

**FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO Y PROTECCIÓN DEL
ACUÍFERO DE TUNJA**



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACA
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**

TESTIGO DOCUMENTAL

Unidad productora: Subdirección de Gestión Ambiental

Convenio N° 091 de 2005

Interesado: CORPOBOYACA – Universidad Santo Tomás – Seccional Tunja.

Descripción del documento: FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO Y PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO DE TUNJA (390 folios).

Descripción Anexos:

1 CD con toda la información relacionada.

Signatura topográfica:	_____	_____	_____	<u>389</u>
	estante	bandeja	unidad de conservación	total de folios

Elaboró: Rosseberg G.
Revisó: Rosseberg G..
Archivo: 150 – 48 Proyecto Gestión Integral del Recurso Hídrico



CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA



INFORME FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO Y PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO DE TUNJA



1
Realizado por:
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA



CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ – UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA



PARTICIPANTES

CORPOBOYACÁ

Dra. Ana Elvia Ochoa Jiménez
Directora General.

Dr. Heladio Guío Ayala
Subdirector de Gestión
Ambiental.

Ing. Rossemberg González O.
Coordinador Gestión Integral
del Recurso Hídrico (G.I.R.H.)
Componente cantidad.

Ing. Camila Rocío Bolívar
Profesional Gestión Integral
del Recurso Hídrico
Componente cantidad.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

Padre. Carlos M. Alzate Montes, O.P
Rector.

Padre. Faustino Corchuelo Alfaro, O.P
Vicerrector Académico.

Padre Carlos A. Betancourt Ospina, O.P
Vicerrector Administrativo y Financiero.

Dr. Cesar Rodríguez Navarrete M.Sc. Ph.D.
Director del Proyecto

Ing. Ricardo A. Calvo Álvarez, M.Sc.
Decano Facultad de Ingeniería Civil.

Dr. Nelson Obregón M.Sc., Ph.D.
Consultor (Área de Hidrología)

Ing. José Julián Villate Corredor, M.Sc.
Coordinador Área de Hidrotecnia.

Ing. Cesar David López. Esp.
Consultor (Geólogo)

Ing. Julián A. Ramos Álvarez, Esp.
Ingeniero Auxiliar de Coordinación

Ing. Camilo E. Lozano Torres, M.Sc.
Consultor (Agrónomo)

Isabel Chaparro
Consultor (Trabajadora Social)

Siervo Tulio Delgado
Consultor (Economista)

Ing. Neira Juleth Pinto
Ingeniera Auxiliar de Campo

2

Realizado por:

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	23
1. MODELO GEOLÓGICO BÁSICO	25
1.1 ESTRATIGRAFÍA	25
1.1.1 Formación Conejo (Kscn)	26
1.1.2 Grupo Guadalupe (Ksg)	26
1.1.2.1 Formación Plaeners (Kg2)	26
1.1.2.2 Formación Labor y Tierna (Kg1)	27
1.1.3 Formación Guaduas (KTg)	27
1.1.4 Formación Cacho (Tc)	27
1.1.5 Formación Bogotá (Tb)	28
1.1.6 Formación Tilatá (Tst)	28
1.1.7 Depósito Lacustre (Ql)	29
1.1.8 Depósito Coluvial (Qc)	29
1.1.9 Depósito Aluvial (Qal)	30
1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	30
1.2.1 Pliegues	31
1.2.1.1 Sinclinal de Tunja	31
1.2.1.2 Anticlinal de Puente Hamaca	33
1.2.1.3 Sinclinal de Pírgua	33
1.2.1.4 Anticlinal de Motavita	33
1.2.1.5 Sinclinal de Albarracín	34
1.2.2 Fallas	34
1.2.2.1 Falla de Tunja	34
1.2.2.2 Falla de Chivatá	35
1.2.2.3 Falla Tras del Alto	35
1.2.2.4 Falla La Cebolla	35
1.2.2.5 Falla El Asís	35
1.2.2.6 Fallas Menores	36
1.3 CONTROL GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL	36
1.3.1 Recorrido vía Tunja Arenera La Siberia	36
1.3.2 Recorrido Vía Tunja – Chivatá	41
1.3.3 Recorrido Vía Tunja –Soracá	41
1.3.4 Recorrido Tunja – Sector Florencia (Vía a Villa de Leyva)	42
1.3.5 Recorrido Vía Tunja- Vereda Runta (Vía a Bogotá)	43

1.4 CORRELACIONES ENTRE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS DE POZOS PROFUNDOS	49
1.4.1 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos Runta, Cooservicios II y Silvino Rodríguez	51
1.4.2 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos La Florida2, San Antonio, Caminos Vecinales y Batallón Bolívar	52
1.4.3 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos profundos Pensilvania, la Florida 1 y Hospital San Rafael	52
1.4.4 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos profundos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios y Silvino Rodríguez	53
1.5 CÁLCULO DE ÁREAS Y ESPESORES	53
1.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES	55
2. ESTUDIO HIDROLÓGICO	57
2.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA	58
2.1.1 Modelo de elevación digital (med)	58
2.1.2 Cobertura y uso del suelo	60
2.2 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA	63
2.2.1 Precipitación	63
2.2.2 Evaporación	67
2.2.3 temperatura	68
2.3 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA	69
2.3.1 Caudales medidos	69
2.3.2 Fuentes externas de agua	71
2.3.3 Caudal estimado	75
2.3.4 Estimación de caudales naturales	78
2.4 CÁLCULO DE LA RECARGA	84
2.4.1 Modelo matemático	85
2.4.2 Resultados	86
2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
3. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	93
3.1 INFORMACIÓN ANALIZADA	93
3.2 LIMITACIONES DE LA INFORMACIÓN	94
3.3 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LAS ROCAS	95
3.4 PRINCIPALES ACUÍFEROS	97
3.5 ACUITARDOS	98
3.6 ACUIFUGAS	99
3.7 MAPA HIDROGEOLÓGICO	99

3.7.1	Acuíferos con porosidad primaria	100
3.7.2	Acuíferos con porosidad secundaria.	101
3.7.3	Acuitardos	101
3.7.4	Acuifugas	102
3.7.5	Extensión de los acuíferos en producción	102
3.8	INFILTRACIÓN Y RECARGA	103
3.8.1	Características geológicas	103
3.8.2	Balance hídrico	104
3.8.3	Técnicas isotópicas	104
3.8.3.1	Análisis de isótopos estables	104
3.8.3.2	Análisis de Radioisótopos	106
3.8.4	Caracterización de la recarga actual	107
3.8.5	Área de recarga	107
3.8.6	Cuantificación de la recarga actual	108
3.9	MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	108
3.9.1	Flujo somero y flujo base	108
3.9.2	Percolación profunda	109
3.10	NIVEL PIEZOMÉTRICO	109
3.11	DESCENSO PROGRESIVO DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO	110
3.12	PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO PRINCIPAL	113
3.13	EXTENSIÓN DE LOS ACUÍFEROS	115
3.14	ESPESOR Y PROFUNDIDAD DEL ACUÍFERO	115
3.15	CÁLCULO DE RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA	116
3.15.1	Reservas	116
3.15.2	Recarga	117
3.16	DESCARGA DEL ACUÍFERO	117
3.17	SITUACIÓN ACTUAL DE EXPLOTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	117
3.18	REPRESENTACIÓN INTEGRAL DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE LA CUENCA DE TUNJA	118
3.18.1	Estructura general	120
3.18.2	Infiltración	120
3.18.3	Descarga del acuífero	120
3.18.4	Movimiento del agua subterránea	120
3.18.5	Descenso actual del nivel piezométrico	121
3.19	RENDIMIENTO SEGURO DE LOS ACUÍFEROS EN EXPLOTACIÓN	121
3.20	RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CUENCA HIDROGEOLÓGICA DE TUNJA	122
3.21	RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN CUENCAS HIDROGEOLÓGICAS ALEDAÑAS	123

3.22 FENÓMENOS DE SUBSIDENCIA DEBIDO A EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	123
3.23 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA AGUA SUBTERRÁNEA (IES)	124
3.23.1 Cálculo con datos obtenidos en el proyecto	124
3.24 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	125
3.24.1 Riesgos de subsidencia	125
3.24.2 Reducción de las reservas	125
3.24.3 Afectación de la calidad del agua subterránea	126
3.25 PLAN DE PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO	126
3.25.1 Plan de monitoreo y seguimiento	127
3.25.2 Diseño de pozos de monitoreo	128
3.25.3 Priorización del uso de las aguas subterráneas de la cuenca de Tunja	129
3.25.4 Estrategias para el desarrollo del plan	129
3.25.5 Mecanismos e instrumentos de seguimiento y evaluación del plan	130
3.26 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
4. DETERMINACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ACUIFERO DE TUNJA BOYACA-COLOMBIA	135
4.1 ZONA DE ESTUDIO	135
4.2 VALIDACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN	139
4.2.1 Concepto de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación	140
4.2.2 Zonas vulnerables	141
4.2.2.1 Baja vulnerabilidad a la contaminación	141
4.2.2.2 Moderada vulnerabilidad a la contaminación	142
4.2.2.3 Alta vulnerabilidad a la contaminación	144
4.3 VALIDACIÓN EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS POR CONTAMINACIÓN	145
4.3.1 Residuos sólidos	145
4.3.2 Alcantarillados municipales	147
4.3.3 Pozos para extracción de agua subterránea	148
4.3.4 Vivienda Rural	157
4.3.5 Areneras	167
4.3.6 Ladrilleras	167
4.3.7 Áreas de cultivo	172
4.3.7.1 Metodología para el cálculo del IACAT	172
4.3.7.2 Resultados	173
4.3.8. Ganadería	184
4.3.9 Aguas superficiales contaminadas	184



4.4	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN	184
4.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	186
5.	ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	190
5.1	PRESENTACIÓN	190
5.2	OBJETIVO GENERAL	191
5.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	191
5.4	MARCO CONCEPTUAL	191
5.4.1	Participación social, comunitaria y ciudadana en lo ambiental	191
5.4.2	Proceso de la participación en Colombia	192
5.4.3	La planeación del desarrollo	195
5.4.4	El ordenamiento territorial en Colombia como instrumento de planificación en Colombia	197
5.4.5	Perspectivas del ordenamiento territorial	199
5.4.6	Desarrollo normativo	199
5.5	DEFINICIÓN DE POLÍTICAS Y PRINCIPIOS DEL PLAN DE MANEJO Y PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO DE TUNJA	202
5.5.1	Políticas	202
5.5.2	Principios	203
5.6	ETAPAS DEL PROCESO	204
5.6.1	Delimitación del área de estudio	204
5.6.2	Identificación de actores.	205
5.6.3	Actores invitados a participar del proceso de planeación participativa	207
5.6.4	convocatoria para la participación en los talleres	212
5.6.5	Realización de talleres	213
5.6.6	Análisis de la información	214
5.6.7	Socialización de resultados	215
5.7	METODOLOGÍA	215
5.8	RESULTADOS	221
5.9	CONCLUSIONES	237
5.10	RECOMENDACIONES	238
6.	FORMULACIÓN DEL PLAN	242
6.1	ASPECTOS BÁSICOS	242
6.2	MARCO CONCEPTUAL	245
6.3	PROGRAMA 1. GESTIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA EL ABASTECIMIENTO DEL MUNICIPIO DE TUNJA	252
6.3.1	Descripción del problema que se quiere resolver	252
6.3.2	Objetivo del estudio	252
6.3.3	Ubicación geográfica	253



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



6.3.4 Beneficiarios	253
6.3.5 Propuesta técnica	253
6.3.5.1 Identificación de nuevas fuentes de agua subterránea (proyecto 1)	253
6.3.5.2 Desarrollo y calibración de una herramienta de manejo y protección de los pozos, y de los niveles acuíferos, utilizados actualmente como fuentes de agua potable, dentro del sinclinal de Tunja. (Proyecto 2)	255
6.3.6 Duración	260
6.3.7 Presupuesto	260
6.3.7.1 Costos	261
6.3.8 Financiamiento	261
6.3.9 Personal mínimo requerido	262
6.3.10 Análisis de costos	263
6.4 PROGRAMA 2. FORTALECIMIENTO DE LA ACCIÓN INSTITUCIONAL Y DE LA RELACIÓN CON LA COMUNIDAD EN LA ZONA DE RECARGA DEL ACUÍFERO DE TUNJA	269
6.5 PROGRAMA 3. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN ENCAMINADA A LA PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO DE TUNJA	285
6.6 JUSTIFICACIÓN LEGAL DE LOS APORTES DIRIGIDOS A LA COFINANCIACIÓN DE LOS PROYECTOS	298
7. MECANISMOS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACION DEL PLAN	302

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Longitud de filtros que capta niveles de areniscas.	54
Tabla 1.2. Áreas de recarga y espesores	54
Tabla 2.1. Áreas de las subcuencas	59
Tabla 2.2. Pendiente del terreno por cuenca	60
Tabla 2.3. Áreas de las coberturas del suelo (Km ²)	61
Tabla 2.4. Estaciones de precipitación	63
Tabla 2.5. Precipitación total mensual – media multianual (mm)	66
Tabla 2.6. Áreas de los polígonos de Thiessen por subcuenca (m ²)	71
Tabla 2.7. Capacidad de explotación de los pozos	74
Tabla 2.8. Población de Tunja	76
Tabla 2.9. Población de Tunja estimada	76
Tabla 2.10. Volúmenes de Tunja estimada	77
Tabla 2.11. Números de curva utilizados	81
Tabla 2.12. Números de curva utilizados por subcuenca	81
Tabla 2.13. Parámetros Utilizados en la Calibración	82
Tabla 2.14. Alturas de agua en la Subcuenca 5 e Infiltraciones anuales otras cuencas	86
Tabla 3.1. Resultados de 0 ¹⁸	105
Tabla 3.2. Niveles estáticos de los pozos (en m)	110
Tabla 3.3. Parámetros hidráulicos de los acuíferos.	114
Tabla 4.1. Coordenadas zona de estudio.	135
Tabla 4.2. Jurisdicción política área de estudio	136
Tabla 4.3. Distribución política en vulnerabilidad baja de la zona de estudio	142
Tabla 4.4. Distribución política en vulnerabilidad moderada de la zona de estudio.	143
Tabla 4.5 Distribución política en vulnerabilidad moderada de la zona de estudio.	144



	Pág.
Tabla 4.6. Sitios de disposición de residuos sólidos con su respectiva evaluación y descripción	146
Tabla 4.7. Amenazas de contaminación por alcantarillados municipales	148
Tabla 4.8. Listado de pozos profundos con su respectiva evaluación y Descripción	149
Tabla 4.9. Listado de estaciones de servicio con su respectiva evaluación y descripción	152
Tabla 4.10. Ubicación Jardines de La Asunción con su respectivo I.A.P.	156
Tabla 4.11. Listado de reservorios de agua	156
Tabla 4.12. Amenazas de contaminación por vivienda rural	159
Tabla 4.13. Amenazas de contaminación areneras	168
Tabla 4.14. Amenazas de contaminación ladrilleras	169
Tabla 4.15. Índice de amenaza relativa a la contaminación por aptitud del terreno para el cultivo de papa.	172
Tabla 4.16. Resumen de las características de los principales fertilizantes agrícolas	176
Tabla 4.17. Resumen de las características de los principales grupos de plaguicidas agrícolas	178
Tabla 4.18. Ficha técnica fertilizante más usado en la región para el cultivo de la papa	179
Tabla 4.19. Niveles de acción prioritarios para el control de la contaminación del agua subterránea basados en la vulnerabilidad del acuífero y la carga potencialmente contaminante.	185
Tabla 5.1. Zona de recarga del acuífero de Tunja	205
Tabla 5.2. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja Municipio de Oicatá	207



	Pág.
Tabla 5.3. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja Municipio de Soracá	208
Tabla 5.4. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja Municipio de Tunja	209
Tabla 5.5. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja Municipio de Cómbita	211
Tabla 5.6. Resultados del diagnóstico ambiental por municipio, a partir de la realización de los talleres participativos	223
Tabla 5.7. Actores y participantes en los talleres por municipios	228
Tabla 6.1. Problemática ambiental identificada en el área de recarga del acuífero de Tunja	247
Tabla 6.2. Proyectos, actividades, horizontes de ejecución, costos y participación	258
Tabla 6.3. Análisis de costos	263
Tabla 6.4. Matriz de marco lógico para el programa 1-Gestión en aguas subterráneas para el abastecimiento del Municipio de Tunja	265
Tabla 6.5. Proyectos, actividades y horizonte de ejecución	272
Tabla 6.6. Valor estimado de las inversiones del programa	274
Tabla 6.7. Distribución porcentual del área de recarga del acuífero de Tunja	275
Tabla 6.8. Participación porcentual en la cofinanciación del programa	277
Tabla 6.9 Recursos humanos y físicos mínimos requeridos para la ejecución del programa	277
Tabla 6.10. Matriz de marco lógico para el programa 2-Fortalecimiento de la acción institucional	280
Tabla 6.11. Proyectos, temática, actores y actividades	288



	Pág.
Tabla 6.12. Proyectos y horizontes de ejecución	291
Tabla 6.13. Valor estimado de las inversiones del proyecto	292
Tabla 6.14. Participación porcentual en la cofinanciación del programa	294
Tabla 6.15. Recursos humanos y físicos mínimos requeridos para la ejecución del programa	294
Tabla 6.16. Matriz de marco lógico para el programa 3-Implementación de una estrategia de educación y comunicación	296
Tabla 7.1. Indicadores. Programa 1. Gestión de aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja.	306
Tabla 7.2. Indicadores del Programa 2. Fortalecimiento de la acción institucional y de la relación con la comunidad en la zona de recarga del acuífero de Tunja	309
Tabla 7.3. Indicadores del Programa 3 .Implementación de una estrategia de educación y comunicación encaminada a la protección del acuífero de Tunja	311

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Modelo de Elevación Digital	58
Figura 2.2. Imagen Satelital Landsat	62
Figura 2.3. Clasificación de coberturas	62
Figura 2.4. Serie de Precipitación	64
Figura 2.5. Precipitación total mensual – Media mensual multianual	65
Figura 2.6. Precipitación máxima en 24 horas – Media mensual multianual	66
Figura 2.7. Evaporación total mensual – Media mensual multianual	67
Figura 2.8. Temperatura mensual – Media multianual	68
Figura 2. 9. Caudal medio Mensual – Media multianual	69
Figura 2.10. Polígonos de Thiessen	70
Figura 2.11. Caudal trasvasado de Teatinos	72
Figura 2.12. Caudal extraído de la quebrada Cortaderal	73
Figura 2.13. Caudal extraído de los Pozos	74
Figura 2.14. Caudal medido y caudal simulado	83
Figura 2.15. Escorrentía superficial simulada	84
Figura 2.16. Volúmenes de agua en la Subcuenca 5	87
Figura 2.17. Volúmenes de agua de pozos y de recarga	88
Figura 2.18. Volúmenes de agua acumulados	89
Figura 3.1 Mapa hidrogeológico (Plano)	
Figura 3.2. Isótopos Estables (O-18)	106
Figura 3.3 Comportamiento de los niveles de los pozos	111
Figura 3.4 Modelo hidrogeológico conceptual tridimensional	119
Figura 3.5 Pozo de monitoreo	129
Figura 4.1. Localización zona de estudio	136
Figura 4.2. Estudios previos para la generación del mapa de riesgo a la contaminación.	138
Figura 4.3. Metodología aplicada	139

	Pág.
Figura 4.4 Sistema GOD para la evaluación de la Vulnerabilidad del acuífero	140
Figura 4.5. Estimación de la carga contaminante en la recarga de aguas subterráneas bajo tierras de cultivo.	182
Figura 5.1. Zona de recarga del acuífero de Tunja	204
Figura 5.2. Actores invitados municipio de Oicatá	231
Figura 5.3. Municipio de Oicatá participación primer taller	231
Figura 5.4. Municipio Oicatá participación segundo taller	232
Figura 5.5. Municipio de Cómbita actores invitados	232
Figura 5.6. Municipio Cómbita participación primer taller	233
Figura 5.7. Municipio de Cómbita participación segundo taller	233
Figura 5.8. Municipio de Tunja actores invitados	234
Figura 5.9. Municipio de Tunja primer taller	234
Figura 5.10. Municipio de Tunja segundo taller	235
Figura 5.11. Municipio de Soracá actores invitados	235
Figura 5.12. Municipio de Soracá primer taller	236
Figura 5.13. Municipio de Soracá segundo taller	236
Figura 6.1. Relación funcional plan – programa – proyecto	242
Figura 6.2. Análisis de causa - consecuencia de un problema	244
Figura 6.3. Aspectos a tener en cuenta para la identificación de un problema	244
Figura 6.4. Sectores que pueden participar en la identificación y solución de un problema	245
Figura 6.5. Problemática ambiental identificada en el área de recarga del acuífero de Tunja	250
Figura 6.6. Formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja	251

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1

- Anexo 1.1. Columna estratigráfica generalizada
- Anexo 1.2. Columna estratigráfica detallada. Formación cacho
- Anexo 1.3. Mapa Geológico
- Anexo 1.4. Cortes geológicos
- Anexo 1.5. Columna estratigráfica detallada. Cantera arena
- Anexo 1.6. Columna estratigráfica detallada. Cantera arena
- Anexo 1.7. Columna estratigráfica pozo San Francisco
- Anexo 1.8. Columna estratigráfica pozo La Florida I
- Anexo 1.9. Columna estratigráfica pozo Hospital San Rafael
- Anexo 1.10. Columna estratigráfica pozo Universidad Santo Tomás
- Anexo 1.11. Columna estratigráfica pozo Cooservicios
- Anexo 1.12. Columna estratigráfica pozo Silvino Rodríguez
- Anexo 1.13. Columna estratigráfica pozo El estadio
- Anexo 1.14. Columna estratigráfica pozo Runta
- Anexo 1.15. Columna estratigráfica pozo San Antonio
- Anexo 1.16. Columna estratigráfica pozo La Fuente
- Anexo 1.17. Columna estratigráfica pozo U.P.T.C.
- Anexo 1.18. Columna estratigráfica pozo La Florida
- Anexo 1.19. Columna estratigráfica pozo Pensilvania
- Anexo 1.20. Columna estratigráfica pozo Caminos Vecinales
- Anexo 1.21. Columna estratigráfica pozo Batallón Bolívar
- Anexo 1.22. Columna estratigráfica pozo Los Muiscas
- Anexo 1.23. Correlación columnas estratigráficas pozos Runta, Cooservicios II y Silvino Rodríguez
- Anexo 1.24. Correlación columnas estratigráficas pozos Florida II, San Antonio, Caminos Vecinales y Batallón Bolívar

Anexo 1.25. Correlación columnas estratigráficas pozos Pensilvania, Florida I y hospital San Rafael

Anexo 1.26. Correlación columnas estratigráficas pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios y Silvino Rodríguez

ANEXO 2 PLANOS

Plano 2.1. Localización

Plano 2.2. Estaciones hidroclimatológicas

Pozos de explotación

Subcuencas del estudio

Zona de recarga

Plano 2.3. Isoyetas de precipitación total mensual

Isoyetas de precipitación total anual

ANEXO 2A CUADRO - MEMORIAS DE CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO

Series mensuales de precipitación por subcuenca

Series mensuales de caudales naturales por subcuenca

Serie mensual de caudal medido en la estación San Rafael

Serie mensual de caudal externo estimado

Serie mensual de infiltración por subcuenca

Serie mensual de recarga

ANEXO 2B CUADRO - MEMORIAS DE CÁLCULO DE CAUDALES EXTERNOS

Series mensuales de explotación de pozos

Series mensuales de consumo de teatinos

Series mensuales de consumo de Cortaderal

Población estimada por año

Población datos del Dane y Seraqa

Volúmenes estimados de caudales externos totales



ANEXO 2C INFORMACIÓN HIDROCLIMÁTICA

ANEXO 3

Anexo 3.1. Secciones Hidrogeológicas - Figura 1.

Anexo 3.2. Mapa Hidrogeológico.

ANEXO 4

Anexo 4.1. Mapa división política zona de estudio.

Anexo 4.2. Modelo encuesta productores agropecuarios

Anexo 4.3. Mapa de aptitud agrícola

Anexo 4.4. Mapa de parcial de riesgo a la contaminación

ANEXO 4.2.

Modelo encuesta productores agropecuarios

ANEXO 5.1

Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero

Municipio de Oicatá

Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja

Municipio de Oicatá

Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja

Municipio de Oicatá

Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero

Municipio de combita

Taller de formulación de acciones de manera participativa y concertada que nutra el plan de manejo y protección del acuífero

Municipio de combita



Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero
Municipio de Tunja

Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y
concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja
Municipio de Tunja

Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero
Municipio de Soracá

Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y
concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja
Municipio de Soracá

ANEXO 5.2.

Presupuesto de costos estimados para la ejecución de los programas que
conforman el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja

Tabla 7.1. Programa 1. Gestión de aguas subterráneas para el abastecimiento del
municipio de Tunja.

Tabla 7.2. Programa 2. Fortalecimiento de la acción institucional y de la relación
con la comunidad en la zona de influencia del acuífero de Tunja.

Tabla 7.3. Programa 3. Implementación de una estrategia de educación y
comunicación encaminada a la protección del acuífero de Tunja

RESUMEN

Las formaciones geológicas que están presentes en la zona de estudio hacen parte de la sucesión conformada por rocas de origen sedimentario depositadas durante el Cretácico, Terciario y Cuaternario, entre las cuales se encuentran: Formación Conejo (Kscn), Formación Plaeners (Kg2), Formación Labor y Tierna (Kg1), Formación Guaduas (KTg), Formación Cacho (Tc), Formación Bogotá (Tb), Formación Tilatá (Tst) y depósitos cuaternarios (Q).

La dirección preferencial de los pliegues y fallas geológicas es suroccidente - nororiente, que corresponde con la dirección tectónica normal de la Cordillera Oriental en el departamento de Boyacá.

El Sinclinal de Tunja se presenta como el pliegue principal, determinado por ser la estructura de mayor amplitud en la zona de estudio, que conjuntamente con los anticlinales colindantes de Arcabuco y Toca definen estructuras de primer orden.

El estudio hidrológico realizado, se enfocó hacia la caracterización y cuantificación de la infiltración y recarga hacia los acuíferos. Para ello se procesó información hidroclimatológica, utilizando modelos matemáticos aplicables a las características de la cuenca. Fue necesario subdividir el área en cinco unidades hidrológicas con propósitos de caracterización y calibración. Los resultados obtenidos permiten inferir que la tasa de infiltración promedio anual, es de 383.7 mm/año.

Los acuíferos actualmente bajo producción de aguas subterráneas, corresponden a las areniscas de las formaciones Cacho y Bogotá, que conforman una estructura sinclinal sin efluencia de agua subterránea a través del subsuelo, constituyendo una cuenca hidrogeológica cerrada.

Las características hidrogeológicas, el balance hídrico y las técnicas isotópicas llevan a la conclusión de que la recarga es muy pequeña ($0,57 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$) y es inferior a la descarga ($1,55 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año.}$)

El índice de escasez calculado con base en el caudal captado/caudal explotado, es muy alto (2,7) y plantea la necesidad de reordenar la demanda y la oferta si se desea prevenir futuras crisis.

La gran mayoría de los pozos en producción presentan un continuo descenso de los niveles estáticos, lo cual confirma que la explotación de los acuíferos es superior a la recarga. Bajo tales condiciones no es posible garantizar un aprovechamiento sostenible de los acuíferos actualmente bajo producción.

El riesgo a la contaminación se obtuvo cruzando la información de vulnerabilidad natural del acuífero, con el índice de amenaza potencial a la contaminación proveniente de las actividades humanas realizadas en la zona de estudio.

Las actividades potencialmente contaminantes identificadas en el área son: saneamiento in-situ (vivienda rural), disposición de residuos sólidos, areneras, ladrilleras, actividad agrícola, ganadería, fuentes superficiales de agua, reservorios, estaciones de servicio, pozos de extracción de agua subterránea y cursos superficiales de aguas contaminadas.

Las zonas que presentarían un mayor riesgo a la contaminación son: río La Vega, antiguo botadero ubicado en la vía que conduce a Soracá, por presión demográfica, la vereda de Runta y la vereda de San Onofre a ambos costados de la vía central del norte y cuando concuerdan con zonas de vulnerabilidad alta y moderada, y las áreas de cultivo ubicadas en la Vereda de Runta y San Onofre.

Aproximadamente el 60% de las amenazas por saneamiento in-situ (vivienda rural), tiene un valor cualitativo alto y generarían un riesgo alto de contaminación. La mayoría de areneras y ladrilleras presentan amenaza potencial a la contaminación

Todos los pozos de extracción de agua subterránea presentan un grado alto de amenaza a la contaminación.

El estudio socioeconómico permitió inferir que no existe suficiente conocimiento sobre el comportamiento del recurso hídrico en los municipios de la zona de recarga del acuífero, por parte de la mayoría de grupos poblacionales que pueden ejercer acciones significativas sobre la misma, pues la invisibilidad de las aguas subterráneas aumenta el riesgo de contaminación haciendo más difícil su protección y manejo. El recurso hídrico está concebido en el imaginario de las comunidades de manera separada, no logrando articular la interdependencia que se genera en los sistemas páramos-aguas superficiales-aguas subterráneas, de ahí que se desarrollen acciones aisladas, atomizadas, que no facilitan su protección.

Se presentan débiles procesos participativos en las comunidades y habitantes de la zona de recarga del acuífero. La participación comunitaria ha estado influenciada por prácticas que la distorsionan como una marcada politización de las comunidades, baja autonomía, clientelismo, pérdida de la confianza en los procesos participativos y desencanto ante las posibilidades de transformar realidades hacia unas más satisfactorias. El sector minero es uno de los grupos productivos de mayor participación, lo que puede evidenciar el grado de claridad que tiene de trabajar articuladamente con la parte ambiental, y se hallan asociados, lo cual puede permitir una mayor concertación a nivel grupal.



Las empresas que prestan servicio de lavado de carros, cambio de aceite, requieren de acompañamiento de la autoridad ambiental, a fin de realizar mejor planes de control prevención y mitigación.

Adicionalmente a los acuíferos presentes dentro de la cuenca hidrogeológica de Tunja, existen otras posibilidades en las cuencas hidrogeológicas aledañas, que no han sido materia de investigación, pero que deben incorporarse al análisis y evaluación de las alternativas a ser tenidas en cuenta dentro de las diferentes fuentes de suministro de agua potable, para la ciudad de Tunja.

Por las razones anteriormente mencionadas, como producto del presente estudio, se presentan tres programas que permitan realizar los estudios requeridos para garantizar el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas en el área de estudio, a corto, mediano y largo plazo.



INTRODUCCIÓN

La Universidad Santo Tomás dentro de la proyección social como elemento misional de la institución, contribuye con el desarrollo regional aportando su experiencia académica y capacidad de trabajo a proyectos de interés comunitario.

Por su parte, Corpoboyacá, cuya misión es la de “Ejercer como la máxima autoridad ambiental, ejecutar la política ambiental y coordinar procesos de planificación regional, a través de una gestión participativa y de calidad, para promover el desarrollo sostenible en la jurisdicción”.

Corpoboyacá, al identificar la necesidad de conocer más a fondo la dinámica del acuífero de Tunja (una de las principales fuentes abastecedoras de agua para el municipio), y la importancia de establecer un plan de manejo y protección que garantice su conservación y disponibilidad, invitó a diferentes Universidades para participar en el desarrollo del proyecto, siendo seleccionada la Universidad Santo Tomás – Seccional Tunja, desde su Facultad de Ingeniería, apoyados en un equipo de trabajo interdisciplinario con amplia experiencia específica en proyectos de esta índole, desarrolló este proyecto mediante convenio interinstitucional No 091 de 2005, a partir del estudio de información secundaria, aportada por las entidades competentes como Corpoboyacá, SERA.Q.A. y Alcaldía de Tunja, complementándola con un completo trabajo validación en campo.

Dentro del presente documento de Informe Final, se podrá consigna la metodología de trabajo y aspectos técnicos del desarrollo del mismo, para concluir con el Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja, el que se constituirá en una importante herramienta técnica para la Gestión de Corpoboyacá como autoridad Ambiental, para la empresa SERA.Q.A., en su calidad de operador del



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



sistema de acueducto y alcantarillado de Tunja, así como para la Alcaldía Mayor de Tunja, como administradora y primer autoridad del municipio.

De igual forma, el estudio proporciona información técnica que le permitirá a investigadores, académicos y consultores acudir a él como soporte científico, para generar nuevo conocimiento sobre este interesante tema.

1. MODELO GEOLÓGICO BÁSICO

En cumplimiento del estudio “FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO Y PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO DE TUNJA”, se procedió a la revisión de la información geológica disponible, contando principalmente con los siguientes estudios:

- Alcaldía Mayor de Tunja, 2000. Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja. Tunja.
- ALMINERA S.A., 1996. Estudio para la construcción de pozos para el suministro de agua de la ciudad de Tunja. Tunja.
- Cajicá, L & Sandoval, 2003. Estudio hidrogeológico de la cuenca de Tunja, Boyacá., I. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Rodríguez, J & Vargas, C., 2002. Análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso.

Con base en los anteriores estudios se hizo la revisión en campo de los mapas geológicos y de algunos aspectos estratigráficos y a partir de ellos se elaboró el modelo geológico básico que se presenta a escala 1:25.000; igualmente se analizó la información estratigráfica procedente de la perforación de los pozos profundos y se revisaron las correlaciones estratigráficas realizadas en otros estudios, además se construyeron otras correlaciones para mayor claridad de los cortes geológicos disponibles.

1.1 ESTRATIGRAFÍA

Las formaciones presentes en la zona hacen parte de la sucesión conformada por rocas de origen sedimentario depositadas durante el Cretácico, Terciario y Cuaternario, entre las cuales encontramos: Formación Conejo (Kscn), Formación

Plaeners (Kg2), Formación Labor y Tierna (Kg1), Formación Guaduas (KTg), Formación Cacho (Tc), Formación Bogotá (Tb), Formación Tiltatá (Tst) y depósitos cuaternarios (Q), (ver columna estratigráfica generalizada, anexo 1.1).

1.1.1 Formación Conejo (Kscn)

Nombre dado por Renzoni en 1981 quien estudió una sucesión expuesta en el camino que se desprende de la carretera Chivatá - Toca en la localidad de Pontezuela y que conduce a la Vereda San Rafael, bordeando el Alto El Conejo; esta formación fue datada del Cenomaniano Superior – Coniaciano Inferior (ver anexo 1.1). La formación presenta un espesor aproximado de 273 m., formada por bancos de areniscas intercaladas con niveles de shales gris oscuro a amarillento. En su parte superior presenta esporádicos estratos de caliza. La Formación Conejo aflora en ambos flancos del Sinclinal de Tunja (Renzoni, 1981).

1.1.2 Grupo Guadalupe (Ksg)

El Grupo Guadalupe en la zona de estudio lo componen las Formaciones Plaeners y Arenisca de Labor y Tierna. En 1968 Julivert dió a este grupo la edad Coniaciano – Maastrichtiano.

1.1.2.1 Formación Plaeners (Kg2)

En el sector de Soracá la Formación Plaeners se compone de porcelanitas y chert con una parte media de arcillolitas y areniscas con presencia de foraminíferos, vértebras y escamas de peces (Renzoni, 1981). Se observa en el sector de Soracá Vereda Alto Negro y sobre la vía Tunja - Villa de Leyva en la Vereda de Florencia del Municipio de Tunja, y además en las Veredas Rista y Carbonera del Municipio de Motavita. (Alcaldía Mayor de Tunja, 2000). El espesor medido en la vía Soracá – Boyacá es de 150 m (ver anexo 1.1).

1.1.2.2 Formación Labor y Tierna (Kg1)

Su litología es una sucesión de areniscas con intercalaciones de arcillolitas y limolitas. La Formación Labor y Tierna se encuentra conformada en su parte inferior por 117 m de shales grises oscuros con intercalaciones de arenisca y 50 m de arenisca en la parte superior (Renzoni, 1981). La Formación Labor y Tierna en su parte superior es relativamente resistente a la erosión, y por su posición entre las formaciones Plaeners y Guaduas forma prominencias topográficas que facilitan su cartografía en los flancos del Sinclinal de Tunja. El espesor de dicha formación medido en la vía Soracá – Boyacá es de 150 m (ver anexo 1.1).

1.1.3 Formación Guaduas (KTg)

La Formación Guaduas se encuentra conformada por tres conjuntos litológicos. El conjunto inferior constituido por arcillolitas color gris oscuro con esporádicas intercalaciones de areniscas; un conjunto medio constituido por arcillolitas color gris oscuro con intercalaciones de areniscas friables y mantos de carbón de diferentes espesores que son económicamente explotables, y un conjunto superior formado por arcillolitas abigarradas y areniscas (Agudelo & Castro, 1999). La Formación Guaduas en la Cuenca de Tunja tiene un espesor promedio de 175 m (ver anexo 1.1).

T. Van Der Hammen en 1958 dató esta formación como Maastrichtiano Superior hasta la parte media y Paleoceno hasta la parte superior.

1.1.4 Formación Cacho (Tc)

La Formación Cacho se encuentra conformada 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; presenta granos subangulares a subredondeados con matriz arcillosa con moscovita y cemento ferruginoso. Son esporádicas la laminación inclinada y marcas de corriente. En la parte media se encuentra arenisca cuarzosa de grano fino a medio, pero se hace evidente el

aumento en el contenido arcilloso de colores grises y blancos con estratificación fina a delgada, con niveles alterados de color rojo a rosado. En la base de esta formación se encuentra una sucesión de areniscas cuarzosas de grano muy grueso a conglomeráticas con matriz arcillosa y cemento de óxidos de hierro, granos angulares a subangulares, esfericidad media y espesores de estratificación muy gruesos. 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 60 metros aproximadamente. (ver anexo 1.2).

Por correlación estratigráfica la Formación Cacho pertenece al Paleoceno Superior.

1.1.5 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 blancas a amarillas con un espesor aproximado de 120 m. La Formación Bogotá aflora en ambos flancos del Sinclinal de Tunja y sobre ella se desarrollan extensas y profundas cárcavas (Agudelo & Castro, 1999).

La Formación Bogotá pertenece al Paleoceno Superior - Eoceno Inferior, presentando concordancia con las areniscas de la Formación Cacho en su base, y hacia el techo, infrayace discordantemente con la Formación Tilatá (Van Der Hammen, 1958). En la zona de estudio la Formación Bogotá presenta un espesor promedio de 120 m determinados con base en las columnas estratigráficas (ver anexo 1.1).

1.1.6 Formación Tilatá (Tst)

R. Schiebe dió 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 (Hubach, 1957).

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 con un espesor medio de unos 150 m. Generalmente se encuentra levemente inclinada hacia el occidente y localmente presenta buzamientos fuertes. En la Cuenca de Tunja yace discordantemente sobre todas las formaciones que reposa (Renzoni, 1981) (ver anexo 1.1).

Según T. Van Der Hammen en 1958, la Formación Tiltatá pertenece al Plioceno, con la posibilidad de que la parte superior comprenda el Pleistoceno Inferior.

1.1.7 Depósito Lacustre (Ql)

El depósito lacustre se caracteriza por presentar una morfología de relieve suave a plano con depósitos no consolidados localizado en la parte suroriental en ambos costados del flanco oriental, cubriendo parte de la Formación Cacho. Está constituido por una sucesión de arcillas plásticas abigarradas con intercalaciones de diatomitas que van desde 0,1 a 9 m de espesor, presentándose ligeramente inclinadas hacia el oriente, dando la apariencia de encontrarse estratificadas. Esta unidad tiene un espesor aproximado de 50 m y yace discordantemente sobre las formaciones Guaduas, Cacho, Bogotá y Tiltatá (Agudelo & Castro, 1999).

1.1.8 Depósito Coluvial (Qc)

Dentro del área de estudio, sobre el flanco occidental del Sinclinal de Tunja cerca de los barrios Muisca y Asís, cubriendo buena parte de la ladera, se encuentra un depósito coluvial formado por grandes bloques de areniscas provenientes de la Formación Cacho y algunos niveles de la Formación Bogotá depositados por

gravedad y embebidos en matriz areno - arcillosa; el espesor del depósito no supera los 20 m (Agudelo & Castro, 1999).

En la parte más occidental del perímetro de estudio se ubica un gran depósito coluvial afectando la vereda La Esperanza del Municipio de Tunja y parte del Municipio de Motavita (Alcaldía Mayor de Tunja, 2000).

1.1.9 Depósito Aluvial (Qal)

Los depósitos aluviales están enmarcados por la dinámica fluvial de los ríos Jordán, La Vega y la Quebrada La Cascada, que se encuentran constituidos por alternancias de niveles arenosos con niveles arcillosos de color café no consolidados (Agudelo & Castro, 1999). Estos depósitos se encuentran ubicados hacia el centro de la cuenca donde corre el río Jordán, principal corriente de agua y en el cual desemboca el río La Vega y el conjunto de quebradas y corrientes transitorias. Se destaca el cono aluvial que forma el río La Vega en el noroccidente de la ciudad de Tunja.

1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La Cordillera Oriental, dentro de la cual se encuentra el área de estudio, fue levantada durante la orogenia andina, presentando una tectónica compleja determinada por los esfuerzos a que ha sido sometida, reflejada por los diferentes tipos de fallas, las cuales generan áreas fracturadas, complicaciones estratigráficas, desplazamientos de bloques, entre otros. La dirección preferencial de los pliegues y fallas es suroccidente - nororiente, que corresponden con la dirección tectónica normal de la Cordillera Oriental en el departamento de Boyacá (Agudelo & Castro, 1999).

Las fallas de cabalgamiento que se encuentran dentro del área de estudio se presentan paralelas y con el mismo sentido de buzamiento a fallas principales



(Falla de Chivatá y Falla de Soápaga al oriente). Otras fallas, de carácter direccional, desplazan a las fallas de cabalgamiento en sentido predominante noroccidente – suroriente tal como sucede con la Falla de Tunja (Agudelo & Castro, 1999).

En los cortes geológicos se puede observar el carácter del Sinclinal de Tunja como el pliegue principal, determinado por ser la estructura de mayor amplitud en la zona de estudio. Con los anticlinales colindantes de Arcabuco y Toca definen estructuras de primer orden, que se caracterizan por longitudes de unos cien kilómetros y por vergencias hacia el Este. A estas estructuras se superponen trenes de pliegues con continuidades de unas decenas de kilómetros que evidencian una cierta independencia de las estructuras anteriores a través de sus vergencias que se oponen a las pendientes estructurales de los pliegues de primer orden. Por adquirir amplitudes mayores por encima de pendientes estructurales pronunciadas, se podría asumir para su origen un deslizamiento por gravedad (Kammer, 1997). Entre las estructuras de segundo orden, correspondientes a decenas de kilómetros de longitud, en el área de estudio se encuentran el Anticlinal de Puente Hamaca, el Sinclinal de Pírgua, el Anticlinal de Motavita y el Sinclinal de Albarracín, (Cajicá & Sandoval, 2003).

1.2.1 Pliegues

1.2.1.1 Sinclinal de Tunja

Es la principal estructura de la zona de estudio con una dirección predominante N 36 E (nororiente – suroccidente), que está conformada en sus flancos por todas las formaciones descritas en la zona de estudio. Se extiende desde el sur del casco urbano de la ciudad de Tunja y termina en la localidad del Manzano, probablemente contra la Falla de Boyacá. El sinclinal está limitado al oriente por la Falla de Chivatá (Renzoni, 1981) y al sur por el Lineamiento de Tunja (Ujueta,

1993). Kammer en 1997 caracteriza el Sinclinal de Tunja con una depresión longitudinal hacia el nororiente.

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 nororiente – suroccidente y transversales. Su núcleo se encuentra relleno por sedimentos pertenecientes al Terciario Superior correspondientes a la Formación Tilatá, así como por depósitos inconsolidados de origen diverso, (Cajicá & Sandoval, 2003), ver anexo 1.3.

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.

La parte central del sinclinal esta afectada por una falla transversal (Falla de Tunja), posiblemente asociada al lineamiento de Tunja, la cual desplaza y divide la estructura por su parte central afectando por consiguiente los dos flancos. Posee una dirección noroccidente – suroriente, originando a su vez una zona estructuralmente baja que permitió la comunicación de dos posibles cuencas de depositación, evidenciado por la presencia de diatomitas a ambos lados del flanco oriental del sinclinal (ver anexos 1.3 y 1.4).

En su parte 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 resistentes, con un posible nivel de despegue restringido al tope de la Formación Cacho (Agudelo & Castro, 1999), ver anexo 1.3.

1.2.1.2 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 suroccidente – nororiente, 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.

El Anticlinal de Puente Hamaca posiblemente concuerda con un plegamiento tipo “buckling” (compresión paralela a la estratificación) en el cual se presume la existencia de un medio basal dúctil, que por mecanismos no especificados se amolda en su base a un horizonte de despegue plano y en su techo a un medio competente plegado (Ramsay 1967; Mitchell & Woodward 1988; en Kammer, 1997). En el caso anteriormente descrito los medios incompetentes corresponden a las formaciones Guaduas y Bogotá, y el nivel competente a la Formación Cacho.

1.2.1.3 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 suroccidente – nororiente 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.

Involucra las formaciones Guaduas, Cacho y Bogotá de manera similar al modelo descrito para el Anticlinal de Puente Hamaca, (ver anexo 1.3).

1.2.1.4 Anticlinal de Motavita

Es una estructura 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 (ver anexo 1.3).

1.2.1.5 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.

1.2.2 Fallas

La zona de estudio se encuentra afectada por fallas de carácter regional y local de tipos inverso y de rumbo, la mayoría de ellas correspondiendo a la orientación normal de la estructura; la denominación que se le da a cada una de ellas se hace teniendo en cuenta el nombre de la región donde exhibe con mayor claridad sus características. A continuación se describen los rasgos de las principales fallas que afectan el área de estudio, (ver anexo 1.3).

1.2.2.1 Falla de Tunja

Es una falla de rumbo que tiene una dirección N13°W, posiblemente asociada al lineamiento de Tunja, 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 (Alcaldía Mayor de Tunja, 2000). La Falla de Tunja es probablemente la responsable de facilitar la apertura de la brecha que comunicó dos microcuencas en el flanco oriental originando los dos depósitos de sedimentos cuaternarios lacustres (Q1) cartografiados en esta área, (Cajicá & Sandoval, 2003).



1.2.2.2 Falla de Chivatá

Es una falla inversa de carácter regional, la cual presenta una dirección suroccidente – nororiente. El bloque occidental (bloque colgante) se encuentra levantado respecto al oriental (bloque yacente) 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 (ver anexo 1.3).

1.2.2.3 Falla Tras del Alto

Es una falla inversa paralela al rumbo de las formaciones, que corresponde al contacto fallado entre la Formación Guaduas y la Formación Cacho en una longitud aproximada de 9.5 Km.; afecta el flanco occidental del sinclinal y se halla a su vez cortada y dislocada por fallas transversales de carácter local. Tiene un rumbo medio de N36°E y su plano se inclina 65° al NW (Agudelo & Castro, 1999), ver anexo 1.3.

1.2.2.4 Falla La Cebolla

Falla con desplazamiento de rumbo, con dirección oriente – occidente que afecta los flancos del Sinclinal de Pírgua, y posiblemente es la responsable del lineamiento de la quebrada La Cebolla. Su desplazamiento corta los trenes estructurales que forman las rocas competentes de las formaciones Plaeners, Labor y Tierna y Cacho (Agudelo & Castro, 1999), ver anexo 1.3.

1.2.2.5 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. A esta falla se le atribuye parte de la complejidad tectónica que presenta el flanco occidental del sinclinal, afectando el sector aledaño al norte del barrio Asís y el occidente del barrio Los Muisca (Agudelo & Castro, 1999), ver anexo 1.3.

1.2.2.6 Fallas Menores

Son fallas de carácter local, las cuales son transversales a la directriz tectónica del Sinclinal de Tunja, presentando pequeños desplazamientos acompañados de fracturamiento e incremento en rumbo y buzamiento. Entre estas sobresalen la Falla de San Antonio, Salival, Telecom, Cooservicios y Ladrillera (Agudelo & Castro, 1999), ver anexo 1.3.

1.3 CONTROL GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL

Como se mencionó anteriormente, se efectuó la revisión de los tres (3) mapas geológicos realizados en estudios anteriores, para verificar su exactitud por lo cual se hizo necesario realizar varios recorridos por carreteras y caminos de la zona de estudio y de esta forma corroborar su estratigrafía y tomar datos de rumbos y buzamientos complementando la información geológica y estructural ya existente. Por lo anterior se presenta a continuación la información recopilada en los diferentes lugares visitados.

1.3.1 Recorrido vía Tunja Arenera La Siberia

En este recorrido se parte de la intersección de la carrera 16 (Tunja) con la vía a Moniquirá, encontrando un primer afloramiento ubicado en la calzada izquierda que pertenece a la formación Cacho (Tc), el cual corresponde a una sucesión de areniscas rojizas de grano medio a grueso con espesores de estratificación muy gruesos (> 1 m), con esporádicas intercalaciones de arcillolitas amarillas con espesores de estratificación finos (entre 3 y 10 cms). Esta sucesión de rocas tiene una dirección de buzamiento de 140/ 10 (rumbo N 50 E).

En la curva frente al barrio Doña Limbania, en el cruce entre esta vía y la del Municipio de Motavita (vía destapada), hay un afloramiento que pertenece a la formación Cacho (Tc), que esta conformada por areniscas de grano medio a grueso con espesor de estratificación muy grueso (> 1 m) y que tienen una



dirección de buzamiento de 130/10 (Rumbo N 40 E). Más adelante, aproximadamente a 500 metros del anterior afloramiento, se puede evidenciar el contacto geológico entre las formaciones Cacho (Tc) y Bogotá (Tb) en donde se realizó un control estructural (120/10) corroborando la orientación de dicho contacto.

A continuación se evidencia una sucesión de areniscas cuarzosas amarillas y rojizas de grano fino a medio con espesores de estratificación de medio (de 10 a 30 cms) a grueso (entre 30 y 100 cms), intercalados con arcillolitas amarillas y rojizas con espesores de estratificación de fino a medio. En esta sucesión se realizó control estructural dando medidas de 80/5 y 116 /28 (Fotografías Nos. 1, 2, 3 y 4).

A 400 metros aproximadamente del cruce con la vía que va a Motavita (vía pavimentada), se encuentra el contacto geológico entre las formaciones Cacho (Tc) y Guaduas (kTg); a un (1) kilómetro del contacto se midió una dirección de buzamiento de 130/34.

A dos (2) kilómetros del cruce con la vía a Motavita, hay presencia de areniscas arcillosas amarillas de grano medio a conglomerático con espesor de estratificación grueso (de 30 a 100 cms) a muy grueso (mayor de 100 cms.) y esporádicas intercalaciones de arcillolitas amarillas de espesor de estratificación fina (entre 3 y 10 cms.), rocas con una dirección de 160/15, en otro afloramiento cercano al anterior (700 metros) con las mismas características litológicas se registró una dirección de 110/15.

En el kilómetro doce (12) de la vía a Monquirá se ubica una explotación de arena (La Siberia) que consta de una sucesión de areniscas de grano fino a conglomeráticas de color amarilla y rojiza con espesores de estratificación muy gruesos, laminación plano paralela de óxidos de hierro, dichas areniscas tienen

contenido de material arcilloso que corresponde a la matriz de la roca; la orientación de los estratos es de 124/8, anotando que estas rocas se encuentran muy fracturadas en diferentes direcciones (Fotografía No. 5).

A cincuenta metros de la anterior arenera, hay otra explotación de arena conformada por areniscas amarillas de grano fino con espesor de estratificación muy grueso e intercalaciones de arcillolitas grises a blancas con espesores de estratificación gruesos; la dirección de buzamiento de los estratos es de 202/20.

Fotografía N° 1. Vía Tunja-Moniquirá. Frente entrada U.P.T.C. (Fm. Bogotá).



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 2. Vía Tunja-Villa de Leyva. A 100 metros, entrada B. La Fuente.



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 3. Vía Tunja-Moniquirá. Cerca Barrio Doña Limbania. (Fm. Cacho).



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 4. Vía Tunja-Moniquirá. Cerca Barrio Doña Limbania. (Fm. Bogotá)



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 5. Vía Tunja-Moniquirá. Arenera La Siberia. (Fm. Cacho).



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

1.3.2 Recorrido Vía Tunja – Chivatá

En este recorrido a partir del barrio el Dorado, en predios del Batallón Bolívar, afloran depósitos lacustres (QI) con morfología suave de arcillolitas blancas y grises con niveles gruesos y muy gruesos de diatomitas con una ligera inclinación hacia el Este. Más adelante, pasando el cruce de esta vía con la variante de Tunja, el relieve se hace más abrupto entre los contactos de dichos depósitos (QI) con la formación Bogota (Tb) y posteriormente con la formación Cacho (Tc), que consta en este sector de una serie de areniscas amarillas con espesor de estratificación medio e intercalaciones finas de arcillolitas amarillas y buzamiento de 328/55.

Posteriormente aparecen las formaciones Cacho (Tc) y Guaduas (kTg) y el eje del anticlinal de Puente Hamaca, ubicado este anticlinal en el cruce entre la vía y la quebrada Puente Hamaca, encontrándose nuevamente el contacto Guaduas – Cacho y se define la ubicación exacta del eje del sinclinal de Pírgua con direcciones de 90/45 y 300/23. Pasando la quebrada hay afloramientos pertenecientes a la formación Cacho que corresponden a estratos de areniscas amarillas y rojizas de grano medio a conglomeráticas y laminación plano paralela con espesores de estratificación muy gruesos y alto índice de fracturamiento que dificultan la medida de la orientación de las rocas (Foto No. 6).

Aproximadamente a un (1) kilómetro del municipio de Chivatá se presenta una pequeña sucesión de areniscas amarillas de espesor de estratificación medio con intercalación de arcillolitas amarillas de estratificación fina con buzamiento de 180/40.

1.3.3 Recorrido Vía Tunja – Soracá

Este recorrido se realizó por el sector del Barrio San Francisco, encontrándose un primer afloramiento en la curva pronunciada antes de llegar al barrio Ciudad

Jardín, conformado por areniscas amarillas de grano fino con espesor de estratificación medio y con dirección de buzamiento de 2/14 (Fotografía No. 7).

A trescientos (300) metros del mencionado barrio, hay presencia de areniscas amarillas de grano fino con espesores de estratificación medio y con dirección de buzamiento de 315/14.

Pasando el barrio a unos cuatrocientos metros aproximadamente, sobre unas areniscas de grano fino con espesor de estratificación medio se verificó una dirección de buzamiento de 265/18.

Adelante del municipio de Soracá, en la vía al municipio de Boyacá (aproximadamente a 1200 m), existe una sucesión de areniscas amarillas de grano finas con espesores de estratificación gruesos, intercalados con arcillolitas amarillas con espesor de estratificación de fino (3 a 10 cms) a medio (10 a 30 cms) correspondiente a la formación Labor y Tierna (kg1) y 200 metros más adelante está el contacto con la formación Plaeners (kg2) que consta de una sucesión de limolitas amarillas de estratificación media intercaladas con arcillolitas amarillas de estratificación fina. Se efectuó la medición de la dirección de buzamiento dando como resultado 318/70.

En una cantera a 500 metros del parque del municipio de Soracá (hacia el SE) se encuentra una sucesión de areniscas arcillosas amarillas de grano fino con espesores de estratificación medios y gruesos y dirección de buzamiento de 300/40.

1.3.4 Recorrido Tunja – Sector Florencia (Vía a Villa de Leyva)

El primer afloramiento encontrado en este recorrido, aproximadamente a 100 metros de la entrada al barrio la Fuente, corresponde a una sucesión de areniscas amarillas y rojizas de grano medio a conglomeráticas con espesores de

estratificación muy gruesos, laminación plano paralela y dirección de buzamiento de 340/15 (Fotografías Nos. 8, 9,10 y 11).

Aproximadamente a 2.5 kilómetros de la ciudad de Tunja hay un afloramiento de limolitas amarillas con laminación plano paralela de estratificación fina a media y dirección de buzamiento de 262/60.

A 10 kilómetros de Tunja se localiza una recebera que está conformada por limolitas silíceas y arcillosas amarillas con laminación plano paralela y espesores de estratificación entre finos y gruesos. Estas rocas están muy plegadas con dirección de buzamiento de 124/40; el afloramiento tiene aproximadamente unos 50 metros de altura.

1.3.5 Recorrido Vía Tunja- Vereda Runta (Vía a Bogotá)

Frente a la plaza del mercado del sur afloran areniscas de grano fino grises y amarillas con espesor de estratificación fino, estas rocas pertenecen a la formación Bogota (Tb) y tienen una dirección de buzamiento de 86 /25.

En la vereda de Runta se visitaron dos areneras , la primera de propiedad del señor Eliceo Cuy, corresponde a areniscas amarillas y rojizas de grano grueso a conglomeráticas con laminación plano paralela y espesores de estratificación muy gruesos y dirección de buzamiento de 74/35 (Fotografías Nos. 12 y 13); la otra arenera de propiedad del señor Luís Moreno, consta de areniscas de grano fino a grueso de color amarillo con estratificación muy gruesa, intercaladas con arcillolitas amarillas con espesor de estratificación de medio a grueso y una dirección de buzamiento de 36/15.

En el sector de Runta se levantaron dos (2) columnas estratigráficas detalladas; la primera arenera de propiedad del señor Isidro Abril correspondiente a una sucesión de areniscas cuarzosas de grano medio a muy grueso con laminación

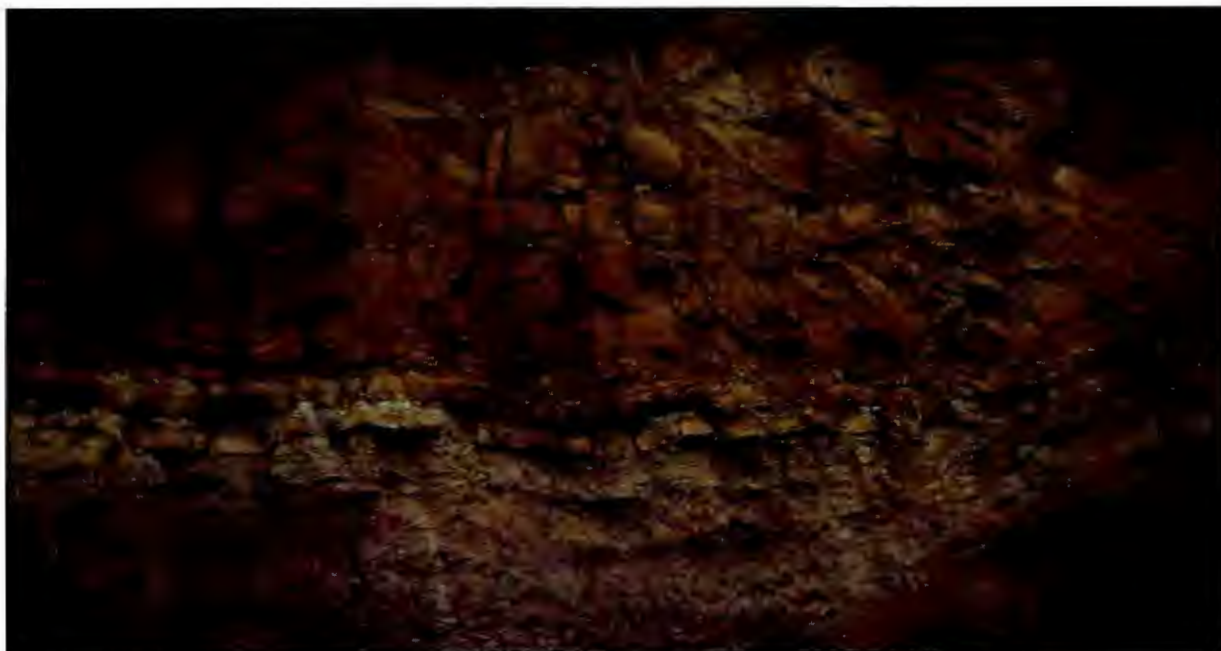
cruzada (6 m), en su parte media areniscas arcillosas crema de grano fino con laminación plano paralela (2.3 m), y en su parte superior un intercalación de capas finas de areniscas de grano medio a muy grueso con lentes de areniscas conglomeráticas (8 m), toda esta sucesión corresponde a la formación Cacho (Tc), (ver anexo 1.5 y fotografía No. 14); la otra arenera de propiedad del señor Jaime Moreno posee una descripción litológica semejante a la anterior columna estratigráfica (ver anexo 1.6 y fotografía No. 15).

Fotografía N° 6. Vía Tunja-Chivatá. Areniscas de la Fm. Cacho.



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 7. Vía Tunja-Soracá. Cerca Urbanización Ciudad Jardín.



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 8. Vía Tunja-Villa de Leyva. A 100 metros, entrada B. La Fuente.



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 9. Vía Tunja-Villa de Leyva. A 100 metros, entrada B. La Fuente.



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 10. Vía Tunja-Villa de Leyva. A 100 metros, entrada B. La Fuente.



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 11. Vía Tunja-Moniquirá. Vía de entrada al Municipio de Cómbita.



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja.

Fotografía N° 12. Vereda de Runta. Arenera del señor Eliseo Cuy. (Fm. Cacho).



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 13. Vereda de Runta. Arenera del señor Luís Moreno. (Fm. Cacho).



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 14. Vereda de Runta. Arenera del señor Isidro Abril. (Fm. Cacho).



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Fotografía N° 15. Vereda de Runta. Arenera del señor Jaime Moreno. (Fm. Cacho).



Fuente: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

1.4 CORRELACIONES ENTRE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS DE POZOS PROFUNDOS

Las columnas estratigráficas utilizadas en el presente estudio, se tomaron del informe FUENTES DE AGUA de Julio de 2000, entregado por la empresa SERA.Q.A. E.S.P Tunja a CORPOBOYACÁ y son el resultado de los análisis litológicos durante la perforación de los pozos profundos corroborados con la interpretación de los registros eléctricos (Rayos gamma, potencial espontáneo y resistividad) corridos durante la construcción de estos pozos. Es importante anotar que se pasaron las columnas estratigráficas encontradas en el mencionado estudio a una escala real 1:1.000, para observar más claramente los cambios estratigráficos presentados entre los diferentes pozos profundos.

Para el presente estudio se aporta una información de cuatro (4) nuevas columnas estratigráficas de los pozos profundos de San Francisco (Anexo 1.7.), La Florida 1 Pozo seco, (Anexo 1.8), Hospital San Rafael (Anexo 1.9) y Universidad Santo Tomás (Anexo 1.10).

La estratigrafía del pozo profundo San Francisco consta en su base de arcillolitas grisáceas con pequeñas intercalaciones arenosas y de areniscas cuarzosas intercaladas con arcillolitas, sucesión perteneciente a la formación Cacho (Tc); en la parte media consta de areniscas con intercalaciones de arcillolitas, luego una sucesión de 27 m de areniscas cuarzosas blancas y amarillas y por último una alternancia de limolitas, arcillolitas y areniscas, litología perteneciente al formación Bogotá (Tb); en la parte superior se encuentran 17 m de limos, arcillas y material arenoso perteneciente al cuaternario lacustre (Ql), ver anexo 1.7.

La columna estratigráfica del pozo profundo La Florida 1 (anexo 1.8.) consta en su parte basal de arcillolitas grises (de 117 a 181 m), suprayaciendo encontramos intercalación de areniscas rojas con arcillolitas grises y rojas (de 48 a 117 m) y su parte superior con areniscas amarillas a blancas de grano fino a medio (de 11 a 48 mts), toda esta sucesión litológica pertenece a la formación Bogotá (Tb). En la parte superior de la columna estratigráfica encontramos arcillas rojas y amarillas (11 mts) que corresponden a un Cuaternario Lacustre (Ql).

La columna estratigráfica del pozo profundo Hospital San Rafael (anexo 1.9) conformada por una intercalación de areniscas cuarzosas de grano fino a conglomeráticas con arcillolitas grises (de 158 a 219 m), correspondientes a la formación Cacho (Tc); posteriormente encontramos una sucesión de arcillolitas grises con esporádicos niveles de limolitas grises y amarillas (158 m) de la formación Bogotá (Tb).

La columna estratigráfica del pozo profundo de la Universidad Santo Tomás (anexo 1.10) consta en su parte basal de arcillolitas plásticas con limolitas y areniscas friables de grano fino a conglomerático de color amarillo (de 130 a 155 m) pertenecientes a la formación Cacho (Tc); la formación Bogotá (Tb) en este registro litológico está conformada por una intercalación de arcillolitas limosas de color rojizo con areniscas fisuradas de grano fino a medio de color oscuro (de 10 a 130 mts); en su parte superior hay 10 mts de arcillas, limos y arena fina de color café correspondiente al Cuaternario Lacustre (Ql).

Las columnas estratigráficas que corresponden a los demás pozos profundos ya se habían presentado en estudios anteriores, por lo cual no las describimos en el siguiente estudio (ver anexos 1.11. a 1.22.).

Se construyeron cuatro (4) correlaciones estratigráficas unas en sentido longitudinal a la cuenca, aproximadamente paralelas al eje del sinclinal de Tunja, y otras en sentido transversal a la misma para observar a una escala detallada los cambios litológicos y estructurales de las formaciones que conforman el área de estudio. A continuación se realiza la descripción de los resultados al efectuar dichas correlaciones.

1.4.1 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos Runta, Cooservicios II y Silvino Rodríguez

En esta correlación se puede observar la disposición de las diferentes formaciones geológicas, notando que el cuaternario lacustre (Ql) posee su mayor espesor (25 metros) en la parte media, disminuyendo el mismo hacia los extremos del corte; también se observa claramente la disposición de la formación Tilatá (Tst) en donde su espesor máximo se tiene en el extremo norte (80 metros). Infrayaciendo a las anteriores formaciones está la formación Bogotá (Tb) que se acuña de sur a norte con una notable disminución de su espesor y por ultimo encontramos la formación Cacho (Tc) que conserva su espesor a lo largo de su extensión,

dejando claro que todo el espesor de la formación no se encuentra evidenciado debido a que el registro litológico no está completo en ninguna de las columnas (ver anexo 1.23.).

1.4.2 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos La Florida2, San Antonio, Caminos Vecinales y Batallón Bolívar

En este corte se evidencia el aumento de espesor hacia el norte del cuaternario aluvial (Qal), que en el corte anterior no se presentaba, el cuaternario lacustre (Ql) inmediatamente por debajo continúa con la misma característica lateral pues presenta su mayor espesor en la parte central del corte (16 m en promedio); como en la correlación anterior la formación Tilatá (Tst) se encuentra acuña, presentando su mayor espesor hacia el sector norte (52 m). De igual manera la formación Bogotá (Tb) disminuye su espesor del sur (180m) hasta acuña al norte, y la formación Cacho (Tc) no se observa en todo su espesor por la misma causa anotada en la correlación anterior (40 m promedio), (ver anexo 1.24.)

1.4.3 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos profundos Pensilvania, la Florida 1 y Hospital San Rafael

En esta correlación se puede observar claramente que el Cuaternario Lacustre (Ql) se acuña de norte (11 m) a sur, la formación Bogotá (Tb) conserva su espesor (165 m en promedio) durante su extensión pero existe un cambio litológico marcado ya que en el sector norte hay mayor contenido de areniscas y hacia el sur la formación se va haciendo más arcillosa, causa que demuestra el porque los pozos la Florida 1 y Hospital San Rafael salieron secos; en cuanto a la formación Cacho (Tc) no se puede observar estructuralmente ya que en el centro de la correlación no se alcanzó a perforar dicha formación, pero al igual que la formación Bogotá existe un marcado cambio litológico de areniscas cuarzosas conglomeráticas en el norte (61 m) a una mayor proporción de arcillolitas limosas hacia el suroeste (83 m) de la cuenca (ver anexo 1.25.).

1.4.4 Correlación de las Columnas Estratigráficas de los pozos profundos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios y Silvino Rodríguez

El Cuaternario Lacustre (Ql) aumenta en espesor de norte (30 m) a sur (11 m) como se observa en la correlación; en el sector norte como lo muestra el mapa geológico no aparece la formación Tilatá (Tst) pero hacia el sur comienza a aparecer al nivel del pozo de Cooservicios, alcanzando un espesor de 66 mts a la altura del pozo del Silvino Rodríguez; la formación Bogotá (Tb) tiende a mantener su espesor constante longitudinalmente (150 m en promedio); en la formación Cacho (Tc) no se puede determinar su cambio estructural ya que no se ha perforado en toda su extensión en los pozos de esta correlación, observándose una disminución de espesor desde el pozo de Pensilvania (83 m) hasta el pozo de Silvino Rodríguez (34 m); se observa una disminución del tamaño de grano de las rocas al nivel del pozo de San Francisco. (Ver anexo 1.26.).

1.5 CÁLCULO DE ÁREAS Y ESPESORES

Las correlaciones estratigráficas presentadas en los anexos 1.23 a 1.26 señalan que hay una gran variabilidad en los espesores de los niveles de areniscas de las formaciones Cacho y Bogotá.

Con el fin de establecer el espesor efectivo, correspondiente a los niveles de areniscas captadas por los pozos profundos, se identificaron las longitudes de los filtros de cada uno de los pozos para las dos formaciones. Los resultados se presentan en la tabla 1.1., para la formación Cacho se obtuvo un espesor promedio de 25.1 m. y para la formación Bogotá un espesor promedio de 22.87 m.

Tabla 1.1. Longitud de filtros que capta niveles de areniscas.

POZO PROFUNDO	FM BOGOTÁ	FM CACHO
Pensilvania	22	31
Estadio	8,5	27,5
Cooservicios	10	24
Silvino R.	43,5	15
U.P.T.C.	22	22
Los Muiscas	0	43,5
La Fuente	3	5,2
San Antonio	52,5	0
Caminos Vecinales	28	6,5
Batallón Bolívar	15	18
Runta	0	0
La Florida	38,5	11
San Francisco	22	0
Hospital San Rafael	48	0
U. Santo Tomás	30	0
Promedio	22,87	25,1

En la tabla 1.2 se muestran las áreas de recarga y espesores de las formaciones Bogotá y Cacho.

Tabla 1.2. Áreas de recarga y espesores

Formación	Área (m ²)	Espesor efectivo(m)	Perímetro (m)	Área de recarga(m ²)
Cacho	53'725,066	25,1	31645,3	794297
Bogotá	42'846,666	22,87	30205	690802

*Área de recarga = Perímetro x espesor efectivo.

1.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

- Las formaciones presentes en la zona hacen parte de una sucesión conformada por rocas de origen sedimentario depositadas durante el Cretácico, Terciario y Cuaternario.
- La dirección preferencial de los pliegues y fallas es suroccidente - nororiente, que corresponden con la dirección tectónica normal de la Cordillera Oriental en el departamento de Boyacá.
- Las fallas de cabalgamiento que se encuentran dentro del área de estudio se presentan paralelas y con el mismo sentido de buzamiento a fallas principales (Falla de Chivatá y Falla de Soápage).
- Las fallas de carácter direccional, desplazan a las fallas de cabalgamiento en sentido predominante noroccidente – suroriente.
- En las correlaciones estratigráficas presentadas, se nota de forma clara que hay una gran variabilidad en los espesores de los niveles de areniscas de las formaciones Cacho y Bogotá.
- Los espesores determinados en promedio para la formación Cacho fue de 25.1 m. y para la formación Bogotá de 22.87 m.



BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA, 2000. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE TUNJA. TUNJA.

ALMINERA S.A., 1996. Estudio para la construcción de pozos para el suministro de agua de la ciudad de Tunja. Tunja.

Cajicá, L & Sandoval, 2003. Estudio hidrogeológico de la cuenca de Tunja, Boyacá., I. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Rodríguez, J & Vargas, C., 2002. Análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso.

2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Este informe forma parte del Proyecto “Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja” y tiene por objeto principal la caracterización de los componentes fundamentales del ciclo hidrológico que tiene lugar en la zona de estudio. El énfasis es dado principalmente a la estimación de las tasas de infiltración, pues éstas afectan directamente una de las fuentes actuales de suministro, como lo es el Acuífero de la ciudad de Tunja.

La metodología de estudio escogida se encuentra así en función de este requerimiento y de la cantidad y calidad de la información disponible. La intencionalidad de los autores es desarrollar una caracterización geofísica básica, que permita desarrollar modelos conceptuales y matemáticos debidamente calibrados de tal forma que se procure por una mayor confiabilidad de los estimativos del ciclo. En lo que se refiere al modelo conceptual, la orientación básica es hacia la integración de información relacionada con la interacción clima-suelo y biota, que afectan los regímenes de escurrimiento tanto registrados como naturales.

En este último aspecto, resulta fundamental la información de las fuentes externas al Río donde se encuentran las estaciones de caudal, para poder estimar caudales naturales y así desarrollar una implementación racional de los modelos lluvia-infiltración-escurrimiento. Otro aspecto fundamental en el modelo conceptual tiene que ver con la heterogeneidad espacial de las tasas de infiltración, asociadas principalmente al tipo de suelo y a las formaciones geológicas de la zona de estudio.

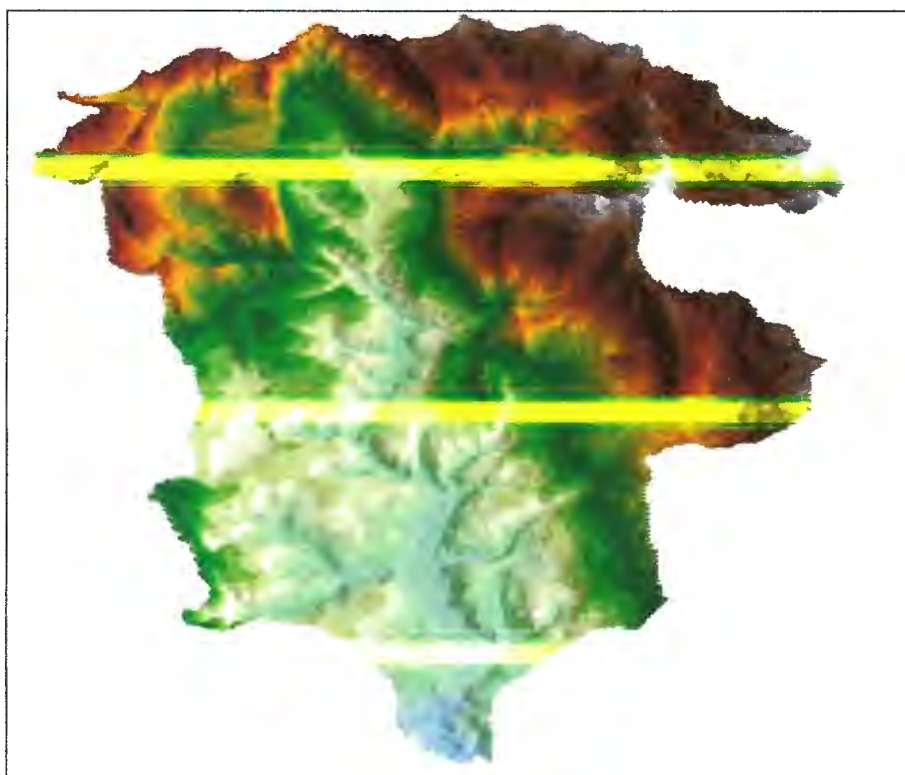
2.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

Una etapa fundamental para realizar un balance hídrico en una cuenca es llevar a cabo una identificación de la geomorfología de esta para así entender el comportamiento y la distribución espacial de las variables que afectan el ciclo del agua.

