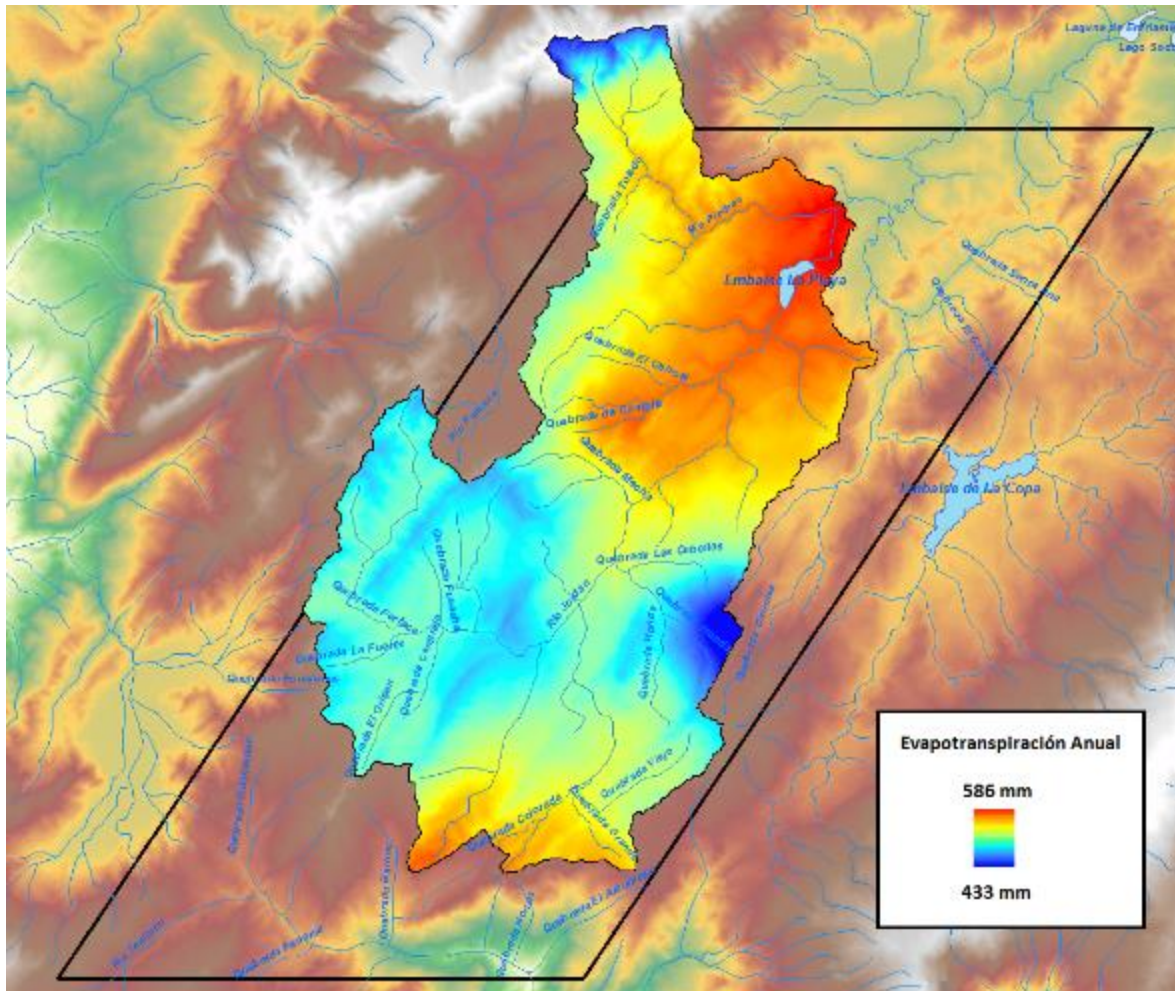
Para el cálculo de la infiltración se despejó de la ecuación de balance hídrico este parámetro, obteniendo:

$$I = P + Tv - (Q + ETR)$$

Este balance se realizó a nivel anual para la serie de datos de 1980 a 2012; en la Tabla 4-5 se presentan los resultados el Balance y el valor de infiltración obtenido.



Figura 4-28. Evapotranspiración media anual en la cuenca



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 4-5. Cálculo de la Infiltración

Año	Precipitación (m ³ /año)	Precipitación + Trasvase (m ³ /año)	Caudal de Salida (m ³ /año)	Evapotranspiración real (m ³)	Infiltración (mm/año)
1980	255.942.934	262.250.134	24.413.443	192.514.147	45.322.544
1981	396.152.021	402.459.221	57.300.307	228.772.825	116.386.089
1982	321.674.497	327.981.697	37.399.277	213.009.866	77.572.554
1983	200.474.889	206.782.089	22.799.405	168.116.493	15.866.191
1984	310.398.880	316.706.080	23.286.010	209.191.589	84.228.481
1985	284.656.586	290.963.786	25.292.736	202.116.254	63.554.796
1986	338.454.176	344.761.376	43.537.824	217.545.440	83.678.113
1987	267.746.652	274.053.852	20.159.971	197.979.401	55.914.480
1988	308.334.057	314.641.257	37.705.478	211.657.745	65.278.034



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Año	Precipitación (m3/año)	Precipitación + Traslase (m3/año)	Caudal de Salida (m3/año)	Evapotranspiración real (m3)	Infiltración (mm/año)
1989	271.683.149	277.990.349	20.333.030	197.805.889	59.851.430
1990	286.093.185	292.400.385	28.689.293	203.147.754	60.563.338
1991	262.289.891	268.597.091	33.421.594	194.957.172	40.218.326
1992	221.190.747	227.497.947	8.816.515	179.604.204	39.077.228
1993	271.506.987	277.814.187	22.491.562	198.931.855	56.390.771
1994	294.495.270	300.802.470	48.665.232	208.725.553	43.411.685
1995	265.701.727	272.008.927	26.305.085	200.151.982	45.551.860
1996	267.500.775	273.807.975	34.442.755	200.556.568	38.808.652
1997	171.436.594	177.743.794	17.777.491	153.447.934	6.518.369
1998	290.195.437	296.502.637	39.033.187	213.668.470	43.800.980
1999	267.614.315	273.921.515	56.881.440	195.199.366	21.840.709
2000	266.162.718	272.469.918	44.235.936	194.201.002	34.032.980
2001	207.494.900	213.802.100	29.770.330	170.926.953	13.104.818
2002	265.592.996	271.900.196	29.770.330	196.916.259	45.213.607
2003	297.294.066	303.601.266	34.267.968	209.183.914	60.149.384
2004	281.291.422	287.598.622	48.347.021	203.688.640	35.562.961
2005	250.281.782	256.588.982	27.442.368	193.473.301	35.673.313
2006	320.183.547	326.490.747	47.992.435	214.020.887	64.477.425
2007	269.278.229	275.585.429	38.893.392	199.441.305	37.250.732
2008	304.012.686	310.319.886	50.259.571	211.319.683	48.740.632
2009	231.208.468	237.515.668	34.723.123	186.495.781	16.296.764
2010	349.874.109	356.181.309	78.645.168	229.515.101	48.021.040
2011	474.681.071	480.988.271	57.300.307	239.296.196	184.391.768
2012	231.592.675	237.899.875	37.448.784	180.964.137	19.486.954

Fuente: Hidroboyacá, 2015

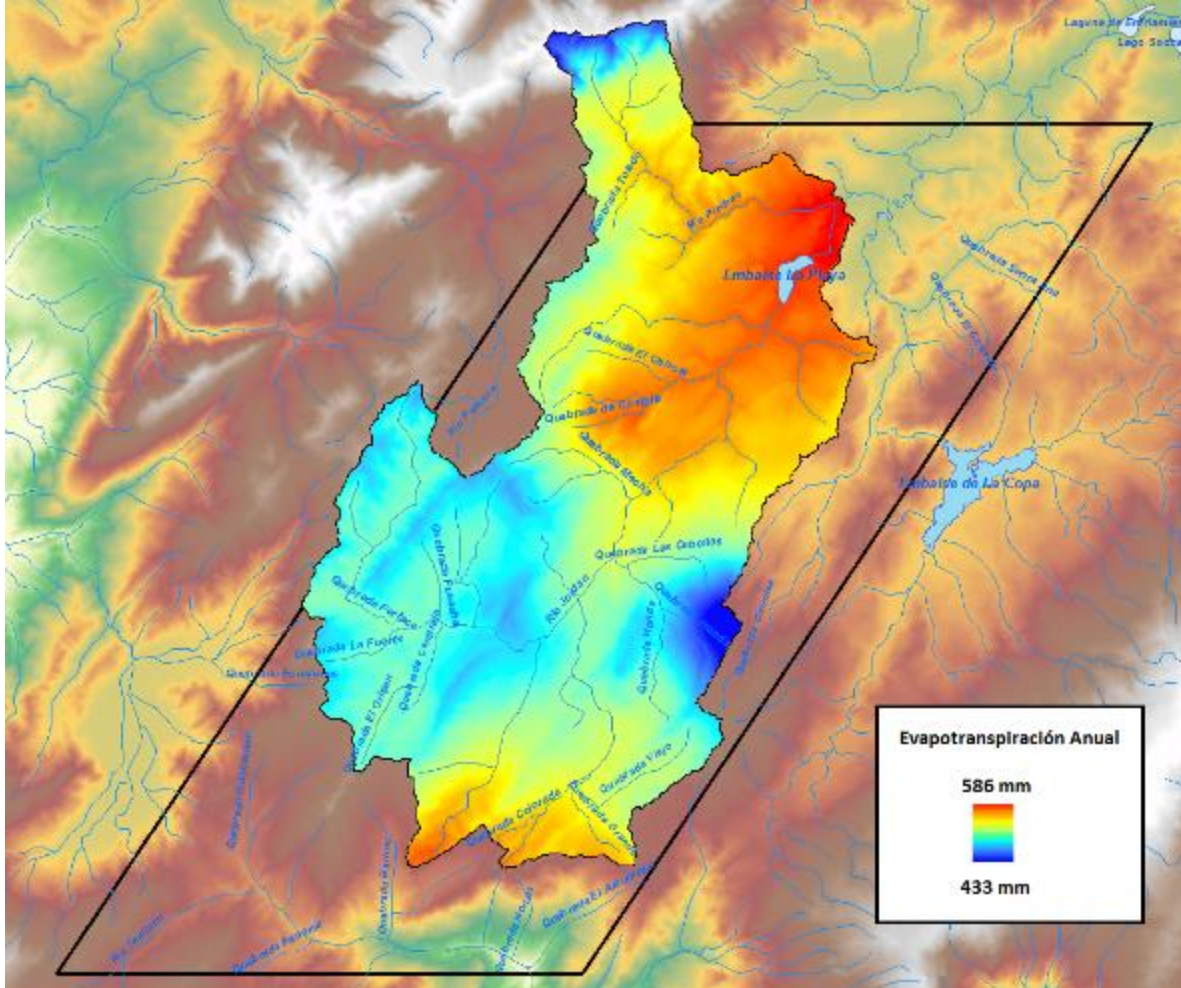


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 4-29. Evapotranspiración media anual en la cuenca



Fuente: Hidroboyacá, 2015

4.5. Cartografía de la red hidrológica de importancia para el sistema acuífero

El presente mapa contiene la información perteneciente a cuerpos de agua a escala 1:100.000, la corriente principal del río Chicamocha. Embalses, lagunas y los manantiales distribidos a lo largo del polígono del área de estudio. El mapa se encuentra en el **Anexo 1.2 - Mapa de red hidrológica de importancia**.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

5. HIDROGEOQUÍMICA DEL SISTEMA ACUÍFERO

La presencia de los iones que se encuentran en el agua, en variedad y concentraciones diferentes, es el resultado del elevado poder disolución del agua y de sus propiedades de combinación. Esta incorporación de sustancias al agua se inicia incluso antes de que se infiltre y comience a formar parte del sistema de flujo subterráneo propio de cada acuífero. (IDEAM, 2013).

Los gases, aerosoles, polvo y sales diversas presentes en la atmósfera, reaccionan con el agua marcando el primer esbozo del quimismo del agua de infiltración. Una vez infiltrada, con unas características químicas definida originadas en la atmósfera o en la superficie del terreno por evapotranspiración- el agua puede sufrir modificaciones drásticas en su composición como consecuencia de un conjunto de interacciones con el medio (físicas, químicas y biológicas), generalmente muy complejas.

Los factores que controlan la composición del agua subterránea natural son entonces de origen múltiple. Entre ellos cabe citar: naturaleza y disposición espacial de los materiales con los que el agua entra en contacto, superficie y duración del contacto, temperatura presión, existencia de gases, grado de saturación del agua en relación con las distintas sustancias incorporables. etc.

Aunque la composición media del agua subterránea suele considerarse invariable en un acuífero, o porción del mismo, no debe olvidarse que las interacciones agua-medio, que determinan dicha composición son procesos dinámicos que se desarrollan, a ritmo diverso tanto en el espacio como en el tiempo. En consecuencia, la composición del agua subterránea natural debe contemplarse con la perspectiva de su posible variación espacio-temporal. Una composición química concreta por lo tanto no queda completamente definida si no se refiere a un lugar y momento determinados.

5.1. Aspectos básicos

A pesar de la variabilidad de los elementos presentes en el agua subterránea y de la de sus concentraciones, éstos se han clasificado de acuerdo con su frecuencia de aparición y valor de concentración decreciente en:

- Constituyentes mayoritarios o fundamentales

Aniones: $(\text{HCO}_3 + \text{CO}_4)$, Cl, SO_4 , NO_3

Cationes: Ca, Mg, Na, K, NH_4^+

Otros: CO_2 , SiO_2 , O_2



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Constituyentes minoritarios o secundarios

Aniones: F, S, Br; NO₂, PO₄

Cationes. Mn, Fe, Li, Sr, Zn.

En un agua natural dulce estos constituyentes aparecen por lo general en forma iónica (sales casi totalmente disociadas).

El agua subterránea natural, como consecuencia de su composición química y de acciones naturales externas, presenta una serie de propiedades o características fisicoquímicas: color, turbidez, sabor, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, etc. Estas propiedades varían en el espacio y en el tiempo.

Dentro del ciclo hidrológico pueden distinguirse a grandes rasgos tres sistemas o ámbitos en los cuales el agua adquiere y va modificado su quimismo: atmósfera zona no saturada y zona saturada.

La atmósfera está constituida por gases, aerosoles, polvo atmosférico y sales de diversa procedencia que reaccionan con el agua de lluvia, principal fuente de recarga de los acuíferos, configurando así el quimismo del agua de infiltración.

En la zona no saturada, durante el proceso de infiltración hasta alcanzar el nivel freático, el quimismo del agua sufre modificaciones radicales como consecuencia de las nuevas condiciones a que el agua es sometida. Entre ellas cabe citar la concentración por evapotranspiración, el contacto con materiales de acusada capacidad de cesión de elementos solubles al ser hidrolizados, la capacidad del suelo para generar gran cantidad de ácidos, la capacidad de la zona edáfica para consumir el oxígeno disuelto en el agua en la oxidación de la materia orgánica, y el intercambio de gases entre el aire del suelo y el aire exterior.

El agua que se incorpora a la zona saturada presenta por efecto de la evapotranspiración, mayor salinidad que el agua de precipitación. Todos estos fenómenos modifican notablemente la composición del agua de lluvia que llega a adquirir en la zona edáfica y no saturada, su configuración casi definitiva (Custodio y Llamas, 1975).

Una vez alcanzada la zona saturada, el agua subterránea se incorpora al sistema de flujo propio de cada acuífero realizando recorridos muy variables en función de las características de cada uno de ellos. El conjunto de materiales por los que circula el agua y con los que interacciona constituye el tercer sistema en que el agua adquiere o modifica su quimismo.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



La composición de la roca, aunque muy importante en este sentido, no es determinante en la mineralización del agua subterránea. Los siguientes aspectos, pueden tener una influencia decisiva en la adquisición y evolución del quimismo: estructura regional: presión, temperatura, tiempo de permanencia y de contacto agua-roca, secuencia en que el agua atraviesa determinados minerales, fenómenos modificadores, etc.

5.1.1. Clasificación físico-química de las aguas subterráneas y su representación gráfica

La gran variedad de componentes y características fisicoquímicas del agua natural exige su clasificación en grupos para tener una información breve y sencilla sobre la composición química del agua de que se trate y de los aspectos de la misma.

Los criterios que se utilizan para la clasificación geoquímica de las aguas son múltiples y a menudo complicados.

En general suele nombrarse el agua por el anión o catión que sobrepasa el 50% de sus sumas respectivas. En caso de que ninguno supere el 50% se nombran los dos más abundantes. Si conviene se puede añadir el nombre de algún ion menor de interés y que esté en concentración anormalmente alta.

5.1.1.1. Diagramas trilineales

La clasificación por iones dominantes se adapta bien a su representación en diagramas triangulares como el de Piper, que se representa en la (Figura 5-1). Este diagrama se utiliza ampliamente para hacer la clasificación de las aguas subterráneas (Piper, 1944).

Fueron sugeridos por dos autores de forma independiente:

- Hill, R.A. (1949) geochemical patterns in Coachella Valley, California. Transactions of the American Geophysical Union, 21.

- Piper, A.M. (1944) A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions of the American Geophysical Union 25, p. 914-923

- Diagrama de Piper

Es un diagrama triangular que representa 6 componentes. En éste gráfico se puede representar varios análisis, donde las aguas geoquímicamente similares, quedan agrupadas en áreas bien definidas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

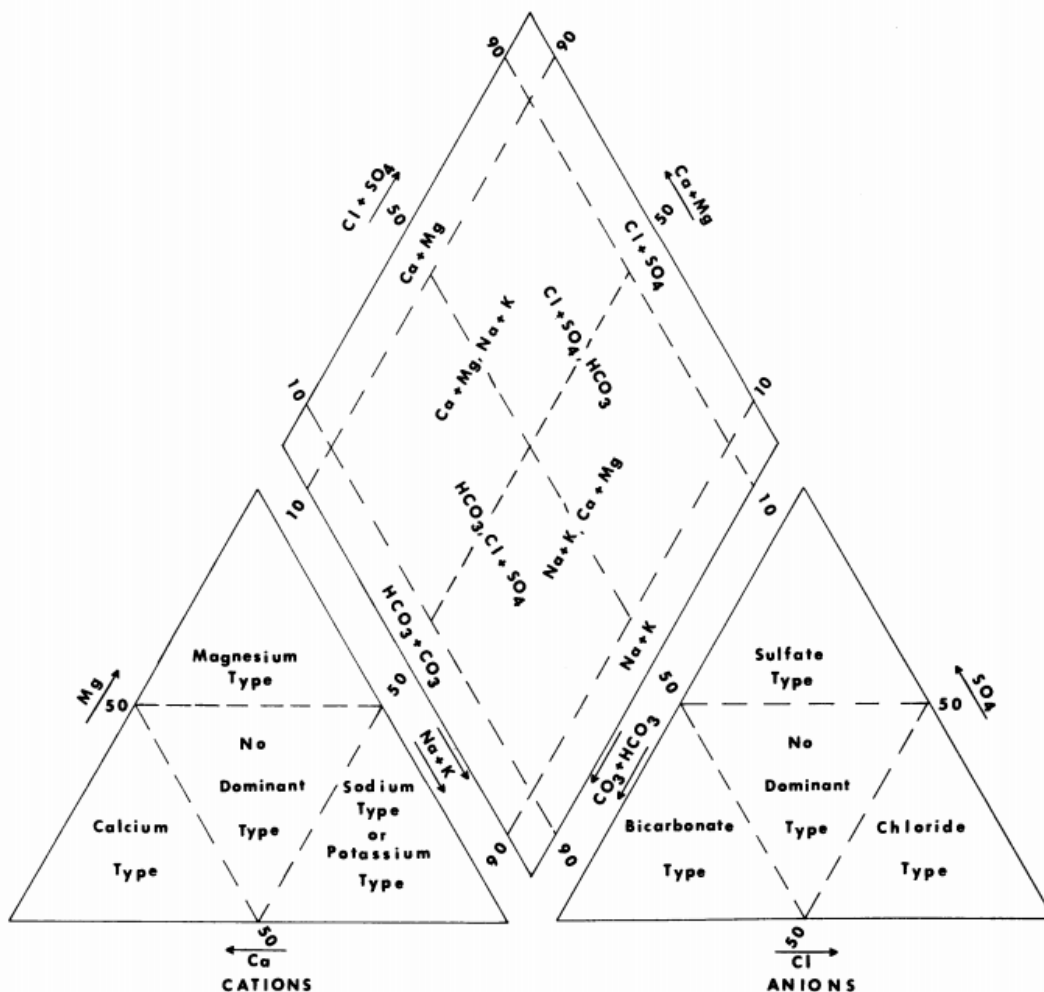


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Los iones más usualmente representados son los aniones como $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$, SO_4 , Cl , NO_3 y cationes como Na , K , Ca y Mg . El gráfico se compone de dos diagramas separados para representar los aniones y cationes en valores reducidos a porcentajes de los miliequivalentes por litro, colocados de diferentes formas y con un campo central romboidal donde se representa un tercer punto deducido de los que representan los aniones y los cationes, para lo cual se trazan líneas paralelas tal como se indica en la (Figura 5-2) (Líneas punteadas).

Para la clasificación de las aguas se utiliza divisiones del diagrama de Piper que agrupa las aguas geoquímicamente similares.

Figura 5-1. Identificación de facies hidroquímicas mediante gráficos obtenidos con los resultados de análisis químicos.



Fuente: Back, W. 1961



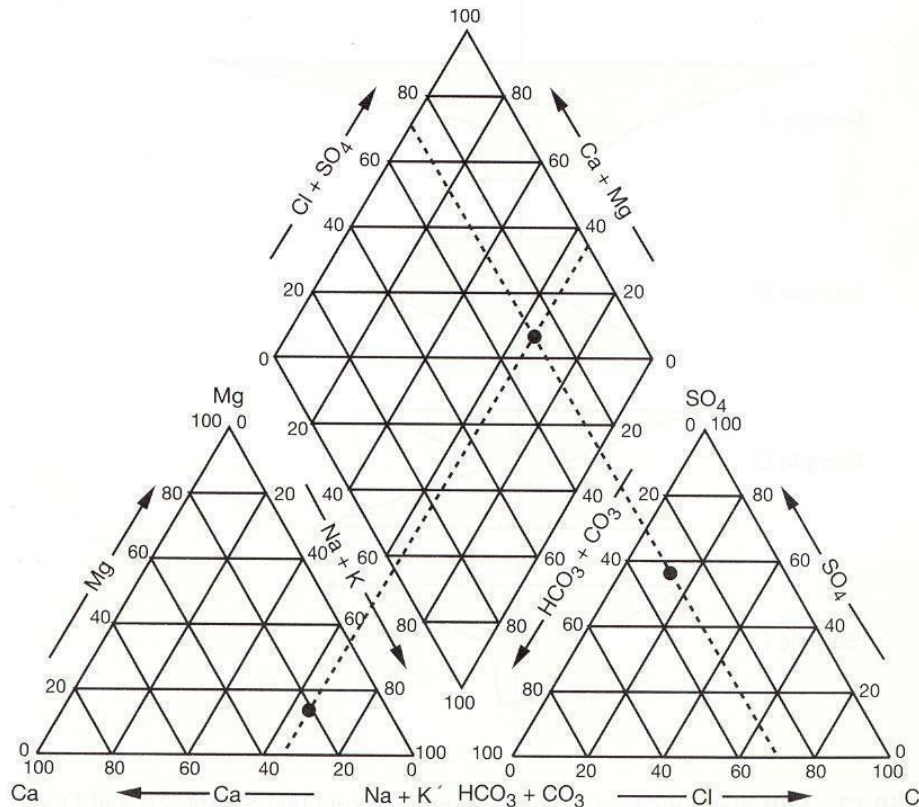
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 5-2. Diagrama triangular utilizado para clasificación química de las aguas subterráneas en términos del porcentaje de iones.



Fuente: Back, W. 1961

Los diferentes tipos de agua se denominan de acuerdo con el dominio dentro del que caen en el diagrama, según la terminología que se presenta en la Figura 5-1.

5.1.1.2. Diagramas lineales

Los diagramas lineales simples, pueden ser de gran ayuda en la interpretación de los resultados de análisis físico químicos hechos para estudios hidrogeológicos relacionados con recursos hídricos o con problemas generados por grandes caudales o presiones de aguas subterráneas, que causan inestabilidad de las obras.

Es posible identificar líneas de tendencia con relativa facilidad.

Se construyen a partir de 6 componentes: tres catiónicos y 3 aniónicos:



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Ca
- Mg
- Na + K
- $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$
- SO_4^{2-}
- $\text{Cl}^- (+ \text{NO}_3^- + \text{F}^-)$

Los diagramas lineares como el de (Stiff, 1951), (Figura 5-3), se pueden utilizar para correlacionar aguas subterráneas, identificar aguas que provienen del mismo tipo de acuíferos, establecer el origen del agua que emerge en diferentes pozos o manantiales y suministran información valiosa en la investigación de problemas relacionados con aguas subterráneas (v.gr. deslizamientos, filtraciones en túneles, escapes de agua de lagos y embalses, etc).

- Diagrama de Stiff

Consiste en tomar sobre semirrectas paralela, segmentos proporcionales a cada ion y unir los extremos dando así un polígono.

Sobre cada semirrecta se toma un solo ion o bien un catión y un anión simultáneamente. La forma de la figura resultante da idea del tipo de agua. En éste diagrama se tienen tres rectas paralelas igualmente espaciadas cortadas por una normal dando así tres semirrectas izquierdas (campo de cationes) y tres semirrectas derechas (campo de aniones). Sobre cada recta se toma un segmento proporcional en porcentaje a los miliequivalentes por litro del ion correspondiente y se unen los extremos dando un polígono representativo. De arriba abajo se disponen Na +K, Ca, Mg; Cl, $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, SO_4^{2-} .



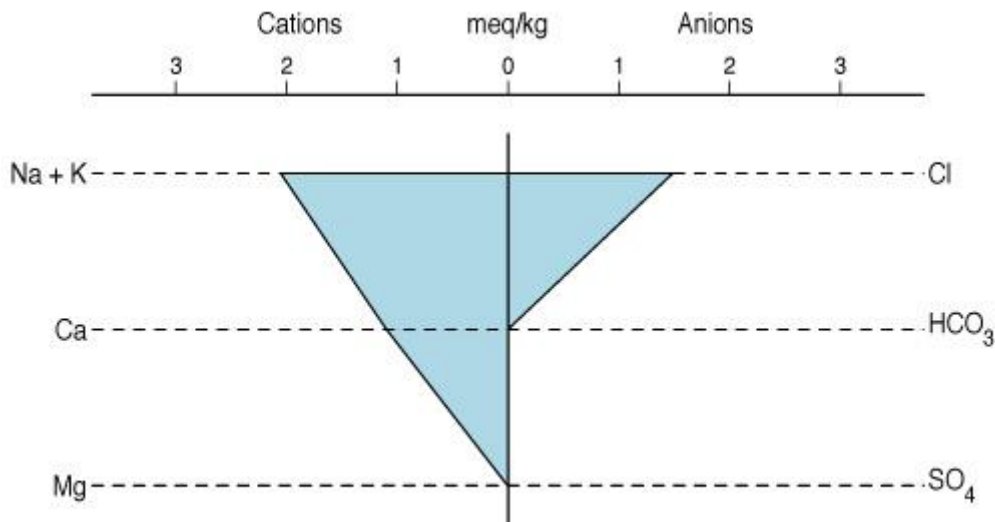
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 5-3. Diagrama de Stiff modificado.



Fuente: Freeze & Cherry, 1979

5.2. Información Físico-química disponible

La información físico química disponible en los expedientes suministrados por Corpoboyacá y Corpochivor, relacionados con aguas subterráneas, corresponden a los pozos operados por Proactiva Agua de Tunja S.A. E.S.P, y a cinco (5) usuarios particulares.

Por otra parte, se dispone de información de algunos parámetros físico químicos de 13 manantiales, en la zona de estudio.

De los pozos profundos operados por Proactiva, se encuentra información físico química desde el año 2004 hasta el año 2014, de los siguientes parámetros, de acuerdo con la información suministrada por la empresa:

Ph, Temperatura, Sólidos totales, Conductividad, Turbiedad, Color real, Coliformes totales, Coliformes fecales (*Escherichia coli*), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO), Oxígeno disuelto, Sodio, Cloruros, Fluoruros, Hierro, Manganeseo, Fenoles, Amonio, Nitritos, Nitratos, Dureza total, Cianuros, Sulfatos y Fosforo soluble.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



La información físico química disponible (total o parcial), del agua subterránea de los cinco (5) pozos profundos de otros usuarios, tomada de la revisión de expedientes y suministrada por Corpoboyacá, corresponde a:

Ph, Sólidos totales (1 dato), Sólidos totales suspendidos (SST) (1 dato), Conductividad (parcial), Turbiedad, Color, Coliformes totales (parcial), Escherichia Coli (parcial), Aluminio (1 dato), Calcio (2 dato), Cloruros (parcial), Fluoruros (1 dato), Hierro, Manganeso (parcial), Magnesio (parcial), Nitritos, Nitratos (parcial), Dureza total (parcial), Dureza Cálcica (2 datos), Alcalinidad total, Sulfatos (parcial) y Fosfatos (parcial).

Por otra parte, en los 13 expedientes relacionados con manantiales, se encuentra información (total o parcial), de los siguientes parámetros físico químicos:

Ph, Sólidos totales (parcial), Sólidos totales suspendidos (SST) (parcial), Conductividad, Turbiedad, Color, Coliformes totales, Escherichia Coli, Aluminio (1 dato), Calcio (1 dato), Cloruros, Hierro, Manganeso (1 dato), Magnesio (2 datos), Nitritos, Nitratos (parcial), Dureza total, Dureza Cálcica (parcial), Dureza magnésica (parcial), Alcalinidad total, Acidez total (parcial), Sulfatos y Fosfatos (parcial).

La información se encuentra en el **Anexo 4.1 - Físicoquímica disponible en los expedientes de concesión.**

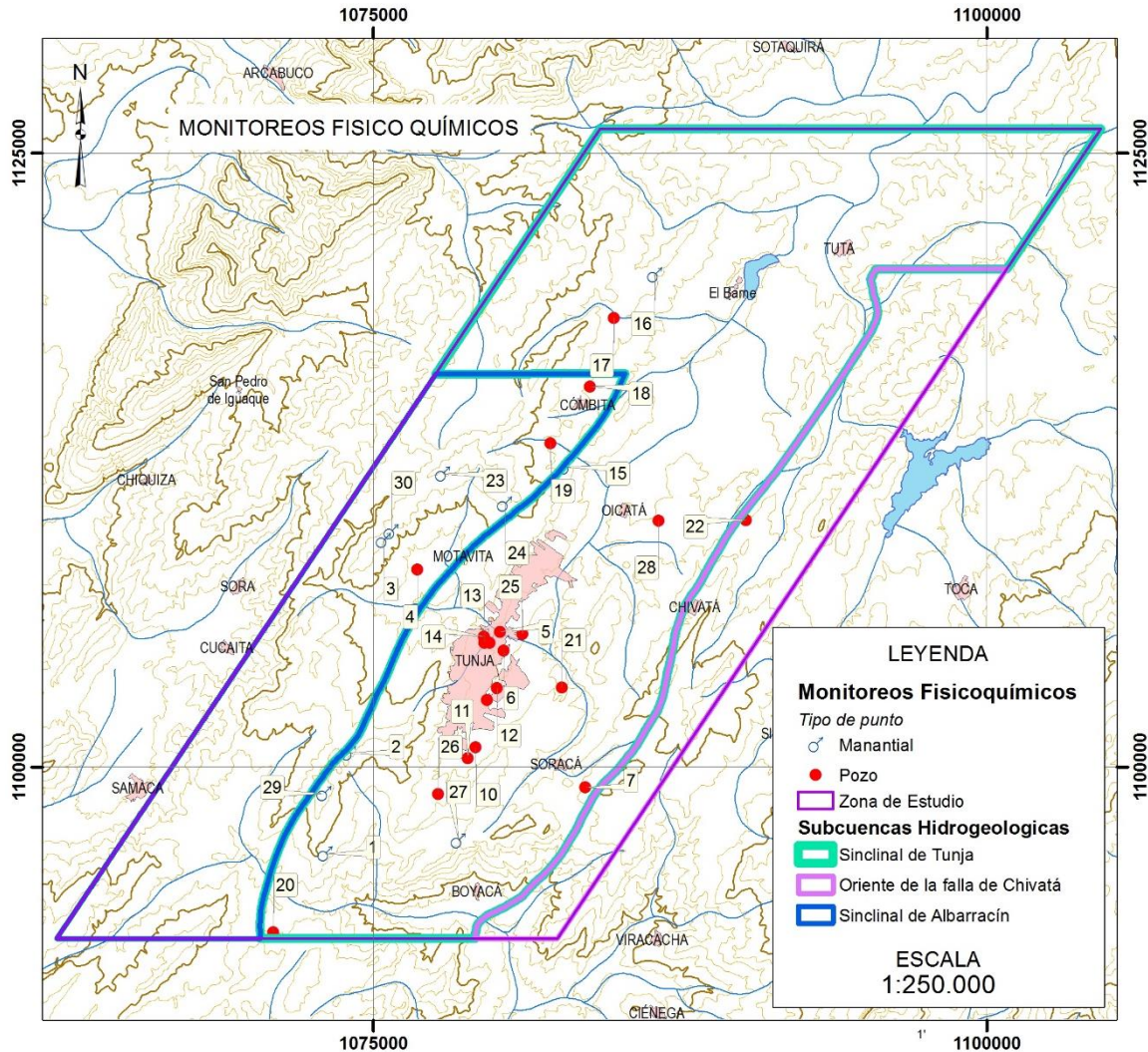
5.3. Red de muestreo para medición en manantiales pozos y aljibes de parámetros físico-químicos

En el **Anexo 4.2 – Resultados de monitoreo**, se presenta la información físico química disponible, y la obtenida del muestreo realizado en el presente estudio, de los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes y manantiales).

Se seleccionaron 30 puntos de agua subterránea entre pozos y manantiales, con base en la información suministrada por CORPOBOYACÁ, para realizar el muestreo de agua subterránea, con el fin de medir parámetros físico químicos in situ (pH, temperatura, conductividad, sólidos en suspensión, certificados), y de los siguientes iones mayoritarios: Na, Ca, Mg, K, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃, y Si. (Figura 5-4) Para realizar la caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea en la zona de estudio, fue necesario seleccionar inicialmente los puntos de muestreo, de tal manera que fueran representativos de cada acuífero a investigar. Cabe destacar que no todos los pozos seleccionados, contienen la información de ubicación de los filtros, y la mayoría presentan mezcla de agua de las formaciones Bogotá, Cacho, aspectos a tener en cuenta en la interpretación y evaluación de los resultados.



Figura 5-4. Red de monitoreo de parámetros fisicoquímicos



Fuente: Hidroboyacá, 2015

5.4. Síntesis sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo

5.4.1. Información fisicoquímica analizada en la red de monitoreo

El muestreo en campo, fue realizado por los profesionales de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, (empresa que cuenta con la certificación ISO 9001:2008 y se encuentra acreditada ante el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005, según Resolución N° 0869 del 27 de Mayo de 2013). La metodología estuvo basada, en lo propuesto por la APHA-AWWA-WPCF; APHA (*American Public Health Association*), AWWA (*American Water Works Association*) y WPCF (*Water Pollution Control Federation*), en el Standard Methods Edición 22 (2012). El muestreo consistió en



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

extraer el agua de los diferentes puntos de monitoreo, mediante la utilización de un balde previamente purgado, posteriormente, fueron llenados los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico opaco y preservado (acidificación y/o refrigeración) de acuerdo al tipo de análisis requerido. Una vez obtenida las muestras, se efectuó el rotulado y almacenamiento de las mismas en una nevera de acopar, registrando en formatos de campo información correspondiente al monitoreo, tales como: fecha y hora, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y demás observaciones pertinentes **(Anexo 4.2)**. Toda la información citada anteriormente quedó consignada en el formato de cadena de custodia (F-PM001-01) ver **(Anexo 4.2)**, este formato garantiza que las muestras analizadas correspondan con los puntos de monitoreo citados en ella y referenciados en los rótulos de campo, asegura que los análisis realizados sea los solicitados, establece el tipo de preservantes y la forma de transporte de las muestras, así como las fechas de ingreso al laboratorios.

El análisis de las muestras fueron efectuados en los laboratorios de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y ANTEK S.A., de acuerdo con la metodología expuesta en el *Stendrá Methods for the Examination of Water & Wastewater 22 st Edition 2012*, APHA, AWWA, WPCF. Este laboratorio cuenta con la acreditación ante el IDEAM El trabajo de campo fue realizado entre el 7 y el 16 de diciembre de 2015, en 30 puntos de monitoreo de aguas subterráneas ubicados en el departamento de Boyacá, específicamente en los municipios de Tunja, Oicatá, Motavita y Combita. Para el momento de la toma de las muestras, en algunos de los puntos se contó con el acompañamiento de los representantes de Corpoboyacá y Proactiva. En la Tabla 5-1, se presenta toda la información asociada al cada sitio de evaluación,

5.4.1.1. Resultados del monitoreo

El resultado para cada uno de los parámetros analizados en los 30 puntos establecidos en el presente análisis se encuentran en Tabla 5-1.

- pH:

Para el presente monitoreo, los registros de pH en las ocho estaciones evaluadas, oscilaron entre 6,70 y 7,80 Unidades (Figura 5-5), resultados que evidenciaron que el recurso hídrico subterráneo evaluado procedente del sistema acuífero de Tunja, se habría encontrado en las condiciones óptimas para su uso o consumo humano o doméstico (Artículos 38 y 39 del Decreto de 1594). Adicionalmente es de resaltar que el agua procedente de los pozos evaluados, es apta para su uso en actividades agropecuarias de acuerdo a los Artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984. Resultados que serán analizados en los numerales 5.6 y 5.7.



 Corpoboyacá	CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.	 CONSORCIO HIDROBOYACÁ
---	--	---

Tabla 5-1. Punto de muestreo de agua subterránea.

EXPEDIENTE	NOMBRE/USUARIO	CÓDIGO MCS	TIPO	CÓDIGO DE CAMPO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS	
						ESTE	NORTE
OOLA-0014/01-A	Pozo Profundo Fuente Ii	MCS-15-7676	Pozo	PE 1	Pozo profundo fuente II	1079508	1105304
OOLA-0014/01-B	Pozo Uptc	MCS-15-7667	Pozo	PE 2	Pozo UPTC	1080162	1105499
OOLA-0014/01-C	Pozo Profundo Estadio	MCS-15-7668	Pozo	PE 3	Pozo Profundo estadio	1080314	1104732
OOLA-0014/01-E	San Antonio	MCS-15-7671	Pozo	PE 5	San antonio	1079648	1102716
OOLA-0014/01-G	Pozo San Francisco	MCS-15-7672	Pozo	PE 7	Pozo San Francisco	1079181	1100789
OOLA-0014/01-H	Pozo Pensilvania	MCS-15-7673	Pozo	PE 8	Pozo Pensilvania	1078856	1100349
CAPP-0019/13	Juan Manuel Florez Zamorano	MCS-15-7666	Pozo	PE 10	Juan Manuel Flores	1076811	1108039
CAPP-0001/06	Universidad Santo Tomas	MCS-15-7912	Pozo	PE 11	Universidad Santo Tomas	1081081	1105412
CAPP-0006/10	Victor Manuel Rios Acevedo	MCS-15-7908	Pozo	PE 12	Victor Manuel Rios	1082685	1103244
CAPP-0004/09	Condominio Refugio Campestre	MCS-15-7740	Pozo	PE14	Condominio refugio campestre	1083838	1115487
CAPP-0154/02	Acueducto La Toma	MCS-15-7739	Pozo	PE15	Acueducto la Toma	1084806	1118281
CAPP-0004/10	Juan Manuel Florez Zamorano	MCS-15-7741	Pozo	PE17	Juan Manuel Flores	1082233	1113180
OOCA-0217/10	Municipio De Oicatá - Luis Eduardo Paez	MCS-15-7909	Pozo	PE 18	Municipio Oicatá	1090185	1110062
CAPP-0001/10	Acueducto La Roca	MCS-15-7669	Pozo	PE 19	Acueducto La roca	1083638	1099170
CAPP-0004/03	Hector Alfonso Cruz	MCS-15-7913	Pozo	PE 20	Hector Alfonso Cruz	1077651	1098891



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



EXPEDIENTE	NOMBRE/USUARIO	CÓDIGO MCS	TIPO	CÓDIGO DE CAMPO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS	
						ESTE	NORTE
CAS-0002/2008	Virgilio Sanchez Garay	MCS-15-7907	Pozo	PE 22	Virgilio Sanchez Garay	1070939	1093270
OOLA-0014/01-D	Caminos Vecinales	MCS-15-7674	Pozo	PE 1-1	Caminos vecinales	1080044	1103210
OOLA-0014/01-F	Belalcázar	MCS-15-7675	Pozo	PE 1-2	Pozo belalcazar	1079533	1105051
OOLA-0014/01-B	Parque Recreacional	MCS-15-7670	Pozo	PE 3-1	Parque recreacional	1079741	1105051
CAPP-0005/06	Municipio Oicatá	MCS-15-7932	Pozo	PE 18-1	Municipio Oicatá	1086636	1110041
OOCA-0225/10	Acueducto El Chorro	MCS-15-7738	Manantial	ME1	Acueducto el Chorro	1086473	1120049
OOCA-0104/11-A	Acueducto El Recreo	MCS-15-7737	Manantial	ME2	Acueducto el recreo	1082837	1112219
OOCA-0086/10-D	Acueducto Vda. Carbonera	MCS-15-7910	Manantial	ME 3	Acueducto vereda carbonero	1077845	1111933
OOCA-0101/11-B	Acueducto Vda. Rista	MCS-15-7548	Manantial	ME-4	Acueducto rista	1075426	1109237
OOCA-0099/00	Acueducto Runta Alto	MCS-15-7547	Manantial	ME-3	Acueducto runta alto	1074014	1100558
OOCA-0325/10	Acueducto Baron Gallero	MCS-15-7546	Manantial	ME-1	Acueducto baron gallero	1073058	1096462
OOCA-0203/09	Acueducto El Amarillal	MCS-15-7931	Manantial	ME 7	Acueducto el amarillal	1078474	1096991
OOCA-0025/99-D	Acueducto Vda. Salvial	MCS-15-7911	Manantial	ME 8	Acueducto vereda salvial	1080369	1110704
OOCA-0090/11	Paraiso	MCS-15-7933	Manantial	N1	Paraiso	1073023	1098905
OOCA-0101/11	Alcaparro	MCS-15-7934	Manantial	N2	Alcaparro	1075738	1109591

Fuente: Hidroboyacá, 2015



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 5-2. Resultados de calidad para los puntos de monitoreo del 1 - 10

Parámetro	Unidades	Acueducto Baron Gallero ME-1	Acueducto Runta Alto ME-3	Acueducto Vda Rista ME-4	Juan Manuel Flores PE 10	Pozo UPTC PE 2	Pozo Profundo Estadio PE 3	Acueducto la Roca PE 19	Parque Recreaciona 1 PE 3-1	San Antonio PE 5	Pozo San Francisco PE 7
		MCS15-7546	MCS15-7547	MCS15-7548	MCS15-7666	MCS15-7667	MCS15-7668	MCS15-7669	MCS15-7670	MCS15-7671	MCS15-7672
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	59.7	10.25	8.96	157.41	26.27	3.18	110.74	5.47	3.88	2.19
Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	59.7	10.25	8.96	157.41	26.27	3.18	110.74	5.47	3.88	2.19
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	<1,30	1.36	<1,30	<1,3	<1,30	<1,3	<1,30	<1,30	<1,30	<1,30
Nitratos	mg NO ₃ / L	0.1735	1.8063	0.538	2.9657	0.1616	0.3098	0.2566	0.3221	0.5151	0.5747
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	7	3	32	6	89	<2	18	2	<2	<2
Sulfatos	mg/L SO ₄ -2	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	8.58	<5,00
Calcio	mg/L	22.1	2.76	4.08	1.14	5.25	1.1	2.85	1.92	3.04	0.4
Magnesio	mg/L	1.41	1.55	1.7	0.357	1.64	0.343	0.89	0.6	0.951	0.125
Potasio	mg/L	5.88	1.29	0.825	0.531	1.57	0.423	1.63	0.52	1.03	0.322
Sodio	mg/L	8.15	7.19	6.71	0.612	2.32	0.739	16.7	1.02	1.89	0.616
Silice	mg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<0,300	1.73	3.1	10.2	3.64	3.91	2.91
Temperatura muestra	° C	14.6	12.2	13.6	18.35	20.25	20.2	17.15	21.25	19.5	17.75
pH	UNIDADES	7.795	7.44	6.89	7.505	7.245	7.175	7.29	7.285	6.98	7.065
Conductividad Eléctrica	µs/cm a 25°C	120	27.5	26	301	81	18	206	30.5	43.5	12.5

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2015.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 5-3. Resultados de calidad para los puntos de monitoreo del 11 - 20

Parámetro	Unidades	Pozo Pensilvania PE 8	Caminos Vecinales PE 1-1	Pozo Belalcazar PE 1-2	Pozo Profundo Fuente II PE 1	Acueducto el Recero ME2	Acueducto el Chorro ME1	Acueducto la Toma PE15	Condominio Refugio Campestre PE14	Juan Mnauel Flores Ramorano PE17	Virgilio Sanchez Garay PE 22
		MCS15-7673	MCS15-7674	MCS15-7675	MCS15-7676	MCS15-7737	MCS15-7738	MCS15-7739	MCS15-7740	MCS15-7741	MCS15-7907
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	2.69	7.76	8.76	10.45	31.84	4.08	21.19	153.03	2.39	97.08
Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	2.69	7.76	8.76	10.45	31.84	4.08	21.19	153.03	2.39	97.08
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	<1,30	<1,30	<1,30	4.63	3.17	<1,30	<1,30	<1,30	<1,30	8.61
Nitratos	mg NO ₃ /L	0.5663	<0,06	<0,06	0.7966	0.7092	1.4399	0.7507	0.5388	1.7374	0.0892
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	<2	<2	6	3	8	49	<2	12	<2	21
Sulfatos	mg/L SO ₄ -2	<5,00	<5,00	<5,00	23.8	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	33.5
Calcio	mg/L	0.461	1.14	1.07	5.02	1.14	7.2	1.55	48.3	1.31	17.8
Magnesio	mg/L	0.144	0.357	0.335	1.57	2.5	0.355	0.484	15.1	0.409	5.24
Potasio	mg/L	0.403	0.531	0.435	0.861	0.871	0.796	0.596	3.53	0.727	2.52
Sodio	mg/L	0.525	0.612	0.97	4.1	3.19	1.29	1.9	4.68	1.99	15.6
Silice	mg/L	2.94	<0,300	2.55	19.5	<0,300	3.08	2.11	2.11	2.18	2.67
Temperatura muestra	° C	17.3	17.05	18.95	1.88	16.7	15.75	18.8	17.75	17.15	17.8
pH	UNIDADES	7.175	6.995	7.39	7.15	7.235	7.26	7.445	6.695	7.53	7.24
Conductividad Eléctrica	µs/cm a 25°C	15	13	37	60.5	76	35.5	53.5	285.5	26	310

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2015.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 5-4. Resultados de calidad para los puntos de monitoreo del 21 - 30

Parámetro	Unidades	Victor Manuel Rios PE 12	Municipio Oicatá PE 18	Acueducto Vda Carbonero ME 3	Acueducto Vda Salvial ME 8	Universidad Santo Tomas PE 11	Hector Alfonso Cruz PE 20	Acueducto el Amarillal ME 7	Municipio Oicatá PE 18-1	Paraiso N1	Alcaparro N2
		MCS15-7908	MCS15-7909	MCS15-7910	MCS15-7911	MCS15-7912	MCS15-7913	MCS15-7931	MCS15-7932	MCS15-7933	MCS15-7934
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	446.89	<2,00	3.92	3.02	6.23	2.36	3.12	2.61	2.71	7.14
Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	446.89	<2,00	3.92	3.02	6.23	2.36	3.12	2.61	2.71	7.14
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	1.81	6.39	4.93	<1,30	2.77	<1,3	<1,30	<1,30	4.13	<1,30
Nitratos	mg NO ₃ /L	0.3583	0.1042	0.7323	0.3111	0.1647	0.1122	0.2318	0.7685	0.2558	0.6785
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	<2	42	2	<2	6	5	<2	28	4	39
Sulfatos	mg/L SO ₄ -2	57.1	43.9	<5,00	<5,00	9.17	<5,00	<5,00	11.8	<5,00	<5,00
Calcio	mg/L	19.4	8.8	2.1	0.285	4.65	0.298	0.298	1.98	1.07	0.835
Magnesio	mg/L	6.05	2.75	0.655	0.089	1.45	0.093	0.093	0.619	0.335	0.261
Potasio	mg/L	3.06	1.39	0.914	0.126	0.695	0.273	0.128	1.48	0.721	0.14
Sodio	mg/L	94.7	3.29	1.07	0.294	0.906	0.373	0.284	2.6	0.34	0.673
Silice	mg/L	3.25	3.25	2.11	2.64	2.85	1.88	1.66	3.06	1.07	2.26
Temperatura muestra	° C	19.25	20.55	12.9	13.5	19.05	15.9	15.45	19.05	14.95	14.95
pH	UNIDADES	7.665	7.225	7.19	7.565	7.43	7.37	7.375	6.71	7.51	7.51
Conductividad Eléctrica	µs/cm a 25°C	885	199.5	31.5	5	89	10.5	8	55	15.5	15.5

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2015.

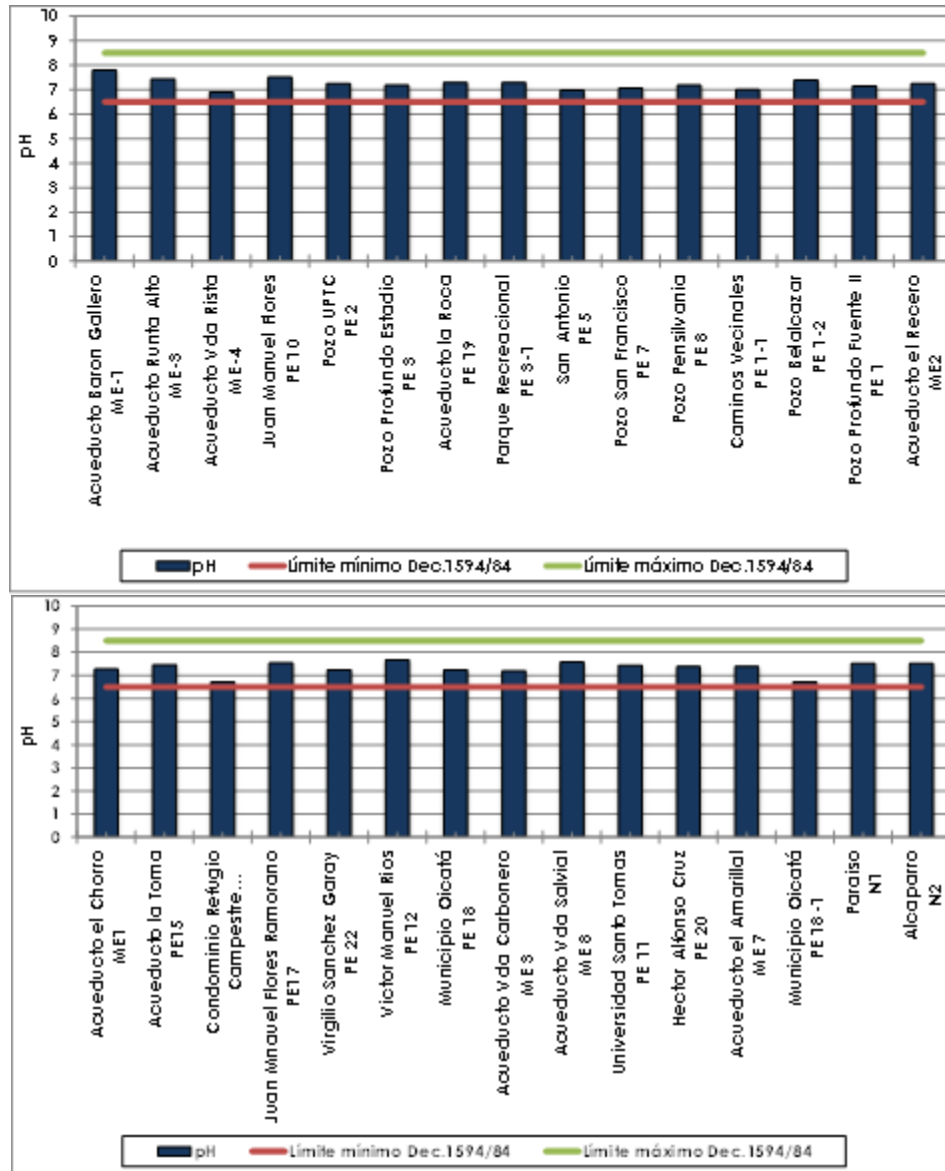


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 5-5. Valores de pH registrados en las estaciones de muestreo.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental 2015.

- **Temperatura:**

Para este parámetro, los valores reportados oscilaron entre 12,20 y 21,25 °C (Figura 5-6) estos resultados se habrían encontrado asociados predominantemente con la hora del día a la cual se tomaron las muestras y a las condiciones climáticas particulares de los días de la evaluación. Por otra parte, es posible concluir que la temperatura del recurso hídrico registrada se encontró acorde con el área de monitoreo.



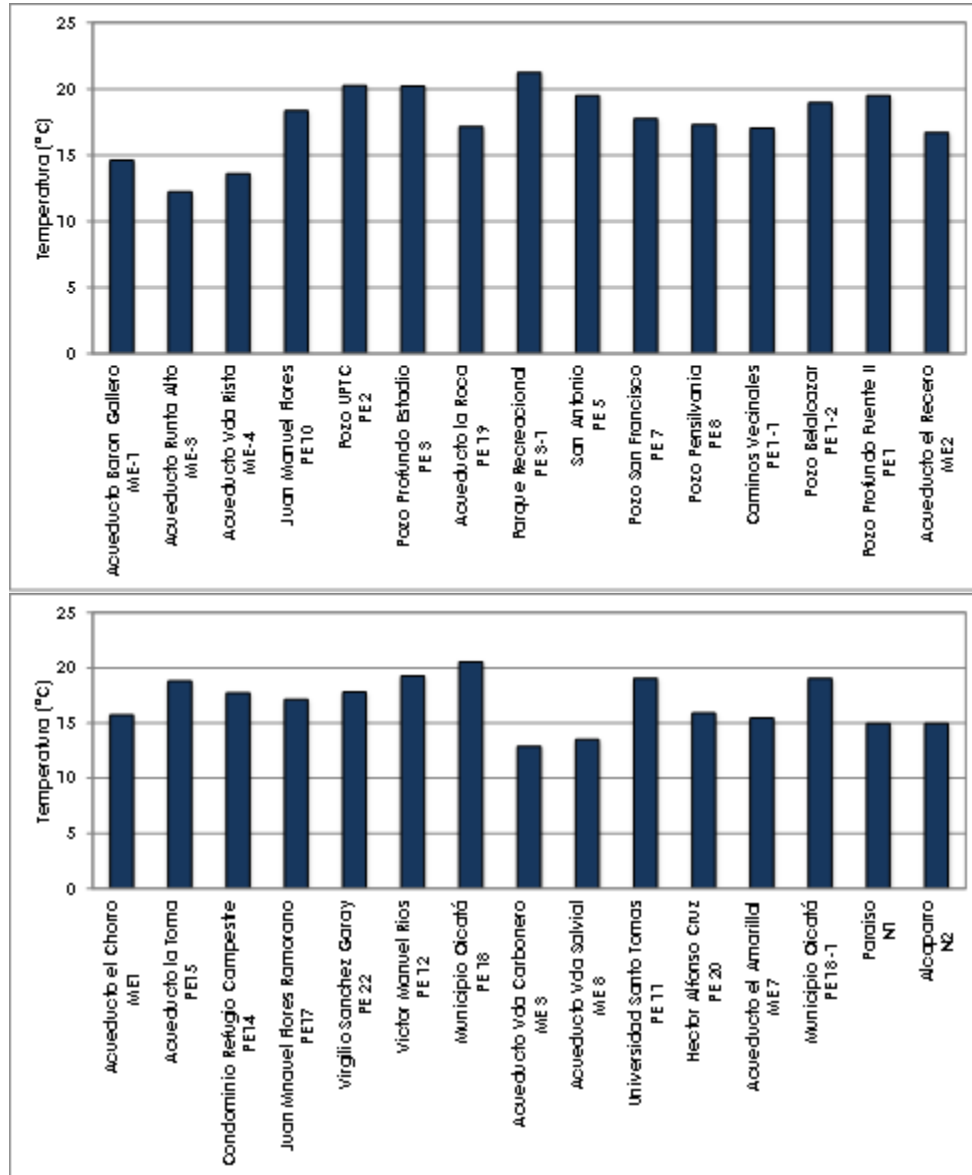
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 5-6. Valores de temperatura y oxígeno disuelto registrados en las estaciones de muestreo.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental 2015.

- Conductividad:

Los registros para esta variable oscilaron entre 5 y 885 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Figura 5-7), presentando el menor valor en la estación Acueducto Vda Salvial ME 8, mientras que el mayor reporte se presentó en el punto de monitoreo Víctor Manuel Ríos PE 12. Dichos valores no presentan límite permisible en el Decreto 1594/84, por lo cual no representan riesgo alguno y el agua puede ser usada para actividades domésticas



Corpoboyacá

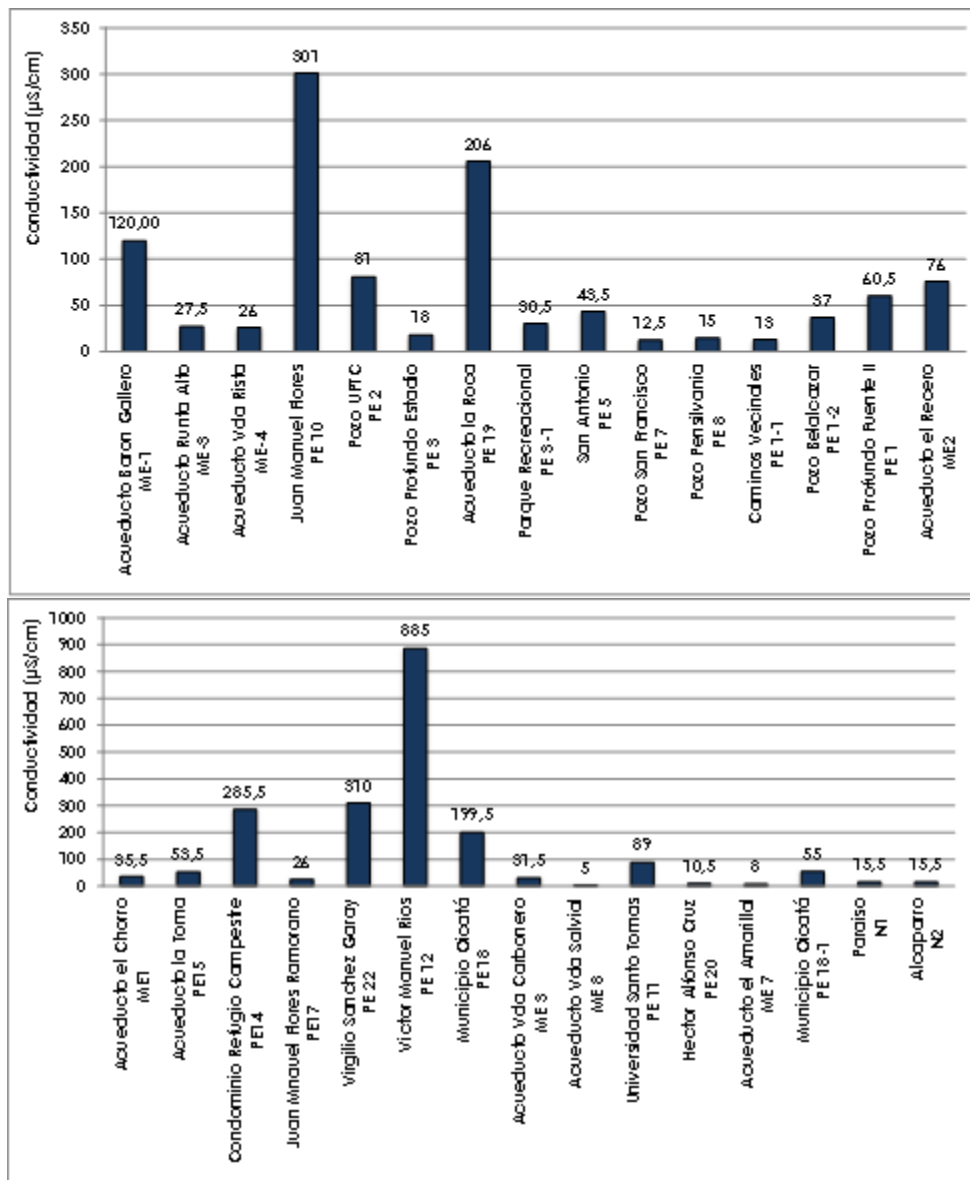
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

(limpieza, pero no ingesta). En términos generales los registros de conductividad evidenciaron aguas poco mineralizadas; sin embargo, algunos de los puntos de monitoreo alcanzaron registros de conductividad que suponen procesos de mineralización que puede estas asociados la descarga de iones procedentes del medio, las tuberías de conducción y/o a la composición litológica de la zona.

Figura 5-7. Valores de conductividad registrados en las estaciones de muestreo.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental 2015.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- **Sólidos suspendidos totales:**

Los registros de sólidos suspendidos variaron entre <2 mg/L (límite de detección de la técnica analítica) y 98 mg/L, La mayor contracción de este tipo de sólidos se reportó en el punto de monitoreo Pozo UPTC PE 2, la presencia de este tipo de sólidos podría ser el resultado directo de aportes procedentes del medio, ya que algunos de los puntos de monitoreo no se encontraban completamente aislados de su entorno.

- **Sulfatos:**

Para el presente monitoreo, los sulfatos presentaron concentraciones que oscilaron entre <5 mg/L (límite de detección de la técnica analítica) y 57 mg/L, este parámetros resulto ser indetectable en las muestras procedentes de 23 de las 30 estaciones monitoreadas; en términos generales los registros de sulfatos pueden ser considerados bajos, ya que no se acercaron al límite máximo de 400 mg/L establecido en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984.

- **Alcalinidad y bicarbonatos:**

Los registros de alcalinidad para el presente monitoreo oscilaron entre <2 mg/L (límite de detección de la técnica analítica) y 446,89 mg/L, mayor concentración registrada en el punto de monitoreo Víctor Manuel Ríos PE 12, esta variable no se encontró regulada en la normatividad ambiental vigente, los resultados pueden ser considerados como bajas y en los casos en los cuales se reportó alcalinidad es posible afirmar que el recurso hídrico presento cualidades *buffer*. Para el presente monitoreo los reportes de bicarbonatos fueron iguales a los registros de alcalinidad, esto es debido a que los Bicarbonatos son estequiométricamente iguales a la Alcalinidad Total. El método de referencia SM-2320 B. Standard Methods for the examination of Water and WasteWater. 22st edition 2012, indica que para determinar Bicarbonatos es necesario cuantificar Alcalinidad total y Alcalinidad a la Fenolftaleína, para poderlas comparar y correlacionar. Los resultados indican que las muestras no presentan Carbonatos e Hidróxidos por lo que el 100% de la Bicarbonatos es equivalente a la Alcalinidad Total.

- **Nitratos:**

Para los nitratos los registros oscilaron entre $<0,06$ mg/L (límite de detección de la técnica analítica) y 2,97 mg/L. estas concentraciones de nitratos fueron bajas ya que en ninguno de los puntos evaluados esta variable superó los 10 mg/L (Figura 5-8), límite máximo establecido en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984. Por lo tanto, es posible establecer que las aguas subterráneas del sistema acuífero de Tunja no se encontraron afectadas por la presencia de compuestos nitrogenados, los cuales



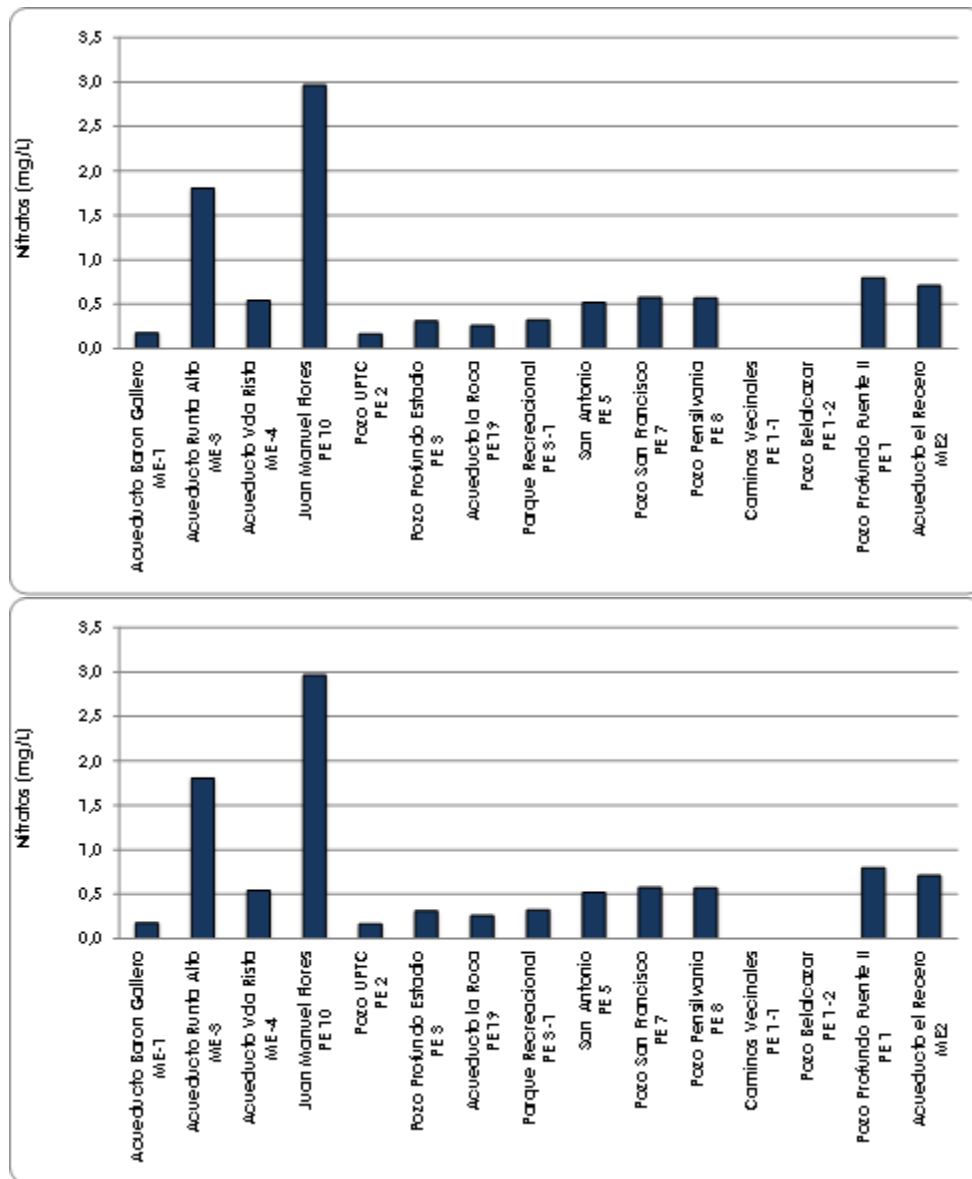
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



normalmente se asocian a procesos de descomposición de la materia orgánica y uso de agroquímico.

Figura 5-8. Valores de nitratos registrados en las estaciones de muestreo.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental 2015.

- **Cloruros:**

Los cloruros, presentaron concentraciones que fueron desde el límite de detección de la técnica analítica <1,3 mg/L y alcanzaron su mayor concentración en la estación de



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

monitoreo Virgilio Sánchez Garay PE 22 con 8,61 mg/L, en las estaciones en las cuales se reportaron cloruros estas pueden ser consideradas como bajas ya que en ningún caso superaron los 250 mg/ límite máximo permitido para estos compuesto en los Artículos 39 y 40 del Decreto 1594 de 1984.

- **Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio**

Las concentraciones de calcio registradas para la presente evaluación oscilaron entre 0,29 y 48,30 mg/L (Figura 5-9), la mayor concentración de este elemento se reportó en el punto de monitoreo Condominio Refugio Campestre PE14, las concentraciones de calcio pueden ser consideradas como baja en la mayor parte de los puntos evaluados; sin embargo, en las estaciones en las que se presentaron las mayores concentraciones, estas estarían asociadas a probablemente a la composición litológica de la zona. Para el caso del magnesio los registros de esta variable oscilaron entre 0,09 y 15,10 mg/L (Figura 5-9), el magnesio fue abundante en el agua procedente de la estación Condominio Refugio Campestre PE14.

Ara el caso del sodio, este alcanzó valores que fueron desde 0,28 y llegaron hasta 94,70 mg/L (Figura 5-9), la mayor presencia de sodio se evidenció en el punto Víctor Manuel Ríos PE 12, la presencia de este elemento podría estar asociado con las concertaciones de sales en el agua, las cuales sería el subproducto del proceso de disolución de la roca presente en el subsuelo de donde procede el recurso hídrico. Para el potasio, las concentraciones reportados oscilaron entre <1 mg/L y 3,53 mg/L, la mayor concentración de potasio se reportó en la estación Condominio Refugio Campestre PE14 (Figura 5-9). Ningunos de los anteriores elementos, se encuentran regulados en la normatividad ambiental vigente; sin embargo, su análisis es importante desde el punto de vista agrícola principalmente, ya que su presencia excesiva en aguas para riego, altera las características fisicoquímicas de los suelos. En un marco general el calcio, magnesio, sodio y potasio no reportaron altas concentraciones, esto salvo algunas excepciones como fue el caso de la estación Condominio Refugio Campestre PE14.

- **Sílice:**

Las concentraciones para este metal, oscilaron entre <0,300 mg/L (límite de detección de la técnica analítica) y 10,20 mg/L, la mayor cantidad de sílice se apreció en la estación Acueducto la Roca PE 19, la presencia de sílice es común en el agua ya que este elemento es de los más abundantes sobre la tierra, es el constituyente principal de rocas ígneas y de la arena, razón por la cual la presencia de sílice en el agua es el directo resultado de la dilución de la roca en el sector en el cual se ubicaron las estaciones.



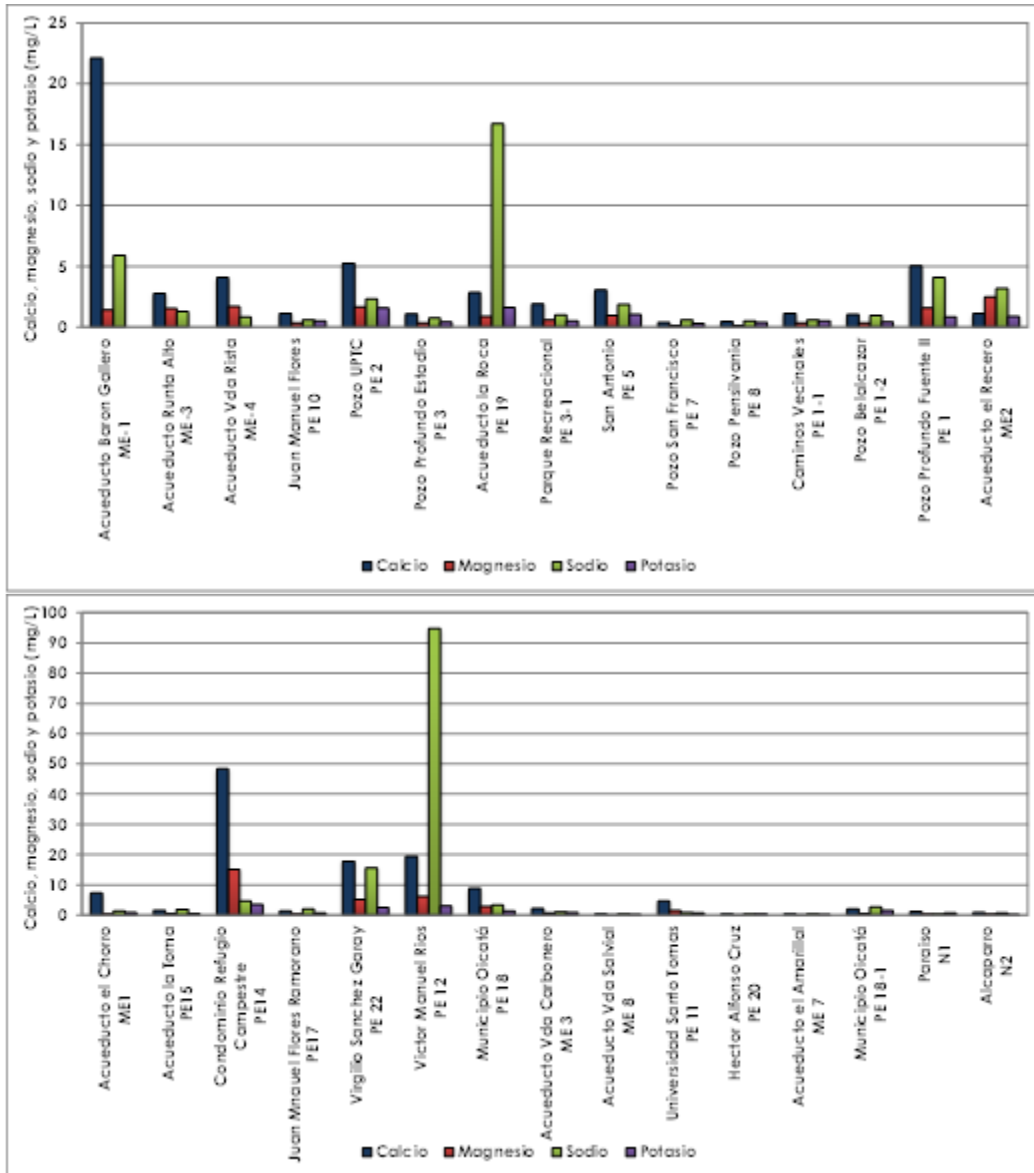
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 5-9. Valores de calcio, magnesio, sodio y potasio registrados en las estaciones de muestreo.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental 2015.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



5.5. Clasificación hidrogeoquímica de las aguas subterráneas

Los resultados de los análisis físicos químicos, realizados en las muestras tomadas en los diferentes puntos de agua, se aprovecharon para hacer la caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea.

5.5.1. Representación gráfica y análisis de muestras de agua subterránea tomadas de pozos profundos y manantiales

5.5.1.1. Diagramas de Stiff

5.5.1.1.1. Diagramas de Stiff de muestras de agua tomadas de pozos profundos

La forma de los diagramas de Stiff, permite diferenciar aguas de características similares, y comparar aguas, especialmente muy mineralizadas. En el presente estudio, se utilizó el software Aquachem 2014, versión 2014.1, para su elaboración.

En las siguientes figuras se presentan los diagramas de Stiff, correspondientes a muestras de agua subterránea del acuífero superficial, resultado de la mezcla de las formaciones Bogotá y Cacho (Tb y Tic).

A continuación se agrupan los diagramas de Stiff elaborados a partir de muestras de agua, tomadas de pozos profundos que captan el acuífero superficial en la zona de estudio.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

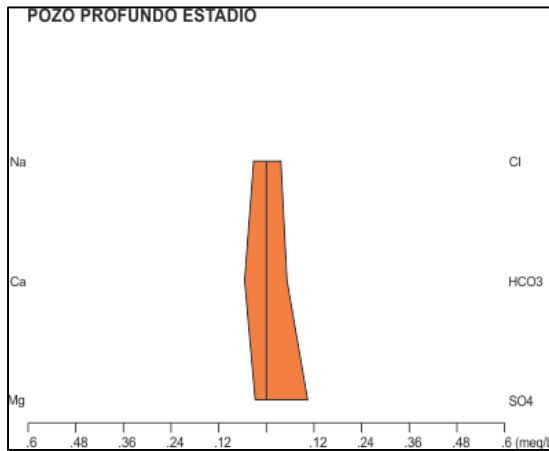


Figura 5-12. Pozo el estadio

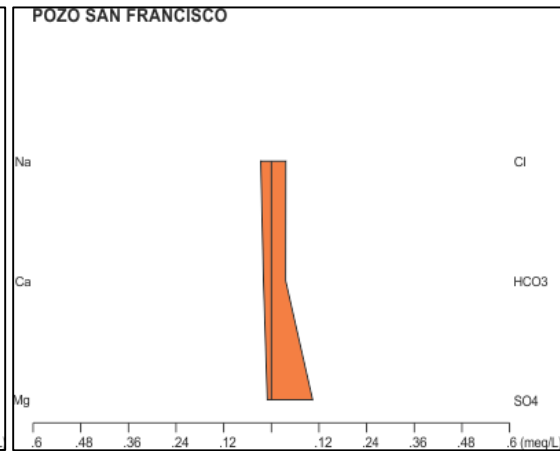


Figura 5-13. Pozo San Francisco

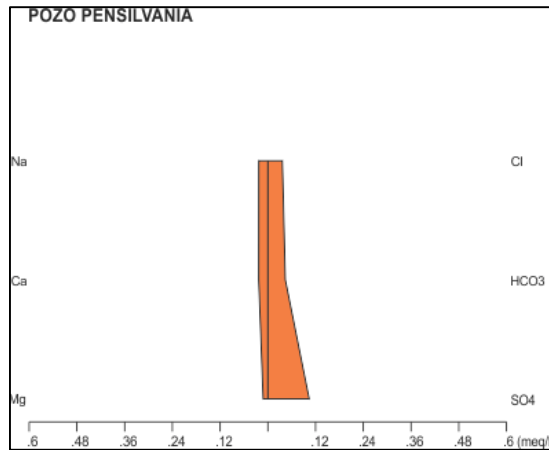


Figura 5-10. Pozo Pensilvania

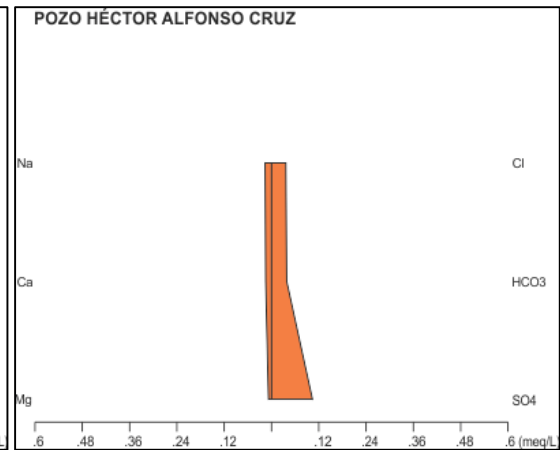


Figura 5-11. Pozo Héctor A. Cruz

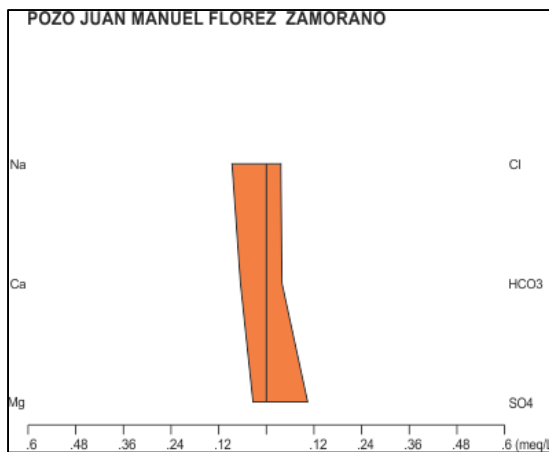


Figura 5-14. Pozo Juan Florez

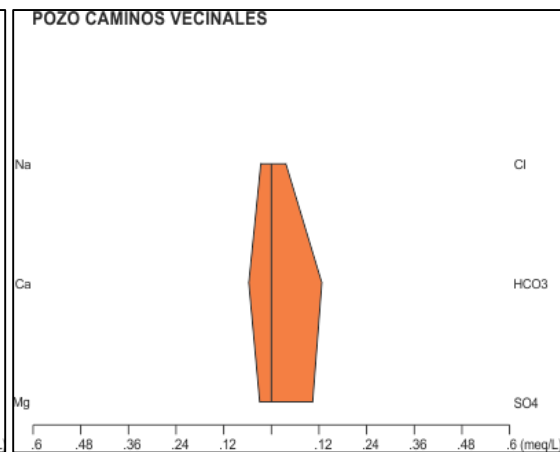


Figura 5-15. Pozo Caminos Vecinales



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

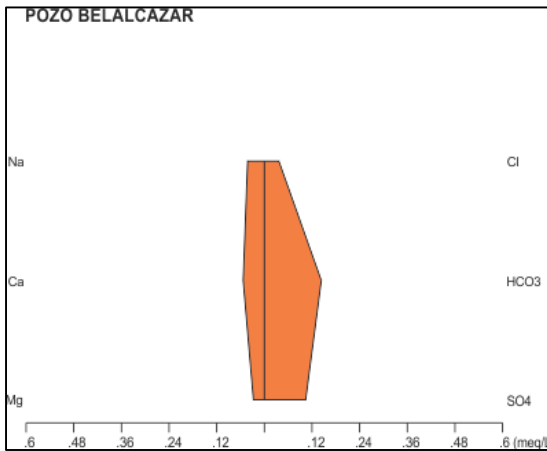


Figura 5-16. Pozo Belalcazar

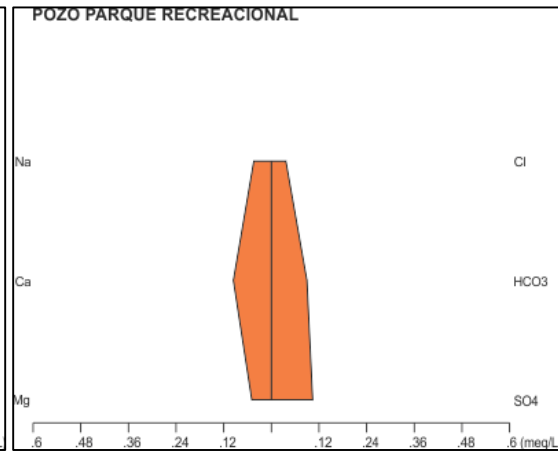


Figura 5-17. Pozo Parque Recreacional

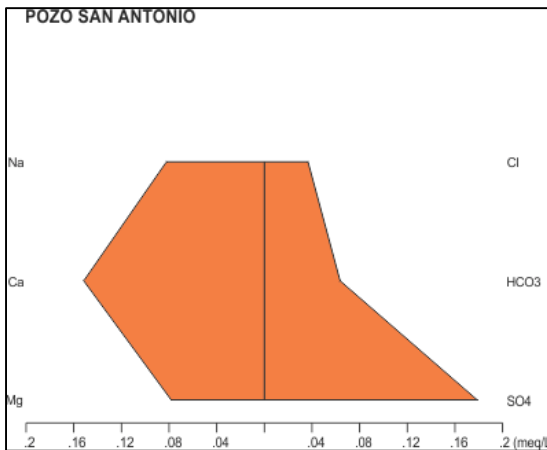


Figura 5-18. Pozo San Antonio

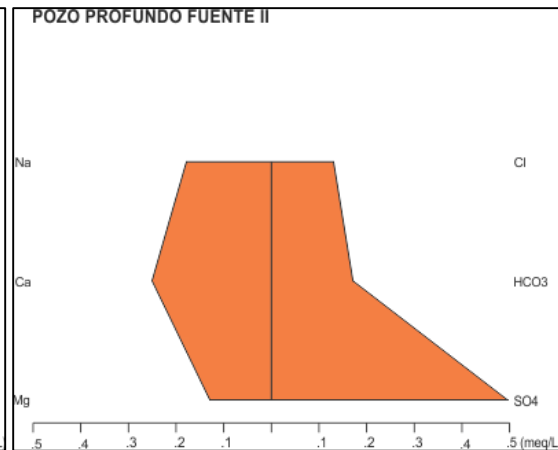


Figura 5-19. Pozo la Fuente II

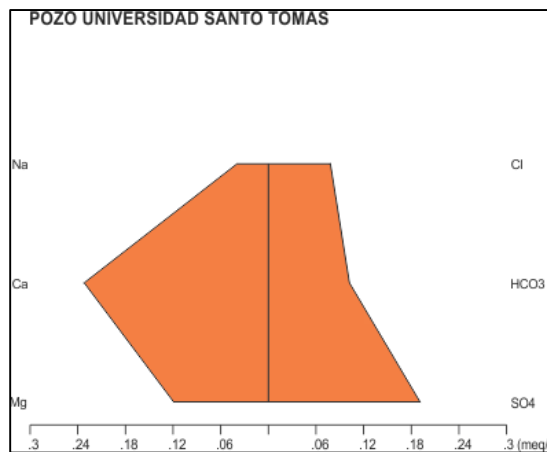


Figura 5-20. Pozo Uni. Santo Tomas

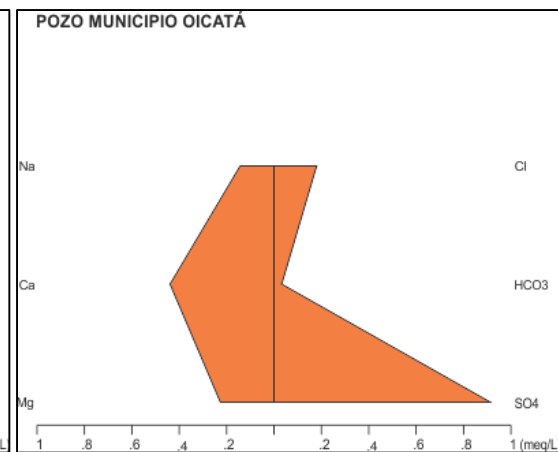


Figura 5-21. Pozo Municipio de Oicatá



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 5-22. Pozo Municipio de Oicatá – Luis Eduardo Paéz

De acuerdo con la información disponible (geología, diseño, etc), el siguiente diagrama (Figura 5-23), perteneciente al pozo de la UPTC, correspondería a agua subterránea, proveniente exclusivamente de la Formación Cacho.

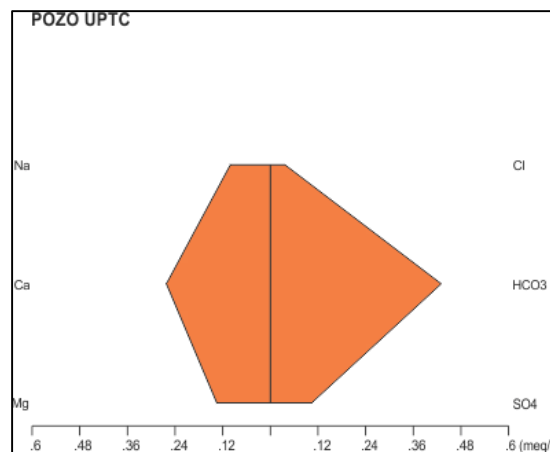


Figura 5-23. Pozo UPTC

- Acuífero de mayor profundidad

Se tomaron 6 muestras de agua subterránea de pozos profundos que captan el acuífero de mayor profundidad (Formación Labor y Tierna - Kg1).

En las siguientes figuras se presentan los diagramas de Stiff, correspondientes a muestras de agua subterránea provenientes del acuífero de mayor profundidad (Kg1).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

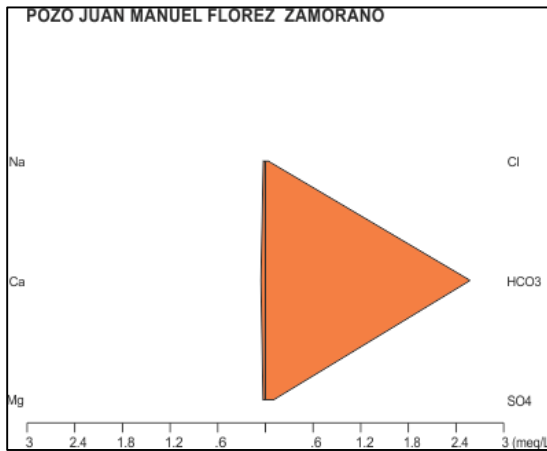


Figura 5-24. Pozo Juan Manuel Zamorano

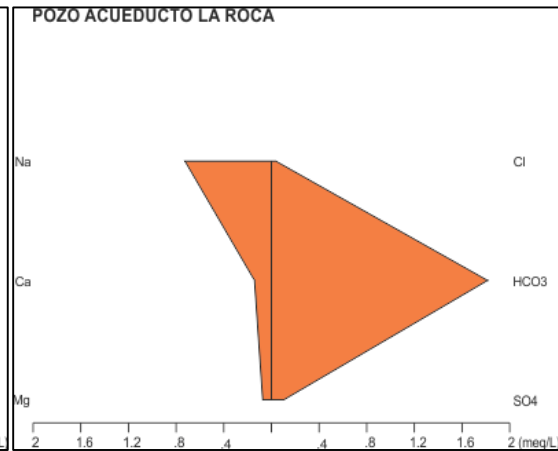


Figura 5-25. Pozo Acueducto la Roca

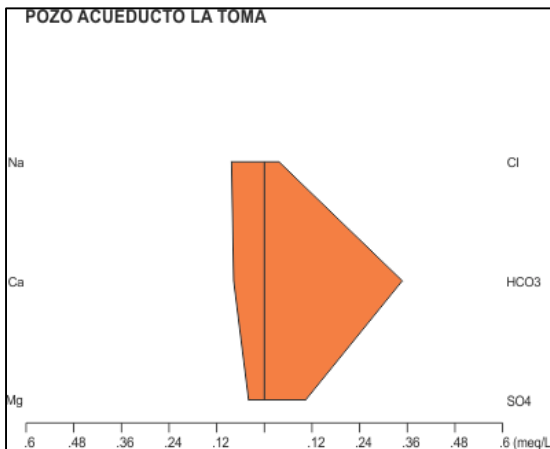


Figura 5-26. Pozo Acueducto la Toma

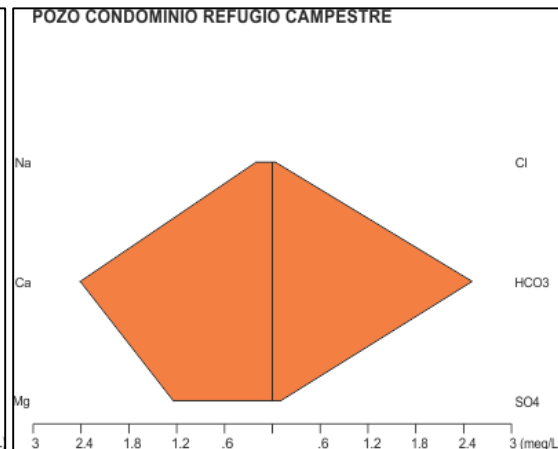


Figura 5-27. Pozo Condominio Refugio Campestre

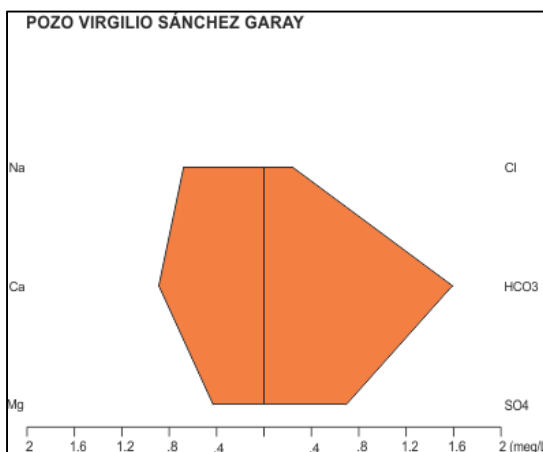


Figura 5-28. Pozo Virgilio Sánchez Garay

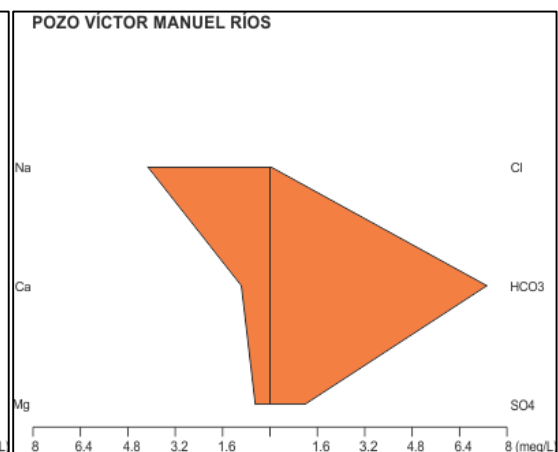


Figura 5-29. Pozo Manuel Ríos



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

De acuerdo con la configuración de los diagramas de Stiff, se pueden visualizar principalmente dos tipos de agua subterránea, con base en los patrones de composición de las unidades acuíferas.

- Aguas caracterizadas por un predominio de sulfatos

La mayoría de las muestras de agua proveniente de los niveles de areniscas que constituyen el acuífero superficial (Formaciones Bogotá y Cacho), se caracteriza por presentar mayores concentraciones de sulfatos (SO_4).

En las figuras 5.19 a 5.22, se han agrupado las muestras de agua subterránea, que captan el acuífero superficial, y que presentan un mayor grado de mineralización, relacionado posiblemente con un mayor tiempo de tránsito, que le permite mayor adquisición de iones disueltos.

- Aguas caracterizadas por un predominio de bicarbonatos

Las aguas captadas del acuífero de mayor profundidad (Formación Labor y Tierna), se caracterizan, por presentar una mayor concentración de bicarbonatos (HCO_3), en las muestras analizadas.

5.5.1.1.2. Diagramas de Stiff de muestras de agua tomadas de manantiales

En la figura 5.25, se presenta el diagrama de Stiff, correspondiente a una muestra de agua, tomada de un manantial, localizado en las areniscas de la Formación Cacho, y en la figura 5.26, el diagrama de una muestra de agua tomada de niveles permeables de la Formación Bogotá, las cuales integran el acuífero superficial.

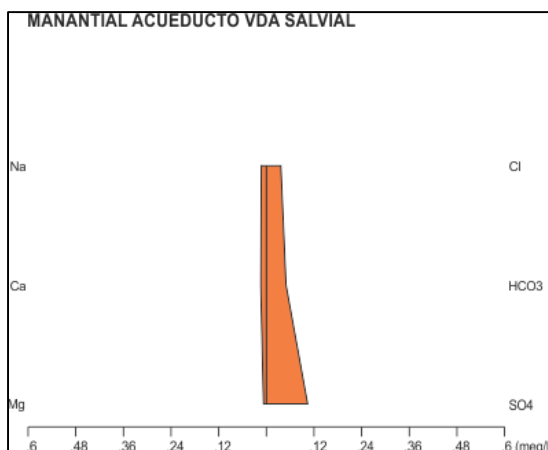


Figura 5-30. Manantial Acue Vda. Salvial

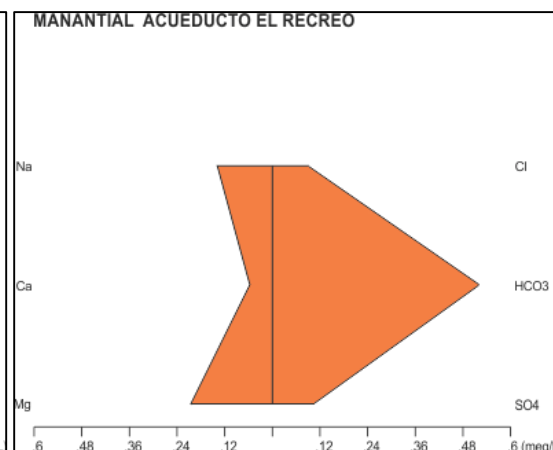


Figura 5-31. Manantial Vda. El Recreo



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Los siguientes diagramas corresponden a muestras de agua tomadas de manantiales, localizados en rocas de la Formación Labor y Tierna, y Plaeners, que integran el acuífero de mayor profundidad.

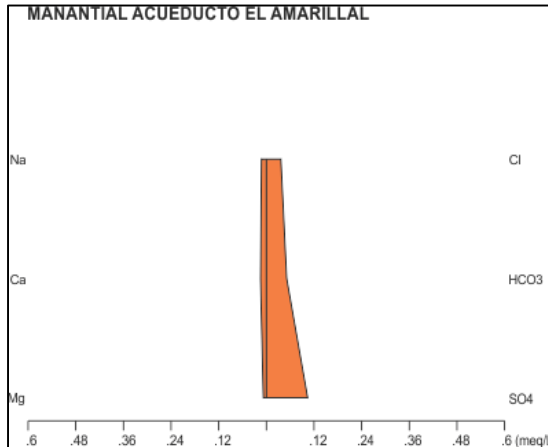


Figura 5-32. Manantial Acue Amarillal

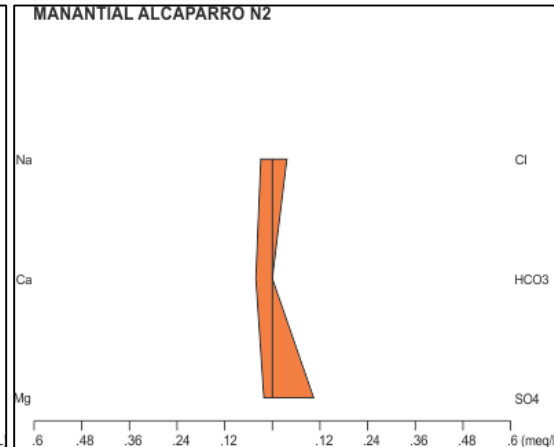


Figura 5-33. Manantial Alcaparro

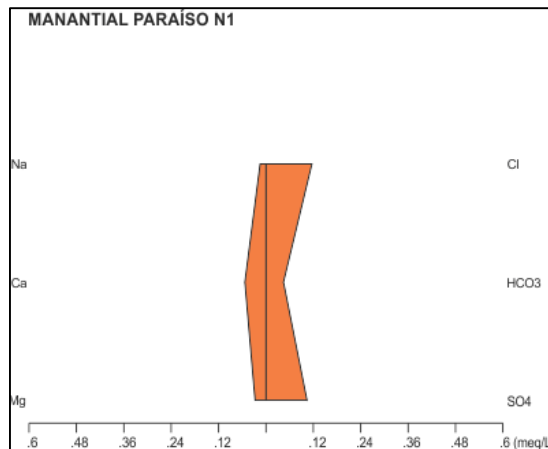


Figura 5-34. Manantial Paraiso #1

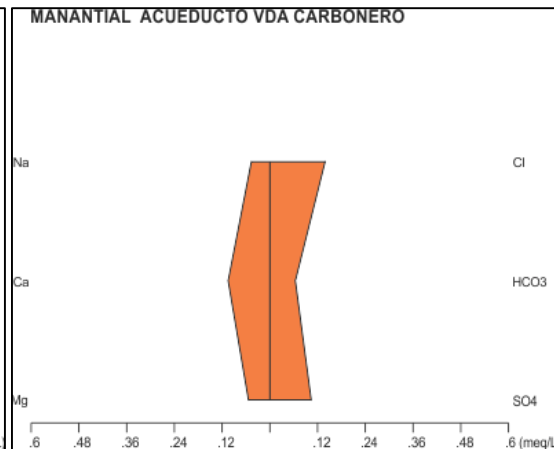


Figura 5-35. Manantial Vda Carbonero

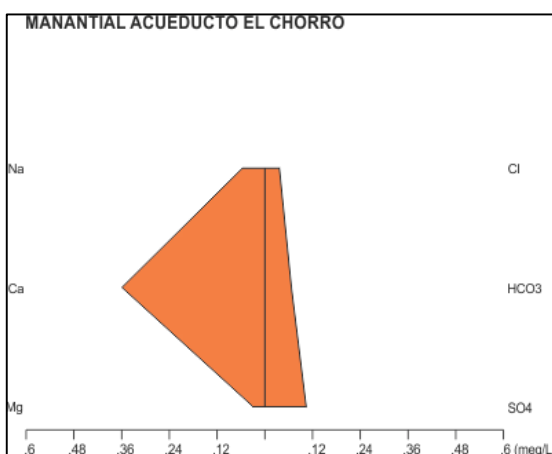


Figura 5-36. Manantial Acued. El Chorro

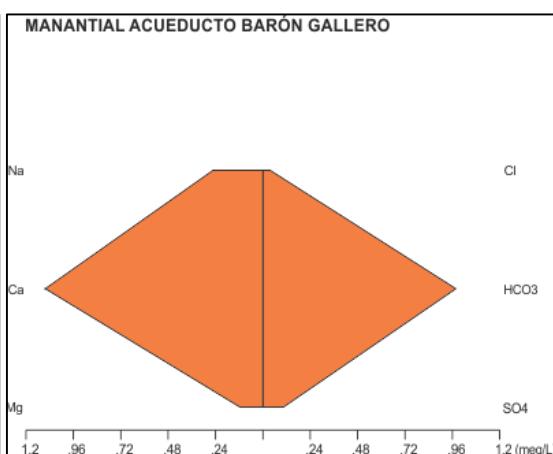


Figura 5-37. Manantial Barón Gallero

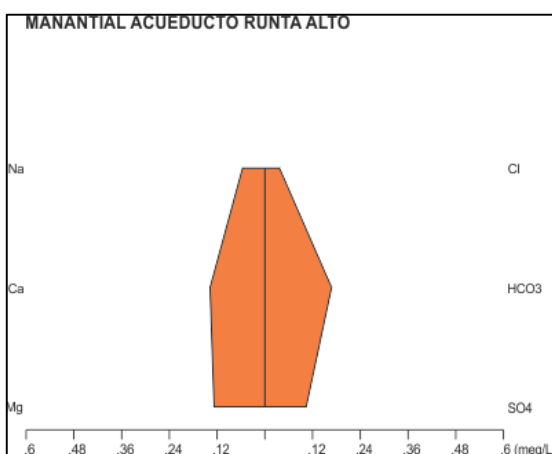


Figura 5-38. Manantial Runta Alto

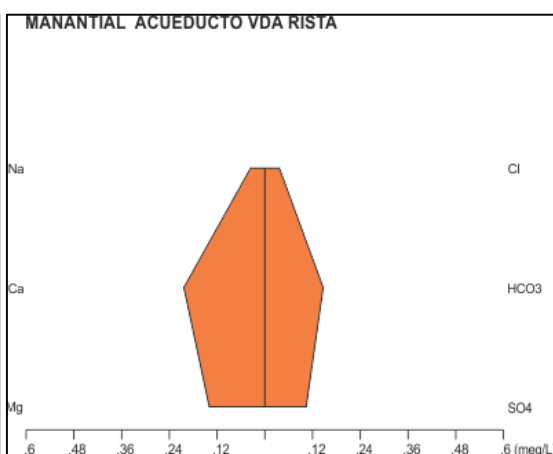


Figura 5-39. Manantial Vda Rista

En los diagramas de Stiff de las muestras de agua, tomadas en los manantiales, no se visualiza un patrón de composición definido. Los diagramas indicarían mezclas de agua de diferente origen y recorrido.

5.5.1.2. Facies hidrogeoquímicas

Los resultados de los análisis físicos químicos, realizados en las muestras tomadas en los diferentes puntos de agua, se aprovecharon para hacer la caracterización hidrogeoquímica por facies. Para ello se procesó la información utilizando el diagrama de Piper, el cual permite caracterizar las aguas en diferentes grupos, de acuerdo con sus facies hidrogeoquímicas.



5.5.1.2.1. Diagramas de Piper

En la Figura 5-40, se presenta el diagrama de Piper correspondientes a las 20 muestras de agua subterránea, extraída de algunos pozos profundos existentes en la zona de estudio.

En la Tabla 5-5, se presenta la clasificación hidrogeoquímica de cada una de las muestras de agua tomadas de algunos pozos profundos existentes en la zona de estudio, de acuerdo con los resultados de los diagramas de Piper.

Tabla 5-5. Clasificación hidrogeoquímica de las 20 muestras de agua, extraída de pozos profundos.

ID MUESTRA	PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD GEOLÓGICA	CLASIFICACIÓN HIDROGEOQUÍMICA (FACIES)
MCS15-7666	Pozo Juan Manuel Flórez Zamorano 1	Kg1	BICARBONATADA CÁLCICA
MCS15-7667	Pozo UPTC	Tic	BICARBONATADA CÁLCICA
MCS15-7668	Pozo El Estadio	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7669	Pozo Acueducto La Roca	Kg1	BICARBONATADA SÓDICA
MCS15-7670	Pozo Parque Recreacional	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7671	Pozo San Antonio	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7672	Pozo San Francisco	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7673	Pozo Pensilvania	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7674	Pozo Caminos Vecinales	Tb - Tic	BICARBONATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7675	Pozo Belalcazar	Tb - Tic	BICARBONATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7676	Pozo La Fuente II	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7739	Pozo Acueducto La Toma	Kg1	BICARBONATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7740	Pozo Condominio Refugio Campestre	Kg1	BICARBONATADA CÁLCICA
MCS15-7741	Pozo Juan Manuel Flórez Zamorano 2	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7907	Pozo Virgilio Sánchez Garay	Kg1	BICARBONATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7908	Pozo Víctor Manuel Ríos	Ktg - Kg1	BICARBONATADA SÓDICA
MCS15-7909	Pozo Municipio Oicatá	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA
MCS15-7912	Pozo Universidad Santo Tomas	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA
MCS15-7913	Pozo Héctor Alfonso Cruz	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7932	Pozo Municipio Oicatá - Luis Eduardo Páez	Tb - Tic	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA

Fuente: Hidroboyacá, 2016

Los resultados permitieron identificar principalmente dos tipos de agua: aguas bicarbonatadas (cálcicas y cálcica magnésicas), y aguas sulfatadas (cálcicas magnésicas y cálcicas).

Las aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, se consideran aguas subterráneas que han tenido flujo local a intermedio, y se encuentran asociadas, con muestras de aguas, tomadas del acuífero superficial y del acuífero de mayor profundidad.

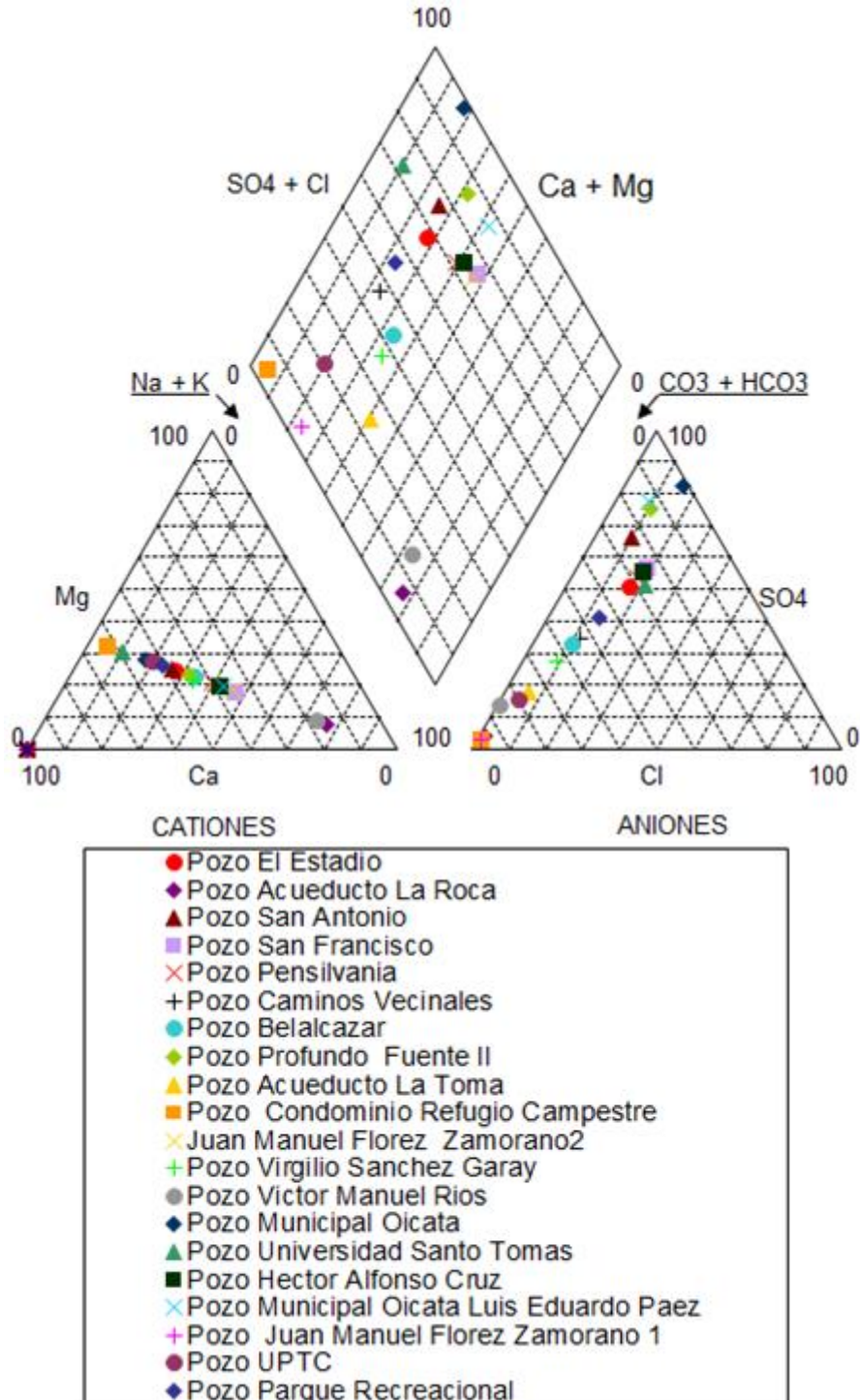


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 5-40. Diagrama de Piper con muestras de agua de pozos profundos



Fuente: Hidroboyacá, 2016



Corpoboyacá

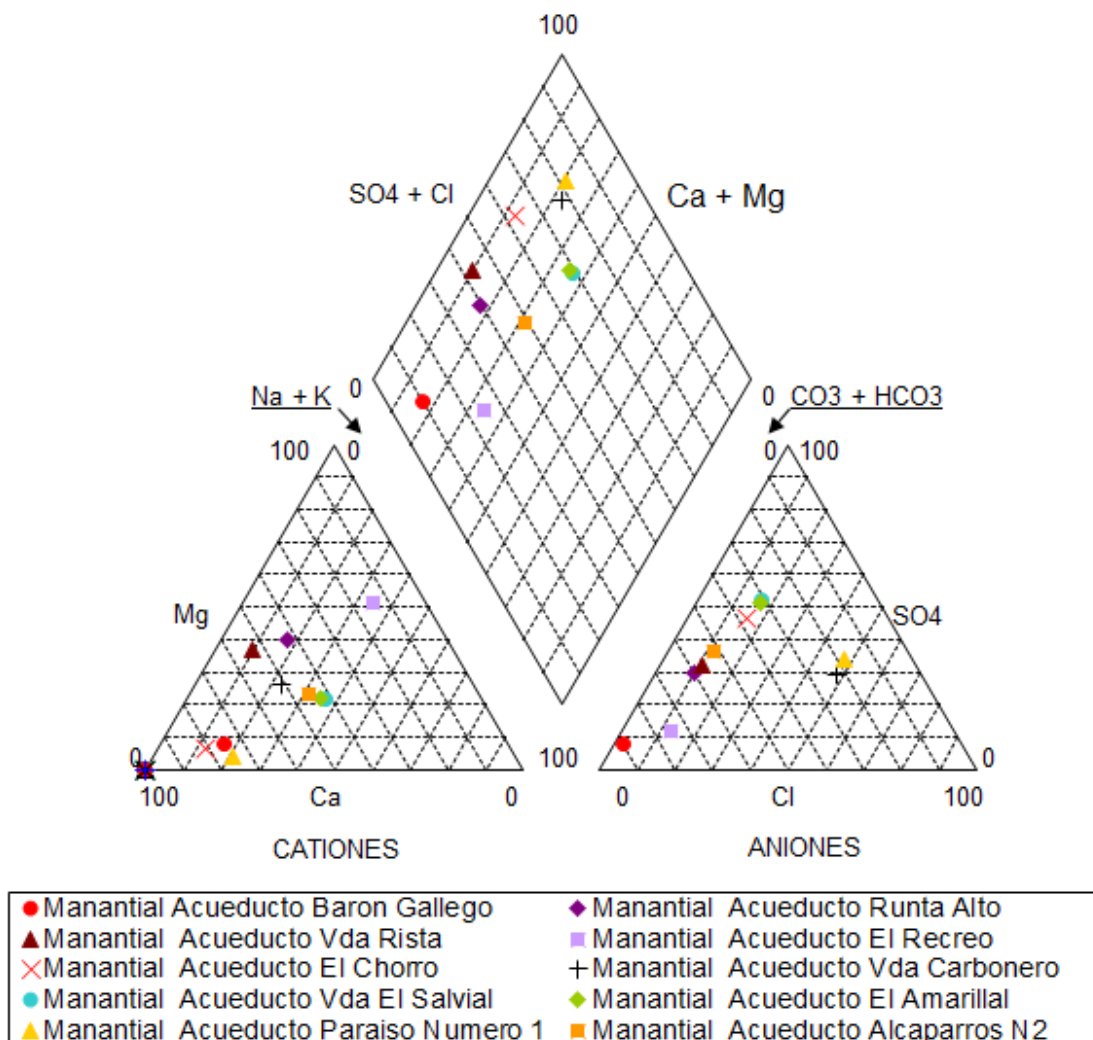
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Por otra parte, las aguas sulfatadas cálcicas y magnésicas, se consideran aguas asociadas con flujos intermedios, asociadas con el acuífero superficial y el de mayor profundidad.

En la Figura 5-41. Diagrama de Piper con muestras de agua de manantiales, se observa la representación gráfica en el diagrama de Piper de la composición química de las 10 muestras de agua, tomada de manantiales en la zona de estudio.

Figura 5-41. Diagrama de Piper con muestras de agua de manantiales



Fuente: Hidroboyacá, 2016



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la Tabla 5-6, se presenta la clasificación hidrogeoquímica de cada una de las muestras de agua, tomadas de manantiales en la zona de estudio, de acuerdo con los resultados de los diagramas de Piper.

Tabla 5-6. Clasificación hidrogeoquímica de muestras de agua de manantiales.

ID MUESTRA	PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD GEOLÓGICA	CLASIFICACIÓN HIDROGEOQUÍMICA (FACIES)
MCS15-7546	Manantial Acued. Barón Gallego	Kg1	BICARBONATADA CÁLCICA
MCS15-7547	Manantial Acued. Runta Alto	Kg1	BICARBONATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7548	Manantial Acued. Vda Rista	Kg1	BICARBONATADA CÁLCICA
MCS15-7737	Manantial Acued. El Recreo	Kg1	BICARBONATADA MAGNÉSICA
MCS15-7738	Manantial Acued. el Chorro	Kg1	SULFATADA CÁLCICA
MCS15-7910	Manantial Acued. Vda Carbonero	Kg1	CLORURADA CÁLCICA
MCS15-7911	Manantial Acued. Vda El Salvial	Tc	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7931	Manantial Acued. El Amarillal	Kg1	SULFATADA CÁLCICA MAGNÉSICA
MCS15-7933	Manantial Acued. Paraíso N1	Kg1	CLORURADA CÁLCICA
MCS15-7934	Manantial Acued. Alcaparro No 2	Kg2	BICARBONATADA CÁLCICA MAGNÉSICA

Fuente: Hidroboyacá, 2016

De acuerdo con los resultados obtenidos con el diagrama de Piper, las aguas tomadas de los manantiales son predominantemente: aguas bicarbonatadas (cálcicas y cálcica magnésicas), y aguas sulfatadas (cálcicas y cálcica magnésica). Una muestra de agua, se clasificó como clorurada cálcica.

La clasificación del agua en bicarbonatada cálcica y cálcica magnésica, indicaría que ha tenido un flujo local, y por lo tanto puede corresponder a agua de origen superficial o subsuperficial.

Las aguas sulfatadas o cloruradas, indicarían que las muestras han tenido un mayor flujo.

5.5.1.3. Diagramas de Schoeller - Berkaloff

En la Figura 5-42, se presenta el diagrama de Schoeller – Berkaloff, para los pozos profundos.