2.1.1 Modelo de elevación digital (MED)

Para realizar la delimitación de la cuenca se optó por trabajar con el modelo de elevación digital (MED) levantado por la misión STRM de la NASA, el cual es un recurso de libre distribución en Internet.

Figura 2.1. Modelo de elevación digital



El MED consiste en una matriz de puntos georeferenciados donde el valor de las casillas corresponde a la altura promedio del área de cada casilla, así, lo que se

- Pendiente del terreno

Para el cálculo de la pendiente del terreno se utilizó la información de las alturas suministrada por el MED. El procedimiento para este cálculo consiste en hallar la relación entre la distancia entre casillas del MED y las diferencias de cotas entre estas. Así se obtiene una nueva matriz de pendientes, la cual se puede agrupar por cuenca y obtener información estadística de los valores de pendiente como se presentan en la tabla 2.2.

De acuerdo a los valores de la pendiente se puede decir que la zona a pesar de tener una topografía montañosa, no presenta pendientes muy fuertes.

Tabla 2.2. Pendiente del terreno por cuenca

Cuenca	Mínimo	Máximo	Media
Cuenca 1	0.00	30.05	6.10
Cuenca 2	0.25	22.79	8.19
Cuenca 3	0.11	27.33	8.44
Cuenca 4	0.11	26.70	6.70
Cuenca 5	0.00	29.02	7.69

2.1.2 Cobertura y uso del suelo

Para el análisis de la retención de agua en el suelo es necesario conocer la cobertura y el tipo de suelo presente en la zona de estudio. Para la identificación de las diferentes coberturas que se presentan en la cuenca se trabajó con una imagen satelital Landsat¹ de libre distribución del 13 de Diciembre de 2000 (ver figura 2.2); la cual consta de 5 bandas del espectro electromagnético incluidas entre el infrarrojo y el ultravioleta.

A esta imagen se le realizó un procesamiento basado en el análisis de los valores de reflectancia de cada tipo de cobertura, por medio del cual se agrupan píxeles

¹ Descargada de <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>

que presenten igual comportamiento ante la energía emitida por el sol y se les asigna una etiqueta para su identificación.

En este caso se identificaron 6 tipos de cobertura en el área la cual se discrimino por subcuenca como se presenta en la tabla 2.3, para posteriormente ser utilizada en la determinación del Número de Curva.

Tabla 2.3. Áreas de las coberturas del suelo (Km²)

COBERTURA	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4	Cuenca 5	Total
Bosque	12.3	0.9	10.4	6.5	9.4	39.6
Urbano	0.5	0.1	0.2	0.1	7.8	8.7
Pastos	23.8	0.5	10.7	9.0	11.2	55.2
Árido	1.7	0.5	2.4	0.8	7.4	12.8
Cultivo	32.8	7.5	23.3	9.7	23.5	96.7
Pastos + Arbustos	38.2	7.4	25.4	6.8	27.0	104.8
Totales	109.4	16.8	72.4	32.9	86.3	317.8

Figura 2.2. Imagen Satelital Landsat

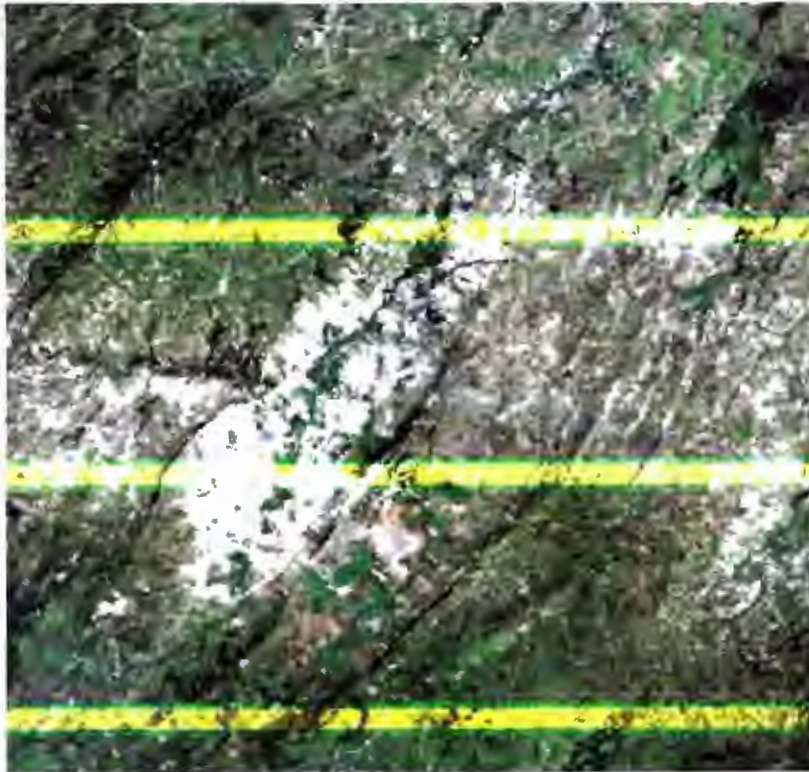
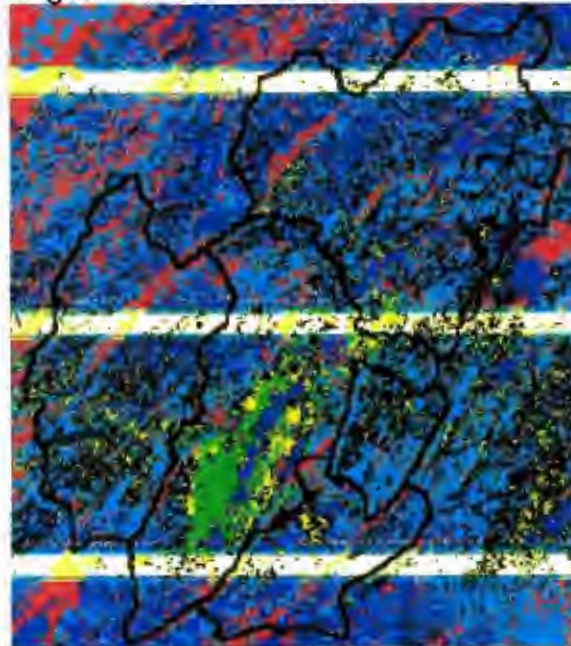


Figura 2.3. Clasificación de coberturas



2.2 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

La caracterización climatológica de la cuenca en estudio se basó en información de estaciones hidroclimatológicas obtenida del IDEAM. Por tratarse de un diagnóstico se trabajó con datos con escala de tiempo mensual, lo cual es suficiente para realizar una descripción del clima en la zona. En el Anexo 3 se presentan los datos originales para la información climática.

2.2.1 Precipitación

Para el análisis de la precipitación en la zona de estudio se contó con información de 11 estaciones pluviométricas, 4 pluviográficas y 1 climatológica. Los periodos para los cuales se tiene información en estas estaciones se presentan en la tabla 2.4 y su ubicación se muestra en el plano 2 (Anexo 1).

Tabla 2.4. Estaciones de precipitación

CÓDIGO	TIPO	NOMBRE	COORDENADAS	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN m.s.n.m.	PERIODO
2403513	CP	U P T C	0534N 7322W	1107374	1078819	2690	1982-2001
2401083	PG	SAN PEDRO IGUAQUE	0539N 7328W	1116569	1067739	2985	1982-2001
2403082	PG	AZULEJOS LOS	0540N 7313W	1118408	1095438	2780	2001
3507001	PG	RAMIRIQUÍ	0524N 7320W	1088983	1082512	2360	1982-2001
3507022	PG	JENESANO	0525N 7322W	1090822	1078819	2110	1982-2001
2401063	PM	ARCABUCO	0546N 7327W	1129443	1069586	2600	1982-2001
2401084	PM	PANELAS	0539N 7324W	1116569	1075125	3195	1982-2001
2401112	PM	JASSA LA	0532N 7329W	1103695	1065893	2590	1992-1998
2403014	PM	SIACHOQUE	0531N 7315W	1101856	1091745	2720	1982-2001
2403031	PM	COMBITA	0538N 7319W	1114730	1084358	2820	1982-2001
2403038	PM	SOTAQUIRÁ	0546N 7315W	1129443	1091745	2860	1982-2001
2403042	PM	PILA LA FCA	0531N 7318W	1101856	1086205	2873	1992-2001
2403045	PM	ENCANTO EL	0536N 7319W	1111052	1084358	2645	1992-2001
2403050	PM	COL DPTAL AGROP	0534N 7319W	1107374	1084358	2900	1992-2001
2403053	PM	SAN ANTONIO	0541N 7315W	1120247	1091745	2580	1982-2001
2403078	PM	HOTEL EL	0536N 7313W	1111052	1095438	2690	1979-1998

En general el periodo de análisis de la precipitación es de 1982 a 2001. En la figura 2.4 se presenta la serie de tiempo promedio en la zona del estudio. Acá vemos cómo la precipitación alcanza valores totales mensuales de hasta 200 mm

menores valores de lluvia en la zona, llegando a un valor total anual promedio de 212 mm.

El valor total anual promedio de la precipitación en la cuenca es de 653 mm. En el plano 3 (anexo 1) se presentan las isoyetas de los valores totales mensuales medios multianuales de precipitación y total anual medio multianual. En la tabla 2.5 se presentan los valores por estación por mes de la precipitación total mensual.

Figura 2.5. Precipitación total mensual – Media mensual multianual

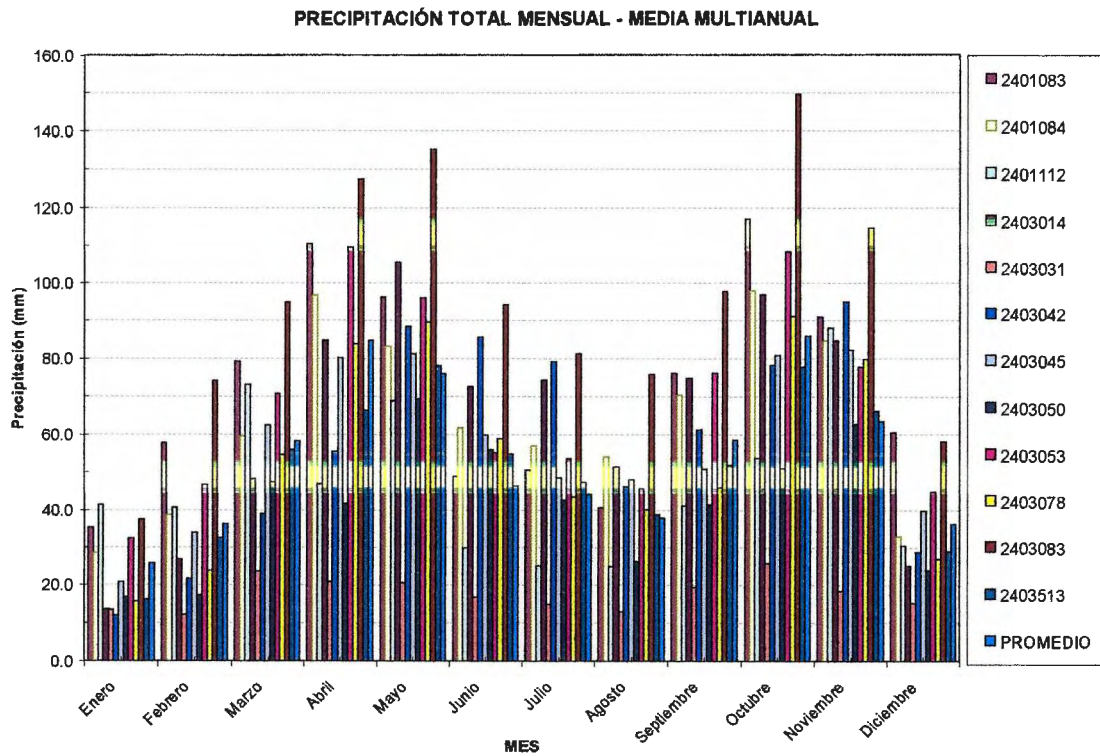
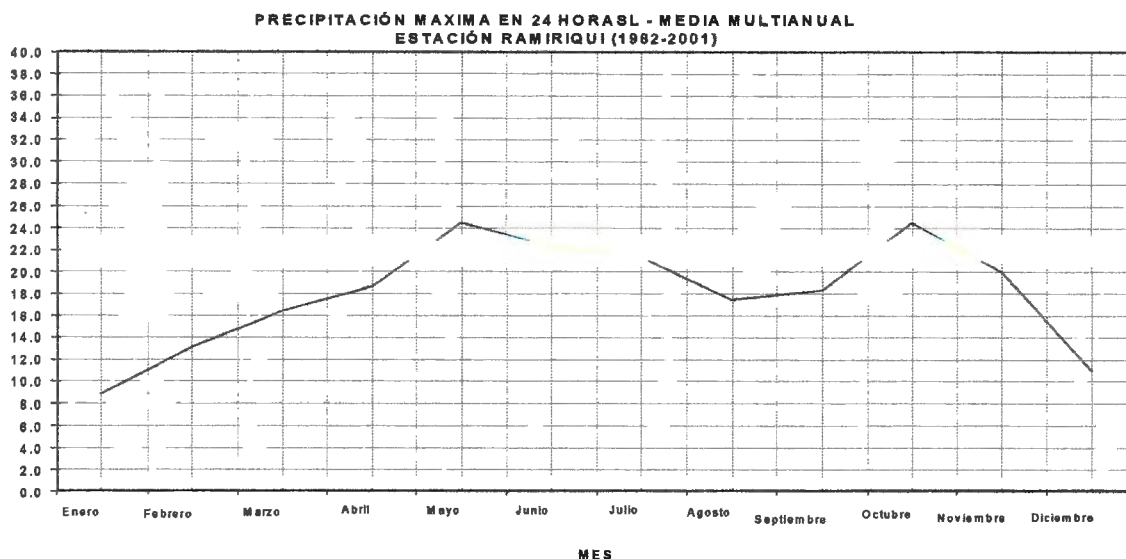


Tabla 2.5. Precipitación total mensual – media multianual (mm)

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
2401063	133.4	153.2	216.3	221.8	158.3	71.3	58.7	54.4	115.2	214.3	221.7	153.5	1772.1
2401083	35.1	57.5	79.0	110.3	96.2	48.9	50.6	40.5	76.1	117.0	90.8	60.4	862.5
2401084	28.3	38.5	59.5	96.8	83.1	61.7	56.9	54.1	70.3	97.8	84.7	32.8	764.4
2401112	41.3	40.5	73.0	46.8	88.7	29.8	25.0	24.9	41.1	53.7	88.0	30.5	583.4
2403014	13.6	26.7	48.3	84.7	105.5	72.6	74.2	51.5	74.7	96.8	84.7	25.1	758.2
2403031	13.4	12.0	23.5	20.8	20.5	16.7	14.9	12.8	19.4	25.6	18.4	15.2	212.9
2403042	11.9	21.4	38.8	55.4	88.4	85.4	79.1	48.1	61.1	76.0	94.9	26.8	689.1
2403045	20.7	33.8	62.4	80.1	81.1	59.8	48.5	48.0	50.9	80.8	82.1	39.8	687.9
2403050	16.7	17.3	47.4	41.6	69.3	55.9	42.6	26.2	41.3	51.0	62.7	23.8	495.7
2403053	32.2	46.6	70.6	109.6	95.9	55.2	53.5	45.7	76.1	108.3	77.7	44.7	816.1
2403078	15.6	23.7	54.6	83.8	89.5	58.8	43.4	40.1	45.9	91.0	79.8	26.8	653.0
2403083	37.4	74.0	94.7	127.4	135.1	94.2	81.1	75.7	97.7	149.6	114.8	58.2	1139.6
2403513	16.1	32.4	55.9	86.2	77.9	54.8	47.4	38.7	51.9	77.7	66.0	28.9	613.8
3507022	17.1	37.7	58.6	76.9	120.4	103.6	109.4	80.6	76.2	95.1	80.0	33.4	891.0
PROMEDIO	25.7	36.1	58.2	84.5	75.9	46.3	44.1	37.9	58.6	85.9	63.4	36.2	652.9

Para conocer los valores de la precipitación máxima en 24 horas solo se contó con información de una estación. Los datos de esta son presentados en la figura 2.6, donde se observa que el valor promedio no excede los 25 mm al día en la época húmeda y desciende a 8 mm en la época seca.

Figura 2.6. Precipitación máxima en 24 horas – Media mensual multianual

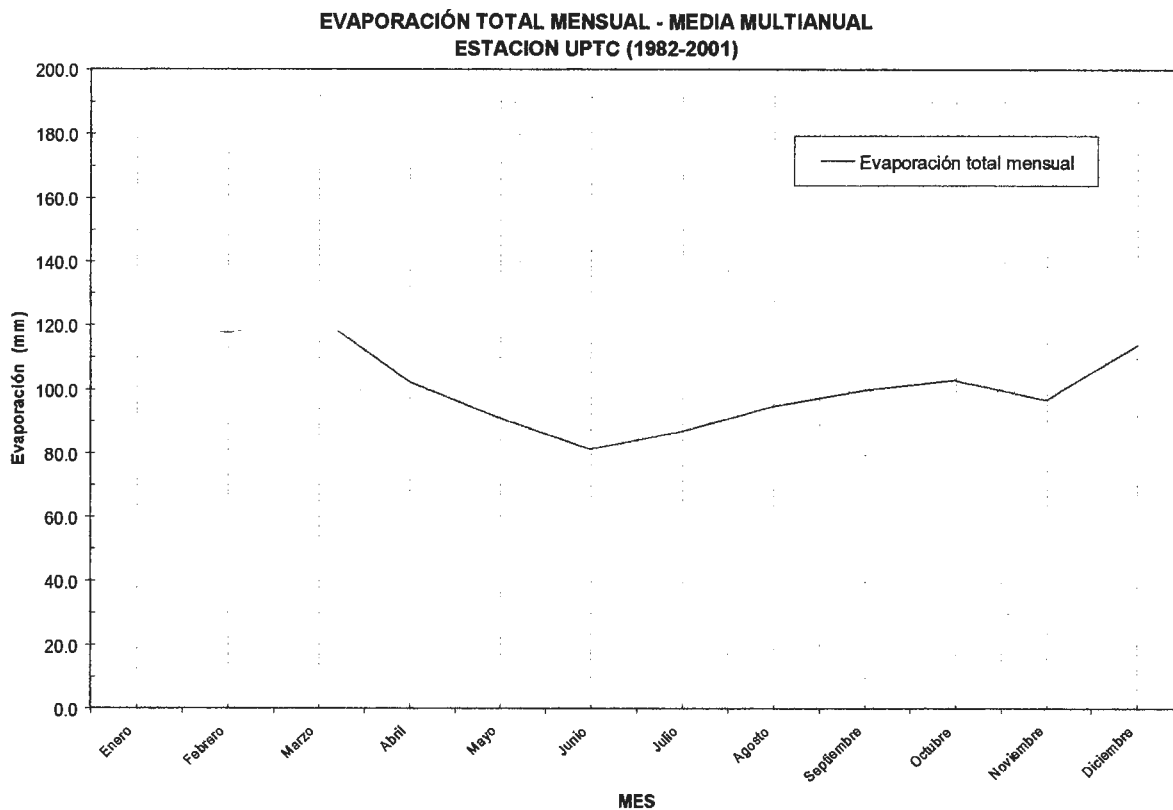


2.2.2 Evaporación

La información de evaporación se obtuvo de la estación de la U.P.T.C. Estos datos corresponden al periodo de 1982 a 2001 y fue medida por medio de evaporación en tanque.

La figura 2.7 presenta los valores totales mensuales medios multianuales de evaporación de la zona. En esta se observa que la evaporación es mayor en el periodo seco de comienzo de año, sobrepasando los 120 mm por mes y a mitad de año en el mes de junio disminuye hasta 80mm al mes. El valor total anual promedio para este parámetro pasa de los 1200 mm, siendo esto casi equivalente al doble de la precipitación total anual.

Figura 2.7. Evaporación total mensual – Media mensual multianual





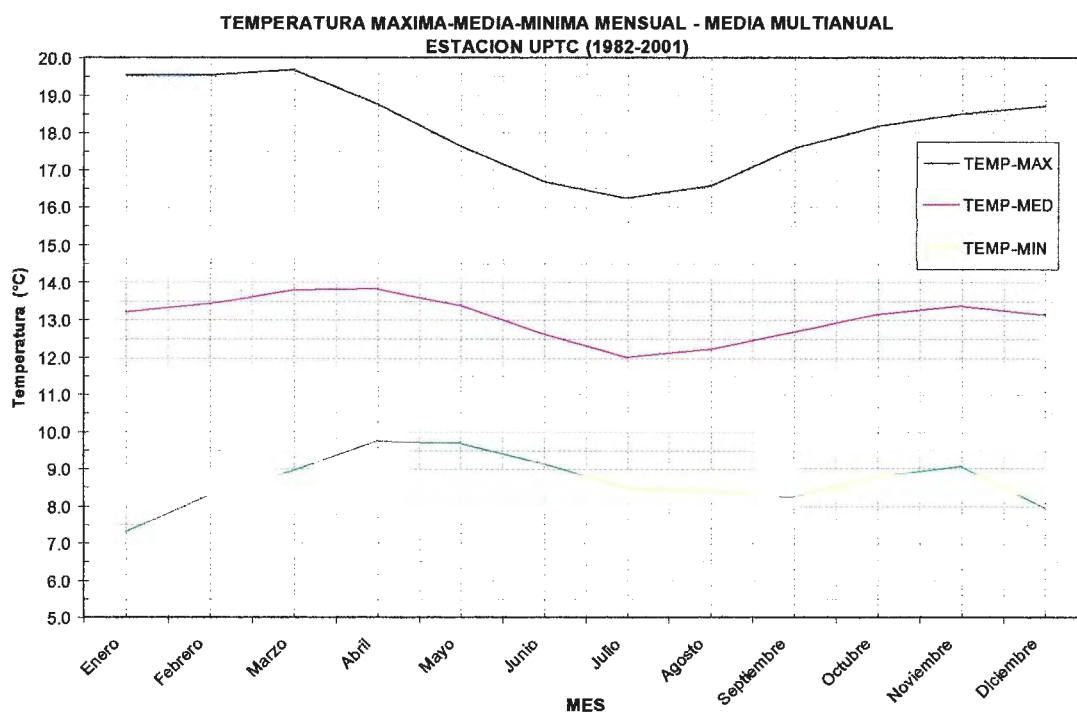
2.2.3 Temperatura

Para este parámetro se tiene las mediciones realizadas en la estación climatológica principal de la U.P.T.C. en la Ciudad de Tunja. Se contó con registros de los años 1982 a 2001 a nivel mensual.

En la figura 2.8 se graficaron los valores máximos, medios y mínimos para la temperatura en la zona de estudio. En la época seca que es también la de mayor evaporación se presenta los valores extremos para la temperatura evidenciándose unos valores máximos que sobrepasan los 19 °C y valores mínimos que casi alcanzan los 7 °C.

La temperatura media del lugar oscila entre los 12 y 14 grados centígrados a lo largo del año, de donde se deduce que el área se presenta una amplitud térmica de 2°C

Figura 2.8. Temperatura mensual – Media multianual



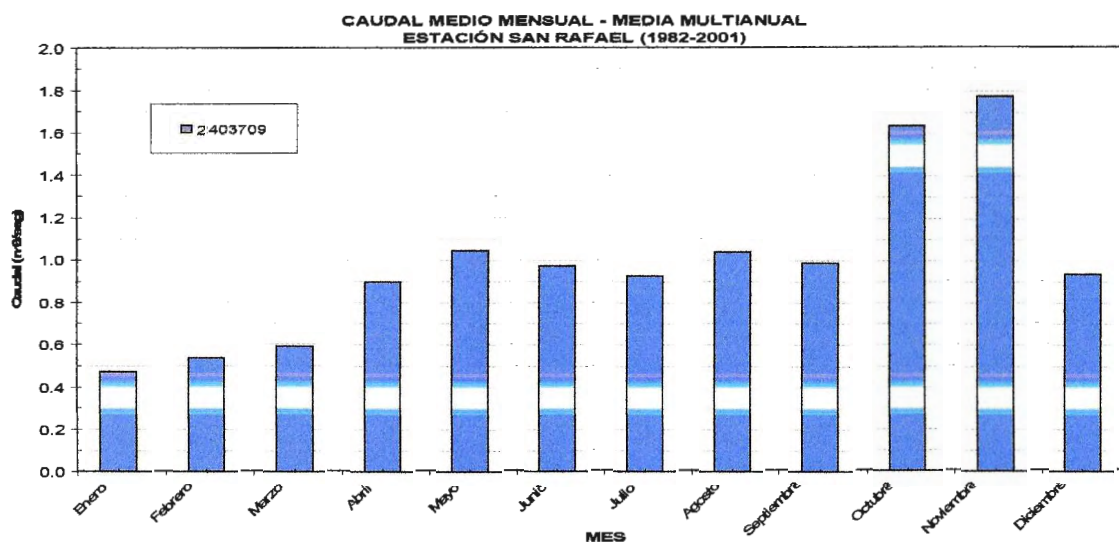
2.3 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

La identificación del caudal natural que se genera en la cuenca es necesaria para la cuantificación del recurso hídrico en un área determinada. Cuando este parámetro se desconoce o se ha medido parcialmente, se debe recurrir a la implementación de modelos que nos permitan estimar un valor lo mas aproximado posible al real.

2.3.1 Caudales medidos

La estación hidrométrica más cercana a la zona de estudio es la estación las Pilas, sobre el río Chulo y le sigue en cercanía la estación San Rafael. Se decidió trabajar con esta última ya que para la estación Las Pilas solo se cuenta con información de los años del 1991 al 1996, mientras que para la estación San Rafael se tiene datos del 1982 al 2001. En la figura 2.9 se presentan los valores medios mensuales (ver figura 2.9).

Figura 2.9. Caudal medio Mensual – Media multianual



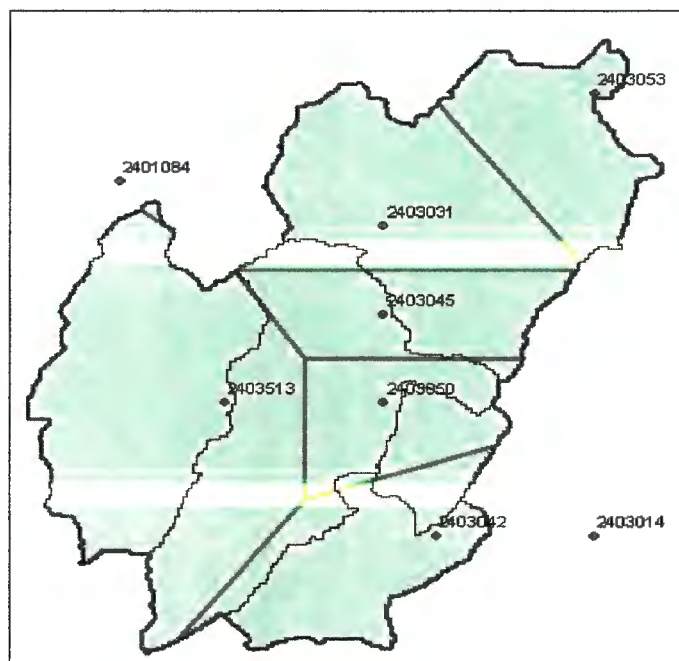
En la Figura 2.9 se presentan los valores medios de los caudales en el río Chulo o río Jordán. El caudal mínimo se observa a comienzo de año donde el valor baja

hasta poco menos de 0.5 metros cúbicos por segundo en promedio lo que corresponde con mediados de la época más seca (ver capítulo 2.2.1); en octubre y noviembre se presentan los mayores caudales que llegan hasta 1.8 metros cúbicos por segundo, significando esto una variación en el año de mas de 1.3 m³/s entre el máximo y el mínimo de los caudales medios, lo que equivale a una variación del 60% del caudal medio el cual es de 0.85 m³/seg. Los valores de la serie de tiempo de caudales se presentan en el anexo 2.

Distribución espacial de la precipitación

Para el cálculo de la precipitación media en cada una de las subcuencas, se utilizó el método de los polígonos de Thiessen. Este consiste en determinar un área de influencia para cada estación dentro de la cuenca tal como se presenta en la figura 2.10.

Figura 2.10. Polígonos de Thiessen



En la tabla 2.6 se muestran las áreas de los polígonos por subcuenca. Con estas áreas se pondera la precipitación de cada estación con respecto al área de



influencia que tiene sobre las subcuencas, y así, se obtienen de las series de datos originales una serie sintética de valores totales mensuales con respecto a las estaciones más cercanas a cada subcuenca. Estas series obtenidas son usadas en el balance hídrico general y en la estimación de caudales naturales presentados en la hoja de cálculo del anexo 2A y 2B.

Tabla 2.6. Áreas de los polígonos de Thiessen por subcuenca (m²)

ESTACIÓN	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4	Cuenca 5	Total
2403031	53236892.1		358219.51		3983579.44	57578691.1
2403042		6711042.52		32367508.4	7327310.42	46405861.3
2403045	18773291.2		61555.647		16295877.6	35130724.5
2403050	878453.216	10055957.5		575191.623	21189802.9	32699405.2
2403053	36526163.4					36526163.4
2403513			72002324.8		37492729.6	109495054
Total	109414800	16767000	72422100	32942700	86289300	317835900

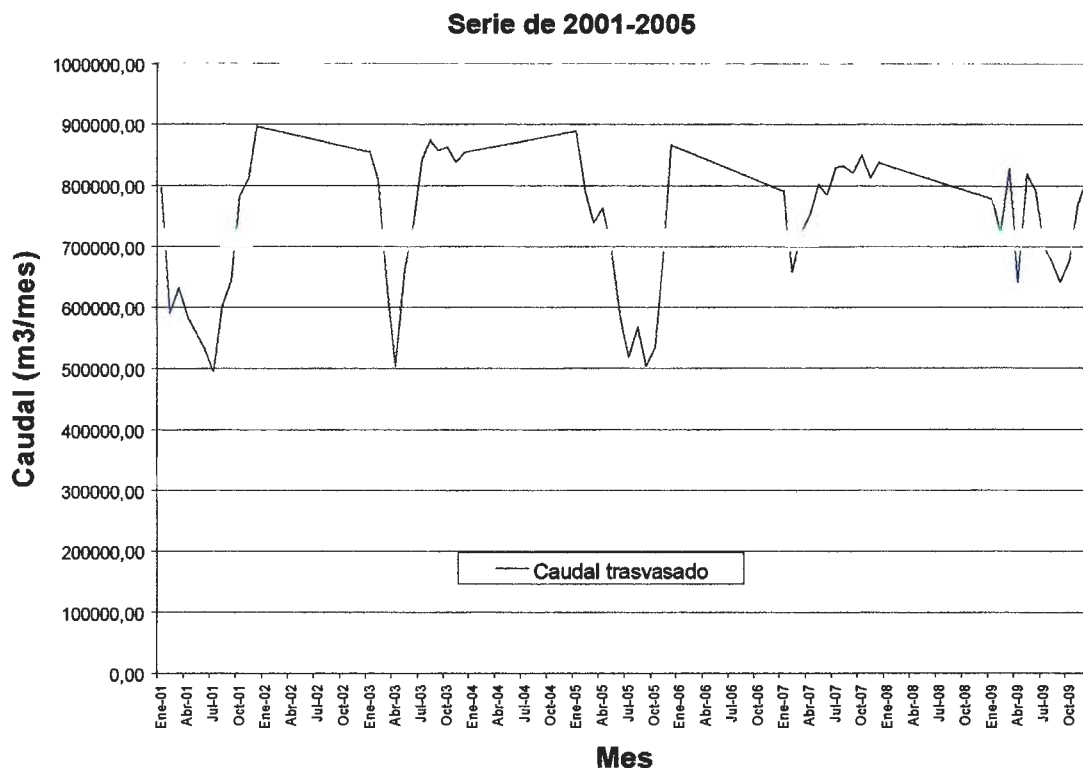
2.3.2 Fuentes externas de agua

La escorrentía superficial que se presenta en la cuenca alta del río Jordán es insuficiente para abastecer a la ciudad de Tunja, por ello la compañía Seraqa (Acueducto de Tunja) recurre a la explotación de pozos y el trasvase de aguas de cuencas aledañas. Las fuentes superficiales externas explotadas son dos: Teatinos y Quebrada la Cortadera.

- Embalse de teatinos

Este embalse posee un volumen útil de 6.1 millones de metros cúbicos, de los cuales se extraen en promedio 240 litros por segundo (valor que oscila entre 180 y 300 L/seg). En la figura 2.11 se presenta la serie de caudales extraídos de teatinos entre el año 2000 al 2005.

Figura 2.11. Caudal trasvasado de Teatinos

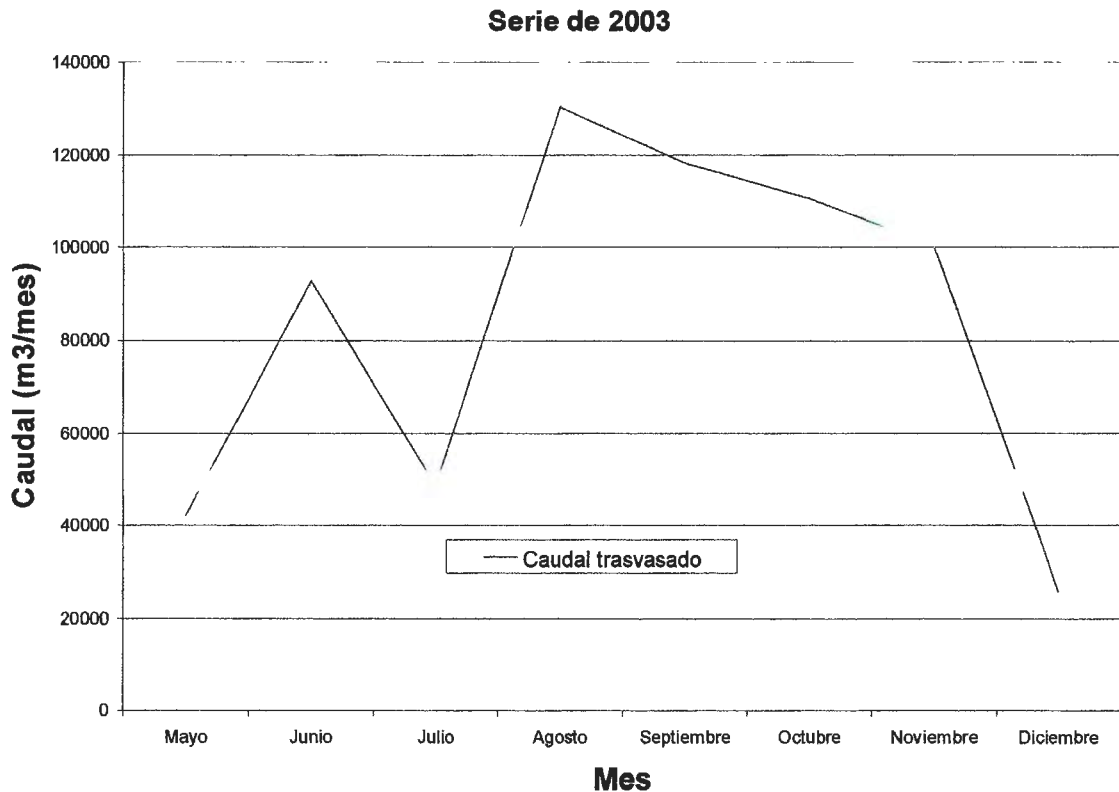


Fuente: Información suministrada por Seraqa

- Quebrada Cortaderal

De esta quebrada se extrae caudal solo en épocas secas en las cuales Teatinos no supe la demanda de la ciudad de Tunja. El agua es conducida a través de 24.5 km. El valor medio extraído es de 100 litros por segundo. En la figura 2.12 se presenta la serie de caudales captados en el periodo de 2003.

Figura 2.12. Caudal extraído de la quebrada Cortaderal



Fuente: Información suministrada por Seraqa

- Agua subterránea

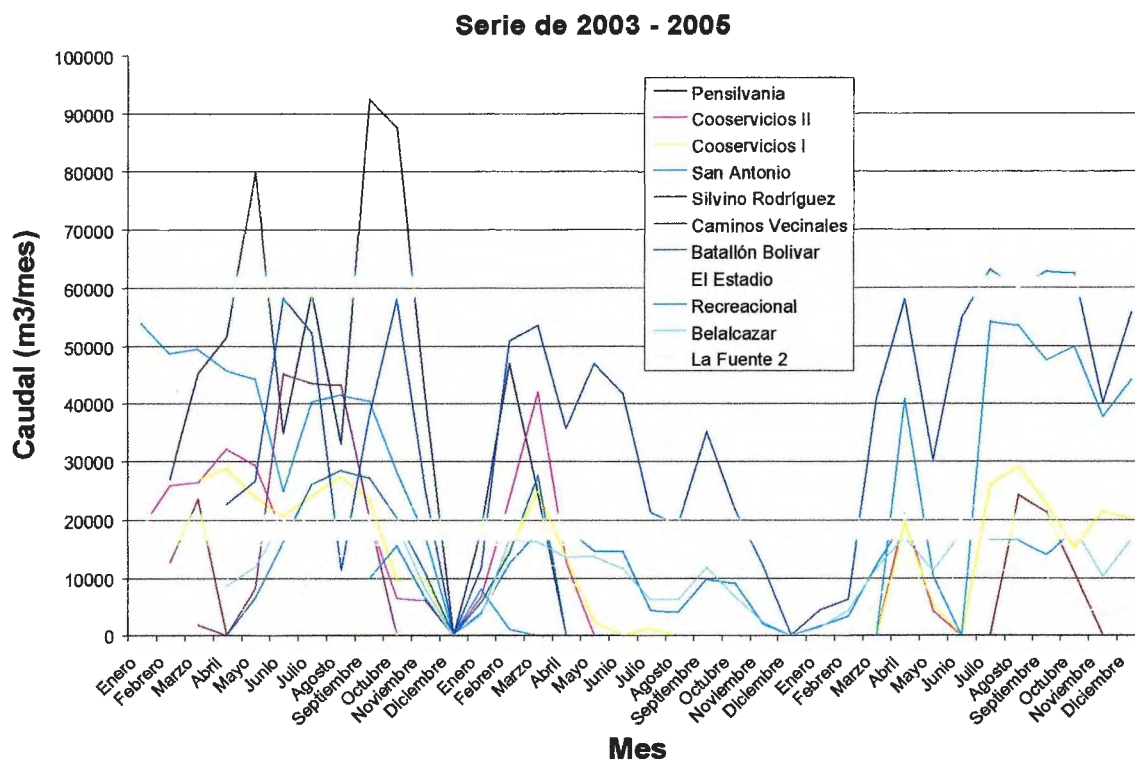
El agua subterránea que se extrae en la zona corresponde a 11 pozos, los cuales son administrados por la empresa de acueducto de Tunja Seraqa.

Los pozos no son explotados continuamente, solo para suplir la deficiencia del agua trasvasada de Teatinos. En la tabla 2.7 se muestran los valores de la capacidad de cada pozo. La ubicación de estos se presenta en el plano 2 (Anexo 1). La figura 2.13 presenta los valores de los volúmenes extraídos en cada mes en el periodo comprendido entre al año 2003 y 2005.

Tabla 2.7. Capacidad de explotación de los pozos

NOMBRE	CAPACIDAD (l/s)	m ³ /mes
Pensilvania	41	106.272
Cooservicios II	32	82.944
Cooservicios I	15	38.880
San Antonio	28	72.576
Silvino Rodríguez	35	90.720
Camino Vecinales	26	67.392
Batallón Bolívar	14	36.288
El Estadio	25	64.800
Recreacional	12	31.104
Belalcazar	14	36.288
La Fuente 2	7	18.144

Figura 2.13. Caudal extraído de los Pozos



Fuente: Información suministrada por Seraqa

2.3.3 Caudal estimado

La escorrentía superficial total será entonces la suma de los caudales naturales, los volúmenes trasvasados de otras cuencas y los caudales extraídos de los pozos, ya que estos últimos son distribuidos por la red de acueducto para consumo en la ciudad de Tunja y finalmente son vertidos al río Jordán.

Los caudales medidos presentados en el capítulo 2.3.1 deben entonces ser comparables con la sumatoria de los caudales naturales y los caudales de fuentes externas. Debido a que los valores de los volúmenes de las fuentes externas solos se conocen para los años 2003 a 2005 se recurrió a utilizar una aproximación para estimar estos caudales para los periodos de tiempo anteriores. Este cálculo se basó en los siguientes supuestos:

- El caudal trasvasado y el caudal explotado de pozos por ser destinado al consumo de la población, debe guardar una proporcionalidad con el número de habitantes de la ciudad de Tunja.
- La tasa de crecimiento de la población en Tunja es constante en el periodo del estudio.

Partiendo de estas consideraciones el cálculo del caudal explotado estimado se basó entonces en la variación de la población. Para realizar un estimativo del crecimiento de la población se partió de dos valores de número de habitantes conocidos para establecer la tasa de crecimiento. En la tabla 2.8 se muestran los valores de la población en dos años en los cuales se conocen, a partir de estos se obtiene la tasa de crecimiento de la población utilizando la ecuación 1:

$$Pob_{i+n} = Pob_i(1+r)^n \quad [Ec. 1]$$

Donde P_{i+n} es la población en el instante $i+n$, r es la tasa de crecimiento de la población y n es el intervalo de tiempo que separa los dos valores conocidos. Reemplazando los valores de la tabla 8 en la ecuación 1 se obtiene una tasa de crecimiento de 2.78% anual. Esta tasa fue revisada con las proyecciones realizadas por el DANE² para la población entre los años 1995 y 2005 en donde se obtiene diferencias entre el 0.5% y 5%.

Tabla 2.8 Población de Tunja

Año	Población	Fuente
1993	107.807	Dane –Censo de 1993
1998	123.633	Seraqa

Con la tasa de crecimiento que se obtuvo anteriormente se calculó un valor de población para los años de 1982 a 2001 para cuales se hallaron los valores presentados en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Población de Tunja estimada

Año	Población
1982	86047
1983	87768
1984	89523
1985	91314
1986	93140
1987	95003
1988	96903
1989	98841
1990	100818
1991	102834
1992	104891
1993	107807
1994	110836
1995	113951
1996	117153

² DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, <http://www.dane.gov.co/>

1997	120445
1998	123829
1999	127309
2000	130886
2001	134564
2002	138346
2003	142233
2004	146230
2005	150339

Una vez calculada la población, establecemos una relación entre el caudal explotado para consumo con el número de habitantes. Como para el único año para el cual se tienen valores de todos los caudales trasvasados y extraídos de pozos es el 2003, se trabajó con la información de este año.

$$C = \frac{\text{Poblacion_de_2003}}{\text{Volumen_externo_2003}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

De la ecuación 2 se obtiene un coeficiente C igual a 0.01071 con el cual para un número dado de habitantes se puede hallar el caudal aproximado que se explotará y posteriormente será vertido a la cuenca del río Jordán. Para los valores de población de la tabla 9 y el coeficiente C hallado obtenemos los volúmenes anuales mostrados en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Volúmenes de Tunja estimada

Año	Caudal(m ³ /año)
1982	8032207.85
1983	8192852.01
1984	8356709.05
1985	8523843.23
1986	8694320.09
1987	8868206.49
1988	9045570.62
1989	9226482.04

1990	9411011.68
1991	9599231.91
1992	9791216.55
1993	10063412.37
1994	10346194.26
1995	10636922.32
1996	10935819.83
1997	11243116.37
1998	11559047.94
1999	11883857.19
2000	12217793.57
2001	12561113.57
2002	12914080.86
2003	13276966.54
2004	13650049.30
2005	14033615.68

Estos volúmenes se distribuyen de forma uniforme a lo largo del año suponiendo que la población es estable a lo largo de un año. Así se obtiene una serie de caudales de fuentes externas para el periodo en el cual se generaran los caudales naturales.

2.3.4 Estimación de caudales naturales

Como la zona que abarca la cuenca al ser cerrada en la estación San Rafael es mucho mayor al área de interés para el estudio, se realizó una división de esta cuenca principal en subcuencas tal como se describió en el Capítulo 2.1 de este documento.

Para la estimación de caudales naturales se trabajó con el método del Número de Curva del Soil Conservation Service. Este se basa en utilizar la precipitación y las características de la cobertura y uso del suelo para el cálculo de un valor de escorrentía superficial.

- Método del número de curva

En este método la profundidad de escorrentía (precipitación efectiva), es una función de la profundidad total de precipitación, y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía (CN).

Este método fue desarrollado basado en datos de precipitación y escorrentía de 24 horas. Esto limita el cálculo de la profundidad de escorrentía, y no toma explícitamente en consideración las variaciones temporales de la variación de la lluvia. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P ; de manera similar después que la escorrentía se inicia la profundidad adicional de agua retenida en la cuenca F_a es menor o igual a alguna retención potencial máxima S . Existe una cierta cantidad de precipitación I_a (abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial será $P-I_a$. La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad [\text{Ec. 3}]$$

Por continuidad:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad [\text{Ec. 4}]$$

Combinando las ecuaciones 3 y 4 se obtiene P_e :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

$$I_a = 0.2S \quad [\text{Ec. 6}]$$

y

$$S = \frac{2540}{CN} - 254 \quad [\text{Ec. 7}]$$



Reemplazando la ecuación 6 y 7 en la ecuación 5 se obtiene un valor para la precipitación efectiva.

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad [\text{Ec. 8}]$$

Con esta ecuación se generan valores de escorrentía o precipitación efectiva para determinado valor de la precipitación. Como el origen de esta ecuación está en eventos de tormenta, es decir para periodos cortos (precipitación diaria) no debe ser utilizada directamente para trabajar con valores mensuales de la precipitación, ya que se desconocería la presencia de otros procesos del ciclo hidrológico como la evapotranspiración.

Para trabajar con precipitación total mensual de precipitación Dal-RE³ propuso una aproximación del método implementado un factor K, el cual afectará la precipitación que genera escorrentía y la precipitación efectiva obtenida. La ecuación 6 queda entonces así:

$$KP_e = \frac{(KP - 0.2S)^2}{KP + 0.8S} \quad [\text{Ec. 9}]$$

El valor de K se ha encontrado que varía entre 0.4 y 0.8. Este ajuste para el método funciona en cuencas donde se identifican periodos secos y húmedos.

- Implementación del método de número de curva

De acuerdo a la descripción climatológica realizada previamente en el capítulo 2.2, esta cuenca presenta periodos de precipitación alta y baja, por lo cual es viable implementar la modificación de Dal-Re para el cálculo de escorrentía mensual a partir de valores totales mensuales de precipitación.

³ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA, Restauración Hidrológico Forestal de cuencas y control de la erosión. Edt. Mundo Prensa. Madrid, España. 1998. Pág. 94-115.

La información con la que se cuenta para realizar el cálculo es:

- Precipitación total mensual para cada subcuenca (capítulo 2.3.2)
- Descripción de la cobertura de suelo en la zona (capítulo 1.2)
- Datos de caudales medios mensuales (para ajustar el método)

Para hallar el valor del número de curva (CN) se tuvo en cuenta la distribución de la cobertura y sus porcentajes de cubrimiento en cada subcuenca (tabla 3). Los valores de CN utilizados para las coberturas encontradas se muestran en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Números de curva utilizados

COBERTURA	Grupo Hidrológico			
	A	B	C	D
Bosque	36	60	73	79
Urbano	77	86	91	94
Pastos	49	69	79	84
Árido	63	77	85	88
Cultivo	65	76	84	88
Pastos silvestre	35	56	70	77

Fuente: Applied Hydrology⁴

Realizando una ponderación por áreas de cobertura de los valores del CN de la tabla 2.11 obtenemos un valor de CN por subcuenca los cuales se presentan en la tabla 2.12. En esta se presentan los valores de CN para cada cobertura multiplicados por el porcentaje del área que cubren en cada subcuenca y así al ser sumados se obtiene un valor de CN ponderado por subcuenca.

Tabla 2.12. Números de curva utilizados por subcuenca

COBERTURA	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4	Cuenca 5
Bosque	8,2	4,1	10,5	14,4	7,9
Cultivo	0,4	0,3	0,3	0,4	7,6
Pastos	17,2	2,2	11,7	21,5	10,3

⁴ CHOW, VEN TE, Applied Hydrology, Edt. McGraw-Hill, New York, EEUU. 1988.

Pastos + Arbustos	1,1	1,9	2,3	1,7	6,0
Árido	25,5	37,8	27,3	24,9	23,2
Urbano	31,8	40,1	31,9	18,9	28,4
CN Ponderado	84,19	86,40	83,99	81,87	83,41
CN TOTAL	83,81				

Los parámetros conocidos de la ecuación 9 son la precipitación y el CN, y los desconocidos son el coeficiente K de Dal-Re y la abstracción inicial. Este último es un parámetro que por defecto se toma como el 20% de I_a ($0.2I_a$) como se presenta en la ecuación 6, sin embargo, este porcentaje puede ser ajustado ya que no es una constante del modelo y depende de las condiciones del suelo.

Otro valor que se puede ajustar es el CN. Como se sabe este depende de la cobertura y los valores que están tabulados han sido obtenidos en cuencas de los Estados Unidos, por lo cual se puede presentar una variación entre los CN utilizados en este país y los que se necesiten en esta cuenca.

El Valor de K de la metodología modificada de Dal-Ré se obtuvo por medio de la calibración del modelo, haciéndolo variar entre valores de 0.4 y 0.8, obteniendo un mejor ajuste para el valor de 0.4 (ver tabla 2.13).

La variación de los CN se realizó de forma homogénea, es decir, se afectaron los valores de la tabla 2.11 por un porcentaje entre el 80% y 110%. En resumen en la tabla 2.13 se presentan los parámetros y variables utilizados en el modelo.

Tabla 2.13. Parámetros utilizados en la calibración

Parámetro	Tipo	Conocido	Calibrado	Rango	Valor
Precipitación	Entrada	X			Anexo 2B
CN	Entrada	X	X	80%-110%	Tabla 2.11
K (Dal-Ré)	Entrada		X	0.4 - 0.8	0.4
% de Abstracción inicial	Entrada		X	0.1 – 0.6	0.2
Escorrentía	Salida				Anexo 2B

Una vez identificados los parámetros a calibrar se procedió con la realización de pruebas con diferentes combinaciones de estos. La calibración de los resultados de la ecuación 9 se realizó basado en el supuesto de que el caudal medido en la estación San Rafael es igual al caudal natural mas los caudales externos (Teatinos, Cortaderal y pozos).

La figura 2.14 presenta la serie de los caudales medidos y los simulados utilizando el mejor caso obtenido para la combinación de los parámetros cuyos valores se muestran en la columna “Valor” de la tabla 2.13.

Figura 2.14. Caudal medido y caudal simulado

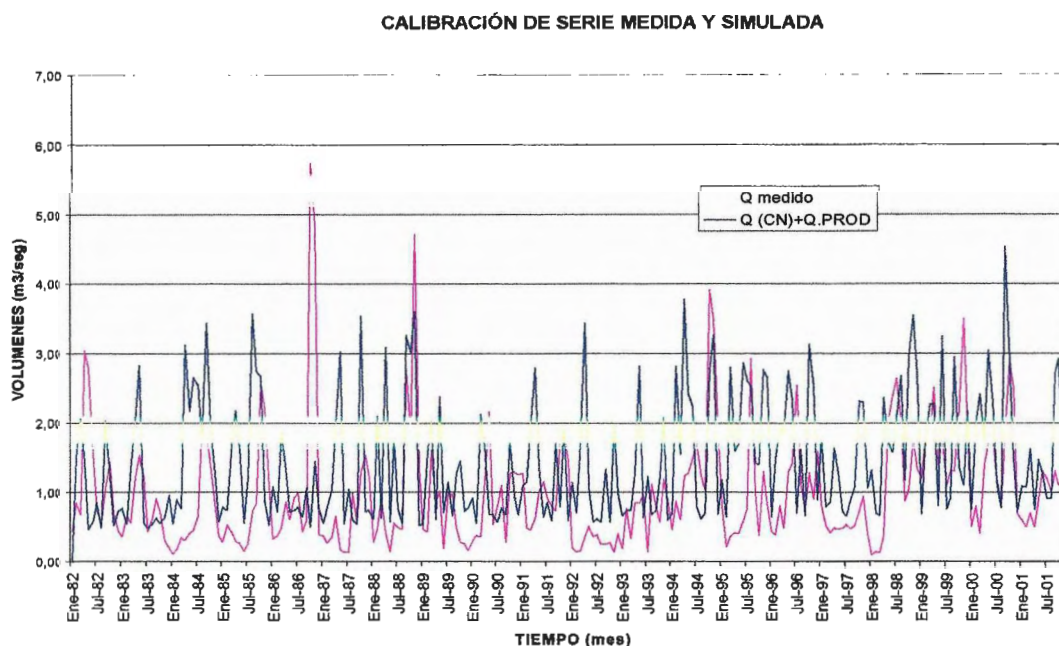
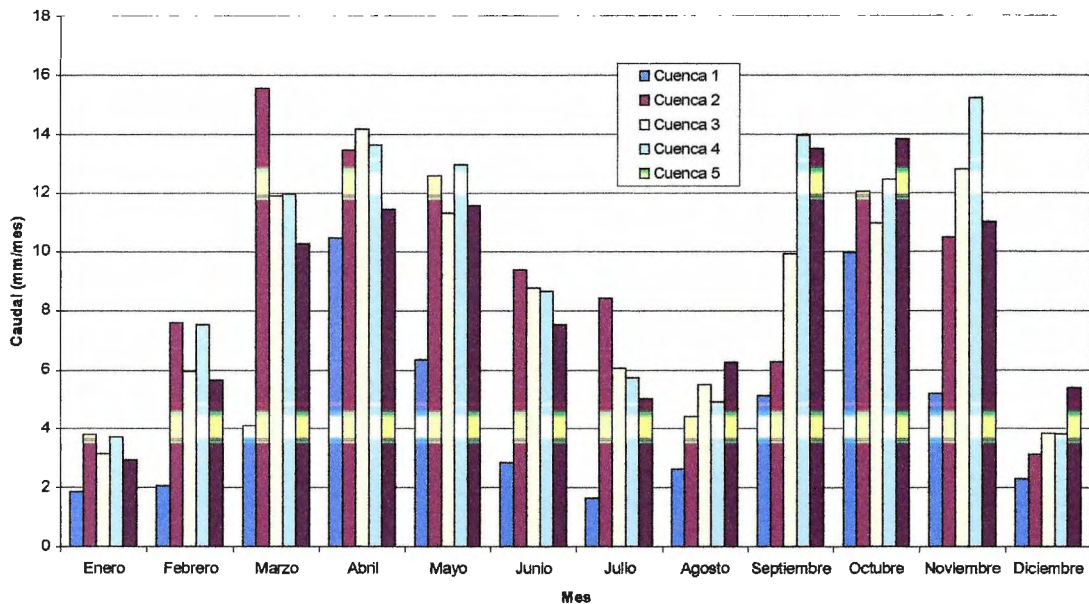


Figura 2.15. Escorrentía superficial simulada

CAUDALES NATURALES - MEDIOS MENSUALES MULTIANUALES



Utilizando la ecuación 9 para el cálculo de escorrentía se genera una serie de precipitación efectiva para cada subcuenca. Esta es presentada en el anexo 2A en mm por mes y en m³ por segundo. En la figura 15 se presenta los valores medios mensuales multianuales de escorrentía generados con el método del CN para cada una de las subcuencas. Estos caudales por ser producto de la interacción de la precipitación con la cobertura vegetal se denominan caudales naturales, ya que no incluyen vertimientos de fuentes externas debido a actividades antrópicas.

2.4 CÁLCULO DE LA RECARGA

Para la estimación de la recarga del acuífero se consideraron todos los parámetros calculados en los capítulos anteriores, los cuales se presentan en el cuadro del anexo 2A.

2.4.1 Modelo matemático

La estimación de la recarga se llevó a cabo basado en las ecuaciones básicas del método del número de curva, en las cuales se incluye la infiltración para el cálculo de la escorrentía superficial. Así pues retomando la ecuación 4 y reemplazando el valor de la :

$$P = P_e + 0.2S + F_a \quad [\text{Ec. 10}]$$

El valor de F_a nos representa la infiltración total en la cuenca, es decir, la suma de la infiltración en el acuífero profundo y en el suelo.

$$F_a = I_{ap} + I_{zu} \quad [\text{Ec. 11}]$$

Donde I_{ap} es la tasa de infiltración en la zona de recarga del acuífero profundo y I_{zu} es la tasa de infiltración en la zona no saturada.

Los valores de infiltración obtenidos en las ecuaciones 10 y 11 corresponden a tasas de infiltración; para transformar estas a volúmenes se multiplican por el área sobre la cual ocurre la infiltración y así se obtiene la ecuación 12.

$$I_{ap}A_{ap} + I_{zu}A_{zu} = PA_{tot} - P_eA_{tot} - 0.2SA_{tot} \quad [\text{Ec. 12}]$$

Donde A_{tot} es el área total de la cuenca, A_{ap} es el área de recarga del acuífero y A_{zu} es la resta de A_{tot} menos A_{ap} . Entonces podemos despejar I_{ap} de la ecuación 12 y obtener un valor para la infiltración en la zona de recarga del acuífero. El valor de I_{zu} se obtiene de las cuencas aledañas a la cuenca donde está el acuífero explotado y en estudio. Específicamente la estimación se realiza empleando el promedio aritmético de las tasas de infiltración de dichas cuencas.

$$I_{ap} = \frac{PA_{tot} - P_eA_{tot} - 0.2SA_{tot} + I_{zu}A_{zu}}{A_{ap}} \quad [\text{Ec. 13}]$$

Los parámetros involucrados en la ecuación 13 se encuentran en el cuadro del balance general presentado en el anexo 2A.

2.4.2 Resultados

El acuífero y gran parte de la zona de recarga se encuentran ubicados en la subcuenca 5, por lo cual, el cálculo de la infiltración se realizó para esta zona. El área de la zona de recarga es de 1.49 km² (794.297 m² de la Formación Cacho y 690.802 m² de la Formación Bogotá).

Aplicando la ecuación 13 a las series de precipitación y escorrentía, y utilizando el área de la zona 5, obtenemos un valor para la tasa de infiltración en la zona de recarga del acuífero, el cual es presentado en la tabla 2.14 a nivel anual.

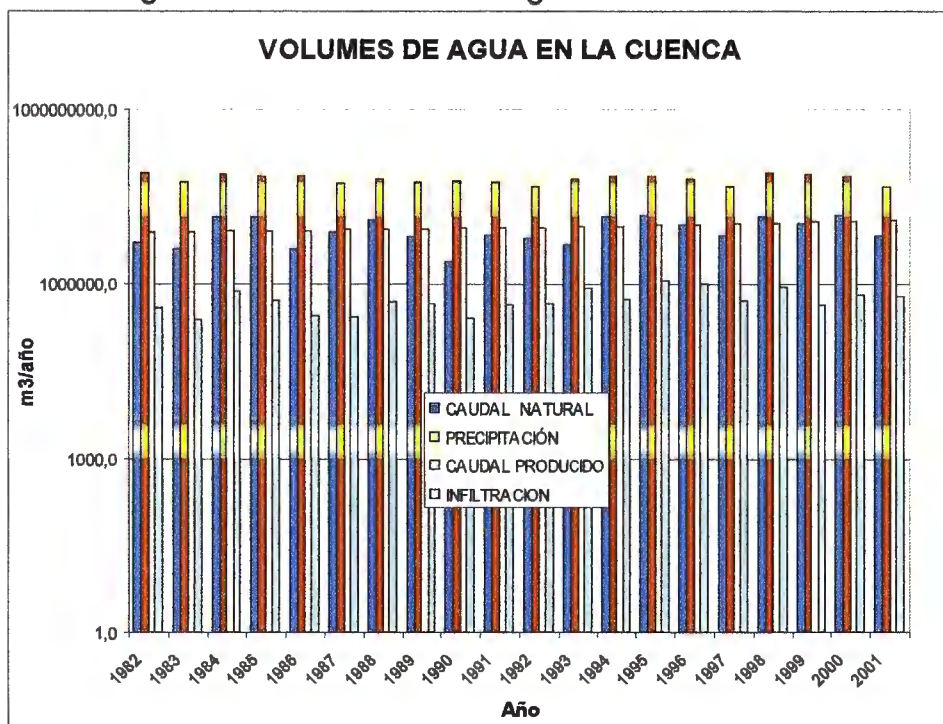
Se debe tener en cuenta que el valor de la infiltración es calculado con referencia al área de la zona de recarga, mientras que los demás parámetros presentes en la tabla 2.13 se calculan con base al área total de la subcuenca 5, por tanto al convertir estos valores a volumen de agua en m³ el valor de la infiltración al acuífero es mucho menor a los otros parámetros, tal como se presenta en la figura 2.14.

Tabla 2.14. Alturas de agua en la Subcuenca 5 e Infiltraciones anuales otras cuencas

Año	CAUDAL NATURAL		PRECIPITACIÓN		CAUDAL EXPLOTADO		RECARGA		INFILTRACIÓN ANUAL (mm/año)				
	mm/año	m ³ /año	mm/año	m ³ /año	mm/año	m ³ /año	mm/año	m ³ /año	1	2	3	4	5
1982	60,0	5179777,8	894,6	77190659,6	89,6	7733294,3	269,9	400.762,21	73,1	183,7	186,1	222,2	185,8
1983	48,0	3968778,1	620,6	53547751,2	91,4	7.887.960,19	161,5	239.782,56	15,5	99,1	99,3	121,0	98,7
1984	165,1	14246571,3	827,5	71405508,7	93,2	8.045.719,39	511,4	759.502,58	52,0	91,9	43,1	47,5	48,3
1985	181,7	13956880,4	781,7	67450254,0	95,1	8.206.633,78	366,8	544.723,86	40,5	111,9	83,1	145,0	44,4
1986	47,4	4092688,8	807,3	69658127,9	97,0	8.370.766,46	194,6	289.027,12	80,6	165,8	169,9	198,5	169,4
1987	88,1	7601810,0	610,9	52716525,8	98,9	8.538.181,79	184,0	273.213,54	28,4	69,5	41,5	50,2	43,1
1988	145,0	12514812,4	715,4	61728656,5	100,9	8.708.945,42	328,4	487.693,65	36,5	88,5	26,3	28,5	29,4

1989	74,7	6441743,8	632,3	54562307,1	102,9	8.883.124,33	309,9	460.169,87	40,5	44,4	55,8	65,2	57,5
1990	29,1	2514293,2	663,2	57226448,2	105,0	9.060.786,82	171,8	255.140,20	23,6	136,1	134,1	150,2	132,3
1991	78,0	6726729,2	616,4	53187537,6	107,1	9.242.002,55	300,0	445.558,10	31,7	69,9	78,9	95,2	80,4
1992	72,3	6235563,0	514,3	44374822,3	109,2	9.426.842,60	314,9	467.727,94	32,2	25,7	32,3	37,1	34,4
1993	54,9	4737262,1	707,6	61056993,0	112,3	9.688.908,83	559,9	831.490,72	31,3	168,3	164,0	90,2	115,5
1994	163,4	14103024,8	794,1	68522911,4	115,4	9.961.167,17	373,5	554.707,74	40,7	138,5	75,0	42,1	37,5
1995	172,6	14892123,5	815,5	70367855,0	118,7	10.241.075,96	763,6	1.134.075,06	54,8	88,3	73,4	50,8	48,8
1996	119,6	10322498,0	730,1	63000124,4	122,0	10.528.850,20	703,9	1.045.388,18	48,6	26,9	48,8	52,2	53,0
1997	76,8	6624212,4	517,2	44629549,6	125,4	10.824.710,89	347,3	515.847,85	32,1	26,4	38,6	43,4	40,3
1998	161,8	13965305,7	884,8	76351603,4	129,0	11.128.685,26	612,6	909.782,32	44,8	151,0	126,2	158,8	93,3
1999	124,7	10759877,0	829,2	71554795,2	132,6	11.441.606,94	307,4	456.566,16	46,9	155,2	128,9	94,8	86,3
2000	167,3	14438926,1	799,8	69014012,3	136,3	11.763.116,10	455,0	675.754,63	47,2	141,3	79,7	93,5	42,7
2001	77,7	6702532,1	535,4	46196629,5	140,2	12.093.659,66	437,9	650.388,76	38,7	26,8	38,1	45,9	43,8
promedio	104,3	9001360,5	714,9	61687153,5	111,1	9.588.811,93	383,7	569.864,95	42,0	100,5	86,2	91,6	74,2

Figura 2.16. Volúmenes de agua en la Subcuenca 5



Después de haber obtenido un valor para la recarga se realizó una comparación de esta con los volúmenes que son extraídos del acuífero por medio de los pozos.

En la figura 2.17 se grafican los volúmenes de agua extraídos de los pozos en un lapso de tres años para los cuales se tiene información (2003, 2004 y 2005) y junto a este se ubica la serie de los valores de recarga del acuífero para periodo anterior representativo consecutivo (1999, 2000 y 2001), los cuales como se observa en la mayoría del tiempo están por debajo de lo que se explota.

Adicionalmente se construyó una gráfica de los valores extraídos acumulados y la recarga acumulada para el mismo periodo de tres años. En la figura 2.18 se observa cómo la recarga está siempre por debajo de la explotación de los pozos lo cual indica que existe sobreexplotación del acuífero.

Figura 2. 17. Volúmenes de agua de pozos y de recarga

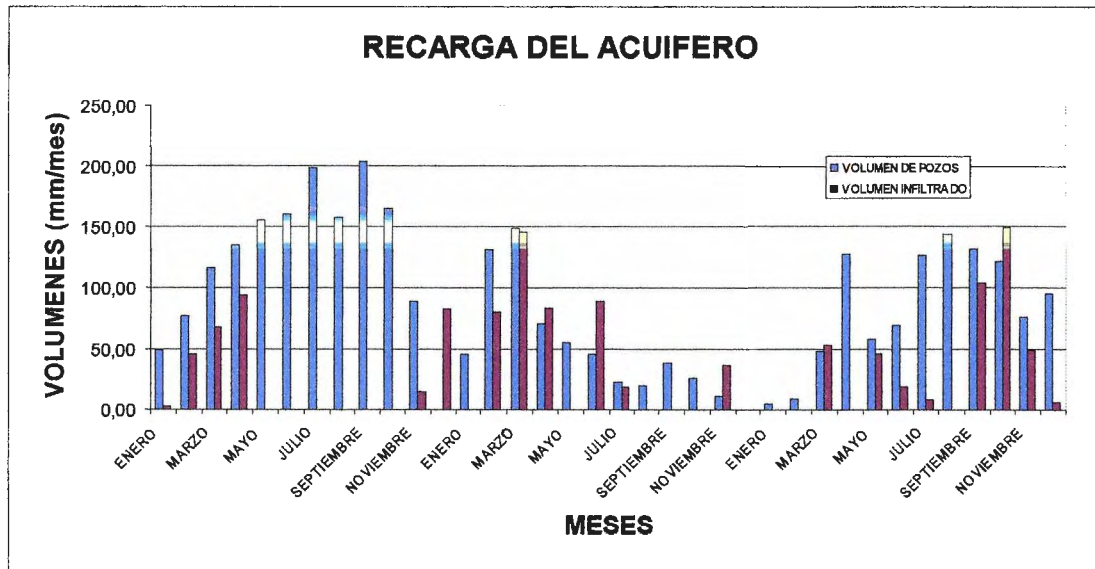
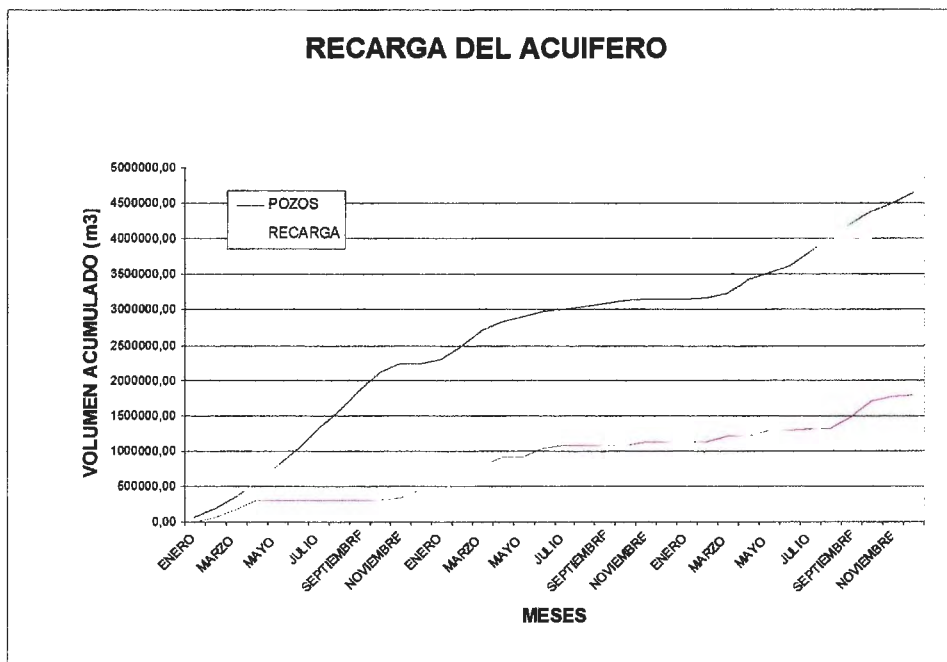


Figura 2.18. Volúmenes de agua acumulados



2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La subdivisión de la zona de estudio en cinco (5) subcuencas o unidades hidrológicas, permitió el estudio de la heterogeneidad de los principales procesos del ciclo hidrológico, en particular el de la infiltración. Las mayores áreas de recarga, de los acuíferos presentes en toda la cuenca analizada, se hallan en la zona 5, para la cual se hizo el cálculo de infiltración (máxima infiltración.)

El área de la zona de recarga es de 1.49 km² lo que corresponde al 2% del área de la subcuenca 5. Allí, la tasa de infiltración promedio anual, que puede ser considerada como recarga al acuífero resultó ser de 383.7 mm al año. Este valor en volumen se considera pequeño en comparación con su valor homólogo para las tasas de extracción de los pozos actuales. Lo cual permite sugerir una inadecuada explotación de los mismos que conllevan a un agotamiento sostenido de las reservas del acuífero de explotación actual.



Hay que tener en cuenta que la cantidad y calidad de la información disponible le impone a este resultado una incertidumbre no nula, pero que de todas formas, teniendo en cuenta los escenarios conservadores considerados (el área de la zona de recarga del acuífero), no deja de alarmar. Se deberá reconfirmar esta conclusión con otras aproximaciones tales como el análisis en el tiempo de los niveles de los pozos y registros de isótopos, entre otros.

En cualquier instancia, fuertemente se recomienda el inicio de otros estudios de disponibilidad alternas de fuentes de agua, por ejemplo de acuíferos cercanos o aumentos de capacidad de trasvases. De igual forma se llama la atención para mejorar el sistema de información hídrico en la zona de estudio, el cual debe mejorar procurando realizar mediciones sistemáticas y registrar todas las variables que afectan el ciclo hidrológico en la zona de estudio, tanto a nivel espacial, como temporal.



BIBLIOGRAFÍA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA. Restauración Hidrológico Forestal de cuencas y control de la erosión. Edt. Mundo Prensa. Madrid, España. 1998.

Serrano, Sergio. Hydrology for Engineers, Geologists and Enviromental Professionals. Edt. HydroScience Inc. Kentucky. Estados Unidos. 1997.

Chow, ven te, Applied Hydrology, Edt. McGraw-Hill, New York, EEUU. 1988.

Monsalve, Germán. Hidrología en la ingeniería. Edt. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 1995.

Vélez, Maria Victoria. Hidráulica de aguas subterráneas. Edt. Universidad Nacional de Colombia. Bogota Colombia. 2004

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ- CORPOBOYACÁ
Formulación del plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río Chicamocha.
Informe Final. Tunja, Colombia. 2005. Convenio Universidad Nacional de
Colombia – Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estudio hidrogeológico de la cuenca de Tunja – Boyacá. Informe Final. Bogotá, Colombia. 2003.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE COLOMBIA. Formulación de proyectos de protección integrada de aguas subterráneas – Guía Metodológica. Bogotá, Colombia. 2002.



RECURSOS ELECTRÓNICOS

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.

<http://www.dane.gov.co/>

Global Land Cover Facility

<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>

3. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

El Modelo Hidrogeológico Conceptual desarrollado en cumplimiento del Convenio (091 /2005), corresponde al acuífero actualmente bajo explotación, en el denominado sinclinal de Tunja, y está fundamentado en el modelo geológico básico (presentado en el Capítulo de Geología, con el respectivo mapa geológico (escala 1:25.000) y en las secciones geológicas allí incluidas.

Para desarrollar el modelo hidrogeológico conceptual se hizo una caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas presentes en el área, se estableció su distribución lateral y en profundidad, se identificó su interrelación con los principales cuerpos de agua superficial, se evaluó la información hidrológica e hidrogeológica disponible, se hizo un reconocimiento de campo y se reinterpretaron los datos existentes sobre análisis isotópicos de muestras de agua subterránea.

El desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual se puede observar en las secciones hidrogeológicas presentadas en la figura No 1, (anexo 3-1) y en la figura 3.4 (modelo hidrogeológico conceptual tridimensional.)

3.1 INFORMACIÓN ANALIZADA

La mayor parte de la información analizada con el fin de desarrollar el modelo hidrogeológico conceptual, se obtuvo de los siguientes documentos, información que fue revisada, reinterpretada, y revaluada.

Alarcón Manuel, Suárez Luz M. Investigación de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano en la ciudad de Tunja. Tesis de Grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso. 1991



Cajicá, L., Sandoval, I. Estudio hidrogeológico de la cuenca de Tunja. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Geociencias. 2003.

CORPOBOYACÁ. Se aprovechó información suministrada por CORPOBOYACÁ, existente en sus archivos y expedientes de concesiones y estudios previos.

Rodríguez C.O. Línea Meteórica Isotópica de Colombia. Meteorología Colombiana. No 8 (pp.43-51).Bogotá, Colombia. 2004.

Rodríguez Jairo, Vargas Campo. Análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Tunja. Tesis de Grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Patrocinada por CORPOBOYACÁ. Sogamoso 2002.

Torres E., Obando E. Estudio hidrogeológico de la cuenca de Tunja utilizando técnicas isotópicas. IV Simposio Colombiano de Hidrogeología. Cartagena. 1993.

U.P.T.C. IIFA. Identificación, evaluación y uso actual de las zonas de recarga del acuífero de Tunja. 1994.

Se consultó y procesó información suministrada por SERA.Q.A relacionada con los pozos de producción que están a su cargo, niveles estáticos, caudales de bombeo y de suministro para el acueducto de Tunja.

3.2 LIMITACIONES DE LA INFORMACIÓN

La caracterización hidrogeológica realizada, se basó en el procesamiento y correlación de información geológica e hidrológica disponible y en la información hidrogeológica tomada de los estudios previos realizados en el área.

No existen pozos en donde obtener parámetros hidráulicos completos ya que no hay pozos de observación (requisito indispensable para calcular coeficientes de almacenamiento, S).

No existe un registro periódico (mensual), de los niveles estáticos y dinámicos de los pozos, el cual es requerido para evaluar el comportamiento del agua subterránea, y en el futuro para alimentar y calibrar modelos matemáticos de gestión, que serán necesarios para planear el manejo del acuífero.

Tampoco se dispone de suficiente y adecuada información hidrométrica (v: gr: caudales de cauces superficiales), dentro de la cuenca y de las subcuencas aledañas.

Durante el análisis de muy buena parte de la información, fue necesario recalcular cifras y reinterpretar datos, cuyos resultados no concuerdan con las características de la cuenca ni con la información geológica e hidrológica existente.

Información obtenida en campo - Durante el reconocimiento realizado en campo se identificaron los acuíferos más representativos del área de estudio y se diferenciaron de las formaciones de baja permeabilidad.

3.3 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LAS ROCAS

Como resultado de la evaluación geológica, presentada en el capítulo de Geología, se hizo una caracterización de las formaciones geológicas existentes en la zona de estudio, desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y permitir el flujo de agua subterránea, con el fin de identificar la presencia de acuíferos y diferenciarlos de las rocas impermeables, la cual se describe a continuación, siguiendo la secuencia estratigráfica.

La caracterización de las rocas se hizo clasificándolas en tres grupos a saber:

Acuífero. Unidad geológica capaz de almacenar agua y transmitirla, con buenas condiciones de permeabilidad y porosidad.

Acuitardos. Son rocas de muy baja permeabilidad que almacenan agua pero no permiten el flujo de ella en cantidades significativas.

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

Formación Conejo - Kscn –

La Formación Conejo está constituida principalmente por lutitas y arcillolitas con algunos niveles de areniscas, razón por la cual se considera, en su conjunto, como un acuitardo. En los sectores donde los niveles de areniscas se encuentren fracturados y tengan considerable espesor, pueden constituir acuíferos locales.

Formación Plaeners - Kg2 -

Integrada por lutitas con intercalaciones de arcillolitas y algunas areniscas, se considera como un acuífero local de baja producción.

Formación Labor y Tierna - Kg1 -

Constituida por areniscas grisáceas con intercalaciones de lutitas. Se considera como un acuífero de porosidad primaria y secundaria de mediana a buena importancia hidrogeológica

Formación Guaduas - KTg -

La Formación Guaduas está constituida principalmente por arcillolitas y lutitas, por lo cual se clasifica como un acuitardo. Tiene niveles de areniscas que pueden

constituir acuíferos de bajo rendimiento, especialmente donde se encuentren fracturadas.

Areniscas del Cacho – Tc –

Estas areniscas, constituyen un acuífero de media a buena productividad. Tiene porosidad primaria y secundaria. Posee niveles de arcillolitas que actúan como capas confinantes.

La Formación Bogotá - Tb -

Está integrada predominantemente por arcillolitas por lo cual se considera en su conjunto como un acuitardo. Tiene algunas intercalaciones de areniscas, que pueden producir agua en sectores fracturados.

Formación Tilatá - Tst -

Constituida por capas de gravas arcillas y arenas arcillosas. Se considera como un acuífero de muy baja a baja productividad.

Cuaternario Aluvial - Qal -

Está integrado por gravas finas a medias, intercaladas con capas de arcillas y arenas con matriz arcillosa. Se puede caracterizar como acuíferos de muy baja productividad.

3.4 PRINCIPALES ACUÍFEROS

Los principales acuíferos presentes en el área de estudios están representados por los niveles de areniscas de las siguientes formaciones.

Las Areniscas del Cacho (Tc)

Están siendo aprovechadas por la mayoría de los pozos profundos, que actualmente extraen agua subterránea en la cuenca de Tunja.

La formación Labor y Tierna (Kg1).

Constituye un acuífero de buena importancia hidrogeológica. En la actualidad no se está aprovechando dado que, se encuentra a gran profundidad, dentro de la cuenca de Tunja. Este acuífero debe ser materia de evaluación, ya que puede constituir una fuente importante de aguas subterráneas para cubrir las futuras necesidades de la ciudad.

La Formación Plaeners (Kg2) es igualmente, un acuífero de baja productividad.

Formación Tilatá - Tst -

Constituida por capas de gravas arcillas y arenas arcillosas. Se considera como un acuífero de muy baja a baja productividad.

Cuaternario Aluvial - Qal -

Están integrados por gravas finas a medias, intercaladas con capas de arcillas y arenas. Se caracterizan como acuíferos de muy baja productividad.

Coluviones – Qc.

El cuaternario coluvial, está integrado por bloques de arenisca dentro de una matriz areno arcillosa. Pueden producir agua en aljibes, para pequeños abastecimientos domésticos.

3.5 ACUITARDOS

Las formaciones que almacenan agua pero no permiten flujo de ella en cantidades significativas, identificadas en la cuenca de Tunja como acuitardos, son las siguientes.

Formación Conejo - Kscn -

Shales grises oscuros que se comportan como materiales impermeables.

Formación Guaduas - KTg -

Constituida por limolitas, arcillolitas y esporádicos bancos de carbón.

Formación Guaduas - KTg –

Constituida principalmente por arcillolitas y lutitas.

Formación Bogotá – Tb.

Está integrada predominantemente por arcillolitas.

Cuaternario lacustre –Ql.

Arcillas plásticas y abigarradas de muy baja permeabilidad.

3.6 ACUIFUGAS

No se han identificado acuifugas en la cuenca de Tunja.

3.7 MAPA HIDROGEOLÓGICO

Teniendo como base el mapa geológico, la caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas y la información obtenida de pozos, se elaboró el Mapa Hidrogeológico (escala 1:25.000, Mapa 3.1 adjuntado como anexo 3.2), cuyas características generales se describen 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, acuerdo con la siguiente agrupación:

3.7.1 Acuíferos con porosidad primaria

En estos acuíferos la porosidad existente se formó al mismo tiempo que la roca. Se presenta con color azul claro a oscuro, según el grado de importancia hidrogeológica. En la zona de estudio se identificaron los siguientes acuíferos con porosidad primaria.

Formación Labor y Tierna - Kg1 -

Constituida por areniscas de grano fino, este acuífero posee media a alta productividad.

Formación Tilatá - Tst -

Se considera un acuífero de muy baja a baja productividad controlada por su limitada extensión lateral.

Abanicos aluviales - Qa -

Los depósitos (que poseen matriz arcillosa), se clasifican como acuíferos de baja a muy baja productividad. Pueden abastecer aljibes para consumo doméstico.

Cuaternario lacustre – Ql -

Consta de arcillas plásticas abigarradas, catalogadas como un acuitardo.

Aluviones – Qal-

En la mayor parte del área, los aluviones poseen matriz arcillosa y se clasifican como acuíferos de baja a muy baja productividad. Pueden abastecer aljibes para consumo doméstico.

Coluviones – Qc. El cuaternario coluvial, está integrado por bloques de arenisca dentro de una matriz areno arcillosa. Pueden producir agua en aljibes, para pequeños abastecimientos domésticos.

3.7.2 Acuíferos con porosidad secundaria.

Son aquellos en los cuales la porosidad se desarrolló después de conformada la roca y se origina en la presencia de fallas, diaclasas y aberturas de disolución. Se representan por colores verdes, según su grado de importancia. Los más importantes en la cuenca en estudio son:

Formación Plaeners - Kg2 -

Liditas con intercalaciones de arcillolitas y ocasionalmente areniscas, se considera como un acuífero local de baja producción, en la mayoría de los casos, con agua de no muy buena calidad.

Formación Areniscas del Cacho – Tc-

Está integrada areniscas de media a buena productividad. También posee porosidad primaria.

3.7.3 Acuitardos

Son rocas que almacenan agua pero no permiten flujo de ella en cantidades significativas. Tienen características impermeables. Se representan en el mapa con color ocre.

Formación Conejo - Kscn -

Lutitas grises oscuros que se comportan como materiales impermeables.

Formación Guaduas - KTg -

Constituida por limolitas, arcillolitas y esporádicos bancos de carbón.

Formación Bogotá - Tb -

La formación Bogotá, tiene algunas intercalaciones de areniscas que constituyen acuíferos de poco espesor, aunque es predominantemente arcillosa y por eso, en su conjunto se caracteriza como un acuitardo ya que actúa como capa confinante.

Cuaternario lacustre –QI. Arcillas plásticas y abigarradas de muy baja permeabilidad.

3.7.4 Acuífugas

Son rocas que, por no poseer espacios intergranulares, no almacenan ni permiten el flujo de agua. Este tipo de materiales impermeables no ha sido identificado, en la cuenca de Tunja.

3.7.5 Extensión de los acuíferos en producción

La extensión lateral de los acuíferos se presenta en el Mapa Hidrogeológico adjunto. Los acuíferos cuaternarios son de naturaleza local y de limitada extensión lateral, como puede observarse en el mapa hidrogeológico.

El acuífero actualmente bajo explotación (Formación Cacho), aflora en ambos flancos del sinclinal de Tunja, a lo largo de 22 kilómetros en dirección SW NE siguiendo el rumbo de la estructura geológica regional y se encuentra en el subsuelo de la cuenca de Tunja, tal como se puede observar en el mapa hidrogeológico y en las secciones hidrogeológicas adjuntas. (Figura 3.1.) Este acuífero está delimitado al sur de la cuenca por el cierre estructural del sinclinal de Tunja, estructura que puede observarse muy claramente en el mapa hidrogeológico.

El área total de la Formación Cacho, incluyendo zonas de afloramiento y la que se halla en el subsuelo de la cuenca de Tunja es del orden de 54 millones de m² (53.600.000)

El área total de los niveles de areniscas de la formación Bogotá es del orden de 43 millones de m² (42.800.000), incluyendo zonas de afloramiento y del subsuelo.

3.8 INFILTRACIÓN Y RECARGA

Con el fin de caracterizar la infiltración y recarga del acuífero actualmente bajo explotación, se aprovechó la información, relacionada con los siguientes aspectos:

- Características geológicas
- Balance hídrico
- Técnicas isotópicas.

3.8.1 Características geológicas

Las zonas de recarga coinciden con las zonas de afloramiento de los acuíferos identificadas y delimitadas en el mapa hidrogeológico adjunto.

Como puede verse en el mapa hidrogeológico, la mayor parte de la cuenca de esta 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 cuenca hidrogeológica de Tunja.

De otra parte, el área de afloramiento del acuífero principal (Formación Cacho – Tc-), actualmente bajo explotación, 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.

3.8.2 Balance hídrico

El balance hídrico que se presenta detalladamente en el Capítulo de Hidrología, señala que la recarga anual, de las areniscas del Cacho, es menor que el volumen anual que se extrae del acuífero mediante pozos.

3.8.3 Técnicas isotópicas

Los análisis de isótopos realizados en muestras de agua subterránea pueden ser de gran utilidad en la investigación del origen del agua, siempre y cuando se haga una buena planeación del muestreo y una buena interpretación de los resultados.

3.8.3.1 Análisis de isótopos estables

Los estudios isotópicos, que se hagan en cualquier cuenca, deben incluir análisis de Oxígeno-18 (O-18), y de Hidrógeno-2 (H-2), ya que su evaluación e interpretación está estrechamente interrelacionada y debe hacerse de manera conjunta. Los análisis de muestras de agua subterránea (disponibles de estudios anteriores realizados en la cuenca de Tunja), fueron hechos solamente para Oxígeno – 18 y no se dispone de resultados de Hidrógeno-2. Esta circunstancia conduce a grandes dificultades y deficiencias en la interpretación de los resultados.

En la Tabla 3.1, se presentan los resultados de los análisis de Oxígeno-18 hechos en muestras de agua lluvia y de pozos profundos. (Alarcón Manuel, Suárez Luz M. 1991.)

Tabla 3.1. Resultados de O^{18}

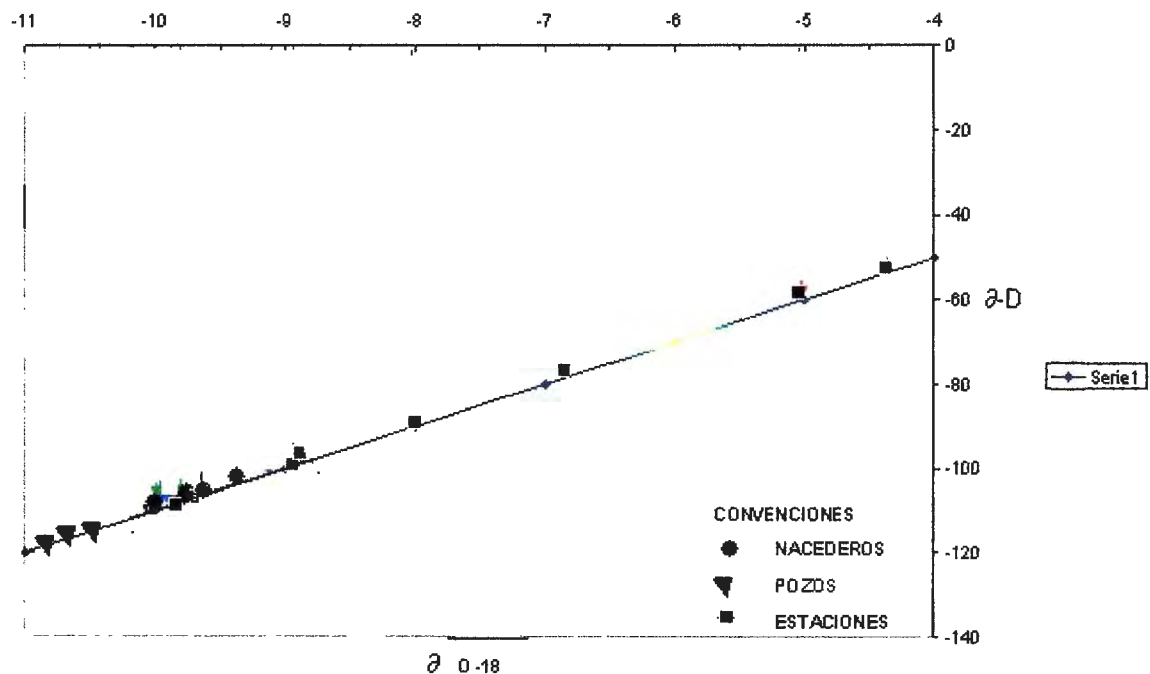
POZO	VALOR - En unidades delta (‰)
No. 2.	-10.79
No. 5.	- 10.64
No. 7.	- 10.69
Estación U.P.T.C. (Precipitación)	
Diciembre de 1989 (1)	- 9.84
Enero de 1990 (2)	- 5.04
Febrero de 1990 (3)	- 4.30
Marzo de 1990 (4)	- 8.05
Estación Panelas (Precipitación)	
Marzo de 1990 (5)	- 6.81

Las muestras 2, 5 y 7, fueron tomadas de pozos profundos y sus valores de desviación delta están entre 10.64 y 10.79. El resto de muestras corresponde a aguas de precipitación tomadas en varios puntos y en meses diferentes, reflejando una desviación delta de Oxígeno-18 entre -5.04 y -9.84

Las concentraciones de Oxígeno-18 en las muestras de agua tomadas de los pozos profundos, (entre -10.64 y -10.79), están fuera del rango de la precipitación local, y tienen una desviación delta mayor que las obtenidas en la cuenca, lo cual indica que el agua subterránea extraída de los pozos se precipitó bajo condiciones climatológicas mas frías que las presentes (a una temperatura menor que la actual), la cual podría corresponder a infiltración y recarga ocurrida hace miles de años, a finales del Pleistoceno. Esta interpretación indica que no existe recarga actual importante, aspecto que debe confirmarse en el futuro mediante análisis de Carbono-14, técnica que permite investigar “edad” del agua subterránea.

En la figura 3.2 se grafican los valores de O-18, a lo largo de la Línea de Meteorica Isotópica de Colombia (Rodríguez, C., 2004.), con el fin de facilitar la interpretación. Puede observarse que la concentración de O-18 de los pozos es diferente a la del agua lluvia de precipitación local, confirmando la interpretación planteada en el párrafo anterior.

Figura 3.2. Isótopos estables (O-18)



3.8.3.2 Análisis de Radioisótopos

Los resultados de los análisis de Tritio realizados en muestras de agua de los pozos indican la presencia, solo de cantidades relativamente pequeñas de Tritio (Torres E., Obando E., 1993), lo cual confirma que no existe recarga actual, o que la zona de recarga está alejada de los pozos y por lo tanto el tiempo de tránsito es superior al tiempo de aplicación de esta técnica de datación. Para futuros estudios

con isótopos radiactivos, se recomienda que se hagan análisis de Carbono-14, en muestras tomadas de todos y cada uno de los pozos existentes.

3.8.4 Caracterización de la recarga actual

La información geológica, hidrológica e isotópica analizada de manera independiente, lleva a las siguientes conclusiones. La infiltración y recarga del acuífero correspondiente a la formación Cacho y a los niveles de areniscas de la formación Bogotá, es muy baja (inferior a la descarga actual que se hace mediante pozos de bombeo), o bien, no existe recarga actual (técnicas isotópicas).

3.8.5 Área de recarga

El área de recarga de las areniscas del Cacho se puede identificar claramente, en los mapas Geológico e Hidrogeológico. En las secciones geológicas e hidrogeológicas se observa igualmente la distribución del acuífero en profundidad, desde el extremo norte hasta el extremo sur de la cuenca.

Para evaluar la recarga total, en el Capítulo de Hidrología se tuvo en cuenta el área efectiva de afloramiento de las areniscas del Cacho y de la formación Bogotá. Es importante aclarar que de acuerdo con las columnas estratigráficas y los registros eléctricos obtenidos en los pozos, no todo el espesor, de la formación Cacho, está integrado por areniscas, sino que del 40 al 60 % (según el pozo), consta de niveles arcillosos. Igualmente ocurre con los niveles de areniscas de la formación Bogotá.

En el Capítulo de Geología, se presenta el valor de área de recarga efectiva para los niveles de areniscas de ambas formaciones que suman 1.485.099 m².

Este valor difiere, en casi dos órdenes de magnitud, al estimado en algunos de los estudios realizados anteriormente, los cuales habían servido de base para la evaluación planificación y gestión de los recursos de agua de la cuenca.

3.8.6 Cuantificación de la recarga actual

La identificación y medición del área de recarga del acuífero así como el cálculo de la infiltración efectiva obtenido del balance hídrico, permite calcular que el volumen anual de recarga hacia los niveles de areniscas captados en la actualidad por los pozos que extraen agua de las formaciones Cacho y Bogotá), es del orden de.

Recarga = $1.485.099 \text{ m}^2 \times 383.7 \text{ mm/año} = 569.832.48 \text{ m}^3 / \text{año} = 0.570$ millones de $\text{m}^3/\text{año}$.

Si se tiene en cuenta que la extracción promedio de agua subterránea es del orden de $1,550.000 \text{ m}^3 / \text{año}$, es importante resaltar que, el volumen de recarga anual es inferior al volumen anual extraído de los pozos que abastecen de agua al acueducto de Tunja. Este hecho se refleja en el descenso progresivo de los niveles piezométricos, que se viene presentando en la mayoría de los pozos que explotan los niveles acuíferos, actualmente bajo producción.

3.9 MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En la cuenca hidrogeológica de Tunja, se pueden identificar las siguientes características generales de movimiento del agua subterránea.

3.9.1 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 mas 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.

3.9.2 Percolación profunda

La parte de la infiltración que puede moverse en profundidad, está limitada por la estructura geológica de los sinclinales, que impiden el flujo regional lateralmente a la estructura regional. Por tal razón el flujo natural de agua subterránea en profundidad es despreciable.

Solamente podría presentarse un flujo longitudinal (subparalelo), a la estructura regional en dirección SW NE, pero probablemente despreciable, en términos del balance hídrico, si se tiene en cuenta que los acuíferos principales Formación Cacho y Areniscas tierna y de Labor no afloran en dirección norte y por lo tanto no hay zonas de efluencia (salida), de agua subterránea. Este flujo solo se generará en el futuro, en la medida en que se construyan pozos profundos de extracción de agua subterránea, que conformen un gradiente hidráulico en dirección hacia ellos.

Estas características hidrogeológicas indican que, la cuenca del sinclinal de Tunja es una cuenca hidrogeológica cerrada, que no permite la salida ni entrada de agua subterránea en profundidad.

3.10 NIVEL PIEZOMÉTRICO

En la tabla 3.2 se presentan los valores del nivel estático suministrados por SERA.Q.A desde el año de 1997 hasta el año 2006.

En la mayoría de los pozos, los niveles estáticos están relativamente cerca de la superficie, dependiendo de la cota de la boca de cada pozo. Inclusive existen pozos saltantes (Cooservicios I, Caminos Vecinales, El Estadio, Batallón Bolívar I, y U.P.T.C.), información que refleja las condiciones de acuífero confinado de la Formación Cacho y de otros niveles acuíferos.

Tabla 3.2. Niveles estáticos de los pozos (en m)

POZO	Año 1997	Año 1999	Año 2005	Año 2006
	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Runta	0.8	2.88		
Pensilvania	0.5		5.5	
San Francisco	1.5	13.38		
Belalcazar				
Cooservicios I	Saltante			
Cooservicios II	20		37	
San Antonio	4		16.65	24.87
Caminos vecinales	-2		4.3	12.23
El Estadio	-2	0.00		-0.12
Silvino Rodríguez	16		8.4	9.0
Batallón Bolívar I	-2		3.7	-0.16
Batallón Bolívar II	0.5			5.18
La Fuente I				
La Fuente II	4	14.07		14.49
Remonta		2.18		
Recreacional		0.00		
U.P.T.C.	-1			
Los Muisca				
Total				

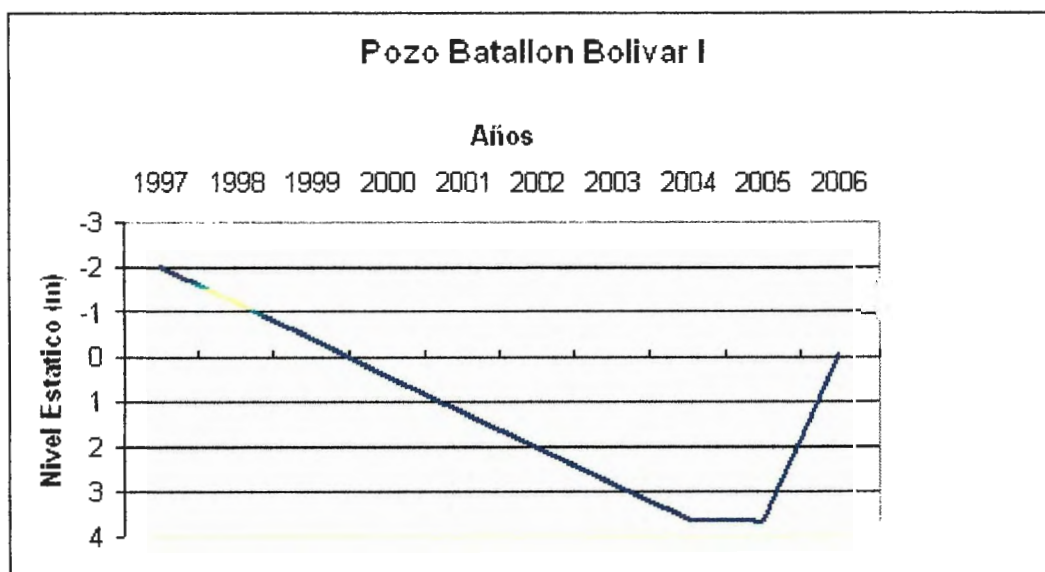
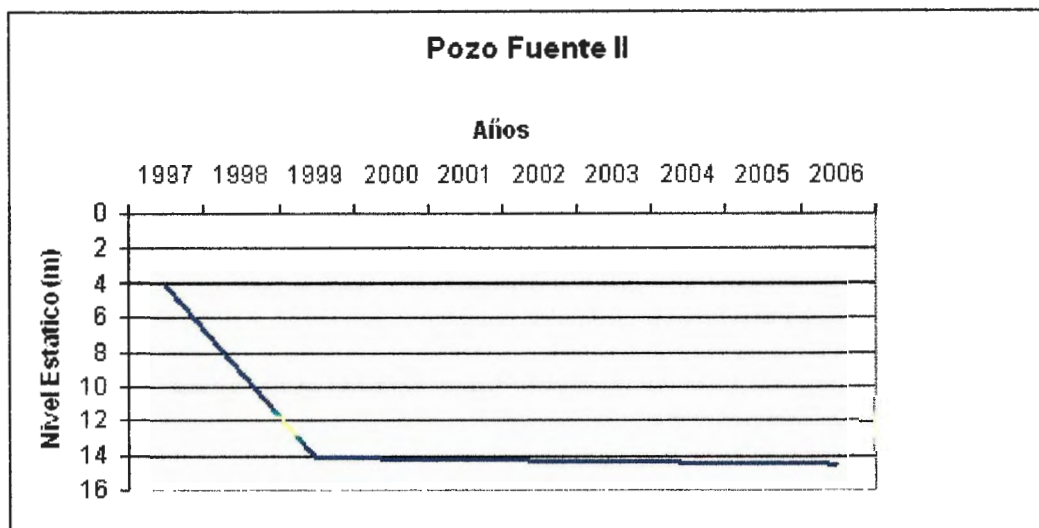
3.11 DESCENSO PROGRESIVO DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO

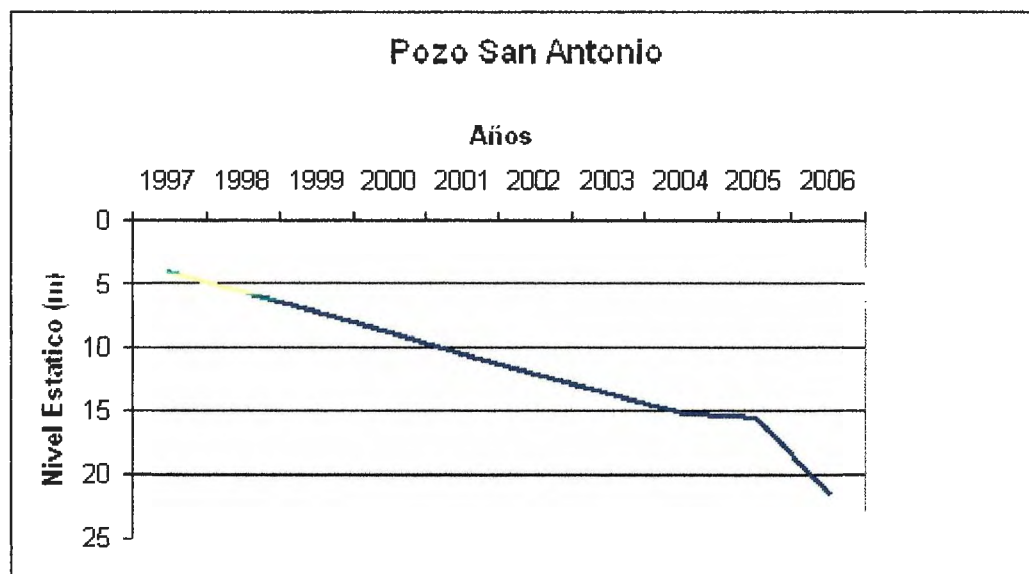
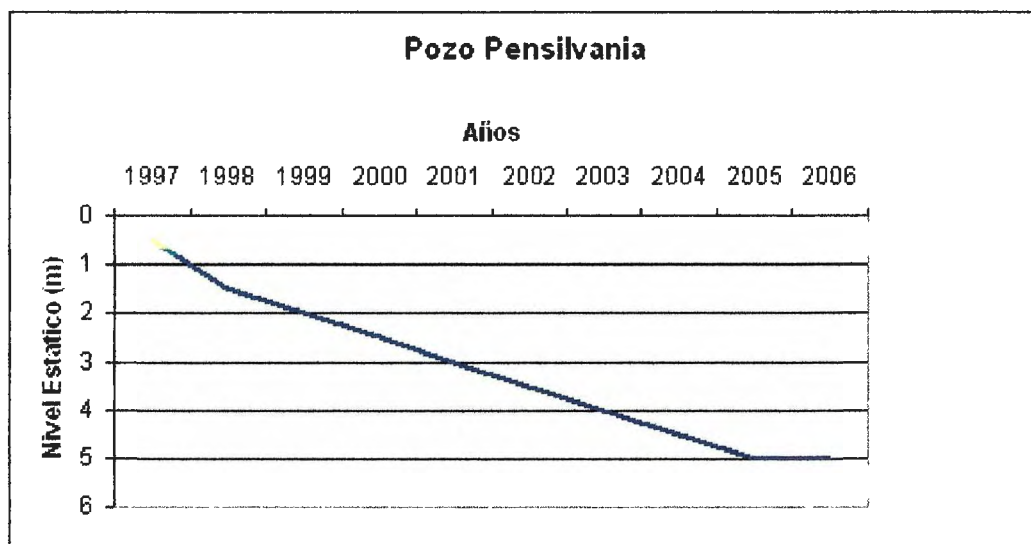
La información disponible, sobre niveles estáticos, permite inferir que, en la gran mayoría de los pozos, se presenta un continuo descenso de los niveles estáticos,

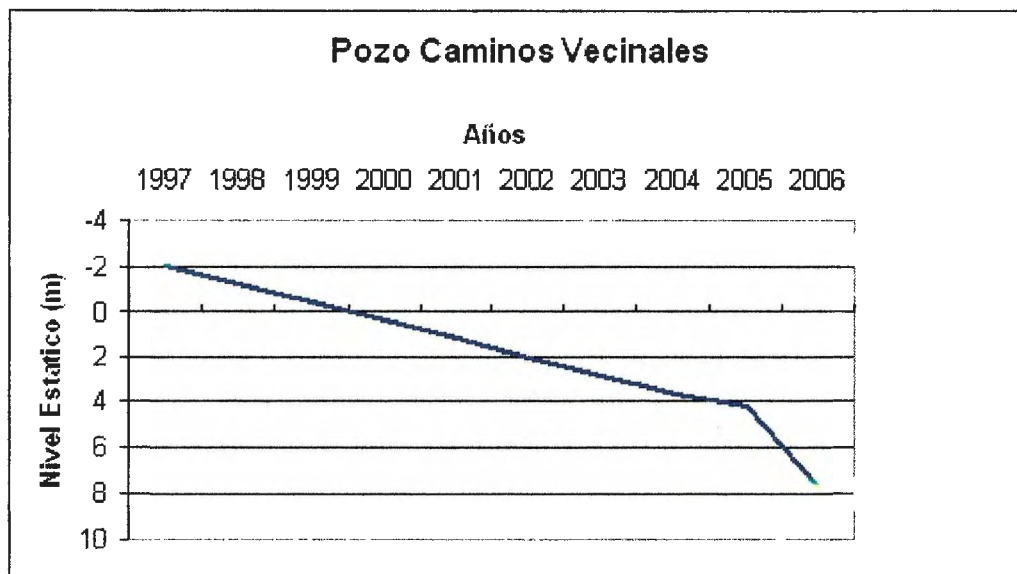
en magnitudes del orden de 10.5 m (pozo La Fuente), 14 m (pozo Caminos vecinales), 20.87 m (pozo San Antonio), en 9 años de explotación.

En la figura 3.3 se presenta el comportamiento de los niveles estáticos, en los pozos que señala descenso de los niveles piezométricos (Información suministrada por SERA.Q.A).

Figura 3.3. Comportamiento de los niveles de los pozos







El descenso del nivel estático indica que el volumen de extracción anual de agua subterránea es superior a la recarga, confirmando las conclusiones hechas en el numeral 3.8 (Infiltración y Recarga).

Si se tiene en cuenta que los pozos no se bombean durante todo el año, el descenso progresivo de los niveles estáticos indica que el acuífero del Cacho (y de las areniscas de la formación Bogotá), se está sobre explotando y que, a la actual tasa de bombeo, no se puede garantizar un aprovechamiento sostenible de los niveles acuíferos, actualmente en producción.

3.12 PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO PRINCIPAL

Existen datos de Transmisividad (T), obtenidos en pruebas de bombeo realizadas en la mayoría de los pozos existentes en la cuenca, los cuales fueron suministrados por SERA.Q.A. En la Tabla 3.3, se presentan los valores reportados, con base en las pruebas de bombeo realizadas en el año de 1999. Los

valores de Transmisividad (T), varían entre 5 m²/día y 162 m²/día, dependiendo del espesor de los niveles acuíferos captados en cada pozo.

No existen datos de Coeficiente de Almacenamiento (S), determinado en la cuenca mediante pruebas de bombeo. Solamente es posible mencionar que se trata de un acuífero confinado, por lo cual los valores deben estar dentro del rango de 10⁻⁴ a 10⁻⁶

Tabla 3.3. Parámetros hidráulicos de los acuíferos

POZO	Transmisividad T(m ² /día)	
	Año 1997	Año 1999
RUNTA	60	162
PENSILVANIA	60	
SAN FRANCISCO		
BELALCAZAR		113
COOPSERVICIOS I	81	
COOPSERVICIOS II	60	
SAN ANTONIO	50	
CAMINOS VECINALES	35	
EL ESTADIO	30	50
SILVINIO RODRÍGUEZ	60	
BATALLÓN BOLÍVAR I	30	
BATALLÓN BOLÍVAR II	40	
LA FUENTE I		
LA FUENTE II	20	29
REMONTA		16
RECREACIÓN AL	30	20
U.P.T.C.	10	40
LOS MUISCAS	5	
TOTAL		

3.13 EXTENSIÓN DE LOS ACUÍFEROS

La extensión lateral de los acuíferos se presenta en el mapa Hidrogeológico presentado en el Anexo 3.2, en el cual pueden observarse los límites laterales, las zonas de recarga y su dependencia de la estructura regional.

Los resultados del cálculo de áreas y espesores se incluyen en el numeral 1.5 del capítulo de geología.

Los acuíferos cuaternarios son de naturaleza local, mientras que todos los demás acuíferos, integrados por formaciones geológicas se extienden por varios kilómetros, en dirección NE y SW a lo largo de la cordillera. Pueden entonces considerarse como acuíferos subregionales, cuya extensión lateral depende de su espesor y de la estructura geológica local.

El área efectiva, de recarga del principal acuífero en explotación, areniscas del Cacho, es del orden de 794.297 m². El área efectiva, de recarga de las areniscas de la formación Bogotá, que se explotan en la actualidad es del orden de 690.802 m².

Es importante anotar que la cuenca hidrológica del río Jordán, no coincide con la cuenca hidrogeológica de la ciudad de Tunja, ya que esta última está delimitada lateralmente (en dirección Oriental y occidental), por los niveles impermeables de la formación Guaduas, mientras que la cuenca hidrológica se extiende en la región occidental hasta los municipios de Combita y Motavita.

3.14 ESPESOR Y PROFUNDIDAD DEL ACUÍFERO

El espesor de los acuíferos se toma con base en el espesor de las formaciones o de los niveles de interés hidrogeológico (areniscas y estratos diaclasados). La

profundidad varía dependiendo de su ubicación dentro de la estructura sinclinal. Los espesores reportados para las areniscas del Cacho están entre 25 y 50 m.

Para las areniscas de la Formación Bogotá se han reportado espesores hasta de 24 m.

3.15 CÁLCULO DE RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Los recursos de agua subterránea de la cuenca están integrados por las reservas mas la recarga, los cuales se presentan a continuación.

3.15.1 Reservas

El cálculo de reservas de agua subterránea para la Cuenca de Tunja, se hizo teniendo en cuenta el espesor, el área y la porosidad efectiva del acuífero. Los valores obtenidos se resumen a continuación.

Volumen de reservas del Cacho = $R_s = \text{Área} \times \text{espesor} \times \text{porosidad efectiva}$.

No se tienen valores de porosidad efectiva medidas en campo, en la cuenca de Tunja. Para el cálculo se toman valores mínimos, dados en la literatura para areniscas consolidadas, que es del orden del 5% (Custodio y Llamas, 1996 o Fletcher G.D 1987.)

$$R_s = 54 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 50 \text{ m} \times 0.05 = 135 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Volumen de reservas Areniscas de la Formación Bogotá = $R_b \times \text{porosidad efectiva}$.

$$R_b = 43 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 24 \text{ m} \times 0.05 = 52 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Reservas totales de los niveles de areniscas captados = $187 \times 10^6 \text{ m}^3$

3.15.2 Recarga

El cálculo de la recarga anual, en términos de volumen anual se presenta en el Capítulo de Hidrología, en forma detallada.

El valor de la recarga es del orden de $569.832 \text{ m}^3 / \text{año}$

3.16 DESCARGA DEL ACUÍFERO

La descarga del acuífero ocurre solamente a través de los pozos profundos que actualmente extraen agua subterránea de la cuenca. La posible salida de agua subterránea a través de las formaciones en profundidad hacia zonas adyacentes, se considera despreciable debido a la estructura sinclinal de la cuenca hidrogeológicamente cerrada.

El volumen promedio anual, extraído de los pozos profundos, en la cuenca de Tunja es del orden de $1.550.000 \text{ m}^3$

En el año 2003, el volumen captado fue de $2.235.351,6 \text{ m}^3$

3.17 SITUACIÓN ACTUAL DE EXPLOTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Los acuíferos que se están explotando en la Cuenca de Tunja son: Areniscas de la Formación Bogotá y areniscas de la Formación Cacho.

La infiltración es del orden de $= 0.570 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ y el promedio de explotación de los pozos profundos es del orden de $1.55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.

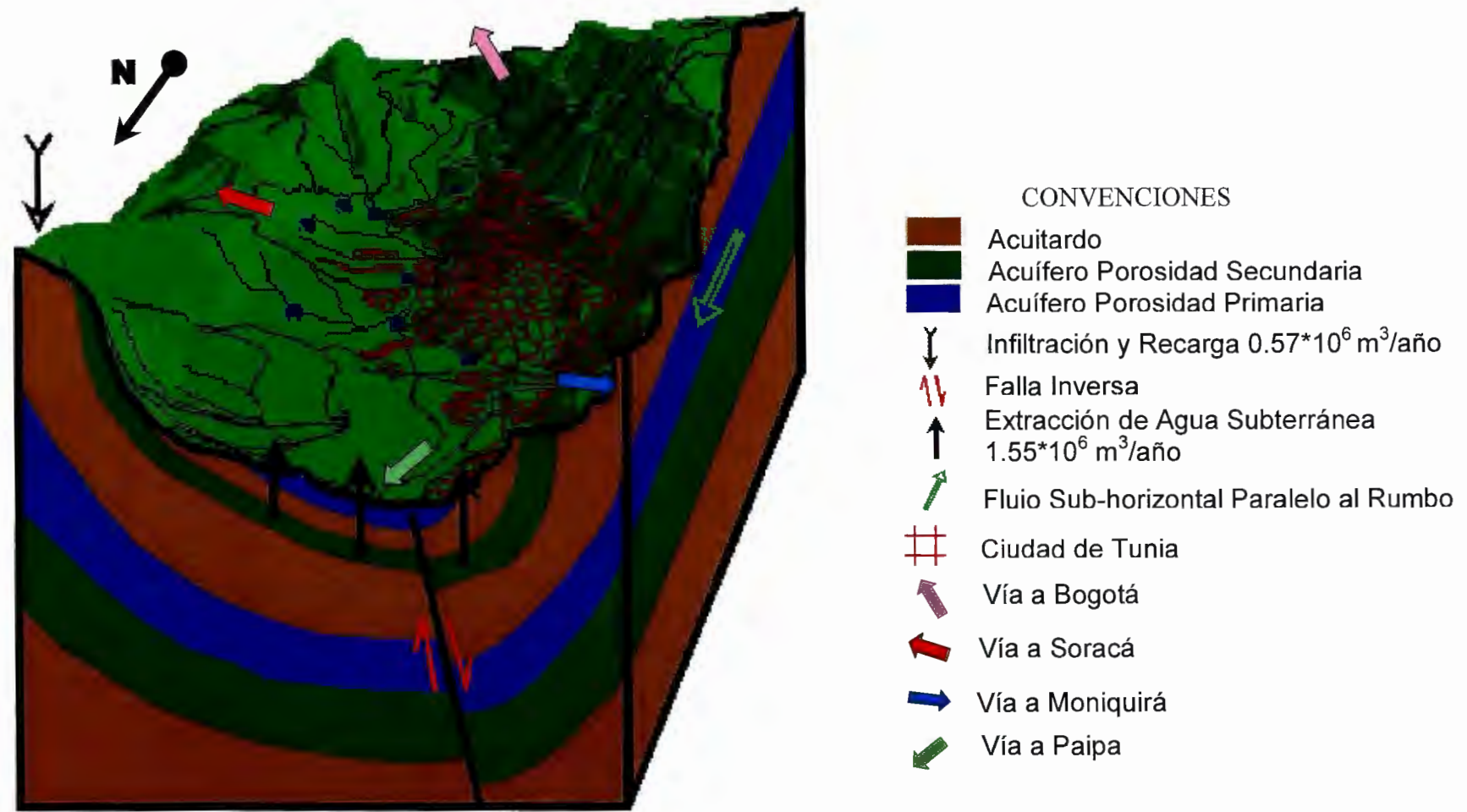


La conclusión mas importante que puede obtenerse del estudio, es que el acuífero se está sobre explotando y por lo tanto, con los volúmenes anuales que se extraen actualmente, no se puede garantizar un aprovechamiento sostenible de los niveles acuíferos, actualmente en producción.

3.18 REPRESENTACIÓN INTEGRAL DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE LA CUENCA DE TUNJA

En la Figura 3.4 se integra el modelo hidrogeológico conceptual tridimensional, fundamentado en las secciones hidrogeológicas, presentadas en la Figura 3.1. (al final del informe)

Figura 3.4 Modelo hidrogeológico conceptual tridimensional



Las características del modelo hidrogeológico conceptual pueden resumirse en los siguientes puntos.

3.18.1 Estructura general

El modelo está caracterizado por una estructura sinclinal. El acuífero principal (areniscas del Cacho), y los niveles secundarios de areniscas de la formación Bogotá, afloran en el cierre estructural en el extremo sur del sinclinal y luego lateralmente en los flancos del sinclinal. Hacia el norte los afloramientos se profundizan y el acuífero queda cubierto por formaciones más recientes.

3.18.2 Infiltración

La infiltración y recarga del acuífero se realiza a través del área de afloramiento, que es relativamente pequeña, lo cual incide en que los valores de recarga anual sean muy bajos.

3.18.3 Descarga del acuífero

La descarga del acuífero ocurre principalmente en los pozos profundos que actualmente extraen agua subterránea de la cuenca. La posible salida de agua subterránea a través de las formaciones geológicas en profundidad, hacia zonas adyacentes, se considera despreciable debido a la estructura sinclinal de la cuenca hidrogeológicamente cerrada.

3.18.4 Movimiento del agua subterránea

Dadas las características de cuenca hidrogeológica cerrada, es de esperarse que no haya movimiento del agua en el subsuelo, ya que no existe una salida natural del agua subterránea, solamente la generada por la extracción de los pozos profundos.

3.18.5 Descenso actual del nivel piezométrico

El modelo hidrogeológico actual, está entonces caracterizado por un descenso progresivo de los niveles piezométricos, descenso que se irá acelerando a mediano plazo, a medida que disminuya la presión hidrostática natural. Esta circunstancia no garantiza el aprovechamiento sostenible del agua subterránea del acuífero y para hacerlo será necesario acudir a la evaluación de nuevas fuentes, tales como los niveles acuíferos existentes a mayor profundidad y al manejo y control de la explotación de los pozos existentes, con el fin de lograr un equilibrio entre la recarga y la descarga.

3.19 RENDIMIENTO SEGURO DE LOS ACUÍFEROS EN EXPLOTACIÓN

A partir de los análisis realizados con base en los balances hídricos (de explotación y de recarga) se puede inferir que el volumen de explotación anual es mayor que la recarga, de acuerdo con los siguientes valores presentados en el numeral 3.8.5.

La recarga es del orden de $= 0.570 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (ver numeral 3.15.2.)

Si se toma el promedio de explotación anual de los pozos profundos, dentro de un orden de magnitud de $1.55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$, se llega a la siguiente conclusión.

El acuífero se está explotando a caudales mayores que los de recarga, por lo tanto, con los volúmenes anuales que se extraen actualmente, no se puede garantizar un aprovechamiento sostenible de los niveles acuíferos (actualmente en producción)

Con base en estas cifras se calcula el “rendimiento seguro”, entendido como el volumen de agua que puede ser extraído del acuífero sin generar condiciones

indeseables que lo puedan afectar como fuente sostenible de abastecimiento de agua.

El rendimiento seguro para los niveles acuíferos actualmente bajo explotación correspondería entonces, para la cuenca del sinclinal de Tunja, al volumen que se recarga anualmente

Rendimiento seguro = $0.570 \times 10^6 \text{ m}^3$ por año.

Si los niveles acuíferos se explotan a una tasa mayor que la del rendimiento seguro, se seguirá extrayendo agua de las reservas, y tal circunstancia generará efectos indeseables en el acuífero, tales como descenso de los niveles piezométricos, necesidades de construir pozos cada vez mas profundos, agotamiento progresivo de los recursos de agua subterránea y en un futuro muy cercano afectación de la calidad del agua subterránea por la generación de flujos de los acuitardos hacia el acuífero, por descenso de la presión hidrostática dentro de estos.

3.20 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CUENCA HIDROGEOLOGICA DE TUNJA

Aunque los niveles acuíferos de la Formación Cacho y de las areniscas de la formación Bogotá, no garantizan el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos subterráneos, esto no indica necesariamente, que las posibilidades de abastecimiento, basadas en el agua subterránea en la cuenca hidrogeológica de Tunja, se estén agotando.

Los acuíferos más importantes que existen en la cuenca hidrogeológica de Tunja están sin aprovechar. A mayor profundidad dentro del sinclinal se encuentran las denominadas, areniscas Tierna y de Labor, que poseen mayores reservas y las

áreas de recarga son mas grandes que las de los acuíferos que se captan en la actualidad.

Sin embargo los estudios realizados no han superado la fase de prospección, y por lo tanto, se hace necesario realizar una evaluación hidrogeológica que permita establecer las posibilidades del acuífero profundo, como fuente de agua potable para la ciudad de Tunja.

3.21 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN CUENCAS HIDROGEOLÓGICAS ALEDAÑAS

Adicionalmente a los acuíferos presentes dentro de la cuenca hidrogeológica de Tunja, existen otras posibilidades en las cuencas hidrogeológicas aledañas, que no han sido materia de investigación, pero que deben incorporarse al análisis y evaluación de las alternativas a ser tenidas en cuenta dentro de las diferentes fuentes de suministro de agua potable, para la ciudad de Tunja.

Por las razones anteriormente mencionadas, como producto del presente estudio, se presenta el perfil de un proyecto que permitan realizar los estudios requeridos para garantizar el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas en el área de estudio, a corto, mediano y largo plazo.

3.22 FENÓMENOS DE SUBSIDENCIA DEBIDO A EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

En al cuenca hidrogeológica de Tunja no se han detectado fenómenos de subsidencia, debidos a explotación de aguas subterráneas, ni a ninguna otra causa.

En efecto, los acuíferos actualmente bajo explotación están integrados por areniscas consolidadas y semiconsolidadas, en las cuales no es de esperarse que se produzcan asentamientos ya que estos ocurren en arenas sueltas (no consolidadas).

3.23 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA AGUA SUBTERRÁNEA (IES)

Para calcular el índice de escasez para el agua subterránea se aplicó la metodología establecida por el MAVDT, en la Resolución No. 872 del 12 de Mayo del 2006.

3.23.1 Cálculo con datos obtenidos en el proyecto

ies = Caudal captado / caudal explotable.

Caudal captado = $1,55 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$ (ver numeral 3.16)

Caudal explotable = $0,570 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$ (ver numeral 3.8.6)

ies = 2,72

Expresado en porcentaje sería el 272 %

El índice de escasez, muy alto, indica que es urgente reordenar la demanda y la oferta para prevenir futuras crisis en el suministro de agua potable para la ciudad de Tunja.

3.24 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Dentro del área de estudio se consideraron los siguientes riesgos que podrían existir como consecuencia de la extracción de aguas subterráneas

3.24.1 Riesgos de subsidencia

Como se indicó en el numeral 3.22, el riesgo de que ocurra subsidencia en los suelos o rocas, como consecuencia de la extracción de aguas subterráneas, puede presentarse en materiales sueltos, tales como suelo, arenas y gravas.

Los acuíferos que se están aprovechando en la actualidad, están conformados por areniscas consolidadas, por lo cual, no es de esperarse que se presenten fenómenos de subsidencia. En efecto, no se han reportado tales fenómenos en el área de estudio, a pesar de que la extracción de agua subterránea es superior a la recarga.

3.24.2 Reducción de las reservas

Si la extracción de aguas subterráneas es mayor que la recarga, las reservas de agua subterránea deben estar disminuyendo.

Los acuíferos que se están explotando son acuíferos confinados, en donde (de acuerdo con los conceptos básicos de la hidráulica de aguas subterráneas), el agua que se extrae, proviene de la expansión del agua como consecuencia de la reducción de la presión, y por lo tanto su cuantificación depende esencialmente del Coeficiente de Almacenamiento del acuífero.

En la actualidad no se dispone del Coeficiente de almacenamiento, ya que para obtenerlo es necesario realizar pruebas de bombeo con pozo de observación. Por

esta razón, cualquier cálculo que se haga sin este parámetro hidráulico, no tiene el rigor técnico y científico requerido.

De acuerdo con lo descrito en los numerales 3.15.2 y 3.16, la recarga anual es del orden de 570.000 m³/año y la explotación promedio de los pozos profundos es de 1.550.000 m³/año, en consecuencia, el acuífero está siendo sobreexplotado.

Un cálculo aproximado (suponiendo condiciones de acuífero libre), permite inferir que en los últimos ocho años las reservas se han reducido en 7'840.000 m³.

3.24.3 Afectación de la calidad del agua subterránea

Para evaluar la afectación de la calidad del agua subterránea como consecuencia de la explotación intensiva, se requiere información histórica obtenida del análisis periódico (por lo menos una vez al año, durante un buen número de años), de muestras de agua extraídas de todos los pozos existentes.

En la actualidad no existe este tipo de información, por lo cual no es posible realizar evaluaciones sobre la afectación de la calidad del agua.

Se recomienda entonces, hacer un muestreo y análisis físico químico total, mínimo de los siguientes parámetros.

Cationes - Calcio, Magnesio, Sodio, potasio y Hierro

Aniones - Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, NO₃ y SO₄.

Análisis bacteriológicos.

3.25 PLAN DE PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO

El plan de protección del acuífero, actualmente en explotación, se presenta en el Capítulo 6 denominado Formulación del Plan. Particularmente en el proyecto

titulado: “Gestión en aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja.”

Para desarrollar el plan de protección y manejo es necesario disponer de una herramienta de evaluación y de gestión, que puede ser un modelo matemático computacional, u otro sistema que permita hacer evaluaciones y predicciones, aprovechables con fines de manejo y de gestión.

En el perfil de proyecto, se presentan los objetivos, las metas, los propósitos, las actividades a realizar, los resultados esperados así como los indicadores verificables, los métodos de verificación y los postulados más importantes, para que el proyecto pueda realizarse en la práctica. Se presentan igualmente los objetivos, metodología, los costos, el personal mínimo requerido y la propuesta técnica propiamente dicha.

3.25.1 Plan de monitoreo y seguimiento

El monitoreo y seguimiento del acuífero debe iniciarse de inmediato y debe cumplir con los siguientes parámetros mínimos.

- Niveles estáticos y dinámicos. Mínimo una vez al mes, en todos y cada uno de los pozos existentes.
- Caudales de explotación. Debe obtenerse un registro continuo de caudales en todos y cada uno de los pozos.
- Muestreo para análisis físico químico. Mínimo una vez al año.
- Muestreo para análisis isotópico. Deben tomarse muestras mensuales en todos y cada uno de los pozos., y de agua lluvia de la cuenca de Tunja y de cuencas aledañas, durante un año. El muestreo debe hacerse con criterio técnico y científico y deben ordenarse análisis de Oxígeno 18 y de Hidrógeno –2.



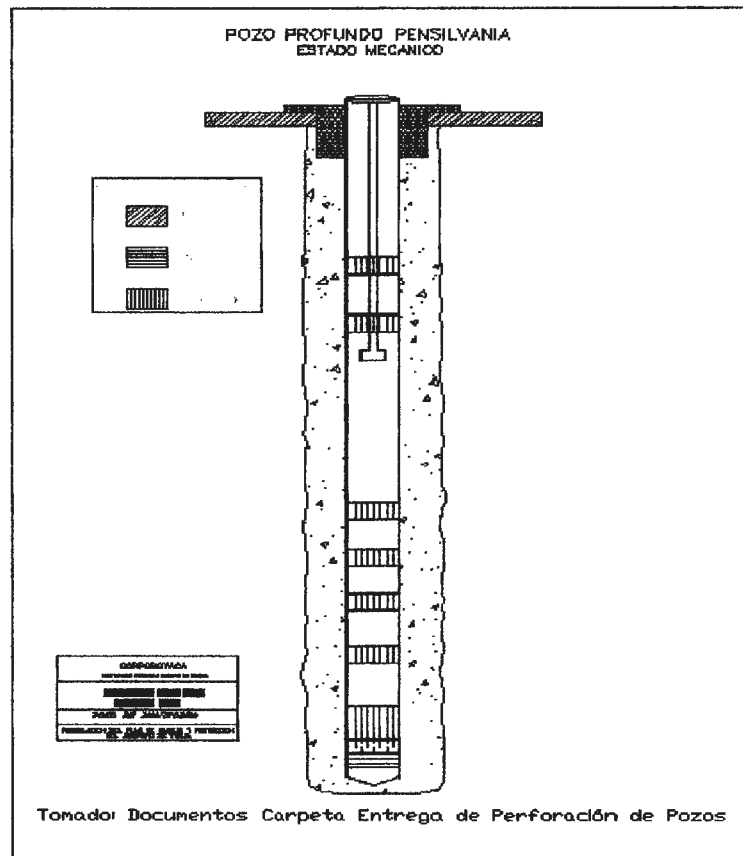
- Muestreo para análisis de Carbono – 14. Debe hacerse una vez, en todos y cada uno de los pozos lo antes posible. El muestreo debe ser realizado por especialistas con experiencia en este tipo de estudios, para garantizar representatividad de la muestra y su correcto procesamiento.
- La obtención de información, su interpretación y correlación hidrogeológica, puede ser aprovechada para optimizar y seleccionar, dentro de los pozos existentes, cuáles deben ser sellados, y cuáles pueden ser habilitados como pozos de monitoreo.

3.25.2 Diseño de pozos de monitoreo

Debe haber disponible un mínimo de tres pozos de monitoreo que pueden ser los pozos construidos como pozos de observación (para realizar las pruebas de bombeo mencionadas en el Perfil de Proyecto que se incluye en este informe).

Se adjunta el diseño típico de un pozo de monitoreo (ver figura 3.5). En el pozo de monitoreo se deben instalar filtros al frente de los principales acuíferos captados. Debe tener un diámetro mínimo de revestimiento de 4 pulgadas y una profundidad del orden de 200 m. Debe tener un sello protector impermeable.

Figura 3.5 Pozo de monitoreo



3.25.3 Priorización del uso de las aguas subterráneas de la cuenca de Tunja

Es claro que, dada la escasez general de recursos de agua en la cuenca de Tunja, el agua subterránea debe tener prioridad uno, para consumo humano.

3.25.4 Estrategias para el desarrollo del plan

Para desarrollar el plan deben concertarse estrategias entre los diferentes actores que tienen que ver con el aprovechamiento del agua subterránea a saber:

- Corpoboyacá.
- Municipio de Tunja y sus empresas particularmente las relacionadas con el agua.

- Empresa Sera.Q.a. (Tunja E.S.P. S.A.)
- Gobernación de Boyacá
- Municipios adyacentes a Tunja.
- Industrias y otros usuarios del agua subterránea.
- Instituciones que deben interactuar para garantizar la protección del agua subterránea contra la contaminación.

3.25.5 Mecanismos e instrumentos de seguimiento y evaluación del plan

Los principales mecanismos e instrumentos de seguimiento y evaluación del plan, se presentan en el Perfil de Proyecto, en la correspondiente Matriz de Marco Lógico y en el capítulo 7 de Mecanismos de seguimiento y evaluación del plan

3.26 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los principales acuíferos presentes en el área de estudios están representados por los niveles de areniscas del Cacho, aprovechadas por la mayoría de los pozos profundos, que actualmente extraen agua subterránea en la cuenca de Tunja. Existente otros niveles acuíferos en la Formación Bogotá y a gran profundidad en las areniscas Labor y Tierna.

La mayor parte de la cuenca de esta cubierta por 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 cuenca hidrogeológica de Tunja.

El área de afloramiento del acuífero de la Formación Cacho, es relativamente pequeña, aspecto que no es favorable para la infiltración y recarga del mismo. La infiltración es desfavorecida adicionalmente, por la ausencia de bosque y por las pendientes del terreno que generan una alta escorrentía superficial.

Los análisis de isótopos estables y de tritio, indican en principio, que no existe recarga actual y que el agua subterránea presente en el acuífero, se infiltró hace miles de años.

El estudio hidrológico realizado, se enfocó hacia la caracterización y cuantificación de la infiltración y recarga hacia los acuíferos. Para ello se procesó información hidroclimatológica utilizando modelos matemáticos aplicables a las características de la cuenca. Fue necesario subdividir el área en cinco unidades hidrológicas con propósitos de caracterización y calibración. La tasa de infiltración promedio anual es de 383.7 mm/año.

Los acuíferos actualmente bajo producción de aguas subterráneas, corresponden a las areniscas de las formaciones Cacho y Bogotá, que conforman una estructura sinclinal sin efluencia de agua subterránea a través del subsuelo, constituyendo una cuenca hidrogeológica cerrada.

Las características hidrogeológicas, el balance hídrico y las técnicas isotópicas llevan a la conclusión de que la recarga es muy pequeña ($0,57 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$) y es inferior a la descarga ($1,55 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$.)

El índice de escasez, calculado con base en el caudal captado/caudal explotado, es muy alto (2,7) y plantea la necesidad de reordenar la demanda y la oferta si se desea prevenir futuras crisis de suministro de agua potable para la ciudad de Tunja.

La gran mayoría de los pozos en producción presentan un continuo descenso de los niveles estáticos, lo cual confirma que la explotación de los acuíferos es superior a la recarga. Por tales razones, no es posible garantizar un aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos subterráneos, actualmente bajo producción.



Para manejar el acuífero se requiere desarrollar una herramienta que permita hacer evaluación y pronósticos, la cual podría ser un modelo matemático computacional. Como resultado de ello, se deberán seleccionar los pozos que deben ser sellados y aquellos que pueden ser habilitados como pozos de monitoreo, con fines de protección y optimización acuífero que se está aprovechando en la actualidad.

La Formación Labor y Tierna constituye un acuífero de buena importancia hidrogeológica. En la actualidad no se está aprovechando dado que, se encuentra a gran profundidad, dentro de la cuenca de Tunja Este acuífero debe ser materia de evaluación, ya que puede constituir una fuente importante de aguas subterráneas para cubrir las futuras necesidades de la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

Alarcón Manuel, Suárez Luz M. Investigación de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano en la ciudad de Tunja. Tesis de Grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso. 1991

Cajicá, L., Sandoval, I. Estudio hidrogeológico de la cuenca de Tunja. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. 2003.

CORPOBOYACÁ. Se aprovechó información suministrada por CORPOBOYACÁ, existente en sus archivos y expedientes de concesiones y estudios previos.

Custodio E. y Lamas R., 1996. Hidrología Subterránea. Ediciones Omega. Barcelona.

Fletcher G.D. 1987. Groundwater and Wells. Jonson Division. St. Paul, Minnesota.

Rodríguez C.O. Línea Meteorica Isotópica de Colombia. Meteorología Colombiana. No 8 (pp.43-51).Bogotá, Colombia. 2004.

Rodríguez Jairo, Vargas Campo. Análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Tunja. Tesis de Grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Patrocinada por CORPOBOYACÁ. Sogamoso 2002.

Torres E., Obando E. Estudio hidrogeológico de la cuenca de Tunja utilizando técnicas isotópicas. IV Simposio Colombiano de Hidrogeología. Cartagena. 1993.

U.P.T.C. IIFA. Identificación, evaluación y uso actual de las zonas de recarga del acuífero de Tunja. 1994.



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



SERA.Q.A suministró información relacionada con los pozos de producción que están a su cargo, niveles estáticos, caudales de bombeo y de suministro para el acueducto de Tunja.

4. DETERMINACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ACUIFERO DE TUNJA BOYACA-COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua subterránea se puede ver afectada por las actividades antrópicas que se desarrollan en la superficie, por tal motivo, es necesario evaluar el riesgo que representa para el acuífero de Tunja las actividades que son fuentes potenciales de contaminación, con el fin de establecer planes de gestión ambiental que permitan controlar y amortiguar el riesgo a la contaminación del acuífero de Tunja.

4.1 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio para la determinación del riesgo (figura 4.1), se localiza en el Departamento de Boyacá en el acuífero de Tunja dentro de las siguientes coordenadas:

Tabla 4.1. Coordenadas zona de estudio

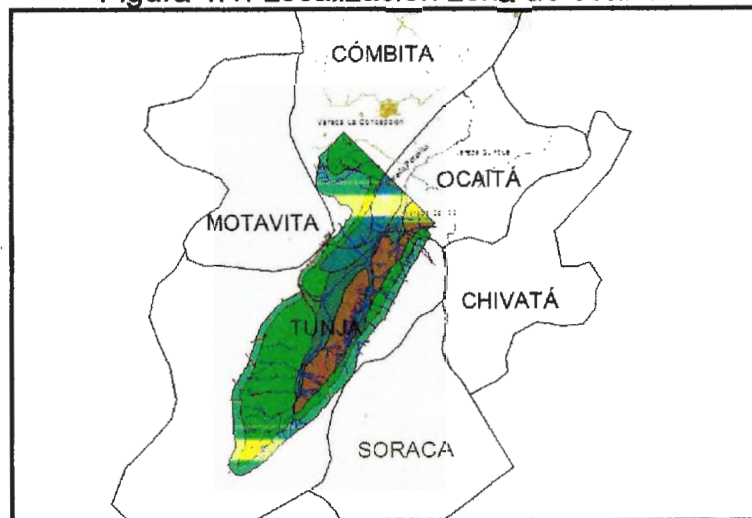
COORDENADAS	X	Y
NORTE	1083287,72	1111685,20
SUR	1075839,59	1097179,06
ORIENTE	1081136,71	1101258,37
OCCIDENTE	1076947,33	1103746,75

Los autores 2006

Tiene una extensión planimétrica de 86,16 km². Limitada al sur por el denominado alto del moral, al norte por la intersección entre la vía central del Norte y la salida de la doble calzada Bogotá-Sogamoso, al Oriente con el alto de Soracá y al occidente con las antenas de Telecom ubicadas en la vereda Tras del Alto.

Hacen parte de la jurisdicción de la zona de estudio los Municipios de: Tunja con el 62.2% del área de estudio, Combita con el 26.5% del área de estudio, Oicatá con el 4.45% del área de estudio, Motavita con el 5.28% del área de estudio y Soracá con el 1.56% del área de estudio. El análisis de la división política del estudio se puede observar en la tabla 4.2.

Figura 4.1. Localización zona de estudio



Los autores 2006

Tabla 4.2. Jurisdicción política área de estudio

Municipio	Vereda	Área de Estudio (km ²)	Total (km ²)	Área por veredas % (km ²)	Área por Municipio % (km ²)
Tunja	Runta	13,816	53,589	25,78	62,20
	Pirgua	15,646		29,20	
	El porvenir	1,785		3,33	
	Tras del alto	1,375		2,57	
	Chorro blanco	1,2		2,24	
	Área Urbana	19,767		36,89	
Combita	San Onofre	22,843	22,843	100	26,51
Oicatá	Poravita	1,657	3,831	43,25	4,45

	Centro	2,174		56,75	
Motavita	El Salvial	4,379	4,552	96,20	5,28
	Centro	0,173		3,80	
Soracá	Otro Lado	1,344	1,344	100	1,56
TOTAL		86,159		100,00	

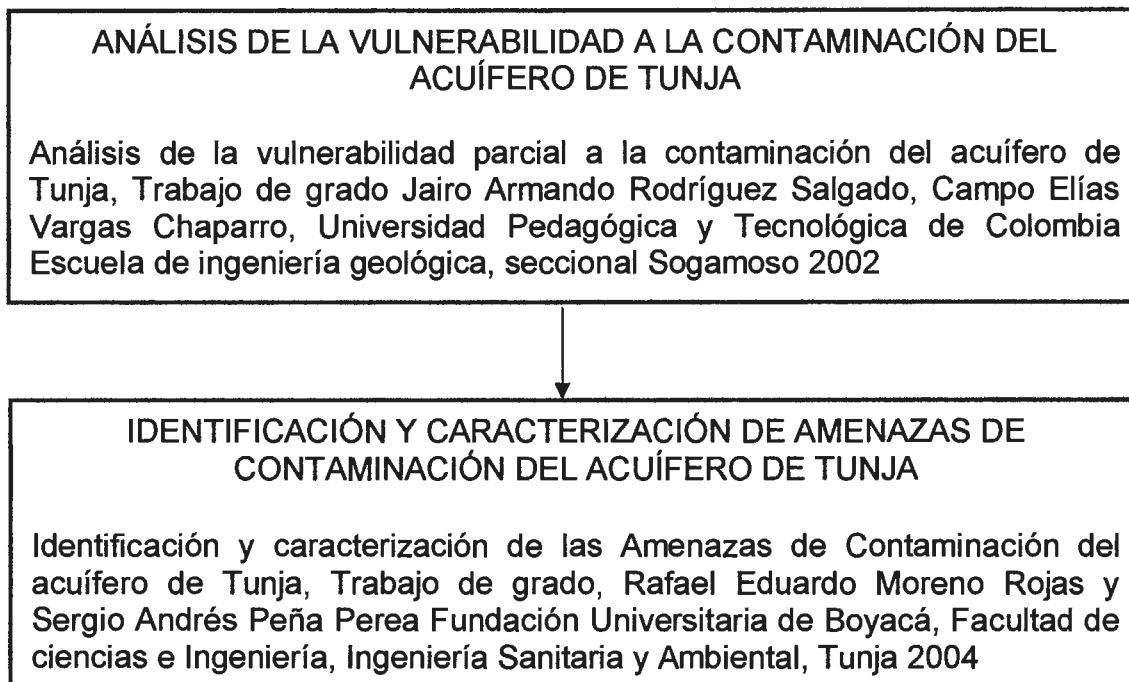
Los autores 2006

Para la determinación del riesgo a la contaminación se validó la información de los estudios presentados en la figura 4.2, la validación de la información existente se realizó a través de inspecciones y toma de datos a los diferentes lugares indicados en los trabajos de investigación, además se revisaron los expedientes de las actividades potencialmente contaminadoras de aguas subterráneas que se encuentran en CORPOBOYACÁ.

La información del trabajo de investigación: "Identificación y caracterización de las Amenazas de Contaminación del acuífero de Tunja" que presentó un grado de certeza inferior al 80%, se recolectó nuevamente durante los meses de mayo-junio y julio del 2006, conservando la metodología y los criterios de análisis allí utilizados.

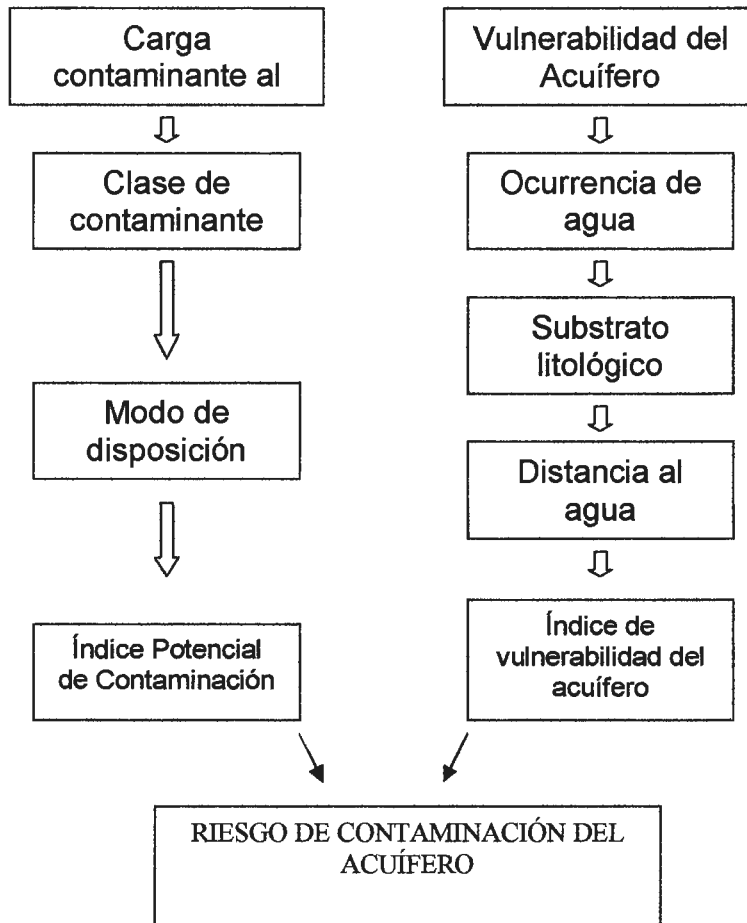
Para evaluar el riesgo a la contaminación del acuífero de Tunja, se utiliza la información de las categorías de índice de amenaza a la contaminación, esta información se superpone a los mapas de vulnerabilidad de contaminación de acuíferos. Como resultado de esta actividad se genera el mapa de riesgo a la contaminación por actividades humanas. En dicho mapa se evalúa el grado de vulnerabilidad y el peligro potencial a la contaminación por viviendas, disposición de residuos, areneras, ladrilleras, alcantarillados municipales, bombas de gasolina, cultivos agrícolas, agua superficial contaminada y disposición de residuos.

Figura 4.2. Estudios previos para la generación del mapa de riesgo a la contaminación



Teniendo la información básica disponible se aplicó la metodología de Cepis (Foster, et, al) cuyo procedimiento se basa en datos existentes, donde la interacción entre los componentes de la carga contaminante y la vulnerabilidad determinan el riesgo de contaminación (figura 4.3). La metodología desarrollada se considera como la base en la evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, se deben realizar estudios que permitan establecer con mayor grado de precisión el riesgo real a la contaminación del acuífero.

Figura 4.3. Metodología aplicada

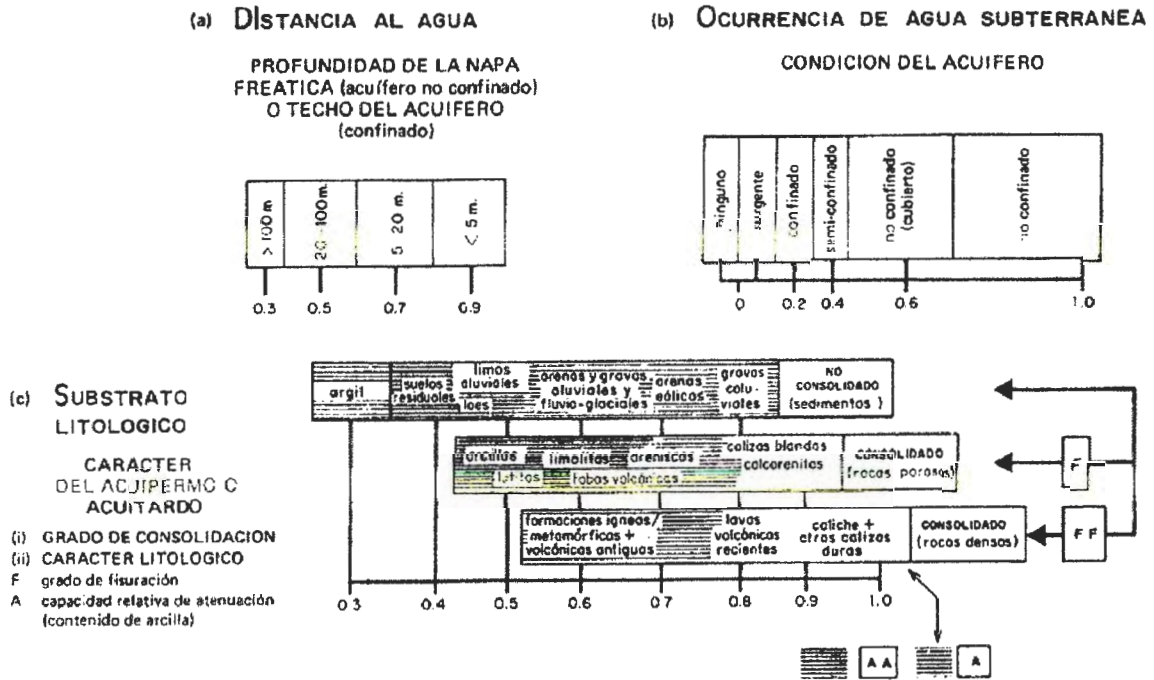


(Cepis, 1991)

4.2 VALIDACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN

La determinación de la vulnerabilidad se basó en el método GOD, la metodología propuesta considera la evaluación de un valor asociado a las propiedades intrínsecas del acuífero y de la zona no saturada (figura 4.4).