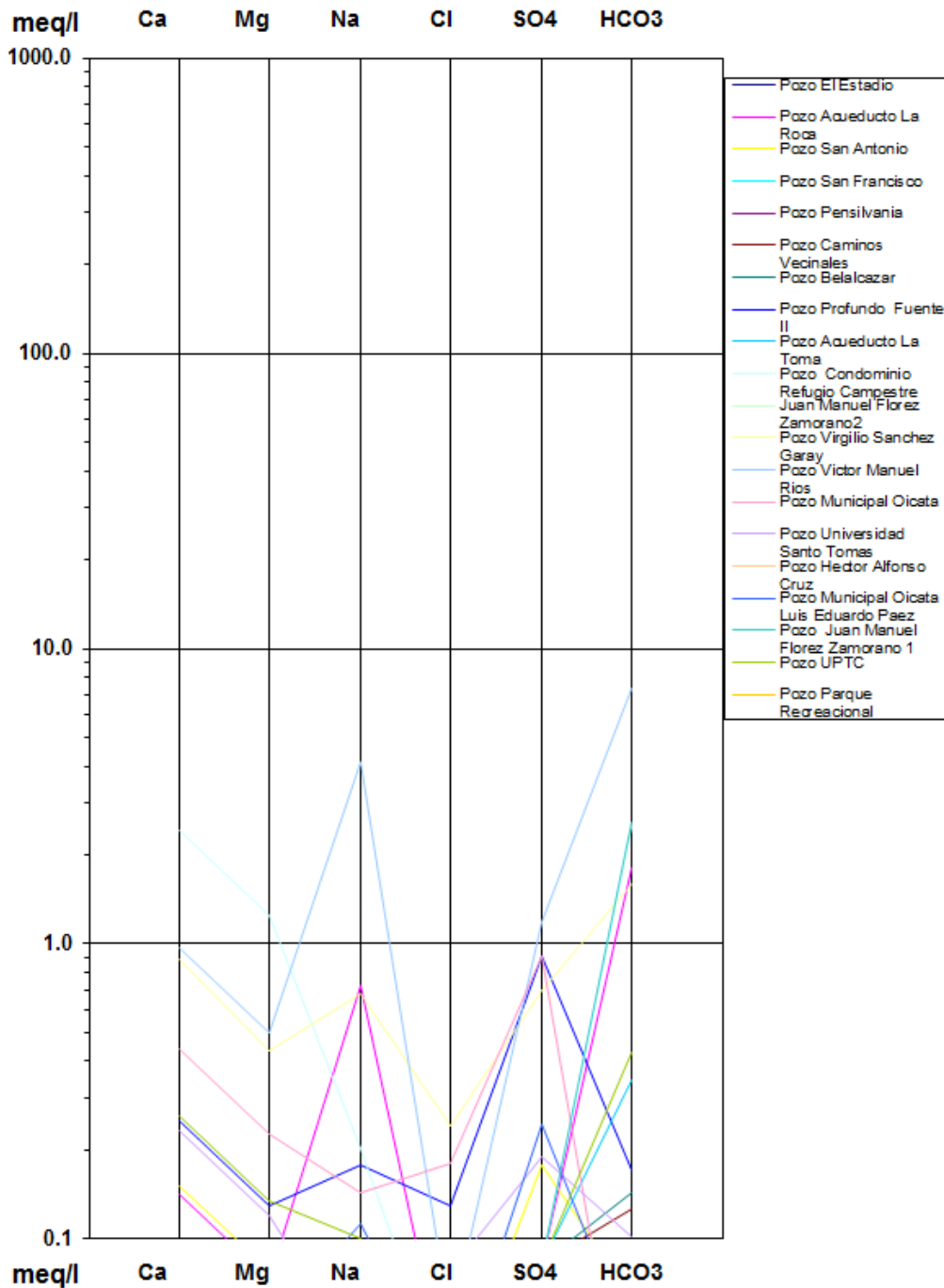
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 5-42. Diagrama Schoeller - Berkaloff para los pozos profundos del área de estudio



Fuente: Hidroboyacá, 2016



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En el diagrama, se aprecia que las concentraciones de cationes de las muestras de agua subterránea de los pozos, no presentan variaciones significativas, a excepción del sodio.

Por otra parte, de acuerdo con la gráfica de schoeller, de los aniones, el que presenta la mayor variabilidad en la concentración es el correspondiente a los bicarbonatos.

Del análisis de los diagramas de Schoeller-Berkaloff se desprende que las aguas son muy estables con pocos cambios en su composición, a excepción de algunas muestras, que presentan una mayor mineralización, lo cual se puede corroborar con los diagramas de Stiff.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

5.6. Clasificación de calidad de agua para consumo humano

Para la presente clasificación se realizó una comparación entre los resultados físico-químicos encontrados en el desarrollo de la red de monitoreo del presente proyecto y la normatividad nacional sobre criterios de calidad del recurso hídrico.

Los actos administrativos revisados fueron el Decreto 1076 del 2015 y la resolución 3382 del 2015, con el fin de tener un marco de referencia regional y nacional dentro del presente análisis. La comparación de parámetros y concentraciones máximas permisibles se encuentran consignadas en la Tabla 5-7, tal y como puede observarse en la misma, la normatividad actual colombiana carece de criterios de calidad para parámetros de calidad encontrados dentro del agua subterránea, como en el caso de los iones mayoritarios como Na, Ca, Mg, K, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃ y Si.

La revisión de parámetros no solo fue limitada a la información nacional disponible, sino por el contrario se realizó la búsqueda de parámetros de calidad de agua subterránea utilizados internacionalmente; el resultado arrojó que entes de gran importancia como la OMS y la EPA, carecen de este tipo de reglamentaciones a nivel general enfocándose en su gran mayoría en estándares como¹:

- Microorganismos
- Desinfectantes
- Subproductos desinfectantes
- Sustancias químicas inorgánicas
- Sustancias químicas orgánicas
- Radionucleidos

Respecto a la normatividad de calidad de aguas subterráneas en dichos entes, se resalta el establecimiento de medidas de control para la dispersión de contaminantes y su seguimiento y monitoreo, pero no se contemplan análisis adicionales para ser contemplados como criterios de calidad de agua para consumo humano.²

¹ Tomado de la URL: <http://www.epa.gov/your-drinking-water/table-regulated-drinking-water-contaminants#Byproducts>

² Tomado de la URL: <http://www.epa.gov/dwreginfo/ground-water-rule#compliance>



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 5-7. Comparación de parámetros de calidad para riego establecidos en la normatividad colombiana.

CONSUMO HUMANO	RESOLUCIÓN 3382/15	DECRETO 1076/15
PARAMETRO	VALOR	VALOR
Amoníaco (N)	1	1
Arsénico (As)	0.05	0.05
Baria (Ba)	1	1
Cadmio (Cd)	0.01	0.01
Cianuro CN-	0.2	0.2
Cinc (Zn)	15	15
Cloruros (Cl-)	250	250
Cobre (Cu)	1	1
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	2000	
Coliformes Termotolerantes (NMP/ml)	100	
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	20000	1000
Color aparente (UPC)	1000	
Color real (Unidades Platino - cobalto)	75	20
Compuestos Fenólicos (Fenol)	0.002	0.002
Cromo (Cr+6)	0.05	0.05
DBO (mg/l)	4	
Difenil Policlorados	No detectable	No detectable
DQO (mg/l)	10	
Materiales flotantes y película visible de grasas y aceites flotantes	Ausente	
Mercurio (Hg)	0.002	0.002
Nitratos (N)	10	10
Nitritos (N)	1	1
OD (mg/l)	4	
Olor	Aceptable	
pH (unidades)	5.0 - 9.0	6.5 - 8.5
Plata (Ag)	0.05	0.05
Plomo (Pb)	0.05	0.05
Selenio (Se)	0.01	0.01
Sulfatos (SO=4)	400	400
Tensoactivos (saam)	0.05	0.5
Turbiedad (Unidades Jackson de Turbiedad, UJT)	150	10

Fuente: Hidroboyacá, 2015



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 5-8. Comparación de parámetros de calidad para consumo humano en los puntos pertenecientes a la red de monitoreo del presente proyecto

ID PUNTO	ID MUESTRA	Parámetro	Cloruros (Cl ⁻) (mg/l)	Nitratos (N) (mg/l)	pH (unidades)	Sulfatos (SO ₄) (mg/l)
		Resolución 3382/15	250	10	5.0-9.0	400
		Decreto 1076/15	250	10	6.5-8.5	400
1	MCS15-7546		1.3	0.1735	7.795	5
2	MCS15-7547		1.36	1.8063	7.44	5
3	MCS15-7548		1.3	0.538	6.89	5
4	MCS15-7666		1.3	2.9657	7.505	5
5	MCS15-7667		1.3	0.1616	7.245	5
6	MCS15-7668		1.3	0.3098	7.175	5
7	MCS15-7669		1.3	0.2566	7.29	5
8	MCS15-7670		1.3	0.3221	7.285	5
9	MCS15-7671		1.3	0.5151	6.98	8.58
10	MCS15-7672		1.3	0.5747	7.065	5
11	MCS15-7673		1.3	0.5663	7.175	5
12	MCS15-7674		1.3	0.06	6.995	5
13	MCS15-7675		1.3	0.06	7.39	5
14	MCS15-7676		4.63	0.7966	7.15	23.8
15	MCS15-7737		3.17	0.7092	7.235	5
16	MCS15-7738		1.3	1.4399	7.26	5
17	MCS15-7739		1.3	0.7507	7.445	5
18	MCS15-7740		1.3	0.5388	6.695	5
19	MCS15-7741		1.3	1.7374	7.53	5
20	MCS15-7907		8.61	0.0892	7.24	33.5
21	MCS15-7908		1.81	0.3583	7.665	57.1
22	MCS15-7909		6.39	0.1042	7.225	43.9
23	MCS15-7910		4.93	0.7323	7.19	5
24	MCS15-7911		1.3	0.3111	7.565	5
25	MCS15-7912		2.77	0.1647	7.43	9.17
26	MCS15-7913		1.3	0.1122	7.37	5
27	MCS15-7931		1.3	0.2318	7.375	5
28	MCS15-7932		1.3	0.7685	6.71	11.8
29	MCS15-7933		4.13	0.2558	7.51	5
30	MCS15-7934		1.3	0.6785	7.51	5

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Debido al alcance del presente proyecto, los parámetros de calidad analizados en la red de monitoreo fueron: pH, temperatura, conductividad, sólidos en suspensión, Na, Ca, Mg, K, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃ y Si; al comparar dichos parámetros con el listado establecido en el Decreto 1076 del 2015 y la Resolución 3382 del 2015 solo le relacionan 4: Cl, NO₃, pH y SO₄.

Los resultados del contraste entre los análisis de calidad y las normas nacionales se encuentran expresados en la Tabla 5-8, en la cual se puede observar que todos y cada uno de los puntos analizados cumplen con los rangos máximos permisibles para cada uno de ellos cuando su uso es para consumo humano.

Se recomienda que para futuros proyectos se contemple todos y cada uno de los parámetros establecidos en la normatividad nacional para poder realizar un análisis más acercado a la realidad acerca de la calidad del agua subterránea y si es apta en su totalidad para consumo humano dentro del sistema acuífero.

5.7. Clasificación de calidad de agua para riego

Al igual que en el numeral 6.5.2, la revisión de rangos máximos permisibles para la calidad de agua para riego en la normatividad nacional se encuentra depositada en el Decreto 1076 del 2015 y la Resolución 3382 del 2015, la comparación de los mismos se encuentra en la Tabla 5-9.

Al igual que en la clasificación de calidad de agua para consumo humano el contraste de parámetros monitoreados establecidos en la normatividad colombiana fueron Cl, NO₃, pH y SO₄. El contraste de dichos parámetros se encuentra en la Tabla 5-7, en donde se puede observar que ninguno de estos parámetros supera su rango máximo permisible en la normatividad colombiana.

La evaluación de parámetros establecidos en la normatividad colombiana no solo debe contemplar los principales criterios tenidos hasta la fecha para calidad de agua convencionales, sino además debería incluir sustancias presentes en el agua subterránea tales como los iones mayoritarios, ya que, como se puede observar en el numeral 6.5.2 la oferta de dicho recurso es bastante amplia y apunta a ser una de las principales fuentes de agua en un futuro para gran parte de la población de Tunja y sus municipios aledaños.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 5-9. Comparación de parámetros de calidad para riego establecidos en la normatividad colombiana.

RIEGO	RESOLUCIÓN 3382/15	DECRETO 1076/15
PARAMETRO	VALOR	VALOR
Aluminio (Al)	5	5
Amoníaco (N)	0.5	
Arsénico (As)	0.1	0.1
Berilio (Be)	0.1	0.1
Boro (B)	0.3 - 4	
Cadmio (Cd)	0.01	0.01
Cinc (Zn)	2	2
Cloruros (Cl ⁻)	600	
Cobalto (Co)	0.05	0.05
Cobre (Cu)	0.2	0.2
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	1000	
Coliformes Termotolerantes (NMP/ml)	100	
Coliformes Totales (NMP/100ml)	5000	
Cromo (Cr+6)	0.1	0.1
Flúor (F)	1	1
Fosfatos (mg/l P-PO ₄)	2	
Hierro (Fe)	5	5
Litio (Li)	2.5	2.5
Manganeso (Mn)	0.2	0.2
Materiales flotantes y película visible de grasas y aceites flotantes	Ausente	
Molibdeno (Mo)	0.01	0.01
Níquel (Ni)	0.2	0.2
Nitratos (N)	50	
Nitritos (N)	0.1	
OD (mg/l)	2	
Olor	Aceptable	
pH (unidades)	4.5 - 9	4.5 - 9
Plomo (Pb)	5	5
Selenio (Se)	0.02	0.02
Sulfatos (SO ₄)	400	
Vanadio (V)	0.1	0.1

Fuente: Hidroboyacá, 2015



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 5-10. Comparación de parámetros de calidad para riego en los puntos pertenecientes a la red de monitoreo del presente proyecto

ID PUNTO	ID MUESTRA	Parámetro	Cloruros (Cl-) (mg/l)	Nitratos (N) (mg/l)	pH (unidades)	Sulfatos (SO ₄) (mg/l)
		Resolución 3382/15	600	50	4.5 - 9	400
		Decreto 1076/15	-	-	4.5 - 9	-
1	MCS15-7546		1.3	0.1735	7.795	5
2	MCS15-7547		1.36	1.8063	7.44	5
3	MCS15-7548		1.3	0.538	6.89	5
4	MCS15-7666		1.3	2.9657	7.505	5
5	MCS15-7667		1.3	0.1616	7.245	5
6	MCS15-7668		1.3	0.3098	7.175	5
7	MCS15-7669		1.3	0.2566	7.29	5
8	MCS15-7670		1.3	0.3221	7.285	5
9	MCS15-7671		1.3	0.5151	6.98	8.58
10	MCS15-7672		1.3	0.5747	7.065	5
11	MCS15-7673		1.3	0.5663	7.175	5
12	MCS15-7674		1.3	0.06	6.995	5
13	MCS15-7675		1.3	0.06	7.39	5
14	MCS15-7676		4.63	0.7966	7.15	23.8
15	MCS15-7737		3.17	0.7092	7.235	5
16	MCS15-7738		1.3	1.4399	7.26	5
17	MCS15-7739		1.3	0.7507	7.445	5
18	MCS15-7740		1.3	0.5388	6.695	5
19	MCS15-7741		1.3	1.7374	7.53	5
20	MCS15-7907		8.61	0.0892	7.24	33.5
21	MCS15-7908		1.81	0.3583	7.665	57.1
22	MCS15-7909		6.39	0.1042	7.225	43.9
23	MCS15-7910		4.93	0.7323	7.19	5
24	MCS15-7911		1.3	0.3111	7.565	5
25	MCS15-7912		2.77	0.1647	7.43	9.17
26	MCS15-7913		1.3	0.1122	7.37	5
27	MCS15-7931		1.3	0.2318	7.375	5
28	MCS15-7932		1.3	0.7685	6.71	11.8
29	MCS15-7933		4.13	0.2558	7.51	5
30	MCS15-7934		1.3	0.6785	7.51	5

Fuente: Hidroboyacá, 2015



5.8. Balance iónico de puntos monitoreados

En la Tabla 5-11 se presentan los resultados del balance iónico calculado para las 30 estaciones de monitoreo.

Tabla 5-11. Balance iónico Punto de muestreo de agua subterránea.

Descripción	Código de campo	Código	Expediente	COORDENADAS		Balance iónico %
				(Datum WGS84/Origen Bogotá)		
				E	N	
Acueducto barón gallero	ME-1	MCS-15-7546	OOCA-0325/10	1073058	1096462	13
Acueducto runta alto	ME-3	MCS-15-7547	OOCA-0099/00	1074014	1100558	24
Acueducto rista	ME-4	MCS-15-7548	OOCA-0101/11-B	1075426	1109237	33
Juan Manuel Flores	PE 10	MCS-15-7666	CAPP-0019/13	1076811	1108039	93
Pozo UPTC	PE 2	MCS-15-7667	OOLA-0014/01-B	1080162	1105499	11
Pozo Profundo estadio	PE 3	MCS-15-7668	OOLA-0014/01-C	1080314	1104732	25
Acueducto La roca	PE 19	MCS-15-7669	CAPP-0001/10	1083638	1099170	41
Parque recreacional	PE 3-1	MCS-15-7670	OOLA-0014/01-B	1079741	1105051	11
San Antonio	PE 5	MCS-15-7671	OOLA-0014/01-E	1079648	1102716	6
Pozo San Francisco	PE 7	MCS-15-7672	OOLA-0014/01-G	1079181	1100789	50
Pozo Pensilvania	PE 8	MCS-15-7673	OOLA-0014/01-H	1078856	1100349	50
Caminos vecinales	PE 1-1	MCS-15-7674	OOLA-0014/01-D	1080044	1103210	40
Pozo belalcazar	PE 1-2	MCS-15-7675	OOLA-0014/01-F	1079533	1105051	40
Pozo profundo fuente II	PE 1	MCS-15-7676	OOLA-0014/01-A	1079508	1105304	19
Acueducto el recreo	ME2	MCS-15-7737	OOCA-0104/11-A	1082837	1112219	33
Acueducto el Chorro	ME1	MCS-15-7738	OOCA-0225/10	1086473	1120049	31
Acueducto la Toma	PE15	MCS-15-7739	CAPP-0154/02	1084806	1118281	46



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Descripción	Código de campo	Código	Expediente	COORDENADAS		Balance iónico %
				(Datum WGS84/Origen Bogotá)		
				E	N	
Condominio refugio campestre	PE14	MCS-15-7740	CAPP-0004/09	1083838	1115487	10
Juan Manuel Flores	PE17	MCS-15-7741	CAPP-0004/10	1082233	1113180	3
Virgilio Sánchez Garay	PE 22	MCS-15-7907	CAS-0002/2008	1070939	1093270	17
Víctor Manuel Ríos	PE 12	MCS-15-7908	CAPP-0006/10	1082685	1103244	29
Municipio Oicatá	PE 18	MCS-15-7909	OOCA-0217/10	1090185	1110062	15
Acueducto vereda carbonero	ME 3	MCS-15-7910	OOCA-0086/10-D	1077845	1111933	19
Acueducto vereda salvial	ME 8	MCS-15-7911	OOCA-0025/99-D	1080369	1110704	69
Universidad Santo Tomas	PE 11	MCS-15-7912	CAPP-0001/06	1081081	1105412	2
Héctor Alfonso Cruz	PE 20	MCS-15-7913	CAPP-0004/03	1077651	1098891	61
Acueducto el amarillal	ME 7	MCS-15-7931	OOCA-0203/09	1078474	1096991	69
Municipio Oicatá	PE 18-1	MCS-15-7932	CAPP-0005/06	1086636	1110041	7
Paraíso	N1	MCS-15-7933		1073023	1098905	42
Alcaparro	N2	MCS-15-7934		1075738	1109591	51

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Los resultados del balance iónico, presentaron valores que oscilaron entre 2 y 93%, el mayor porcentaje de desviación se registró en la estación Juan Manuel Flórez Zamorano, esta se habría asociado a la presencia de una gran cantidad de bicarbonatos en el agua situación que desbalanceo las condiciones iónicas del recurso hídrico. Esto podría estar asociado probablemente a una composición particular de la roca en el sector de monitoreo. En necesario resaltar que para 15 de las 30 estaciones el balance iónico no supero el 30%, situación que estaría acorde con las bajas conductividades reportadas en la mayoría de las estaciones visitadas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6. DEFINICIÓN DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

6.1. Caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas

En la zona de estudio, se han identificado acuíferos y acuitardos, que son rocas que por sus características de porosidad y permeabilidad tienen diferentes condiciones para almacenar y permitir el flujo de agua, cuyas definiciones se transcriben a continuación:

- Acuífero. Son materiales permeables (suelos, sedimentos o rocas), que almacenan y permite el flujo de agua.
- Acuicierres. Son rocas de muy baja permeabilidad que almacenan agua pero no permiten el flujo de ella.
- Acuitardos. El término acuitardo se aplica para rocas que almacenan agua pero solo permiten el movimiento de agua subterránea en cantidades muy pequeñas, consideradas despreciables.
- Acuifugas. Son rocas impermeables que no almacenan ni permiten el flujo de agua subterránea.

Para efectos prácticos, tanto los acuicierres como los acuitardos, también son considerados como rocas impermeables.

En términos generales, cuando una unidad geológica está integrada por intercalaciones de acuíferos y acuitardos, su caracterización se define con base en la de mayor espesor. Así por ejemplo, si la sumatoria de espesores es mayor de acuitardos, se caracteriza como un acuitardo, así esté integrada por niveles delgados de acuíferos, y viceversa.

Con el fin de identificar la presencia de acuíferos y diferenciarlos de las rocas impermeables, se hace a continuación una caracterización de las principales formaciones geológicas que afloran en el área de estudio, desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y permitir el flujo de agua.

La caracterización hidrogeológica se realizó, siguiendo la secuencia estratigráfica (de la más antigua a la más reciente).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.1.1. Formación Paja (Kimp)

Está constituida en la parte inferior por arcillolitas negras, suprayaciendo el conjunto inferior se encuentran arcillolitas, intercalados con cuarzoarenitas de grano muy fino, matriz arcillosa, micáceas, ocasionalmente areniscas blancas de grano muy fino. El espesor en el área es de 920 m.

Se ha caracterizado en conjunto como un acuitardo. Los niveles de areniscas pueden constituir acuíferos de porosidad secundaria.

6.1.2. Formación San Gil inferior (Kmsgi)

Consta de shales y limolitas con intercalaciones de arenisca más o menos calcárea y de caliza; calizas; areniscas de grano fino, y arcillas arenosas y calizas arenosas. El espesor es de 480 m.

Se ha caracterizado en conjunto como un acuitardo. Los niveles de areniscas y las calizas, pueden constituir acuíferos de porosidad secundaria, en sectores fracturados o con procesos de disolución por efecto del agua.

6.1.3. Formación San Gil superior (Kmsgs)

Constituida por una sucesión de shales con intercalaciones de caliza arenosa.

Esta formación se considera en conjunto como un acuitardo. Las capas de calizas, pueden constituir acuíferos de porosidad secundaria, en sectores fracturados y/o con procesos de disolución por efecto del agua.

6.1.4. Grupo Churuvita (Ksch)

Está conformado por areniscas en la base, por una alternancia, en la parte intermedia de arcillolitas, areniscas y calizas, y por una parte superior de arenisca y calizas.

El Grupo Churuvita se considera en conjunto un acuífero de porosidad secundaria.

6.1.5. Grupo Conejo (Kscn)

Está integrada por shales gris oscuros con delgadas intercalaciones de areniscas, arcillolitas con grandes nódulos calcáreos en la parte inferior, y shales gris oscuros, arenisca y caliza.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Se ha caracterizado en conjunto como un acuitardo. Los niveles de arenisca pueden constituir acuíferos de porosidad secundaria, en aquellas zonas en donde, por efecto de tectónismo, se encuentra fuertemente fracturada.

6.1.6. Grupo Guadalupe (Ksg)

En la zona de estudio, el Grupo Guadalupe, está integrado por las formaciones Plaeners y Arenisca de Labor y Tierna.

- Formación Plaeners (Kg2).

Se compone en la zona de estudio de delgadas capas de porcelanitas, con una parte media de arcillas y areniscas.

Es considerado como un acuífero de porosidad secundaria.

- Formación Labor y Tierna (Kg1)

La Formación Labor y Tierna se describe en la zona de estudio, en los sectores de Samacá – Combita y Soracá (en la geología del cuadrángulo J-12, Renzoni, 1967), como una unidad predominantemente arcillosa, compuesta por una sucesión de shales de gran espesor, sobre los cuales reposa un conjunto de areniscas de 10 a 50 m de espesor. De acuerdo con las observaciones realizadas por el autor, este conjunto corresponde al Miembro de la Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna, del Grupo Guadalupe de la Sabana de Bogotá, es decir, que el Miembro Arenisca de Labor, en la zona de estudio, sería predominantemente arcilloso.

De acuerdo con la anterior, en la zona de estudio, la Formación Labor y Tierna, se debería considerar en conjunto como un acuitardo, debido a que presenta un predominio de materiales arcillosos.

Los niveles de areniscas (Miembro de la Arenisca Tierna), constituyen un acuífero de porosidad primaria y secundaria, de gran importancia hidrogeológica en la zona, razón por la cual, la unidad se caracteriza como un acuífero de porosidad primaria y secundaria en el mapa hidrogeológico, conservando la caracterización hecha en la Sabana de Bogotá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.1.7. Formación Guaduas (KTg)

Formación Guaduas, está constituida en su mayoría por arcillolitas carbonáceas, areniscas y arcillas abigarradas, con presencia de mantos de carbón en diferentes espesores.

Dado que la mayor parte del espesor es arcilloso, se ha caracterizado en su conjunto como un acuitardo y a nivel regional, se comporta como tal, confinando los niveles superiores de areniscas del grupo Guadalupe. Los niveles de arenisca, pueden constituir acuíferos de porosidad secundaria, en aquellas zonas en donde se encuentren fuertemente fracturados y diaclasados, por efecto del tectonismo.

6.1.8. Formación Cacho (Tic)

La Formación Cacho está constituida por areniscas cuarzosas, de grano fino a medio en la parte superior de la sucesión y arena gruesa en los niveles inferiores, presentando algunos niveles conglomeráticos, matriz arcillosas, en la parte media, presenta horizontes arcillolíticos.

Esta unidad constituye un acuífero de porosidad secundaria, (porosidad generada después de la existencia de la roca), en aquellas zonas en donde, por efecto de tectonismo, se encuentra fuertemente fracturada.

6.1.9. Formación Bogotá (Tb)

Esta formación presenta una sucesión monótona de arcillolitas abigarradas de colores gris, violeta y rojo que conforman horizontes más o menos gruesos que se encuentran separados por niveles de areniscas arcillosas.

En su conjunto, se ha caracterizado como un acuitardo. Los niveles de areniscas arcillosas, constituyen un acuífero de porosidad primaria y secundaria, del cual se abastecen algunos pozos profundos en el área.

6.1.10. Formación Tilatá (Tst)

Está conformada por intercalaciones de arcillas abigarradas, arcillas arenosas, arenas arcillosas, arenas de grano fino a medio y areniscas conglomeráticas. La Formación Tilatá se ha caracterizado en conjunto como un acuitardo. Los niveles de arenas, areniscas conglomeráticas, pueden constituir acuíferos de porosidad primaria.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.1.11. Depósitos Fluvio- lacustres (Qfl)

Constituidos por intercalaciones de arenas y arcillas. Se consideran acuíferos de porosidad primaria.

6.1.12. Depósito Coluvial (Qc)

Se componen de bloque angulares a subangulares, hasta de 0.5 metros de diámetro, dentro de una matriz areno arcillosa. Se han caracterizado como acuíferos de porosidad primaria.

6.1.13. Depósito Aluvial (Qal)

Está constituido por gravas, fragmentos de arenisca blanca y verdosa, de grano fino; chert, arcilla amarilla, arena arcillosa de grano fino a medio, embebidos en una matriz arcillosa. Se ha caracterizado como un acuitardo, debido al carácter arcilloso de la matriz.

A continuación se hace un resumen de la caracterización hidrogeológica realizada.

Acuíferos:

- Depósito Coluvial
- Depósitos Fluvio Lacustres
- Niveles de areniscas de la Formación Bogotá
- Formación Cacho
- Miembro Arenisca Tierna (Formación Labor y Tierna)
- Formación Plaeners
- Formación Churuvita

Acuitardos:

- Depósito Aluvial
- Formación Tilatá
- Formación Bogotá
- Miembro Labor (Formación Labor y Tierna)
- Formación Guaduas
- Formación Conejo
- Formación San Gil Superior
- Formación San Gil Inferior
- Formación Paja



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Acuifugas:

En la zona de estudio, no afloran formaciones geológicas caracterizadas como acuifugas.

6.2. Unidades de análisis de aguas subterráneas

Las unidades de análisis que se han seleccionado para el presente estudio, de acuerdo con los lineamientos del ERA, son las subcuencas hidrogeológicas, que corresponden al conjunto de materiales que funcionan hidrogeológicamente de un modo unitario y pueden comprender diversos acuíferos separados localmente por materiales impermeables siempre que estén interconectados hidráulicamente a nivel regional.

Las unidades de análisis se definieron teniendo en cuenta la geología en general y particularmente el control estructural ejercido por la presencia y continuidad de anticlinales, sinclinales y fallas regionales, que dan lugar a las subcuencas hidrogeológicas.

6.3. Identificación y delimitación de las subcuencas hidrogeológicas de la zona de estudio

Para delimitar y definir las subcuencas hidrogeológicas en la zona de estudio, se hizo una evaluación del mapa hidrogeológico y de las secciones algunas geológicas presentadas en el presente estudio.

En las Figura 6-1y Figura 6-3, se presentan dos secciones geológicas (3-3' y 1-1', del modelo geológico básico), trazadas perpendicularmente al rumbo de la estructura regional, localizadas sur y al norte, respectivamente de la zona de estudio. (Ver **Anexo 1.2 – Mapa Geológico**)

En las Figura 6-2 y Figura 6-4, las unidades geológicas se han transformado en unidades hidrogeológicas cambiando su color, de acuerdo con las siguientes convenciones utilizadas en el mapa hidrogeológico:

Acuitardos: Color amarillo claro u ocre.

Acuíferos de porosidad primaria: color azul

Acuíferos de porosidad secundaria: Color verde.

En estas secciones, se pueden identificar de oriente a occidente, los siguientes sinclinales que corresponden a subcuencas hidrogeológicas separadas, de acuerdo con los análisis que se hacen a continuación.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



6.3.1. Sección geológica 3-3' y sección geológica (sur de la zona de estudio)

- Sinclinal de Tunja

En la Figura 6-1, se puede observar que la cuenca del sinclinal de Tunja, en la zona de estudio, se halla delimitada hidrogeológicamente al oriente, por la falla de Chivatá (en algunos sectores, como se puede observar en la Figura 6-2, está delimitada localmente por pequeñas estructuras, tales como el anticlinal de Puente Hamaca); y al occidente por el anticlinal de Motavita, que la aísla hidrogeológicamente de la estructura que la delimita, correspondiente al sinclinal de Albarracín.

De acuerdo con las condiciones descritas previamente, se infiere que los niveles acuíferos del Grupo Guadalupe (Miembro Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna (Kg1), y La Formación Plaeners (Kg2)), no tienen continuidad física hacia el oriente, porque se halla interrumpida por la falla de Chivata, en gran parte de la zona de estudio. Al occidente, el eje del anticlinal de Motavita, constituye un límite hidrogeológico hidráulico, de acuerdo con los conceptos básicos de la hidráulica de aguas subterráneas.

En la Figura 6-2, se puede observar que en el núcleo del sinclinal de Tunja, se encuentra la Formación Bogotá (Tb), considerada en conjunto un acuitardo (color ocre utilizado para formaciones impermeables confinantes), yaciendo sobre la Formación Cacho (Tic), que junto a algunos niveles de areniscas de la Formación Bogotá, constituyen el acuífero Superficial.



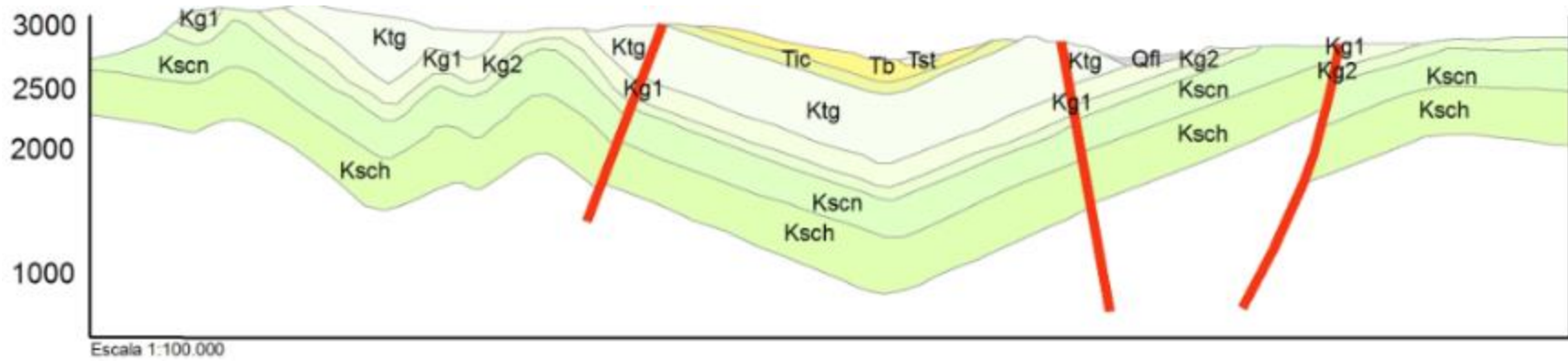
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



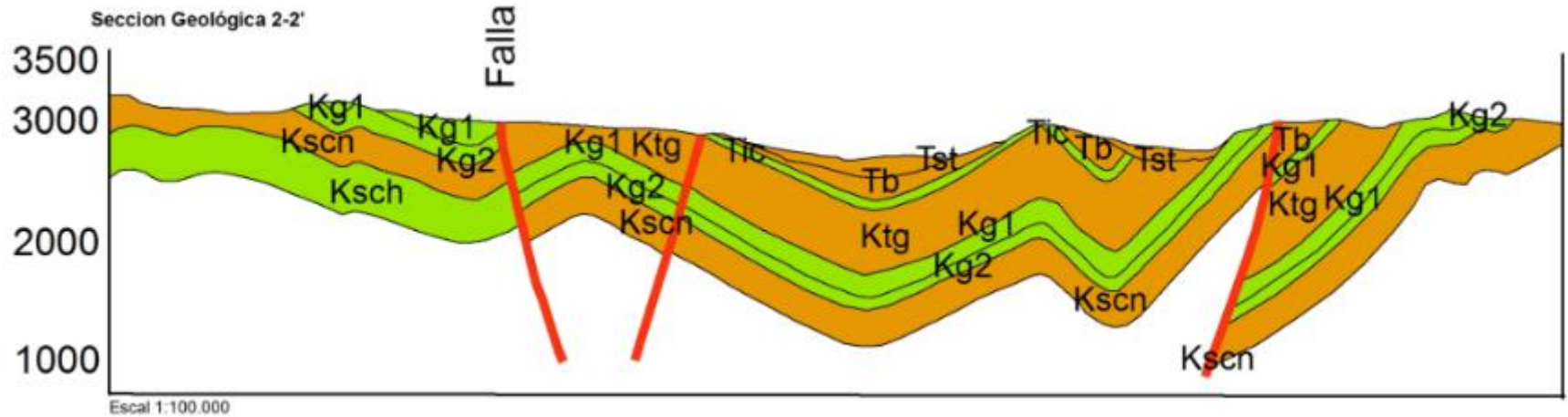
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 6-1. Sección geológica 3-3'



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)

Figura 6-2. Sección Hidrogeológica



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En seguida, se encuentra la Formación Guaduas (en color ocre), suprayaciendo las areniscas del Miembro Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna (Kg1), que integran, con la Formación Plaeners, el acuífero más profundo, (en color verde, utilizado para representar acuíferos de porosidad secundaria).

Bajo la Formación Plaeners (Kg2), se encuentran la Formación Conejo (Kscn), caracterizada como un acuitardo (color ocre), la cual se encuentra confinando las areniscas de la Formación Churuvita (en color verde), considerada un acuífero de porosidad secundaria. Bajo esta última, se encuentran las formaciones, San Gil Superior, San Gil Inferior, Paja, que constituyen acuitardos representados en color ocre.

Estas características hidrogeológicas se continúan hacia el sur, hasta el límite de la zona de estudio; y hacia el norte, como se puede apreciar en la figura y (sección geológica 2-2'), hasta inmediaciones al municipio de Combita.

La cuenca del sinclinal de Tunja, corresponde a la principal subcuenca hidrogeológica en la zona de estudio, en la cual se encuentra enmarcado el Sistema Acuífero de Tunja.

- Sinclinal de Albarracín

En dirección occidental, sigue el sinclinal de Albarracín que posee límites hidráulicos en ambos costados a lo largo del eje del anticlinal de Motavita al oriente, y del eje del anticlinal de Samacá – Cucaita al occidente (hacia sur de la sección).

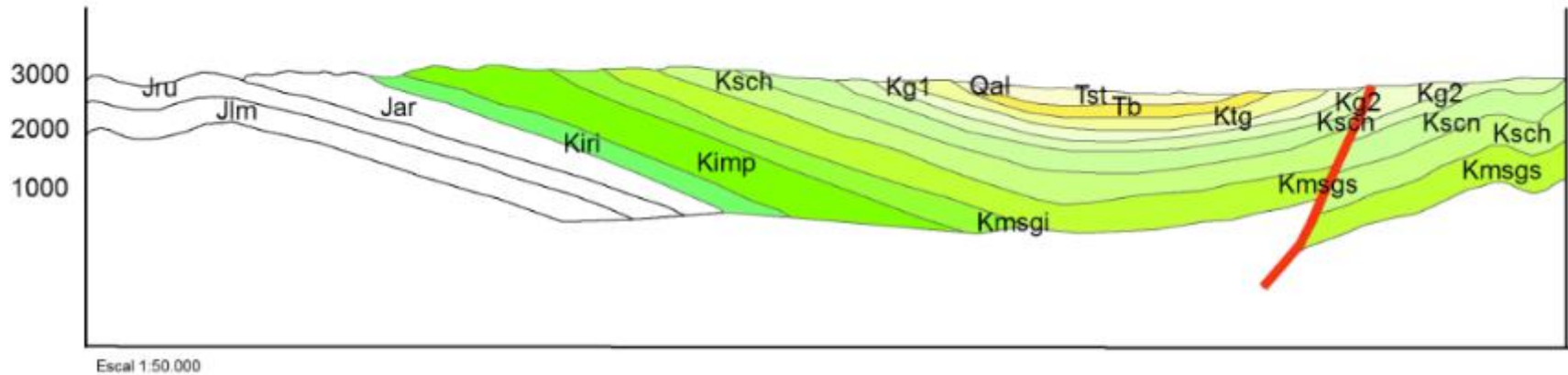
En la figura 6.1, se puede observar que la cuenca del sinclinal de Albarracín, se halla hidrogeológicamente aislada de las dos estructuras que lo delimitan: al oriente, el sinclinal de Tunja, por medio del Anticlinal de Motavita, y al occidente, el sinclinal de Gachaneca (por fuera del área de estudio), por medio del anticlinal de Cucaita – Samacá (al sur), o por estructuras anticlinales locales.

6.3.2. Sección geológica 1-1' y sección hidrogeológica

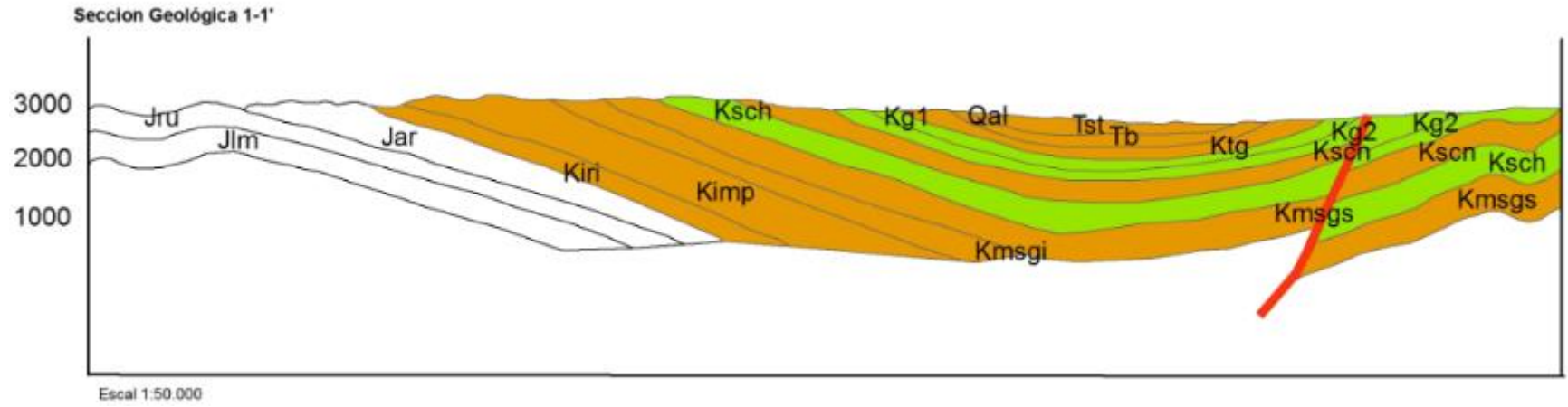
Al noroccidente de la zona de estudio, el anticlinal de Motavita, el sinclinal de Albarracín y el anticlinal de Samacá – Cucaita, no tienen continuidad, y el sinclinal de Tunja, en este sector, está delimitado por el eje del Anticlinal de Arcabuco.

En las secciones de las Figura 6-3 y Figura 6-4, solamente se puede apreciar la presencia de la sub cuenca del sinclinal de Tunja, que en el sector de El Barne, está delimitada hidrogeológicamente, al oriente, por la Falla de Chivata, y al occidente por el eje del Anticlinal de Arcabuco. No existen allí los plegamientos identificados en la parte media y sur del área de estudio.

Figura 6-3. Sección geológica 1-1'



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)
Figura 6-4. Sección Hidrogeológica



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En el núcleo del sinclinal del Tunja (Figura 6-4), se encuentra la Formación Bogotá confinando las areniscas de la Formación Cacho (en color verde, que identifica los acuíferos de porosidad secundaria). La Formación Guaduas (color ocre, utilizado para identificar acuitardos y formaciones impermeables confinantes), yace sobre las formaciones Labor y Tierna y Plaeners (en color verde, utilizado para representar acuíferos de porosidad secundaria). Por debajo del Grupo Guadalupe, se encuentra La formación Conejo (Kscn), en color ocre, considerada un acuitardo. Esta formación suprayace a la Formación Churuvita- Ksch, (en color verde), considerada en conjunto un acuífero de porosidad secundaria.

Bajo esta última yacen las formaciones San Gil Superior, San Gil Inferior, Paja, que constituyen acuitardos representados en color ocre.

De acuerdo con las condiciones descritas, se infiere que los niveles acuíferos del Grupo Guadalupe (Miembro Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna (Kg1), y La Formación Plaeners (Kg2)), no tienen continuidad física hacia el oriente porque se halla interrumpida por la falla de Chivata. Al occidente, el eje del anticlinal de Arcabuco, constituye un límite hidráulico.

6.4. Mapa Hidrogeológico

Con base en el mapa geológico y en la caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas se elaboró el mapa Hidrogeológico (**Anexo 1.2 – Mapa Hidrogeológico**), el cual se describe en forma detallada a continuación.

Para la elaboración del mapa hidrogeológico se utilizaron las convenciones internacionales recomendadas por la UNESCO y la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (Struckmeier, W.F., et. al. 1995), para tales tipos de mapas, de acuerdo con la siguiente agrupación:

6.4.1. Acuíferos con porosidad primaria

Conformados por las formaciones geológicas, que están integradas por rocas o sedimentos que poseen porosidad primaria. En estos acuíferos la porosidad existente se formó al mismo tiempo que la roca. Se representan de color azul claro a oscuro según su grado de importancia hidrogeológica. En la zona se identificaron los siguientes acuíferos de porosidad primaria.

- Los Depósitos Coluviales: Forman acuíferos discontinuos de extensión local, libres o confinados, con delgados espesores saturados.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Los Depósitos Fluvio Lacustres: Forman acuíferos discontinuos de extensión local, libres o confinados, con delgados espesores saturados.
- Niveles de areniscas de la Formación Bogotá. Constituyen acuíferos de porosidad primaria, de extensión regional, confinados.
- Areniscas del Miembro Tierna: En algunos mapas se presentan como acuíferos de porosidad primaria y en otros como de porosidad secundaria ya que pueden tener ambos tipos de porosidad.

6.4.2. Acuíferos con porosidad secundaria

La porosidad de estos acuíferos fue desarrollada después de la formación de la roca, se da principalmente por fracturamiento. Se representan con color verde en diferentes tonalidades, según su grado de importancia hidrogeológica.

En la zona de estudio, se han clasificado los siguientes:

- Formación Cacho: Esta unidad constituye un acuífero de porosidad secundaria, en aquellas zonas en donde, por efecto de tectonismo, se encuentra fuertemente fracturada. Forman acuíferos discontinuos de extensión subregional, confinados o libres, con moderados a grandes espesores saturados.
- Miembro Arenisca Tierna (Formación Labor y Tierna): Las areniscas constituyen un acuífero de porosidad primaria y secundaria. Éstas areniscas forman acuíferos de extensión regional, confinados o semiconfinados, transmisividad variable, dependiendo del grado de fracturamiento, cementación y compactación.
- Formación Plaeners: Es considerado como un acuífero de porosidad secundaria.
- Formación Churuvita: Las areniscas constituyen un acuífero de porosidad secundaria, de extensión regional, confinados.

6.4.3. Acuitardos

Son rocas de muy baja permeabilidad que almacenan agua pero no permiten el flujo de ella en cantidades significativas. Se representan en colores amarillos a ocre.

En la zona de estudio se identificaron los siguientes: Depósito Aluvial, Formación Tilatá, Formación Bogotá, Formación Guaduas, Miembro Labor (Formación Labor y Tierna), Formación Conejo, Formación San Gil Superior, Formación San Gil Inferior, Formación Paja.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.4.4. Acuifugas

Son rocas impermeables que no almacenan ni permiten el flujo de agua subterránea.

Se representan con colores rojizos. En el área de estudio no afloran acuifugas.

6.4.5. Sistemas Acuíferos

Los acuíferos identificados en la zona de estudio, se han agrupado en el denominado Sistema acuífero de Tunja.

En el sistema acuífero de Tunja existen dos complejos acuíferos bien diferenciados: el primero (más superficial) corresponde a un acuífero compuesto por rocas del Terciario, integrado por niveles de areniscas de la Formación Bogotá y la Formación Cacho.

El segundo corresponde a un acuífero de mayor profundidad, compuesto por rocas sedimentarias del Cretáceo, granulares tipo areniscas, friables y cementadas, de grano fino, fracturadas, compuesto en la zona de estudio por el Miembro Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna y La Formación Plaeners.

6.5. Modelo hidrogeológico conceptual del sistema acuífero de Tunja

Con el fin de establecer el modelo hidrogeológico conceptual (MHC), se integró la información geológica, geofísica, hidrológica, hidrogeoquímica, hidráulica e hidrodinámica.

- Evaluación geológica

En el numeral 2.2, se hace una descripción detallada de la estratigrafía, de la geología estructural en la zona de estudio, y se presenta el modelo geológico básico, con base en información disponible y control de campo.

- Evaluación geofísica

El método geofísico utilizado en la zona de estudio, consiste en la ejecución de sondeos eléctricos verticales (SEV), orientados a la prospección de aguas subterráneas. En algunos casos, solo se realizó un (1) sondeo eléctrico en el sitio, con el fin de determinar la profundidad y espesor de los posibles niveles acuíferos y de las capas impermeables, por lo que la información obtenida es puntual, y no permite establecer continuidad lateral y distribución de los niveles productores de agua.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Evaluación hidrológica

El modelo hidrológico se construyó a partir de información hidroclimática e inventarios de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales).

En el área de estudio, se realizó un inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales), con el diligenciamiento del formato único nacional de inventario de aguas subterráneas (FUNIAS).

Se inventariaron 691 puntos de agua subterránea, de los cuales 592 son manantiales. Con el inventario se obtuvo información acerca de los usuarios, usos del agua subterránea, demanda, estado, diseño, características hidráulicas de los pozos profundos, parámetros físico químicos, caudales, etc.

En el **Anexo 3 – Inventario de puntos de agua subterránea**, se presentan los FUNIAS (Formato único nacional para inventario de aguas subterráneas), para cada uno de los puntos de agua identificados en la zona de estudio.

- Evaluación hidrogeoquímica

La información hidrogeoquímica es muy limitada, si se tiene en cuenta la información disponible y el número de puntos de agua subterránea identificados en la zona de estudio.

La información disponible corresponde principalmente a la suministrada por la Empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. de 15 pozos profundos, de los cuales se abastece en parte el acueducto de la ciudad de Tunja.

Por otra parte se recopilaron datos fisicoquímicos de muestras de agua subterránea extraída de pozos profundos (Ver **Anexo 4.1 – Físicoquímica disponible en los expedientes de concesión**), construidos en la zona de estudio, y de algunos manantiales que abastecen acueductos veredales y municipales.

En el **Anexo 4.1**, se resumen los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes y manantiales), con información físico química disponible, y los parámetros evaluados.

En desarrollo del presente estudio, se seleccionaron y muestrearon treinta (30) puntos de agua subterránea, entre pozos y manantiales, que captaran agua subterránea proveniente del acuífero superficial y profundo. Se midieron parámetros in situ (pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos en suspensión), y iones mayoritarios (Na, Ca, Mg, K, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃ y Si), con el fin de hacer la clasificación hidrogeoquímica del agua, clasificar el agua para consumo humano y riego.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Evaluación hidráulica

Con base en la información disponible de los pozos profundos operados por la Empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P., y en los expedientes de Corpoboyacá, se determinaron los parámetros hidráulicos de los principales acuíferos, y se reconocieron los tipos de acuíferos desde el punto de vista hidráulico (libre, confinado, semiconfinado), en la zona de estudio

- Modelo hidrogeológico conceptual

El modelo hidrogeológico conceptual del sistema acuífero de Tunja, se desarrolló a partir del análisis e integración de la información geológica (disponible y levantada en campo), hidrogeológica, geofísica, hidrológica, hidrogeoquímica, e hidráulica, disponible y suministrada por Corpoboyacá de la zona de estudio.

Los acuíferos identificados en la zona de estudio, se han agrupado en el denominado Sistema acuífero de Tunja.

En el sistema acuífero de Tunja existen dos complejos acuíferos bien diferenciados: el primero (superficial) corresponde a un acuífero compuesto por rocas del Terciario, integrado por niveles de areniscas de la Formación Bogotá y la Formación Cacho.

El segundo correspondiente al acuífero de mayor profundidad, integrado en la zona de estudio por el Miembro Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna (de acuerdo con la descripción litológica, el Miembro Labor en la zona de estudio es predominantemente arcillolítico), y La Formación Plaeners.

El modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero de Tunja (superficial y de mayor profundidad), se definió a partir de la integración de los modelos hidrogeológicos elaborados por la USTA, para el acuífero superior (conocido como acuífero superficial), en el estudio “Formulación del Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja”, y por la UPTC, para el acuífero profundo (Formación Labor y Tierna), en el estudio “Investigación de las aguas subterráneas en marco de la implementación parcial de los planes de manejo y protección de los acuíferos de Tunja y Duitama, formulación del manejo ambiental de las aguas subterráneas – termominerales de Paipa”, complementados con otros estudio realizados en el área, entre los cuales se encuentra el realizado por Hidroceron Ltda, en la zona sur occidental del sinclinal de Tunja.

En las Figura 6-5 y Figura 6-6, se presenta mediante dos secciones hidrogeológicas, el modelo hidrogeológico conceptual para la zona de estudio, en las cuales se explica el comportamiento y distribución del agua subterránea (zonas de recarga y descarga,



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



tipos de acuíferos y dirección del movimiento regional del agua subterránea), con base en la información disponible.

6.5.1. Extensión y profundidad de unidades hidrogeológicas consideradas como acuíferos

La extensión lateral de los acuíferos se presenta en el mapa Hidrogeológico **Anexo 1.2 – Mapa Hidrogeológico**, en el cual se pueden observar los límites laterales de cada una de las unidades hidrogeológicas. La profundidad de las unidades hidrogeológicas, se puede observar en las secciones hidrogeológicas de las Figura 6-5 y Figura 6-6, mediante las cuales, se representa el modelo hidrogeológico conceptual de la zona de estudio.

6.5.1.1. Subcuenca hidrogeológicas del sinclinal de Tunja

Acuífero superficial

El acuífero superficial, está conformado por las areniscas de la Formación Cacho y por algunos niveles de areniscas de la Formación Bogotá.

En la zona de estudio, el acuífero superficial, se encuentra integrando principalmente, la subcuenca hidrogeológica del Sinclinal de Tunja, como se puede observar en las Figura 6-5, y Figura 6-6.

Los niveles de areniscas de la Formación Cacho (Tic), se extienden por kilómetros, en dirección NE – SW, a lo largo de los flancos del Sinclinal de Tunja, (como se puede apreciar en el **Anexo 1.2 – Mapa Geológico** y se pueden considerar como un acuífero regional, cuya extensión lateral depende, de su espesor y de la estructura geológica en donde se encuentra.

Las areniscas de la Formación Cacho, se encuentran a profundidades que van desde cero (0) metros en las partes altas (en donde se encuentran aflorando), y se van profundizando en dirección al buzamiento de las capas, hasta profundidades del orden de los 244 m (pozo Cooservicios II), en el centro del sinclinal de Tunja, como se puede observar en las figuras 6.25 y 6.26.

Con base en los registros litológicos de algunas perforaciones, para la construcción de pozos profundos en inmediaciones a la ciudad de Tunja, el techo de la Formación Cacho, se encuentra entre los 150 m y 244 m de profundidad en el eje del sinclinal (v.gr. San Francisco (150 m), Pensilvania (163 m), Silvino Rodríguez (231 m) y Cooservicios (244 m)).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



El espesor promedio de los niveles de areniscas captados en los pozos profundos de ciudad de Tunja, de acuerdo con la información disponible de los diseños de los pozos y los registros litológicos es de 25 m.

Los niveles de areniscas de la Formación Bogotá (Tb), se encuentran intercalados entre capas de arcillolitas y limolitas. La Formación Bogotá, está cubierta en gran parte por formaciones más recientes, tales como, la Formación Tilatá y los depósitos recientes.



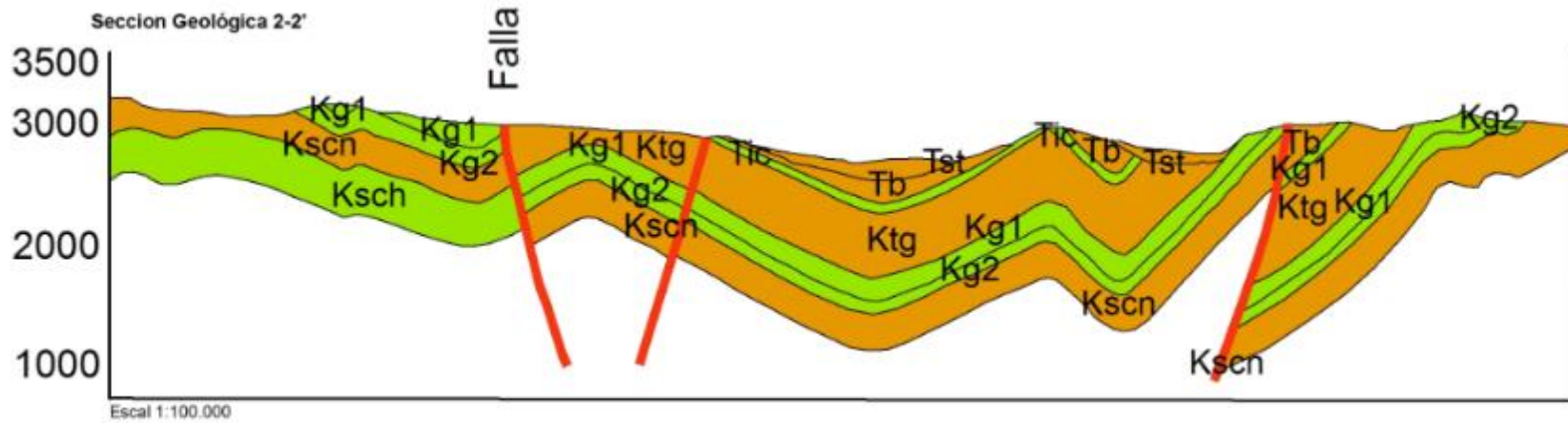
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



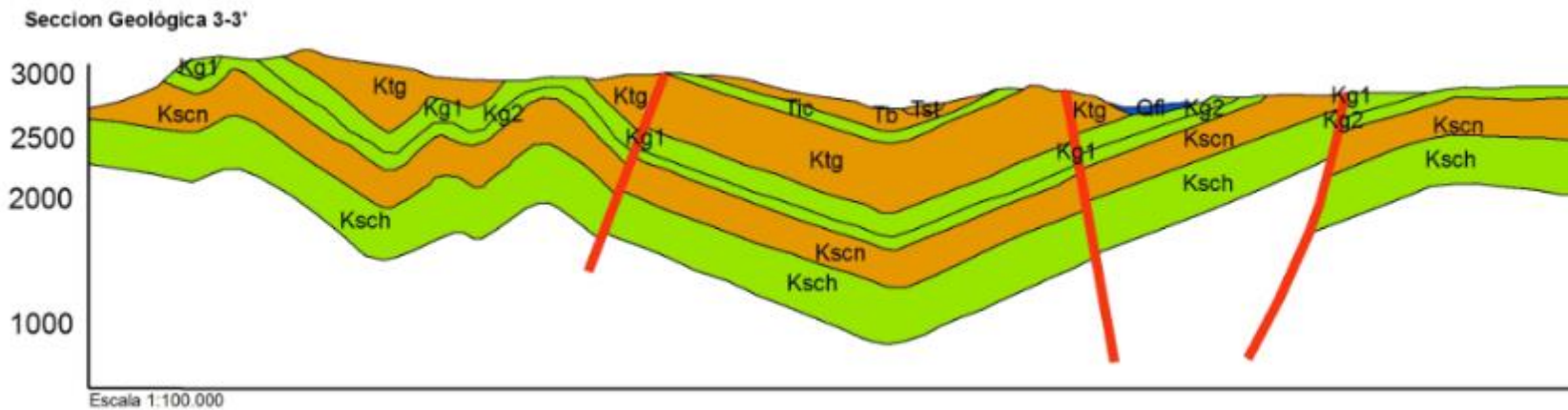
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 6-5. Modelo hidrogeológico conceptual (Sección hidrogeológica 2-2')



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)

Figura 6-6. Modelo hidrogeológico conceptual (Sección hidrogeológica 3-3')



Fuente: Cortes esquemáticos de la Plancha 191 (Ingeominas, 1998)



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



De acuerdo con las correlaciones litoestratigráficas, realizadas en el estudio del Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja (USTA, 2005), entre algunos pozos profundos de la ciudad de Tunja, los niveles de areniscas de la Formación Bogotá, no tienen continuidad lateral, (v.gr. correlación pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicos, Silvino Rodríguez), razón por lo cual, se consideran como acuíferos subregionales a locales, cuya extensión lateral depende de su espesor, continuidad y de la estructura geológica (regional o local).

La profundidad a la cual se encuentran los principales niveles de areniscas de la Formación Bogotá, es muy variable. De acuerdo con la información disponible de registros litológicos y diseños de los pozos profundos, se infiere que los niveles de areniscas (saturados) más superficiales, captados en los pozos profundos de la ciudad de Tunja, se encuentran aproximadamente a partir de 34 m de profundidad (pozo Runta), 50 m de profundidad (pozo Pensilvania), 75 m de profundidad (La Fuente), 80 m de profundidad (pozo Caminos Vecinales), 111 m de profundidad (pozo San Antonio), 113 m de profundidad (pozo Silvino Rodríguez), 124 m de profundidad (pozo Cooservicios II), hasta 137 m de profundidad (pozo Estadio).

El espesor promedio de los niveles permeables captados de la Formación Bogotá, en los pozos profundos, de acuerdo con los diseños de los pozos es de 30 m.

Acuífero de mayor profundidad

El acuífero de mayor importancia del Sistema acuífero de Tunja, está conformado por las areniscas del Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna y por la Formación Plaeners, por su extensión y continuidad lateral regional.

En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, la Formación Labor y Tierna y la Formación Plaeners, se extienden desde el sur de Tunja, en donde se encuentra el cierre periclinal del sinclinal, hasta la localidad del Manzano, donde el sinclinal de Tunja, termina probablemente contra la Falla de Boyacá.

Las areniscas del Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna se encuentran a profundidades que van desde cero (0) metros en las partes altas (en donde se encuentran aflorando), y se van profundizando en dirección al buzamiento. En el eje del sinclinal, el techo de la Formación Labor y Tierna se encuentra ente los 750 m, de profundidad al sur, y los 1000 m, de profundidad al norte del sinclinal (Figura 6-5 y Figura 6-6).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



6.5.1.2. Subcuenca hidrogeológicas del sinclinal de Albarracín

Acuífero superficial

En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín, las formaciones Cacho y Bogotá, que constituyen el acuífero superficial, han sido erosionadas en la mayor parte de la subcuenca, y solamente se encuentran remanentes al suroccidente del municipio de Combita.

De acuerdo con la información disponible de pozos perforados en el área, la Formación Cacho (Tic), se encuentra aproximadamente a partir de los 86 m de profundidad, en el pozo profundo de la Finca La Mecha (CAPP-0004/10). El espesor promedio de los niveles permeables captados es de 38 m.

Los niveles de areniscas de importancia hidrogeológica de la Formación Bogotá (Tb), se encuentran aproximadamente a partir de los 47 m de profundidad (CAPP-0004/10).

Acuífero de mayor profundidad

En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín (localizada al occidente de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja), la Formación Labor y Tierna, se encuentra entre los cero (0) metros, y aproximadamente los 500 m, de profundidad, en el eje del sinclinal.

No se dispone de información de los registros de perforación de los pozos existentes en la subcuenca hidrogeológica del Albarracín.

En el numeral 12, Oferta de agua subterránea, se determinan las reservas para el acuífero superficial y el de mayor profundidad.

6.5.2. Infiltración y recarga

Con el fin de caracterizar la infiltración y recarga del acuífero superficial y del acuífero de mayor profundidad, en las subcuencas hidrogeológicas del sinclinal de Tunja y del sinclinal de Albarracín, se tuvo en cuenta la información, relacionada con los siguientes aspectos:

- Características geológicas
- Balance hídrico



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.5.2.1. Subcuenca hidrogeológicas del sinclinal de Tunja

6.5.2.1.1. Características geológicas

La infiltración y recarga se produce en donde afloran los acuíferos, es decir, que las zonas de recarga coinciden con las zonas de afloramiento de los acuíferos, identificadas y delimitadas en el mapa hidrogeológico (Ver **Anexo 1.2 – Mapa Hidrogeológico**).

Las áreas de afloramiento del acuífero superficial (Areniscas de la Formación Cacho y niveles de areniscas de la Formación Bogotá y), y del acuífero de mayor profundidad (Formación Labor y Tierna y Formación Plaeners), constituyen las áreas de recarga de los acuíferos principales, con base en las cuales se definen y delimitan las zonas de protección de los acuíferos.

Como puede verse en el mapa hidrogeológico, la mayor parte de la subcuenca, está cubierta por acuitardos (formaciones impermeables o de muy baja permeabilidad), lo cual impide la infiltración y recarga hacia los acuíferos que se hallan en profundidad, en el subsuelo de la parte central de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

6.5.2.1.2. Identificación de áreas de recarga en la subcuenca hidrogeológica del Sinclinal de Tunja.

- Acuífero superficial

Como se ha definido previamente, el acuífero superficial, se considera integrado por algunas capas de areniscas de la Formación Bogota y por las areniscas de la Formación Cacho, las cuales son captadas por la mayoría de los pozos construidos en inmediaciones a la ciudad de Tunja.

Los niveles de areniscas de la Formación Bogotá, se encuentran intercalados dentro de una secuencia predominantemente arcillolítica, y no son cartografiables en superficie.

Las áreas de afloramiento de la Formación Cacho (claramente definidas en el mapa hidrogeológico), constituyen las áreas de recarga de los niveles acuíferos.

El área de afloramiento de la Formación Cacho (Tic), es relativamente pequeña, aspecto que no es favorable para la infiltración y recarga del acuífero.

La infiltración es desfavorecida adicionalmente, por la ausencia de bosque y por las pendientes del terreno que generan una alta escorrentía superficial.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Acuífero de mayor profundidad

Las áreas de recarga del acuífero de mayor profundidad, constituido por el Miembro Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna, y la Formación Plaeners, que se hallan claramente diferenciadas en el mapa hidrogeológico.

Las areniscas de la Formación Labor y Tierna, que constituyen el acuífero de mayor profundidad, afloran generalmente en la zona montañosa y en las lomas circundantes.

La descripción de coberturas de suelo en las áreas de recarga se encuentran en el numeral 7.3.

6.5.2.1.3. Balance hídrico

El balance hídrico que se presenta detalladamente en el Capítulo 4, señala que la infiltración promedio anual, en la zona de estudio (dentro de la cuenca hidrológica analizada), es de 51.704.152 m³/año.

En el numeral 12, correspondiente al cálculo de la oferta de agua subterránea en la zona de estudio, se presenta el cálculo y análisis de la recarga para las subcuencas hidrogeológicas y para los acuíferos, superficial y de mayor profundidad.

6.5.2.2. Subcuenca hidrogeológicas del sinclinal de Albarracín

6.5.2.2.1. Características geológicas

La infiltración y recarga se produce en donde afloran los acuíferos, es decir, que las zonas de recarga coinciden con las zonas de afloramiento de los acuíferos (zonas montañosas), identificadas y delimitadas en el mapa hidrogeológico (Ver **Anexo 1.2 – Mapa Hidrogeológico**).

Como puede verse en el mapa hidrogeológico, al igual que en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, la mayor parte de la subcuenca del sinclinal de Albarracín, está cubierta por formaciones impermeables o de muy baja permeabilidad consideradas como acuitardos, lo cual impide la infiltración y recarga hacia los acuíferos que se hallan en profundidad, en el subsuelo de la parte central de la subcuenca.

6.5.2.2.2. Identificación de áreas de recarga en la subcuenca hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Acuífero superficial

El acuífero superficial ha sido erosionado en la mayor parte de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín. Al suroccidente del municipio de Combita, afloran las areniscas de la Formación Cacho (claramente definidas en el mapa hidrogeológico), que constituyen las áreas de recarga de los niveles acuíferos.

- Acuífero de mayor profundidad

Las áreas de recarga del acuífero de mayor profundidad, constituido por el Miembro Arenisca Tierna de la Formación Labor y Tierna, y la Formación Plaeners, se hallan claramente diferenciadas en el mapa hidrogeológico.

La Formación Labor y Tierna, en inmediaciones al municipio de Motavita, aflora en una gran extensión integrando el núcleo del sinclinal de Albarracín y el flanco occidental del anticlinal de Motavita. Hacia el flanco occidental del sinclinal, la Formación Labor y Tierna, se encuentra replegada, integrando el núcleo de estructuras sinclinales y anticlinales, de carácter local.

La descripción de coberturas de suelo en las áreas de recarga se encuentran en el numeral 7.3.

6.5.2.2.3. Cuantificación de las áreas de recarga de la zona de estudio

En el **Anexo 1.2 - Mapa Áreas de recarga**, se presenta la delimitación y cartografía de las áreas de recarga del acuífero superficial y el de mayor profundidad, y en la Tabla 6-1, se presenta la cuantificación de las zonas de recarga de cada uno de los acuíferos, para cada una de las subcuencas hidrogeológicas identificadas.

Tabla 6-1. Cuantificación de las áreas de recarga de los acuíferos (km²)

Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja	
Acuífero superficial	Área (Km ²)
Formación Cacho (Tic)	20,35
Acuífero mayor profundidad	
Formación Labor y Tierna (Kg1)	42,22
Formación Plaeners (Kg2)	21,66

Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín	
Acuífero superficial	Área (Km ²)
Formación Cacho (Tic)	5,89



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Acuífero de mayor profundidad	
Formación Labor y Tierna (Kg1)	44,10
Formación Plaeners (Kg2)	18,53

Subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivata	
Acuífero superficial	Área(Km ²)
Formación Cacho (Tic)	4,76
Acuífero de mayor profundidad	
Formación Labor y Tierna (Kg1)	33,42
Formación Plaeners (Kg2)	12,22

Fuente: Hidroboyacá 2015

De acuerdo con la información litoestratigráfica de las perforaciones de los pozos profundos en la zona de estudio, los niveles de areniscas de la Formación Bogotá (Tb), se encuentran cubiertos por rocas impermeables o de muy baja permeabilidad consideradas como acuitardos, lo cual limita la infiltración y recarga de los mismos, razón por la cual, las áreas de afloramiento de la Formación Bogotá, no se presentan como áreas de recarga.

6.5.3. Descarga

La descarga de los acuíferos en las subcuencas hidrogeológicas, se presenta por medio de pozos profundos, manantiales, aljibes.

De acuerdo con la información obtenida de la revisión de los expedientes de aguas subterráneas suministrados por Corpoboyacá y Corpochivor, en la zona de estudio se encuentran registrados: 37 pozos profundos con pruebas de bombeo, en 20 expedientes revisados (21 pozos de particulares y 16 pozos operados por Proactiva), 173 manantiales (125 expedientes), y 5 aljibes (5 expedientes).

Actualmente, se encuentran con concesión vigente: 27 pozos (12 operados por particulares y 15 de Proactiva), 92 manantiales (59 Sinclinal Tunja, 30 Sinclinal de Albarracín y 3 al oriente de la Falla de Chivata), y 2 aljibes.

En la Tabla 6-2, se presenta la relación de los pozos profundos construidos, y la condición actual de la concesión de aguas subterráneas, con base en la información disponible En el **Anexo 5.4 - Tablas finales del inventario de expedientes**, se presentan las tablas correspondientes a los manantiales y aljibes.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 6-2. Pozos profundos para extracción de agua subterránea construidos en la zona de estudio.

EXPEDIENTE	MUNICIPIO	VEREDA	USUARIO	COORDENADAS		ESTADO DE LA CONCESIÓN
				X	Y	
CAPP-0014/09	Combita	San Onofre	Gabriel Herrera Vanegas	1082256	1111112	Vencida
CAPP-0009/09	Combita	San Isidro	Acueducto Pozo Profundo Surquira	1083690	1117273	Vencida
CAPP-0154/02	Combita	San Isidro	Acueducto La Toma	1084914	1118451	Vencida
CAPP-0031/10	Oicatá	Guintiva	María Victoria Malaver	1090211	1117300	Vigente
CAPP-0006/10	Tunja	Pirgua	Víctor Manuel Ríos Acevedo	1082686	1103245	Vigente
CAPP-0004/03	Tunja	Runta	Héctor Alfonso Cruz	1077648	1098892	Vigente
CAPP-0001/06	Tunja	Pirgua	Universidad Santo Tomas	1081068	1105307	Vencida
OOLA-0014/01 PROACTIVA	Tunja	Casco Urbano	Pensilvania	1078100	1100328	Vigente
			San Francisco	1079180	1100810	Vigente
			Cooservicios 2	1079888	1101615	Vigente
			Cooservicios 1	1080480	1102743	Vigente
			San Antonio	1079677	1102700	Vigente
			Caminos vecinales	1080028	1103214	Vigente
			Silvino Rodríguez	1080900	1102900	Vigente
			Batallón Bolívar 1	1080480	1103770	Vigente
			Batallón Bolívar 2	1080480	1103750	Vigente
			Estadio	1080315	1104734	Vigente
			Remonta	1080000	1104530	Vigente
			UPTC	1080170	1105250	Vigente
			Recreacional	1079750	1105320	Vigente
			Belalcazar	1079465	1105270	Vigente
			Fuente 2	1079505	1105307	Vigente
		Runta	1078100	1100600	Vencida	
CAS-0002/2008	Ventaquemada	Puente Boyacá	Virgilio Sánchez Garay	1070927	1093227	Vigente
CAPP-0004/14	Sotaquirá	Moral	Leonel Alfonso Puerto Rodríguez	1090824	1124430	En Tramite
CAPP-0004/09	Combita	San Isidro	Condominio Refugio Campestre	1083838	1115487	Vigente
OOCA-0155/08	Combita	San Onofre	Municipio de Combita	1082783	1115687	Vigente



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



EXPEDIENTE	MUNICIPIO	VEREDA	USUARIO	COORDENADAS		ESTADO DE LA CONCESIÓN
				X	Y	
CAPP-0004/10	Combita	San Onofre	Juan Manuel Flórez Zamorano	1082227	1113138	Vigente
OOCA-0163/10	Motavita	Salvial	Municipio De Motavita	1079782	1110370	Vigente
				1080380	1110295	Vigente
OOCA-0086/12	Tunja	Tras del Alto	Acueducto Vda. Tras Del Alto	1073916	1105998	Vigente
				1073297	1105959	Vigente
OOCA-0344/98	Combita	La Concepción	Municipio de Combita	1079813	1113711	En Tramite
CAPP-0019/13	Motavita	Rista	Juan Manuel Flórez Zamorano	1077190	1107725	En Tramite
OOCA-0217/10	Oicatá	Forantiva	Municipio de Oicatá - Luis Eduardo Páez	1090563	1109747	Vigente
CAPP-0001/10	Soracá	Salitre	Acueducto La Roca	1084023	1098878	Vencida
CAPP-0010/10	Tuta	Leonera	Pablo López Corredor	1095784	1115000	En Tramite

Fuente: Hidroboyacá 2015

En el Capítulo 11, se presenta la demanda de agua subterránea en la zona de estudio, por subcuenca hidrogeológica, considerando las concesiones de agua subterránea vigentes.

6.5.3.1. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja

6.5.3.1.1. Descarga del acuífero superficial

- Descarga por medio de pozos profundos

En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, se encuentran 20 pozos profundos que extraen aguas subterráneas del acuífero superficial (incluyendo los pozos que captan niveles de areniscas de la Formación Tilata, considerada en conjunto un acuitardo), de los cuales 17 tienen concesión vigente, y 3 tienen la concesión vencida (CAPP-0014/09, CAPP-0001/06 y CAPP-0001/06 - Runta), de acuerdo con la información disponible en los expedientes de Corpoboyacá y Corpochivor).

Entre estos pozos se encuentran los quince (15) pozos de Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P., de los cuales, 10 se encuentran actualmente en producción. Estos pozos abastecen hasta el 30% de la demanda de agua para la ciudad de Tunja, en época de verano (información suministrada por la empresa), y constituyen la principal fuente de extracción de aguas subterráneas del acuífero superficial.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P, tiene una concesión vigente de 109,66 l/s (**3.458.237,36 m³/año**), para ser derivada de 15 pozos profundos (resolución 0977 de 2012).

Por otra parte, de los pozos profundos restantes que captan el acuífero superficial (CAPP-0031/10, CAPP-0004/03 = 2,8 L/s) se extraen 88.300 m³/año.

- Caudales captados del acuífero superficial por la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.SP.

A continuación, se presentan los caudales promedio y el volumen de agua subterránea extraído de los diferentes pozos, desde el año 2005 hasta el año 2014, y los datos disponibles a Agosto del 2015, con base en la información suministrada por Proactiva.

Año 2005

El volumen de agua subterránea captado del acuífero superficial durante el año 2005 fue de 1.503.936 m³, con un caudal promedio de 48 l/s, equivalente a la suma de los caudales de explotación de cada uno de los pozos. Los pozos explotados durante este año, fueron: Cooservicios I, Cooservicios II, San Antonio, Caminos Vecinales, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (8 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-3, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en l/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 43,5% del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2005 fue el pozo El Estadio con 538.310 m³ (17,1 l/s), seguido del pozo San Antonio con 337.847 m³ (10,7 l/s). Los pozos Belalcazar, Cooservicios I y Recreacional tuvieron una captación similar entre ellos con 162.323 m³, 159.626 m³ y 139.890 m³ respectivamente. El pozo con la menor captación registrada durante el año 2005 fue Cooservicios II con 25.282 m³ (0,8 l/s). En la Figura 6-7, se representa la captación total de cada pozo en m³.

Tabla 6-3.Total Captación Pozos Proactiva Año 2005

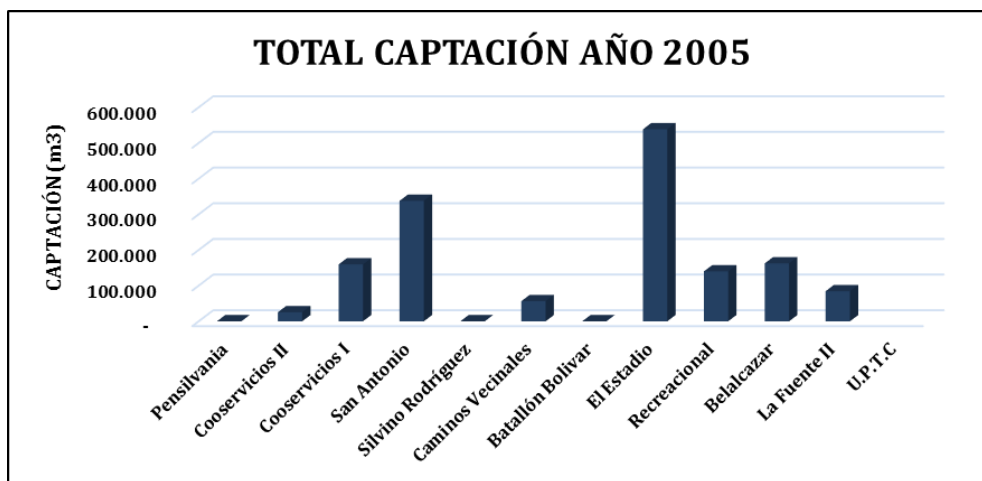
PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2005 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (l/s)
Pensilvania	---	---
Cooservicios II	25.282	0,80
Cooservicios I	159.626	5,06
San Antonio	337.847	10,71
Silvino Rodríguez	---	---
Caminos Vecinales	56.443	1,79
Batallón Bolívar	---	---



PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2005 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (l/s)
El Estadio	538.31.	17,07
Recreacional	139.890	4,44
Belalcazar	162.323	5,15
La Fuente II	84.216	2,67
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	1.503.936	48

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-7. Total Captación Pozos Proactiva Año 2005



Fuente: Hidroboyacá 2015

Año 2006

El volumen de agua subterránea extraída del acuífero superficial en el año 2006 fue de 1.487.573 m³, con un caudal promedio de 47 l/s. Los pozos explotados fueron: Pensilvania, Cooservicios I, Cooservicios II, San Antonio, Silvino Rodríguez, Caminos Vecinales, Batallón Bolívar, El Estadio, Belalcazar y la Fuente II (10 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-4, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en l/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 43 % del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2006 fue el pozo Pensilvania con 747.819 m³ (23,7 l/s), seguido del pozo Silvino Rodríguez con 215.280 m³ (6,83 l/s). Los pozos Cooservicios I, Belalcazar y San Antonio tuvieron una captación similar entre ellos con 110.642 m³, 106.291 m³ y 100.193 m³ respectivamente. Los pozos con las menores captaciones registradas durante el año 2006 fueron Cooservicios II, con 5.400 m³ (0,17 L/s), y La Fuente II, con 21.291 m³ (0,68 l/s). En la Figura 6-8, se representa la captación total de cada pozo en m³.

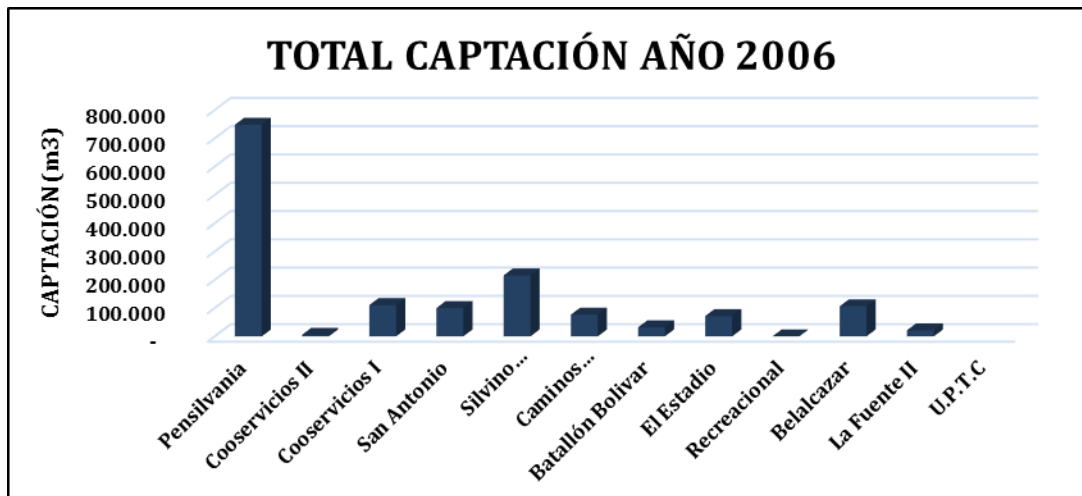


Tabla 6-4. Total Captación Pozos Proactiva Año 2006

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2006 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	747.819	23,7
Cooservicios II	5.400	0,17
Cooservicios I	110.642	3,51
San Antonio	100.193	3,18
Silvino Rodríguez	215.280	6,83
Caminos Vecinales	76.965	2,44
Batallón Bolívar	32.029	1,02
El Estadio	71.663	2,27
Recreacional	---	---
Belalcazar	106.291	3,37
La Fuente II	21.291	0,68
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	1.487.573	47

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-8. Total Captación Pozos Proactiva Año 2006



Fuente: Hidroboyacá 2015

Año 2007

El volumen de agua subterránea extraída del acuífero superficial durante el año 2007 fue de 1.105.399 m³, con un caudal promedio de 35 L/s; captado de los pozos Pensilvania, Silvino Rodríguez, Caminos Vecinales, Batallón Bolívar, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (7 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-5, se presenta el



volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 32 % del caudal concesionado.

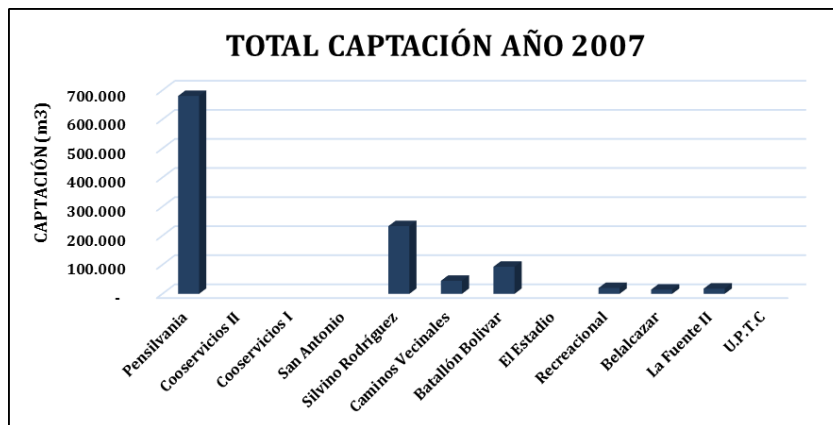
El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2007 fue Pensilvania, con 680.872 m³ (21,6 l/s), seguido del pozo Silvino Rodríguez con 232.958 m³ (7,4 l/s). Los pozos Batallón Bolívar y Caminos Vecinales tuvieron una captación de 93.335 m³ y 44.904 m³ respectivamente. Los pozos con las menores captaciones registradas durante el año 2007 fueron Recreacional con 20.444 m³ (0,6 l/s), La Fuente II con 18.152 m³ (0,6 L/s) y Belalcazar con 14.734 m³ (0,5 L/s). En la Figura 6-9, se representa la captación total de cada pozo en m³.

Tabla 6-5. Total Captación Pozos Proactiva Año 2007

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2007 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	680.872	21,6
Cooservicios II	---	---
Cooservicios I	---	---
San Antonio	---	---
Silvino Rodríguez	232.958	7,4
Caminos Vecinales	44.904	1,4
Batallón Bolívar	93.335	3,0
El Estadio	---	---
Recreacional	20.444	0,6
Belalcazar	14.734	0,5
La Fuente II	18.152	0,6
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	1.105.399	35

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-9. Total Captación Pozos Proactiva Año 2007



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Año 2008

El volumen de agua extraída del acuífero superficial, durante el año 2008 fue de 2.104.929 m³, con un caudal promedio de 67 L/s; captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios I, Cooservicios II, San Antonio, Silvino Rodríguez, Batallón Bolívar, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (11 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-6, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 60,86 % del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2008 fue Silvino Rodríguez con 620.268 m³ (19,6 L/s), seguido de los pozos Cooservicios II con 422.078 m³ (13,3 L/s) y El Estadio con 368.815 m³ (11,7 L/s). Los pozos Recreacional y Fuente II también tuvieron captaciones significativas en este año correspondientes a 149.742 m³ y 133.440 m³ respectivamente. El pozo con la menor captación registrada durante el año 2008 fue Batallón Bolívar con 6.633 m³ (0,2 L/s). En la Figura 6-10, se representa la captación total de cada pozo en m³.

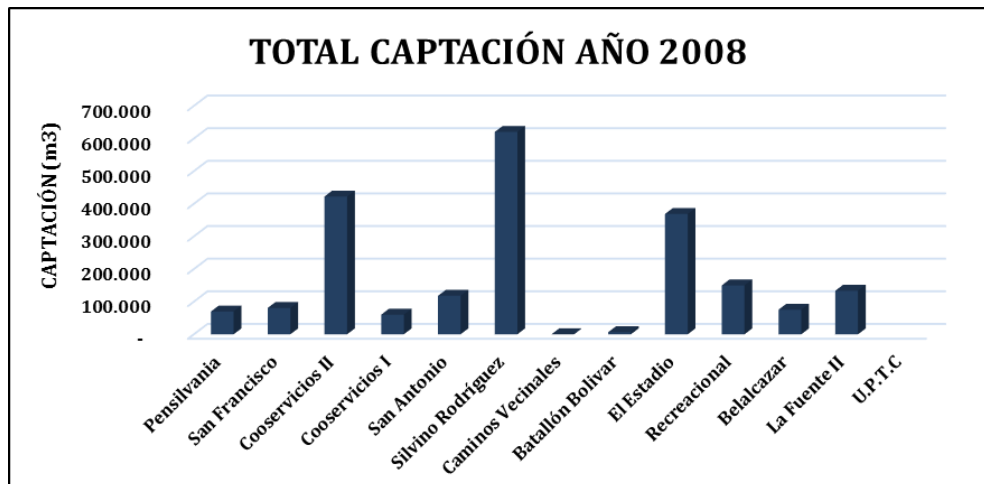
Tabla 6-6. Total Captación Pozos Proactiva Año 2008

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2008 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	69.890	2,2
San Francisco	80.689	2,6
Cooservicios II	422.078	13,3
Cooservicios I	60.082	1,9
San Antonio	118.043	3,7
Silvino Rodríguez	620.268	19,6
Caminos Vecinales	---	---
Batallón Bolívar	6.633	0,2
El Estadio	368.815	11,7
Recreacional	149.742	4,7
Belalcazar	75.250	2,4
La Fuente II	133.440	4,2
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	2.104.929	67

Fuente: Hidroboyacá 2015



Figura 6-10. Total Captación Pozos Proactiva Año 2008



Fuente: Hidroboyacá 2015

Año 2009

El volumen de agua extraída del acuíferos superficial durante el año 2009 fue de 1.389.404 m³, con un caudal promedio de 44 L/s; captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios I, Cooservicios II, San Antonio, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (9 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-7, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 40,5% del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2009 fue Pensilvania con 388.970 m³ (12,3 L/s), seguido de los pozos San Francisco con 309.707 m³ (9,8 L/s) y San Antonio con 305.915 m³ (9,7 L/s). El pozo Cooservicios II, también tuvo una captación significativa en este año correspondiente a 263.000 m³ (8,3 L/s). Los pozos con las menores captaciones registradas durante el año 2009 fueron: La Fuente II con 10.448 m³ (0,3 L/s) y Recreacional con 8.369 m³ (0,3 L/s). En la Figura 6-11, se representa la captación total de cada pozo en m³.

Tabla 6-7. Total Captación Pozos Proactiva Año 2009

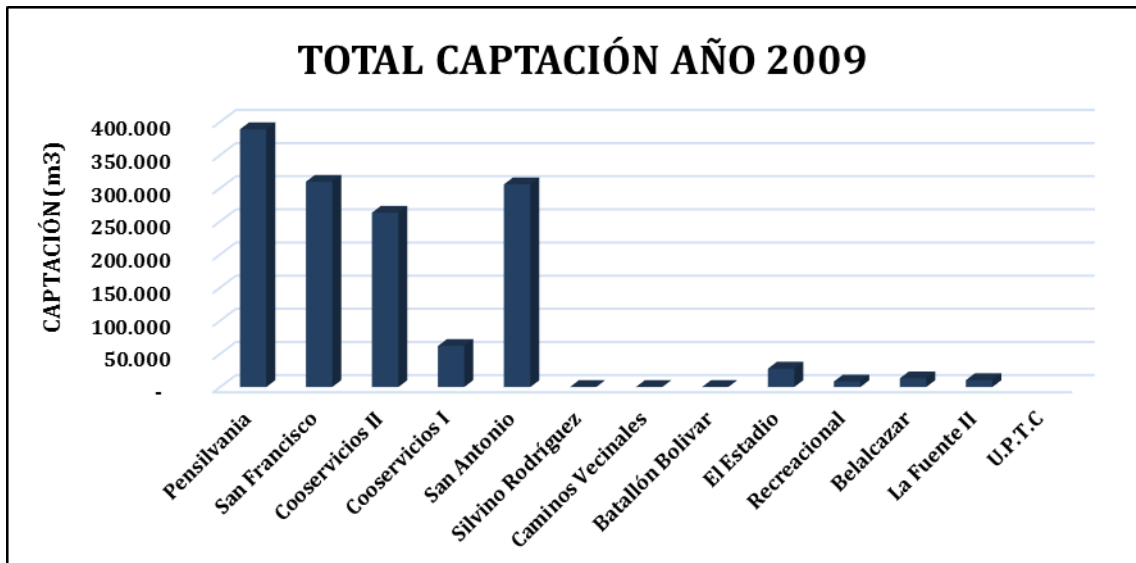
PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2009 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	388.970	12,3
San Francisco	309.707	9,8
Cooservicios II	263.000	8,3
Cooservicios I	61.935	2,0
San Antonio	305.915	9,7
Silvino Rodríguez	---	---



Caminos Vecinales	---	---
Batallón Bolívar	---	---
El Estadio	27.855	0,9
Recreacional	8.369	0,3
Belalcazar	13.205	0,4
La Fuente II	10.448	0,3
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	1.389.404	44

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-11. Total Captación Pozos Proactiva Año 2009



Fuente: Hidroboyacá 2015

Año 2010

El volumen de agua subterránea extraída del acuífero superficial durante el año 2010 fue de 1.600.512 m³, con un caudal promedio de 51 L/s, captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios I, Cooservicios II, San Antonio, Batallón Bolívar, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (10 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-8, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 46,28% del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2010 fue Pensilvania, con 494.080 m³ (15,7 L/s), seguido de los pozos Cooservicios II, con 270.920 m³ (8,6 L/s) y San Francisco con 260.767 m³ (8,3 L/s). El pozo San Antonio también tuvo una captación significativa en este año correspondiente a 223.636 m³ (7,1 L/s). El pozo con



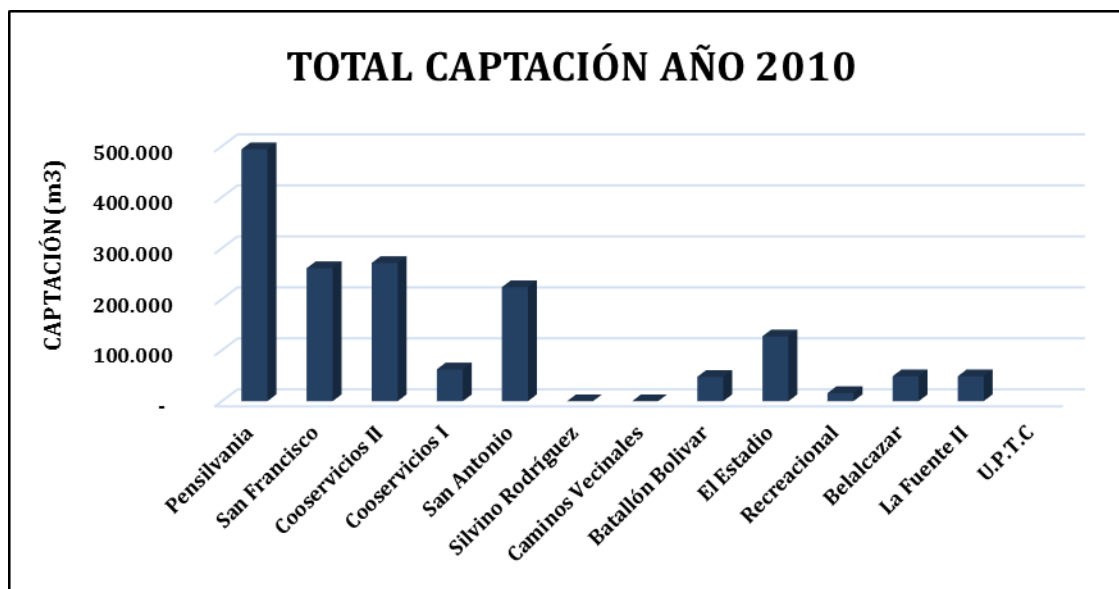
la menor captación registrada durante el año 2010 fue Recreacional con 15.973 m³ (0,5 L/s). En la Figura 6-12, se representa la captación total de cada pozo en m³.

Tabla 6-8. Total Captación Pozos Proactiva Año 2010

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2010 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	494.080	15,7
San Francisco	260.767	8,3
Cooservicios II	270.920	8,6
Cooservicios I	62.460	2,0
San Antonio	223.636	7,1
Silvino Rodríguez	---	---
Caminos Vecinales	---	---
Batallón Bolívar	47.662	1,5
El Estadio	127.195	4,0
Recreacional	15.973	0,5
Belalcazar	49.011	1,6
La Fuente II	48.808	1,5
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	1.600.512	51

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-12. Total Captación Pozos Proactiva Año 2010



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Año 2011

El volumen de agua extraída del acuífero superficial en el año 2011 fue de 450.651 m³, con un caudal promedio de 14 L/s; captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios II, San Antonio, Silvino Rodríguez, Batallón Bolívar, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (10 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-9, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 13% del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2011 fue Cooservicios II con 119.850 m³ (3,8 L/s), seguido de los pozos San Francisco con 102.009 m³ (3,2 L/s) y El Estadio con 73.797 m³ (2,3 L/s). El pozo con la menor captación registrada durante el año 2011 es Silvino Rodríguez con 36 m³ (0,001 L/s). En la Figura 6-13, se representa la captación total de cada pozo en m³.

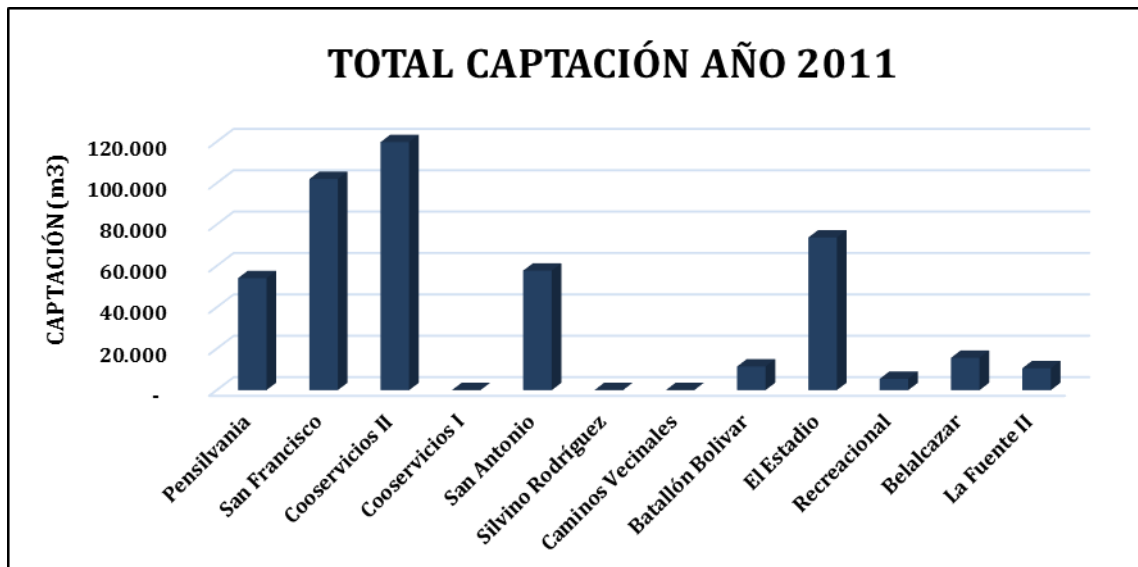
Tabla 6-9. Total Captación Pozos Proactiva Año 2011

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2011 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	54.090	1,7
San Francisco	102.009	3,2
Cooservicios II	119.850	3,8
Cooservicios I	---	---
San Antonio	57.749	1,8
Silvino Rodríguez	36	0,001
Caminos Vecinales	---	---
Batallón Bolívar	11.448	0,4
El Estadio	73.797	2,3
Recreacional	5.496	0,2
Belalcazar	15.598	0,5
La Fuente II	10.578	0,3
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	450.651	14

Fuente: Hidroboyacá 2015



Figura 6-13. Total Captación Pozos Proactiva Año 2011



Fuente: Hidroboyacá 2015

Año 2012

El volumen de agua extraída del acuífero superficial en el año 2012, fue de 624.882 m³, con un caudal promedio de 20 L/s; captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, San Antonio, Silvino Rodríguez, Caminos Vecinales, Batallón Bolívar, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (10 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-10, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 18% del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2012 fue Pensilvania con 340.750 m³ (10,8 L/s), seguido del pozo San Francisco con 115.847 m³ (3,7 L/s). El pozo con la menor captación registrada durante el año 2012 fue Recreacional con 855 m³ (0,027 L/s). En la Figura 6-14, se representa la captación total de cada pozo en m³.

Tabla 6-10. Total Captación Pozos Proactiva Año 2012

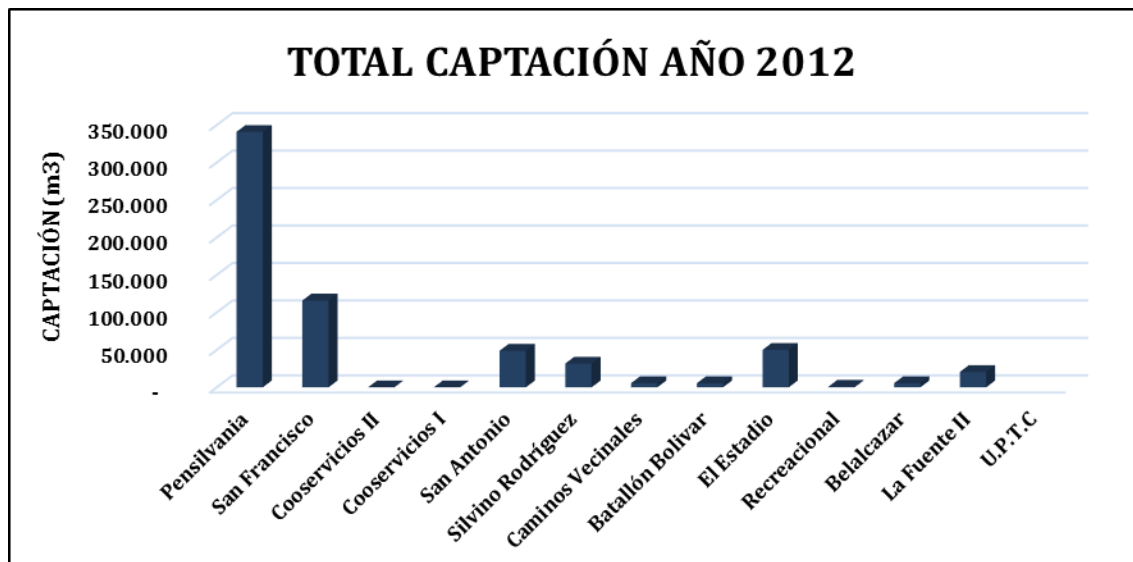
PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2012 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	340.750	10,8
San Francisco	115.847	3,7
Cooservicios II	---	---
Cooservicios I	---	---
San Antonio	48.851	1,5



PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2012 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Silvino Rodríguez	31.655	1,0
Caminos Vecinales	5.527	0,2
Batallón Bolívar	5.494	0,2
El Estadio	49.982	1,6
Recreacional	855	0,027
Belalcazar	5.455	0,2
La Fuente II	20.466	0,6
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	624.882	20

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-14. Total Captación Pozos Proactiva Año 2012



Fuente: Hidroboyacá 2015

Año 2013

El volumen de agua subterránea extraída del acuífero superficial durante el año 2013 fue de 1.460.867 m³, con un caudal promedio de 46 L/s; captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, San Antonio, Silvino Rodríguez, Caminos Vecinales, Batallón Bolívar, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (10 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-11, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 42,24% del caudal concesionado.



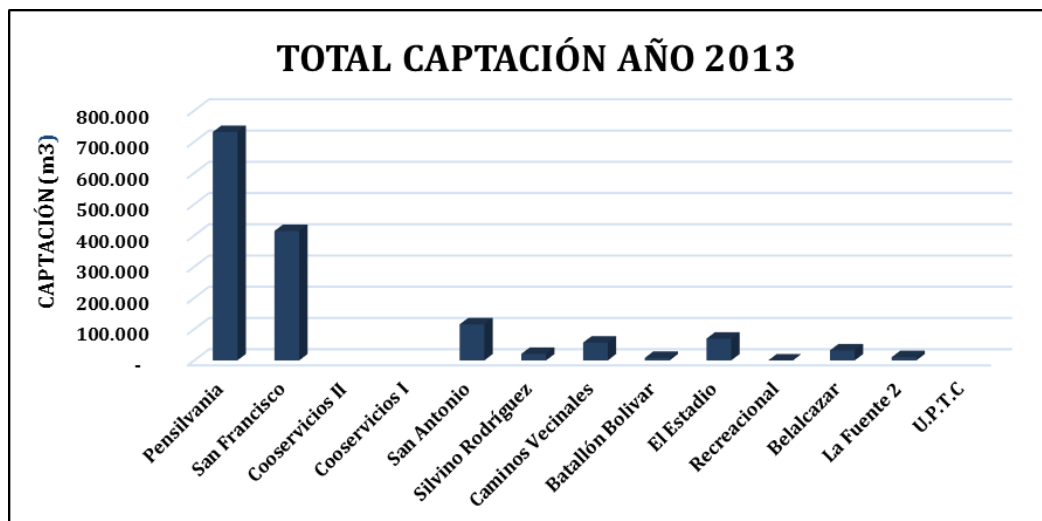
El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2013, fue Pensilvania con 731.325 m³ (23 L/s), seguido del pozo San Francisco con 414.406 m³ (13 L/s). Los pozos San Antonio y El Estadio también tuvieron captaciones significativas en este año correspondientes a 115.717 m³ y 69.923 m³ respectivamente. El pozo con la menor captación registrada durante el año 2013 fue Recreacional con 223 m³ (0,01 L/s). En la Figura 6-15, se representa la captación total de cada pozo en m³.

Tabla 6-11. Total Captación Pozos Proactiva Año 2013

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2013 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	731.325	23
San Francisco	414.406	13
Cooservicios II	---	---
Cooservicios I	---	---
San Antonio	115.717	3,7
Silvino Rodríguez	21.070	0,7
Caminos Vecinales	57.002	1,8
Batallón Bolívar	8.273	0,3
El Estadio	69.923	2,2
Recreacional	223	0,01
Belalcazar	32.289	1,02
La Fuente II	10.640	0,34
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	1.460.867	46

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-15. Total Captación Pozos Proactiva Año 2013



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Año 2014

Durante el año 2014, el volumen de agua subterránea extraída del acuífero superficial, fue de 2.364.518 m³, con un caudal promedio de 75 L/s; captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, San Antonio, Silvino Rodríguez, Caminos Vecinales, Batallón Bolívar, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (10 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-12, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s. El volumen de agua extraída, corresponde al 68,37% del caudal concesionado.

El pozo con la mayor captación registrada durante el año 2014, fue San Antonio con 695.481 m³ (22,1 lit/s), seguido del pozo Pensilvania con 694.839 m³ (22 L/s). Los pozos San Francisco y El Estadio también tuvieron captaciones significativas en este año correspondientes a 340.572 m³ y 246.990 m³ respectivamente. El pozo con la menor captación registrada durante el año 2014 es Batallón Bolívar con 130 m³ (0,004 L/s). En la Figura 6-16, se representa la captación total de cada pozo en m³.

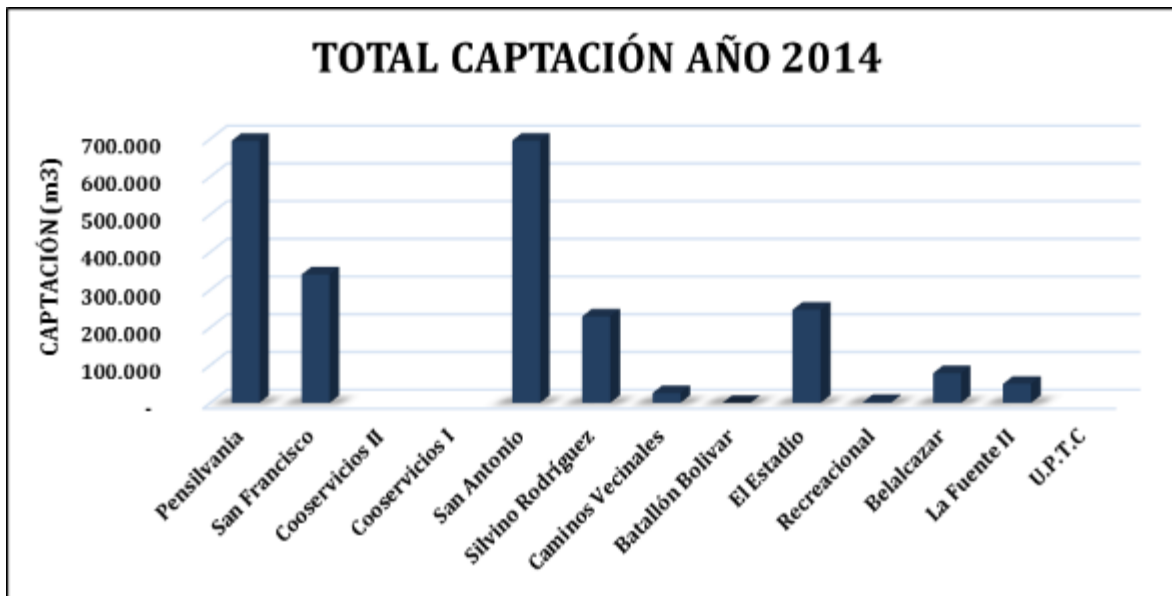
Tabla 6-12. Total Captación Pozos Proactiva Año 2014

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN 2014 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	694.839	22
San Francisco	340.572	10,8
Cooservicios II	---	---
Cooservicios I	---	---
San Antonio	695.481	22,1
Silvino Rodríguez	229.372	7,3
Caminos Vecinales	25.681	0,8
Batallón Bolívar	130	0,004
El Estadio	246.990	7,8
Recreacional	1.993	0,1
Belalcazar	78.525	2,5
La Fuente II	50.935	1,6
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	2.364.518	75

Fuente: Hidroboyacá 2015



Figura 6-16. Total Captación Pozos Proactiva Año 2014



Fuente: Hidroboyacá 2015

Año 2015

En la información suministrada por la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P., se presenta el registro de agua extraída del acuífero superficial, desde enero hasta el mes de agosto del año 2015.

El volumen de agua subterránea extraída durante lo corrido del presente año (hasta agosto) es de 1.024.305 m³, con un caudal promedio de 32 L/s; captados de los pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios II, San Antonio, Silvino Rodríguez, El Estadio, Recreacional, Belalcazar y la Fuente II (9 de 15 pozos concesionados). En la Tabla 6-13, se presenta el volumen captado de cada pozo en m³, y el caudal en L/s.

El pozo con la mayor captación registrada hasta agosto del año 2015 es Pensilvania con 375.325 m³ (11,9 L/s), seguido del pozo San Antonio con 263.587 m³ (8,36 L/s). El pozo con la menor captación registrada hasta agosto del año 2015 es Recreacional con 65 m³ (0,002 L/s). En la Figura 6-17, se representa la captación total de cada pozo en m³.

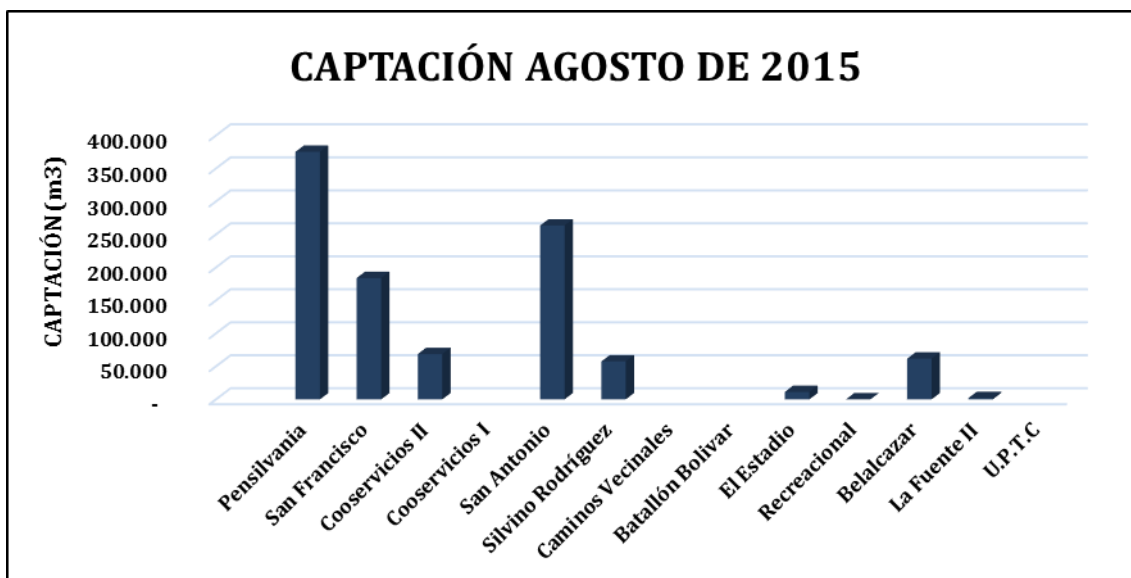


Tabla 6-13. Total Captación Pozos Proactiva Año 2015

PUNTO DE CAPTACIÓN	TOTAL CAPTACIÓN AGOSTO 2015 (m ³)	PROMEDIO EXTRAÍDO (L/s)
Pensilvania	375.325	11,9
San Francisco	183.939	5,83
Cooservicios II	68.730	2,18
Cooservicios I	---	---
San Antonio	263.587	8,36
Silvino Rodríguez	57.570	1,83
Caminos Vecinales	---	---
Batallón Bolívar	---	---
El Estadio	11.259	0,36
Recreacional	65	0,002
Belalcazar	61.845	1,96
La Fuente II	1.985	0,06
U.P.T.C	---	---
TOTAL POZOS	1.024.305	32

Fuente: Hidroboyacá 2015

Figura 6-17. Total Captación Pozos Proactiva Año 2015



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

El promedio de agua subterránea extraída del acuífero superficial, por la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P., durante los años 2005 al 2014, fue de **1.409.267 m³/año**, lo cual corresponde al 40,75% de la concesión actual.

- Descarga del Acuífero Superficial por medio Manantiales

Por otra parte, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, se identificaron 95 manantiales, de los cuales 59 tienen concesión vigente (45 expedientes), 21 tienen la concesión vencida, y 15 se encuentran con la concesión en trámite, de acuerdo con la información disponible en los expedientes de Corpoboyacá y Corpochivor.

Del acuífero superficial se captan 94.387 m³/año (2,99 l/s), a partir de 6 manantiales con concesión vigente, localizados en las formaciones Bogotá y Cacho.

6.5.3.1.2. Descarga del acuífero de mayor profundidad

- Descarga por medio de pozos profundos

El acuífero de mayor profundidad, constituido por la Formación Labor y Tierna, se encuentra prácticamente inexplorado.

En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, se encuentran 5 pozos profundos que captan aguas subterráneas del acuífero mayor profundidad (Formación Labor y Tierna y Formación Plaeners), de los cuales, 2 pozos tienen concesión vigente, 2 tienen la concesión vencida (CAPP-0009/09, CAPP-0154/02), y 1 pozo se encuentra en trámite la concesión, de acuerdo con la información disponible en los expedientes de Corpoboyacá y Corpochivor).

De los pozos profundos que captan el acuífero de mayor profundidad (CAPP-0006/10, CAS-0002/2008), se extraen 163.987 m³/año (5,2 l/s).

- Descarga Acuífero de mayor profundidad por medio de Manantiales

Por otra parte, se registran 25 manantiales con concesión vigente, de los cuales se captan 348.472 m³/año (11,05 l/s), de acuífero de mayor profundidad, constituido por el Miembro Tierna de la Formación Labor y tierna y la Formación Plaeners.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



6.5.3.2. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín

6.5.3.2.1. Descarga del acuífero superficial

En la subcuenca del Sinclinal de Albarracín, el acuífero superficial se encuentra aflorando localmente (al suroccidente del municipio de Combita y al sur de la zona de estudio), formando parte del núcleo del sinclinal.

En inmediaciones al municipio de Combita, se encuentra perforado un pozo profundo (capp-0004/10), con una concesión de 0,055 L/s, equivalente a 1734,48 m³/año.

6.5.3.2.2. Descarga del acuífero de mayor profundidad

Se encuentran 8 pozos profundos que captan aguas subterráneas del acuífero mayor profundidad (Formación Labor y Tierna y Formación Plaeners), de los cuales, 6 pozos tienen concesión de aguas subterráneas vigente (CAPP- 0004/09, OOCA-0155/08, OOCA-0163/10, OOCA-0086/12), con un caudal concesionado de 4.66 L/S, equivalente a 146.957,76 m³/año; y 2 tienen la concesión en trámite (OOCA-0344/98, CAPP-0019/13), de acuerdo con la información disponible en los expedientes de Corpoboyacá y Corpochivor).

De la revisión de expedientes, se encuentran 66 manantiales registrados en los archivos de Corpoboyacá y Corpochivor, de los cuales, 30 se encuentran con concesión de aguas subterráneas vigentes, 23 con concesión vencida y 13 manantiales con la concesión en trámite.

En la subcuenca hidrogeológica de Albarracín se encuentran 30 manantiales vigentes, de los cuales 14 descargan agua del acuífero profundo. De los 16 manantiales restantes, 12 se encuentran localizados en la Formación Guaduas (Ktg), y 4 en la Formación Conejo (Kscn).

A través de los manantiales que se encuentran en las formaciones Labor y Tierna y Plaeners, se descargan 145.380.96 m³/año (4,61 l/s).

En la subcuenca, se identificó un (1) aljibe que capta el acuífero de mayor profundidad (Formación Plaeners – Kg2), con la concesión de aguas en trámite.

6.5.3.3. Subcuenca al oriente de la falla de Chivata

Al oriente de la falla de Chivata, dentro de la zona de estudio, se encuentran 3 pozos construidos, de los cuales, uno (1) se encuentra con concesión vigente, otro (1) tiene la concesión vencida y un (1) tercero, se encuentra con la concesión en trámite.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



El pozo con concesión vigente (OOCA-0217/10), capta niveles permeables de la Formación Cacho (Tic), con un caudal de 0.80 L/s (25.228,8 m³/año).

Por otra parte se registran 8 manantiales, de los cuales 3 tienen concesión vigente (0,78 L/s), 2 tienen la concesión vencidas y 3 en trámite. Adicionalmente, se encuentra un (1) aljibe con concesión vigente de 0.014 L/s.

6.5.4. Identificación de las redes de flujo

6.5.4.1. Niveles estáticos

La profundidad de los niveles estáticos se estableció con base en la información disponible en los expedientes existentes en Corpoboyacá y Corpochivor relacionados con pozos profundos (con pruebas de bombeo), y la suministrada por la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A, E.S.P.

Los niveles estáticos de los pozos del municipio de Tunja, operados por la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A, E.S.P (encargada del manejo y explotación de los pozos profundos que suministran agua subterránea al sistema de acueducto de la ciudad de Tunja), se tomaron de los registros de niveles estáticos y dinámicos, disponibles desde el año de 2005, hasta el mes de agosto del año 2015, suministrados a través de Corpoboyacá.