Figura 4.4 Sistema GOD para la evaluación de la Vulnerabilidad del acuífero



CARACTERIZACION DE LOS COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO

Para cada componente, se indica un índice comparativo de peligrosidad creciente.

CEPIS 1991

Al evaluar la metodología utilizada en el estudio denominado: “Análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Tunja”, se puede observar que los resultados concuerdan con las características geológicas e hidrogeológicas del área del estudio en cuanto al tipo de acuífero, el substrato litológico y la distancia al nivel piezométrico.

4.2.1 Concepto de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

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 (ZNS).



Foster (1987) sugiere que la definición más confiable de la "vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos" debe ser la medida de:

- El grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero.
- El grado de atenuación a la contaminación que posean los estratos de la zona no saturada (retención o reacción fisicoquímica).

Así, la susceptibilidad de los acuíferos a la contaminación, se considera como una función de las propiedades intrínsecas del suelo y del estrato litológico que comprende la zona no saturada.

Existen también otros factores externos unos de origen climático - pluviométrico, temperatura y otros relativos a la carga contaminante (tipo, movilidad y persistencia del contaminante. La combinación de los factores citados, endógenos y exógenos, determina el potencial riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas

4.2.2 Zonas vulnerables

Como resultado de la metodología se presentan las siguientes zonas vulnerables.

4.2.2.1 Baja vulnerabilidad a la contaminación

Esta es en proporción la zona que tiene mas extensión, 42,26 km² (tabla 4.3), se relaciona a zonas donde la capa confinante presenta características de litología predominantemente arcillosa, de permeabilidad media y de espesores de 20 a 100 metros, con un índice de vulnerabilidad que oscila entre el 0,1-0,3. De esta hacen parte el casco urbano y sub-urbano del municipio de Tunja y el valle formado por el río Jordán.

Tabla 4.3. Distribución política en vulnerabilidad baja de la zona de estudio

Municipio	Vereda	Vulnerabilidad baja (km ²)	Total (km ²)	Área por vereda en vulnerabilidad baja % (km ²)	Área por municipio en vulnerabilidad. baja % (km ²)
Tunja	Runta	8,276	35,460	23,34	83,92
	Pirgua	8,956		25,26	
	El porvenir	0,814		2,30	
	Tras del alto	0,311		0,88	
	Chorro blanco	0,528		1,49	
	Área Urbana	16,575		46,74	
Combita	San Onofre	2,916	2,916	100	6,90
Oicatá	Poravita	0,695	2,545	27,31	6,02
	Centro	1,85		72,69	
Motavita	El Salvia	0,808	0,908	88,99	2,15
	Centro	0,1		11,01	
Soracá	Otro Lado	0,427	0,427	100	1,01
TOTAL			42,256		100,00

Los autores 2006

En la tabla 4.3 se puede observar el porcentaje de área que tiene cada municipio de la jurisdicción con respecto a la zona vulnerabilidad baja del acuífero de Tunja, se nota que Tunja es el municipio que tiene mayor incidencia sobre la zona de vulnerabilidad baja.

4.2.2.2 Moderada vulnerabilidad a la contaminación

Esta conformada por franjas donde se presentan capas confinantes arenoarcillosas y profundidad del agua subterránea de 20 a 50 metros. Índice de Vulnerabilidad de 0,3-0,5. su mayor proporción comienza 100 metros delante de la desviación a la antigua vía Paipa siguiendo por la vía central del norte, aproximadamente con una ronda de 200 metros hacia ambos costados, en ésta se ubican el barrio Los Muiscas, el seminario de Tunja, barrios Santa rita, Villa Luz,

Santa Ana y el barrio Asís entro otros. También hacen parte de esta zona la ronda del río la Vega y las laderas de los cerros occidentales y orientales del municipio de Tunja (tabla 4.4)

Tabla 4.4. Distribución política en vulnerabilidad moderada de la zona de estudio

Municipio	Vereda	Vulnerabilidad Moderada (km ²)	Total (km ²)	Área por Vereda en Vulnerabilidad Moderada % (km ²)	Área por Municipio en Vulnerabilidad Moderada % (km ²)
Tunja	Runta	1,833	7,740	23,68	57,51
	Pirgua	2,332		30,13	
	El porvenir	0,438		5,66	
	Tras del alto	0,068		0,88	
	Chorro blanco			0,00	
	Área Urbana	3,069		39,65	
Combita	San Onofre	3,976	3,976	100	29,54
Oicatá	Poravita	0,962	1,05	91,62	7,80
	Centro	0,088		8,38	
Motavita	El Salvial	0,665	0,678	98,08	5,04
	Centro	0,013		1,92	
Soracá	Otro Lado	0,015	0,015	100	0,11
TOTAL			13,459		100,00

Los autores 2006

En la tabla 4.4 se puede observar el porcentaje de área que tiene cada municipio de la jurisdicción con respecto a la zona vulnerabilidad moderada del acuífero de Tunja, se nota que Tunja seguido de Combita son los municipio que tienen mayor incidencia sobre ésta zona.

4.2.2.3 Alta vulnerabilidad a la contaminación

Esta se relaciona a zonas de recarga, en los afloramientos de las rocas que se comportan como un acuífero y alrededor de los pozos profundos, hacen parte de esta las zonas cultivables de las veredas de Runta, San Onofre y el Salvial de Motavita, las zonas de pendientes pronunciadas de los cerros que encierran la ciudad también hacen parte de ésta franja.

Tabla 4.5 Distribución política en vulnerabilidad moderada de la zona de estudio

Municipio	Vereda	Vulnerabilidad Alta (km ²)	Total (km ²)	Área por Vereda en Vulnerabilidad Alta % (km ²)	Área por Municipio en Vulnerabilidad Alta % (km ²)
Tunja	Runta	3,707	10,389	35,68	61,89
	Pirgua	4,358		41,95	
	El porvenir	0,533		5,13	
	Tras del alto	0,996		9,59	
	Chorro blanco	0,672		6,47	
	Área Urbana	0,123		1,18	
Combita	San Onofre	2,292	2,292	100	13,66
Oicatá	Poravita	*NP	0,236	100	1,41
	Centro	0,236			
Motavita	El Salvial	2,906	2,966	97,98	17,67
	Centro	0,06		2,02	
Soracá	Otro Lado	0,902	0,902	100	5,37
TOTAL			16,785		100,00

*NP. no se presenta

Los autores 2006

En la tabla 4.5 se puede observar el porcentaje de área que tiene cada municipio de la jurisdicción con respecto a la zona vulnerabilidad alta del acuífero de Tunja,

se nota que Tunja seguido de Combita son los municipio que tienen mayor incidencia sobre ésta zona.

4.3 VALIDACIÓN EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS POR CONTAMINACIÓN

La metodología CEPIS, recomienda establecer tres valores de índice de amenaza Potencial a la contaminación (IAP): alto, medio y bajo. Debido a esto se considera para el presente estudio, que los valores con un IAP reportado como EXTREMO en el trabajo de grado "Identificación y caracterización de las amenazas de contaminación del acuífero de Tunja" se convierte en IAP ALTO para seguir la metodología indicada.

4.3.1 Residuos sólidos

En la ciudad de Tunja, se han dispuesto los residuos sólidos en distintas partes, que han servido como botaderos a cielo abierto. Desde 1998, se han desarrollado formas de disposición técnicas, pero no se han implementado procesos apropiados para recuperación de material reciclable, reutilizable y para compostaje. De acuerdo con los decretos 1713 de 2002 y 1505 de 2003.

El relleno actual ubicado en la vereda de Pigua, cuenta con lo establecido por las normas de calidad en el proceso de disposición final de residuos, actualmente es administrado por la empresa SERVIGENERALES E.S.P. Los lixiviados generados en el relleno sanitario, son almacenados en piscinas y poseen un sistema de tratamiento por evaporación.

Para la evaluación de la amenaza a la contaminación por la disposición final de residuos sólidos, se tomaron en cuenta 5 aspectos que son; impermeabilización, precipitación anual media, el área, los canales perimetrales, almacenamiento y tratamiento de lixiviados.

Con respecto al tema de disposición final de residuos sólidos, se considera que la información de la tesis: “Identificación y caracterización de amenazas de contaminación del acuífero de Tunja” se puede utilizar (se corrigen las coordenadas de ubicación del relleno sanitario) y los índices potenciales de contaminación consignados en ella se mantienen y se relacionan en la tabla 4.6

Tabla 4.6. Sitios de disposición de residuos sólidos con su respectiva evaluación y descripción

SITIO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE AMENAZA POTENCIAL I.A.P.	VALOR CUALITATIVO
1	N 110892 E 1083829 Alt 2670	Relleno Sanitario de la ciudad de Tunja, ubicado en la vereda de Pirgua, al Nororiente de la ciudad capital de departamento, administrado por la empresa SERVIGENERALES E.S.P., este relleno cuenta con su cercado, la impermeabilización se realiza con arcilla, consta de un área de 8 Ha, que comprende el relleno y sus instalaciones, posee canales perimetrales en la parte baja únicamente, posee almacenamiento y un múltiple tratamiento para lixiviados.	0.575	ALTO
2	N 1101486 E 1080916 Alt 2815	Antiguo botadero de residuos ubicado al oriente de la ciudad, hacia la parte alta del barrio San Antonio, los residuos eran dispuestos sobre las cárcavas formadas por procesos de erosión,	0.875	ALTO

		no posee ningún sistema de impermeabilización, no había compresión de los residuos para su consolidación, no existen canales perimetrales, no hay sistemas de recolección, almacenamiento, tratamiento y monitoreo de lixiviados		
--	--	--	--	--

Rafael Eduardo Moreno Rojas y Sergio Andrés Peña Perea. 2004

4.3.2 Alcantarillados municipales

Se evalúa para el caso de los alcantarillados municipales aspectos como: cobertura, materiales de los diferentes componentes del alcantarillado y la vida útil de las estructuras.

El alcantarillado de Tunja presenta diferentes etapas de construcción, desde los años cincuenta hasta los años setenta, el cubrimiento del servicio era del 50 % para lo que hoy conocemos como el centro y sur de la ciudad. Desde 1982 se han realizado ajustes en los programas de manejo de las aguas residuales del municipio por parte de las empresas encargadas de este servicio, aplicando tecnologías de última generación hasta la fecha actual. Hasta el momento no se ha realizado el diagnóstico del alcantarillado Municipal para poder realizar una evaluación aproximada sobre este ítem.

Con respecto al tema de alcantarillados, se considera que la información de la tesis: “Identificación y caracterización de amenazas de contaminación del acuífero de Tunja” se puede utilizar y los índices potenciales de contaminación consignados en ella se mantienen y se relacionan en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Amenazas de contaminación por alcantarillados municipales

MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE AMENAZA POTENCIAL I.A.P.	VALOR CUALITATIVO
TUNJA	El alcantarillado de Tunja tiene una cobertura del 98 %, los materiales que se utilizan para los colectores varían entre concreto, gress, PVC, y se han incorporado tuberías en GRP de última tecnología. No existe tratamiento para las aguas servidas.	0.5525	ALTO

Rafael Eduardo Moreno Rojas y Sergio Andrés Peña Perea. 2004

4.3.3 Pozos para extracción de agua subterránea

(Tabla 4.8), estaciones de servicio (Tabla 4.9), cementerios (Tabla 4.10) y reservorios naturales y artificiales de agua. Se considera que la información de la tesis: "Identificación y caracterización de amenazas de contaminación del acuífero de Tunja" se puede utilizar y los índices potenciales de contaminación consignados en ella se mantienen. Se excluyen para el presente estudio las fuentes potenciales de contaminación provenientes de pozos profundos, estaciones de servicio y reservorios de agua que se encuentran fuera de la franja establecida y no se tienen en cuenta para la evaluación del riesgo. Cada una de estas fuentes potenciales de contaminación se especializa en el mapa parcial de riesgo (anexo 4.4)

Tabla 4.8 Listado de pozos profundos con su respectiva evaluación y descripción

PUNTO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	INDICE DE AMENAZA POTENCIAL I.A.P.	VALOR CUALITATIVO
1	N 1100600 E 1078100 Alt 2755	<i>Pozo Runta.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 150 m, se encuentra cerca de focos de contaminación, el estado de la camisilla y la tapa es regular y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.8575	ALTO
2	N 1105250 E 1080500 Alt 2972	<i>Pozo U.P.T.C.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 223 m, se encuentra aproximadamente a 50 m de focos de contaminación, el estado de la camisilla y la tapa es buena y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.67	ALTO
3	N 1100328 E 1079180 Alt 2921	<i>Pozo San Francisco.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 96 m, se encuentra aproximadamente a 10 m de focos de contaminación, el estado de la camisilla y la tapa es regular y posee sello sanitario en mal estado.	0.825	ALTO
4	N 1101015 E 1079888 Alt 2915	<i>Pozo Cooservicios 2.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 88 m, con una constante de transmisividad de 60 m ² /d, se encuentra aproximadamente a 10 m de focos de contaminación, el estado de la camisilla y la tapa es buena y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.815	ALTO
5	N 1102700 E 1079677 Alt 2906	<i>Pozo San Antonio.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 84 m, con una constante de transmisividad de 50 m ² /d, se encuentra aproximadamente a 15 m de focos de contaminación, el estado de la	0.77	ALTO



		camisilla y la tapa es buena y posee sello sanitario según norma correspondiente.		
6	N 1105307 E 1079505 Alt 2907	<i>Pozo La Fuente 1.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 24 m, se encuentra aproximadamente a 20 m de focos de contaminación, el estado de la camisilla y la tapa es buena y posee sello sanitario según norma correspondiente, pero se encuentra roto.	0.805	ALTO
7	N 1105307 E 1079505 Alt 2908	<i>Pozo La Fuente 2.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 121 m, se encuentra aproximadamente a 20 m de focos de contaminación. Este pozo se encuentra en malas condiciones.	0.85	ALTO
8	N 1100328 E 1078830 Alt 2912	<i>Pozo Pensilvania.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 86 m, tiene una constante de transmisividad de 60 m ² /d, se encuentra aproximadamente a pocos metros de focos de contaminación, el estado de la camisilla y la tapa es buena y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.8	ALTO
9	N 1103750 E 1080480 Alt 2893	<i>Pozo Batallón Bolívar 1.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 118 m, tiene una constante de transmisividad de 30 m ² /d, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.66	ALTO
10	N 1103753 E 1080483 Alt 2844	<i>Pozo Batallón Bolívar 2.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 63 m, tiene una constante de transmisividad de 40 m ² /d, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.695	ALTO
11	N 1102900 E 1080900	<i>Pozo Silvino Rodríguez.</i> Administrado por SERA.Q.A.	0.805	ALTO

	Alt 2853	TUNJA. Tiene una profundidad de 63 m, tiene una constante de transmisividad de 40 m ² /d, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.		
12	N 1103214 E 1080028 Alt 2917	<i>Pozo Caminos Vecinales.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 117 m, tiene una constante de transmisividad de 35 m ² /d, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente. Hay evidencia de contaminación alrededor del pozo.	0.715	ALTO
13	N 1101530 E 1079370 Alt 2914	<i>Pozo Cooservicios 1.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 96 m, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.695	ALTO
14	N 1101564 E 1078745 Alt 2879	<i>Pozo La Florida.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 120 m, tiene una constante de transmisividad de 7 m ² /d, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.61	ALTO
15	N 1104530 E 1080000 Alt 2936	<i>Pozo La Remonta.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 96 m, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.8	ALTO
16	N 1104734 E 1080315 Alt 2837	<i>Pozo El Estadio.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 247 m, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.63	ALTO
17	N 1105320 E 1079750 Alt 2897	<i>Pozo Parque Recreacional.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Es un pozo saltante, el estado de la camisilla y la tapa	0.63	ALTO

		es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente, pero se encuentra cerca de focos de contaminación.		
18	N 1108054 E 1081302 Alt 2889	<i>Pozo Los Muiscas.</i> Administrado por SERA.Q.A. TUNJA. Tiene una profundidad de 263 m, el estado de la camisilla y la tapa es buena y posee sello sanitario según norma correspondiente, pero se encuentra cerca de focos de contaminación.	0.86	ALTO
21	N 1110943 E 1082899 Alt 2880	<i>Pozo Concepción.</i> Administrado por el municipio de Combita. Tiene una profundidad de 160 m, el estado de la camisilla y la tapa es bueno y posee sello sanitario según norma correspondiente.	0.59	ALTO
23	N 1102670 E 1078800 Alt 2926	<i>Pozo planta de gaseosas.</i> Tiene una profundidad de 190 m.	0.65	ALTO

Rafael Eduardo Moreno Rojas y Sergio Andrés Peña Perea.

Tabla 4.9 Listado de estaciones de servicio con su respectiva evaluación y descripción

PUNTO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	INDICE DE AMENAZA POTENCIA L I.A.P.	VALOR CUALITATIVO
1	N 1104385 E 1079973 Alt 2738	<i>Estación de Servicio ESSO Maldonado,</i> posee tanques de almacenamiento de combustibles en acero, en doble pared con fibra de vidrio, se encuentran enterrados cubiertos con una capa de gravilla y arena, Los tanques tienen una edad útil de 30 años, no poseen sistemas de contención secundaria, no realizan cambio de aceite ni grasas y la protección de las áreas superficiales es adecuada. No hay lavado de automotores.	0.4	MODERADO
2	N 1104373 E 1079995 Alt 2746	<i>Estación de Servicio Texaco Hugolino,</i> posee tanques de almacenamiento de combustibles en acero, se encuentran enterrados cubiertos con una capa de gravilla y arena, Los tanques tienen una	0.4	MODERADO

		edad útil de 30 años, no poseen sistemas de contención secundaria, no realizan cambio de aceite ni grasas y la protección de las áreas superficiales es regular. No hay lavado de automotores.		
3	N 1104877 E 1080416 Alt 2817	<i>Estación de Servicio La Colina</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en lámina de acero con fibra de vidrio los cuales están inmunizados, se encuentran enterrados cubiertos con una capa de arena, Los tanques tienen una edad útil de 50 años, no poseen sistemas de contención secundaria, Los desechos de grasas y aceites se recogen y se venden, no existe tratamiento de lodos, estos son llevados a un botadero.	0.54	ALTO
4	N 1101791 E 1079044 Alt 2756	<i>Estación de Servicio Hunza</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en fibra de vidrio, se encuentran enterrados cubiertos con una capa de gravilla, Los tanques tienen una edad útil de 50 años, no realizan cambio de aceite y grasas, la protección de las áreas superficiales es adecuada. No existe lavado de automotores.	0.505	MODERADO
5	N 1101524 E 1078976 Alt 2801	<i>Estación de Servicio El Triunfo</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles metálicos con una capa anticorrosiva, se encuentran enterrados cubiertos con una capa de arena, Los tanques tienen una edad útil de 30 años, realizan cambio de aceite y grasas, los desechos de estos se venden, la protección de las áreas superficiales es adecuada. No existe lavado de automotores.	0.505	MODERADO
6	N 1101143 E 1078580 Alt 2821	<i>Estación de Servicio Tisquesusa</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en lámina de acero, se encuentran enterrados cubiertos con una capa impermeabilizante, Los tanques tienen una edad útil de 20 años, realizan cambio de aceite y grasas, los residuos se venden, la protección de las áreas superficiales está en buen estado. Los lodos son recogidos y se llevan al botadero.	0.545	Alto

7	N 1103580 E 1079254 Alt 2800	<i>Estación de Servicio ROYAL</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en lámina de hierro, se encuentran enterrados, Los tanques tienen una edad útil de 30 años, no realizan cambio de aceite y grasas, la protección de las áreas superficiales está en mal estado. No hay lavado de automotores.	0.825	ALTO
8	N 1101961 E 1079336 Alt 2777	<i>Estación de Servicio COOSERVICIOS LTDA</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en lámina de hierro cubiertos en fibra de vidrio de ¼", se encuentran enterrados e inmunizados, Los tanques tienen una edad útil de 40 años, no poseen sistemas de contención secundaria, realizan cambio de aceite y grasas, los residuos de estos se venden, la protección de las áreas superficiales está en buen estado. Hay lavado de automotores, los lodos se almacenan en un tanque de sedimentación y posteriormente son dispuestos en un botadero.	0.62	ALTO
9	N 1100788 E 1079999 Alt 2770	<i>Estación de Servicio COOTAX</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en fibra de vidrio, se encuentran enterrados, Los tanques tienen una edad útil de 50 años, no poseen sistemas de contención secundaria, realizan cambio de aceite y grasas, los residuos de estos son mal dispuestos, la protección de las áreas superficiales está en buen estado. No hay lavado de automotores.	0.755	ALTO
10	N 1101026 E 1078500 Alt 2851	<i>Estación de Servicio San Antonio</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en lámina, se encuentran enterrados y con una capa de recebo, Los tanques tienen una edad útil de 10 años, no poseen sistemas de contención secundaria, no realizan cambio de aceite y grasas, la protección de las áreas superficiales está en buen estado. No hay lavado de automotores.	0.755	ALTO
11	N 1107558 E 1081770 Alt 2786	<i>Estación de Servicio Los Muiscas</i> , posee tanques de almacenamiento de combustibles en lámina de hierro	0.695	ALTO

		<p>circulares, Los tanques tienen una edad útil de 30 años, no poseen sistemas de contención secundaria, realizan cambio de aceite y grasas, los desechos de estos se recogen y se venden, protección de las áreas superficiales está en buen estado en concreto. Hay lavado de automotores, el tratamiento del agua se realiza por medio de rejillas y tamices.</p>		
12	<p>N 1104280 E 1078976 Alt 2842</p>	<p><i>Estación de Servicio El Carare</i>, posee tanques de almacenamiento de combustibles en fibra de vidrio y 3 tanques en lámina de hierro, Los tanques tienen una edad útil de 40 años, no poseen sistemas de contención secundaria, realizan cambio de aceite y grasas, los desechos de estos se recogen y se venden, protección de las áreas superficiales está en buen estado. Hay lavado de automotores, el tratamiento del agua se realiza por medio de trampa de grasas y desarenador.</p>	0.635	ALTO
13	<p>N 1104155 E 1079946 Alt 2758</p>	<p><i>Estación de Servicio TEXACO Av. Maldonado</i>, poseen tanques en acero, Los tanques tienen una edad útil de 40 años, no poseen sistemas de contención secundaria, no realizan cambio de aceite ni grasas protección de las áreas superficiales está en buen estado. No hay lavado de automotores.</p>	0.77	ALTO
14	<p>N 1108533 E 1082517 Alt 2829</p>	<p><i>Estación de Servicio Los Caciques</i>, posee tanques de almacenamiento de combustibles en fibra de vidrio y en lámina de hierro, Los tanques tienen una edad útil de 50 años, no poseen sistemas de contención secundaria, realizan cambio de aceite y grasas, los desechos de estos se recogen y se venden, protección de las áreas superficiales está en buen estado. Hay lavado de automotores, el tratamiento del agua se realiza por medio de rejillas, trampa de grasas y desarenador.</p>	0.61	ALTO
15	<p>N 1104659 E 1080155 Alt 2822</p>	<p><i>Estación de Servicio de la glorieta</i>. Posee tanques de almacenamiento de combustibles en fibra de vidrio y en lámina de hierro, Los tanques tienen una edad útil de 50 años, no poseen sistemas</p>	0.6	ALTO

		de contención secundaria, realizan cambio de aceite y grasas, los desechos de estos se recogen y se venden, protección de las áreas superficiales está en buen estado. Hay lavado de automotores, el tratamiento del agua se realiza por medio de rejillas y tamices, trampa de grasas y desarenador.		
--	--	---	--	--

Rafael Eduardo Moreno Rojas y Sergio Andrés Peña Perea. 2004.

Tabla 4.10 Ubicación jardines de la Asunción con su respectivo I.A.P.

PUNTO	UBICACIÓN			I.A.P.
	NORTE	ESTE	ALTURA	
1	1082775	1082775	2785	0.7 ALTO
2	1108856	1082077	2785	
3	1108782	1082751	2774	
4	1108754	1082711	2776	
5	1108742	1082649	2779	

Tabla 4.11. Listado de reservorios de agua

Para el caso de los reservorios se asigna un valor de índice de amenaza potencial (I.A.P.) de 0.6 (ALTO)

PUNTO	UBICACIÓN		
	NORTE	ESTE	ALTURA
1	1097220	1076420	2906
2	1097245	1076454	2902
3	1097380	1076602	2887
4	1097325	1076968	2888
5	1097279	1076956	2892
6	1098681	1078078	2840
7	1098586	1077979	2843
8	1098211	1077512	2854
9	1098355	1077349	2870
10	1098149	1077244	2872
11	1099668	1078341	2788
12	1099840	1078886	2773
13	1100608	1078885	2876
14	1100462	1081924	2830
15	1100760	1082573	2850
16	1100733	1082610	2850

17	1100721	1082665	2848
18	1102238	1084670	2850
19	1102421	1086357	2852
20	1108576	1084905	2703
21	1108355	1085411	2758
22	1108143	1085402	2773
23	1107000	1085126	2895
24	1106241	1084939	2944
25	1098603	1076474	2990
26	1100136	1076598	3093
27	1102902	1077482	3115
28	1103043	1077537	3102
29	1108014	1080812	2996
30	1108454	1080960	2965
31	1108472	1081036	2946
32	1108414	1081286	2925
33	1109020	1081220	2941
34	1106478	1083049	2815
35	1109882	1083202	2790
36	1108773	1082744	2785
POZO DONATO	1105289	1080699	2756

Rafael Eduardo Moreno Rojas y Sergio Andrés Peña Perea. 2004

4.3.4 Vivienda Rural

Una vez realizada la visita a campo se considera que la información consignada en el trabajo de grado “Identificación y caracterización de las amenazas de contaminación del acuífero de Tunja” se encuentra incompleta, por tanto, se procede a una nueva toma de datos para complementar el trabajo. Esta nueva recolección se hace de acuerdo a la metodología descrita en el trabajo de grado anteriormente mencionado con el fin de conservar los mismos criterios en la asignación de los valores del índice de amenaza potencial a la contaminación (IAP).

En la tabla 4.12 se presentan los datos recolectados y su análisis respectivo.

El 59% de las viviendas rurales encuestadas, presenta un IPC alto, esto se debe a que se conjuga el número de habitantes por vivienda y la ausencia de conexión al



alcantarillado; el 38.5% tiene un IPC moderado y tan solo el 2.5 de la muestra se encuentra con una baja afectación a la contaminación del acuífero. En relación con tenencia de la vivienda la población, el 72% de las viviendas rurales son propias mientras el restante 28% son arrendadas para un total de habitantes de 1157. El 63,5% de las viviendas cuenta con al menos una unidad básica sanitaria y el 36.5% no la poseen. El 47% de los hogares tienen pozo séptico, sin embargo las características de construcción y limpieza no se conocen; el 53 % no lo tiene y la disposición final de residuos se realiza sobre terrenos aledaños a la construcción. Por último las veredas de Runta y San Onofre son las que presentan mayor número de viviendas en el área de cobertura del estudio.

Tabla 4.12. Amenazas de contaminación por vivienda rural

NOMBRE	P	A	VEREDA	COORDENADAS		ALTURA m	# Hab.	UND. SANITARIA	DISP. FINAL	IPC #	IPC
				x	y						
José Pulido		X	Runta	1076268,42	1101350,59	2848	3	No existe	Alrededores	0,33	MODERADO
Matilde García		X	Runta	1076205,64	1101135,42	2848	7	Baño	Alrededores	0,50	MODERADO
Marina Bermúdez		X	Runta	1076410,61	1100798,87	2848	3	No existe	Alrededores	0,33	MODERADO
José Ruíz		X	Runta	1075928,66	1101041,63	2848	8	No existe	Alrededores	0,50	MODERADO
Pedro Rodríguez	X		Runta	1076853,79	1100848,52	2847	5	Baño	P. séptico	0,63	ALTA
Julio Moreno	X		Runta	1076898,1	1100774,96	2848	4	Baño	P. séptico	0,60	ALTA
Ana Delia Moreno	X		Runta	1076994,13	1102628,76	2848	4	Baño	Alrededores	0,40	MODERADO
Ana Cruz		X	Runta	1076986,74	1100747,37	2848	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
Leonardo Moreno	X		Runta	1076995,97	1101243,93	2848	4	Baño	Alrededores	0,40	MODERADO
Ernestina Ferrucho	X		Runta	1080133,29	1100751,05	2868	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
María Oliva Castillo		X	Runta	1079917,24	1100344,61	2884	4	Baño	P. séptico	0,60	ALTA
Carmen González	X		Runta	1076763,3	1098797,94	2890	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
José Miguel Alba	X		Runta	1077080,91	1102715,2	2852	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
Norberto Gonzáles	X		Runta	1077476,08	1099928,98	2849	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Javier Gutiérrez	X		Runta	1075383,92	1098924,84	2842	5	Baño	P. séptico	0,63	ALTA
Margarita Gonzáles	X		Runta	1077893,4	1099095,87	2859	7	Baño	P. séptico	0,70	ALTA
Cristina Gutiérrez		X	Runta	1077799,23	1099002,08	2848	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
María Gutiérrez		X	Runta	1077797,38	1099013,11	2849	5	Baño	P. séptico	0,30	MUY BAJA
Ana Gonzáles	X		Runta	1076602,65	1099025,99	2874	4	Baño	Alrededores	0,40	MODERADO
Ana Gonzáles	X		Runta	1076159,48	1099003,92	2879	8	Baño	Alrededores	0,53	ALTA
María Gonzáles	X		Runta	1076233,34	1099009,43	2886	2	Baño	P. séptico	0,53	ALTA
Mercedes Gutiérrez	X		Runta	1076621,12	1098994,72	2874	8	Baño	P. séptico	0,73	ALTA
María González	X		Runta	1075623,97	1098937,71	2895	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Romelia González		X	Runta	1077830,62	1099134,49	2848	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
Ana Otilia Gutiérrez			Runta	1077959,88	1099121,62	2861	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
Edilberto Velandia	X		Runta	1077959,88	1099121,62	2861	9	No existe	Alrededores	0,53	ALTA
María Rodríguez	X		Runta	1077902,64	1099658,63	2849	3	No existe	Alrededores	0,33	MODERADO

Efraín Vargas	X		Runta	1077644,12	1099978,63	2849	6	Baño	P. séptico	0,67	ALTA
Diana Gonzáles		X	Runta	1077902,64	1099658,63	2849	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
Ana Gonzáles		X	Runta	1077498,24	1099947,37	2849	9	No existe	Alrededores	0,53	ALTA
María Gutiérrez	X		Runta	1077210,17	1099215,41	2850	8	Baño	P. séptico	0,70	ALTA
José Edgar Vargas	X		Runta	1076829,78	1099528,06	2849	9	Baño	P. séptico	0,77	ALTA
María Aurora	X		Runta	1076720,83	1099417,71	2849	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Natividad Reyes		X	Runta	1075893,57	1099483,92	2849	7	Baño	P. séptico	0,70	ALTA
Juan Gutiérrez	X		Runta	1077093,84	1099114,26	2850	3	Baño	P. séptico	0,57	ALTA
Anamilda Gutiérrez	X		Runta	1077014,44	1099974,96	2849	10	Baño	Alrededores	0,60	ALTA
Obidio Gonzáles	X		Runta	1077557,33	1100000,7	2849	4	Baño	P. séptico	0,60	ALTA
Rosa Gonzáles	X		Runta	1077874,94	1098488,97	2849	3	Baño	P. séptico	0,57	ALTA
Pablo Gonzáles	X		Runta	1077874,94	1099631,05	2849	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
Claudia Rincón		X	Runta	1077450,23	1099785,53	2849	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
Elías Gonzáles	X		Runta	1077778,92	1099528,06	2849	1	Baño	P. séptico	0,53	ALTA
Rita Gutiérrez	X		Runta	1077212,02	1099708,29	2849	6	Baño	P. séptico	0,67	ALTA
José María Amaya	X		Runta	1077352,36	1099283,46	2848	9	Baño	P. séptico	0,80	ALTA
Erminio Gonzáles	X		Runta	1077442,84	1099325,76	2842	5	Baño	P. séptico	0,63	MODERADO
Hilda Chivata		X	Runta	1077459,46	1099311,04	2846	6	Baño	P. séptico	0,67	ALTA
José Gonzáles	X		Runta	1077079,07	1099625,53	2849	8	Baño	P. séptico	0,73	ALTA
María Gonzáles	X		Runta	1077828,77	1099064,61	2860	7	Baño	P. séptico	0,70	ALTA
Nicolás Gonzáles	X		Runta	1076720,83	1099417,71	2849	4	Baño	P. séptico	0,60	ALTA
Rosalbina Sánchez		X	Runta	1076554,64	1100837,49	2848	9	No existe	Alrededores	0,53	ALTA
Juan Pablo Orjuela	X		Runta	1076940,58	1100911,05	2848	7	Baño	P. séptico	0,70	ALTA
Bertha Orjuela	X		Runta	1076853,79	1100848,52	2848	2	No existe	Alrededores	0,30	MUY BAJA
Onofre Medina		X	Runta	1076936,88	1102249,91	2846	5	Baño	P. séptico	0,67	MODERADO
Ana Dolly Bautista	X		Runta	1076971,97	1099596,1	2850	8	2 Baño	P. séptico	0,73	ALTA
Luis Alberto Daza		X	Runta	1075494,71	1100885,3	2848	8	No existe	Alrededores	0,50	MODERADO
Carmenza López		X	Runta	1076211,18	1097260,46	2968	8	No existe	Alrededores	0,50	MODERADO
Fortunato Camargo	X		Runta	1075411,62	1101306,46	2848	2	No existe	Alrededores	0,33	MODERADO
Marco González	X		Runta	1076983,05	1098880,7	2800	6	Baño	Alrededores	0,47	MODERADO
Nelly González		X	Runta	1076960,89	1098816,33	2810	7	Baño	Alrededores	0,50	MODERADO

María Rativa	X		Runta	1076960,89	1098781,39	2822	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
Vitalvina Gutiérrez	X		Runta	1076966,43	1098790,58	2790	4	Baño	Alrededores	0,40	MODERADO
Marisol Quiroga	X		Runta	1076584,19	1099105,07	2917	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
Flor Gutiérrez		X	Runta	1076935,04	1098801,62	2801	3	Baño	P. séptico	0,57	ALTA
María González	X		Runta	1076983,05	1098880,7	2856	4	Baño	P. séptico	0,60	ALTA
Nelson González	X		Runta	1077101,23	1098882,54	2862	4	No existe	Alrededores	0,37	MODERADO
María González	X		Runta	1076984,89	1098882,54	2850	6	Baño	P. séptico	0,67	ALTA
Omar González	X		Runta	1075180,8	1098882,54	2896	6	Baño	P. séptico	0,67	ALTA
Rosa Gutiérrez	X		Runta	1077045,83	1098926,67	2898	5	Baño	P. séptico	0,63	ALTA
Berdila López		X	Runta	1076720,83	1099377,25	2922	6	Baño	P. séptico	0,67	ALTA
José Mateo		X	Runta	1076720,83	1099377,25	2922	4	Baño	P. séptico	0,60	ALTA
Jairo Romero		X	Runta	1076393,99	1099388,29	2922	5	2 Baño	P. séptico	0,63	ALTA
José Gutiérrez	X		Runta	1077023,67	1098937,71	2890	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
José Gutiérrez	X		Runta	1077023,67	1098937,71	2890	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
José González	X		Runta	1076733,76	1098832,88	2904	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
María Aqueda	X		Runta	1076999,67	1099081,16	2922	1	Baño	P. séptico	0,53	ALTA
Blanca Morales		X	Runta	1077049,52	1099090,35	2917	7	Baño	P. séptico	0,70	ALTA
Otoniel Avendaño	X		Runta	1076781,77	1098637,94	2874	10	No existe	Alrededores	0,60	ALTA
Gloria Gutiérrez	X		Runta	1076767	1098628,74	2869	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Claudia Gutiérrez	X		Runta	1076755,92	1098614,03	2875	1	No existe	Alrededores	0,30	MUY BAJA
Isolina Gutiérrez	X		Runta	1075217,73	1098669,2	2872	3	Baño	P. séptico	0,57	ALTA
Pablo González	X		Runta	1076687,6	1098575,41	2872	5	Baño	P. séptico	0,63	ALTA
Edelmira González		X	Runta	1076717,14	1098520,24	2874	13	Baño	Alrededores	0,63	ALTA
Analina Aldemar		X	Runta	1076711,6	1098632,42	2884	1	Baño	Alrededores	0,33	MODERADO
Blanca Gutiérrez	X		Runta	1076707,91	1098639,78	2884	3	Baño	Alrededores	0,37	MODERADO
Claudia González	X		Runta	1076772,54	1098810,81	2888	3	No existe	Alrededores	0,33	MODERADO
N.N			Runta	1076715,29	1098645,29	2874	1	No existe	Alrededores	0,30	MUY BAJA
Alejandro Gutiérrez		X	Runta	1076770,69	1098643,46	2873	1	No existe	Alrededores	0,30	MUY BAJA
Carlos Díaz	X		Runta	1076750,38	1098529,43	2861	4	No existe	Alrededores	0,37	MODERADO
Ecseomo Vargas	X		Runta	1078283,03	1099498,63	2856	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
Luis Ráquira	X		Runta	1080471,21	1100973,58	2881	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO

Luz Gutiérrez	X		Runta	1078283,03	1099498,63	2856	6	Baño	P. séptico	0,67	ALTA
Carmenza Rincón		X	Runta	1077970,96	1098323,45	2939	5	Baño	P. séptico	0,63	ALTA
Virginia Rodríguez		X	Runta	1077856,47	1081988,67	2894	3	Baño	P. séptico	0,57	ALTA
Eugenio Moreno	X		Runta	1078436,29	1099974,96	2820	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Eugenio Moreno Jr	X		Runta	1078449,22	1100030,13	2814	8	Baño	Alrededores	0,53	ALTA
María López	X		Runta	1076724,53	1098634,26	2820	2	Baño	Alrededores	0,33	MODERADO
Humberto Gonzáles	X		Runta	1077930,33	1099141,85	2859	7	Baño	Alrededores	0,50	MODERADO
Santos Hernández	X		Runta	1079481,45	1100048,52	2857	2	Baño	P. séptico	0,53	ALTA
María Marlen Ráquira	X		Runta	1080471,21	1100973,58	2881	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
Pulidoro Sánchez		X	Runta	1080223,77	1100815,42	2881	3	No existe	Alrededores	0,33	MODERADO
Pedro Pablo Torres	X		Runta	1080133,29	1100751,05	2868	8	Baño	P. séptico	0,73	ALTA
Olga Lucía Medina	X		Runta	1079479,6	1099883	2879	6	No existe	P. séptico	0,63	ALTA
Luz Marina Ortega		X	Runta	1079586,71	1100236,11	2860	8	Baño	Alrededores	0,53	ALTA
Helena Cepeda	X		Runta	1079680,88	1100223,23	2866	6	Baño	Alrededores	0,47	MODERADO
Carlos Samacá	X		San Onofre	1081684,4	1113258,69	2983	2	Baño	P. Séptico	0,53	ALTA
Pablo Rubio	X		San Onofre	1081492,36	1113275,24	2996	6	Baño	P. Séptico	0,67	ALTA
Guillermo Pineda	X		San Onofre	1081442,5	1112035,7	3024	5	Baño	P. Séptico	0,63	ALTA
José Tubacuy	X		San Onofre	1081339,1	1112015,47	3032	10	Baño	P. Séptico	0,83	ALTA
Alfonso Guayacán		X	San Onofre	1077588,72	1098801,62	2911	8	Baño	Alrededores	0,53	ALTA
Isaías Fonseca	X		San Onofre	1081015,95	1111835,24	3034	1	Baño	P. Séptico	0,53	ALTA
Álvaro Barragán	X		San Onofre	1081207,99	1112337,31	3048	7	Baño	P. Séptico	0,70	ALTA
María Molina	X		San Onofre	1080971,63	1111875,7	3091	3	Baño	P. Séptico	0,57	ALTA
María Tocarruncho	X		San Onofre	1080905,15	1111943,74	3104	8	No existe	Alrededores	0,50	MODERADO
Mery Fonseca	X		San Onofre	1080831,29	1112006,27	3121	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
Silvio Fonseca	X		San Onofre	1081015,95	1111835,24	3094	5	Baño	P. Séptico	0,63	ALTA
Israel Ramírez	X		San Onofre	1081664,09	1111605,35	3052	2	Baño	P. Séptico	0,53	ALTA
Mariano Alfonso	X		San Onofre	1080971,63	1112079,84	3056	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Maximiliano García	X		San Onofre	1081220,92	1115541	3062	2	Baño	Alrededores	0,33	MODERADO
Maximiliano García	X		San Onofre	1081220,92	1111862,82	3063	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Amparo Ríos		X	San Onofre	1080960,55	1112109,26	3084	7	No existe	Alrededores	0,47	MODERADO
Humberto Barragán	X		San Onofre	1081075,04	1112063,29	3062	5	Baño	P. Séptico	0,63	ALTA

Celina Prieto	X		San Onofre	1080966,09	1111393,86	3084	9	Baño	P.Séptico	0,80	ALTA
Serafín Suárez	X		San Onofre	1081516,37	1112158,92	3037	4	Baño	Alrededores	0,40	MODERADO
Rosa Elvira Acosta	X		San Onofre	1081913,38	1110135,92	2989	6	Baño	Alrededores	0,47	MODERADO
Francelina Acosta	X		San Onofre	1081811,82	1110134,08	3013	3	Baño	Alrededores	0,37	MODERADO
Santiago Acosta	X		San Onofre	1081737,96	1110163,51	3032	8	Baño	Alrededores	0,53	ALTA
Héctor Amézquita	X		San Onofre	1081529,29	1110849,49	3035	7	Baño	P.Séptico	0,70	ALTA
Nelson Garabito	X		San Onofre	1081529,29	1110849,49	3036	5	Baño	Letrinas	0,43	MODERADO
José Amézquita	X		San Onofre	1081804,43	1110809,03	3017	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
Ana Amézquita	X		San Onofre	1081475,74	1110972,71	3066	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
Plinio Fagua	X		San Onofre	1083008,39	1112226,96	2763	5	Baño	P.Séptico	0,63	ALTA
Desidelia Piravaquen	X		San Onofre	1082886,52	1112252,71	2769	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
Ana Amézquita	X		San Onofre	1081510,83	1111129,03	3075	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Ana Hilda Prieto	X		San Onofre	1081374,18	1111049,95	3078	8	Letrina	Letrina	0,50	MODERADO
Guillermo García	X		San Onofre	1083084,1	1110617,76	2766	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Nelson García	X		San Onofre	1083084,1	1110617,76	2766	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Carlos Salamanca	X		San Onofre	1083348,16	1112258,23	2763	2	3 Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
Héctor Julio Infante	X		San Onofre	1083294,61	1112390,64	2767	4	2 Baño	P.Séptico	0,60	MODERADO
María Infante	X		San Onofre	1083294,61	1112390,64	2767	3	2 Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
Carlos Alberto	X		San Onofre	1083294,61	1112390,64	2767	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Beatriz Infante	X		San Onofre	1083102,57	1112528,57	2759	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
Alonso Moreno	X		San Onofre	1082899,45	1112035,7	2765	1	3 Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
José Hernando Nope	X		San Onofre	1082960,38	1111993,4	2750	5	Baño	P.Séptico	0,63	ALTA
Luis Robayo		X	San Onofre	1083538,36	1110792,47	2730	6	Baño	Alrededores	0,47	MODERADO
Luis Camargo	X		San Onofre	1083527,28	1110906,5	2737	6	Baño	Alrededores	0,47	MODERADO
Gelacio Camargo	X		San Onofre	1083482,96	1110786,96	2743	6	Baño	Alrededores	0,47	MODERADO
José López	X		San Onofre	1083220,75	1110546,04	2753	1	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
ITBOY			San Onofre	1083220,75	1110546,04	2753	8	2 Baño	P.Séptico	0,73	ALTA
Sergio Camargo	X		San Onofre	1083220,75	1110546,04	2753	9	5 Baños por casa	P.Séptico	0,83	ALTA
Edmundo Quevedo	X		San Onofre	1083213,36	1110518,45	2760	20	3 Baño	P.Séptico	0,83	ALTA
Elizabeth Guerrero	X		San Onofre	1083004,7	1110551,55	2785	3	3 Baño	P.Séptico	0,57	ALTA

Héctor Julio Guerrero	X		San Onofre	1083021,32	1110352,93	2780	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
Segundo Guerrero	X		San Onofre	1083012,09	1110352,93	2780	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
Ferney Bolívar		X	Pirgua	1083632,53	1106360,27	2793	4	No existe	Alrededores	0,37	MODERADO
Ana Espejo Castro	X		Pirgua	1083564,21	1106536,82	2780	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
Jorge Armando Unrrisa		X	Pirgua	1083626,99	1105902,34	2785	7	No existe	Alrededores	0,47	MODERADO
Anatolio Bolívar		X	Pirgua	1083883,67	1106474,29	2811	2	No existe	Alrededores	0,30	BAJA
Nelson Caro			Pirgua	1083791,34	1106647,17	2798	4	No existe	Alrededores	0,37	MODERADO
Verónica Arcos	X		Pirgua	1084657,38	1107040,73	2904	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Edirlando Niño		X	Pirgua	1084792,18	1107127,17	2895	4	Baño	Alrededores	0,40	MODERADO
José Corredor	X		Pirgua	1084175,42	1106902,8	2810	7	Baño	Alrededores	0,50	MODERADO
Ernestina Medina		X	Pirgua	1084059,09	1106969,01	2798	6	Baño	Alrededores	0,47	MODERADO
Eustorgio Prieto	X		Salvial	1081270,77	1111257,76	3068	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
María Prieto	X		Salvial	1081261,54	1111311,1	3066	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Valdomero Aguilar	X		Salvial	1081071,34	1111610,87	3080	5	Baño	P.Séptico	0,63	ALTA
Anibal Piranec	X		Salvial	1080958,7	1111758	3106	3	No existe	Alrededores	0,33	MODERADO
Carlos Rodríguez	X		Salvial	1080849,76	1108754,76	2945	7	Baño	Alrededores	0,50	MODERADO
Carlos Pulido		X	Salvial	1080655,87	1109262,35	2938	8	Baño	P.Séptico	0,73	ALTA
María Rodríguez	X		Salvial	1080596,78	1108339,13	2929	10	Baño	P.Séptico	0,83	ALTA
Rosa Bermúdez		X	Salvial	1080565,39	1108285,8	2935	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Anair Parra	X		Salvial	1081385,26	1110827,42	3079	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
Gloria Emilse López		X	Salvial	1080711,26	1108600,28	2940	8	No existe	Alrededores	0,50	MODERADO
Delfina Arguello	X		Porvenir	1077481,62	1104833,83	3015	10	No existe	Alrededores	0,6	ALTA
María Valenzuela		X	Porvenir	1077575,79	1103881,18	3014	6	Baño	P.Séptico	0,67	MODERADO
María Aura Alba		X	Porvenir	1077699,51	1103789,23	3013	6	Baño	P.Séptico	0,47	MODERADO
Carlos Molina		X	Porvenir	1077561,02	1103719,34	3039	5	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
José Daniel	X		Porvenir	1077699,51	1103789,23	3015	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
José Suárez	X		Porvenir	1077618,27	1104679,34	2922	4	No existe	Alrededores	0,40	MODERADO
Salvador Suárez	X		Porvenir	1077830,62	1103936,35	2922	2	No existe	Alrededores	0,30	BAJA
Carlos Suárez	X		Porvenir	1078172,24	1104679,34	2922	8	No existe	Alrededores	0,50	MODERADO
Miguel Castillo		X	Porvenir	1077862,01	1104521,18	3015	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA

Ana Aguilar		X	Poravita	1083988,92	1112846,74	2720	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
José Rodríguez		X	Poravita	1084077,56	1112800,76	2715	5	Baño	Alrededores	0,43	MODERADO
José Aguilar	X		Poravita	1084378,55	1112390,64	2699	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Sonia Ocasión		X	Poravita	1084389,62	1112263,75	2691	5	Baño	P.Séptico	0,63	ALTA
Ubalдина Nope	X		Poravita	1084003,69	1112596,62	2693	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
Víctor Contreras		X	Poravita	1084003,69	1112526,74	2693	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Fabián Contreras	X		Poravita	1084003,69	1101497,72	2694	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
Estela Contreras	X		Poravita	1084001,85	1112532,25	2693	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
José Gustavo	X		Poravita	1084258,52	1112162,6	2691	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Matha Carvajal		X	Poravita	1084208,66	1112142,37	2683	6	No existe	Alrededores	0,43	MODERADO
María Suesca	X		Poravita	1084190,2	1112263,75	2687	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Flor Elba Guío		X	Poravita	1084321,3	1113137,31	2759	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Alix Díaz	X		Poravita	1082879,13	1113065,59	2767	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Rosa Sánchez	X		Poravita	1084398,86	1113424,21	2773	8	2 Baños	P.Séptico	0,73	ALTA
Leonardo Ríos	X		Poravita	1084522,58	1111763,51	2770	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
Leonor Tunarrosa	X		Poravita	1084524,42	1113608,12	2772	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
José Calderón		X	Poravita	1084816,18	1113836,17	2762	7	Baño	Alrededores	0,50	MODERADO
María Sarmiento	X		Concepción	1083154,27	1113540,07	2882	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
Josefa Sarmiento	X		Concepción	1083117,34	1113137,31	2887	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
María Contreras		X	Concepción	1082890,21	1113297,31	2886	5	Baño	P.Séptico	0,63	ALTA
Gerardo Rodríguez	X		Concepción	1083364,78	1113608,12	2902	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Ananías Salas	X		Concepción	1083414,64	1113534,56	2914	4	No existe	Alrededores	0,37	MODERADO
Mateo Alfonso	X		Concepción	1078584,02	1113869,27	3012	2	Baño	P.Séptico	0,53	ALTA
María Sarmiento	X		Concepción	1081232	1114439,39	3031	8	Baño	P.Séptico	0,73	ALTA
Martha Contreras	X		Concepción	1082816,35	1113665,13	2957	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
José Sarmiento	X		Concepción	1078018,97	1117689,06	3021	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Carmen Benavides	X		Concepción	1083333,39	1112863,29	2743	4	25 Baños	P.Séptico	0,60	ALTA
Teotiste Guchimaque	X		Concepción	1084025,85	1113210,88	2746	3	Baño	P.Séptico	0,57	ALTA
Saúl González	X		Concepción	1084520,73	1113655,94	2772	10	3 Baños	P.Séptico	0,83	ALTA
Ana Amado		X	Concepción	1083582,68	1113012,25	2742	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA
Armando Fernández	X		Concepción	1083667,62	1112569,03	2741	2	15 Baño	P.Séptico	0,53	ALTA

Mario Galindo	X		Concepción	1084685,08	1113819,61	2772	4	3 Baños	P.Séptico	0,60	ALTA
Abraham Guayacán	X		Otolado	1082219,91	1102648,99	2859	7	Baño	Alrededores	0,50	MODERADO
Ana Delia	X		Otolado	1082219,91	1102648,99	2859	11	Baño	P.Séptico	0,83	ALTA
Tránsito Sarmiento	X		Motavita	1081396,34	1110873,39	3073	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Victoria Bautista	X		San Lázaro	1078109,45	1104830,15	2968	4	Baño	P.Séptico	0,60	ALTA
Elsa Romero		X	San Lázaro	1078109,45	1104830,15	2968	6	Baño	P.Séptico	0,67	ALTA

Los autores 2006



4.3.5 Areneras

Se tomaron los datos incluidos en el trabajo de grado de amenazas a la contaminación del acuífero manteniendo los criterios de IPC y se realizó una nueva encuesta (tabla 4.13).

De estos nuevos datos se puede concluir que la mayoría de areneras tienen un IPC bajo o Moderado; dos areneras presentan un IPC alto debido a la extensión de la explotación. Todas las areneras son propias y ninguna tiene licencia ambiental vigente de acuerdo con los archivos de CORPOBOYACÁ. Las labores de recuperación ambiental reportadas son resultado de las encuestas mientras no son verificadas en campo.

4.3.6 Ladrilleras

Se tomaron los datos incluidos en el trabajo de grado de amenazas a la contaminación del acuífero que se encuentran en la zona de estudio manteniendo los criterios de IPC y se realizó una nueva encuesta (tabla 4.14) para incluir nuevos datos.

El 90% de las ladrilleras presenta un IPC Moderado, ésta clasificación debido a que en todas las ladrilleras se realizan labores de recuperación ambiental y la disposición de estériles los utilizan para relleno de vías. La ladrillera que refleja un IPC bajo se debe a que su extensión es limitada por tanto el acceso al subsuelo es muy limitado.

Tabla 4.13. Amenazas de contaminación areneras

NOMBRE	VEREDA	COORDENADAS		ÁREA	DIPS. ESTÉRILES	LAB. RECUP AMBIENTAL	DISP. COMBUSTIBLES	IPC #	IPC
		x	y						
Félix Molina	Runta	1077311,73	1102970,83	1/2 fng	Alrededores	Siembra de Pinos y Acacias	No hay	0,35	BAJA
Primitivo Moreno	Runta	1075786,47	1101058,18	40 m2	Relleno para la vía	No hay	No hay	0,30	BAJA
José Eliceo Cuy	Runta	1075849,25	1100383,23	1 fng	Relleno para la vía	Proyecto de reforestación	No hay generación de desechos	0,33	BAJA
Pablo Rubio	San Onofre	1081520,06	1112892,71	1 ha	Relleno para la vía	No hay siembra, pero mas adelante se implementara	Estaciones de Servicio, alquiler de maquinaria	0,43	MODERADO
Buenaventura Suárez	San Onofre	1081008,56	1112535,93	3 fng	Extensión de material	Siembra de Aliso y Urapán	Manual, solo requiere de una retroexcavadora	0,50	MODERADO
Cesar Julio Sandoval	San Onofre	1080825,75	1112333,63	8 ha	Levantar barreras vivas. Material para reforestación	Siembra de Acacias, Aliso, Encenillo	Cambio de aceite en estación de servicio	0,50	MODERADO
Concepción Molina	San Onofre	1080838,68	1112258,23	6 ha	Relleno para la vía	Siembra de 1000 árboles entre Aliso y Acacia	Estaciones de Servicio	0,50	MODERADO

José de Dios Moreno	Salvial	1075346,99	1101026,91	5 fng	Relleno, arcilla para ladrillo	Siembra de árboles	Estación de servicio	0,53	ALTA
Leonardo Moreno	Salvial	1076759,61	1101179,56	2 fng	Relleno para la vía	Siembra de árboles	Utiliza para hornos	0,40	MODERADO
José maría Gonzáles	Pirgua	1082267,92	1103314,74	1/2 fng	Relleno para la vía	Siembra aliso, Acacia y pino	No hay	0,28	BAJA
Luis Hernández	Pirgua	1082267,92	1103314,74	1 fng	Relleno	Siembra aliso, Acacia y pino	No hay	0,33	MODERADO
Carlos Hernández	Pirgua	1083988,92	1105692,68	4 has	Acumulan	Proceso de siembra	Manualmente	0,60	ALTA
Élio José Aguilar	Cómbita	1084703,54	1113779,15	1 ha	Relleno para la vía	Siembra 800 árboles entre Aliso y Mortiño	Manualmente	0,37	MODERADO
Luis Tiberio Aguilar	Cómbita	1084716,47	1113641,22	g	Relleno para la vía	Siembra 250 árboles entre Acacia, Roble y Urapán	Manualmente	0,27	BAJA
Camilo Ríos	Cómbita	1084542,89	1113060,07	50 m2	Relleno para la vía	Siembra de Pinos	Estaciones de servicio	0,27	BAJA

Los autores 2006

Tabla 4.14. Amenazas de contaminación ladrilleras

NOMBRE	VEREDA	COORDENADAS		ÁREA	DIPS. ESTÉRILES	LAB. RECUP AMBIENTAL	DISP. COMBUSTIBLE	IPC #	IPC
		x	y						
Sociedad Ltda.	Runta	1077887,864	1101153,811	1 Ha	Cenizas-Relleno	Siembra de Pinos y Acacias	Cambio de aceite en la estación de servicio	0,40	MODERADO

Juan Díaz	Pirgua	1081544,066	1102895,428	5 Ha	Relleno para la vía	No hay siembra	Manualmente	0,60	MODERADO
Delio Rodríguez	Pirgua	1082522,746	1104065,089	9.6 Ha	Una parte para relleno y otra parte es vendida	Siembra de Urapán y Acacia	El aceite quemado se vende y los filtros se venden por chatarra	0,48	MODERADO
Sociedad Ltda.	Pirgua	1082827,43	1105004,863	17 Ha	Relleno para la vía	Siembra de Acacia	No hay desperdicio	0,47	MODERADO
Miguel Vásquez	Pirgua	1082971,462	1105391,072	1 fng	No existe	Siembra pino y Candelabro	Manualmente	0,43	MODERADO
Ana Susana López	Pirgua	1082816,35	1105251,301	3 Ha	Relleno para la vía	No hay siembra	El aceite es utilizado para los ladrillos	0,60	ALTA
Nelson Caro	Pirgua	1083791,337	1106647,169	1 fng	Relleno para la vía	Siembra de Alisos	Aceites utilizados para lubricación de boquillas	0,43	MODERADO
Ana Espejo Castro	Pirgua	1083564,21	1106536,824	1 fng	Relleno para la vía	Siembra de Sauces, Alisos y Acacias	Manualmente	0,38	MODERADO
Osman Roa	Pirgua	1083632,533	1106360,271	1 fng	Relleno para la vía	No hay siembra	Manualmente	0,50	MODERADO
Luis Rodríguez	Salvial	1080604,163	1108392,464	1 fng	Relleno para la vía	No hay siembra	Manualmente	0,50	MODERADO

Guillermo García	San Onofre	1084057,243	1110722,59	200 m	Relleno para la vía	Siembra de Alisos	Manualmente	0,30	BAJA
Carlos Cárdenas	San Onofre	1083084,102	1110617,761	1 ha	Relleno para la vía	Siembra de Acacia	Manualmente	0,43	MODERADO

Los autores 2006

4.3.7 Áreas de cultivo

Para este ítem se considerara un nuevo elemento de análisis, que es el de amenaza relativa a la contaminación por aptitud del terreno para la realización de prácticas de cultivo (IACAT), su construcción fue necesaria ya que al validar la información del trabajo de grado sobre amenazas a la contaminación, ninguna de las zonas señaladas en éste, como áreas de peligro potencial a la contaminación por cultivos agrícolas, coincidía con la información levantada en campo en el presente estudio. Lo anterior seguramente se debe a la transitoriedad de los cultivos de la región.

Bajo la hipótesis de establecer franjas donde la tierra es susceptible a ser cultivada, en mayor o menor grado, se podrían enfocar los esfuerzos para la protección de aguas subterráneas sobre aquellas en las que la actividad agrícola se practica con mayor intensidad.

4.3.7.1 Metodología para el cálculo del IACAT

A partir del cultivo de mayor importancia económica en la región se toma en diferentes lugares del área de estudio los niveles de producción promedio, el área sembrada en el momento de las encuestas y las prácticas agronómicas realizadas en el terreno. (Anexo 4.2). A cada una de estas variables se le asigna un valor del índice de aptitud del terreno para el cultivo de papa, como se ve en la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Índice de amenaza relativa a la contaminación por aptitud del terreno para el cultivo de papa.

CONDICIÓN	RANGO	IACAT	IACAT CUALITATIVO
PRODUCTIVIDAD (No de cargas de papa producida por carga de papa sembrada)	0 – 10	0.1	ALTA APTITUD AGRÍCOLA, valores comprendidos entre
	10 - 20	0.2	

	20 - 30	0.3	0.7 y 1.
FERTILIZACIÓN (cantidad de fertilizante aplicado durante el ciclo del cultivo)	0-1000 Kg/Ha	0.1	MODERADA APTITUD AGRÍCOLA, valores comprendidos entre 0.4 y 0.7.
	1000-2000 Kg/Ha	0.2	
	2000-2500 Kg/Ha	0.3	
RIEGO	No se realiza	0.1	
	Si se realiza	0.2	
MAQUINARIA	No se utiliza	0.1	BAJA APTITUD AGRÍCOLA valores comprendidos entre 0 y 0.4
	Si se utiliza	0.2	

Los autores 2006

Una vez establecidas las áreas con mayor o menor aptitud agrícola y que representan un riesgo para la contaminación del acuífero de Tunja, se procede a realizar una tabla con los agroquímicos utilizados en la región y se establecen cuales generan cargas contaminantes en términos de persistencia y movilidad que puedan afectar la calidad del agua subterránea.

4.3.7.2 Resultados

Empleada la metodología mencionada se obtienen los siguientes resultados (anexo 4.3 mapa de aptitud agrícola)

- Zona de baja aptitud agrícola. La mayor parte de los cerros orientales y occidentales que encierran la ciudad hacen parte de esta clasificación, así como la franja izquierda de la antigua vía a Paipa, luego de la desviación que conduce al botadero de pigua. Con una extensión aproximada de 16.2 km².
- Zona de moderada aptitud agrícola. Hace parte esta el sector denominado Runta arriba y las veredas de San Onofre del municipio de Combita y el Salvial del municipio de Motavita. Extensión aproximada 5.1 km².

- Zona de alta aptitud Agrícola. Hace parte de esta zona la margen izquierda de la vía Tunja-Bogotá desde la salida del sector suburbano hasta el denominado alto del moral. Extensión aproximada 3.2 km².

El análisis de la amenaza a la contaminación por uso agrícola del suelo se hace teniendo en cuenta:

- Algunas practicas de uso del suelo son capaces de causar una seria contaminación difusa de las aguas subterráneas por nutrientes y/o pesticidas especialmente en áreas de suelos de poco espesor, de buen drenado y textura arenosa.
- El incremento de las concentraciones de nitratos, cloruros y, posiblemente, trazas de otros elementos y de compuestos orgánicos en las aguas subterráneas, son posibles consecuencias de las excesivas aplicaciones sobre las tierras cultivadas.
- En climas donde la mayor parte de la demanda de humedad para los cultivos proviene de la irrigación, existe la posibilidad de controlar el drenaje y la infiltración en los suelos, y por lo tanto, las pérdidas de nutrientes por lixiviación hacia aguas subterráneas. Sin embargo, este hecho necesita de un entendimiento detallado de los regímenes de agua-suelo, de la selección específica de cultivos y de un manejo y tecnología de irrigación avanzados. Por lo tanto, existe el riesgo de una importante lixiviación de nutrientes especialmente de los suelos más delgados, de textura más gruesa, y mas permeables que se encuentran bajo un régimen de cultivo con irrigación, esta práctica puede causar un incremento de la salinidad de las aguas subterráneas, y de las concentraciones de nitrato y microcontaminantes orgánicos.

- Las altas tasas de irrigación, sin embargo, conducen a un gran exceso de nutrientes y de pérdida de nitratos por infiltración hacia el agua subterránea. Un equivalente de casi la mitad y un tercio de la carga aplicada de nitrógeno a una tierra cultivada y a un bosque, respectivamente (390 y 440 Kg N/ha/a), está lixiviado. Aún más, la eliminación de bacterias fecales es menos efectiva debajo de la tierra cultivada que debajo de las lagunas de estabilización.
- Los factores que determinan la tasa de lixiviación de compuestos nitrogenados y sales de los suelos cultivados son complejos, se debe notar que el nitrato lixiviado se deriva de la acumulación de nitrógeno total en el suelo y solamente una menor parte se deriva directamente del fertilizante aplicado en un año dado. Aún más, en el caso de nutrientes, la lixiviación ocurrirá cuando ningún fertilizante haya sido aplicado y/o el suelo sea barbecho. También puede ser significativa la cantidad de nutrientes lixiviados de la vegetación natural en climas áridos. En la mayoría de los casos, los otros dos principales nutrientes de las plantas, fosfato y potasio no son lixiviados de tierras cultivadas en cantidades significativas debido a su fuerte retención fisicoquímica en el suelo. En la tabla 4.16 se presenta un listado de los compuestos fertilizantes comúnmente utilizados y sus características.
- La posibilidad de la contaminación por pesticidas del agua subterránea y de los pozos de agua depende en parte de las características geológicas e hidrológicas que varían de lugar en lugar así como en las características de los pesticidas.
- Algunas de las características geológicas e hidrológicas que ayudan a determinar el riesgo de la contaminación del agua subterránea con pesticidas incluyen: tipo y composición del suelo; propiedades físicas del

suelo; inclinación de la superficie; profundidad hacia el agua subterránea; abundancia y ubicación del agua superficial.

Tabla 4.16. Resumen de las características de los principales fertilizantes agrícolas

TIPO	ADSORCIÓN EN EL SUELO	MOVILIDAD EN SUELO		Transformación		Posibles contaminantes		
		cación	anión	Quím.	Bioquím.	cación	anión	
DE NITRÓGENO								
- Nitrato de calcio	Baja, solo Ca	baja	alta		x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Salitre de amonio	Parcial, solo NH ₄	baja	alta		x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Salitre de sodio		baja	alta		x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Salitre de potasio	Baja, solo Na ₄	baja	alta		x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Salitre de amonio y cal	Baja, solo K	baja	alta		x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Sulfato de amonio	Aumentado NH ₄ y Ca	baja	alta		x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Amoníaco líquido	Parcial, solo NH ₄	baja	media		x	NH ₄	SO ₄	
- Agua amoniacal	Parcial, solo NH ₄	baja	alta		x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Urea	Alta NH ₄	baja	alta	x	x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
- Cianamida cálcica	Parcial NH ₄	baja	alta	x	x	NH ₄	NO ₃ , NO ₂	
Urea-50/Amoníaco-50	Parcial NH ₄	baja	alta	x	x		NO ₃ , NO ₂	
DE FÓSFORO								
- Superfosfato granular	Muy alta	Extremadamente baja		x			HPO ₄	
- Tri- superfosfato				x			HPO ₄	
- Fosfatos pulverizados				x			HPO ₄	
- Polvo de Thomas				x			HPO ₄	
- Superfosfato simple + Fosfato crudo						x		HPO ₄
DE POTASIO								
- Cloruro de potasio	baja, solo K	baja	alta				Cl	
- Cloruro de potasio + Sulfato de Mg	baja, solo K	baja	alta				Cl	
- Kainit	baja, solo K	baja	alta				Cl	
- Sulfato de potasio	baja, solo K	baja	alta				Cl	
- NPK combinado	Aumentada	baja	media	x	x		NO ₃ , NO ₂ , HPO ₄	
		baja	alta					

FOSTER & HIRATA. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas segunda edición revisada. Lima, Perú: OPS-CEPIS, 1991, p 32.



- Existen varias características de los pesticidas que afectan la posibilidad que ellos se escurran hacia el agua subterránea: la solubilidad en el agua, entendida como la tendencia de un pesticida a disolverse en el agua y, por tanto, a ser acarreado hacia el agua superficial y subterránea. Una solubilidad en el agua mayor a 30 ppm (partes por millón) ha sido identificada como una "seña" de la posibilidad del pesticida para filtrarse; adsorción del suelo, que es la tendencia de un pesticida a adherirse a las partículas del suelo. Entre mayor sea la tendencia, menor será la probabilidad del pesticida a filtrarse hacia el agua subterránea; vida media en suelo, el tiempo, normalmente en días, requerido para que un pesticida en el suelo se degrade al punto en que su concentración disminuya por la mitad. Entre mayor sea la vida media, mayor será la probabilidad para que el pesticida tenga tiempo en filtrarse hacia el agua subterránea
- El tipo del suelo puede afectar considerablemente la posibilidad de la filtración de los pesticidas hacia el agua subterránea. Por ejemplo, los suelos arenosos le permiten a los pesticidas moverse hacia el agua subterránea más rápidamente que los suelos con un contenido significativo de arcilla. Si el suelo tiene minerales de arcilla como parte de su composición, los pesticidas cargados positivamente pueden adsorberse sobre las partículas de arcilla cargadas negativamente. El suelo con un contenido alto de materia orgánica también puede adsorber pesticidas, inhibiendo por tanto su movimiento.
- La contaminación por pesticidas de los pozos de agua potable es normalmente el resultado de uno o de la combinación de lo siguiente: aplicación inadecuada de pesticidas en el campo, manejo descuidado de los pesticidas, almacenamiento inadecuado de los pesticidas, desecho descuidado de pesticidas no utilizados y de recipientes de pesticidas.

- El destino de un pesticida aplicado depende en gran parte de dos de sus propiedades: la persistencia y la adsorción.
- Mientras que la movilidad relativa y la tasa de degradación de un pesticida en un suelo fértil estándar es conocida (Tabla 4.17), la proporción de una aplicación perdida por lixiviación es muy difícil de estimar. Tampoco se dispone de datos de correspondientes a estos compuestos a mayor profundidad en el subsuelo, pero es probable que las tasas de degradación se reduzcan ampliamente debido a la gran reducción en las poblaciones bacterianas.

Tabla 4.17. Resumen de las características de los principales grupos de plaguicidas agrícolas

GRUPO QUÍMICO	ADSORCIÓN		AFINIDAD CON		SOLUBILIDAD (H ₂ O a 20°-25° C)	PERSISTENCIA EN EL SUELO (media vida/días)	MOVILIDAD
	Materia orgánica	Arcilla	Materia orgánica	Arcilla			
I. IÓNICOS							
Catiónicos	+(d)	+ (de)	fuerte	>fuerte	alta	4000 - 5000	1
Acídicos	+	-	débil	<débil	alta a mayor pH	10 - 140	5
Básicos	+(cdef)	+ (de)	débil	media	alta a bajo pH	25-400	3
II. NO IÓNICOS							
Hidrocarburos	+(bd)	+	muy fuerte	débil	baja	460 - 1650	1
clorinados	+(bd)	+(c)	fuerte	media	moderada	1 - 60	1
Órganofosfatos	+(bd)	+(cf)	muy fuerte	débil	baja	45 - 180	1
Anilinas	+(bd)	-(c)	fuerte	débil	baja a media	120 - 400	3
perdurables	+(bd)	-(c)	fuerte	débil	moderada	10 - 70	3
Feniluros	+(bd)	-	fuerte	>débil	moderada	30 - 70	3
Carbamatos	+(bd)	+	media	media	moderada	30 - 220	2
	+(bd)	-	débil	débil	moderada	300 - 400	2

Amidas	+(bd)	+	fuerte	media	moderada	60 - 180	2
Triocarbamatos			fuerte				
Fenilaminas			fuerte				
Benzonitrilos							

FOSTER & HIRATA. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas segunda edición revisada. Lima, Perú: OPS-CEPIS, 1991.

- b. Afinidad hidrofóbica
- c. Afinidad hidrógeno
- d. Transferencia de carga
- e. Intercambio de iones
- f. Intercambio de ligand

- 1 Inmóvil
- 2 Poco móvil
- 3 Móvil
- 4 Altamente móvil
- 5 Extremadamente móvil

- El fertilizante mas usado en la región de acuerdo a la encuesta es el 15-15-15 de ABOCOL, y sus compuestos nitrogenados son los que podrían ejercer mayor amenaza de contaminación, en la Tabla 4.18 se puede ver su ficha técnica.

Tabla 4.18. Ficha técnica fertilizante más usado en la región para el cultivo de la papa

CÓDIGO 00100007
 NOMBRE COMERCIAL ABOCOL TRIPLE QUINCE
 FORMULA COMERCIAL 15-15-15
 LICENCIA ICA No. 106
 CRITERIOS DE EVALUACIÓN NTC 1061-NTC 162-ICA 04057-ICA 00150

COMPOSICIÓN GARANTIZADA

ELEMENTO	NOMINAL	MÍNIMO	MÉTODO ANALÍTICO
Nitrógeno Total (%)	15.00	14.35	ME0008
Nitrógeno Amoniacal (%)	8.89	8.33	ME0009
Nitrógeno Nítrico (%)	6.11	5.59	ME0009
P ₂ O ₅ Asimilable (%)	15.00	14.31	ME0013
K ₂ O (%)	15.00	14.10	ME0031
CaO (%)	4.00	3.16	ME0014
Humedad Total (%)	1.00	-	ME0021

GRANULOMETRÍA

Este ensayo se efectúa según ME0023

MALLA TYLER NO.	DIÁMETRO (MM)	%PESO (RANGO TÍPICO)
-	>4.00	0-10
-	Entre 1.50 y 4.00	90-100
-	<1.50	0-10

PROPIEDADES FÍSICAS Y/O QUÍMICAS

Angulo de reposo	29.5-32°
Aspecto	Sólido granulado
Característica	Fertilizante obtenido mediante reacción química
Densidad aparente (Kg/m ³)	900-1200
Humedad crítica relativa (a 30°C)	50%
pH al 10% unidades	5.00-7.00
Porcentaje de materia insoluble	10-15% máx.
Punto de fusión	93-138°C

APLICACIÓN

Fertilizante de uso radicular. De igual contenido en nitrógeno, fósforo y potasio. Especial para los cultivos de papa, café, hortalizas y frutales. De uso en cualquier tipo de cultivo con necesidades de estos elementos.

EMPAQUE

Bolsas de polietileno por 1, 5 y 10 Kg.; sacos de polipropileno con bolsa interior de polietileno por 20 y 50 Kg. de peso neto. Este sistema permite buena conservación y fácil manejo del producto.

Abocol 2006

- Se considera para el fertilizante nítrico, que su nitrógeno se encuentra exclusivamente en forma de nitratos. Puesto que el ión Nitrato (NO₃⁻) es muy móvil en el suelo, está expuesto a ser arrastrado y desplazado de la zona radicular, como consecuencia de los fenómenos de lixiviación y escorrentía que ocasiona el exceso de agua. Por otra parte el nitrato es absorbido por las raíces de las plantas de forma inmediata y, por ello, los abonos nítricos muestran una mayor capacidad de asimilación de este ión.
- Los fertilizantes con nitrógeno amoniacal incluyen los abonos cuyo nitrógeno está en forma de amonio El ión amonio (NH₄⁺) es retenido por el complejo de intercambio catiónico del suelo y por ello, es menos lixiviable que el nitrato. Dicha retención está en función del tipo de suelo, siendo más alta en los arcillosos que en los arenosos. La mayor parte del nitrógeno amoniacal es absorbido por las raíces de las plantas después de la conversión del ión amonio en nitrato, mediante la acción de determinados

microorganismos del suelo. Por ello, la absorción de los abonos amoniacales suele ser más lenta que la de los nítricos, y su acción más retardada, con lo cual pueden aplicarse en periodos de moderada capacidad de asimilación de nitrógeno por la planta.