En la información suministrada, se presenta confusión en los niveles estáticos reportados. En algunos casos, se denomina nivel estático, a los niveles medidos durante la recuperación del nivel del agua luego de un período de bombeo (v:gr: Pozo Pensilvania año 2008.) En otros casos, los niveles estáticos reportados, no son consistentes con el estado del pozo (prendido, apagado, activo), o pueden ser resultado de interferencia entre pozos.

Para la elaboración de cada una de las gráficas, se seleccionaron los niveles estáticos reportados en el año de construcción de cada uno de los pozos, y los niveles estáticos de cada uno de los catorce (14) pozos monitoreados por Proactiva desde el año 2005 al 2015, considerados más representativos (con mayor tiempo de recuperación).

Los niveles estáticos reportados, no reflejan necesariamente el nivel estático original debido a que, en algunos pozos, la recuperación total de este nivel puede tomar varios meses y por lo tanto los niveles reportados corresponden más a niveles de recuperación que a niveles estáticos (sin bombeo).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En cada una de las figuras se muestra el caudal promedio anual de extracción (en litros por segundo), de cada uno de los pozos, con base en la información suministrada por Proactiva.

De acuerdo con el comportamiento de los niveles estáticos graficados, no es posible determinar con precisión, si existe un descenso un progresivo del nivel del agua por efecto del bombeo a lo largo de los años considerados, debido a que los niveles estáticos reportados no son totalmente confiables, de acuerdo con el análisis de la información suministrada. En el futuro se requiere de información de niveles estáticos medidos en pozos de monitoreo, estratégicamente localizados y técnicamente construidos.

La existencia de pozos saltantes indicaría, en principio, que se conserva la presión hidráulica en los acuíferos, y que los indicios de sobreexplotación de los mismos no son alarmantes.

A continuación, de la Figura 6-18 a la Figura 6-31, se muestra el comportamiento de los niveles estáticos de los pozos profundos operados por Proactiva (desde su construcción hasta el año 2015), conjuntamente con los caudales y períodos de bombeo.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

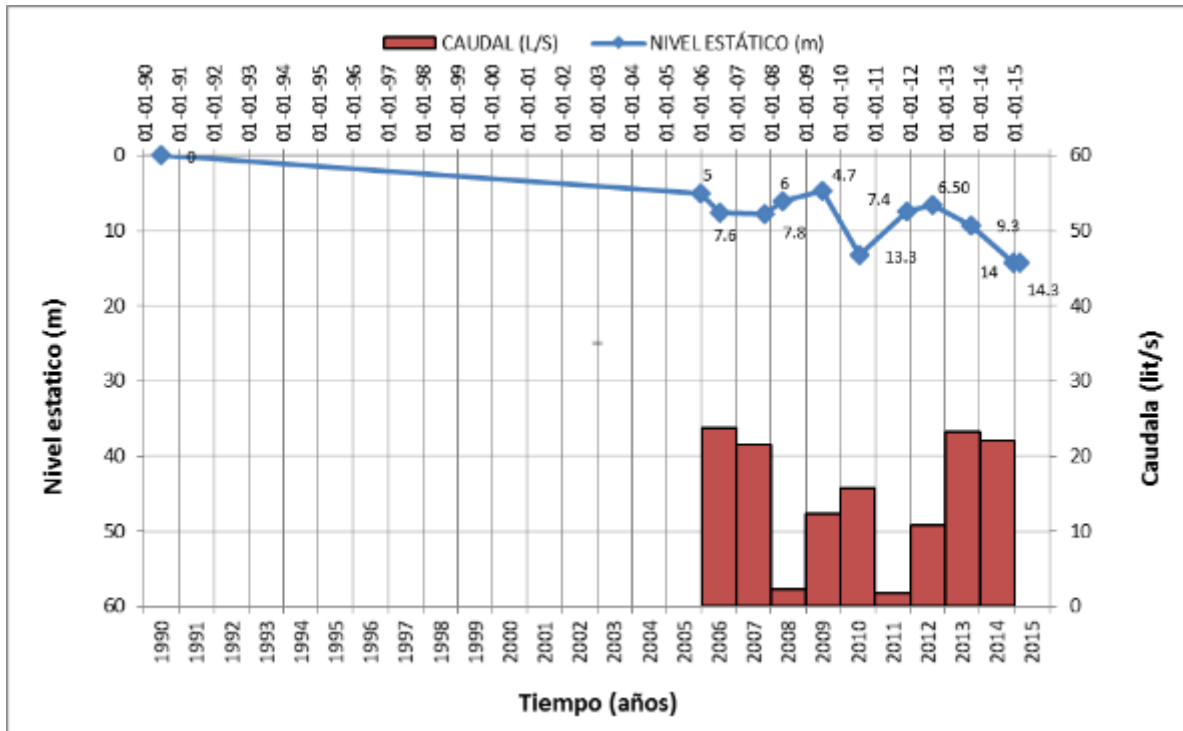


- Pozo Pensilvania

Los primeros datos de niveles, correspondientes a la fecha de construcción del pozo (julio de 1990), indican que el pozo era saltante. De acuerdo con los datos suministrados por Proactiva, el nivel del agua, presenta una tendencia al descenso en los 25 años de funcionamiento, de aproximadamente 5 metros. No obstante, por las observaciones mencionadas, no existe absoluta confiabilidad en los datos, ya que algunos corresponden a niveles de recuperación y no a niveles estáticos.

En la Figura 6-18, se muestra el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos de la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-18. Comportamiento niveles estáticos pozo Pensilvania 1990- 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



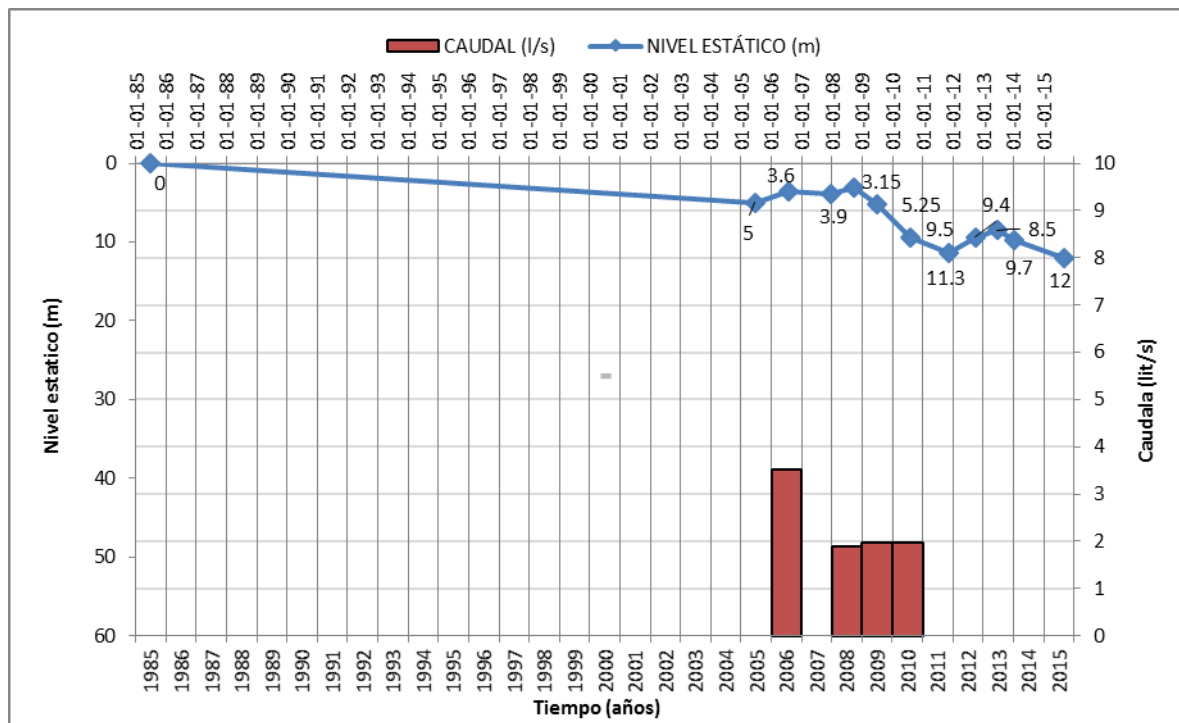
- Pozo Cooservicios I

Los primeros datos de niveles en este pozo, corresponden a la fecha de construcción del pozo (julio de 1985), e indicaban que el pozo era saltante. De acuerdo con los datos suministrados por Proactiva, el nivel del agua, presenta una tendencia al descenso en los 29 años de funcionamiento, de aproximadamente 8 metros. No obstante, por las observaciones mencionadas, no existe absoluta confiabilidad en los datos, ya que algunos corresponden a niveles de recuperación y no a niveles estáticos, por lo tanto el posible descenso puede no ser válido.

Aunque el pozo se encuentra inactivo los últimos cinco años, se observan en los datos reportados, variaciones en el nivel estático, que indicarían en principio, influencia por el bombeo del pozo Cooservicios II, el cual se encuentra aproximadamente a 500 de distancia, o a datos no confiables.

En la Figura 6-19, se muestra el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos de la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-19. Comportamiento niveles estáticos pozo Cooservicios I 1985 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

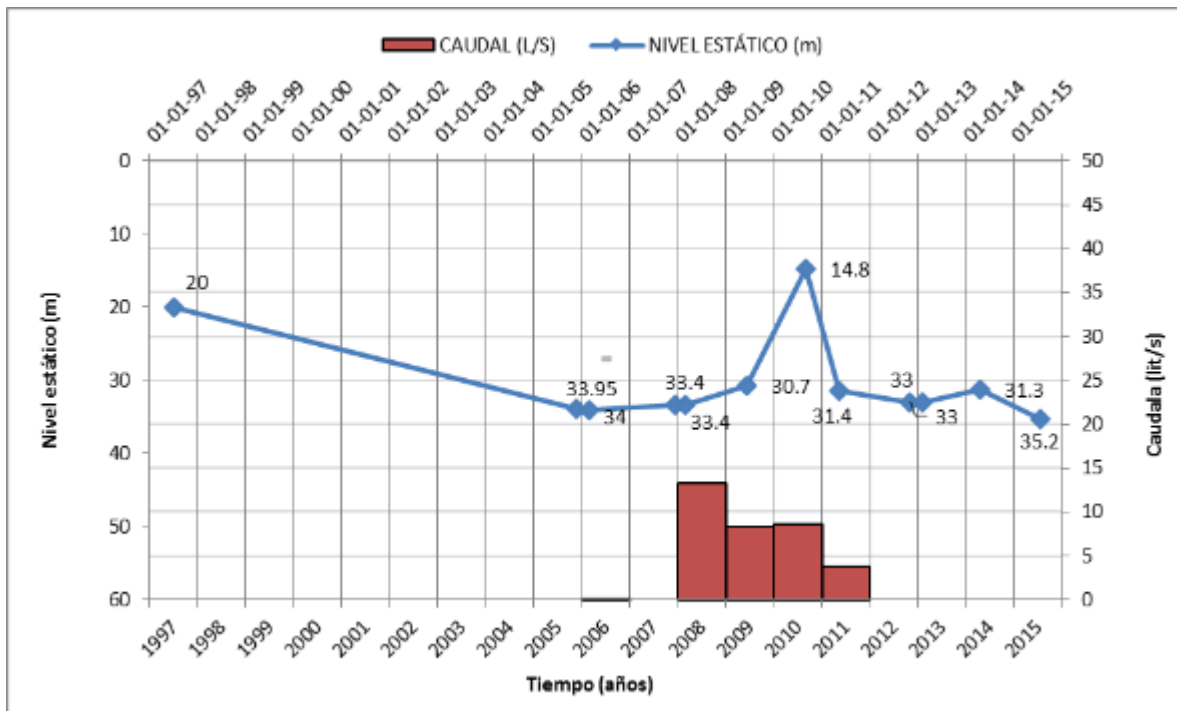


- Pozo Cooservicios II

El primer dato del nivel estático reportado fue de 20 m de profundidad, que corresponde a la fecha de construcción del pozo (julio de 1997). Los niveles estáticos representados en la figura 6.40, desde el año 2005, a la fecha, corresponden a la información suministrada por Proactiva, los cuales reflejan un posible descenso de aproximadamente de 11 m, en 15 años de bombeo. No obstante, se observan datos anómalos (v.gr. 14,8 m), que no corresponde con el comportamiento normal del nivel, y adicionalmente, se reportan variaciones del nivel, estando el pozo inactivo, que pueden estar asociados con lecturas no confiables o a interferencia por el bombeo de pozos cercanos. No existe absoluta certeza del posible descenso del nivel, ya que algunos datos, pueden corresponden a niveles de recuperación y no a niveles estáticos.

En la Figura 6-20, se puede observar el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos de la información suministrada por Proactiva en el pozo Cooservicios II, de acuerdo con la información disponible.

Figura 6-20. Comportamiento niveles estáticos pozo Cooservicios II 1997 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

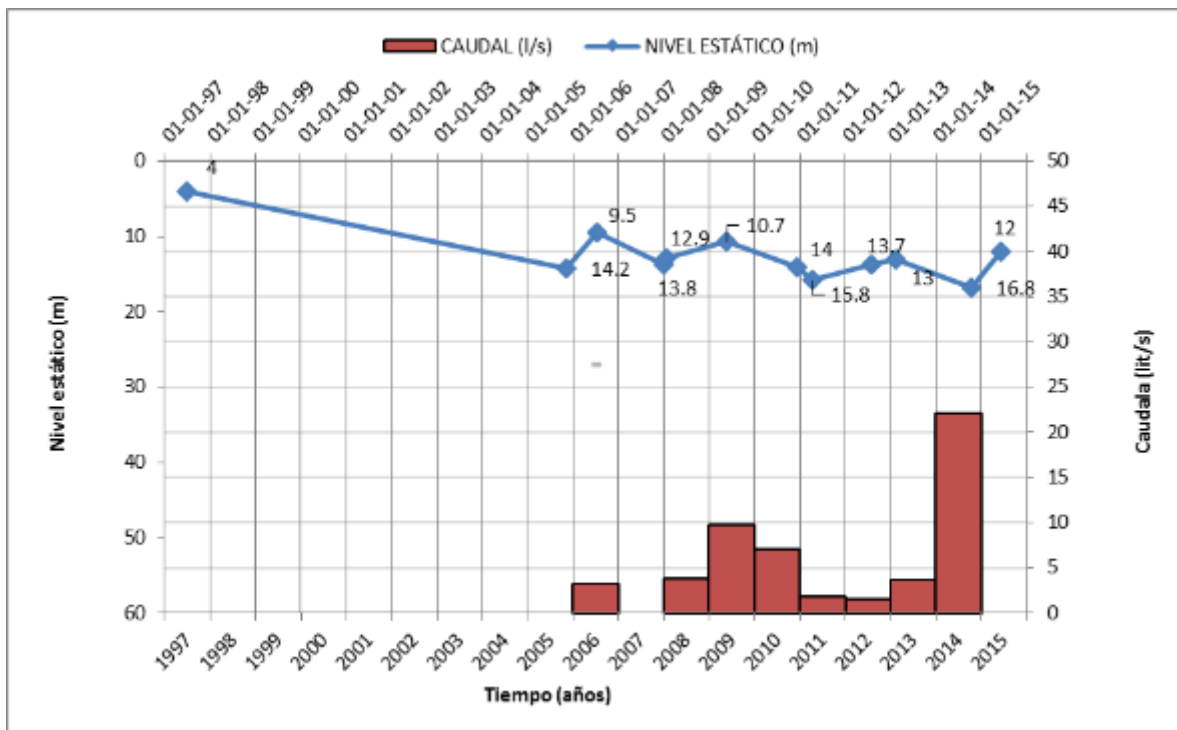


- Pozo San Antonio

El nivel estático inicial en el pozo fue de 4 m, reportado durante la construcción del pozo. Los niveles desde el año 2005 a la fecha fueron suministrados por Proactiva. El comportamiento de los niveles estáticos, reflejan en principio, un posible descenso del nivel estático de aproximadamente 10 metros, en los últimos 15 años. Las variaciones del nivel estático reflejadas en la Figura 6-21, de acuerdo con los datos suministrados, aun cuando el pozo de encuentra inactivo, pueden corresponder a errores en la lectura, influencia por el bombeo de pozos cercanos, o datos de recuperación del nivel, por lo que no se tiene absoluta certeza de un posible descenso del nivel estático.

En la Figura 6-21, se observa el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos de la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-21. Comportamiento niveles estáticos pozo San Antonio 1997 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



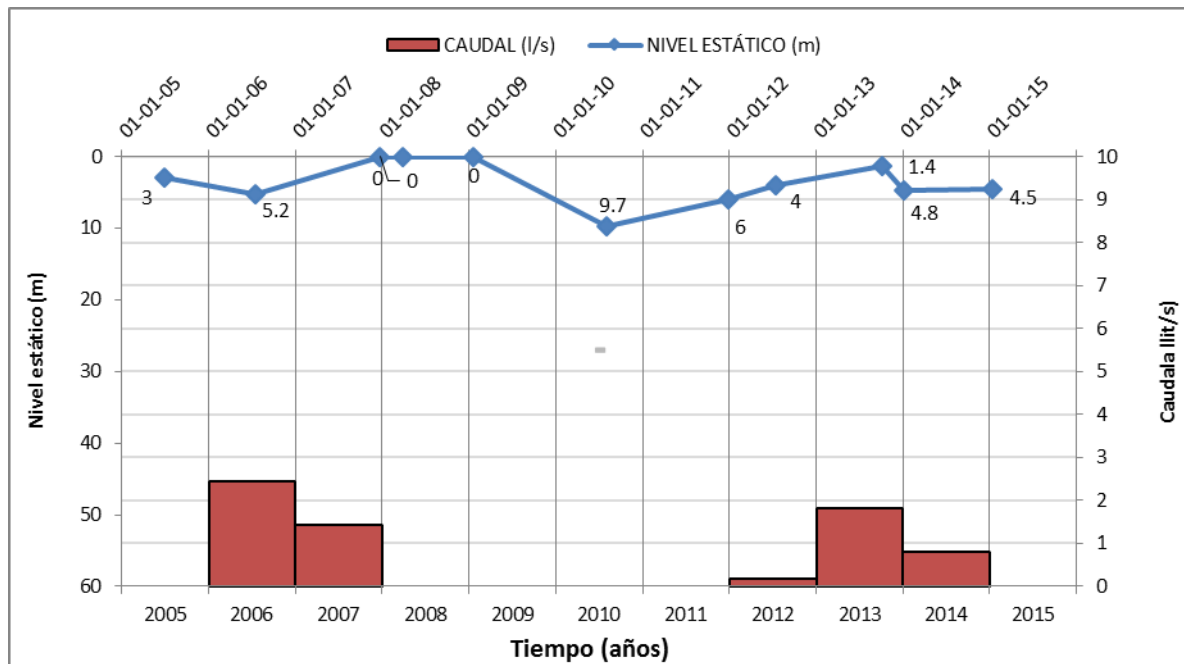
- Pozo Caminos Vecinales

Los datos de niveles estáticos disponibles corresponden a la información suministrada por Proactiva, desde el año 2005 a la fecha. Los datos reflejan que el nivel del agua ha sido saltante en algunos años, seguidos de descensos en el nivel, estando el pozo inactivo, lo cual indicaría interferencia con el bombeo de otros pozos. El comportamiento de los niveles podría indicar un descenso de aproximadamente 1.4 m, en 8 años.

No existe absoluta certeza de un posible descenso del nivel, ya que algunos datos reportados como niveles estáticos, pueden corresponden a niveles de recuperación y no a niveles estáticos.

En la Figura 6-22, se observa el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos de la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-22. Comportamiento niveles estáticos pozo Caminos Vecinales 2005 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



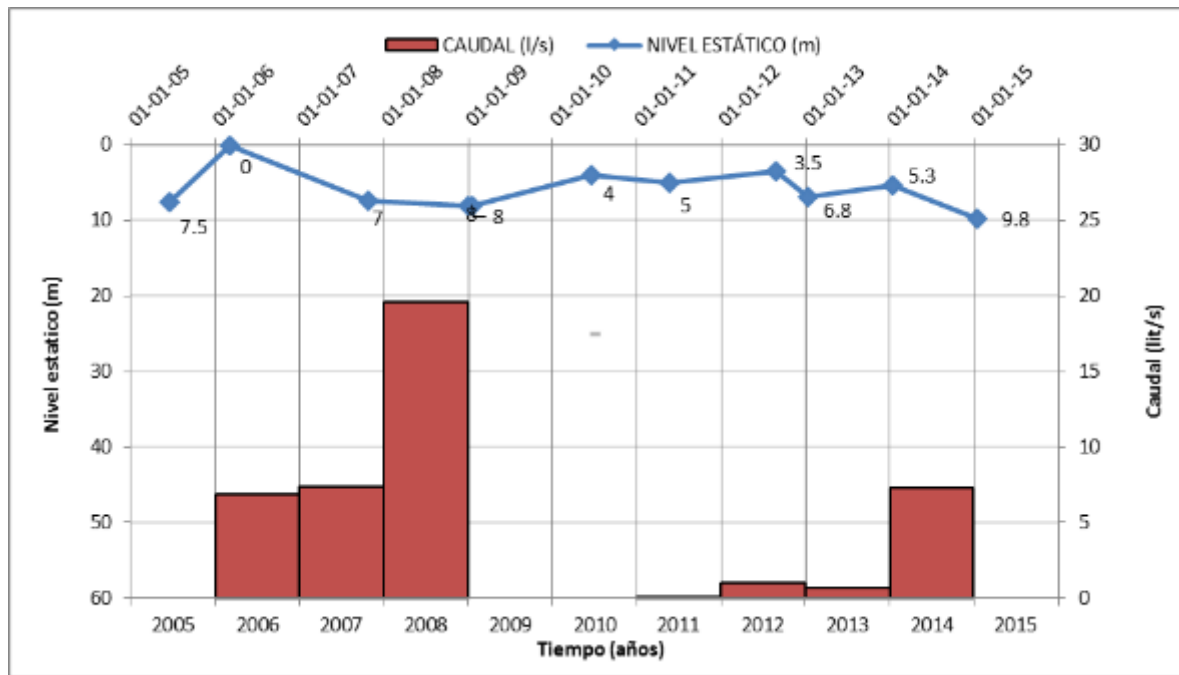
- Pozo Silvino Rodríguez

La información de niveles estáticos de la Figura 6-23, corresponde a la suministrada por Proactiva, desde el año 2005 a la fecha.

En el año 2006, el pozo se reportó como saltante (año 2005), con un posible descenso del nivel de 3.5 m. No obstante la información de niveles estáticos reportados, puede corresponder a niveles de recuperación del nivel, por lo cual, no hay certeza de un descenso del nivel del agua en el acuífero. Al igual que en otros pozos los datos reportados con el pozo inactivo, indicarían interferencia por el bombeo de otros pozos, o datos no confiables.

En la Figura 6-23, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos, considerados más representativos de la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-23. Comportamiento niveles estáticos pozo Silvino Rodríguez 2005 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

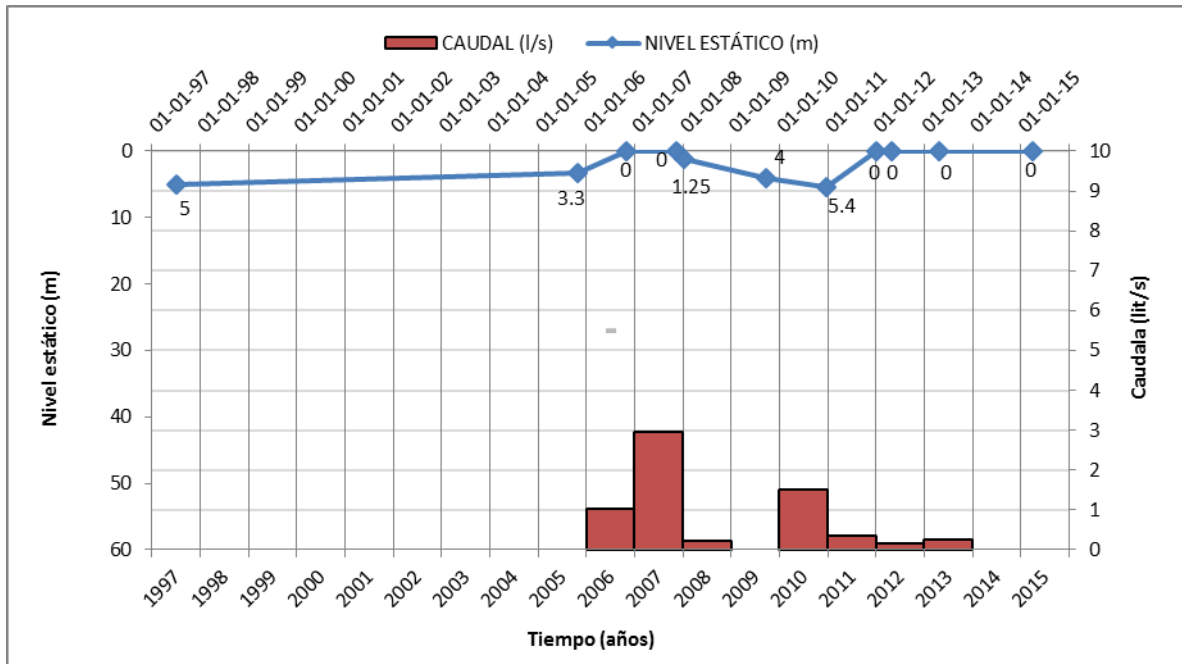


- Pozo Batallón Bolívar II

El nivel inicial de acuerdo con la información disponible era de 5 m, cuando se construyó el pozo. De acuerdo con la información suministrada por Proactiva, el nivel del agua en el pozo actualmente es saltante, condición que se ha mantenido desde el año 2006.

En la Figura 6-24, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos del pozo, de acuerdo con la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-24. Comportamiento niveles estáticos pozo Batallón Bolívar II 1997 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

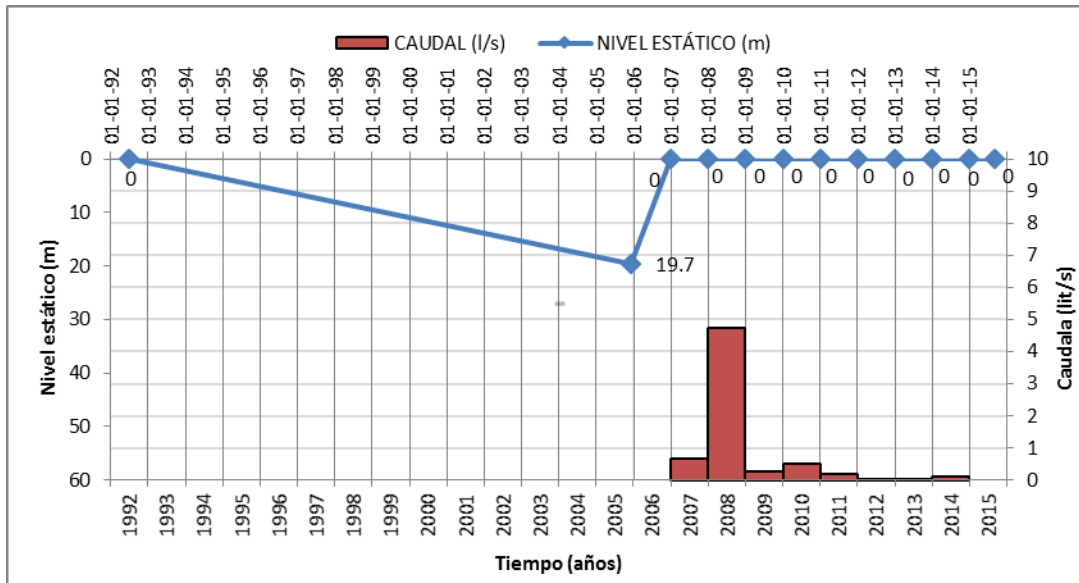


- Pozo Parque Recreacional

El pozo ha mantenido su condición de saltante desde el año de 1992 hasta el 2015, de acuerdo con los datos de niveles estáticos, reportados por Proactiva. El dato de 19,7 m reportado como nivel estático en diciembre de 2005, es anómalo, y no responde con el comportamiento hidráulico del pozo.

En la Figura 6-25, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos del pozo, de acuerdo con la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-25. Comportamiento niveles estáticos pozo Parque Recreacional 1992 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



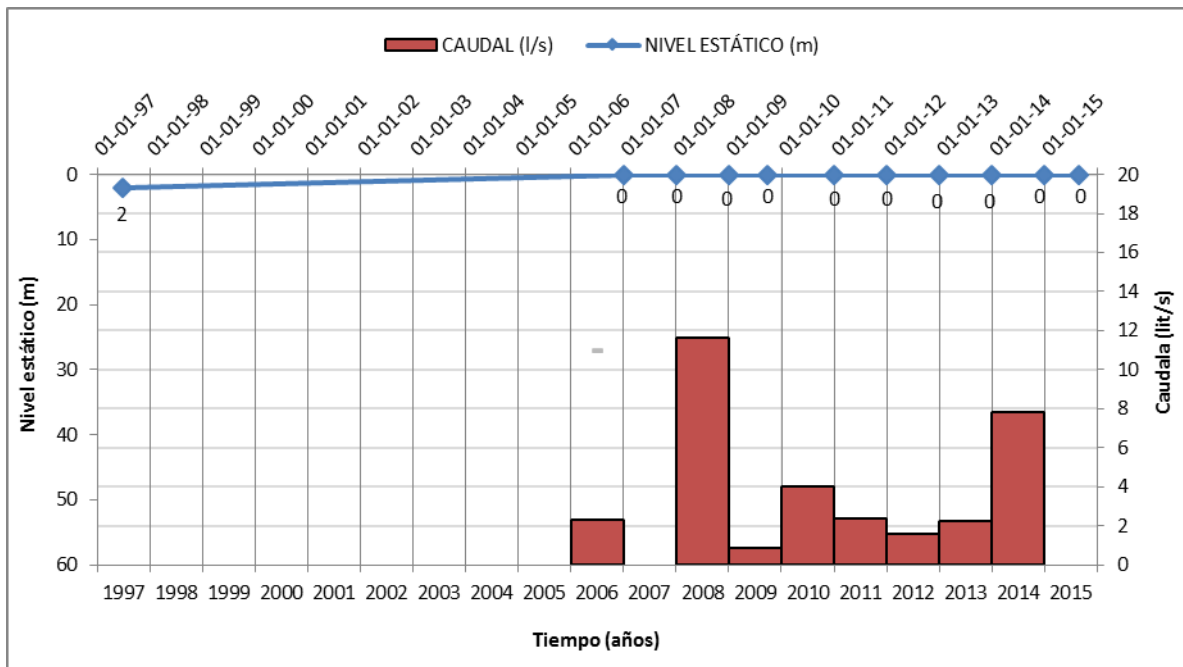
- Pozo El Estadio

El nivel inicial reportado en el pozo, durante su construcción fue de 2 m, en julio de 1997.

De acuerdo con la información suministrada por Proactiva, el pozo ha mantenido su condición de saltante desde el 2006 hasta el 2015, de acuerdo con los datos de niveles estáticos.

En la Figura 6-26, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos del pozo, de acuerdo con la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-26. Comportamiento niveles estáticos pozo El Estadio 1997 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

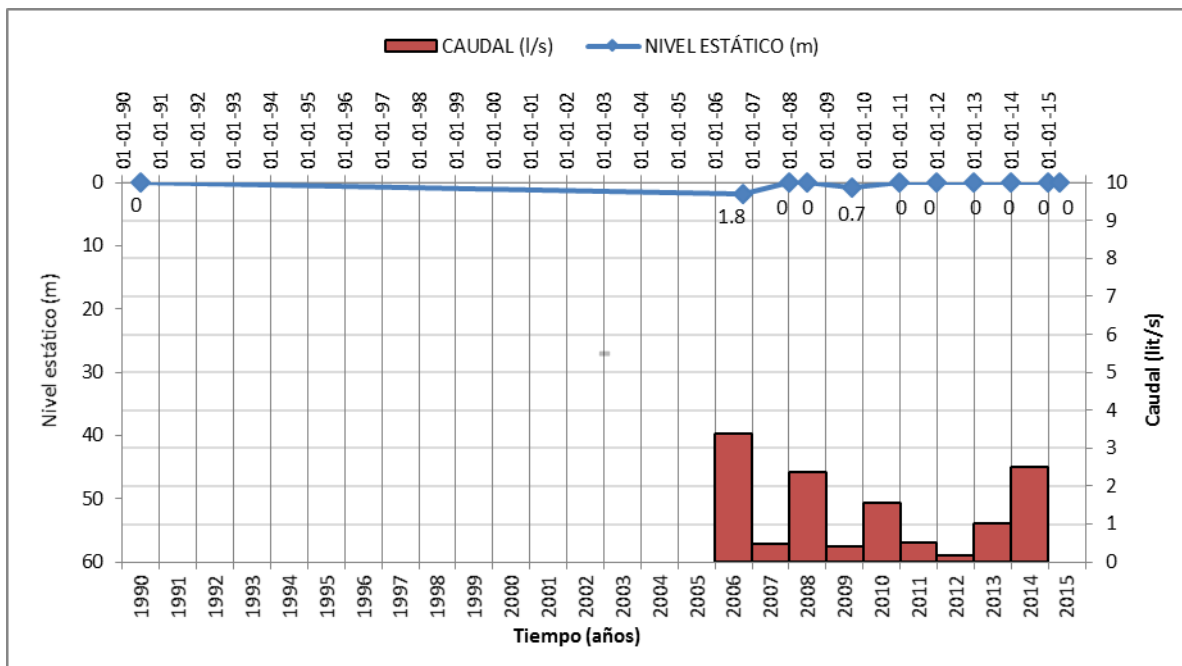


- Pozo Belalcazar

El pozo ha mantenido su condición de saltante desde la fecha de construcción en julio de 1990 hasta el 2015, de acuerdo con la información disponible y los datos de niveles estáticos, reportados por Proactiva.

En la Figura 6-27, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos considerados más representativos del pozo, de acuerdo con la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-27. Comportamiento niveles estáticos pozo El Estadio 1990 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

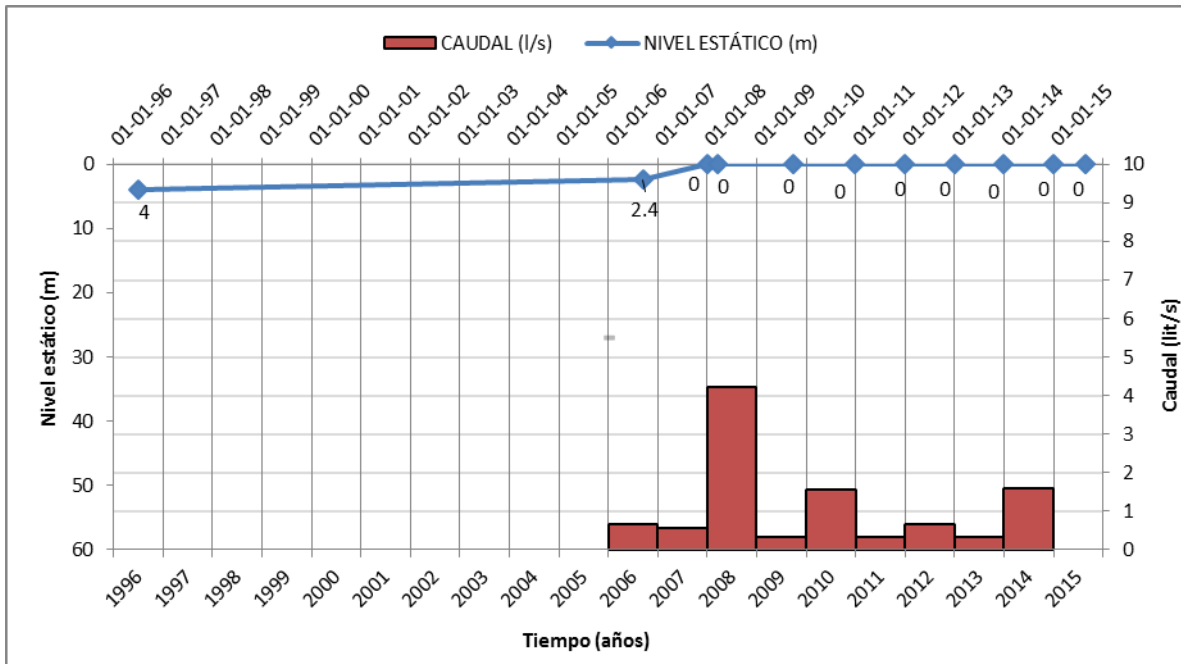


- Pozo La Fuente II

El nivel inicial medido durante la construcción del pozo en julio de 1996, fue de 4 m de profundidad. De acuerdo con la información suministrada por Proactiva, el nivel del agua en el pozo ha sido saltante desde el año 2007, hasta la fecha.

En la Figura 6-28, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos de acuerdo con la información disponible, y los niveles estáticos considerados más representativos del pozo de la suministrada por Proactiva.

Figura 6-28. Comportamiento niveles estáticos pozo La Fuente II 1996 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

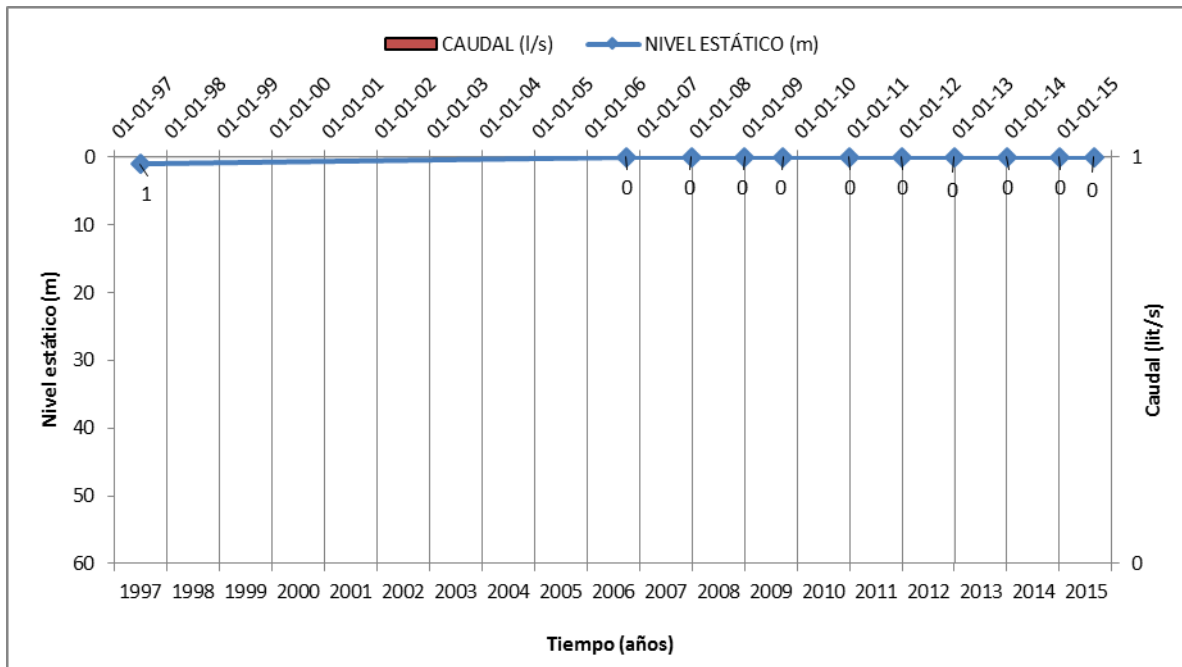


- Pozo U.P.T.C.

El nivel inicial medido durante la construcción del pozo en julio de 1997, fue de 1 m de profundidad. De acuerdo con la información suministrada por Proactiva, el nivel del agua en el pozo ha sido saltante desde el año 2006, hasta la fecha.

En la Figura 6-29, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos de acuerdo con la información disponible, y los niveles estáticos considerados más representativos del pozo de la suministrada por Proactiva.

Figura 6-29. Comportamiento niveles estáticos pozo U.P.T.C. 1997 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



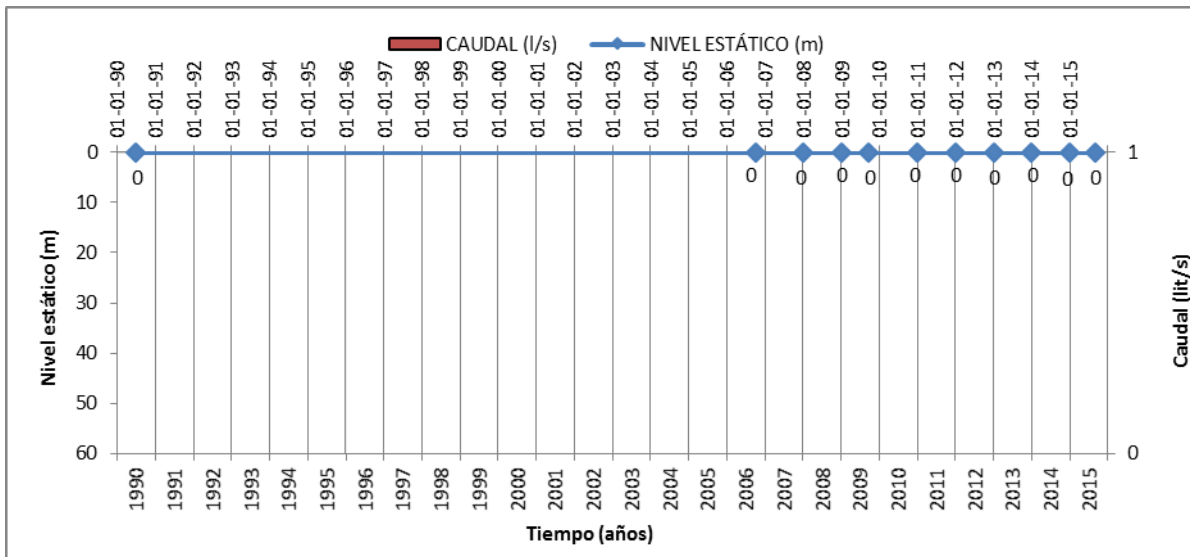
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Pozo La Remonta

De acuerdo con la información disponible y la suministrada por Proactiva, el nivel del agua en el pozo ha sido saltante desde el año 1990, hasta la fecha.

En la Figura 6-30, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos de acuerdo con la información disponible, y los niveles estáticos considerados más representativos del pozo de la suministrada por Proactiva.

Figura 6-30. Comportamiento niveles estáticos pozo La Remonta 1990 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015

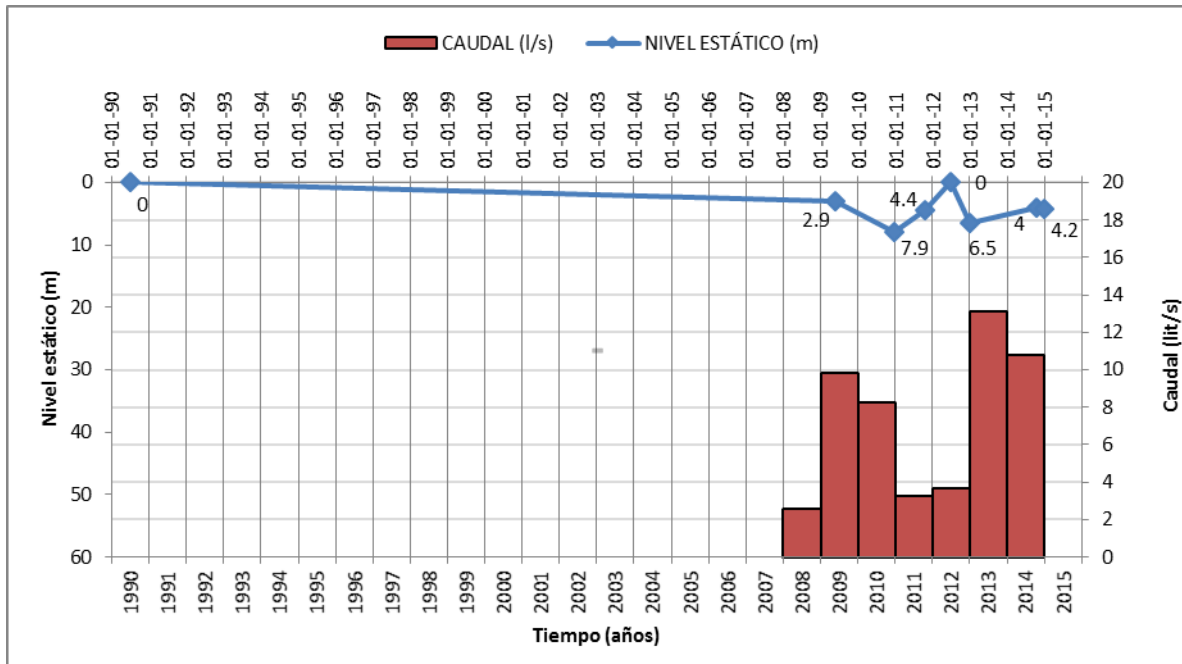
- Pozo San Francisco

De acuerdo con la información disponible, el nivel de agua en el pozo fue saltante cuando se construyó en el año 1990. Los niveles estáticos suministrados por Proactiva, indican que el pozo continua siendo saltante.

Algunos reportados como niveles estáticos, pueden corresponder a niveles de recuperación del nivel, y no necesariamente a un descenso del nivel por el bombeo.

En la Figura 6-31, se presenta el comportamiento de los niveles estáticos de acuerdo con la información disponible, y los niveles estáticos considerados más representativos del pozo de la información suministrada por Proactiva.

Figura 6-31. Comportamiento niveles estáticos pozo San Francisco 1990 - 2015.



Fuente: Hidroboyacá 2015

6.5.4.2. Niveles piezométricos

Para la elaboración del mapa de niveles piezométricos, se tomaron los niveles estáticos reportados en pruebas de bombeo, en el caso de pozos profundos construidos por particulares, y los niveles de cada uno de los catorce (14) pozos monitoreados por Proactiva (del año 2005 al 2015), considerados más representativos del nivel estático (con mayor tiempo de recuperación), con base en la información extraída de los expedientes y la suministrada por la empresa Proactiva.

En la mayoría de los pozos, los niveles estáticos corresponden a pozos saltantes (Batallón Bolívar II, Parque Recreacional, El Estadio, Belalcazar, La Fuente II, U.P.T.C, La Remonta, y San Francisco), o están relativamente cerca de la superficie (pozos Pensilvania, Cooservicios I, Caminos Vecinales), información que refleja las condiciones de acuífero confinado de la Formación Cacho y de otros niveles acuíferos.

Los niveles están dados en términos de profundidad del agua subterránea. Para determinar las profundidades, se tomaron las cotas del terreno, utilizando el Modelo digital de elevación, y se les resto, la medida del nivel estático.

En la Figura 6-32, se presenta el mapa de niveles piezométricos para para el acuífero superficial en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, se dispone solamente de información de niveles piezométricos de cinco (5) pozos profundos, que captan el acuífero de mayor profundidad, la cual, no es suficiente para construir un mapa de líneas equipotenciales confiable, y definir las direcciones de flujo.

En la Figura 6-32, se pueden observar la distribución de las líneas equipotenciales y las líneas de flujo, que señalan la dirección de flujo del agua subterránea en el acuífero superficial, en la subcuenca del sinclinal de Tunja, con base en la información topográfica y piezométrica disponible. En el flanco oriental del sinclinal de Tunja, no se dispone de información piezométrica, para la generación de líneas equipotenciales y construcción de la red de flujo.

El agua subterránea se mueve desde las zonas de recarga (áreas de afloramiento de la Formación Cacho en el flanco occidental), hacia el centro del valle y en dirección hacia los puntos de extracción de agua subterránea (pozos profundos). El mapa de direcciones de flujo señala, que la extracción de agua subterránea genera un gradiente hidráulico hacia los pozos.

El mapa de direcciones de flujo, señala a la vez, movimiento del agua subterránea a nivel superficial en dirección SW-NE, debido al gradiente hidráulico generado por el bombeo de un pozo profundo que capta los niveles acuíferos de la Formación Tilatá.

Las direcciones de flujo se podrán establecer con mayor precisión y detalle, en la medida en que se disponga de mayor información (número y ubicación de pozos).

En la Figura 6-33, se presenta el mapa de niveles piezométricos y de direcciones de flujo, para el acuífero de mayor profundidad, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.

El mapa de direcciones de flujo, se elaboró con base en la información de niveles piezométricos de ocho (8) pozos profundos, que captan el acuífero de mayor profundidad, complementado con información de algunos manantiales identificados en la subcuenca.

El mapa de direcciones de flujo, señala movimiento del agua subterránea desde las zonas de recarga, en donde afloran los acuíferos, hacia el centro de los sinclinales, y en dirección a los puntos de extracción de aguas subterráneas (pozos), por efecto del gradiente hidráulico, generado por el bombeo de los mismos.

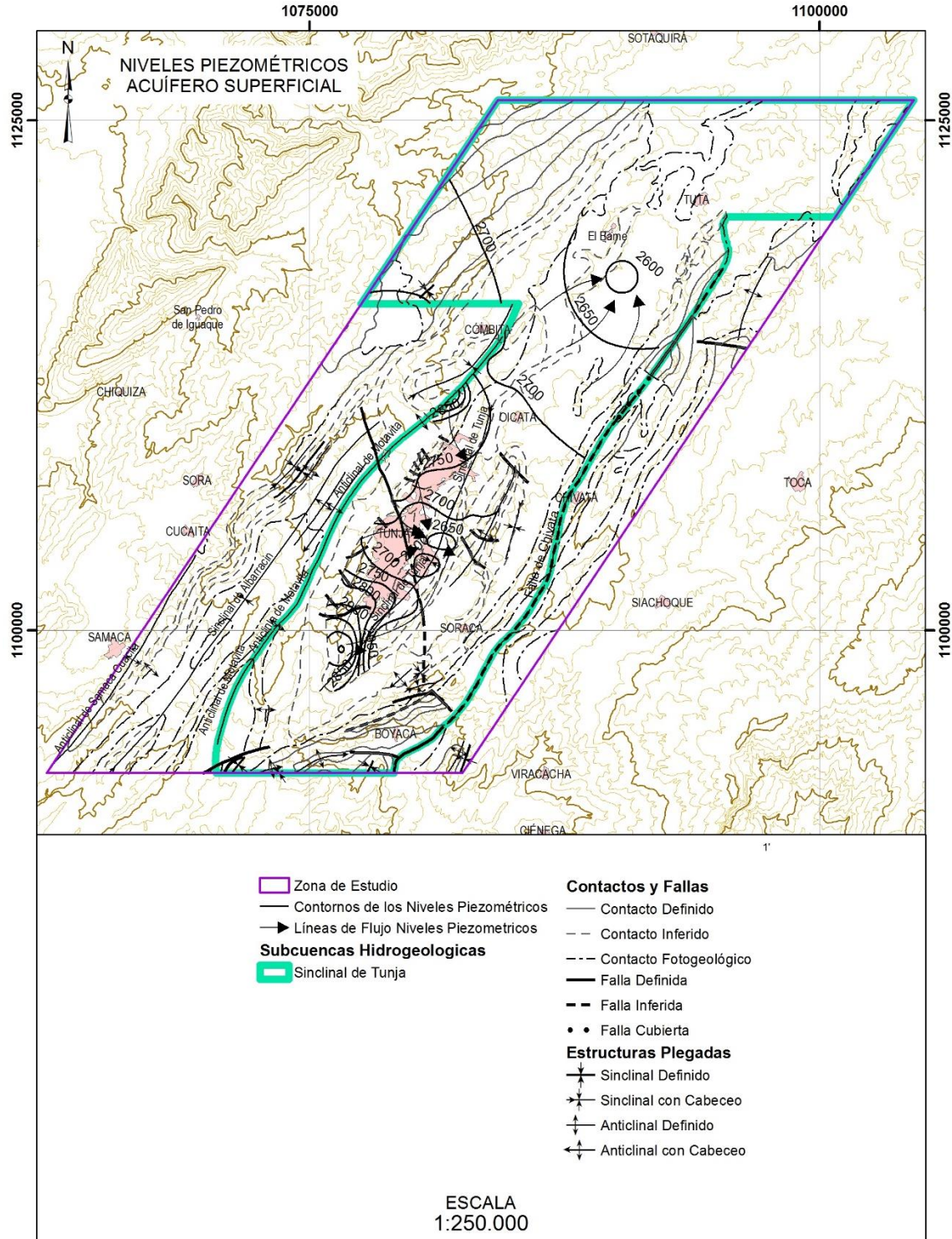


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 6-32. Mapa de niveles piezométricos para el acuífero superficial



Fuente: Hidroboyacá 2015

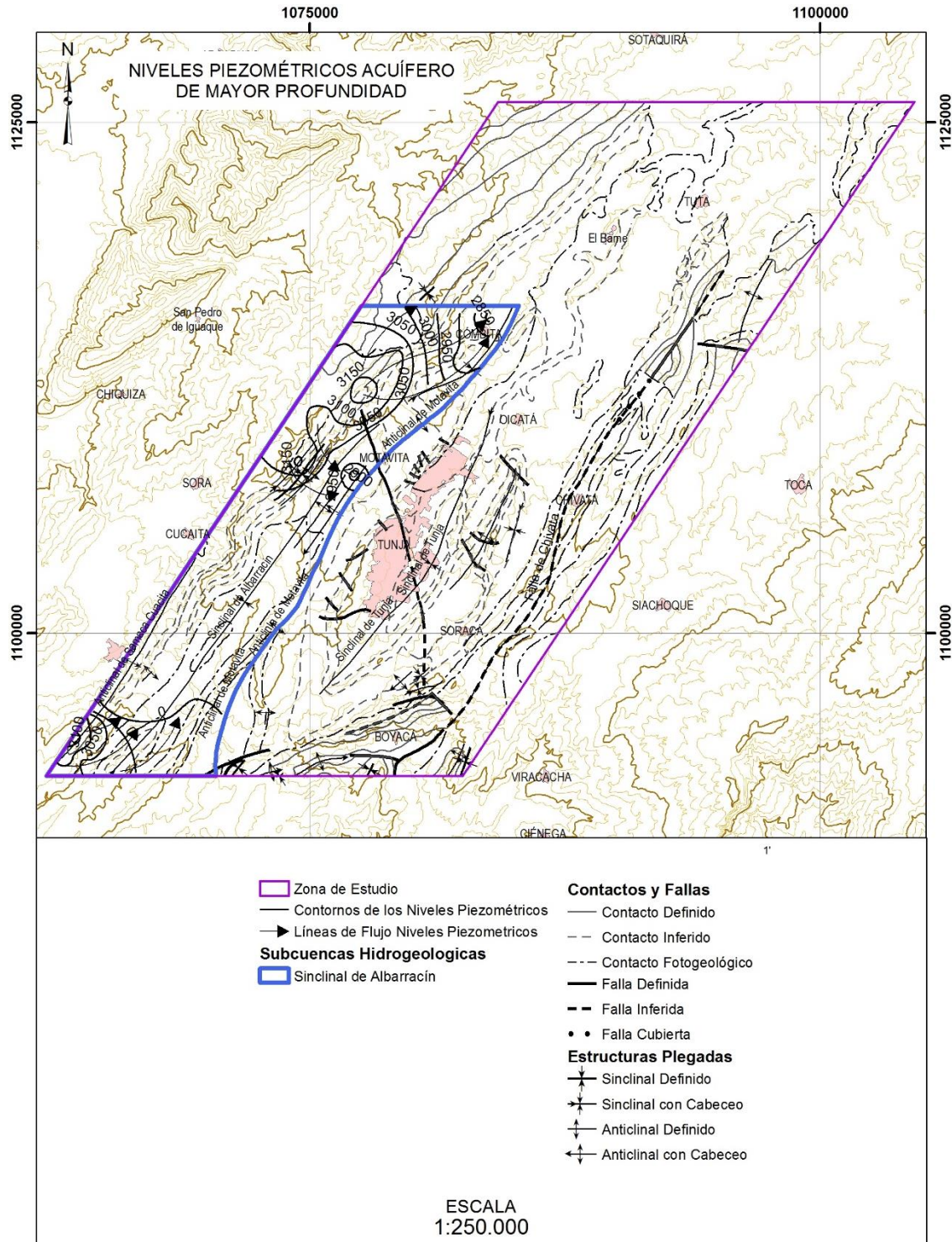


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 6-33. Mapa de niveles piezométricos para el acuífero de mayor profundidad



Fuente: Hidroboyacá 2015



En la Tabla 6-14, se presentan los pozos profundos utilizados por subcuenca hidrogeológica, para la construcción de la red de flujo, el nivel estático considerado y la cota de la profundidad del agua subterránea en cada uno de los puntos.

Tabla 6-14. Pozos profundos utilizados para la construcción de las redes de flujo para el acuífero superficial y de mayor profundidad.

Expediente	Acuífero	Nivel Estático (m)	Cota piezométrica m.s.n.m.
Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja			
CAPP-0004/03	Acuífero Superficial	26,2	2790,56
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	9	2758,86
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	0	2780,64
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	13,37	2723,93
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	34,5	2719,93
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	28,2	2682,95
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	7,56	2708,78
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	8,6	2717,90
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	11,61	2690,99
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	4,13	2698,52
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	5,94	2696,62
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	0	2694,37
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	0	2687,85
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	0	2686,64
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	0	2690,74
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	0	2690,58
CAPP-0001/06	Acuífero Superficial	0	2686,76
OOLA-0014-01	Acuífero Superficial	0	2686,00
CAPP-0014/09	Acuífero Superficial	3,8	2925,20
CAPP-0031/10	Acuífero Superficial	32,07	2589,35
Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín			
Expediente	Acuífero	Nivel Estático (m)	Cota piezométrica Msnm.
OOCA-0086/12	Acuífero Profundo	0	3147,16
OOCA-0086/12	Acuífero Profundo	0	3040,34
CAPP-0019/13	Acuífero Profundo	43,31	2837,38
OOCA-0163/10	Acuífero Profundo	35,38	3009,89
OOCA-0163/10	Acuífero Profundo	32,3	3035,74
OOCA-0344/98	Acuífero Profundo	9,53	3069,95



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Expediente	Acuífero	Nivel Estático (m)	Cota piezométrica m.s.n.m.
CAPP-0004/09	Acuífero Profundo	9,66	2792,26
OOCA-0155/08	Acuífero Profundo	1	2875,77

Fuente: Hidroboyacá 2015

6.5.4.3. Dirección de movimiento del agua subterránea

En las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio, se pueden identificar las siguientes características generales de movimiento del agua subterránea.

- Flujo somero y flujo base

Una parte del agua lluvia que se precipita sobre las zonas de recarga de los acuíferos (en la zonas topográficas más altas), puede infiltrarse y moverse en dirección hacia el drenaje superficial (con una componente horizontal mayor que la vertical), para emerger nuevamente como flujo subsuperficial o flujo base. La magnitud del flujo subsuperficial es muy pequeña si se tiene en cuenta la presencia de niveles arcillosos en todas las formaciones geológicas presentes en superficie.

- Percolación profunda

La parte de la infiltración que puede moverse dentro de las formaciones terciarias (acuífero superficial), y cretáceas (acuífero de mayor profundidad), en profundidad, está controlada y limitada por la estructura geológica de los sinclinales, que impiden el flujo regional lateralmente a la estructura.

A partir de los mapas de niveles piezométricos, se determinó la dirección de movimiento del agua subterránea, en las subcuencas y de los acuíferos, en donde existe suficiente y adecuada información. Para ello se trazaron las líneas de flujo perpendiculares a las isóneas piezométricas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.5.4.3.1. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja

En la Figura 6-32, se presenta el mapa con las líneas de flujo elaborado para el acuífero superior, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

El mapa permite inferir que el agua subterránea se mueve regionalmente, desde la zona de recarga, en la parte alta de la ciudad (ver mapa de hidrogeológico), hacia el centro del sinclinal, y en dirección Norte.

El principal flujo de agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, se debe generar por la extracción de agua subterránea a partir de los pozos profundos que captan el acuífero superficial, y que abastecen parte del acueducto de la ciudad de Tunja.

Por otra parte, existe un flujo agua subterránea que se puede denominar como subsuperficial, el cual tiene un control geológico y topográfico, en el cual, el agua infiltrada puede volver a aflorar en superficie en forma de manantiales.

En la Figura 6-33, se presenta el mapa con las líneas de flujo, para el acuífero de mayor profundidad, con base en la información disponible. No existe suficiente y adecuada información de niveles piezométricos, del acuífero de mayor profundidad en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, para elaborar un mapa de niveles piezométricos representativo, y determinar con confiabilidad la dirección de flujo del agua subterránea. No obstante, el flujo subterráneo, que se produce a nivel regional, en el acuífero en profundidad, está controlado principalmente por la estructura geológica, ya que el agua subterránea tiende a moverse siguiendo el buzamiento de los estratos, o por control a lo largo de fallas y diaclasas.

6.5.4.3.2. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín

En la Figura 6-33, se presenta el mapa con las líneas de flujo elaborado para el acuífero de mayor profundidad, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

El flujo de agua subterránea, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín, se debe generar desde la zona de recarga, hacia el centro del sinclinal, siguiendo el buzamiento de los estratos, o por control a lo largo de fallas y diaclasas.

Las formaciones geológicas que constituyen el acuífero superficial, se encuentran erosionadas en la mayor parte del área de la subcuenca, y no existen datos de niveles piezométricos suficientes para la elaboración del mapa de niveles piezométricos y el trazado de líneas de flujo.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.5.5. Determinación de parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos se han determinado con base en la información disponible de pruebas de bombeo, realizadas en los pozos profundos existentes en la zona de estudio.

La información fue tomada de los expedientes relacionados con pozos profundos, suministrados por Corpoboyacá y Corpochivor.

En la Tabla 6-15, se presentan los valores reportados de la transmisividad, coeficiente de almacenamiento y conductividad hidráulica, con base en los resultados de las pruebas de bombeo realizadas para la solicitud de la concesión de aguas subterráneas.

Los parámetros hidráulicos reportados (incluyendo los del coeficiente de almacenamiento), fueron calculados a partir de pruebas de bombeo con información de niveles dinámicos medidos dentro del pozo de bombeo y por lo tanto pueden tener un alto grado de incertidumbre.

En el acuífero superficial, se presentan transmisividades entre: 25,54 m²/día (Pozo La Fuente II), hasta 1067,13 m²/día (pozo recreacional), de acuerdo con la información de parámetros hidráulicos disponible.

En el acuífero de mayor profundidad, las transmisividades calculadas son del orden de los 2,62 m²/día a 15,62 m²/día.

Algunas de las pruebas de bombeo evaluadas, no cumplen con la aplicación de los conceptos básicos de la hidráulica de aguas subterráneas, en cuanto a la planeación, ejecución e interpretación, por lo cual la información disponible hay que tomarla con cierto grado de reserva respecto a su confiabilidad y grado de precisión.

En relación con las pruebas de bombeo es importante tener en cuenta que ellas deben ser hechas e interpretadas por especialistas, dado que la interpretación en muchos casos no es única y la más cercana a la realidad depende de la experticia y experiencia del hidrogeólogo (Rodríguez C.O, 1984).

Los valores del coeficiente de almacenamiento (**S**) estimados en la zona de estudio, con base en información de niveles dinámicos medidos dentro del pozo de bombeo, no son representativos, ya que pueden conducir a errores hasta de dos o tres órdenes de magnitud, de acuerdo con la teoría de la hidráulica de aguas subterráneas.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 6-15. Parámetros hidráulicos de los acuíferos, en la zona de estudio

EXPEDIENTE	USUARIO	PRUEBA DE BOMBEO										
		COORDENADAS		CAUDAL (L/s)	TIEMPO DE BOMBEO (min)	FECHA	NIVELES		PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	PARAMETROS HIDRAULICOS		
		X	Y				ESTÁTICO (m)	DINÁMICO (m)		Transmisividad (m ² /día)	Coef. Almacenamiento	Conductividad Hidráulica
CAPP-0004/09	Condominio Refugio Campestre	1083838	1115487	2,50	1440	06-oct-10	9,66	65,16	198	2,62		
CAPP-0014/09	Gabriel Herrera Vanegas	1082256	1111112	0,57	495	26-nov-01	3,80	30,53	138	1,00		
CAPP-0009/09	Acueducto Pozo Profundo Surquira	1083690	1117273	3,04	870	09-ago-99	3,00	55,98	205	13,43		
CAPP-0154/02	Acueducto La Toma	1084914	1118451	5,26	390	24-may-99	6,00	35,23	149	7,20	0,0151	
OOCA-0155/08	Municipio de Combita	1082783	1115687	3,00	1440	09-ago-99	1,00	38,82	202	8,36		
CAPP-0004/10	Juan Manuel Flórez Zamorano	1082227	1113138	15,00	1470	04-nov-10	77,00	83,15	125	120,6		
CAPP-0031/10	María Victoria Malaver	1090211	1117300	1,58	1440	NO	32,07	76,86	170	NO		
OOCA-0217/10	Municipio de Oicatá - Luis Eduardo Páez	1090563	1109747	4,50	450	07-jun-05	38,20	75,10	182	13,2	7,20E-05	0,22
OOCA-0163/10	Municipio De Motavita	1079782	1110370	2,50	NO	NO	32,30	43,02	110	NO		
		1080380	1110295	1,87	600	NO	35,38	44,05	NO	NO		
CAPP-0001/10	Acueducto La Roca	1084023	1098878	2,00	480	NO	51,30	75,10	201	7,32		
CAPP-0006/10	Víctor Manuel Ríos Acevedo	1082686	1103245	10,00	3157	26-jul-10	7,05	42,33	NO	NO		
CAPP-0004/03	Héctor Alfonso Cruz	1077648	1098892	5,10	720	31-oct-11	26,20	39,85	141	NO		
CAPP-0001/06	Universidad Santo Tomas	1081068	1105307	7,20	1440	18-ene-06	0,00	45,86	145	28,4		
OOCA-0086/12	Acueducto Vda. Tras Del Alto	1073916	1105998	6,19	960	20-jun-06	0,00	6,11	181	5,90	1,70E-03	0,2
		1073297	1105959									
OOLA-0014-01. Municipio de Tunja - Proactiva Aguas de Tunja	Pensilvania	1078100	1100328	42,80	180	04-sep-06	9,00	41,77	246	879,03		
	San Francisco	1079180	1100810	18,99	180	2011	13,37	23,34	205	77,94		
	Cooservicios 2	1079888	1101615	6,44	180	25-oct-06	34,50	5,60	267	237,84		
	Cooservicios 1	1080480	1102743	12,15	180	16-ene-06	7,56	45,14	225	26,68		



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		PRUEBA DE BOMBEO					PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	PARAMETROS HIDRAULICOS		
		X	Y	CAUDAL (L/s)	TIEMPO DE BOMBEO (min)	FECHA	NIVELES			Transmisividad (m ² /día)	Coef. Almacenamiento	Conductividad Hidráulica
							ESTÁTICO (m)	DINÁMICO (m)				
	San Antonio	1079677	1102700	18,62	180	30-ene-06	28,20	22,65	275	123,32		
	Caminos vecinales	1080028	1103214	11,40	180	11-dic-06	11,61	89,53	245	47,10		
	Silvino Rodríguez	1080900	1102900	6,78	180	2011	8,60	7,48	265	111,12		
	Batallón Bolívar 1	1080480	1103770	9,37	180	25-oct-66	5,94	8,68	248	59,76		
	Batallón Bolívar 2	1080480	1103750	16,13	180	2011	4,13	24,83	91	40,5		
	Estadio	1080315	1104734	22,37	NO	NO	NO	NO	245	NO		
	Remonta	1080000	1104530	NO	NO	NO	NO	NO	96	NO		
	UPTC	1080170	1105250	NO	NO	NO	NO	NO	225	NO		
	Recreacional	1079750	1105320	10,32	180	2011	0,00	69,27	186	1067,13		
	Belalcazar	1079465	1105270	13,70	180	2012	0,00	53,29	150	385,49		
	Fuente 2	1079505	1105307	6,91	180	2011	0,00	40,81	121	25,54		
	Runta	1078100	1100600	11,24	1440	07-may-13	6,98	15,18	150	172,5		
CAS-0002/2008	Virgilio Sánchez Garay	1070927	1093227	1,00	1380	12-abr-10	39,43	111,0	112	1,67		
OOCA-0344/98	Municipio de Combita	1079813	1113711	1,87	600	17-jul-07	9,53	70,15	161	15,62		
CAPP-0019/13	Juan Manuel Flórez Zamorano	1077190	1107725	3,73	1440	29-jul-14	43,31	53,96	130	NO		
CAPP-0004/14	Leonel Alfonso Puerto Rodríguez	1090824	1124430	0,40	1440	13-sep-13	22,92	64,73	109	0,44		
CAPP-0010/10	Pablo López Corredor	1095784	1115000	4,00	1440	29-nov-13	50,74	52,67	115	604		

Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

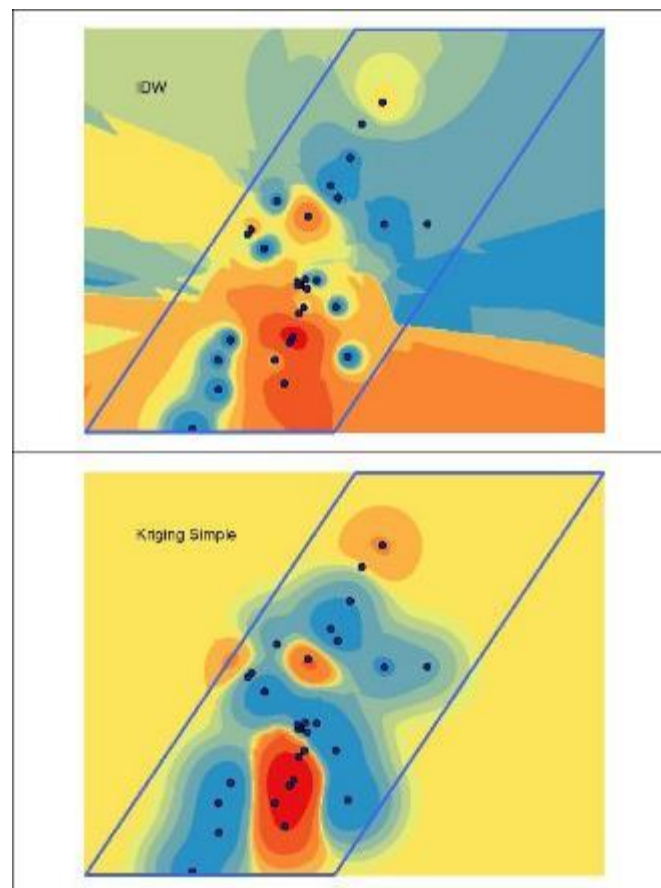


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

6.6. Mapas de isolíneas con redes de flujo, conductividad eléctrica, evapotranspiración e isoyetas

Para la elaboración de los mapas de isolíneas de las redes de flujo, conductividad eléctrica, evapotranspiración e isoyetas se realizaron cálculos de interpolación por los métodos IDW y Kriging Simple; los resultados se acogieron dependiendo el tipo de resultado en cada interpolación, un ejemplo de ello se puede evidenciar en la Figura 6-34.

Figura 6-34. Representación gráfica de ambos métodos de interpolación para el parámetro de conductividad eléctrica



Fuente: Hidroboyacá 2015

Los mapas de isolíneas elaborados en cada uno de los elementos listados anteriormente se encuentran en el **Anexo 1.2**.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7. COBERTURA DE LA TIERRA

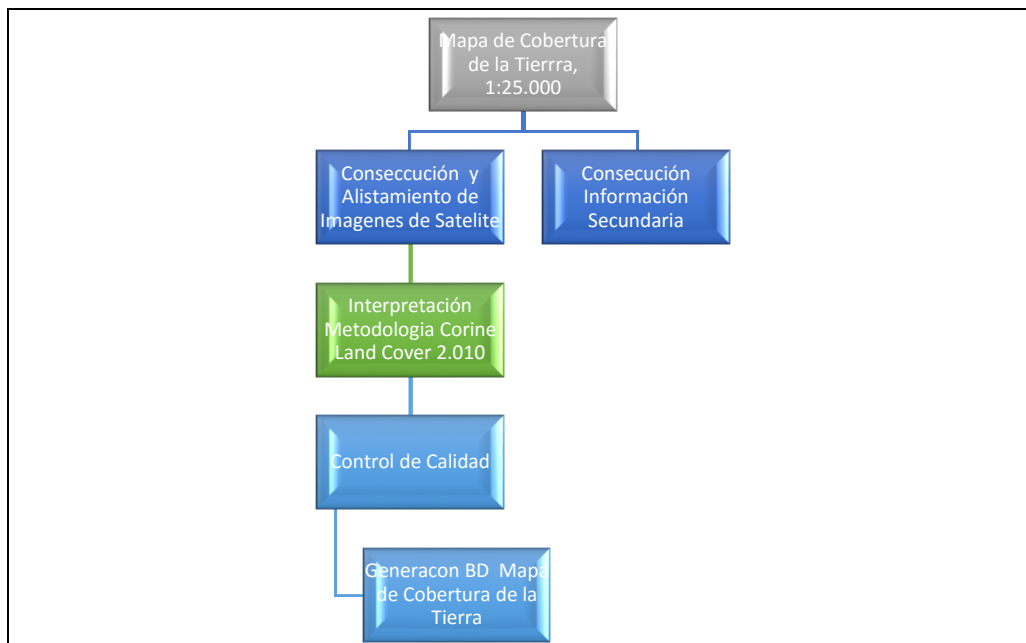
7.1. Análisis de cobertura de la tierra

Se realizó la caracterización de la Cobertura de la Tierra conforme a los lineamientos de la Metodología Corine Land Cover para Colombia (CLCC) mediante la interpretación de imágenes de alta resolución.

El mapa de Cobertura de la Tierra presenta de manera integral y sintética la información referente a las unidades de cobertura presentes en el área de estudio, teniendo como marco de referencia la Leyenda Nacional de Coberturas y los lineamientos establecidos para la identificación de coberturas a escala 1:25.000, con un área mínima cartografiable de 1 ha para territorios artificializados y de 6.25 ha para las demás categorías.

La leyenda CLCC es jerárquica, basadas en clases de cobertura que van del nivel 1 al 6 y los cuales pueden ser discriminados conforme a las características pictóricas y morfológicas que son observables en imágenes de sensores remotos. Para las coberturas naturales se destacan dos elementos fisonómicos y morfológicos que facilitan su caracterización como son altura y densidad (Martin C, 2010).

Figura 7-1. Marco metodológico general para la elaboración del mapa de Cobertura de la Tierra, Escala 1:25.000 conforme a Corine Land Cover Colombia, 2.010.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

La metodología para el mapeo de coberturas de la tierra tiene su base la interpretación visual de imágenes de satélite con la ayuda de ordenador (PIAO), en la cual se consideran los elementos pictórico-morfológicos de las imágenes digitales de sensores remotos. Es importante precisar que la metodología no incluye procesamiento digital de imágenes asociado a clasificaciones supervisadas y no supervisadas.

Para la digitalización de la interpretación visual se utiliza el software ArcGIS 10.2 en su módulo ArcMap, el cual facilita con su herramienta Editor, realizar edición a la capa de coberturas. El marco metodológico de CLCC establece la organización de los datos en una estructura de geodatabase la cual permite tener un control en la disposición y almacenamiento de los datos y facilita la realización de los controles de calidad temático, topológico y semántico del archivo digital.

A continuación se relacionan y describen las actividades realizadas para la elaboración del mapa de Cobertura de la Tierra a escala 1:25.000 conforme a la metodología Corine Land Cover Colombia (CLCC):

7.1.1. Consecución y alistamiento de imágenes de sensores remotos

Se realizó el monitoreo de Coberturas de la Tierra para dos periodos correspondientes a 2.005 y 2.012 haciendo uso de las imágenes disponibles en Corpoboyacá.

Tabla 7-1. Relación de imágenes de sensores remotos utilizadas

Periodo	Tipo de Sensor	Referencia
2.005	Spot 5	647_339_051129_
		648_339_070103
2.012	Rapideye	1841723_2012-01-01_RE2_3A_168716
		1841722_2012-02-27_RE1_3A_168716
		1841623_2012-01-31_RE3_3A_168716
		1841621_2012-02-27_RE1_3A_168716
		1841622_2012-02-27_RE1_3A_168716

Fuente: Hidroboyacá 2015

Las imágenes Spot tienen un cubrimiento de 60x60 Km, por lo cual la mayor parte del área de estudio es cubierta con una sola imagen; tiene 4 bandas en el espectro correspondientes a Verde, Rojo, Infrarrojo cercano e Infrarrojo medio.

Las imágenes RapidEye, proporcionan información en el modo multiespectral, con resolución espectral de 5 bandas, organizadas de la siguiente forma: 4 bandas en el espectro visible (Azul, Verde, Rojo y Red Eye) y 1 en el rango del infrarrojo cercano.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 7-2. Características de resolución espectral y espacial de las imágenes utilizadas.

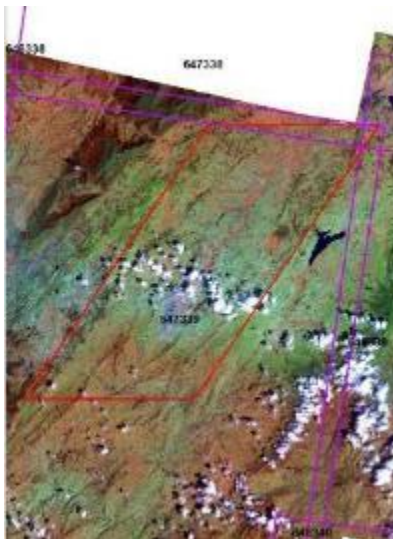
Sensor	Rango (μm)	Bandas	Resolución Espacial (m)
Spot 5	0,61-0,68	Panromática	2.5
	0.50-0.59	Verde	10
	0.61-0.68	Rojo	10
	0.78-0.89	IRC	10
	1.58-1.75	IRM	10
Rapideye	0.44-0.51	Azul	5
	0.52-0.59	Verde	5
	0.63-0.65	Rojo	5
	0.69-0.730	Borde Rojo	5
	0.76-0.85	IRC	5
	0.78-0,92	IRC	1.65

Fuente: Hidroboyacá 2015

7.1.2. Consecución de información secundaria

- Apoyo de imágenes de alta resolución de Google Earth y World e Imagery de Arcgis online.
- Uso del DTM a 30 m y radas Alos Palsar como apoyo al análisis de distribución de las coberturas (v.gr. formas del terreno, datos de cotas)
- Consulta de información secundaria de mapas temáticos de zonas de vida y zonificación climática.

Figura 7-2. Imágenes Spot 5 de 2.005 y 2.007, utilizadas para la interpretación de Coberturas de la Tierra, en combinación (RGB: 1:4:3).



Fuente: Hidroboyacá 2015



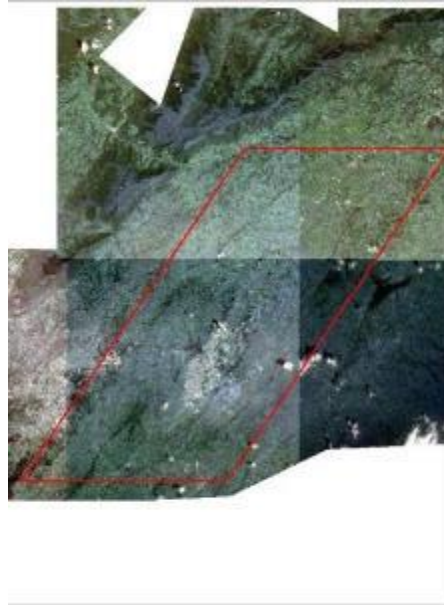
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-3. Imágenes Rapideye de 2014, utilizadas para la interpretación de Coberturas de la Tierra. Combinación (RGB: 3:2:1).



Fuente: Hidroboyacá 2015

7.1.3. Interpretación

Conforme a la metodología de Corine Land Cover Colombia se realizó la interpretación en pantalla, denominada PIAO (Photo Interpretation Assisté par Ordinateur)

En el proceso de interpretación asistida por computador se siguieron procedimientos estándar para mejorar la visualización de los datos satelitales con algunos de los siguientes procedimientos:

- Definición de las composiciones en verdadero y falso color para resaltar características específicas (RGB). Las combinaciones más usadas fueron 3:2:1(verdadero color) y 5:4:3 (falso color) para Rapideye y 1:4:3 para Spot 5.
- Aplicación de filtros y otros tratamientos de mejoramiento local para favorecer los contrastes y la nitidez de las imágenes.

La leyenda base para la interpretación corresponde a la utilizada en la generación del Mapa Nacional de Coberturas de la Tierra de Colombia a escala 1:100.000 realizado por IDEAM, IGAC, IAVH, CORMAGDALENA y SINCHI y se realizó el ajuste de unidades conforme a los avances para su aplicación a escala 1:25.000.

La leyenda nacional de Coberturas de la Tierra conforme a la metodología Corine Land Cover Colombia (CLCC) tiene una estructura para su aplicación en diferentes escalas y



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

niveles de detalle ya que es jerárquica, derivando unidades de menor a mayor detalle. De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición rápidamente.

En el **Anexo 6.1** se presenta la leyenda de Cobertura de la Tierra utilizada para la identificación de unidades en el área de estudio.

7.1.4. Estructura de la base de datos

La aplicación integral de la metodología CLCC comprende la aplicación de los estándares definidos para la geodatabase y procedimientos de control de calidad que buscan garantizar consistencia en los conjuntos de datos.

El **Anexo 6.2 - Geodatabase de cobertura de la tierra** presenta la geodatabase correspondiente a la interpretación para los dos periodos y en la cual se relacionan los siguientes campos:

7.1.4.1. Código

En este campo se escribe el código numérico de la leyenda al que corresponde el polígono clasificado. Por ejemplo 111. Territorios Artificializados.

7.1.4.2. Confiabilidad

Este campo se llena con la palabra SI y NO que indican la incertidumbre que tiene el intérprete con la clasificación del polígono. Sirve como referencia de trabajo al intérprete mientras soluciona dudas y los puntos sobre los cuales persisten las dudas son puntos obligados de verificación en campo. En la versión final todos los polígonos tienen el campo de confiabilidad SI.

Tabla 7-3. Especificaciones de los campos asociados a la Geodatabase

Dominios	Propiedades					
	Nombre	Tipo de Dato	Tipo de Dominio	Política de División	Política de Fusión	Valores Que Puede Tomar
CODIGO	Long Integer	Rango	Duplicar	Valor por defecto	Leyenda CLC	
CONFIABILIDAD	Boleano	Valores de código	Duplicar	Valor por defecto	NO	Duda en interpretación, requiere verificación en campo
					SI	Sin duda, No requiere verificación en campo
INSUMO	Texto		Duplicar		1	Spot xxxx_00/11/28



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Dominios	Propiedades					
Nombre	Tipo de Dato	Tipo de Dominio	Política de División	Política de Fusión	Valores Que Puede Tomar	
	100	Valores de código		Valor por defecto	2	Rapideye
APOYO	Texto 100	Valores de código	Duplicar	Valor por defecto	1	Google earth, World Imagery

Fuente: Hidroboyacá 2015

7.1.4.3. Insumo

En este campo se escribe la imagen que se usa como insumo, con la cual se delinea el polígono y se identifica la unidad clasificada. En el campo se incluye el tipo de imagen y la fecha de toma de la misma. V.gr. Rapideye 2010-01-03 t161359, que corresponde a la fecha de la imagen y numero de tile.

7.1.4.4. Apoyo

Es de diligenciamiento opcional de acuerdo a los datos que fueron usados como apoyo para la identificación del polígono ya sea aerofotografías digitales, google earth, arcgisonline, etc.

7.1.5. Trabajo de campo

Se realizó trabajo de campo del 22 al 26 de septiembre de 2014 y en el cual se realizó la verificación de las unidades de cobertura interpretadas y que presentaron mayor incertidumbre en su identificación y delimitación, es decir, que requieren realizar un control temático.

Los puntos obligados de control de campo fueron los polígonos con confiabilidad “No”, los cuales no fue posible identificar con información secundaria o de apoyo. Se empleó un minicomputador con antena inalámbrica de GPS, el cual constituye una herramienta de apoyo a la toma de datos en campo que facilita la captura y permite incorporar observaciones específicas.

Se registraron los puntos de GPS y una fotografía digital en cada uno de los sitios de verificación. La información digital de apoyo para la verificación de campo contiene los siguientes shapes:

- Shape de la interpretación
- Shape de puntos obligados de verificación de coberturas
- Vías
- Centros Poblados



Tabla 7-4. Leyenda Nacional CLCC, Escala 1:100.000

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI-NATURALES
1.1. Zonas urbanizadas	3.1. Bosques
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativas	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	3.2.1.1. Herbazal denso
2.1. Cultivos transitorios	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.3. Arracachal
2.2. Cultivos permanentes	3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.2. Caña	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.4. Tabaco	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.5. Papaya	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.6. Amapola	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.2. Café	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.4. Viñedos	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.2.5. Coca	4. AREAS HÚMEDAS
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.2. Turberas
2.2.3.3. Cítricos	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.4. Mango	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.2. Salitral
2.3. Pastos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3.1. Pastos limpios	5. SUPERFICIES DE AGUA
2.3.2. Pastos arbolados	5.1. Aguas continentales
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.1. Ríos (50 m)



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.3. Canales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.2. Aguas marítimas
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.2. Mares y océanos
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: Hidroboyacá 2015

7.2. Cobertura de la tierra periodo 2012

En términos generales la mayor parte del área de estudio debe el estado de la cobertura actual a procesos antrópicos dinámicos tales como una agricultura y ganadería de subsistencia, lo cual ha determinado cambios en el paisaje a partir de una cobertura vegetal original en un rango de altitud amplio de 2.200 a 3.200 msnm.

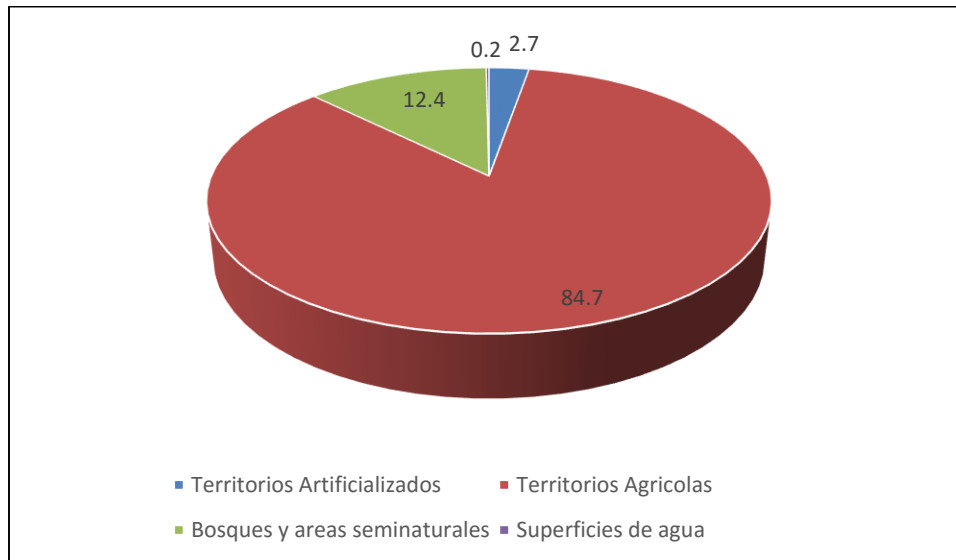
Las coberturas antrópicas constituyen el 87.4% del área de estudio, dentro de las cuales los territorios artificializados representan el 2.7 % y los territorios agrícolas 84.7 %. Los mosaicos constituyen la mayor participación de los territorios agrícolas con el 58.5%, acompañado del 25.6% para pastos, lo cual refleja una matriz antrópica orientada a la actividad agrícola y pecuaria.

Los bosques y áreas seminaturales presentan una amplia participación siendo el 12.4%. El patrón de intervención determina la presencia de relictos de bosque intervenido siendo el 3% del área de estudio, los arbustales el 6.2% y las áreas erosionadas el 1.1%.

Los bosques de galería se distribuyen en forma dispersa y representan el 0.5%. Se destaca la presencia de plantaciones forestales con un área total 770 ha que constituyen el 1.1% del área de estudio.



Figura 7-4. Porcentaje de participación de grandes grupos de coberturas correspondientes al nivel I. Los territorios agrícolas dominan la matriz de las coberturas de la tierra siendo el 84.7%.



Fuente: Hidroboyacá 2015

Tabla 7-5. Leyenda Cobertura de la Tierra para el área de estudio

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	Área (ha)	%	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo			1.464,8	2,2	
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo			162,6	0,2	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales			38,5	0,1
			1.2.1.3 Zonas Institucionales			23,0	0,0
		1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados			2,1	0,0
		1.2.4. Aeropuertos	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada			8,9	0,0
	1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.3. Explotación de carbón			5,1	0,0
			1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción			110,5	0,2



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	Área (ha)	%
	1.4. Zonas verdes Artificializadas, no agrícolas	1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.1. Áreas culturales		2,9	0,0
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.2. Cultivos permanentes	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos		19,5	0,0
		2.2.4. Cultivos agroforestales	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados		317,0	0,5
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios			16.173,0	24,0
		2.3.3. Pastos enmalezados o enrastrados			1.078,2	1,6
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos			32.616,9	48,5
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.4.3. 1 Con espacios naturales arbóreos		298,6	0,4
			2.4.3. 2 Con espacios naturales arbustivos		55,6	0,1
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.4. 1 Con espacios naturales arbóreos		2.833,3	4,2
			2.4.4. 2 Con espacios naturales arbustivos		3.514,8	5,2
	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales			53,1	0,1	
	3. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES	3,1 Bosques	3.1.1. Bosque Denso	3.1.1.2. Bosque Denso Bajo	3.1.1.2.1. Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	297,3
3.1.3. Bosque fragmentado			3.1.3.1. Bosque Fragmentado con pastos y cultivos		768,2	1,1
			3.1.3.2. Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria		1.313,4	2,0



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	Área (ha)	%	
		3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.1.4.1 con predominio de arboles		135,7	0,2	
			3.1.4.2 con predominio de arbustos		88,2	0,1	
			3.1.4.3 Mixtos		109,8	0,2	
		3.2. Áreas con Vegetación Herbácea o Arbustiva	3.2.2. Arbustal	3.1.5. Plantación forestal	3.1.5.2. Plantación de Latifoliadas	770,6	1,1
				3.2.2.1. Arbustal Denso		3.320,4	4,9
				3.2.2.2. Arbustal Abierto		855,6	1,3
		3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas			707,5	1,1
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			129,8	0,2	
Total					67.274,8	100,0	

Fuente: Hidroboyacá 2015

A continuación se describen las unidades de cobertura interpretadas conforme a la leyenda Corine Land Cover para el área de estudio:

7.2.1. Territorios artificializados (1)

Comprende las áreas de poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales y de servicios. Comprende el 2.7 5 del área del área de estudio. Se identificaron las siguientes unidades:

7.2.1.1. Tejido urbano continuo (1.1.1)

Comprende los espacios conformados por el área urbana de las caberas municipales de Boyacá, Cómbita, Chivatá, Cucaita, Motavita, Oicatá, Samacá, Sora, Soracá, Sotaquirá, Tunja, Tuta, constituido por edificaciones, vías y superficies artificiales que cubren más del 80% de la superficie del terreno..



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7.2.1.2. Tejido urbano discontinuo (1.1.2)

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Se destacan las áreas de expansión urbana de los municipios antes mencionados. Constituye el 0.2% del área de estudio.

7.2.1.3. Zonas industriales o comerciales (1.2.1)

Son las áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitranados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales. Comprende 0.1%.

7.2.1.4. Red vial, ferroviaria y territorios asociados (1.2.2)

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.

7.2.1.5. Aeropuertos (1.2.4)

Comprende la infraestructura donde funciona una terminal aérea. Incluye las pistas de aterrizaje y carreteo, los edificios, las superficies libres, las zonas de amortiguación y la vegetación asociada. Corresponde al aeropuerto Gustavo Rijas, el cual tiene operaciones limitadas

7.2.1.6. Zonas de extracción minera (1.3.1)

Son áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto y para el área de estudio está representada principalmente por exploraciones de carbón y canteras de materiales de construcción. Es importante aclarar que se representan cartográficamente las explotaciones de carbón para las cuales se distinguen los rasgos en las imágenes de satélite y tienen una área mayor a 6.25 ha.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 7-5. Explotaciones de carbón en el municipio de Tuta, vereda de San Nicolás. Una característica es la frecuente presencia de plantaciones de Eucalipto aledañas a las minas de carbón.



Fuente: Hidroboyacá 2015

7.2.2. Territorios agrícolas (2)

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas. Este grupo de coberturas representan el 84.7% del área de estudio, en donde dominan las áreas agrícolas heterogéneas constituidas por mosaico de pastos y cultivos (2.4.2) que representan el 48.5% y los pastos el 25.6%.

7.2.2.1. Cultivos permanentes (2.2)

Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; y para el área de estudio se identificaron cultivos permanentes arbustivos (2221) en la vereda Espinal del Municipio de Sotaquirá. Así mismo se encuentran cultivos agroforestales asociados a pastos y árboles plantados (2241).

7.2.2.2. Pastos limpios (2.3.1)

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclavamiento y/o fertilización, etc) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. Su cubrimiento en el área de estudio es amplio constituyendo el 24%.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 7-6. Cultivos agroforestales. Pastos y árboles plantados (2241) en el municipio de Chivatá Vereda Pontezueas. Cobertura que constituye el 0.5% del área del área de estudio



Fuente: Hidroboyacá 2015

7.2.2.3. Pastos enmalezados o enrastrados (2.3.3)

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros. Se distribuye en forma dispersa en el área de estudio y representa el 1.6%.

7.2.2.4. Mosaicos de pastos y cultivos (2.4.2)

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. Constituye el 48.5% del área de estudio y se presentan cultivos de subsistencia o pancoger propios de climas frío seco, frío subhúmedo y frío húmedo dentro de los cuales se destacan papa, maíz, arveja.

7.2.2.5. Mosaicos de pastos y cultivos (2.4.2)

Esta cobertura comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de cultivos, pastos y espacios naturales no puede



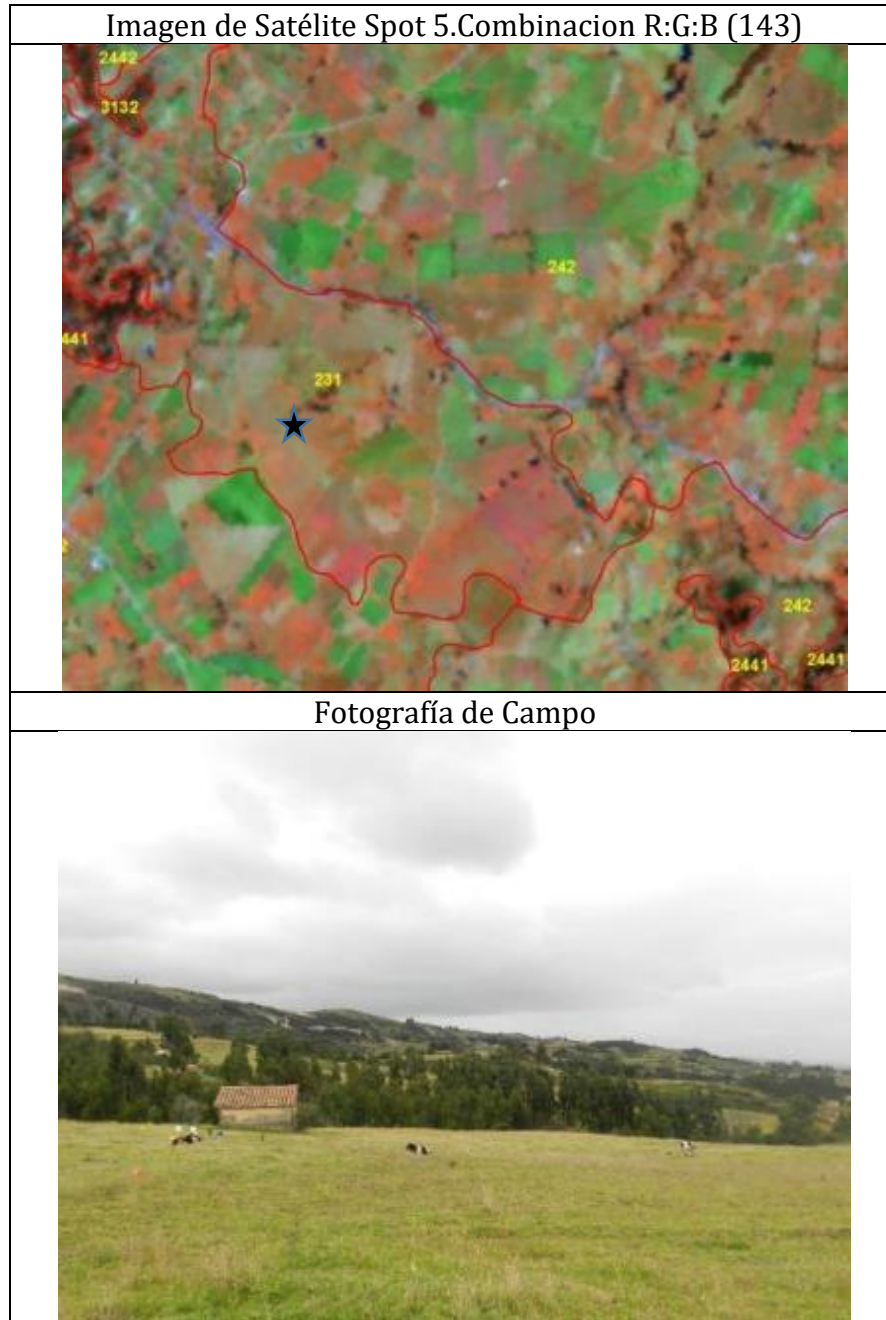
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



ser representado individualmente. Tiene poca participación siendo el 0.5%.y se distribuye en pequeñas áreas dispersas en el área de estudio. En el mosaico pueden estar presentes elementos naturales arbóreos o arbustivos.

Figura 7-7. Territorios Agrícolas. Pastos Limpios (231) en el municipio de Samacá, Vereda Guantoque. Cobertura que constituye el 24% del área de estudio.



Fuente: Hidroboyacá 2015



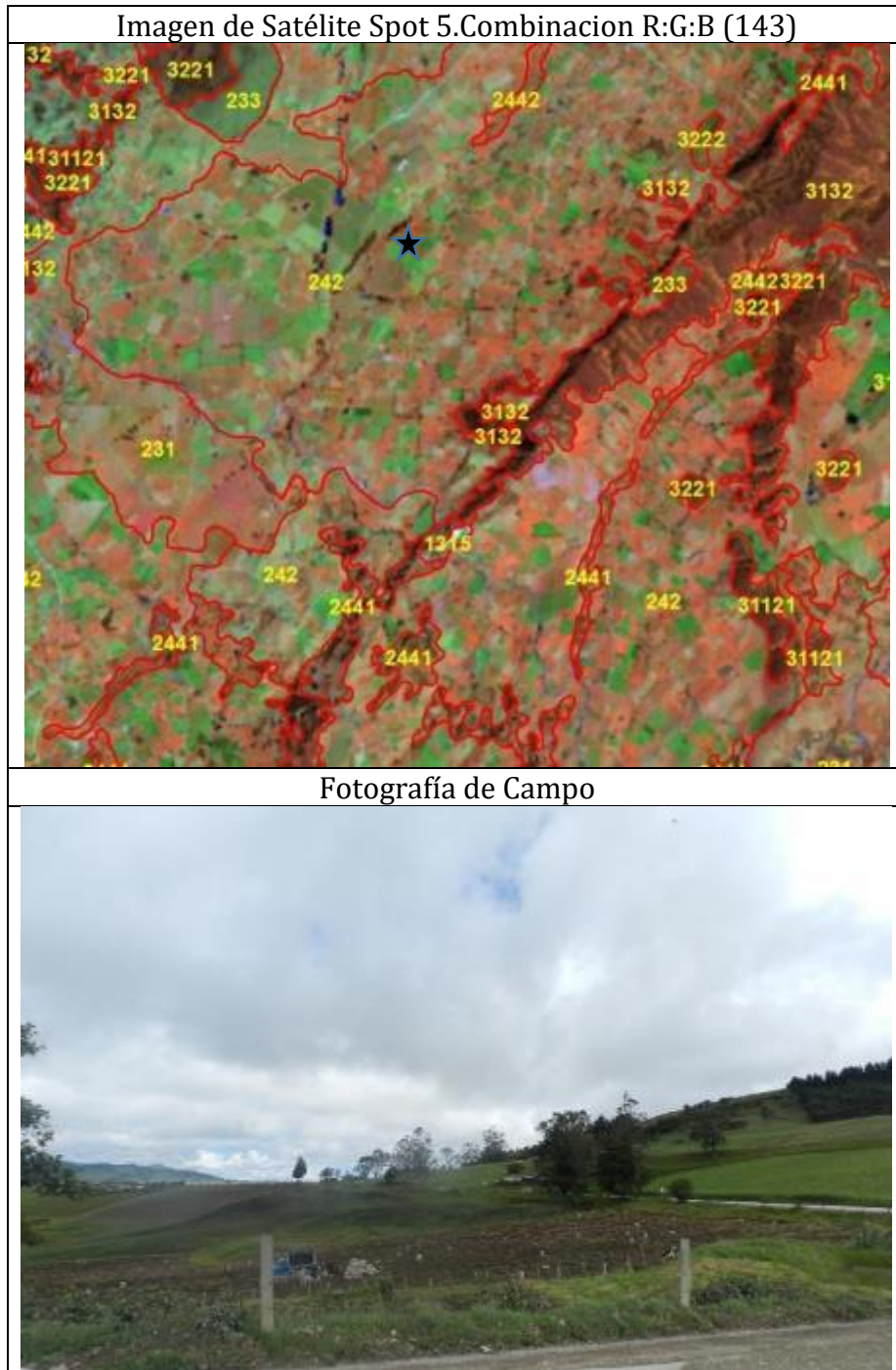
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-8. Áreas agrícolas heterogéneas. Mosaico de pastos y cultivos (242) en el municipio de Tunja, Vereda La Hoya. Cobertura que constituye el 48,5% del área de estudio y se caracteriza por presentar cultivos de papa y en menor proporción de maíz y arveja.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-9. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (243) en el municipio de Boyacá. Imagen Rapideye en combinación RGB: 321.



Fuente: Hidroboyacá 2015

7.2.2.6. Mosaicos de pastos con espacios (2.4.4)

Esta cobertura está constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 6.5 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre el 30 % y el 70 % de la superficie total del mosaico y los espacios naturales pueden estar representados por elementos arbóreos o arbustivos.

Es una cobertura extensa que representa 9.4% del área de estudio y es representativa de áreas en las cuales se desarrolla ganadería extensiva y el patrón del paisaje está asociado a la presencia de fragmentos relicto de bosque o arbustales en medio de una matriz de pastos limpios.

7.2.2.7. Mosaicos de cultivos y espacios naturales (2.4.4)

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

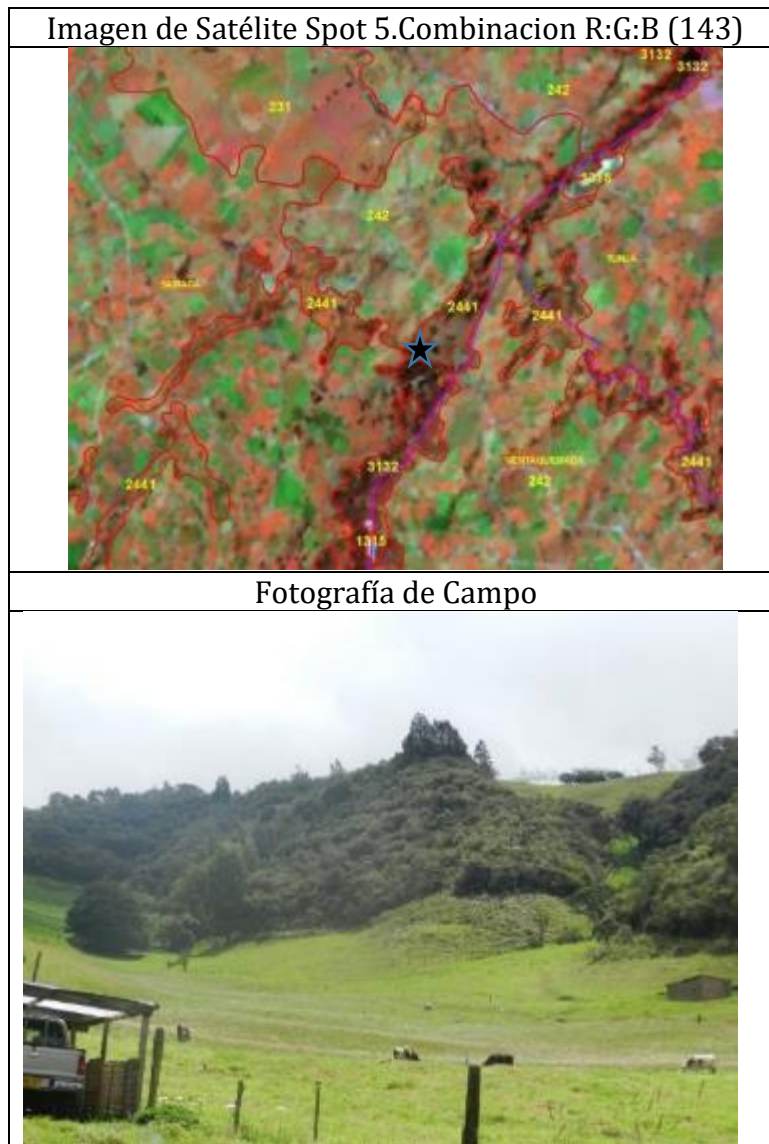


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea. En este mosaico, las áreas de cultivos representan entre el 30% y el 70% de la superficie total de la unidad.

Esta cobertura presenta una baja participación con el 0.1% del área de estudio. En términos generales está asociada a áreas de intervención sobre relictos de arbustales o bosque.

Tabla 7-6. Áreas agrícolas heterogéneas. Mosaico de pastos y espacios naturales (241) en el municipio de Samacá Vereda Paramo Centro Los espacios naturales pueden estar constituido por elementos arbóreos (2441) o arbustivos (2442).



Fuente: Hidroboyacá 2015



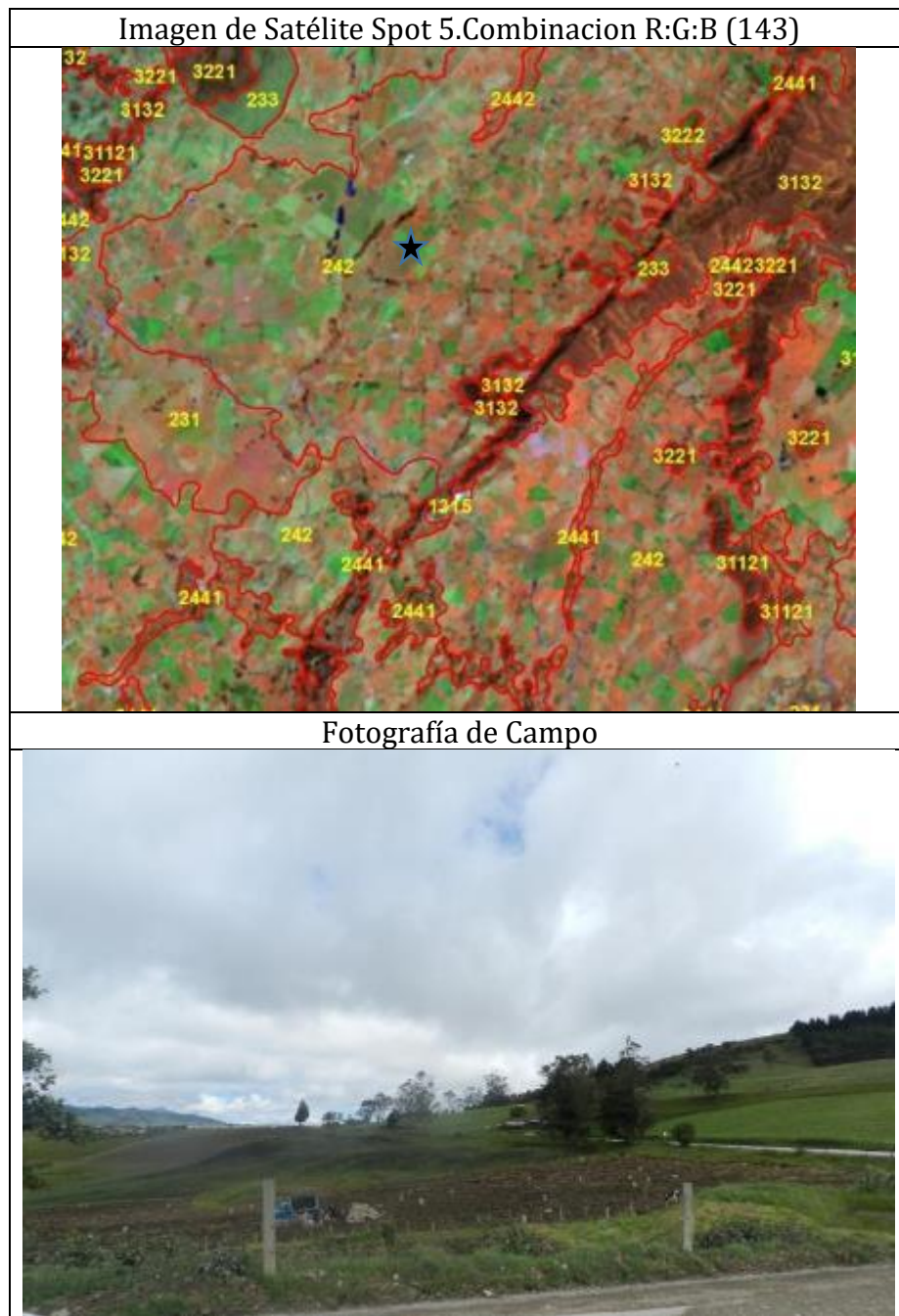
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-10. Áreas agrícolas heterogéneas. Mosaico de pastos y espacios naturales (244) en el municipio de Boyacá Vereda Faitoque. Cobertura que constituye el 9.4% del área de estudio y se caracteriza por presentar una matriz dominante de pastos y cultivos en los cuales pueden dominar elementos arbóreos (2431) o elementos arbustivos (2432)



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7.2.3. Bosques (3.1)

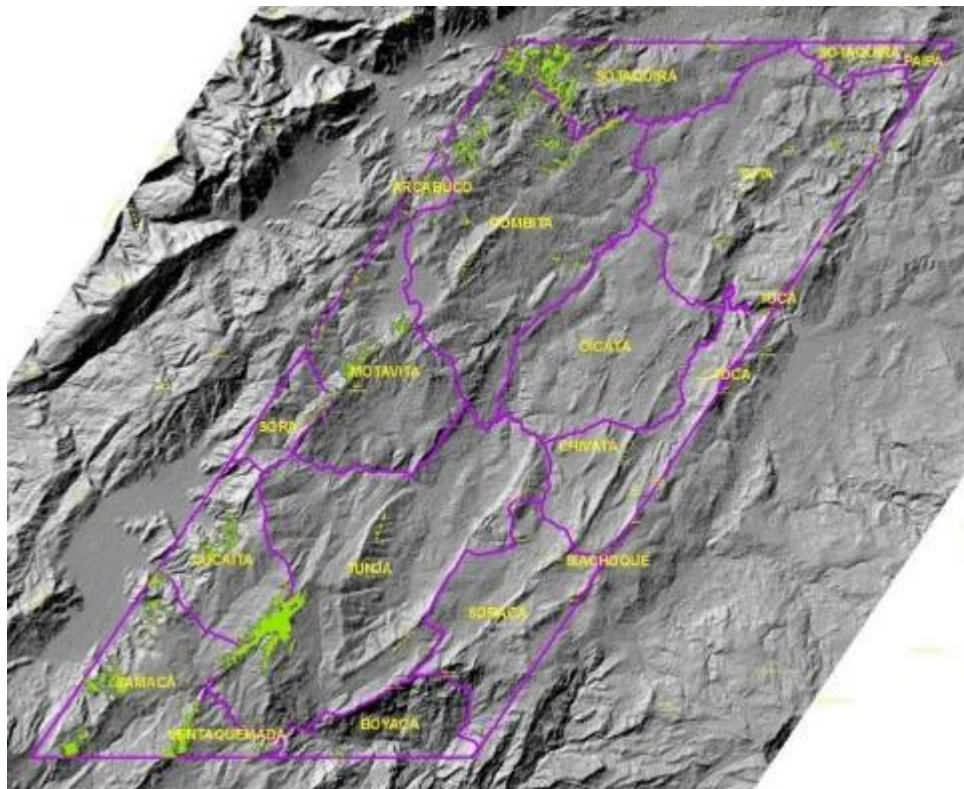
Comprende las áreas naturales o semi-naturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un sólo tronco principal o en algunos casos con varios tallos, que tiene una copa más o menos definida. La cobertura total de bosques representa el 26.48% del área de estudio y está constituido por los siguientes elementos:

7.2.3.1. Bosque denso bajo de tierra firme (3.1.1.2.1)

Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel entre 5 y 15 metros

Las áreas más extensas y con bloques de bosque que presentan escasa intervención se localizan en los municipios de Arcabuco, Cómbita y Sotaquirá.

Figura 7-11. Distribución de fragmentos de bosque denso alto (31121) y bosques fragmentados (3131 y 3132) que evidencian su escasa participación (3.5%) en el área de estudio. Los municipios con mayor número de fragmentos se encuentran en el municipio de Arcabuco, Co



Fuente: Hidroboyacá 2015

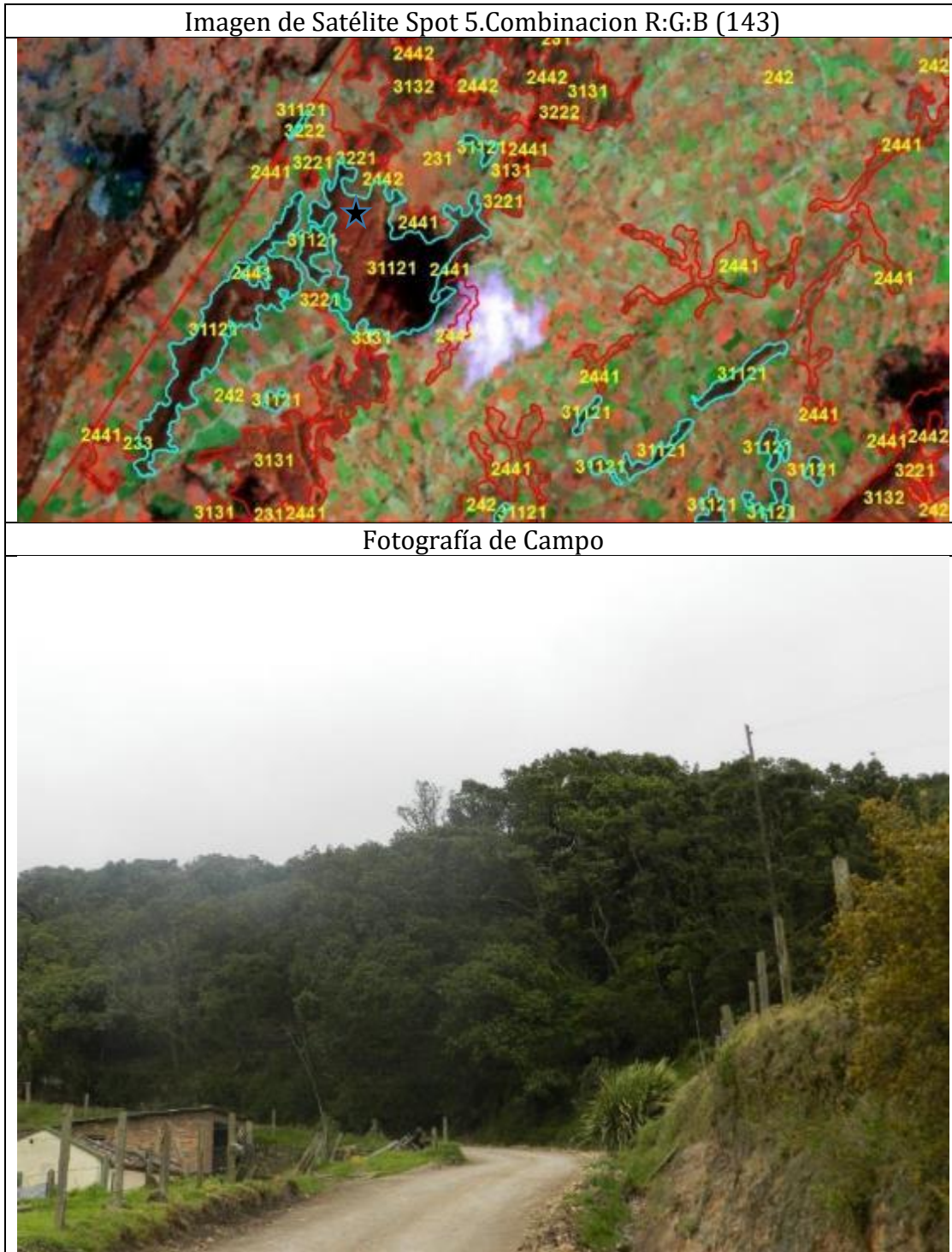


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 7-12. Bosque denso bajo (31121) en el municipio de Samacá Vereda Pataguy. Cobertura que constituye el 0.4% del área de estudio.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



7.2.3.2. Bosque fragmentado (3.1.3)

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre el 5% y el 30% del área de la unidad de bosque natural.

Se presentan dos patrones de intervención consolidando fragmentos afectados por el establecimiento de pastos y cultivos y vegetación secundaria. Constituyen el 3.1% del área de estudio.

Por sus características evidencian el avance del proceso de intervención antrópico con el establecimiento de cultivos transitorios de subsistencia y áreas de pastos para ganadería. Los relictos de bosques están muy intervenidos y están sometidos a una fuerte presión antrópica

7.2.3.2.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos (3.1.3.1)

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con intervención humana que mantienen su estructura original y las áreas de intervención están representada por pastos y cultivos las cuales deben representar entre el 5% y el 30% del área de la unidad de bosque natural. Constituye el 1.1% del área de estudio.

7.2.3.2.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria (3.1.3.2)

Comprende los territorios cubiertos por bosques donde se ha presentado intervención humana, el bosque mantiene su estructura original y las áreas de intervención están representadas por vegetación secundaria baja.

Las áreas de intervención están representadas en zonas de vegetación secundaria, las cuales se observan como parches de variadas formas que se distribuyen de forma irregular en la matriz de bosque. Los parches de vegetación secundaria representan entre 5% y 30% del área total de la unidad. Constituye el 2% del área de estudio.



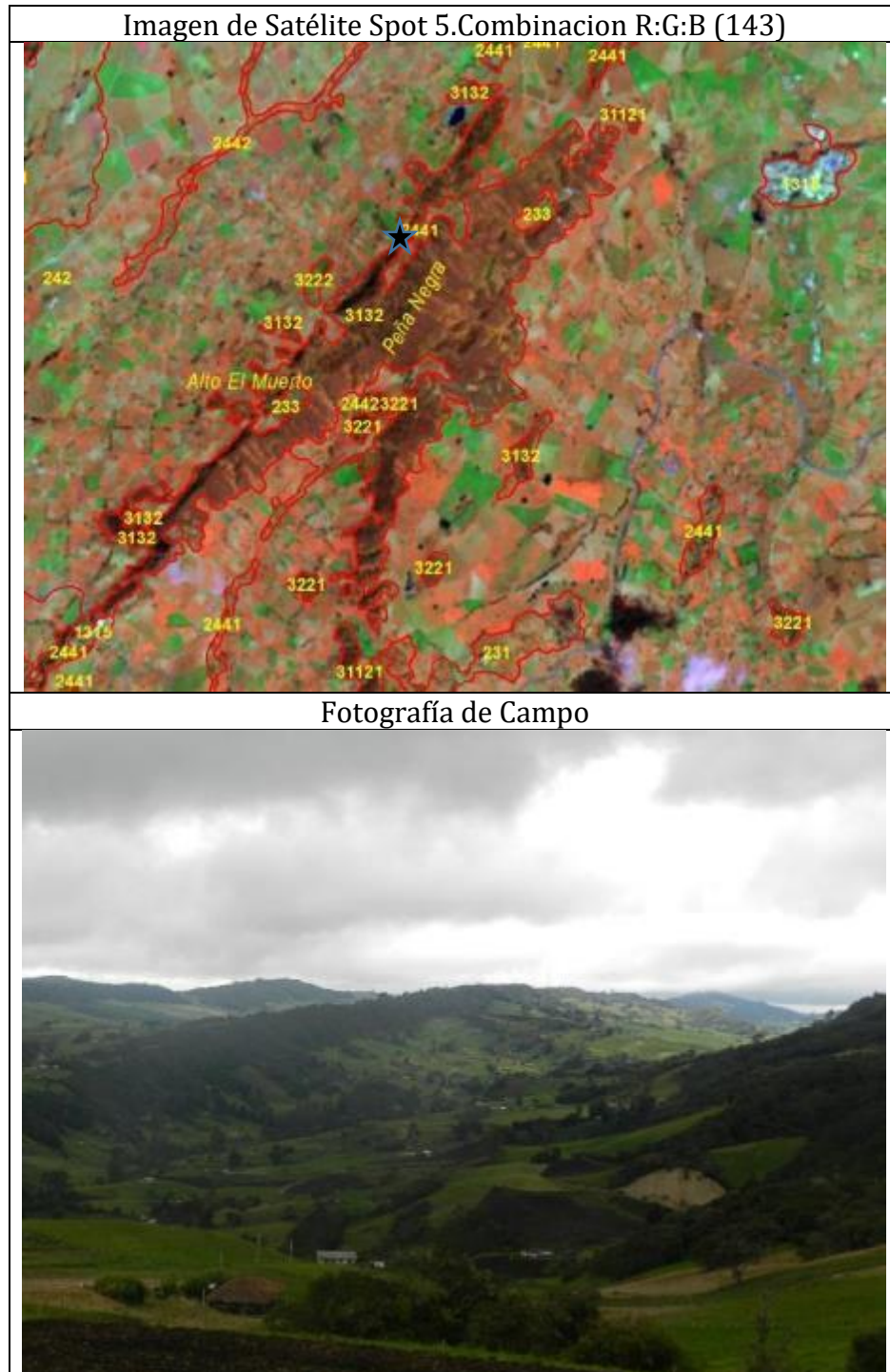
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-13. Cobertura bosque fragmentado con vegetación secundaria (3.1.3.2), Cuchilla de Peña Negra, en límite de los municipios de Cucaita, Samacá y Tunja. Es frecuente la distribución de fragmentos en donde se evidencia el avance de la intervención de esta



Fuente: Hidroboyacá 2015



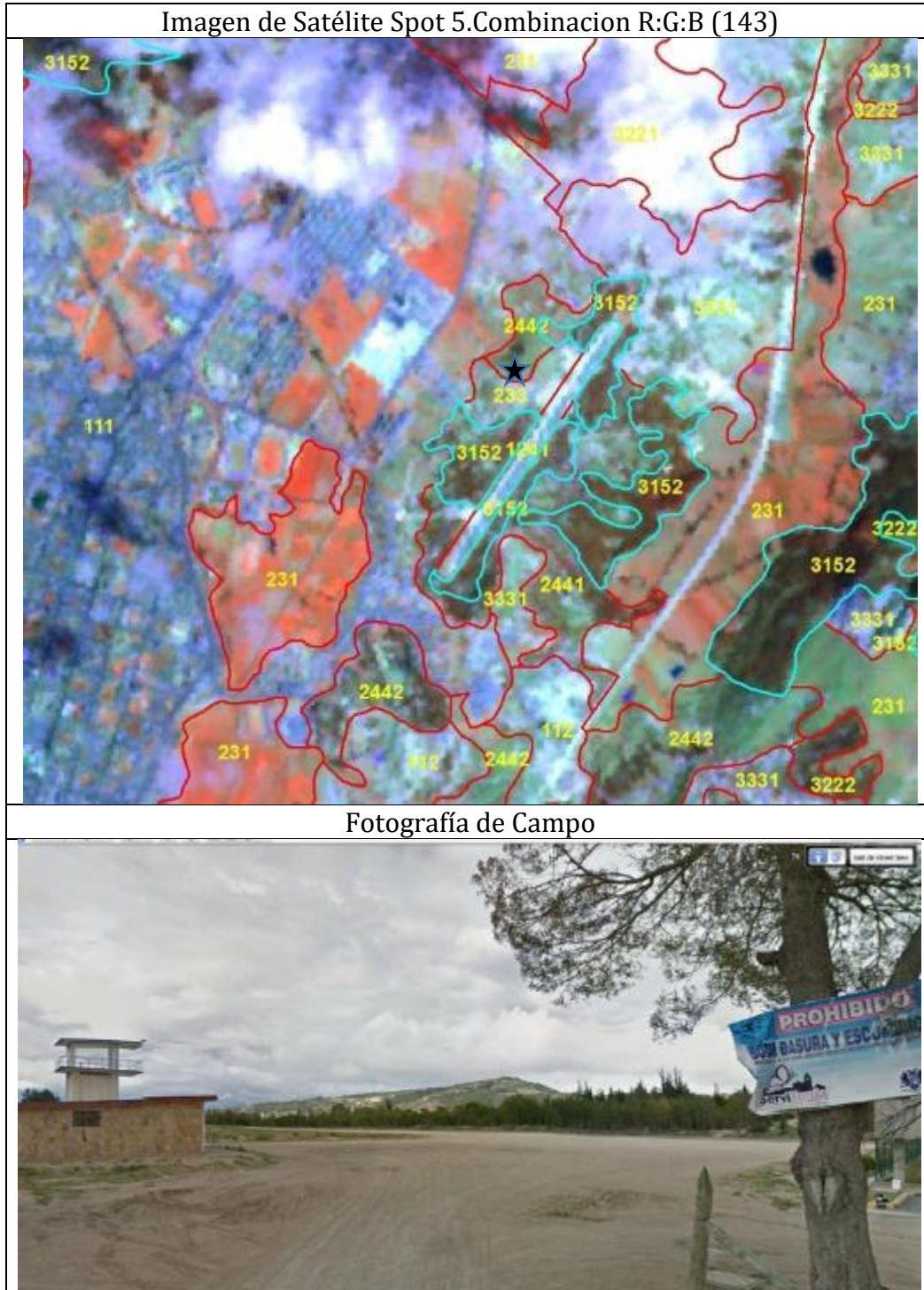
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-14. Cobertura plantaciones forestales (315), en el perímetro del aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla.



Fuente: Hidroboyacá 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7.2.3.3. Bosque de galería y ripario (3.1.4)

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Comprende el 0.5% del área de estudio.

Los bosques de galería están representados por las siguientes categorías:

7.2.3.3.1. Galería y ripario con predominio de elementos arbóreos (3.1.4.1)

Predominan elementos arbóreos mayores a 5 m de altura, con un dosel continuo que constituye el 70% de la unidad. Comprende el 0.2% de la cobertura y está asociada a vegetación de relictos muy intervenidos y deteriorados de bosque bajo y denso con diferentes grados de intervención ya sea con la presencia de fragmentos de pastos y cultivos o vegetación sucesional.

7.2.3.3.2. Galería y ripario con predominio de elementos arbustivos (3.1.4.2)

Predominan elementos arbustivos menores a 5 m de altura, con un dosel continuo que constituye el 70% de la unidad. Los arbustales están compuestos de relictos muy intervenidos.

7.2.3.3.3. Galería y ripario mixto (3.1.4.3)

Se mezclan coberturas de diversa naturaleza sin el predominio de una en particular y puede estar constituida por árboles, arbustos, vegetación secundaria y árboles de Eucalipto.

7.2.3.4. Plantación forestal (3.1.5)

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).

En el área de estudio la mayor participación la tienen las plantaciones de Eucaliptos y en menor proporción pino, ciprés y acacias. Comprende el 1.1% de la cobertura.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7.2.4. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (3.2)

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural cuyo hábito es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica. Para el área de estudio se discrimina en alta y baja, dada su importancia en términos de valor de manejo y de evaluación de su importancia biótica.

7.2.4.1. Arbustal (3.2.2)

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001). De acuerdo con la información disponible y la escala de trabajo, esta unidad puede ser dividida en las siguientes clases:

7.2.4.2. Arbustal denso (3.2.2.1)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, pero que puede presentar elementos arbóreos dispersos cuya cubierta representa el 5.0% del área total. Comprende el 4.9% del área de estudio.

7.2.4.3. Arbustal abierto (3.2.2.2)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, y cuya cubierta representa entre el 30% y el 70% del área total de la unidad. Tiene una participación de 1.3% del área total.

7.2.5. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (3.3)

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y comprende el 1.1% del área de estudio.

7.2.5.1. Tierras desnudas y degradadas (3.3.3)

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos antrópicos de erosión y degradación extrema.



Corpoboyacá

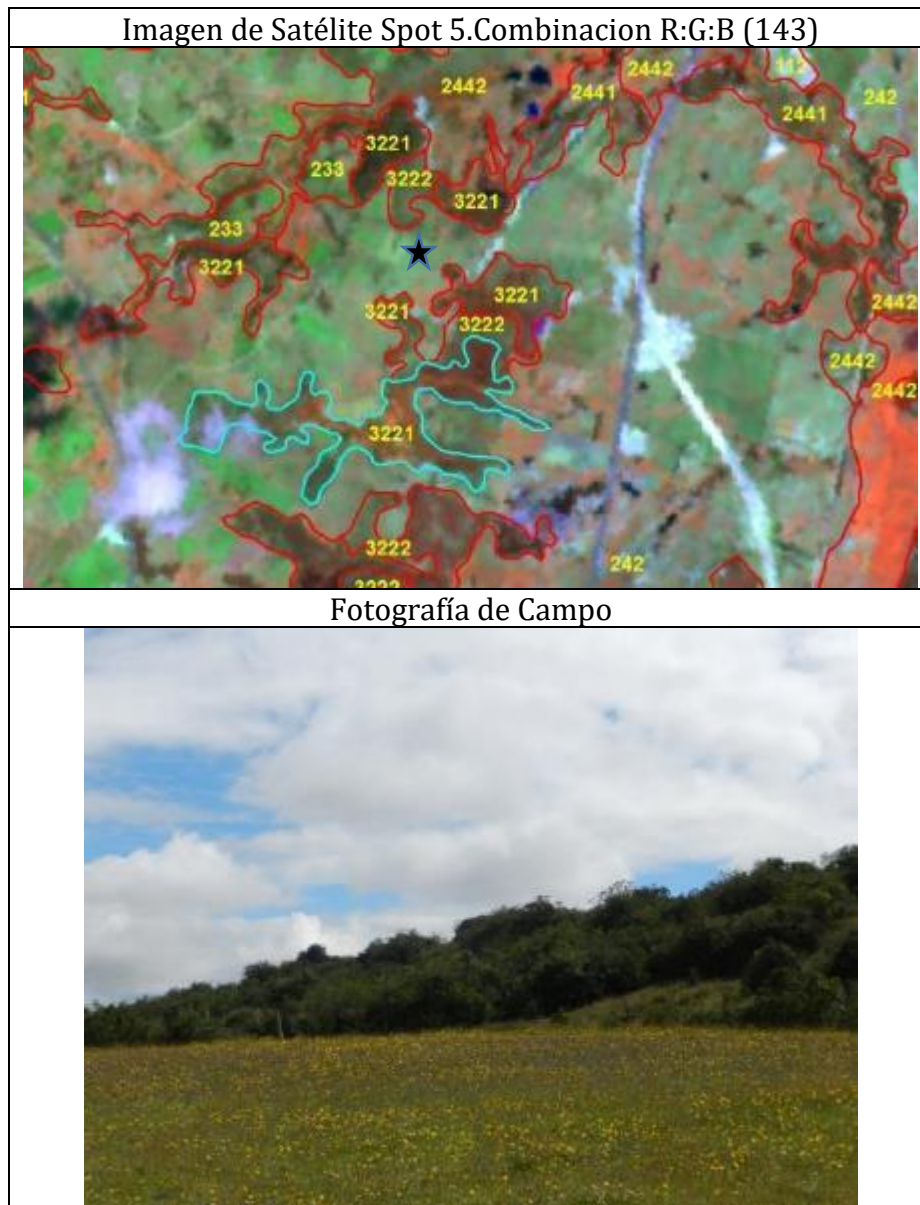
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

A pesar de su escasa participación que es del 1.1%, evidencia procesos regionales activos de erosión acelerada.

Figura 7-15. Cobertura Arbustales densos (3221), municipio de Cóbbita, vereda San Onofre



Fuente: Hidroboyacá 2015

7.2.6. Aguas continentales (5.1)

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales para el área de estudio. Constituyen el 0.2% del área de estudio.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7.3. Cobertura de la tierra en las áreas de recarga

Las formaciones geológica Cacho (Tic), Labor y Tierna (Kg1) y Plaeners (Kg2) son los acuíferos del sistema de Tunja, los cuales presentan afloramientos en diferentes zonas del área de estudio; estos puntos son conocidos como zonas de áreas de recarga. Con el fin de determinar la relación entre el comportamiento de las áreas de recarga y la superficie, se obtuvo las cobertura de tierra para cada zona recarga En la Tabla 7-7 se encuentra el código y nombre de las cobertura de tierra encontradas en las diferentes zonas de recarga

Tabla 7-7. Códigos y categorías de cobertura de suelo

CÓDIGO	COBERTURA DE TIERRA
1.1.1	tejido urbano continuo
2.3.1	Pastos Limpios
2.3.3	pastos enmalezados o enrastrojados
2.4.2	Mosaico de pastos y cultivo
2.4.5	Mosaico de cultivos con espacio naturales
1.2.2.1	Red vial y territorios asociados
1.3.1.5	Zonas de extracción minera - Explotación de materiales de construcción
2.2.4.1	cultivos agroforestales -Pastos y árboles plantados
2.4.3.1	Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbóreos
2.4.3.2	Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbustivos
2.4.4.1	Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbóreos
2.4.4.2	Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbustivos
3.1.3.1	Bosque fragmentado con pastos y cultivos
3.1.3.2	Bosque fragmentados con vegetación secundaria
3.1.4.1	Bosque de galería y ripario con predominio de arboles
3.1.4.2	Bosque de galería y ripario con predominio de arboles
3.1.4.3	Bosque de galería y ripario con predominio de herbáceas
3.1.5.2	Plantación forestal - plantación de latifoliadas
3.2.2.1	Arbustal Denso
3.2.2.2	Arbustal Abierto
3.3.3.1	Tierras denudas y degradadas - tierras erosionadas
3.1.1.2.1	Bosque denso bajo de tierra firme

Fuente: Hidroboyacá 2015

Realizando una intersección entre las coberturas de suelo y las áreas de recarga se encontraron los porcentajes de área de cada cobertura para cada zona de recarga.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



**CONSORCIO
HIDROBOYACÁ**

En la Tabla 7-8 se muestran los porcentajes de área que representan cada cobertura de suelo en las zonas referentes a la formación Kg1.

Tabla 7-8. Porcentajes de área de la cobertura de suelo para la formación Kg1

Cobertura de tierra	kg1_area (km2)	% área
tejido urbano continuo	0	0.0%
Pastos Limpios	31.37	27.93%
pastos enmalezados o enastrojados	2.22	1.98%
Mosaico de pastos y cultivo	52.65	46.88%
Mosaico de cultivos con espacio naturales	0.53	0.47%
Red vial y territorios asociados	0.02	0.02%
Zonas de extracción minera - Explotación de materiales de construcción	0.1	0.09%
cultivos agroforestales -Pastos y árboles plantados	0.03	0.03%
Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbóreos	0.8	0.71%
Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbustivos	0.20	0.18%
Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbóreos	3.19	2.84%
Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbustivos	6.94	6.18%
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	1.26	1.12%
Bosque fragmentados con vegetación secundaria	3.76	3.3%
Bosque de galería y ripario con predominio de arboles	0.06	0.05%
Bosque de galería y ripario con predominio de arboles	0.01	0.01%
Bosque de galería y ripario con predominio de herbáceas	0.42	0.38%
Plantación forestal - plantación de latifoliadas	0.26	0.23%
Arbustal Denso	4.67	4.16%
Arbustal Abierto	2.99	2.67%
Tierras desnudas y degradadas - tierras erosionadas	0.38	0.33%
Bosque denso bajo de tierra firme	0.45	0.4%
Total	112.30	100%

Fuente: Hidroboyacá 2015

En las afloraciones de la formación Kg1 se encontraron de gran relevancia dos tipos de cobertura; la primera denominada pastos limpios que representa el 27,9% del área total de la formación que sale a superficie, la segunda es la más significativa, ya que indica que 46.8% del área tiene cobertura de un mosaico de pastos y cultivos.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la Tabla 7-9 se encuentran los resultados de la intersección para la formación kg2.

Tabla 7-9. Porcentajes de área de la cobertura de suelo para la formación Kg2

Cobertura de tierra	Kg2_area (km2)	% área
tejido urbano continuo	0.001	0.001%
Pastos Limpios	10.96	23.52%
pastos enmalezados o enrastrados	1.045	2.24%
Mosaico de pastos y cultivo	16.98	36.45%
Mosaico de cultivos con espacio naturales	0	0.000%
Red vial y territorios asociados	0.002	0.005%
Zonas de extracción minera - Explotación de materiales de construcción	0.45	0.97%
cultivos agroforestales -Pastos y árboles plantados	0.04	0.08%
Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbóreos	0.57	1.22%
Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbustivos	0.08	0.18%
Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbóreos	2.76	5.93%
Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbustivos	3.71	7.96%
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	1.22	2.62%
Bosque fragmentados con vegetación secundaria	2.95	6.33%
Bosque de galería y ripario con predominio de arboles	0.05	0.10%
Bosque de galería y ripario con predominio de arboles	0.06	0.14%
Bosque de galería y ripario con predominio de herbáceas	0.15	0.33%
Plantación forestal - plantación de latifoliadas	0.5	1.07%
Arbustal Denso	3.80	8.16%
Arbustal Abierto	0.41	0.89%
Tierras denudas y degradadas - tierras erosionadas	0.03	0.07%
Bosque denso bajo de tierra firme	0.80	1.72%
Total	46.58	100%

Fuente: Hidroboyacá 2015

Para las zonas de recarga de la formación Kg2 las coberturas que sobresalieron por el porcentaje de área fueron un mosaico de pastos de cultivo con un 36.453%, mientras que en segundo lugar se encontró con un 23.521% la cobertura de pastos limpios



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la Tabla 7-10 se encuentra los resultados de la intersección para la formación Tic.

Tabla 7-10. Porcentajes de área de la cobertura de suelo para la formación Tic

Cobertura de tierra	Tic_area (km2)	% área
tejido urbano continuo	0.32	0.97%
Pastos Limpios	8.67	26.31%
pastos enmalezados o enastrojados	0.91	2.78%
Mosaico de pastos y cultivo	11.29	34.26%
Mosaico de cultivos con espacio naturales	0	0.0%
Red vial y territorios asociados	0	0.0%
Zonas de extracción minera - Explotación de materiales de construcción	0.4	1.21%
cultivos agroforestales -Pastos y árboles plantados	0.02	0.07%
Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbóreos	0.13	0.39%
Mosaico de cultivos , pastos y espacios naturales - con espacios naturales arbustivos	0.003	0.01%
Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbóreos	0.93	2.81%
Mosaico de pastos con espacios naturales - con espacios naturales arbustivos	2.53	7.67%
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0	0.0%
Bosque fragmentados con vegetación secundaria	0.07	0.22%
Bosque de galería y ripario con predominio de arboles	0.10	0.32%
Bosque de galería y ripario con predominio de arboles	0.05	0.14%
Bosque de galería y ripario con predominio de herbáceas	0	0.00%
Plantación forestal - plantación de latifoliadas	1.53	4.66%
Arbustal Denso	4.14	12.57%
Arbustal Abierto	1.51	4.58%
Tierras denudas y degradadas - tierras erosionadas	0.25	0.77%
Bosque denso bajo de tierra firme	0.09	0.27%
Total	32.96	100%

Fuente: Hidroboyacá 2015

Para el caso de la formación Tic las coberturas que sobresalieron por su densidad de aparición fueron un mosaico de pastos y cultivo que representan el 34.259%, mientras que los pastos limpios hacen referencia a un 26.31%; sin embargo, en la formación Tic el área de la cobertura de arbustal denso se hace significativa tomando un valor del 12.573% del área total de las zonas de recarga de la formación Tic.

7.4. Análisis multitemporal del cambio de las coberturas

Se realizó el Análisis Multitemporal del cambio de la cobertura para un periodo de 7 años correspondiente a la información de coberturas de la tierra los periodos de 2.005 y 2.012, lo cual permite identificar el estado actual, dinámica y tendencias.

7.4.1. Metodología

Se realiza el proceso de reinterpretación de la capa de cobertura de la tierra de 2.005 y su actualización a 2.012 siguiendo los lineamientos metodológicos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi³ para la identificación de cambios en las unidades de coberturas.

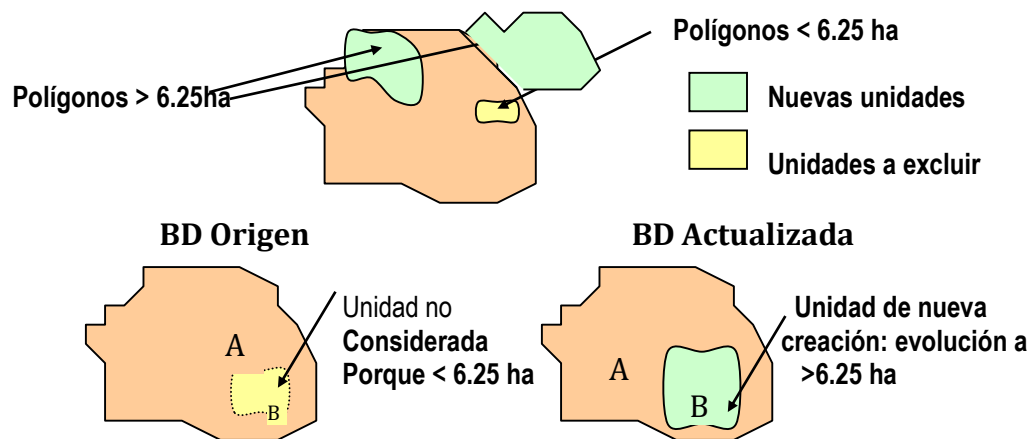
El cambio es la transición de una o más clases a una nueva. Existen dos situaciones posibles:

- Creación de una nueva unidad
- Modificación de la frontera de una unidad existente

7.4.1.1. Creación de una nueva unidad

Se crearon nuevas unidades sólo cuando éstas fueron mayores de 6.25ha., tanto si eran de nueva aparición (Figura 7-16), o si ha tenido lugar una evolución en una unidad que ha pasado a ser mayor de 6.25 ha.

Figura 7-16. Cambios que provocan la creación de nuevas unidades



Fuente: Hidroboyacá 2015

³ MARTIN C, 2.008. Metodología para la actualización del mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, CLCC 2.005-2.007.Documento para capacitación de Interpretes.15p.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

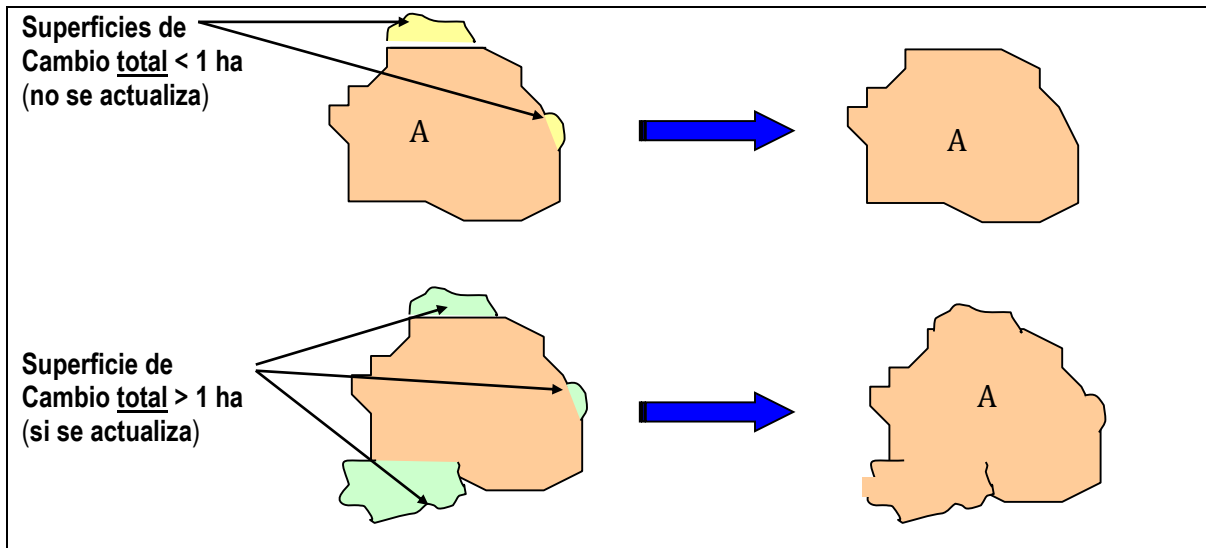


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7.4.1.2. Modificación de la frontera de una unidad existente

En este caso, se consideraron todas aquellas unidades que manifestaron un cambio en la frontera del polígono superior a 1 ha., sin que haya cambiado su código o nomenclatura. Es decir, la unidad modifica su superficie pero no modifica la clase temática a la que pertenece (Figura 7-17).

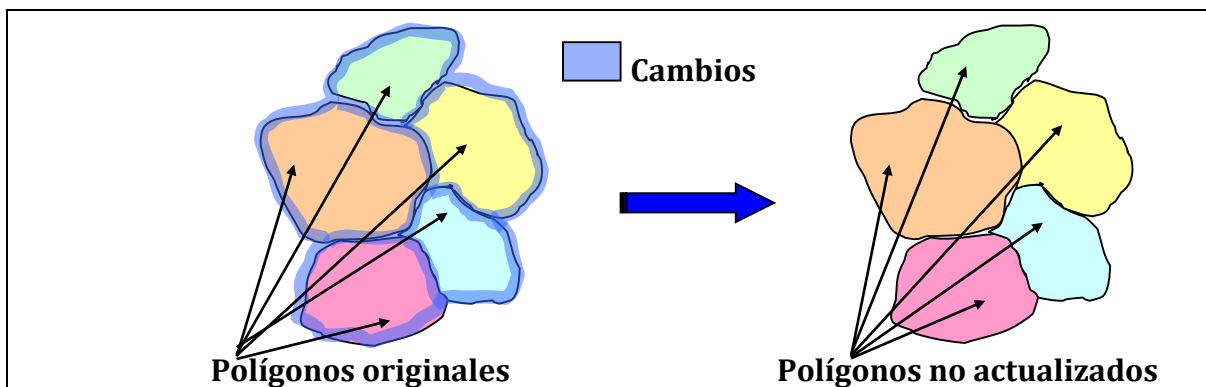
Figura 7-17. Cambios en la frontera del polígono



Fuente: Hidroboyacá, 2015

En las áreas donde se observaron pequeños cambios en las fronteras de varios o todos los polígonos, y estos cambios no fueron mayores de 1 ha., no se modificaron (Figura 7-18).

Figura 7-18. Suma de pequeños cambios que no se consideran



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

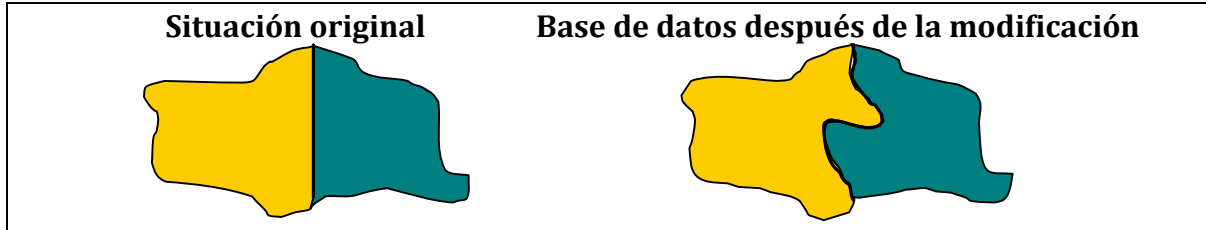
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Toda modificación sobre un polígono conlleva variaciones en los polígonos colindantes. La modificación de una frontera entre dos polígonos es el caso más sencillo (Figura 7-19).

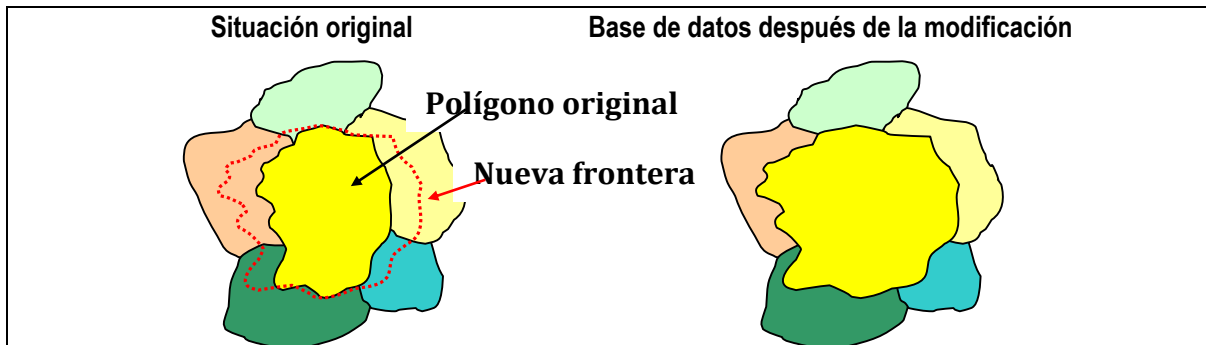
Figura 7-19. Modificación de los límites de un polígono



Fuente: Hidroboyacá, 2015

La modificación de un polígono puede producir variaciones en polígonos colindantes, particularmente en casos de modificaciones de múltiples fronteras entre polígonos (Figura 7-20),

Figura 7-20. Modificación de los límites de un polígono que afecta varios polígonos



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Para la modificación del límite de un polígono se siguieron los siguientes pasos:

- Identificación del polígono a modificar
- Identificación del contorno a modificar
- Comienzo de la modificación (digitalización de la nueva parte, movimiento de puntos, etc.)
- Cálculo de las intersecciones y reconstrucción de los polígonos.

7.4.1.3. Eliminación de un polígono

El cambio en las coberturas genera los siguientes casos:



Corpoboyacá

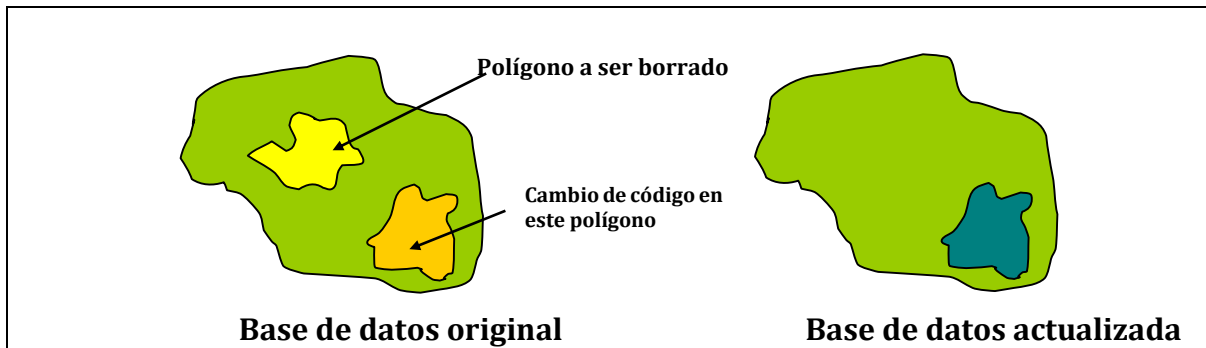
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Polígono completamente contenido en otro (llamado “isla”).
- Polígono no contenido en otro.

En el primer caso, el polígono es borrado y su área es asignada al polígono que lo contenía (Figura 7-21)

Figura 7-21. Eliminación de polígonos



Fuente: Hidroboyacá, 2015

7.4.2. Resultados

Los resultados del Análisis Multitemporal del cambio de las coberturas permitieron confirmar la tendencia del deterioro de la cobertura de bosques y áreas seminaturales el cual presenta una disminución significativa para las principales coberturas de tipo arbóreo y arbustivo con una disminución de 1.176 ha que representa una tasa de cambio negativa de 1.68 ha/año.

A continuación se presentan los resultados del cambio de las coberturas analizados para dos periodos como son 2.005 y 2.012. En la tabla anexa se presenta el área (ha) por tipo de cobertura conforme a la estructura de la leyenda aplicada a escala 1:25.000 para cada uno de los periodos analizados.

Se identificaron 31 categorías de coberturas de la tierra, de las cuales 9 corresponden a territorios artificializados, 10 a territorios agrícolas, 11 a bosques y áreas seminaturales y una a superficies de agua. Como se observa en la Tabla 7-11, la categoría de bosques constituida por las unidades de bosque denso bajo de tierra firme (31121), bosques fragmentados con pastos y cultivos (3131) , bosques fragmentados con vegetación natural(3132) y bosques de galería (314), presenta una pérdida total de 41.5 ha, lo que indica una pérdida anual de 5.92 ha. El mayor cambio de las coberturas naturales se presenta en los arbustales con una pérdida total de 1.134 ha, lo que determina una pérdida anual de 162.05 ha.



 <p>Corpoboyacá</p>	<p>CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.</p>	 <p>CONSORCIO HIDROBOYACÁ</p>
---	---	---

Tabla 7-11. Área (ha) por tipo de cobertura conforme a la leyenda Corine Land Cover Colombia para los dos periodos analizados.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	2005		2012		Cambio(ha)	
					Área (ha)	%	Área (ha)	%		
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo			1.369,1	2,0	1.464,8	2,2	95,7	
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo			158,2	0,2	162,6	0,2	4,4	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales			30,5	0,0	38,5	0,1	8,1
			1.2.1.3 Zonas Institucionales			23,0	0,0	23,0	0,0	0,0
		1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados			2,1	0,0	2,1	0,0	0,0
		1.2.4. Aeropuertos	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada			8,9	0,0	8,9	0,0	0,0
	1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.3. Explotación de carbón			5,1	0,0	5,1	0,0	0,0
			1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción			82,1	0,1	110,5	0,2	28,5



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	2005		2012		Cambio(ha)	
					Área (ha)	%	Área (ha)	%		
	1.4. Zonas verdes Artificializadas, no agrícolas	1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.1. Áreas culturales		2,9	0,0	2,9	0,0	0,0	
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.2. Cultivos permanentes	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos		0,0	0,0	19,5	0,0	19,5	
		2.2.4. Cultivos agroforestales	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados		317,0	0,5	317,0	0,5	0,0	
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios			16.774,5	24,9	16.173,0	24,0	-601,5	
		2.3.3. Pastos enmalezados o enrastrados			1.097,3	1,6	1.078,2	1,6	-19,1	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos			32.551,5	48,4	32.616,9	48,5	65,4	
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.4.3. 1 Con espacios naturales arbóreos			298,6	0,4	298,6	0,4	0,0
			2.4.3. 2 Con espacios naturales arbustivos			55,6	0,1	55,6	0,1	0,0



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	2005		2012		Cambio(ha)
					Área (ha)	%	Área (ha)	%	
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.4. 1 Con espacios naturales arbóreos		2.904,4	4,3	2.833,3	4,2	-71,1
			2.4.4. 2 Con espacios naturales arbustivos		2.854,9	4,2	3.514,8	5,2	659,9
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales			55,4	0,1	53,1	0,1	-2,3
3. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES	3,1 Bosques	3.1.1. Bosque Denso	3.1.1.2. Bosque Denso Bajo	3.1.1.2.1. Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	310,6	0,5	297,3	0,4	-13,2
		3.1.3. Bosque fragmentado	3.1.3.1. Bosque Fragmentado con pastos y cultivos		783,8	1,2	768,2	1,1	-15,7
			3.1.3.2. Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria		1.326,1	2,0	1.313,4	2,0	-12,7
		3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.1.4.1 con predominio de arboles		135,7	0,2	135,7	0,2	0,0



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V	2005		2012		Cambio(ha)
					Área (ha)	%	Área (ha)	%	
			3.1.4.2 con predominio de arbustos		88,2	0,1	88,2	0,1	0,0
			3.1.4.3 Mixtos		109,7	0,2	109,8	0,2	0,1
		3.1.5. Plantación forestal	3.1.5.2. Plantación de Latifoliadas		770,8	1,1	770,6	1,1	-0,2
	3.2. Áreas con Vegetación Herbácea o Arbustiva	3.2.2. Arbustal	3.2.2.1. Arbustal Denso		3.406,6	5,1	3.320,4	4,9	-86,2
			3.2.2.2. Arbustal Abierto		913,6	1,4	855,6	1,3	-58,0
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.1 Zonas arenosas naturales	3.3.1.2 Arenales		29,0	0,0	0,0	0,0	-29,0
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	3.3.3.1 Tierras erosionadas		748,0	1,1	707,5	1,1	-40,5
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			61,8	0,1	129,8	0,2	68,0

Fuente: Hidroboyacá, 2015



En términos generales la tendencia manifiesta corresponde al avance de la matriz antrópica constituida por territorios artificializados y territorios agrícolas sobre las áreas de bosques y áreas seminaturales.

Tabla 7-12. Consolidado para Bosques y Áreas Seminaturales en los dos periodos

Bosques y Áreas Seminaturales	2005 Área(ha)	2012 Área(ha)	Cambio(ha)
Bosques	2.754,10	2.712,60	-41,5
Arbustales	4.320,20	3.185,80	-1.134,40
Plantaciones	770,8	770,6	-0,2
Total	7.845,00	6.668,90	-1.176,10

Fuente: Hidroboyacá, 2015

7.5. Análisis de fragmentación

A partir de la identificación de las coberturas existentes se realizó el cálculo de Indicadores correspondientes de métrica del paisaje para fragmentación, el cual muestra la tendencia en el comportamiento y estado de las diferentes coberturas, así como la dinámica de los procesos ecológicos al interior de los ecosistemas y se convierte en una herramienta de análisis a tener en cuenta en la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales

La fragmentación de ecosistemas es considerada una de las principales causantes de grandes cambios en el ambiente físico-biótico, en donde la composición, estructura y función original de un ecosistema se han alterado (p.e. pérdida en la conectividad, creación de bordes sobre el hábitat, o aislamiento de fragmentos) provocando dinámicas muy diferentes sobre las poblaciones biológicas que allí se sustentan (Terborgh, 1989; Whitcom et al, 1981). Estos factores afectan la composición y abundancia de las especies de un ecosistema e incrementan su vulnerabilidad.

La ecología del paisaje hace énfasis en la influencia de la heterogeneidad espacial en los sistemas ecológicos, considerando al paisaje como un nivel de organización supracomunitario (Lidicker, 1995). De acuerdo a este punto de vista, los paisajes pueden considerarse mosaicos de fragmentos interactuantes compuestos por distintos tipos de comunidades.

El indicador de fragmentación de los ecosistemas es un indicador de estado, que da una visión de la composición y configuración de los ecosistemas, a través de medidas de



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

área, forma o borde de los fragmentos. Estos factores determinan la dinámica de los procesos ecológicos al interior de los ecosistemas y se convierten en una herramienta de análisis a tener en cuenta en la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales (IAVH, 2002) y por lo tanto para cada nivel de alteración del paisaje se sugieren medidas de gestión diferentes.

Un indicador provee información sobre un fenómeno no medible directamente y permite hacer comparaciones del fenómeno en el tiempo y en el espacio. En este caso cuantifica y simplifica el fenómeno ya que permite conocer la estructura de los ecosistemas en relación a tamaño, formas, número de clases y heterogeneidad.

El análisis de métricas del paisaje se realizó para las coberturas de porte arbóreo y arbustivo presentes en el área de estudio y que corresponden a Bosque denso bajo de tierra firme (31121). Bosques fragmentados con pastos y cultivos (3131), Bosque fragmentado con vegetación secundaria (3132), Bosque de galería (314), Arbustal denso (3221) y Arbustal abierto (3222).

Tabla 7-13. Coberturas de porte arbóreo y arbustivo presentes en el área de estudio

Cobertura	Código
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	31121
Bosque Fragmentado con pastos y cultivos	3131
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	3132
Bosque de galería y ripario con predominio de arboles	314
Arbustal Denso	3221
Arbustal Abierto	3222

Fuente: Hidroboyacá, 2015

De la amplia gama de indicadores que permite obtener VLATE, se seleccionaron solo algunos indicadores que facilitan tener una visión regional. Los índices seleccionados son de tamaño, forma, borde, área interior o área corte y proximidad. Los cálculos se efectuaron para coberturas arbóreas y arbustivas presentes en el área de estudio y las cuales se relacionan en la tabla anexa.



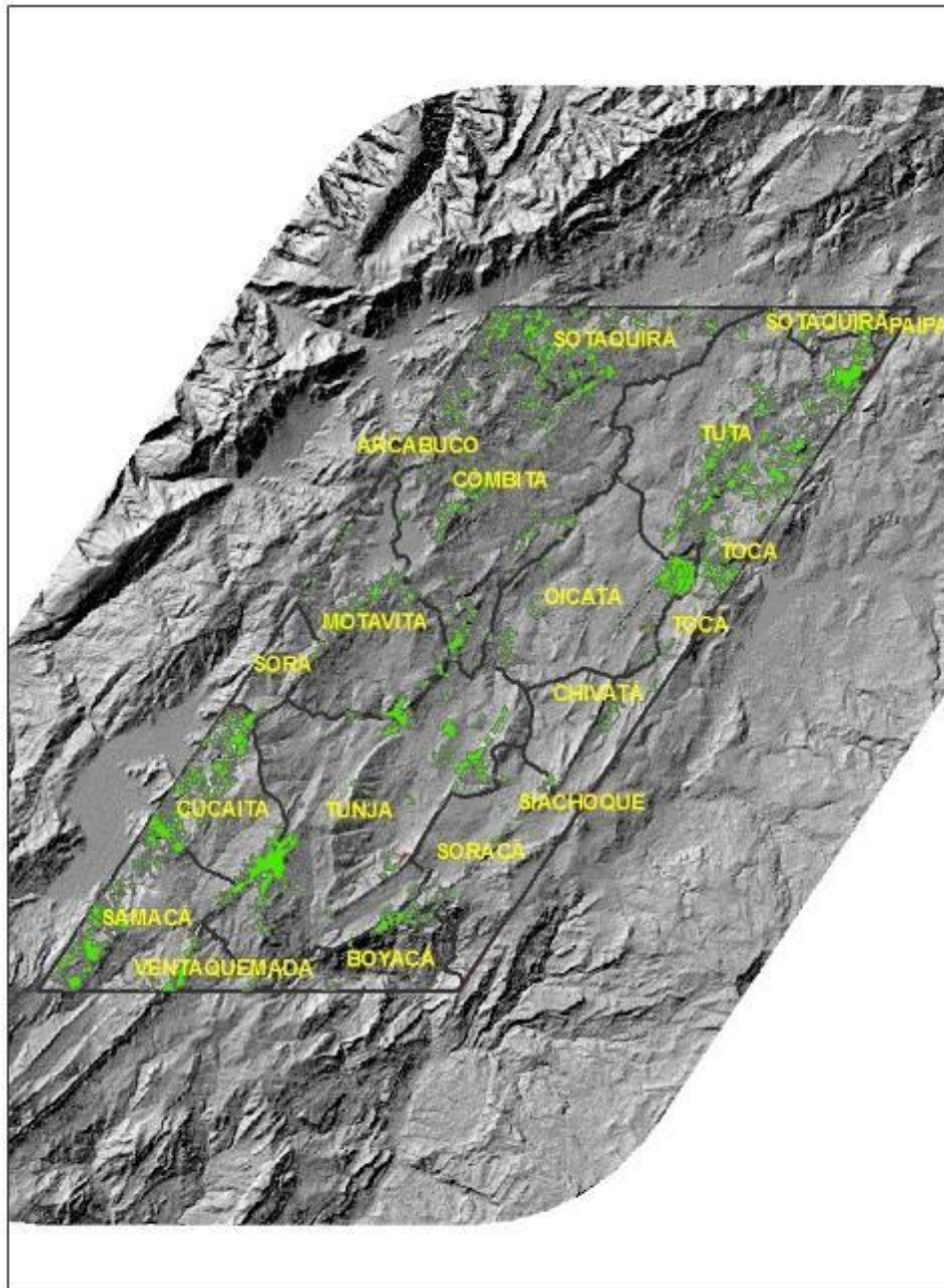
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-22. Coberturas de porte arbóreo y arbustivo presentes en el área de estudio sujeto de análisis para fragmentación.



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Los indicadores de fragmentación se obtuvieron mediante la aplicación Vector based Landscape Analysis Tools Extension for Arcgis (VLATE 1.1), la cual permite cuantificar la estructura y distribución de los fragmentos dentro del paisaje. La interpretación de cobertura se realizó con la aplicación ArcMap de ArcGis en formato Vector.

Los índices se calcularon a nivel de clase, los cuales representan el patrón y distribución espacial dentro del paisaje de un tipo de clase (McGarial et al, 1995).

Tabla 7-14. Índices de estado utilizados para la evaluación

Tipo	Índice	Descripción
AREA	NP	Numero de parches en el paisaje
	CA	Área (ha) por clase
	MPS	Tamaño medio del fragmento(ha)
FORMA	MSI	Media del índice de forma
	MPAR	Relación Perímetro - Área
	MFRACT	Dimensión-Fractal
AREA CORE	NCA	Numero de áreas Core
	TCCA	Total área core (Ha)
	(CAI):	Índice de área core (%)

Fuente: Hidroboyacá, 2015

7.5.1. Índices de estado de área

Los índices de estado de Área indican características de dimensión y numero de fragmentos que conforman el área de estudio y permite disponer de una primera aproximación general. La composición del paisaje está representada por el número de parches, el tamaño medio del parche y el área de cada una de las clases.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 7-15. Descripción de algoritmos de Área

Índice	Formula	Descripción
Numero de Parches	$NP = n_i$ <p>siendo</p> <p>n_i, el número de fragmentos de la clase (cobertura vegetal) i dentro del paisaje</p>	El número de fragmentos de una clase (cobertura vegetal) particular es una medida simple de la extensión de la subdivisión o fragmentación del paisaje. Aun cuando esta es una medida de gran importancia para diversos procesos de análisis ecológico, es limitado su análisis por si solo, por no aportar información relativa a área, forma, extensión, densidad, etc.
Área por Clase	$AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right)$ <p>siendo</p> <p>CA_i, el área total de los fragmentos correspondientes a la clase (cobertura vegetal) i</p> <p>$a_{i,j}$, el área (expresada en metros cuadrados) del fragmento ij</p>	El área total de clase es una medida de la composición del paisaje, específicamente permite evaluar que parte del paisaje está cubierta por la correspondiente clase.
Tamaño medio del Fragmento	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	Calcula la media a nivel de clase. Es un buen indicador de la heterogeneidad y nivel de fragmentación de un área de interés.

Fuente: Hidroboyacá, 2015

La cobertura de vegetación de mayor extensión corresponde a los arbustales densos (3221) con un área total que ha variado de 3.406.56 a 3.320.3 ha, en el periodo analizado (Ver Tabla Anexa). El número de parches para los arbustales densos también presenta un cambio pasando de 284 a 277, lo cual indica una fuerte intervención sobre esta cobertura con una pérdida de 86.18 ha y la eliminación de 7 parches.

Los arbustales abiertos también presentan un cambio significativo con un cambio en área de 913.6 a 855.6 ha y un pérdida total de 57.96 ha.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Se debería evitar la disminución en el tamaño promedio de los fragmentos de arbustal y bosques ya que esto incrementa las tensiones hacia el interior de los mismos. A menor superficie del fragmento, más vulnerable será a los agentes externos y más fuerte será el efecto del borde,

Los bosques fragmentados con pastos y cultivos (3131) mantienen el número de fragmentos en 41 para los dos periodos con un área total que paso de 783.82 ha en 2005 a 768.15 ha en 2012., su tamaño promedio disminuyo pasando de 19.11 ha a 18.7ha, con un cambio significativo.

Los bosques fragmentados con vegetación secundaria (3132) mantienen el número de fragmentos (50) para los dos periodos con una disminución en su área total que paso de 31.326.09 ha a 1.313.4 ha con una pérdida de 12.68 ha.

El comportamiento de los bosques densos bajos (31121) también presentan una tendencia al deterioro tanto en área como en número de fragmentos con un área de 310.589 ha en 2.005 y 297.35 ha en 2.012, lo que representa una pérdida de 13.23 ha. En términos generales estos indicadores evidencian una tendencia progresiva al deterioro de las coberturas naturales en el área de estudio, con una tendencia a la pérdida de conectividad regional que se evidencia en la disminución de área y número de fragmentos.

Tabla 7-16. Índices de estado de Área para el área de estudio

Cobertura	Código	NP		CA		MPS	
		Numero de parches en el paisaje		Área (ha) por clase		Tamaño medio del fragmento(ha)	
Periodo		2005	2012	2005	2012	2005	2012
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	31121	49	47	310,589	297,350	6,339	6,327
Bosque Fragmentado con pastos y cultivos	3131	41	41	783,824	768,153	19,118	18,735
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	3132	52	50	1.326,090	1.313,401	25,502	26,268
Bosque de galería	314	23	23	333,572	333,667	14,503	14,507
Arbustal Denso	3221	284	277	3.406,566	3.320,386	11,995	11,987
Arbustal Abierto	3222	84	82	913,600	855,633	10,876	10,435

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



7.5.2. Índices de estado de forma

Los índices de estado de forma están fundamentados en las características de forma de los fragmentos; su cálculo se basa en la relación entre área y perímetro y facilita la comprensión de este factor fundamental a nivel morfológico y funcional.

La forma está condicionada tanto por la actividad humana como por las condiciones naturales e influye en la proporción entre especies propias del interior y las especies de borde y claros. El predominio de las condiciones naturales favorece las formas curvilíneas e irregulares, y el predominio de la actividad humana simplifica la variabilidad. El índice de forma tiene valor 1 cuando el polígono es circular y aumenta su valor conforme al aumento de la complejidad del polígono.

Tabla 7-17. Descripción de algoritmos de Forma

Índice	Formula	Descripción
Índice de Forma	$SHAPE = \frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi \cdot a_{ij}}}$	El índice de forma corrige la deficiencia que la relación Perímetro-Área presenta al ajustarlo a un cuadrado estándar, siendo la medida más adecuada de la complejidad de la forma del fragmento
Media del Índice de Forma	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi \cdot a_{ij}}} \right)}{n_i}$	Calcula la media a nivel de clase.
Dimensión Fractal	$FRACT = \frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}}$	Calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro.

Fuente: Hidroboyacá, 2015

A medida que decrece el área de las coberturas se incrementa la relación perímetro aérea y están más expuestas al efecto de borde: Son preferibles los espacios con una baja relación área/perímetro, ya que en estos se reduce el efecto de borde y con él, la influencia de las perturbaciones externas y se aumenta la proporción de hábitat interior.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Las coberturas de mayor valor para el índice de forma corresponden a los bosques riparios (314) con un valor de 3.054, que en parte está asociado a su forma estrecha y alargada, pero también a su alto grado de intervención. Las coberturas con un valor más alto de forma (MSI) son las clases más propensas a ser afectadas por el medio, al poseer una alta relación perímetro /área.

En términos generales el índice de forma presenta incrementos para la mayor parte de las coberturas asociadas a bosque y una disminución para los arbustales.

Las formas menos sinuosas o con tendencia a ser más circulares corresponden a la a los arbustales con tendencia a ser mar circular.

A medida que decrece el área de las coberturas se incrementa la relación perímetro aérea y están más expuestas al efecto de borde: Son preferibles los espacios con una baja relación área/perímetro, ya que en estos se reduce el efecto de borde y con él, la influencia de las perturbaciones externas y se aumenta la proporción de hábitat interior.

Tabla 7-18. Índices de estado de Forma para el área de estudio

Cobertura	Código	MSI		MPAR		MFRACT	
		Media del índice de forma		Relación Perímetro - Área		Dimensión-Fractal	
Periodo		2005	2012	2005	2012	2005	2012
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	31121	1,76	1,813	0,039	0,04	1,352	1,358
Bosque Fragmentado con pastos y cultivos	3131	2,689	2,714	0,026	0,026	1,369	1,373
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	3132	2,356	2,384	0,046	0,026	1,366	1,355
Bosque de galería	314	3,054	3,054	0,032	0,032	1,399	1,399
Arbustal Denso	3221	2,067	2,066	0,03	0,03	1,349	1,349
Arbustal Abierto	3222	1,922	1,905	0,028	0,029	1,342	1,342

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Los resultados de la dimensión fractal indican que todos los fragmentos presentan formas irregulares diferentes a las regulares euclidianas (cuadrado y círculo). La dimensión fractal toma valores entre 1 y 2. Valores cercanos a uno indican formas geométricas sencillas. Valores que se acercan a 2 corresponde a las formas más complejas o análogas como los objetos fractales. Es un reflejo del grado del disturbio humano. Los bosques de galería (314) tienen el mayor valor de la dimensión fractal en tanto que los arbustales presentan el menor valor.

Los bosques riparios presentan el mayor valor de dimensión fractal por tener formas muy alargadas.

En su conjunto los índices de estado de forma evidencian el deterioro en el tiempo de las coberturas analizadas con un avance de las actividades antrópicas y un incremento del efecto de borde.

7.5.3. Índices de estado de área de corte

Otro grupo de indicadores están asociados a evaluar el área interior del fragmento, la cual es denominada área corte. El cálculo de área corte requiere establecer un buffer que va del interior o núcleo de conservación del fragmento a su borde, la cual para el área de estudio ha sido estimada en 100m.

Tabla 7-19. Descripción de algoritmos Área Core

Índice	Formula	Descripción
Área Core	$CORE = a_{ij}^c \left(\frac{1}{10,000} \right)$ <p>Siendo:</p> <p>$a_{i,j}^c$, el Área de Núcleo o Área Interior del fragmento basada en una profundidad de frontera (efecto borde) de 200 m, expresada metros cuadrados.</p>	El Área de Núcleo o Área Interior o área core representa el área del núcleo del fragmento a partir de una distancia de 100 m desde el borde hacia el interior del fragmento.
Numero de Áreas Core	$NCORE = n_{ij}^c$ <p>siendo</p> <p>$n_{i,j}^c$, el número áreas núcleo contenidas en el fragmento ij basadas en una profundidad de frontera (efecto borde) de 200 m</p>	Evalúa el número de áreas núcleo disjuntas presentes dentro del fragmento, lo cual depende de la forma y tamaño del fragmento



Índice	Formula	Descripción
Total Área Core	$TCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left(\frac{1}{10,000} \right)$ <p>$a_{i,j}^c$, el Área de Núcleo o Área Interior de un fragmento ij basada en una profundidad de frontera (efecto borde) de 200 m, expresada metros cuadrados.</p>	El Área de Núcleo o Área Interior o área core representa el área total de núcleo de fragmentos de una clase particular (cobertura vegetal) a partir de una distancia de 100 m desde el borde hacia el interior del fragmento.
Índice de Áreas Core	$CAI = \frac{a_{i,j}^c}{a_{i,j}} (200)$ <p>siendo</p> <p>$a_{i,j}^c$, el Área de Núcleo o Área Interior del fragmento ij basada en una profundidad de frontera (efecto borde) de 200 m, $a_{i,j}$, el área del fragmento ij</p>	Evalúa el número de áreas núcleo disjuntas presentes dentro del fragmento, lo cual depende de la forma y tamaño del fragmento

Fuente: Hidroboyacá, 2015

El área núcleo o área corte, es la superficie interior del fragmento que no está afectada por los bordes, es decir, que no está o está muy poco afectada por las perturbaciones exteriores. En términos generales el número de áreas corte disminuye en la medida que la intervención aumenta.

El índice de área corte es una proporción de las áreas núcleo en el total del paisaje y es igual a cero cuando no existen parches o fragmentos en las coberturas que posean áreas núcleo. Representa el porcentaje del parche que es área núcleo.

Los arbustales denso (3221) presentan la mayor área corte con 201.73 ha y le siguen en su orden los bosques fragmentados con pastos y cultivos (3132) con 174.3 ha, lo cual indica que aún conservan fragmentos grandes con áreas núcleo representativas y de importancia para su conservación y manejo. Esta área incluye el tamaño del parche, la forma y la distancia del efecto de borde y es usada como indicado de amplitud de los parches de un paisaje o cobertura.

Un valor alto de área corte señala una mayor área disponible para aquellas especies cuyo hábitat está asociado a las condiciones más estables que ofrece el interior evitando los extremos físicos y bióticos que se dan en el borde. El área corte disponible en los



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

ecosistemas disminuye y el valor es muy bajo en los pequeños fragmentos de vegetación secundaria.

El deterioro de las coberturas naturales tanto arbóreas como arbustivas, se ve reflejado en la disminución de áreas corte para la mayor parte de las categorías, con un valor total que pasa de 485.07 a 462.85 ha de 2.005 a 2.012. La cobertura de bosque ripario tiene un carácter crítico ya que no tienen áreas núcleo y su valor se acerca a cero.

Tabla 7-20. Índices de estado de Área Core para toda el área de estudio

Código	Numero de áreas Core		Total área core (ha)		Índice de área core (%)	
	NCA		TCCA		CAI	
	2005	2012	2005	2012	2005	2012
31121	54	51	32,413	28,425	10,44	9,56
3131	48	48	18,192	18,191	2,32	2,37
3132	79	77	174,792	174,300	13,18	13,27
314	24	24	0,043	0,043	0,01	0,01
3221	325	320	213,266	201,737	6,26	6,08
3222	99	94	46,372	40,164	5,08	4,69

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Un valor alto de área corte señala una mayor área disponible para aquellas especies cuyo hábitat está asociado a las condiciones más estables que ofrece el interior evitando los extremos físicos y bióticos que se dan en el borde. El área corte disponible en los ecosistemas disminuye y el valor es muy bajo en los pequeños fragmentos de vegetación secundaria.



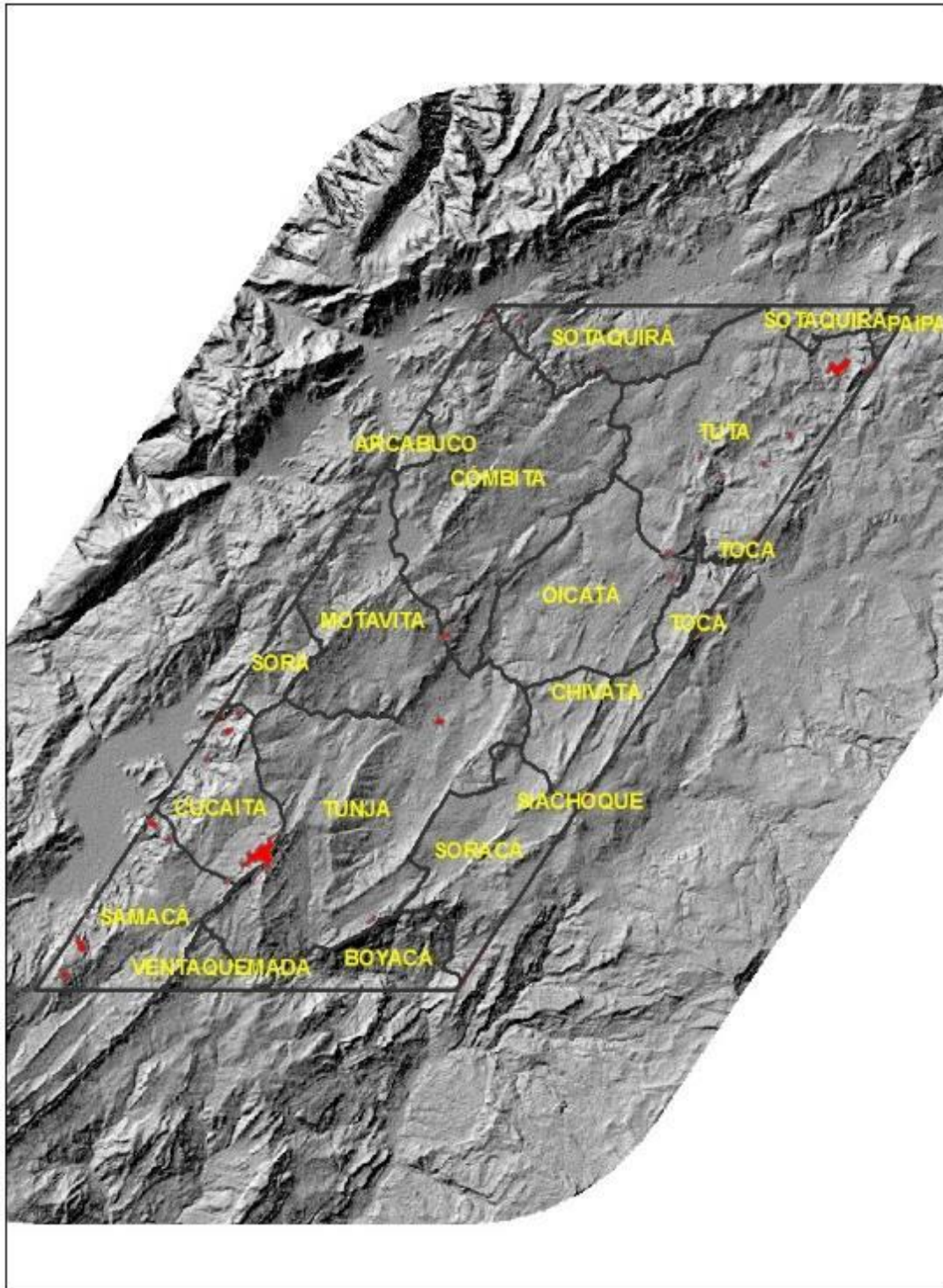
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 7-23. Localización Áreas Core en el área de estudio. Se puede observar que son muy pequeñas y escasas lo que evidencia la fuerte intervención antrópica.



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7.6. Índice de estado de proximidad

El índice de proximidad es un índice que mide los valores de una misma clase y muestra el grado de fragmentación y conectividad, los valores obtenidos fluctúan de 0 a infinito. Cuando el valor de una clase es reducido, indica que se encuentra más fragmentado y aislado; los valores altos indican que se encuentra menos fragmentado.

Es la relación entre la suma de las áreas de todos los parches de la misma clase, respecto a la distancia mínima de borde a borde de los parches en un radio de búsqueda específico. El valor es 0 cuando un parche no tiene vecinos del mismo tipo en un radio de 500 a 650 metros. El valor puede aumentar porque tiene más vecinos del mismo tipo en ese radio, o porque dicho radio se aumenta.

Como se puede observar, los bosques fragmentados con vegetación secundaria (3132) y los bosques fragmentados con pastos y cultivos (3131) presentan el valor más alto de índice de proximidad lo que indica que estas coberturas mantienen conectividad por cercanía de parches de la misma clase en un radio de 500 m.

Para los bosques de galería (314) por tener pocos fragmentos muy dispersos, el índice de proximidad es el más bajo.

Tabla 7-21. Descripción de algoritmo de Proximidad

Índice	Formula	Descripción
Índice de Proximidad	$PROXIM = \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}$ <p>siendo</p> <p>$a_{i,j,s}$, el área del fragmento i,j,s dentro del conjunto de fragmentos vecinos</p> <p>$h_{i,j,s}^2$, la distancia entre fragmento y fragmento basados en una distancia entre fragmentos vecinos no superior a 500 m, distancia calculada entre centroides de los fragmentos</p>	El índice de proximidad considera el tamaño y proximidad de todos los fragmentos cuyo borde se encuentra a una distancia menor que el radio de búsqueda especificado (500 m en este caso).

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 7-22. Índices de estado de Proximidad

Cobertura	Código	Numero de Parches		Índice de Proximidad Medio	
		NP		MP	
Periodo		2005	2012	2005	2012
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	31121	49	47	68,64	69,97
Bosque Fragmentado con pastos y cultivos	3131	41	41	217,77	218,45
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	3132	52	50	385,95	545,94
Bosque de galería	314	23	23	11,29	11,3
Arbustal Denso	3221	284	277	94,24	99,95
Arbustal Abierto	3222	84	82	25,37	24,66

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



8. FLORA Y COBERTURA VEGETAL

En el presente componente se expone el procedimiento, los resultados y análisis de la caracterización de flora y cobertura vegetal para Formular el Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de Tunja (Cuenca Alta del Río Chicamocha), bajo el esquema de la estrategia de socialización y participación “Haz tuyo El Acuífero”. Debido a que es de gran importancia establecer el estado ambiental de los ecosistemas que se encuentran en el mismo.

También se involucra una descripción general de la vegetación y fauna de la zona y del método para la caracterización de la vegetación, y de la riqueza y características fisonómico estructural utilizadas, datos e índices de los que se obtuvieron resultados se presentan en forma gráfica y numérica, los cuales se acompañan de una descripción y un análisis final.

8.1. Metodología

8.1.1. Etapas

8.1.1.1. Etapa Preliminar

a) Reunir toda la información secundaria necesaria para llevar a cabo el proyecto. Analizar la información sobre cartografía básica y temática, suelos, clima, vegetación dentro de los ecosistemas y matrices de vegetación a estudiar. Se visitaron bibliotecas y archivos de entidades públicas y privadas que poseen información cartográfica, mapas de cobertura de vegetación, uso actual del suelo, mapa básico de la zona de estudio e información sobre las características de la vegetación de la zonas y coberturas vegetales a estudiar.

Dentro de la información revisada se encuentra el estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Boyacá del IGAC, la cartografía base y las aerofotografías disponibles en el IGAC; también el mapa de Ecosistemas Generales de Colombia del Ministerio de Ambiente y desarrollo territorial, IDEAM e IGAC. 2015, escala 1:1200000.

b) Realizar clasificaciones climáticas del área de interés, con base en fuentes secundarias de información (estaciones meteorológicas). Con los datos de precipitación, temperatura e índice de humedad (obtenido del cálculo del balance hídrico climático), se elaboran clima diagramas y se determina el clima según el método aplicado todo lo cual refleja de manera adecuada el comportamiento climático del área.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



c) Realizar la georreferenciación de los sitios a muestrear que se determinaron a través de sensores remotos. Fueron escogidos los herbazales, arbustales y bosques con el mejor estado de conservación y de mayor extensión relativa permita tener una importancia ecológica relevante para el Sistema Acuífero de Tunja; también se tuvo en cuenta el grado de accesibilidad de cada uno de estos puntos. Se eligieron 2 sitios de muestreo, en cada uno se establecieron dos parcelas de 20 x 5 m. Se eligieron 3 transectos de 1 km cada uno, para ecosistemas distintos. Se obtuvo información referente a individuos herbáceos, arbóreos y arbustivos.

d) Interpretación de imágenes de sensores remotos y elaboración de mapas preliminares delineando y agrupando las unidades de paisaje/vegetación homogéneas y clasificación de las mismas de acuerdo con el sistema adoptado. Se obtienen los mapas temáticos preliminares de cada unidad de cobertura, los cuales constituyen el punto de partida para orientar y planear el trabajo temático de campo.

Delimitación. Descripción de paisajes en contextos geográficos locales. Selección de unidades para su caracterización en campo y definir áreas de muestreo. Realizar la delineación y clasificación práctica de paisajes y coberturas vegetales a inventariar a partir de la interpretación de imágenes sensores remotos.

Nuestro universo de estudio se desagregó en N unidades discretas más pequeñas, de tal forma que cada unidad mapeada e identificada fuera escogida al azar para someterla a muestreo.

Se propone un esquema de muestreo estratificado, en el que cada unidad tenga una intensidad de muestreo similar, tratando de abarcar la heterogeneidad interna de hábitats en cada una de ellas con el fin de obtener una muestra representativa.

e) Alistamiento de materiales y formatos necesarios para hacer el inventario en la fase de campo. Formularios de campo para tomar coordenadas, para clima. Formatos para tablas EXCEL. Mapas para el trabajo de campo. Información secundaria para el trabajo de campo. Especies endémicas y especies en peligro. Materiales para recolectar muestras no identificables en campo.

f) Determinación de las especies de animales e insectos características de la región para observar su presencia o no durante el inventario como para preguntarle a los habitantes de la zona sobre su observación o no, teniendo como objetivo que esta información y las observaciones de fauna son un indicador del estado de la flora y obertura vegetal del área de estudio.

g) Alistamiento de la logística a emplear en la fase de campo. Contactar y contratar a los asistentes para realizar la fase de campo.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.1.1.2. Etapa de Campo

- a) Inspección y colección botánica preliminar para tipificar unidades taxonómicas cuando se les encuentre en campo. Pre salida al área de interés para percibir y dimensionar la dificultades topográfica del área y de los sitios específicos de interés; estimar los tiempos de desplazamiento y el tiempo efectivo de trabajo para los muestreos. Realizar actividades propias de la logística (contratación de personal local para el apoyo en transporte, cocina, apertura de trochas, entre otros); y conocer el comportamiento climático local.
- b) Definir específicamente en base a los mapas como llegar a los lugares y a las parcelas a muestrear. Planificar el itinerario al lugar de muestreo y determinar la mejor vía de acceso.
- c) Entrevista con dueños de fincas y campesinos, para establecer la presencia o no de flora endémica y en peligro de extinción, lo mismo que fauna. También para establecer los usos que se le da a la flora y cobertura vegetal existente en su entorno.
- d) Observaciones generales y detalladas del paisaje para la corroboración de las coordenadas definidas y ajuste de líneas con los mapas elaborados.
- e) Observaciones acerca de los usos del suelo (actividades productivas y extractivas) y del grado de intervención y transformación de la cobertura vegetal original.
- f) Observaciones sobre los rasgos geomorfológicos y del relieve (tipo y grado de las pendientes, altitud, exposición orográfica, rasgos erosivos, clase de laderas, y configuración general del relieve y usos del paisaje); observaciones generales y detallados de los suelos.
- g) Observación de la fauna e insectos locales e interrogación con listas de chequeo previamente diseñadas a los dueños de fincas y campesinos del área sobre la presencia o no de especies características, endémicas y en peligro de la zona. En todas las salidas de campo se monitoreo la presencia de aves con binoculares.
- h) Descripción geográfica regional y local de la localización de los sitios específicos de observación y muestreo de forma detallada, de modo que las evidencias físicas colectadas queden bien documentadas.
- i) Reconocimiento de algunas propiedades físicas y químicas (color, textura, profundidad, pH, drenaje), de los suelos.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



j) Con termómetro e higrómetro se determina la condición de humedad y de temperatura ambiental en cada parcela a muestrear y que corresponde a un tipo de cobertura vegetal.

k) Realizar la descripción general de la localización geográfica del sitio de trabajo, y tomar datos de latitud, longitud y altura para precisar su ubicación, mediante el uso de un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Etrex.

l) Ejecución de los muestreos biológicos, de acuerdo con los métodos y las técnicas de muestreo propuestos. El esfuerzo de muestreo para la evaluación de la flora asociada a las unidades de cobertura vegetal se realizó en salidas de campo durante todo el mes de octubre del año 2015. En total se realizaron 10 días efectivos de campo. Se efectuaron observaciones directas un día por lo menos en cada unidad de cobertura vegetal previamente definida (ecosistema agropecuario, tierras desnudas y degradadas, bosque de galería y ripario, herbazal denso de tierra firme, arbustal denso, arbustal abierto, bosque fragmentado).

Dentro de los formatos de campo se consignaron datos como coordenadas, estrato, ubicación del individuo respecto al bosque. Además de realizar el conteo de los individuos para medir abundancia.

Para cada unidad de cobertura vegetal se realizaron dos repeticiones.

m) Análisis y correlación de los datos biológicos con las unidades de cobertura vegetal caracterizadas.

n) Se fraccionó el trabajo de campo en varias expediciones, previendo organizar y almacenar apropiadamente las muestras colectadas y la información recabada.

8.1.1.3. Etapa de laboratorio y oficina

a) Revisión y organización del material biológico y no biológico colectado.

b) Identificación y curaduría del material biológico.

c) Ordenación, almacenamiento, procesamiento y análisis de los datos.

d) Correlación de la información temática.

e) Realización de ajustes necesarios a la interpretación inicial, de acuerdo con la verificación y validación de campo, y elaboración de las leyendas definitivas de los mapas temáticos.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



f) Sistematización de datos para el almacenamiento y manipulación de la información espacial. Luego de obtener la información de cada especie, se actualizaron las bases de datos, y se procesaron mediante el uso de un programa especializado como Office Excel, para este fin.

g) Elaboración de informe descriptivo e interpretativo o caracterización de la flora y la cobertura vegetal con recomendaciones para la conservación, manejo y recuperación del área estudiada.

8.1.1.4. Caracterización de la vegetación según fisionomía

El objetivo principal al estudiar la vegetación es definir patrones reales o comunidades vegetales.

Se fundamenta en el estudio de la estructura o arquitectura comunitaria, que está definida por el ordenamiento en sentido vertical y horizontal de sus componentes. En sentido horizontal, el atributo que mejor refleja el aspecto es la estratificación, mientras que en el sentido vertical, aparecen la densidad, el área basal y la cobertura. La estructura está directamente implicada en el mantenimiento de una atmósfera más o menos estable, ya que influye sobre la radiación incidente, sobre el flujo de la precipitación al interior de la comunidad y sobre la acción del viento. El arreglo de las plantas según estratos y sus valores de cobertura se relacionan con el metabolismo de la comunidad ya que controlan la cantidad de la radiación y la evapotranspiración en la fotosíntesis.

Los datos de campo que se utilizan para la caracterización son: densidad o número de individuos según la superficie de muestreo, altura, cobertura (%), CAP (cintura a la altura del pecho) ó DAP (diámetro a la altura del pecho). El análisis de la distribución en clases de las alturas, de los valores de DAP y de las coberturas, facilita la comprensión de la dinámica de la vegetación; se puede interpretar si los sitios muestreados estaban conservados o con cierto grado de alteración (véanse ejemplos ilustrativos en Rangel et al., 1990; Rangel & Garzón, 1994; Prieto et al., 1995 y en Rudas, 1996).

En la expresión de la dominancia, además de los parámetros mencionados se utiliza el Índice de Valor de Importancia (IVI, Finol, 1976). De manera complementaria a estas cuantificaciones se elaboran los diagramas estructurales y los perfiles de vegetación. (Rangel & Velázquez, 1997) ⁴

⁴ Rangel-Ch, J. O., & A. Velázquez, 1997. Métodos de estudio de la vegetación. 59-87 pp. En: Rangel-Ch, J.O., Lowy-C, M. Aguilara-P. (eds), Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia. Bogotá, D.C. pp. 436.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



8.1.2. Procedimientos

8.1.2.1. Establecimiento de parcelas

En total se realizaron 10 días efectivos de campo distribuidos en el mes de octubre de 2015. Para cada unidad de cobertura vegetal se hicieron dos parcelas de 20 m x 5 m (100 m²). En las zonas donde se identificó vegetación acuática se establecieron parcelas de 2 x 2 m. Las coberturas vegetales que se parcelaron fueron Microcuenca Río Piedras Bosque de Galería y Ripario y Microcuenca Río Teatinos Arbustal denso de tierra firme.

Figura 8-1. Delimitación de la parcela en campo con estacas y cuerda, para el levantamiento de la información.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

8.1.2.2. Establecimiento de transectos

Para acceder en forma rápida, al estado actual del componente de especies y del estado general del área de estudio se establecieron transectos para realizar muestreos RAP. Se utilizan 3 transectos de 2,0 m de ancho y 50 m de largo, con un área total de muestreo de 1000 m² (0,1 ha), para cada unidad de cobertura vegetal, al interior de los transectos se registran todas las especies en los estratos rasante y herbáceo y las especies con diámetro normal mayores e iguales a 1 cm, a los cuales se les recogen al menos dos (2) muestras botánicas, para las posteriores determinaciones a nivel de herbario.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Las coberturas vegetales en las que se establecieron transectos fueron: Bosque denso bajo de tierra firme Microcuencas La Barona y Pantano verde y Herbazal denso de tierra firme Cuenca alta Río Chicamocha.

En las demás unidades de cobertura vegetal se realizaron observaciones de a pie y se tomó el registro escrito y fotográfico correspondiente. Observaciones que se complementaron con entrevistas a los habitantes de estas zonas sobre el estado de su hábitat. Las coberturas vegetales en las que se realizaron observaciones de a pie fueron: arbustal abierto en los alrededores de la ciudad de Tunja; arbustal denso Microcuenca Puente Hamaca y quebrada La Colorada; Bosque fragmentado con presencia de pastos y cultivos Microcuenca Quebrada La Barona; herbazal denso de tierra firme Microcuenca Río Teatinos; Vegetación acuática sobre cuerpos de agua Embalse La Playa; Tierra desnudas y degradadas de: alrededores de la ciudad de Tunja, Quebradas Farfaca y el Cangrejo; Canteras El Triángulo y Los Barrancos; Cuchilla San Lázaro de Tunja; Cuchilla Alto el Salitre de Cómbita; Microcuenca Quebrada Las cebollas.

8.1.2.3. Clasificación de la vegetación

Estratos: Rangel y Velásquez (1997) establecen los siguientes estratos:

Tabla 8-1. Estratos en el área de estudio.

Estrato	Altura total
Arbóreo inferior (Ai)	12 - 25 m
Arbolitos o Subarbóreo (Ar)	5 - 12 m
Arbustivo (ar)	1.5 - 5 m
Estrato herbáceo (h)	0,3 - 1,5 m
Estrato rasante (r).	es < 0,3 m

Fuente: Hidroboyacá, 2015

El hábito de la especie se simboliza con una letra que indica el estrato en que se encontró así: arbolito (Ar), arbustivo (ar), herbáceo (h), rasante (r), bejuco (b) y epífita (e).

Se utilizaron forcípulas para medir el DAP (Diámetro a la altura del pecho), a cada individuo presente en la parcela, con una lectura mayor o igual a 1 cm de diámetro, tomando la medida a una altura de 1.30 m de la superficie del suelo y registrando el nombre común.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 8-2. Medición de DAP (1,30 m) con forcípula.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Otras variables evaluadas fueron la altura total (HT), la altura a la primera rama o altura del fuste (HF), las cuales se midieron con un clinómetro SUUNTO, se midió el diámetro de copa, la coordenada x e y de cada árbol, se registró la cantidad de individuos presentes y el porcentaje de cobertura en el área, se registró el estado fitosanitario y observaciones particulares. Para medir el diámetro de copa, se estima la “sombra” que proyecta el arbusto o árbol en el suelo, con la ayuda de varas de aluminio graduadas para así conocer la estratificación horizontal.

Para vegetación acuática mediante las parcelas de 2 x 2 m se contaron los individuos, se estableció el nombre común y se tomó el registro fotográfico. Las parcelas del componente terrestre fueron georreferenciadas en el punto de inicio y en el punto final, para las demás parcelas se tomó un punto de referencia.

Los individuos fueron identificados en el reconocimiento de campo y mediante fotografías detallados de hojas, cortezas, frutos y flores.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Para la identificación de las especies se utilizaron documentos de referencia como Vegetación del Territorio CAR 450 especies, Plantas de uso común en Colombia Angiospermas, el uso de herbarios virtuales, guías dendrológicas, entre otros medios.

8.1.2.4. Composición florística

Se refiere a las especies de flora presentes en un tipo determinado de cobertura vegetal. Con base en la información que se registró en cada una de las parcelas establecidas se procedió a elaborar el listado de especies presentes que conforman la comunidad en cada unidad de cobertura del ecosistema andino.

8.1.3. Variables

8.1.3.1. Categorías Fisionómico - Estructurales

a) *Categorías Fisionómicas.*

Aspecto o apariencia externa de la vegetación, forma general que un grupo de plantas presenta ante la vista. Esta dada por diferentes biotipos (forma y estructura constitucional de las plantas por ejemplo: árbol, arbusto, arbolito, hierba, etc.)

b) *Categorías estructurales.*

- **Estructura horizontal:** Es la forma como se organizan y distribuyen las especies y sus poblaciones sobre la superficie del bosque. La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los arboles individuales y de las especies en la superficie del bosque (Melo, Huertas, Martínez. 1997). Como parámetros de evaluación se utilizan los índices convencionales los cuales expresan la ocurrencia y el número de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el índice de valor de importancia (IVI).
- **Estructura vertical:** Es la forma como se organizan y distribuyen las especies y sus poblaciones entre el dosel del bosque y la superficie del suelo. La estructura vertical permite realizar la evaluación de los individuos del bosque desde el suelo, hasta la parte superior o dosel. (Melo, Huertas, Martínez. 1997), para lo cual se trazan transectos, éstos permiten la construcción de perfiles y dispersión de individuos. Las variables que se identifican son diámetro normal, altura total, altura hasta la base de la copa, diámetro de la copa y las coordenadas (X, Y). También se tiene en cuenta las adaptaciones especiales de las plantas (tipo y tamaño de las hojas, hábito de crecimiento, presencia de pubescencia, etc.).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.1.3.2. Densidad

Es el número de individuos registrados por unidad de superficie o área total de muestreo; donde:

$$D = \text{Número de árboles} / \text{Área total de muestreo en Ha.}$$

8.1.3.3. Abundancia

Es el número de individuos por especie, registrados en cada unidad de muestreo. Para la obtención de esta se realizó un conteo del Número de individuos de una especie por unidad de superficie, cuando esta se divide sobre el número total de individuos presentes en la unidad de superficie y llevamos este valor a porcentaje se obtiene la Abundancia Relativa.

$$\text{Ar} = \frac{\# \text{ de Ind. Por especie}}{\# \text{ de Ind. En el área muestreada}} \times 100$$

8.1.3.4. Altura Total (HT)

Es un tipo de variable continua, correspondiente a la altura total del fuste (tronco) desde el suelo, hasta el ápice del mismo. Esta variable se midió con un clinómetro SUUNTO.

8.1.3.5. Altura de fuste (HF)

Es un tipo de variable continua, correspondiente a la altura fustal desde el suelo hasta el inicio de copa verde del árbol.

8.1.3.6. Dominancia (Área basal)

Es el grado de cobertura de las especies como expresión del espacio ocupado por ellas. El área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo; se expresa en cm² o m² de material vegetal por unidad de superficie de terreno. (Rangel y Velásquez, 1997).

$$\text{Área basal} = (\pi / 4) \times (\text{DAP})^2.$$

Al sumar las áreas basales individuales de una especie se obtiene la dominancia absoluta. Si se expresa en porcentaje y se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada se denomina dominancia relativa.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

$$Dr = \frac{\text{Área basal de cada especie}}{\text{Área basal total en el área muestreada}} \times 100$$

8.1.3.7. Cobertura

Es la medida en metros cuadrados del área que proyecta la copa de cada uno de los individuos de los estratos altos en el suelo. Es una medida que se fundamenta en el tamaño de los individuos ya que es el porcentaje de sustrato que cubre una especie vista desde arriba y en forma perpendicular.

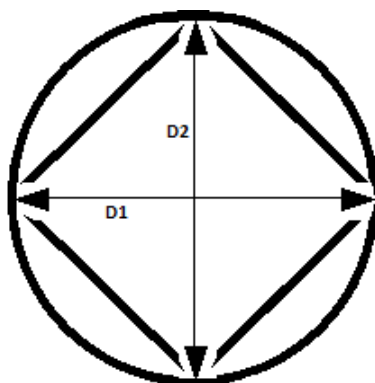
Al final se reúnen o suman las proyecciones de cada individuo para dar la proyección de especies y se hace la relación con respecto al área total muestreada. (Rangel y Velásquez, 1997).

A partir de estos valores de cobertura por especie, se obtiene la cobertura relativa por especie que corresponde a dividir el valor de cobertura por especie entre la sumatoria total de coberturas de la unidad muestral y expresando este resultado en porcentaje.

Se halla midiendo los metros de diámetro mayor y el menor que son proyectados por la copa del árbol. Para el caso de nuestro estudio la cobertura fue estimada con la siguiente fórmula:

$$(\pi/4) \times ((D1 + D2)/2).$$

Figura 8-2. Proyección de diámetros sobre copa de muestreo de cobertura.



Fuente: Rangel y Velásquez, 1997



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

a) **DAP (diámetro a la altura del pecho):** Corresponde a un tipo de variable continua, la cual medimos en los individuos de cada unidad muestral con cinta métrica obteniendo un valor de la circunferencia a la altura del pecho (CAP), se considera como altura del pecho 1.30 metros, este valor de circunferencia lo transformamos al diámetro (DAP) de la siguiente manera:

$$DAP = CAP / (\pi / 4)$$

b) **Medición del diámetro de árboles bifurcados:** En el caso de árboles bifurcados a una altura menor de 1,3 metros (varios tallos), estos serán considerados como un solo árbol y para efecto del proyecto solamente serán considerados "árboles" aquellos cuya sumatoria del diámetro de tallo medida a la altura de pecho (1,3 metros) sea mayor o igual a 10 centímetros. Para efecto del cálculo del diámetro en estos árboles se empleará la siguiente formula:

$$D = \sqrt{\sum d_i^2}$$

Dónde: $\sum d_i^2$ = Es la sumatoria del cuadrado de cada uno de los diámetros medidos.
.di = Diámetro de cada tallo a 1,3 metros.⁵

8.1.3.8. Frecuencia

Esta variable nos indica la presencia o ausencia de una especie en una unidad muestral independientemente del número de individuos que allí se encuentren, es decir, es el número de muestras en las que se encuentra una especie.

Frecuencia absoluta= (Número de puntos con la especie/Total de puntos muestreados)

a) **Frecuencia relativa:** Cuando este valor por parcela se compara dividiendo en el número total de parcelas y se expresa en porcentaje, corresponde a la frecuencia relativa. Es la frecuencia de una especie con referencia a la frecuencia total de todas las especies.

$$Fr = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie}}{\text{Sumatoria total de frecuencias absolutas}} \times 100 \quad \text{ó}$$

$$Fr = (\text{Frecuencia absoluta de la especie} / \text{Frecuencia absoluta de todas las especies}) \times 100.$$

⁵ RAMIREZ C.y Kleinn C. Inventario Forestal Global –GFS- Estudio Piloto en Costa Rica. 2001. Manual de Campo.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.1.3.9. Índice de predominio fisionómico (IPF)

Permite diferenciar las especies dominantes a partir de la sumatoria del área basal relativa, cobertura relativa y dominancia relativa:

$$\text{I.P.F.} = \text{área basal \%} + \text{Cobertura \%} + \text{Densidad \%}.$$

8.1.3.10. Índice de valor de importancia (IVI)

Es la suma de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia relativa. Se realiza con el fin de conocer descriptiva y cuantitativamente la estructura de los bosques. Su análisis permite deducir aspectos importantes como el dinamismo, dominancia y las especies más representativas. Es indicador de la importancia ecológica de una especie o de una familia en una comunidad.

El valor de IVI puede fluctuar de 0 a 3.00 (o 300%). Este valor se conoce como el porcentaje de importancia. El valor de importancia, o el porcentaje de importancia, provee un estimado global de la importancia de una especie de planta en una comunidad o unidad muestral determinada.

Se calculó de la siguiente manera:

$$\text{IVI} = \text{Densidad relativa (\%)} + \text{Dominancia relativa (\%)} + \text{Frecuencia relativa (\%)}. \\ \text{(Rangel y Velásquez, 1997).}$$

8.1.4. Modelos de abundancia de especies

Describen la distribución de la abundancia de especies y van desde aquellos que representan situaciones donde hay una homogeneidad alta, hasta los que caracterizan casos donde la abundancia de especies es muy heterogénea

8.1.4.1. La diversidad Beta

Es la medida del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las comunidades que se encuentran en un área mayor. Se propone que se obtenga a partir de comparaciones entre pares de unidades de paisaje; sin embargo, esto depende de lo que se haya definido como comunidad.

El grado de recambio de especies (diversidad beta), ha sido evaluado principalmente teniendo en cuenta proporciones o diferencias. Las proporciones pueden evaluarse con



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

ayuda de índices, así como coeficientes que nos indican qué tan similares/disímiles son dos comunidades o muestras. Muchas de estas similitudes y diferencias también se pueden expresar o visualizar por medio de distancias. Estas similitudes o diferencias pueden ser tanto de índole cualitativo (utilizando datos de presencia-ausencia) como de carácter cuantitativo (utilizando datos de abundancia proporcional de cada especie o grupo de estudio; por ejemplo: número de individuos, biomasa, densidad relativa, cobertura, etc.).

8.1.4.2. Similitud o disimilitud

Expresa el grado de semejanza en composición de especies y sus abundancias en dos muestras (comunidades). (Álvarez M. et al., Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2004)⁶

8.1.4.3. Medidas de similaridad

Dentro de éstas, se encuentran los índices de similaridad de Jaccard y Sorensen, los cuales comparan las especies compartidas por dos (2) comunidades sin tener en cuenta las abundancias. Si se presentan los casos extremos, los índices tomarían el valor de uno (1.0) si se comparten todas las especies o el valor de cero (0.0), al compartir ninguna especie, para este último caso la beta diversidad es máxima.

-Índice de Jaccard (Cj): Mide la similitud, disimilitud o distancias que existen entre dos estaciones de muestreo. La formulación es la siguiente:

$$C_j = j/a + (b - j)$$

a = número de especies en el ecosistema A

b = número de especies en el ecosistema B

j = número de especies compartidas por las comunidades.

8.1.4.4. Medidas de disimilaridad

Generalmente son medidas de tipo cuantitativo, las cuales utilizan como insumos el número de especies, las abundancias y la forma como se distribuyen éstas, dentro de las comunidades.

⁶ Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Álvarez M., et al. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2004.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



8.2. Estructura y composición florística

La mayoría de los bosques montañosos Andinos del altiplano boyacense en el área de estudio están en inminente peligro de desaparecer. El área de estudio y que corresponde a el sistema acuífero de Tunja, ha perdido la casi totalidad de la vegetación boscosa primaria, actualmente solo se encuentran relictos de bosques secundarios que han sufrido talas, entresacas, quemas y otras actividades antropogénicas. Para salvar la vegetación que aún queda y la diversidad florística asociada, es necesario delinear y ejecutar un plan de restauración ecológica. Por tanto, es necesario conocer bien la vegetación remanente su diversidad florística en los pequeños restos de bosques secundarios y herbazales de mayor importancia, desde el punto de vista ecológico.

Ecosistema.

Tipo general de Bioma: Orobiomas azonales del zonobioma húmedo tropical.

Bioma: Orobioma azonal andino altiplano cundiboyacense,

Ecosistemas: Bosques y Arbustales secundarios.

8.2.1. Microcuenca río Piedras – Bosque de galería y ripario

Por bosque se entiende, como un tipo fisionómico como aquellas formaciones vegetales con predominio de árboles que alcanzan el estrato Subarbóreo (> 5m) y superiores, siendo sus coberturas las dominantes. Florísticamente este tipo de bosque se define como bosque andino de zonas altas (altitud >2800 m).

La cobertura de galería y ripario se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

8.2.1.1. Ubicación

El área de estudio Se encuentra localizada al nororiente de Cómbita y al noroccidente del embalse La Playa; en límites entre Cómbita y Sotaquirá. En la vereda el Carmen de Cómbita.

Bordea la margen derecha de la Quebrada La villa y luego del Río Piedras. Posee una extensión aproximada de 89 hectáreas y. una longitud aproximada de 3200 m; se orienta en sentido Sur Oeste a Noreste.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 8-3. Bosque de galería y ripario en Cómbita.



Fuente: IGAC, 2015

Siguiendo el sistema de clasificación basado en zonas de vida propuesta por HOLDRIDGE (1967) el Bosque de galería y ripario se encuentra en la zona de vida correspondiente a: Clima frío (2000 – 3000 msnm) Bosque seco Montano bajo (bs-MB). El Bosque se encuentra en el rango altitudinal de entre los 2700 y los 2840 msnm; en el área es que se hicieron las parcelas las pendientes promedio son del 54 %.

8.2.1.2. Coordenadas

Parcela A: Punto 1: N 05° 41'56.16''.

W 073° 17'15.78''. Elevación: 2756 msnm.

Punto 2: N 05° 41'55.51''.

W 073° 17'15.83''. Elevación: 2766 msnm.

La parcela presenta una pendiente del 50 %.

Parcela B: Punto 1: N 05° 42'00.43''.

W 073° 17'12.66''. Elevación: 2734 msnm.

Punto 2: N 05° 42'00.65''.

W 073° 17'12.05''. Elevación: 2736 msnm.

La parcela presenta una pendiente del 10 %.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



8.2.1.3. Unidades de montaña

El bs-MB es la zona de vida con mayor extensión en el área cubierta por el sistema acuífero de Tunja; aparece en correspondencia a planicies andinas y al cañón del Río Piedras un poco resguardado dentro de las lomas circundantes.

a) Depresiones de areniscas

Son depresiones de relieves suaves, conformadas por areniscas. Depresiones atravesadas por las quebradas Cantores, La Ovejera y La Villa; las que tributan al río Piedras y discurren mayormente de occidente a oriente. El cañón del Río Piedras discurre en el mismo sentido del Bosque de galería, es decir, de Suroeste a Noreste.

b) Montañas y colinas Estructural – Denudativas

Son formas del relieve mixtas donde el relieve original conformó una estructura de Lomeríos paralelos al valle del río, pero que fueron afectadas a través del tiempo por efectos tectónicos y actualmente se ven erosionadas por los agentes ambientales, ya sea temperatura, agua, gravedad y la actividad antrópica para configurar los relieves existentes.

Esta unidad constituye los relieves más altos de las lomas que bordean el río Piedras y los tributarios que le dan origen: las Quebradas Cantores, La Ovejera, La Vega.

c) Deposito fluviolacustre del valle del río Piedras

Es posible observar el valle conformado por terrazas de pendientes suaves, formadas por el depósito Fluviolacustre del Río Piedras; la llanura del valle del Río está conformada, mayormente por cantos rodados o gravas subredondeadas, arenas de grano fino color claro, con intercalaciones de arcillas y limos. Son una fuente de material para agregados pétreos y arenas de construcción.

Por el río Piedras se extienden las lomas, que dividen en dos partes desiguales al valle del Río Piedras. La loma de la margen derecha del río es más alta y es una loma longitudinal que se extiende de Suroeste a Noroeste. Las lomas de la margen izquierda son de menor altura y están disectadas por quebradas que discurren de occidente a oriente, generando microvalles que amplían el valle allí donde tributan al río Piedras.

La Loma de la margen derecha cierra al río Piedras hasta que sale al valle de Tuta y Sotaquirá a la altura del acueducto del río piedras y en límites entre Cómbita y Sotaquirá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.2.1.4. Metodología

Se establecieron dos parcelas de 100 metros cuadrados cada una; el muestreo consistió en medir en el estrato arbóreo y arbustivo el hábito, número de individuos por especie y su ubicación dentro de la parcela, la altura (altura del fuste y altura de la copa), el diámetro a la altura del pecho (DAP) y cobertura vegetal. Con los datos obtenidos se obtuvo la composición florística: dominancia, abundancia, frecuencia y diversidad; luego se obtuvo la estructura horizontal dada por el cálculo del índice de valor de importancia (IVI) y el perfil de coberturas; posteriormente, se obtuvo la estructura vertical.

En el estrato herbáceo se midió el número de individuos por especie, su ubicación dentro de la parcela, la cobertura vegetal y la frecuencia.

Los muestreos se complementaron con el establecimiento de un transepto en donde se obtuvo el hábito del individuo, el nombre de la especie y el número de individuos por especie observados.

8.2.1.5. Composición florística

En general el bosque de Galería y Ripario presentan como máxima altura 12 m y el mayor porcentaje de individuos está entre 4 y 6 m de altura, los árboles plantados de eucalipto y pino alcanzan mayores alturas de hasta 18 metros. En el estrato arbustivo la altura promedio es de 4 m y en el Subarbóreo es de 5, 5 m

El estrato dominante es el arbustivo (x - 50,8%), seguido del Subarbóreo (Arbolito) (x - 23,0%), el herbáceo (x - 16%) y finalmente el rasante (x - 10%).

8.2.1.5.1. Diversidad

Dentro de las dos parcelas muestreadas de 100 metros cuadrados cada una y en los dos transeptos realizados se encontraron individuos vegetales en los estratos arbóreos, de arbolitos, arbustos, herbáceo y rasante, representados en 108 especies distribuidas en 48 familias.

Se pudo determinar que las familias más importantes para el bosque de galería y ripario, en cuanto al número de especies presentes en las mismas son, en orden de importancia, las siguientes: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Polygonaceae, Rosaceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Juncaceae, Orchidaceae, Piperaceae, Polypodiaceae, Solanaceae, Agavaceae, Dioscoreaceae, Lamiaceae, Myricaceae, Myrsinaceae. (Ver Figura 8-4)



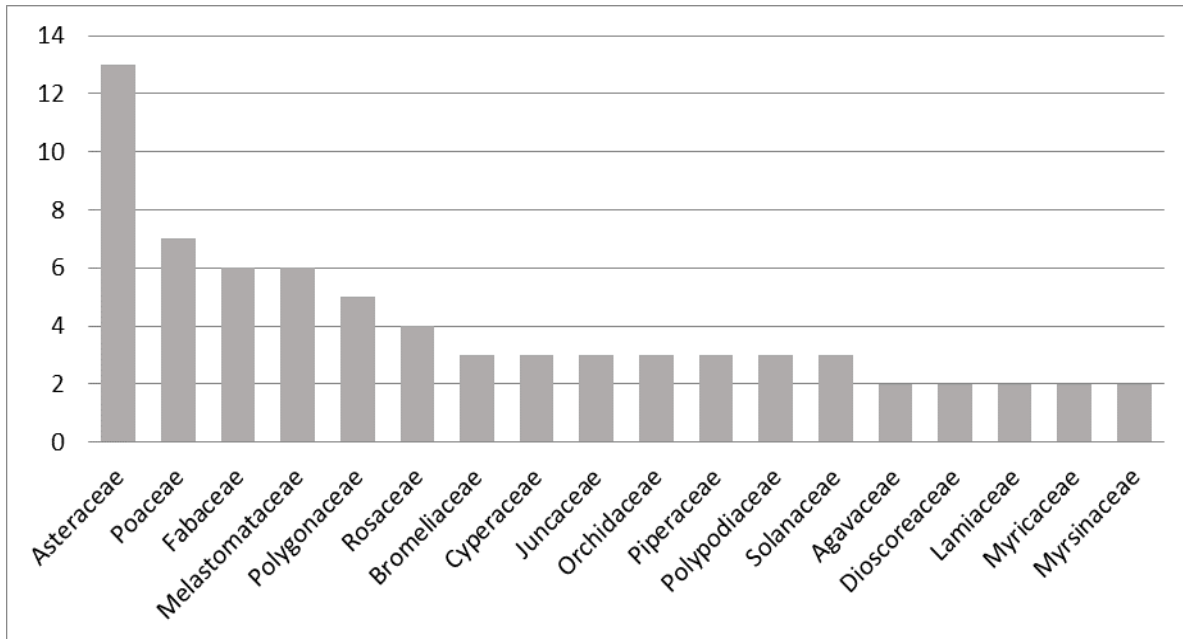
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 8-4. Familias más importantes por el número de especies.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 8-3. Composición florística de las especies de los estratos arbóreo, arbolitos, arbusto, herbáceo, bejuco y rastrero encontradas en el Bosque de galería y ripario de Cómbita, 2015.

# sp.	FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMUN	HÁBITO	USO (Símbolo)
3	Adoxaceae	Viburnum triphyllum B.	Chuque	Arbolito	Ce, Or, Ma.
32	Agavaceae	Agave americana	Fique motua	Arbusto	Al, Or
33	Agavaceae	Furcraea andina	Fique.	Arbusto	Ar, Or
63	Aspleniaceae	Asplenium praemorsum Sw.	Helecho	Hierba	Or
20	Asteraceae	Smallanthus pyramidalis	Arboloco	Arbolito	Ma, Or, Re
22	Asteraceae	Baccharis latifolia	Chilca	Arbusto	Me
23	Asteraceae	Baccharis bogotensis	Ciro	Arbusto	In, Me, Re
24	Asteraceae	Baccharis macrantha	Chilco	Arbusto	Me, Re,
25	Asteraceae	Stevia lucida	Jarilla blanca	Arbusto	Me
28	Asteraceae	Montanoa ovalifolia D.	Upacón	Arbusto	Ar, Me
47	Asteraceae	Verbesina centroboyacana	Verbesina	Hierba	Re
48	Asteraceae	Bidens rubifolia Kunth.	Pacunga, Chipaca	Hierba	Ar
53	Asteraceae	Barnadesia spinosa	Espino	Arbusto	
55	Asteraceae	Gnaphalium bogotense K	Vira	Hierba	Me
86	Asteraceae	Hypochaeris radicata	Achicoria	Hierba	Me



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

# sp.	FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMUN	HÁBITO	USO (Símbolo)
79	Asteraceae	Bidens laevis L.	Botoncillo, Masiquía.	Hierba	Or, Me, In
87	Asteraceae	Taraxacum officinale	Diente de león	Hierba	Me
6	Betulaceae	Alnus acuminata	Aliso	Arbusto	Ar, Re
65	Blechnaceae	Blechnun occidentale L	Helecho	Hierba	
29	Boraginaceae	Cordia cylindrostachya	Salvio negro	Arbolito	Fo
56	Bromeliaceae	Tillandsia biflora	Quiche	Epifita	Or
57	Bromeliaceae	Puya santosii	Cardon	Arbusto	Re
58	Bromeliaceae	Tillandsia compacta	Quiche	Epifita	Or
34	Cactaceae	Opuntia sp.	Cacto	Arbusto	Al, Ce, Fo
37	Cupressaceae	Cupressus lusitánica	Cipres	Arbol	Ar, Ce, Ma, Me, Or
43	Cyperaceae	Cyperus sp.	Junco	Hierba	Re
44	Cyperaceae	Eleocharis sp	Junco	Hierba	Re
45	Cyperaceae	Carex luridiformis	Corta tubo negro	Hierba	Re
73	Dennstaedtiaceae	Pteridium aquilinum	Helecho marranero	Hierba	Ve
50	Dioscoreaceae	Dioscorea sp	Ñame silvestre	Hierba	Al, Me
51	Dioscoreaceae	Dioscorea mandonii		Hierba	
49	Ericaceae	Cavendishia bracteata	Uva de anis, Colmillos	Hierba	
	Ericaceae	Vaccinium meridionale	Agraz	Hierba	Al
15	Euphorbiaceae	Croton magdalenensis Mull.	Sangregado, Drago	Arbolito	Ar, En, Ma, Or
40	Fabaceae	Acacia melanoxyllum	Acacia japonesa	Arbolito	
41	Fabaceae	Acacia decurrens	Acacia negra	Arbolito	
70	Fabaceae	Cytisus monspessulanus	Retamo español o liso	Arbusto	
75	Fabaceae	Dalea coerulea	Chiripique	Arbusto	Fo, or
77	Fabaceae	Trifolium repens	Trebol blanco	Hierba	Fo, Me, Re
78	Fabaceae	Trifolium pratense L.	Carreton	Hierba	Fo, Me, Re
88	Geraniaceae	Geranium multiceps		Hierba	
89	Hypericaceae	Hypericum juniperinum		Arbusto	
42	Juncaceae	Juncus bogotensis	Junco	Hierba	Me, Re
90	Juncaceae	Juncus densiflorus	Junco	Hierba	
91	Juncaceae	Juncus effusus	Junco	Hierba	
92	Lamiaceae	Salvia bogotensis Benth	Salvia	Hierba	Me
93	Lamiaceae	Salvia palifolia	Salvia	Hierba	
80	Lemnaceae	Lemna spp.	Lenteja de agua	Rasante	Fo, Re
94	Malvaceae	Malva sylvestris	Malva	Hierba	Me



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

# sp.	FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMUN	HÁBITO	USO (Símbolo)
83	Massalongonia ceae	Sticta sp.	Liquen	Rasante	
95	Melastomatace ae	Bucquetia glutinosa (L.f.)	Siete cueros	Árbol	Or
1	Melastomatace ae	Miconia squamulosa	Tuno esmeraldo	Arbolito	
2	Melastomatace ae	Miconia ligustrina	Tuno	Arbusto	
96	Melastomatace ae	Miconia cundinamarcensis	Tuno	Arbusto	
16	Melastomatace ae	Tibouchina lepidota	Sietecueros	Arbusto	Ce, Ma, Or
27	Melastomatace ae	Monochaetum myrtoideum	Angelito	Arbusto	Or
14	Myricaceae	Myrica pubescens	Laurel de cera	Arbolito	Ce, En, In, Ma, Re
26	Myricaceae	Myrica parvifolia	Laurel de cera	Arbolito	Al, Ce, En, In, Ma, Or, Re
5	Myrsinaceae	Myrsine coaricea	Cucharo blanco	Arbusto	Ce, Ma
13	Myrsinaceae	Myrsine guianensis Kuntze	Cucharo	Arbolito	Ma, Or, Re
4	Myrtaceae	Myrcianthes leucoxylla	Arrayan	Arbusto	En,
36	Myrtaceae	Eucaliptus globulos	Eucalipto	Arbol	Ce, In, Ma, Me
59	Orchidaceae	Epidendrum elongatum	Orquidea	Epifita	Or
60	Orchidaceae	Stelis	Orquidea	Epifita	Or
61	Orchidaceae	Elleanthus ensatus	Orquidea	Epifita	Or
84	Parmeliaceae	Hypotrachyna sp.	Liquen	Rasante	
97	Passifloraceae	Passiflora mixta	Curuba	Liana	Al
98	Phytolcacaceae	Phytolaca bogotensis	Guava	Hierba	
38	Pinaceae	Pinus patula	Pino pátula	Arbol	Ar, In, Ma, Me, Or
39	Pinaceae	Pinus radiata	Pino candelabro	Arbolito	In, Ma, Or
18	Piperaceae	Piper nubigenum		Arbusto	Me
19	Piperaceae	Piper bogotense	Cordoncillo	Arbusto	Al, Me, Or
52	Piperaceae	Peperomia acuminata	Peperomia	Hierba	
99	Poaceae	Arundo donax	Caña	Arbusto	Ar, Fo
9	Poaceae	Chusquea tesellata	Chusque	Bejuco	Re
67	Poaceae	Anthoxantum odoratum L.	Pasto oloroso	Hierba	Fo
68	Poaceae	Paspalum bonplandianum	Gramma blanca	Hierba	Fo
69	Poaceae	Holcus lanatus L.	Falso poa	Hierba	Fo
72	Poaceae	Andropogon	Pasto rabo de zorro	Hierba	Re
100	Poaceae	Pennisetum clandestinum	Quikuyo	Hierba	Fo



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



# sp.	FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMUN	HÁBITO	USO (Símbolo)
101	Polygonaceae	Polygonum hydropiperoides Michx	Gualola	Hierba	In
46	Polygonaceae	Polygonum persicaria L	Duraznillo	Hierba	In, Fo, Me
54	Polygonaceae	Muehlenbeckia tamnifolia	Bejuco chivo	Liana	
76	Polygonaceae	Rumex acetosella L	Romaza	Hierba	Al, Me
71	Polygonaceae	Rumex crispus L	Romaza	Hierba	
62	Polypodiaceae	Pecluma eurybasis	Helecho	Hierba	
64	Polypodiaceae	Polypodium loriceum L	Helecho	Hierba	
66	Polypodiaceae	Serpocaulon funckii	Helecho	Hierba	
82	Polytrichaceae	Polytrichum juniperinum	Musgo	Rasante	Me, Re
11	Rosaceae	Hesperomeles goudotiana	Mortiño	Arbolito	Ar, Al, En, Ma
30	Rosaceae	Prunus serótina	Cerezo	Arbolito	Re, Or
102	Rosaceae	Rubus bogotensis	Mora	Arbusto	Al, Me
74	Rosaceae	Rubus floribundus Weihe	Mora silvestre	Arbusto	Al, Ce, Fo, Ma, Me
17	Rubiaceae	Psychotria boqueronensis w	Palo amarillo	Arbusto	
7	Salicaceae	Xilosma spiculiferum	Corono	Arbusto	Ce, Me, Re
10	Salicaceae	Salix humboldtiana	Sauce	Arbusto	Re
21	Sapindaceae	Dodonaea viscosa	Dodonea	Arbusto	Ar, Ce, En, Ma, Me, Re
103	Solanaceae	Brugmansia sanguinea		Arbol	Or
31	Solanaceae	Cestrum buxifolium	Tinto	Arbusto	Me, Ve
104	Solanaceae	Solanum oblongifolium Dunal	Borrachero chiquito	Arbusto	
81	Sphagnaceae	Sphagnum	Musgo	Rasante	Ar, Re
12	Thymelaeaceae	Daphnopsis caracasana	Une	Arbolito	
105	Urticaceae	Parietaria debilis G. Forst	Palitaria	Hierba	Me
106	Urticaceae	Urtica sp.	Ortiga	Hierba	Al, Me
85	Usneaceae	Usnea sp.	Liquen	Rasante	
8	Verbenaceae	Duranta mutisii	Espino cruceto	Arbusto	Fo, Re
35	Viscaceae	Dendrophthora clavata	Injerto, matapalo	Ar. parasito	
107	Viscaceae	Dendrophthora lindeniana	Injerto	Hie. parasita	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Símbolos para el Uso predominante de las especies: Artesanal (Ar), Alimento (Al), Cercas y linderos (Ce), Energético (En), Forraje (Fo), Industrial (In), Maderable (Ma), Medicinal (Me), Ornamental (Or), Restauración (Re), Venenoso (Ve).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

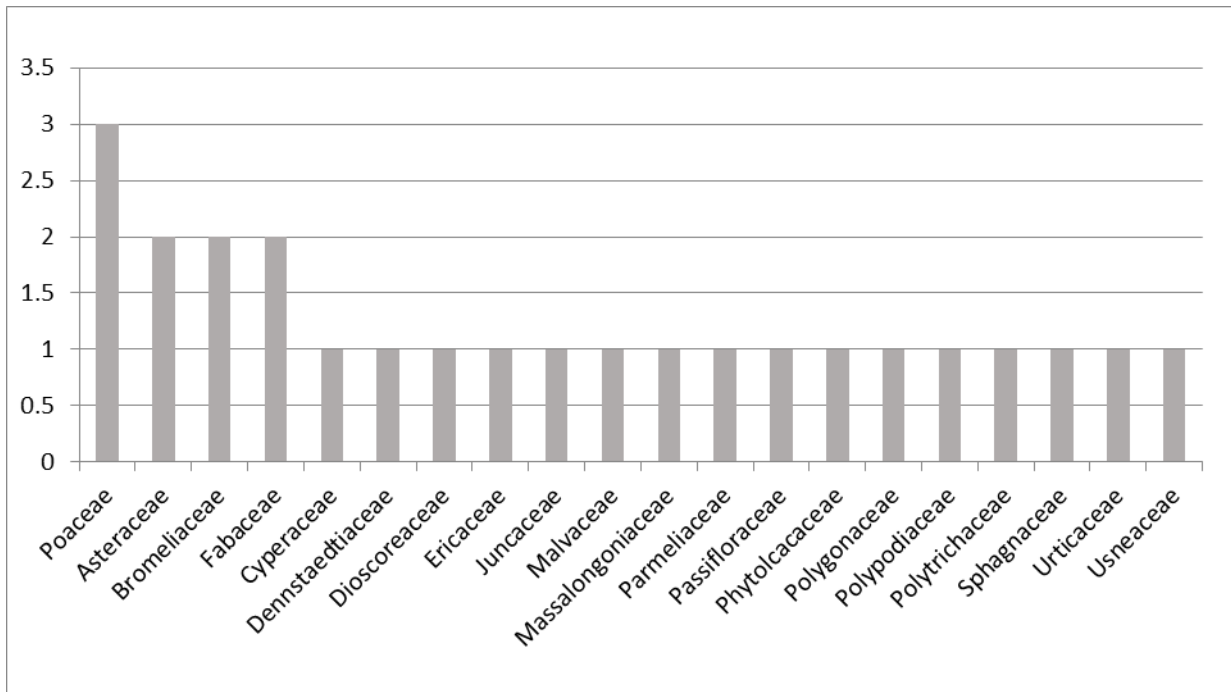


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

a) Estratos herbáceo y rasante.

En los estratos herbáceo y rasante se inventariaron 25 especies distribuidas en 20 familias. Las familias más importantes son Poaceae, Asteraceae, Bromeliaceae y Fabaceae.

Tabla 8-4. Familias y su número de especies en los estratos herbáceos y rasante



Fuente: Hidroboyacá, 2015

b) Parcelas inventariadas.

En las dos parcelas muestreadas se caracterizaron los estratos arbóreo (> a 12m), arbolito (5m a 12m) y arbustivo (1,5 m a 5m) con DAP mayor a 1 cm. La parcela A presenta una pendiente de 45 % y la parcela B presenta una pendiente del 10 %.

Dentro de las dos parcelas muestreadas de 100 metros cuadrados cada una, se encontraron 102 individuos vegetales en los estratos arbóreos, de arbolitos y arbustos. Representados en 15 especies distribuidas en 13 familias. Las familias más abundantes son Melastomataceae y Myrsinaceae con dos especies cada una. Se demuestra la importancia de la familia Melastomataceae para el ecosistema de Bosque de galería y ripario.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 8-5. Composición florística de las especies muestreadas en las parcelas de los estratos arbóreo, arbolitos y arbusto.