- Para el control de plagas, enfermedades y malezas en la región se utilizan pesticidas cuyos ingredientes activos son: carbofurano, permetrina, paraquat, manzozeb, cimoxanil. De estos el único que por sus condiciones de movilidad y persistencia en el suelo presentaría un peligro potencial de contaminar el agua subterráneas es el carbofuran⁵, los otros se degradan fácilmente, sin embargo, los productos derivados de la degradación del ingrediente activo principal deben ser materia de estudios detallados.

Foster e Hidrata⁶, considera que se puede obtener estimados aproximados y simplificados de la proporción de pérdida de la figura 4.5. La concentración nitratos C_F (en mg/l) de un contaminante persistente y móvil lixiviado de los suelos agrícolas se puede expresar por

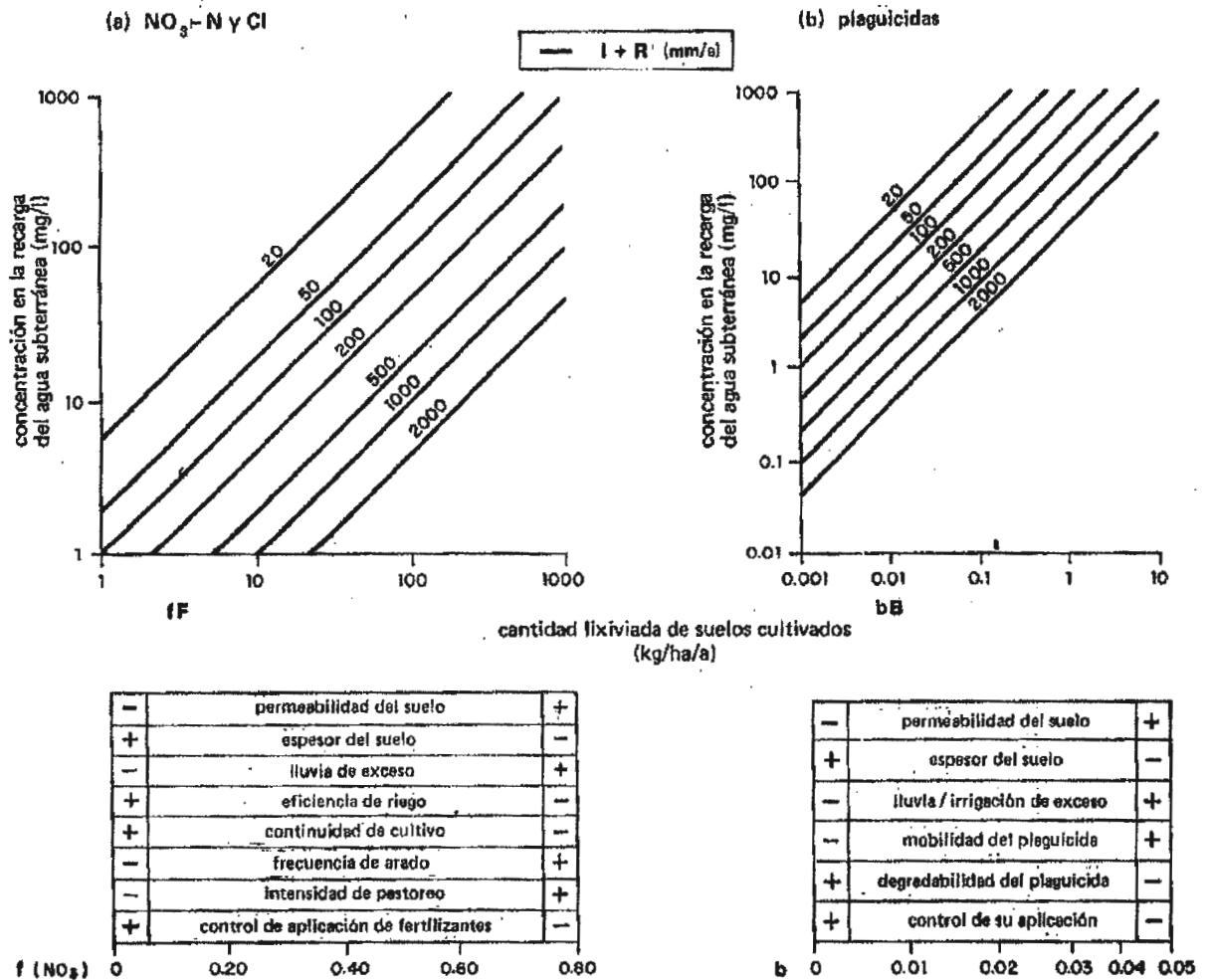
$$C_F = Ff/100 I.$$

Donde I (mm/a) es la infiltración local debido al exceso de precipitación e irrigación y Ff (kg/ha/a) es la tasa de lixiviación del contaminante.

⁵ <http://www.epa.gov/safewater/dwh/c-soc/carbofur.html> , consulta realizada el 20 agosto 2006.

⁶ CEPIS. Determinación del riesgo la contaminación de aguas subterráneas. Lima, Perú 1991

Figura 4.5. Estimación de la carga contaminante en la recarga de aguas subterráneas bajo tierras de cultivo.



CEPIS 1991

Desarrollando la metodología para nitratos provenientes de la fertilización en papa con 15-15-15 se obtiene:

Cerca de 375kg/ha de nitrógeno que se aplican al año en un terreno sembrado con papa, en caso de tomar el promedio mas alto de fertilización que es de 2500 Kg/ha/a

$$F = 375 \text{ kg/ha/ha}$$

$$f(\text{NO}_3) = 0.4$$

$$I = 83,5 \text{ mm/a (ver 2.4.2)}$$

Se obtiene que la contaminación de la recarga producto de la fertilización en el cultivo de papa con 15-15-15 es de aprox. $C_F = 0,01754386 \text{ mg/l}$

Para calcular la concentración en la recarga de un pesticida Foster e Hidrata⁷, recomiendan utilizar la siguiente formula:

$$C_B = 1000000 Bb / I.$$

b: proporción lixiviada de una aplicación

B: kg/ha/a

I: (mm/a) es la infiltración local

Desarrollando la metodología para compuestos de pesticidas y teniendo en cuenta que la mayoría de agricultores aplican FURADAN 330SC se obtiene:

Cerca de 2.97 kg de carbofuran que se aplican al año en un terreno sembrado con papa, en caso de tomar el promedio mas alto de aplicación que es de 9 litros /ha/a

$$B = 2,97 \text{ kg/ha/a}$$

$$b = 0.025$$

$$I = 83,5 \text{ mm/a (ver 2.4.2)}$$

Se obtiene que la contaminación de la recarga producto de la aplicación de este insecticida en el cultivo de papa con FURADAN 330SC es de aprox. $C_B = 0,000001754386 \text{ mg/l}$

⁷ CEPIS. Determinación del riesgo la contaminación de aguas subterráneas. Lima, Perú 1991

Teniendo en cuenta que en el momento del levantamiento de la información cerca de 400 Ha se encuentran con cultivos de papa, hay una posibilidad efectiva de contaminación por nitratos y un riesgo alto de contaminación por carbofurano.

4.3.8. Ganadería

En algunas zonas del perímetro urbano y sub-urbano de la región, hay ganaderías dedicadas a la producción de leche. Se considera para estas franjas un índice de amenaza potencial a la contaminación ALTO, puesto que en los hatos lecheros se utiliza como fuente hídrica y de fertilización las aguas residuales provenientes del río Jordán. Esta actividad podría generar un exceso de nutrientes y sales para los requerimientos de los pastos. Adicionalmente, existe el riesgo de penetración de patógenos fecales y trazas de compuestos orgánicos (Geake et al, 1986)

4.3.9 Aguas superficiales contaminadas

Sobre el acuífero de Tunja se presentan dos cursos contaminados de aguas superficiales; el río Jordán y el río la Vega, que son utilizados para la disposición final de aguas residuales. A ambos se la asigna un índice de peligro potencial a la contaminación ALTO.

4.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN

La interacción entre los componentes de la carga contaminante y la vulnerabilidad determinan el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas (Anexo 4.4. Mapa parcial de riesgo a la contaminación)

Para evaluar el riesgo de contaminación se utilizó la información de los Índices de Amenaza Potencial a la Contaminación, esta información fue superpuesta al mapa de vulnerabilidad de contaminación de acuíferos.

En el mapa de riesgo se evalúa el grado de vulnerabilidad y el peligro potencial por fuentes potenciales de contaminación. El riesgo a la contaminación se puede interpretar con los criterios asignados en la tabla 4.19.

Tabla 4.19. Niveles de acción prioritarios para el control de la contaminación del agua subterránea basados en la vulnerabilidad del acuífero y la carga potencialmente contaminante

		ZONAS DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO		
		Baja	Media	Alta
CARGA POTENCIALMENTE CONTAMINANTE	Reducida	3	3	2
	Moderada	2	2	1
	Elevada	2	1	1

NIVEL DE ACCIÓN
1= alto 2Intermedio 3Bajo
Hirata

Este análisis parcial del riesgo entendido como la probabilidad de que el acuífero de Tunja se contamine con concentraciones por encima de los niveles permitidos, es una herramienta que permite asignar prioridades en programas de seguimiento con investigación y monitoreo.

4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación parcial de riesgo es una herramienta que permite establecer en términos de probabilidades la posibilidad de que un contaminante llegue al agua subterránea. En este contexto, esta estimación se convierte en un instrumento, que permite orientar la toma de decisiones para la planificación del territorio y la realización de investigaciones que permitan calcular la movilidad y persistencia en el suelo de la carga contaminante.

Las zonas que presentarían un mayor riesgo a la contaminación son:

- Río la vega vs. vulnerabilidad alta.
- Antiguo botadero ubicado en la vía que conduce a Soracá.
- Por presión demográfica, la vereda de Runta y la vereda de San Onofre a ambos costados de la vía central del norte y cuando concuerdan con zonas de vulnerabilidad alta y moderada.
- Áreas de cultivo ubicadas en la Vereda de Runta y San Onofre.

Para realizar una evaluación del riesgo en términos cuantitativos es necesario realizar estudios que permitan:

- Identificar las industrias existentes en la región y caracterizar los desechos en ellas producidos.
- Establecer con las alcaldías los procesos de urbanización a largo plazo.
- Establecer la localización de los pozos sépticos y sus técnicas de contracción y limpieza. La profundidad y cantidad de descarga y la carga hidráulica asociada.
- Caracterizar físico-químicamente los efluentes de los saneamientos in-situ.
- Establecer la densidad de población en la zona de vulnerabilidad alta y moderada.

- Determinar la movilidad de los patógenos como consecuencia de la descomposición de los cadáveres en los cementerios.
- Determinar el espesor de los suelos en las áreas cultivables.
- Determinar la tasa de lixiviación de los fertilizantes utilizados en la región.
- Realizar un balance total del nitrógeno lixiviado.
- Cuantificar el riego por la conducción de gas sobre la zona de estudio.
- En las áreas donde hay riego en los cultivos se debería determinar las tasas de irrigación en exceso y la eficiencia del riego.
- Determinar la permeabilidad del suelo en las zonas aptas para la agricultura.
- Investigar sobre la frecuencia de arados, la intensidad del pastoreo y la continuidad de los cultivos en las zonas donde aptitud alta y moderada para la agricultura.
- Realizar investigaciones sobre el transporte y destino de los plaguicidas utilizados en la región.
- Establecer la cantidad de residuos sólidos domiciliarios, estimar la cantidad de residuos peligrosos recibidos y el tratamiento actual de sustancias peligrosas en el perímetro del área de estudio.
- Establecer como se están manejando los residuos sólidos en las zonas donde no se hace recolección de basura y en las zonas rurales.
- Estimar para evaluar el riesgo a la contaminación por cursos de aguas superficiales contaminadas, la cantidad y calidad del agua infiltrada.

BIBLIOGRAFÍA

Causape Valenzuela, Jesús Antonio. Repercusiones medioambientales de la agricultura sobre los recursos hídricos: Zaragoza, 2002.

Foster, S. e Hirata, R. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Una metodología basada en datos existentes. CEPIS, OPS/OMS, 2a. edición. Lima, Perú. 1991.

Pacheco Ávila, Julia. Protección de las aguas subterráneas con fines de abastecimiento. Universidad Autónoma de Yucatán. NRC (1986).

Repetto Fernando L. Notas del II curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental. Campinas, Brasil. UNESCO 2000. 332 p.

Rodríguez Salgado, Jairo y Vargas Chaparro Campo Elías. Análisis de la vulnerabilidad parcial a la contaminación del acuífero de Tunja, Trabajo de grado Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Escuela de ingeniería geológica, seccional Sogamoso 2002

Pontificia Universidad Católica de Chile. 1996. Determinación del Riesgo de Contaminación de las Aguas Subterráneas de Santiago, utilizada para Agua Potable (Determination Grounwater Santiago's, pollution Risk of used for Drinkable Water). Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Santiago de Chile.

NRC (1986). Ground Water Quality Protection. State and Local Strategies. Comité on Ground Water Quality Protection. National Academy Press. Washington, D.C



Sahuquillo, A. (1998). La calidad y la contaminación de las aguas subterráneas en España. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas en España. AIH grupo español. Universidad Politécnica de Valencia

Sastre, M. Barreira, A. y Llamas, M.R. (2000). “La Política Europea sobre el agua”. Ingeniería del Agua. Vol. 7, nº 4, pp. 346-349.

Moreno Rojas, Rafael y Peña Perea, Sergio. Identificación y caracterización de las Amenazas de Contaminación del acuífero de Tunja, Trabajo de grado, Fundación Universitaria de Boyacá, Facultad de ciencias e Ingeniería, Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Tunja 2004



5. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

5.1 PRESENTACIÓN

Dentro de la formulación del Plan de Manejo y protección del Acuífero de Tunja se incluyó un estudio socioeconómico orientado a identificar y evaluar, desde la perspectiva de los actores que desarrollan actividades humanas en la zona de recarga, la problemática de tipo ambiental que afecta actualmente las aguas subterráneas, a partir de la realización de talleres participativos en cada uno de los municipios que abarca la zona de estudio.

A partir de allí y con el soporte técnico del equipo de profesionales vinculado al estudio, se estableció el diagnóstico que serviría de base a la formulación de los perfiles de programas y proyectos que nutrirán el plan aquí propuesto.

Inicialmente se presenta el marco conceptual que orienta esta parte del trabajo, seguido de la descripción del proceso metodológico utilizado para la construcción social de la información, para pasar luego a la revisión de los resultados obtenidos en el diagnóstico logrado en cada uno de los municipios del área de estudio.

Posteriormente, como parte propositiva del informe, se incluyen los perfiles de proyectos, formulados bajo la metodología del marco lógico de análisis horizontal, cuyos objetivos apuntan a fortalecer de la acción institucional y de la relación con la comunidad en la zona de influencia del acuífero, a implementar una estrategia de educación y comunicación encaminada a la protección de las aguas subterráneas, a potenciar la capacidad de las instituciones y sociedad civil y a lograr cambios sustanciales en las prácticas productivas, especialmente en la zona de recarga del acuífero.

5.2 OBJETIVO GENERAL

Facilitar la construcción de conocimiento en torno al manejo integral de aguas subterráneas por parte de los diferentes actores como las comunidades que habitan las zonas de recarga hídrica, instituciones que allí operan, y entes de la sociedad civil, que permita la formulación de un plan de manera participativa y concertada, como elemento de insumo para la toma de decisiones, donde se logre armonizar el bienestar social y el desarrollo económico, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad.

5.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar las condiciones de vida de la población y/o comunidades de las zonas de intervención, en términos de indicadores de bienestar, producción y economía local, condiciones sociales, económicas, culturales, funcionales, institucionales, políticas, organización social, ejercicio del poder, problemas ambientales, uso del espacio entre otros; que permita alcanzar un conocimiento integral de los procesos y las estructuras que comprenden el territorio, así como las causas y efectos que provocan las acciones que sobre el se registran.

5.4 MARCO CONCEPTUAL

5.4.1 Participación social, comunitaria y ciudadana en lo ambiental

Se constituye de vital importancia para el desarrollo de las comunidades la forma como se relacionan hombres y mujeres en el hogar, trabajo, en la sociedad y en otros espacios. Las oportunidades de desarrollo dependen en parte de las formas como se relacionan unos con otros, en la pareja, la familia, la comunidad y el país.

Muchas veces las personas no son tenidas en cuenta para tomar decisiones y son tratadas como menores de edad, que deben someterse a la voluntad de las



instituciones, lo cual limita las posibilidades de desarrollo, igualmente en las relaciones con el Estado, si no se tiene en cuenta a las personas como protagonistas de su desarrollo, ni hay inclusión social, se limitan las oportunidades de desarrollo. Es preciso proporcionar a los hombres y mujeres la posibilidad de participaren su propio desarrollo, lo que implica hacer del deber y derecho de participar una vivencia cotidiana, encada uno de los espacios y escenarios en que actuamos.

De un Estado colombiano de derecho cuyo fin era hacer normas y hacerlas cumplir, el Estado colombiano pasó a ser a partir de 1991, en un Estado social de Derecho, el cual es social porque reconoce los procesos que se dan al interior de la sociedad y los normaliza.

La Constitución Política de Colombia desde el preámbulo establece la participación como un derecho. Posteriormente se realiza todo un desarrollo legislativo con leyes y decretos que definen y determinan los mecanismos y herramientas de participación. Esto significa que todas las personas tienen derecho a participar en la vida económica, política, administrativa y cultural de la nación, mientras que el Estado facilitara esta participación en las decisiones que puedan afectarla. Es decir, que las personas tomarán parte directamente en el control, vigilancia, fiscalización, concertación y decisión de asuntos.

La participación real y efectiva, compromete los espacios de vida de las personas, para construir con decisiones. En medio ambiente por ejemplo,

5.4.2 Proceso de la participación en Colombia

A menudo se piensa que el fomento y la búsqueda de la participación en Colombia son recientes y no hay tal, en nuestro país desde el Acta de independencia de 1810, se consagra el derecho a la participación. El llamado a la participación se da desde las épocas de Simón Bolívar y José Antonio Galán.



En el siglo XX, en la década de los años 30s, se reforma la Constitución de 1886 y se dan estímulos desde el Estado a la participación de los sectores obreros y la nueva clase originada en los incipientes procesos de industrialización en el país. Estos estímulos buscaban que las bases populares estrecharan los vínculos con las clases burguesas, a cambio de la organización de instituciones de bienestar. Surge la participación sectorial, originándose el cooperativismo y el sindicalismo en el país.

En los años 50 la convocatoria a participar no tiene un sentido político, dándosele un carácter de desarrollo comunitario, haciendo énfasis en los líderes comunitarios. Reinicia el proyecto del Frente nacional, incluyendo en la participación a la mujer, a través del reconocimiento de su derecho al voto. El Frente Nacional intenta incluir a los “excluidos” de los partidos conservador y liberal. La participación comunitaria tuvo su expresión en la creación de las Juntas de Acción Comunal, con la Ley 19 de 1958.

En la década de los 60 se convoca a la participación a un nuevo actor social: el campesinado, pues esta época era el centro de reformas que pretendían modernizar el agro. Es así que se crean asociaciones de usuarios de los servicios del Estado en 1967, las que posteriormente serán conocidas como ANUC (Asociación Nacional de Usuarios Campesinos).

Durante los años 70 y 80 se presentan fuertes movimientos sociales, especialmente estudiantiles y campesinos. Surgen varios intentos por “descentralizar” las decisiones del nivel nacional a los territorios colombianos, el fin de estos procesos de da por la convocatoria al pueblo para elegir una Asamblea Nacional Constituyente, que reforma la Constitución Nacional y elabora un acuerdo fundamental para la Colombia del futuro. Es así como la Constitución Política de Colombia de 1991, consagra amplias posibilidades para la participación ciudadana y para la participación comunitaria.



Los antecedentes mencionados señalan que la participación es un factor importante a nivel institucional, comunitario y de enlace con el Estado. Para efectos de conocer una caracterización de la participación veremos varias definiciones. Participación es....

“La participación es la intervención grupal o individual en los asuntos de interés general, que produce bienestar colectivo”. Guías para el Control Social. Gestión Pública y Control. Veeduría Distrital. Bogota 1999.

”Es un proceso de movilización de la comunidad en general, por medio de la cual ella asume conscientemente el papel de sujeto de su propio desarrollo”. Mecanismos de participación ciudadana y comunitaria. José Lurduy. Parcomun. Bogota, 1992.

“La participación alude a una forma de intervención social que le permite a los individuos reconocerse como actores que, al compartir una situación determinada, tiene la oportunidad de identificarse a partir de intereses, expectativas y demandas comunes y que están en capacidad de traducirlas en formas de actuación colectiva con una cierta autonomía frente a otros actores sociales y políticos”. GONZÁLEZ, R. Esperanza y DUQUE, P. Fernando. La elección de Juntas Administradoras de Cali. En revista Foro, No. 12, 1990, Pág.78. Citado por GONZÁLES R. Esperanza. Manual sobre participación y organización para la gestión local. ED. Gente Nueva: Bogota, 1996. Pág. 17.

“Se puede entender..., como un acto de voluntad, de tomar posición en relación con aquellos procesos de los cuales se es protagonista”. Alejo Vargas Velásquez. Participación social, Planeación y Desarrollo Regional. Universidad Nacional de Colombia. Bogota 1994.

5.4.3 La planeación del desarrollo

La plantación en general se entiende como un proceso de toma de decisiones políticas orientadas a alcanzar un futuro deseado por la sociedad, proponiendo los medios para lograr los cambios deseados y posibles. Se relaciona con la definición de objetivos y metas de desarrollo su orientación mediante la definición de las actuaciones requeridas para lograrlo, las cuales se plasman en planes, programas, proyectos y acciones. Implica a demás la identificación de los recursos, instrumentos y mecanismos para hacerla factible y la definición de escenarios temporales de realización. Por lo tanto implica una actitud prospectiva entendida esta como una visión del futuro deseado y posible, que debe expresar las aspiraciones fundamentales de los diferentes actores, y proponer las acciones necesarias para lograr los cambios requeridos hacia la situación deseada.

La planificación es una labor orientada hacia el futuro; es un proceso que parte de la realidad territorial mediante su interpretación, el diagnostico, la definición de objetivos y metas de desarrollo y el planteamiento de alternativas de futuro y de las acciones para alcanzar los ideales establecidos, todo ello plasmado en un plan. El plan como instrumento de planificación establece además acuerdos, normas, recursos y tiempos previstos para orientar dicho desarrollo; como tal debe ser flexible y factible de ajustar, modificar o rehacer en la medida en que cambian las condiciones del territorio y de su entorno, o los intereses y requerimientos de desarrollo de la población. “Planificar es someter la acción a un plan, entendido como un intento o proyecto. Planificar intenta definir las líneas de acción encaminadas a conseguir unos objetivos fijados de antemano. Planificar es una actividad propia del hombre y se puede aplicar a múltiples facetas de la actividad humana”. PUJADAS, Roma y FONT, Jaume. Ordenación y planificación territorial. España. Editorial Síntesis, 1998. Pág.27.

El concepto de “Desarrollo” viene siendo relacionado con conceptos como crecimiento, avance, progreso, prosperidad, entre otros. Una premisa inicial del



desarrollo lo define como crecimiento sostenido del ingreso real por habitante, termino que ha ido modificándose en los últimos años, introduciendo variables sociales y cualitativas que apuntan al mejoramiento de la calidad de vida de la población, con lo cual un proceso orientado únicamente al crecimiento y bienestar económico y que no incluya el mejoramiento y beneficio social será solo de crecimiento económico y no de desarrollo. En este sentido el término desarrollo implica calidad de vida, condiciones de salud y de habitabilidad, mejoramiento en los niveles culturales, participación social y política entre otras.

El concepto de desarrollo debe involucrar aspectos de orden medioambiental, territorial y socio espacial soportados en planteamientos que relacionan las condiciones de habitabilidad con el estado sostenimiento de los ecosistemas; en consecuencia, desarrollo implica sostenibilidad cuyo interés ultimo es el logro de una armónica relación entre la preservación del medio ambiente.

“Desde la perspectiva ambiental tradicional la sostenibilidad significa preservar el capital natural. Requiere que nuestro consumo de recursos materiales, hídricos y energéticos no supere la capacidad de los sistemas naturales para reponerlos y que la velocidad a la que consumimos recursos no supere el ritmo de sustitución de los mismos. Significa así mismo que el ritmo de emisión de contaminantes no supere la capacidad el aire, el agua y el suelo de absorberlos y procesarlos. Implica, además, el mantenimiento de la diversidad biológica, la salud publica y la calidad del aire, el agua y el suelo a niveles suficientes para preservar la vida y el bienestar involucrando decisiones que no representan únicamente intereses de las personas afectadas. No obstante, el ambiente urbano debe, necesariamente, ampliarse concepción incluyendo el espacio o entorno donde se desarrollan las múltiples interacciones económicas, sociales, culturales que definen el espacio publico, escenario en el que se desarrollan de manera privilegiada las actividades que construyen ciudad”. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA, DAMA. Visión



La Carta Magna establece una serie de derroteros hacia los que se debe orientar el desarrollo y en consecuencia debe estar orientado el ordenamiento territorial; ellos son: el reconocimiento y la protección de la diversidad étnica y cultural del país, el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la puesta en marcha de formas de participación democrática y la intervención del Estado en los procesos de nacionalización de la economía para lograr un desarrollo armónico y equitativo, de tal forma que se garanticen las oportunidades, bienes y servicios requeridos en todo el país, a la vez se desarrollen estrategias y orientaciones políticas, económicas, sociales y ambientales que aseguren el adecuado desempeño de las entidades territoriales.

Orientados por los anteriores preceptos, varios sectores iniciaron la formulación de elaboraciones conceptuales diversas que enriquecieron la perspectiva e imprimieron al trabajo un carácter democrático y participativo, lo cual fue exitosamente canalizado por la Comisión de Ordenamiento Territorial COT. Dicha comisión definió el ordenamiento territorial “como un conjunto de acciones concertadas para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos, buscando su desarrollo socioeconómico y teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio considerado y la armonía con el medio ambiente”. Boletín de la COT No. 23. Pág. 3 y 4. 1994. Concepto que adquirió una perspectiva mas integral orientada hacia la planificación del desarrollo, entendiéndose posteriormente como “un proceso que comprende un conjunto de acciones concertadas, emprendidas por la nación, las entidades territoriales, para ajustar la división político administrativa de la Nación a la jurisdicción y para regular la transformación, ocupación y utilización del espacio de acuerdo a la estrategia de desarrollo social, económico y cultural y en armonía con el medio ambiente”. Boletín de la Comisión de Ordenamiento Territorial No. 26. Pág. 7. Fortaleciendo las anteriores visiones, el concepto de ordenamiento territorial se define como “La política del Estado que permite una apropiada organización político-administrativa de la nación y la

proyección espacial de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de la sociedad, proponiendo un nivel de vida adecuado de la población y la conservación del medio ambiente”.

5.4.5 Perspectivas del ordenamiento territorial

Holística: Considera los problemas territoriales desde un punto de vista global e involucra desde una perspectiva espacial, los aspectos económicos, sociales, culturales y ambientales, tratados tradicionalmente de forma sectorial.

Prospectiva: Plantea directrices a largo plazo y sirve de guía para la planeación local y regional.

Democrática y Participativa: Parte del principio de concertación con la ciudadanía para la toma de decisiones.

El ordenamiento territorial, como instrumento de la planificación, aporta al proceso enfoques, métodos y procedimientos que permiten acercar las políticas de desarrollo a la problemática particular de un territorio. En este sentido el territorio es comprendido como un espacio social que la población identifica como suyo, deja de ser el mero receptáculo de la acción del Estado, para convertirse en elemento integrador y estructurador de los objetivos, las políticas y las acciones públicas y privadas encaminadas a mejorar el bienestar social.

5.4.6 Desarrollo normativo

El desarrollo legal del ordenamiento territorial en Colombia es aun incompleto, sin embargo la Ley 388 de 1997, de Desarrollo Territorial, se constituye en el principal instrumento normativo que plantea el ordenamiento como un instrumento de planificación, especialmente orientado hacia el urbanismo. Pese a las dificultades para determinar el significado y los alcances del proceso, en la normativa vigente

ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales” (art.5)., y como objetivo dentro del ordenamiento del territorio es “complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las inversiones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible”. (Art. 6). Dentro de sus contenidos están los Plan de Ordenamiento Territorial POT.

5.5 DEFINICIÓN DE POLÍTICAS Y PRINCIPIOS DEL PLAN DE MANEJO Y PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO DE TUNJA

5.5.1 Políticas

- **Concertación:** Se desarrollo un plan concertado con las instituciones de los sectores oficial y privado, grupos de productores, sociedad civil, ya que si tenemos en cuenta que un medio ambiente sano, es resultante de relaciones armónicas entre los seres humanos y las actividades productivas y una única institución esta en total incapacidad para asumir el control de la problemática del acuífero, factores de riesgo que puedan existir. De igual forma debe tenerse en cuenta un plan de manejo regional, que involucre municipios vecinos y el departamento, para que de esta manera no se conciban acciones locales atomizadas, que no generen impacto mayor, o se desplacen fenómenos de un lugar a otro.
- **Participación social como elemento dinámico:** La participación de las instituciones y la sociedad civil no debe ser únicamente en el proceso de planeación, elaboración de diagnósticos, elaboración del documento, o estar presente en la presentación del plan para su aval, como tradicionalmente ocurre, sino que garantice la ejecución, veeduría, control, evaluación y ajustes permanentes del proceso de planeación. Dando

cumplimiento a los procesos de democratización y descentralización, para que conozcan, analicen y actúen sobre su propia situación.

- Continuidad: Para el logro de los objetivos propuestos se requiere el desarrollo de acciones continuas y articuladas, que faciliten la coherencia en los procesos adelantados.
- Evaluable: Debe permitir superar la casi generalizada imposibilidad de evaluar el cumplimiento de políticas, objetivos y metas y el impacto de la inversión al sector. La evaluación debe hacerse periódicamente durante su ejecución y no solo al final.

5.5.2 Principios

- Integralidad: Los planes deben ser integrales, es decir que deben contemplar acciones y recursos para la protección, conservación y recuperación ambiental, logrando una armonía entre estos.
- Equidad: Identificar los sectores en mayor estado de vulnerabilidad y riesgo para que sin detrimento de las acciones dirigidas a toda la población sean tenidas en cuenta como prioritarias para la asignación de recursos.
- Corresponsabilidad: En consideración a que la protección y conservación del acuífero de Tunja es de carácter interinstitucional e interdisciplinario, todas las instituciones y talentos humanos involucrados deben emprender acciones efectivas tendientes a reducir el deterioro y agotamiento del acuífero, para lo cual darán cumplimiento a las responsabilidades que les competen.
- Contenido social: La lucha en el país contra las diferentes manifestaciones del problema del uso inadecuado de los recursos ambientales, ha

Tabla 5.1. Zona de recarga del acuífero de Tunja

MUNICIPIO	VEREDAS Y/O SECTORES
Tunja	Pirgua, Runta sectores La Cabaña y Alto, Tras El Alto, Tras El Alto Sector Florencia, Chorro Blanco y Alto el Moral.
Soraya	Puente Hamaca y Otro Lado
Oicatá	Centro y Poravita
Combita	San Onofre y La Concepción

Fuente: Equipo técnico Consultoría.

5.6.2 Identificación de actores.

Se realizó un ejercicio de identificación de personas o colectivos que debido a su actividad socioeconómica pudieran contaminar un acuífero cualquiera (directa o indirectamente). Esta identificación de actores se apoyó sustancialmente en la tesis de grado de Identificación y caracterización de las amenazas de contaminación del acuífero de Tunja-Tesis de grado de Rafael Eduardo Moreno Rojas y Sergio Andrés Peña Perea, Fundación Universitaria de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Para el estudio de la zona de recarga del acuífero de Tunja se determinaron los siguientes grupos socioeconómicos:

- Productores: Personas o colectivos dedicados a la producción agropecuaria, tanto pequeños, medianos y grandes productores; de igual forma personas dedicadas a la extracción de materiales como arena, recebo, arcillas, carbón. Se invitó a personas y agremiaciones.
- Prestadores de servicios: Encargados de administrar servicios públicos como agua y alcantarillado, acueductos comunitarios, disposición de residuos sólidos, empresas municipales de servicios, de igual forma se contemplaron en este grupo las estaciones de servicio (estaciones de gasolina), recreativos y servicios funerarios (parque cementerio).



- Administraciones municipales: Se constituyen dentro de las funciones del municipio del municipio ser ordenadores del desarrollo del territorio y a la vez la promoción de los niveles de bienestar de sus habitantes, en este sentido se invito a participar a Alcaldes municipales, Secretarios de Gobierno, Inspectores Municipales, Presidentes de Concejo, Jefes de Planeación, Secretarios o Directores Locales de Salud, Personeros, Jefes de unidades de Servicios Públicos, Directores de UMATA.
- Educación: La trascendencia de su capacidad en la transformación de prácticas y actitudes que afectan la relación entre comunidades y ecosistemas, se invito a participar de los encuentros a Directores de Núcleo municipal, Docentes y Coordinadores de Universidades.
- Comunidades de base: Reconociendo su carácter de puente y voceros entre entidades del Estado y particulares y las comunidades, se invitaron a los talleres a los Presidentes de las Juntas de Acción Comunal y veedores del municipio.
- Organizaciones del sector ambiental: Reconociendo la importancia de procesos ambientalistas participativos, se convocaron organizaciones que desarrollen trabajo en el sector. En algunos municipios se invito a Promotores ambientales y miembros de Cabildos Verdes.
- Policía nacional: Su papel que va en una doble interacción tanto a nivel de vigilancia y control del orden como agentes educativos, que han establecido una rama como lo es la Policía Comunitaria, donde se desarrollan acciones educativas ambientales.
- Grupos religiosos: Su papel como educadores de diferentes grupos poblacionales, llamados a entablar relaciones sostenibles entre practicas religiosas y recursos naturales, por tal razón se invito a los párrocos municipales a participar en los talleres.

5.6.3 Actores invitados a participar del proceso de planeación participativa

Posterior a la identificación de actores, se procedió a visibilizarlos, para lo cual se busco el apoyo de las administraciones municipales, inventario general de las canteras existentes en la ciudad de Tunja y alrededores de la U.P.T.C, Escuela de Ingeniería Civil y las bases de datos de la Oficina de la Gobernabilidad de Boyacá y Cámara de Comercio de Tunja, dando lugar a un directorio con los siguientes datos:

Tabla 5.2. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja.

Municipio de Oicatá

No.	NOMBRE	CARGO
1	Franklin Fonseca	Jefe de Planeación
2	Oswaldo Ríos	Presidente JAC vereda Centro
3	Anita Villamizar	Presidenta JAC Vereda Poravita
4	Olga Lucia Suárez Castillo	Gerente ESE Oicatá
5	Ernesto Torres	Director UMATA
6	Freddy Garzón	Presidente Concejo Municipal
7	Giovanna Cortes Castro	Personera Municipal
8	Luís Alberto Guerrero	Párroco
9	Rafael Humberto Riaño	Alcalde
10	José Sibel Suárez	Director de Núcleo Educativo
11	Diana Moreno	Comandante Estación de Policía
12	Nury Parra	Veedora ciudadana –PAB-
13	Éloisa Ejea	Veedora Ciudadana-SISBEN-
14	Manuel Suárez	Veedor ciudadano-Servicios Públicos-
15	Martha Carvajal	Veedora ciudadana-Desayunos infantiles-
16	Alfonso Numpaqué	Veedor ciudadano-Adulto mayor-
17	Isaura Niño	ASOQUINOLACTEOS
18	Leopoldina Díaz	ARTESO
19	Alcides Pineda	Representante sector agropecuario Vereda Poravita
20	José Segundo Hernán Ásgame	Presidente Asociación de suscriptores Acueducto Rural Oicatá

21	Gratiniano Fagua	Representante sector Agropecuario Vereda Centro
22	Eduardo Cuchimaque	Representante sector Agropecuario Vereda Centro
23	Oscar Zeveriche	Servigenerales

Tabla 5.3. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja.

Municipio de Soracá

No.	NOMBRE	CARGO
1	Germán Robayo	Jefe de Planeación
2	Jenny Bolaños Cardazo	Inspectora Municipal y Secretaria de Gobierno
3	Oswaldo Santiesteban	Director Escuela “Otro lado”
4	Carlos Ramírez	Gerente ESE Soraya
5	Daniel Gonzáles	Director UMATA
6	Jorge Manquen	Presidente Concejo Municipal
7	Marlene Pereira	Personera Municipal
8	Álvaro de Jesús Puerta	Párroco
9	Clementina Guayacán Guevara	Alcaldesa
10	Oriol Ramos	Director de Núcleo Educativo
11	Wilder Restrepo Moncada	Agente de Policía Ambiental
12	Eutimio Gonzáles	Veedor ciudadano, Presidente Acueducto “Otro Lado”, miembro gremio Coinpapa.
13	Tito Mesa	Director Oficina de Servicios Públicos
14	Belarmino Guayacán	Estación de Servicio “La Macarena”
15	Sofía Rodríguez	Directora de Cultura y Turismo
16	José Cano	Cultivo de papa “La Tocanita”.
17	Carlos Huertas	Universidad Juan de Castellanos
18	Rafael Cortes	Club de Golf “Potrerillos”.
19	Eutimio Gonzáles	Presidente Acueducto “Otro Lado”.
20	Oscar Rivera	Presidente JAC Vereda “Otro Lado”
21	Hugo Rivera	Presidente JAC Vereda “ Puente Hamaca”
22	Martha Liliana Guevara	Productor agropecuario
23	Gosme Guevara	Productor agropecuario
24	Leonidas Torres	Productor agropecuario
25	Wilver López	Productor agropecuario
26	Coop. de agricultores de Papa	Productores agropecuarios

Tabla 5.4. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja.

Municipio de Tunja

No.	NOMBRE	CARGO
1	Benigno Hernán Díaz Cárdenas	Alcalde Mayor de Tunja
2	Rómulo Zapaquirá	Director Oficina Asesora de Planeación
3	Henry Alexander Mesa Fonseca	Secretario de Infraestructura
4	Sergio Barón López	Secretario de Gobierno
5	Fabio Martínez	Presidente Concejo Municipal
6	Oscar Zeveriche	SERVIGENERALES
7	Javier Uribe Ortega	Empresa Matadero de Tunja
8	William Sierra Agudelo	Secretaria de Desarrollo
9	Libardo Ángel Gonzáles	Personero Municipal
10	José Salvatore Gozzo Mangiafico	Gerente SERAQUA
11	Patricia Sánchez Rojas	Gerente ESE Santiago de Tunja
12	Saúl Torres	Asistencia Técnica Agropecuaria
13	Olga Lucy Fonseca Sabogal	Unidad de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente
14	Oscar Javier Sánchez Pinto. Cra. 1 A Este No. 74-19.	Veedor ambiental
15	William Javier Acuña Ochoa. Cra. 9No.27-37.	Veedor ambiental
16	Germán Escobar Rodríguez. Cll 22ª No. 7-14.	Veedor ambiental
17	Nelson Uriel Tovar Quiroz. Trvs. 15 No. 29-83.	Veedor ambiental
18	Félix Fernando Marques. Manzana 33 casa 10 Cooservicios. Tel: 7434467	Veedor ambiental
19	Víctor Fernando Ortega. Oficina 209. Banco de Bogota. Tel: 7422522	Veedor ambiental
20	Luís Enrique Díaz. Trvs. 17 No. 20-28. Tel: 7402938	Veedor ambiental
21	Luís Alberto Rojas. Cra. 3B No. 3-32. Tel: 7407750	Veedor ambiental
22	Néstor Fonseca	Industrias Alimenticias CAMY
23	Andrés Sanabria Leal. Cll 20 No. 12-84. Oficina 209ª	ONG Corporación Profesionales de Desarrollo Proactivo Integral

24	John William Rosso Murillo. Cra. 12 N. 18 33. Ofic. 311	Corporación Popular Modelo Ciudadano CORPOCI
25	Carlos Martínez Vargas. Cra. 13 No. 22-81. CULTURISO	Asociación para el Dilo Cultural, temático y Social de Boyacá.
26	El Triunfo. Carrera 11 salida a Soracá. Tel: 7422238	Estación de Servicio
27	Tisquesusa. Cra. 14 No. 2ª 55 sur. Tel: 7424178	Estación de Servicio
28	El Carare. Trvs. 15 No. 26-03. Tel: 7424866	Estación de Servicio
29	Hunza. Cr. 11 No. 4-35. Tel: 7422908	Estación de Servicio
30	Los Muiscas. Trvs. 5 No. 66-01. Tel: 7450444	Estación de Servicio
31	Estación de Servicio S.A. Cr. 14 No. 1ª-33. Tel: 7402712	Estación de Servicio
32	Las Mercedes. Dg. 31 A No. 10-06. Tel: 7427360	Estación de Servicio
33	Cooservicios	Estación de Servicio
34	La Glorieta	Estación de Servicio
35	Reten Sur ESSO	Estación de Servicio
36	La Avenida Maldonado	Estación de Servicio
37	Plaza Real	Estación de Servicio
38	San Antonio-Reten Sur.	Estación de Servicio
39	Estación de Servicio	Estación de Servicio
40	ESSO Maldonado	Estación de Servicio
41	Moisés Gonzáles	Propietario Mina, vereda Runta
42	Juan Moreno	Propietario Mina, Vereda Runta
43	Juan Pablo Orjuela	Propietario Mina, Vereda Runta
44	José Indalecio Moreno	Propietario Mina, Vereda Runta
45	Silvestre Rodríguez	Propietario Mina, Vereda Runta
46	Arturo Moreno	Propietario Mina, Vereda Runta
47	Oliverio Farias	Propietario Mina, Vereda Pigua
48	Blanca Isabel Ruiz	Propietaria Mina, Vereda Pigua
49	Pepe Medina	Propietaria Mina, Vereda Pigua
50	Luís Neme	Propietaria Mina, Vereda Pigua
51	Isidro Abril	Propietario Mina, Vereda Runta
52	Adán Arcos	Propietario Mina, Vereda Runta
53	Juan Vicente Torres	Propietario Mina, Vereda Tras El Alto
54	Fernando Gonzáles	Propietario Mina, Vereda Runta



55	Delfín Bustamante	Propietario Mina, Vereda Runta
56	Jacobo Tovar	Propietario Mina, Vereda Runta
57	Benigno Gutiérrez	Propietario Mina, Vereda Runta
58	Nelly López	Propietario Mina, Vereda Pírgua
59	Luís Hernández	Propietario Mina, Vereda Pírgua
60	Carlos Hernández	Propietario Mina, Vereda Pírgua
61	Jorge López/Manuel López	Propietario Mina, Vereda Pírgua
62	Segundo Campos	Propietario Mina, Vereda Pírgua
63	Carmen Rosa Rivera	Agricultora Vereda Pírgua
64	Héctor Cruz Torres	Agricultor
65	Jaime Gonzáles	Agricultor
66	Julio Moreno	Agricultor
67	Luís Alfredo Riaño	Agricultor Vereda Runta sector La Cabaña
68	Juan Manuel Rivera Rivera	Presidente JAC de Pírgua
69	Blanca Sofía Gonzáles Rodríguez	Presidenta JAC de Runta
70	Doris Elena Rivera Guerrero	Presidenta JAC Runta Sector Las Cabaña
71	Leonardo Moreno	Presidente JAC Runta parte Alta
72	Efrén Moreno	Presiente JAC Tras del Alto Sector Florencia

Tabla 5.5. Relación de actores identificados e invitados a participar en los talleres de sensibilización y formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja.

Municipio de Combita

No.	NOMBRE	CARGO
1	Ing. Saúl Gonzáles	Estación de Servicio Terpel
2	Patricia Quito Quito	Directora de UMATA
3	Diego Fernando Vargas Garavito	Jefe de Planeación
4	Geovanny Díaz Ramos	Personero Municipal
5	Armando Bolívar	Presidente JAC Vereda San Onofre
6	Rodrigo Tocarruncho	Presidente JAC Vereda Concepción
7	Jesús Fonseca Sánchez	Presidente JAC Vereda Concepción Baja/veedor
8	Jaime Malaver	Presidente JAC Vereda San Onofre Alto/veedor
9	Virgilio Suárez	Veedor Ciudadano
10	Eulises Fúquene	Veedor Ciudadano
11	Saúl Combita	Veedor Ciudadano
12	Amilkar Iván Piña	Cabildo Verde

13	Daniel Garavito	Promotor Ambiental
14	Leovigildo Higuera	Promotor Ambiental
15	Germán Piña	Promotor Ambiental
16	Eraclio Ríos	Cooperativa Pequeños Agricultores
17	Carlos Eduardo Machado	Gerente ESE
18	Edgar Aguilar	Alcalde
19	Jesús Dimas Montoya	Jefe Núcleo Educativo
20	Marco Antonio Gil	Párroco
21	Oswaldo Alfonso	Acueducto Comunitario Quebrada “La Mecha”
22	Elisa Rojas Riaño	Inspectora
23	Cesar Alberto Gonzáles García	Presidente Concejo Municipal
24	Claudia Ríos	Jefe Unidad de Servicios Públicos
25	Humberto Gonzáles	Presidente Acueducto Rural “El Santuario”
26	Ananías Muñoz	Presidente Acueducto Rural “El Alisal”
27	Humberto Díaz	Propietario Pozo Profundo “El Alto”
28	Rodolfo Velasco Burgos	Secretario de Gobierno
29	Ricardo Piratoba Piratoba	Mina mat. Construcción Vereda Concepción
30	Marco Aurelio Cárdenas	Mina mat. construcción Vereda Concepción
31	Alfonso Gonzáles	Mina materiales de Construcción
32	Buenaventura Suárez	Mina mat. Construcción Vereda San Onofre
33	Mariano Alfonso Malaver	Mina materiales construcción
34	Mariano Alfonso Malaver	Mina materiales Construcción Vda. San Rafael
35	Siervo Daza	Mina de carbón
36	Argemiro Suárez	Representante Sector agropecuario Vereda Concepción
37	José de La Cruz López	Representante Sector agropecuario Vereda Concepción
38	Pablo Malaver	Representante Sector agropecuario Vereda San Onofre
39	Tintiliano Suárez	Representante Sector agropecuario Vereda San Onofre
40	Tirso Amézquita	Técnico UMATA
41	Paulina Araque	Consultora EOT

5.6.4 convocatoria para la participación en los talleres

Una vez identificados los diferentes actores, con quienes se trabajaría de manera conjunta la realización del diagnóstico socioeconómico y la formulación del plan participativo, se procedió a invitarlos de manera personal, a participar en los

talleres, a través de nota escrita, firmada por la directora de CORPOBOYACÁ y el director de la Consultoría, explicando el objetivo del estudio y sus alcances. Esta correspondencia se envió con una antelación de aproximadamente semana y media, labor que realizaron los consultores, apoyados por los notificadotes de los municipios. De igual manera se concertó con las administraciones municipales el día y hora en que la asistencia se facilitara más. Junto a la carta de invitación, se anexo la agenda de trabajo, a fin de que los participantes dispusieran de una jornada completa de trabajo, en horarios de 8 a.m.-1 p.m., o de 2-5 p.m.

5.6.5 Realización de talleres

Se realizaron 8 talleres en total, dos por cada municipio. Antes de iniciar el primer taller de planeación participativa, se contextualizó a los participantes sobre las políticas de la Corporación Autónoma de Boyacá CORPOBOYACÁ en cuanto a la protección y uso adecuado de las aguas subterráneas y el ordenamiento territorial, frente a las cuales se inscribe el Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja, como instrumento de planificación integral del recurso hídrico, las entidades corresponsables en su diseño e implementación, instrumento que ha estado precedido de otras como el Plan de Ordenamiento Territorial y/o Esquema de Ordenamiento Territorial de los municipios y más recientemente el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Río Chicamocha, instrumentos que deben ir de manera articulada. Posteriormente Los(as) facilitadores presentan a los asistentes una breve exposición sobre el acuífero de Tunja en cuanto a:

- Localización geográfica.
- Ciclo Hidrológico del agua.
- Formación Geológica.
- Zona de recarga hídrica.
- Demanda actual y potencial de este recurso.
- Posibles fuentes de contaminación del acuífero.

De esta manera se dio paso a la realización del primer taller denominado Taller de sensibilización sobre la importancia y necesidad de proteger y conservar el acuífero, y tubo como objetivo convocar a los diferentes actores identificados que viven y/o desarrollan su accionar en la zona de recarga hídrica del acuífero, con el fin de obtener un conocimiento mas preciso sobre su situación actual, referida a problemáticas presentadas, causas, efectos y presencia de conflictos, que permitiera obtener definiciones consensuadas que reflejen una satisfacción en el grupo y el mejor conocimiento disponible hasta el momento (radiografía) de la situación actual.

En el segundo taller se realizo un breve recuento del taller anterior, que permitiera empalmar los contenidos. Este taller se denomino taller de formulación de acciones y estrategias que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de manera participativa y concertada y tubo como objetivo identificar colectivamente que medidas e instrumentos disponibles locales y regionales se encuentran que permitan obtener una planificación de las aguas subterráneas en el contexto de un manejo integrado.

5.6.6 Análisis de la información

La información primaria obtenida en los talleres se complementó con la información obtenida de fuentes secundarias como los resultados parciales del Plan de Manejo y Ordenamiento de la Cuenca Alta del Río Chicamocha POMCA, Programas ambientales para el POT de Tunja, Caracterización socioeconómica de la población de Tunja. (Estudio del POT), Mapa de la zona rural de Tunja y ecosistemas estratégicos, Políticas, programas, planes y proyectos del POT de Tunja, Identificación y caracterización de las amenazas de contaminación del acuífero de Tunja-Tesis de grado de Rafael Eduardo Moreno Rojas y Sergio Andrés Peña Perea, Fundación Universitaria de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Esquemas de ordenamiento Territorial de los municipios de Soracá, Oicatá y Combita, Plan de Ordenamiento Territorial de

Tunja, Planes de Desarrollo de los municipios de Tunja, Combita, Soracá y Oicatá, boletines estadísticos del DANE. Esta información posteriormente se validó a través de las visitas de campo, realizadas para determinar la vulnerabilidad ambiental del acuífero.

5.6.7 Socialización de resultados

Entrega a las comunidades en general y de manera particular a aquellas que participaron en el proceso de planeación participativa, de la situación del acuífero, referida a sus principales problemas, así como las alternativas de solución, enmarcados dentro del plan de manejo y protección, condensado en los programas y proyectos que las diferentes autoridades se comprometan a implementar, logrando de esta manera contribuir a la sensibilización social en relación a la valoración y conservación del recurso hídrico. De igual manera se logra establecer un ciclo participativo, para que la participación de las comunidades no se reduzca únicamente al levantamiento de diagnósticos o entrega de resultados, de manera aislada, como ocurre con algunos procesos y promovidos desafortunadamente por el Estado, logrando que de esta manera la sociedad civil se apropie de este instrumento de planificación realicen un acompañamiento más permanente al plan que le garantice la ejecución, veeduría, control, evaluación y ajustes permanentes.

5.7 METODOLOGÍA

Esta basada en la Investigación Acción Participativa IAP, la cual valida la premisa de la necesidad de construir horizontes de acción colectiva local y regional, orientando los encuentros comunitarios de manera que se logran los siguientes procesos:

- Generar un espacio educativo, como instrumento de concientización sobre el estado del acuífero.

- Las poblaciones identifiquen las bondades del proceso de planeación participativa así como de sus resultados.
- Reconocimiento del potencial creativo de las comunidades para la identificación y movilización de recursos con miras a la transformación social.
- Estimular la observación de las comunidades sobre su entorno, su interpretación y comprensión y la generación de consensos mínimos acerca de las oportunidades de actuación colectiva frente al uso del territorio
- Valorar las representaciones, significaciones y valoraciones de los diversos actores involucrados en los talleres.
- Devolución sistemática (o socialización pedagógica), la cual consiste en devolver didácticamente los resultados finales de la investigación a la población.

Se utilizó como técnica de investigación un enfoque cualitativo en los procedimientos de recolección, análisis y presentación de la información, a través de preguntas abiertas, cuyas respuestas iban registrando en tarjetas, facilitando el uso de habilidades orales y escritas, generando una matriz de información, que permitía tener una visión global de la problemática así como de las potenciales soluciones del acuífero en estudio.

Se conformaron grupos de trabajo con los actores invitados, de acuerdo a la afinidad de trabajo: actividades agropecuarias, mineras, administración municipal, representantes de las comunidades, empresas prestadoras de servicios.

Cada grupo registraba la información que consideraba de mayor pertinencia, de manera dialogada y consensuada.

Durante el primer taller se buscaba obtener información a partir del análisis de 13 variables a saber:

- Que hacen: Pregunta que busca indagar sobre el autoconcepto que como actores tienen sobre su accionar. Igualmente permite que identifiquen actividades que están desarrollando. De igual forma en la vida municipal son pocas las oportunidades que los actores tienen para hablar de su propio accionar y compartirlo con otros. El reconocer y autoafirmar la misión y visión de cada actor, puede generar seguridad, orgullo por lo que se hace, a sentir que se tiene capacidad de lograr las propias metas. Dar a conocer la percepción que se tiene de si mismo, ya que en ocasiones los otros nos ven de otra manera y por ende se dan requerimientos que se pueden o no satisfacer.

- Como lo hacen: Esta variable, complemento de la anterior, permite observar en detalle a través de que procedimientos, técnicas, metodologías, logran realizar sus acciones. De esta variable buscamos establecer la forma en que se utilizan los recursos, ya que se evidencia que muchos de los problemas ambientales se causan no tanto en el hacer como si en el procedimiento utilizado.

- Por que lo hacen: Al llegar a este punto, los actores vienen siendo guiados desde las prácticas que realizan en su cotidianidad, hacia la definición de los objetivos que como colectivo persiguen, se identifican intereses, expectativas, aspiraciones o necesidades.

- Recursos naturales usados: Se pretende que los participantes enlisten que recursos de la naturaleza emplean para lograr realizar sus actividades.

- Actores beneficiados: El identificar que otras personas o colectivos de manera directa o indirecta, se satisfacen de este tipo de actividad, permite establecer el impacto que desencadena determinada actividad social.

- Actores afectados: Esta variable de manera particular indaga sobre el conocimiento o reconocimiento que se tiene sobre los actores que se ven vulnerados por las actividades propias de un grupo de actores determinado.
- Fortalezas: Pregunta que se encamina a conocer de los actores las fortalezas que tenían, identificando que los hacia diferentes y únicos frente a otros, que características y condiciones los mantenían desarrollando su actividad.
- Ámbito de acción: Busca precisar el espacio territorial donde los actores desarrollan sus actividades.
- Problemas ambientales del acuífero: Producto de su propio conocimiento y experiencia, unido a la exposición sobre que es el acuífero, localización y posibles problemas ambientales, los actores formulan los principales problemas ambientales, concebidos como el desfase entre la realidad y una situación deseable.
- Causas: Se orienta a los participantes a indagar sobre la raíz del problema, se busca trabajar la complejidad y las interrelaciones de cada problema que se esta analizando. De esta manera se trata de precisar de manera más eficaz por que se presentan los problemas, indagando más allá de sus manifestaciones.
- Efectos ecológicos: Se refiere al impacto que causa el problema ambiental, es la verificación tangible de lo que esta sucediendo.
- Efectos sociales: Partiendo de que la población ocupa un espacio y utiliza unos determinados recursos, y de la calidad y cantidad de estos, se ve afectada, los participantes a partir de este análisis deben responder en las comunidades que efectos se están presentando.

- Desde cuándo: Se indaga por la temporalidad en la cual se presentan los problemas ambientales y sus efectos, para observar la secuencia de los problemas, su antigüedad o novedad, de igual forma el periodo o frecuencia.

Durante el segundo taller las variables utilizadas fueron:

- Problemas ambientales del acuífero: Se partía de los problemas identificados en el taller anterior.

- Alternativas de solución: Desde el conocimiento y experiencia de cada actor, se busca proponer correctivos a las problemáticas presentadas.

- Priorización: Ejercicio que buscaba analizar el grado de emergencia e importancia de cada alternativa de solución presentada, a fin de asignarle una realización más oportuna en el tiempo. Esta variable también analiza la coincidencia o divergencia entre los actores frente a determinada solución, los valores implícitos dada la calificación asignada.

- Viabilidad: Frente a las alternativas de solución, se analizaba la viabilidad, teniendo en cuenta factores sociales, económicos, políticos, entre otros, la cual es calificada por los actores, donde se registra su percepción.

- Corresponsables: Esta pregunta cuestiona a los actores, para que enlisten instituciones o personas, que de mayor o menor forma tienen responsabilidad en aportar a la solución de los problemas del acuífero. Se analiza la capacidad de conocimiento en cuanto a la diversidad de fuentes identificadas.

Estas variables se utilizaron en los talleres de los municipios de Oicatá y Combita. Mediante reunión interna del equipo de trabajo y atendiendo las sugerencias de la

Ingeniera Camila Bolívar, Interventora delegada de Corpoboyacá, se redujeron y resumieron en las siguientes variables, debido a las siguientes causas:

- Variables como el porque lo hacen, las respuestas las daban en el que hacen.
- En la variable fortalezas: se repetían las respuestas en los actores que se beneficiaban.
- Ámbito de acción: el tener claramente identificadas las veredas y sectores, donde se realiza la recarga hídrica del acuífero, se daban respuestas ya conocidas.
- Efectos ecológicos y sociales: Se resumió en una sola variable llamada efectos, ya que los participantes en sus respuestas las mezclaban entre si.
- Desde cuando: Durante los dos primeros talleres los participantes identificaron una temporalidad de tiempo completo. Esta variable se complementó con la de que se ha hecho para su solución, para mirar el comportamiento en el tiempo del problema.
- Se incluyeron nuevas variables para el segundo taller como: que se ha hecho hasta ahora para la solución del problema ambiental del acuífero identificado y de donde se ha obtenido apoyo técnico y social.
- Durante el primer taller se estaban empleando 13 variables, las cuales estaban resultando muy numerosas.

De esta manera las variables quedaron definidas de la siguiente manera:

PRIMER TALLER

- Que hacen
- Como lo hacen
- Recursos naturales usados
- Actores beneficiados
- Actores afectados
- Problemas ambientales del acuífero
- Causas
- Efectos



- Político-institucional: Grado de fortalecimiento, legitimidad de las instituciones que hacen presencia en la vida municipal, capaces de liderar gestiones ambientales, significativas para la protección y conservación del recurso hídrico.
- Producción: Sistemas empleados en la realización de las actividades económicas y su relación sostenibles con el recurso hídrico.
- Prospectiva: Capacidad de visionar escenarios futuros, donde se logre armonizar las actividades socioeconómicas con la conservación y protección del recurso hídrico. De igual manera se evalúa la confianza de los actores en sus propuestas de solución.
- Corresponsables: Grado de conocimiento de personas o colectivos que de alguna manera coadyuvarían en la protección del acuífero.
- Educación ambiental: Acciones educativas ambientales de carácter público o privado que orienten una mejor manera de relacionarse entre los seres humanos y los ecosistemas.

SEGUNDO TALLER

- Problemas ambientales del acuífero
- Que se ha hecho para su solución: Indaga la gestión que ha realizado cada grupo de actores frente a la problemática, dificultades encontradas, estado de estas gestiones. De igual manera se parte reconociendo que frente a las problemáticas existentes nunca se parte de cero, en la búsqueda de su solución, otros pueden haber intentado hacerle frente y se evalúan sus resultados.
- De donde han obtenido apoyo: Propicia el reconocimiento del apoyo encontrado ya sea económico, técnico, social o de otro tipo.
- Alternativas de solución
- Priorización
- Viabilidad
- Corresponsables

5.8 RESULTADOS

La presentación de resultados se organiza por municipios y se resume en las siguientes variables, que condensan la información suministrada por los actores durante los talleres.

- Participación social: Referida a la diversidad de actores participantes, y grado de cohesión interna entre los actores.
- Gestión ambiental: Actividades que han venido realizando con anterioridad para dar respuesta satisfactoria a los problemas ambientales identificados.
- Problemas ambientales: identificación por parte de los actores de manera consensuada sobre la situación de malestar que afectan los ecosistemas, específicamente las aguas subterráneas.

Tabla 5.6. Resultados del diagnóstico ambiental por municipio, a partir de la realización de los talleres participativos

MUNICIPIO	PARTICIPACIÓN SOCIAL	GESTIÓN AMBIENTAL	PROBLEMAS AMBIENTALES	POLÍTICO-INSTITUCIONAL	PRODUCCIÓN	PROSPECTIVA	CORRESPONSABLES	EDUCACIÓN AMBIENTAL
OICATÁ	<p>Este municipio presento unos altos niveles de participación, asistiendo casi la totalidad de los actores invitados y se pudieron realizar los talleres en la programación acordada (única convocatoria y dos talleres en las fechas acordadas). El Jefe de Planeación fue la persona con quien se coordinó la realización de los talleres, asumió el rol con liderazgo, facilitando el trabajo al equipo consultor. La administración municipal se constituyó como el grupo de mayor participación seguido por los productores agropecuarios. La administración municipal identifica la importancia de la participación comunitaria para llevar a cabo sus políticas de desarrollo.</p>	<p>Se observa un proceso débil en relación con el principal problema ambiental que identificó, como lo es la ubicación cercana del relleno sanitario, debido a los malos olores, presencia de roedores, moscos y perros callejeros y la posible contaminación de la Quebrada La Cebolla, sin embargo hasta antes de este taller no habían realizado algún tipo de acercamientos con Servigenerales para darles a conocer los problemas y determinar medidas para contrarrestarlas.</p>	<p>Evidencian malestar por la cercanía del relleno sanitario y el bajo impacto que han tenido las medidas de mitigación de olores, proliferación de moscos y zancudos, manifiestan que causa enfermedades dermatológicas y respiratorias en la población infantil de la vereda Centro; de igual forma la contaminación del agua del Río Chulo, con la cual se riegan pastos y cultivos y el deterioro del suelo, debido a la erosión y uso de agroquímicos.</p>	<p>Se contó con la participación del alcalde, personero y funcionarios del área de salud y educación, quienes desde cada campo de acción visualizan la problemática ambiental y la relacionan con los problemas sectoriales. Existe reconocimiento sobre la importancia de los encuentros para mejorar la situación ambiental del municipio.</p>	<p>Se realiza de manera tradicional, con muy poco acceso a tecnificación por parte de pequeños y medianos agricultores, lo que puede incidir en el uso de algunas técnicas que agoten el recurso suelo y contaminen el recurso hídrico. Este grupo se reconoce como garante de la seguridad alimentaria tanto local como regional.</p>	<p>Hacia el futuro determinaron como alternativas de solución en primera instancia la reforestación, (nativas), seguida de la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, y en igualdad de importancia manifiestan la necesidad de disminuir el uso de agroquímicos en los cultivos, manejo adecuado de suelos para evitar la erosión y la educación ambiental. Manifiestan que los procesos mas complejos de lograr, calificados con una viabilidad baja es la disminución del uso de agroquímicos y la sensibilización a las comunidades.</p>	<p>Enlistan un número significativo de personas y colectivos encargados de las soluciones, tanto del orden local, departamental como nacional, incluyendo empresas privadas.</p>	<p>En la institución educativa del Centro, algunos docentes están iniciando el proceso de capacitación para la formulación de los PRAES, apoyados por CORPOBOYACÁ. En el momento de realizar los talleres no tenían el PRAES formulado, ni conocimiento de la posición estratégica de las veredas Centro y Poravita, como zonas de recarga del acuífero de Tunja. Las acciones en torno a la educación ambiental que desarrollan son aisladas, tendientes al manejo de los residuos sólidos que producen.</p>

<p>CÓMBITA</p>	<p>Se presento una alta participación del sector minero, quienes reconocen la importancia de mantener mejores canales de comunicación con Corpoboyacá. Están asociados a través de empresas, lo que les facilitaría concertar procesos, a nivel local ejercen una fuerte influencia sobre decisiones de carácter político.</p> <p>La participación de representantes de comunidades de base si bien no es la mas alta, acuden, debido al reconocimiento de lo ambiental como eje articulador de las actividades socioeconómicas.</p> <p>No se pudo realizar el segundo taller en la fecha acordada, por baja asistencia, debiéndose convocar nuevamente.</p>	<p>Se encuentran actualizando el EOT, aun cuando los consultores se quejan de que la participación no es la mas alta dada la importancia de este instrumento de planificación, algunos productores mineros y agropecuarios reconocen la importancia de este ordenamiento y han acudido a los espacios de participación asignados.</p>	<p>Se identifica en especial la extracción minera, ya que materiales como arenas y recho tienen una alta demanda, buen precio, por su calidad, además de generar empleo local. El conflicto principal por el uso del suelo radica en que están ubicados en la zona de recarga del acuífero y en la zona de expansión de Tunja (vía Tunja-Sogamoso).</p> <p>En los talleres se identifico que minas que han terminado su explotación, son abandonadas, sin iniciar el respectivo plan de recuperación...</p>	<p>La presencia institucional para la asistencia a los talleres es baja, no se encontró una persona en el municipio que lograra facilitar este proceso de planeación participativa y ser interlocutor ante las comunidades. Funcionarios como Alcalde, Personero, Umata, Inspectora, Salud y Educación no acudieron a ninguna de las invitaciones efectuadas, evidenciando el vacío que en lo público institucional tiene la gestión ambiental en este municipio.</p>	<p>Producción convencional, alto uso de agroquímicos, no se evidencia prácticas de conservación de suelos y por ende baja sostenibilidad ambiental.</p> <p>Los productores mineros algunos han logrado acceder a tecnología y realizan extracción de manera mecanizada, especialmente en la extracción de recho.</p> <p>Estos productores se han dedicado a estas labores por tradición y experiencia que ha pasado de varias generaciones.</p>	<p>Las entidades municipales han comprado áreas de protección de aguas, diseño planta de tratamiento de aguas residuales, construcción de reservorios, pozos sépticos y capacitación en cultivos orgánicos a fin de disminuir el deterioro ambiental del municipio. Se identifica como alternativa de solución la construcción de plantas de tratamiento para las aguas residuales, seguido de una mayor cobertura de reforestaron, en especial donde se ha levantado la capa vegetal del suelo y en tercer lugar se identifica la construcción de rellenos sanitarios. La viabilidad es baja en cuanto a la construcción de obras de infraestructura por los costos que tienen, mientras que los procesos de reforestación tienen una alta viabilidad.</p>	<p>Identifican instancias a nivel local, departamental y nacional que de manera comprometida pueden viabilizar las alternativas de solución propuestas, identifican actores que aportan en lo financiero, educativo e investigación.</p>	<p>Orientada a ofrecer capacitación en cultivos orgánicos, en especial a los pequeños y medianos agricultores.</p> <p>Los PRAES no involucran a toda la comunidad educativa y se presentan acciones aisladas, que no facilitan la comprensión del problema ambiental local por parte de los estudiantes. De igual forma el conocimiento sobre las aguas subterráneas es escaso.</p>
----------------	--	---	---	---	---	---	--	---

<p>TUNJA</p>	<p>La participación de la administración municipal, fue numerosa, y junto a las comunidades de base, presentan una actitud favorable a la protección del acuífero, reconociendo que su estado es garante para la calidad de vida de la población tunjana, sin embargo les falta continuidad en la participación de los talleres.</p> <p>Los mineros son el grupo productivo con mayor nivel de participación, igualmente el mas consolidado, en cuanto a organización y participación, lo que refleja una actitud conciente de que su actividad económica debe equilibrarse con la conservación de los ecosistemas.</p> <p>Los agricultores tanto grandes, medianos y pequeños no se encuentran organizados, quienes asisten desarrollan actividades de manera aislada, lo que puede dificultar procesos de concertación futuros.</p>	<p>La administración municipal da respuesta a problemáticas derivadas del alto uso de agroquímicos, saneamiento ambiental, falta de educación, deforestación; sin embargo frente a problemáticas derivadas de la minería han dejado en otras instancias el manejo.</p> <p>Los mineros cuentan con sus planes de manejo ambiental, reconociendo su importancia.</p> <p>Las estaciones poseen una baja capacidad de gestión, para dar respuesta a las problemáticas que poseen, especialmente en educación de sus operarios.</p> <p>La cercanía de Corpoboyacá, facilita que diferentes actores, demanden de sus servicios.</p>	<p>Se identifica la pérdida de capa vegetal, por actividades mineras, contaminación del río chulo, alto uso de insumos químicos en las actividades agropecuarias, contaminación de aguas servidas (pozos profundos, alcantarillados sin entubar completamente).</p>	<p>La administración municipal de Tunja tiene un alto nivel de conciencia sobre la contaminación del acuífero, causas y alternativas de solución.</p> <p>Las empresas prestadoras de servicios presentaron una deficiente y en ocasiones nula participación como actores administradores de recursos, se identifica la ausencia de SerA.Q.A., quien debiera ser la entidad mas interesada en reconocer las fuentes hídricas e interactuar con los actores que habitan estos territorios. De igual forma la empresa Servigenerales no se presento a los talleres, y la presencia de los parques funerarios, evidencio una actitud irresponsable con los demás actores participantes del taller, en torno a dar a conocer su manejo ambiental y su relación con el acuífero.</p>	<p>Actividades mineras de extracción de carbón, arenas y arcillas, utilizan procedimientos tradicionales y con ayuda de maquinarias (retroexcavadoras), que aceleran procesos de pérdida de capa vegetal.</p> <p>Los productores agrícolas, en zona de recarga desarrollan una agricultura de monocultivo, especialmente papa, generando deterioro, desgaste y pérdida de suelos, contaminación de recurso hídrico y afectación de la salud humana, por el uso indiscriminado de agroquímicos. Situación que es favorecida por los precios relativamente estables, fácil transporte a ciudades capitales, hábitos de consumo locales.</p>	<p>Los mineros proyectan buscar apoyo para buscar alternativas de explotación más benévolas con el medio ambiente.</p> <p>Las estaciones de servicio, también reconocen la necesidad de usar tecnologías y equipos mas adecuados con el recurso hídrico, al igual que educar el personal humano que labora en talleres y bombas, identifica igualmente educar a las comunidades vecinas.</p> <p>La administración ambiental, es quizás la entidad con mayor lucidez frente al manejo integral del acuífero, e identifican procesos como compra de terrenos, definir zona de amortiguamiento, generar alternativas de producción y educación ambiental.</p> <p>De igual forma reconocen que es necesario fortalecer la autoridad ambiental para que ejerza con mayor facilidad sus funciones. Califican la mayoría de sus</p>	<p>identifican actores en todos los niveles e instancias, desde comunidades de base, gremios económicos, entidades estatales a nivel local, regional y nacional.</p>	<p>Seraqua desarrolla los siguientes programas en todos los centros educativos del área urbana, Club amigos de Grifto, (dirigido desde preescolar hasta tercero primaria), Club defensores del agua (dirigido a docentes de primaria y secundaria, para convertirlos en multiplicadores), Agua Salud y vida, Potabilización del agua, (estudiantes), Visitas a Teatinos, mantenimiento tanques de almacenamiento de agua, recreación (comunidades).</p> <p>De igual forma Corpoboyacá ha iniciado procesos de facilitación de construcción de los PRAES en algunas instituciones educativas.</p>
--------------	---	---	---	--	---	--	--	--

						alternativas de solución como altas, lo que evidencia una actitud de confianza hacia los diferentes actores comprometidos con hacer realidad el plan de manejo y protección del acuífero.		
SORACÁ	<p>La administración municipal si bien participo en los talleres, se evidencio en funcionarios de dependencias como planeación o umatas, haber asumido con mayor liderazgo y actitud, la importancia de este estudio para el municipio.</p> <p>Los grupos que se reconocieron por su participación fueron los docentes (aunque no continuaron el proceso) y los productores agropecuarios.</p> <p>Dada la ubicación de las granjas de la Universidad Juan de Castellanos y unido al desarrollo de una vocación agro ecológica, se contó con docentes sensibles a este temática, incluyendo jefe de núcleo, y docentes de instituciones</p>	<p>La administración municipal, conciente de su problemática ambiental ha promovido la agricultura orgánica, saneamiento ambiental, educación ambiental y aplicar normatividad ambiental existente, a través de denuncias ante Corpoboyacá y puestos de control de la Policía Nacional, que frenen el comercio ilegal de especies. Las organizaciones como acueductos se quejan de que sus proyectos de proteger zonas hídricas no han tenido el apoyo suficiente de Corpoboyacá.</p>	<p>Se definen alto uso de agroquímicos, especialmente en monocultivos, contaminación por pozos sépticos, invasión de áreas productoras de recursos hídricos, erosión y deforestación, falta de aprovechamiento de aguas lluvias y de escorrentía y baja educación ambiental.</p> <p>De igual forma, presentan un inadecuado manejo de residuos sólidos, especialmente durante los días en que la cabecera municipal realiza las misas de sanación, donde no se ha previsto de manera suficiente, como disminuir este impacto ambiental urbano.</p>	<p>La administración municipal, la Universidad Juan de Castellanos y entes religiosos, turísticos, entre otros, deben autor reconocerse y reconocerse como dinamizadores de una gestión ambiental articulada, logrando mayores avances para las comunidades de Soracá.</p>	<p>Producción de manera convencional, especialmente en los monocultivos de papa, existen acercamientos hacia la agricultura orgánica, pero son experiencias aplicadas a huertas y pequeños cultivos como quinua.</p> <p>Los agricultores medianos y grandes manifiestan que las autoridades no han intentado un acercamiento con ellos, tienen poca confianza hacia la agricultura orgánica, ya que no conocen experiencias exitosas en grandes cultivos.</p>	<p>Se hace necesario construir plantas de tratamiento de aguas residuales, construcción de un distrito de riego, control a las casas comercializadoras de agroquímicos para que recojan los empaques, mejor utilización del recurso hídrico a través de reservorios, aprovechamiento aguas lluvias, procesos de reforestación, contratando a los acueductos veredales. Manifiestan que es necesario priorizar recursos presupuestales hacia la protección del recurso hídrico. No identificaron una conversión hacia modelos productivos agros ecológicos. Su nivel de confianza en la ejecución de sus alternativas de solución es medio, lo</p>	<p>Enlistan entidades regionales, sin embargo no mencionan entidades de carácter nacional y hay un deficiente reconocimiento de organizaciones de base.</p>	<p>La institución educativa ubicada en el casco urbano, tiene formulado el PRAES en conservación del recurso hídrico, el taller les permitió incluir las aguas subterráneas en el proyecto.</p> <p>La Universidad Juan de Castellanos viene desarrollando proyectos piloto en investigación orgánica, sin embargo se desaprovecha su potencial, recomendando-les que se involucren mas con las comunidades productoras.</p>

	<p>educativas ubicadas en zona de recarga del acuífero, sin embargo les falta continuidad en el proceso.</p> <p>Los productores agropecuarios, tanto pequeños, como medianos y grandes acudieron con sumo interés y preocupación por su situación, manifestaron debilidades que tienen en torno a lo organizativo, especialmente de medianos y grandes.</p>					<p>que evidencia que están en el centro, que fácilmente puede ser alto o bajo.</p>		
--	---	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Equipo consultor.