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMUN
Adoxaceae	Viburnum triphyllum B.	Chuque
Betulaceae	Alnus acuminata	Aliso
Euphorbiaceae	Croton magdalenensis Mull.	Sangregado, Drago
Melastomataceae	Miconia ligustrina	Tuno
	Miconia squamulosa	Tuno esmeralda
Myricaceae	Myrica pubescens	Laurel de cera
Myrsinaceae	Myrsine coaricea	Espadero
	Myrsine guianensis Kuntze	Cucharó
Myrtaceae	Myrcianthes leucoxyla	Arrayan
Poaceae	Chusquea tesellata	Chusque
Rosaceae	Hesperomeles goudotiana	Mortiño
Salicaceae	Salix humboldtiana	Sauce
Salicaceae	Xilosma spiculiferum	Corono
Thymelaeaceae	Daphnopsis caracasana	Une
Verbenaceae	Duranta mutisii	Espino cruceto

Fuente: Hidroboyacá, 2015

c) Fisionomía.

Se determinaron dos estratos, un estrato arbóreo y otro arbustivo. Las parcelas presentan una cobertura promedio del 73%. Al hacer el diagrama de dispersión para la segunda parcela la cual presenta una cobertura del 73,8 %, se observa claramente los dos estratos en las áreas en el que el dosel arbóreo es continuo.

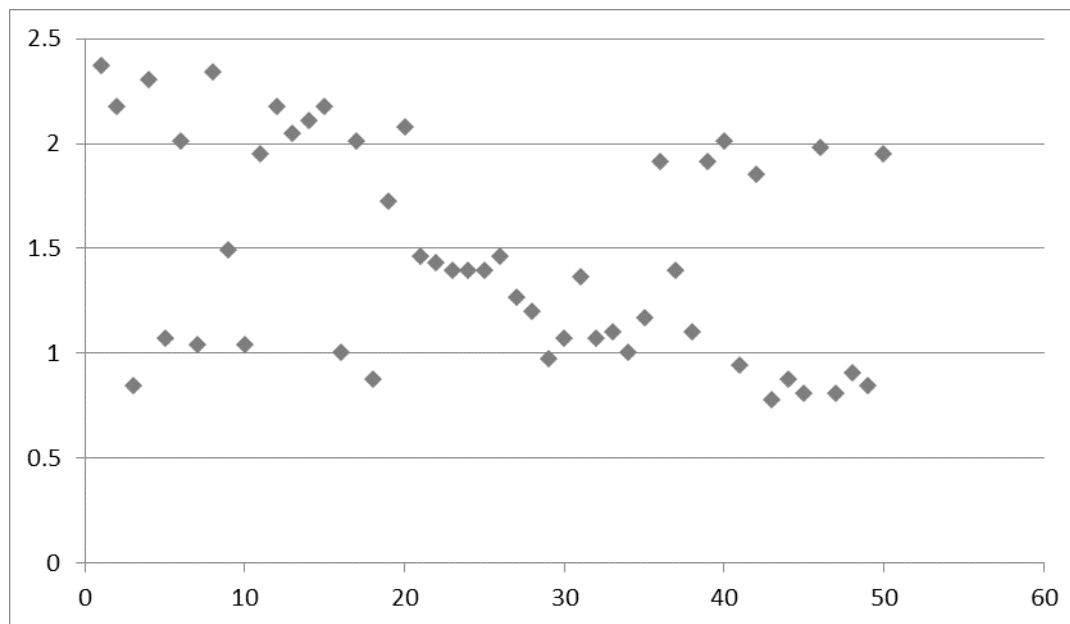


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 8-5. Diagrama de dispersión para la variable Cobertura.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

8.2.1.5.2. Estructura horizontal de la vegetación

Para determinar la importancia ecológica de la vegetación presente en el sistema acuífero de Tunja, se determinó la dominancia, abundancia y frecuencia, cuya suma relativa genera el índice de valor de importancia (IVI).

A continuación se esboza de manera específica la estructura vertical de cada una de las zonas de muestreo, teniendo en cuenta los estratos vegetales arbóreo (>12 m), arbolitos (de 5m a 12m) y arbustivo (de 1,5m a 5m), destacando las especies de mayor importancia.

a) Dominancia relativa (%)

La asociación *Miconia squamulosa* - *Viburnum Triphyllum* B es dominante en el Bosque de Galería.

Las especies características dentro de esta unidad de muestreo y que presenta mayor dominancia relativa son *Miconia squamulosa* (39 individuos) y *Viburnum Triphyllum* B (16 individuos). El tercer lugar de dominancia relativa lo tiene *Alnus acuminata* (5 individuos), el cual es dominante en áreas húmedas cercanas a las quebradas y al río Piedras, pero es menos dominante en zonas secas; luego hay un grupo de especies con dominancias relativas medias como *Xilosma spiculiferum*, *Myrsine coriácea*, *Salix*



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

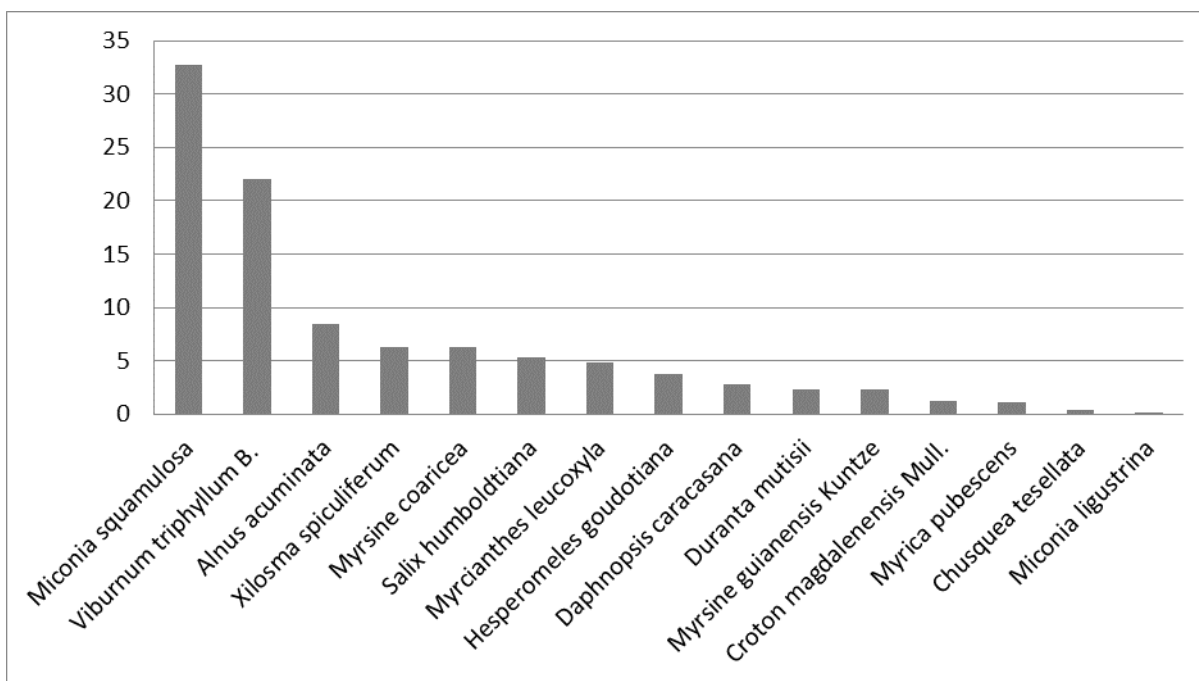


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

humboldtiana y Myrcianthes leucoxylla, los cuales presentan similares áreas basales. De la mitad de la tabla hacia abajo aparecen unas especies con baja dominancia relativa debido a áreas basales muy bajas o a que crecen muy lentamente como es el caso de Myrcianthes leucoxylla.

En general, los bajos índices de áreas basales de las especies, confirma las características de un bosque secundario, bajo en altura, sometido a una fuerte y reiterativa presión antropogénica que le impide al bosque regenerarse y desarrollar áreas basales en relación al potencial ecológico del mismo. Es el caso de una especie de crecimiento lento como Myrcianthes leucoxylla, la cual es una especie muy importante para este ecosistema pero por la presión antropogénica no logra desarrollar áreas basales importantes.

Figura 8-6. Dominancia relativa (%)



Fuente: Hidroboyacá, 2015

b) Abundancia relativa (%).

Las dos especies de mayor abundancia con un fuerte porcentaje son en primer lugar Miconia squamulosa (41,94 %) y en segundo Viburnum Triphyllum B. (17,2 %); el tercer lugar es para Myrcianthes leucoxylla (9,68 %). Estas tres especies presentan el mayor número de individuos (68,8 %) en las parcelas muestreadas.



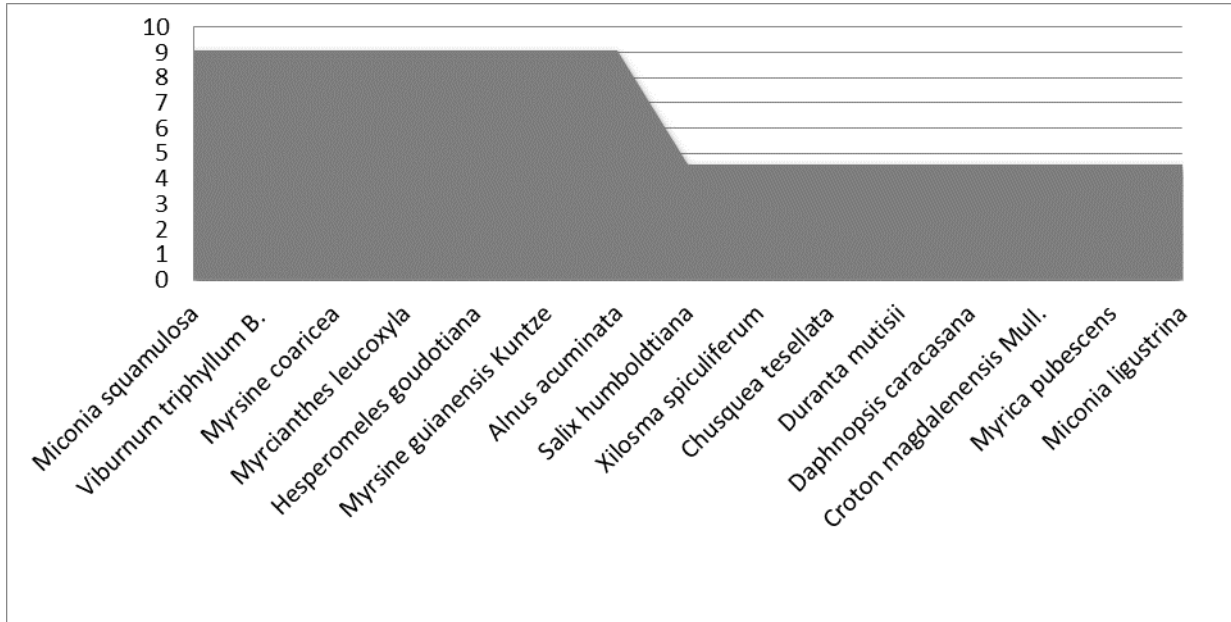
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 8-7. Frecuencia relativa (%).



Fuente: Hidroboyacá, 2015

c) Análisis de resultados para dominancia, abundancia y frecuencias relativas.

La especie que presento mayor dominancia relativa, abundancia relativa y frecuencia relativa alta fue *Miconia squamulosa*.

La especie que en segundo lugar presentó mayor dominancia relativa, abundancia relativa y frecuencia relativa alta fue *Viburnum Triphyllum B.*

La especie que en tercer lugar presento mayor dominancia relativa es *Alnus acuminata*, quién presenta una buena dominancia (8,41%) debido a un DAP alto, pero su abundancia disminuye por tener pocos individuos.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa fueron *Miconia squamulosa* y *Viburnum triphyllum B.*

d) Diversidad.

Se encuentran presentes en la unidad de muestreo un total de 93 individuos distribuidos en 15 especies, encontrándonos con dos estratos diferenciables, de los cuales el de mayor riqueza es el arbustivo que cuenta con 52 individuos, dentro de los cuales encontramos presencia de 9 especies, el estrato arbóreo superior (Arbolitos) se



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

conforma por 41 individuos con presencia de 8 especies. De las 15 especies todas, excepto *Chusquea tesellata*, son especies maderables y de diversos usos, y por tanto, se encuentran en peligro de ser entresacadas del bosque e incluso taladas; situación que de darse terminaría por acabar o disminuir drásticamente la biodiversidad del bosque de galería.

8.2.1.5.3. Estructura

a) Índice de valor de importancia (IVI)

Al observar los resultados de las diversas variables como dominancia relativa, abundancia relativa y frecuencia relativa, deducimos el índice de Valor de Importancia (I.V.I).

La asociación dominante es la conformada por las especies *Miconia squamulosa* y *Viburnum triphyllum* B. Ambas especies presentan la mayor dominancia, la mayor abundancia y están presentes en todas las parcelas muestreadas.

Tabla 8-6. Índice de valor de importancia.

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA	
ESPECIE	IVI
<i>Miconia squamulosa</i>	83,74866954
<i>Viburnum triphyllum</i> B.	48,32819475
<i>Myrcianthes leucoxyla</i>	23,63440344
<i>Alnus acuminata</i>	22,8808683
<i>Myrsine coaricea</i>	21,77904464
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	15,04830121
<i>Xilosma spiculiferum</i>	14,08540324
<i>Myrsine guianensis</i> Kuntze	13,5001521
<i>Salix humboldtiana</i>	12,04425709
<i>Chusquea tesellata</i>	9,258837138
<i>Daphnopsis caracasana</i>	8,372350629
<i>Duranta mutisii</i>	7,924353264
<i>Croton magdalenensis</i> Mull.	6,878859694
<i>Myrica pubescens</i>	6,77478454
<i>Miconia ligustrina</i>	5,741520424
TOTAL	300

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

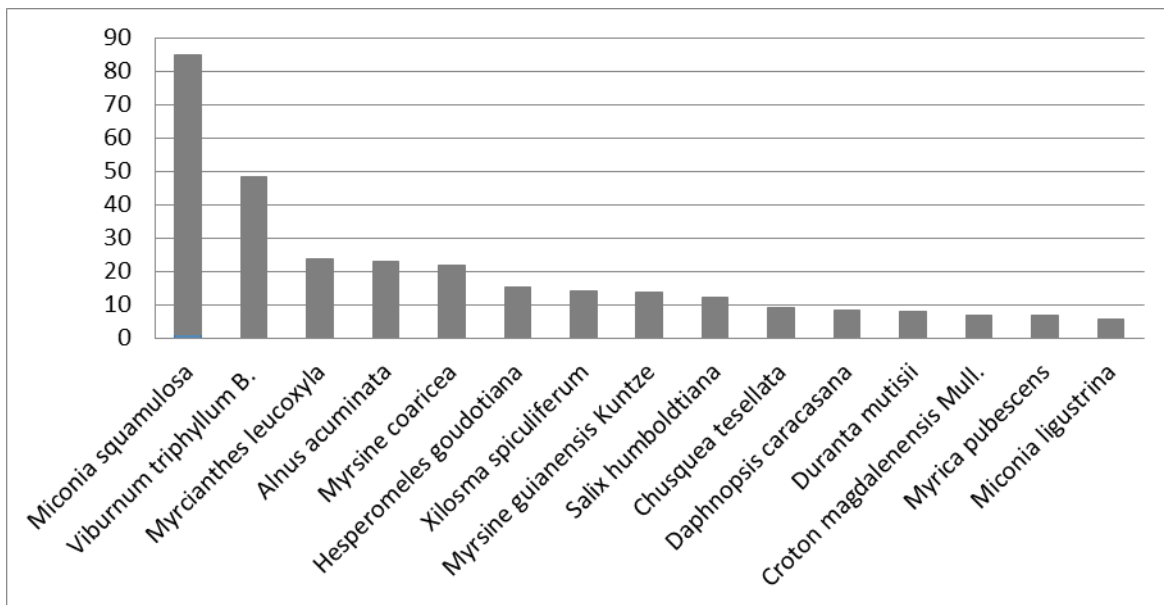
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Las especies que mayor peso ecológico tienen y además fuertemente marcadas por altos porcentajes son: *Miconia squamulosa* con un 27,92 % y *Viburnum triphyllum* B 16,1 %. Luego aparece un grupo de especies con valores de importancia parecidos y son: *Myrcianthes leucoxylla* 7,88%, *Alnus acuminata*.7,63 y, *Myrsine coriácea* 7,26%. Las demás especies presentan índices bajos de valor de importancia debido a que ubican únicamente 1 a 3 individuos y presentan baja frecuencia; o son como *Chusquea tesellata* 3,09% que tiene poca área basal. (Ver **Anexo 7 – Registro fotográfico del inventario de flora y fauna**: Tabla 1. % del IVI para cada una de las especies).

Figura 8-8. Índice de valor de importancia.



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

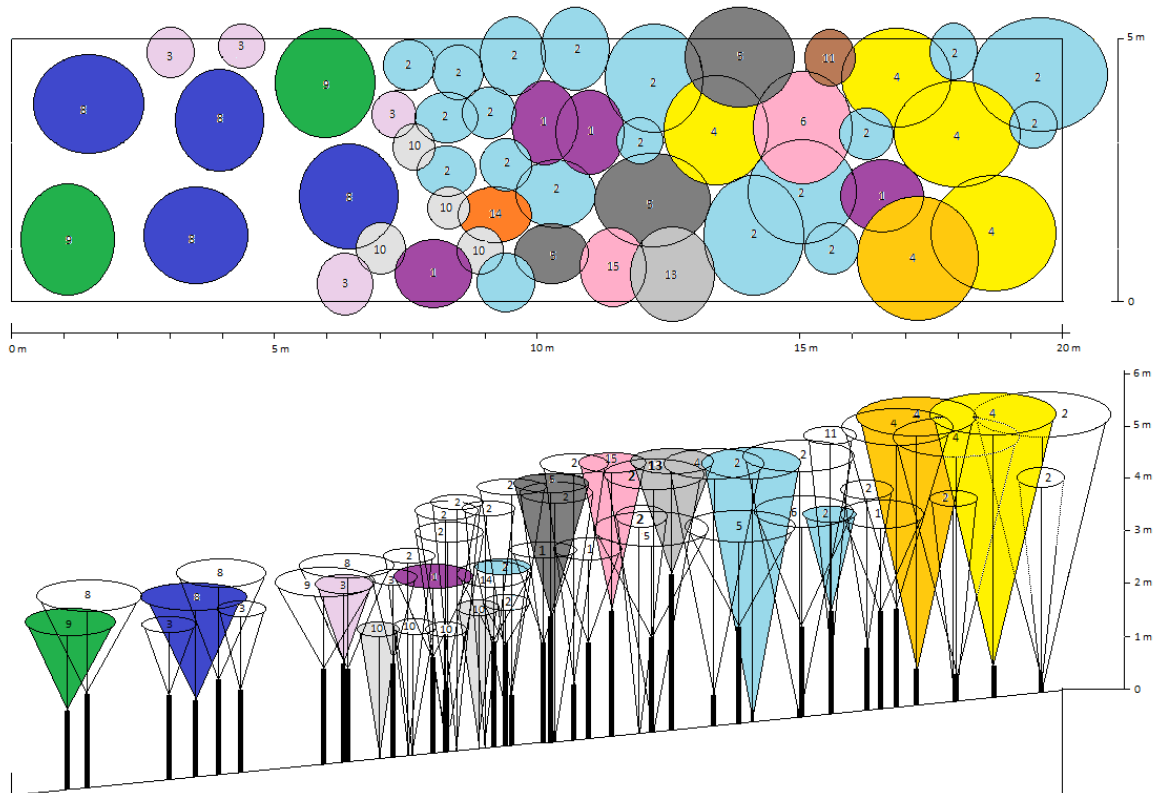
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

b) Perfil de cobertura vertical.

Figura 8-9. Perfil de cobertura vertical.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

c) Estratos herbáceo y rasante.

En el estrato herbáceo en áreas secas, las especies con mayor peso ecológicos son: *Dioscorea sp.*, y *Juncus bogotensis* en las áreas húmedas. En las zonas húmedas cercanas al Río Piedras es importante la asociación *Juncus bogotensis* y *Alnus acuminata*.

d) Análisis del área.

Este ecosistema presenta varias especies nativas, entre las más importantes se encuentran: *Miconia squamulosa*, *Viburnum triphyllum*, *Myrcianthes leucoxylla*, *Myrsine coriácea*. En las áreas húmedas son importantes *Alnus acuminata*, *Juncus bogotensis* y *Chusquea tesellata*.

El conjunto de las especies encontradas más las orquídeas, Bromeliáceas y líquenes encontrados indican que el ecosistema estudiado aún presenta las características y



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



funciones de un bosque de galería y ripario a pesar de la profunda intervención y presión ambiental y antrópica sobre el mismo.

El Bosque de Galería y ripario presenta una profunda e intensiva fragmentación producida la deforestación para la explotación de la madera del bosque y las actividades agropecuarias.

El ecosistema de bosque de galería y ripario ha sido sometido especialmente en los últimos treinta años a una presión antrópica permanente sobre los recursos que provee el mismo, fundamentalmente dada por la expansión de la frontera agropecuaria, el establecimiento en los últimos años de una zona suburbana cercana estimulada por la construcción de la doble calzada Tunja a Sogamoso, dos emergentes polos de desarrollo regional. El aumento de la población en la región y el ingente desarrollo demandan gran cantidad de recursos naturales, especialmente los recursos hídricos, maderables, suelo agrícola y pecuario, recursos mineros que al sumarlos ponen en peligro la extinción definitiva de este importante ecosistema boscoso.

Entre los problemas ambientales encontrados se tiene que al norte del bosque se presenta una zona de tierra desnuda y degradada producida por una cantera para materiales de construcción; la cual influye negativamente en el bosque debido al material particulado generado, dicha actividad ha generado la construcción de un carretable que va de la mina hacia la doble calzada, el mismo que atraviesa el bosque y además pasa por encima del Río Piedras. Lo anterior afecta la calidad del agua que más abajo surte varios acueductos, también porque contribuye con la fragmentación del bosque y genera tierras desnudas y degradadas. Estas actividades mineras, para las zonas ya explotadas no tienen el debido plan de desmantelamiento o no proveen los recursos económicos y logísticos para llevar a cabo efectivamente dicho plan.

Hay varias carreteras que atraviesan al bosque tanto en sentido horizontal como vertical, incluso hay unas carreteras que bordean el filo de la loma amplificando los procesos erosivos y de fragmentación del bosque. Estas carreteras se utilizan para la entresaca de los árboles maderables del bosque y para la explotación de madera de eucalipto y pino, sembrados hace algunos años allí donde hubo bosque nativo; es decir, se ha reemplazado el bosque nativo por plantaciones forestales pino y eucalipto.

El otro gran problema es la intensiva fragmentación del bosque por la deforestación para la explotación de la madera del bosque y las actividades agropecuarias; especialmente en el valle a lado y lado del Río Piedras y de las quebradas que le dan origen: las Quebradas Cantores, La Ovejera y La Villa. Hay ganadería extensiva en áreas de altas pendientes, actividad que no solamente tala el bosque, sino que además genera procesos erosivos y de cárcavamiento del suelo, generando desertización y que en pocos años estos suelos sean completamente improductivos y se generen áreas desnudas y degradadas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



8.2.2. Microcuenca río Teatinos – Arbustal denso

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. (IGAC. Mapa de coberturas vegetales de Colombia. Visor patrones Corine Land Cover. 2015)

8.2.2.1. Ubicación

Se encuentra al sur de Tunja en límites entre Ventaquemada y Tunja. Arbustal denso atravesado de occidente a oriente por el río Teatinos y luego de Suroccidente a Nororiente por el río Teatinos. En medio de estos arbustales se encuentra el Monumento Nacional Puente de Boyacá. Arbustal denso fragmentado por el ecosistema agropecuario y por la doble calzada Briceño-Tunja, también por la carretera Tunja a Samacá.

Se presentan dos arbustales o fragmentos que en este documento se han denominado arbustal A y B.

El Arbustal A: Se encuentra al Oriente del monumento Puente de Boyacá. Orientado de suroccidente a nororiente. En su parte norte cubre ambas orillas del río Boyacá.

El Arbustal B se encuentra al norte del monumento Puente de Boyacá, atravesado por la doble calzada. Orientado de Occidente a Oriente.

Siguiendo el sistema de clasificación basado en zonas de vida propuesta por HOLDRIDGE (1967) el Arbustal denso atravesado por el Río Boyacá se encuentra en la zona de vida correspondiente a: Clima frío (2000 – 3200 msnm) Bosque húmedo Montano bajo (bh-MB). El Bosque se encuentra en el rango altitudinal de entre los 2660 y los 2820 msnm.



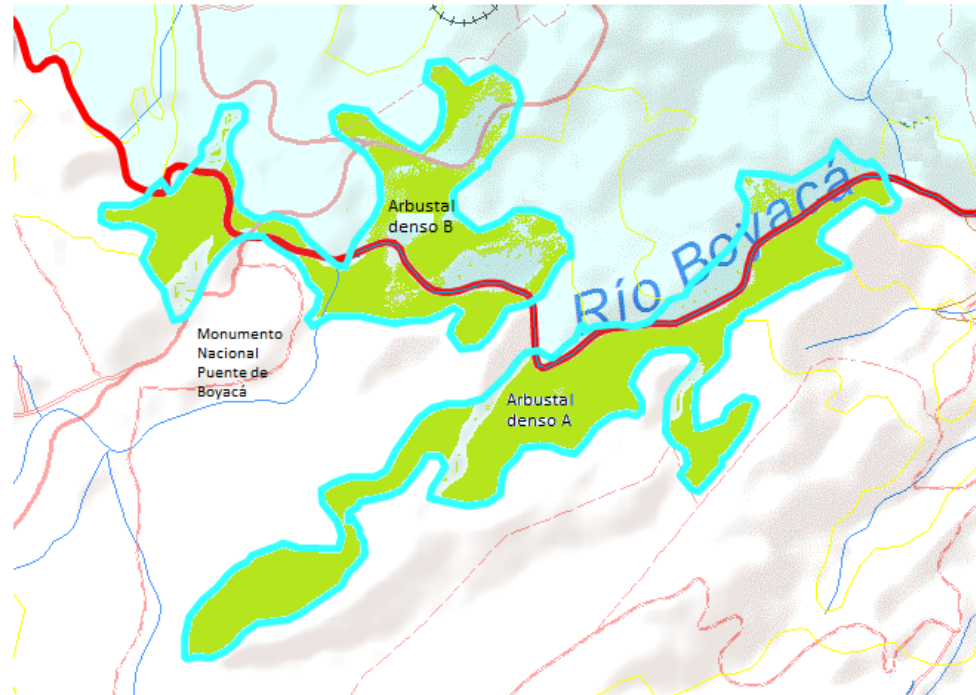
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 8-10. Arbustal denso, microcuenca río Teatinos - Municipios de Tunja y Ventaquemada.



Fuente: IGAC, 2015

8.2.2.2. Coordenadas

Punto 1: N 05° 26'35.91''.

W 073° 25'35.85''. Altura: 2834 msnm.

Punto 2: N 05° 26'35.26''.

W 073° 25'35.86''. Altura: 2841 msnm.

La parcela muestreada presenta una pendiente del 35 %.

8.2.2.3. Unidades de montaña

El bosque húmedo montano bajo (bh - MB) se encuentra rodeando el bs-MB del altiplano de Tunja a Sogamoso; es decir, es el piedemonte de las cordilleras que bordean el altiplano y recibe la influencia de las montañas por el aumento de la lluvia y de una montaña de mayor altura como es el páramo de Rabanal.

El arbustal denso está ubicado sobre el Anticlinal de Puente de Boyacá, cuyo eje pasa por el filo de las areniscas de labor y tierna. Conformado por lomas de pendientes suaves de entre 3 y 12 % mayormente. Aunque en algunos sitios el río Boyacá se encañona presentando pendientes mayores del 60 %.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Suelos arcillosos con una buena proporción del primer horizonte de suelo con una capa de material orgánico de más de 30 cm, lo que lo hace muy apto para actividades agrícolas. Zona con presencia habitual de neblina y de alta humedad, es así como la humedad relativa dentro de la parcela de muestreo estuvo en 96%. Clima frío: la temperatura dentro de la parcela de muestreo en el arbustal fue de 12 °C.

Entre los dos arbustales o fragmentos que conforma el Arbustal denso se disponen campos cultivados y pastizales para ganadería de leche.

8.2.2.4. Metodología

En el Arbustal denso o fragmento A se estableció la parcela de muestreo y también un transepto.

El arbustal está sobre una loma de pendientes moderadas a fuertes; en la parte baja de un 40 % y en la parte de pendiente fuerte de 50 % mayormente.

La parcela escogida quedo en la parte baja de la loma en la que mayormente se encuentra el arbustal denso. La pendiente dentro de la parcela escogida fue del 40 %.

Se estableció una parcela de 100 metros cuadrados; el muestreo consistió en medir en el estrato arbóreo y arbustivo el hábito, número de individuos por especie y su ubicación dentro de la parcela, la altura (altura del fuste y altura de la copa), el diámetro a la altura del pecho (DAP) y cobertura vegetal. Con los datos obtenidos se obtuvo la composición florística: dominancia, abundancia, frecuencia y diversidad; luego se obtuvo la estructura horizontal dada por el cálculo del índice de valor de importancia (IVI) y el perfil de coberturas.

En el estrato herbáceo se midió el número de individuos por especie, su ubicación dentro de la parcela, la cobertura vegetal y la frecuencia.

Los muestreos se complementaron con el establecimiento de un transepto en donde se obtuvo el hábito del individuo, el nombre de la especie y el número de individuos por especie observados

8.2.2.5. Composición florística

En general el arbustal denso del río Boyacá presentan cómo máxima altura 6m y el mayor porcentaje de individuos está entre 4 y 6 m de altura, los árboles plantados de eucalipto y pino alcanzan mayores alturas de hasta 12 metros.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

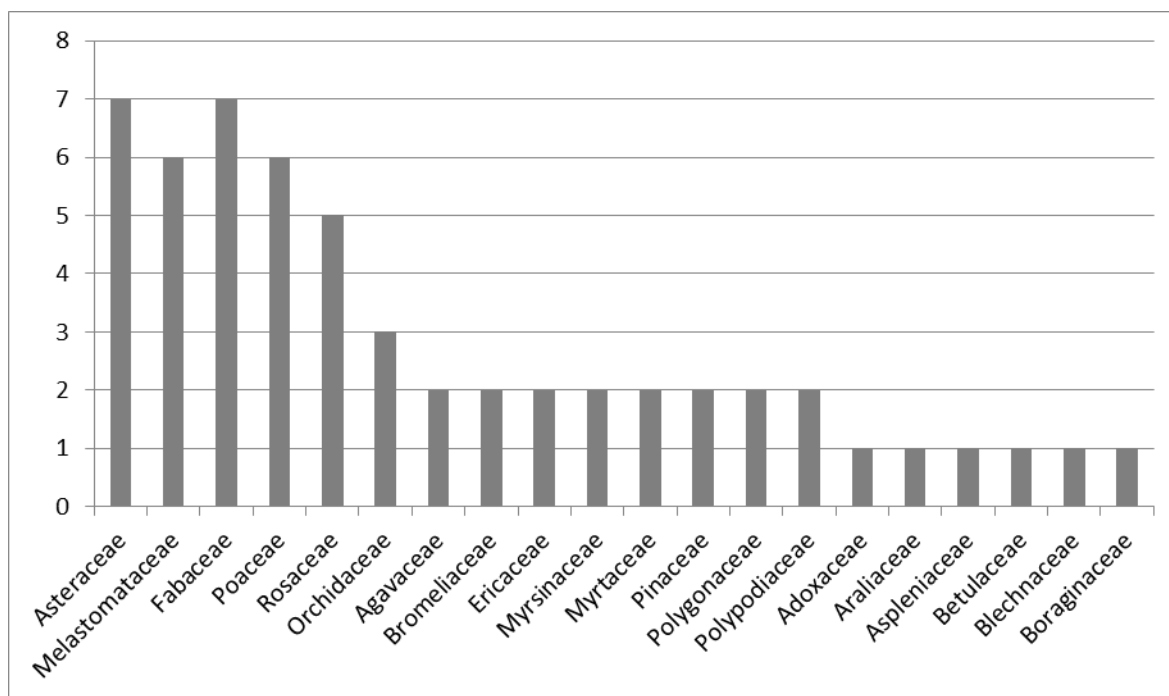
El estrato dominante es el arbustivo (x – 46,4%), seguido del Subarbóreo (Arbolito) (x – 20,7%), el herbáceo (x – 28%) y finalmente el rasante (x – 15%).

8.2.2.5.1. Diversidad

Dentro de la parcela muestreada de 100 metros cuadrados y en el transecto realizado se encontraron individuos vegetales en los estratos arbóreos, de arbolitos, arbustos, herbáceo y rasante, representados en 81 especies distribuidas en 45 familias.

Se pudo determinar que las familias más importantes para el Arbustal denso, en cuanto al número de especies presentes en las mismas son, en orden de importancia, las siguientes: Asteraceae, Melastomataceae, Fabaceae, Poaceae, Rosaceae, Orchidaceae, Agavaceae, Bromeliaceae, Ericaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Pinaceae, Polygonaceae y Polypodiaceae. (Ver Figura 8-11)

Figura 8-11. Composición florística de la especies de los estratos arbóreo, arbolitos, arbusto, herbáceo, bejucos y rastroso encontradas en el bosque de la galería y ripario de Cómbita.



Fuente: Hidroboyacá, 2015



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 8-7. Especies de flora arbustal denso.

# sp.	FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO	USO (Símbolo)
3	Adoxaceae	Viburnum triphyllum	Chuque	Arbolito	Ce, Or, Ma.
17	Agavaceae	Agave americana	Fique motua	Arbusto	Al, Or
18	Agavaceae	Furcraea andina	Fique.	Arbusto	Ar, Or
4	Araliaceae	Oreopanax pallidus C.	Mano de oso	Arbusto	Ar, Ma, Or
19	Aspleniaceae	Asplenium praemorsum Sw.	Helecho	Hierba	Or
21	Asteraceae	Baccharis latifolia	Chilca	Arbusto	Me
24	Asteraceae	Bidens laevis L.	Botoncillo	Hierba	Or, Me, In
37	Asteraceae	Gnaphalium bogotense K	Vira vira	Hierba	Me
42	Asteraceae	Hypochaeris radicata	Achicoria	Hierba	Me
10	Asteraceae	Munozia senecionidis	Lechero	Arbusto	En
20	Asteraceae	Smallanthus pyramidalis	Arboloco	Arbolito	Ma, Or, Re
44	Asteraceae	Taraxacum officinale	Diente de león	Hierba	Me
26	Betulaceae	Alnus acuminata	Aliso	Arbusto	Ar, Re
50	Blechnaceae	Blechnun occidentale L	Helecho	Hierba	Or
13	Boraginaceae	Cordia cylindrostachya	Salvio negro	Arbusto	Fo, Re
28	Bromeliaceae	Tillandsia biflora	Quiche	Epifita	Or
38	Bromeliaceae	Tillandsia compacta	Quiche	Epifita	Or
9	Cunoniaceae	Weinmannia tomentosa L.f.	Encenillo	Arbusto	Ar, Ce, En, Ma, Re.
30	Cupressaceae	Cupressus lusitánica	Cipres	Arbol	Ar, Ce, Ma, Me, Or
15	Cyatheaceae	Cyathea caracasana K.	Sarro	Arbusto	Or, Re
31	Cyperaceae	Rhynchospora sp.	Hierba estrella	Hierba	Re
40	Dennstaedtiaceae	Pteridium aquilinum	Helecho marranero	Hierba	Ve
6	Elaeocarpaceae	Vallea stipularis L. f.	Raque	Arbusto	En, Ma, Or, Re
33	Ericaceae	Cavendishia bracteata	Uva de anis	Hierba	Al, Or
14	Ericaceae	Macleania rupestris	Uva camarona	Arbusto	Al, Me
12	Euphorbiaceae	Croton magdalenensis Mull.	Sangregado	Arbolito	Ar, En, Ma, Or
8	Fabaceae	Acacia decurrens	Acacia negra	Arbusto	Ma
1	Fabaceae	Acacia melanoxylum	Acacia japonesa	Arbolito	Ma
45	Fabaceae	Cytisus monspessulanus	Retamo español	Arbusto	
78	Fabaceae	Lupinus bogotensis	Chocho	Hierba	Al, Fo
36	Fabaceae	Dalea coerulea	Chiripique	Arbusto	Fo, or
52	Fabaceae	Trifolium repens	Trebol blanco	Hierba	Fo, Me, Re



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

# sp.	FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO	USO (Símbolo)
57	Fabaceae	Trifolium pratense L.	Carreton	Hierba	Fo, Me, Re
39	Geraniaceae	Geranium columbianum R. K.	Geranio	Hierba	Or
66	Lamiaceae	Salvia orthostachys Epling	Salvia	Hierba	Me
41	Lemnaceae	Lemna spp.	Lenteja de agua	Rasante	Fo, Re
74	Massalongoniaceae	Sticta sp.	Liquen	Rasante	
43	Melastomataceae	Bucquetia glutinosa (L.f.)	Siete cueros	Árbol	Or
46	Melastomataceae	Miconia cundinamarcensis	Tuno	Arbusto	
16	Melastomataceae	Miconia ligustrina	Tuno	Arbusto	Ma, Or
11	Melastomataceae	Miconia squamulosa	Tuno esmeraldo	Arbusto	Ar, Ma
58	Melastomataceae	Monochaetum myrtoideum	Angelito	Arbusto	Or
29	Melastomataceae	Tibouchina lepidota	Sietecueros	Arbusto	Ce, Ma, Or
2	Myrsinaceae	Myrsine coaricea	Cucharo blanco	Arbusto	Ce, Ma
49	Myrsinaceae	Myrsine guianensis Kuntze	Cucharo	Arbolito	Ma, Or, Re
51	Myrtaceae	Eucaliptus globulos	Eucalipto	Arbol	Ce, In, Ma, Me
5	Myrtaceae	Myrcianthes leucoxylla	Arrayan	Arbusto	En,
54	Orchidaceae	Epidendrum zipaquiranum S.	Orquidea	Epifita	Or
64	Orchidaceae	Fernandezia lanceolata G.	Orquidea	Epifita	Or
32	Orchidaceae	Stelis lanceolata R.	Orquidea	Epifita	Or
79	Oxalidaceae	Oxalis medicaginea K.	Trebol	Hierba	Me
47	Parmeliaceae	Hypotrachyna sp.	Liquen	Rasante	
56	Passifloraceae	Passiflora mixta	Curuba	Liana	Al
71	Phytolcacaceae	Phytolaca bogotensis H.B.K.	Guaba	Hierba	Me
68	Pinaceae	Pinus patula	Pino pátula	Arbol	Ar, In, Ma, Me, Or
59	Pinaceae	Pinus radiata	Pino candelabro	Arbolito	In, Ma, Or
25	Piperaceae	Piper bogotense	Cordoncillo	Arbusto	Al, Me, Or
76	Poaceae	Anthoxantum odoratum L.	Pasto oloroso	Hierba	Fo
63	Poaceae	Calamagrostis effusa K.	Paja	Hierba	Fo
69	Poaceae	Chusquea tesellata M.	Chusque	Bejuco	Re
60	Poaceae	Holcus lanatus L.	Falso poa	Hierba	Fo
53	Poaceae	Pennisetum clandestinum	Quikuyo	Hierba	Fo
65	Poaceae	Poa Annua L	Gramma	Hierba	Re
67	Polygonaceae	Rumex acetosella L	Romaza	Hierba	Al, Me
61	Polygonaceae	Rumex crispus L	Romaza	Hierba	Me



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

# sp.	FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO	USO (Símbolo)
48	Polypodiaceae	Polypodium fraxinifolium J.	Helecho	Hierba	Or
70	Polypodiaceae	Polypodium loricum L	Helecho	Hierba	Or
35	Polytrichaceae	Polytrichum juniperinum	Musgo	Rasante	Me, Re
72	Pottiaceae	Leptodontium sp.	Musgo	Rasante	Re
22	Rosaceae	Hesperomeles goudotiana	Mortiño	Arbolito	Ar, Al, En, Ma
80	Rosaceae	Lachemilla orbiculata R.	Orejuela	Hierba	Me, Fo, Re
62	Rosaceae	Prunus serotina	Cerezo	Arbolito	Re, Or
75	Rosaceae	Rubus bogotensis	Mora	Arbusto	Al, Me
7	Rosaceae	Rubus floribundus	Mora silvestre	Arbusto	Al, Ce, Fo, Ma, Me
81	Rubiaceae	Nertera granadensis M.	Coralito	Hierba	Or
23	Salicaceae	Salix humboldtiana	Sauce	Arbusto	Re
77	Scrophulariaceae	Digitalis purpurea L	Digital	Hierba	Or
34	Sphagnaceae	Sphagnum limbatum m.	Musgo	Rasante	Ar, Re
63	Urticaceae	Urtica sp.	Ortiga	Hierba	Al, Me
55	Usneaceae	Usnea sp.	Liquen	Rasante	Re
27	Viscaceae	Dendrophthora clavata	Injerto, matapalo	Ar. parasito	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Símbolos para el Uso predominante de las especies: Artesanal (Ar), Alimento (Al), Cercas y linderos (Ce), Energético (En), Forraje (Fo), Industrial (In), Maderable (Ma), Medicinal (Me), Ornamental (Or), Restauración (Re), Venenoso (Ve).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

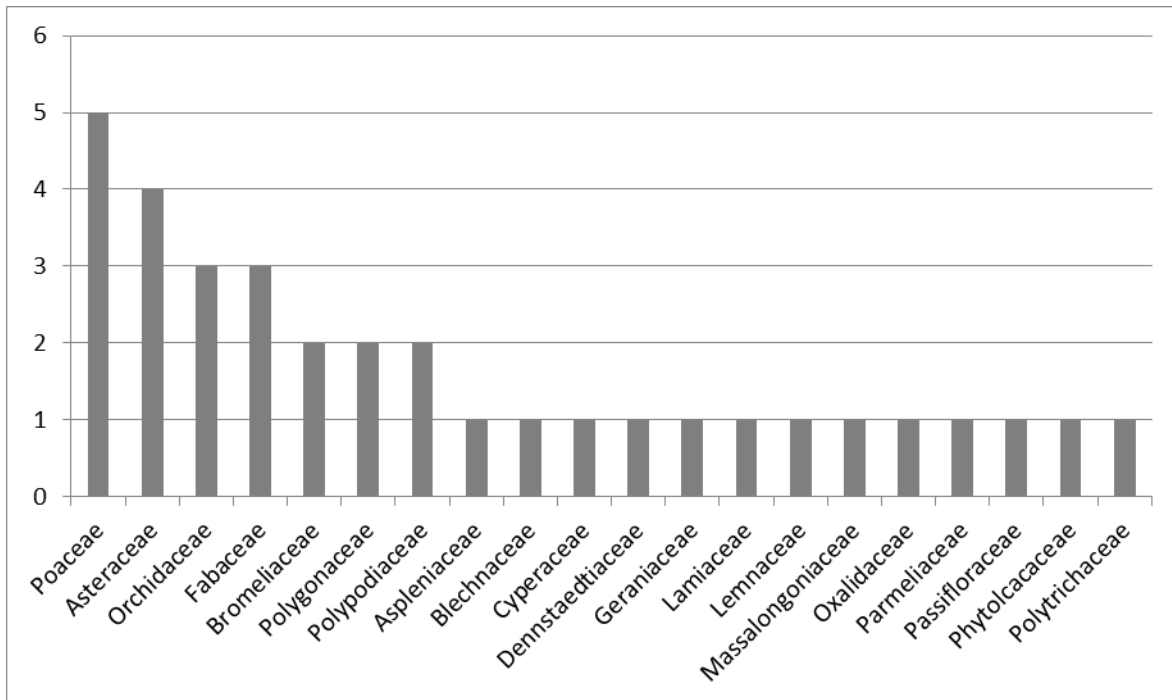


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

a) Estratos herbáceo y rasante.

En los estratos herbáceo y rasante se inventariaron 41 especies distribuidas en 27 familias. Las familias más importantes son Poaceae, Asteraceae, Orchidaceae y Fabaceae.

Figura 8-12. Número de especies por familia.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

b) Parcelas inventariadas.

En las dos parcelas muestreadas se caracterizaron los estratos arbóreo (> a 12m), arbolito (5m a 12m) y arbustivo (1,5 m a 5m) con DAP mayor a 1 cm.

Dentro de las dos parcelas muestreadas de 100 metros cuadrados cada una, se encontraron 67 individuos vegetales en los estratos arbóreos, de arbolitos y arbustos. Representados en 16 especies distribuidas en 14 familias. Las familias más abundantes son Melastomataceae y Fabaceae con dos especies cada una. Se demuestra la importancia de la familia Melastomataceae para el ecosistema de Arbustal denso del Bosque húmedo Montano Bajo bh-MB.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 8-8. Composición florística de las especies muestreadas en las parcelas de los estratos arbóreo, arbolitos y arbusto.

FAMILIA	ESPECIES	NOMBRE COMUN
Adoxaceae	Viburnum triphyllum	Chuque
Araliaceae	Oreopanax	Mano de oso
Asteraceae	Munnozia senecionidis	Lechero
Boraginaceae	Cordia cylindrostachya	Salvio negro
Cunoniaceae	Weinmannia tomentosa L.f.	Encenillo
Cyatheaceae	Cyathea caracasana K.	Sarro
Elaeocarpaceae	Vallea stipularis	Raque
Ericaceae	Macleania rupestris	Uva camarona
Euphorbiaceae	Croton Magdalenensis	Sangregado
Fabaceae	Acacia decurrens	Acacia morada
	Acacia melanoxylum	Acacia japonesa
Melastomataceae	Miconia ligustrina	Tuno
	Miconia squamulosa	Tuno esmeraldo
Myrsinaceae	Myrsine coriacea	Cucharo blanco
Myrtaceae	Myrcianthes leucoxylla	Arrayan
Rosaceae	Rubus floribundus	Mora silvestre

Fuente: Hidroboyacá, 2015

c) Fisionomía.

Se determinaron dos estratos, un estrato arbóreo y otro arbustivo. Las parcelas presentan una cobertura promedio del 71,9%. Al hacer el diagrama de dispersión, solo se observa un el estrato arbustivo, pero sin que el estrato de arbolitos forme un estrato, los arbolitos están dispersos en el área. La ausencia de dos estratos definidos confirma las observaciones en el sentido de que este arbustal denso ha sido muy intervenido antrópicamente por entresaca de árboles maderables, tala, fuego, siembra de plantaciones forestales y otras intervenciones que no le han permitido al arbustal desarrollar su potencial ecológico.

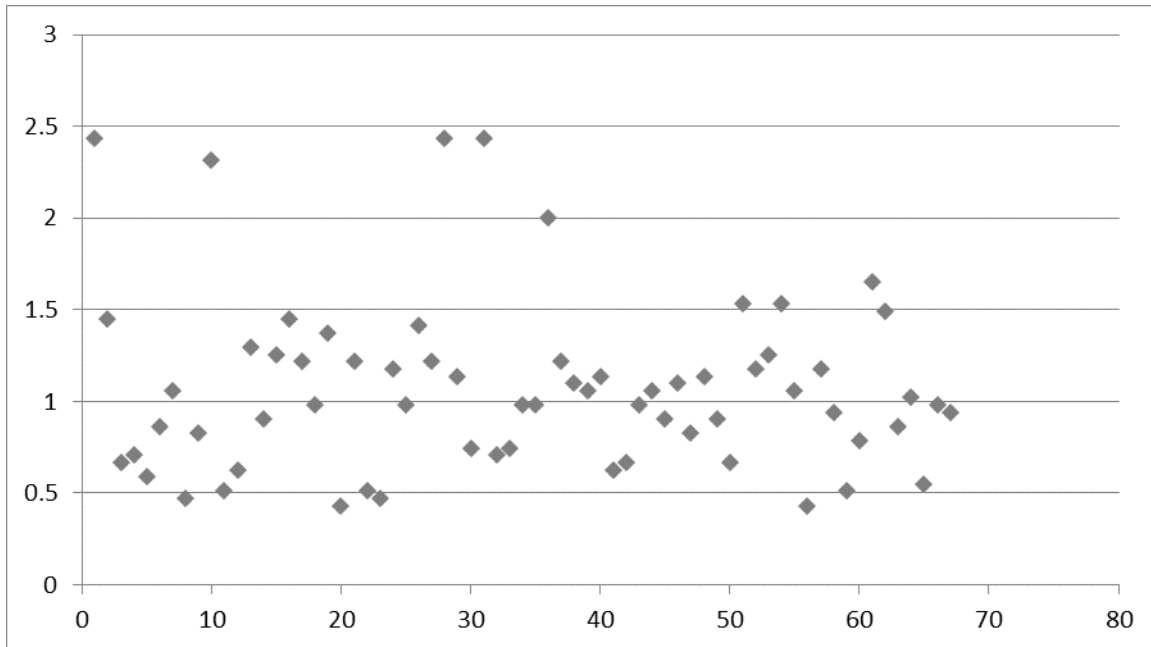


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 8-13. Cobertura.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

8.2.2.5.2. Estructura horizontal de la vegetación

Para determinar la importancia ecológica de la vegetación presente en el Arbustal denso Microcuenca Río Boyacá, se determinó la dominancia, abundancia y frecuencia, cuya suma relativa genera el índice de valor de importancia (IVI).

A continuación se esboza de manera específica la estructura vertical de cada una de las zonas de muestreo, teniendo en cuenta los estratos vegetales arbóreo (>12 m), arbolitos (de 5m a 12m) y arbustivo (de 1,5m a 5m), destacando las especies de mayor importancia.

a) Dominancia relativa (%)

La especie que ocupa el primer lugar en dominancia es *Acacia melanoxyllum* 20 individuos, también destaca en el segundo lugar *Myrsine coriácea*, con 19 individuos, en tercer lugar de dominancia aparece *Viburnum triphyllum*, con 4 individuos. *Viburnum triphyllum* presenta pocos individuos pero debido a que es una especie maderables con área basal importante aparece entre los más dominantes.

En general, los bajos índices de áreas basales de las especies, la dominancia de *Acacia melanoxyllum*, la cual es una especie colonizadora de espacios deforestados, confirma las características de un arbustal denso secundario, bajo en altura, sometido a una



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

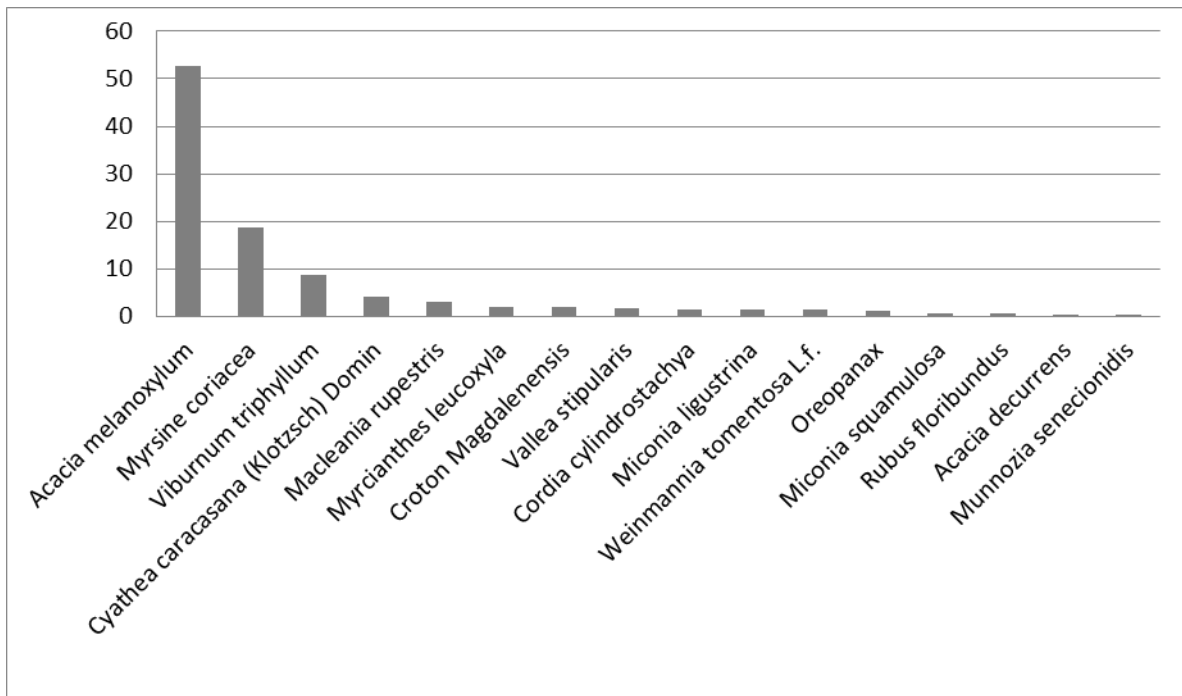


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

fuerte y reiterativa presión antropogénica que le impide al arbustal regenerarse y desarrollar áreas basales en relación al potencial ecológico del mismo.

En general, los bajos índices de áreas basales de las especies, confirma las características de un bosque secundario, bajo en altura, sometido a una fuerte y reiterativa presión antropogénica que le impide al bosque regenerarse y desarrollar áreas basales en relación al potencial ecológico del mismo. Es el caso de una especie de crecimiento lento como *Myrcianthes leucoxylla*, la cual es una especie muy importante para este ecosistema pero por la presión antropogénica no logra desarrollar áreas basales importantes.

Figura 8-14. Dominancia relativa (%) de las dieciséis especies inventariadas.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

b) Abundancia relativa (%).

Las dos especies de mayor abundancia con un fuerte porcentaje son en primer lugar *Acacia melanoxylum* (29,9 %) y en segundo *Myrsine coriacea* (28,4 %); el tercer lugar es para *Croton magdalenensis* (7,5 %).

Estas tres especies presentan el mayor número de individuos (65,7 %) en la parcela muestreada.



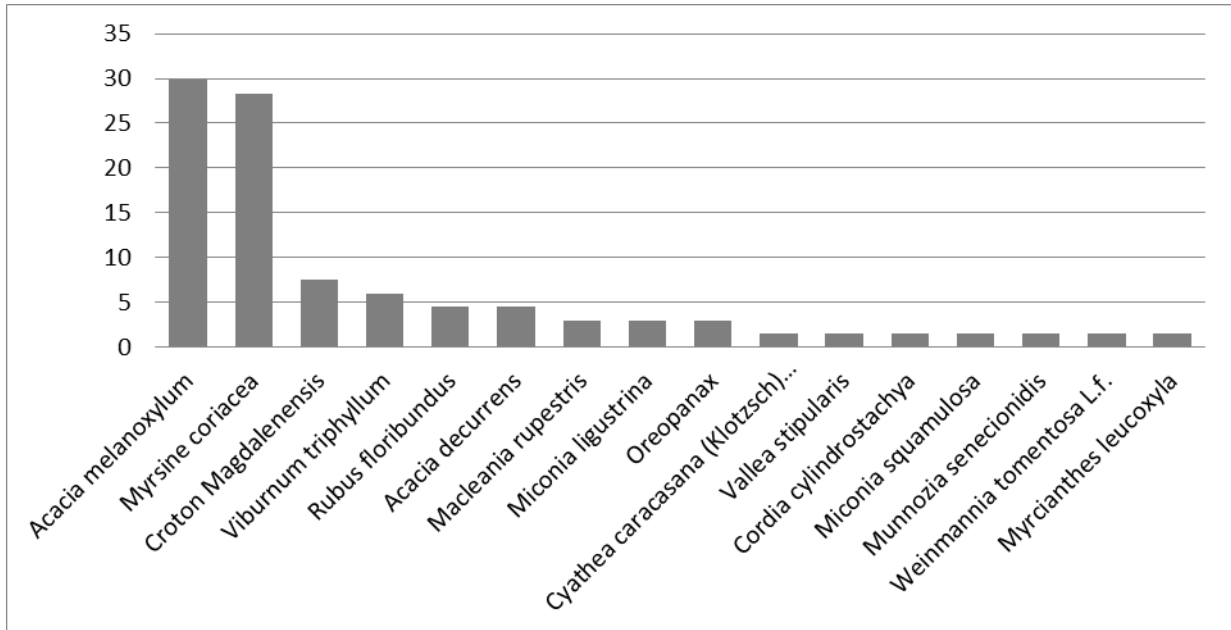
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 8-15. Abundancia relativa.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

c) Frecuencia relativa (%)

Todas las especies presentaron una frecuencia relativa de 6,25 %.

d) Análisis de resultados para dominancia, abundancia y frecuencias relativas.

La especie que presentó mayor dominancia relativa y abundancia relativa fue *Acacia melanoxyllum*.

La especie que en segundo lugar presentó mayor dominancia relativa y abundancia relativa fue *Myrsine coriacea*.

La especie que en tercer lugar presentó mayor dominancia relativa es *Viburnum triphyllum* y la que también en tercer lugar presentó mayor abundancia relativa es *Croton magdalenensis*.



8.2.2.5.3. Estructura

a) Índice de valor de importancia (IVI)

Al observar los resultados de las diversas variables como dominancia relativa, abundancia relativa y frecuencia relativa, deducimos el índice de Valor de Importancia (I.V.I).

La especie que ocupa el primer lugar en dominancia es *Acacia melanoxylum* (IVI 88,7), también destaca en el segundo lugar *Myrsine coriácea* (IVI: 53,3), en tercer lugar de dominancia aparece *Viburnum triphyllum* (IVI: 20,9).

Tabla 8-9. Índice de valor de importancia.

INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA	
ESPECIE	IVI
<i>Acacia melanoxylum</i>	88,7272593
<i>Myrsine coriacea</i>	53,3136494
<i>Viburnum triphyllum</i>	20,9229491
<i>Croton Magdalenensis</i>	15,5696019
<i>Macleania rupestris</i>	12,2461735
<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch)	11,9163378
<i>Rubus floribundus</i>	11,2565773
<i>Acacia decurrens</i>	11,1160309
<i>Miconia ligustrina</i>	10,6848314
<i>Oreopanax</i>	10,5042507
<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	9,70507532
<i>Vallea stipularis</i>	9,41376109
<i>Cordia cylindrostachya</i>	9,22551417
<i>Weinmannia tomentosa</i> L.f.	9,09348579
<i>Miconia squamulosa</i>	8,31579603
<i>Munnozia senecionidis</i>	7,98870636

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Las especies que mayor peso ecológico tienen y además fuertemente marcadas por altos porcentajes son: *Acacia Melanoxylum* con un 29,6 % y *Myrsine coriacea* 17,8 %. Luego aparece un grupo de especies con valores de importancia parecidos y son: *Viburnum triphyllum* con 7 %, *Croton Magdalenensis* con 5,2 % y *Macleania rupestris* 4,1 %.



Corpoboyacá

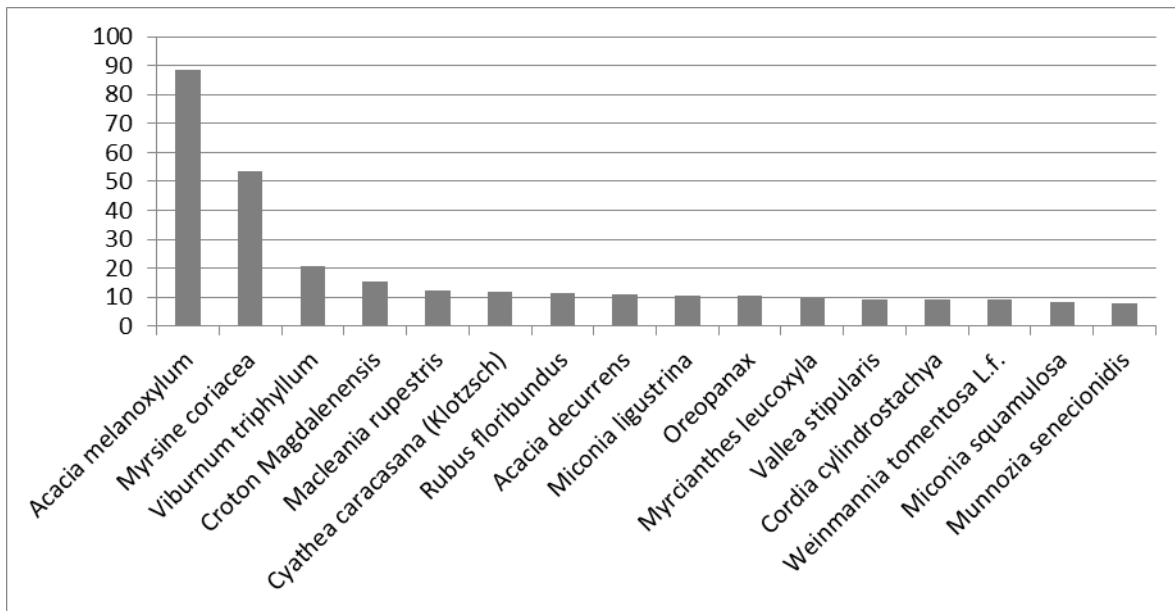
CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Las demás especies presentan índices bajos de valor de importancia debido a que ubican únicamente 1 a 3 individuos.

Figura 8-16. Índice de valor de importancia.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

b) Estratos herbáceo y rasante.

En el estrato herbáceo y rastrero la asociación con mayor peso ecológico es: *Sphagnum limbatum* y *Nertera granadensis*; otras especies importantes son *Oxalis medicaginea* K., *Lachemilla orbiculata* R., y *Trifolium repens*.

La presencia de *Trifolium repens* y algunas Poaceae al interior del Arbustal Denso indican una fuerte intervención antrópica y son el reflejo de la fragmentación y la influencia negativa del sistema agropecuario y de especies introducidas como *Pinus patula* y *Eucaliptus glóbulos*.

c) Arbustal denso o fragmentado B.

El Arbustal denso B se encuentra al norte del monumento Puente de Boyacá, atravesado por la doble calzada. Orientado de Occidente a Oriente. Limita con el Monumento Nacional Puente de Boyacá. En este fragmento se realizaron observaciones generales.

Es un fragmento muy intervenido por las actividades agropecuarias, especialmente por los pastizales para ganadería. Se presenta un recambio de las especies nativas por especies foráneas y sembradas como son: Eucalipto, *Acacia decurrens*, *Pino aguja*, *Ciprés*, etc. También la *Acacia melanoxylum* se presenta como una especie dominante.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Son poco los esfuerzos de los habitantes de la región por dejar relictos o no talar las especies nativas como los tunos, el arrayan y otras.

El monumento del Puente de Boyacá, aunque es una zona de espacios abiertos conserva una buena proporción de cobertura arbustiva y arbórea y ejerce en general un efecto positivo en la conservación del ecosistema Arbustal denso.

Se recomienda sembrar en estos espacios especies de arbustos y árboles que provean alimento a la avifauna y a la fauna tales como el Mortiño, Cerezos, Angélica, Sauco, Agraz, etc., con el objetivo de incrementar la avifauna; y evitar la revegetalización con especies introducidas como Pino patula y Eucaliptus globulos.

d) Análisis del área.

El conjunto de las especies encontradas más las variables medidas y las observaciones confirma las características de un arbustal denso secundario, bajo en altura, sometido a una fuerte y reiterativa presión antropogénica que le impide al arbustal regenerarse y desarrollar la fisionomía y la biodiversidad característica en relación al potencial ecológico del mismo.

El arbustal denso presenta en su interior dominancia de la especie *Acacia melanoxylum* ya que tiene una gran cantidad de individuos; también en la periferia o borde del arbustal y cercano al sistema agropecuario aparecen especies de bosque plantado de Pino aguja y el eucalipto con varios individuos. La *Acacia melanoxylum* que es una especie colonizadora de espacios deforestados, el Pino Patula y *Eucaliptus globulos* que son especies introducidas demuestra las perturbaciones graves a que se ha sometido y que lo mantiene degradado y con una diversidad de especies baja. Sin embargo el arbustal aún conserva especies y las características de un arbustal nativo, y por tanto tiene más capacidad de recuperación (estabilidad, resistencia y adaptabilidad) que los bosques o plantaciones con especies introducidas.

El arbustal denso ha sido sometido a un proceso de fragmentación intensivo y persistente, de hecho está conformado por dos arbustales o fragmentos. No se han dejado relictos de arbustos y árboles de la vegetación original que permitan la conexión ecológica ente estos dos fragmentos. Aunque se presenta una conexión ecológica mediada por la confluencia del Rio Teatinos; sin embargo se ha fragmentado la cobertura vegetal por los pastizales de Kikuyo para la ganadería, en pendientes mayores al 50 % en estas zonas conformadas por el cañón del río Teatinos.

Se observó en esta zona coberturas de pastizales con erosión mayor al 60 %; es decir, que para el productor agropecuario en los últimos años se ha generado un saldo negativo ya que por ejemplo en el pastizal donde hace pocos años producía o sacaba



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

dos ovinos, hoy en día produce menos de uno. También la producción pecuaria en pendiente además de generar erosión y el lavado de nutrientes del suelo, impide la conexión entre fragmentos disminuyendo o perjudicando la biodiversidad de fauna y flora.

Es una zona de alta humedad con presencia habitual de neblina, con suelos profundos con gran proporción de materia orgánica, Pendientes suaves (3,5 %), que los hace aptos para la agricultura. Es así como en la zona se desarrolla agricultura medianamente tecnificada de cultivos de papa, zanahoria, fresa, arveja, viveros, etc., también pastizales para ganadería de leche, estas actividades agropecuarias presentan un alto consumo y uso del recurso hídrico, recurso que se pone en riesgo por la persistente fragmentación de estos arbustales densos.

La importancia de este ecosistema para la actividad agrícola se evidencia porque en el tiempo en el que se hizo el trabajo de campo en el mes de Octubre, estaba ocurriendo el fenómeno del niño intenso, no se observaron cultivos dañados por la sequedad o reservorios secos como sí se observó en la mayor parte del resto del área de estudio.

8.2.3. Bosque denso bajo de tierra firme – Microcuencas quebradas la Barona y de Pantano verde

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se ha presentado poca intervención humana o su intervención ha sido selectiva de tal manera que el bosque mantiene su estructura original.

8.2.3.1. Ubicación

Se encuentra al Suroccidente de Tunja, en la Vereda Barón Germania, en límites con Samacá y Cucaita y Ventaquemada. Nacimiento de las quebradas de Pantano verde, La Piñuela, Las Perdices, la Quebrada Barona y la cañada Verbenal. Se orienta de Suroccidente a Nororiente; al sur lo atraviesa la carretera que de la Doble calzada Tunja – Bogotá va hacia Samacá; es una zona de gran importancia forestal.

Así mismo, es de anotar que la vereda Barón Germania cuenta con una RESERVA FORESTAL PROTECTORA denominada EL MALMO.

8.2.3.2. Coordenadas

Punto 1: N 05° 30'20.34''.

W 073° 24'37,62''. Altura 3134 msnm.

Punto 2: N 05° 30'03.72''.

W 073° 24'42,34''. Altura 3134 msnm.



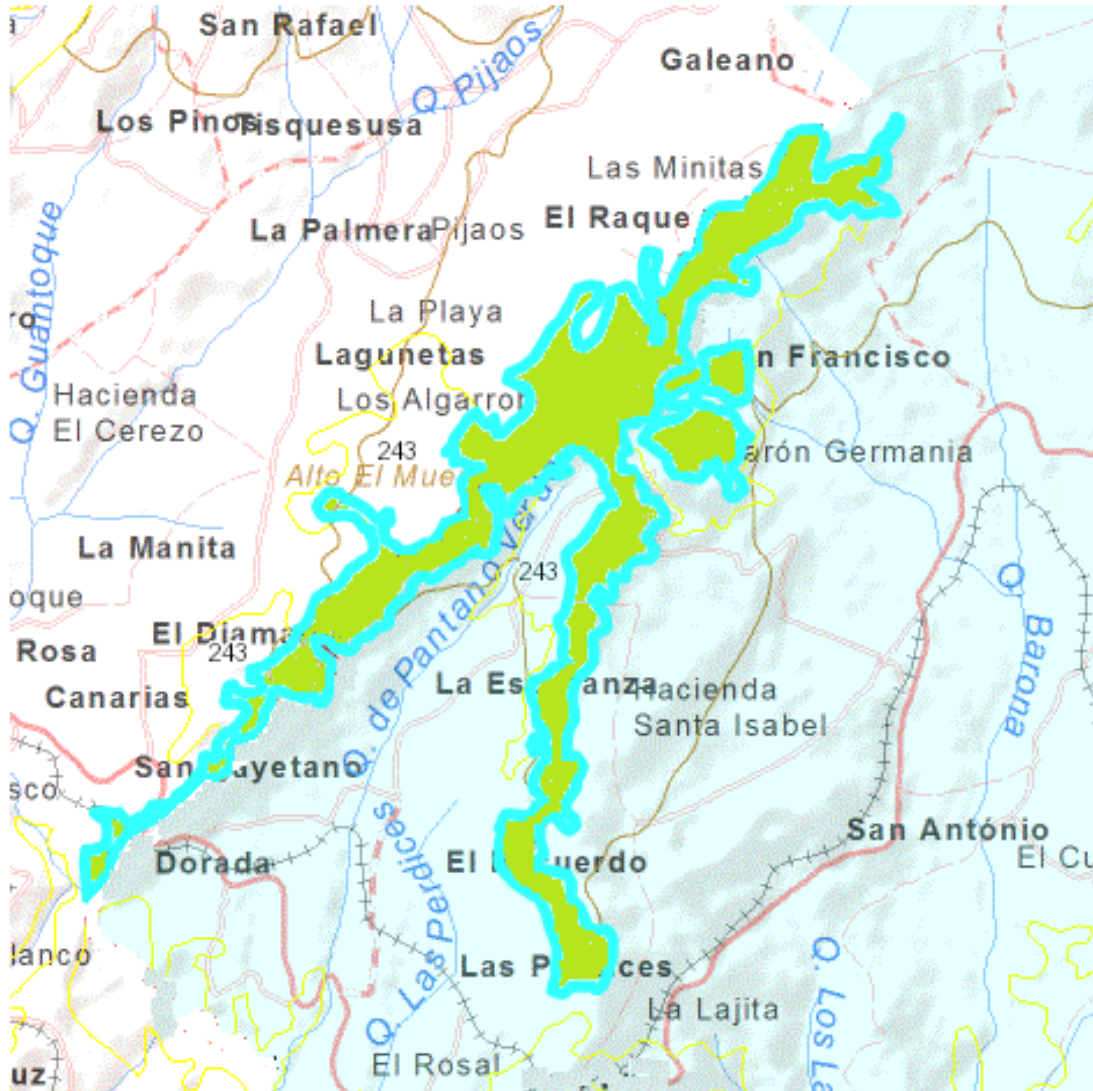
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 8-17. Bosque denso bajo microcuenca quebrada La Barona.



Fuente: IGAC, 2015

De acuerdo al sistema de clasificación basado en zonas de vida propuesta por HOLDRIDGE (1967) el área de estudio se encuentra en la zona de vida Bosque húmedo Montano (bh-M), correspondiente a un clima frío y muy húmedo, con temperatura promedio de 6-12 °C y precipitación de 800-1200 mm anuales, con un régimen de precipitación bimodal donde los periodos de precipitación ocurren en los meses de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. Se registran vientos fuertes, especialmente entre los meses de julio y agosto. (Estación Meteorológica Tunja. IDEAM, 2015)



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.2.3.3. Unidades de montaña

El área del Bosque denso bajo de tierra firme sobre las cuchillas conocidas con el nombre de Alto del Muerto y Peña negra. Comprende altitudes entre 3050 y 3230 msnm

Geológicamente está compuesta por la formación Guadalupe del Cretácico Superior que ocupa la mayor parte del subsuelo.

Presenta un relieve suavemente inclinado en la mayor parte del área, con predominio de suelos bien desarrollados y moderadamente profundos, buen drenaje, altos contenidos de materia orgánica originados de material proveniente de areniscas de la denominada formación Tunja.

8.2.3.4. Metodología

En el Bosque denso bajo de tierra firme se estableció un transecto para realizar muestreos RAP. Se establecieron 10 transectos de 2,0 m de ancho y 50 m de largo, con un área total de muestreo de 1000 m² (0,1 ha), para cada unidad de cobertura vegetal, al interior de los transectos se registran todas las especies en los estratos rasante y herbáceo y las especies con diámetro normal mayores e iguales a 1 cm, se registra el hábito promedio de los individuos y el nombre de la especie.

8.2.3.5. Composición florística

El Bosque denso bajo de tierra firme se corresponde con coberturas de Bosque Alto Andino o Bosque de niebla.

El Bosque denso bajo de tierra firme muestra una clara dominancia de la asociación *Miconia squamulosa*, *Weinmannia tomentosa* y *Chusquea tesellata* - *Chusquea scandens* (Chusque) junto con él se desarrollan especies como *Macleania rupestris* (Uva camarona), *Myrciastes leucoxylla* (arrayan), *Clusia floribunda* (Gaque) y *Tibouchina grossa* (siete cueros rojo).

Presenta gran cantidad de árboles con alturas superiores a los 9 m por lo que al interior del bosque se forman claramente dos estratos arbóreos. El estrato herbáceo y rasante presenta una gran cobertura de musgos, bromeliáceas y epífitas.

En este ecosistema muchos de los musgos trepan y cubren totalmente los troncos de los arbustos y árboles que se encuentren allí tales como: *Miconia squamulosa*; *Weinmannia tomentosa*, *Chusquea scandens*, *Macleania rupestris*, etc., junto con otras bromeliáceas y epífitas como *fernandezia lanceolata*.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Los musgos son muy abundantes y forman, junto con la hojarasca, un grueso colchón en el piso del bosque de 40 cm aproximadamente de espesor, de gran importancia en el ecosistema y en la regulación del agua.

La hojarasca es proporcionada por la especie *Miconia squamulosa* la cual crece en las partes altas asociada a *Weinmannia tomentosa*, *Chusquea tesellata* y *Macleanea rupestris* formando un colchón de materia orgánica y alta conservación de humedad. El mayor aporte de materia orgánica de estos arbustos es de origen foliar. El aporte de materia orgánica aumenta hacia el final de la estación seca, cuando se desprende gran parte del follaje, en tanto que en la época de lluvia restablecen los procesos fisiológicos de floración, producción de semillas y de follaje.

Este “colchón” de musgo y hojarasca es el que permite que incluso en la época en que se hizo el estudio (Octubre del 2015) en pleno fenómeno del niño de nivel intenso con una humedad relativa del 60 % y temperatura al interior del bosque de 16 °C, fluía el agua por las micro quebradas que alimentan la quebrada La Barona, una de las cuales alimenta un reservorio el cual aún permanecía lleno, situación que no sucedió en el resto de los reservorios observados en la zona de estudio, los cuales casi en su totalidad se encontraban completamente secos. Gracias a lo anterior se pudieron observar renacuajos y ranas en las micro quebradas.

Aunque el Bosque denso bajo presenta procesos marcados de intervención aún subsisten especies animales y vegetales en proceso de sucesión, dando como resultado una cobertura de mosaico entre áreas de pastoreo y bosques secundarios que sirven de soporte a algunos pequeños mamíferos como: El Tinajo (*Agouti paca*), Boruga de paramo (*Agouti taczanowskii*), Ñeque (*Dasyprocta fuliginosa*), Cuchas (*Didelphis marsupialis* y *D. alvibentris*), Armadillos (*Dasypus sp*) y Curies (*Cavia anolaime*).

En relación al resto del área de estudio, en este ecosistema fue en el que se observó una mayor diversidad de avifauna tales como aguiluchos, miras, perdices, torcazas y golondrinas.

El Bosque denso de tierra firme se encuentra afectado por la ganadería extensiva y por la ganadería en altas pendientes, ya que se tala y fragmenta el bosque para generar pastizales, también por malas prácticas agrícolas como las quemadas y los cultivos de subsistencia en áreas de pendiente. La entresaca de madera del bosque nativo y las plantaciones de pino y eucalipto, es decir, una serie de factores perjudiciales que afectan la biodiversidad, el recurso hídrico, la capacidad del bosque de generar su máximo potencial ecológico y de prestar servicios ecosistémicos importantes como la regulación hídrica, la depuración del aire, la producción de materia orgánica, la regulación del microclima regional, servicios fundamentales para una agricultura sustentable en la región.



a) Recomendación.

Se recomienda hacer cumplir las normas en relación a prohibir la tala de árboles nativos, las quemas que afectan los bosques, y las prácticas lesivas al bosque que lo fragmentan. Se deben generar alternativas económicas al sistema agropecuario en pendientes tales, como los sistemas silvopastoriles, la agricultura sin arado, la agricultura orgánica, la elaboración de abonos orgánicos. Estos bosques densos bajos tienen un valor paisajístico, aún conservan una biodiversidad alta, también se ha logrado frenar la minería en ellos; por lo anterior presentan un potencial para desarrollar el agroturismo o el turismo ambiental en cualquiera de sus modalidades y que permitan que el bosque se vea de otra manera por los habitantes de la región y no solo como un recurso gratis que explotar.

Tabla 8-10. Composición florística de las especies de los estratos arbóreo, arbolitos, arbusto, herbáceo, bejucos y rastrero encontradas en el bosque denso bajo tierra firme de microcuencas quebradas la Barona y Pantano Verde.

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Bryaceae	<i>Rhodobryum grandifolium T.</i>	Musgo	Rasante
Dicranaceae	<i>Campylopus richardii Brid.</i>	Musgo	Rasante
Dicranaceae	<i>Chorisodontium mittenii M.</i>	Musgo	Rasante
Hypnaceae	<i>Hypnum amabile (Mitt.)</i>	Musgo	Rasante
Leucomiaceae	<i>Rhynchostegiopsis tunguraguana</i>	Musgo	Rasante
Macromitriaceae	<i>Macromitrium longifolium H.</i>	Musgo	Rasante
Meteoriaceae	<i>Squamidium leucotrichum T.</i>	Musgo	Rasante
Meteoriaceae	<i>Pilotrichella flexilis (Hedw.)</i>	Musgo	Rasante
Polytrichaceae	<i>Polytrichum juniperinum Hedw.</i>	Musgo	Rasante
Pottlaceae	<i>Leptodontium sp.</i>	Musgo	Rasante
Sphagnaceae	<i>Sphagnum limbatum Mitt.</i>	Musgo	Rasante
Sphagnaceae	<i>Sphagnum sancto-josephense C.</i>	Musgo	Rasante
Thuidiaceae	<i>Thuidium peruvianum Mitt.</i>	Musgo	Rasante
HEPATICAS			
Herbertaceae	<i>Herbertus pensilis (Tayl.) S.</i>	Hepatica	Rasante
Jubulaceae	<i>Frullania sp.</i>	Frullania	Rasante
Jungermanniaceae	<i>Jamesoniella rubricaulis (Nees)</i>	Hepatica	Rasante
Lejeuneaceae	<i>Anoplolejeunea conferta M.</i>		Rasante



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Lejeuneaceae	<i>Blepharolejeunea incongrua</i>		Rasante
Lepicoleacea	<i>Lepicolea pruinosa T.</i>	Hepatica	Rasante
Lepidozlaceae	<i>Bazzania longistipula (Lindenb.)</i>		Rasante
Lepidozlaceae	<i>Lepidozia dendritica Spruce</i>		Rasante
Marchantiaceae	<i>Marchantia polymorpha L.</i>	Marchantia	Rasante
Pallaviciniaceae	<i>Symphyogyna apiculispina Steph.</i>	Hepatica	Rasante
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila fuscolutea Tayl.</i>	Hepatica	Rasante
Trichocoleaceae	<i>Trichocolea tomentosa (Sw.) Gott</i>	Hepatica	Rasante
Anthocerotaceae	<i>Megaceros vincentianus (Lehm)</i>	Hepatica	Rasante
LÍQUENES			
Atheliaceae	<i>Dictyonema sp.</i>	Liquen	Rasante
Cladoniaceae	<i>Cladina confusa (R. Sant) Follm.</i>	Liquen	Rasante
Cladoniaceae	<i>Cladonia cervicornis (Ach.)</i>	Liquen	Rasante
Cladoniaceae	<i>Cladonia furcata (Huds.) Schrad.</i>	Liquen	Rasante
Collemaaceae	<i>Collema sp.</i>	Liquen	Rasante
Lobariaceae	<i>Sticta sp.</i>	Liquen	Rasante
Parmeliaceae	<i>Hypotrachyna physcioides (Nyl.)</i>	Liquen	Rasante
Peltigeraceae	<i>Peltigera canina (L.) Willd.</i>	Liquen	Rasante
Physciaceae	<i>Heterodermia sp.</i>	Liquen	Rasante
Sphaerophoraceae	<i>Sphaerophorus insignis Laur.</i>	Liquen	Rasante
PTERIDOFITOS			
Aspleniaceae	<i>Asplenium cuspidatum Lam.</i>	Helecho	Hierba
Aspleniaceae	<i>Asplenium serra Langsd.</i>	Helecho	Hierba
Cyatheaceae	<i>Cyathea caracasana (Klotzsch)</i>	Cyatea	Hierba
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn</i>	Helecho marranero	Hierba
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris wallichiana (Spreng.)</i>	Helecho	Hierba
Grammitidaceae	<i>Melpomene pilosissima M.</i>	Helecho	Rasante



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum fucoides</i> (Sw.)	Helecho	Hierba
Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum tomentosum</i>	Helecho	Hierba
Lomariopsidaceae	<i>Elaphoglossum minutum</i> (Pohl)	Helecho	Hierba
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Caminadera	Hierba
Polypodiaceae	<i>Polypodium fraxinifolium</i> Jacq.	Helecho	Hierba
Polypodiaceae	<i>Polypodium loriceum</i> L.	Helecho	Hierba
Polypodiaceae	<i>Polypodium monosorum</i> Desv.	Helecho	Hierba
Pteridaceae	<i>Eriosorus flexuosus</i> (Kunth)	Helecho	Hierba
MONOCOTILEDONEAS			
Bromeliaceae	<i>Guzmania gloriosa</i> (André)	Quiche	Hierba
Bromeliaceae	<i>Racinaea tetrantha</i> (Ruiz & Pav.)	Quiche	Hierba
Bromeliaceae	<i>Tillandsia compacta</i> Griseb.	Quiche	Hierba
Bromeliaceae	<i>Tillandsia turneri</i> Baker	Quiche	Hierba
Bromeliaceae	<i>Tillandsia passescens</i> Betancur	Quiche	Hierba
Cyperaceae	<i>Totulinium odoratum</i> (L.) Hooper	Cortadera	Hierba
Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus columbiensis</i> R.	Colombinas	Hierba
Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> K.	Esterillo	Hierba
Juncaceae	<i>Juncus bogotensis</i> kunth	Junco	Hierba
liliaceae	<i>Bomarea</i> sp.	Pecositas	Arbusto
Orchidaceae	<i>Cyrtochilum diceratum</i> (Lindl.)	Orquidea	Epifita
Orchidaceae	<i>Epidendrum zipaquiranum</i> Schltr.	Orquidea	Epifita
Orchidaceae	<i>Fernandenzia lanceolata</i> Garay	Orquidea	Epifita
Orchidaceae	<i>odontoglossum lindenii</i> Lindl.	Orquidea	Epifita
Orchidaceae	<i>Odontoglossum ramulosum</i> Lindl.	Orquidea	Epifita
Orchidaceae	<i>Stelis lanceolata</i> (Ruiz & Pav.)	Orquidea	Epifita
Orchidaceae	<i>Trichosalpinx chamaelepanthes</i> R.	Orquidea	Epifita
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Pasto oloroso	Hierba



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Poaceae	<i>Calamagrostis effusa (Kunth)</i>	Paja	Hierba
Poaceae	<i>Chusquea tesellata Munro</i>	Chusque	Arbusto
Poaceae	<i>Holcus lanatus L.</i>	Falso poa	Hierba
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo	Hierba
Poaceae	<i>Poa annua L.</i>	Gramma	Hierba
DICOTILEDÓNEAS			
Araliaceae	<i>Oreopanax floribundus</i>	Mano de oso	Arbusto
Araliaceae	<i>Oreopanax pallidus Cuatrec.</i>	Sombrilla	Arbusto
Asteraceae	<i>Ageratina tinifolia (Kunth) R.</i>	Chilco negro	Arbusto
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) P.</i>	Chilca	Arbusto
Asteraceae	<i>Barnadesía spinosa Lf.</i>	Espino	Arbusto
Asteraceae	<i>Diplostephium rosmarinifolius B.</i>	Romero de monte	Arbusto
Asteraceae	<i>Espeletía boyacensis Cuatrec.</i>	Frailejón	Hierba
Asteraceae	<i>Munnozia senecionidis Benth.</i>	Lechero	Arbusto
Berberidaceae	<i>Berberis sactipetri L.A Camargo</i>	Uña de gato	Arbusto
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Arbol
Campanulaceae	<i>Centropogon bonplandianus W.</i>		Arbusto
Caprifoliaceae	<i>Viburnum triphyllum Benth</i>	Garrocho	Árbol
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	Gaque	Árbol
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa L.f</i>	Encenillo	Árbol
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis L.f.</i>	Raque	Arbusto
Ericaceae	<i>Disterigma alaternoides (Kunth)</i>	Uvo	Hierba
Ericaceae	<i>Cavendishia bracteata</i>	Uva de anis	Arbusto
Ericaceae	<i>Macleania rupestris (Kunt) A.</i>	Uva camarona	Arbusto
Ericaceae	<i>Pernettya prostrata (Cav.) DC.</i>	Reventadera	Hierba
fabaceae	<i>Lupinus bogotensis Benth.</i>	Chocho	Hierba
fabaceae	<i>Trifolium pratense L.</i>	Trebol	Hierba
fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trebol	Hierba
Gentianaceae	<i>Macroparpea macrophylla K.</i>	Tabaquillo	Arbusto
Geraniaceae	<i>Geranium columbianum R. Knuth</i>	Geranio	Hierba
Lamiaceae	<i>Salvia orthostachys Epling</i>	Salvia	Hierba



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Lemnaceae	<i>Lemna sp.</i>	Lenteja de agua	Hierba
Melastomataceae	<i>Bucqueria glutinosa (L. f.) DC.</i>	Siete cueros morado	Arbusto
Melastomataceae	<i>Miconia linguistrina (Sm.) Triana</i>	Tuno	Arbusto
Melastomataceae	<i>Miconia squamulosa</i>	Tuno esmeraldo	Arbol
Melastomataceae	<i>Tibouchina grossa L.f.</i>	Siete cueros	Arbusto
Myricaceae	<i>Myrica parvifolia</i>	Laurel de cera	Arbol
Myrsinaceae	<i>Myrsine dependens (Ruiz & Pav.)</i>	Cucharo	Arbusto
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	Cucharo blanco	Árbol
Myrsinaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo	Árbol
Myrtaceae	<i>Myrcianthes leucoxylla (Ortega)</i>	Arrayan	Arbusto
Onagraceae	<i>Fuchsia magellanica Lam.</i>	Fucsia	Arbusto
Oxalidaceae	<i>Oxalis medicaginea Kunth</i>	Trebol	Hierba
Polygonaceae	<i>Rumex acetocella L.</i>	Romancillo	Hierba
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis H.B.K</i>	Guaba	Hierba
Rosaceae	<i>Hesperomeles goudotiana D.</i>	Mortiño	Arbusto
Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata (Ruiz)</i>	Oreja de ratón	Hierba
Rosaceae	<i>Rubus bogotensis</i>	Mora silvestre	Arbusto
Rubiaceae	<i>Nertera granadensis (Mutis)</i>	Coralito	Hierba
Rubiaceae	<i>Palicourea aschersonianoides W.</i>	Cafecillo	Hierba
Scrophulariaceae	<i>Digitalis purpurea L.</i>	Digital	Hierba

Fuente: Hidroboyacá, 2015

8.2.3.5.1. Índice de similitud de Jaccard

Se calculó el índice de similaridad de Jaccard entre tres de los ecosistemas inventariados: El Bosque de galería y ripario Microcuenca Río Piedras, el Arbustal denso Microcuenca Río Teatinos y el Bosque denso bajo de Tierra firme (Reserva El Malmo).

Según el índice de similaridad de Jaccard obtenido entre el Bosque de galería y ripario y el Arbustal denso, se encontró una semejanza de 47,7 %, lo que representa una existencia de 61 especies en común de las 128 encontradas. De acuerdo con esto hay algún grado de similitud entre estos dos bosques. El porcentaje de similitud encontrada



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

entre estas dos formaciones vegetales, puede estar relacionada con que ambos son ecosistemas fuertemente intervenidos antrópicamente, ante esa presión las formaciones vegetales se adaptan o resisten mejor la presión a través de especies generalistas, y resistentes a condiciones degradadas, también a que las condiciones degradadas como la tala y la quema permiten o facilitan la implantación de especies invasoras o de especies especializadas en colonizar espacios semi abiertos de los bosques o arbustales alterados.

El coeficiente de similaridad de Jaccard obtenido entre el Arbustal denso y el Bosque denso bajo de tierra firme, presenta una semejanza de 31,8 %, lo que representa una existencia de 48 especies en común de las 103 encontradas. De acuerdo con esto no hay gran similitud entre estas dos formaciones vegetales. La poca similitud encontrada en las dos formaciones vegetales, puede estar relacionada con que el arbustal denso Microcuenca Río Teatinos ha sido bastante intervenido antrópicamente y por el sistema agropecuario y por lo mismo su biodiversidad es muy baja, en contraste el Bosque denso bajo de tierra firme aunque fragmentado esta mejor conservado en su interior debido a que es una reserva y ha logrado preservar una biodiversidad alta.

Según el índice de similaridad de Jaccard obtenido entre el Bosque de galería y ripario y el Arbustal denso de tierra firme, se encontró una semejanza de 16,5 %, lo que representa una existencia de solo 32 especies en común de las 162 encontradas. De acuerdo con esto no hay gran similitud entre estos dos bosques. La poca similitud encontrada entre estas dos formaciones vegetales, puede estar relacionada con la diferencia altitudinal entre los dos sitios y con las características propias de cada ecosistema, lo que produce diferencias importantes entre los dos bosque en estudio.

Tabla 8-11. Coeficiente de similitud de Jaccard para tres formaciones vegetales estudiadas.

COEFICIENTE DE SIMILITUD DE JACCARD			
Presencia de Especies	A	B	C
	Bosque de galería y ripario Río Piedras	Arbustal denso Microcuenca Río Teatinos	Bosque denso de tierra firme
Riqueza de especies	108	81	118
C.S.J. entre A y B	47,70%	47,70%	
C.S.J. entre B y C		31,80%	31,80%
C.S.J. entre A y C	16,50%		16,50%

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.2.3.5.2. Especies de fauna en el área de estudio

Tabla 8-12. Especies de aves en el área de estudio.

NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	NOMBRE CIENTIFICO	ORDEN	HÁBITAT
Azulejo	F	<i>Diglossa cyanea</i>	Coerebidae	R-B
Halcones	P	<i>Falco columbaris</i>	Falconiformes	R-B
Aguila Negra	P	<i>Geranoetus melanoleucus</i>	Falconiformes	R-B
Bababuy-pechirrojo	F	<i>Pheucticus ludovicianus (migratorio)</i>	Passeriformes	R
Buho	p	<i>Rhynchotyx clamator</i>	Stringiformes	R
Buho- currucutú	F	<i>Otus choliba</i>	Stringiformes	R
Mirlla blanca	F	<i>Mimus gilvus</i>	Passeriformes	R-B
Mirlla o zinzonte	F	<i>Mimus polyglottos tolimensis</i>	passeriformes	R-B
Mirlla negra	F	<i>Turdus fuscater</i>	Passeriformes	R-B
Cardenal alinegro	F	<i>Piranga olivacea</i>	Passeriformes	R
Cardenal	F	<i>Piranga rubra</i>	Passeriformes	R
Carpintero	F	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Piciformes	R
Carpintero ahumado	p	<i>Veniliornis fumigatus</i>	Piciformis	R
Copetones	F	<i>Zonotricha capensis</i>	Pasriformes	R
Cernicalo	P.	<i>Falco sparverius</i>		R
Currucuta	R	<i>Otus sp.</i>	Stringiformes	R-B
Cucarachero	F	<i>Troglodites sp.</i>	Passeriformes	R
Cucarachero pequeño	F	<i>Thyothorus genibaerbis</i>	Passeriformes	R
Colibrí	F	<i>Eriocnemis vestitus</i>	Apodiformes	R
Colibrí	F	<i>Colibrí coruscans</i>	Apodiformes	R-B
Colibrí - tomineja	F	<i>Metallura tryanthina</i>	Apodiformes	R-B
Colibrí	F	<i>Lafresnaya sp.</i>	Apodiformes	R
Colibrí	F	<i>Coeligena bonapartei</i>	Apodiformes	R
Clarinero	F	<i>Anisognathus igniventris</i>	Passeriformes	R
Chirlobirlo Jaqueco	F	<i>Stumella meriadionalis</i>	Icteriade	R
Chisga	P	<i>Carduelis spinescens</i>	Passeriformes	R
Gorriones	P	<i>Atlapetes semirufus</i>	Fringillidae	R



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	NOMBRE CIENTIFICO	ORDEN	HÁBITAT
Firihuelo-garrapatero	F	<i>Crotophaga anni</i>	Cuculiformes	R
Frutero-azulejo	P	<i>Diglossa lafresnayii</i>	Passeriformes	R
Gallinazo	P	<i>Coragyps atratus</i>	Falconiformes	R
Gavilán	P	<i>Buteo magnirostris</i>		R-B
Golondrina-parda	F	<i>Riparia riparia</i>	Passeriformes	R
Gorriones	F	<i>Spinus sp.</i>	Fringillidae	R
Frutero o gorro negro	F	<i>Hemispingus atropileus</i>	Passeriformes	R
Frutero, azulejo	F	<i>Hemispingus verticales</i>	Passeriformes	R
Jilguero	F	<i>Oporornis philadelphia</i>	Passeriformes	R
maicero o tolui	f	<i>Molothrus bonariensis</i>	Passeriformes	R
Reinitas	F	<i>Oporornis philadelphia</i>	Passeriformes	R
Lechuza	F	<i>Tyto alba</i>	Strigiformes	R-B
Paramero	F	<i>Diglossa sittoides</i>	Passeriformes	R
Paloma sabanera	F	<i>Zenaida auriculata</i>	Columbiformes	R
Palomas abuelita	F	<i>Columba passeriana parvulla</i>	Columbiformes	R
Copetón	F	<i>Zonotrichia capencis costarricensis</i>	Columbiformes	R-P
Perdiz	F	<i>Colinus cristatus lencotis</i>		R-P
Toche	F	<i>Icterus chrysater girauddi</i>	Passeriformes	R-B
Torcaza Collareja	F	<i>Columba fasciata albilinea</i>	Columbiformes	R-B

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 8-13. Especies de reptiles en el área de estudio.

NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	NOMBRE CIENTIFICO	HÁBITAT
Lagarto collarejo	F	<i>Stenocercus tachycephalus</i>	Matorral, arboles, pastizal
Lagarto Verde	F	<i>Phenacosaurus heterodermus</i>	Árboles, matorral, pastizal



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



**CONSORCIO
HIDROBOYACÁ**

NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	NOMBRE CIENTIFICO	HÁBITAT
Lagarto Común	F	<i>Anolis Andinus</i>	Matorral, bosque cultivado
Salamandra	P	<i>Bolitoglossa adspersa</i>	Matorral, zona rocosa, casas
Lagartija	P	<i>Anadia bogotensis</i>	Matorral, pastizal
Lagartija	P	<i>Proctophorus striatus</i>	Matorral, casas, área rocosa

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 8-14. Especies de anfibios en el área de estudio.

NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	HÁBITAT
Sapo	F	<i>Atelopus ebenoides marynkeyi</i>	Hylidae	Lagos
Rana	F	<i>Leptodactylus sp</i>	Lectdactylidae	Charcas
Rana verde	F	<i>Hyla labiales</i>	Hylidae	Lagos-pozos
Rana	F	<i>Hyla bogotensis</i>	Hylidae	Lagos-pozos

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 8-15. Especies de mamíferos en el área de estudio.

NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Armadillo	Poco	<i>Dasyus novemcinctus</i>	
Comadreja	Poco	<i>Mustela felipei</i>	Mustelidae
Comadreja	Frecuente	<i>Mustela frenatan</i>	Mustelidae
Fara	Frecuente	<i>Delphis albiventris</i>	Didelphidae
Chucha mantequera	Poco	<i>Nasua olivaceae</i>	Procyonidae



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Zorro	Poco	<i>Urocyon sp.</i>	Canidae
Conejo Silvestre	Poco	<i>Sylvilagus sp.</i>	Leporidae
Ratón trepador	Frecuente	<i>Rhipidomys latimanus</i>	Muridae
Ratón montañoero	Frecuente	<i>Thomasomys aureus</i>	Muridae
Ratón arrocero	Frecuente	<i>Microxus bogotensis</i>	Muridae
Rata	Frecuente	<i>Akodon urichi</i>	Muridae
Runchos	Frecuente	<i>Caenolestes obscurus</i>	Muridae
Ratones Ratón	Frecuente	<i>Akodon bogotensis</i>	Muridae
Murciélago	Frecuente	<i>Anoura geoffroyi peruana</i>	Quiroctera
Murciélago	Frecuente	<i>Hestiotus montanus</i>	Quiroctera
Murciélago	Frecuente	<i>Lasiurus borealis</i>	Quiroctera
Murciélago	Frecuente	<i>Sturnira ludovici</i>	Quiroctera
Murciélago	Frecuente	<i>Sturnira bogotensis</i>	Quiroctera

Fuente: Hidroboyacá, 2015

8.2.4. Ecosistema agropecuario

a) En busca de los primeros agricultores del altiplano Cundiboyacense

Estudios antropológicos han encontrado en esta zona huellas de que los indígenas que habitaron esta región entre 8600 años a.C y 315 años d.C ya cultivaban: Maíz (*Zea Mays*, L) y cerezo (*Prunus serotina*, Ehrh, Subsp. *Capuli* (car)); la historia del cerezo parece poco conocida; es un árbol con una distribución geográfica actual muy amplia, aunque siempre limitada a tierras frías, y cuyo status como árbol silvestre o cultivado no parece estar bien definido.

A una altura de aproximadamente 2.500 m. restos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y ají (*Capsicum chinense*) domesticados se hallaron en estratos con fechas entre 8.600 y 8.000 a.C.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

También estaba representada más de una especie de Oxalis (la familia de las ibias) y posiblemente, chuguas (Basellaceae) intencionalmente deshidratadas, no se pudo determinar si se trata de variedades cultivadas o silvestres.

En (310 d.C) se ha planteado el posible cultivo de la quinoa por el hallazgo de polen de Chenopodiaceae. *Tomado de:*

www.revistas.unal.edu.co/index.php/maguare/article/do... (2015).

En el Área de Influencia Indirecta y en todo el Valle del río Chicamocha los recursos están siendo fuertemente afectados por los moradores; terrenos plenamente colonizados que han cambiado de manera brusca el uso natural y la aptitud de los mismos, en razón de la ampliación de la frontera agrícola y para el establecimiento de praderas, ocasionando desplazamiento y la extinción de numerosas especies de Fauna silvestre y la devastación de los bosques xerófitos y el bosque medio andino.

8.2.4.1. Fauna primaria

a) En busca de los primeros agricultores del altiplano Cundiboyacense.

Estudios antropológicos han encontrado en esta zona registros fósiles que indican que en los ecosistemas del altiplano Cundiboyacense en el siglo XVI antes de Cristo: Abundaban huesos de curí (*Cavia porcellus*), posiblemente domesticado (46.07%) y de venado (*Odocoileus virginianus*, 43.5%). También eran frecuentes los huesos de borugo (*Cuniculus Taczanowskii*, 6.10%). Caracoles comestibles formaban 2.37% del total y varias otras especies de mamíferos estaban presentes en proporciones mínimas. *Tomado de:*

www.revistas.unal.edu.co/index.php/maguare/article/do...(2011).

La destrucción de los bosques originales y la caza, ya sea la cacería deportiva o la caza para consumo directo, ha provocado la desaparición o el desplazamiento de la zona de todas las especies anteriormente descritas: venado, borugo, curi, caracoles comestibles y de otras como el guatín.

b) Flora.

En el ecosistema agropecuario la mayoría de las coberturas vegetales están representadas en barreras vivas y rondas de quebradas, que alcanzan alturas considerables como por ejemplo el, Eucalipto, Sauce, Acacia, Urapán, Pino pátula, Cipres y Pino romerón; con predominio de Sauce en la ronda hídrica de los ríos y algunas quebradas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

c) Fisionomía de las rondas hídricas.

El dominio florístico es de *Salix humboldtiana*, acompañada por otras especies de árboles plantados como *Eucalyptus globulos*, *Pinus candelabro* y *Cipres sp*, que salpican la saucedada.

En un estrato inferior acompañan a los sauces una asociación de una especie rosácea espinosa, la zarzamora, *Rubus floribundus* Weihe con otra como el Helecho marranero *Pteridium aquilinum* (L.); otras especies compañeras en el estrato herbáceo son kikuyo *Pennisetum clandestinum* y *Gualola Polygonum nepalense*.

d) Fisionomía de las rondas hídricas.

En la actualidad se observan muy pocas asociaciones de árboles nativos y muchas áreas donde se desarrolla una fuerte actividad agrícola y ganadera de doble propósito.

En esta zona de vida las unidades productivas son minifundios y dedicadas en un 80% o más a praderas para la ganadería de doble propósito, el 20% restante se destina a cultivos semestrales de papa, arveja, maíz, fríjol, cebolla y tomate; a cultivos anuales permanentes como cítricos, curuba, fresa y frutales caducifolios como durazno, cerezas, manzano. Las explotaciones agropecuarias se llevan a cabo hasta la rivera de los ríos y las orillas de las quebradas, presionando fuertemente las rondas hídricas.

Los terrenos están delimitados por cercas vivas de forma lineal o sinuosa siguiendo los límites de los predios o las divisiones de los lotes para la rotación de pastos. Las formaciones de cercas vivas conformadas por una o algunas líneas de especies leñosas (ocasionalmente con no leñosas) que restringen el paso de personas y animales a una propiedad o parte de ella. Estas cercas vivas generalmente están asociadas con pasturas.

Estas cercas vivas conforman un estrato arbóreo lineal, mayormente de Eucalipto *Eucalyptus globulos*, y Pino pátula *Pinus pátula* y Cipres *Cupressus lusitánica*; acompañadas en algunos sitios de otras especies, pero en menor porcentaje como Acacia *melanoxilon* familia Fabaceae, Cassia *Acacia decurrens* familia fabaceae, y Urapán *Fraxinus Chinensis* familia Ericaceae.

Cuando están conformadas por estratos arbóreos y arbustivos más diversos, estas cercas vivas generalmente proveen de otros servicios (refresco para animales, protección a los cultivos de los vientos, control de la erosión, potenciación de la edafofauna del suelo, diversidad paisajística, refugio y alimento para la avifauna) y productos (frutas, madera y leña).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Los terrenos agrícolas y pecuarios también están ocupados por pequeños parches y unidades de árboles y arbustos dispersos por los lotes, también cerca a las casas de habitación, son especies en su mayoría introducidas y plantadas mayormente como ornamentales; conformadas por especies como las antes mencionadas y de otras como: Cerezo *Prunus serótina*, Figue motua *Agave Americana*, Figue *Fourcurea SP*, tuno *Opuntia sp*, Falso Pimiento *Schinus molle*, Sáuco *Sambucus Peruvian*, Palma fénix *Phoenix canariensis*, Chicala *Tecoma stans*, Alcaparro *Senna viarum*, Pajarito *Senna spectabilis*; también se encuentran especies nativas de muy baja representatividad en distribución muy dispersa y son, Arrayan *Myrcianthes leucoxylla* Lechero *Ficus soatensis*, Guayacán de Manizales *Lafoensia acuminata*, Espino garbanzo *Duranta Mutisii*, y Sangregao *Croton funckianus*.

Muchos de los anteriores árboles y arbustos dispersos en los potreros, están asociados con arvenses como pastos que conforman el estrato herbáceo, mayormente conformado por Pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* y en menor proporción Falsa poa *Holcus lanatus*, Pasto oloroso *Anthoxanthum odoratum*, Maciega *Paspalum Virgatum*, en asociaciones con Trébol Blanco *Trifolium repens*, Diente de León *Taraxacum officinale* L, Chicoria *Hypochoeris radicata*, Verbena *Verbena litoralis* Kunth. Una asociación típica en sectores que están es barbecho o han sido abandonados temporalmente es el de pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* y Helecho marranero *Pteridium aquilinum* y Retamo español *Cytisus monspessulanus*.

8.2.5. Especies endémicas y amenazadas

8.2.5.1. Especies endémicas

Los ambientes subxerófitos y semiáridos del altiplano en la zona de estudio que corresponde según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, a el Bosque seco Montano Bajo (Bs-MB), tienen condiciones climáticas exclusivas poco características en un país como Colombia, que originalmente estaba cubierto en su mayor parte por vegetación exuberante. Tales ecosistemas semiáridos, forman parte de los centros de endemismo de la región del altiplano cundiboyacense y mantienen hasta la actualidad importantes elementos biológicos endémicos y característicos, entre las plantas especialmente; no así entre las aves, debido a la destrucción casi total de su hábitat en la zona de estudio. Desafortunadamente, estas especies y sus especies asociadas están en riesgo de extinción por destrucción generaliza del hábitat.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Los ecosistemas subxerofíticos y semiáridos del altiplano cundiboyacense constituyen o pertenecen al Orobioma azonal andino del altiplano cundiboyacense y constituyen un tipo de bioma azonal particular de Colombia.⁷

Estos ecosistema presentan especies de vegetación que le son características, en su condición climática, es decir, de madurez ecosistémica; debido a que históricamente esta vegetación la constituía un bosque bajo relativamente denso, que ha sido transformado en matorrales y pastizales cortos por intervención humana, la cual en algunos sectores puede remontarse a periodos precolombinos (Hernández y Sánchez, 1992).

8.2.5.2. Categorías de la unión para la conservación de la naturaleza

A continuación se presentan las definiciones abreviadas de las Categorías de las Listas Rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en las que se incluyen tanto las categorías de aplicación global como aquellas de aplicación nacional, sintetizadas de las versiones 3.1 de la UICN (2001) y 3.0 de la UICN (2003).

El proceso de asignación de las categorías de las listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) a un grupo de especies candidatas consiste en ordenar dichas especies según su riesgo de extinción o su grado de deterioro poblacional.

a) Extinto (EX)

Un taxón se considera **Extinto** cuando, después de exploraciones exhaustivas, no queda duda alguna de que el último individuo del planeta ha muerto. Esta categoría sólo debe ser aplicada a nivel global.

Para el caso colombiano, sólo se aplicaría entonces para especies que eran exclusivas del país, y que ya desaparecieron completamente.

b) Extinto en estado silvestre (EW).

Un taxón se considera **Extinto en Estado Silvestre** cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población naturalizada completamente fuera de su distribución original. Esta categoría se aplica sólo a nivel global.

c) Extinto a nivel regional (RE).

⁷ Calvachi Zambrano, Byron. Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. **En: Revista MUTIS**, Volumen 2, pp. 25-59 (2012). Universidad Joge Tadeo Lozano.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Un taxón está **Extinto a Nivel Regional** cuando no hay una duda razonable de que el último individuo capaz de reproducirse en la región (o país) haya muerto o haya desaparecido de la naturaleza en la región.

d) En peligro crítico (CR).

Un taxón está **En Peligro Crítico** cuando enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato, según queda definido por los subcriterios, umbrales y calificadores apropiados, en cualquiera de los criterios A a E.

e) En peligro (EN).

Un taxón está **En Peligro** cuando, no estando **En Peligro Crítico**, enfrenta de todas formas un alto riesgo de extinción o deterioro poblacional en estado silvestre en el futuro cercano, según queda definido por los subcriterios, umbrales y calificadores.

f) Vulnerable (VU).

Un taxón está en la categoría **Vulnerable** cuando, no estando ni **En Peligro Crítico** ni **En Peligro**, enfrenta de todas formas un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo, según queda definido por los subcriterios, umbrales y calificadores apropiados, en cualquiera de los criterios A a E.

g) Casi amenazado (NT).

Un taxón está en la categoría **Casi Amenazado** cuando no satisface ninguno de los criterios para las categorías **En Peligro Crítico**, **En Peligro** o **Vulnerable**, pero está cercano a calificar como **Vulnerable**, o podría entrar en dicha categoría en un futuro cercano.

h) Preocupación menor (LC)

Un taxón está en la categoría **Preocupación Menor** cuando no califica para ninguna de las categorías arriba expuestas. Generalmente se usa para organismos muy comunes o abundantes, y equivale a “fuera de peligro”.

A continuación se presenta la tabla de especies amenazadas y endémicas del área de estudio. Primero se presenta la flora, luego sigue en orden las aves, los anfibios, los peces y los mamíferos. Se presentan las categorías de la UICN con el símbolo anteriormente enunciado; si la especie es endémica se presenta con la sigla: End.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 8-16. Especies amenazadas y endémicas del área de estudio.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORIAS	ENDEMICAS
FLORA				
Begoniaceae	Begonia hydrophyloides		VU	End
Bromeliaceae	Guzmania goudotiana	Quiche	NT	End
Bromeliaceae	Pitcairnia macarenensis	Quiche	VU	End
Bromeliaceae	Vriesea ospinae	Quiche	VU	End
Campanulaceae	Siphocampylus planchonis	Zarcillejo	VU	End
Cyatheaceae	Cyathea caracasana (Klotzsch) Domin	Sarro	VU	End
Fagaceae	Quercus humboldtii Bonpl.	Roble	VU	End
Juglandaceae	Juglans neotropica Diels	Nogal	EN	
Lauraceae	Aniba perutilis Hemsl.	Comino cresco	CR	
Magnoliaceae	Magnolia argyrotricha	Totumo	CR	
Magnoliaceae	Magnolia cararensis	Almanegra de Tama	CR	
Magnoliaceae	Magnolia georgii	Cucharo de la cordillera	EN	End
Magnoliaceae	Magnolia Polyhypsophylla	Magnolio de monte	CR	
Magnoliaceae	Magnolia virolinensis	Platero	CR	
Orchidaceae	Dracula berthae	Orquidea	VU	
Orchidaceae	Madesvallia coccinea	Orquidea	EN	
Orchidaceae	Madesvallia ignea	Orquidea	CR	
Orchidaceae	Madesvallia sanctae-fidee	Orquidea	NT	
Orchidaceae	Odontoglossum crispum	Orquidea	EN	
Palmae	Ceroxylon quindiuense	Palma de Cera	EN	
Passifloraceae	Passiflora trianae Killip	Curuba	EN	End
Podocarpaceae	Podocarpus oleifolius D.	Pino colombiano	VU	End
Podocarpaceae	Prumnopytis montana	Pino de montaña	VU	End



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORIAS	ENDEMICAS
Podocarpaceae	Retrophullum rospigliosii	Pino romeron	NT	End
FAUNA				
AVES				
Podicipedidae	Podiceps andinus	Zambullidor Cira	Extinto	End
Psittacidae	Ognorhynchus icterotis.	Loro orejiamarillo	CR	
Cathartidae	Vultur gryphus	Condor de los andes	EN	End
Anatidae	Anas georgica	Pato pico de oro	EN	
Anatidae	Anas cyanoptera	Pato colorado	EN	End
Anatidae	Oxyura jamaicensis	Pato Andino	EN	End
Rallidae	Rallus semiplumbeus	Tingua Bogotana	EN	End
Rallidae	Gallinula melanops	Tingua moteada	CR	End
Psittacidae	Pyrrhura calliptera	Periquito aliamarillo	VU	End
Tyrannidae	Phylloscartes lanyoni	Tiranuelo antioqueño	EN	End
Tyrannidae	Muscisaxicola maculirostris nicefori	Dormilona chica	EN	End
Alaudidae	Eremophila alpestris	Alondra cundiboyacense	EN	End
Troglodytidae	Cistothorus apolinari	Cucarachero de pantano	EN	End
Trochilidae	Heliangelus Zusii	Heliangelus de Bogotá	CR	
ANFIBIOS				
Leptodactylidae	Eleutherodactylus renjiformis	Rana de lluvia de Renjifo	VU	
PECES				
Trichomycteridae	Eremophilus mutisii	Capitan de la sabana	CR	End
Characidae	Grundulus bogotensis	Guapucha	CR	End
MAMIFEROS				
Cricetidae	Thomasomys niveipes	Ratón montañero	VU	End
Tapiridae	Tapirus pinchaque	Danta de Páramo	EN	

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

8.2.5.3. Flora

a) *Ceroxylon quindiuense*.

Palma de cera. En peligro (EN), debido a la deforestación y la destrucción de palmas adultas y juveniles (por ejemplo para hacer ramos en Semana Santa con sus cogollos. También porque su madera se utiliza en la construcción de viviendas y por la pérdida de los bosques andinos.

Esta palma es el único hábitat del loro orejiamarillo (*Ognorhynchus icterotis*), entonces si la palma se extingue el loro también lo hará.

b) *Aniba perutilis*.

Comino crespo. Por las características y cualidades de su madera, el Comino crespo ha sido, históricamente, una de las especies de mayor demanda comercial en el país en donde, pese a su amplia distribución natural; el uso indiscriminado de la misma la han llevado a un estado crítico de extinción.

Además de proveer a la industria de madera muy valiosa, el Comino sirve de fuente alimenticia a un sinnúmero de especies animales, lo que también la convierte en un importante eslabón ambiental.

c) Las bromelias, las labiadas y las pasifloras.

La deforestación, fragmentación y destrucción de los hábitats, especialmente en la región andina es, la principal amenaza para estos tres grupos.

Se debe cambiar la idea según la cual las especies amenazadas están solo en las selvas o páramos distantes, pues también las podemos encontrar conviviendo con las personas en los alrededores de los grandes centros poblados. Es así como se ha diagnosticado la amenaza que representan especies invasoras como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), para algunas labiadas que crecen incluso dentro del área de influencia de las ciudades de Bogotá o Tunja.⁸

8.2.5.4. Fauna

a) *Podiceps andinus*

⁸García, N. & G. Galeano (eds.). 2006. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 3: Las bromelias, las labiadas y las pasifloras. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Zambullidor Cira. Especie extinguida debido a la perdida de la vegetación sumergida de las lagunas, donde habitaban gran variedad de presas que constituían su alimentación.

b) Vulgur gryphus.

Condor. En peligro por la cacería indiscriminada, el uso de pesticidas y la destrucción de su hábitat. Cumple una importante función de reciclaje natural, por ende es indispensable para el correcto funcionamiento de los ciclos naturales del ecosistema.

c) Rallus semiplumbeus.

Tingua bogotana - Tingua moteada. En peligro debido a la pérdida de la vegetación sumergida de las lagunas, y la fauna íctica asociada. Esta ave equilibra la cadena alimenticia en los humedales porque regula los ciclos alimenticios de muchas especies ya que no solo se alimenta de vegetación sino también de insectos y animales acuáticos pequeños.

8.2.5.5. Especies exóticas con potencial invasor

Según las resoluciones 848 de 2008, 207 de 2010 y 654 de 2011 el listado para Colombia aparece a continuación teniendo en cuentas los siguientes aspectos: Grupo Taxonómico, Nombre científico, Nombre común.

Tabla 8-17. Especies exóticas con potencial invasor.

GRUPO TAXONÓMICO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
INVERTEBRADOS	<i>Achatina fulica</i>	Caracol Gigante Africano
	<i>Callinectes exasperatus</i>	Jaiba
	<i>Charybdis halleri</i>	Jaiba azul
	<i>Electroma sp</i>	Mejillón
	<i>Helix aspersa</i>	Caracol de Tierra
	<i>Paratrechina fulva</i>	Hormiga loca
	<i>Penaeus monodon</i>	Camarón del Indopacífico
PECES	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común
	<i>Micropterus salmoides</i>	Perca americana
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arco iris
	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia negra
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia nilótica
	<i>Pterois volitans</i>	Pez león
	<i>Salmo trucha</i>	Trucha común
<i>Trichogaster pectoralis</i>	Gurami	



GRUPO TAXONÓMICO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
ANFIBIOS	<i>Eleutherodactylus coqui</i>	Rana Coqui
	<i>Lithobates catesbeiana</i>	Rana Toro
FLORA	<i>Canutillo, Yaragua</i>	Melinis minutiflora
	<i>Eichornia crassipes</i>	Buchón
	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Alga marina
	<i>Retamo espinoso</i>	Ulex europaeus
	<i>Retamo Liso</i>	Teline monspessulana

Fuente: Hidroboyacá, 2015

8.2.6. Especies de valor sociocultural, económico, medicinal y/o artesanal

8.2.6.1. Plantas de importancia culinaria

Uno de los aspectos culturales más importantes de una sociedad es la **gastronomía**. Ella es una manifestación de tradiciones y costumbres propias, del ingenio, sapiencia, experiencia y otras **virtudes puestas en un plato** para satisfacción de quien la prepara y de quien lo consume. En la medida en que esto se cumple será más exitosa y más gratificante la preparación.

En Boyacá, varían su cocina con frutos tropicales y especies aromáticas. La enorme gama climática auspicia una cocina variada, apetitosa y original en el marco inimitable de los pueblos más pintorescos de la geografía colombiana. Cada pueblito, cada caserío, cada valle, tiene un plato típico.⁹

Entre las plantas de importancia culinaria usadas a la llegada de los conquistadores se debe mencionar al maíz, la batata, la yuca, la papa, el ulluco, los cubios, las rubas, la arracacha, el chontaduro, el aguacate, el frijol, la granadilla, la chirimoya, la badea, la calabaza, el corozo, el ají, el maní, la guanábana y la guayaba.

Otras plantas de importancia son las guascas, la Arveja verde, zanahoria, habas, remolacha; diversas variedades de papa tales como la papa criolla, papa sabanaera, papa tocarreña etc.

Entre los cereales además del maíz se tiene el Trigo, la cebada, a quinoa.

⁹ www.inetesuguimaravillasBoyacá.blogspot.com.co/comidas-tipicas-de-Boyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Se empleaban especies de Bromeliaceas, llamadas comúnmente como Quiches; es así como se utilizan géneros de Guzmania y Tillandsia para envolver los bollos (envueltos de maíz). El bollo de Quiche es una comida típica campesina de las montañas de Boyacá.

Entre las características que definen al tamal boyacense es que se prepara con harina de maíz, a diferencia, por ejemplo, del tolimense, que se prepara a base de arroz. Otro aspecto que los identifica es el uso de la hoja de la planta de rigua, rijua o chisgua (*Canna coccinea*) para envolverlos.

Se habla de la **arepa boyacense**, del **cocido boyacense**, la **mazamorra boyacense**. También, dentro del departamento, hay productos casi exclusivos de dos o tres municipios, como por ejemplo los **besos de novia** e incluso únicos de un municipio como es el caso de los **dátiles endulzados de Soatá**, que no se consiguen en ninguna otra parte.

Las recetas para su preparación tienen a veces pequeñas variantes, y se presentan en una gran diversidad en forma de amasijos, bebidas, caldos y sopas, carnes, envoltorios, embutidos, postres y dulces, golosinas típicas, refrigerios o tentempiés y otros platos.

Alimentos típicos en forma de:

Bebidas: Chicha, Guarapo, masatos, vinos y champañas, sabajón de feijoa, sabajón y vinos,

Entradas o pasa bocas: arepas de Jenesano, bizcochos de almendra, cotudos, enpanadas de higo, pan de yuca, almojábanas, repollitas, pandeyuca, quesos diversos, dátiles, limón relleno, garullas, almojábanas, arepas, , besos de novia, chupe de papa criolla, envueltos de mazorca, longaniza, papas chorreadas.

Sopas: cuchuco de trigo con espinazo de cerdo y habas; cuchuco de cebada, changua con leche, cilantro, cebolla y sal; caldo de papa con costilla de res; mazamorra a base de harina de maíz, arvejas, carne y habas; mute de maíz pelado o de Mazorca y pata de res o de cerdo.

Carnes, pescados y otros: Puchero boyacense, Arroz tapado, Cabeza y guiso de Cordero, Cocido campesino, Costillas de Cordero asado; Trucha, cocido boyacense, cerdo a la llanera, longaniza, tamales.

Postres: Torta de cuajada, esponjado de curuba, plátanos maduros asados, mielmesabe.¹⁰

¹⁰ www.BoyacáCultural.com/gastronomiayarteculinario. 2015.



8.2.6.2. Plantas para rituales religiosos

De otra parte, entre las plantas usadas en los rituales religiosos y medicinales, que frecuentemente iban de la mano, están la coca, el yopo, el tabaco, el yagé, el yoco, el borrachero, el cacao, la quina, la ipecacuana, la sueldaconsuelda entre muchas más.¹¹

8.2.6.3. Plantas de importancia medicinal

Tabla 8-18. Lista de plantas de importancia medicinal en la zona de estudio.

FAMILIA - ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PROPIEDADES	USO	PARTE USADA	PREPARAR
FAMILIA APIACEAE					
. Apium graveolens	Apio	Antiinflamatorio	dolor de estomago	Ho, Se	De
Petroselinum crispum	Perejil	carminativo, antiespasmotico	antiflatulento	Ho	De
Foeniculum vulgare Mill.	Hinojo	carminativo	antiséptico	Pl	In
Pimpinella anisum L.	Anís	estimulante	antifaltulento	Se	De
Chamomilla recutita (L.)	manzanilla dulce	Conjuntivitis, neuralgias, antiinflamatorio	parpados, dolor de cabeza	Pl	De, In
Artemisa obsinthium L.	Ajenjo	estimulante	trastornos digestivos	Ho, Fl	In
FAMILIA ASTERACEAE					
Calendula officinalis L.	Caléndula	antiinflamatorio, cicatrizante, emenagogo	astringente, antihemorrágico	Pl	Ca
Franseria artemisioides	Altamisa	carminativo, antiespasmotico	antiflatulento	Ho	In
Matricaria chamomilla L.	manzanilla matricaria	antiinflamatorio, antiespasmotico	dolor de estomago	Fl	De
Ocymun basilicum L	Albahaca	febrífugo, expectorante		Ho	De, In
Sonchus oleraceus L.	Serraja	antiinflamatorio, antiespasmotico		Ho	De
Taraxacum officinale W.	diente de león	laxante	diurético	Ho	De
FAMILIA BORAGINACEAE					
Borago officinalis L.	Borraja	expectorante	controla la tos	Ho, Fl	De

¹¹ Laiton Gonzalez, Leidy; Villamil Hernández, Yurany. Catálogo de plantas medicinales presentes en la reserva forestal protectora El Malmo de la ciudad de Tunja



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIA - ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PROPIEDADES	USO	PARTE USADA	PREPARAC
FAMILIA CAPRIFOLIACEAE					
Sambucus nigra L.	Saúco	antiinflamatorio	hematomas	Fl, Fr	De
FAMILIA CARICACEAE					
Carica cundinamarcense L.	Papayuela	digestivo, diuretico	torceduras, dolor de estomago	Fr	De
FAMILIA CHENOPODIACEAE					
Chenopodium ambrosioides	Paico	antiparasitario	purgante	Fr, Ho	Ma
FAMILIA EQUISETACEAE					
Equisetum bogotense Kunth	cola de caballo	diurético	Inflamaciones	Pl	De
FAMILIA FABACEAE					
Vicia faba L.	Haba	cicatrizante	cortaduras, quemaduras	Ho	Ma
FAMILIA LAMIACEAE					
Origanum majorana L.	Mejorana	antiespasmódico	dolor de estomago	Ho, Fl	De
Origanum vulgare L.	orégano	antidiabético, antiespasmodico, antiinflamatorio	dolor de oido, aliviar golpes	Ho, Fl	De, In
FAMILIA LILIACEAE					
Rosmarinus officinalis L.	Romero	antiespasmódico, alopécico	dolor de cabeza, caída del cabello	Ho, Fl	De, Cr
Salvia officinalis L.	salvia	astringente	halitosis	Ho, Fl	In
Thymus vulgaris L.	Tomillo	expectorante	bronquitis	Ho	In
Melissa officinalis L.	Toronjil	sedante	control de nervios	Ho, Ta	De
Mentha viridis L.	Hierbabuena	carminativo	dolor de estomago	Ho, Ta	De
Allium sativum L.	Ajo	hipotensor	presion alta	Bu	Ma
Allium cepa L.	Cebolla	expectorante, antihelmíntico	bronquitis, asma, tromboembolismos	Bu	bulbo
Aloe vera (L.) Burman	Sábila	cicatrizante, expectorante	quemaduras, problemas respiratorios	Ho	Ca, Ju
FAMILIA MALVACEAE					
Malva sylvestris L.	Malva	expectorante	problemas respiratorios	Ho, Fl	De
FAMILIA MELASTOMATACEAE					



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIA - ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PROPIEDADES	USO	PARTE USADA	PREP ARAC
Myconia squamulosa	Tuno esmeraldo		Cicatrización de heridas		
FAMILIA MORACEAE					
Ficus carica L.	Brevo	emoliente, calmante, lazante	estreñimiento, quemaduras, problemas respiratorios	Ho	In
FAMILIA MYRTACEAE					
Eucalyptus globulus Labill.	eucalipto	expectorante	problemas respiratorios	Ho	Cr
Myrcianthes leucoxyla O.	Arrayán	espasmódico	dolor de muela, diarrea, fiebre.	Ho, Fr	Ma
FAMILIA PAPAVERACEAE					
Bocconia frutescens L.	trompeto	antihemorrágico	cicatrizante de heridas abiertas	Ho, Fr	Ca
FAMILIA PIPERACEAE					
Peperomia subspathulata Y.	Canelón	espasmódico	dolor de cabeza	Ho	In
FAMILIA PLANTAGINACEAE					
Plantago major L.	Llantén	cicatrizante	heridas externas	Ho	Ca
FAMILIA POACEAE					
Chusquea scandens	Chusque		Alivia los síntomas gripales		
Cymbopogon citratus D.C.	limonaria	antiflatulento	dolor de estómago	Ho	De
FAMILIA ROSACEAE					
Rubus urtisifolius L.	Mora	expectorante	Tos	Fr	De
FAMILIA RUTACEAE					
Ruta graveolens L.	Ruda	carminativo	dolores uterinos	Ho, Fl	De
FAMILIA SOLANACEAE					
Solanum nigrum var. Amer.	Yerbamora	antiinflamatorio	Inflamaciones cutáneas	Ho, Fr	Ca, Cr
Physalis peruviana L.	Uchuva	conjuntivitis	previene cataratas.	Fr	Ju
FAMILIA URTICACEAE					
Urtica dioica L.	Ortiga	rubefaciente, diurético	alergias, brotes	Ho	De, Ma
FAMILIA VALERIANACEAE					



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIA - ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PROPIEDADES	USO	PARTE USADA	PREP ARAC
Valeriana officinalis L.	Valeriana	sedante	para calmar nervios	Ho	De
FAMILIA VIOLACEAE					
Viola tricolor L.	Pensamiento	dermatitis	afecciones a la piel	Pl	Ca
FAMILIA VERBENACEAE					
Aloysia citriodora Ortega	cidrón	sedante	corregir dispepsia	Ho, Ta	De
Verbena officinalis L.	Verbena	sedante	control de nervios	Ho, Ta	De

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Para la Parte usada los símbolos son:

Bulbos (Bu), Hojas (Ho), Flores (Fl), Frutos (Fr), Planta (Pl), Semillas (SE), Tallos (Ta).

Para la Preparación los símbolos son:

Cataplasma (Ca), Crema (Cr), Decocción (De), Infusión (In), Jugo (Ju), Maceración (Ma).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



9. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE IMPORTANCIA ESTRATEGICA PARA EL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA

9.1. Identificación de áreas estratégicas según categorías de conservación existentes, ecosistemas, áreas de protección y reserva, además de zona de protección civil

Las tierras destinadas a la conservación comprenden todas aquellas que, debido a sus características biofísicas e importancia ecológica, tienen como función principal la protección de los recursos naturales con el propósito de garantizar el bienestar social, económico y cultural de la humanidad en el corto, mediano y largo plazo; permiten intervención antrópica limitada y dirigida principalmente a actividades de investigación, ecoturismo, protección de flora y fauna silvestre y recuperación para la protección.

Para estas tierras la recomendación general es la de conservación en su estado natural, en el caso de no haber sido intervenidas, o la de inducir o permitir su recuperación natural y rehabilitación ecológica, cuando ya han sido afectadas con usos que las han degradado. A continuación se describen cada uno de los usos principales incluidos en esta categoría.

1. **Conservación de los Recursos Hidrobiológicos (CRH):** Bajo esta denominación se encuentran las tierras cuya localización es diversa pero fácilmente diferenciable, dado que por una parte, ocupan las partes más altas de las cordilleras, en los pisos térmicos desde el extremadamente frío hasta el nival, cuya cobertura predominante es la de vegetación de páramo, nieves permanentes, y por otra, se encuentran los ecosistemas denominados como humedales, que incluyen los pantanos, ciénagas y rondas de los ríos, localizados en condiciones muy diversas de clima. Los suelos son predominantemente de baja evolución, muy superficiales y superficiales, excesiva o pobremente drenados y de baja a muy baja fertilidad; las zonas delimitadas pueden presentar inundaciones ocasionales o espejos de aguas permanentes con o sin vegetación flotante; las aguas pueden ser fluidas o inmóviles, dulces o salobres; comprende, además de las unidades de tierras, los lagos, lagunas, ciénagas y rondas de ríos principales, que en su conjunto poseen una gran biodiversidad.
2. **Conservación y recuperación (CRE):** Muchas de las zonas incluidas bajo esta denominación han sido fuertemente alteradas con usos inapropiados, especialmente el agropecuario, por lo que requieren planes de manejo y recuperación de sus características hidrobiológicas, cobertura vegetal y biodiversidad.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Estas tierras requieren la implementación de prácticas de estabilización y control de erosión, debido a que se encuentran altamente degradadas por esta y por salinización, pérdida total de su cobertura vegetal y fenómenos de remoción en masa, entre otros; ello está relacionado, principalmente, con una inadecuada utilización de las tierras y con la presencia de fenómenos erosivos naturales activos; requieren de medidas que propicien la regeneración natural espontánea y el desarrollo de actividades de tipo mecánico que contribuyan a detener o controlar el avance de los procesos erosivos en su periferia .

Se revisó el mapa de Áreas de Importancia Ambiental del IGAC en relación al Sistema Acuífero de Tunja se encontró que la zona al norte de Tunja, entre esta ciudad y Duitama es de importancia ambiental por corresponder a la categoría de zonas áridas .

Se revisó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP); también a la Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) y la zona en estudio no presenta áreas protegidas o de reserva natural.

Se revisó el mapa de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en los Andes y el Piedemonte Amazónico Colombianos. En relación al área de estudio el sistema acuífero de Tunja, no se encontró ningún área prioritaria entre las 104 áreas prioritarias seleccionadas dentro del área del sistema acuífero de Tunja.

Se revisó el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP) Integrantes del SINAP. 2015. Áreas de Reserva Forestal Protectora Nacional reportadas en el RUNAP por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Y la única reserva natural Forestal Protectora que se encontró en el área de estudio fue la de El Malmo. Con una extensión registrada en el RUNAP de 159 hectáreas. Autoridad administradora: CORPOBOYACA. Y la cual no presenta Plan de Manejo.

No obstante lo anterior, existe la preocupación por la conservación de áreas catalogadas con el Código 3077: Lagos, lagunas, embalses y humedales del altiplano cundiboyacense. Teniendo en cuenta que en la zona de estudio se encuentran zonas de humedales. Que aunque muy intervenidos antrópicamente sirven como áreas de descanso o de paso de aves, de servir de conexión entre fragmentos y es importante darles un manejo especial.

Se revisaron los POT (POT, EOT, PDM), el POMCA de la Cuenca Alta del Río Chicamocha, en relación a los municipios que conforman el Sistema Acuífero de Tunja y se encontró que para:



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

9.1.1. Tunja

a) Áreas forestales protectoras:

- Se establece como rondas para los humedales urbanos 30 metros al interior del área delimitada.
- Para los ríos La Vega y Jordán, se establece una ronda de protección de 30 metros acorde con el
- Para las quebradas La Cascada, San Antonio, El Triunfo, La Colorada, La Cebolla, La Picota, se establece una ronda de protección de 30 metros de acuerdo al Mapa 01 Clasificación del suelo.

b) Áreas de especial importancia ecosistémica:

- **Humedales:** Tejares del Norte, La Cascada, Fuente Chiquita, Parque Recreacional, Colegio La Presentación, La Cabaña, El Cobre.
- **Ríos:** La Vega y Jordán.
- **Quebradas:** La Cascada, San Antonio, El Triunfo, La Colorada, La Cebolla, La Picota.
- **Pozos:** Espejo de agua Pozo UPTC y nacimientos de agua en el extremo norte de la ciudad.

Tabla 9-1. Áreas de conservación y protección ambiental - incluyendo los suelos que hacen parte de la estructura ecológica principal.

CLASE	CATEGORÍA	DEFINICIÓN	CONVENCIÓN
Áreas forestales protectoras	Áreas forestales protectoras	Corresponde a franjas de suelo ubicadas paralelamente a las áreas de nacimientos, cauces de agua permanentes o no, lagos o depósitos de agua y humedales en general. De igual manera, son Áreas Forestales Protectoras los terrenos con pendiente superiores a 45°, y las áreas con especies de flora silvestre vedadas, de acuerdo a lo proferido por el Artículo 83 del Decreto 2811 de 1974 y a las determinaciones del Artículo 3 del Decreto 1449 de 1977 para áreas rurales, o de las normas que reglamenten el tema.	Afprt
Áreas del	Áreas reserva	Área de Reserva Forestal Protectora “El Malmo”: Fue declarada a través de la Resolución Ejecutiva	Arfp



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



**CONSORCIO
HIDROBOYACÁ**

CLASE	CATEGORÍA	DEFINICIÓN	CONVENCIÓN
sistema nacional de áreas protegidas	forestal protectora	No. 362 del 17 de diciembre de 1976 y el Acuerdo No. 36 de 1976 del 28 de octubre, amparado por el artículo 38 literal 6 del Decreto Ley 133 de 1976 y el artículo 206 del Decreto 2811 de 1974 del INDERENA. Se delimita según lo estipulado en la correspondiente resolución.	
Áreas de especial importancia ecológica	Áreas de infiltración para recarga de acuíferos	Son aquellas que permiten la infiltración, circulación o tránsito de aguas entre superficie y el subsuelo. En general la cobertura vegetal del bosque alto andino o de niebla sustentado sobre areniscas, rocas fracturadas o suelos formados sobre movimientos en masa, son áreas potenciales de recarga, al igual que los aluviones de grandes valles interandinos.	Aira
	Áreas para la protección de fauna	Corresponden a áreas de ecosistemas naturales o intervenidos, con presencia de recursos de hábitat para especies de fauna de especial interés ecológico (especies focales) o en estado de amenaza de extinción en vida silvestre. Estas áreas que pueden tener representatividad de la biodiversidad a nivel de biomas, ecosistemas comunidades, poblaciones, especies o genes, serán definidas como áreas prioritarias para su manejo y conservación, con fines de investigación, manejo de la fauna silvestre y generación de bienes y servicios ambientales mediante el mantenimiento de su función ecológica.	Apf
	Áreas de bosque protector	Corresponde a aquellas áreas boscosas naturales o cultivadas, que por su naturaleza bien sea de orden biológico, genético, estético, socioeconómico o cultural ameriten ser protegidas y conservadas, y que al momento de entrar en vigencia la presente norma, no se les ha creado alguna categoría de manejo y administración mencionada en el Artículo 13 del presente acto administrativo, sin perjuicio de las áreas protegidas en proceso de declaratoria o de las categorías creadas posteriormente.	Abp
	Cuerpos de agua	Corresponde a esta clasificación los lagos, humedales y demás depósitos tanto naturales como artificiales de agua, ya sean con el fin de	Ca



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

CLASE	CATEGORÍA	DEFINICIÓN	CONVENCIÓN
		abastecer sistemas locales de riego, protección a la fauna, y turísticos.	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Reserva forestal protectora (RFP) El Malmo.

El Malmo se encuentra al Suroccidente de Tunja, en la Vereda Barón Germania del mismo municipio, en límites con Samacá, Cucaita y Ventaquemada. Se orienta de SurOccidente a NorOriente; al sur lo atraviesa la carretera que de la Doble calzada Tunja – Bogotá va hacia Samacá;

El Malmo ubicada en la vereda Barón Germania del municipio de Tunja, es una zona de gran importancia forestal en tanto que cuenta con una extensión de 159 hectáreas, en las que se distribuyen varias especies vegetales

Así mismo, es de anotar que la vereda Barón Germania cuenta con una RESERVA FORESTAL PROTECTORA denominada EL MALMO, que según el plan de ordenamiento territorial, del municipio de Tunja 2001, lo conforman 148.11 hectáreas, de la cual la comparten sus fronteras los municipios de Tunja, Cucaita, y Ventaquemada.

El área de reserva forestal protectora El Malmo se encuentra localizada sobre la falda suroccidental de la cuchilla conocida con el nombre de Alto del Muerto en la vereda el Barón Germania, al sur de Tunja en el municipio de Boyacá.

Fue declarada a través de la Resolución Ejecutiva N° 362 del 17 de Diciembre de 1976 del Ministerio de Agricultura y el Acuerdo N° 036 de 1976 del 28 de octubre, amparado por el artículo 38 literal 6 del decreto Ley 133 de 1976 y el artículo 206 del decreto 2811 de 1974 del INDERENA.

El uso del suelo, manejo y administración de las áreas protegidas declaradas, existentes en la Jurisdicción de CORPOBOYACA, están sujetos a las normas reglamentarias de cada categoría y adicionalmente a las determinaciones tomadas en los actor administrativos de respectiva declaratoria. Fuente: Resolución No. 2727 de 2011 de CORPOBOYACA¹².

Inicialmente el acto administrativo de creación reporta un área de 159 has, por su parte el Atlas de Reservas Forestales Protectoras Nacionales y el último documento elaborado por Conservación Internacional señala que abarca una superficie inicial de 240 has, área correspondiente a una hacienda de propiedad del municipio de Tunja. Sin embargo, actualmente debido a procesos de enajenación a particulares se ha reducido a 51 hectáreas.

¹² Modificación Excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tunja. (Acuerdo Municipal No. 0014 del 2001MEPOT-TUNJA). Acuerdo Municipal No. 0016 de 2014. MEPOT. Tunja. Boyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Dicen los campesinos de la zona que “la reserva se ha reducido”.

El Malmo es un área de gran importancia hídrica, ya que es el nacimiento de las quebradas de Pantano verde, La Piñuela, Las Perdices, la Quebrada Barona y la Cañada Verbenal. Estos cuerpos de agua, además de tributar sus aguas al Río Teatinos, abastecen los acueductos de las veredas Barón Germania, Barón Gallero y Chorro Blanco del Municipio de Tunja.

9.1.2. Oicatá

a) Áreas de manejo especial.

Para tener un mejor control de los recursos naturales, la corporación creó zonas especiales de manejo dentro de su jurisdicción, con el fin de preservar y mantener en equilibrio los recursos naturales. El municipio de OICATA no quedo incluido dentro de estas zonas de manejo especial pues sus condiciones paisajísticas no lo ameritan.

b) Zonas de manejo especial en proceso de creación.

Dadas las condiciones ambientales del municipio de OICATA se distinguen zonas de manejo especial que representan gran importancia para la conservación y regulación del recurso hídrico como las conformadas por:

- El Alto de la Meza
- Por la cuenca del río Chulo, que en el municipio está catalogada como la cloaca de la provincia del centro, la cual afecta directamente la salubridad de la población rural de Oicatá.
- Áreas receptoras de lluvias que surten los caudales iniciales del acueducto como son el área de influencia de la quebrada Cebollas en la vereda Centro, y el manejo conjunto de la quebrada La Mecha con el municipio de Cómbita.
- La zona de recarga denominada La Fuente en la vereda Forantiva de alta fragilidad y que requieren de protección especial. De ser aprobado este proyecto de acuerdo se elaborará un Plan de Manejo en el cual se destinaran áreas específicas para protección, amortiguación, reserva forestal y protección-producción.

La anterior información fue extraída del esquema de ordenamiento territorial Municipio de Oicatá (Boyacá). Capítulo V: Subsistema de funcionamiento espacial. 1999.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- **Zona de recarga La Fuente en la vereda Forantiva.**

Por otra parte, en el EOT de Oicatá se señalaba, en 2001, que se encontraba en fase de aprobación un proyecto de manejo de la zona de recarga de La Fuente. En consecuencia, se recomienda actualizar la información cartográfica de la Corporación en este aspecto, como medida del nivel de gestión ambiental en la Cuenca y herramienta de planificación

La anterior información fue extraída del Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca alta del río Chicamocha. CORPOBOYACA-UPTC-UN (Instituto de Estudios Ambientales).2006.

- **Fuente Hídrica Quebrada Cebollas.**

Esta microcuenca es la principal fuente de abastecimiento de agua con que cuenta el Municipio de Oicatá. Carece de un estudio de plan de manejo y conservación, el municipio compró una pequeña área en la parte de la bocatoma que lleva el agua a la red de conducción al Municipio. El nacimiento se ubica en los límites de OICATA con la ciudad de Tunja en las veredas de Centro y Pirgua respectivamente.

Su entorno está dedicado a pastizales y cultivos de papa lo cual se deduce que nace con ciertas limitaciones en cuanto a su calidad y conservación pues la acción de los cultivos avanza hacia los nacimientos de la quebrada. La vegetación que rodea su nacimiento es muy escasa y hasta ahora se están haciendo campañas de revegetalización en conjunto con el colegio municipal.

Recomendación: Delimitar y aislar el área de influencia de la microcuenca, prohibir los cultivos en sus inmediaciones, es decir, reglamentar la franja de aislamiento, antes de seguir realizando labores de reforestación se recomienda hacer obras civiles tales como banqueteo, terrazas, trinchos para poder disminuir la acción erosiva del agua en época de invierno. Las especies sembradas no han sido las más recomendadas pero se hace énfasis en el Retamo que ha presentado una gran capacidad invasiva, reproductiva y adaptación muy fácil a la pobreza de los suelos.

- **Quebrada La Mecha.**

Su zona de recarga son los límites de los municipios de Cómbita, Motavita y Tunja, Geográficamente se ubica en el Municipio de Cómbita. Su importancia radica en que surte con un gran caudal y en conjunto con La Quebrada Cebollas son las que dan la totalidad del agua al municipio en la totalidad de la parte urbana.¹³

¹³ Esquema de ordenamiento Territorial Municipio de Oicata (Boyacá). Capítulo II: Subsistema Biofísico. 1999.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Análisis y recomendaciones:

Recomienda: Se recomienda hacer un convenio intermunicipal con Cómbita para delimitar y aislar el área de influencia de la quebrada, priorizar sitios a comprar, reglamentar la franja de aislamiento, hacer obras como banqueteo, terrazas, trinchos para disminuir la acción antrópica y erosiva del agua.

9.1.3. Soracá

a) Áreas de conservación y protección.

La afectación al medio ambiente en esta zona se encuentra principalmente influenciada por el uso de leña y carbón como combustible para cocinar, debilitando la estructura forestal y la capa vegetal de los suelos.

Por esta razón, dentro del área rural del municipio de Soracá, se delimitan las siguientes áreas de conservación y protección de los recursos naturales:

- **Quebrada Puente Hamaca:** Nace en la Vereda Chaina, allí es denominado Quebrada Chica.
- **Humedal de Puente Hamaca:** También en la parte de la Vereda Chaina y el Sector aledaño al casco urbano.
- **Quebrada La Cebolla:** Nace en la Vereda Puente Hamaca.
- **Humedal de la Vereda Otro Lado:** Vereda Quebrada Grande. En la parte alta, se plantará Pino y Eucalipto.
- **Veredas Otro Lado y Faitoque:** En la parte alta, se plantará Pino y Eucalipto.¹⁴

Análisis y recomendaciones:

Las zonas de humedal son muy importantes que se recuperen y se conserven por varias razones, entre ellas porque son sistemas importantes de recarga de los acuíferos de Tunja, son áreas que conectan ecológicamente otras áreas de cobertura vegetal y son parte fundamental de los corredores biológicos que permiten mantener la biodiversidad. Porque amortiguan la sequedad medioambiental, y contribuyen a evitar la desertificación que la misma genera. Mantiene la estabilidad del microclima de la región, variable fundamental para que el sistema agropecuario sea productivo y

¹⁴ Corredor Quintero, O. R. (2012-2015). *Plan de Desarrollo Municipal*. Soracá, Boyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



sustentable. Son áreas que contribuyen de forma importante a la regulación hídrica, y a evitar las riadas, inundaciones y procesos erosivos que genera la fuerza del agua.

9.1.4. Cucaita

Es importante anotar que la degradación ambiental en este municipio va en aumento. Unas de sus principales características actuales son la ausencia de caudal y una escasa vegetación en la ronda perteneciente a la Quebrada Escalones. Esto añadido a la expansión rural convierte este lugar en prioridad para proteger de los daños ambientales.

Protección Ambiental- Recreativo: Las zonas verdes perimetrales al área urbana del municipio que serán parte del espacio público, estas se encuentran localizadas a lo largo del eje de la calle 7°. De igual manera la ronda de protección de la Quebrada Escalones como elemento natural, constitutivo del límite urbano; se propone que esta ronda sea de 10 m. A lado y lado del cauce¹⁵.

- **Áreas RFP:** la zona limítrofe con Tunja y su Reserva Forestal El Malmo, que aún conserva vegetación de bosque alto andino debe ser declarada como reserva forestal protectora por ser abastecedora de acueductos veredales y única fuente constante de agua para el municipio de Cucaita.
- **Áreas FPP:** áreas compuestas con vegetación nativa y especies como pino, eucalipto y acacia en donde éstas últimas pueden ser objeto de aprovechamiento forestal pero reemplazándolas por especies nativas. Estas áreas se ubican en casi todo el territorio especialmente en veredas Pijaos, Chipacatá, Escalones.
- **Zonas de Manejo Especial ZME:** Comprende suelos de uso agropecuario que limitan con áreas de reserva forestal protectora y que por presentar condiciones de explotaciones de subsistencia que provocan disminución considerable de los recursos naturales deben tener un manejo acorde con situaciones sociales y económicas de los habitantes de dichos predios. Esta zona de manejo especial busca un equilibrio y planificación de las actividades productivas para lograr un desarrollo sostenible viable, esta situación se da principalmente al sur de la vereda Pijaos.

¹⁵ Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de Cucaita, Boyacá 2002; Diagnostico. Alcaldía Municipal de Cucaita. FONSECA S. O.L.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- **Áreas de Bosque Protector BPT:** Áreas formadas por vegetación nativa como: tunos, garrochos, etc., y ubicados en pequeños relictos en el centro de la vereda de Pijaos, sur de la vereda Chipacatá, sur de la vereda Lluviosos, vereda escalones y Cuesta en medio.
- **Áreas de Bosque Productor BPD:** Estos bosques de Pino, Eucalipto y Acacia se ubican al norte de la Vereda Lluviosos y al norte del Casco urbano en la Vereda Centro.¹⁶

a) Áreas protegidas como valores objeto de conservación.

Por iniciativa de la comunidad y por adquisición histórica del municipio, se delimitaron aproximadamente 715 ha con el fin de protegerlas y conservarlas debido a sus recursos naturales en especial su recurso hídrico. Esta área, en lo que tiene que ver con la zona delimitada por el sistema acuífero de Tunja, comprende los siguientes predios:

En la se representan las siguientes áreas: Reserva Natural Municipal (RNM). (1) RNM Pijaos, La Peña, El Malmo. (2) RNM La Peña. (3) RNM La Despensa. (4) RNM El Carmen. (5) RNM El Papayo. (8) RNMHB Quebrada El Chusque. (9) RNMHB Quebrada San Joaquín. (12) RNMHB Quebrada Alcalá. (13) RNMHB Quebrada Pijaos. (15) ANMPPC Piedra del Sol. (16) ANMPPC Herradura del Diablo. (17) ANMPPC Ranchería. (18) ANMPPC Escalones. (19) ANMPPC Peña Parida.¹⁷

Análisis y recomendaciones:

Todas esta zonas contempladas de Reserva Natural Municipal (RNM), ZRF, FPP, Zonas de Manejo Especial ZME y Áreas de Bosque Productor BPD, son zonas que además de proteger el recurso hídrico local son áreas de recarga hídrica del Sistema Acuífero de Tunja, . También son muy importantes porque son las que protegen de la desertificación de esta zona de condiciones ambientales secas. Estas zonas al Occidente del Sistema Acuifero y que se constituyen en zonas desnudas y degradadas que deben ser recuperadas, con el objetivo entre muchos otros de constituirse en corredor ecológico que contribuya a la conexión ambiental entre los demás ecosistemas de la región; también para manejar el riesgo de deslizamientos y remoción en masa, de las áreas inestables Es muy importante, especialmente en la zona limítrofe con Tunja, la Reserva Forestal El Malmo; conservar estas áreas por la importancia que el Bosque Denso Bajo tiene para mantener la biodiversidad y todos los servicios eco sistémicos que presta; también porque es una zona importante de recarga del Acuífero Regional de Tunja.

¹⁶Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de Cucaita, Boyacá 2002; Diagnostico. Alcaldía Municipal de Cucaita. FONSECA S. O.L.

¹⁷ Plan de Desarrollo Municipal (PDM) de Cucaita 2012-2015. BORDA, Marcos Daniel. Alcalde Municipal.

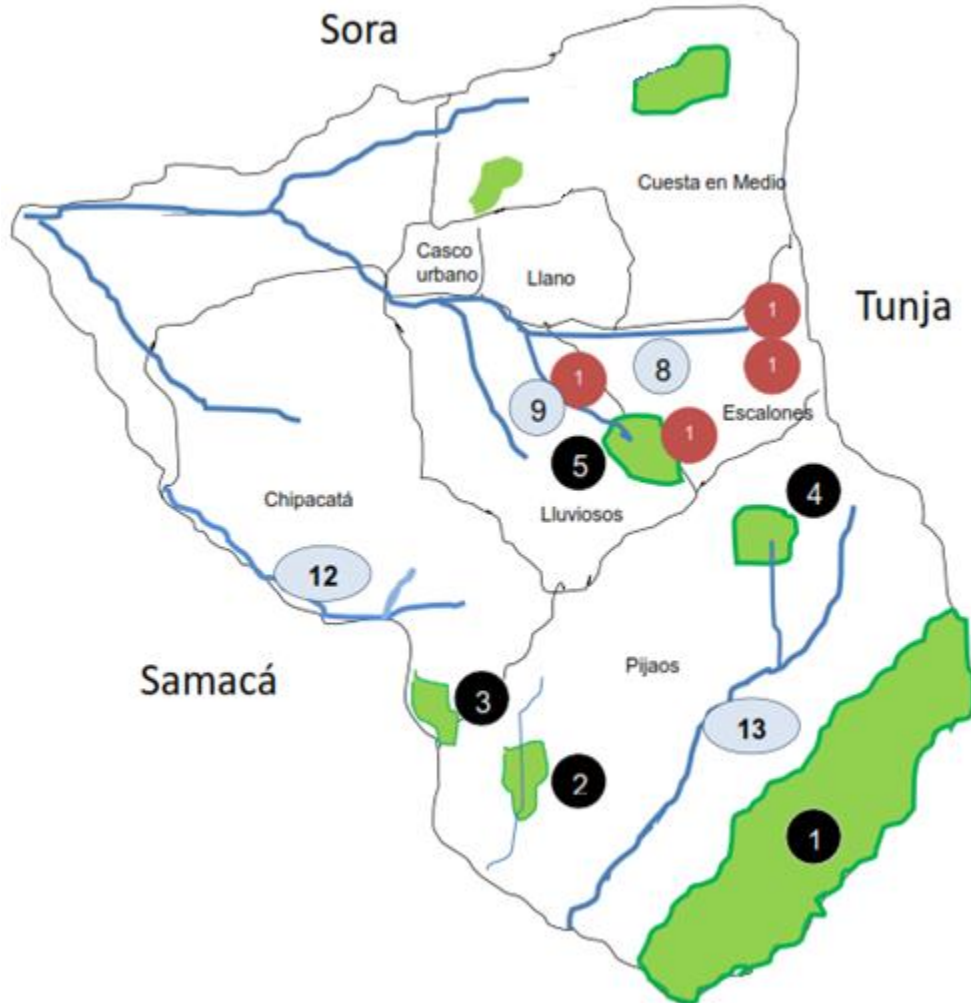


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 9-1. Sistema Local de áreas protegidas del Municipio de Cucaita



Fuente: PDM Cucaita, 2012.

9.1.5. Sora

A continuación se definen los suelos de protección en suelo rural en el municipio de Sora:

- **Áreas de Bosques Protectores:** Se presenta pequeñas áreas localizadas en las veredas El Salitre, Chuscal y Piedra Gorda.¹⁸

¹⁸ Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD). Sora, Boyacá. 2012.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- **Áreas de Reserva Forestal Protectora (RFP):** Área compuesta por vegetación secundaria conformada por plantas de porte arbustivo, y herbáceo con alturas inferiores a 3 metros y una cobertura densa. Se localiza principalmente en las márgenes de las Quebradas el Salitre, Farfaca.
- **Áreas de Protección Hídrica:** En zona de rondas se declara de estricta conservación los 5 metros de la ronda hídrica más próximos al cauce, y de conservación activa los restantes 25 metros de ronda hídrica de aquellos cauces permanentes, en suelo rural. En suelo urbano se declara de estricta conservación los 5 metros de la ronda hídrica más próximos al cauce y los otros 10 metros se consideran como conservación activa. Lo integran las áreas o franjas ubicadas paralelamente a la red que conforma el sistema hidrográfico del municipio de Sora, Boyacá, el cual está constituido por los ríos, cauces y quebradas sin denominación con caudal permanente.

Se debe aclarar que aunque no se determinan ni delimitan las zonas de protección, el municipio tiene total conocimiento del especial cuidado que se requiere en estos lugares.

En relación al sistema Acuífero de Tunja las Áreas de Protección Hídrica, son las Quebradas El Salitre y Farfaca y las microcuenca de las veredas Piedra Gorda, Chuscal y Salitre.¹⁹²⁰

Análisis y recomendaciones:

Restaurar y conservar las áreas de Protección Hídrica es fundamental para la recarga del sistema acuífero de Tunja y para conservar el escaso recurso hídrico, especialmente en estas áreas secas y degradadas, tanto para el bienestar de la población como para el sistema agropecuario, base de la economía de la región, el cual es sometido a la presión de la escases del recurso hídrico, especialmente en las épocas más secas.

Las zonas de ladera donde suelen presentarse los relictos de arbustales y herbazales, son importantes como zonas de recarga hídrica del Acuífero Regional de Tunja. Además estas coberturas vegetales están conformadas por especies que por su constitución genética y adaptación ecológica a condiciones degradadas y secas son fundamentales para iniciar los procesos de restauración de estas zonas semidesérticas.

La recuperación de estas áreas constituye una oportunidad de establecer corredores ecológicos que permitan mantener la biodiversidad y la conexión entre coberturas vegetales y ecosistemas, con todas las ventajas que el establecimiento de una red de ecosistemas tendría para la región.

¹⁹ Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) Sora, Boyacá, 2006.

²⁰ Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015. Consejo Municipal. Sora, Boyacá. 227 pág.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



9.1.6. Cómbita

Se encuentra actualmente en un grave deterioro ambiental debido al crecimiento acelerado y desordenado en la explotación de recebo, arena y arcilla, unido al funcionamiento de industrias en territorios donde el suelo no lo permite. Esto indica que no se está cumpliendo ningún reglamento de protección de los recursos naturales, por lo cual se debe llevar un registro y un seguimiento del uso que se le está dando a los suelos y demás recursos naturales de la zona, con el fin de reglamentar las zonas que deberían estar en protección y reserva.

- **Áreas periféricas a nacimientos de agua y humedales:** Para los nacimientos de donde se toma el agua para acueductos, el ancho de protección será mínimo de cien (100) metros de radio.
- **Áreas Periféricas a Cuerpos de Aguas Superficiales:** En esta unidad se destaca el cuerpo de agua de la represa La Playa, para la cual el área de protección será de 50 metros.
- **Áreas de cauces de ríos, quebradas y arroyos:** Esta área será aislada y restaurada en forma natural o revegetalizada utilizando para ello material vegetal propio de la zona de vida. Para los ríos Chicamocha, Río de Piedras su área de protección son 5 metros a lado y lado. Para las quebradas la Mecha y Cómbita también 5 (cinco) metros a lado y lado.
- **Área para recuperación:** La zona espacializada para este propósito es muy pequeña y se ubica al costado noroccidental del cementerio local, área la cual por su pendiente y deterioro requiere ser protegida.
- **Área para Distrito de Conservación de Suelos y Restauración Ecológica:** Dentro de esta categoría se encuentran aproximadamente el 3.3% del área del municipio sobre las veredas de San Onofre y La concepción y San Francisco parte alta.²¹

El nacimiento sector Los Tanques se encuentra desprotegido y es contaminado por procesos derivados de pastoreo y agricultura a pequeña escala, no cuenta con puntos de control que evite la alteración de sus características físico - químicas y bacteriológicas.

²¹ Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) Combita. Boyacá. 2001.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Es importante que el municipio defina una estrategia para asegurar la sostenibilidad de esta fuente de agua, que bien puede ser la ampliación en la adquisición de predios a los alrededores del nacimiento, mediante la destinación de los recursos provenientes del artículo 111 de la ley 99 de 1993 (artículo 210 de la ley 1450 de 2011²² ²³. Plan de Desarrollo Municipal (PDM). Cómbita. 2008-2011. Consejo Municipal. 77 pág.

Análisis y recomendaciones:

Los PDM y los EOT del Municipio de Cómbita, plantean buenos objetivos en relación a la problemática ambiental y el establecimiento de áreas de protección como la que se plantea para el Río Piedras, pero son muy generales y poco específicos en relación a las estrategias para implementarlos; por ejemplo no indica el objeto sobre el cual se va a hacer la protección como: nacimiento, quebrada, río, cobertura vegetal con su nombre, ubicación y área a proteger; tampoco se establecen o definen claramente las estrategias, ni los recursos institucionales (por ejemplo: compra de predios), para alcanzar los objetivos ambientales propuestos.

Recuperar y conservar la Cuenca del Río Piedras y las microcuencas de las quebradas que le tributan es muy importante ambientalmente por varias razones; debido a que es una zona importante de recarga hídrica del Acuífero Regional de Tunja; de regulación hídrica, entre otras de la de las riadas o avalanchas que periódicamente ocurren por las intervenciones antrópicas de tala del bosque protector y erosión del paisaje. Esta cuenca surte del recurso hídrico a varios acueductos que surten una gran población tanto de Cómbita como de los municipios vecinos y es fundamental para el sistema agropecuario que presenta una alta demanda de agua.

El Bosque de Galería y ripario que aún se conserva presenta aún unas características de bosque nativo que contribuyen a conservar una alta biodiversidad y la conexión regional entre ecosistemas. También por los servicios ambientales que presta y que son fundamentales para entre otros soportar un sistema agropecuario sostenible, que además es la base de la economía regional.

9.1.7. Motavita

El área de reserva para la conservación y protección del ambiente y los recursos naturales es de 1.297 hectáreas. A continuación se especifican los recursos que son protegidos en esta área:

²²Plan de Desarrollo Municipal (PDM) Combita. Boyacá. 2012 – 2015. DIAZ RAMOS, Giovanni. Alcalde.

²³Plan de Desarrollo Municipal (PDM). Combita. 2008-2011. Consejo Municipal. 77 pág.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- **Bosque nativo:** Se encuentra localizado en la parte sur de la vereda Sote-Panelas.
- **Bosque mixto nativo plantado:** Con fines de protección y producción. Caracterizada por el predominio de especies como: Acacia y Eucalipto, de diferentes edades, para extracción de madera. Se localiza en la parte central de la vereda Carbonera.
- **Herbazales – pastos naturales:** Carretón, Falsa Poa, Kikuyo. Se tienen estos pastos sin manejo alguno, para descanso del suelo, después de haber cosechado papa, como se presenta en la vereda Sote Panelas. Allí se desarrolla una actividad pecuaria tradicional y semi estabulada.²⁴

Análisis y recomendaciones:

Los relictos de Arbustales abiertos conformados por especies nativas como los localizados en la Vereda Sote Panelas son áreas muy importantes ambientalmente que se deberían declarar por norma municipal zonas de reserva. Por sus características genéticas y ecológicas son especies adaptadas a las condiciones degradadas, secas y semidesérticas y por tanto son las más adecuadas para implementar los procesos de recuperación y conservación de estas zonas, que deberían constituirse en corredores ecológicos ya que forman parte de la estructura ecológica principal de la región. También estas zonas de arbustales en laderas son importantes para la recarga del Acuífero Regional de Tunja, Este recurso hídrico subterráneo últimamente está siendo fuertemente demandado (se han implementado pozos profundos) en la medida que municipios cercanos a Tunja como Motavita forman parte ahora de la zona de expansión o zona suburbana de Tunja; pero con el agravante de que estas zonas secas no presenta fuentes importantes del recurso hídrico superficial.

9.1.8. Chivatá

Dentro de los PDM de Chivatá 2008-2011 y 2012-2015 existen planes de conservación, mitigación y recuperación de los sectores en donde el medio ambiente ha sido afectado²⁵; como: desarrollar programas de reforestación para recuperar áreas deforestadas del municipio y adquisición de predios de importancia hídrica para asegurar su protección; pero no se encuentran áreas que ya se hayan delimitado como reservas o de protección ambiental.

²⁴ Plan de Desarrollo Municipal (PDM). Motavita. 2012 – 2015. Consejo Municipal.

²⁵ Plan de Desarrollo Municipal (PDM) de Chivata. Boyacá. 2012-2015. 81 p.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

9.1.9. Recomendaciones para todos los municipios

Identificar y cuantificar las áreas donde están ubicados los nacimientos de Agua que surten los Acueductos de las Vereda y los Municipios.

Adquirir, proteger y mantener los predios ubicados en Ecosistemas Estratégicos.

Adelantar Incentivar y apoyar la ejecución proyectos de reforestación con especies nativas en cuencas abastecedoras de Agua y en áreas de reserva o en áreas que van a ser reforestadas.

Dar cumplimiento a lo establecido en los Planes de Ordenamiento Territorial, Esquemas de Ordenamiento Territorial, Planes de Desarrollo Municipal, referente al Manejo y Uso del Suelo y demás normas relacionadas con la Recuperación, Conservación y Uso de los Recursos Naturales.

Posibilitar la adquisición de predios de reserva forestal y declarar por norma municipal las zonas de reserva; y asegurar la función ecológica y social de los predios adquiridos por los municipios.

Vinculación activa de la comunidad, en todos los procesos de implementación de reservas forestales, hídricas, proyectos de reforestación, recuperación y conservación ambiental

9.1.10. Especies de flora y fauna de importancia para la preservación de áreas de protección y reserva

Corresponden a especies de flora y fauna de especial interés ecológico (especies focales), que han desarrollado genes y/o adaptaciones ecológicas a los ecosistemas predominantes en el área del Acuífero Regional de Tunja.

Tabla 9-2. Especies de flora de importancia para la preservación de áreas de protección y reserva.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Acantaceae	<i>Stenandrium dulce</i>	Violetilla	Hierba
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum B.</i>	Chuque	Árbol
Agavaceae	<i>Agave spp</i>	Penca o motua	Arbustos
Agavaceae	<i>Agave americana</i>	Fique motua	Arbusto
Agavaceae	<i>Furcraea andina</i>	Fique.	Arbusto
Amaryllidaceae	<i>Zephyranthes</i>		Hierba
Araliaceae	<i>Oreopanax floribundus</i>	Mano de oso	Árbol
Araliaceae	<i>Oreopanax pallidus Cuatrec.</i>	Mano de oso	Árbol



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Aspleniaceae	<i>Asplenium serra</i>	Asplenio aserrado	Hierba
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbusto
Asteraceae	<i>Baccharis bogotensis</i>	Ciro	Arbusto
Asteraceae	<i>Baccharis macrantha</i>	Chilco	Arbusto
Asteraceae	<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Arboloco	Arbolito
Asteraceae	<i>Stevia lucida</i>	Jarilla blanca	Arbusto
Asteraceae	<i>Verbesina centroboyacana</i>	Verbesina	Hierba
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Arbusto
Blechnaceae	<i>Blechnun occidentale L</i>	Helecho	Hierba
Boraginaceae	<i>Cordia cylindrostachya</i>	Salvio negro	Arbolito
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	Barbas de viejo	Epifitas
Bromeliaceae	<i>Tillandsia incarnata</i>	Quiche	Epifitas
Bromeliaceae	<i>Tillandsia suecana</i>	Quiche	Epifitas
Bromeliaceae	<i>Tillandsia biflora</i>	Quiche	Epifita
Bromeliaceae	<i>Puya santosii</i>	Cardon	Arbusto
Bromeliaceae	<i>Tillandsia compacta</i>	Quiche	Epifita
Cactaceae	<i>Melocactus</i>	Cactus	Arbusto
Cactaceae	<i>Opuntia sp.</i>	Cacto	Arbusto
Caprifoliaceae	<i>Viburnum triphyllum Benth</i>	Chuque	Árbol
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	Gaque	Arbusto
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa L.f</i>	Encenillo	Árbol
Cyatheaceae	<i>Cyathea caracasana (Klotzsch) Domin</i>	Sarro	Arbusto
Dicranaceae	<i>Campylopus surinamensis</i>	Musgo	Rasante
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis L.f.</i>	Raque	Arbusto
Ericaceae	<i>Cavendishia bracteata</i>	Uva de anis, Colmillos	Arbusto
Ericaceae	<i>Macleania rupestris (Kunt) A.C Sm.</i>	Uva camarona	Arbusto
Euforbiaceae	<i>Euphorbia orbiculata</i>		Rasante
Euphorbiaceae	<i>Croton magdalenensis Mull.</i>	Sangregado, Drago	Arbusto
Fagaceae	<i>Quercus humboldtii Bonpl.</i>	Roble	Árbol
Jubulaceae	<i>Frullania brasiliensis</i>	Musgo	Rasante
Juncaceae	<i>Juncus bogotensis</i>	Junco	Hierba
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	Junco	Hierba
Lamiaceae	<i>Salvia sp</i>	Salvia	Hierba
Lamiaceae	<i>Salvia orthostachys Epling</i>	Salvia	Hierba
Lamiaceae	<i>Salvia bogotensis Benth</i>	Salvia	Hierba
Lemnaceae	<i>Lemna spp.</i>	Lenteja de agua	Rasante
Melastomataceae	<i>Miconia squamulosa</i>	Tuno esmeraldo	Arbolito
Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i>	Tuno	Arbusto



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
Melastomataceae	<i>Tibouchina lepidota</i>	Sietecueros	Arbusto
Myrsinaceae	<i>Myrsine guianensis</i> Kuntze	Cucharo	Arbolito
Myrtaceae	<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	Arrayan	Arbusto
Passifloraceae	<i>Passiflora trianae</i> Killip	Curuba	Hierba
Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i>	Curuba	Liana
Piperaceae	<i>Peperomia</i>		Hierba
Piperaceae	<i>Piper bogotense</i>	Cordoncillo	Arbusto
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila aerea</i>	Hepática	Rasante
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila pachyloma</i>	Hepática	Rasante
Poaceae	<i>Jarava ichu</i>	Pasto	Hierba
Poaceae	<i>Aepogon cenchroides</i>	Pasto	Hierba
Poaceae	<i>Aristida laxa</i>	Pasto	Hierba
Poaceae	<i>Bouteloua simplex</i>	Pasto	Hierba
Poaceae	<i>Chusquea tesellata</i>	Chusque	Arbusto
Polypodiaceae	<i>Polypodium rusby</i>	Helecho	Hierba
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i>	Helecho	Hierba
Polypodiaceae	<i>Phlebodium pseudoaureum</i>	Calaguala	Hierba
Pteridaceae	<i>Pellaea ternifolia</i>	Helecho	Hierba
Pteridaceae	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	Helecho	Hierba
Rhamnaceae	<i>Condalia sp</i>		Arbusto
Rosaceae	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Mortño	Arbolito
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Arbolito
Salicaceae	<i>Xilosma spiculiferum</i>	Corono	Arbusto
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	Arbusto
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	Dodonea	Arbusto
Selaginellaceae	<i>Selaginella sellowii</i>	Flor de tierra	Hierba
Sphagnaceae	<i>Sphagnum</i>	Musgo	Rasante
Sphagnaceae	<i>Sphagnum limbatum m.</i>	Musgo	Rasante
Usneaceae	<i>Usnea sp.</i>	Liquen	Rasante
Woodsiaceae	<i>Woodsia montevidensis</i>	Helecho	Hierba

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 9-3. Especies de fauna de importancia para la preservación de áreas de protección y reserva.

AVES	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Strigidae	<i>Asio flammeus bogotensis.</i>	Búho sabanero.
Motacillidae	<i>Anthus bogotensis</i>	Bisbita paramuna
Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	Condor de los andes
Icteridae	<i>Chrysomus icterocephalus bogotensis.</i>	Monjita bogotana.
Odontophoridae	<i>Colinus cristatus bogotensis</i>	Codorniz crestada



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



AVES	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Alaudidae	Eremophila alpestris peregrina	Alondra cachudita
Rallidae	Fulica americana columbiana.	Focha americana.
Rallidae	Gallinula melanops bogotensis.	Tingua pico verde.
Ardeidae	Ixobrychus exilis bogotensis.	Avetorrillo pantanero.
Mimidae	Mimus gilvus	Sinsonte comun
Tyrannidae	Muscisaxicola maculirostris niceforoi.	Dormilona piquipinta.
Psittacidae	Ognorhynchus icterotis.	Loro orejiamarillo
Anatidae	Oxyura jamaicensis andina.	Pato turrio.
Thraupidae	Sicalis luteola bogotensis. .	Canario sabanero
Furnariidae	Synallaxis subpudica.	Chamicero. Ave.
ANFIBIOS		
Leptodactylidae	Eleutherodactylus renjiformum	Rana de lluvia de Renjifo
PECES		
Trichomycteridae	Eremophilus mutisii	Capitan de la sabana
Characidae	Grundulus bogotensis	Guapucha
MAMIFEROS		
Cricetidae	Thomasomys niveipes	Ratón montañero
Tapiridae	Tapirus pinchaque	Danta de Páramo

Fuente: Hidroboyacá, 2015

9.2. Propuesta de áreas que requieran ser incluidas en alguna categoría de protección

Los municipios que forman parte del Acuífero Regional de Tunja y la región necesitan la configuración de una estructura ecológica principal (EEP). Es decir, un sistema de áreas ambientales presentes en el espacio de origen natural y antrópico, desarrollados o aún no, que interconectadas dan sustento a los procesos y las funciones ecológicas esenciales y a la oferta de servicios ambientales (presentes y futuros) para el soporte de la biodiversidad y del desarrollo socioeconómico y cultural de los habitantes en el territorio.

La región sobre el acuífero de Tunja requiere de la incorporación de áreas protegidas para garantizar la regulación del agua que surte los sistemas de abastecimiento de agua para la población asentada en el territorio y se prevé que en el futuro va a aumentar de forma importante, en la medida en que la región se ha constituido en un polo de desarrollo nacional.

La estructura ecológica principal del sistema Acuífero de Tunja debería constituirse como un “Fondo de Activos Ambientales”, con participación de los municipios que lo conforman, la gobernación de Boyacá, CORPOBOYACÁ y todas las instituciones del



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Estado relacionadas con el sector ambiental como Parques Naturales de Colombia; con los particulares como ONG’s ambientales, la Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil y los habitantes de la región.

El Fondo de Activos Ambientales para incorporar áreas protegidas deberá ser manejado y operado de manera descentralizada, de tal forma que haya una institución específica responsable, que logre así que se impongan límites a los usos del suelo y se cumplan los objetivos de conservación y recuperación de las áreas incorporadas. El objetivo principal sería asegurar que exista una red del sistema acuífero de Tunja de áreas protegidas. Integrar esta red a la planificación regional y nacional para la conectividad de los paisajes y ecosistemas principales a gran escala.

El Fondo de Activos Ambientales deberá internalizar las externalidades y garantizar que los beneficios creados por la naturaleza y la sociedad en su conjunto se distribuyan de manera equitativa y reviertan al mismo ayudando en su sostenimiento y consolidación. También deberá invertir en las tecnologías que deben contribuir a la solución de los problemas ambientales y sociales urgentes como la producción y abastecimiento de alimentos sanos, la plantación de árboles dendroenergéticos, la implantación de sistemas silvopastoriles, agricultura orgánica, la promoción de energías alternativas (Energía solar, eólica, biomasa, etc.) que reemplacen la energía procedente de la leña y combustibles fósiles como el carbón.

Se propone incluir como Reservas Naturales Forestales los ecosistemas que ya se caracterizaron en este documento y básicamente son los siguientes tres:

Microcuenca Río Piedras: Bosque de galería y ripario; microcuenca Río Teatinos: Arbustal denso; microcuencas quebradas La Barona y de Pantano verde: Bosque denso bajo de tierra firme.

9.2.1. Microcuenca río Piedras – Bosque de galería y ripario

Esta zona se encuentra localizada al nororiente de Cómbita, en la vereda el Carmen de Cómbita, posee una extensión aproximada de 89 hectáreas.

El relicto de Bosque de galería y ripario es un ecosistema que es muy importante recuperarlo y conservarlo ambientalmente como área para la protección de fauna, evitar la tala y/o la entresaca de las especies arbustivas y arbóreas nativas que aún conserva y que son muy importantes, para el refugio y manejo de la fauna silvestre; también porque sirve de corredor ecológico de la región. En conclusión porque es importante para mantener alta la biodiversidad en la región. Es muy probable que estas poblaciones de arbustales nativos, representen reservas genéticas pre adaptadas para



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



responder al cambio climático, y podrían constituir las poblaciones centrales a medida que cambien las condiciones ambientales.

El Bosque de galería y ripario está sustentado sobre areniscas, las cuales son áreas potenciales de recarga del acuífero de Tunja, ya que permiten la infiltración, circulación o tránsito de aguas entre la superficie y el subsuelo.

El Bosque de galería es naturalmente un Área Forestal Protectora ya que es un área corresponde a una franja de suelo y vegetación ubicada paralelamente a la quebrada La Villa y al río Piedras y a las quebradas que le tributan como son las quebradas Cantores y La Ovejera y otras pequeña quebradas. Además el valle del río Piedras presenta zonas de humedales. De igual manera lo que queda del bosque son áreas forestales con pendientes superiores a 45° que por disposición legal son Áreas Forestales Protectoras

El bosque cumple una muy importante función de regulación hídrica, de prevención de riadas o avalanchas y abastecimiento de importantes caudales para los acueductos que surten las veredas de varios municipios como son: Cómbita, Sotaquirá, Oicatá, Tuta, Chivatá.

El bosque que mantiene su función ecológica presta unos bienes y servicios ambientales y culturales importantes que presta como son: el mantenimiento de la humedad y la regulación del microclima de la región, la depuración del aire; funciones esenciales que por ejemplo, soportan las actividades agropecuarias, renglón central de la economía de la región. Además por los recursos alimenticios, artesanales, dendroenergéticos, constructivos, ornamentales, de medicina popular, culturales y paisajísticos que presta el bosque a los habitantes de la región.

Por todo lo anterior el Bosque de galería y ripario es un área de bosque protector, y que corresponde a un área boscosa natural, que por su naturaleza de orden biológico, genético, estético, socioeconómico y cultural amerita ser protegida y conservada.

9.2.2. Microcuenca río Teatinos – Arbustal denso

Se encuentra al sur de Tunja en límites entre Ventaquemada y Tunja. Arbustal denso atravesado de occidente a oriente por el río Teatinos y luego de Suroccidente a Nororiente por el río Teatinos. En medio de estos arbustales se encuentra el Monumento Nacional Puente de Boyacá. Arbustal denso fragmentado por el ecosistema agropecuario y por la doble calzada Briceño-Tunja, también por la carretera Tunja a Samacá.

El Arbustal denso cumple una muy importante función de regulación hídrica de la cuenca del río Teatinos, de prevención de riadas o avalanchas y abastecimiento de



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



importantes caudales para los acueductos que surten las veredas de Ventaquemada y Tunja.

El arbustal denso presta a la región unos bienes y servicios ambientales y culturales importantes que presta como son: el mantenimiento de la humedad y la regulación del microclima de la región, la depuración del aire; funciones esenciales que, soportan las actividades agropecuarias de la región y que son altamente demandantes del recurso hídrico y del recurso suelo el cual aún conserva su productividad. Además por los recursos alimenticios, artesanales, dendroenergéticos, constructivos, ornamentales y de medicina popular que presta el bosque a los habitantes de la región.

Al estar el Arbustal denso cerca de una ciudad educadora como Tunja, cercana a la doble calzada Briceño-Sogamoso y por ser un área de interés turístico por el Monumento Nacional Puente de Boyacá; se constituye en una oportunidad para que al instituirlo en un Área de Reserva Forestal, también volver esta área un Centro Regional de Educación y Cultura Ambiental.

Se fundamenta esta propuesta en que por su naturaleza este arbustal denso presenta unas características de orden biológico, estético, socioeconómico y cultural ideales para este fin.

El objetivo del Centro Regional de Educación y Cultura Ambiental sería promover una nueva actitud en los habitantes de Boyacá como es la de cuidar y conservar, sentir orgullo por el patrimonio ambiental, tomar conciencia de la problemática ambiental, y promover soluciones a la misma, reproducir la cultura ambiental a nivel personal, empresarial, organizacional e institucional y en conclusión generar cultura ambiental en las personas que lo visiten.

Por todo lo anterior el Arbustal denso Microcuenca río Teatinos, es un área boscosa natural, que por su naturaleza de orden biológico, genético, estético, socioeconómico y cultural amerita ser protegida y conservada.

El establecimiento de esta área como Área de Reserva Forestal Protectora permitiría realizar un Plan de Manejo Ambiental el cual incluiría:

Revegetalizar la ronda hídrica del río Teatinos, cercando las rondas hídricas a ambos lados del Río Teatinos y establecer arbustales de Chusquea tesellata, para mantener al ganado fuera, de forma que el ganado no se coma los renuevos de los árboles y permitir la sucesión natural, para generar las condiciones para que estos arbustales densos adquieran su potencial ecológico y adquieran una biodiversidad alta. Se recomienda revegetalizar estos espacios fragmentados con Chusquea tesellata, macleania rupestris y Miconia squamulosa.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Conectar ecológicamente los dos grandes fragmentos que constituyen el arbustal denso y así generar un corredor biológico que conecte los ecosistemas de la región.

Establecer y fomentar alternativas económicas a la ganadería y agricultura en ladera con altas pendientes. Haciendo cumplir la ley en relación a prohibir las actividades agropecuarias en pendientes mayores a 45°.

Evitar que este ecosistema de arbustal denso se extinga ya que actualmente no es ambientalmente sostenible, debido a que hay una contradicción entre la creciente demanda de los recursos naturales del sistema agropecuario tales como el agua, el suelo, el aire depurado, los recursos maderables, los materiales dentro energéticos y otros recursos del arbustal denso y la ausencia de un plan de conservación y recuperación.

Mantener la diversidad genética del arbustal denso evitando la práctica que seleccionan solamente determinados árboles y arbustos nativos para la tala, lo que se conoce popularmente como entresaca y que a mediano plazo convierte los bosques nativos en herbazales, pastizales o bosques plantados con especies introducidas o invasivas.

Reducir la competencia de origen no natural, controlando las especies invasoras y reduciendo la dependencia de especies de cultivos arborícolas introducidos, no autóctonos en los proyectos de plantación, o revegetalización.

Involucrar al sector empresarial en la recuperación y conservación del arbustal denso como es el caso de la empresa de telecomunicaciones que en la cima de la loma que corona al arbustal denso presenta una torre de comunicaciones rodeada de pastizales y poca cobertura vegetal, contribuyendo con la revegetalización y recuperación de las áreas naturales a su alrededor.

9.2.3. Bosque denso bajo de tierra firme - Microcuencas quebradas de pantano verde

Se encuentra al Suroccidente de Tunja, en la Vereda Barón Germania, en límites con Samacá y Cucaita y Ventaquemada. Nacimiento de las quebradas de Pantano verde y Las Perdices, es la parte del bosque al sur de la Reserva Forestal Protectora El Malmo. Esta zona es de gran importancia forestal y se propone ampliar o que la zona protegida no solo sea la que está bajo jurisdicción de Tunja, sino el resto de las área y que corresponde a municipios vecinos como Cucaita, Samacá, también a un área de Tunja al sur de El Malmo.

Corresponde a franjas de suelo cubiertas de bosque ubicadas paralelamente a las áreas de nacimiento de las quebradas de Pantano verde, las perdices. De igual manera, se



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



corresponde con terrenos con pendiente superiores a 45° que por ley son Áreas Forestales Protectoras.

Figura 9-2. Torre de comunicaciones con poca cobertura arbustiva.



Fuente: Hidroboyacá, 2015.

El Bosque denso es una cobertura vegetal de bosque alto andino o de niebla sustentado sobre suelos potenciales de recarga hídrica, que permite la infiltración, circulación y tránsito de aguas entre la superficie y el subsuelo.

El bosque denso corresponde a áreas de ecosistemas naturales e intervenidos, con presencia de recursos de hábitat para especies de fauna de especial interés ecológico (especies focales) o en estado de amenaza de extinción en vida silvestre. Estas áreas tienen representatividad de la biodiversidad a nivel del ecosistema alto andino.

Dadas por comunidades, poblaciones, especies de flora y fauna que presenta genes, adaptaciones ecológicas a unas condiciones ambientales debe ser definidas como áreas prioritarias para su manejo y conservación, manejo de la fauna silvestre y generación de bienes y servicios ambientales mediante el mantenimiento de su función ecológica. Es muy probable que estas poblaciones de bosque denso alto andino nativo, representen reservas genéticas pre adaptadas para responder al cambio climático, y podrían constituir las poblaciones centrales a medida que cambien las condiciones ambientales.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Por lo expuesto anteriormente el bosque denso de tierra firme Microcuenca Pantano Verde es un área de bosque protector, y que corresponde a un área boscosa natural, que por su naturaleza de orden biológico, genético, estético, socioeconómico y cultural amerita ser protegida y conservada.

9.2.4. Otras áreas a conservar

Son sistemas naturales que actualmente están degradados o corresponde a zonas desnudas y erosionadas, incluso con riesgo de remoción en masa; debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas secas. Se incluyen las áreas donde se presentan proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.

Estas áreas deben recuperarse o revegetalizar, especialmente con especies nativas. Áreas como:

-El Embalse la Playa en Cómbita.

-La cuchilla de San Lázaro en Tunja.

-Áreas desnudas y degradadas, conocidas como La ladrillera El Triángulo y Los Barrancos pertenecientes al municipio de Tunja, Zona limitada al norte por la quebrada Farfaca y al sur por la carretera Tunja-Cucaita (Villa de Leiva); atravesada de Sur a Norte por la quebrada Cangrejo. Áreas degradadas por la explotación de ladrilleras y de arenas y materiales para la construcción. La degradación se agrava debido a la eliminación de la cobertura vegetal arbustiva y de matorral propia de esta zona; y a la eliminación de las márgenes hídricas de las quebradas, que agravan los procesos erosivos y generan el carcavamiento de los terrenos.

De igual forma una zona al sur de Tunja conocida como Las Areneras y Páramo chiquito, también por explotación de minas de arena y recebo y en general materiales de construcción.

-Área ubicada al oriente de la Universidad Santo Tomas de Aquino y al norte del aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla, a ambos lados de la variante Tunja-Sogamoso y a ambos lados de la quebrada La Colorada. Corresponde a una explotación antigua de areneras. En estas zonas no se realizó ningún plan de recuperación o adecuación post desmantelamiento de la explotación de arena.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



-Zona suburbana ubicada en los actuales Barrios Patriotas y Curubal. Son zonas que por factores geológicos (Band Lands) son susceptibles al carcavamiento profundo, erosión y a las inundaciones; agravadas por la actividad antrópica, debido a que no se respetan las márgenes hídricas, ni la continuidad estructural de las micro quebradas y cárcavas, ya que estas se suelen rellenar con materiales de desecho de la construcción y otros, con el consiguiente represamiento y desborde en las épocas de invierno.

- Cuchilla Alto El Salitre en Cómbita. Cuchilla al Occidente de Cómbita y al sur de la carretera Cómbita a Arcabuco.

- Áreas en los alrededores de Oicatá. Un área atravesada de Oriente a Occidente por la quebrada Las Cebollas. Otra área al Occidente de Oicatá, entre este municipio y el río Jordán. Otra área al Oriente de Oicatá.

- Áreas ubicadas al Nororiente de Chivatá. Un área en la vereda Santa Isabel, al sur de la quebrada Chirnica, en una zona de nacimientos que dan origen a esta quebrada. Otra área en la vereda El Pino, al occidente de la Quebrada El Pino y en una zona de nacimiento que dan origen a esta quebrada.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

10. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN

Para determinar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos, se aplicó el método GOD. La metodología considera la evaluación de un valor asociado a las propiedades intrínsecas del acuífero y de la zona no saturada (Figura 10-1).

El índice de vulnerabilidad **GOD**, (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988) caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, en función de los siguientes parámetros:

G = Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración. Índice por condición de confinamiento del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (Groundwater occurrence)

O = Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes) en términos de características litológicas y grado de consolidación, que determinan su capacidad de atenuación de contaminantes. (Overall aquifer class).

D = Distancia al agua, determinada como la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados. (Depth).

La vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación se establece por la facilidad con la cual ingresan las sustancias contaminantes al acuífero mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada.

En el presente estudio, se determinó la vulnerabilidad a la contaminación de los niveles acuíferos más superficiales, que se encuentran en la zona de estudio.

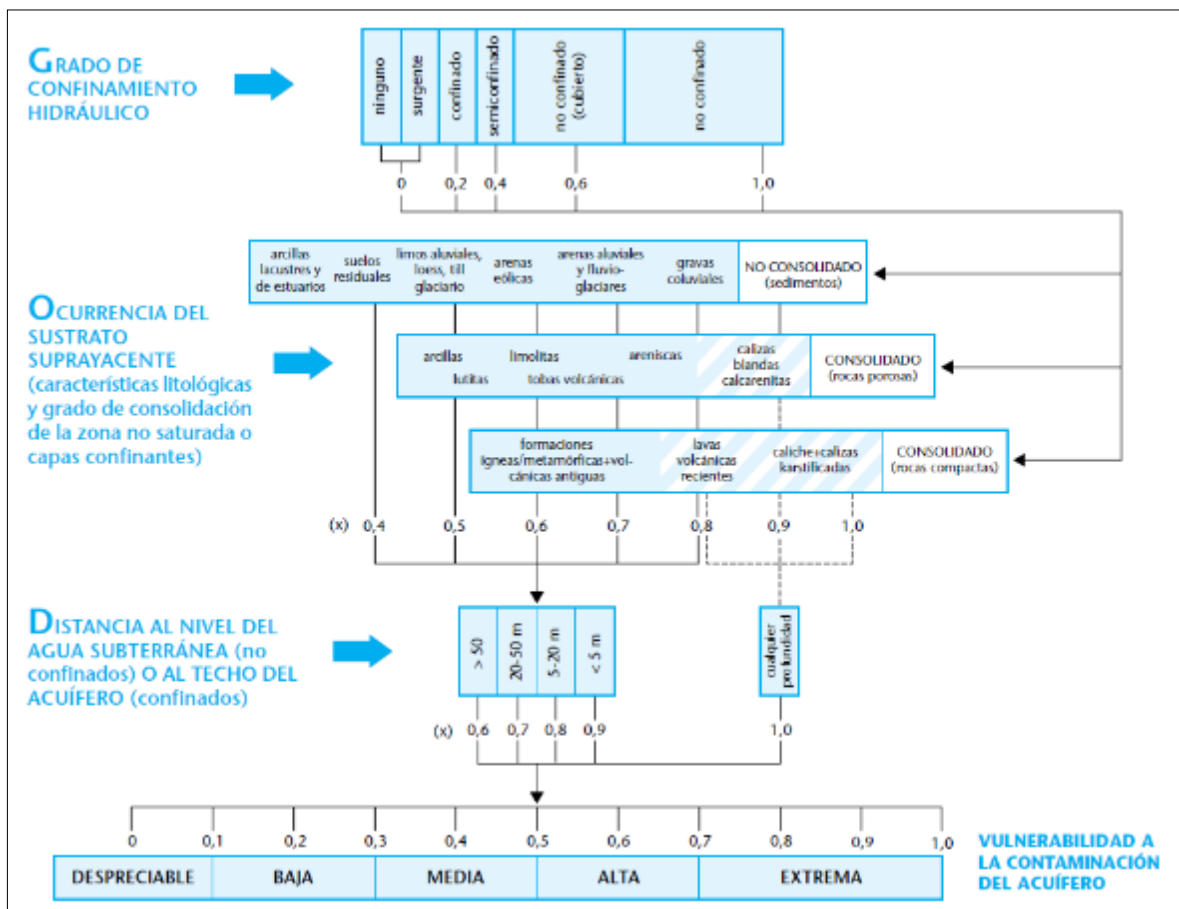
La evaluación de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos que integran el sistema acuífero de Tunja (conformado por un acuífero superficial, integrado por niveles de areniscas de la Formación Bogotá y de la Formación Cacho, y por acuífero de mayor profundidad, integrado por el Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna y la Formación Plaeners), se realizó para las zonas de afloramiento de estos acuíferos (zonas de recarga).

En el mapa hidrogeológico, se observa que en la zona de estudio, se encuentran otras unidades hidrogeológicas, consideradas en conjunto como acuitardos, es decir, constituidas predominantemente por rocas o sedimentos de baja a muy baja permeabilidad, (v.gr. Formación Tilatá, Formación Bogotá, Formación Conejo, etc), pero que presentan también niveles permeables (arenas, gravas, areniscas), considerados como acuíferos (de los cuales se extrae agua subterránea, como en el caso de la



Formación Tiltatá y la Formación Bogotá), por esta razón, la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación, se realizó también para los niveles acuíferos más superficiales identificados en estas formaciones, con base en la información disponible de registros litológicos de las perforaciones realizadas para la construcción de pozos profundos.

Figura 10-1. Diagrama para la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos, mediante el Sistema GOD.



Fuente: Protección de la calidad de agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y autoridades ambientales. Banco Mundial, 2003.

10.1. Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos del sistema acuífero de Tunja

El análisis de la vulnerabilidad a la contaminación se realizó de forma independiente para cada una de las unidades hidrogeológicas consideradas como acuíferos, tales como, Formación Cacho, Formación Labor y Tierna y Formación Plaeners, y para los



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



niveles acuíferos más superficiales de las formaciones Tiltatá y Bogotá, consideradas en conjunto como acuitardos.

La aplicación de la Figura 10-1, a las unidades hidrogeológicas consideradas, se hizo mediante la asignación de los diferentes índices a cada uno de los tres parámetros considerados.

Cada uno de los valores seleccionados para cada parámetro (G, O y D), se multiplicó sucesivamente por el otro, para obtener el valor del índice de vulnerabilidad.

El índice así obtenido, se llevó al diagrama de evaluación de índice de vulnerabilidad de GOD (Figura 10-1), en donde finalmente se asignó el grado cualitativo de la vulnerabilidad.

En el **Anexo 1.2 – Mapa de Vulnerabilidad**, se presenta el mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en la zona de estudio, en escala 1:125.000.

10.1.1. Evaluación de la vulnerabilidad para el acuífero superficial

10.1.1.1. Evaluación de la vulnerabilidad para los niveles de areniscas de la formación Bogotá

La evaluación de la vulnerabilidad y la determinación de los parámetros G, O y D, se realizó para los niveles acuíferos más superficiales identificados en la Formación Bogotá, a partir de la información geológica y de los registros litológicos disponibles de algunas perforaciones para la construcción de los pozos profundos en la zona de estudio.

A continuación se determina la vulnerabilidad para estos niveles acuíferos.

Grado de confinamiento hidráulico del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (G).

Los niveles acuíferos más superficiales de la Formación Bogotá, de acuerdo con los registros litológicos disponibles, están constituidos predominantemente por areniscas cuarzosas conglomeráticas con intercalaciones de arcillolitas (pozos La Fuente, Pensilvania, Cooservicios, Runta), confinadas o semiconfinadas por capas de arcillolitas, arenas con intercalaciones de arcillas, limolitas compactas.

- Ocurrencia del sustrato suprayacente (O). Características litológicas y grado de consolidación de la zona no saturada o capas confinantes.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

El sustrato suprayacente, está constituido por capas de arcillolitas, arenas con intercalaciones de arcillas, arcillas arenosas, limolitas compactas,

- Distancia al nivel agua del agua subterránea (no confinados), o al techo del acuífero.

Los niveles de areniscas de la Formación Bogotá se consideran hidráulicamente, como acuíferos confinados a semiconfinados, con el techo de los acuíferos más superficiales, entre 34 (pozo Runta), 50 m (pozo Pensilvania), 80 m (pozo Caminos Vecinales), 124 m (pozo Cooservicios).

En la Tabla 10-1, se presenta el índice de cada uno de los tres parámetros considerados y la vulnerabilidad resultante.

Tabla 10-1. Índice de vulnerabilidad Niveles de areniscas más superficiales de la Formación Bogotá.

Índice G	Índice O	Índice D	Índice Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
0.4	0.6	0.7	0.168	Baja

Fuente: Hidroboyacá, 2015.

El producto de los tres factores anteriores, correspondiente al índice de vulnerabilidad resultante (0,168), nos indica que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es baja.

10.1.1.2. Evaluación de la vulnerabilidad para los niveles de areniscas de la formación Cacho

La evaluación de la vulnerabilidad y la determinación de los parámetros G, O y D, se realizó para los niveles de areniscas que afloran en la zona de estudio.

A continuación se determina la vulnerabilidad para estos niveles acuíferos.

- Grado de confinamiento hidráulico del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (G).

Los niveles acuíferos de la Formación Cacho están constituidos por areniscas cuarzosas, de grano fino a medio en la parte superior de la sucesión y arena gruesa en los niveles inferiores, presentando algunos niveles conglomeráticos, y se consideran hidráulicamente como acuíferos libres en las zonas de afloramiento.

- Ocurrencia del sustrato suprayacente (O). Características litológicas y grado de consolidación de la zona no saturada o capas confinantes.

El sustrato suprayacente, está constituido por areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, fracturadas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Distancia al nivel agua del agua subterránea (no confinados), o al techo del acuífero.

En las zonas de afloramiento, el techo del acuífero se considera a 0 m de profundidad, como condición más crítica.

En la Tabla 10-2, se presenta el índice de cada uno de los tres parámetros considerados y la vulnerabilidad resultante.

Tabla 10-2. Índice de vulnerabilidad niveles de areniscas de la Formación Cacho.

Índice G	Índice O	Índice D	Índice Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
1.0	0.75	0.9	0.675	Alta

Fuente: Hidroboyacá, 2015.

El producto de los tres factores anteriores, correspondiente al índice de vulnerabilidad resultante (0,675), nos indica que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es alta.

10.1.1.3. Evaluación de la vulnerabilidad para los niveles acuíferos más superficiales de la formación Tilatá

La evaluación de la vulnerabilidad y la determinación de los parámetros G, O y D, se realizó para los niveles acuíferos más superficiales identificados en la Formación Tilata, a partir de la información geológica y de los registros litológicos disponibles de algunas perforaciones para la construcción de los pozos profundos en la zona de estudio.

A continuación se determina la vulnerabilidad para estos niveles acuíferos.

- Grado de confinamiento hidráulico del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (G).

Los niveles acuíferos más superficiales de la Formación Tilatá, de acuerdo con los registros litológicos disponibles, están constituidos predominantemente por areniscas gruesas, cuarzosa, compactas (pozo Batallón Bolívar II), arenas, finas a medias (pozo Silvino Rodríguez), confinados por capas de arcillolitas abigarradas, grises, rojas.

- Ocurrencia del sustrato suprayacente (O). Características litológicas y grado de consolidación de la zona no saturada o capas confinantes.

El sustrato suprayacente, está constituido por capas de arcillolitas abigarradas, grises, rojas, limolitas rojizas compactas.

- Distancia al nivel agua del agua subterránea (no confinados), o al techo del acuífero.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

El techo de los niveles de areniscas o arenas más superficiales de la Formación Tilatá, se encuentra entre 44 m (pozo Batallón Bolívar II) y 69 m (pozo Silvino Rodríguez).

En la Tabla 10-3, se presenta el índice de cada uno de los tres parámetros considerados y la vulnerabilidad resultante.

Tabla 10-3. Índice de vulnerabilidad niveles de areniscas más superficiales de la Formación Tilatá.

Índice G	Índice O	Índice D	Índice Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
0.3	0.7	0.7	0.147	Baja

Fuente: Hidroboyacá, 2015.

El producto de los tres factores anteriores, correspondiente al índice de vulnerabilidad resultante (0,147), nos indica que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es baja.

10.1.2. Evaluación de la vulnerabilidad para el acuífero de mayor profundidad

10.1.2.1. Evaluación de la vulnerabilidad para los niveles de areniscas del Miembro Tierna de la formación Labor y Tierna

La evaluación de la vulnerabilidad y la determinación de los parámetros G, O y D, se realizó para los niveles de areniscas del Miembro Tierna que afloran en la zona de estudio.

A continuación se determina la vulnerabilidad para estos niveles acuíferos.

- Grado de confinamiento hidráulico del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (G).

Los niveles acuíferos del Miembro Tierna, están constituidos por areniscas blancas, de grano fino a muy fino, friables o macizas, fracturadas, en capas gruesas y bancos, con intercalaciones de arcillolitas; se consideran hidráulicamente como acuíferos libres, en las zonas de afloramiento.

- Ocurrencia del sustrato suprayacente (O). Características litológicas y grado de consolidación de la zona no saturada o capas confinantes.

En algunos sectores, las areniscas están cubiertas por suelos residuales, producto de la meteorización de las areniscas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Distancia al nivel agua del agua subterránea (no confinados), o al techo del acuífero.

En las zonas de afloramiento, el techo del acuífero se considera a 0 m de profundidad, como condición más crítica.

En la Tabla 10-4, se presenta el índice de cada uno de los tres parámetros considerados y la vulnerabilidad resultante

Tabla 10-4. Índice de vulnerabilidad niveles de areniscas del Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna.

Índice G	Índice O	Índice D	Índice Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
1.0	0.75	0.9	0.675	Alta

Fuente: Hidroboyacá, 2015.

El producto de los tres factores anteriores, correspondiente al índice de vulnerabilidad resultante (0,675), nos indica que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es alta.

10.1.2.2. Evaluación de la vulnerabilidad para la formación Plaeners

A continuación se determina la vulnerabilidad para la Formación Plaeners, considerada como un acuífero de porosidad secundaria.

- Grado de confinamiento hidráulico del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (G).

En la zona de estudio se encuentran aflorando predominantemente, capas delgadas de porcelanitas y chert, muy fracturadas, en forma de panelitas. Se hidráulicamente, como un acuífero libre en las zonas de afloramiento.

- Ocurrencia del sustrato suprayacente (O). Características litológicas y grado de consolidación de la zona no saturada o capas confinantes.

En algunos sectores, las porcelanitas están cubiertas por suelos residuales, producto de la meteorización de las porcelanitas.

- Distancia al nivel agua del agua subterránea (no confinados), o al techo del acuífero.

En las zonas de afloramiento, el techo del acuífero (porcelanitas fracturadas), se considera a 0 m de profundidad, como condición más crítica.

En la Tabla 10-5, se presenta el índice de cada uno de los tres parámetros considerados y la vulnerabilidad resultante.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 10-5. Índice de vulnerabilidad para la Formación Plaeners.

Índice G	Índice O	Índice D	Índice Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
0.9	0.6	0.9	0.486	Media

Fuente: Hidroboyacá, 2015.

El producto de los tres factores anteriores, correspondiente al índice de vulnerabilidad resultante (0,486), nos indica que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es Media.

10.2. Mapa de vulnerabilidad

En el **Anexo 1.2 – Mapa de Vulnerabilidad**, se presenta el mapa de vulnerabilidad a la contaminación de las unidades hidrogeológicas consideradas como acuíferos que integran el sistema acuífero de Tunja.

El mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, representa sectores de vulnerabilidad homogénea para la zona de estudio, y representa la capacidad que tiene el medio para proteger los acuíferos de la contaminación. Este mapa representa la vulnerabilidad del acuífero y no de los puntos de captación específicos, y por consiguiente buscan proteger el recurso hídrico subterráneo y no a las captaciones (MAVDT, 2010).

De acuerdo con el mapa de vulnerabilidad resultante del análisis de las condiciones de los acuíferos, según la metodología GOD, los acuíferos más vulnerables a la contaminación, corresponden los niveles permeables de las Formaciones Cacho, Labor y Tierna (Miembro Tierna).

En las zonas topográficamente más bajas, en donde afloran las Formaciones Bogotá, y Tilatá, los niveles acuíferos, se encuentran cubiertos por materiales impermeables, y la vulnerabilidad de estos acuíferos, se considera baja.

Los colores para el mapa de vulnerabilidad, corresponden a los propuestos en la Guía y Leyenda estándar para la elaboración de mapas hidrogeológicos, elaborada por la Asociación internacional de hidrogeólogos. En la Figura 10-2, se presentan los colores propuestos para identificar la vulnerabilidad de los acuíferos en la zona de estudio.

En la Figura 10-3, se presenta la leyenda del mapa de vulnerabilidad, de acuerdo con lo establecido en el documento “Propuesta metodológica para evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación” del MAVDT (2010).



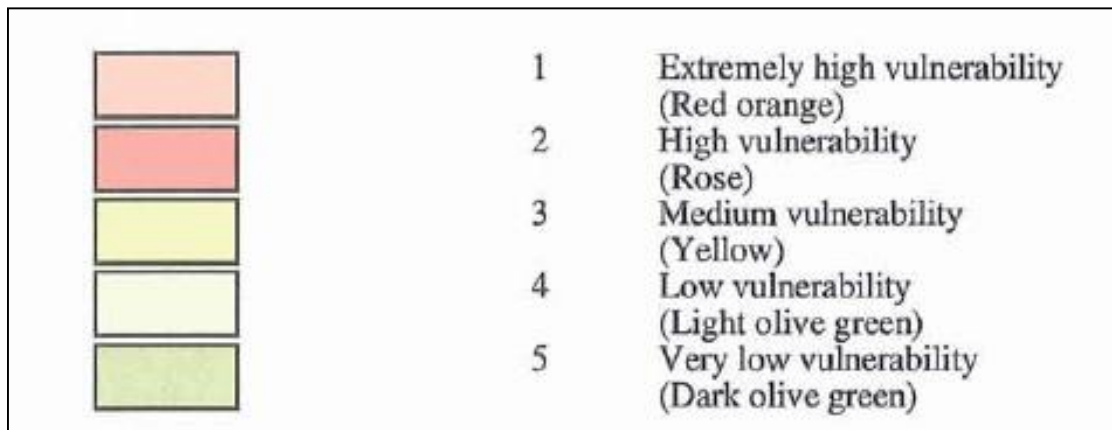
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 10-2. Colores propuestos para identificar la vulnerabilidad.



Fuente: Protección de la calidad de agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y autoridades ambientales. Banco Mundial, 2003.

Figura 10-3. Leyenda de vulnerabilidad



Fuente: Leyenda de vulnerabilidad. INGEOMINAS, 2003.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



11. USOS Y DEMANDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Se revisaron en total 349 expedientes, correspondientes a los listados entregados por las dos corporaciones, de los cuales 300 corresponden a Corpoboyacá y 49 a Corpochivor. Cada expediente se clasificó según el tipo de fuente: Pozo, Manantial o Aljibe.

De cada uno de los expedientes revisados, se recopiló la información general del punto, y la información técnica de interés para el presente estudio. La información recopilada, hace referencia a:

- Información general del usuario (Municipio, vereda, nombre, etc).
- Nombre de la fuente.
- Coordenadas.
- Caudal y Tiempo concesionado.
- Numero de Resolución y Fecha.
- Caudal del tipo de fuente (pozo, manantial o aljibe).
- Niveles estáticos, dinámicos, parámetros hidráulicos, estudios geoeléctricos, informes de construcción de los pozos, etc, para el caso de pozos profundos.
- Conceptos técnicos evaluación de los PUEAA.
- Reportes de resultados físico químicos de calidad del agua.
- Usos del recurso hídrico, etc.

11.1. Revisión de expedientes de Corpoboyacá y Corpochivor

En la revisión de los listados de expedientes suministrados por CORPOBOYACA, (relacionados con aguas subterráneas), se encontraron 76 expedientes, que no corresponden a aguas subterráneas, sino a aguas superficiales, tales como: quebradas, ríos, reservorios o aguas lluvias, entre otros, y 74 expedientes, se encuentran por fuera de la zona de estudio.

En el **Anexo 5 - Revisión de Expedientes (Anexo 5.1. - Expedientes que no corresponden al estudio)**, se encuentra el registro de los expedientes que no corresponden a aguas subterráneas y los que se encuentran por fuera de la zona de estudio.

Se encontraron 104 expedientes que se encuentran sin concesión (es decir expedientes con concesión vencida o en trámite). En el **Anexo 5.2 - Estado de concesión de los expedientes**, se presenta el registro de los expedientes que se encuentran sin concesión y los expedientes que tienen concesión.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En la Tabla 11-1 se presenta el resultado de la clasificación general de los expedientes revisados.

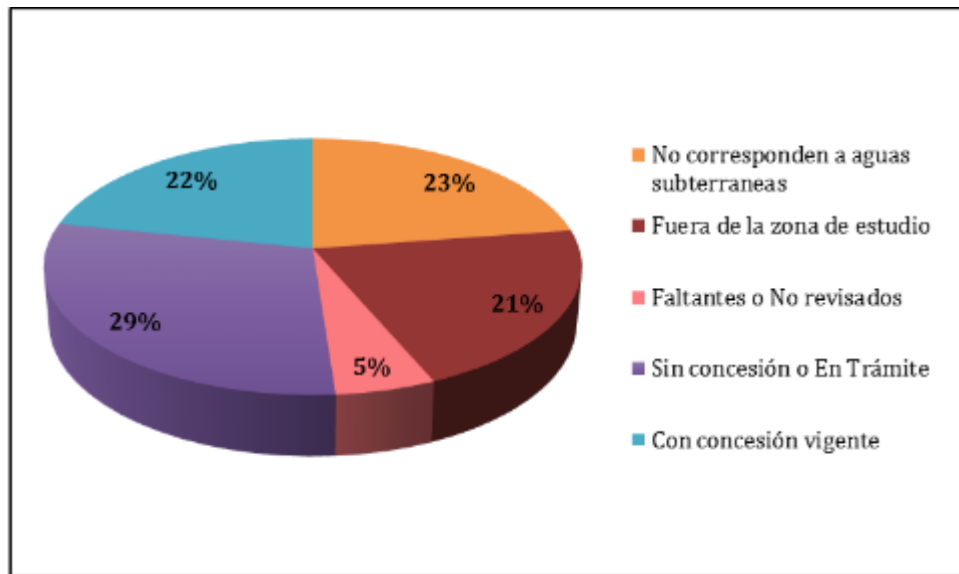
Tabla 11-1. Clasificación de los expedientes revisados

No. Expedientes revisados	344
No. Expedientes que no corresponden a aguas subterráneas (aguas superficiales, etc)	76
No. Expedientes fuera de la zona de estudio (Puntos fuera del polígono)	71
No. Expedientes faltantes (No fue posible revisarlos)	19
No. Expedientes sin concesión o en tramite	104
No. Expedientes con concesión vigente	78

Fuente: Hidroboyacá, 2015.

En la Figura 11-1, se presenta en escala porcentual la clasificación de los expedientes revisados.

Figura 11-1. Clasificación de los expedientes revisados



Fuente: Hidroboyacá, 2015.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

11.1.1.1. Estado de los expedientes

Se clasifican los 182 expedientes que aplican para el estudio (78 expedientes con concesión vigente y 104 expedientes sin concesión) según su estado, en dos categorías: Expedientes con concesión vigente y expedientes sin concesión.

Expedientes con Concesión Vigente

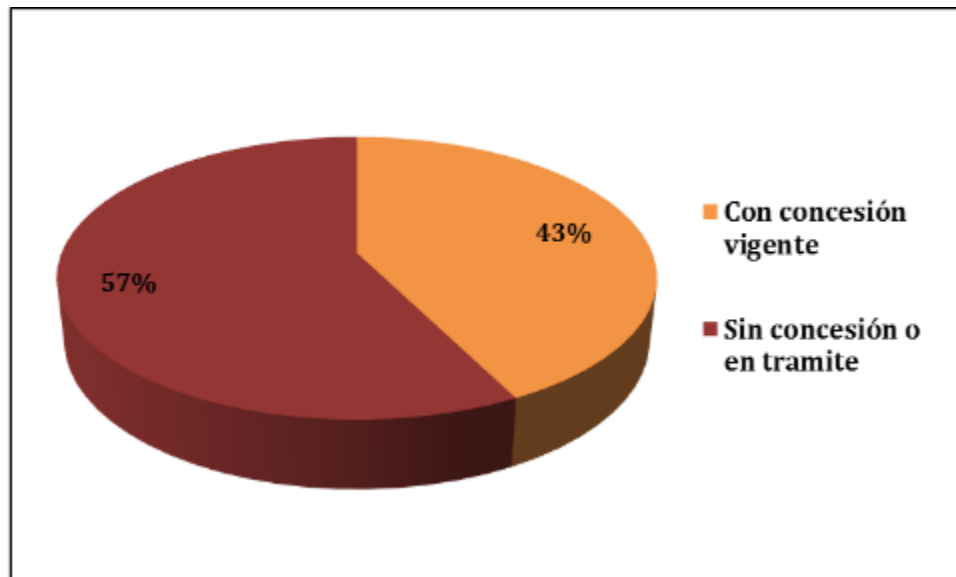
El número de expedientes con concesión vigente es de 78. Se dividen de la siguiente forma: 11 expedientes relacionados con pozos, 65 expedientes relacionados con manantiales y 2 expedientes relacionados con aljibes.

Expedientes sin Concesión

El número de expedientes sin concesión es de 100 (se encuentran los expedientes en trámite y con concesión vencida). Se dividen de la siguiente forma: 34 expedientes relacionados con pozos, 66 expedientes relacionados con manantiales y 4 expedientes relacionados con aljibes.

En la Figura 11-2 se puede observar que el 57% de los expedientes revisados tienen concesión vigente y el 43% de los expedientes se encuentran sin concesión o en estado de trámite.

Figura 11-2. Estado de los expedientes en la zona de estudio



Fuente: Hidroboyacá, 2015.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

11.1.2. Clasificación de expedientes por municipios

El número total de expedientes de la zona de estudio es de 182, tal y como se había mencionado anteriormente.

El número de expedientes según el tipo de fuente es el siguiente:

- Pozos: Se identificaron 45 expedientes relacionados con pozos profundos, de los cuales 20 expedientes corresponden a 37 pozos construidos (16 pozos operados por proactiva y 11 pozos operados por otros usuarios), los 25 expedientes restantes, corresponden a trámites relacionados con futuros pozos.
- Manantiales: Se identificaron 131 expedientes relacionados con manantiales.
- Aljibes: Se identificaron 6 expedientes relacionados con aljibes.

En la Tabla 11-2, se presenta el número de expedientes por cada uno de los 14 municipios que comprende al área de estudio.

Tabla 11-2. Expedientes de la zona de estudio

MUNICIPIO	POZOS	MANANTIALES	ALJIBES	TOTAL USUARIOS POR MUNICIPIO
Cómbita	11	13	1	25
Cucaita	2	10	---	12
Oicatá	4	2	1	7
Motavita	6	11	---	17
Samacá	3	16	1	21
Chivatá	---	---	---	---
Paipa	---	---	---	---
Sora	---	1	---	1
Soracá	1	12	1	14
Sotaquirá	3	9	---	12
Tunja	9	22	---	31
Tuta	4	6	1	11
Ventaquemada	1	13	---	14
Boyacá	---	16	1	17
TOTAL USUARIOS	45	131	6	182

Fuente: Hidroboyacá, 2015.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

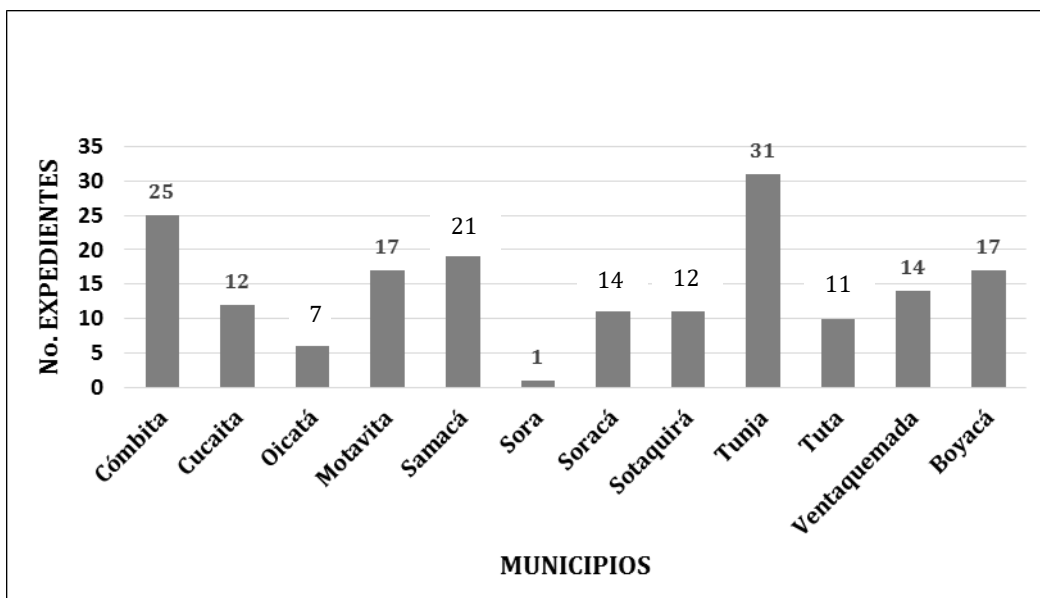


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En la Figura 11-3, se representa el número de expedientes registrados por cada municipio. Los municipios con la mayor cantidad de expedientes son Tunja y Cóbbita con 31 y 25 expedientes respectivamente. Los municipios con la menor cantidad de expedientes registrados son: Sora con 1 usuario, y Oicatá con 7 usuarios.

Los municipios de Cucaita, Motavita, Samacá, Soracá, Sotaquirá, Tuta, Ventaquemada y Boyacá tienen un número de expedientes que oscila entre 10 y 19 expedientes registrados. Los municipios de Chivatá y Paipa no presentan expedientes en el listado suministrado por Corpoboyacá, por esta razón no aparecen en este análisis.

Figura 11-3. Número de expedientes por municipio de la zona de estudio



Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.2. Expedientes y puntos de captación de agua subterránea en el acuífero superficial y en el de mayor profundidad

En **Anexo 5.4 - Tablas finales del Inventario de Expedientes**, se presenta la clasificación de todos los expedientes por subcuenca hidrogeológica.

A continuación se presenta la relación de puntos de agua subterránea (pozos, manantiales y aljibes), identificados a partir de la revisión de expedientes, suministrados por Corpoboyacá y Corpochivor, a partir de los cuales se calculó la descarga del recurso hídrico subterráneo en el numeral 6.5.3, del acuífero superficial y de mayor profundidad, por subcuenca hidrogeológica.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



**CONSORCIO
HIDROBOYACÁ**

11.2.1. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja

11.2.1.1. Pozos construidos

- Acuífero Superficial

En la Tabla 11-3, se relacionan los pozos profundos construidos (que fueron identificados en la revisión de expedientes), en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, y que captan agua subterránea del acuífero superficial.

Tabla 11-3. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que captan el acuífero superficial

EXPEDIENTE	USUARIO	ESTADO DE LA CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
CAPP-0014/09	Gabriel Herrera Vanegas	Vencida	Tic	-
CAPP-0031/10	María Victoria Malaver	Vigente	Tst	0.25
CAPP-0004/03	Héctor Alfonso Cruz	Vigente	Tb - Tic	2.55
CAPP-0001/06	Universidad Santo Tomas	Vencida	Tb - Tic	-
OOLA-0014/01 PROACTIVA	Pensilvania	Vigente	Tb - Tic	109.66
	San Francisco	Vigente	Tb -Tic	
	Cooservicios 2	Vigente	Tb -Tic	
	Cooservicios 1	Vigente	Tb -Tic	
	San Antonio	Vigente	Tb -Tic	
	Caminos vecinales	Vigente	Tb -Tic	
	Silvino Rodríguez	Vigente	Tst-Tb-Tic	
	Batallón Bolívar 1	Vigente	Tst	
	Batallón Bolívar 2	Vigente	Tst	
	Estadio	Vigente	Tb -Tic	
	Remonta	Vigente	Tb -Tic	
	UPTC	Vigente	Tic	
	Recreacional	Vigente	Tb - Tic	
	Belalcazar	Vigente	Tb - Tic	
	Fuente 2	Vigente	Tst-Tb-Tic	
Runta	Vencida	Tb -Tic	-	

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 11-4. Agua subterránea extraída del acuífero superficial de los pozos

AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA DEL ACUÍFERO SUPERFICIAL DE LOS POZOS			
5 expedientes	20 Pozos Profundos	17 Vigentes	112,46
		3 Vencidas	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Acuífero de mayor profundidad

En la Tabla 11-5, se relacionan los pozos profundos construidos en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, que captan agua subterránea del acuífero de mayor profundidad.

Tabla 11-5. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que captan el acuífero profundo.

EXPEDIENTE	USUARIO	ESTADO DE LA CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
CAPP-0009/09	Acueducto Pozo Profundo Surquirá	Vencida	Kg1	-
CAPP-0154/02	Acueducto La Toma	Vencida	Kg1	-
CAPP-0006/10	Victor Manuel Ríos Acevedo	Vigente	Kg1	5.00
CAS-0002/2008	Virgilio Sánchez Garay	Vigente	Kg1	0.20
CAPP-0004/14	Leonel Alfonso Puerto Rodríguez	En Tramite	Kg2	-

Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.2.1.2. Manantiales

- Acuífero Superficial

En la Tabla 11-6, se relacionan los manantiales (identificados en la revisión de expedientes), en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, que descargan agua subterránea del acuífero superficial.

Tabla 11-6. Manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que descargan agua subterránea del acuífero superficial, con concesión vigente.

EXPEDIENTE	USUARIO	NOMBRE FUENTE	ESTADO CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL (L/s)
OOCA-0033/14	Álvaro Molina Rodríguez - Mireya Arias	N. Las Quebraditas	Vigente	Tic	0.043
OOCA-0155/08	Municipio De Combita	N. Santuario	Vigente	Tic	0.15



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



EXPEDIENTE	USUARIO	NOMBRE FUENTE	ESTADO CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL (L/s)
OOCA-0064/12	Luis Guillermo García García	N. El Santuario	Vigente	Tic	0.42
OOCA-0104/11	Acueducto El Recreo	N. Mana Dulce	Vigente	Tib	0.13
		N. Piedra Gorda	Vigente	Tib	0.70
OOCA-0299/10	Hector Alfonso Cruz	N. El Carmen	Vigente	Tb	1.55

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 11-7. Descarga de agua subterránea de los manantiales del acuífero superficial

DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS MANANTIALES DEL ACUÍFERO SUPERFICIAL			
5 expedientes	6 Manantiales	6 Vigentes	2.99l/s

Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Acuífero de mayor profundidad

En la Tabla 11-8, se relacionan los manantiales (identificados en la revisión de expedientes), en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, que descargan agua subterránea del acuífero de mayor profundidad.

Tabla 11-8. Manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja que descargan agua subterránea del acuífero de mayor profundidad, con concesión vigente.

EXPEDIENTE	USUARIO	NOMBRE FUENTE	ESTADO CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL (L/s)
OOCA-0155/08	Municipio De Combita	N. Los Tanques	Vigente	Kg1	0.93
OOCA-0048/14	Municipio de Soracá - Oscar Ricardo Corredor	N. El Manantial	Vigente	Kg1	3.72
		N. El Manzano	Vigente	Kg1	
OOCA-0024/11	María luisa Sánchez De Galvis	N. El Redil	Vigente	Kg2	0.24
OOCA-0090/11	Héctor Alfonso Cruz Sanguino	N. Paraíso 1	Vigente	Kg1	0.26
	María Ofelia Jiménez Cipamocha	N. Paraíso 2	Vigente	Kg1	0.26
	Gratiniano Martínez Quintero	N. Buenos Aires	Vigente	Kg1	0.26
	Hermencia Quintero de Martínez	N. Paraíso	Vigente	Kg1	0.25
OOCA-0389/10	Acueducto El Arrayancito	N. Cascajera	Vigente	Kg1	0.18
		N. Arrayanes	Vigente	Kg1	0.18



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



EXPEDIENTE	USUARIO	NOMBRE FUENTE	ESTADO CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL (L/s)
OOCA-0179/10	Acueducto La Hoya	N. Aposentos	Vigente	Kg2	1.42
OOCA-0203/09	Acueducto El Amarillal	N. El Amarillal	Vigente	Kg1	0.68
OOCA-0198/10	Pedro Joaquín Cifuentes	N. Puente Negra	Vigente	Kg1	0.049
OOCA-0330/10	Asociación de suscriptores acueducto La Lajita	La Porción o Yerba Buena	Vigente	Kg1	0.48
OOCA-0297/10	María Cecilia Torres Rodríguez	N. Los Pinos	Vigente	Kg1	0.017
OOCA-0325/10	Acueducto Barón Gallero	N. la Porción o Yerbabuena	Vigente	Kg1	0.33
CA-0005/2014	Julia Rodríguez De Mancipe	N. Cascajera	Vigente	Kg2	0.018
CA-0109/2009	Israel Rojas Martínez	N. Alcantarilla No. 2	Vigente	Kg2	0.10
CA-0135/2012	María Erminda Rincón Mancipe	N. Cañada Honda	Vigente	Kg1	0.56
CA-0111/2013	María del Carmen Sánchez de Caro	N. La Cascajera	Vigente	Kg1	0.0041
CA-0136/2009	Luis Alberto Rodríguez Merchán	N. Ojo De Agua	Vigente	Kg1	0.02
CA-0123/2005	Jose Glodomiro Benavidez Medina	N. Bellavista	Vigente	Kg1	0.11
CA-0103/2006	Julia Rodríguez De Mancipe	N. Villa Hermosa	Vigente	Kg2	0.12
		N. El Llanito	Vigente	Kg2	0.10
CA-0024/2012	Domitila Peña De Sosa	N. Los Laureles	Vigente	Kg1	0.77

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 11-9. Descarga de agua subterránea de los manantiales del acuífero de mayor profundidad

DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS MANANTIALES DEL ACUÍFERO DE MAYOR PROFUNDIDAD			
19 expedientes	25 Manantiales	25 Vigentes	11.05 L/s

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

11.2.1.3. Aljibes

No se identificaron aljibes en el acuífero superficial ni en el acuífero de mayor profundidad, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

11.2.2. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín

11.2.2.1. Pozos construidos

- Acuífero Superficial

En la Tabla 11-10, se presentan los pozos construidos en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín (identificados en la revisión de expedientes), que captan el acuífero superficial, y que tienen concesión vigente.

Tabla 11-10. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín que captan el acuífero superficial

EXPEDIENTE	USUARIO	CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
CAPP-0004/10	Juan Manuel Flórez Zamorano	Vigente	Tic	0.055

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 11-11. Agua subterránea extraída del acuífero superficial de pozos

AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA DEL ACUÍFERO SUPERFICIAL DE POZOS			
1 expediente	1 Pozo Construido	1 Vigente	0.055 L/s

Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Acuífero de mayor profundidad

En la Tabla 11-12, se presentan los pozos construidos en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín (identificados en la revisión de expedientes), que captan el acuífero superficial, y que tienen concesión vigente.

Tabla 11-12. Inventario de pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín

EXPEDIENTE	USUARIO	CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
CAPP-0004/09	Condominio Refugio Campestre	Vigente	Kg1	0.51
OOCA-0155/08	Municipio de Combita	Vigente	Kg1	1.45



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



EXPEDIENTE	USUARIO	CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
OOCA-0163/10	Municipio De Motavita	Vigente	Kg1	2.03
		Vigente	Kg1	
OOCA-0086/12	Acueducto Vda. Tras Del Alto	Vigente	Kg2	0.47
		Vigente	Kg1	0.20
OOCA-0344/98	Municipio de Combita	En Tramite	Kg1	
CAPP-0019/13	Juan Manuel Flórez Zamorano	En Tramite	Kg1	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 11-13. Agua subterránea extraída del acuífero de mayor profundidad de pozos

AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAIDA DEL ACUÍFERO DE MAYOR PROFUNDIDAD DE POZOS			
6 expedientes	8 Pozo Construidos	6 Vigentes	4.66 L/s
		2 En tramite	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.2.2.2. Manantiales

- Acuífero Superficial

No se encuentran manantiales en el acuífero superficial.

- Acuífero de mayor profundidad

En la Tabla 11-14, se relacionan los manantiales (identificados en la revisión de expedientes), en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín, que descargan agua subterránea del acuífero de mayor profundidad, y que tienen concesión vigente.

Tabla 11-14. Inventario de manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín

EXPEDIENTE	USUARIO	NOMBRE FUENTE	ESTADO CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL (L/s)
OOCA-0333/09	Pro-Acueducto vda. Lluviosos	N. El Arrayán	Vigente	Kg2	0.24
OOCA-0346/09	Leopoldo Sánchez Aureliana Niño	N. El Potrero	Vigente	Kg2	0.008
		N. Ojo de Agua	Vigente	Kg2	0.002
OOCA-0101/11	Acueducto Vda. Rista	N. Ojo de agua	Vigente	Kg1	0.20
		N. Eucalipto	Vigente	Kg1	0.27
		N. Alcaparro	Vigente	Kg2	0.40



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

EXPEDIENTE	USUARIO	NOMBRE FUENTE	ESTADO CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA	CAUDAL (L/s)
OOCA-0086/10	Acueducto vda. Carbonera	N. Mochilas	Vigente	Kg2	1.60
		N. Ojo de Agua	Vigente	Kg1	0.32
		N. Fusachá	Vigente	Kg1	0.09
		N. Pantano Amarillo	Vigente	Kg2	0.15
OOCA-0390/09	Acueducto El Laurel	N. Mana Riaño	Vigente	Kg2	0.56
OOCA-0116/12	Acueducto Cartagena	N. Cartagena	Vigente	Kg2	0.47
OOCA-0110/09	Orlando Ruiz Vargas	Nacimiento N.N.	Vigente	Kg2	0.20
OOCA-0190/13	Acueducto El Rubí - Luis Molina Castro	N. El Rubí	Vigente	Kg2	0.10

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Tabla 11-15. Descarga de agua subterránea de los manantiales del acuífero de mayor profundidad

DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS MANANTIALES DEL ACUÍFERO DE MAYOR PROFUNDIDAD			
8 expedientes	14 Manantiales	14 Vigentes	4.61 L/s

Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.2.2.3. Aljibes

- Acuífero Superficial

No se encuentran aljibes en el acuífero superficial.

- Acuífero de mayor profundidad

En la Tabla 11-16, se presenta un (1) aljibe, identificado en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín, que capta agua del acuífero de mayor profundidad, y que tiene la concesión en trámite.

Tabla 11-16. Inventario de aljibes en la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín

EXPEDIENTE	USUARIO	ESTADO DE LA CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA
OOCA-0093/15	J.A.C. vda Tibaquirá Sector La Cabuya	En tramite	Kg2

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

11.2.3. Subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá

11.2.3.1. Pozos construidos

Al oriente de la falla de Chivata, se identificaron tres (3) pozos profundos, de los cuales, uno tiene la concesión vigente, otro la tiene en trámite y un tercero la tiene vencida. Ver Tabla 11-17.

Tabla 11-17. Pozos construidos en la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá.

EXPEDIENTE	USUARIO	CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA
OOCA-0217/10	Municipio de Oicatá - Luis Eduardo Páez	Vigente	Tic
CAPP-0001/10	Acueducto La Roca	Vencida	Kg1
CAPP-0010/10	Pablo López Corredor	En Tramite	Kg1

Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.2.3.2. Manantiales

En la Tabla 11-18, se relacionan los manantiales (identificados en la revisión de expedientes), en la subcuenca hidrogeológica al, oriente de la falla de Chivata, que tienen concesión vigente.

Tabla 11-18. Manantiales en la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá

EXPEDIENTE	USUARIO	NOMBRE FUENTE	ESTADO DE LA CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA
OOCA-0360/09	Luis Armando Vargas Álvarez	N. Las Fuentes	Vigente	Ktg
OOCA-0433/10	Segundo Gumercindo Pedroza Huertas	N. El Cerezo	Vigente	Kg1
OOCA-0172/13	Rosa Matilde Suarez De Flórez	N. El Papayo	Vigente	Kg1

Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.2.3.3. Aljibes

En la tabla Tabla 11-19, se relaciona el aljibe identificado al oriente de la falla de Chivata, en la revisión de los expedientes.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 11-19. Inventario de aljibes en la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá

EXPEDIENTE	USUARIO	ESTADO DE LA CONCESIÓN	UNIDAD GEOLÓGICA
OCCA-0078/13	Mario Saúl Molano Castro	Vigente	Kg1

Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.3. Demanda del recurso hídrico subterráneo

El análisis de la demanda del recurso hídrico subterráneo se realiza con base en la información de las concesiones vigentes, es decir, aquellas que tienen el acto administrativo, donde se encuentra el caudal otorgado. Para los casos en que las concesiones fueron otorgadas en el año 2010 con un término de vigencia de 5 años, se tomaron en cuenta para el análisis de demanda, las concesiones vigentes hasta el 20 de noviembre de 2015.

El análisis de la demanda se realizó de manera independiente para cada una de las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio.

Para el cálculo de la demanda se tuvieron en cuenta todos los expedientes con concesión vigente que captan agua subterránea, tanto del acuífero superficial, como del acuífero de mayor profundidad, y de otros niveles acuíferos de menor importancia (depósitos y rocas fracturadas), presentes en otras unidades geológicas, tales como, la Formación Guaduas, Formación Conejo, Formación Churuvita, etc.

En el **Anexo 5.5 - Expedientes para el cálculo de demanda**, se encuentra el listado de los 74 expedientes con concesión vigente que fueron considerados para la determinación de la demanda del recurso hídrico subterráneo.

Los expedientes OCCA-0163/10 y OCCA-0155/08 se encuentran registrados en las tablas de pozos y manantiales debido a que corresponden a usuarios que captan el recurso hídrico subterráneo de ambas fuentes, por esta razón en el **Anexo 5.5**, se encuentran repetidos estos dos expedientes.

Los municipios de Chivatá y Paipa no presentan expedientes en el listado suministrado por Corpoboyacá, por esta razón no se encuentra información de estos municipios para el análisis de la demanda hídrica subterránea.



11.3.1. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja

En la Tabla 11-20, se relacionan los expedientes de pozos profundos en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja con la demanda correspondiente.

Tabla 11-20. Expedientes relacionados con Pozos para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIEN TE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONAD O (L/s)
		X	Y		
CAPP-0031/10	María Victoria Malaver	1090211	1117300	Tunja	0.25
CAPP-0006/10	Víctor Manuel Ríos Acevedo	1082686	1103245	Tunja	5.00
CAPP-0004/03	Héctor Alfonso Cruz	1077648	1098892	Tunja	2.55
OOLA-0014/01 PROACTIVA	Pensilvania	1078100	1100328	Tunja	109.66
	San Francisco	1079180	1100810		
	Cooservicios 2	1079888	1101615		
	Cooservicios 1	1080480	1102743		
	San Antonio	1079677	1102700		
	Caminos vecinales	1080028	1103214		
	Silvino Rodríguez	1080900	1102900		
	Batallón Bolívar 1	1080480	1103770		
	Batallón Bolívar 2	1080480	1103750		
	Estadio	1080315	1104734		
	Remonta	1080000	1104530		
	UPTC	1080170	1105250		
	Recreacional	1079750	1105320		
	Belalcazar	1079465	1105270		
Fuente 2	1079505	1105307			
CAS-0002/2008	Virgilio Sánchez Garay	1070927	1093227	Tunja	0.20
TOTAL					117.66

Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la Tabla 11-21, se relacionan los expedientes de manantiales en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja con la demanda correspondiente.