Tabla 5.7. Actores y participantes en los talleres por municipios

MUNICIPIO	ACTORES IDENTIFICADOS	ACTORES INVITADOS	TOTAL PARTICIPANTES	
			PRIMER TALLER	SEGUNDO TALLER
OICATÁ	Productores agropecuarios	3	2	4
	Admón. Municipal	5	5	4
	Asociaciones productivas	2	3	2
	Acueductos rurales	1	0	0
	Veedores	5	3	3
	Educación	1	1	1
	Juntas de Acción Comunal	2	1	0
	Salud	1	1	2
	Servigenerales	1	1	2
	Policía Nacional	1	1	0
	Corpoboyacá	1	0*	2
	Párroco Municipal	1	0	0
TOTAL		24	18	20

Fuente: Cartas de invitación y registros de asistencia a talleres.

* La no asistencia de la funcionaria de Corpoboyacá se debió a dificultades presentadas en la coordinación por parte del equipo Consultor.

MUNICIPIO	ACTORES IDENTIFICADOS	ACTORES INVITADOS	TOTAL PARTICIPANTES	
			PRIMER TALLER	SEGUNDO TALLER
CÓMBITA	Productores agropecuarios	4	2	1
	Productores mineros	7	7	7
	Admón. Municipal	9	4	3
	Asociaciones productivas	1	0	1
	Acueductos rurales	4	0	1
	Veedores	3	3	1
	Educación	1	0	0

MUNICIPIO	ACTORES IDENTIFICADOS	ACTORES INVITADOS	TOTAL PARTICIPANTES	
			PRIMER TALLER	SEGUNDO TALLER
SORACÁ	Productores agropecuarios	7	5	6
	Admón. Municipal	8	6	4
	Veedores	1	1*	1*
	Educación	3	5	0
	Gremios agropec.		1*	1*
	Policía Nacional	1	1	1
	Acueductos Rurales	1	1*	1*
	Juntas de Acción Comunal	2	1	0
	Empresas: Club Golf	1	0	0
	Salud	1	0	0
	Estac. de gasolina	1	1	1
	Corpoboyacá	1	1	1
	Párroco Municipal	1	0	1
TOTAL		28	21	15

Fuente: Cartas de invitación y registros de asistencia a talleres.

* La misma persona acude en representación de estas tres instancias, por lo cual solo se cuenta solo 1 vez.

Figura 5.2



Figura 5.3

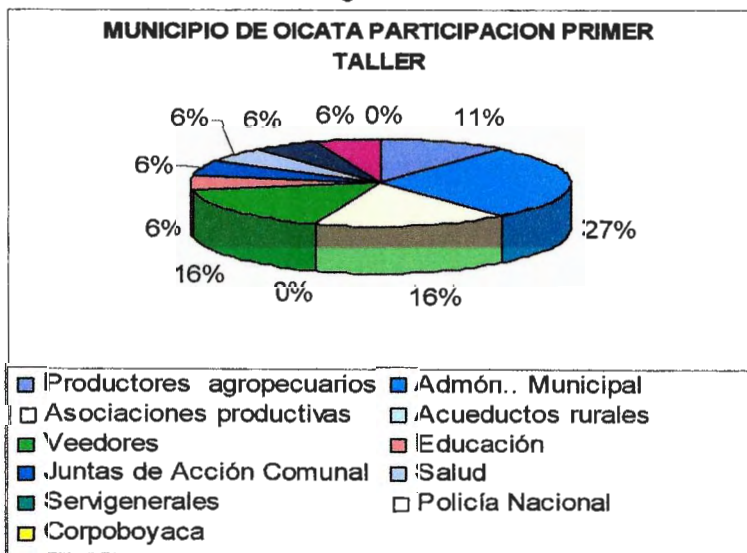


Figura 5.4

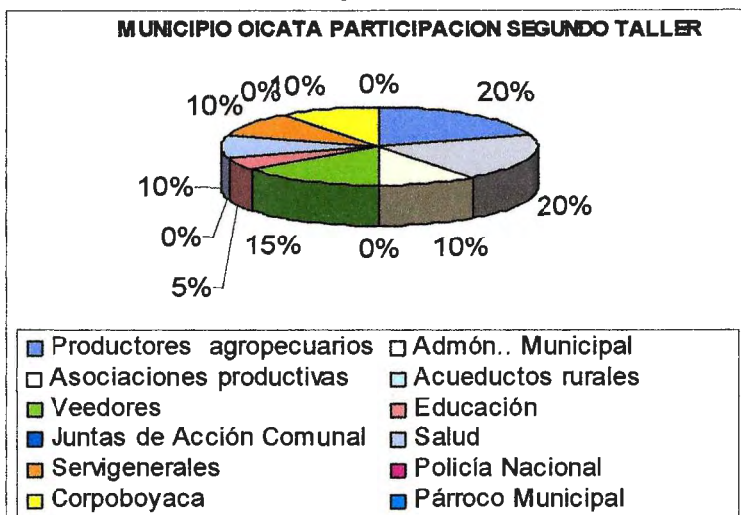


Figura 5.5

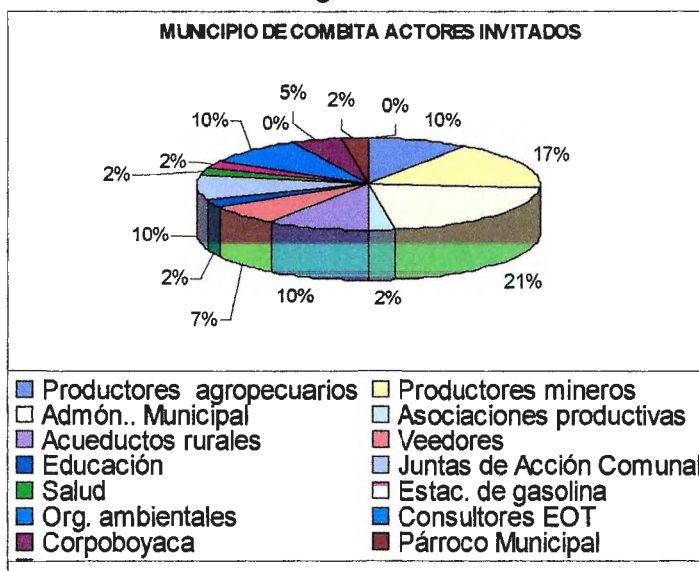


Figura 5.6

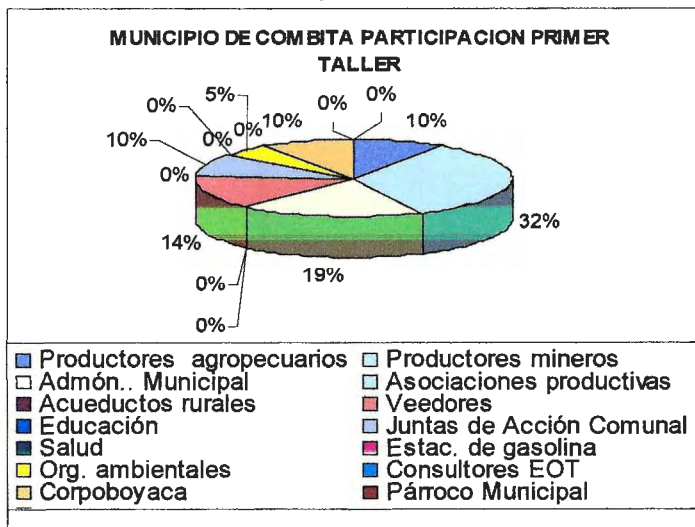


Figura 5.7

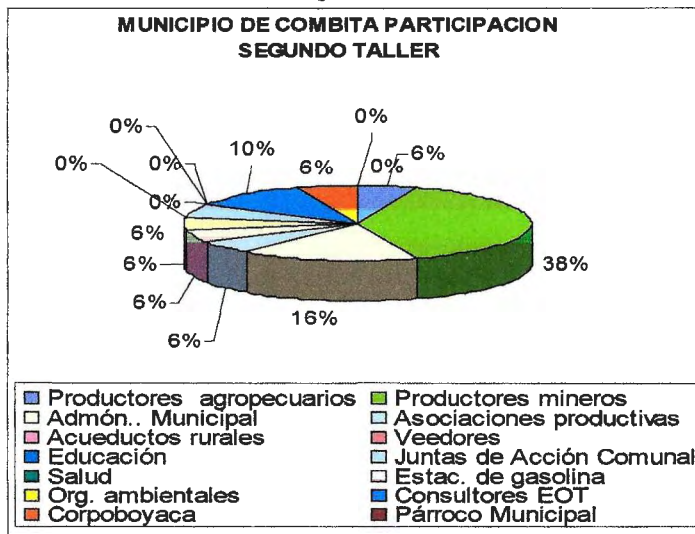


Figura 5.8

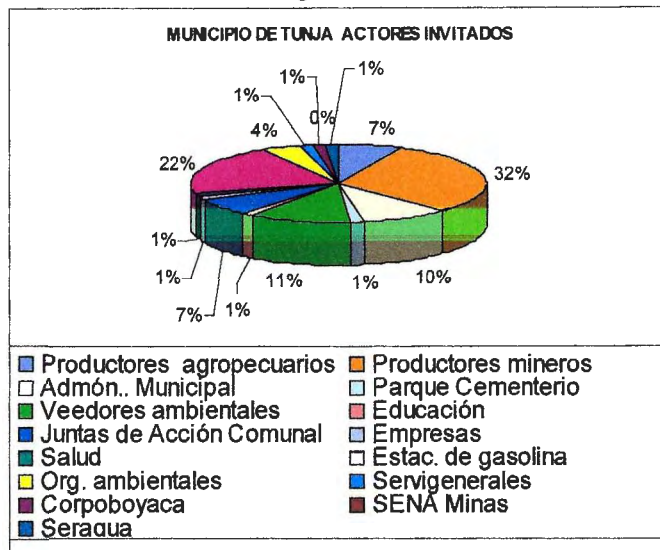


Figura 5.9

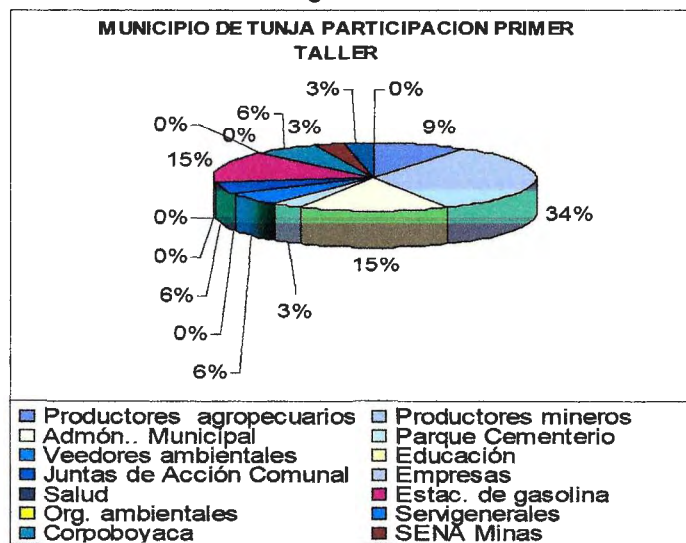


Figura 5.10

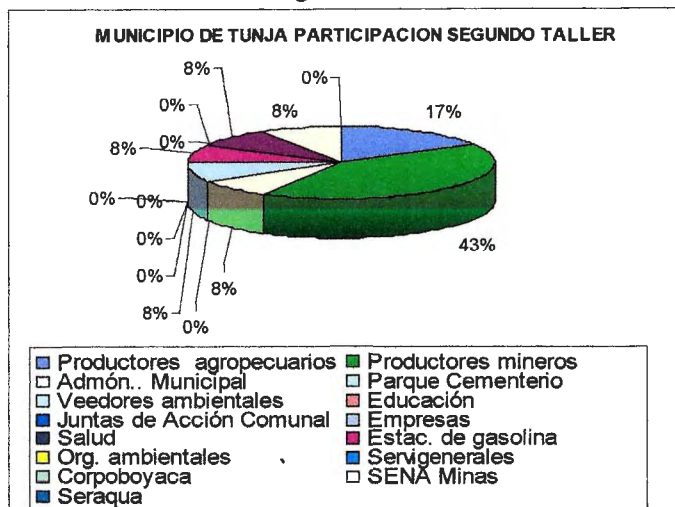


Figura 5.11

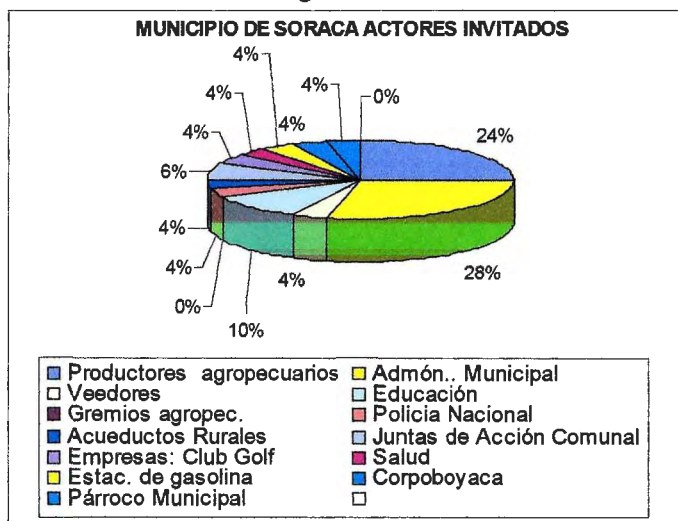


Figura 5.12

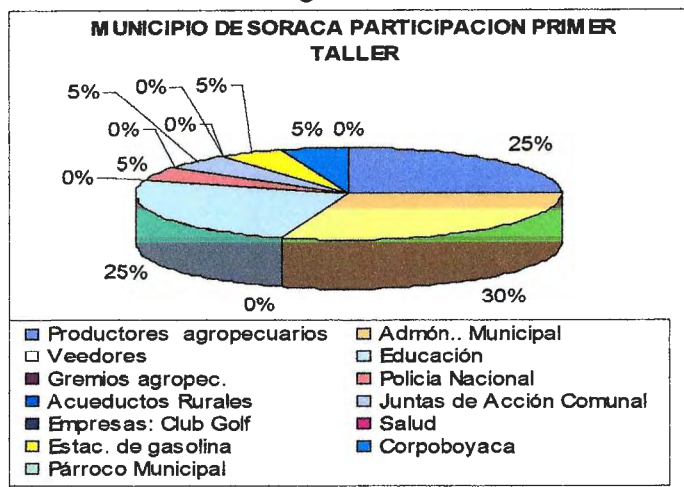
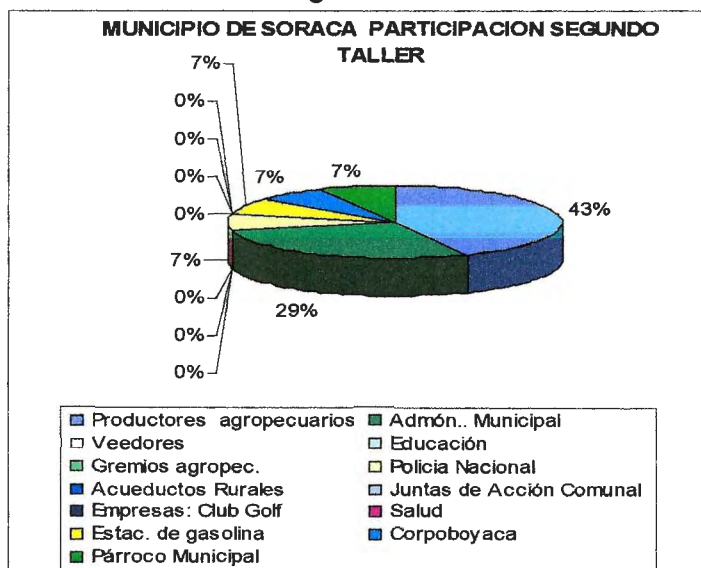


Figura 5.13



5.9 CONCLUSIONES

No existe suficiente conocimiento sobre el comportamiento del recurso hídrico en los municipios de la zona de recarga del acuífero, por parte de la mayoría de grupos poblacionales que pueden ejercer acciones significativas sobre la misma, pues la invisibilidad de las aguas subterráneas aumenta el riesgo de contaminación haciendo más difícil su protección y manejo. El recurso hídrico está concebido en el imaginario de las comunidades de manera separada, no logrando articular la interdependencia que se genera en los sistemas páramos-aguas superficiales-aguas subterráneas, de ahí que se desarrollen acciones aisladas, atomizadas, que no faciliten su protección.

Se presentan débiles procesos participativos en las comunidades habitantes de la zona de recarga del acuífero. La participación comunitaria ha estado influenciada por prácticas que la distorsionan como una marcada politización de las comunidades, baja autonomía, clientelismo, pérdida de la confianza en los procesos participativos y desencanto ante las posibilidades de transformar realidades hacia unas más satisfactorias, entre otras.

Baja capacidad de comprensión y reconocimiento hacia los beneficios de la planificación participativa, causada por la desarticulación en los instrumentos de planificación como POT y EOT, Planes de Desarrollo municipales, disminuyéndose su sostenibilidad y proyección estratégica.

Se han tratado de implementar iniciativas de bajo impacto, para reducir la contaminación del acuífero, referidas a la inadecuada disposición de residuos líquidos, sólidos, uso modelos convencionales de producción agropecuaria y minera, que están deteriorando suelos y aguas.

El sector religioso se mantuvo al margen de los talleres y se requiere que su participación y compromiso sea mas decidido, debido a que todavía se conservan algunas practicas religiosas y culturales, que van en detrimento del medio ambiente, y se requiere del papel de educadores que ejercen los sacerdotes, en cuanto a la erradicación del uso de musgos, flora de paramos, palma de cera y otros en las celebraciones religiosas, que todavía se conservan aunque a una menor escala.

El sector minero es uno de los grupos productivos de mayor participación, lo que puede evidenciar el grado de claridad que tiene de trabajar articuladamente con la parte ambiental, de igual forma están asociados, lo que puede permitir concertaciones a nivel grupal.

Las entidades prestadoras de servicios funerarios tienen debilidades para argumentar las medidas de protección ambiental que poseen. Se sugiere a Corpoboyacá realizar seguimiento a sus labores e identificar necesidades de capacitación que puedan tener.

Las empresas como estaciones de gasolina, lavado de carros, cambio de aceite, requieren de acompañamiento de la autoridad ambiental, a fin de realizar mejor planes de control y mitigación.

5.10 RECOMENDACIONES

Generar procesos de investigación, educación y comunicación sobre la protección integral del recurso hídrico, incluyendo el componente de aguas subterráneas, dirigido a diferentes grupos poblacionales: estudiantes, comunidades, instituciones, funcionarios públicos, organizaciones, productores, entre otros.



Potenciar la capacidad de las comunidades, sociedad civil, instituciones, para que se reconozcan como sujetos de derecho, facilitar la construcción de fines comunes, cualificar espacios de participación y control ciudadano existentes, a través de la formación y adquisición de herramientas conceptuales y metodológicas que les permitan vivir la participación.

Articulación de los diferentes instrumentos de planificación, a través de la conformación de un modelo integrado de protección del recurso hídrico.

Acompañamiento técnico y financiero a los entes territoriales, en la implementación de proyectos de disposición adecuada de residuos sólidos y líquidos, transición hacia modelos productivos que conserven los recursos agua y suelos.

Constitución de una plataforma de concertación entre productores agropecuarios e instituciones, para acordar una agenda de reconversión de los modelos productivos convencionales, hacia modelos acordes con la conservación del recurso hídrico. Se hace necesario iniciar con la implementación de proyectos piloto para la producción ecológica de papa, arveja y cereales. De igual forma potenciar la siembra en policultivos, prácticas de labranza mínima, uso de abonos verdes y orgánicos.

Ampliar los sectores productivos en los procesos de educación ambiental, ya que siempre la oferta educativa se dirige a comunidades agropecuarias, entes territoriales, instituciones educativas y se han dejado al margen grupos como prestadores de servicios de funerarias, lavaderos de carros, estaciones de servicio.



BIBLIOGRAFÍA

CÁMARA DE COMERCIO DE TUÑJA. Registro de establecimientos comerciales. Tunja 2006.

ECOFONDO. Resolución de Conflictos ambientales. Metodología y estudios de caso en el caribe colombiano. Bogota, 2004.

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ. Oficina de la Gobernabilidad. Registro de organizaciones civiles y no gubernamentales, con misiones de carácter ambiental. 2006.

Gudynas, Eduardo y Evia Graciela. Ecología Social. Manual de metodologías para educadores populares. Cooperativa Editorial Magisterio, Bogota, 2000.

Quintero Uribe, Víctor Manuel. Evaluación de Proyectos sociales. Construcción de indicadores. Fundación para la Educación Superior FES. Bogota, 1995.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Formulación de proyectos de Protección integrada de aguas subterráneas. Guía Metodológica. Bogota, 2002.

Miranda Miranda, Juan José. Gestión de Proyectos. M&M Editores. Tercera edición. Bogotá. 1998.

Moreno, Rafael Eduardo y Peña Perea, Sergio Andrés. Identificación y caracterización de las amenazas de contaminación del acuífero de Tunja. Fundación Universitaria de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Tesis de grado. Tunja 2004.



MINISTERIOS DEL MEDIO AMBIENTE Y EDUCACIÓN. Política Nacional de Educación Ambiental 2002.

Sánchez, Cadena Ángela Patricia. Manual para la participación y el liderazgo de las organizaciones comunitarias en el sector salud. División Salud Comunitaria. Fundación Santa Fe de Bogota. Bogota, 2004.

Selener, Daniel y otros. Guía practica para el sondeo rural participativo. Instituto Internacional de Reconstrucción Rural. Ecuador, 1997.

Torres Castillo, Alfonso. Aprender a Investigar en Comunidad I. Unisur. Educación Superior Abierta y a Distancia. Bogota, 1996.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES IDEA. Educación para la Gestión Ambiental. Una experiencia con los funcionarios públicos del Sistema Nacional Ambiental en la Sierra Nevada de Santa Marta. Santa Marta, 2002.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA U.P.T.C. Escuela de Ingeniería Civil. Inventario general de las canteras existentes en la ciudad de Tunja y alrededores. Sin fecha.

6. FORMULACIÓN DEL PLAN

6.1 ASPECTOS BÁSICOS

La formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja se concibe utilizando la jerarquía universalmente aceptada, la cual establece la estructura “PLAN-PROGRAMA-PROYECTO”, presentación esquemática que indica que un plan está compuesto por programas y que los programas contienen proyectos, razón por la cual se puede afirmar que el proyecto es la unidad operativa de los planes y que, en un lenguaje más directo, los planes se materializan a través de los proyectos.

Dicha estructura funcional puede representarse de la siguiente forma:

Figura 6.1. Relación funcional Plan-Programa-Proyecto



Puede resultar estéril la discusión si se trata de establecer qué surge primero, si el plan o el proyecto, pero lo que si es verdad es que en el núcleo mismo de cualquier de cualquier plan donde se establecen los objetivos, las políticas y las

estrategias, siempre se podrán identificar proyectos de variado espectro sectorial; por otro lado, las necesidades manifiestas de las comunidades, en torno a agua potable, comunicación, salud, vivienda, educación o protección de medio ambiente, determinan claramente proyectos viables que, armonizados con objetivos comunes, pueden dar origen a un plan.

El proyecto surge como respuesta a una “idea” que busca ya sea la solución de un problema o la forma de aprovechar una oportunidad, que por lo general corresponde a un problema de terceros.

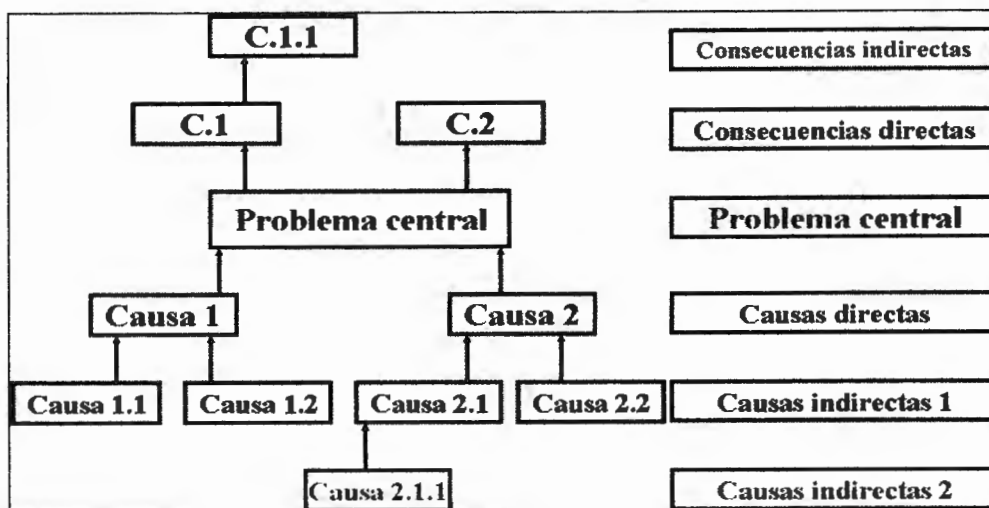
El **problema o necesidad** que pretende resolver el proyecto, generalmente puede surgir de:

- Carencia absoluta de un bien o un servicio.
- Baja disponibilidad de bienes o servicios.
- Baja calidad de los bienes o servicios disponibles.
- Ineficiencia en la producción actual de bienes o servicios.
- Necesidad de reposición de infraestructura.
- Necesidad de aprovechamiento de una oportunidad.

El proceso de planeación exige la identificación de las causas directas e indirectas que originan el problema a solucionar, así como las consecuencias directas e indirectas que se derivan del mismo, de manera que el o los objetivos que sustenten el proyecto ataquen puntualmente las causas y vayan a eliminar o mitigar las consecuencias.

Para ello se debe partir de hacer un análisis vertical de las relaciones causas-consecuencias relacionadas directamente con el problema o necesidad, a partir del siguiente esquema relacional:

Figura 6.2. Análisis causa-consecuencia de un problema



De igual manera, el análisis del problema exige la realización del diagnóstico del mismo, identificando los diferentes aspectos que pueden incidir en su aparición y persistencia, los cuales deben ser tenidos en cuenta a la hora de hacer la formulación de los proyectos. Los factores a tener en cuenta, entre otros, pueden resumirse en el siguiente esquema:

Figura 6.3. Aspectos a tener en cuenta para la identificación de un problema

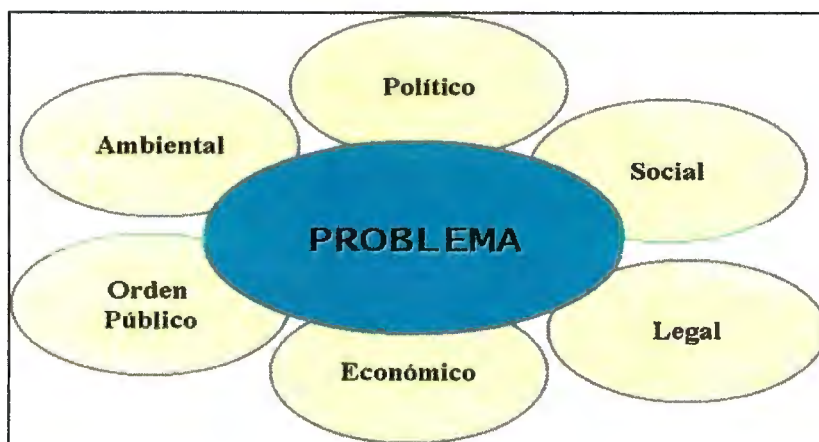




Adicionalmente, y con el fin de tener una visión amplia y consensuada de la problemática, se debe indagar sobre el problema o necesidad desde la perspectiva de varios sectores, de manera que se vean comprometidos con la solución del mismo y se constituyan en actores comprometidos directamente en la ejecución del proyecto que vaya a responder a la problemática identificada, ya sea como agentes cofinanciadores o como co-ejecutores.

Esta visión intersectorial de análisis de problemas se puede sintetizar en un esquema así:

Figura 6.4. Sectores que pueden participar en la identificación y solución de un problema



Con base en los criterios conceptuales antes mencionados se pasa ahora a plantear la formulación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja.

6.2 MARCO CONCEPTUAL

La formulación del Plan de manejo y protección de las aguas subterráneas de Tunja implica la realización de una serie de actividades, reflejadas en la ejecución de varios programas y proyectos, que permitan la conservación y



aprovechamiento sostenible de este recurso, gracias a la acción conjunta de todos los actores localizados en la cuenca, incluyendo el área de recarga, bajo la orientación y control de la autoridad ambiental, representada por CORPOBOYACÁ, complementada con la función desarrolladas por las administraciones territoriales, las organizaciones comunitarias y las entidades públicas y privadas, encargadas de la gestión de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos.

Sin embargo, este proceso requiere del fortalecimiento de la acción institucional de los entes públicos relacionados con el manejo y protección del acuífero de Tunja, pues si bien es cierto que actualmente vienen adelantando dicha labor, se hace necesario dotarlas de herramientas, recursos y competencias, así como definirles tareas específicas a ejecutar y, además, se debe robustecer su débil relación con la comunidad.

El planteamiento de los programas y proyectos que se presentan a continuación, apunta a dar solución a esta problemática por medio de un conjunto de actividades y estrategias, que logren fortalecer la acción de las instituciones relacionadas con la gestión, manejo y protección de las aguas subterráneas de Tunja en cantidad y calidad y a la vez mejorar, las interinstitucionales y comunitarias.

La formulación global, del plan se fundamenta en las siguientes consideraciones generales.

La gran mayoría de los pozos en producción dentro de la cuenca del sinclinal de Tunja, presentan un continuo descenso de los niveles estáticos, lo cual confirma que la explotación de los acuíferos es superior a la recarga. Por tales razones, no es posible garantizar un aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos subterráneos, actualmente bajo producción.

El índice de escasez, calculado con base en el caudal captado/caudal explotado, es muy alto (2,7) y plantea la necesidad de reordenar la demanda y la oferta si se desea prevenir futuras crisis de suministro de agua potable para la ciudad de Tunja.

La Formación Labor y Tierna constituye un acuífero de gran importancia hidrogeológica. En la actualidad no se está aprovechando dado que, se encuentra a gran profundidad, dentro de la cuenca de Tunja. Este acuífero debe ser materia de evaluación, ya que puede constituir una fuente importante de aguas subterráneas para cubrir las futuras necesidades de la ciudad.

A partir de la realización de los talleres participativos, se logró convocar a diferentes actores directamente relacionados con la realización de actividades socioeconómicas y político-administrativas en el área de recarga del acuífero de Tunja. Dichos actores aportaron importante información que permitió consolidar el diagnóstico de problemática ambiental que sirvió de insumo para la formulación de los diferentes programas que constituyen el Plan de Protección y Manejo Ambiental del Acuífero de Tunja. Distribuyendo el área de recarga del acuífero por municipio, la problemática ambiental identificada fue la siguiente:

Tabla 6.1. Problemática ambiental identificada en el área de recarga del acuífero de Tunja

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL: MUNICIPIO DE OIGATÁ
1. CONTAMINACIÓN DE AIRE Y SUELO POR EFECTO DE LA DISPOSICIÓN DE RESÍDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE TUNJA
2. CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR USO IRRACIONAL DE AGROQUÍMICOS
3. RIEGO CON AGUAS CONTAMINADAS DEL RÍO CHULO
4. CONTAMINACIÓN QUEBRADA LA CEBOLLA
5. EROSIÓN POR DEFORESTACIÓN

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL: MUNICIPIO DE COMBITA

- 1. EXPLOTACIÓN INTENSIVA DE MATERIALES COMO ARENA, RECEBO O CARBÓN, EN LA ZONA DE RECARGA DEL ACUÍFERO**
- 2. MANEJO INADECUADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA RURAL**
- 3. DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES DEL ÁREA URBANA Y RURAL**
- 4. USO INADECUADO DE AGROQUÍMICOS**
- 5. DEFORESTACIÓN Y EROSIÓN**

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL: MUNICIPIO DE SORACÁ

- 1. USO INADECUADO DE AGROQUÍMICOS, EN ESPECIAL EN EL CULTIVO DE PAPA**
- 2. DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES DEL ÁREA URBANA Y RURAL**
- 3. EXISTENCIA SE SISTEMAS SÉPTICOS INADECUADOS**
- 4. FALTA DE INFORMACIÓN Y EDUCACIÓN SOBRE EL USO DE LOS RECURSOS NATURALES**
- 5. DEFORESTACIÓN Y EROSIÓN**

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL: MUNICIPIO DE TUNJA

- 1. EXPLOTACIÓN INTENSIVA DE MATERIALES (ARENA, RECEBO, CARBÓN) EN LA ZONA DE RECARGA DEL ACUÍFERO**
- 2. DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES DEL ÁREA URBANA Y RURAL**
- 3. INEXISTENCIA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS QUE SE EXTRAEN ACTUALMENTE DEL ACUÍFERO, UNA VEZ SON UTILIZADAS**
- 4. CONTAMIANCIÓN DEL SUELO POR DISPOSICIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS**
- 5. DEFORESTACIÓN Y PÉRDIDA DE LA CAPA VEGETAL**

La problemática ambiental identificada por municipio, presentada en los anexos del capítulo 5, se resume en la Figura 6.5. En dicho esquema se presenta la principal problemática identificada, separada por municipio, teniendo en cuenta que algunos problemas son comunes a varias localidades.

El Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja se construyó entonces, sobre la base de solucionar la problemática antes relacionada. Este Plan está conformado por tres programas a saber:

1. Gestión de aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja.
2. Fortalecimiento de la acción institucional y de la relación con la comunidad en la zona de influencia del acuífero de Tunja.
3. Implementación de una estrategia de educación y comunicación encaminada a la protección del acuífero de Tunja.

Cada programa está constituido por un conjunto de proyectos, los cuales deberán ser cofinanciados gracias al aporte de cada uno de los actores involucrados. El Plan general se sintetiza en la Figura 6.6.

Figura 6.5. Problemática ambiental identificada en el área de recarga del acuífero de Tunja

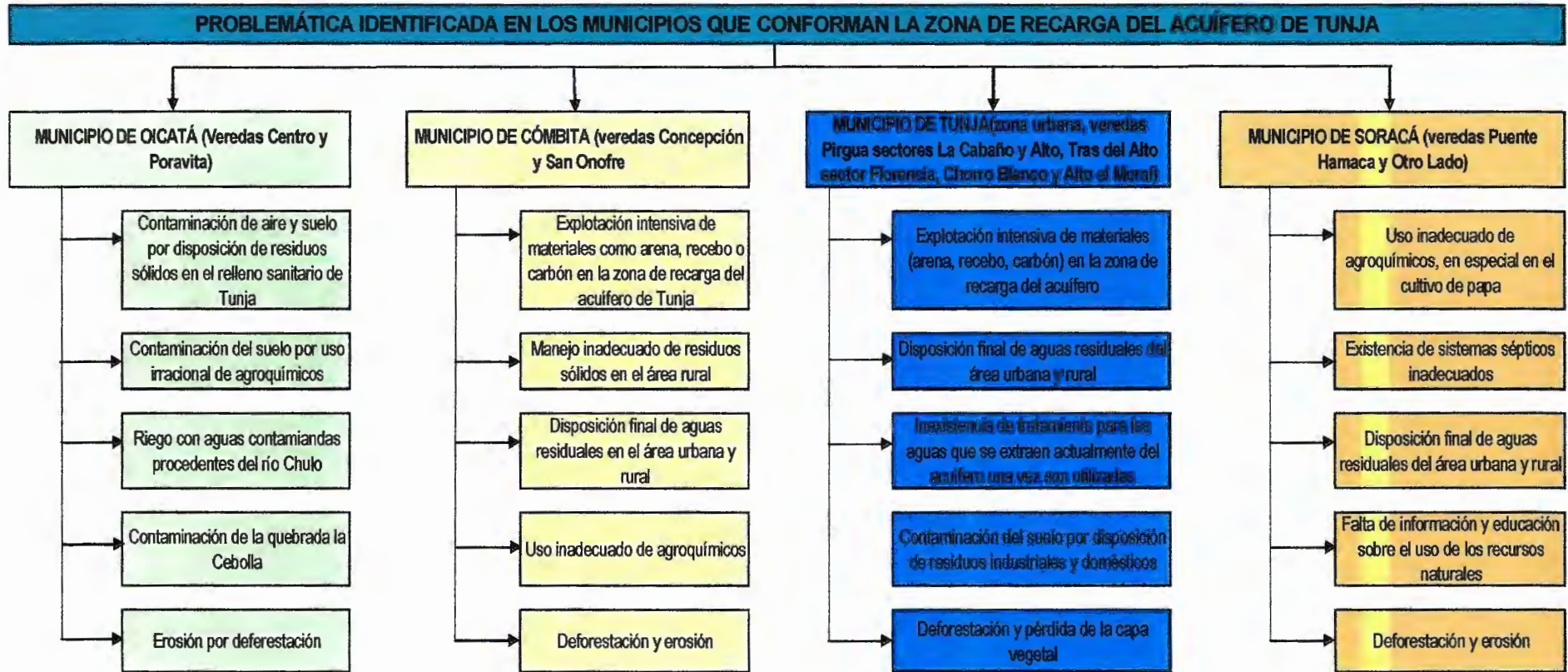
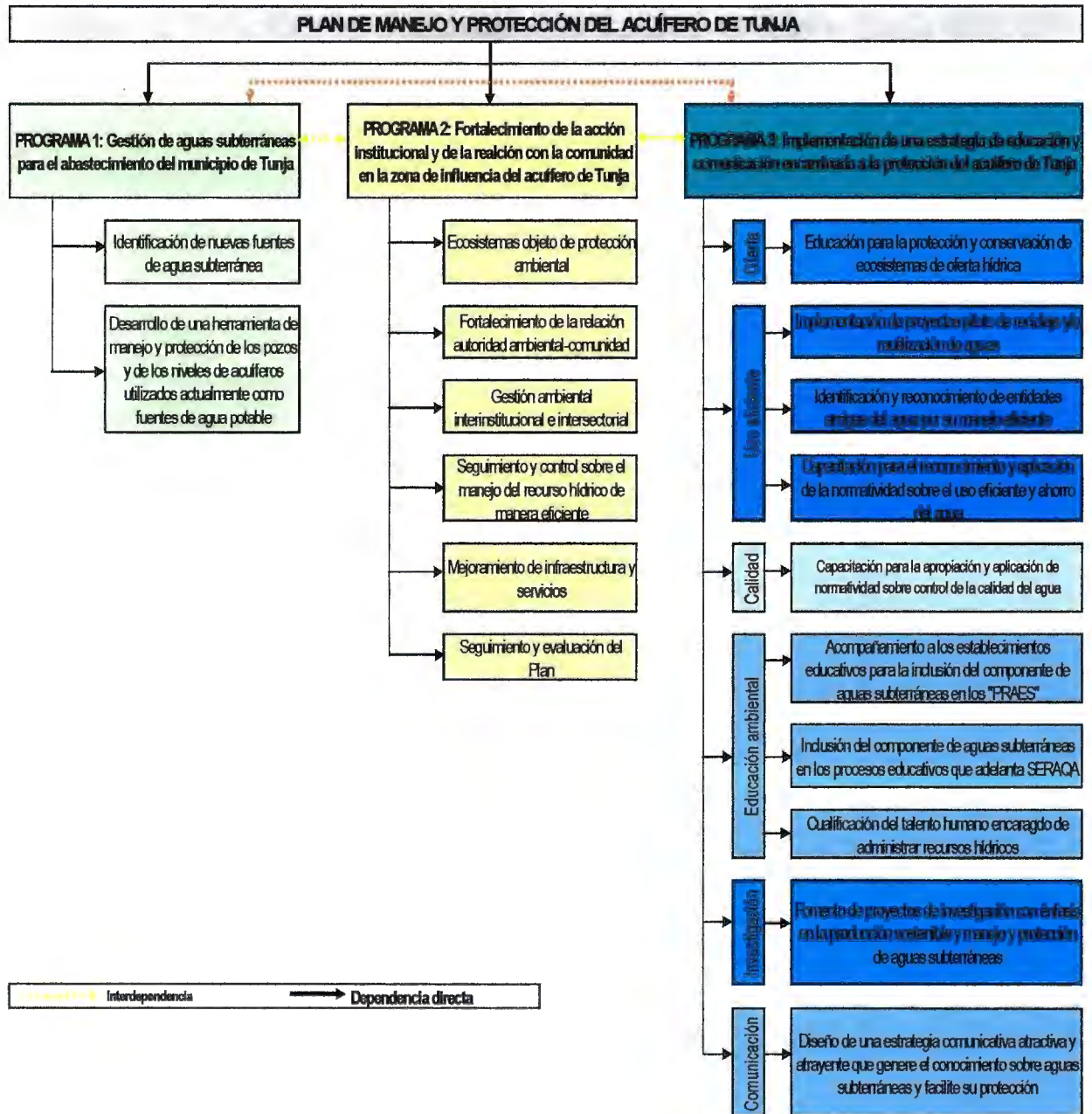


Figura 6.6. Formulación del Plan de manejo y protección del acuífero de Tunja



6.3 PROGRAMA 1. GESTIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA EL ABASTECIMIENTO DEL MUNICIPIO DE TUNJA

6.3.1 Descripción del problema que se quiere resolver

Los niveles acuíferos que se están aprovechando actualmente, en la cuenca hidrogeológica de Tunja (formaciones areniscas del Cacho y Bogotá), se explotan superando el llamado “Rendimiento Seguro”, lo cual ha generado un descenso de los niveles estáticos del agua subterránea, en la mayoría de los pozos profundos.

El descenso progresivo de los niveles estáticos puede amenazar (en el corto o mediano plazo), el suministro de agua potable a la ciudad de Tunja, particularmente en los meses durante los cuales, las fuentes de agua superficial no son suficientes para cubrir la demanda.

La extracción anual de volúmenes de agua subterránea, mayores que los de recarga, no garantiza entonces, el aprovechamiento sostenible de los recursos de agua subterránea para la ciudad de Tunja, a mediano y largo plazo.

Por las razones anteriormente anotadas, se hace necesario, en primer lugar, explorar y encontrar nuevas fuentes de agua potable que reemplacen los caudales extraídos de las areniscas del Cacho y de la formación Bogotá y en segundo término, implementar un plan de manejo y protección, de tales acuíferos.

6.3.2 Objetivo del estudio

Identificar y evaluar nuevas posibilidades de aprovechamiento de agua subterránea para el acueducto de Tunja, diferentes a las de los acuíferos actualmente en explotación (Proyecto 1)

Diseñar, desarrollar y calibrar una herramienta de manejo y protección de los pozos y de los niveles acuíferos utilizados, en el presente, como fuentes de agua potable (proyecto 2)

6.3.3 Ubicación geográfica

La implementación del plan de manejo, propuesto en este perfil de proyecto, corresponde a la ciudad de Tunja y por lo tanto su área de acción abarca la cuenca del río Jordán y cuencas hidrogeológicas aledañas a ser identificadas y evaluadas dentro del plan. El área de influencia también incluye los acuíferos potencialmente explotables para suministrar agua al municipio de Tunja.

6.3.4 Beneficiarios

Los beneficiarios directos del estudio son:

- El municipio de Tunja la ciudadanía a través de la empresa SERA.Q.A .S.A.
- Los demás usuarios del agua subterránea que poseen pozos profundos (industrias, universidades, Batallón, etc.)
- Los municipios aledaños
- Los campesinos y agricultores, que pueden aprovechar los recursos, como fuente de agua potable, para riego y para uso industrial.

6.3.5 Propuesta técnica

Para cumplir con los dos objetivos previstos, se requiere enfocar las actividades de tal manera que se separe el primer proyecto, relacionado con la identificación de nuevas fuentes, del segundo, relacionado con el manejo y protección del acuífero en explotación.

6.3.5.1 Identificación de nuevas fuentes de agua subterránea (proyecto 1)

Para cumplir con el primer objetivo, el estudio propuesto debe cubrir las siguientes actividades.

- Desarrollar el modelo geológico básico, para las nuevas fuentes (acuífero profundo y subcuencas hidrogeológicas), identificadas.
- Elaborar el modelo hidrogeológico conceptual para todas y cada una de las subcuencas hidrogeológicas identificadas y delimitadas.
- Evaluar los recursos de agua subterránea de las subcuencas identificadas.
- Determinar los parámetros hidroambientales, para todas y cada una de las cuencas.
- Calcular el índice de escasez para todas y cada una de las subcuencas.
- Elaborar los mapas hidrogeológicos de las subcuencas.

Metodología de ejecución

La mayor parte del estudio estará fundamentado en la recopilación de información, análisis y evaluación de la misma.

Desarrollo del modelo geológico básico.

- Elaboración de un mapa geológico.
- Ejecución de un inventario detallado de puntos de agua (pozos, aljibes, manantiales, etc.)
- Ejecución de investigaciones del subsuelo mediante métodos geofísicos (v.gr. sondeos geoeléctricos verticales e inducción electromagnética)
- Evaluación de la información estratigráfica de todos los pozos existentes en cada subcuenca.

Desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual.

- Ejecución de pruebas puntuales de infiltración
- Estudios de riesgo y vulnerabilidad de los acuíferos.
- Identificación y delimitación de las zonas de recarga de los acuíferos.
- Identificación y caracterización de niveles estáticos y dinámicos.
- Identificación de zonas de descarga de los acuíferos.

- Toma de muestras de aguas subterráneas de todos los pozos existentes, para análisis físico químico. Interpretación hidro química de los resultados en cuanto a potabilidad y origen del agua subterránea.
- Muestreo para análisis de isótopos estables y radiactivos orientados hacia la investigación del origen del agua subterránea.
- Ejecución de pruebas puntuales de infiltración
- Revisión de los balances hídricos para cada subcuenca.
- Revisión del calculo de Reservas, recarga y volúmenes de extracción anual.

- Ejecución de un mínimo de cuatro pruebas de bombeo, con pozos de observación, que permitan obtener los parámetros hidráulicos de los acuíferos, (transmisividad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento), con información obtenida de los acuíferos existentes en la cuenca.

Para ello se requiere la perforación de un mínimo de dos (2) pozos de observación, con una profundidad del orden de 250 m.

- Selección, elaboración, desarrollo y calibración de la herramienta de evaluación y manejo del acuífero, dentro del sinclinal de Tunja.

La herramienta de evaluación y manejo del acuífero podría ser un modelo matemático computacional o cualquier otro sistema que permita realizar evaluaciones y pronósticos.

El modelo matemático debe fundamentarse en el modelo hidrogeológico conceptual y debe ser alimentado y calibrado con datos obtenidos en campo, particularmente con parámetros hidráulicos (transmisividad, conductividad hidráulica y Coeficientes de almacenamiento), determinados con pruebas de bombeo.

El modelo matemático debe ser adecuadamente conceptualizado y discretizado, teniendo en cuenta los niveles acuíferos que se explotan actualmente. Su calibración y verificación debe hacerse con datos hidrogeológicos reales (históricos), obtenidos en los pozos y con información hidroclimatológica e isotópica debidamente planeada e interpretada.

El modelo debe permitir, como mínimo, obtener los siguientes productos.

- a- Evaluar reservas y recarga
- b- Pronosticar descenso de niveles para diferentes escenarios futuros (v.gr. incremento del número de pozos o de caudales)
- c- Dentro de los productos a entregar con el modelo deben incluirse el manual de operación y el requerimiento mínimo de personal equipo y parámetros requeridos a ser obtenidos periódicamente, para su recalibración y reformulación, en caso necesario.

Con base en los productos obtenidos, CORPOBOYACÁ y los operadores del sistema de aprovechamiento de aguas subterráneas, podrá disponer de información que le permita, tomar decisiones sobre la protección de los niveles acuíferos en particular, y sobre la gestión de aguas subterráneas en general, a corto mediano y largo plazo. Con base en los resultados del modelo, se podrán tomar decisiones sobre si los acuíferos actualmente bajo explotación se podrán continuar aprovechando y en qué magnitud, o si será necesario suspender su explotación y acudir entonces a otros niveles o sectores, para la obtención de aguas subterráneas.

- Estudio de impacto ambiental. Se deberá identificar los posibles impactos ambientales que pueda generar la explotación de aguas subterráneas en las cuencas susceptibles de aprovechamiento.

En la tabla 6.2, se resumen los proyectos, actividades, horizontes de ejecución, costos y participación.

Tabla 6.2. Proyectos, actividades, horizontes de ejecución, costos y participación

PROYECTO	ACTIVIDADES	CP	MP	LP	VALOR TOTAL Y PARTICIPACIÓN
1- Identificación de nuevas fuentes de agua subterránea.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar el modelo geológico básico, para las nuevas fuentes (acuífero profundo y subcuencas hidrogeológicas), identificadas. - Elaborar el modelo hidrogeológico conceptual para todas y cada una de las subcuencas hidrogeológicas identificadas y delimitadas. - Evaluar los recursos de agua subterránea de las subcuencas identificadas. - Determinar los parámetros hidroambientales, para todas y cada una de las cuencas. - Calcular el índice de escasez para todas y cada una de las subcuencas. - Elaborar los mapas hidrogeológicos de las subcuencas. 	X			\$80'000.000 Participación SERAQUA (100%) \$80'000.000
2- Desarrollo y calibración de una herramienta de manejo	Revisión y evaluación del modelo hidrogeológico conceptual.	X			TOTAL = 584'680.000 SERAQUA 60% =



<p>y protección de los pozos, y de los niveles acuíferos, utilizados actualmente como fuentes de agua potable, dentro del sinclinal de Tunja.</p>				<p>\$350'808.000</p> <p>CORPOBOYACÁ 10% = \$58'468.000</p> <p>GOBIERNO NACIONAL 15% = \$87'702.000</p> <p>GOBERNACIÓN DE BOYACÁ 15% = \$87'702.000</p>
	<p>Ejecución de un mínimo de cuatro pruebas de bombeo, con pozos de observación, que permitan obtener los parámetros hidráulicos de los acuíferos, (transmisividad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento), con información obtenida de los acuíferos existentes en la cuenca. (Para ello se requiere la perforación de un mínimo de dos (2) pozos de observación, con una profundidad del orden de 250 m.)</p>	<p>X</p>		

	Selección elaboración, calibración y desarrollo de la herramienta de evaluación y manejo del acuífero, en explotación, dentro del sinclinal de Tunja.	X			
	Estudio de impacto ambiental. Se deberá identificar los posibles impactos ambientales que pueda generar la explotación de aguas subterráneas en las cuencas susceptibles de aprovechamiento.	X			

CP- corto plazo (del año 2007 al 2009) MP- mediano plazo (del 2010 al 2013)

LP- largo plazo (del 2014 al 2019)

6.3.6 Duración

Para desarrollar el proyecto 1, de Identificación de nuevas fuentes de agua subterránea, se requiere un periodo de ejecución del orden de siete (7) meses. Este proyecto debe iniciarse lo antes posible, ya que entre mas se prolongue el tiempo de sobreexplotación de los acuíferos, mayores serán los daños que se causen al recurso, y menores la posibilidades de recuperación. El proyecto 2 puede realizarse en un año. En otras palabras, el Programa 1 de “Gestión de Aguas Subterráneas para el Abastecimiento del municipio de Tunja”, es un programa que debe realizarse en su totalidad a mediano plazo.

6.3.7 Presupuesto

Se presentan a continuación los análisis de costos del programa, de “Gestión en aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja”, dentro del



cual se integran los dos proyectos a saber: 1- Identificación de nuevas fuentes de agua subterránea, y 2- desarrollo y calibración de una herramienta de manejo y protección de los pozos, y de los niveles acuíferos, utilizados actualmente como fuentes de agua potable, dentro del sinclinal de Tunja. Igualmente, se mencionan las posibles fuentes de financiamiento.

6.3.7.1 Costos

El costo total del programa (Proyectos 1 y 2), es de \$664.680.000., de acuerdo con los análisis detallados más adelante, en el numeral 6.3.10. (Los análisis de costos fueron hechos en el segundo semestre del año 2006, por lo tanto los valores son válidos para este año.)

6.3.8 Financiamiento

- Dada la urgencia de desarrollar el programa, este se puede financiarse con aportes provenientes de SERA.Q.A, E.S.P., (como empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado para la ciudad de Tunja, y en su calidad de explotadora del recurso hídrico del acuífero, debe destinar un porcentaje del valor cobrado por cada metro cúbico de agua suministrada a sus usuarios), quien debe ejecutarlo, y de CORPOBOYACÁ (que tendrá a su cargo la verificación de su ejecución y cumplimiento).

Adicionalmente a las instituciones mencionadas podrían participar en la financiación, las instituciones que se mencionan a continuación. (Sin embargo, el progreso de concertación y definición multi-institucional, puede dilatar el proceso de ejecución que debe iniciarse lo antes posible).

- CORPOBOYACÁ, destinando por lo menos el 6,5% del total de la inversión anual, según la formulación de su Plan de Acción.
- Municipios localizados en el área de influencia del Acuífero, quienes destinarán recursos provenientes del Sistema general de Participaciones,

componente Propósito General, destinación Agua potable, así: Tunja el 20%, Cómbita el 12%, Oicatá el 10%, Motavita el 7% y Soracá el 5%.

- SERA.Q.A, como empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado para la ciudad de Tunja, debe destinar como mínimo el 5% del valor cobrado por cada metro cúbico de agua suministrada a sus usuarios.
- SERVIGENERALES E.S.P., como empresa prestadora del servicio de recolección de residuos sólidos, deberá aportar el 1,5% del valor total recaudado en la facturación.
- Gobernación de Boyacá, quien deberá aportar el 15% del total de proyecto.
- Gobierno Nacional, a través de sus diferentes entidades debe brindar apoyo financiero que por lo menos llegue a cubrir el 20% del total del valor del proyecto.

Organismos internacionales, los cuales, a partir de la gestión adelantada, aporten recursos orientados a la financiación del proyecto, fijando como meta lograr la consecución del 25% de los recursos necesarios provenientes de dichas fuentes

6.3.9 Personal mínimo requerido

Para desarrollar el proyecto se debe conformar un equipo interdisciplinario integrado por especialistas altamente calificados y con amplia experiencia en la ejecución de estudios de aguas subterráneas. El personal mínimo requerido será.

- Un Director de Proyecto - Hidrogeólogo con maestría y preferiblemente, doctorado en hidrogeología y más de quince años de experiencia en estudios de aguas subterráneas.
- Un Hidrólogo, ingeniero civil, con maestría o especialización en hidrología.
- Un ingeniero, especialista en SIG con experiencia en estudios de aguas subterráneas.

- Un ingeniero o hidrogeólogo con maestría y más de cinco años de experiencia en modelación de acuíferos.
- Un ingeniero geólogo con especialización en hidrología de aguas subterráneas y más de siete años de experiencia en estudios de aguas subterráneas.
- Un ingeniero geólogo con más de diez años de experiencia en hidrogeología, perforación o interventoría de pozos.
- Un ingeniero ambiental con experiencia en estudios de impacto ambiental y en aguas subterráneas.
- El grupo interdisciplinario será complementado con: un geólogo (estructural y tectónica), un geofísico (evaluación de SEV.), un Hidro-geoquímico, un ingeniero agrícola y auxiliares de ingeniería.

6.3.10 Análisis de costos

En la Tabla 6.3 se presentan los análisis de costos de manera detallada, de acuerdo con el personal requerido, perforaciones y costos directos.

Tabla 6.3. Análisis de costos

	h/m	meses	\$/mes	Total \$
I. PERSONAL				
Director	0.5	X 7	5,000,000	17,500,000
Hidrólogo	0.5	X 3	4,600,000	6,900,000
Ingeniero SIG	0.1	X 7	3,500,000	2,450,000
Ingeniero Modelos	0.5	X 7	4,500,000	15,750,000
Hidrólogo Aguas Subterráneas	0.5	X 5	3,500,000	8,750,000
Ingeniero Geólogo - Perforación	1.0	X 3	4,000,000	12,000,000
Ingeniero Ambiental	1.0	X 2	3,000,000	6,000,000
Hidro-geoquímico	0.5	X 2	3,000,000	3,000,000
Especialista Isótopos	0.5	X 2	3,500,000	3,500,000
Auxiliares Ingeniería	1.0	X 6	1,000,000	6,000,000

Ingeniero Agrícola	0.5	X 3	3,500,000	5,250,000
Ingeniero Sistemas	0.2	X 5	3,500,000	3,500,000
Geofísico	1.0	X 2	3,500,000	7,000,000
				97,600,000
Multiplicador 2.3				
TOTAL I =				224,480,000
II. Perforación pozos de observación de 250 m de profundidad	2 X		\$150,000,000	300,000,000
TOTAL II =				300,000,000
III. COSTOS DIRECTOS				
Sondeos geofísicos	30 X		\$600,000	18,000,000
Análisis de Isótopos	30 X		\$300,000	9,000,000
Análisis Físico Químicos	10 X		\$300,000	3,000,000
Análisis Bacteriológico	10 X		\$120,000	1,200,000
Análisis Carbono -14	10 X		\$2,000,000	20,000,000
Análisis Tritio	10 X		\$600,000	6,000,000
Vehículo campero	7 meses		\$3,500,000	24,500,000
	X			
Viáticos	300 X		\$150,000	45,000,000
Mapas - impresos				4,000,000
Software				4,500,000
Computador – impresora				5,000,000
				140,200,000
TOTAL III =				140,200,000
COSTO TOTAL DEL PROGRAMA				

	TOTAL I	224,480,000
	TOTAL II	300,000,000
	TOTAL III	140,200,000
	GRAN TOTAL	664,680,000

Tabla 6.4. Matriz de marco lógico para el programa 1- Gestión de aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja.

	Indicadores Verificables	Método de Verificación	Supuestos
METAS			
1. Identificar, explorar y evaluar nuevas formaciones productoras de agua subterránea.	Número de subcuencas hidrogeológicas. Número y ubicación de Acuíferos identificados.	Correlación con la geología estructural y local. Resultados del informe técnico de exploración y evaluación.	Participación de especialistas, altamente calificados y con amplia experiencia práctica.
	Evaluación de oferta: 1- Reservas, (m ³) 2- recarga. (m ³ /año)	Parámetros concretos- volúmenes, para cada subcuenca comparados con la demanda de agua subterránea. Cálculo del Índice de escasez.	El éxito del proyecto solo se garantiza si se aplica tecnología. Ello supone la disponibilidad de especialistas de alto nivel con amplia experiencia en estudios hidrogeológicos.
2. Desarrollar una herramienta de evaluación, manejo y gestión del	Verificación de la utilidad del modelo de gestión, para fines de	Productos entregados por el modelo –cálculo de	Se requiere disponer de parámetros hidráulicos obtenidos

acuifero actualmente bajo producción (v.gr. modelo matemático computacional).	evaluación y de pronóstico.	recursos, (m ³) pronósticos sobre niveles estáticos y dinámicos (m)	en campo, para alimentar y calibrar e modelo.
	Indicadores Verificables	Método de Verificación	Postulados Importantes
PRONÓSTICOS			
1. Garantizar el aprovechamiento sostenible del agua subterránea.	- Volúmenes de reservas totales de nuevas zonas y acuíferos (m ³). - Recarga anual para las nuevas fuentes (m ³ /año).	Cálculos presentados en los informes técnicos.	Superación de la etapa de exploración en nuevas áreas y acuíferos.
2. Controlar la explotación de los pozos actuales y planear y manejar su producción.	- Magnitud de descensos de niveles estáticos y dinámicos (m). - Disminución de las reservas (m ³). Selección de pozos a ser sellados.	Correlación de pronósticos, con datos tomados en los pozos. Número de pozos sellados	Se requiere grupo interdisciplinario. El Director debe ser un hidrogeólogo altamente calificado y con amplia experiencia en aguas subterráneas.
	Indicadores Verificables	Método de Verificación	Postulados Importante
RESULTADOS			
1. Presentación de nuevas fuentes de agua subterránea, dentro y fuera de la cuenca hidrogeológica de Tunja.	Nuevos recursos de agua subterránea (m ³).	- Nuevas reservas (m ³) - Nuevos cálculos de recarga (m ³ /año), - Índice de escasez.	Se requiere financiación total del plan. Definición de políticas de aprovechamiento de

			los recursos de agua superficial y subterránea por parte de los actores, instituciones (Corpoboyacá-MAVDT-alcaldías) y usuarios (SERA.Q.A, agricultores, industrias, etc.).
Presentación de plan de desarrollo de nuevas fuentes de agua subterránea dentro de la cuenca de Tunja y cuencas aledañas.	Nuevos pozos Ubicación (coordenadas) Profundidad (m) Caudales de suministro (lit/s)	Balances hídricos Revisión de informes técnicos.	
2. Presentación de plan de manejo de las fuentes actuales (plan de operación de los pozos).	- Operación de pozos actuales. - Horas/día (meses) - Caudales (lit/s.) Mes a mes.	Revisión de informes técnicos. Pozos a ser sellados.	
Presentación de plan de manejo del acuífero actualmente en producción.	Volúmenes explotables (m ³ /año). Sectorización de la producción por áreas y niveles acuíferos – número de pozos por área y por nivel.	Confrontación de datos de Recursos (reservas más recarga), con demanda.	
	Indicadores	Método de	Postulados

	Verificables	Verificación	Importantes
ACTIVIDADES			
1. Exploración de nuevas fuentes de agua subterránea aplicando métodos geológicos, geofísicos, hidrológicos, técnicas hidroquímicas e isotópicas. Muestreo y datación de aguas subterráneas.	Presentación del modelo geológico (mapas y secciones geológicas regionales y locales de nuevas áreas). Identificación del origen del agua subterránea Edad del agua subterránea (años)	Informes técnicos Verificación de la entrega de productos. (mapas, secciones, sondeos geoelectricos, balances hídricos, Análisis isotópicos (estables, radiactivos).	
	Presentación de los modelos hidrogeológicos conceptuales de nuevas áreas.	Evaluación de informes técnicos.	
2. Ejecución de pruebas de bombeo con pozos de observación (en los acuíferos actualmente explotados). T	(m ² /día) K (m/día) S	- Revisión de pruebas de bombeo - Revisión de parámetros que sean representativos de los acuíferos.	Deben realizarse mínimo cuatro (4) pruebas de bombeo con pozo de observación.
Procesamiento de datos hidrogeológicos históricos Desarrollo de herramienta de gestión (discretización, calibración, análisis de sensibilidad, verificación,	Niveles simulados (Acuíferos). Parámetros de campo utilizados para calibrar el modelo (T, K, S).	Revisión y verificación de que el modelo, entrega productos reales aprovechables (v.gr. reservas, pronósticos	Es necesario garantizar la aplicación de tecnología. Para ello se requiere la participación de

pronósticos).		de parámetros).	hidrogeólogos capacitados (con Doctorado o maestría) y experiencia en modelos predictivos.
---------------	--	-----------------	--

6.4 PROGRAMA 2. FORTALECIMIENTO DE LA ACCIÓN INSTITUCIONAL Y DE LA RELACIÓN CON LA COMUNIDAD EN LA ZONA DE RECARGA DEL ACUÍFERO DE TUNJA

En los municipios de Tunja, Combita, Soracá y Oicatá, se han identificado débiles procesos participativos, en el análisis y búsqueda de soluciones a los problemas ambientales que se les presentan, en especial en cuanto a la calidad y cantidad del recurso hídrico que consumen y requieren. La participación comunitaria ha estado influenciada por prácticas que la distorsionan como una marcada politización de las comunidades, generando una pérdida de autonomía, baja capacidad de control interno, clientelismo (participar a cambio de beneficios individuales), baja confianza en los procesos participativos, desencanto ante las posibilidades de transformar realidades, hacia unas más satisfactorias. Lo anterior unido a la baja capacidad de comprensión y reconocimiento hacia los beneficios de la planificación participativa, causada por la desarticulación en los instrumentos de planificación como POT y EOT, Planes de Desarrollo municipales, disminuyéndose la sostenibilidad y proyección estratégica de estas herramientas, las cuales dependen en gran medida de la legitimidad que tengan entre las comunidades. Sin el apoyo de la sociedad civil, la gestión pública ofrece resultados de bajo impacto, ya que es desde aquí donde se pueden lograr propuestas satisfactorias para la solución de los problemas y el logro de un desarrollo sostenible.

Por consiguiente, el planteamiento del presente programa apunta a dar solución a esta problemática por medio de un conjunto de actividades que logren fortalecer la acción de las instituciones relacionadas con el manejo y protección de las aguas subterráneas de Tunja y a la vez mejorar, en cantidad y calidad, sus relaciones con la comunidad.

- **Objetivos**

- Mejorar la capacidad de intervención de la autoridad ambiental, representada en Corpoboyacá, administraciones municipales y entidades prestadoras de servicios, a nivel local y regional, orientando el quehacer hacia una gestión coordinada, cooperante y participativa.
- Facilitar la protección y conservación de ecosistemas encargados de mantener la oferta hídrica, previniendo potenciales riesgos de contaminación, a través del reconocimiento de utilidad pública e interés social.
- Constituir redes interinstitucionales e intersectoriales en la que de manera particular cada actor que hace parte de ella se comprometa desde su hacer a llevar a cabo las políticas y/o estrategias encaminadas a la protección de recursos hídricos.
- Promoción de procesos de participación ciudadana, de todos los actores sociales e institucionales, en la formulación e implementación colectiva de propuestas satisfactorias para la solución de problemas ambientales del acuífero y el logro de un desarrollo sostenible en la zona de recarga.

- Ubicación geográfica

El presente proyecto está orientado, prioritariamente, a cubrir el área determinada como zona de recarga del acuífero de Tunja, sin embargo, puede extenderse a las zonas colindantes de ésta según las necesidades y requerimientos para la ejecución del Plan de manejo y protección.

- Actores involucrados

Los actores que participarían del proyecto son:

- Los habitantes localizados dentro de la zona de recarga, la cual comprende áreas de los municipios de Tunja, Cómbita, Oicatá, Motavita y Soracá.
- Las empresas prestadoras de servicios públicos (acueducto, alcantarillado y aseo) de Tunja y de los municipios del área de influencia del acuífero.
- La autoridad ambiental que ejerce su acción sobre el área de recarga del acuífero.
- Los productores de los diferentes sectores, localizados dentro del área de influencia del acuífero.
- Administraciones municipales.
- Organizaciones de base como Juntas de Acción Comunal.
- Juntas Administradoras de Acueductos Comunitarios.
- Veedores.
- Organizaciones locales.
- Organizaciones con perspectiva de género, donde se incluyan mujeres y jóvenes.

- Propuesta técnica

Para cumplir con los objetivos previstos, se requiere la ejecución de los siguientes proyectos y actividades:

Tabla 6.5. Proyectos, actividades y horizonte de ejecución

PROYECTO	ACTIVIDADES	CP	MP	LP
Ecosistemas objeto de protección especial	Declaración y/o reconocimiento de la zona de recarga del acuífero y humedales, como áreas especiales de protección de cuerpos de agua.	X		
	Diseño e implementación de estrategias para la consecución de recursos a escala nacional e internacional para garantizar la sostenibilidad financiera del Plan.		X	
	Realización de estudios de avalúos de terrenos del área de recarga del acuífero.	X		
	Compra de terrenos en las áreas de alta vulnerabilidad de la zona de recarga del acuífero de Tunja.		X	X
	Definición de la zona de amortiguamiento de la recarga del acuífero de Tunja, determinando las actividades productivas a desarrollar en ésta área.	X		
	* Mantenimiento y/o ampliación de la cobertura vegetal y recuperación de suelos erosionados.	X	X	X
Fortalecimiento de la relación autoridad ambiental - comunidad	Elaboración concertada de planes de gestión social de empresas públicas y privadas del área de influencia del acuífero.		X	X
	Determinar el estado de las veedurías municipales y/o programáticas, para reorientar su quehacer, capacitándolas en elementos conceptuales y de gestión.	X		
	Promoción y fortalecimiento de la participación ciudadana y el liderazgo, en diferentes grupos poblacionales a través de programas de formación.	X	X	
	Desarrollo de procesos de formulación y gestión de proyectos con participación comunitaria.	X	X	X
	*Conocimiento y apropiación de los ciudadanos de la oficina de Atención al usuario de CORPOBOYACÁ.	X	X	X
	Difusión y aplicación de la normatividad ambiental existente.	X	X	X
Gestión ambiental interinstitucional e intersectorial	*Conformación de redes y/o alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas, encaminadas a proteger integralmente el recurso hídrico.		X	X
Seguimiento y control sobre el manejo del recurso hídrico de manera eficiente	Formulación de planes de recuperación ambiental de minas que han terminado su explotación.	X	X	X
	Incentivar denuncias de la comunidad frente a deficientes manejos del recurso hídrico.	X		
Mejoramiento de infraestructura y servicios	Implementación y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales para los municipios ubicados en el área de		X	X

Realizado por:

	recarga del acuífero.			
	*Ampliación de la cobertura de recolección de residuos sólidos hacia el área rural de los municipios que se localizan en la zona de recarga del acuífero.			X
Seguimiento y evaluación del Plan	Implementación de un sistema de seguimiento y evaluación del Plan de manejo y protección del acuífero de Tunja por parte de la Autoridad ambiental.	X	X	X

CP = Corto plazo, MP = Mediano plazo, LP = Largo plazo
Proyectos o actividades identificadas en el POMCA.

- Duración

El horizonte de ejecución del presente proyecto es de trece (13) años contados desde el año 2007 y hasta el 2019.

La proyección se divide en tres etapas:

Corto plazo: Del año 2007 hasta el 2009.

Mediano plazo: Del año 2010 hasta el 2013

Largo plaza: Del año 2014 hasta el 2019

- Valor de la inversión y fuentes de financiación

La ejecución del presente proyecto, incluyendo los sub. proyectos y actividades antes planteados, demanda cuantiosos recursos, que deberán ser invertidos según el horizonte de realización (corto, mediano o largo plazo). Las cifras aquí presentadas se expresan en valor presente a pesos corrientes del año 2006.

Tabla 6.6. Valor estimado de las inversiones del programa

PROYECTO	ACTIVIDADES	VALOR ESTIMADO
Ecosistemas objeto de protección especial	Declaración y/o reconocimiento de la zona de recarga del acuífero y humedales, como áreas especiales de protección de cuerpos de agua.	0
	Diseño e implementación de estrategias para la consecución de recursos a escala nacional e internacional para garantizar la sostenibilidad financiera del Plan.	20.000.000
	Realización de estudios de avalúos de	231.000.000

	terrenos del área de recarga del acuífero.	
	Compra de terrenos en las áreas de alta vulnerabilidad de la zona de recarga del acuífero de Tunja.	1.426.725.000
	Definición de la zona de amortiguamiento de la recarga del acuífero de Tunja, determinando las actividades productivas a desarrollar en ésta área.	43.700.000
	Mantenimiento y/o ampliación de la cobertura vegetal y recuperación de suelos erosionados.	196.000.000
Fortalecimiento de la relación autoridad ambiental - comunidad	Elaboración concertada de planes de gestión social de empresas públicas y privadas del área de influencia del acuífero.	227.000.000
	Determinar el estado de las veedurías municipales y/o programáticas, para reorientar su quehacer, capacitándolas en elementos conceptuales y de gestión.	78.000.000
	Promoción y fortalecimiento de la participación ciudadana y el liderazgo, en diferentes grupos poblacionales a través de programas de formación.	154.000.000
	Desarrollo de procesos de formulación y gestión de proyectos con participación comunitaria.	158.000.000
	*Conocimiento y apropiación de los ciudadanos de la oficina de Atención al usuario de CORPOBOYACÁ.	146.000.000
	Difusión y aplicación de la normatividad ambiental existente.	49.000.000
	Gestión ambiental interinstitucional e intersectorial	*Conformación de redes y/o alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas, encaminadas a proteger integralmente el recurso hídrico.
Seguimiento y control sobre el manejo del recurso hídrico de manera eficiente	Formulación de planes de recuperación ambiental de minas que han terminado su explotación.	334.000.000
	Incentivar denuncias de la comunidad frente a deficientes manejos del recurso hídrico.	81.000.000
Mejoramiento de infraestructura y servicios	Implementación y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales para los municipios ubicados en el área de recarga del acuífero.	21.503.000.000
	*Ampliación de la cobertura de recolección de residuos sólidos hacia el área rural de los municipios que se localizan en la zona de recarga del acuífero.	1.800.000.000
Seguimiento y evaluación del Plan	Implementación de un sistema de seguimiento y evaluación del Plan de manejo y protección del acuífero de Tunja por parte de la Autoridad ambiental.	234.000.000
VALOR TOTAL DEL PROGRAMA		26.725.425.000

La financiación de este programa, criterio que se mantendrá para los demás, deberá provenir de diferentes fuentes teniendo en cuenta los criterios de corresponsabilidad de los gobiernos municipales, departamental y nacional, al igual que las empresas de servicios públicos y los organismos internacionales. Por lo anterior, se toman como referentes los siguientes aspectos:

- Municipios: según la participación porcentual dentro del área de recarga del acuífero. De acuerdo con el estudio de vulnerabilidad, presentado en el capítulo 4, la participación que cada municipio tiene dentro del área de recarga del acuífero, teniendo en cuenta el nivel de vulnerabilidad, se puede resumir así:

Tabla 6.7. Distribución porcentual del área de recarga del acuífero de Tunja

Nivel de vulnerabilidad	TUNJA	COMBITA	OICATÁ	MOTAVITA	SORACÁ
BAJA	83,92	6,90	6,02	2,15	1,01
MODERADA	57,51	29,54	7,75	5,09	0,11
ALTA	61,89	13,66	1,41	17,67	5,37
PROMEDIO	67,77	16,70	5,06	8,30	2,16

FUENTE: Equipo consultor

Los municipios, de acuerdo a su participación en el área de recarga del acuífero, destinarán recursos provenientes del Sistema General de Participaciones, componente Propósito General, destinación Agua Potable

- CORPOBOYACÁ, como autoridad ambiental, deberá destinar recursos de su presupuesto de inversión anual, según la formulación de su Plan de Acción.
- SERA.Q.A. E.S.P., como empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado para la ciudad de Tunja, y en su calidad de explotadora del recurso hídrico del acuífero, debe destinar un porcentaje del valor cobrado por cada metro cúbico de agua suministrada a sus usuarios.