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Tabla 11-21. Expedientes relacionados con manantiales para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLOGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
		X	Y		
OOCA-0242/10	José Faustino Ruiz García	1084601	1121119	Tunja	0.007
OOCA-0033/14	Álvaro Molina Rodríguez - Mireya Arias	1082234	1111482	Tunja	0.043
OOCA-0155/08	Municipio De Combita	1082126	1111138	Tunja	0.15
		1082519	1116361	Tunja	0.93
OOCA-0191/09	Acueducto La Poseta	1085604	1122520	Tunja	0.22
		1085614	1122527	Tunja	0.037
OOCA-0064/12	Luis Guillermo García	1082212	1111090	Tunja	0.42
OOCA-0150/12	Acueducto El Campanario Sector La Playa	1081988	1120763	Tunja	0.28
OOCA-0104/11	Acueducto El Recreo	1082861	1112185	Tunja	0.13
		1083023	1112376	Tunja	0.7
OOCA-0102/11	Acueducto El Chorro de la Ninfa	1082593	1119520	Tunja	0.44
OOCA-0048/14	Municipio de Soracá - Oscar Ricardo Corredor	1083968	1097949	Tunja	3.72
		1083003	1099714	Tunja	
OOCA-0259/09	Héctor Julio Martínez Quintero	1080806	1099049	Tunja	1.02
	Luis Eduardo Martínez Quintero	1081190	1099259	Tunja	0.77
OOCA-0062/13	Nelson Eduardo Rojas García	1087585	1123344	Tunja	0.11
OOCA-0027/12	Lesbia Consuelo Gutiérrez Chavarria	1088027	1123978	Tunja	0.12
OOCA-0024/11	María Luisa Sánchez De Galvis	1088667	1122954	Tunja	0.24
OOCA-0112/12	Omar José Sanabria Muñoz	1078129	1097129	Tunja	0.92
OOCA-0090/11	Héctor Alfonso Cruz Sanguino	1073049	1098867	Tunja	0.26



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



**CONSORCIO
HIDROBOYACÁ**

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONAD O (L/s)
		X	Y		
	María Ofelia Jiménez Cipamocha	107325 3	109878 5	Tunja	0.26
	Gratiniano Martínez Quintero	107323 0	109799 2	Tunja	0.26
	Hermencia Quintero de Martínez	107338 0	109828 2	Tunja	0.25
OOCA- 0012/11	Héctor Julio Martínez Quintero	107747 9	109725 6	Tunja	0.6
OOCA- 0010/11	Clara Rodríguez de Ferrucho	108030 6	109872 7	Tunja	0.16
OOCA- 0389/10	Acueducto El Arrayancito	107393 9	109963 2	Tunja	0.18
		107394 0	109963 3	Tunja	0.18
OOCA- 0316/10	José Samuel Torres González	107489 6	109780 3	Tunja	0.21
OOCA- 0179/10	Acueducto La Hoya	107255 9	109715 7	Tunja	1.42
OOCA- 0203/09	Acueducto El Amarillal	107865 1	109660 1	Tunja	0.68
OOCA- 0198/10	Pedro Joaquín Cifuentes	107445 9	109777 2	Tunja	0.049
OOCA- 0013/11	Luis Eduardo Martínez Quintero	107678 1	109697 9	Tunja	1.91
OOCA- 0115/08	Vitaliano Torres Molano	107577 8	109630 8	Tunja	0.43
OOCA- 0037/14	José Virgilio Torres Vargas	108332 8	110275 9	Tunja	0.5
OOCA- 0330/10	Asociación de suscriptores acueducto La Lajita	107305 9	109646 3	Tunja	0.48
OOCA- 0297/10	María Cecilia Torres Rodríguez	107357 7	109666 9	Tunja	0.017
OOCA- 0299/10	Hector Alfonso Cruz	107755 1	109891 4	Tunja	1.55
OOCA- 0325/10	Acueducto Barón Gallero	107305 9	109646 3	Tunja	0.33
OOCA- 0055/12	José Jaime Rodríguez Guzmán	109841 2	112231 0	Tunja	0.11
		109836 0	112231 9	Tunja	
		109836 1	112235 1	Tunja	



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONAD O (L/s)
		X	Y		
		109830 7	112231 5	Tunja	
CA-0005/2014	Julia Rodríguez De Mancipe	107053 7	109323 4	Tunja	0.018
CA-0109/2009	Israel Rojas Martínez	107068 3	109338 3	Tunja	0.1
CA-0100/2012	Beatriz Mancipe Mesa	107077 9	109359 2	Tunja	0.045
CA-0135/2012	María Erminda Rincón Mancipe	107092 8	109328 5	Tunja	0.56
CA-0111/2013	María del Carmen Sánchez de Caro	107083 7	109335 7	Tunja	0.0041
CA-0136/2009	Luis Alberto Rodríguez Merchán	107075 8	109323 0	Tunja	0.02
CA-0123/2005	José Glodmiro Benavidez Medina	107112 6	109344 5	Tunja	0.11
CA-0103/2006	Julia Rodríguez De Mancipe	107055 3	109323 0	Tunja	0.12
		107049 8	109331 2	Tunja	0.1
CA-0069/2006	Rubén Ibáñez Cruz - Acueducto Simón Bolívar	107551 1	109532 9	Tunja	0.45
CA-0001/2015	José Ricardo Rincón Tovar	106967 2	109483 0	Tunja	0.007
CA-0092/2009	Ismenia Soler de Díaz	108169 9	109647 8	Tunja	0.11
CA-0117/2009	Alfonso Sosa Aponte	107976 8	109487 4	Tunja	0.157
CA-0095/2009	Asociación Agua Caliente	107878 8	109442 5	Tunja	0.89
CA-0024/2012	Domitila Peña De Sosa	107975 2	109663 5	Tunja	0.765
CA-0091/2013	Luisa Herminda Neira Leguizamón	107755 6	109485 8	Tunja	0.028
CA-0306/1996	Justo Rafael Cifuentes	107404 6	109305 0	Tunja	0.021
TOTAL					23.61

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En la Tabla 11-22, se relacionan los expedientes de aljibes en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja con la demanda correspondiente.

Tabla 11-22. Expedientes relacionados con aljibes para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
		X	Y		
CA-0140/2009	Asociación Acueducto 1	107878 8	109442 5	Tunja	1.13
TOTAL					1.13

Fuente: Hidroboyacá, 2015

La demanda total del agua subterránea de los usuarios de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja reportada en los expedientes revisados en Corpoboyacá y Corpochivor es de 142.4 L/s.

La demanda hídrica subterránea por municipio y tipo de fuente es la siguiente: Pozos: 117.66 L/s, Manantiales: 23.61 L/s y Aljibes: 1.13 L/s, como se puede observar en la Tabla 11-23.

En la Figura 11-4 se representa la demanda de agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

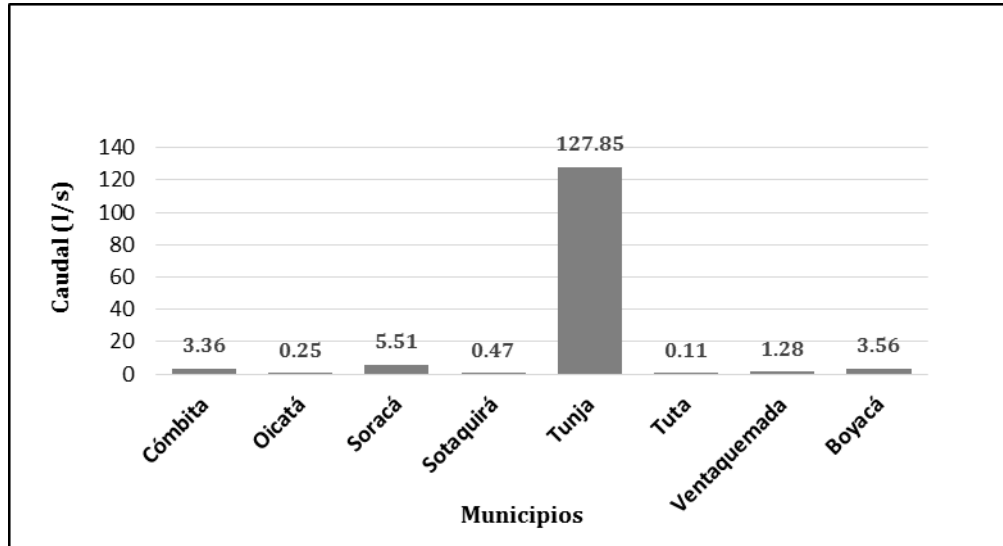
Tabla 11-23. Demanda de agua subterránea de la subcuenca hidrogeológica del Sinclinal de Tunja

MUNICIPIO	POZOS (l/s)	MANANTIALES (l/s)	ALJIBES (l/s)	DEMANDA TOTAL POR MUNICIPIO (l/s)
Combita	----	3.36	----	3.36
Oicatá	0.25	----	----	0.25
Soracá	----	5.51	----	5.51
Sotaquirá	----	0.47	----	0.47
Tunja	117.2	10.65	----	127.85
Tuta	----	0.11	----	0.11
Ventaquemada	0.20	1.08	----	1.28
Boyacá	----	2.43	1.13	3.56
DEMANDA TOTAL POR FUENTE (l/s)	117.66	23.61	1.13	142.4

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Figura 11-4. Demanda de agua subterránea de la Subcuenca Hidrogeológica del Sinclinal de Tunja



Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.3.2. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín

En la Tabla 11-24, se relacionan los expedientes de pozos profundos en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín con la demanda correspondiente.

Tabla 11-24. Expedientes relacionados con Pozos para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (l/s)
		X	Y		
CAPP-0004/09	Condominio Refugio Campestre	1083838	1115487	Albarracín	0.51
OOCA-0155/08	Municipio de Combita	1082783	1115687	Albarracín	1.45
CAPP-0004/10	Juan Manuel Flórez Zamorano	1082227	1113138	Albarracín	0.06
OOCA-0163/10	Municipio De Motavita	1079782	1110370	Albarracín	2.03
		1080380	1110295	Albarracín	
OOCA-0086/12	Acueducto Vda. Tras Del Alto	1073916	1105998	Albarracín	0.47
		1073297	1105959	Albarracín	0.20
TOTAL					4.72

Fuente: Hidroboyacá, 2015



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la Tabla 11-25, se relacionan los expedientes de manantiales en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín con la demanda correspondiente.

Tabla 11-25. Expedientes relacionados con manantiales para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONAD O (l/s)
		X	Y		
OOCA-0333/09	Pro-Acueducto vda. Lluviosos	1071018	1103021	Albarracín	0.24
OOCA-0346/09	Leopoldo Sánchez - Aureliana Niño	1070819	1103507	Albarracín	0.008
		1070805	1103510	Albarracín	0.0017
		1070673	1103530	Albarracín	0.20
OOCA-0049/11	Diego Fernando Cruz Fuerte	1078852	1110355	Albarracín	0.21
OOCA-0101/11	Acueducto Vda. Rista	1074794	1108272	Albarracín	0.2
		1075111	1108440	Albarracín	0.27
		1075483	1108589	Albarracín	0.4
OOCA-0025/99	Acueducto Vda. Salvial	1079639	1111208	Albarracín	0.6
		1079652	1111171	Albarracín	0.15
		1080382	1110661	Albarracín	0.12
		1080373	1110703	Albarracín	0.5
		1080269	1110574	Albarracín	0.4
		1080225	1110603	Albarracín	0.23
		1080213	1110503	Albarracín	0.06
		1080725	1110314	Albarracín	0.1
OOCA-0163/10	Orlando Suarez Quintero	1079637	1111206	Albarracín	0.00
		1079436	1111269	Albarracín	0.00
OOCA-0086/10	Acueducto vda. Carbonera	1076357	1110878	Albarracín	1.6
		1076745	1110790	Albarracín	0.32



CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (l/s)
		X	Y		
		107587 7	110954 2	Albarracín	0.09
		107785 8	111187 5	Albarracín	0.15
OOCA-0072/12	Acueducto La Ranchera	106775 8	109718 5	Albarracín	0.331
OOCA-0390/09	Acueducto El Laurel	106544 8	109660 6	Albarracín	0.56
OOCA-0116/12	Acueducto Cartagena	106304 8	109388 1	Albarracín	0.47
OOCA-0110/09	Orlando Ruiz Vargas	106362 7	109470 9	Albarracín	0.204
OOCA-0190/13	Acueducto El Rubí - Luis Molina Castro	106696 4	109671 6	Albarracín	0.1
CA-0102/2014	Pastora Rodríguez	106967 2	109483 0	Albarracín	0.004
		106968 6	109483 7	Albarracín	0.007
CA-0148/2012	Carlos Jairo Páez Rodríguez	106944 8	109509 6	Albarracín	0.1
TOTAL					7.63

Fuente: Hidroboyacá, 2015

La demanda total del agua subterránea de los usuarios de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín reportada en los expedientes revisados en Corpoboyacá es de 12.35 l/s.

La demanda de agua subterránea según el tipo de fuente es la siguiente: Pozos: 4.72 l/s, Manantiales: 7.63 L/s y para los Aljibes no se reporta demanda, como se puede observar en la Tabla 11-26, y en la Figura 11-5.

En la Tabla 11-26, se puede observar la demanda de agua subterránea por cada municipio.

Tabla 11-26. Demanda de agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.

MUNICIPIO	POZOS (l/s)	MANANTIALES (l/s)	ALJIBES (l/s)	DEMANDA TOTAL POR MUNICIPIO (l/s)
Cómbita	2.02	----	----	2.02
Cucaita	----	0.45	----	0.45
Motavita	2.03	5.40	----	7.43
Samacá	----	1.67	----	1.67



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

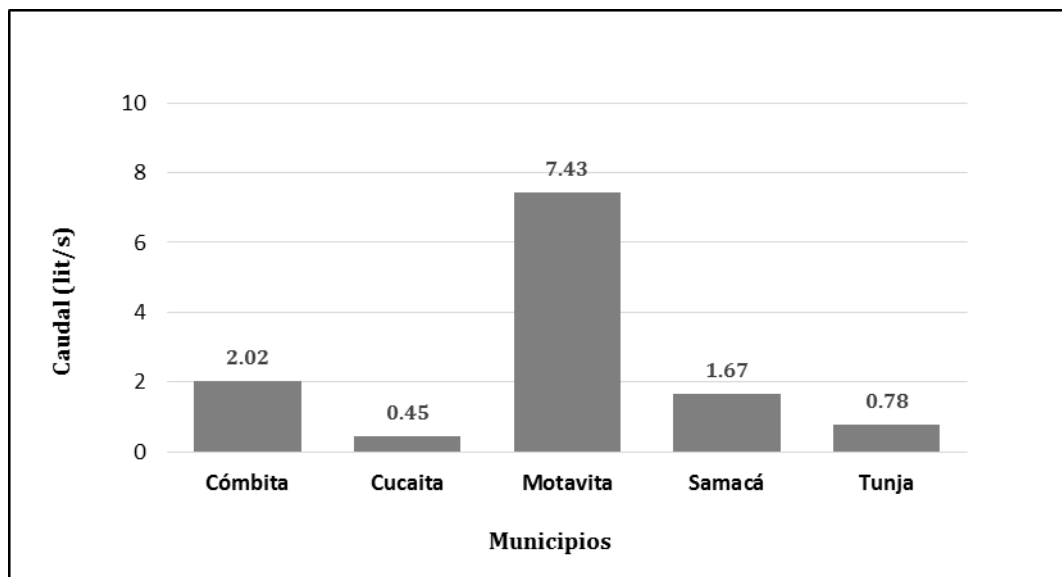


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

MUNICIPIO	POZOS (l/s)	MANANTIALES (l/s)	ALJIBES (l/s)	DEMANDA TOTAL POR MUNICIPIO (l/s)
Tunja	0.67	0.11	----	0.78
DEMANDA TOTAL POR FUENTE (l/s)	4.72	7.63	----	12.35

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 11-5. Demanda hídrica subterránea de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín



Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.3.3. Subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá

En la Tabla 11-27, se relacionan los expedientes de pozos profundos en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá con la demanda correspondiente.

Tabla 11-27. Expedientes relacionados con Pozos para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (l/s)
		X	Y		
OOCA-0217/10	Municipio de Oicatá - Luis Eduardo Páez	1090563	1109747	Chivatá	0.80
TOTAL					0.80

Fuente: Hidroboyacá, 2015



En la Tabla 11-28, se relacionan los expedientes de manantiales en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá con la demanda correspondiente.

Tabla 11-28. Expedientes relacionados con manantiales para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)
		X	Y		
OOCA-0360/09	Luis Armando Vargas Álvarez	1089929	1108323	Chivata	0.172
OOCA-0433/10	Segundo Gumercindo Pedroza Huertas	1082634	1096277	Chivata	0.008
OOCA-0172/13	Rosa Matilde Suarez De Flórez	1094942	1115164	Chivata	0.6
OOCA-0164/13	Jesús Suarez Acuña	N. la Esperanza	Vigente	Kg1	0.2
		N. Tierra Grata	Vigente	Kg1	0.0069
OOCA-0028/11	Asociación de suscriptores del acueducto Faracoa	N. Falda loma Baracoa	Vigente	Kg2	0.14
TOTAL					1.13

Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la Tabla 11-29, se relacionan los expedientes de aljibes en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá con la demanda correspondiente.

Tabla 11-29. Expedientes relacionados con aljibes para el cálculo de la demanda de agua subterránea

EXPEDIENTE	USUARIO	COORDENADAS		SUBCUENCA HIDROGEOLÓGICA	CAUDAL CONCESIONADO (l/s)
		X	Y		
OOCA-0078/13	Mario Saúl Molano Castro	1097267	1117368	Chivata	0.014
TOTAL					0.014

Fuente: Hidroboyacá, 2015

La demanda total del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá reportada en los expedientes revisados en Corpoboyacá es de 1.59 l/s.

La demanda de agua subterránea, con concesión vigente, según el tipo de fuente es la siguiente: Pozos: 0.80 l/s, Manantiales: 0.78 l/s y Aljibes: 0.014 l/s, como se puede observar en la Tabla 11-30, y en la Figura 11-6.



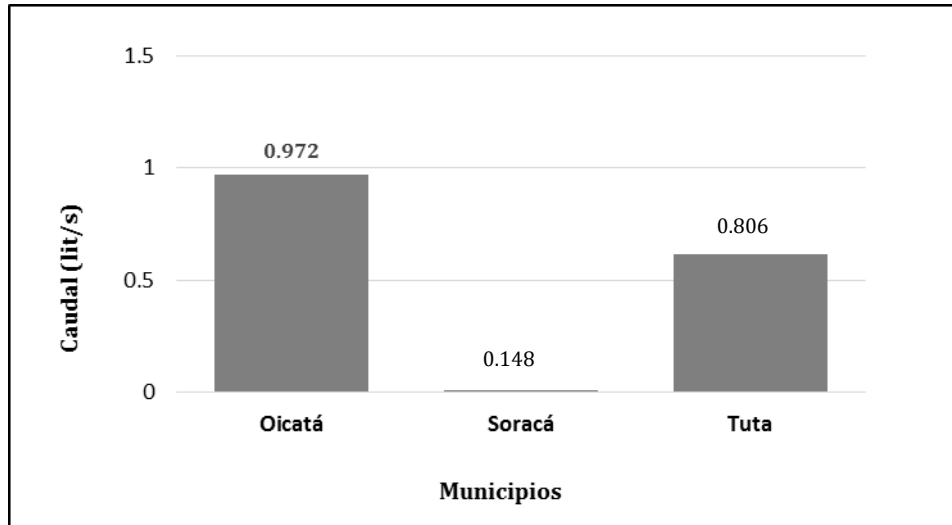
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 11-6. Demanda Hídrica subterránea de la Subcuenca Hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá



Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la Tabla 11-31, se presenta un resumen de la demanda actual de agua subterránea, calculada con base en la información de concesiones vigentes, tomadas de los expedientes suministrados por Corpoboyacá y Corpochivor.

Tabla 11-30. Demanda de agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivatá

MUNICIPIO	POZOS (l/s)	MANANTIALES (l/s)	ALJIBES (l/s)	DEMANDA TOTAL POR MUNICIPIO (l/s)
Oicatá	0.80	0.172	----	0.972
Soracá	----	0.148	----	0.148
Tuta	----	0.60	0.014	0.614
DEMANDA TOTAL POR FUENTE (L/s)	0.80	1.13	0.014	1.94

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 11-31. Demanda actual de agua subterránea en la zona de estudio.

Subcuenca hidrogeológica	Caudales captados por punto de agua subterránea			Demanda Total	
	Pozos	Manantiales	Aljibes	L/s	m ³ /año
	L/s	L/s	L/s	L/s	m ³ /año
1. Subcuenca Sinclinal de Tunja	117,66	23,61	1,13	142,4	4.490.726,40
2. Subcuenca Sinclinal de Albarracín	4,715	7,63	0,00	12,35	389.311,92
3. Subcuenca al oriente Falla de Chivata	0,80	1.126	0,014	1,94	61.208,22

Fuente: Hidroboyacá, 2015

11.4. Usos del recurso hídrico subterráneo

Mediante la revisión de expedientes, se identificaron los principales usos del agua subterránea en la zona de estudio. La información fue obtenida de los conceptos técnicos y actos administrativos expedidos por las corporaciones.

En las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio, se identificaron cuatro (4) usos principales del recurso hídrico subterráneo que son: doméstico, riego, pecuario e industrial.

11.4.1. Uso del recurso hídrico subterráneo por subcuenca hidrogeológica

El análisis de los usos del agua subterránea se realizó al igual que la demanda, para cada una de las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio del proyecto.

A continuación se describe la distribución de los usos del agua para cada subcuenca hidrogeológica.

11.4.1.1. Uso del recurso hídrico subterráneo por subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja

En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, el uso principal del agua subterránea, es doméstico con un caudal de 120.11 L/s que corresponde al 84% del uso total del agua extraída en esta subcuenca; este resultado se debe primordialmente a la empresa PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A.E.S.P. quien es el mayor usuario del recurso hídrico de la zona de estudio en términos de caudal captado.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



El siguiente uso es de riego con un caudal de 13.54 L/s que corresponde al 10% del uso total del agua extraída en esta subcuenca. Los usos Pecuario e Industrial se encuentran en bajas proporciones con un porcentaje de uso del 2% y 5% respectivamente.

En la Tabla 11-32, se presentan los principales usos del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja y el caudal captado.

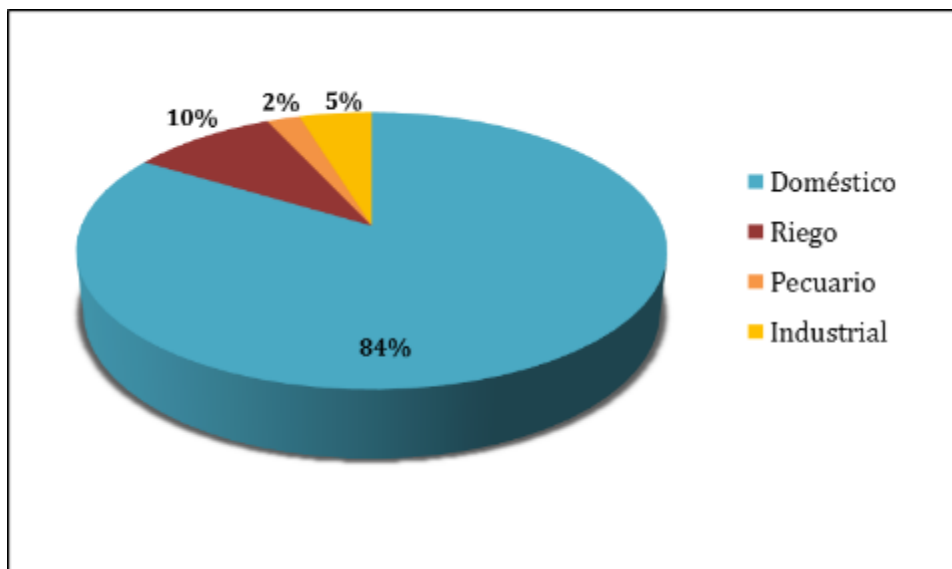
Tabla 11-32. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

Uso	Caudal Total (l/s)	Porcentaje (%)
Doméstico	120.11	84
Riego	13.54	10
Pecuario	3.10	2
Industrial	6.78	5
TOTAL	142.40	100

Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la Figura 11-7 se representan los porcentajes de distribución de los diferentes usos del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

Figura 11-7. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

11.4.1.2. Uso del recurso hídrico subterráneo por subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín

En la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín el uso principal es doméstico con un caudal de 11.32 L/s que corresponde al 92% del uso total del agua extraída en esta subcuenca. El siguiente uso es de riego con un caudal de 0.75 L/s que corresponde al 6% del uso total del agua extraída en esta subcuenca. Los usos Pecuario e Industrial se encuentran en bajas proporciones con un porcentaje de uso del 0.29% y 0.0% respectivamente.

En la Tabla 11-33, se presentan los principales usos del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín y el caudal captado.

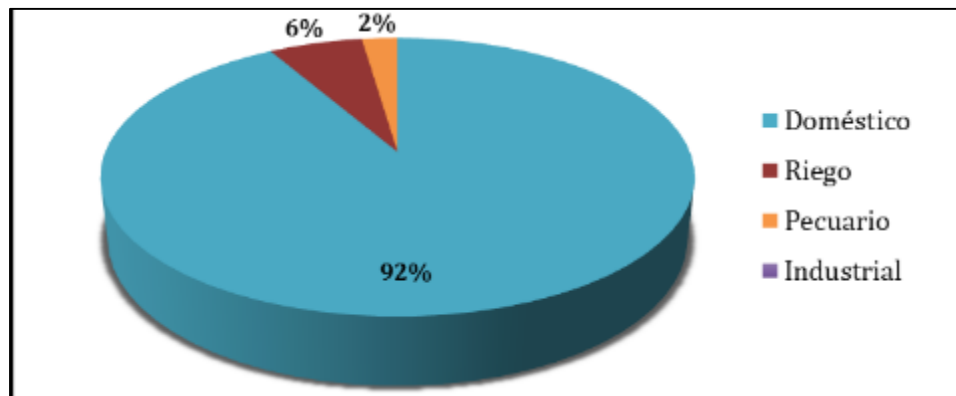
Tabla 11-33. Uso del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín

Uso	Caudal Total (l/s)	Porcentaje (%)
Doméstico	11.32	92
Riego	0.75	6
Pecuario	0.29	2
Industrial	0.00	0
TOTAL	12.36	100

Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la figura 8.8, se representan los porcentajes de distribución de los diferentes usos del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.

Figura 11-8. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

11.4.1.3. Uso del recurso hídrico subterráneo por subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá

En la subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá, el uso principal del agua subterránea, es riego con un caudal de 1.864 L/s, que corresponde al 68% del uso total del agua concesionada. El siguiente uso es riego, con un caudal de 0.831 L/s, que corresponde al 30%, y pecuario, con un caudal de 0.055 L/s que corresponde al 2%. No se registra agua para uso industrial en esta subcuenca hidrogeológica.

En la Tabla 11-34, se presentan los principales usos del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá y el caudal captado.

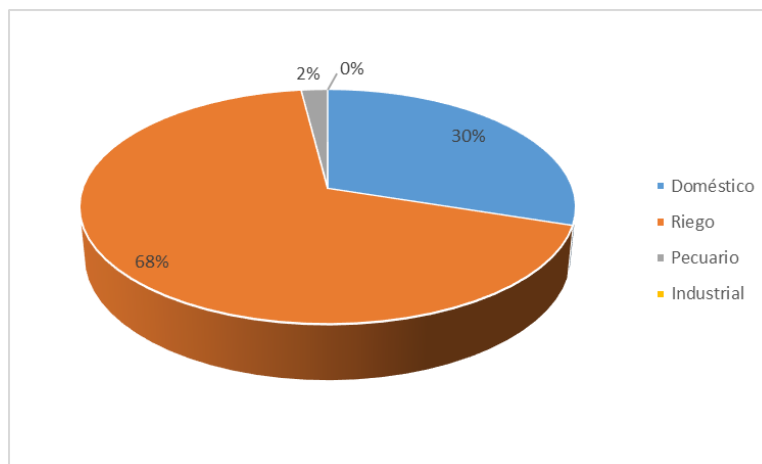
Tabla 11-34. Uso del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá

Uso	Caudal Total (l/s)	Porcentaje (%)
Doméstico	0.831	30
Riego	1.864	68
Pecuario	0.055	2
Industrial	0.00	0
TOTAL	2.75	100

Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la Figura 11-9 se representan los porcentajes de distribución de los diferentes usos del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá.

Figura 11-9. Uso del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

12. OFERTA DE AGUAS SUBTERRANEAS

La oferta de aguas subterráneas está integrada por la suma de las reservas y la recarga.

$$Oferta = Reservas + Recarga$$

Las reservas están integradas por el volumen (V), de agua almacenado y que puede ser extraído del acuífero, primero bajo condiciones de confinamiento (V1) y luego bajo condiciones de acuífero libre (V2), sumando finalmente los dos volúmenes parciales, para obtener el volumen total (V). Es importante tener en cuenta que, en términos generales, para acuíferos confinados el volumen V2 es mayor que el volumen V1, en dos o tres órdenes de magnitud.

La recarga hace referencia al volumen anual de agua que se infiltra a partir de la lluvia y de otros cuerpos de agua superficial y luego se percola hacia los acuíferos presentes en el área de estudio. En la mayoría de los casos el volumen infiltrado retorna a los cauces principales en forma de lo que en hidrología se denomina “flujo base” que puede calcularse con base en el análisis de hidrogramas.

12.1. Reservas de agua subterránea

Para evaluar las reservas de agua subterránea en términos de volumen (m³), de cualquier subcuenca hidrogeológica, se requieren conocer fundamentalmente:

- La estructura geológica.

Es necesario identificar en primer término, la geometría de las formaciones geológicas, sus límites laterales y longitudinales (extensión en m²). También es necesario establecer el espesor (m) de los acuíferos. El producto de los dos conduce finalmente al cálculo de volúmenes (m³).

- Parámetros hidráulicos.

Es necesario disponer de las llamadas constantes hidráulicas (o parámetros hidráulicos), de los acuíferos, tales como, el coeficiente de almacenamiento (S), o el rendimiento específico (Re).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

12.1.1. Parámetros hidráulicos

Para realizar la cuantificación de la oferta de aguas subterráneas se requiere disponer de constantes propias de cada acuífero y de cada subcuenca en particular, denominadas, características hidráulicas o parámetros hidráulicos, a saber:

- Conductividad hidráulica (**K**)
- Transmisividad (**T**)
- Coeficiente de almacenamiento (**S**)
- Porosidad efectiva, rendimiento específico (**Re**), etc.

Los parámetros hidráulicos se obtienen en campo mediante la ejecución de pruebas de bombeo de larga duración, en las cuales se mide el efecto, que produce el bombeo de un pozo, en el abatimiento, que debe ser medido en un pozo de observación (Walton, 1970).

Los valores de **K** y **T** se pueden calcular en muchos casos a partir de datos obtenidos dentro del pozo de bombeo. Sin embargo, el **coeficiente de almacenamiento (S)**, se debe obtener en el campo, mediante la ejecución de pruebas de bombeo de larga duración, tomando información de los niveles dinámicos en pozos de observación (Freeze, 1979).

En relación con las pruebas de bombeo es importante tener en cuenta que ellas deben ser hechas e interpretadas por especialistas, dado que la interpretación en muchos casos no es única y la más cercana a la realidad depende de la experticia y experiencia del hidrogeólogo (Rodríguez C.O, 1984). De otra parte, los conceptos básicos de la hidráulica de aguas subterráneas señalan que la costumbre de calcular el coeficiente de almacenamiento con datos tomados en el pozo de bombeo, no es recomendable, dado que en muchos casos puede conducir a errores de dos o tres órdenes de magnitud. (Fetter, W.C.1994).

En la Tabla 6-15, se presenta la información de parámetros hidráulicos recopilada de la revisión de expedientes, para la zona de estudio. Los parámetros hidráulicos reportados (incluyendo los de **S**), fueron calculados a partir de pruebas de bombeo con información de niveles dinámicos medidos dentro del pozo de bombeo y por lo tanto pueden tener un alto grado de incertidumbre.

Las pruebas de bombeo realizadas en la zona de estudio, fueron realizadas obteniendo información dentro del mismo pozo de bombeo, por lo cual, la información disponible hay que tomarla con cierto grado de reserva respecto a su confiabilidad y grado de precisión, particularmente cuando los resultados se vayan a aplicar al cálculo de la oferta hídrica subterránea (Krusseman, 1970).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

De otra parte, para el cálculo de reservas permanentes se requieren coeficientes de almacenamiento de los acuíferos (a ser evaluados), tanto bajo condiciones de confinamiento como de acuífero libre, que permitan la obtención del parámetro equivalente a la porosidad efectiva. Cuando dicho parámetro no está disponible se acude al concepto de rendimiento específico (Meinzer, O., 1932).

Cuando se utilizan los valores de coeficientes de almacenamiento obtenidos bajo condiciones de confinamiento, el cálculo que se obtenga no será el de **las Reservas totales**, sino el de las **reservas elásticas**, las cuales generalmente son dos o tres órdenes de magnitud inferior.

De acuerdo con la teoría de la hidráulica de aguas subterráneas, los valores de **S** estimados con base en información de niveles dinámicos medidos dentro del pozo de bombeo, no son representativos, ya que pueden conducir a errores hasta de dos o tres órdenes de magnitud.

El volumen de agua almacenado también se puede calcular como el producto del volumen de roca por el **rendimiento específico** de la roca. Estos valores han sido previamente determinados mediante numerosos ensayos y diversos autores plantean unos rangos para cada tipo de roca. Ver Tabla 12-1.

Rendimiento específico

La cantidad total de agua almacenada en un acuífero saturado puede evaluarse determinando su extensión lateral, espesor y porosidad. Sin embargo, no toda el agua almacenada puede ser extraída de la roca, ya que parte de ella es retenida por fuerzas eléctricas, moleculares, de adhesión y de cohesión (Rodríguez, 1984).

Los términos *rendimiento específico* y *retención específica* se vienen aplicando desde 1923 para evaluar los recursos de agua subterránea almacenados en el subsuelo (Meinzer, 1923).

El volumen de agua que puede ser drenada en forma libre de una roca completamente saturada, se conoce como **rendimiento específico (Re)**.

El rendimiento específico, se expresa en términos de porcentaje con respecto al volumen total de roca y es cuantitativamente igual a lo que se ha definido como porosidad efectiva y que equivale al valor del coeficiente de almacenamiento determinado bajo condiciones de acuífero libre.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

De otra parte, el volumen de agua retenida por la roca se denomina **retención específica** y se expresa también en términos de porcentaje con respecto al volumen total de roca. La retención específica más el rendimiento específico es igual a la porosidad total. (Fetter, 1994).

El **rendimiento específico de un acuífero** es un término que ha sido aceptado y aplicado por la comunidad científica internacional y se puede determinar aplicando métodos de laboratorio de campo (Meinzer, 1932), mediante análisis del registro de niveles estáticos históricos, o bien con el uso de trazadores ambientales o artificiales (Rodríguez, 1971). Un gran volumen de estudios realizados y publicados en la literatura especializada (Todd, 1959; Fetter, 1994) ha permitido elaborar tablas, en las que se presentan valores típicos de materiales, como los compilados en la Tabla 12-1.

Tabla 12-1. Valores de rendimiento específico para diferentes materiales de la corteza terrestre

Material	Rendimiento específico (%)				
	Walton (1970)	Johnson (1967)	Rodríguez (1984)	USGS (1987)	Sanders (1998)
Arcilla	1-10	0-5	0-3	2	
Arcilla arenosa		3-12			
Arena	10-30			22	
Arena fina		10-28	18-22		10-28
Arena media		15-32	26-28		
Arena gruesa		20-35	27-30		22-35
Arena y grava	15-25	20-35	17-21		
Arenisca	5-15				0,5-10
Arenisca semiconsolidada				6	
Grava	15-30			19	13-26
Grava fina		21-35	22-24		
Grava media		13-26	16-24		
Grava gruesa		12-28	17-22		
Caliza	0,5-5			18	
Calizas, dolomitas no carstificadas					0,5-10
Calizas, dolomitas carstificadas					5-40
Lutita	0,5-5		0-3		0,5-5
Limo		3-19			3-19
Granito				0,09	
Basalto				8	
Rocas ígneas					0,005-0,01

Fuente: Compilado de diferentes autores

Fuente: Fetter, 1994

12.1.2. Cálculo de reservas

El cálculo de las reservas de agua subterránea se hizo para cada una de las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

En el **Anexo 1.2 – Mapa Hidrogeológico**, se presentan los límites laterales, de las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio. Los límites al norte y al sur, están definidos por el polígono de estudio.

Ante la ausencia de los coeficientes de almacenamiento requeridos, las reservas se calcularon, utilizando el concepto de **rendimiento específico**, definido en concordancia con la metodología aplicada por el IDEAM, en el ENA-2010.

12.1.2.1. Espesores de los acuíferos

De acuerdo con descripción realizada de cada una de las unidades geológicas en el capítulo de Geología, a continuación se presentan los espesores promedios de las diferentes unidades geológicas que tienen importancia hidrogeológica como acuíferos.

- Acuífero superficial. Está integrado por los niveles de areniscas de la Formación Bogotá y de la Formación Cacho. El espesor promedio de los niveles de areniscas de la Formación Bogotá, de acuerdo con los registros litológicos de algunos de los pozos profundos, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, es de 50 m (v.gr. pozo Pensilvania, 56 m, San Francisco, 54 m, Cooservicios II, 54 m, Runta, 56 m, Silvino Rodríguez, 34 m, San Antonio, 44 m).

El espesor promedio de los niveles de areniscas de la Formación Cacho, de acuerdo con la descripción geológica de superficie, y con los registros litológicos de algunos pozos profundos perforados en la zona de estudio (v.gr: Pozo El Estadio, 45 m, La Fuente II, 46 m, Pensilvania, 41 m, U.P.T.C, 47 m), es de aproximadamente 45 m.

- Acuífero profundo. Se considera en el presente estudio, conformado por las areniscas del Miembro Tierna, de la Formación Labor y Tierna, con un espesor promedio 50 m, y por la Formación Plaeners, con un espesor promedio de 105 m.

12.1.2.2. Rendimiento específico

El rendimiento específico promedio de las areniscas Tierna y de Labor pueden ser del orden 5%; y los rendimientos de la Formación Plaeners pueden ser del orden de 1%.

En la Tabla 12-2, se presentan el cálculo de las reservas de agua subterránea para las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio, especificando las áreas, espesores promedios y capacidades específicas asignadas a los acuíferos principales de acuerdo con el tipo de roca.

Para calcular el volumen de roca se tuvo en cuenta la geometría de los acuíferos de cada subcuenca hidrogeológica: ancho, longitud y espesor, todos en valores promedio



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

expresados en metros. El resultado se multiplicó por el rendimiento específico asumido para las areniscas de la Formación Bogotá y la Formación Cacho (se incluye el cálculo realizado para los niveles permeables de la Formación Tilata, considerada en conjunto como un acuitardo), que constituyen el acuífero superficial, por los rendimientos específicos asumidos para las areniscas del Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna y para la Formación Plaeners, que conforman el acuífero de mayor profundidad.

Los resultados se presentan para cada subcuenca hidrogeológica dentro de los límites seleccionados.

Tabla 12-2. Reservas de agua subterránea en las subcuencas hidrogeológicas de la zona de estudio.

Subcuenca hidrogeológica del sinclinal Tunja					
Unidad	Área (Km ²)	m ²	Espesor (m)	R.E	Reservas (Mm ³)
Niveles de areniscas de la Formación Tilatá (Tst)	142,841846	142,84 X 10 ⁶	25	0,03	107,13
Niveles de areniscas de la Formación Bogotá (Tb)	181,415683	181,41 X 10 ⁶	50	0,03	272,11
Formación Cacho (Tic)	206,832451	206,83 X 10 ⁶	45	0,03	279,22
Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna (Kg1)	324,354339	324,35 x 10 ⁶	50	0,05	810,87
Formación Plaeners (Kg2)	347,024732	347,02 x 10 ⁶	105	0,01	364,37

Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín					
Unidad	Área (Km ²)	m ²	Espesor (m)	R.E	Reservas (Mm ³)
Niveles de arenisca de la Formación Bogotá (Tb)	4,842548	4,84 x 10 ⁶	50	0,03	7,26
Formación Cacho (Tic)	8,415115	8,41 x 10 ⁶	45	0,03	11,36
Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna (Kg1)	44,10425	44,10 x 10 ⁶	50	0,05	110,25
Formación Plaeners (Kg2)	62,57	62,57 x 10 ⁶	105	0,01	65,69

Subcuenca hidrogeológica al oriente de la Falla de Chivata					
Unidad	Área (Km ²)	m ²	Espesor (m)	R.E	Reservas(Mm ³)
Formación Cacho (Tic)	12,818638	12,81 x10 ⁶	45	0,03	17,29
Miembro Tierna de la Formación Labor y Tierna (Kg1)	71,045587	71,04 x 10 ⁶	50	0,05	177,6
Formación Plaeners (Kg2)	12,211612	12,21 x 10 ⁶	105	0,01	12,82

Fuente: Hidroboyacá, 2015

El valor calculado corresponde a las “reservas permanentes” (Rp), que otros autores denominan “reservas estáticas” para referirse al volumen de agua subterránea que se encuentra almacenado a una profundidad tal que no interactúa con las aguas superficiales, es decir que no tiene interconexión hidráulica con el drenaje superficial.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



12.1.3. Cálculo de infiltración

La forma más representativa y confiable de calcular la infiltración hacia los acuíferos es la que se hace mediante los balances hídricos de la cuenca hidrológica.

En el capítulo de hidrología, se explica de forma detallada el cálculo de la infiltración.

La infiltración se calculó para un período de 33 años de registros hidro climatológicos disponibles en el área del proyecto, tomando el registro de caudales medidos en la estación San Rafael. El balance se realizó a nivel anual para la serie de datos de 1980 a 2012.

El balance hídrico aplicando la ecuación general del ciclo hidrológico, permite calcular que la infiltración promedio anual para el periodo de 33 años (1980 a 2012), es:

$$I = 51.704.152 \text{ m}^3/\text{año}$$

12.1.4. Recarga

Para evaluar la recarga, se tuvo en cuenta el área efectiva de afloramiento de las formaciones geológicas que conforman el acuífero superficial (Formación Cacho), y el acuífero profundo, Formaciones Labor y Tierna y Plaeners.

De acuerdo con la descripción de la Formación Cacho en la zona de estudio, y con la descripción de algunos registros litológicos de pozos profundos (v.gr: Pozo El Estadio, La Fuente II, Pensilvania, U.P.T.C, Finca La Mecha), el espesor de los niveles de areniscas se encuentra aproximadamente entre el 50 y el 60 % del espesor total reportado para la formación. Para el cálculo de la recarga a través de la Formación Cacho, se tomó como área efectiva, el 60%, del espesor de la formación, medida en las subcuencas hidrogeológicas del sinclinal de Tunja y de Albarracín.

La recarga de los niveles de areniscas de la Formación Bogotá, se considera muy baja a nula, debido a que las capas de areniscas (de acuerdo con los registros litológicos de los pozos profundos), se encuentran cubiertos por rocas de baja a muy baja permeabilidad, tales como, arcillolitas, arcillas arenosas, arenas arcillosas.

Por otra parte, se considera que la recarga a través de las areniscas de la Formación Labor y Tierna, se produce por el Miembro Tierna, considerando que el Miembro Labor, en la zona de estudio, es predominantemente arcillolítico, de acuerdo con la descripción litológica de la formación realizada en el capítulo de geología.

La identificación y medición de las áreas de recarga del acuífero superficial, y del acuífero de mayor profundidad, así como el cálculo de la infiltración efectiva obtenido



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

del balance hídrico, permiten calcular el volumen anual de recarga hacia los niveles acuíferos.

Para el cálculo de la recarga de cada uno los acuíferos, inicialmente se distribuyó la infiltración promedio anual, correspondiente a 51.704.152 m³/año (calculada para el área de la cuenca hidrográfica 373.874.311,81 m²), en las subcuencas hidrogeológicas identificadas en la zona de estudio, considerando para ello, el área de recarga de cada subcuenca, con respecto al área total de recarga de los acuíferos (dentro de la cuenca hidrográfica analizada).

Posteriormente, se calculó la recarga a través de cada unidad hidrogeológica considerada como acuífero (superficial y de mayor profundidad), por subcuenca hidrogeológica, para lo cual, se distribuyó la infiltración anual calculada anteriormente para cada subcuenca, teniendo en cuenta el área de recarga de cada acuífero, con respecto al área total de recarga de los acuíferos en la respectiva subcuenca.

El cálculo de la recarga de los acuíferos, superficial y de mayor profundidad, en cada una de las subcuencas hidrogeológicas, se presenta en la Tabla 12-3.

Tabla 12-3. Recarga de los acuíferos superficiales y de mayor profundidad.

Subcuenca hidrogeológica sinclinal de Tunja	Área de recarga (Km ²)	Infiltración promedio anual (m ³ /año)	Recarga m ³ /año
Formación Cacho (Tic)	10,15	27.062.817,19	6.982.399,45
Formación Labor y Tierna (Kg1)	19,64		13.510.770,96
Formación Plaeners (Kg2)	9,55		6.569.646,78
Área total de recarga	39,34		27.062.817,19

Subcuenca hidrogeológica sinclinal de Albarracín	Área de recarga (Km ²)	Infiltración promedio anual (m ³ /año)	Recarga m ³ /año
Formación Cacho (Tic)	2,12	21.586.965,00	1.458.392,79
Formación Labor y Tierna (Kg1)	22,40		15.409.433,27
Formación Plaeners (Kg2)	6,86		4.719.138,94
Área total de recarga	31,38		21.586.965,00



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Subcuenca al oriente de la falla de Chivata	Área de recarga (Km ²)	Infiltración promedio anual (m ³ /año)	Recarga m ³ /año
Formación Cacho (Tic)	0,48	3.054.301,33	325.982,07
Formación Labor y Tierna (Kg1)	3,85		2.639.290,54
Formación Plaeners (Kg2)	0,13		89.028,72
Área total de recarga	4,46		3.054.301,33

Total áreas de recarga en la cuenca hidrográfica: 75,16 km²

Infiltración promedio anual en la cuenca hidrográfica: 51.704.152 m³/año

Fuente: Hidroboyacá, 2015

De acuerdo con los anteriores resultados, en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, se infiltran 27.062.817,19 m³/año, de los cuales 6.982.399,45 m³/año, constituyen la recarga del acuífero superficial y 20.080.417,74, la recarga del acuífero de mayor profundidad.

La recarga del acuífero superficial en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, es mayor que el volumen anual promedio que se extrae del acuífero mediante pozos por parte de Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

No obstante, considerando que el área de influencia por efecto del bombeo de los pozos operados por Proactiva, corresponde aproximadamente a la mitad del área de recarga, el volumen de agua que se infiltra y recarga el acuífero superficial, sería de aproximadamente **3.490.000 m³/año**, volumen igual en orden de magnitud al actualmente concesionado a la empresa Proactiva S.A. E.S.P., que es de: **3.458.237,36 m³/año**.

El cálculo de la recarga, equivale cuantitativamente a la **Volumen temporales** de agua subterránea, que fluctúan año a año, en contraposición a las **reservas permanentes (Rp)**, que generalmente son superiores, en varios órdenes de magnitud (IDEAM, 2010).

Para la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, la recarga anual del acuífero superficial, por la Formación Cacho, representa solo el 2,5 % de las reservas permanentes calculadas para esta unidad, que son del orden de 279,22 millones de m³.

La recarga anual del acuífero de mayor profundidad (Formaciones Labor y Tierna y Plaeners), representa solo el 1,7 % de las reservas permanentes calculadas, que son del orden de 1175,24 millones de m³.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En el futuro deberá tenerse en mente que las subcuencas hidrogeológicas no coinciden con las hidrológicas y que, por lo tanto, la infiltración y recarga de los acuíferos, deberá hacerse con balances hídricos aplicados a áreas seleccionadas con criterio hidrogeológico. Para ello, será necesario instrumentar (con estaciones limingráficas), las cuencas hidrogeológicas identificadas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



13. ESTADO DE LEGALIDAD DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO

El análisis del estado de legalidad del uso del recurso hídrico subterráneo se realiza mediante la revisión de los expedientes de las corporaciones autónomas regionales Corpoboyacá y Corpochivor y el inventario de puntos de agua subterránea de la zona de estudio.

En la revisión se identificaron un total de 349 expedientes revisados. Para el análisis del estado de legalidad se tienen en cuenta únicamente los puntos de agua subterránea de los expedientes que corresponden a la zona de estudio.

Por otro lado, en el inventario de puntos de agua subterránea se encontraron 691 puntos, de los cuales 29 corresponden a pozos profundos, 593 a manantiales y 69 a aljibes. Se encontraron 37 puntos del inventario que se relacionaban con los expedientes por lo cual se tienen en cuenta para el análisis 654 puntos de agua subterránea identificados en el inventario.

De acuerdo con lo anterior, para el análisis del estado de legalidad se tienen en cuenta 890 puntos de agua subterránea en la zona de estudio, de los cuales 236 puntos corresponden a 174 expedientes revisados y 654 puntos correspondientes al inventario de puntos de agua subterránea de la zona de estudio.

La corporación autónoma regional Corpoboyacá definió los estados en los cuales se clasifican los puntos de agua subterránea de la siguiente forma:

- Informal con concesión: El usuario tuvo concesión de aguas, pero pasado el tiempo de la concesión esta nunca fue renovada.
- Informal sin concesión: El usuario nunca tuvo concesión de aguas.
- Formal: El usuario tiene concesión de aguas vigente hasta la fecha (para los casos en que las concesiones fueron otorgadas en el año 2010 con un término de vigencia de 5 años, se tomaron en cuenta para el análisis de legalidad las concesiones vigentes hasta el 20 de Noviembre de 2015).
- Desistimiento: El usuario cancela el trámite de concesión de aguas.
- Acumulado: Ocurre cuando dos expedientes son unificados al tratarse de una sola concesión.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



13.1. Estado de legalidad del recurso hídrico subterráneo en la zona de estudio

El análisis del estado de legalidad indica que el 13.6% de los puntos de agua subterránea de la zona de estudio se encuentran en la formalidad, el 7.5% se encuentra en estado de informalidad con concesión, el 78.8% de los puntos en estado de informalidad sin concesión y el 0.1% de los puntos en desistimiento. En el **Anexo 5.6 - Tablas de información estado de legalidad**, se encuentra el inventario de los puntos de agua subterránea de la zona de estudio con su respectivo estado de legalidad. Adicionalmente, en el **Anexo 1.2 - Mapa Estado de Legalidad** se presenta la distribución del estado de legalidad del uso del recurso hídrico en todos los puntos de agua subterránea de la zona de estudio.

En la Tabla 13-1 se presenta el estado de legalidad de los puntos de agua subterránea con su respectivo porcentaje.

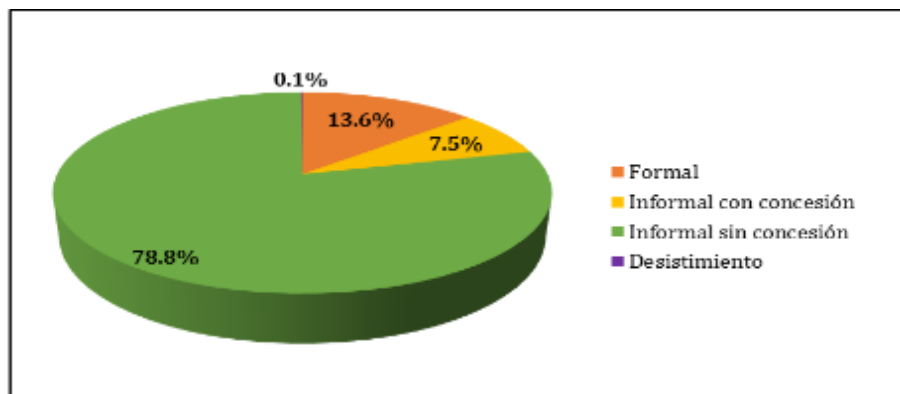
Tabla 13-1. Estado de legalidad de los puntos de agua subterránea

ESTADO	PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA	%
Formal	121	13.6
Informal con concesión	67	7.5
Informal sin concesión	701	78.8
Desistimiento	1	0.1
TOTAL	890	100

Fuente: Hidroboyacá, 2015

En la Figura 13-1 se presenta el estado de legalidad de los puntos de agua subterránea con su respectivo porcentaje.

Figura 13-1. Estado de legalidad de los puntos de agua subterránea



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



**CONSORCIO
HIDROBOYACÁ**

14. SINTESIS SOBRE EL ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA OFERTA Y DEMANDA DEL AGUA SUBTERRANEA

14.1. Síntesis de la oferta expresada en reserva y recarga, además de la demanda total de agua subterránea

En la Tabla 14-1, se presenta el resumen sobre el estado del conocimiento actual de la oferta y la demanda de agua subterránea, con base en los resultados obtenidos en el presente estudio.

Tabla 14-1. Síntesis sobre el estado del conocimiento de la oferta y demanda de agua subterránea en la zona de estudio.

SUBCUENCA HIDROGEOLOGICA	OFERTA		DEMANDA TOTAL m3/año
	RECARGA (m3/año)	RESERVA (Mm3)	
SINCLINAL DE TUNJA			
Acuífero Superficial (Tb, Tic)	6.982.399,45	551,33	4.153.291,20
Acuífero de mayor profundidad (Kg1, Kg2)	20.080.417,74	1175,24	
Otros niveles acuíferos (Qfl, Tst, Ktg, Kscn, Ksch)		107,13 *	337.435,20
Totales			4.490.726,40
SINCLINAL DE ALBARRACÍN			
Acuífero Superficial (Tb, Tic)	1.458.392,79	18,62	294.073,20
Acuífero de mayor profundidad (Kg1, Kg2)	20.128.572,21	175,94	
Otros niveles acuíferos (Ktg, Kscn)			95.238,72
Totales			389.311,92
ORIENTE DE LA FALLA DE CHIVATA			
Acuífero Superficial (Tb, Tic)	325.982,07	17,29	25.228,80
Acuífero de mayor profundidad (Kg1, Kg2)	2.728.319,26	190,42	30.555,23
Otros niveles acuíferos (Ktg)			5.424,19
Totales			61.208,22

Nota: * Las reservas calculadas corresponden a la Formación Tilatá

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

14.2. Formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico – RURH

El registro de usuarios del recurso hídrico subterráneo permite conocer el número total de usuarios que captan el recurso y/o lo utilizan como vertedero.

Mediante este registro de usuarios se realiza un censo de las personas naturales y jurídicas que usan y/o aprovechan el recurso hídrico subterráneo en la zona de estudio.

El registro de usuarios del recurso hídrico subterráneo se lleva a cabo diligenciando el “Formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico – RURH” elaborado y adoptado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM en el marco legal de la resolución 955 de 2012 y el decreto 1324 de 2007, en el cual se registran los usuarios que tienen concesiones otorgadas por las autoridades ambientales.

Este formato incluye la inscripción de las concesiones de agua y autorizaciones de vertimiento, esta última comprende los permisos de vertimiento, los planes de cumplimiento y los planes de saneamiento y manejo de vertimientos.

Los usuarios del recurso hídrico subterráneo objetos del registro, se deben clasificar en personas naturales y personas jurídicas al momento de diligenciar el formato.

A continuación se presenta el contenido del formato de acuerdo a la información consignada en el **Anexo 8 – RURH** de la Resolución 955 de 2012 (Instructivo de diligenciamiento del Formato para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico).

14.2.1. Contenido del formato para el registro de usuarios del recurso hídrico

Para el diligenciamiento del Formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico, se debe considerar que la información requerida se encuentra estructurada a través de los siguientes módulos:

1. *Identificación del usuario y el predio:*

El módulo relaciona la información correspondiente a los propietarios y predios que hacen uso y/o donde se aprovecha el recurso hídrico.

Es necesario georreferenciar a través del registro de la latitud y la longitud correspondiente el predio asociado al usuario del recurso hídrico y/o al aprovechamiento del mismo. Dichas coordenadas se registrarán en términos de grados, minutos y segundos, según el sistema MAGNA-SIRGAS.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



2. Información sobre la fuente de abastecimiento:

El módulo pretende identificar detalladamente el tipo de sistema hídrico utilizado para abastecimiento en función del aprovechamiento del recurso. Se discrimina sistemas de aguas superficiales, subterráneas, marinas e incluso lluvias.

El tipo de fuente de abastecimiento debe seleccionarse desde las opciones dadas en el formato y de igual manera la fuente de abastecimiento donde se hace la captación.

Se recomienda tener en cuenta las siguientes definiciones:

Río: Corriente de agua de grandes dimensiones que sirve de canal natural en una cuenca de drenaje.

Quebrada: Curso natural de agua normalmente pequeño y poco profundo, por lo general, de flujo permanente, en cierto modo turbulento y tributario de un río y/o mar.

Arroyo: Curso de agua pequeño y poco profundo, por lo general de flujo permanente y en cierto modo turbulento.

Caño: Curso natural de agua de flujo intermitente propio de zonas planas.

Lago: Es un cuerpo de agua natural, dulce o salada de tipo continental de gran tamaño y profundidad, ubicado en depresiones del terreno de formas variadas, que se alimenta de un río o de aguas freáticas.

Laguna: Es un cuerpo de agua natural dulce o salada de tipo continental de menor tamaño y profundidad que los lagos, ubicado en depresiones del terreno de formas variadas, que se alimenta de ríos o de aguas freáticas.

Ciénaga: Es un cuerpo de agua natural de poca profundidad alimentado por un río en los períodos lluviosos y de aguas altas, y con circulación del cuerpo de agua hacia el río, en las épocas secas de aguas bajas, que mantiene vegetación higrófila, incluso arbórea, adaptada a suelos saturados.

Pantano: Se define como un surgimiento natural el cual presenta por sí mismo acumulaciones de agua sobre las superficies de tierras bajas inundadas, normalmente fangosas.

Estero: Zona de litoral comprendida entre el nivel máximo de la pleamar y el nivel mínimo de bajamar. Se llama también zona intertidal.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Jagüey: Son depósitos artesanales contruidos para almacenamiento de agua para la época de sequía.

Aguas Subterráneas: Se entiende por aguas subterráneas las subálveas y las ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marino que brota de forma natural como las fuentes y manantiales captados en el sitio de afloramiento o las que requieren para su alumbramiento obras como pozos, galerías filtrantes u otras similares.

Pozo: Excavación o perforación en el terreno realizada mecánicamente que alcanza las aguas subterráneas.

Acuífero: Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua.

Manantial: Descarga de agua subterránea al exterior, concentrada en un punto o a lo largo de una línea.

Aguas Lluvias: Aquellas recolectadas y almacenadas en los momentos y períodos de lluvias por cualquier mecanismo para su uso.

3. Información sobre la captación en la fuente:

En este módulo se amplía la información referente a la ubicación de la(s) estructura(s) de captación y pretende documentar la información sobre extracción (caudal en litros por segundo) del recurso.

La información es requerida para cada punto de captación en la(s) fuente(s) de abastecimiento de agua que utilice el usuario. Se documenta información de localización georreferenciada, es decir latitud, longitud y altitud del sitio donde se efectúa la captación, o donde se hace la derivación relacionada con los aprovechamientos del recurso. Así mismo, las características relacionadas con los sistemas de captación, a efectos de establecer la capacidad de extracción y/o volumen total captado, capacidad y volumen de almacenamiento y régimen de operación/extracción.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



4. Información sobre el uso y aprovechamiento del recurso hídrico:

En este módulo se identifica la información sobre la destinación del recurso y estima la cantidad de agua que se utiliza (litros por segundo) para cada actividad. Además, relaciona el aprovechamiento del recurso en el área de estudio y sus características.

En cada caso se requiere presentar la demanda bruta por tipo de consumo en litros por segundo (l/s) y se establecen algunos datos adicionales para determinar los módulos que justifican o sustentan el valor registrado.

En el caso de consumo doméstico se plantea el consumo de las personas permanentes consideradas (l/s) y el consumo de personas transitorias y el estimativo del número de meses con que se efectuó el estimativo final. En el caso de abrevaderos el tipo y número de animales. En acuicultura el tipo y producción en toneladas. En riego y silvicultura el tipo, la producción en toneladas, el área cultivada y la eficiencia estimada de riego.

Demanda: Cálculo asociado a módulos de consumo Doméstico, Pecuario, Acuícola, Agrícola, Industrial, Minería, Generación eléctrica y la Demanda Total (l/s).

5. Información legal de la Concesión:

Este módulo relaciona la información legal correspondiente a las concesiones otorgadas y vigentes a la fecha del registro.

6. Información de la fuente receptora del vertimiento:

El presente módulo relaciona información sobre el tipo y nombre del cuerpo de receptor, su localización georreferenciada (coordenadas geográficas: latitud, longitud y altitud del sitio donde se efectúa el vertimiento).

En cuanto a la calidad de la fuente receptora de vertimientos debe relacionarse información sobre los parámetros físicos, químicos disponibles en la autoridad ambiental, o los exigidos por la autoridad al usuario.

7. Información del vertimiento:

El vertimiento debe georreferenciarse, considerando que refiere a descargas puntuales, estableciendo la localización en términos de departamento, municipio y centro poblado donde se genera.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



8. Información legal de las autorizaciones de vertimientos:

El presente módulo relaciona la información legal y las características correspondientes a las autorizaciones de vertimiento otorgadas y vigentes a la fecha del registro. Esto es, los Permisos de Vertimiento, Planes de Cumplimiento y Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

14.2.2. Registro de usuarios del recurso hídrico subterráneo en la zona de estudio (Subcuencas hidrogeológicas de los sinclinales de Tunja y Albarracín y al oriente de la falla de Chivatá)

En el registro de usuarios del recurso hídrico subterráneo se considera como usuario a la(s) persona(s) o entidad titular de la concesión, es decir a quien se le otorga un caudal por medio de un acto administrativo expedido por la autoridad ambiental.

El número de usuarios del recurso hídrico subterráneo en la zona de estudio es de 137, los cuales fueron identificados en la revisión de expedientes y se registran en el “Formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico - RURH”. En el registro se incluyen los usuarios que tienen concesión vigente y los usuarios que tienen concesión vencida.

La zona de estudio se encuentra bajo la jurisdicción de las corporaciones autónomas regionales Corpoboyacá y Corpochivor razón por la cual se diligencia un Formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico - RURH para cada corporación (Ver **Anexo 8 - Formatos del RURH**).

De acuerdo a lo anterior, se registran 106 usuarios del recurso hídrico subterráneo en la jurisdicción de la corporación autónoma regional de Corpoboyacá, de los cuales 54 usuarios corresponden a personas naturales y 52 usuarios corresponden a personas jurídicas.

Por otro lado, se registran 31 usuarios del recurso hídrico subterráneo en la jurisdicción de la corporación autónoma regional de Corpochivor, de los cuales 26 usuarios corresponden a personas naturales y 5 usuarios corresponden a personas jurídicas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

15. IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS Y PROBLEMATICAS POR EL USO DEL SISTEMA ACUÍFERO. ADEMÁS DE LAS CONDICIONES DE DESABASTECIMIENTO

La identificación de las problemáticas y Conflictos sobre el sistema acuífero permite conocer las fuentes (actores) más importantes, generando la construcción de un plan de mejoramiento ambiental, que está centrado y soportado en la realidad. Debido a esto, se ha construido con la información recopilada una matriz de problemáticas, conflictos y causas que permitirán un acercamiento y mayor grado de comprensión sobre este tema.

En la construcción de la matriz se realizaron unos agrupamientos de problemática y causas, con el fin de generar mayor cobertura, ya que muchas de estas se relacionaban y sería de importancia determinar las características principales. En el presente documento se dará una breve explicación de lo que se encuentra en la matriz de manera que sea comprensible. **Anexo 9.1 Matriz de conflictos y problemáticas.**

Causas: Estas fueron divididas en 10 grupos de importancia que son:

- Gestión institucional: falla en la formulación y ejecución de instrumentos de ordenamiento, poca articulación entre los actores, poco compromiso institucional, superposición de funciones entre entidades y políticas poco realistas.
- Control ambiental y licenciamiento: dificultad y demora en trámites ambientales, fallas en licenciamientos, idoneidad del personal, exigencias ambientales desiguales y falta de control ambiental.
- Apoyo y gestión con el usuario y/o actores: falta de alternativas y acompañamiento, falta de apoyo institucional, falta de incentivos para conservación de áreas, predios privados y problemas con la titulación, oposición de los propietarios y no se permite la legalización de la minería.
- Conciencia y compromiso ambiental: interpretación y desconocimiento de la normatividad, falta de gestión, falta de solidaridad y compromiso, no cumplimiento de la normatividad y poca conciencia ambiental.
- Aprovechamiento de recursos naturales: no se respetan las zonas de ronda, sobre explotación del recurso, reducción de caudal, pérdida de regulación hídrica, explotación en paramos, deforestación, sequía y erosión.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Actividades industriales y agropecuarias: plantaciones forestales con especies exóticas, ganadería, minería, falta de diversificación, sectores productivos ineficientes, modelos agropecuarios tradicionales y uso de agroquímicos.
- Manejo de residuos: vertimientos industriales, vertimientos ilegales, mal manejo de residuos y contaminación del agua.
- Infraestructura: obras de infraestructura, falla en licencias de construcción y falta de distritos de riego.
- PTAR: PTAR con poca capacidad, fallas en los diseños de PTAR, poco mantenimiento de la infraestructura, falta de PTAR y no se invierte en la recuperación de las cuencas.
- Demografía: asentamientos en las zonas de paramo y aumento de la población.

Dentro de la matriz se le asigna a cada causa el número de veces que fue manifestado por los participantes a los talleres de diagnóstico y la relación entre la problemática y la causa, cada problemática puede deberse a diversas causas dentro de la matriz, permitiendo la observación de la relación problema- causa.

Por otra parte se determinaron diversas problemáticas identificadas por los usuarios, en la matriz se agruparon las problemáticas por números, estas indicando similitudes o relación.

- **Grupo 1:** Contaminación del agua
- **Grupo 2:** Deterioro de los páramos y zonas de ronda, destrucción de los humedales, no se respetan las zonas de ronda y no hay delimitación en las zonas de recarga.
- **Grupo 3:** Falta de PTAR, faltan proyectos para gestionar recursos para saneamiento y agua potable, PTAR con poca capacidad y poco mantenimiento de infraestructura.
- **Grupo 4:** Minería
- **Grupo 5:** Sobre explotación de recursos, reducción del caudal, captaciones ilegales, conflictos por el uso del agua y escasez de agua.
- **Grupo 6:** Erosión, aridez, deforestación y pérdida de biodiversidad.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- **Grupo 7:** Falta de control ambiental, falla en licenciamiento, vertimientos industriales, exigencias ambientales desiguales e idoneidad del personal.
- **Grupo 8:** poca conciencia ambiental y poco interés de la comunidad.
- **Grupo 9:** Modelos agropecuarios tradicionales, sobre explotación del suelo, ganadería y uso de agroquímicos.

Es importante manifestar que en muchos casos la problemática se convierte en causa y viceversa.

Tabla 15-1. Síntesis de la matriz de conflictos y problemáticas

PROBLEMA	CAUSAS	TIPIFICACIÓN	
		PROBLEMAS	CAUSAS
Contaminación del cuerpo de agua Rio Jordán	vertimientos directos	contaminación del agua	Falta de control
	falta de alcantarillados		vertimientos directos
contaminaciones de Nacimientos de Ríos	Actividades de agriculturas	contaminación del agua	falta de control
	Actividades de Ganadería		falta de manejo de las actividades
			falta de compra de los terrenos donde se encuentran los nacimientos
interrupción de las zonas de recarga del sistema acuífero	intervención de los estratos rocosos mediante la minería	Minería	Falta de control Ambiental
Perdida de humedales y el ecosistema	uso indebido del suelo	Deterioro de los páramos, humedales y zonas de ronda	Falta de control ambiental
alteraciones del equilibrio del ecosistema	La tala indiscriminada de las especies de la zona	Alteración morfológica de los cauces	falta de control ambiental



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

PROBLEMA	CAUSAS	TIPIFICACIÓN	
		PROBLEMAS	CAUSAS
	la reforestación inadecuada con especies no aptas para ese ecosistema		desconocimiento de las especies
contaminación al suelo	el tiempo de uso de los tanques de almacenamiento de combustible	Control Ambiental	falta de control ambiental
	la falta de control sobre la estaciones de servicio		
vertimiento de aguas negras	Daño a las plantas de tratamiento	Falta de PTAR	No se invierte en la recuperación de las cuencas y PTAR No se invierte en la recuperación de las cuencas y PTAR
	falta de plantas de tratamiento		
Mal estado de los nacimientos	No se respetan las rondas	Deterioro en las zonas de nacimientos	Falta de control Ambiental
	Tala indiscriminada en zonas de nacimientos		Falta de educación Ambiental
	Presencia de Basura en las zonas de nacimientos		
Represamiento de nacimientos de agua	Beneficio personal	Mayor presencia de las Autoridades ambientales	falta de recurso para la compra de predios
Explotación Minera	Beneficio económico	Minería	Falta de control ambiental
Contaminación agroquímicos por	Uso indiscriminado de fertilizantes, plaguicidas e insecticidas	Uso de químicos	Falta de conciencia ambiental



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

PROBLEMA	CAUSAS	TIPIFICACIÓN	
		PROBLEMAS	CAUSAS
Arrojo de materia orgánica a las fuentes de agua	Desechos de cultivos de cebolla y otros	Desechos orgánicos	Falta de control ambiental
Exceso de deforestación	Ampliación de las fronteras agrícolas	Deforestación	Falta de control Ambiental
Uso irracional del agua	Falta de educación	Mal uso del recurso	Educación Ambiental
Ampliación de fronteras agrícolas y ganaderas	Búsqueda de recursos para vivir	Mal uso del suelo	Falta de control ambiental
Analfabetismo Ambiental	ignorancia de la importancia de recurso	Educación ambiental	Falta de conciencia ambiental
No se respetan las rondas Hídricas	incumplimiento de los establecido	Control Ambiental	Falta de control ambiental
falta de reforestación	Falta de apoyo de las entidades	Control Ambiental	falta de control ambiental
falta de capacitación	falta de interés por la educación ambiental	Educación ambiental	Falta de conciencia ambiental
Siembra en las zonas de recarga	Desconocimiento	Desconocimiento de las zonas de recargas	Conocimiento del territorio
Recolección de los desechos en las veredas	Falta de presupuesto de los municipios	Desechos orgánicos	Falta de compromiso de los municipios
Razonamiento permanente del agua	Escases	desabastecimiento	Compromiso de las instituciones ambientales
	Desperdicio		
	Verano		
falta de capacitación	falta de interés por la educación ambiental	Educación ambiental	Falta de conciencia ambiental
Explotación Minera	Se entregan concesiones mineras sin restricciones	Minería	Falta de control ambiental
Desconocimiento	Falta de educación	Educación ambiental	Falta de conciencia ambiental



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

PROBLEMA	CAUSAS	TIPIFICACIÓN	
		PROBLEMAS	CAUSAS
Falta de conciencia	Desconocimiento	Educación ambiental	Falta de conciencia ambiental
Falta de normatividades de igualdad	Falta de seguimiento de las normas	Irrespeto por las normas	Falta de control de las autoridades

Fuente: Hidroboyacá, 2015

15.1. Condiciones de desabastecimiento

Basados en lo encontrado durante los diferentes procesos de participación de la comunidad como principales generadores de información, se ha hallado que una de las problemáticas con mayor relevancia es el desabastecimiento del recurso hídrico en la zona de estudio, las causas de esto varían según las poblaciones y sus actividades económicas, pero coinciden en el hecho de que afectan a toda la comunidad.

Esta problemática ha estado generando un impacto social importante en el territorio, debido a que las actividades del campo, que son las que generan los mayores ingresos para el soporte económico de las familias, están siendo afectadas directamente con la escasez del líquido, trayendo como consecuencia que los pobladores del campo se vean en la necesidad de salir de sus tierras a las ciudades más cercanas para conseguir otro tipo de sustento.

Esta situación se expone con mayor profundidad en el numeral 17, donde estos plantean en términos generales, que existe una falta del recurso para abastecer a la población, generando dificultades importantes en la comunidad, y ven el agua subterránea como una solución potencial a sus problemática de escasez.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



16. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA

Con el fin de identificar y caracterizar los puntos de extracción y/o descarga de aguas subterráneas del sistema acuífero de Tunja (pozos, aljibes y manantiales), existentes en la zona de estudio, se realizó el inventario de puntos de agua mediante trabajo de campo.

Esta labor se realizó con el acompañamiento de habitantes de la región, en la mayoría de los casos fueron los fontaneros de las veredas, quienes cuentan con el conocimiento de la ubicación de los puntos de agua en la zona, y facilitando su acceso.

En cada punto inventariado, se diligencio el Formulario Único Nacional de Inventario de Agua Subterránea (FUNIAS), el cual se integra la información general del predio y propietario, información espacial con coordenadas geográficas y planas; información referente a parámetros de calidad de agua in situ; información de pozos profundos, tal como, profundidad del nivel estático, caudal de producción, tiempo de bombeo, tipo de bomba, potencia de la bomba, caudal, columna litológica, características específicas de construcción y materiales de pozos, etc.

Para cada punto inventariado se presenta, junto al FUNIAS, un croquis de la zona y un registro fotográfico que consta de, una fotografía del punto de interés, una fotografía de la medición de parámetros físico químicos in situ (en los casos en los que se logró tomar una muestra de agua), y una foto del aforo del caudal, cuando las condiciones lo permitían, tal como se muestra en la Figura 16-1.

Así mismo, se implementó el código establecido por el IDEAM para la identificación de cada uno de los puntos inventariados (pozos, aljibes y manantiales).

El inventario se realizó entre el 30 de julio del 2015 y el 4 de octubre del 2015. Se inventariaron 695 puntos de agua subterránea, de los cuales 598 son manantiales, 68 aljibes y 29 pozos profundos tal como se ve en la Tabla 16-1.

En la Figura 16-2, se presenta el porcentaje correspondiente a cada tipo de punto inventariado. Los manantiales representan el 86%, los aljibes el 10% y los pozos profundos el 4%. Para cada punto de agua inventariado, se encuentra diligenciado un FUNIAS y un formato FGP-18, esta información se puede apreciar en el **Anexo 3 – Inventario de puntos de agua subterránea**.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



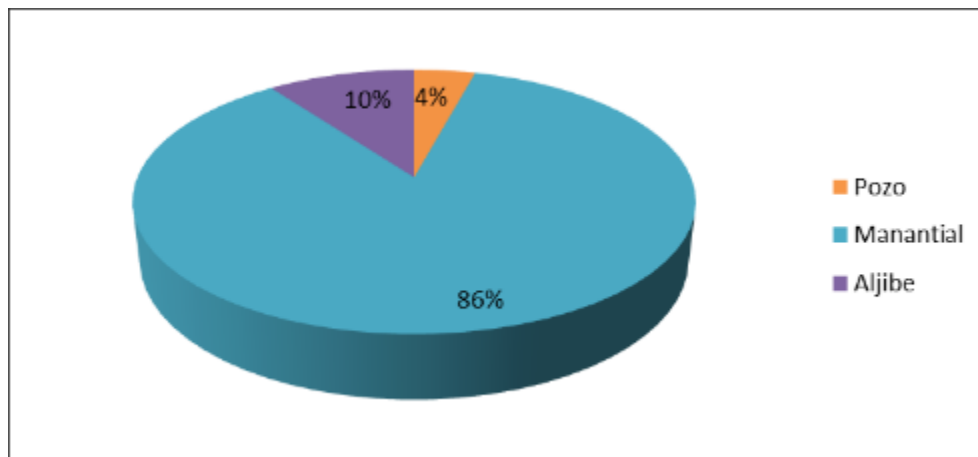
CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 16-1. Registro fotográfico Campaña de inventario de puntos de agua subterránea.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 16-2. Tipo de Punto



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En el inventario de puntos de agua se recorrieron 73 veredas, distribuidas 15 municipios del departamento de Boyacá. Los tipos de puntos encontrados en cada vereda se observan en la Tabla 16-1. Tipo de punto por municipio y por vereda.

- Arcabuco: Dentro de la zona de influencia del proyecto se encuentra una vereda del municipio de Arcabuco, en la cual se inventariaron 5 manantiales.
- Boyacá: En el municipio de Boyacá se inventariaron 30 manantiales distribuidos en 6 veredas.
- Chivata: En el municipio de Chivata se inventariaron 27 manantiales, 8 aljibes y 1 pozo profundo, en 5 veredas.
- Combita: Dentro de la jurisdicción de Combita se inventariaron 54 manantiales, 6 aljibes y 4 pozos profundos, en 8 veredas.
- Cucaita: En la jurisdicción del municipio de Cucaita se inventariaron 30 manantiales y un aljibe, en 3 veredas, localizadas al oriente del casco urbano del municipio.
- Motavita: En el municipio de Motavita se inventariaron 49 manantiales, 11 aljibes y 3 pozos profundos, en 8 veredas.
- Oicatá: En el municipio de Oicatá se inventariaron 29 manantiales, 8 aljibes y 1 pozo profundo, en 4 veredas.
- Paipa: Dentro de la zona de estudio, se encuentra parte de una vereda del municipio de Paipa, en la cual se inventariaron 3 manantiales.
- Samacá: En el municipio de Samacá se inventariaron 56 manantiales y 14 aljibes, en 7 veredas, no se encontraron pozos profundos.
- Sora: En Sora se inventariaron 20 manantiales y un aljibe, en 3 veredas, localizadas al oriente del municipio.
- Soracá: En el municipio de Soracá se inventariaron 46 manantiales, 5 aljibes y 1 pozo profundo en 9 veredas.
- Sotaquirá: En el municipio de Sotaquirá se inventariaron 52 manantiales y 1 aljibe en 9 veredas.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Toca: Dentro de la zona de estudio se encuentra parte de una vereda del municipio de Toca, en la cual se inventariaron 3 manantiales.
- Tunja: En la zona urbana y en la zona rural (conformada por 9 veredas), se inventariaron 129 manantiales, 10 aljibes y 19 pozos profundos, incluidos 14 pozos operados por la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.
- Tuta: En el municipio de Tuta se inventariaron 65 manantiales y 2 aljibes, en 7 veredas.

Tabla 16-1. Tipo de punto por municipio y por vereda.

Municipio	Vereda	Pozo	Manantial	Aljibe
Arcabuco	Quirvaquira		5	
Boyacá	Vanegas Puente Boyacá		12	
	Rique		6	
	Pachaquira		2	
	Vanegas sur		4	
	Soconsaque		1	
	Vanegas norte		5	
Chivatá	Tirga		1	1
	Siatoca		8	
	Pontezuelas		12	
	El Moral	1	2	4
	Ricaya		4	4
Cómbita	San Martín		6	
	El Carmen	1	3	
	San Rafael		12	
	Concepción		7	3
	San Onofre	2	5	2
	San Isidro	1	4	
	San Francisco		4	1
	Las Mercedes		11	
Cucaita	Centro		2	
	Escalones		1	1
	Pijaos		27	
Motavita	Barro Hondo		1	
	Carbonera		15	3
	Centro		7	3



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Municipio	Vereda	Pozo	Manantial	Aljibe
	Concepción		1	
	Quebrada Honda		3	
	Rista	1	4	
	Salvial	2	6	4
	Sote		12	1
Oicatá	Centro	1	3	2
	Forantiva		13	1
	Guintiva	1	10	
	Poravita		3	5
Paipa	Salitre		3	
Samacá	Gacal centro		13	2
	Guantoque		27	8
	La Hoya		1	
	Paramo Centro Llanito			1
	Pataguy		4	
	Quite		3	
	Tibaquirá		8	3
Sora	Chuscal		10	1
	Piedra Gorda		4	
	Salitre		6	
Soracá	Alto Negro		5	1
	Cruz Blanca		2	
	El Rosal		6	
	Faitoque		5	
	Pirgua		1	
	Puente Hamaca		11	
	Quebrada Grande		6	
	Quebrada Vieja	1	5	4
	Rominguira		5	
Sotaquirá	Angosturas		8	
	Bosigas		8	
	Cortadera Chiquita		5	
	Cortadera Grande		5	
	Espinal		4	
	Monte de Vargas		2	
	Roble		4	
	Santa Bárbara		11	



Municipio	Vereda	Pozo	Manantial	Aljibe
	Soconuca de Blancos		5	1
Toca	San Francisco		3	
Tunja	Barón Gallero		21	
	Chorro Blanco		17	2
	La Hoya		38	
	La Lajita		5	
	Pirgua		6	
	Porvenir		8	1
	Runta	2	8	
	Tras del Alto	3	20	6
	Zona urbana	14	3	
Tuta	Agua Blanca		11	
	Hacienda		9	
	Leonera		10	
	Resguardo		16	
	Río de Piedras		1	2
	Salvial (antes San Nicolás)		5	
	San Nicolás		13	
Subtotal		29	598	68
Total			695	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

16.1. Análisis de la información obtenida en los FUNIAS

A partir de la información recopilada en los formatos FUNIAS para cada punto de agua subterránea inventariado, se presenta a continuación el análisis de la información de los principales aspectos considerados, tales como, permanencia (manantiales), estado del punto, uso.

- Permanencia

Aproximadamente, el 91% de los manantiales inventariados se consideran perennes, y están asociados con flujos de aguas subterráneas, y el 8% (intermitentes y estacionales), corresponden a flujos de agua subsuperficial, es decir, agua que se infiltra y fluye a través del suelo y aparece metros más abajo, pero que no alcanza la zona de saturación.



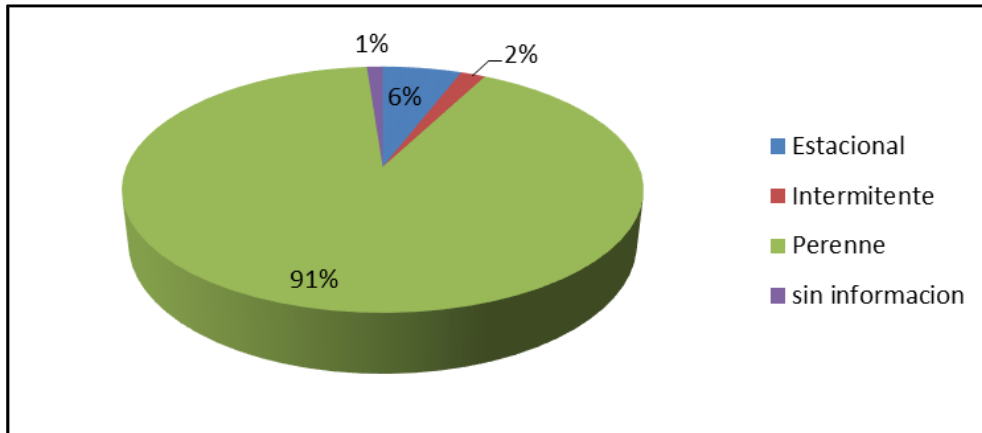
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la Figura 16-3, se muestra la distribución de los manantiales, de acuerdo con la permanencia del punto, con base en la información referente suministrada por los habitantes de la zona.

Figura 16-3. Permanencia de los manantiales

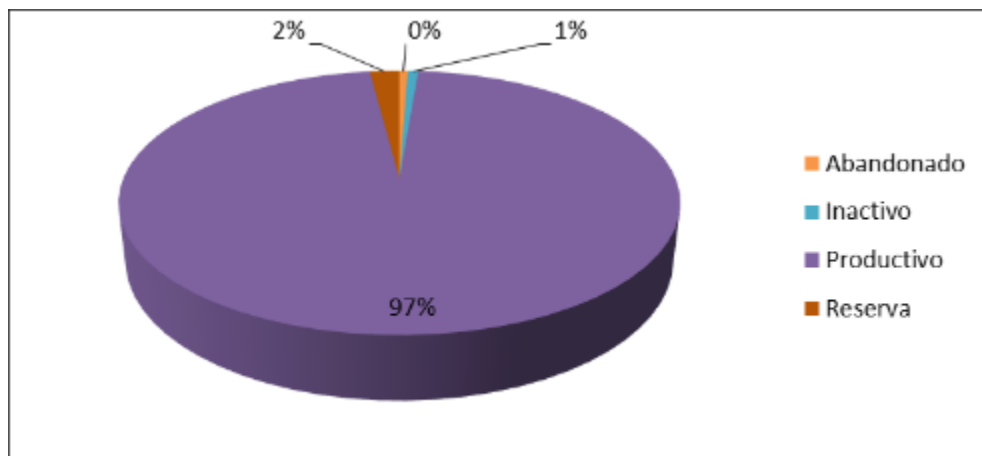


Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Estado del Punto (Abandonado, activo, productivo o reserva)

En la Figura 16-4, se puede observar que el 97% de los 695 puntos registrados, son productivos, el 2%, se consideran en reserva, y el 1%, se consideran inactivos. Existen pocos puntos abandonados, que en la relación porcentual no alcanzan al del 1%, por lo que se clasifican como el 0%.

Figura 16-4. Estado de punto



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Uso del recurso hídrico

La información sobre el uso del recurso hídrico en cada punto de agua subterránea inventariado, fue suministrada por los habitantes de la zona. La información se presenta en la Figura 16-5.

- De los 695 puntos inventariados, el 14% se utiliza para uso doméstico, donde la prioridad es consumo humano.
- El 8%, son explotados para uso doméstico y pecuario. En la mayoría de estos casos el uso pecuario, está limitado 4 o 5 animales. En algunos casos cantidad de animales es mayor.
- El 5% de los puntos inventariados, es utilizado para uso es doméstico y agrícola.
- En el 3%, el uso es domestico pecuario y agrícola.
- En el 21% de los puntos inventariados, el agua es utilizada para uso agrícola y en el 26%, para uso pecuario. El 10%, de los puntos, tienen un uso mixto entre agrícola y pecuario.
- El 8% de los puntos corresponden a fuentes de abastecimiento público (acueductos veredales).
- El 5% de los puntos inventariados, no se pudo definir el uso.
- El porcentaje de los puntos inventariados que tienen usos mixtos, tales como, domestico-publico, domestico-publico-agrícola, domestico-publico-pecuario, publico-agrícola, publico-pecuario, publico-pecuario-agrícola e industrial es pequeño, y representa menos del 1% por lo que gráficamente se expresa como 0%.

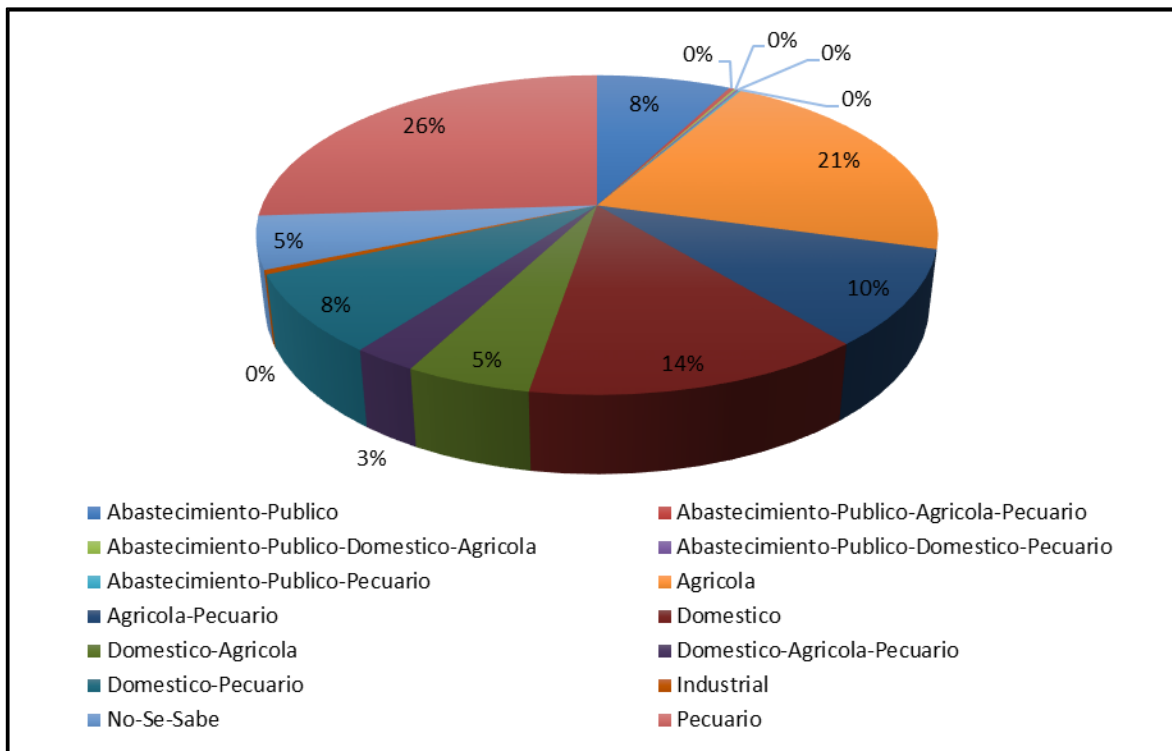


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 16-5. Uso del agua en los puntos inventariados



Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Uso del recurso hídrico en el sector Agrícola

La figura Figura 16-6, se presenta la distribución de los puntos correspondientes a uso agrícola. En la figura se incluyen los puntos de agua de uso exclusivamente agrícola, y los que están combinados con otro tipo de uso. De todos los puntos de agua que se explotan para uso agrícola (correspondiente al 35% del total de puntos inventariados), el 74% está destinado para el cultivo de papa, el 9% para el cultivo de maíz, el 3% para cultivo de durazno al igual que el cultivo de fresa, los cultivos de arveja ciruela y tomate de arbol conforman cada uno el 2%, mientras que los cultivos de cebolla, coliflor, zanahoria y mora cada uno representa un 1%, y los cultivos de cebada, haba y frijol ocupan menos del 1%.

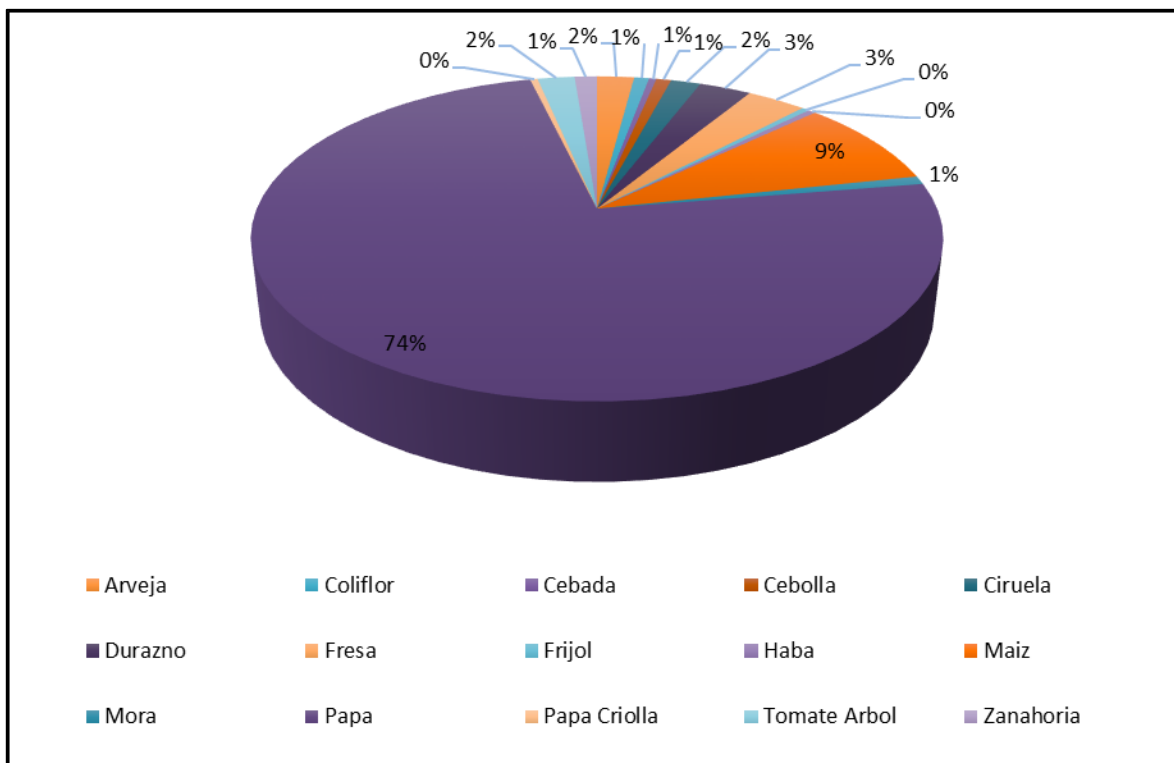


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 16-6. Usos del agua en el sector agrícola.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Uso del recurso hídrico en el sector Pecuario

En la Figura 16-7, se presenta de manera porcentual los puntos de agua destinados al sector pecuario. El 90% de la producción pecuaria en la zona de estudio es bovina y el 3% representa el sector equino. La producción ovina y avícola representan cada una el 2%; el sector porcícola representa el 1%, la cunicultura y piscicultura existen pero en pequeñas cantidades, tanto así que en la escala porcentual representas menos del 1%, por lo cual se representa como el 0%.

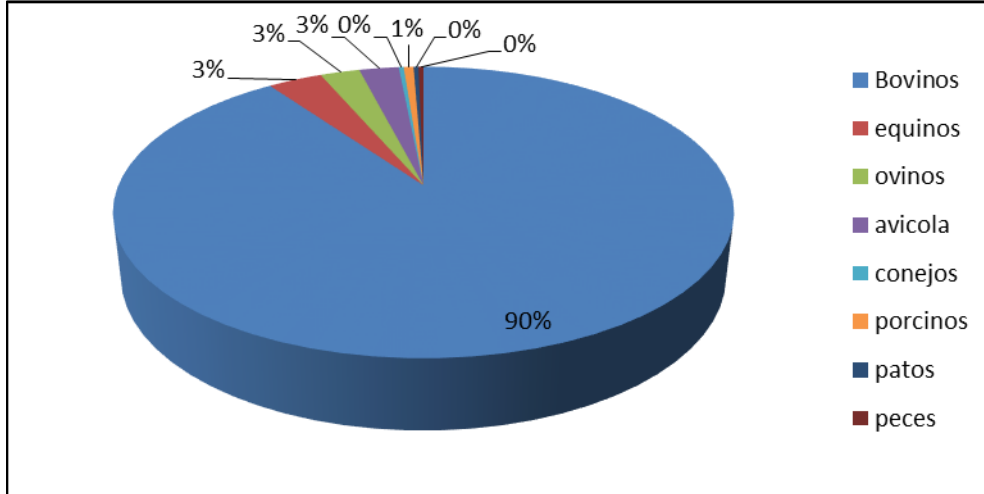


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 16-7. Uso del agua en el sector pecuario



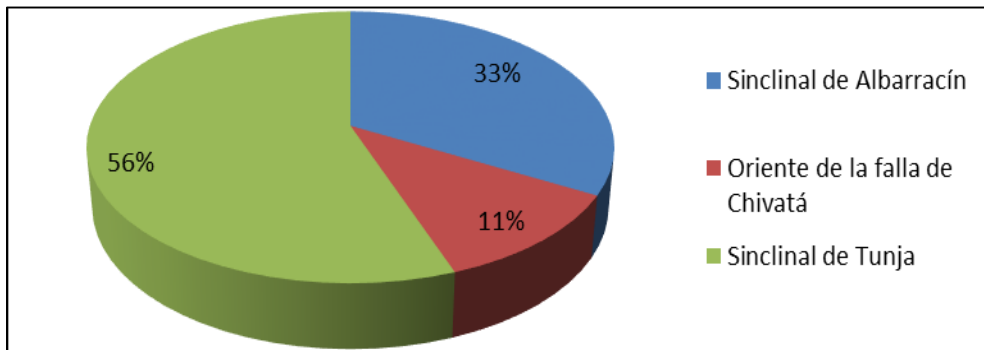
Fuente: Hidroboyacá, 2015

16.2. Inventario de puntos de agua en la zona de estudio por subcuencas hidrogeológicas

En la distribución de los puntos de agua subterránea inventariados, se ha considerado por separado, además de las áreas correspondientes a las subcuencas hidrogeológicas del sinclinal de Tunja y de Albarracín, el sector localizado al oriente de la falla de Chivata y el límite de la zona de estudio, como parte de otra subcuenca hidrogeológica.

En la Figura 16-8, se observa que el 56% de los puntos inventariados se encuentran en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, el 33% se encuentran en la subcuenca del sinclinal de Albarracín, y el 11% restante se encuentran en el área comprendida entre la falla de Chivata y el límite de la zona de estudio, al oriente.

Figura 16-8. Inventario general por subcuencas hidrogeológicas.



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

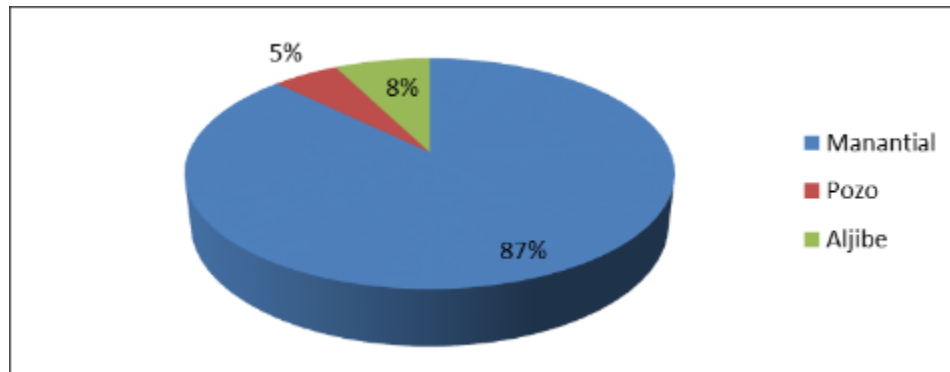


16.2.1. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja

- Tipo de punto.

En el área perteneciente a la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja se inventariaron 386 puntos, de los cuales 20 corresponden a pozos profundos (entre los cuales se encuentran los pozos operados por Proactiva), 336 son manantiales, y 30 son aljibes. En la Figura 16-9, se observan estas cantidades en escala porcentual.

Figura 16-9. Distribución porcentual de los puntos de agua inventariados en la Subcuenca hidrogeológica sinclinal de Tunja.

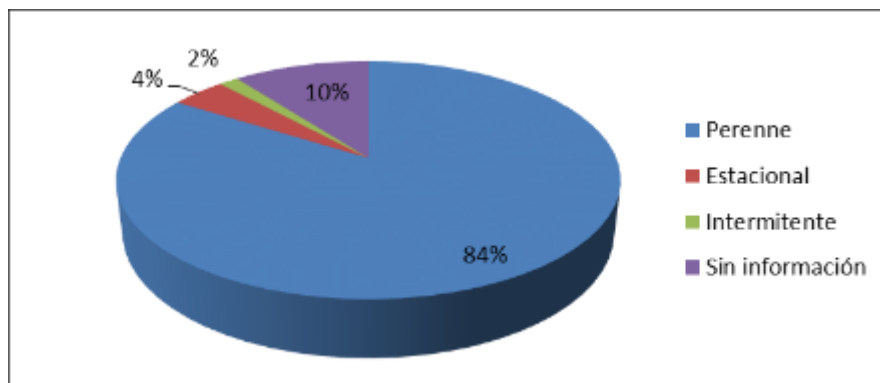


Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Permanencia.

La condición de permanencia, se estableció para los 336 manantiales inventariados, dando como resultado: 297 manantiales se consideran como perennes, 26 estacionales, 7 intermitentes y de los 6 restantes no se tiene información al respecto. En la Figura 16-10, observan estos valores en una escala porcentual.

Figura 16-10. Permanencia de los manantiales



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Uso del agua.

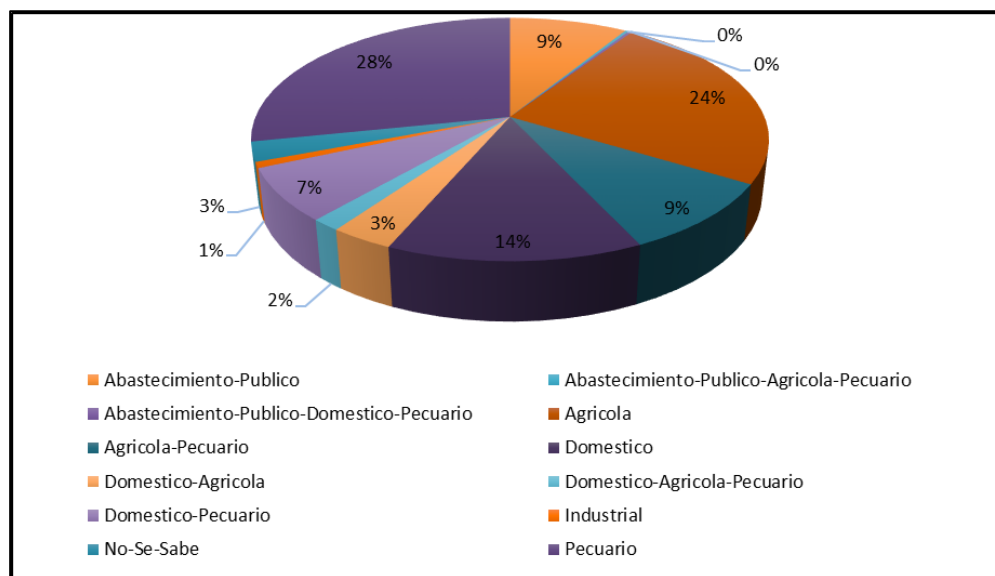
En la Tabla 16-2, se presenta la distribución de los 386 puntos inventariados en la subcuenca hidrogeología del sinclinal de Tunja, de acuerdo con el uso identificado. Los usos del agua más comunes son: pecuario, agrícola y doméstico. En la Figura 16-11, se muestra la distribución en escala porcentual.

Tabla 16-2. Uso del agua subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja.

Uso del agua subterránea	
Domestico	52
Domestico-Pecuario	27
Domestico-Agrícola	13
Domestico-Pecuario-Agrícola	6
Domestico-Publico-Pecuario	1
Publico	34
Publico-Pecuario-Agrícola	1
Agrícola	94
Pecuario	109
Agrícola- pecuario	36
Industrial	3
No se sabe	10
TOTAL	386

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 16-11. Uso del agua subterránea



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Distribución de los puntos de agua subterránea por unidad geológica.

En la Tabla 16-3 se encuentra la localización de los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes y manantiales), inventariados en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Tunja, en cada unidad geológica. En la Figura 16-12, se muestra la distribución escala porcentual.

Tabla 16-3. Localización de los puntos de agua subterránea por unidad geológica.

Subcuenca hidrogeológica del Sinclinal de Tunja				
Unidad Geológica	Manantiales	Pozos	Aljibes	Total
Depósitos Aluvial (Qal)	1	1	0	2
Depósito Coluvial (Qc)	2	0	0	2
Depósito Fluvio Lacustre (Qfl)	11	6	5	22
Formación Tilata (Tst)	88	5	6	99
Formación Bogotá (Tb)	14	5	0	19
Formación Cacho (Tic)	7	1	0	8
Formación Guaduas (Ktg)	54	2	10	66
Formación Labor y Tierna (Kg1)	31	0	7	38
Formación Plaeners (Kg2)	41	0	1	42
Formación Conejo (Kscn)	33	0	1	34
Formación Churuvita (Ksch)	38	0	0	38
Fm. San Gil Superior (Kmsgs)	7	0	0	7
Fm. San Gil Inferior (Kmsgi)	7	0	0	7
Formación Paja (Kimp)	2	0	0	2
Total	336	20	30	386

Fuente: Hidroboyacá, 2015

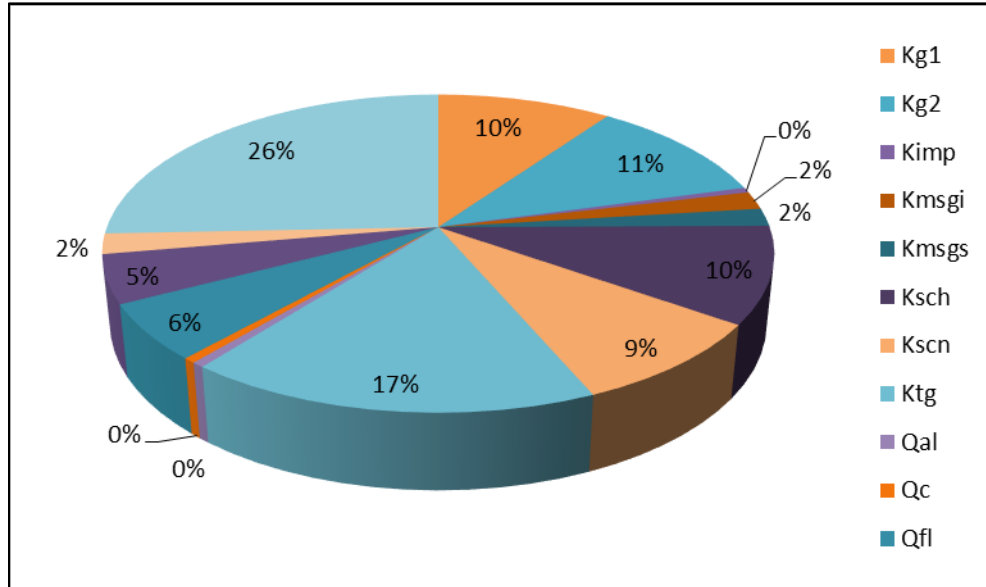


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 16-12. Distribución de los puntos de agua subterránea inventariados por unidad geológica.



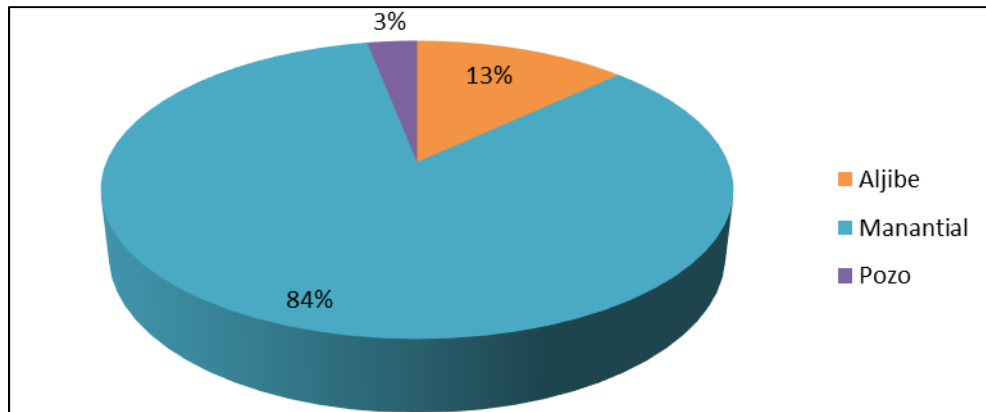
Fuente: Hidroboyacá, 2015

16.2.2. Subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín

- Tipo de punto.

En el área de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín se inventariaron 230 puntos de agua subterránea, de los cuales, 193 corresponden a manantiales, 30 aljibes y 7 pozos profundos. En la Figura 16-13, observa la distribución en escala porcentual.

Figura 16-13. Distribución de los puntos inventariados por tipo de punto (pozos, aljibes y manantiales).



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

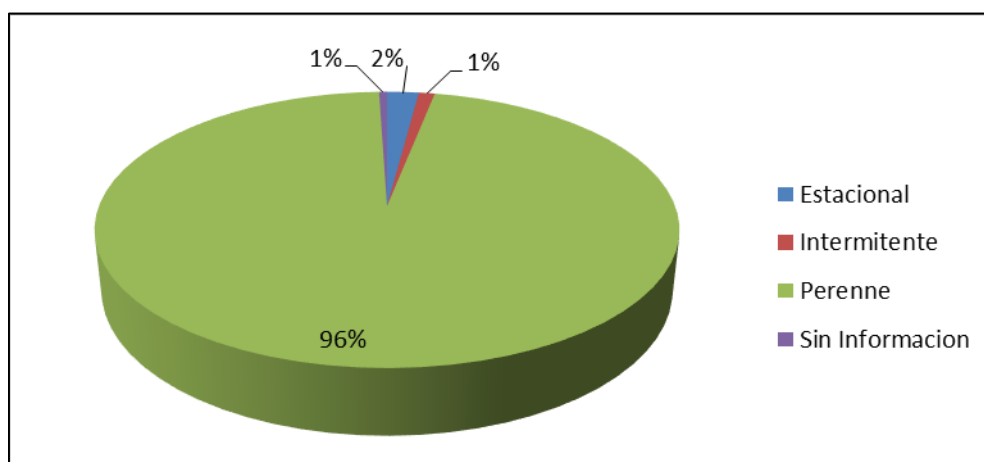


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Permanencia.

De los 193 manantiales inventariados en el sinclinal de Albarracín, 186 se consideran como perennes, 4 estacionales, 2 intermitentes, de acuerdo con la información suministrada por los habitantes de la región; el punto restante no tienen información al respecto. En la Figura 16-14, se presenta la distribución de los manantiales de acuerdo con su permanencia en escala porcentual.

Figura 16-14. Permanencia de los manantiales



Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Uso del agua.

En Tabla 16-4, se presenta la distribución de los 230 puntos inventariados en la subcuenca hidrogeología del sinclinal de Albarracín, de acuerdo con el uso. Los usos del agua subterránea más comunes son: doméstico, agrícola y pecuario. En la Figura 16-15, se encuentra los usos de agua en escala porcentual.

Tabla 16-4. Uso del recurso hídrico.

Uso del agua	
Domestico	33
Domestico-Pecuario	25
Domestico-Agrícola	14
Domestico-Pecuario-Agrícola	7
Domestico-Publico-Agrícola	1
Publico	16
publico-pecuario	1
Publico-Pecuario-Agrícola	1



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

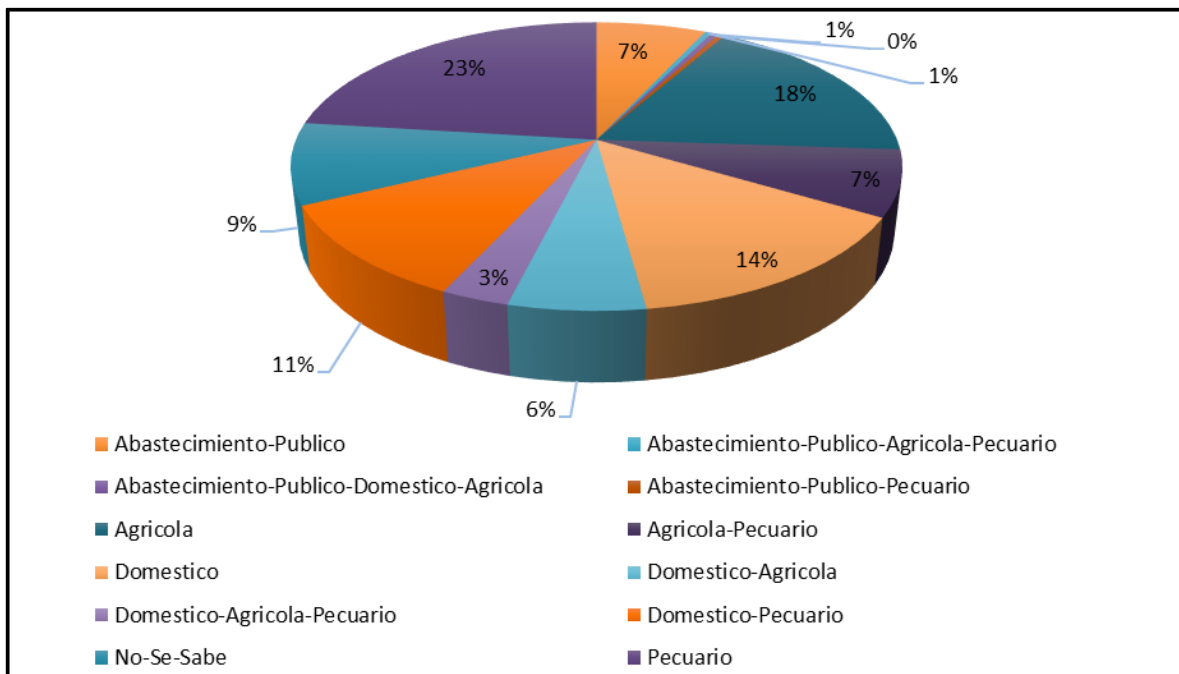


CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Uso del agua	
Agrícola	41
Pecuario	53
Agrícola- pecuario	17
No se sabe	21
TOTAL	230

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 16-15. Uso del recurso hídrico subterránea en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Distribución de los puntos de agua subterránea inventariados por unidad geológica.

En la Tabla 16-5, se encuentra la localización de los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes y manantiales), inventariados en la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Albarracín, por unidad geológica. En la Figura 16-16, se muestra la distribución escala porcentual.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.

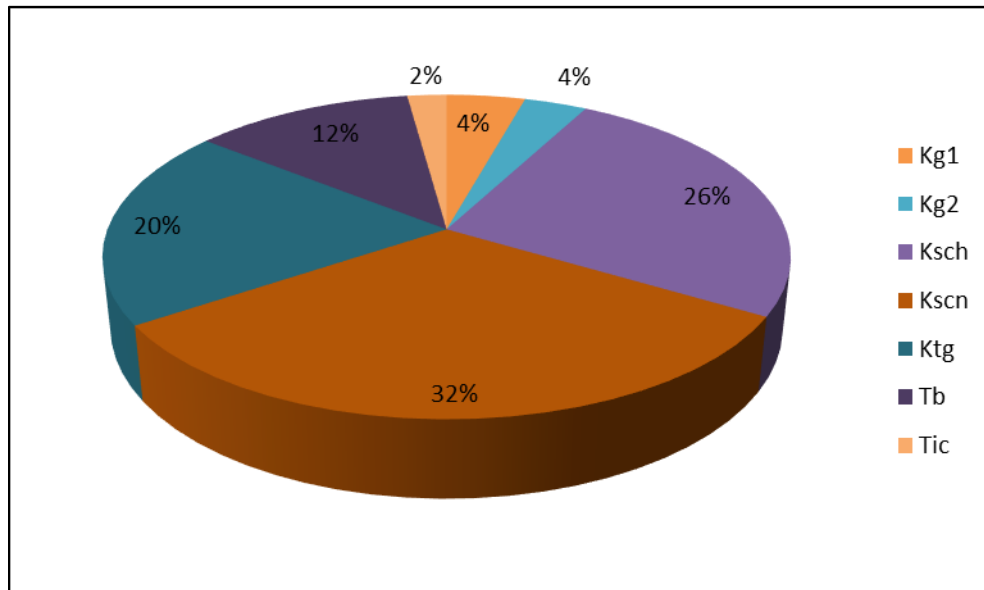


Tabla 16-5. Localización de los puntos de agua subterránea por unidad geológica.

Subcuenca hidrogeológica del Sinclinal de Albarracín				
Unidad Geológica	Manantiales	Pozos	Aljibes	Total
Formación Bogotá (Tb)	7	1	2	10
Formación Cacho (Tic)	6	0	2	8
Formación Guaduas (Ktg)	44	3	12	59
Formación Labor y Tierna (Kg1)	61	3	10	74
Formación Plaeners (Kg2)	45	0	1	46
Formación Conejo (Kscn)	26	0	2	28
Formación Churuvita (Ksch)	4	0	1	5
Total	193	7	30	230

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 16-16. Distribución de los puntos de agua subterránea por unidad geológica.



Fuente: Hidroboyacá, 2015

16.2.3. Subcuenca hidrogeológica al oriente de la falla de Chivatá

- Tipo de punto.

En el área localizada al oriente, entre la Falla de Chivata y el límite de la zona de estudio, se inventariaron 79 puntos de agua subterránea, de los cuales, 69 corresponden a manantiales, 8 aljibes y 2 corresponden a pozos profundos. En la Figura 16-17, se presenta en escala porcentual, la distribución de acuerdo con el tipo de punto.

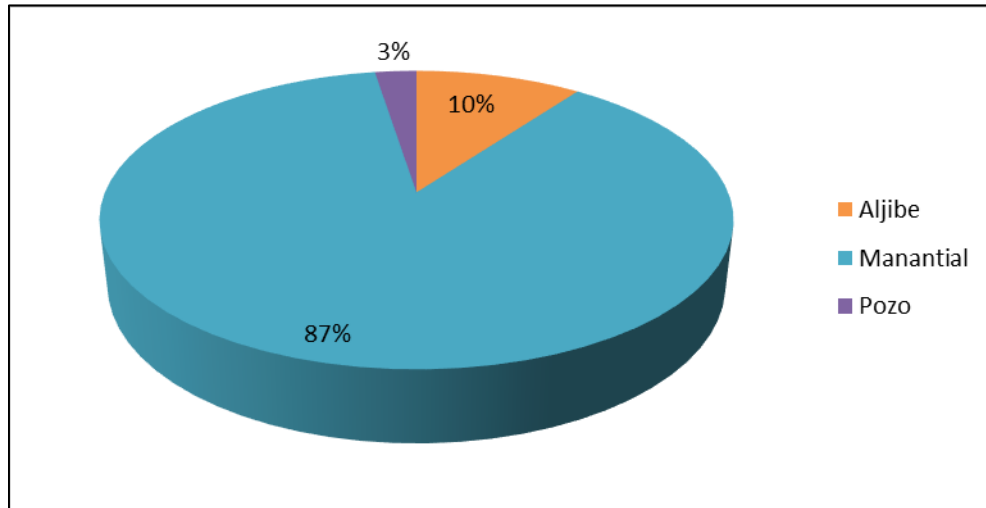


Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 16-17. Distribución de los puntos inventariados por tipo de punto (pozos, aljibes y manantiales), al oriente de la falla de Chivata.

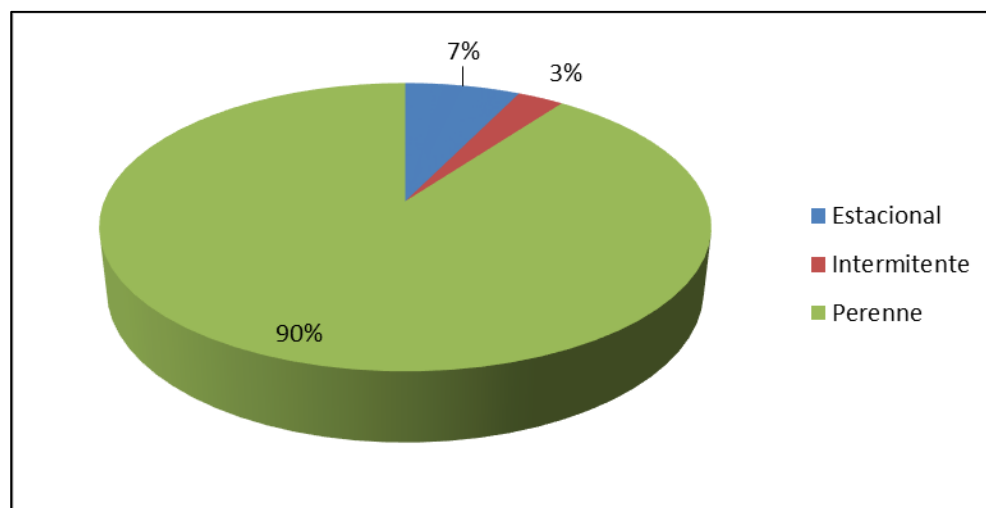


Fuente: Hidroboyacá, 2015

- Permanencia.

En la Figura 16-18, se presenta la distribución porcentual de los 69 manantiales inventariados al oriente de la falla de Chivata, de acuerdo con la condición de permanencia. Se registraron como perennes, 62 manantiales, 5 como estacionales y 2 como intermitentes.

Figura 16-18. Permanencia de los manantiales al oriente de la Falla de Chivatá



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Uso del agua

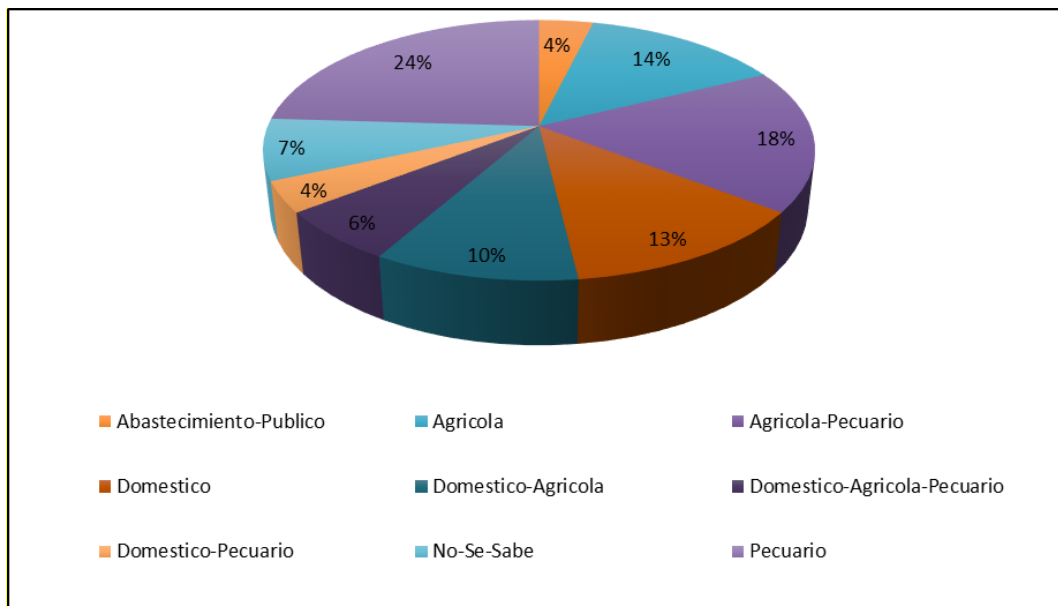
Los usos del agua subterránea más comunes en el área son: agrícola, pecuario y la combinación de los dos sectores agrícola-pecuario. En la Tabla 16-6, se presentan los usos y el número de puntos asociados con cada uno de ellos, y en la Figura 16-19, se encuentran en escala porcentual.

Tabla 16-6. Usos del recurso hídrico subterráneo al oriente de la Falla de Chivata

Uso del agua	
Domestico	10
Domestico-Pecuario	3
Domestico-Agrícola	8
Domestico-Pecuario-Agrícola	5
Publico	3
Agrícola	11
Pecuario	19
Agrícola-pecuario	14
No se sabe	6
TOTAL	79

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 16-19. Uso del recurso hídrico subterráneo



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Distribución de los puntos de agua subterránea por unidad geológica.

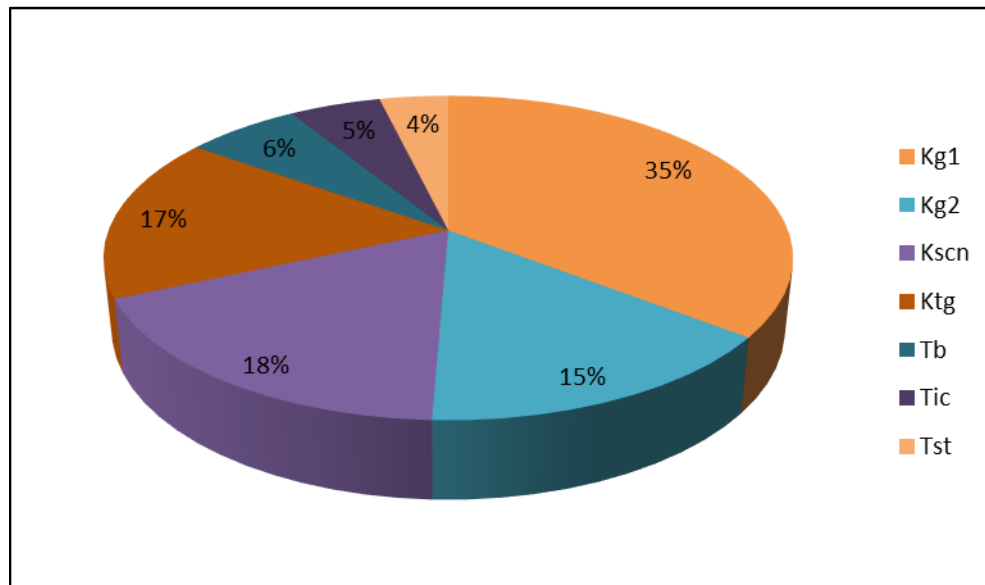
En la Tabla 16-7, se encuentra la localización de los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes y manantiales), inventariados al oriente de la Falla de Chivata por unidad geológica, y en la Figura 16-20, se muestra la distribución en escala porcentual.

Tabla 16-7. Localización de los puntos de agua subterránea por unidad geológica.

Oriente de la Falla de Chivata				
Unidad geológica	Manantiales	Pozos	Aljibes	Total
Formación Tilatá (Tst)	3	0	0	3
Formación Bogotá (Tb)	1	1	3	5
Formación Cacho (Tic)	4	0	0	4
Formación Guaduas (Ktg)	12	0	1	13
Formación Labor y Tierna (Kg1)	28	0	0	28
Formación Plaeners (Kg2)	11	0	1	12
Formación Conejo (Kscn)	10	1	3	14
Total	69	2	8	79

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 16-20. Distribución de los puntos de agua subterránea por unidad geológica



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

17. DEFINICIÓN DE AMENAZAS IDENTIFICADAS POR ACTORES

Durante los procesos de participación activa de los actores del recurso hídrico, encontramos que las problemáticas terminaban convergiendo en el desabastecimiento de agua en el área de estudio, cada grupo de actores ve la afectación que representa esta dificultad desde su actividad económica. Con el fin de conocer y dar la importancia que este tema amerita, se explicara como observan los actores del sistema acuífero en cada grupo, el desabastecimiento de agua en sus actividades cotidianas. **Anexo 9-2. Matriz talleres diagnóstico - amenazas por actores.**

17.1. Representantes de servicios públicos

Ven la problemática de desabastecimiento como el resultado del mal uso del recurso hídrico por parte de la población, consideran que sería necesario educar a la comunidad en el ahorro del agua y la importancia de su buen uso en los hogares. Igualmente se expone como una dificultad que afecta el recurso, las captaciones ilegales.

Tabla 17-1. Síntesis de las amenazas por representantes de Servicios Públicos

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Representante de servicios Públicos	No pago del servicio de agua	Falta de cultura de pago
	Mal uso del recurso hídrico	la comunidad no tiene educación de ahorro del recurso
	Escases de Agua	Uso inadecuado
	Ilegalidad de captaciones	Los miembros de la comunidad toman de manera ilegal el recurso

Fuente: Hidroboyacá, 2015

17.2. Representantes de las instituciones educativas

El exceso de deforestación que existe en el territorio, el mal uso del agua, el poco conocimiento y conciencia de la comunidad, la falta de las rondas de los ríos y el uso de especies inadecuadas para este tipo de territorio; son algunos de los problemas que este grupo menciona sobre la falta del recurso hídrico.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 17-2. Síntesis de las amenazas por representantes de las instituciones educativas

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Representante de instituciones Educativas	Contaminación por agroquímicos	Uso indiscriminado de fertilizantes, plaguicidas e insecticidas
	Exceso de deforestación	Ampliación de las fronteras agrícolas
	Uso irracional del agua	Falta de educación
	Analfabetismo Ambiental	ignorancia de la importancia de recurso
	No se respetan las rondas Hídricas	incumplimiento de los establecido

Fuente: Hidroboyacá, 2015

17.3. Representantes de las juntas de acueductos

Ven el desabastecimiento como el efecto del represamiento de los nacimientos de agua por parte de los dueños de las propiedades, quienes no permiten el acceso al recurso porque ven el agua como de su pertenencia. También se mencionan las explotaciones mineras en las zonas de nacimientos como una situación que genera la desviación del recurso, y que termina por dejar sin agua a las poblaciones, así como las malas administraciones que no construyen obras para el represamiento de agua y reservorios que ayuden a aligerar las dificultades en tiempo de escasez.

Tabla 17-3. Síntesis de las amenazas por Juntas de acueductos

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Juntas de Acueductos	Represamiento de nacimientos de agua	Beneficio personal
	Explotación Minera	Beneficio económico
	Escases de agua	Uso inadecuado
	Contaminación	falta de la planta de tratamiento
	no existen represas o reservorios de agua	Mala administración

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

17.4. Representantes industriales

El exceso de deforestación generada por los agricultores para ampliar las zonas de cultivos, el uso inadecuado por parte de la población en general y el irrespeto de las zonas de recargas, serían los desencadenantes de la falta del recurso para estos actores.

Tabla 17-4. Síntesis de las amenazas por representantes industriales

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Representantes industriales	Escases de agua	Uso inadecuado
	Exceso de deforestación	Ampliación de las fronteras agrícolas
	Siembra en las zonas de recarga	Desconocimiento

Fuente: Hidroboyacá, 2015

17.5. Representantes empresariales

Ven la problemática del desabastecimiento como el resultado del uso inadecuado del agua en las poblaciones, las explotaciones mineras en zonas de nacimientos o recargas hídricas y los fenómenos naturales que en la actualidad afectan el país.

Tabla 17-5. Síntesis de las amenazas por representantes industriales

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Representantes de Empresarios	Escases de agua	Uso inadecuado
	Racionamiento de agua	Verano
		fenómeno de la niña
	Explotación Minera	Beneficio económico

Fuente: Hidroboyacá, 2015

17.6. Representantes mineros

Exponen que la problemática del desabastecimiento es el resultado del uso irracional del agua por parte de la comunidad y la falta de educación sobre buen uso del recurso y la importancia de contar con este preciado líquido.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 17-6. Síntesis de las amenazas por representantes de la minería

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Representantes de Minería	Uso irracional del agua	Falta de educación
	Analfabetismo Ambiental	ignorancia de la importancia de recurso

Fuente: Hidroboyacá, 2015

17.7. Representantes del sector ganadero

Aducen que la problemática del desabastecimiento es el resultado de la alteración del equilibrio del ecosistema con la reforestación inadecuada con especies no aptas para este territorio, la tala indiscriminada de las especies nativas, el represamiento de los nacimientos por beneficios personales, las explotaciones mineras que afectan los nacimientos, zonas de recargas y manantiales y los fenómenos naturales que en la actualidad afectan el país.

Tabla 17-7. Síntesis de las amenazas por el sector ganadero.

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Sector Ganadero	alteraciones del equilibrio del ecosistema	La tala indiscriminada de las especies de la zona
		la reforestación inadecuada con especies no aptas para ese ecosistema
	Represamiento de nacimientos de agua	Beneficio personal
	Explotación Minera	Beneficio económico
	Racionamiento de agua	Verano
fenómeno de la niña		

Fuente: Hidroboyacá, 2015

17.8. Representantes del sector agrícola

La explotación minera, la falta de interés por la educación ambiental y el represamiento del agua por parte de los dueños de los predios donde pasa el recurso, serian algunos de los problemas que contribuyen al desabastecimiento de agua en las poblaciones según lo menciona este grupo.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Tabla 17-8. Síntesis de las amenazas por del sector agrícola

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Sector Agrícola	Explotación Minera	Se entregan concesiones mineras sin restricciones
	falta de capacitación	falta de interés por la educación ambiental
	Razonamiento permanente del agua	Escases
		Desperdicio
		Verano
Represamiento de nacimientos de agua	Beneficio personal	

Fuente: Hidroboyacá, 2015

17.9. Representantes del sector municipal

La contaminación por agroquímicos generada por los agricultores en la búsqueda de mejoras en sus productos, el uso del agua de forma irracional de las comunidades, el irrespeto a lo establecido por las administraciones ambientales en cuanto a las rondas y captaciones ilegales del agua; son solo algunas de las problemáticas que generan el desabastecimiento según este grupo.

Tabla 17-9. Síntesis de las amenazas por los representantes municipales

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
Representantes Municipales	Contaminación por agroquímicos	Uso indiscriminado de fertilizantes, plaguicidas e insecticidas
	Arrojo de materia orgánica a las fuentes de agua	Desechos de cultivos de cebolla y otros
	Uso irracional del agua	Falta de educación
	No se respetan las rondas Hídricas	incumplimiento de los establecido
	Racionamiento de agua	Verano
		fenómeno de la niña
Captaciones Ilegales		



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

ACTORES	PROBLEMAS	CAUSAS
		La comunidad capta el agua sin permiso

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Los representantes de cada sector ven la problemática del desabastecimiento de formas diversas influenciados por sus respectivas actividades económicas, y evalúan el cómo la falta del recurso están afectado sus ingresos. La importancia de conocer las diferentes opiniones de los actores permitirá la construcción de un plan de manejo ambiental para el sistema acuífero desde la realidad de quienes usan el recurso.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



18. CARACTERIZACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA Y CULTURAL DE ACTORES CLAVES PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRANEA ASOCIADA AL SISTEMA ACUÍFERO

Se programaron visitas a los municipios con el objetivo de obtener información de primera mano que involucrara a los actores, tanto primarios como secundarios, para diagnosticar problemas, causas y posibles soluciones a los inconvenientes presentados por las comunidades, debido al uso de aguas subterráneas en el área de estudio; información que procede de los directos beneficiados generando en las comunidades la apropiación requerida con el desarrollo del Plan de Manejo Ambiental del sistema Acuífero de Tunja. De esta información recolectada en los catorce municipios se procede a realizar el mapa social y la fase de diagnóstico que está en proceso de elaboración, y poder así generar el documento definitivo.

Dentro de este proceso, desde la fase de aprestamiento, se ha venido adelantando la recopilación y análisis de información para la caracterización de actores a través del POMCA, los EOT y los POT; así como la revisión de los datos estadísticos del DANE, el estudio de la Universidad Santo Tomas y la información recolectada a través de los talleres y las entrevistas con la comunidad.

En busca de generar información de importancia para el proceso de participación social en el proyecto de plan de mejoramiento ambiental de los acuíferos de Tunja, se ha iniciado una investigación que genera los caracteres de importancia de cada una de las poblaciones involucradas en el estudio.

Es de gran importancia en el proceso conocer, navegar y palpar de cerca la problemática social que aqueja las comunidades, conociendo al detalle sus inquietudes. Se lograra con estas investigaciones identificar las actitudes y posiciones frente al ambiente, las prácticas de la gente con el recurso, los conflictos que existen por sus usos y aprovechamiento; buscando en los espacios de encuentro con la comunidad construir o lanzar posibles formas de solución para mitigarlos, potencializando las fortalezas y minimizando las debilidades y amenazas que los caracterizan.

Podríamos decir que el conocimiento de las comunidades permitirá conocer su convivencia con el sistema acuífero, evidenciando la apropiación del territorio desde lo social, así como la identificación de las dinámicas sociales que son importantes para la gente.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



18.1. Generalidades del departamento de Boyacá

Del análisis realizado se desprenden, a manera de síntesis diagnóstica cuatro aspectos destacados para la interpretación y comprensión de la problemática ambiental de la cuenca, los cuales se plantean a continuación:

Históricamente la forma de apropiación del suelo en la cuenca alta del río Chicamocha ha tenido una dinámica contradictoria. Por un lado, se fortalece el latifundio y por el otro, se fraccionan grandes extensiones de tierra en pequeñas propiedades campesinas. Tal situación se refleja en la doble dinámica que despliegan las concesiones de tierra o mercedes, la venta por el tesoro público desde 1751, la adjudicación de títulos y de tierra por los cabildos, la audiencia, el remate de las tierras jesuitas en 1767, la reglamentación de títulos legales entre 1680 y 1810, y la abolición del mayorazgo por la Ley 10 de junio de 1824. Lo anterior permitió la fragmentación de grandes globos de tierra y por las políticas republicanas que consideraron al indígena como un ciudadano más en el camino a la civilidad, concepción que justificó y dio continuidad a la liquidación de los resguardos como tierras comunales, dividiéndolas en títulos individuales que posteriormente el indígena vendía o abandonaba. Todo ello, constituye el origen de lo existente hoy. Una cuenca llena de contrastes en el aspecto de apropiación y posesión de tierras, en el que un numeroso grupo de campesinos poseen un limitado número de hectáreas (micro-fundíos), mientras que un reducido número de propietarios poseen grandes extensiones de tierra.

En términos de distribución espacial, la población se ha concentrado en cuatro unidades: río Jordán, cauce de río Chicamocha, río Chiquito y río Chiticuy-quebrada el Hato en las que actualmente se localiza más del 75% de la población total, lo cual constituye un llamado de atención en cuanto a la búsqueda de factores de presión social y demográfica sobre los recursos de la cuenca y sobre los problemas ambientales de la misma. Esto se reafirma cuando observamos que ligado al volumen de población se encuentra en estas cuatro unidades la mayor actividad económica del departamento, convirtiéndose en polos de desarrollo local y regional. El poder de organización regional de las ciudades que jalonan el dinamismo demográfico y económico de las cuatro unidades mencionadas, se manifiesta en las tasas de crecimiento positivo tanto de su población nucleada como no nucleada, especialmente en las veredas próximas a los cascos urbanos. Dichas tasas de crecimiento indican los vínculos y flujos intensos que se establecen entre tales ciudades con sus áreas rurales próximas y los que se establecen entre estas mismas ciudades, especialmente el circuito Sogamoso-Nobsa-Duitama que jalonan el dinamismo demográfico y económico de las cuatro unidades mencionadas se manifiesta en las tasas de crecimiento positivo tanto de su población nucleada como no nucleada, especialmente en las veredas próximas a los cascos urbanos.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



La excesiva fragmentación territorial de la cuenca en 22 municipios, situación que plantea un desafío a la autoridad ambiental (CORPOBOYACÁ) en cuanto a la coordinación, articulación y complementación de las acciones de control y prevención de los problemas ambientales. La situación se torna más compleja si consideramos que cada municipio, apoyado en la Ley 388 de 1997 realiza planes de ordenamiento territorial que incluyen un componente ambiental muy cercano a la función de Corporación. ¿Cómo lograr articular el POMCA-RCH con los 22 planes de ordenamiento de los municipios?, ¿Cómo lograr que exista voluntad política para que las autoridades municipales adopten como suyas las orientaciones del POMCA-RCH que afecten su territorio?, ¿Cómo contrarrestar la visión fragmentada del territorio que poseen los ciudadanos de los 22 municipios, para quienes el municipio y la vereda son los referentes geográficos con los que leen e interpretan la cuenca y para quienes las subcuencas poco dicen?

18.1.1. Socio-economía del departamento

La economía departamental ha modificado su perfil productivo, observándose una marcada tendencia hacia la tercerización, con el predominio del heterogéneo sector de servicios, que en el año 2002 representó el 27% del PIB departamental. De otro lado, los 22 municipios localizados en la cuenca alta del río Chicamocha generan el 58% del PIB departamental, concentrando los municipios integrantes del corredor industrial (Tunja, Tuta, Paipa, Duitama, Nobsa, Tibasosa y Sogamoso), el 54% de este agregado económico.

La estructura predial rural se caracteriza por la prevalencia de minifundios (92%), acentuándose el fenómeno de la fragmentación de la propiedad de la tierra, registrándose un coeficiente global de fragmentación (superficie/propietarios) de 1.4 hectáreas per-cápita, que contrasta con el coeficiente encontrado para los municipios de menos de 1 hectárea, claro indicio de la atomización de la tenencia de la tierra, implicando mayores conflictos y tensiones por la apropiación de este recurso natural, cuya explotación se hace en condiciones rudimentarias e irracionales, provocando su acelerada degradación.

En el área de estudio se ha identificado 883 explotaciones mineras que representan el 43% de las minas registradas en el Inventario Minero realizado por Ingeominas en el año 2004. En estas minas se extraen principalmente materiales de construcción (arcillas, recibos, gravas y arena), minerales energéticos (carbón) y minerales industriales (caolín, roca fosfórica, asphaltita y puzolana). Las explotaciones son a pequeña escala, generando poco empleo, de carácter familiar, significando un factor de retención de la población, pues no se observa una notoria inmigración o emigración de la mano de obra.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



La no técnica explotación de estos yacimientos, en su mayoría a cielo abierto, ha traído una mayor contaminación atmosférica, por la emisión de material particulado o de gases y vapores; la contaminación hídrica y la afectación del suelo por el vertimiento de drenajes ácidos sobre los cuerpos de agua y el arrastre de sedimentos por las aguas de escorrentía hacia los drenajes naturales, así como la pérdida de la fertilidad, erosión y cárcavamiento de los suelos por la remoción de la capa orgánica. Con pocas excepciones -grandes ladrilleras, empresas siderúrgicas o cementeras propietarias de estas minas-, no se dispone de un plan de mitigación ambiental de los efectos antrópicos de las explotaciones mineras.

La industria manufacturera que copa el 9% del PIB departamental, se ha especializado en un conjunto de bienes intermedios y bienes de consumo inmediato, tales como la producción de cemento, acero, autopartes, carrocerías, ladrillo, bebidas y productos lácteos, con procesos intensivos en capital y escasa generación de empleo (1% del empleo total en el departamento), siendo uno de los focos de contaminación más visible. Esta actividad, enclavada en el corredor industrial, genera elevadas, aunque decrecientes, descargas de vertimientos de demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO5) y de sólidos suspendidos totales (SST).

Los sujetos pasivos o agentes contaminantes identificados por Corpoboyacá para el cobro de las tasas retributivas fueron 53, conformadas por 16 plantas industriales, dos generadoras de energía, una estación de servicios, tres empresas de servicios públicos, 10 mataderos y 21 municipios. La concertación lograda por el núcleo de grandes empresas con Corpoboyacá ha sido un factor decisivo en la disminución de la contaminación por DBO o SST.

Las mediciones efectuadas en el periodo 2001-2004 muestran que ha habido una reducción en el nivel de las cargas contaminantes provenientes de estas factorías, o, como se observa en otros casos, se ha mantenido estable, gracias a la implantación de planes de gestión ambiental. En los mataderos ha ocurrido una situación similar. Los municipios son la principal fuente de contaminación, por las descargas domésticas, ya sea a través del inadecuado manejo de aguas residuales o de residuos sólidos.

18.2. Municipios del área de estudio

- Municipio de Oicatá

Oicatá es un municipio colombiano, ubicado en la provincia Centro del Departamento de Boyacá. El territorio del municipio se halla sobre el altiplano Cundiboyacense. Ubicado a 6 Km (línea de vista y 12 Km en automóvil) de la ciudad de Tunja la capital del departamento.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



La economía del municipio está basada en la agricultura, la cual en su mayor parte está representada por cultivos temporales, los cuales se utilizan como fuente de alimento para el ganado y el consumo local; el principal cultivo es el maíz. También existe cría de aves de corral y cerdos. Otras cosechas transitoria son: la pera, durazno, fresa y manzana, en cuanto a cultivos transitorios se destacan la siembra de trigo, arveja, avena, papa y cebada este último se destaca junto con el trigo pues el clima permite que se cultive fácilmente en esta región, el cultivo de la papa no es gran rendimiento puesto que el clima y la falta de agua son limitantes para cultivarla.

La ganadería en el municipio de Oicatá predomina especialmente en el valle del río Chicamocha (río que proviene de la ciudad de Tunja) y en el valle de Rumba (límites con Tuta y Chivatá) con explotación intensiva de leche, existen haciendas con tecnificación desarrollada, se utilizan canales de irrigación debido a su bajo nivel de pluviosidad; la ganadería tradicional en el resto del municipio es rudimentaria por la escasez de agua y pastos, utilización de ganado criollo con pocas posibilidades de mejora, la explotación ganadera predominante es la bovina. Otras especies: ovinos, caprinos, porcinos, bovinos y mulares.

La actividad Comercial de Oicatá no es muy importante económicamente pues los establecimientos solo llegan a la denominación de tienda o misceláneas, estas son atendidas por sus propietarios, miembros de la familia o cooperativas multiactivas pequeñas y no generan empleo, simplemente asumen una forma de autoempleo.

La mayoría de la población está dedicada a la agricultura y en otras actividades como elaboración de ladrillos cuyas fábricas se localizan en la parte rural además de ladrillo también se refleja la fabricación de teja, bloque, tuberías de desagüe etc.

Si hablamos de las preocupaciones de la comunidad del municipio en la actualidad, llegaríamos a concluir basándonos en sus actividades económicas principales, que la escases actual de agua en todo su territorio, genera una de las problemáticas más importantes, debido a que para la agricultura y la explotación ganadera en el municipio, sin hablar del consumo humano, se requiere una gran cantidad del recurso hídrico. Por otra parte la conservación de las zonas de paramos es un tema de importancia para la población, ya que ven la necesidad del mantenimiento y control de estos territorios de importancia para la producción de agua.

La escases de las fuentes hídricas superficiales, ha generado el aprovechamiento de aguas subterráneas del territorio, pero existen problemáticas con los predios donde la comunidad puede acceder a los recursos, debido a que muchos de estos tienen propietarios privados que no permiten el uso del agua y el paso a sus terrenos, generando disputas entre los miembros de las comunidades.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Municipio de Soracá

Soracá es un municipio ubicado en la provincia centro del departamento de Boyacá. El territorio del municipio se halla sobre el altiplano Cundiboyacense. Dista solamente 7 km de la ciudad de Tunja, capital del departamento.

El municipio es importante dentro del contexto departamental debido a que es el eje principal que une a las provincias de Márquez y Lengupá, ya que pasa la troncal de la vía el Progreso que constituye el anillo vial más importante para estas Provincias, además la unión con el Municipio de Siachoque, Toca y Chivatá.

En Soracá se realizan varias fiestas que ya son consideradas fiestas tradicionales como: Fiesta Del Campesino, Fiestas Cívicas, Ferias y Fiestas de Soracá, Fiesta Del Retorno y Festival Gastronómico, Cultural y Agrícola De Soracá

En general se halla cobertura de pastos junto a cultivos especialmente la papa, maíz y otros en menor área como cebada, hortalizas, entre otros. Como en los municipios aledaños la economía central de este municipio depende en su mayoría en la parte rural de la agricultura, seguida de la ganadería, generando una gran demanda del recurso hídrico. Existen prohibiciones de la construcción de reservorios en las veredas, pero la comunidad manifiesta que se hace caso omiso y que en la mayoría de las veredas existen estos reservorios que han deteriorado las quebradas de la zona.

En el sector ganadero, se practica intensivamente, sobre pastos no manejados y la mayoría de los habitantes son dueños de pocas cabezas de ganado. Los bovinos están dedicados a la producción de leche y carne. Hay una gran cantidad de terreno dedicada a pastos para el ganado y existe también cobertura arbórea de Pinos y Eucaliptos. Cuenta con el matadero municipal equipamiento sofisticado que permite prestar servicios a otros municipios incluido Tunja así como la comercialización de la carne la cual es de óptima calidad y bajo costo

En el sector manufacturero e industrial existen microempresas como: fábricas de arepas, de queso y de ladrillos. Estas industrias generan la mayor cantidad de empleos dentro del área urbana municipal, siendo esta, una de las fuentes económicas de mayor importancia en la zona.

Dentro de las preocupaciones de la comunidad con respeto al recurso hídrico, tendríamos que hablar de la escasez del mismo, el mal funcionamiento de los acueductos y el uso excesivo de cloro para el agua de consumo humano.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Municipio de Tunja

Tunja es capital del departamento de Boyacá. Cuenta con una población estimada para 2015 de 188 380 habitantes.

Se encuentra situada sobre la cordillera oriental de los Andes, 130 km al noreste de la ciudad de Bogotá. Posee el legado precolombino de la antigua Hunza, una de las ciudades más antiguas de América (1.000 d.c. aprox.). A partir de la fundación española en 6 de agosto de 1539 la ciudad vivió una era de esplendor en la Nueva Granada, convirtiéndose en un fortín de la corona española (con colonos de Castilla, Extremadura y Andalucía, principalmente) y uno de los mayores centro administrativos, judiciales, institucional, religiosos, políticos y culturales del país. En la época independentista se constituyó como república (1811). Su importancia se evidencia en la proliferación de centros religiosos con preferencia en la zona histórica y comercial, con tradiciones religiosas.

También se constituyó en centro comercial de la región. Surgen con mucha fuerza otras actividades que le aportan a la ciudad un lento crecimiento como los procesos de urbanización iniciados por el Inscredial y constructoras privadas, de otra parte se dan un acelerado crecimiento de centros de educación media y superior de carácter privado que hacen de Tunja un importante centro educativo regional. Se caracteriza la ciudad por poseer una población joven.

El principal recurso hídrico de la ciudad es la Represa de Teatinos, que abastece en su totalidad el área urbana. La escasez de agua ha sido uno de los factores que ha frenado el crecimiento urbano en cinco siglos. Sin embargo tres ríos y numerosas cascadas atraviesan su territorio:

Río Jordán: Nace en la zona rural del sur y hace parte de la cuenta alta del río Chicamocha. Desemboca en el embalse La Playa del municipio de Tuta. Atraviesa la ciudad de sur a norte y en su curso bajo, que en otra época era un humedal, ha causado importantes inundaciones en temporada de lluvias. Está altamente contaminado.

Río Teatinos: Nace en la represa de Teatinos y atraviesa el Puente de Boyacá. Su curso continúa hacia el municipio de Boyacá donde toma su nombre. Actualmente presenta bajos índices de contaminación en su curso alto y bordea numerosas áreas forestales de bosque virgen.

Río La Vega: Nace en el municipio de Motavita y atraviesa el Campus Central de la UPTC. También suele inundar las zonas bajas en temporada lluviosa. Luego de estar altamente contaminado, ha sufrido un importante proceso de descontaminación y



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



recuperación del ecosistema acuático en la última década. Desemboca en el río Jordán a la Altura del Barrio Las Quintas

Quebrada La Cascada: Nace en la vereda de Pirgua y desemboca en el río Jordán

Cuando hablamos del recurso hídrico, se tocan terrenos de gran problemática en la ciudad, debido a que aun que cuenta con diversas fuentes superficiales, Tunja se abastece en su mayoría de aguas subterráneas, las cuales la comunidad manifiesta que deberían tener un mayor control y vigilancia, ya que las empresas e industrias de la zona se consideran como focos de contaminantes para todas las fuentes hídricas de la zona.

Según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos 2006 – 2007, Tunja es una de las ciudades con mejores ingresos del país (cuarto puesto entre las capitales), sin embargo así mismo es la tercera más cara con un gasto promedio familiar de 1.717.626 pesos colombianos (aproximadamente 900 dólares estadounidenses). Pese a estos datos, el mismo informe destaca una importante inequidad salarial ya que el 70% de la población recibe apenas un tercio de este ingreso, mientras que el 30% restante obtiene el 66% del mismo.

Otro dato estadístico relevante del mismo estudio indica que la ciudad tiene el mayor Índice de Valoración Predial del país durante el periodo 2004-2011 superando al resto de ciudades en un 20%, lo que indica mayores avalúos prediales y rentas municipales, pero así mismo implican incrementos importantes en el valor del suelo y mayores dificultades para el acceso a la vivienda.

La economía de la ciudad se fundamenta en el ofrecimiento de bienes y servicios y en menor medida de producción industrial y de empresas manufactureras. Es sede de estamentos gubernamentales ejecutivos y judiciales, además de ser centro de comercio para Boyacá. Las instituciones educativas como universidades, instituciones técnicas y colegios representan un gran porcentaje del PIB de la ciudad generando una gran cantidad de empleos directos e indirectos.

La producción agrícola del Municipio de Tunja, es muy reducida tanto en su diversidad como en su cantidad al punto que no es suficiente para satisfacer las necesidades de su población. (Arveja, cebada, trigo, papa, mail y habas)

Los minerales de reserva y de explotación que actualmente se extraen dentro del perímetro del Municipio son en muy bajo volumen el carbón, la arcilla y la diatomita.

Por ser Tunja, capital del Departamento, cabecera Municipal más importante, Centro Político, Administrativo, Estudiantil y paso obligado para muchos de los flujos



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



económicos hacía y desde el Departamento con la capital del país y otras regiones de fuera y dentro del Departamento, la convierten en epicentro de toda clase de servicios de la región. Esta actividad está compuesta por los servicios básicos, Transporte, Finanzas, Servicios Personales y Administración Pública. Igualmente, por ser el Centro de Provincia se presenta como centro de acopio y abastecimiento de bienes de consumo tanto para sus habitantes como para sus poblaciones vecinas.

- **Municipio de Cómbita**

Cómbita es un municipio colombiano ubicado en la provincia del Centro en el departamento de Boyacá. Está situado sobre la Troncal Central del Norte a unos 8,5 km de la ciudad de Tunja, capital del departamento, el cual hace parte de su área metropolitana.

A nivel provincial se viene presentando un proceso constante de urbanización especialmente alrededor de la ciudad de Tunja. El arraigo de la población hacia su territorio es precario; las actividades de tipo cultural que se realizan en el municipio son las programadas por el sector educativo, también se encuentra un grupo cultural que últimamente viene abriendo espacio para desarrollar las actividades culturales; además de las patronales (la fiesta de San Isidro Labrador, la Inmaculada Concepción y la Virgen del Carmen) y el día del campesino.

Bajo las características departamentales en Cómbita predomina el minifundio y micro minifundio, donde encontramos predios menores a cinco hectáreas. Los cultivos son de carácter familiar y su manejo obedece a procesos tradicionales.

La actividad que más genera empleo en la región es la agropecuaria; está conformada por dos ramas: La agrícola y la Ganadera; la provincia produce especialmente productos transitorios (papa, cebada, trigo, maíz y arveja).

En la Vereda Santa Bárbara, el clima es diferente, lo mismo pasa con la calidad de sus suelos, factores que hacen de está, junto con San Rafael y Las Mercedes, sea la despensa agrícola del municipio en productos de clima frío. Los principales productos son papa y frutales como curuba, durazno, ciruela y en menor proporción, arveja, haba y maíz.

Para el cultivo de papa tienen dos fechas especiales de siembra (taparla) que son: año grande (enero- febrero) y san pedrana (junio- julio), allí siembran diferentes variedades entre las que se encuentran parda pastusa, Puracé, ICA única y R12. La curuba en cambio se siembra cuando se puede.

Actualmente, se ésta integrando la cooperativa Coagrocombita, que trabaja especialmente con curuba, con el fin de ampliar y mejorar el mercado de éste producto.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



La explotación pecuaria está orientada a ganadería de doble propósito las razas predominantes en la explotación bovina son: criollo, holtstein y cruces de normando. En este momento, los ganaderos pretenden tecnificar esta actividad, mediante el análisis de la calidad de la leche producida y de esta manera comercializarla con grandes empresas de productos lácteos.

- **Municipio de Motavita**

Motavita es un municipio ubicado en la provincia del Centro del departamento de Boyacá. Se ubica a una distancia de 8,5 km de Tunja.

El crecimiento poblacional ha presentado fluctuaciones decrecientes y crecientes en los últimos años, de acuerdo a las estadísticas del SISBEN, en los últimos años ha sido creciente lo que significa que la población ha aumentado y por ende las necesidades básicas.

Hay déficit de vivienda y bajas condiciones en cuanto a saneamiento básico y agua potable y desprotección de las áreas ecosistémicas compartidas y de las áreas aledañas a las vías municipales. También hay deterioro de las zonas aledañas al Río a Vega y demás afluentes.

La Economía del municipio está representada en el uso agrícola intensivo mecanizado en un 50% y uso tradicional en un 30%. El principal cultivo es la papa en los últimos años este producto no es rentable por la baja producción y precios bajos, en menores cantidades se cultiva trigo, cebada, maíz y arveja.

Ganadería. Ocupados en la explotación de diferentes especies como la bobina, porcina, ovina, aves, caprinos, equinos y asnos.

Minería. Otro renglón de la economía del municipio corresponde a las explotaciones mineras las cuales se convierten en un medio de generación de empleo.

Comercio. Se desarrolla en forma integral el comercio y los servicios en forma en las unidades habitacionales; en donde generalmente expenden víveres y productos ya transformados La actividad comercial y de servicios se ofrecen mediante el transporte, comercialización de ovinos para la comercialización de la carne en otros municipios. Semi-Industria. Se encuentra una procesadora de lácteos Santa Lucía, ubicada en el kilómetro 13 Tunja-Arcabuco en el Valle de Sote. En ésta fabrican almojábanas, arequipe, caramelos y queso.

La explotación de productos transformados en el municipio es muy baja, están dados en productos lácteos y algunas artesanías.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- **Municipio de Sotaquirá**

Las explotaciones agrícolas y pecuarias son la base de la economía municipal. A nivel agrícola, el territorio se destaca por una gran extensión frutícola (Pera, ciruelo y durazno). Hay cultivos de papa, con una gran producción que representa el principal sustento para muchas familias, pero que riñe directamente, con la conservación y preservación de las zonas productoras de agua, especialmente páramo y subpáramo. A parte de estos dos renglones agrícolas, se encuentran misceláneos de diversos productos de gramíneas y leguminosas. A nivel pecuario, el municipio presenta 2 sectores bien definidos, encontrando en primer lugar una ganadería extensiva y semi-intensiva para producción de leche que se extiende en la zona del valle y algunas fincas aledañas. En segundo lugar, encontramos dispersa en el resto del área municipal, una ganadería extensiva de doble propósito. Es también representativo el renglón de las especies menores, con explotaciones importantes de trucha arco iris, gallina ponedora, codorniz y conejo.

El municipio de Sotaquirá presenta una gran riqueza y diversidad de ecosistemas productores de agua, aunque como podremos observar, es diversa la problemática que se evidencia como resultado de largos periodos de intromisión y alteración del medio natural.

- **Municipio de Boyacá**

Boyacá es un municipio colombiano, ubicado en la provincia de Márquez del departamento del mismo nombre. Dista 15 km de la ciudad de Tunja. El 50% de la población está entre los 15 y 65 años y el 72% del municipio esta conformados por minifundios con predios menores a una hectárea. Hay una alta tasa de desempleo facilitando el fenómeno de la migración, especialmente en la población joven.

La arracacha, se convierte en la segunda producción en extensión y cantidad de producto, esto dada las ventajas comparativas que tiene el municipio en este cultivo, por sus suelos, clima y vocación de los agricultores boyacenses; la producción anual alcanza aproximadamente 1.500 toneladas en promedio, la comercialización de este producto se asemeja a la comercialización de la papa. Y en otros cultivos como zanahoria, frutas, verduras y otros se estima un total de 1700 toneladas.

Otro de los cultivos fundamentales en la economía campesina de los boyacenses es el cultivo del fique, del cual se deriva algunas artesanías especialmente lo relacionado con las alpargatas de fique, de las cuales hace algunos años las familias tenían su fuente de subsistencias



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Su economía está fundamentada en el sector agrícola con sistemas de monocultivos. Se basa principalmente en la agricultura y la ganadería, en donde predominan en primer lugar los cultivos transitorios como el maíz, papa, frijol, haba, arracacha, cebolla cabezona, arveja, garbanzo, zanahoria y cultivos perennes como manzanas, curuba, pera, durazno, uchuva, lulo, ciruela, tomate de árbol, mora, los principales cultivos se conviven entre perennes y transitorios, los primeros con periodo vegetativo que van de tres meses a un año. Con respecto a la venta del cultivo de papa se estima que se producen en promedio 4.800 toneladas al año, comercializada en un 70% en el mercado de la ciudad de Tunja, en un 15% en Ramiriquí, en un 10% en Bogotá y un 5% en diferentes mercados nacionales como Bucaramanga y Sogamoso.

La mayor producción del cultivo de papa lo generan las veredas de Huerta Grande y Huerta Chica y Soconsaques.

- **Municipio de Chivatá**

Chivatá es un municipio ubicado en la provincia centro del departamento de Boyacá. El territorio del municipio se halla sobre el altiplano Cundiboyacense. Dista solo 6 km de la ciudad de Tunja y hace parte de su área metropolitana.

La agricultura tradicional y de transición es el tipo de producción agrícola más generalizado, el campesino se ha vinculado al mercado en forma altamente inestable sin importar el volumen de su producción proporcionando productos de la dieta alimentaria de consumo directo indirecto. Los cultivos representativos, para el Municipio, son en su orden, papa, cebada, maíz, trigo, soya y alverja (destinado a alimentación vacuna y porcina). La siembra de otras variedades de alimento como lechuga, tallos, zanahorias, tomate, habichuela, coliflor es limitada debido a las constantes sequías y la escasez de fuentes de agua.

La actividad ganadera es de tipo tradicional, la que hace uso del manejo de ganado a lazo, y ganadería extensiva, etc. Se crían especies menores como conejos, codornices, en algunas zonas cría de ovejas. Existen unas pocas quebradas y pozos surten a la población y la deforestación es reinante en la zona.

La vereda el Moral del municipio de Chivatá situada en un piso térmico frío posibilita una serie de cultivos tales como la arveja, el haba, el maíz, la cebada, el trigo, y por supuesto la papa, así como la cría de ganado lanar, porcino, aves de corral, que son comercializados en los mercados de poblaciones aledañas.

Otra de las actividades importantes es la explotación minera del carbón y la alfarería destinada a la fabricación de ladrillos para la construcción, que son las principales fuentes de empleo del municipio.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Por lo general este municipio cuenta con zonas alejadas y de difícil acceso. Los conocimientos e innovaciones en materia alimentaria tardan en llegar, por lo tanto, los conocimientos ancestrales se mantienen casi intactos en lo que a preparación de alimentos se refiere.

Según el EOT hay un regionalismo mal entendido que no es más que un remedo a la unión que se da casi siempre para controvertir, sobre todo las decisiones administrativas, rara vez denota una organización para el trabajo comunitario. En esta zona se presenta un fenómeno migratorio interveredal, correspondiente éste a la población que aunque natural del municipio no posee predios ni vivienda con el carácter de propietarios, sino como arrendatarios, concertados, mayordomos o aparceros y que para el presente estudio representó el 21.28% en el municipio dentro de una muestra de 1842 personas y 390 familias.

Como su actividad económica lo manifiesta, la escasez de agua en esta zona ha generado la modificación de los tipos de siembra y cría de animales, ya que la población ha visto la necesidad y escases del agua. Se ha manifestado la necesidad de observar la reforestación en las zonas de rondas y el tipo de árboles plantados, con el fin de concluir si estos están reduciendo la cantidad de corriente en las fuentes hídricas superficiales.

- **Municipio de Ventaquemada**

Este municipio es agrícola, se destaca por su producción de papa. De igual manera, existen otros productos agrícolas que se cultivan en esta zona como lo son: el maíz, el haba y frutales. La actividad agrícola es la mayor fuente de empleo. La base del sector pecuario es la producción de leche y carne.

El 87% de la población es rural, aunque hay un crecimiento en el sector urbano con una tasa promedio de 2.3%.

- **Municipio de Samacá**

Samacá es un municipio ubicado en la provincia del centro en el departamento de Boyacá. Está situado a unos 30 km de la ciudad de Tunja. En cuanto a su población, es el octavo municipio más poblado del departamento.

Teniendo en cuenta que la población menor de 24 años representa el (59%) y los habitantes con edades a partir de los 25 hasta los 59 años representan el (34%), se concluye que es un municipio con predominancia de población adulta (joven) y que la tercera edad (entre 60 y más), sólo representa el (7%).



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Las fiestas más populares son: el aguinaldo samaquense, el festival del retorno, la del campesino, la de San Silvestre, la Virgen del Carmen, concurso de tractomulas y la fiesta de la patrona del pueblo, Nuestra Señora del Rosario

Economía: Las condiciones del suelo, el clima y el agua ubican a Samacá entre los principales productores agrícolas. La minería del carbón y la producción de coque son eje fundamental de su economía. Otras actividades importantes son: la ganadería, el comercio, el transporte de pasajeros y de carga, la electromecánica y la industria textil.

Samacá se hizo célebre por la gran fábrica de textiles que tuvo. La Compañía Industrial de Hilados y Tejidos, fue la primera que se estableció en Colombia. Actualmente, la empresa INTEXTIL representativa de este sector; vende hamacas de hilo, paño para mesas de billar, cobijas, tela para colchones, driles, etc.

En Samacá también funcionó una termoeléctrica que generaba 1000 kilovatios, la cual suministraba alumbrado eficiente a la ciudad de Tunja.

Servicios públicos: La población goza de los servicios de alumbrado eléctrico, acueducto, gas natural domiciliario y telefonía pública.

Su comunidad es arraigada y con sentido de pertenencia por su tierra, siente que son quienes conocen su territorio y es a ellos a quienes se debe tener en cuenta para cualquier estudio o investigación en su territorio, es importante para ellos sentirse escuchados y tenido en cuenta, se considera que falta acompañamiento del gobierno para el cuidado de los recursos.

- **Municipio de Paipa**

Paipa (originalmente Villa de San Miguel Arcángel de Paipa) es un municipio colombiano situado en el centro-oriente de Colombia, administrativamente se encuentra en la provincia de Tundama del departamento de Boyacá. Cuenta, según los datos del censo de 2005, con una población de 27.274 habitantes, lo que la convierte en la sexta ciudad más poblada de Boyacá. La zona rural del municipio ocupa el 90% total del territorio; está dividido en veredas (38) y el corregimiento de Palermo. En el plano económico, se destaca como uno de los principales centros turísticos de Boyacá

En la estructura económica regional, Paipa participa ampliamente con diversos productos en cada uno de los sectores económicos.

En el sector primario se maneja la agricultura, la ganadería y la minería. Los productos son generados por la actividad agropecuaria rural son: avena, cebada, trigo, maíz, papa,



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



legumbres (a nivel de huertas mínimas) Leche y carne. Frutales (manzana, tomate de árbol, moróncuruba, durazno).

Paipa posee valiosas fuentes de recursos minerales como el Carbón, consumido especialmente por la Empresa de Energía de Boyacá S.A., mineral de hierro y puzolana cuya explotación abastece el consumo de las empresas fabricantes de cementos en el departamento. Hay explotación Minera a nivel artesanal de carbón, arena y mineral de piedra. La energía que se produce en la Electrificadora que abastece el consumo del oriente colombiano (Boyacá, Santander y Casanare).

En el sector industrial, la producción de energía y la metalmecánica, son los de mayor importancia a nivel económico e impacto ambiental; igualmente, existen en el municipio diversas industrias textiles, químicas, de fabricación de productos en madera, de productos alimenticios y de construcción. Las empresas manufactureras hacen productos alimenticios relacionados derivados de la leche (Yogurt y Quesos).

Paipa es reconocida también dentro del ámbito regional por la producción de golosinas hechas con harina de maíz y de trigo como las almojábanas, pan de yucas, galletas de variados sabores y formas, además de la producción de bebidas que nos recuerdan nuestro pasado aborigen como el masato de maíz, la chicha y la más reciente innovación: el sabajón; que hacen parte también de nuestra riqueza gastronómica deliciosos productos lácteos como el queso Paipa.

En el sector terciario se destaca principalmente el turismo, el cual es una de las principales actividades económicas que presenta el municipio, destacándose como una de las mayores fuentes de empleo, sin dejar de lado el sector transporte ya que es el medio de conexión entre el turista y sus atractivos.

El desarrollo comercial está basado principalmente en la oferta de bienes de primera necesidad y desde luego el comercio de artesanías y productos derivados de la leche (lácteos y almojábanas) que están altamente relacionado con la actividad turística.

Se consideraría de importancia el estudio del uso de las agua termales en esta zona porque la comunidad ha manifestado que no existe un seguimiento de cómo se desechan esas aguas y si estas pueden afectar las aguas superficiales y subterráneas



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Municipio de Cucaita

Cucaita es un municipio colombiano ubicado en la provincia del Centro en el departamento de Boyacá. Está situado a unos 144 km de la ciudad de Bogotá.

Se observa la concentración de población en mayor número en las veredas Centro y Pijaos por presentar mejores opciones socioeconómicas, las otras veredas ven limitado su desarrollo debido a la erosión y baja productividad de los suelos. El acuífero se ubica también en los límites con la Reserva Forestal El Malmo.

Chipacatá. Entre las principales tradiciones y costumbres se tienen la preparación de la chicha o bebida boyacense, la parva, los jornaleros y las fiestas matrimoniales.

La principal actividad económica del Municipio está basada en la agricultura en primer lugar con un 90%, seguido de la ganadería. En tercer lugar está la pequeña minería de carbón y explotación de receberas y canteras; en un último término el sector comercial, básicamente de tienda y almacenes medianos que surten las necesidades de la población, derivando de esta actividad algún ingreso de tipo familiar.

Los principales cultivos son cebolla (340 ha) y arveja (190 ha). A parte de los cultivos de pancoger no se desarrolla a gran escala ningún tipo de cultivo. Desde la época indígena los pobladores se han dedicado a la agricultura, labrando la tierra y cultivando extensos plantíos de maíz, cebada, trigo, avena, arveja y cebolla cabezona en la actualidad. Actualmente, la producción agropecuaria esta de la siguiente manera agrícola 12%, pecuaria 17%, con producción agrícola y pecuaria 63.6% y un 7.4% no poseen encadenamientos productivos, el más significativo es el que ocupa mayor extensión aunque sus áreas cultivables y no cultivables son relativas; los principales cultivos son:

En Escalones: papa, maíz y arveja; en Lluviosos: papa y arveja; en Pijaos: papa, arveja, maíz y pastos.

En Chipacatá: papa, arveja y pastos.

En Cuesta en Medio: cebolla cabezona, tomate y pastos.

En Llano Grande: cebolla cabezona, arveja, cereales y pastos.

Las actividades comerciales más destacadas en el municipio guardan relación con los productos de origen agropecuario. Se une por carretera con Sora, Tunja, Samacá, Sáchica y Villa de Leiva con quienes intercambia y comercializa algunos productos. Existe un pequeño mercado de quesos, cuajada y mantequilla.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



La población de este municipio maneja un gran conocimiento de su territorio, cuando se realizan estudios en esta zona muchos realizan investigación basados en los beneficios y problemáticas que dicho estudio podría generar, esto nos muestra el gran sentido de pertenencia que tienen por sus recursos y nos muestra que la comunidad según vea los avances de los estudios pueden ser nuestros aliados en el proceso o nuestros principales críticos.

- Municipio de Sora

Sora es un municipio colombiano, ubicado en la provincia del Centro del Departamento de Boyacá. El territorio del municipio se halla sobre el altiplano cundiboyacence y dista 19 km de Tunja, la capital del departamento.

El municipio de Sora se caracteriza por su agricultura y es esta la fuente principal de la economía de la misma, a continuación se expone una clasificación agrológica del uso actual del suelo en el municipio de Sora, la cual se divide para mayor comprensión en los siete siguientes apartados.

Cultivos semipermanentes o permanentes: Frutales (Fresa, Mora, Curuba) Manzana, Pera, Durazno.

Pastos: Pastos manejados, Pastos Naturales, Pastos con rastrojo y/o enmalezados

Bosques: Bosque Natural, Bosque secundario, Bosque Plantado.

Vegetación natural arbustiva: Rastrojo, Vegetación de Páramo, Vegetación Xerófitica,

Explotaciones agropecuarias: Invernaderos, Galpones, Estanques Piscícola.

Áreas sin uso agropecuario o forestal: Tierras eriales, Afloramientos rocosos, Zonas mineras y canteras, Zonas Urbanas e Infraestructura.

Cultivos semestrales o anuales: Papa, Maíz, Cebada, Arveja, Trigo, Frijol, Avena, Hortaliza.

La mayor preocupación en el municipio de Sora es la escases de agua que en la actualidad los aqueja, como ya en la parte económica se manifestó, el ingreso de las comunidades depende en su mayoría de la agricultura como base económica, pero con la falta del recurso hídrico, los cultivos son pocos y quienes los tienen, deben contar con el recurso para la extracción de aguas subterráneas, la problemática ha ido creciendo y afectado la sociedad, existe mucha migración de los pobladores a la ciudad de Tunja y



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



la capital, esto dejando las tierras en el abandono e incrementado el índice de delincuencia en las zonas.

Los demás municipios en estos documentos solo especifican la normatividad del uso del suelo de los mismos.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

19. INFORME DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DE DIAGNOSTICO

El presente documento tiene como objetivo la recopilación y análisis de información, generada durante la fase de construcción colectiva de diagnóstico, realizada con los actores de la comunidad en general (alcaldías, personerías, instituciones educativas, ONG, juntas de acueductos veredal y municipal, colectivos ambientales, entre otros) y sectores productivos (agrícola, pecuario, industrial, turístico y hotelero, de servicios, minero artesanal y demás actores representativos del área). Para lograr este proceso se adelantaron acciones de divulgación y convocatorias que garantizaran la comunicación y participación efectiva de los actores representativos del área de estudio.

En el proceso de divulgación se invitaron a los siguientes municipios Tunja, Samacá, Cucaita, Soracá, Chivatá, Cómbita, Motavita, Oicatá, Sora, Sotaquirá, Tuta y Paipa. La información entregada en las circulares en los municipios jurisdicción de CORPOBOYACA es la siguiente:

“Para: Alcaldía y Personerías municipales de Tunja, Samacá, Cucaita, Soracá, Chivata, Combita, Motavita, Oicatá, Sora, Sotaquirá, Tuta y Paipa.

Asunto: Invitación al taller de socialización dentro de la fase de diagnóstico – etapa de apropiación y conocimiento del territorio, para la formulación del plan de manejo ambiental del sistema de acuíferos de Tunja (Cuenca alta del río Chicamocha).

Teniendo en cuenta la ejecución del contrato de consultoría CCC 2015-173 suscrito entre CORPOBOYACA y el CONSORCIO HIDROBOYACA, cuyo objetivo es “FORMULAR EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE ACUIFEROS DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RIO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUIFERO”, EN CUMPLIMEINTO A LO ESTABLECIDO EN EL DECRETO 1640 DE 2012”, me permito informales que con el fin de generar estrategias y alternativas para la protección del recurso hídrico subterráneo, a partir del conocimiento y experiencia de los actores beneficiarios de este recurso, se tiene previsto el desarrollo de los talleres de fase Diagnóstico, con la programación que se describe más adelante.

Es de gran importancia contar con su participación en el desarrollo de estos talleres, al igual de los actores beneficiarios del recurso hídrico subterráneo, por lo que solicitamos de manera atenta su colaboración en hacer extensiva esta convocatoria a los Representantes de las JAC Distrito de Riego, Representantes de servicios públicos, Rectores de instituciones Educativas, Presidentes y Miembros de Juntas de Acueductos, Representantes de Empresarios e Industriales de la Región, Usuarios de agua subterráneas, Representantes del sector minero, lavadores de hortalizas, ganaderos,



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

agricultores, iglesias, ONG's, etc., de tal forma que en forma conjunta se articulen las acciones que permitan avanzar en la Etapa de Apropiación y Conocimiento del Territorio desde lo social.

A continuación se presenta la programación establecida por municipios:

Tabla 19-1. Cronograma de los talleres jurisdicción Corpoboyacá

<i>DIA</i>	<i>FECHA</i>	<i>HORA</i>	<i>MUNICIPIO</i>	<i>LUGAR</i>
<i>LUNES</i>	<i>05-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>OICATA</i>	<i>Auditoria puesto de salud</i>
<i>MARTES</i>	<i>06-oct-15</i>	<i>14:00</i>	<i>CHIVATA</i>	<i>Salón primera infancia</i>
<i>MIERCOLES</i>	<i>07-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>PAIPA- TUTA</i>	<i>Instalaciones seminario</i>
<i>JUEVES</i>	<i>08-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>SAMACA</i>	<i>Casa de la cultura</i>
<i>VIERNES</i>	<i>09-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>SORACA</i>	<i>Casa de la cultura</i>
<i>SABADO</i>	<i>10-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>CUCAITA- SORA</i>	<i>Auditorio del concejo Municipal de Cucaita</i>
<i>MIERCOLES</i>	<i>14-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>TUNJA- COMBITA</i>	<i>Aula Ambiental CORPOBOYACA</i>

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Agradecemos seguir contando con su colaboración para el éxito de esta importante convocatoria”.

Para los municipios que hacen parte del sistema Acuífero de Tunja en jurisdicción de CORPOCHIVOR, la invitación fue la siguiente:

*“Ingeniera
ANA CELIA SALINAS MARTÍN
Subdirectora de Gestión Ambiental
CORPOCHIVOR*

ASUNTO: INVITACIÓN AL TALLER DE SOCIALIZACIÓN DENTRO DE LA FASE DE DIAGNÓSTICO – ETAPA DE APROPIACIÓN Y CONOCIMIENTO DEL TERRITORIO, PARA LA



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE ACUÍFEROS DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RIO CHICAMOCHA).

Teniendo en cuenta la ejecución del contrato de consultoría CCC 2015-173 suscrito entre CORPOBOYACA y el CONSORCIO HIDROBOYACA, cuyo objetivo es “FORMULAR EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE ACUIFEROS DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RIO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO EN EL DECRETO 1640 DE 2012”, me permito informales que con el fin de generar estrategias y alternativas para la protección del recurso hídrico subterráneo, a partir del conocimiento y experiencia de los actores beneficiarios de este recurso, se tiene previsto el desarrollo de los talleres de fase Diagnóstico, con la siguiente programación para los municipios de Boyacá y Ventaquemada.

Tabla 19-2. Cronograma de los talleres jurisdicción Corpochivor

<i>DIA</i>	<i>FECHA</i>	<i>HORA</i>	<i>MUNICIPIO</i>	<i>LUGAR</i>
<i>DOMINGO</i>	<i>11-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>BOYACA-BOYACA</i>	<i>Teatro municipal</i>
<i>MARTES</i>	<i>13-oct-15</i>	<i>9:00</i>	<i>VENTAQUEMADA</i>	<i>Salón del Concejo Municipal</i>

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Es de gran importancia contar con la participación de un Funcionario de CORPOCHIVOR en el desarrollo de estos talleres, al igual que de los actores beneficiarios del recurso hídrico subterráneo, por lo que respetuosamente le solicitamos su colaboración en hacer extensiva esta convocatoria, dentro del área de su jurisdicción, a los Representantes de las JAC Distrito de Riego, Representantes de servicios públicos, Rectores de instituciones Educativas, Presidentes y Miembros de Juntas de Acueductos, Representantes de Empresarios e Industriales de la Región, Usuarios de agua subterráneas, Representantes del sector minero, lavadores de hortalizas, ganaderos, agricultores, iglesias, ONG’s, etc, de tal forma que en forma conjunta se articulen las acciones que permitan avanzar en la Etapa de Apropriación y Conocimiento del Territorio desde lo social”.

De esta manera se llegó a las comunidades y a los actores en general, involucrándolos y haciendo de los talleres un espacio donde se integraron las partes dando como resultado información que nos permite ver el punto de vista de los participantes, para hacer de este diagnóstico un documento basado en la perspectiva social y lograr que los resultados sean orientados a alcanzar calidad de vida, debido a que de esta manera las comunidades se enteraron que el agua subterránea existe, que se puede utilizar bajo la administración de CORPOBOYACÁ y que es muy importante que se comprometan para que estas fuentes hídricas sean mantenidas libres de contaminación por los múltiples



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

factores que le amenazan. **Anexo 9.3. - Registro de asistencia de los talleres diagnóstico.**

Debido a las inconsistencias tenidas en el desarrollo de los talleres y a la baja asistencia de la comunidad, se toma como alternativa hacer un refuerzo en las comunidades con menor asistencia la cual se implementó así:

Tabla 19-3. Cronograma de las entrevistas

COMUNIDAD	FECHA	HORA
Oicatá	19-oct	09:00 a. m.
Motavita	19-oct	02:00 p. m.
Paipa	20-oct	09:00 a. m.
Sotaquirá	20-oct	02:00 p. m.
Chivatá	21-oct	09:00 a. m.
Samacá	21-oct	02:00 p. m.
Tuta	22-oct	09:00 a. m.
Cómbita	22-oct	02:00 p. m.
Ventaquemada	23-oct	10:00 a. m.

Fuente: Hidroboyacá, 2015

Este refuerzo complementa las estrategias de participación y comunicación, a través de entrevistas donde los actores, hicieron el ejercicio realizar metaplanes y cartografía social y así se obtuvo la información necesaria para generar un diagnóstico apegado a la realidad que vive las comunidades del Sistema Acuífero de Tunja. **Anexo 9.4 - Planilla de entrevistas.**

19.1. Metodología de diagnóstico

Para el desarrollo de los talleres de construcción colectiva del diagnóstico se utilizaron dos metodologías base para recopilar la información de importancia, entre las metodologías empleadas se encuentran el uso de metaplanes y cartografía social.

19.1.1. Metaplán

Es un método de moderación grupal, el cual involucra a todos los participantes, permitiendo el libre desarrollo de ideas, opiniones, acuerdos, formulación de objetivos entre otros. La comunicación durante estos espacios influye profundamente en el grado de efectividad del trabajo, pero no será posible en grupos de gran tamaño dar la palabra



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

a cada uno de ellos; ya que esta actividad depende del número de participantes y el tiempo disponible para el desarrollo del taller.

El uso de metaplanes posibilita que todos los miembros del grupo participen de manera equitativa sin que se influyan en las opiniones individuales, y busca facilitar la concentración y el entendimiento de las ideas, usando voz, oído y vista. Para la efectividad de este método es necesaria la presencia de monitores en movimiento constante en el espacio; al mismo tiempo, se les permite a los participantes moverse en para que tengan la facilidad de ver, escuchar relacionarse y compartir equitativamente.

Tabla 19-4. Imágenes de las entrevistas realizadas durante la realización del diagnóstico colectivo del sistema acuífero

SOTAQUIRÁ



CHIVATÁ



SAMACÁ



TUTA



VETAQUEMADA



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



19.1.2. Cartografía social

Es una propuesta conceptual y metodológica que permite construir un conocimiento integral de un territorio, utilizando instrumentos técnicos y vivenciales. Permitiendo reconocer en la investigación que el conocimiento es esencialmente un producto social y se construye en un proceso de relación, convivencia e intercambio.

Esta metodología tiene como base conceptual la investigación – acción – participativa en el territorio como elemento fundamental y es de importancia para el diagnóstico participativo.

La cartografía social es una herramienta que sirve para construir conocimiento de forma colectiva; un acercamiento de la comunidad a su espacio geográfico, socio-económico, histórico- cultural. Esto se logra a través de la elaboración colectiva del mapa, el cual desata procesos de comunicación entre los participantes y pone en evidencia diferentes tipo de saberes, que se mezclan para llegar a una imagen colectiva del territorio.

19.2. Diagnóstico

En los talleres de construcción colectiva del diagnóstico, se dispusieron dentro de los espacios de trabajo, metaplanes y mapas del territorio. Los facilitadores realizaron una introducción del tema y ejercicio que se realizaría con las herramientas dispuestas, se subdividieron los grupos según sus zonas de conocimiento (10 participantes), acompañados por un facilitador, se estipularon 30 minutos dentro del taller para la identificación de problemas y causas; consignados en los metaplanes para posterior socialización.

Para la cartografía se identificaron posibles usos del suelo, captaciones, vertimientos y características del recurso hídrico, se dispuso para estas identificaciones algunos símbolos, terminado este proceso el grupo de trabajo eligió un vocero que expuso en el auditorio lo construido en cada grupo.

En la etapa de diagnóstico se identificaron las problemáticas de cada uno de los componentes del sistema hidrológico considerando tanto la parte física como la social, económica y cultural. La formulación de los talleres de diagnóstico facilitó la identificación de conflictos, problemáticas y amenazas por actores. Igualmente, le permitió a la comunidad expresar sus conocimientos sobre el recurso hídrico subterráneo y aclarar inquietudes sobre el proceso de estudio.



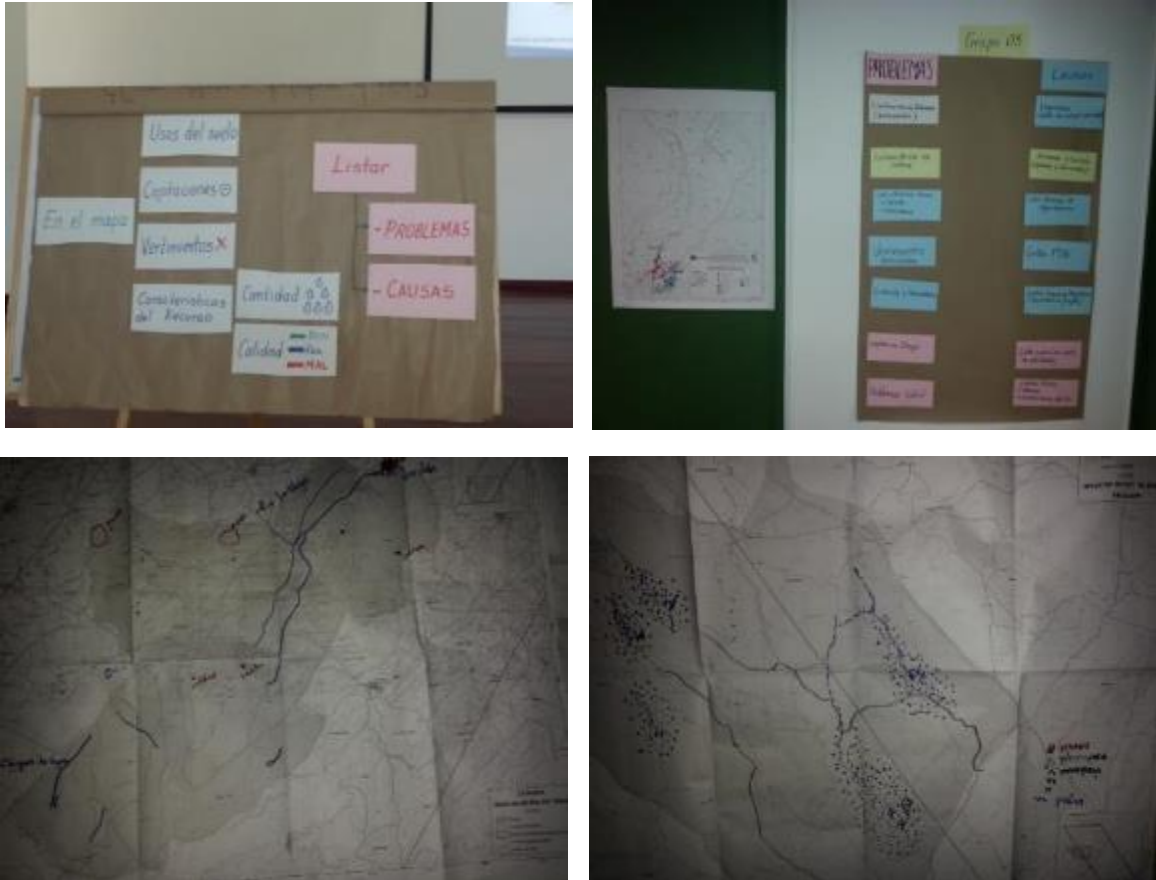
Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 19-1. Imágenes de los metaplanes y cartografía social



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 19-2. Fotografías del Taller realizado en el municipio de Tunja





Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ



Fuente: Hidroboyacá, 2015

Figura 19-3. Fotografías del Taller realizado en el municipio de Boyacá



Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 19-4. Fotografías del Taller realizado en el municipio de Cucaita



Fuente: Hidroboyacá, 2015

19.3. Resultados de talleres de diagnóstico

Basados en la información recopilada en el desarrollo de los esta actividad de diagnóstico, se determinaron las problemáticas, conflictos y las amenazas que los participantes expresaron en los talleres sobre el sistema acuífero de Tunja.

Estos resultados están explicados con mayor profundidad en los numerales 15 y 17, los cuales exponen la identificación de conflictos y problemáticas sobre el sistema acuífero de Tunja y definición de amenazas por actores con sus respectivas tablas de Síntesis de datos; y los **Anexos 9.1 y 9.2**, presentan las Matrices de Conflictos y Problemáticas y Taller Diagnóstico amenazas por actores.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

20. PLANILLA DE ACTORES SOCIALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA ACUÍFERO

Con la información suministrada en los talleres y los datos recopilados en el inventario de puntos de agua subterránea, se realizaron dos listados de actores sociales, involucrando tanto primarios como secundarios. Los ítems utilizados para generar estas planillas fueron: Nombre del actor, documento de identificación, localización geográfica, coordenadas, actividad económica y tipo de usuario (persona natural y/o jurídica).

La planilla realizada con los datos de los talleres de diagnóstico y aprestamiento, se documentó a partir de información recopilada en el listado de asistencia (formato FGP-12) y los datos entregados por los personeros de algunos municipios; en este documento se adicionó el ítem tipo de actor, la información se puede observar en el **Anexo 9.5 - Planilla de actores por talleres.**

La información se categorizó de la siguiente manera:

- 1. Nombre de actor:** Se tuvo en cuenta en este campo, a los participantes del taller, tanto personas naturales como entidades, y las personas relacionadas en la documentación entregadas por las personerías.
- 2. Tipo de Actor:** Primario o secundario.
- 3. Documento de identificación:** Número de identificación del actor (cédula y/o Nit) o sin datos si no existía esta información.
- 4. Tipo de Usuario:** persona natural o jurídica
- 5. Actividad Económica:** Varía según el rol económico y/o social que realizan los actores. Las categorías más representativas fueron la comunidad, los representantes o presidentes de juntas de acción comunal y los presidentes de los acueductos.
- 6. Localización geográfica:** Se tuvo en cuenta el municipio de cada actor como la categoría que define este ítem.
- 7. Coordenadas:** como en la documentación recopilada no se encontró esta información, se usó la categoría sin datos para alimentar este ítem de la planilla.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Como cartografía social del listado, se anexan los mapas utilizados en los talleres de diagnóstico, en donde cada actor se ubica en su zona de influencia, a través de la actividad planteada. **Anexo 9.6. - Cartografía social por actores - Talleres.**

Para la planilla que se generó a partir del inventario de puntos de agua subterránea, a través del formato FUNIAS se planteó la siguiente categorización: **Anexo 9.7 - Planilla de Actores por Funias**

1. **Nombre de actor:** Se tuvo en cuenta para este campo los ítems del FUNIAS persona natural y razón social, dónde se relacionan los propietarios de los predios que poseen un punto de extracción y/o entidades operadoras del recurso hídrico subterráneo.
2. **Tipo de Actor:** Primario o secundario
3. **Documento de identificación:** Número de identificación del actor (cédula y/o Nit) o sin datos si no existía esta información.
4. **Tipo de Usuario:** Persona natural o jurídica
5. **Actividad Económica:** Se definieron según el tipo de usuario y uso del agua. Las categoría utilizadas en este ítem fueron:
 - Agropecuario: Todo actor que fuera persona natural y que el agua tuviera un uso agrícola, pecuario o sus variaciones.
 - Comercial: El actor se dedica a comercio de animales.
 - Educativo: Una universidad
 - Públicos: Municipios
 - Religiosa: Una comunidad religiosa
 - Servicio público: Acueductos y asociaciones de acueductos
 - Sin datos: Todos los actores personas naturales, donde el uso del agua tiende a ser doméstico, abastecimiento público o sin datos.
6. **Localización Geográfica:** Se tomó como localización geográfica los ítems de dirección, vereda y municipio, y se dividió en dos:
 - Localización del actor: Es el ítem de dirección y hace referencia a su ubicación.
 - Localización del punto de influencia: Son los ítems de municipio y vereda, y se refiere al punto donde está ubicado el manantial, pozo o aljibe.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

7. **Coordenadas:** Se tomaron las coordenadas donde se localiza el punto de extracción, que en este estudio es el punto de influencia del actor. El origen de las coordenadas fue Bogotá.
8. **Uso del agua:** Por la relevancia de la información sobre el uso del agua para este estudio, al realizar la planilla de actores a partir del FUNIAS, se incorporó este ítem. Se anexa un mapa de actores por actividad económica.

La representación espacial de la información anteriormente listada se puede evidenciar en el **Anexo 1.2. Cartografía actores sociales (FUNIAS)**. La información de esta planilla se espacializó y se generaron 5 mapas, que muestran la localización y actividad económica de los actores sociales.

Estos mapas hacen parte de la cartografía del proyecto, por lo cual se incluye en el anexo 1, que corresponde a l Sistema de información geográfica del estudio, en la cual se unificaron todos los productos los productos cartográficos generados.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

21. DISEÑO DE UN PLAN PARA LA IDENTIFICACIÓN FUTURA DE LAS FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

21.1. Inventario de amenazas

Con el fin de hacer un plan que permita identificar las fuentes potenciales de contaminación del sistema acuífero de Tunja fue necesario realizar un inventario de las amenazas actuales; este se realizó teniendo en cuenta el esquema de ordenamiento territorial (EOT), el plan de manejo y saneamiento de vertimientos (PMSV) de cada municipio y la tesis titulada “Identificación y caracterización de las amenazas de contaminación del acuífero de Tunja”; además se tuvieron en cuenta el inventario de estaciones de servicio realizado en campo el día 18 de noviembre del 2015 y el inventario de identificación de puntos de agua subterránea realizada en campo los entre el 30 de julio y el 4 de octubre del 2015.

- De la revisión del esquema de ordenamiento territorial de cada municipio (EOT) se logró extraer información relacionada con:
 - Vertederos de residuos sólidos (botaderos o rellenos)
 - Conductos y sistemas de drenaje (alcantarillado)
 - Cementerio
 - Tanque almacenamiento superficial
- La revisión del plan de manejo y saneamiento de vertimiento de cada municipio (PMSV) se logró extraer información relacionada con:
 - Vertimientos
 - Descargas a tierra
 - Almacenamiento de residuos líquidos
- La revisión de la tesis “Identificación y caracterización de las amenazas de contaminación del sistema acuífero de Tunja” se complementó la información referente a:
 - Conductos y sistemas de drenaje (alcantarillado)
 - Áreas de cultivo
 - Explotación de arena
 - Explotación de carbón
 - Explotación de arcilla
 - Pozos sépticos de vivienda rural
- Inventario de identificación de puntos de agua subterránea
 - Pozos profundos



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- Inventario de estaciones de servicio
 - Estaciones de servicio - Tanques de almacenamiento subterráneo

El inventario de posibles fuentes de amenaza actual se encuentra en el **Anexo 10.1**.

21.2. Plan de indentificación de fuentes potenciales de amenaza

Partiendo del inventario actual de amenazas, se hace el plan de identificación futuras fuentes potenciales de contaminación que afectarían considerablemente al sistema acuífero de Tunja.

- **Residuos Sólidos - Botadero de basura a cielo abierto**

Descripción:

Una de las estrategias de disposición de residuos sólidos en la zona de influencia del proyecto es la descarga en botaderos de basura a cielo abierto, sin embargo, los botaderos de basura no son infraestructuras adecuadas para el confinamiento, compactación y aislamiento de residuos sólidos; razón por la que los lixiviados generados son infiltrados en el suelo, siendo un factor que puede contaminar el sistema al presentar contacto con las formaciones del sistema acuífero.

Actividades generales

Para determinar un indicador de comportamiento de los lixiviados de un botadero se requiere ejecutar dos actividades principales:

- Realizar un monitoreo en la zona aledaña al botadero. Si el botadero cuenta con algún pozo de monitoreo los muestreos se tiene que hacer en dicho punto, en caso que no exista el mencionado pozo las mediciones se harán en el cauce más próximo al depósito. El monitoreo de lixiviados es ejecutado y financiado por la entidad operadora del botadero.
- Evaluar los planes de operación de los botaderos ejecutados por las empresas operadoras y de recolección de basuras del municipio, este plan tiene que ser evaluado en función de los requerimientos mínimos exigidos por la ley. La evaluación de planes de operación de los botaderos es ejecutada y financiada por Corpoboyacá



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- **Residuos Sólidos – relleno sanitario.**

Descripción:

La segunda estrategia para la disposición de residuos sólidos en la zona de influencia del proyecto es la descarga en rellenos sanitarios; estas son estructuras adecuadas técnicamente para el confinamiento, compactación y aislamiento de residuos sólidos; a pesar que cuentan con geo membranas que aíslan el flujo de lixiviados pueden existir daños o perforaciones que permitan la infiltración de los fluidos contaminados en el suelo, siendo así una posible fuente potencial de contaminación para el sistema acuífero.

Actividades generales

Para determinar un indicador de comportamiento de los lixiviados de relleno sanitario se requiere ejecutar dos actividades principales:

- Realizar una inspección del estado físico del relleno sanitario con el fin de determinar posibles fallas en su funcionamiento. La inspección del estado físico del relleno sanitario es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.
- Realizar un monitoreo en los pozos de control de los rellenos sanitarios o en los cauces cercanos, con el fin de determinar la influencia de los lixiviados en el agua subterránea. En esta tarea se tiene que incluir la evaluación de escapes de gas metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). El monitoreo de calidad de agua es ejecutado y financiado por la entidad operadora del relleno sanitario.

- **Conductos y sistemas de drenaje (alcantarillados)**

Descripción:

Para los casos en los que las redes de alcantarillado presenten fallas, relacionadas con fisuras, parte de las aguas negras transportadas en el sistema puede escapar por dichas fallas logrando un proceso de infiltración en el suelo, lo que contaminaría los flujos de agua subterránea.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Actividades generales

- Realizar una inspección de las redes de alcantarillado en busca de fracturas en los ductos, vertimientos ilegales o fallas puntuales del sistema.

La inspección de redes de alcantarillado es ejecutada y financiada por el acueducto.

- Evaluar los sistemas de alcantarillado con el fin de determinar si cumplen con los reglamentos estipulados en los planes de manejo y saneamiento ambiental. La evaluación de cumplimiento los reglamentos es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.

- **Pozos profundos**

Descripción:

Los pozos profundos en su funcionamiento pueden generar un proceso de trasvase de agua entre algunas formaciones geológicas, fenómeno que genera la contaminación de las formaciones acuíferas.

Actividades generales

- Realizar un análisis de calidad de agua en función de los resultados históricos registrados por los operadores de los pozos profundos, con el fin de obtener la tendencia de los índices de contaminación del agua subterránea extraída por medio de los pozos profundos. Esta actividad se ejecuta por medio de la autoridad ambiental competente Corpoboyacá.
- Realizar un monitoreo de calidad de agua en los pozos profundos. Esta tarea se tiene que llevar a cabo por medio de Corpoboyacá en trabajo conjunto con los propietarios y operadores privados de los pozos, como lo es la empresa prestadora del servicio público en Tunja PROACTIVA.

- **Estaciones de servicio y tanque.**

Descripción:

Las estaciones de servicio cuentan con tanques de almacenamiento de combustible subterráneos, los cuales al paso del tiempo presentan fisuras que generan infiltración de combustible en el suelo, incrementando las probabilidades de contaminación en los flujos subterráneos.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Además en los procesos de trasvase de combustible se presenta derrames que son una fuente puntual de contaminación para el flujo de agua subterránea.

Actividades generales.

- Realizar un monitoreo de la calidad del agua subterránea en los 3 pozos de monitoreo de las estaciones de servicio, con el fin de determinar la influencia del funcionamiento de la estación de servicio en el agua subterránea por un lapso de tiempo controlado. Esta labor es ejecutada y financiada por la administración de las estaciones de servicio.
- Realizar un análisis del comportamiento de la calidad del agua subterránea a partir del registro histórico de mediciones de parámetros de calidad de agua medidos por los operadores de las estaciones de servicio. Para llevar a cabo esta labor Corpoboyacá es responsable de la ejecución y financiación.
- Realizar una verificación de las pruebas de hermeticidad del sistema de almacenamiento y conducción del combustible exigidas en la resolución 1170 de 1997. Para el caso que no exista registro de las pruebas, se requerirá la realización de una prueba por parte de la estación de servicio, siendo está catalogada como prueba de manera urgente. Para esta labor, se realizaría la verificación de la pruebas ser ejecutada y financiada por medio de la entidad ambiental de la región Corpoboyacá; las pruebas requeridas serán llevadas a cabo y financiadas por las administraciones de las estaciones de servicio.

- **Cementerios**

Descripción:

Los residuos líquidos, de tipo especial, generados por la descomposición de cuerpos se infiltran en el suelo generando contaminación en las aguas subterráneas.

Actividades generales.

- Hacer una evaluación ambiental de los cementerios existentes, determinando el cumplimiento de la resolución 1447 de 2009. Haciendo énfasis en el estado de la red de alcantarillado de aguas residuales, aguas lluvias y aguas especiales del cementerio. Esta actividad es financiada por Corpoboyacá, sin embargo la ejecución es en trabajo conjunto entre Corpoboyacá y la administración del cementerio.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- **Áreas de Cultivo**

Descripción:

En la agricultura convencional el uso de agroquímicos de forma desmedida y sin control se hace una variable constante en los procesos productivos; adicionalmente los sistemas de riego fundamentados en producciones tradicionales generan procesos de percolaciones y lavado, los cuales tienden a contaminar los flujos de agua subterránea.

Actividades generales

- Realizar un inventario detallado de las áreas de cultivo, donde se especifique los métodos de preparación de suelo, tipo de siembra, planes de riego, fertilización y fumigación; esto con el fin de hacer una base de datos que permita determinar los puntos con mayor posibilidades de contaminación.
- En las zonas encontrados con mayor afectación por procesos agrícolas, buscar puntos cercanos de flujo de agua (superficial o subterránea) para realizar un monitoreo de calidad de agua en estos puntos. Estas actividades son ejecutadas y financiadas por la autoridad ambiental de la región Corpoboyacá

Zetaquirá oicata tuta combita tunja

- **Explotación de carbón, arena y arcilla.**

Descripción:

La explotación minera es una realidad en el departamento de Boyacá, la zona aledaña al municipio de Tunja no es exenta de esto. En algunos casos la explotación es ilegal, donde el incumplimiento de las exigencias ambientales es constante, generando una inminente contaminación de los cauces superficiales y de agua subterráneas.

Actividades generales

- Realizar campañas de búsqueda de minas, canteras y ladrilleras en la región, con el fin de obtener la información necesaria para la creación de un inventario detallado de la explotación minera de la zona.
- A partir del inventario se deben generar las justificaciones legales pertinentes para realizar una serie de visitas técnicas en las que se lleve a cabo un inspección de las instalaciones donde la explotación minera se presente; dentro del proceso de inspección se requiere la verificación del



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



cumplimiento de la ley 685 de 2001 y sus decretos relacionados, adicionalmente, es necesaria la toma de muestras en los puntos de agua cercanos para disponerlos a análisis de calidad de agua. Estas actividades son ejecutadas y financiadas por la autoridad ambiental de la región Corpoboyacá

Los monitoreos propuestos en cada punto de agua tienen un objetivo definido, es la identificación de la variabilidad de índices de calidad en los cuerpos de agua de interés, razón por la que se requiere el análisis de mínimo los siguientes parámetros:

- pH
- Oxígeno disuelto
- Metales pesados
- DQO
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Sólidos suspendidos totales
- Nitratos
- Nitritos
- Nitrógeno
- Amoníaco
- Iones mayoritarios
- Na
- CA
- Mg
- K
- HCO₃
- C
- SO₄
- NO₃
- SI
- Conductividad

A partir de los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio se espera inferir, o modelar, la influencia de cada fuente potencial de contaminación para así crear planes de mitigación o control frente a las mencionadas fuentes.

Es evidente que el objetivo de los monitoreos se enmarca en un ámbito investigativo, razón por la que es apropiado realizar los estudios pertinentes por medio de la autoridad ambiental Corpoboyacá en conjunto con entidades universitarias que tenga disposición de crecimiento investigativo y aporte al desarrollo de la región.

En la **Tabla Anexo 10.2** se muestra las actividades que conforman el plan de identificación de fuentes potenciales de contaminación, con el tiempo y presupuesto proyectado, excluyendo los costos de laboratorio ya que se espera poder ejecutar el plan de identificación como un proyecto de investigación en conjunto con entidades universitarias.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- **Estanques naturales y artificiales de agua**

Descripción:

Los estanques de agua son fuentes con que presentan conexión directa con algunas formaciones geológicas, para los casos que el estanque es contaminado de forma antrópica se generan posibilidades de contaminación.

Actividades generales.

- Hacer un inventario de estanques de agua, naturales o artificiales, que se encuentran en la región influenciada por el sistema acuífero, donde se haga una medición de parámetros de calidad de cada punto de agua encontrado, con el fin de determinar el estado en el que se encuentra actualmente. Esta labor tiene que ser ejecutada y financiada por la autoridad ambiental de la región Corpoboyacá.

- **Vertimientos.**

Descripción:

La lo largo de la trayectoria de un cauce, estos se enfrentan a diferentes procesos de contaminación, entre estos los vertimientos legales e ilegales. Estos residuos que son dirigidos a los cauces son un factor potencial de contaminación para los flujos de agua subterráneas, ya que los flujos superficiales tienen conexión con algunas zonas de recarga del sistema acuífero.

Actividades generales.

- Realizar monitoreo de calidad de agua en los cauces, exactamente en los puntos donde se presente cada vertimiento.

Para los casos en los que los vertimientos sean generados por entidades particulares, los monitoreos son financiados y ejecutados por dichas entidades.

- Ubicar puntos de recarga del sistema acuífero que se encuentre afectados directamente por el paso de algún cauce.

La autoridad ambiental de la región, Corpoboyacá, es la responsable de ejecutar y financiar esta actividad.

- Realizar una verificación del cumplimiento de las normas y planes ambientales para el manejo de vertimientos estipulados según la resolución 1433 de 2004.

La autoridad ambiental de la región, Corpoboyacá, es la responsable de ejecutar y financiar esta actividad.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- **Descargas a tierra**

Descripción:

Las descargas no controladas a tierra es un factor que por infiltración directa en el suelo se convierte en una fuente potencial de contaminación para el flujo de aguas subterráneas.

- Realizar un inventario actualizado de las descargas a tierra en la región influenciada por el sistema acuífero de Tunja.
- A partir del inventario realizado y en función de los mapas geológicos, determinar las descargas a tierra ubicadas en zonas de mayor vulnerabilidad para realizar monitoreos de calidad de agua.

Esta labor tiene que ser ejecutada y financiada por la autoridad ambiental de la región Corpoboyacá.

- **Zonas de recarga**

Descripción:

Las zonas de recarga representan los puntos de mayor vulnerabilidad de las formaciones acuíferas, ya que son las que se encuentran en la superficie terrestre. Por lo anterior, es recomendable ubicar los puntos de agua que se encuentran sobre estas zonas y realizar en ellos un monitoreo para determinar la calidad de agua que está recargando el sistema acuífero.

Actividades generales

- A partir de la identificación de zonas de recarga, realizar una búsqueda e inventario de puntos de agua ubicados sobre las unidades acuíferas en superficie.
- En los puntos de agua encontrados realizar un monitoreo de calidad de agua.

Esta labor tiene que ser ejecutada y financiada por la autoridad ambiental de la región Corpoboyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



- **Pozos sépticos**

Descripción:

Los pozos sépticos, ubicados principalmente en las zonas rurales, son una fuente de contaminación significativa por el contacto directo que se presenta entre los residuos y las formaciones superficiales.

Actividades generales

- Realizar un censo actualizado de viviendas rurales que emplea el método de pozo séptico para la disposición final de sus residuos.

Esta labor tiene que ser ejecutada y financiada por la autoridad ambiental de la región Corpoboyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



22. DISEÑO DEL PLAN PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Con el fin de realizar una evaluación de riesgo del sistema acuífero de Tunja se requiere la ejecución de unas actividades divididas en fases; donde cada una responde a una pregunta estipulada para la gestión de riesgo.

Fase I: Establecer un contexto

Descripción:

En la primera fase se responde a la pregunta: ¿cuál es el contexto actual de los factores del riesgo? Teniendo en cuenta que los factores de riesgo son amenaza y vulnerabilidad, esta fase propone ejecutar las labores necesarias para determinar, de forma detallada, la vulnerabilidad a la contaminación de las diferentes formaciones geológicas que afloran en la superficie en el área comprendida por el sistema acuífero de Tunja. Adicionalmente, es necesaria la identificación de los eventos actuales que se categorizan como amenaza para el sistema acuífero.

Actividades:

- Realizar un levantamiento de verificación de la información geológica en el área comprendida por el sistema acuífero de Tunja. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.
- A partir de levantamiento realizar un análisis para determinar las zonas donde las formaciones afloran en la superficie y así hallar áreas que son vulnerables en función de la contaminación del acuífero. En el **Anexo 11.1** se encuentra una clasificación inicial de la vulnerabilidad para cada formación geológica la cual tiene que ser verificada. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.
- Para la determinación de amenazas es necesario ejecutar el plan de identificación de las fuentes potenciales de contaminación y escalar los resultados; a partir de esto se enmarcan las amenazas existentes. Esta actividad es ejecutada y financiada por las entidades que se estipulan en el plan de identificación de futuras fuentes potenciales de contaminación.
- Definir los criterios de los niveles de riesgo basándose en información secundaria. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Fase II: Identificar riesgos.

Descripción:

En la segunda fase se responde a las preguntas ¿qué puede suceder? y ¿cómo puede suceder?, donde las respuesta son la identificación de los riesgos existentes; es decir que esta fase comprender la ejecución de las actividades para obtener una proyección de las maneras en las que las amenazas se relacionan con las zonas de mayor o menor vulnerabilidad, y así determinar las probabilidades de contaminación en el sistema acuífero (riesgo)

Actividades:

- Realizar una intersección entre las áreas de vulnerabilidad y las amenazas encontradas. En el **Anexo 11.1** se encuentra una intersección previa de las fuentes de contaminación actuales (obtenidas en mayoría con información secundaria) y las formaciones geológicas. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.
- Realizar un análisis entre los efectos generados por las fuentes potenciales de contaminación y las zonas de vulnerabilidad; determinando que puede suceder en las zonas de vulnerabilidad baja, media y alta luego de la ocurrencia de un evento causado por las fuentes potenciales de contaminación que se categoricen como amenazas. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.

Fase III: Analizar riesgo

Descripción:

En la tercera fase se responde a las preguntas ¿Cuál es la probabilidad de ocurrencia del riesgo? y ¿Cuál es el nivel de riesgo? Por medio de la evolución de las medidas existentes para la mitigación del riesgo y las consecuencias que genera la presencia del riesgo se determina el nivel de riesgo.

Actividades:

- Realizar un análisis de enfrentamiento entre los riesgos encontrados en la fase II y las medidas de control o mitigación existentes en la actualidad para la reducción del riesgo de contaminación del sistema acuífero de Tunja; con el fin de determinar la probabilidad de existencia del riesgo luego de aplicar las medidas de mitigación Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Realizar un análisis de causa y efecto, con el fin de determinar las consecuencias que generan los riesgos en el estado de contaminación del sistema acuifero Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.
- Haciendo una unión entra las consecuencias y la probabilidad de riesgo obtenidos en las actividades anteriores, determinar los niveles de riesgo. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.

Fase IV: Evaluar riesgos

Descripción:

El producto de una evaluación de riesgo es la priorización de riesgos existentes para asumir medidas futuras; por esta razón, en la cuarta y última fase se responde a la pregunta ¿Qué prioridad tiene cada riesgo?

Actividades:

- Realizar una comparación entre los criterios definidos en la primera fase y los riesgos obtenidos en la tercera fase. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.
- A partir de la comparación de criterio establecer las prioridades de cada riesgo para organizar el tratamiento de riesgo que se haga posteriormente. Esta actividad es ejecutada y financiada por Corpoboyacá.

En el **Anexo 11.2** se encuentra el plan para la evaluación de riesgo compilado en una tabla que contiene la proyección del tiempo para cada etapa con su respectivo presupuesto proyectado.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

23. AVANCES EN LA GESTIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN

Las estrategias de Comunicación y participación que se desarrollaron en la presente etapa del proyecto fueron:

23.1. Talleres de diagnóstico y entrevistas

Estos sirvieron para llegar a las comunidades y a los actores en general, involucrándolos y creando un espacio donde se integraron las partes. Esta actividad permitió construir a partir del punto de vista de los actores un diagnóstico basado en la perspectiva social; que muestren resultados acordes con la realidad que vive los habitantes de la zona de estudio.

Igualmente se les dio a conocer a la comunidad qué el agua subterránea existe, qué se puede utilizar bajo la administración de CORPOBOYACÁ y qué es muy importante el compromiso para que estas fuentes hídricas sean mantenidas libres de contaminación.

De esta manera se llegaron a los Conflictos, problemáticas y amenazas del Sistema Acuífero de Tunja y se creó un ambiente para que los participantes interiorizaran la temática planteada.

La metodología y los resultados de los talleres se exponen en el numeral 19. INFORME DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DE DIAGNOSTICO.

23.2. Actores multiplicadores

A través de una comunicación directa con algunos actores se logró que apoyaran de otras actividades de participación y Comunicación. Con estas personas se organizaron los talleres educativos y se vincularon en la realización del Video del Sistema Acuífero de Tunja.

23.3. Volanteo

Durante los talleres de diagnóstico, entrevistas, talleres educativos se entregaron a la comunidad un folleto sobre el Sistema Acuífero de Tunja, donde se explica las temáticas más relevantes del proyecto y se invita a la comunidad a participar en este.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Figura 23-1. Volanteo durante las entrevista



Fuente: Hidroboyacá, 2015

23.4. Talleres educativos

Con esta actividad se les dio a conocer a este grupo de actores en un espacio de participación activa la temática de este estudio, creando un ambiente adecuado para que los involucrados generen apropiación del Sistema Acuífero de Tunja y se conviertan en agentes multiplicadores. Se adelantaron talleres en los municipios de Tunja, Sora, Chivata, Combita y tuta, con niños de los grados cuarto, quinto primaria y sexto de bachillerato y se realizaron así:

Tabla 23-1. Cronograma de los talleres educativos

MUNICIPIO	FECHA	HORA	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	ASISTENTES
TUNJA	26-OCT-2015	2:00 PM	INSTITUTO TÉCNICO GONZALO SUÁREZ RENDÓN	84 NIÑOS
SORA	27-OCT-2015	1:00 PM	INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE SORA	53 NIÑOS
CHIVATÁ	28-OCT-2015	09:00 AM	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA AGROPECUARIA DE CHIVATÁ	85 NIÑOS
CÓMBITA	29-OCT-2015	11:00 AM	INSTITUCIÓN EDUCATIVA INTEGRADA DE CÓMBITA	28 NIÑOS
TUTA	30-OCT-2015	8:00 AM	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN NICOLÁS DE TUTA SEDE SIDERURGICA	30 NIÑOS

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

Debido al éxito del primer taller realizado en el Instituto Técnico Gonzalo Suárez Rendón del Municipio de Tunja la institución nos solicitó realizar más talleres de manera que se llevaron a cabo 4 talleres en total.

23.4.1. Metodología de desarrollo

La metodología utilizada estaba orientada a integrar la población estudiantil como público objetivo, determinando la importancia de dicho actor. El propósito es doble, al incentivar en los niños el cuidado del medio ambiente, el conocimiento de las aguas subterráneas y también de ser multiplicadores de la información mediante una actividad lúdica que los involucrara de manera activa y participativa. Estos talleres se llevaron a cabo de la siguiente manera:

Tabla 23-2. Estructura del taller educativo

Estructura del Taller	Apuntes Didácticos	Tiempo	Técnica y/o instrumento	Materiales
Introducción	Presentación de los participantes del proyecto y equipo de expositor	10 min	Identificación por nombre del equipo expositor y empresas involucradas en el proyecto (Hidroboyacá, Corpoboyacá)	Exposición oral.
	Socialización del Objetivo de la actividad	5 min.	Explicación del objetivo del taller	Exposición oral
Contenido	Socialización del proyecto y desarrollo de actividad de participación colectiva	40 min.	<p>Explicación del proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> Temáticas: el agua en el mundo Acuíferos, el PMAA, el cuidado del agua Experimento simulación de un Acuífero <ul style="list-style-type: none"> Video sobre el agua subterránea <p>Actividad: A través de un dibujo los niños representaron lo que entendían por un acuífero</p>	Proyector Computadora portátil Pecera llena con distintas clase de piedras Agua Parlantes Papel Colores Marcadores
Conclusión	Retroalimentación	10 min	<ul style="list-style-type: none"> Exposición de los dibujos Selección de los dibujos que representaran mejor la temática por parte de los profesores y niños participantes. 	

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Lo anterior enfocado al uso racional del agua, la importancia de los acuíferos y posicionando entre los niños el slogan “Haz tuyo el acuífero”

Figura 23-2. Fotografías de los talleres educativos



Fuente: Hidroboyacá, 2015

23.4.2. Resultados

Los talleres educativos incentivaban a los estudiantes a expresar a su forma de ver lo que comprendieron del tema (definición de acuífero, zonas de recarga y formas de extracción). Al finalizar la actividad de participación activa se realizó un concurso en el que los mismos estudiantes escogieron el dibujo ganador el cual se incluirá en una publicación para CORPOBOYACÁ. Son 8 dibujos en total.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Figura 23-3. Dibujo ganador Municipio de Chivatá



23.5. Radio

Se utilizó la radio como media principal de difusión de este proyecto. Por tanto se realizó una cuña radial, la cual salió al aire hasta el día 31 de enero por la emisora 102.1 Radio Uno. El contenido de la cuña era

“CORPOBOYACÁ informa a la comunidad que se está realizando la formulación del plan de manejo ambiental del sistema acuífero de Tunja y sus alrededores. Tú puedes hacer parte de este proyecto. Infórmate en www.corpoboyaca.gov.co El agua es la fuerza motriz de la naturaleza y cuidarla es responsabilidad de todos, comparte, promueve y comprométete. HAZ TUYO EL ACUÍFERO.”

23.6. Web

Como refuerzo para la difusión de este estudio se implementó la página web de la Corporación y su Facebook como medios alternos.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



En la página web se publicó el día 24 de diciembre de 2015 la Nota “¡HAZ TUYO EL ACUÍFERO!, un proyecto que resalta la importancia del agua subterránea”, la cual muestra los aspectos sociales más importantes de este proyecto.

Figura 23-4. Nota publicada en la Web

Jueves, 24 Diciembre 2015 09:41

HAZ TUYO EL ACUÍFERO, UN PROYECTO QUE RESALTA LA IMPORTANCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA



Corpoboyacá en el marco del proyecto denominado: “ Formulación del plan de manejo ambiental del sistema Acuífero de Tunja (Cuenca Alta del Río Chicamocha)”, a través de la firma consultora Consorcio Hidroboyacá, ha dado a conocer la importancia del agua subterránea como una fuente de abastecimiento para la región, buscando concientizar a la comunidad mediante el lema ¡HAZ TUYO EL ACUÍFERO!

[Leer más ...](#)

En el caso del facebook desde el mes de noviembre se han venido entregando Información sobre el estudio y temáticas ambientales para promocionar y dar a conocer el proyecto a través de tips ambientales.

Como parte del plan de comunicación se están adelantando el video institucional y la cartilla, productos que serán entregados como parte del informe final.



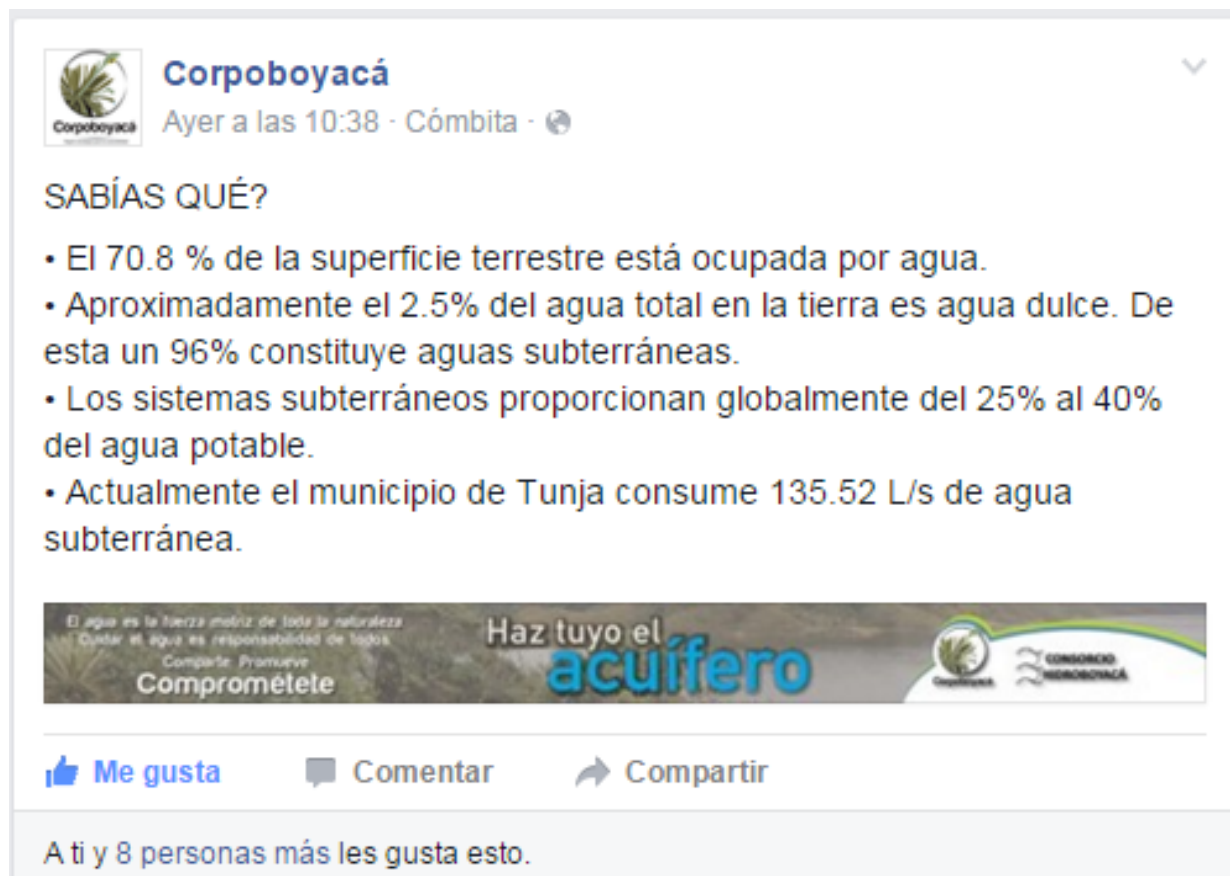
 <p>Corpoboyacá</p>	<p>CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.</p>	 <p>CONSORCIO HIDROBOYACÁ</p>
---	---	---

Figura 23-5. Tip ambiental publicado en Noviembre de 2015



Corpoboyacá
Ayer a las 10:38 · Cómbita · 🌐

SABÍAS QUÉ?

- El 70.8 % de la superficie terrestre está ocupada por agua.
- Aproximadamente el 2.5% del agua total en la tierra es agua dulce. De esta un 96% constituye aguas subterráneas.
- Los sistemas subterráneos proporcionan globalmente del 25% al 40% del agua potable.
- Actualmente el municipio de Tunja consume 135.52 L/s de agua subterránea.

El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza
Cuidar el agua es responsabilidad de todos
Comparte. Promueve.
Comprométele

Haz tuyo el
acuífero

Me gusta Comentar Compartir

A ti y 8 personas más les gusta esto.

Fuente: Hidroboyacá, 2015



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



24. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG (SISTEMA DE INOFRMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO)

La geodatabase remitida en el presente informe de diagnóstico contiene toda la información temática y base utilizada a lo largo de toda la fase.

El contenido de la geodatabase parte de

a) Cartografía base:

- Cartografía base IGAC 1:500.000
- Cartografía base IGAC 1:100.000
- Cartografía base IGAC 1:25.000

b) Información de contexto geográfico

c) Modelo hidrogeológico en 3D

d) Perfiles de cortes geológicos:

- Estructuramiento
- Fallas geológicas
- Notaciones
- Perfiles
- Profundidades
- Puntos de control geológico

e) Cartografía temática

- Actores
- Áreas de recarga
- Cobertura de la tierra (CLC)
- Datos de conductividad eléctrica
- Control geológico
- Cuencas hidrogeológicas
- Demanda del recurso hídrico
- Revisión de expedientes
- FUNIAS
- Geológica
- Hidrogeología
- Estado de legalidad del recurso hídrico



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

- Isolineas
- Isotermas
- Isoyetas: Mensual – Anual
- Levantamiento de expedientes
- Niveles piezometricos
- Cuenca alta del río Chicamocha
- Secciones transversales
- Vulnerabilidad intrínseca del sistema acuífero
- Grilla de mapas
- Polígono del área de estudio

f) Rasters

- PCP- por meses
- Conductividad eléctrica en la tres subcuencas hidrogeológicas
- Modelo de elevación digital
- Niveles piezometricos en la tres subcuencas hidrogeológicas
- Geología en 3D

g) Revisión de información en formato .mxd

La representación espacial de las escalas contenidas en cada salida gráfica del presente informe se ajustan a los requerimientos establecidos en el Anexo Técnico de los términos de referencia, sin embargo la escala original de la información espacial contenida en la presente geodatabase pertenece a 1:25.000.

Los contenidos de la geodatabase se encuentran en el **Anexo 11.1 – Base de datos geográfica.**



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



CONSORCIO
HIDROBOYACÁ

25. BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, A., Castro, M. Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de la ciudad de Tunja, UPTC, Facultad de Ingeniería, Tunja, 1999.

Alarcón, M., Suarez, M. Investigación de aguas subterráneas para abastecimiento urbano en la ciudad de Tunja. Tesis de grado. UPTC, 1991.

Alcaldía, T. (2015). Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) municipio de Tunja. Tunja, Boyacá, Colombia.

Andreas Kammer. Los pliegues del sinclinal de Tunja. Análisis estructural y modelamiento geométrico. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia. Boletín geología colombiana No. 22, octubre, 1997.

Andreas Fries, Rütger Rollenbeckb, Thomas Nauß, Thorsten Peters, Jörg Bendix: Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization. *Agricultural and Forest Meteorology* 152 (2012) 17–30.

Back, W. (1961). Techniques for mapping hydrochemical facies U.S. Geological Survey Prof. Número 424-D, páginas 390-382.

Borda. (2012-2015). Plan de Desarrollo Municipal. Cucaita.

Cajicá, A. Leonardo y Sandoval L., Camilo. Estudio hidrogeológico de la Cuenca de Tunja, Boyacá. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2003.

Calderón, E., Galeano, G., Garcia., N. Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 2: Palmas, frailejones y Zamias. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt; Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, 2005.

Calderón, E., et al, Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 6: orquídeas, primera parte. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, 2007.

Calvachi Zambrano, B. (2012). Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. *MUTIS*, 25-59.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Carvajal, E. (2004). *Plantas útiles de uso común en Colombia. Catálogo de categorías taxonómicas de 2835 plantas pertenecientes a la división Magnoliophyta (Angiospermas)*. Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander.

Código de minas y se dictan otras disposiciones. (2001). *ley 681*. Bogotá, Colombia.

Cómbita. (2001). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Cómbita, Boyacá.

Consejo Municipal. (2008-2011). Plan de Desarrollo Municipal . Combita.

Consejo Municipal. (2012-2015). Plan de Desarrollo Municipal . Sora.

Corpoboyacá, UPTC, UN. Formulación del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Alta del Río Chicamocha (POMCA).

Corpoboyacá, Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia –Centro de Estudios Económicos (CENES). (2006). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la cuenca alta del río Chicamocha*. Tunja.

Corredor Quintero. (2012 - 2015). Plan de Desarrollo Municipal. Soraca.

Cucaita. (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Cucaita.

Custodio, Emilio; y LLAMAS, Manuel Ramón. Hidrología Subterránea. Tomo I. Barcelona, España: Ediciones OMEGA S.A, 1.975. 1157 p.

Duque E. Gonzalo. 2014. Manual de Geología para Ingenieros. Cap11 Geología estructural. Universidad Nacional de Colombia. (2003) Rev.

Díaz Piedrahita, S. (s.f.). *El uso popular de plantas a la luz de los documentos de la expedición botánica*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales –Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia.

Díaz Ramos. (2012 – 2015). Plan de Desarrollo Municipal. Combita.

Díaz, J., & et al. (2004). *Identificación de especies de fauna y flora amenazadas y listado de especies de aves que cumplen criterios para Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS), en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. Bogotá: Instituto Alejandro von Humboldt. Unidad de Sistema de Información Geográfica – SIG-IAvH.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Dinerstein E, y Olson D., 1994. Evaluación de Potenciales de Conservación y Grados de Amenaza para las ecoregiones de América Latina y el Caribe: Un análisis utilizando ecología del paisaje. Nota de Divulgación # 10. Banco Mundial. División del Medio Ambiente. 95 p.

Dirección de ecosistemas. (2005). Plan de Acción Nacional. Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Colombia. Bogotá: MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.

Dirección de ecosistemas. (2015). Plan Nacional de Restauración: Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá: Plan de Acción Nacional. Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Colombia.

Fetter, C.W. 1994. Applied Hydrogeology, pp. 90-92. New Jersey: Prentice Hall.

Freeze, A., Cherry J., 1979. Groundwater. Prentice-Hall Inc. New Jersey.

Foster & Hirata. 1988 Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Lima, Perú: OPS-CEPIS. p. 6-7

Galeano, G., & García, N. (2002). *Libro rojo de plantas de Colombia: las bromelias, las labiadas y las pasifloras*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Galeano, G., Cabrera, E., Otero, J., Bernal, N., & Palacios, S. (2009). *Planificación ecoregional para la conservación de la Biodiversidad en los Andes y en el piedemonte Amazónico Colombianos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt; Agencia Nacional de Hidrocarburos; The Nature Conservancy e Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales.

García, N. (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 5: Las magnoliáceas, las miristicáceas y las podocarpáceas. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt –CORANTIOQUIA- Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe de Medellín – ICNUNC. – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

García, N., & Galeano, G. (2006). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 3: Las bromelias, las labiadas y las pasifloras. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá: Instituto Alexander Von Humboldt – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Gast, F., & et al. (2004). *Identificación de especies de fauna y flora amenazadas y listado de especies de aves que cumplen criterios para Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS), en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

Gómez, I. (s.f.). *Encuentro Internacional sobre asociatividad regional y ordenamiento territorial*. IGAC; Subdirección de agrología. Bogotá.

Hill, R.A. (1949) Geochemical patterns in Coachella Valley, California. Transactions of the American Geophysical Union, 21.

Ingeominas. Plancha geológica 171 – Duitama, 1983.

Ingeominas. Plancha geológica 191 – Tunja, 1983.

Ingeominas. Geología de las planchas 171 Duitama, 191 Tunja, 211 Tauramena, y 230 Monterrey, Cuadrángulos J 12 y K 13, Boletín geológico Volumen 24 N° 2, 1976.

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad, Unidad de Sistemas de Información Geográfica SIG. Bogotá, mayo del 2002.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover. Adaptada para Colombia.

Instituto De Hidrología, Meteorología Y Asuntos Ambientales (IDEAM). (2015). *Estación Meteorológica Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)*. Tunja, Boyacá.

Instituto De Hidrología, Meteorología Y Asuntos Ambientales (IDEAM), 2015: Estudio Nacional del Agua 2014. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2005). *Subdirección de agrología. Tomos I y II. 2005. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Boyacá*. Bogotá.

Irving, Earl. Evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia, Boletín geológico, Vol. 19, Número 2. 1971.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Kammer, A. 1997. Los pliegues del sinclinal de Tunja. Análisis estructural y modelamiento geométrico. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia. Boletín geología colombiana No. 22, octubre.

Krusseman, G.P., De Ridder, N.A. 1970. Analysis and evaluation of pumping test data. International Institute for Land Reclamation. Wageningen.

Laiton, L. (s.f.). *Catálogo de plantas medicinales presentes en la reserva forestal protectora El Malmo de la ciudad de Tunja: relatos a través del dialogo de saberes.* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

Linsley, R., Kohler, M. & Paulus, L., 1958: Hidrology for Engienners. – 340 págs. Mc Graw Hill, New York.

Lizarazo, L. (2012). Memorias 1er congreso latinoamericano y 2do Nacional de Alta montaña tropical: Desafíos ante el cambio climático de los ecosistemas de bosque altoandino, páramos y glaciar. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación Biología Ambiental.*

MacGarigal, K. and B.D. Marks (1995) Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Pórtland, U.S. Department of Agricultura, Forest.

Manjarres, G. Datos hidrogeológicos sobre algunas regiones del departamento de Boyacá. Ministerio de Minas y petróleos. Servicio geológico Nacional, 1965.

Mahecha, G., & et al. (2004). *Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas.* Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.

Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación.* Washington: Universidad experimental Francisco de Miranda (Coro, Estado Falcón, Venezuela).

Meinzer, O. E 1923. Outline of ground – water hydrology. U.S Geological Survey, Water – Supply, Paper 494, p.71.

Meinzer, O. E 1932. Outline of methods for estimating ground – water supplies. U.S Geological Survey, Water Supply, Paper 638-C, pp. 99- 144. Washington, D.C.

Melo, O., & Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistema boscosos.* Ibagué: Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS Y CORTOLIMA.



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN "HAZ TUYO EL ACUÍFERO", EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



MEPOT. (s.f.). Modificación Excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tunja. (*Acuerdo Municipal No. 0014 del 2001MEPOT-TUNJA*). Tunja: Acuerdo Municipal No. 0016 de 2014.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, 2010.

Ministerio, V. (23 de Marzo de 2003). Decreto 838. *Regulacion de disposicion de residuos solidos*. Bogotá, Bogotá, Colombia.

Ministerio, P. (2009). Reglamentacion de los servicios de cementerio, inhumcion, exhumacion y cremacion de cadaveres. *Resolucion 1447*. Bogotá, Colombia.

Molano, J. (2004). Ensayo de interpretación social de una catástrofe ecológica. Villa de Leiva: Biblioteca Virtual del Banco de la Republica.

Moreno, R., Rafael Y Peña, P., Sergio. 2004, Identificación y Caracterización de las amenazas de contaminación del acuífero de Tunja. Tesis de grado. Fundación Universitaria de Boyacá.

Normas sobre estaciones de servicio e instalaciones afines. (1997). *Resolucion1170*. Bogotá, Colombia.

ONU, 1972: Manual de instrucciones, estudios hidrológicos.- 540 págs. ONU Publ. N° 70, San José, Costa Rica.

Pamplona. (2012-2015). Plan de Desarrollo Municipal. Motavita.

Piper, A.M., (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Am. Geophys. Union Trans.*, Vol 25 pp.914-923.

Plan de Desarrollo Municipal. (2012-2015). Chivata.

Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. (2012). Sora.

Reglamentacion sobre planes de saneamiento y manejo de vertimientos, PSMV, y se adoptan otras deteminaciones. (2004). *Resolucion 1433*. Bogotá, Colombia.

Rangel, J., & Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. *Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-



Corpoboyacá

CCC2015173: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA), BAJO EL ESQUEMA DE LA ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN “HAZ TUYO EL ACUÍFERO”, EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1640 DE 2012.



Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales.

Renzoni, Giancarlo. Geología del cuadrángulo J-12, Tunja. Inf. 1546 Boletín geológico volumen 24 Ingeominas, 1967.

Rodríguez, S. Jairo y Vargas Ch., Campo E. Análisis de la vulnerabilidad parcial a la contaminación del acuífero de Tunja. Tesis de Grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, 2002.

Sora. (2006). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Sora, Boyacá.

Struckmeier, W, Margat, J. Hydrogeological Maps. A guide and standard legend. International Association of hydrogeologist, Vol. 17, 1995.

Stiff, H.A., (1951). The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. Journal of Petrol. Techn., Vol 3 No 10. Technical Note 84.

Todd, D.K., 1959 Ground wáter Hidrology. – 336 p., John Wiley & Sons. New York.

USTA, 2005. Informe Formulación del Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja.

Van Der Hammen T. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los andes Colombianos; boletín geológico Vol. VI, No. 1-3, 1958, Bogotá.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Umaña, A. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Bogotá: Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Walton, C. W. 1970 Groundwater Resource Evaluation. New York: McGraw-Hill Inc.