- SERVIGENERALES E.S.P., como empresa prestadora del servicio de recolección de residuos sólidos, deberá aportar un porcentaje del valor total recaudado en la facturación.
- Gobernación de Boyacá, deberá coadyuvar en la financiación de los programas, destinando recursos dentro de su presupuesto de inversiones en recuperación y sostenimiento de recursos naturales.
- Gobierno Nacional, a través de sus diferentes entidades debe brindar apoyo financiero que por lo menos llegue a cubrir el 15% del total del valor del proyecto.
- Organismos internacionales, los cuales, a partir de la gestión adelantada, aporten recursos orientados a la financiación del proyecto, fijando como meta lograr la consecución del 7.5% de los recursos necesarios provenientes de dichas fuentes.

Con base en los anteriores criterios, la distribución de la financiación para este programa quedaría así.

Tabla 6.8. Participación porcentual en la cofinanciación del programa

FUENTE DE FINANCIACIÓN	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
MUNICIPIOS	
Tunja	18,64%
Cómbita	4,59%
Oicatá	1,39%
Motavita	2,28%
Soracá	0,59%
EMP. SERVICIOS PUBLICOS	
SERA.Q.A.	12,50%
SERVIGENERALES	5,00%
CORPOBOYACÁ	20,00%
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ	12,50%
GOBIERNO NACIONAL	15,00%
ORGANISMOS INTERNACIONALES	7,50%

FUENTE: Equipo consultor

Adicionalmente, es preciso relacionar los recursos humanos y físicos requeridos para la ejecución del programa, teniendo en cuenta los proyectos y actividades planteadas.

Tabla 6.9 Recursos humanos y físicos mínimos requeridos para la ejecución del programa.

PROYECTO	ACTIVIDADES	RECURSOS HUMANOS Y FÍSICOS
Ecosistemas objeto de protección especial	Declaración y/o reconocimiento de la zona de recarga del acuífero y humedales, como áreas especiales de protección de cuerpos de agua.	Alcaldes municipales.
	Diseño e implementación de estrategias para la consecución de recursos a escala nacional e internacional para garantizar la sostenibilidad financiera del Plan.	Dirección de Corpoboyacá, Gobernación de Boyacá, administraciones municipales locales.
	Realización de estudios de avalúos de terrenos del área de recarga del acuífero.	Ingenieros catastrales, peritos.
	Compra de terrenos en las áreas de alta vulnerabilidad de la zona de recarga del acuífero de Tunja.	Administraciones municipales de Tunja, Soracá, Oicatá, Combita
	Definición de la zona de amortiguamiento de la recarga del acuífero de Tunja, determinando las actividades productivas a desarrollar en ésta área.	Hidrogeólogo y/o Geólogo con especialización en medio ambiente.
	Mantenimiento y/o ampliación de la cobertura vegetal y recuperación de suelos erosionados.	Ingeniero agrónomo.
Fortalecimiento de la relación autoridad ambiental – comunidad	Elaboración concertada de planes de gestión social de empresas públicas y privadas del área de influencia del acuífero.	Trabajador social o Sociólogo o Antropólogo o Psicólogo social, o Psicólogo general, con experiencia en elaboración participativa de planes de gestión. Facilidades de comunicación con las empresas publicas de la zona.
	Determinar el estado de las veedurías municipales y/o programáticas, para reorientar su quehacer, capacitándolas en elementos conceptuales y de gestión.	Abogado o administrador público o Economista o Politólogo, o Trabajador Social o Sociólogo.
	Promoción y fortalecimiento de la participación ciudadana y el liderazgo, en diferentes grupos poblacionales a través de programas de formación.	Administrador público o Politólogo o Trabajador social o Sociólogo.
	Desarrollo de procesos de formulación	Economista o Administrador de

	y gestión de proyectos con participación comunitaria.	empresas o Administrador público o Sociólogo o Trabajador Social.
	*Conocimiento y apropiación de los ciudadanos de la oficina de Atención al usuario de CORPOBOYACÁ.	Fortalecimiento Oficina de Atención al usuario de Corpoboyacá. Coordinación y enlace con a cargo de la dependencia Educación ambiental y procesos participativos. Contratación de facilitadores con perfiles profesionales como Trabajador social, Antropólogo, Sociólogo, Psicólogo social u ONGs cuya misión sea promoción de procesos participativos y empoderamiento de las comunidades.
	Difusión y aplicación de la normatividad ambiental existente.	Convenios con las facultades de Derecho de Universidades como Santo Tomas, U.P.T.C, Universidad de Boyacá, ESAP y Antonio Nariño, para capacitar a las comunidades de la zona de influencia sobre legislación ambiental, procedimientos y trámites.
Gestión ambiental interinstitucional e intersectorial	*Conformación de redes y/o alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas, encaminadas a proteger integralmente el recurso hídrico.	Coordinación a cargo de la dependencia Gestión de calidad y fortalecimiento institucional. Contratación de facilitadores con perfiles profesionales como Trabajador social, Antropólogo, Sociólogo, Psicólogo social, Comunicador social, Administrador de empresas u ONGs con capacidad en negociación, resolución de conflictos, concertación, administración.
Seguimiento y control sobre el manejo del recurso hídrico de manera eficiente	Formulación de planes de recuperación ambiental de minas que han terminado su explotación.	Geólogo.
	Incentivar denuncias de la comunidad frente a deficientes manejos del recurso hídrico.	Fortalecimiento Oficina de Atención al usuario de Corpoboyacá. Convenios con las facultades de Derecho de Universidades

		como Santo Tomas, U.P.T.C, Universidad de Boyacá, ESAP y Antonio Nariño, para capacitar a las comunidades de la zona de influencia sobre legislación ambiental, procedimientos y trámites.
Mejoramiento de infraestructura y servicios	Implementación y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales para los municipios ubicados en el área de recarga del acuífero.	Ingenieros civiles, ambientales
	*Ampliación de la cobertura de recolección de residuos sólidos hacia el área rural de los municipios que se localizan en la zona de recarga del acuífero.	Administraciones Municipales.
Seguimiento y evaluación del Plan	Implementación de un sistema de seguimiento y evaluación del Plan de manejo y protección del acuífero de Tunja por parte de la Autoridad ambiental.	Coordinación y enlace con el Comité de seguimiento de Corpoboyacá. Contratación de equipo interdisciplinario conformado por uno de los siguientes profesionales: Hidrogeólogo y/o Geólogo y/o Ingeniero Civil, con especializaciones en Recursos hídricos o gestión ambiental; Sociólogo y/o economista.

Tabla 6.10. Matriz de marco lógico para el programa 2 - Fortalecimiento de la acción institucional.

ACTIVIDADES	PROPÓSITOS	METAS	INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL	INDICADORES DE SEGUIMIENTO	SUPUESTOS
Declaración y/o reconocimiento de la zona de recarga del acuífero y humedales, como áreas especiales de protección de cuerpos de agua.	Proteger las aguas subterráneas en la zona de recarga del acuífero y en la zona de amortiguamiento	Diseño, elaboración e implementación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja 2006-2019.	Acto administrativo realizado, donde se identifique y reconozca la zona de recarga del acuífero, como área de protección.	Construcción documento y acuerdos logrados.	Lograr un plan de manejo que sirva de soporte para el desarrollo normativo que asegure la protección del acuífero
Diseño e implementación estrategia	Lograr la cofinanciación de la	Garantizar en un 90% la viabilidad financiera del	No. de convenios de cooperación realizados.	Recursos asignados/recursos ejecutados.	Obtener un plan de manejo y

para la consecución de recursos a escala nacional e internacional para garantizar la sostenibilidad financiera del Plan.	ejecución del Plan con recursos de orden nacional e internacional	plan de manejo y protección del acuífero de Tunja.	No. de fuentes de financiación identificadas.	Costo/Beneficio.	conservación del acuífero que esté acorde con los propósitos de los organismos nacionales e internacionales
Realización de estudios de avalúos de terrenos del área de recarga del acuífero.	Obtener la valoración a, precios de mercado, de los terrenos ubicados en el área de recarga	Adquisición de un 70% del área total de recarga del acuífero por parte de los entes territoriales, durante el periodo 2006-20019.	Asignación presupuestal de los municipios para compra de terrenos	No. de estudios realizados.	Contar con la participación de peritos evaluadores especializados
Compra de terrenos en las áreas de alta vulnerabilidad de la zona de recarga del acuífero de Tunja.	Proteger la zona de recarga del acuífero mediante la compra de terrenos en las áreas de mayor vulnerabilidad			Porcentaje de área adquirida por entes territoriales de la zona de recarga del acuífero.	Asignación presupuestal por parte de CORPOBOYACÁ y de los municipios localizados en el área de influencia del acuífero
Definición de la zona de amortiguamiento de la recarga del acuífero de Tunja, determinando las actividades productivas a desarrollar en ésta área.	Lograr el ordenamiento socioeconómico del territorio en el área de influencia del acuífero	Facilitar el ordenamiento del territorio logrando un consenso con el 90% de los actores	Cartografía con la identificación vocación productiva de la zona de recarga del acuífero.	Grado de implementación en las comunidades sobre el uso adecuado de este territorio.	Articulación del POMCA, los POT's de los municipios involucrados y el ordenamiento de la zona de recarga del acuífero, especialmente en cuanto a actividades económicas autorizadas
Mantenimiento y/o ampliación de la cobertura vegetal y recuperación de suelos erosionados.	Garantizar la cobertura vegetal en la zona de recarga del acuífero.	Reducir progresiva y sistemáticamente en un 60% el daño a la estructura del suelo, aumentando la	No. Hectáreas restauradas en la zona de recarga del acuífero.	Conformación de veeduría para los contratos de restauración y reforestación.	Existen consensos entre los diferentes actores para reconocer que del grado de cobertura
				No. De visitas de control por parte de la auditoría	

		capacidad de infiltración de aguas.		encargada para estos contratos.	vegetal, depende la vida útil de un acuífero.
			No. Hectáreas reforestadas en la zona de recarga del acuífero	No. Contratos de reforestación realizados con organizaciones comunitarias locales.	
				Material vegetal adquirido de calidad y en viveros cercanos a la zona.	
Elaboración concertada de planes de gestión social de empresas públicas y privadas del área de influencia.	Aumentar el empoderamiento de las comunidades en su interlocución con las empresas, para que estas hagan un manejo más sostenible de los recursos hídricos.	Grado de disposición para trabajar en equipos.	No. de planes de gestión social de empresas como Servigenerales, SeraQ.A. y productores, concertados con las comunidades.	Fomentar la responsabilidad social de las empresas con los recursos hídricos y con las comunidades que viven cerca de su accionar, en la formulación y ejecución de políticas sociales.	Existencia de responsabilidad compartida entre el estado y la empresa privada en la formulación y ejecución de políticas sociales.
		Grado de participación.	No. canales de comunicación entre empresas y comunidades.		
		Sentido para identificar y resolver problemas en grupo.	No. Jornadas de socialización de resultados de las empresas a las comunidades		
Determinar el estado de las veedurías municipales y/o programáticas, para reorientar su quehacer, facilitándolas de elementos conceptuales y de gestión.	Recuperar en un 95% el significado del papel de veedor, tanto en los postulantes al cargo, como en las entidades territoriales. que promueven su conformación	Organizaciones consolidadas, con legitimidad y legalidad.	No. de veedores y funcionarios públicos capacitados en gestión ambiental.	Hacer más efectiva y consciente las competencias de los veedores.	Los veedores poseen herramientas conceptuales y metodológicas que les facilitan su labor.
		Grado de acceso a la información relevante en cuanto a la toma de decisiones.	Puntos de vista de las minorías escuchados y atendidos.		
		Transparencia en el manejo programático.	Reuniones oportunas y bien realizadas.		
Promoción y fortalecimiento de la participación ciudadana y el liderazgo, en diferentes grupos poblacionales	Promover la participación de jóvenes y mujeres en un 70% en las diferentes instancias de participación, que garanticen	Grado de implementación de la perspectiva de género institucionalizada	Numero de jóvenes y mujeres inscritos en instancia de participación como JAC, consejos de planeación, veedurías, clubes juveniles, entre otros.	Mejorar la calidad de la participación, que implique mayor nivel de conciencia en los ciudadanos.	Las instancias de participación promueven la inclusión de nuevos actores, facilitándoles su

a través de programas de formación.	el relevo generacional.		Estrategias, planes, programas, proyectos locales y regionales con perspectiva de género.		permanencia y continuidad en los procesos.
Desarrollo de procesos de formulación y gestión de proyectos con participación comunitaria.	Aumentar en un 70% la capacidad de gestión y autonomía de las comunidades que habitan la zona de recarga del acuífero, para resolver sus propias necesidades.	Grado de disposición de pensar y planear a largo plazo.	No. de espacios de participación que funcionan en los Municipios.	Generación de una actitud de confianza y solidaridad en las comunidades sobre las posibilidades de transformar realidades hacia unas más satisfactorias, a través del trabajo con las comunidades.	Aumento de iniciativas de grupos comunitarios, que buscan dar respuesta a sus dificultades.
		Grado de adaptabilidad a los cambios.	No. De proyectos/iniciativas formuladas y presentadas por grupos de participación comunitaria.		
		Organizaciones con apoyo financiero, técnico, conceptual y metodológico para realizar sus funciones.	No. De capacitaciones realizadas sobre mecanismos de participación comunitaria.		
Conocimiento y apropiación de los ciudadanos de la oficina de Atención al usuario de CORPOBOYACÁ.	Robustecer y dinamizar la relación entre Corpoboyacá y la comunidad, haciéndola dinámica y de comunicación permanente.	Aumento de la credibilidad y confianza de las comunidades hacia la gestión de CORPOBOYACÁ, en un 80%.	Atención oportuna en los trámites misionales.	Simplificación en los procedimientos administrativos que faciliten la gestión de usuarios.	Articular el componente técnico con el comunitario dentro de la acción de la autoridad ambiental y los municipios localizados en el área de recarga del acuífero
				Tiempo para la atención oportuna en los requerimientos.	
				Canales de comunicación implementados entre CORPOBOYACÁ y las comunidades.	
Difusión y aplicación de la normatividad ambiental existente.	La autoridad ambiental esta en capacidad para realizar actividades de formación e información legal y de la normativa vigente, y no	Fomentar la eficacia, eficiencia y oportunidad en un 60% en mecanismos de control en la protección del recurso hídrico.	No. De Eventos realizados donde se da a conocer la normatividad ambiental	No. De denuncias realizadas/No. De denuncias atendidas	Construcción de una base social organizada, informada y motivada hacia el ejercicio de la gestión ambiental.
			No. Grupos poblacionales que conocen de legislación ambiental.		

	se limita únicamente al control o aplicación.		No. Publicaciones realizadas sobre legislación ambiental.		
Conformación de redes y/o alianzas estratégicas interinstitucionales e intersectoriales encaminadas a proteger integralmente el recurso hídrico.	Integrar a instituciones públicas y privadas, así como a organizaciones comunitarias en la labor de protección y manejo de las aguas subterráneas	Establecer compromisos compartidos y sostenidos en un 80% con los diferentes actores institucionales de sectores públicos, privados y sociedad civil, frente a la protección integral del recurso hídrico.	Conformación de comité/consejo con representación amplia de sectores que faciliten la vigilancia en el cumplimiento del Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja.	No. redes y/o alianzas ambientales conformadas.	Toma de conciencia por parte de la sociedad civil y sus organizaciones de carácter público o privado, frente a la importancia de la conservación de las aguas subterráneas y su aporte para las actividades humanas
				No. de convocatorias y reuniones de capacitación realizadas con diferentes instituciones.	
				Plan de trabajo definido con responsabilidades, socialización resultados, seguimiento y evaluación.	
				Legalización mediante acto administrativo	
				Diseño de sistema de vigilancia sobre el estado de los recursos hídricos a nivel municipal y/o regional.	
Formulación de planes de recuperación ambiental de minas que han terminado su explotación.	Recuperar aquellas áreas que presentan deterioro por la realización de actividades de explotación minera	Fomentar la eficacia, eficiencia y oportunidad en un 60% en mecanismos de control en la protección del recurso hídrico.	Grado de cumplimiento normatividad de POT/EOT/POMCA. No. de minas que terminada su explotación, inician plan de recuperación	No. de denuncias realizadas/numero de denuncias atendidas.	Vinculación de los mineros a las actividades de recuperación de áreas que ellos mismos explotaron durante varios años Compromiso institucional
Incentivar denuncias de la comunidad frente a deficientes manejos del recurso hídrico.	Hacer a la comunidad participe de la labor de vigilancia y protección de las aguas subterráneas				Apropiación por parte de la comunidad de la importancia de las aguas subterráneas para la vida y

					la necesidad de hacer un uso racional de ellas
Implementación y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales para los municipios ubicados en el área de recarga del acuífero	Reducir los vertimientos de aguas residuales sobre fuentes hídricas superficiales o en áreas de recarga del acuífero	Acompañar a los entes territoriales en la puesta en marcha y funcionamiento de los PGIRS y PTAR, en plazos concertados con CORPOBOYACÁ	No. de plantas de tratamiento de aguas residuales funcionando en cada uno de los municipios de recarga del acuífero.	Numero de viviendas conectadas a sistemas de alcantarillado en los municipios de zona de recarga del acuífero	Consecución de recursos provenientes de los municipios involucrados, el departamento y entidades de orden nacional
Ampliación de la cobertura de recolección de residuos sólidos hacia el área rural de los municipios que se localizan en la zona de recarga del acuífero	Disminuir el manejo inadecuado de residuos sólidos que puedan afectar las aguas subterráneas, especialmente en la zona de recarga del acuífero		Disposición adecuada de residuos sólidos en los municipios donde se realiza la zona de recarga del acuífero.	Aumento de la calidad en los métodos de manejo de residuos sólidos de las familias ubicadas en la zona de recarga del acuífero.	Inclusión de la participación comunitaria en el manejo integral de residuos sólidos.
Implementación de un sistema de seguimiento y evaluación del plan de manejo y protección del acuífero de Tunja por parte de la autoridad ambiental	Establecer la correspondencia entre lo planeado y lo ejecutado	Obtener un plan dinámico, donde se actualice permanentemente la información, se detecten nuevas necesidades, se detecten fallas, que permitan realizar ajustes en su programación.	Diseño del monitoreo que mide el avance en la implementación del plan.	No. De audiencias públicas realizadas al año, para rendir cuentas a la ciudadanía, sobre el grado de avance en el plan.	Compromiso institucional, para motivar a diferentes actores a tomar como propio el proceso de gestión del plan.
			Conformación de consejo/comité/veeduría ciudadana, encargada del vigilar el cumplimiento del plan.	Numero de visitas/inspecciones a empresas para evaluar el manejo que hacen a los recursos hídricos.	

				Grado de habilidad para reconocer y evaluar riesgos, alcanzada por el consejo/comité/veeduría del plan.	
				Sentido para identificar y resolver problemas en grupo, alcanzado por el consejo/comité/veeduría del plan.	

6.5 PROGRAMA 3. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN ENCAMINADA A LA PROTECCIÓN DEL ACUÍFERO DE TUNJA

- Descripción del problema

Los recursos de aguas subterráneas en los municipios de la zona de recarga del acuífero, son desconocidos, para la casi totalidad de grupos poblacionales que pueden ejercer acciones significativas sobre este, su invisibilidad aumenta el riesgo de contaminación haciendo mas difícil su protección y manejo. El recurso hídrico esta concebido en el imaginario de las comunidades como “ríos subterráneos”, de igual forma el recurso hídrico se concibe de manera separada, no logrando articular la interdependencia que se genera en los sistemas páramos-aguas superficiales-aguas subterráneas.

Por consiguiente, el planteamiento del presente proyecto apunta a dar solución a esta problemática por medio de un conjunto de actividades que logren elevar el nivel de información, educación y concientización de la comunidad sobre el manejo y protección de las aguas subterráneas de Tunja, de manera que se

conviertan en permanente multiplicadores del mensaje y se apropien de su responsabilidad como agentes protectores de este recurso hídrico.

Objetivo

Generar procesos de investigación, información, formación, y comunicación sobre la protección integral del recurso hídrico, que posibiliten la autorregulación, la regulación social, la aplicación de acuerdos y normas de convivencia, que faciliten a los ciudadanos su desarrollo integral como sujetos de derecho.

Ubicación geográfica

El presente proyecto está orientado, prioritariamente, a cubrir el área determinada como zona de recarga del acuífero de Tunja, sin embargo, puede extenderse a las zonas colindantes de ésta según las necesidades y requerimientos para la ejecución del Plan de manejo y protección.

Actores involucrados

Los actores involucrados directamente en este proyecto son:

- Los habitantes localizados dentro de la zona de recarga, la cual comprende áreas de los municipios de Tunja, Cómbita, Oicatá, Motavita y Soracá.
- Las empresas prestadoras de servicios públicos (acueducto, alcantarillado y aseo) de los municipios del área de influencia del acuífero.
- La autoridad ambiental que ejerce su acción sobre el área de recarga del acuífero.

- Instituciones educativas de nivel superior, mediante aporte de conocimiento generado por los grupos de investigación adscritos a estos centros de educación.
- Gobernación de Boyacá, deberá coadyuvar en la financiación de los programas, destinando recursos dentro de su presupuesto de inversiones en recuperación y sostenimiento de recursos naturales.
- Gobierno Nacional, a través de sus diferentes entidades debe brindar apoyo financiero que por lo menos llegue a cubrir el 15% del total del valor del proyecto.
- Organismos internacionales, los cuales, a partir de la gestión adelantada, aporten recursos orientados a la financiación del proyecto, fijando como meta lograr la consecución del 7.5% de los recursos necesarios provenientes de dichas fuentes.

Con base en los anteriores criterios, la distribución de la financiación para este programa quedaría así.

Tabla 6.14. Participación porcentual en la cofinanciación del programa

FUENTE DE FINANCIACIÓN	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
MUNICIPIOS	
Tunja	15,25%
Cómbita	3,76%
Oicatá	1,14%
Motavita	1,87%
Soracá	0,49%
EMP. SERVICIOS PUBLICOS	
SERA.Q.A.	15,00%
SERVIGENERALES	5,00%
CORPOBOYACÁ	15,00%
UNIVERSIDADES	10,00%
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ	10,00%
GOBIERNO NACIONAL	15,00%
ORGANISMOS INTERNACIONALES	7,50%

FUENTE: Equipo consultor

- Las administraciones municipales del área de influencia del acuífero.
- La comunidad educativa, representada en padres de familia, docentes y estudiantes, de las organizaciones educativas localizadas en la zona de recarga del acuífero.
- Las organizaciones comunitarias, sociales y ciudadanas.
- Los productores agrícolas, pecuarios, mineros y prestadores de servicios.

Propuesta técnica

Para cumplir con los objetivos previstos, se requiere la ejecución de los siguientes proyectos y actividades:

Tabla 6.11. Proyectos, temática, actores y actividades

COMPONENTE CULTURA DEL AGUA	PROYECTO	TEMÁTICA	ACTORES	ACTIVIDADES
OFERTA	Educación para la protección y conservación de ecosistemas de oferta hídrica.	*Uso y apropiación de Tecnologías limpias.	Productores mineros y agropecuarios, Empresas prestadoras de bienes y servicios como estaciones de gasolina, lavaderos de carros, cambio de aceite, cementerios, alimentos, recreativas y Juntas Administradoras de Acueductos Comunitarios- JAAC-.	- Convocatoria actores, basado en los participantes en la formulación de este plan (ver listado).
		*Mecanismos para conservar y proteger nacimientos, humedales, zona de recarga del acuífero.		- Diseño de Proceso educativo, que contemple formación teórica y vivencial, apoyada en salidas de campo, giras para conocer experiencias exitosas, entrega de insumos que les permitan adoptar tecnologías, entre otras.
		*Fortalecimiento de los Proyectos Ciudadanos Educativos Ambientales PROCEDAS.		

USO EFICIENTE	Implementación de proyectos piloto en reciclaje y/o reutilización de aguas.	<p align="center">-</p> Aprovechamiento de aguas lluvias. - Reutilización de aguas servidas domesticas.	Productores.	- Capacitación para conocer e implementar experiencias piloto. - Trabajo en campo. - Giras para conocer experiencias exitosas. - Entrega de insumos que permitan adoptar tecnologías.
	Identificación y reconocimiento de entidades amigas del agua, por su manejo eficiente.	Manejo eficiente del recurso hídrico.	Juntas Administradoras de Acueductos Comunitarios, entidades públicas, comerciales, empresas, entre otras.	Diseño de concurso, que contemple estímulos para las organizaciones ganadoras.
	Capacitación para el reconocimiento y apropiación normatividad sobre uso eficiente y ahorro del agua: Ley 373.	- Legislación ambiental. - Fortalecimiento de los Proyectos Ciudadanos Educativos Ambientales PROCEDAS.	Funcionarios públicos, productores y empresas o Juntas Administradoras de acueductos comunitarios, usuarios, Juntas de Acción Comunal, ciudadanía en general.	Proceso de formación que incluya aspectos teóricos y prácticos, a través del análisis de situaciones locales, conocimiento de experiencias exitosas, salidas de campo, entrega de material de consulta, entre otras.
CALIDAD	Capacitación para la apropiación y aplicación de la normatividad sobre control de la calidad del recurso hídrico.	- Educación ambiental no formal.		
EDUCACIÓN AMBIENTAL	Acompañamiento a las entidades educativas para la inclusión del componente de aguas subterráneas en los "PRAES".	*Educación ambiental formal.	Comunidad educativa: padres, estudiantes y docentes, de las instituciones educativas ubicadas en la zona de recarga del acuífero.	Acompañamiento de Corpoboyacá para la formulación y/o actualización del PRAES, a la comunidad educativa. Conocimiento de la zona de recarga del acuífero.
	Inclusión del componente de aguas	Educación ambiental no formal.	Usuarios empresa, Establecimientos	- Complementar con el componente de aguas

	subterráneas en los procesos educativos que adelanta SERAQA.		educativos, entre otros.	subterráneas, la propuesta educativa de SERAQA. - Conocimiento de la zona de recarga del acuífero.
	Cualificación del talento humano encargado de administrar recursos hídricos.		Funcionarios públicos.	Diseño e implementación de diplomado en Gestión integral del recurso hídrico, que contemple temáticas como protección, conservación, ecosistemas estratégicos locales, legislación ambiental, tecnologías limpias, cofinanciación de proyectos, participación comunitaria entre otras.
INVESTIGACIÓN	Fomento de proyectos de investigación con énfasis en la producción sostenible y manejo y protección de aguas subterráneas	Generación y apropiación de conocimiento.	Ministerios de Educación y Medio Ambiente, Instituciones de educación superior, Ong's, entre otras.	Establecer alianzas entre las universidades locales, municipios y Corpoboyacá, a fin de orientar trabajos de grado, realizar pasantías estudiantiles, identificando necesidades de conocimiento, facilitar espacios de intervención, recursos humanos, logísticos y financieros.
COMUNICACIÓN	Diseño de una estrategia comunicativa atractiva y atrayente, que genere el conocimiento sobre aguas subterráneas y facilite su	Publicaciones y medios.	Ministerio del Medio Ambiente, Gobernación de Boyacá, Corpoboyacá, Municipios, SERAQA, ONGs, Cámara de Comercio, entre otras.	Diseño de la estrategia que llegue a diferentes grupos poblacionales, especialmente quienes ejercen una acción significativa en la zona de recarga del

	protección.			<p>acuífero.</p> <p>Realización de medios masivos de información como cartillas, folletos, videos, afiches, programas radiales y televisivos.</p> <p>Diseño de multimedia, para ser trabajada con los niños/as y jóvenes, dentro de la ejecución de los PRAES.</p>
--	-------------	--	--	--

* Proyectos incluidos en el POMCA.

Tabla 6.12. Proyectos y horizontes de ejecución

COMPONENTE CULTURA DEL AGUA	SUBPROYECTO	CP	MP	LP
Oferta	Educación para la protección y conservación de ecosistemas de oferta hídrica.		X	X
Uso eficiente	Implementación de proyectos piloto en reciclaje y/o reutilización de aguas.		X	X
	Identificación y reconocimiento de entidades amigas del agua, por su manejo eficiente.		X	X
	Capacitación para el reconocimiento y apropiación normatividad sobre uso eficiente y ahorro del agua: Ley 373.	X	X	X
Calidad	Capacitación para la apropiación y aplicación de la normatividad sobre control de la calidad del recurso hídrico.	X	X	X
Educación ambiental	Acompañamiento a las entidades educativas para la inclusión del componente de aguas subterráneas en los "PRAES".	X		
	Inclusión del componente de aguas subterráneas en los procesos educativos que adelanta SERAQA.	X		
	Cualificación del talento humano encargado de administrar recursos hídricos.		X	X
Investigación	Fomento de proyectos de investigación con énfasis en la producción sostenible y manejo y protección de aguas subterráneas		X	X
Comunicación	Diseño de una estrategia comunicativa atractiva y atrayente, que genere el conocimiento sobre aguas subterráneas y facilite su protección.		X	X

CP = Corto plazo, MP = Mediano plazo, LP = Largo plazo

- Duración

El horizonte de ejecución del presente proyecto es de trece (13) años contados desde el año 2007 y hasta el 2019.

La proyección se divide en tres etapas:

Corto plazo: Del año 2007 hasta el 2009.

Mediano plazo: Del año 2010 hasta el 2013

Largo plazo: Del año 2014 hasta el 2019

- Valor de la inversión y fuentes de financiación

La ejecución del presente proyecto, incluyendo los sub. proyectos y actividades antes planteados, demanda cuantiosos recursos, que deberán ser invertidos según el horizonte de realización (corto, mediano o largo plazo). Las cifras aquí presentadas se expresan en valor presente a pesos corrientes del año 2006.

Tabla 6.13. Valor estimado de las inversiones del proyecto

COMPONENTE CULTURA DEL AGUA	SUBPROYECTO	VALOR ESTIMADO
Oferta	Educación para la protección y conservación de ecosistemas de oferta hídrica.	259.000.000
Uso eficiente	Implementación de proyectos piloto en reciclaje y/o reutilización de aguas.	2.083.000.000
	Identificación y reconocimiento de entidades amigas del agua, por su manejo eficiente.	438.000.000
	Capacitación para el reconocimiento y apropiación normatividad sobre uso eficiente y ahorro del agua: Ley 373.	274.000.000
Calidad	Capacitación para la apropiación y aplicación de la normatividad sobre control de la calidad del recurso hídrico.	286.000.000
Educación ambiental	Acompañamiento a las entidades educativas para la inclusión del componente de aguas subterráneas en los "PRAES".	93.000.000

	Inclusión del componente de aguas subterráneas en los procesos educativos que adelanta SERAQA.	98.000.000
	Cualificación del talento humano encargado de administrar recursos hídricos.	115.000.000
Investigación	Fomento de proyectos de investigación con énfasis en la producción sostenible y manejo y protección de aguas subterráneas	482.000.000
Comunicación	Diseño de una estrategia comunicativa atractiva y atrayente, que genere el conocimiento sobre aguas subterráneas y facilite su protección.	241.000.000
VALOR TOTAL DEL PROGRAMA		4.349.000.000

La financiación de este programa, criterio que se mantendrá para los demás, deberá provenir de diferentes fuentes teniendo en cuenta los criterios de corresponsabilidad de los gobiernos municipales, departamental y nacional, al igual que las empresas de servicios públicos y los organismos internacionales. Por lo anterior, se toman como referentes los siguientes aspectos:

- Municipios: según la participación porcentual dentro del área de recarga del acuífero, relacionada en el cuadro 6.6. Así , los municipios, de acuerdo a su participación en el área de recarga del acuífero, destinarán recursos provenientes del Sistema General de Participaciones, componente Propósito General, destinación Agua Potable
- CORPOBOYACÁ, como autoridad ambiental, deberá destinar recursos de su presupuesto de inversión anual, según la formulación de su Plan de Acción.
- SERA.Q.A. E.S.P., como empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado para la ciudad de Tunja, y en su calidad de explotadora del recurso hídrico del acuífero, debe destinar un porcentaje del valor cobrado por cada metro cúbico de agua suministrada a sus usuarios.
- SERVIGENERALES E.S.P., como empresa prestadora del servicio de recolección de residuos sólidos, deberá aportar un porcentaje del valor total recaudado en la facturación.

ecosistemas de oferta hídrica.	s en la población que habita la zona de recarga del acuífero.	productores en la zona de recarga del acuífero, en un 50%.	No. De productores /JAAC que implementan mecanismos de protección y conservación en los ecosistemas.	Productores y JAAC que culminan el proceso.	protección del recurso hídrico.
Implementación de proyectos piloto en reciclaje y/o reutilización de aguas.	Reducir el vertimiento de aguas residuales.	Aprovechamiento en un 30% de las aguas residuales, previo algún tipo de tratamiento.	No. De productores que reciclan y/o reutilizan agua para otras actividades productivas.	Recursos gestionados /Recursos invertidos para apoyar iniciativas.	Mejorar las practicas existentes e reciclar/reutilizar aguas.
Identificación de entidades amigas del agua, por su manejo eficiente.	Exaltar aquellas instituciones públicas o privadas que hagan un uso eficiente del agua	Acreditación de una institución anualmente.	No. de entidades acreditadas como amigas del agua.	No. Entidades que se inscriben a participar, porque poseen un(os) mecanismo(s) de uso eficiente del recurso hídrico.	Corresponsabilidad en la protección y conservación del recurso hídrico.
Capacitación para el reconocimiento o y apropiación normatividad sobre uso eficiente y ahorro del agua: Ley 373.	Generar cambios de actitudes, practicas y comportamientos en la población que habita la zona de recarga del acuífero.	El 70% de productores y JAAC, localizados en el área de recarga del acuífero, conocen y apropian la normatividad.	No. De JAAC en cuyos reglamentos incorporan medidas para controlar y medir el consumo de agua.	No. de JAAC capacitados. No. De productores capacitados.	Interés y necesidad de conocer la reglamentación ambiental por parte de productores JAAC.
			Reducción del consumo habitual de agua de los productores en 1%, debido al uso eficiente.		
Capacitación para la apropiación y aplicación de la normatividad sobre control de la calidad del recurso hídrico	Generar cambios de actitudes, practicas y comportamientos en la población que habita la zona de recarga del acuífero.	Aumentar la calidad del agua para consumo humano.	No. De JAAC/empresas de servicios públicos municipales en cuyos reglamentos incorporan medidas para aumentar la calidad del agua para los usuarios.	No. Ciudadanos que conocen la reglamentación ambiental sobre derechos y deberes en el consumo de agua con calidad.	Destinación de recursos técnicos y financieros por parte de las entidades corresponsables en el Plan.
				No. Organismos públicos que respaldan ciudadanos en medidas de control para aumentar el consumo de agua con calidad.	

Adicionalmente, es preciso relacionar los recursos humanos y físicos requeridos para la ejecución del programa, teniendo en cuenta los proyectos y actividades planteadas.

Tabla 6.15. Recursos humanos y físicos mínimos requeridos para la ejecución del programa

COMPONENTE CULTURA DEL AGUA	PROYECTO	TEMÁTICAS	RECURSOS HUMANOS
Oferta	Educación para la protección y conservación de ecosistemas de oferta hídrica.	Uso y apropiación de Tecnologías limpias. Mecanismos para conservar y proteger nacimientos, humedales, zona de recarga del acuífero. Fortalecimiento de los Proyectos Ciudadanos Educativos Ambientales PROCEDAS.	Ingeniero Civil, Ingeniero Agrónomo, Ingeniero ambiental, Geólogo, Biólogo, Trabajador Social, Sociólogo.
Uso eficiente	Implementación de proyectos piloto en reciclaje y/o reutilización de aguas.	Aprovechamiento de aguas lluvias. - Reutilización de aguas servidas domesticas.	Ingeniero Civil, Ingeniero Agrónomo, Ingeniero ambiental.
	Identificación y reconocimiento de entidades amigas del agua, por su manejo eficiente.	Manejo eficiente del recurso hídrico.	Ingeniero civil.
	Capacitación para el reconocimiento y apropiación normatividad sobre uso eficiente y ahorro del agua: Ley 373.	Legislación ambiental. Fortalecimiento de los Proyectos Ciudadanos Educativos Ambientales PROCEDAS. Educación ambiental no formal.	Profesional con conocimientos y experiencia en legislación ambiental y procesos educativos comunitarios.

Calidad	Capacitación para la apropiación y aplicación de la normatividad sobre control de la calidad del recurso hídrico.	Legislación ambiental. Fortalecimiento de los Proyectos Ciudadanos Educativos Ambientales PROCEDAS. Educación ambiental no formal	Profesional con conocimientos y experiencia en legislación ambiental y procesos educativos comunitarios.
Educación ambiental	Acompañamiento a las entidades educativas para la inclusión del componente de aguas subterráneas en los "PRAES".	Educación ambiental formal.	Profesionales con especialización en educación ambiental.
	Inclusión del componente de aguas subterráneas en los procesos educativos que adelanta SERAQA.	Educación ambiental no formal.	Profesionales con especialización en educación ambiental.
	Cualificación del talento humano encargado de administrar recursos hídricos.	Educación ambiental no formal.	Universidades, ONGs, institutos de educación superior.
Investigación	Fomento de proyectos de investigación con énfasis en la producción sostenible y manejo y protección de aguas subterráneas	Generación y apropiación de conocimiento.	Universidades, ONGs, institutos de educación superior.
Comunicación	Diseño de una estrategia comunicativa atractiva y atrayente, que genere el conocimiento sobre aguas subterráneas y facilite su protección.	Publicaciones y medios.	Comunicadores sociales, realizadores audiovisuales, diseñadores gráficos.

FUENTE: Equipo consultor

Tabla 6.16. Matriz de marco lógico para el programa 3 - Implementación de una estrategia de educación y comunicación.

PROYECTOS	PROPÓSITOS	METAS	INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL	INDICADORES DE SEGUIMIENTO	SUPUESTO:
Educación para la protección y conservación de	Generar cambios de actitudes, practicas y comportamiento	Reducir el impacto ambiental negativo, que realizan los	No. de productores/JAAC que implementan tecnologías limpias.	No. Productores y JAAC que se inscriben en el proceso de educación/No.	Manifestación del interés de sector productivo/JAAC en la

Acompañamiento a las entidades educativas, para la inclusión del componente de aguas subterráneas en los "PRAES"	Fomentar el conocimiento para la protección de las aguas subterráneas en las comunidades educativas.	El 100% de las instituciones educativas localizadas en el área de recarga del acuífero, incorporan en sus PRAES, el componente de Aguas subterráneas.	Acompañamiento de Corpoboyacá a las instituciones educativas para formular y/o actualizar su PRAES.	No. de docentes /estudiantes/instituciones capacitadas.	Comprensión por parte de la comunidad educativa de la visión sistémica de la educación ambiental.
			Instituciones reconocidas por tener PRAES eficientes, por parte de Corpoboyacá y Secretarías de Educación Municipal	No. de PRAES formulados/No. Actividades realizadas No. de niños/as/jóvenes organizados en grupos ecológicos a nivel municipal.	
Inclusión del componente de aguas subterráneas en los procesos educativos que adelanta SERAQA	Fomentar el conocimiento y/o reconocimiento de SERAQA sobre el estado en que se encuentra la fuente que provee el recurso hídrico, para asegurar su protección.	El programa de Gestión Social de SERAQA incorpora el componente de aguas subterráneas	Recursos destinados por la empresa SERAQA para la protección y conservación del acuífero de Tunja	No de programas de educación ambiental/ que incluyen el componente de aguas subterráneas. No. De grupos poblacionales que acceden a la formación ambiental que brinda SERAQA.	La empresa SERAQA asume con liderazgo su compromiso en la protección y conservación del acuífero de Tunja
Cualificación del talento humano encargado de administrar recursos hídricos.	Mejorar la gestión ambiental de los funcionarios públicos, tendientes a la protección del recurso hídrico subterráneo.	Formación y entrenamiento del 70% de los profesionales, en el manejo integrado del recurso hídrico, con énfasis en aguas subterráneas.	Los municipios incorporan en su planeación, medidas tendientes a proteger y conservar recursos hídricos subterráneos.	No. de diplomados/cursos/especializaciones sobre manejo integral recurso hídrico-aguas subterráneas. No. De profesionales formados.	Existe la necesidad de profundizar en el conocimiento sobre el comportamiento de las aguas subterráneas acuífero de Tunja.
Fomento de proyectos de investigación con énfasis en la producción sostenible y manejo y protección de aguas	Vincular a los centros de educación superior y organizaciones privadas en la realización de investigaciones sobre aguas	Crear la necesidad de realizar proyectos de investigación en el manejo sostenible de aguas subterráneas.	Implementación de proyectos de protección y conservación del acuífero, basados en estudios de investigación.	Porcentaje de asignación de recursos para investigación en las diferentes entidades de educación superior, entes gubernamentales y Ong's, entre otras.	Necesidad de utilizar eficientemente las aguas subterráneas y consolidar una metodología de trabajo

subterráneas.	subterráneas.			No. de convocatorias para participar en proyectos de investigación y difusión de conocimientos.	(técnica y comunitaria; que pueda ser replicable a nivel regional.
				No. De trabajos de investigación de las universidades, promovidos sobre recursos hídricos subterráneos/anualmente.	
Diseño de una estrategia comunicativa atractiva y atrayente, que genere el conocimiento sobre aguas subterráneas y facilite su protección.	Ampliar el nivel de conocimiento sobre el estado del acuífero, a través del empleo de estrategias masivas de comunicación.	Llegar al 90% de la comunidad que ejerce presión sobre el acuífero, con un mensaje claro y convincente frente a la necesidad de proteger y conservar las aguas subterráneas.	Generación de cambios de actitud frente a la situación ambiental del acuífero.	No. De folletos, videos, programas radiales, televisivos, afiches, cartillas, multimedia elaborados/emitados/ entregados a diferentes grupos poblacionales.	Los medios de comunicación ejercen una fuerte influencia en los hábitos y costumbres de la sociedad.

6.6 JUSTIFICACIÓN LEGAL DE LOS APORTES DIRIGIDOS A LA COFINANCIACIÓN DE LOS PROYECTOS

CORPOBOYACÁ, Como autoridad ambiental en la zona de influencia del proyecto, deberá asumir la co-financiación de estos proyectos acudiendo a los recursos de que dispone en cada vigencia y que están orientados a la conservación y recuperación de los recursos naturales, los cuales tendrán como soporte el cobro de una tasa retributiva por volumen de extracción, pagada por todas las empresas, tanto públicas como privadas, instituciones o personas que realicen la extracción de aguas subterráneas. La Corporación está facultada legalmente para hacer el cobro de dicha tasa.

Municipios localizados en el área de influencia del acuífero, Estos entes territoriales aportarán parte de los recursos provenientes del Sistema General de Participaciones, componente Propósito General, destinación agua potable y medio ambiente, ya que la ley 715 de 2001 en su artículo 76 establece las destinaciones y competencias de los municipios en materias distintas a salud y educación, entre las cuales aparece el recurso agua, siendo responsabilidad de los gobiernos locales, en materia ambiental. Se transcribe a continuación algunos numerales de la Ley 714 del 2001.

“76.5.1. Tomar las medidas necesarias para el control, la preservación y la defensa del medio ambiente en el municipio, en coordinación con las corporaciones autónomas regionales.

76.5.2. Promover, participar y ejecutar programas y políticas para mantener el ambiente sano.

76.5.3. Coordinar y dirigir, con la asesoría de las Corporaciones Autónomas Regionales, las actividades permanentes de control y vigilancia ambientales, que se realicen en el territorio del municipio.

76.5.7. Prestar el servicio de asistencia técnica y realizar transferencia de tecnología en lo relacionado con la defensa del medio ambiente y la protección de los recursos naturales.”

Es por ello, que los municipios de Tunja, Cómbita, Oicatá, Motavita y Soracá deben vincularse a estos proyectos en calidad de entidades cofinanciadoras.

SERAQA E.S.P., como empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado para la ciudad de Tunja, debe garantizar la recuperación de las aguas subterráneas, equilibrando los volúmenes extraídos con los producidos, a través de la cofinanciación de los proyectos aquí presentados, facultada por la ley

142/94 y además, deberá asumir la cancelación a la autoridad ambiental de la tasa retributiva por al explotación de las aguas subterráneas.

SERVIGENERALES E.S.P., al igual que en caso anterior, por tratarse de una empresa de servicios públicos, bajo la orientación de la ley 142/94, deberá destinar un porcentaje de sus ingresos a la cofinanciación de proyectos que mitiguen el impacto ambiental generado por la disposición final de residuos sólidos.

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ: Al igual que los municipios, el departamento también está facultado por la ley 715/01 para invertir recursos en la recuperación o conservación de los recursos naturales, así como a la destinación de recursos propios dirigidos al mismo objetivo.

GOBIERNO NACIONAL, El Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo es, entre otras instituciones, la abanderada y obligada a asumir la cofinanciación de estos proyectos, mediante la asignación de recursos del orden nacional dentro de sus presupuestos de inversiones.

INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE NIVEL SUPERIOR, La ley 30/92, como rectora de la actividad universitaria en Colombia, establece como prioridad el fomento de la investigación y la extensión como actividades complementarias a la docencia, por lo cual estas instituciones deben ir avanzando en la realización de procesos investigativos dirigidos a solucionar problemas reales de su entorno, gracias al capital humano del cual disponen. Por ello, la posibilidad de suscribir convenios de cooperación con dichas instituciones es una alternativa de acceder a recursos técnicos y humanos.

ORGANISMOS INTERNACIONALES, La cooperación internacional ha sido una opción muy poco utilizada para la búsqueda de recursos dirigidos a la



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



cofinanciación de este tipo de proyectos, por lo cual resulta necesario que se formulen acordes con las exigencias de tales organizaciones y se utilicen los mecanismos legales vigentes para poder acceder a estos recursos externos.

7. MECANISMOS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACION DEL PLAN

Para realizar el seguimiento y evaluación de todo el plan, las organizaciones deben contar con un sistema de seguimiento y evaluación, ágil y dimensionado en concordancia con el tamaño y complejidad de los programas, proyectos y actividades que encaran.

En la búsqueda del desarrollo socioambiental, las organizaciones tienen que implementar un sentido de planeación cada vez más entronizado en los planes y proyectos, preocupándose cada vez más por los grados de eficiencia y eficacia de sus estrategias y procesos.

El Sistema de Seguimiento y Evaluación se concibe como una estrategia de toda organización, que permite conocer la marcha de un proyecto, valorar el cumplimiento de los objetivos propuestos, proporcionar la información suficiente y oportuna para la toma de decisiones, mejorando la marcha del proyecto y sistematizando las experiencias propias del mismo.

El punto central de la evaluación de un plan es valorar y evaluar estrategias, procesos, avances, logros (parciales y finales) de los programas, proyectos y actividades adelantados por las organizaciones.

Para poder valorar y evaluar tanto los avances como los logros de un plan es necesario incorporar al sistema de seguimiento y evaluación, en forma precisa y concreta, un conjunto de **Indicadores**, entendidos como los criterios para valorar y evaluar el comportamiento y dinámica de las variables, es decir las características, componentes y elementos que caracterizan los objetivos de un proyecto.

Conceptualmente la construcción de indicadores para el sistema de seguimiento y evaluación, se ha trabajado siguiendo tres pautas, referidos a los momentos de los proyectos, donde los indicadores comparten, como parámetros puntuales, valores diferentes; en la situación sin proyecto adquieren su “status”, en el desarrollo del cronograma están referidos como “metas” y al finalizar el proyecto, se toman ya como “logros” para la evaluación final.

El indicador es una visión de la realidad que se pretende transformar con el proyecto. Permiten valorar las modificaciones (variaciones, dinámicas) de las características de la unidad de análisis establecida, es decir de los objetivos institucionales, programáticos y de proyecto. En la práctica son los indicadores los que le permiten a las organizaciones evaluar las estrategias, procesos y logros de la acción institucional adelantada por la organización y sus programas adelantados.

Los indicadores no deben ser utilizados como quien ejerce una dictadura de la técnica y el dato, todo lo contrario, deben estar inscritos dentro de una propuesta investigativa más amplia, inspirada en la concepción del mejoramiento continuo y la búsqueda de la excelencia de los procesos.

- Construcción de indicadores

En la determinación de los indicadores del Programa 1, (que está relacionado con aspectos técnicos de los pozos y de los acuíferos), entran en juego cálculo de recursos, parámetros hidráulicos, producción del acuífero y de los pozos, etc. y por lo tanto, buena parte de los indicadores son de naturaleza cuantitativa.

En la elaboración del componente socioeconómico, se determinaron como unidades de análisis, colectivos, considerados altamente representativos de las actividades socioeconómicas, con una incidencia fuerte en la conservación y

protección del acuífero de Tunja, (productores, prestadores de servicios, administraciones municipales, educación, comunidades de base, organizaciones ambientales, policía nacional, grupos religiosos), de los municipios de Tunja, Oicatá, Soracá y Combita y especificando los puntos de explotación del acuífero y las veredas donde se localiza la zona de recarga del mismo.

Con base en los objetivos planteados, se consideraron las siguientes variables:

- Mejorar la capacidad de intervención de las instituciones, encargadas de gestionar, proteger y conservar el recurso hídrico, a nivel local y regional, tanto publicas como privadas.
- Ecosistemas estratégicos.
- Redes interinstitucionales e intersectoriales.
- Participación ciudadana.
- Educación ambiental.

Los indicadores para analizar cada una de las variables, se construyeron a partir de un ejercicio metodológico, determinando como primer paso los indicadores que permitieran medir las variables, y posteriormente definiendo:

Nombre: Expresión verbal precisa y concreta del patrón de evaluación, con el cual se personifica y singulariza el indicador respectivo.

Atributo: Cualidad o calidad del indicador establecido. Ej.: región, genero, nivel de escolaridad.

Unidad de medida: Esta cualidad determina en que medida se formula el indicador.

Unidad operacional: Forma de calcular o expresión matemática del indicador. Ej.: pesos, numero, habitantes, metros, hectáreas, porcentaje, grado, entre otros.

De acuerdo a los requerimientos y necesidades de Corpoboyacá, planteados durante la formulación del plan, los indicadores se ajustaron a dos tipos:

- De Gestión ambiental: Que permitieran medir procesos, actividades, recursos humanos, físicos, financieros y tiempo, realizados por la sociedad (bajo el liderazgo de las instituciones locales y regionales) encaminados conservar, mejorar, recuperar, proteger, utilizar, ocupar racionalmente los recursos naturales y un territorio.
- De Seguimiento: Que permitan medir el desarrollo del plan, proyectos y subproyectos, definir responsables, evaluar y detectar fallas y hacer ajustes a la programación, a través del control y monitoreo al cumplimiento de lo administrativo, de actividades, de tareas, de metas intermedias, adelantos, avances, progresos.

En las Tablas 7.1, 7.2, y 7.3, se presentan los indicadores para cada uno de los programas. El Programa 1, permite identificar indicadores cuantitativos, por lo cual la Tabla 7.1 tiene una presentación diferente, a las de los de los Programas 2 y 3, en donde la mayoría de los indicadores son de naturaleza cualitativa.

Tabla 7.1. Indicadores. Programa 1. Gestión de aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja.

METAS	Actividades	Mecanismo de seguimiento	Entidad a cargo	Plazo de ejecución	Mecanismo de verificación. INDICADORES	Horizonte de ejecución
1. Identificar, explorar y evaluar nuevas formaciones productoras de agua subterránea.	1. Exploración de nuevas fuentes de agua subterránea aplicando métodos geológicos, geofísicos, hidrológicos, técnicas hidroquímicas e isotópicas. Muestreo y datación de aguas subterráneas.	Solicitud Obtención y Disponibilidad del informe técnico de exploración y evaluación. Revisión mensual de monitoreo de todos los parámetros requeridos	SERAQUA CORPOBOYACÁ (verificación)	Tres meses (mes 1 a 3)	Verificación de: a. Nuevos acuíferos b. Nuevas áreas c. Reservas – m ³ d. Recarga – m ³ /año e. Índice de escasez (%)	Septiembre 30/2007
2. Desarrollar una herramienta de evaluación, manejo y gestión del acuífero	2. a. Ejecución de pruebas de bombeo con pozos de observación (en los	Solicitud de ejecución de un mínimo de 3 pruebas de bombeo.	SERAQUA CORPOBOYACÁ	Tres meses (mes 2 a 4)	Verificación de: a. Perforación de dos pozos de observación y monitoreo de las	Marzo/30/2008

actualmente bajo producción (v.gr. modelo matemático computacional)	acuíferos actualmente explotados). Sellamiento de pozos.	Revisión mensual de monitoreo y avance de la programación.			tres pruebas de bombeo b. Ejecución de tres pruebas de bombeo. c- número de pozos sellados.	
	b. Procesamiento de datos hidrogeológicos históricos.	Solicitud y supervisión de la contratación, y monitoreo de parámetros requeridos, Ejecución y obtención del estudio para desarrollo y calibración del modelo.	SERAQUA CORPOBOYACÁ	Siete meses (mes 3 a 7)	Verificación de: a. Parámetros hidráulicos de entrada (NE m) para el modelo. b. Parámetros hidráulicos (constantes del acuífero) para calibración del modelo. K (m/día) (T y S)	Feb. 28/2008
	c. Desarrollo de herramienta de gestión	Solicitud y supervisión de la contratación,	SERAQUA CORPOBOYACÁ	Siete meses (mes 3 a 7)	Verificación de: - Cálculo de reservas (m ³)	Feb 28/2008



	(discretización, calibración)	ejecución y obtención del estudio para desarrollo y calibración del modelo.			- Cálculo de recarga (m ³ / año) - Obtención de pronósticos confiables.	
--	----------------------------------	--	--	--	---	--



Es importante enfatizar en que el proyecto denominado “Gestión de aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja” debe ejecutarse lo antes posible, ya que la sobreexplotación del acuífero puede generar daños irreparables a los niveles acuíferos y a los pozos, y estos riesgos se incrementan cada vez más, en la medida en que no se tomen las acciones preventivas del caso. Por esta razón se recomienda que el Programa 1 sea ejecutado con urgencia, a partir del año 2007.

Tabla 7.2. Indicadores del programa 2. Fortalecimiento de la acción institucional y de la relación con la comunidad en la zona de recarga del acuífero de Tunja.

INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL	INDICADORES DE SEGUIMIENTO
Acto administrativo realizado, donde se identifique y reconozca la zona de recarga del acuífero, como área de protección.	Construcción documento y acuerdos logrados.
No. de convenios de cooperación realizados.	Recursos asignados/recursos ejecutados.
No. de fuentes de financiación identificadas.	Costo/Beneficio.
Asignación presupuestal de los municipios para compra de terrenos	No. de estudios realizados.
	Porcentaje de área adquirida por entes territoriales de la zona de recarga del acuífero.
Cartografía con la identificación vocación productiva de la zona de recarga del acuífero.	Grado de implementación en las comunidades sobre el uso adecuado de este territorio.
No. de planes de gestión social de empresas como Servigenerales, SerA.Q.A. y productores, concertados con las comunidades.	Fomentar la responsabilidad social de las empresas con los recursos hídricos y con las comunidades que viven cerca de su accionar, en la formulación y ejecución de políticas sociales.
No. canales de comunicación entre empresas y comunidades.	
No. Jornadas de socialización de resultados de las empresas a las comunidades	
No. de veedores y funcionarios públicos capacitados en gestión ambiental.	Hacer más efectiva y consciente las competencias de los veedores.
Puntos de vista de las minorías escuchados y atendidos.	

Reuniones oportunas y bien realizadas.	
Numero de jóvenes y mujeres inscritos en instancia de participación como JAC, consejos de planeación, veedurías, clubes juveniles, entre otros.	Mejorar la calidad de la participación, que implique mayor nivel de conciencia en los ciudadanos.
Estrategias, planes, programas, proyectos locales y regionales con perspectiva de género.	
No. de espacios de participación que funcionan en los Municipios.	
No. De proyectos/iniciativas formuladas y presentadas por grupos de participación comunitaria.	Generación de una actitud de confianza y solidaridad en las comunidades sobre las posibilidades de transformar realidades hacia unas más satisfactorias, a través del trabajo con las comunidades.
No. De capacitaciones realizadas sobre mecanismos de participación comunitaria.	
Atención oportuna en los trámites misionales.	Simplificación en los procedimientos administrativos que faciliten la gestión de usuarios.
	Tiempo para la atención oportuna en los requerimientos.
	Canales de comunicación implementados entre CORPOBOYACÁ y las comunidades.
No. De Eventos realizados donde se da a conocer la normatividad ambiental	No. De denuncias realizadas/No. De denuncias atendidas
No. Grupos poblacionales que conocen de legislación ambiental.	
No. Publicaciones realizadas sobre legislación ambiental.	
Conformación de comité/consejo con representación amplia de sectores que faciliten la vigilancia en el cumplimiento del Plan de Manejo y Protección del Acuífero de Tunja.	No. redes y/o alianzas ambientales conformadas.
	No. de convocatorias y reuniones de capacitación realizadas con diferentes instituciones.
	Plan de trabajo definido con responsabilidades, socialización resultados, seguimiento y evaluación.
	Legalización mediante acto administrativo
	Diseño de sistema de vigilancia sobre el estado de los recursos hídricos a nivel municipal y/o regional.
Grado de cumplimiento normatividad de POT/EOT/POMCA.	No. de denuncias realizadas/numero de denuncias atendidas.
No. de minas que terminada su explotación, inician plan de recuperación	
No. de plantas de tratamiento de aguas residuales funcionando en cada uno de los municipios de recarga del acuífero.	Numero de viviendas conectadas a sistemas de alcantarillado en los municipios de zona de recarga del acuífero

Disposición adecuada de residuos sólidos en los municipios donde se realiza la zona de recarga del acuífero.	Aumento de la calidad en los métodos de manejo de residuos sólidos de las familias ubicadas en la zona de recarga del acuífero.
	Inclusión de la participación comunitaria en el manejo integral de residuos sólidos.
Diseño del monitoreo que mide el avance en la implementación del plan.	No. De audiencias publicas realizadas al año, para rendir cuentas a la ciudadanía, sobre el grado de avance en el plan.
Conformación de consejo/comité/veeduría ciudadana, encargada del vigilar el cumplimiento del plan.	Numero de visitas/inspecciones a empresas para evaluar el manejo que hacen a los recursos hídricos.
	Grado de autonomía, alcanzada por el consejo/comité/veeduría del plan.
	Grado de habilidad para reconocer y evaluar riesgos, alcanzada por el consejo/comité/veeduría del plan.
	Sentido para identificar y resolver problemas en grupo, alcanzado por el consejo/comité/veeduría del plan.

FUENTE: Equipo consultor

Tabla 7.3. Indicadores del programa 3 .Implementación de una estrategia de educación y comunicación encaminada a la protección del acuífero de Tunja

INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL	INDICADORES DE SEGUIMIENTO
No. de productores/JAAC que implementan tecnologías limpias.	No. Productores y JAAC que se inscriben en el proceso de educación/No. Productores y JAAC que culminan el proceso.
No. De productores /JAAC que implementan mecanismos de protección y conservación en los ecosistemas.	
No. De productores que reciclan y/o reutilizan agua para otras actividades productivas.	Recursos gestionados /Recursos invertidos para apoyar iniciativas.
No. de entidades acreditadas como amigas del agua.	No. Entidades que se inscriben a participar, porque poseen un(os) mecanismo(s) de uso eficiente del recurso hídrico.
No. De JAC en cuyos reglamentos incorporan medidas para controlar y medir el consumo de agua.	No. de JAAC capacitados.
Reducción del consumo habitual de agua de los productores en 1%, debido al uso eficiente.	No. De productores capacitados.
No. De JAAC/empresas de servicios públicos municipales en cuyos reglamentos incorporan medidas para aumentar la calidad del agua para los usuarios.	No. Ciudadanos que conocen la reglamentación ambiental sobre derechos y deberes en el consumo de agua con calidad.
	No. Organismos públicos que respaldan ciudadanos en medidas de control para

	aumentar el consumo de agua con calidad.
Acompañamiento de Corpoboyacá a las instituciones educativas para formular y/o actualizar su PRAES.	No. de docentes /estudiantes/instituciones capacitadas.
Instituciones reconocidas por tener PRAES eficientes, por parte de Corpoboyacá y Secretarías de Educación Municipal	No. de PRAES formulados/No. Actividades realizadas.
	No. De niños/as/jóvenes organizados en grupos ecológicos a nivel municipal.
Recursos destinados por la empresa SERAQA para la protección y conservación del acuífero de Tunja.	No de programas de educación ambiental/ que incluyen el componente de aguas subterráneas.
	No. De grupos poblacionales que acceden a la formación ambiental que brinda SERAQA.
Los municipios incorporan en su planeación, medidas tendientes a proteger y conservar recursos hídricos subterráneos.	No. de diplomados/cursos/especializaciones sobre manejo integral recurso hídrico-aguas subterráneas.
	No. De profesionales formados
Implementación de proyectos de protección y conservación del acuífero, basados en estudios de investigación.	Porcentaje de asignación de recursos para investigación en las diferentes entidades de educación superior, entes gubernamentales y Ong's, entre otras.
	No. de convocatorias para participar en proyectos de investigación y difusión de conocimientos.
	No. De trabajos de investigación de las universidades, promovidos sobre recursos hídricos subterráneos/anualmente.
Generación de cambios de actitud frente a la situación ambiental del acuífero.	No. De folletos, videos, programas radiales, televisivos, afiches, cartillas, multimedia elaborados/emitidos/entregados a diferentes grupos poblacionales.

FUENTE: Equipo consultor



ANEXOS



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



ANEXO 1

ANEXO 1

- Anexo 1.1 Columna estratigráfica generalizada.
- Anexo 1.2 Columna estratigráfica detallada. Formación cacho.
- Anexo 1.3 Mapa Geológico.
- Anexo 1.4 Cortes geológicos.
- Anexo 1.5 Columna estratigráfica detallada. Cantera arena.
- Anexo 1.6 Columna estratigráfica detallada. Cantera arena.
- Anexo 1.7 Columna estratigráfica pozo San Francisco
- Anexo 1.8 Columna estratigráfica pozo La Florida I
- Anexo 1.9 Columna estratigráfica pozo Hospital San Rafael.
- Anexo 1.10. Columna estratigráfica pozo Universidad Santo Tomás.
- Anexo 1.11 Columna estratigráfica pozo Cooservicios.
- Anexo 1.12 Columna estratigráfica pozo Silvino Rodríguez.
- Anexo 1.13 Columna estratigráfica pozo El estadio.
- Anexo 1.14 Columna estratigráfica pozo Runta.
- Anexo 1.15 Columna estratigráfica pozo San Antonio.
- Anexo 1.16 Columna estratigráfica pozo La Fuente.
- Anexo 1.17 Columna estratigráfica pozo U.P.T.C.
- Anexo 1.18 Columna estratigráfica pozo La Florida.
- Anexo 1.19 Columna estratigráfica pozo Pensilvania.
- Anexo 1.20 Columna estratigráfica pozo Caminos Vecinales.
- Anexo 1.21 Columna estratigráfica pozo Batallón Bolívar.
- Anexo 1.22 Columna estratigráfica pozo Los Muiscas.
- Anexo 1.23 Correlación columnas estratigráficas pozos Runta, Cooservicios II y Silvino Rodríguez.
- Anexo 1.24 Correlación columnas estratigráficas pozos Florida II, San Antonio, Caminos Vecinales y Batallón Bolívar.
- Anexo 1.25 Correlación columnas estratigráficas pozos Pensilvania, Florida I y hospital San Rafael.



Anexo 1.26 Correlación columnas estratigráficas pozos Pensilvania, San Francisco, Cooservicios y Silvino Rodríguez.



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



ANEXO 2



ANEXO 2 PLANOS

Plano 2.1. Localización

Plano 2.2. Estaciones hidroclimatológicas

Pozos de explotación

Subcuencas del estudio

Zona de recarga

Plano 2.3. Isoyetas de precipitación total mensual

Isoyetas de precipitación total anual



ANEXO 2A CUADRO - MEMORIAS DE CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO

Series mensuales de precipitación por subcuenca

Series mensuales de caudales naturales por subcuenca

Serie mensual de caudal medido en la estación San Rafael

Serie mensual de caudal externo estimado

Serie mensual de infiltración por subcuenca

Serie mensual de recarga



ANEXO 2B CUADRO - MEMORIAS DE CÁLCULO DE CAUDALES EXTERNOS

Series mensuales de explotación de pozos

Series mensuales de consumo de teatinos

Series mensuales de consumo de Cortaderal

Población estimada por año

Población datos del Dane y Seraqa

Volúmenes estimados de caudales externos totales



ANEXO 2C INFORMACIÓN HIDROCLIMÁTICO



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



ANEXO 3



ANEXO 3

Anexo 3.1. Secciones Hidrogeológicas - Figura 1.

Anexo 3.2. Mapa Hidrogeológico.



ANEXO 4

ANEXO 4.2.

Modelo encuesta productores agropecuarios

I. AGRICULTOR

1. Nombre: _____
2. Formación: Primaria__ Secundaria__ Universitarios__
3. Edad _____

II. FINCA

1. Superficie total _____
2. Fertilidad: No de cargas de papa producidas por carga sembrada _____

III. TENENCIA

1. Propia __; arrendamiento _____:

IV. TIERRAS TRABAJADAS Y CULTIVOS

1. Aumenta o disminuye la extensión cultivada en los últimos años. _____
2. Tierras dedicadas a prados _____
3. ¿Se practica la ganadería asociada a la agricultura? Si __ No__
4. Clase de cultivos _____
5. ¿Monocultivo o policultivo? _____
6. ¿Cómo se produce?

Arado _____

Abonado _____

Practicas culturales _____

7. Tipo de productos aplicados en las labores agrícolas:

Pesticidas: Nombre _____ Dosis _____, Nombre _____ Dosis _____,

Nombre _____ Dosis _____, Nombre _____ Dosis _____.

Abonos químicos: Nombre _____ Dosis _____, Nombre _____ Dosis _____,

Nombre _____ Dosis _____, Nombre _____ Dosis _____, Nombre _____ Dosis _____

V. EL RIEGO

1. Utiliza riego? _____

VI. MAQUINARIA

UTILIZA MAQUINARIA AGRÍCOLA? _____ CUAL _____



CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA



ANEXO 5



ANEXO 5.1

Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero
Municipio de Oicatá

GRUPO	QUE HACEN	COMO LO HACEN (Procedimientos y técnicas)	POR QUE LO HACEN	RECURSOS NATURALES USADOS	ACTORES BENEFICIADOS	ACTORES AFECTADOS	FUENTE Y RELACIONES DE PODER (Fortalezas)	ÁMBITO DE ACCIÓN Sector, Lugar
Administración municipal, Salud, Educación, Policía Nacional, Servigenerales	Diagnósticos, DOFA, determinar metas, Planeación, control y seguimiento, evaluación, retroalimentación, liderar, propender por el desarrollo y mejoramiento del nivel de vida de la comunidad.	Tratando de involucrar a los diferentes sectores. Tratando de enfocar los diferentes sectores en una misma dirección. Trabajando con mentalidad y actuación en pro de mejoramiento continuo de la calidad de los servicios.	Ética. Responsabilidad. Compromiso. Vocación de servicio. Gusto.	Recursos del medio como la vegetación, el agua, viento, la tierra. Manejo de la problemática generada por las variaciones climáticas.	Comunidad	Los que no quieren cambiar de mentalidad de culturas ancestrales. Las personas que por sesgo quedan excluidas de algunos beneficios. Los que infringen la ley. Los que no comparten ideologías.	Formación profesional. Experiencia. Normatividad vigente. Sentido de pertenencia. Patrimonio cultural.	A nivel municipal. Interactuando con otros sectores externos: Planeación Nacional, Gobierno Departamental y Nacional.
Personería, Comedurías, Juntas de Acción Comunal.	Protección del interés general	A través de la participación comunitaria, generando proyectos dirigidos a la administración municipal.	Por mejorar la calidad de vida de nuestra comunidad y porque es un deber encomendado.	En el desempeño de nuestra función social no aplicamos recursos naturales	Nuestra comunidad en general.	Los servidores públicos que no cumplen con su función y algunos miembros de la comunidad.	El liderazgo y la credibilidad que hemos ganado en el ejercicio de nuestra función.	Dentro del municipio de Oicatá en general.
Comuneros, Agricultores, Productores agropecuarios.	Trabajar, producir, comercializar productos agrícolas y pecuarios para sostenimiento diario y mejor vivir de nosotros y de la comunidad en general.	Se trabaja mecanizadamente, se usan agroquímicos. En la parte pecuaria se trabaja tradicionalmente. Se carece de agua para riego y tecnificación.	Por que dependemos económicamente de estas actividades y por tradición. Para brindar oportunidad de empleo.	Agua (lluvias). Suelo. Vegetación (abonos orgánicos). Animales para trabajo. Mano de obra. Semillas.	Nosotros mismos. Familia. Comunidad. Empresas, industrias. Mercados intermediarios y directos. Centros de acopio y ciudades principales. Comercio.	Importadores de los productos que se producen. Vecinos. Consumidores. Otros productores.	Dar la seguridad alimentaria. Darles beneficios a los demás. Poder de conocimiento y experiencia. Desarrollo económico.	Poravita Forantiva Centro Todos l municipio.



GRUPO	PROBLEMAS AMBIENTALES	CAUSAS	EFFECTOS ECOLÓGICOS	HECHOS SOCIALES	DESDE CUANDO PERIODO/FRECUENCIA
Administración Municipal Salud. Educación Policía Nacional Servigenerales	Recolección y disposición de desechos. Agua contaminada. Contaminación del aire. Proliferación de zancudos. Erosión. Uso de químicos.	Agentes externos ajenos a nuestra responsabilidad. Falta de educación ambiental. Falta de interés por renovar y cuidar recursos naturales.	Afectación de la salud pública. Degradación del suelo. Deterioro del paisaje. Proliferación de insectos. Extinción de especies nativas.	El nivel de la calidad de vida disminuye. Migración. Tierras improductivas. Ruptura del núcleo familiar. Aumento del riesgo de desastres.	Ha sido un problema que empezó hace mucho tiempo y ha venido creciendo a medida que aumenta la población de Tunja. Todo el año.
Personería Veedurías Juntas de Acción Comunal	Centro: contaminación por olores por el relleno sanitario y afluencia de insectos. Poravita: Contaminación por el Río Chulo y por el humo de los chircales, deforestación. Guintiva: deforestación. Forantiva: deforestación y erosión. En general existen fuentes hídricas contaminadas.	Centro: relleno sanitario muy cercano. Poravita: Río Chulo y los chircales. Guintiva: Tala indiscriminada por ignorancia del hombre. Forantiva: Tala indiscriminada, falta de reforestación, manejo de suelos. En general falta de acuíferos puros.	Centro: enfermedades respiratorias y dermatológicas, impureza el aire. Poravita: enfermedades respiratorias y dermatológicas, productos agrícolas contaminados. Guintiva: Falta de agua, suelos erosionados. Forantiva: Erosión.	Enfermedades. Emigración de la comunidad. Pobreza. Falta de interés por el trabajo agrícola.	Desde la construcción del relleno sanitario, aproximadamente 12 años. Desde que Tunja contamina el Río Jordán (Chulo). Desde la construcción de chircales sin técnicas. Desde que el hombre sintió la necesidad de acabar con los árboles.
Umata Productores agropecuarios.	Contaminación del aire, agua, suelo. Deterioro de suelos y vegetación. Emigración de la fauna.	Pobreza. Falta de conocimiento. Falta de recursos (experiencia) para evitar. No se puede evitar.	Perdida de fertilidad. Inundaciones. Erosión. Perdida de especies animales y vegetales. Cambios climáticos. Menos agua (no hay aljibes). Contaminación del agua.	Se presentan nuevas enfermedades. Emigración de poblaciones. Cambios de estilo de vida.	Desde que hacemos uso del suelo. Constante. Desde que aparece la nueva tecnología de agroquímicos.

Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja
Municipio de Oicatá

ACTORES	PROBLEMAS AMBIENTALES DEL ACUÍFERO	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	PRIORIZACIÓN	VIABILIDAD	CORRESPONSABLES
SERVIGENERALES	Relleno sanitario	Compra de terrenos aledaños al relleno, al igual que estudio de valorización...	No realizaron este ejercicio.	No realizaron este ejercicio.	SERVIGENERALES ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL COMUNIDADES VEREDA PORAVITA
		Siembra de barreras vivas (anillo), con especies aromáticas que controlen la expansión de olores.			
		Gestión de un plan social concertado por parte de Servigenerales, como compensación ambiental.			
		Fumigación para el control de moscos.			
		Arreglo vía circundante al relleno.			
		Conformación comité para realizar visita técnica al relleno, por parte de representantes de la comunidad-CORPOBOYACÁ-SERVIGENERALES-ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL, en las de la noche, para supervisar llegada de caros recolectores, ya que a esa hora se presentan las oleadas de olores mas fuertes.			

Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja
Municipio de Oicatá

ACTORES	PROBLEMAS AMBIENTALES DEL ACUÍFERO	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	PRIORIZACIÓN	VIABILIDAD	CORRESPONSABLES
Umata, productores agropecuarios.	Erosión y deterioro de los suelos.	Manejar las líneas de nivel para la escorrentía.			CORPOBOYACÁ MUNICIPIO MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE INCENTIVOS DEL GOBIERNO NACIONAL UMATA COMUNIDAD PROPIETARIOS DE TERRENOS JUNTAS DE ACCIÓN COMUNAL CENTROS EDUCATIVOS PROPIETARIOS DE TERRENOS SERVIGENERALES HIDROELÉCTRICAS TERMOELÉCTRICAS CHIRCALES
		Uso de equipos adecuados y tecnología.			
		Reforestar.			
		Siembra de árboles. (Tener en cuenta especies nativas y no árboles que aceleren la erosión).	60 puntos.	Verde	
		Controlar la deforestación.			
		Disminuir la fumigación con químicos.	40 puntos.	Rojo.	
		Rotación de cultivos.	30 puntos.	Verde.	
Personería, Veedurías, Juntas de Acción Comunal.	Riego con aguas negras.	Solicitud de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales.	50 puntos.	Amarillo.	ALCALDÍA CORPOBOYACÁ COMUNIDAD
		Normatividad.			
		Prevenir la contaminación.			
		Sensibilización.	40 puntos.	Rojo	
Administración municipal, Salud, Educación, Policía Nacional.	Deforestación y pérdida de fauna y vegetación nativa.	Solicitar capacitación para la siembra de especies nativas y el obsequio de estas.	30 puntos.	Verde.	SERVIGENERALES UMATA CONCEJO MUNICIPAL POLICÍA AMBIENTAL
		Poner en conocimiento de las autoridades la tala indiscriminada de árboles.	30 puntos.	Amarillo.	
		Concientizar a la población de la importancia de la fauna nativa para la preservación del ecosistema.	40 puntos.	Verde.	
Todos los participantes.	Contaminación del agua.	Creación de pozos sépticos.	10 puntos.	Verde.	CORPOBOYACÁ ALCALDÍAS UMATA COMUNIDAD
		No pastorear animales cerca de las fuentes de agua potable.	10 puntos.	Amarillo.	
		No utilizar fungicidas.	20 puntos.	Verde.	

Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero
Municipio de Cómbita

GRUPO	QUE HACEN	COMO LO HACEN (Procedimientos y técnicas)	POR QUE LO HACEN	RECURSOS NATURALES USADOS	ACTORES BENEFICIADOS	ACTORES AFECTADOS	FUENTE Y RELACIONES DE PODER (Fortalezas)	ÁMBITO DE ACCIÓN Sector, Lugar
Explotación de minerales: carbón, arena, recebo.	Explotación de minerales.	Areneras: manual. Receberas: Mecanizadas. Carbón: manual.	Supervivencia. Tradición. Generación de empleo. Oferta y demanda.	Arena, recebo, carbón, agua.	Sector de la construcción. Los empleados. Los propietarios. Sector transporte. Estado: impuestos, regalías.	Vecinos. Ruido de los vehículos. Salud de los trabajadores.	Generadores de empleo. Experiencia. Rentabilidad. Mercado.	Veredas San Rafael, La Concepción, San Onofre.
Productores agropecuarios	Producción de alimentos	Cultivos tradicionales con escasa tecnología. Papa: componen la tierra: arada, rastrillo. Semilla: propia. Desinfección: Vitabas. Clases: pastusa, ICA única, Carriza, Riz. Labores culturales: Siembra: fertilización con calfos, 15-15-15 y 13-26-6. Deshierbe: manual. Aporcado. Fumigadas: aproximadamente 8 en el ciclo. Arveja: Siembra: semilla desinfectada, variedad Santa Isabel, abono orgánico, labores	Tradición. Es el trabajo que saben desarrollar y no se tiene otra forma de empleo. Por experiencia dentro de este campo.	Agua, suelos, pastos, abonos orgánicos, madera, ladrillo, arena, cemento, gravilla (porquerizas). Microorganismos. Macroorganismos.	La comunidad en general.	Consumidores y productores.	Sacar al mercado productos de excelente calidad. Contar con recursos como tierra y experiencia. Ofrecer empleo. Seguridad alimentaria.	Veredas Concepción, San Onofre.



		<p>culturales.</p> <p>Haba: Siembra rustica, abono orgánico.</p> <p>Maíz: Rotación de cultivo después de la papa, siembra con abono orgánico, deshierbe, dos fumigadas, aporte, recolección. Variedad Duro y Blanco.</p> <p>Ganadería: Bovinos: Normando cruzado, Holstein. Manejo de estacas. Ovinos: Manejan con estacas. Porcinos: manejo en porquerizas. Aves de corral (gallinas) sueltas.</p>						
Administración Municipal	Trabajar por el desarrollo del municipio con la comunidad.	Participación ciudadana. Proyectos de infraestructura. Asistencia técnica.	Motivos nobles, justos y altruistas. Perspectivas de desarrollo para el municipio.	Todos.	La comunidad.	Comunidad inconforme por las actuaciones de la administración. Inconformidad usuarios de servicios.	Interacción con la comunidad. Servicio a la comunidad. Conocimiento.	Municipio de Combita y otros.
Representantes de la comunidad	Representación a la comunidad en general en cada uno de sus aspectos como agua potable, medio ambiente, educación, salud entre otros.	Organizando la comunidad. Planteamiento de necesidades y posibles soluciones. Elaboración de proyectos y su ejecución.	Por que nos nace. Gusto de servirle a la comunidad.	Medio ambiente. Agua potable. Madera.	La comunidad en general relacionada con proyectos.	A otras personas que no se beneficiaron con los proyectos.	Por liderazgo. Por voluntad. Por capacidad. Por respaldo de la comunidad.	Sector servicios públicos casco urbano. Acueducto Regional del Municipio. Concejo Municipal. Junta de Acción Comunal Vereda la Concepción Sector La Esperanza.



Taller de formulación de acciones de manera participativa y concertada que nutra el plan de manejo y protección del acuífero
Municipio de Cóbbita

GRUPO	QUE SE HA HECHO PARA SU SOLUCIÓN	DE DONDE HAN OBTENIDO APOYO (TÉCNICO/SOCIAL)	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	PRIORIZACIÓN	VIABILIDAD	CORRESPONSABILIDAD
Explotación de minerales (carbón, arena, recebo).	Planes de manejo ambiental.	Corpoboyacá Dirección de Minas Cooperativa Integral de Mineros y Alfareros CIMACON.	Asistencia técnica de Corpoboyacá, SENA, Electrosochagota.	20 puntos	Media	Asistencia técnica de Corpoboyacá, SENA, Electrosochagota, Minas, CIMACON.
			Continuar con la reforestación.	0 puntos	Media	
			Construcción de redes de aguas residuales y construcción de la planta de tratamiento.	20 puntos	Baja	
			Mayor cobertura de arborización a nivel municipal con apoyo de las entidades.	40 puntos	Alta	
Consultores reforma Plan de Ordenamiento territorial	Compra de áreas de protección.	Municipio Gobernación Corpoboyacá	Capacitación e investigación.	10	Alta	Comunidad Planeación Gobierno Personería Concejo
	Reservorios		Recursos monetarios		Baja	
	Pozos profundos.		Formulación y gestión de proyectos.	0	Media	
	Pozos sépticos.		Reglamentación y aplicación de normas.		Alta	
			Planta de tratamiento de aguas residuales y aguas servidas.	60 puntos	Baja	
			Rellenos sanitarios.	30 puntos	Baja	
			Sustitución de técnicas de producción.			
Productores agropecuarios	Reservorios construidos para no utilizar agua de las quebradas.	Apoyo técnico de la UMATA	Compra de terrenos para reforestar	20 puntos	Alta	Municipio Asocombiagro Comunidad Gobiernos nacional y Departamental. Corpoboyacá Ingeominas Universidades y colegios ONGs.
	Reforestación.		Ampliar la cobertura de entrega de plantas.			
	Capacitación en cultivos orgánicos.		El propietario del predio debe recibir-sembrar-cuidar-responder.			
			Presencia de la autoridad ambiental.			
			Incentivos para la reforestación (menos impuestos).	20 puntos	Media	
			Incentivos a la agricultura limpia.	10 puntos	Alta	



			Construcción de pozos sépticos.	20 puntos	Media	
			Construcción de planta para producción de abono orgánico.	30 puntos	Alta	
			Sanciones para las personas que no depositen correctamente las basuras.			
Administración municipal	Todo el municipio cuenta con alcantarillado (parte urbana).	Municipio con recursos propios	Reglamentación y aplicación de normas.			Corpoboyacá Municipio Procuraduría Contraloría Fiscalía
	Ya esta diseñada la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.		Planta de tratamiento de aguas residuales y aguas servidas.			
	Recolección de basuras en el casco urbano.		Relleno sanitario.			
			Mayor cobertura de arborización a nivel municipal con apoyo de las entidades.			
Organizaciones de base	Reservorios construidos para no utilizar agua de las quebradas	Corpoboyacá Municipio Comunidad en general Departamento Nación Universidades SENA ONGs	Presencia de la autoridad ambiental			Corpoboyacá Municipio Comunidad Nación y Departamento Universidades ONGs
	Reforestación por parte del municipio y Corpoboyacá.		Incentivos para la reforestación (menos impuestos)	20 puntos	Media	
			Difusión, publicidad a nivel campesino en revistas y programas de T.V.	20 puntos	Alta	
			Capacitación			



Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero
Municipio de Tunja

GRUPO	COMO LO HACEN (Procedimientos y técnicas)	RECURSOS NATURALES USADOS	ACTORES BENEFICIADOS	ACTORES AFECTADOS	PROBLEMAS AMBIENTALES DEL ACUÍFERO	CAUSAS	EFFECTOS
Explotación de arenas, arcillas y carbón.	Carbón: explotación tradicional. Arenas y arcillas: Explotación con retroexcavadora y mano de obra.	Rocas areniscas Rocas arcillositas Madera Agua Carbón	Sector construcción. Mano de obra Transportadores Estado (regalías) Insumos para maquinaria Carbón para uso industrial.	Medio ambiente. Turismo por afectación del paisaje. Alrededores (vecinos) Población tunjana.	Descargas de residuos al lecho del río. Pérdida de capa vegetal.	Falta de técnicas en la manipulación de aguas. Por escorrentía por la misma exposición minera.	Posible contaminación. Disminución de filtración de aguas. Agotamiento de las minas.
Estaciones de servicio. Venta de combustible. Lavado de vehículos. Cambio de aceites. Engrases.	Los filtros de desecho se llevan como chatarra y demás son llevados por Servigenerales. Lavado de autos: se utilizan sedimentadores y trampas de grasa. Cambios de aceite: el aceite usado se deposita en canecas y se vende llevando un registro de utilidad. Venta de combustible: se maneja con equipos tecnificados.	Agua.	Se presta el servicio a empresas de transporte, vehículos particulares. Para vehículos de manejo agrícola. Para maquinaria industrial. Trabajadores. Impuestos.	Contaminación del aire en el sector urbano. Afecta a los habitantes. Contaminación de suelos y agua.	Las aguas que se extraen del acuífero no se reutilizan en el caso del lavado de vehículos. Hay contaminación en el suelo por desechos industriales y domésticos que afectan el acuífero.	Falta de un tratamiento de agua más eficiente. Detergentes no biodegradables. Falta de conciencia ambiental.	
Prestación de servicios funerarios.	De acuerdo con lo establecido en la licencia ambiental.	Suelo.	La sociedad.	Los alrededores.	Ninguno.	Ninguno.	Ninguno.
Productores agropecuarios y representantes de una comunidad. Ejercer una representación para velar por el conocimiento de los derechos de los ciudadanos que representamos.	Reuniones o asambleas para manifestar inquietudes o problemas de la comunidad. Petición y gestión para hacer llegar estas peticiones a los organismos competentes.	Suelo, agua, flora, fauna, minerales. Humanos: comunidad de productores agrícolas. Socialización.	Productores agropecuarios, ganaderos, mineros, asalariados, comunidad familiar: niños, adultos.	Vecinos, población urbana, comunidad infantil, trabajadores informales.	Aguas residuales y pozos profundos de comunidades La Cabaña y Tras El Alto. Pozos sépticos. Mal manejo de la actividad agrícola. Y pecuaria. Mal manejo minero (Tras del Alto) Arenas en La Cabaña. Afectación pozos profundos terrenos aledaños.	Deficiente prestación de servicios públicos (infraestructura deficiente). Falta de concientización y cultura acerca del buen manejo del medio ambiente. Falta de acompañamiento de la administración	Mala calidad de vida (infecciones y enfermedades). Agotamiento de los recursos no renovables. Mala explotación agrícola y minera. Agotamiento de



<p>Para satisfacer necesidades y resolver problemas.</p>						<p>municipal para el manejo del medio ambiente. Usufructo ilegal de los recursos naturales. Uso intensivo de agroquímicos. Desconocimiento de la normatividad en el manejo del recurso hídrico. Falta de capacitación por parte de las autoridades ambientales.</p>	<p>especies forestales y animales. Erosión y desgaste excesivo de la capa vegetal y subsuelo. Falta de concientización y apropiación de los recursos naturales.</p>
<p>Administración municipal: Planificar, regular y controlar las acciones tendientes al desarrollo del municipio.</p>	<p>Planes, POT, Plan de Desarrollo. Cumplimiento de la normatividad. Visitas: inspecciones de policía-Secretarías. Seguimiento, control y sanción.</p>	<p>Agua, suelo, fauna, flora en pro de la comunidad.</p>	<p>Población tunjana.</p>	<p>Población que no puede explotar económicamente sus predios.</p>	<p>Contaminación por: Explotaciones de actividades agrícolas y minería.</p>	<p>Precolación de químicos. Disminución de área del acuífero.</p>	<p>Contaminación del agua. Disminución en la oferta del agua. Contaminación del medio ambiente: aire, subsuelo, agua.</p>



Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja
Municipio de Tunja

ACTORES	QUE SE HA HECHO PARA SU SOLUCIÓN	DE DONDE HAN OBTENIDO APOYO (TÉCNICO/SOCIAL)	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	PRIORIZACIÓN	VIABILIDAD	CORRESPONSABLES
MINEROS	Capacitación, control por Corpoboyacá para construcción de plantas de tratamiento. Plan de manejo ambiental. Reforestación y mitigación de impactos.	Corpoboyacá Ministerio de minas Policía ambiental	Asesoría en: Formas de explotación. Tramites legales. Aprovechamiento de residuos. Seguridad industrial. Financieros.	Recuperación de la capa vegetal.	Media	Propietarios y entidades gubernamentales.
ESTACIONES DE SERVICIO	Nada se ha puesto en práctica para educar a la comunidad y evitar la contaminación del agua.	No se ha pedido apoyo para el botadero de desechos que se presenta alrededor de la estación.	Hacer campañas como: comunicados, reuniones con la gente del sector, ayuda de Servigenerales para la recolección de desechos. Avisos, pasar informes a todos los talleres del sector. Uso de equipos adecuados y tecnologías.	Evitar el botadero de desechos alrededor de la estación y a lo largo del río de aguas negras, que son causados por los habitantes del barrio Suárez.	Alta	Servigenerales Seraqua Bomberos
ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL	Agricultura: capacitación por medio del área agropecuaria y medioambiente, agricultura orgánica, labranza	Para los cursos de agroquímicos con el SENA y con los profesionales de la alcaldía. Se solicita mayor apoyo de	Explotaciones que atenten contra el medio ambiente., adquirir las áreas de interés hídrico con recursos de la nación, departamento, municipio, Corpoboyacá, Seraqua. Crear una zona de amortiguamiento de la recarga con planeación de la s	Adquirir predios. Área de amortiguamiento a la zona adquirida de la	Alta Media	Gobernación Alcaldía Corpoboyacá SerA.Q.A. Comunidad Empresa privada Universidades



	<p>mínima, campañas y cursos de uso adecuado de agroquímicos.</p> <p>Minería: el municipio considera que la Secretaría de Minas y Corpoboyacá poseen profesionales idóneos para tratar el tema, además son los encargados de dar las respectivas licencias de funcionamiento...</p>	<p>Corpoboyacá para engranar procesos ambientales, no solo es "cerrar" explotaciones sino dar soluciones.</p>	<p>actividades que se puedan realizar sin perjudicar el acuífero por escorrentía. Imponer sanciones a los reincidentes en malas prácticas agrícolas y minerales. Crear veedores por sectores productivos que controlen la práctica de las actividades (si cumplen o no). Mayor educación ambiental didáctica, que sea fácil y divertida de entender para los agricultores y mineros. Visitas conjuntas entre entidades para no solo "castigar" sino concienciar y estimular al cambio ambiental. Cada entidad debe destinar recursos suficientes para mitigar el impacto de los productores agrícolas, mineros, que tienen que cambiar e actividad. Realizar control y vigilancia permanente para evitar que se presenten nuevas explotaciones.</p>	<p>recarga del acuífero con dinero de diferentes entidades. Crear alternativas de producción. Campañas de difusión: educación ambiental.</p>	<p>Alta</p> <p>Alta</p>	<p>Colegios, escuelas. Medios de comunicación Policía ambiental.</p>
<p>PRODUCTORES AGROPECUARIOS</p>	<p>Omisión por parte del municipio, Seraqua y Corpoboyacá para atacar los problemas.</p>	<p>Materiales para un nuevo pozo séptico por parte de la Secretaría de Desarrollo. Árboles de Corpoboyacá hace seis años.</p>	<p>Educar a los vecinos de Ciudad Jardín. Entubar aguas residuales del sector La Cabaña, sector Oriental. Ilustración sobre el uso de agroquímicos. Controlar los criaderos de cerdos con exigencias técnicas. Campañas de fumigación de moscas.</p>	<p>Entubar aguas residuales del sector La Cabaña, parte oriental y noroccidental. Capacitación en el uso de agroquímicos. Control de los criaderos de cerdos. Campañas de fumigación de moscas.</p>	<p>Alta</p> <p>Alta</p> <p>Media</p> <p>Media</p>	<p>Alcaldía de Tunja Secretaría de Desarrollo SerA.Q.A. Corpoboyacá Secretaría de Salud Comunidad Saneamiento Ambiental.</p>



Taller de sensibilización hacia la protección y conservación del acuífero
Municipio de Soracá

GRUPO	QUE HACEN	COMO LO HACEN (Procedimientos y técnicas)	RECURSOS NATURALES USADOS	ACTORES BENEFICIARIOS	ACTORES AFECTADOS	PROBLEMAS AMBIENTALES DEL ACUÍFERO	CAUSAS	EFFECTOS
Administración municipal.	Administrar, reglamentar y vigilar los recursos y actividades en la jurisdicción.	Mediante normas establecidas a través de proyectos, acuerdos, decretos, con apoyo de personal calificado.	Agua, suelo, fauna y flora.	Comunidad.	Agricultores, La industria, Mineros, comerciantes.	Utilización de agroquímicos. Invasión de áreas de protección de quebradas. Tala de bosques. Construcción de sistemas sépticos inadecuados.	Por implementación de nuevas técnicas agropecuarias en busca de mayor producción. Falta de mayor seguimiento y control por parte de la Corpoboyacá y el municipio. Falta de reinversión de los recursos cobrados por contaminación y utilización del medio ambiente.	Contaminación en cantidad y calidad del agua de las minas.
Docentes	Orientar, dirigir, sensibilizar y formar a la comunidad educativa para el cuidado y protección del medio ambiente.	Desarrollo del currículo. (Proyectos de investigación-temática). Charlas con la comunidad educativa.	Huerta demostrativa. Agua. Suelo.	Comunidad del municipio.	Las generaciones que estamos educando.	Falta de información sobre la problemática ambiental. Falta de conciencia. Falta de priorización.	Arraigo cultural que dificulta el cambio de actitud. Cubrimiento de necesidades básicas.	Deterioro ambiental. Problemas de salud. Reducción de recursos.
Productores agropecuarios	Productores agropecuarios, pequeños, medianos y grandes.	Tradicional. Mejorando.	Suelo y agua.	Consumidores. Productores. Trabajadores.	Comunidades locales y entes relacionados.	Contaminación por fertilizantes y pesticidas. Aguas de uso doméstico. No existe conservación de nacedores. Pérdida de aguas lluvias y escorrentía. Divergencia de conceptos si en Soraya existe un Humedal o es encharcamiento.	Desconocimiento de prácticas y consecuencias de malos manejos. Carencia de recursos propios y aportes estatales.	Bajas en la calidad de vida. Enfermedades. Contaminación de aguas y productos.



Taller de formulación de acciones y estrategias de manera participativa y concertada que nutran el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja
Municipio de Soracá

ACTORES	QUE SE HA HECHO PARA SU SOLUCIÓN	DE DONDE HAN OBTENIDO APOYO (TÉCNICO/SOCIAL)	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	PRIORIZACIÓN	VIABILIDAD	CORRESPONSABLES
Administración municipal	Charlas de concientización. Promover la agricultura orgánica. Elevar quejas ante Corpoboyacá. Control administrativo. Puestos de control de la Policía nacional. Mejoramiento de unidades sanitarias. Estudios y proyectos en trámite. Campañas.	U.P.T.C. Universidad Juan de Castellanos. Policía Nacional. Instituciones educativas. Administración Municipal.	Capacitaciones para el uso correcto del recurso hídrico.	1	Alta	ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL CORPOBOYACÁ GOBERNACIÓN PERSONERÍA PROCURADURÍA AGRARIA AMBIENTAL ENTIDADES EDUCATIVAS SENA SERAQUA
			Elaborar proyectos de reforestación, construcción de sistemas sépticos, planta de tratamiento de aguas residuales.	2	Media	
			Proyectar y planear la destilación de los recursos presupuestales.	3	Baja	
Productores agropecuarios.	La Asociación de Acueducto de la Vereda Otro Lado presento un proyecto para compra, cerramiento y reforestación de 40 fanegadas en el área de Chorro Blanco y la Colorada, sin obtener respuesta. Muy poca capacitación del ente municipal a las asociaciones comunales y acueductos.	La Cooperativa COINPAPA ha recibido apoyo del SENA a través de capacitación. La comunidad de la Vereda Otro Lado no ha recibido apoyo. No se ha obtenido apoyo por parte de entidades gubernamentales y municipales.	Recolección de las aguas lluvias obtenidas de las bajantes de los techos a pequeños reservorios.	3	Media	SECTOR EDUCATIVO COMUNIDAD LAS AUTORIDADES.
			La reforestación y conservación de la cuenca se le asigne a las asociaciones de acueductos y veredales.	2	Media	
			Culturizar y capacitar a los usuarios y a las casas comerciales de agroquímicos, responsabilizarlos de los desechos no degradables para que sean recogidos, para reutilizarlos por medio del reciclaje.	1	Alta	
			Proyección de construcción del distrito de riego para Soracá.	3	Media	
Docentes. No participaron del segundo encuentro.						



ANEXO 5.2.

Presupuesto de costos estimados para la ejecución de los programas que conforman el plan de manejo y protección del acuífero de Tunja

Tabla 7.1. Programa 1. Gestión de aguas subterráneas para el abastecimiento del municipio de Tunja.

	h/m	meses	\$/mes	Total \$
I. PERSONAL				
Director	0.5	X 7	5,000,000	17,500,000
Hidrólogo	0.5	X 3	4,600,000	6,900,000
Ingeniero SIG	0.1	X 7	3,500,000	2,450,000
Ingeniero Modelos	0.5	X 7	4,500,000	15,750,000
Hidrólogo Aguas Subterráneas	0.5	X 5	3,500,000	8,750,000
Ingeniero Geólogo - Perforación	1.0	X 3	4,000,000	12,000,000
Ingeniero Ambiental	1.0	X 2	3,000,000	6,000,000
Hidrogeoquímico	0.5	X 2	3,000,000	3,000,000
Especialista Isótopos	0.5	X 2	3,500,000	3,500,000
Auxiliares Ingeniería	1.0	X 6	1,000,000	6,000,000
Ingeniero Agrícola	0.5	X 3	3,500,000	5,250,000
Ingeniero Sistemas	0.2	X 5	3,500,000	3,500,000
Geofísico	1.0	X 2	3,500,000	7,000,000
				97,600,000
Multiplicador 2.3				
TOTAL I =				224,480,000
II. Perforación pozos de observación de 250 m de profundidad				
		2 X	\$150,000,000	300,000,000

TOTAL II =			300,000,000
III. COSTOS DIRECTOS			
Sondeos geofísicos	30 X	\$600,000	18,000,000
Análisis de Isótopos	30 X	\$300,000	9,000,000
Análisis Físico Químicos	10 X	\$300,000	3,000,000
Análisis Bacteriológico	10 X	\$120,000	1,200,000
Análisis Carbono -14	10 X	\$2,000,000	20,000,000
Análisis Tritio	10 X	\$600,000	6,000,000
Vehículo campero	7 meses X	\$3,500,000	24,500,000
Viáticos	300 X	\$150,000	45,000,000
Mapas - impresos			4,000,000
Software			4,500,000
Computador – impresora			5,000,000
			140,200,000
TOTAL III =			140,200,000
COSTO TOTAL DEL PROGRAMA			
TOTAL I			224,480,000
TOTAL II			300,000,000
TOTAL III			140,200,000
GRAN TOTAL			664,680,000

- Tabla 7.2. Programa 2. Fortalecimiento de la acción institucional y de la relación con la comunidad en la zona de influencia del acuífero de Tunja.



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



ACTIVIDAD	Diseño e implementación de estrategias para la consecución de recursos a escala nacional e internacional para garantizar la sostenibilidad financiera del Plan.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		12.800.000
Servicios profesionales	Abogados, economistas especialistas en gestión de proyectos	10.400.000
Servicios no profesionales	Secretaria	2.400.000
GASTOS GENERALES		3.700.000
Transporte	Tunja-Bogotá-Tunja	1.000.000
Papelería y similares		500.000
Alquiler de equipos	Computadores	1.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		1.200.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		2.500.000
IMPREVISTOS		1.000.000
TOTAL		20.000.000

ACTIVIDAD	Realización de estudios de avalúos de terrenos del área de recarga del acuífero.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		172.000.000
Servicios profesionales	Peritos avaluadores, ingenieros catastrales	160.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria, auxiliares	12.000.000
GASTOS GENERALES		27.000.000
Transporte	Tunja-prediso avaluados-Tunja	4.000.000
Papelería y similares		4.500.000
Alquiler de equipos	GPS, metros laser, cámara, ploter	15.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		3.500.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		22.000.000
IMPREVISTOS		10.000.000
TOTAL		231.000.000

ACTIVIDAD	Compra de terrenos en las áreas de alta vulnerabilidad de la zona de recarga del acuífero de Tunja.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		0
Servicios profesionales		0
Servicios no profesionales		0
GASTOS GENERALES		1.426.725.000
Transporte		0
Papelería y similares		0
Alquiler de equipos		0
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		0
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Compra de terrenos (10% de la zona de alta vulnerabilidad) en un área de 167,85 Ha	1.426.725.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		0
IMPREVISTOS		0
TOTAL		1.426.725.000

ACTIVIDAD	Definición de la zona de amortiguamiento de la recarga del acuífero de Tunja, determinando las actividades productivas a desarrollar en ésta área.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		23.000.000
Servicios profesionales	Hidroeólogo o Geólogo, agrónomo	20.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	3.000.000
GASTOS GENERALES		12.700.000
Transporte		2.000.000
Papelería y similares		1.200.000
Alquiler de equipos		5.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		1.500.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Estudios de laboratorio	3.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		5.000.000
IMPREVISTOS		3.000.000
TOTAL		43.700.000

ACTIVIDAD	Mantenimiento y/o ampliación de la cobertura vegetal y recuperación de suelos erosionados.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		34.000.000
Servicios profesionales	Ing. Agrónomo	25.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	9.000.000
GASTOS GENERALES		137.000.000
Transporte	Tunja-área de siembra	15.000.000
Papelería y similares		1.000.000
Alquiler de equipos		0
Otros materiales	Árboles, abonos	120.000.000
Impresos y publicaciones		1.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		20.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		196.000.000

ACTIVIDAD	Elaboración concertada de planes de gestión social de empresas públicas y privadas del área de influencia del acuífero.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		162.000.000
Servicios profesionales	Trabajador Social, Sociólogo, Economista, todos especialistas en formulación de proyectos y en planeación.	150.000.000
Servicios no profesionales	Secretaría y auxiliares	12.000.000
GASTOS GENERALES		42.500.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	12.000.000
Papelería y similares		10.000.000
Alquiler de equipos	Equipos de cómputo, videobeam	8.000.000
Otros materiales		2.000.000
Impresos y publicaciones	Cartillas didácticas	6.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Refrigerios	4.500.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		15.000.000
IMPREVISTOS		7.500.000
TOTAL		227.000.000

ACTIVIDAD	Determinar el estado de las veedurías municipales y/o programáticas, para reorientar su quehacer, capacitándolas en elementos conceptuales y de gestión.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		44.000.000
Servicios profesionales	Abogado, economista, trabajador social	40.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	4.000.000
GASTOS GENERALES		21.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	5.000.000
Papelería y similares		2.500.000
Alquiler de equipos	Equipos de cómputo, videobeam	3.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones	Cartillas didácticas	8.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Refrigerios	2.500.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		8.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		78.000.000

ACTIVIDAD	Promoción y fortalecimiento de la participación ciudadana y el liderazgo, en diferentes grupos poblacionales a través de programas de formación.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		100.000.000
Servicios profesionales	Administrador Público, Sociólogo, Trabajador social	90.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	10.000.000
GASTOS GENERALES		32.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	10.000.000
Papelería y similares		5.000.000
Alquiler de equipos	Equipos de cómputo, videobeam	6.000.000
Otros materiales		2.000.000
Impresos y publicaciones	Cartillas didácticas	5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Refrigerios	4.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		15.000.000
IMPREVISTOS		7.000.000
TOTAL		154.000.000

ACTIVIDAD	Desarrollo de procesos de formulación y gestión de proyectos con participación comunitaria.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		102.000.000
Servicios profesionales	Economista, Sociólogo, Trabajador social	90.000.000
Servicios no profesionales	Secretaría y auxiliares	12.000.000
GASTOS GENERALES		33.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	9.000.000
Papelería y similares		4.000.000
Alquiler de equipos	Equipos de cómputo, videobeam	3.000.000
Otros materiales		2.000.000
Impresos y publicaciones	Cartillas didácticas	5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Publicidad radial y escrita	10.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		15.000.000
IMPREVISTOS		8.000.000
TOTAL		158.000.000

ACTIVIDAD	Conocimiento y apropiación de los ciudadanos de la oficina de Atención al usuario de CORPOBOYACÁ	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		33.000.000
Servicios profesionales	Publicista, Comunicador Social, Psicólogo	30.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	3.000.000
GASTOS GENERALES		93.000.000
Transporte		1.000.000
Papelería y similares		15.000.000
Alquiler de equipos		2.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones	Folletos, plegables	25.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Publicidad radial y escrita, campañas	50.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		15.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		146.000.000



**CONVENIO INTERINSTITUCIONAL 091 CORPOBOYACÁ –
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**



ACTIVIDAD	Difusión y aplicación de la normatividad ambiental existente	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		23.000.000
Servicios profesionales	Abogados, Trabajador Social, Sociólogo	20.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	3.000.000
GASTOS GENERALES		19.000.000
Transporte		3.000.000
Papelería y similares		1.000.000
Alquiler de equipos		0
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones	Folletos, plegables	5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Publicidad radial y escrita, campañas	10.000.000
GASTOS LEGALES		5.000.000
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		5.000.000
IMPREVISTOS		2.000.000
TOTAL		49.000.000

ACTIVIDAD	Conformación de redes y/o alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas, encaminadas a proteger integralmente el recurso hídrico.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		28.000.000
Servicios profesionales	Trabajador Social, Sociólogo, Psicólogo, Economista, Comunicador Social	25.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	3.000.000
GASTOS GENERALES		8.500.000
Transporte		1.000.000
Papelería y similares		1.500.000
Alquiler de equipos	Equipo de cómputo	3.000.000
Otros materiales		1.000.000
Impresos y publicaciones		2.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		4.500.000
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		4.500.000
IMPREVISTOS		3.000.000
TOTAL		44.000.000

ACTIVIDAD	Formulación de planes de recuperación ambiental de minas que han terminado su explotación.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		130.000.000
Servicios profesionales	Geólogo, Ing. Agrónomo, Ing. Ambiental	120.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	10.000.000
GASTOS GENERALES		181.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	10.000.000
Papelería y similares		5.000.000
Alquiler de equipos	Pruebas de laboratorio	15.000.000
Otros materiales	Árboles, abonos químicos y minerales	150.000.000
Impresos y publicaciones		1.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		18.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		334.000.000

ACTIVIDAD	Incentivar denuncias de la comunidad frente a deficientes manejos del recurso hídrico.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		20.000.000
Servicios profesionales	Abogado, Comunicador social, Publicista	20.000.000
Servicios no profesionales		0
GASTOS GENERALES		56.000.000
Transporte		0
Papelería y similares		1.000.000
Alquiler de equipos		0
Otros materiales		5.000.000
Impresos y publicaciones	Afiches, plegables, folletos	20.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Publicidad radial y escrita	30.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		4.000.000
IMPREVISTOS		1.000.000
TOTAL		81.000.000

ACTIVIDAD	Implementación y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales para los municipios ubicados en el área de recarga del acuífero.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		430.000.000
Servicios profesionales	Ing. Civil, Ing. Ambiental, Ing. Mecánico, Arquitecto, Economistas	350.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	80.000.000
GASTOS GENERALES		20.173.000.000
Transporte		8.000.000
Papelería y similares		5.000.000
Alquiler de equipos		50.000.000
Otros materiales		10.000.000
Impresos y publicaciones		0
Adquisición de maquinaria y equipo	Plantas de tratamiento	20.000.000.000
Otros gastos	Estudios adicionales	100.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		800.000.000
IMPREVISTOS		100.000.000
TOTAL		21.503.000.000

ACTIVIDAD	Ampliación de la cobertura de recolección de residuos sólidos hacia el área rural de los municipios que se localizan en la zona de recarga del acuífero.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		330.000.000
Servicios profesionales	Ign. Ambiental, Administrador Público	80.000.000
Servicios no profesionales	Personal de recolección de residuos sólidos	250.000.000
GASTOS GENERALES		1.250.000.000
Transporte	Transporte de residuos sólidos	150.000.000
Papelería y similares		0
Alquiler de equipos		100.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		0
Adquisición de maquinaria y equipo	Compactadores de basuras	800.000.000
Otros gastos	Disposición final de residuos sólidos	200.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		120.000.000
IMPREVISTOS		100.000.000
TOTAL		1.800.000.000

ACTIVIDAD	Implementación de un sistema de seguimiento y evaluación del Plan de manejo y protección del acuífero de Tunja por parte de la Autoridad ambiental	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		170.000.000
Servicios profesionales	Hidrogeólogo, Ing. Civil, Ing. Ambiental, Economista y trabajador Social	150.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	20.000.000
GASTOS GENERALES		42.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	9.000.000
Papelería y similares		3.000.000
Alquiler de equipos	Medición pozos	30.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		0
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		20.000.000
IMPREVISTOS		2.000.000
TOTAL		234.000.000

Tabla 7.3. Programa 3. Implementación de una estrategia de educación y comunicación encaminada a la protección del acuífero de Tunja

ACTIVIDAD	Educación para la protección y conservación de ecosistemas de oferta hídrica.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		200.000.000
Servicios profesionales	Ing. Civil, Ing. Agrónomo, Ing. Ambiental, Geólogo, Biólogo, Trabajador Social	180.000.000
Servicios no profesionales	Secretaria y auxiliares	20.000.000
GASTOS GENERALES		29.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	15.000.000
Papelería y similares		6.000.000
Alquiler de equipos		3.000.000
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		25.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		259.000.000

ACTIVIDAD	Implementación de proyectos piloto en reciclaje y/o reutilización de aguas	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		340.000.000
Servicios profesionales	Ing. Civil, Ing. Ambiental, Ing. Agrónomo, Ing. Mecánico	280.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	60.000.000
GASTOS GENERALES		1.493.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	15.000.000
Papelería y similares		6.000.000
Alquiler de equipos		10.000.000
Otros materiales	Proyectos piloto	250.000.000
Impresos y publicaciones	Cartillas didácticas	12.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo	Proyectos piloto	1.200.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		180.000.000
IMPREVISTOS		50.000.000
TOTAL		2.063.000.000

ACTIVIDAD	Identificación y reconocimiento de entidades amigas del agua, por su manejo eficiente.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		46.000.000
Servicios profesionales	Ing. Ambiental, Trabajador Social, Docentes Comunicador Social	40.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	6.000.000
GASTOS GENERALES		347.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	8.000.000
Papelería y similares		6.000.000
Alquiler de equipos		3.000.000
Otros materiales	Premiación	100.000.000
Impresos y publicaciones	Afiches, plegables, videos institucionales	80.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo	Equipos audiovisuales y educativos	150.000.000
Otros gastos		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		40.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		438.000.000

ACTIVIDAD	Capacitación para el reconocimiento y apropiación normatividad sobre uso eficiente y ahorro del agua: Ley 373.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		80.000.000
Servicios profesionales	Abogado, Comunicador Social, Docentes	80.000.000
Servicios no profesionales		0
GASTOS GENERALES		164.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	8.000.000
Papelería y similares		6.000.000
Alquiler de equipos	Equipos audiovisuales	10.000.000
Otros materiales	Videos institucionales	15.000.000
Impresos y publicaciones	Afiches, plegables, videos, folletos, cartillas	75.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Publicidad radial y escrita	50.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		25.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		274.000.000

ACTIVIDAD	Capacitación para la apropiación y aplicación de la normatividad sobre control de la calidad del recurso hídrico.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		90.000.000
Servicios profesionales	Abogado, Comunicador Social, Docentes	80.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	10.000.000
GASTOS GENERALES		166.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	10.000.000
Papelería y similares		6.000.000
Alquiler de equipos	Equipos audiovisuales	10.000.000
Otros materiales	Videos institucionales	15.000.000
Impresos y publicaciones	Afiches, plegables, videos, folletos, cartillas	75.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
Otros gastos	Publicidad radial y escrita	50.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		25.000.000
IMPREVISTOS		5.000.000
TOTAL		286.000.000

ACTIVIDAD	Acompañamiento a las entidades educativas para la inclusión del componente de aguas subterráneas en los "PRAES".	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		65.000.000
Servicios profesionales	Ing. Ambiental, Docentes, Comunicador social	60.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	5.000.000
GASTOS GENERALES		16.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	6.000.000
Papelería y similares		5.000.000
Alquiler de equipos		0
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		10.000.000
IMPREVISTOS		2.000.000
TOTAL		93.000.000

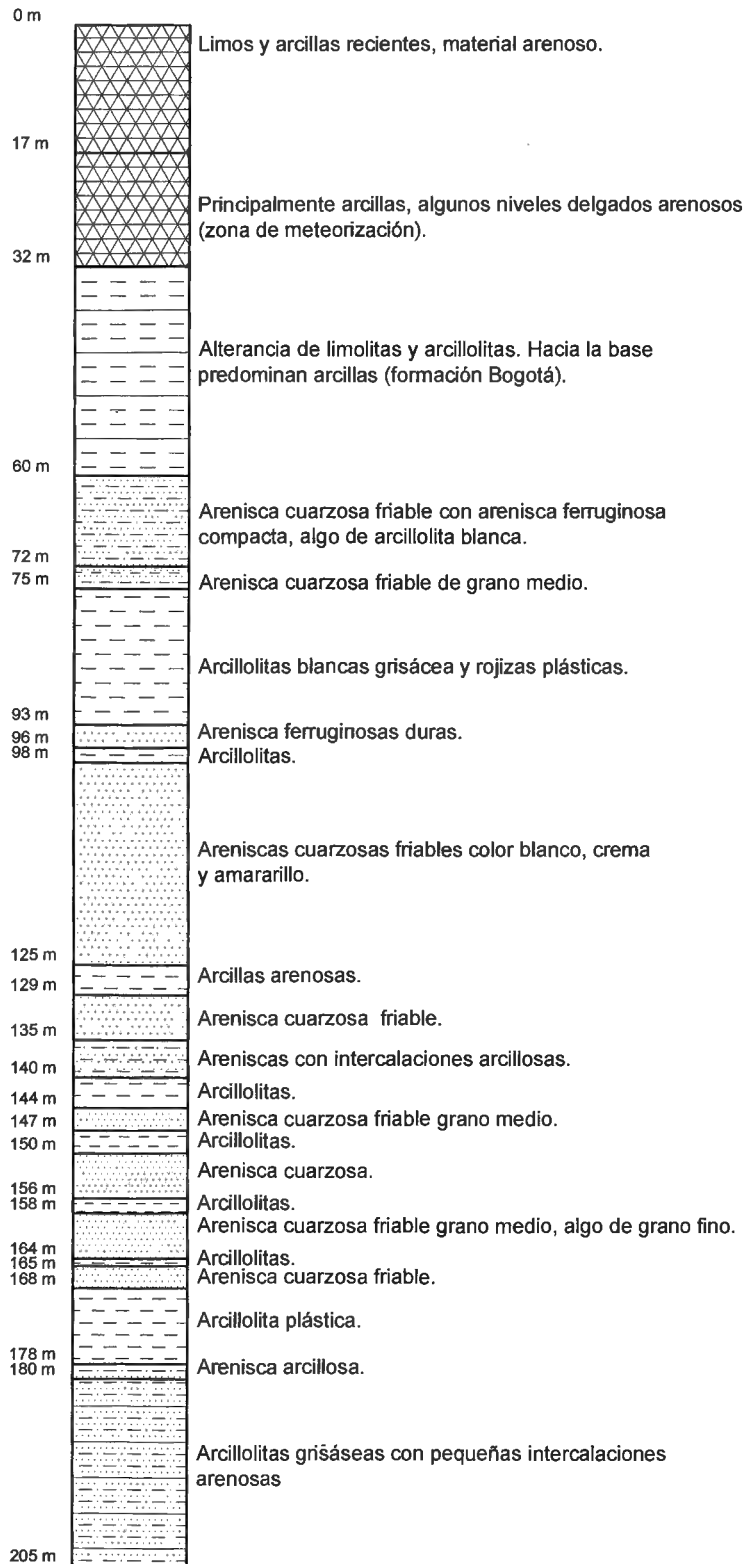
ACTIVIDAD	Inclusión del componente de aguas subterráneas en los procesos educativos que adelanta SERAQA.	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		50.000.000
Servicios profesionales	Comunicador Social, Publicista, Ing. Ambiental	50.000.000
Servicios no profesionales		0
GASTOS GENERALES		36.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	6.000.000
Papelería y similares		5.000.000
Alquiler de equipos		0
Otros materiales	Publicidad radial y escrita	20.000.000
Impresos y publicaciones	Afiches, plegables, folletos, videos	5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		10.000.000
IMPREVISTOS		2.000.000
TOTAL		98.000.000

ACTIVIDAD	Cualificación del talento humano encargado de administrar recursos hídricos	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		85.000.000
Servicios profesionales	Ing. Ambiental, Docentes, Abogado	80.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	5.000.000
GASTOS GENERALES		18.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	8.000.000
Papelería y similares		5.000.000
Alquiler de equipos		0
Otros materiales		0
Impresos y publicaciones		5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		0
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		10.000.000
IMPREVISTOS		2.000.000
TOTAL		115.000.000

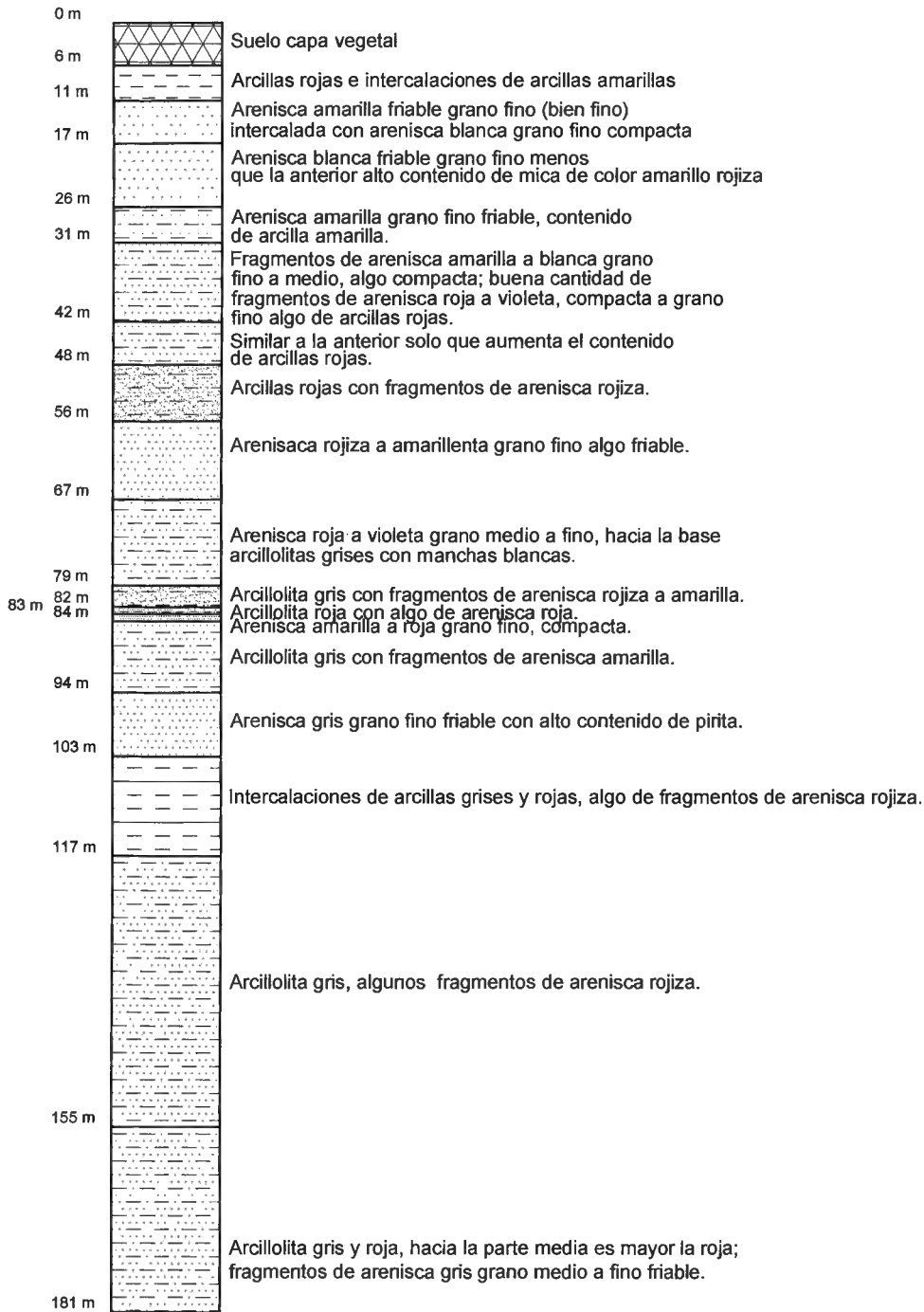
ACTIVIDAD	Fomento de proyectos de investigación con énfasis en la producción sostenible y manejo y protección de aguas subterráneas	
ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES		200.000.000
Servicios profesionales	Profesionales de distintas disciplinas	180.000.000
Servicios no profesionales	Auxiliares	20.000.000
GASTOS GENERALES		232.000.000
Transporte	Área de recarga del acuífero	15.000.000
Papelería y similares		12.000.000
Alquiler de equipos		20.000.000
Otros gastos	Apoyo proyectos	100.000.000
Impresos y publicaciones		5.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo		80.000.000
GASTOS LEGALES		
Pólizas, impuestos, permisos, etc.		40.000.000
IMPREVISTOS		10.000.000
TOTAL		482.000.000

ACTIVIDAD	Diseño de una estrategia comunicativa atractiva y atrayente, que genere el conocimiento sobre aguas subterráneas y facilite su protección		
	ITEM	RECURSO HUMANO O FÍSICO	VALOR ESTIMADO
SERVICIOS PERSONALES			90.000.000
Servicios profesionales		Comunicador Social, Publicista, Ing. Ambiental, Docentes	80.000.000
Servicios no profesionales		Auxiliares	10.000.000
GASTOS GENERALES			116.000.000
Transporte		Área de recarga del acuífero	6.000.000
Papelería y similares			5.000.000
Alquiler de equipos		Equipos audiovisuales	15.000.000
Otros gastos		Publicidad radial y escrita	30.000.000
Impresos y publicaciones		Afiches, cartillas, videos institucionales	60.000.000
Adquisición de maquinaria y equipo			0
GASTOS LEGALES			
Pólizas, impuestos, permisos, etc.			25.000.000
IMPREVISTOS			10.000.000
	TOTAL		241.000.000

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO SAN FRANCISCO



COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO LA FLORIDA 1



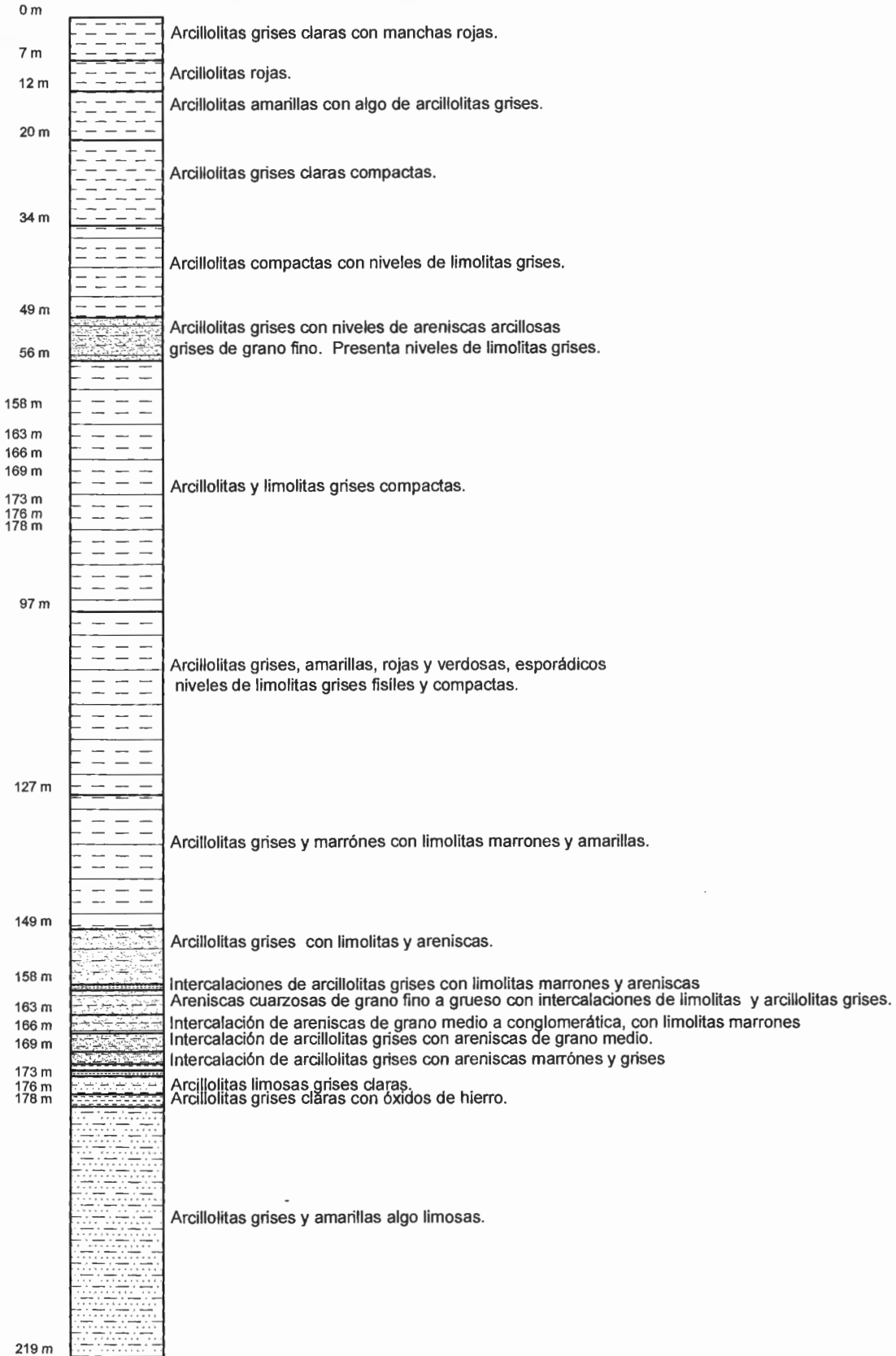
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO HOSPITAL SAN RAFAEL



CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ

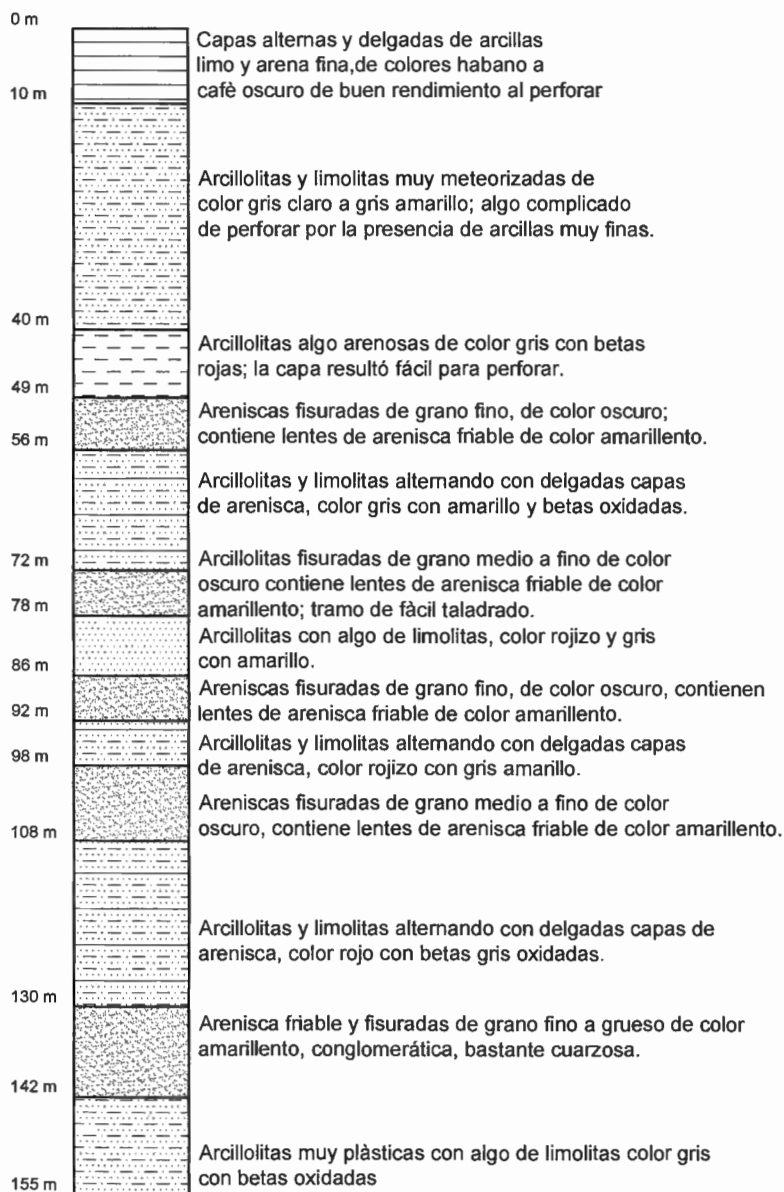


UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

PLAN DE MANEJO Y PROTECCIÓN
DEL ACUÍFERO DE TUNJA

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS



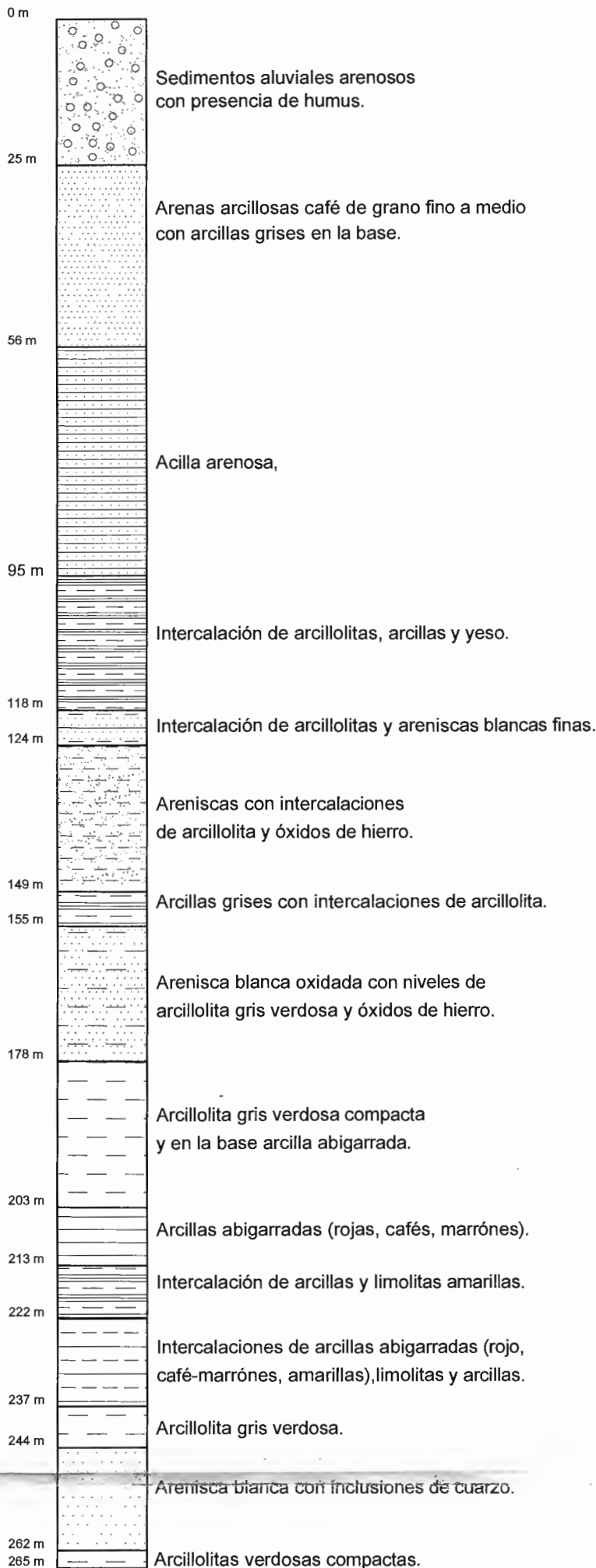
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO COOSERVICIOS



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



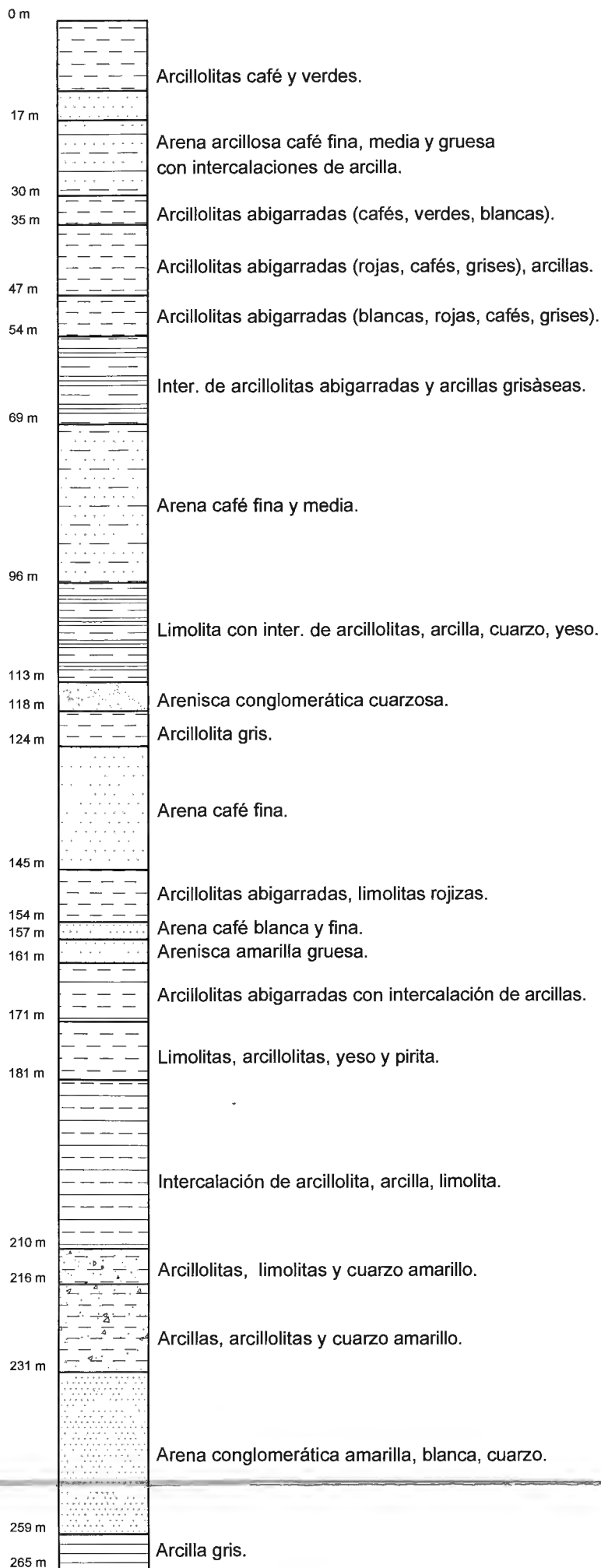
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO SILVINO RODRÍGUEZ



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



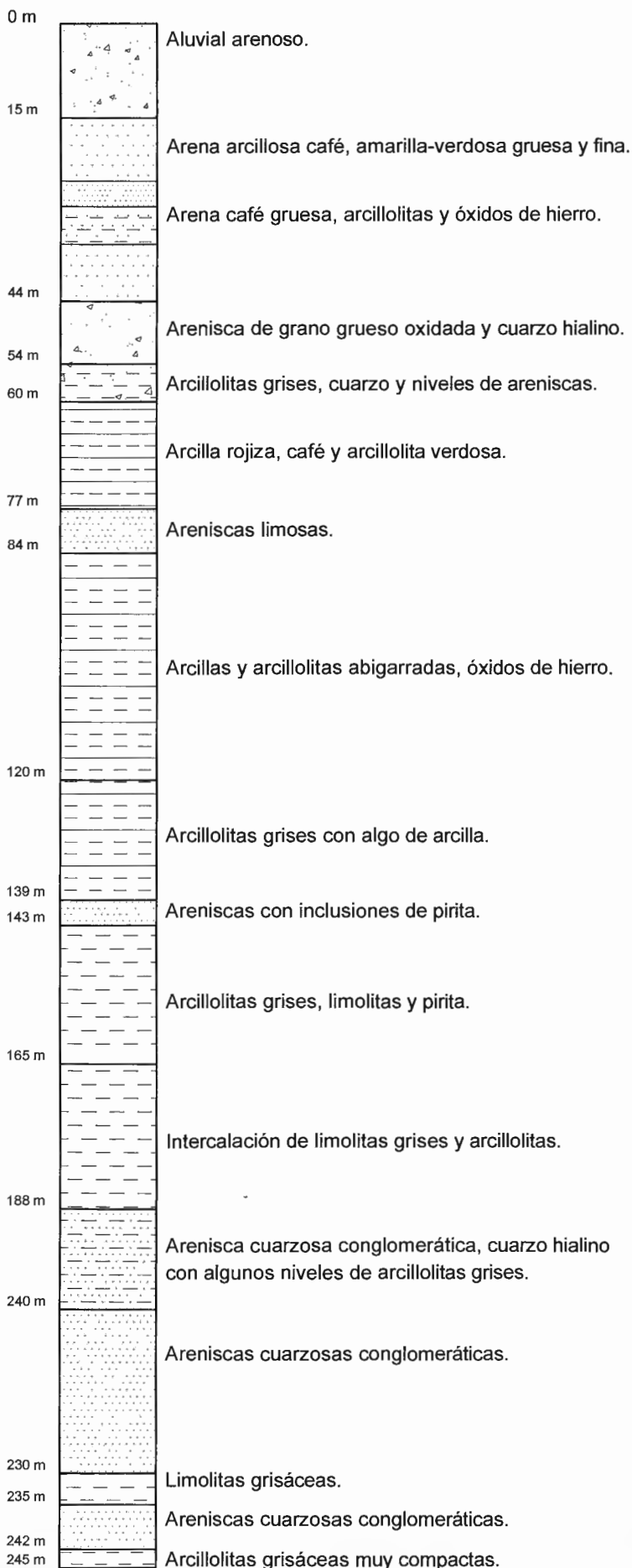
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO EL ESTADIO



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



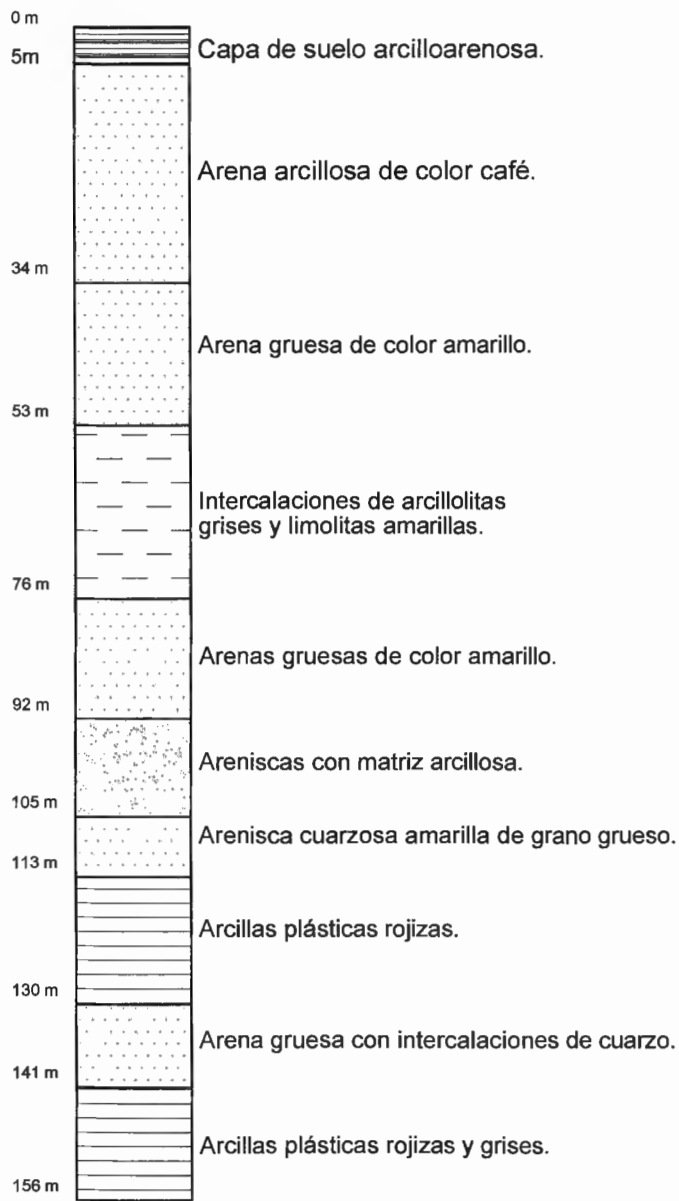
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO RUNTA



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



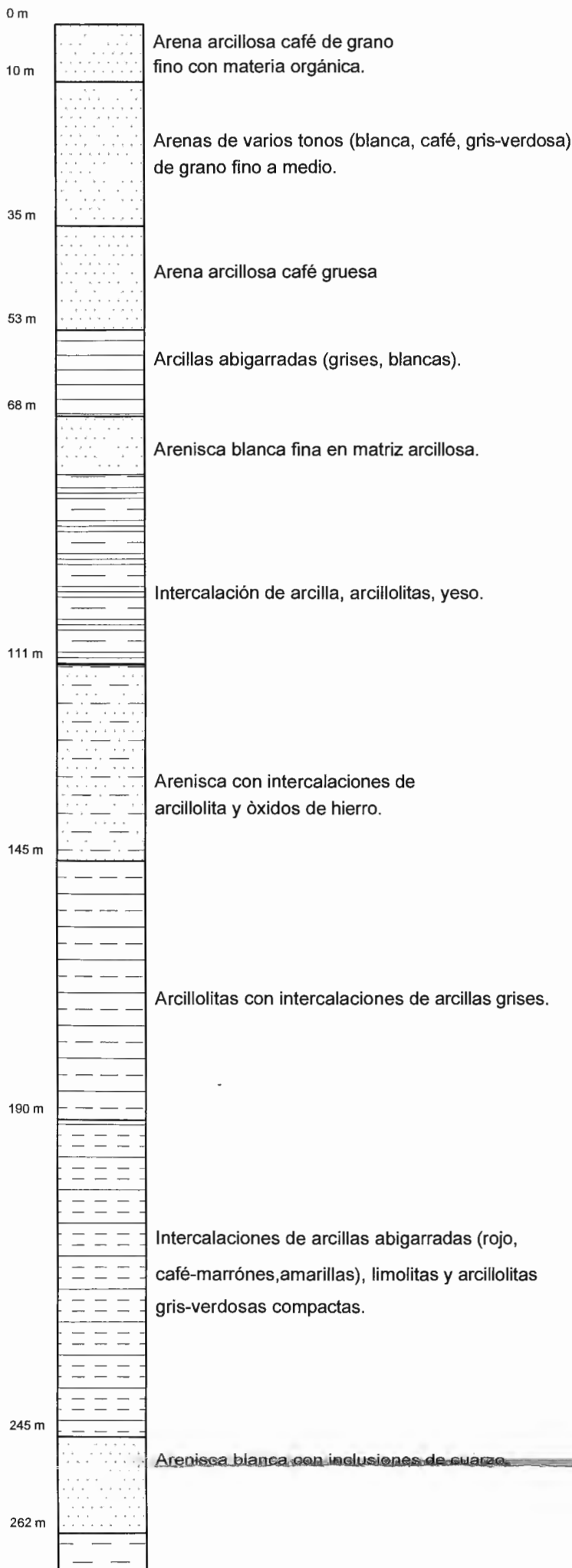
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO SAN ANTONIO



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



CORPOBOYACÁ

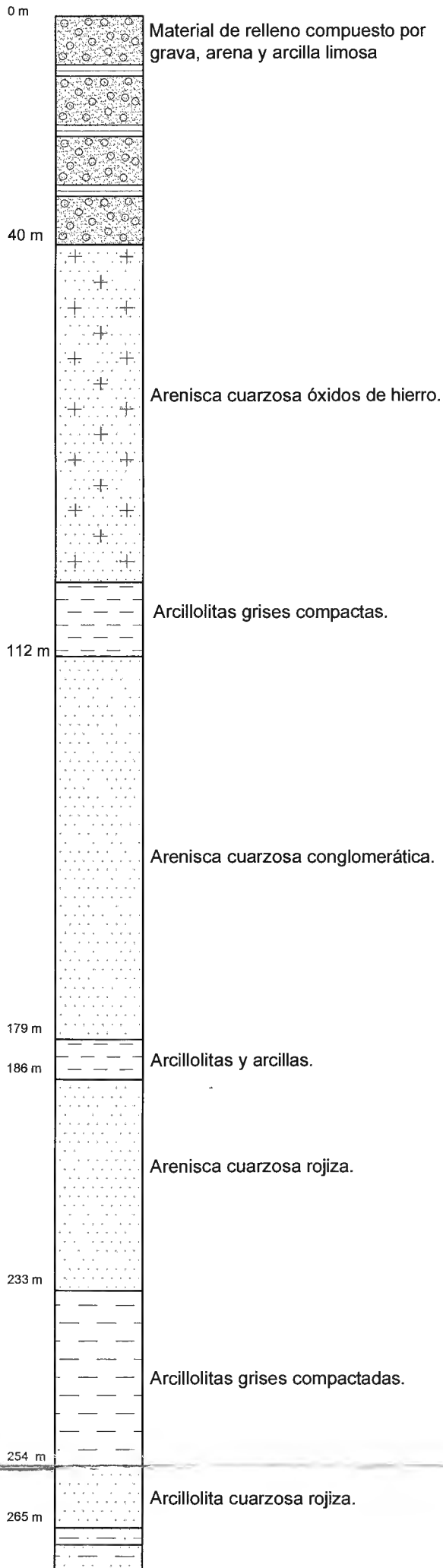
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO LA FUENTE



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



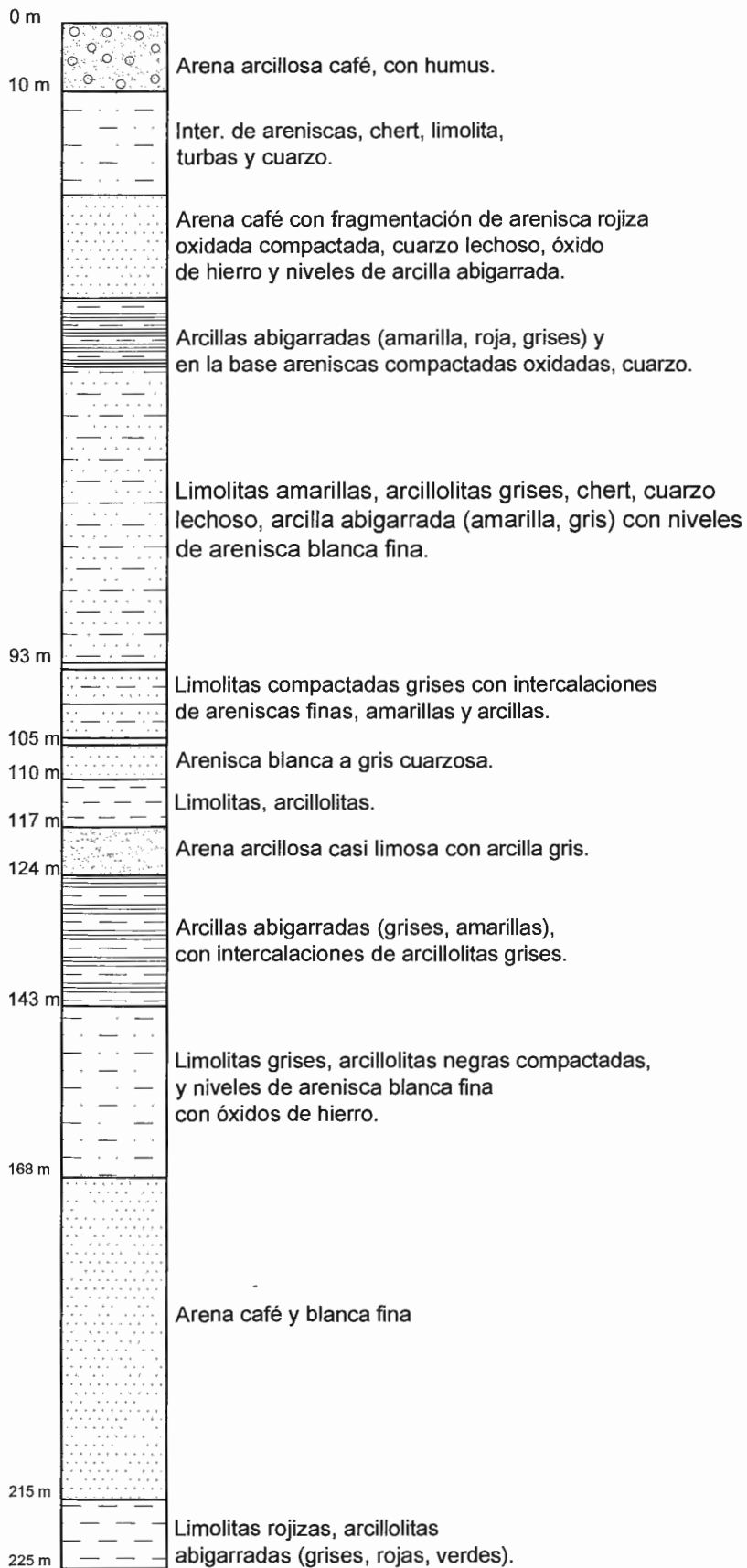
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO U.P.T.C.



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



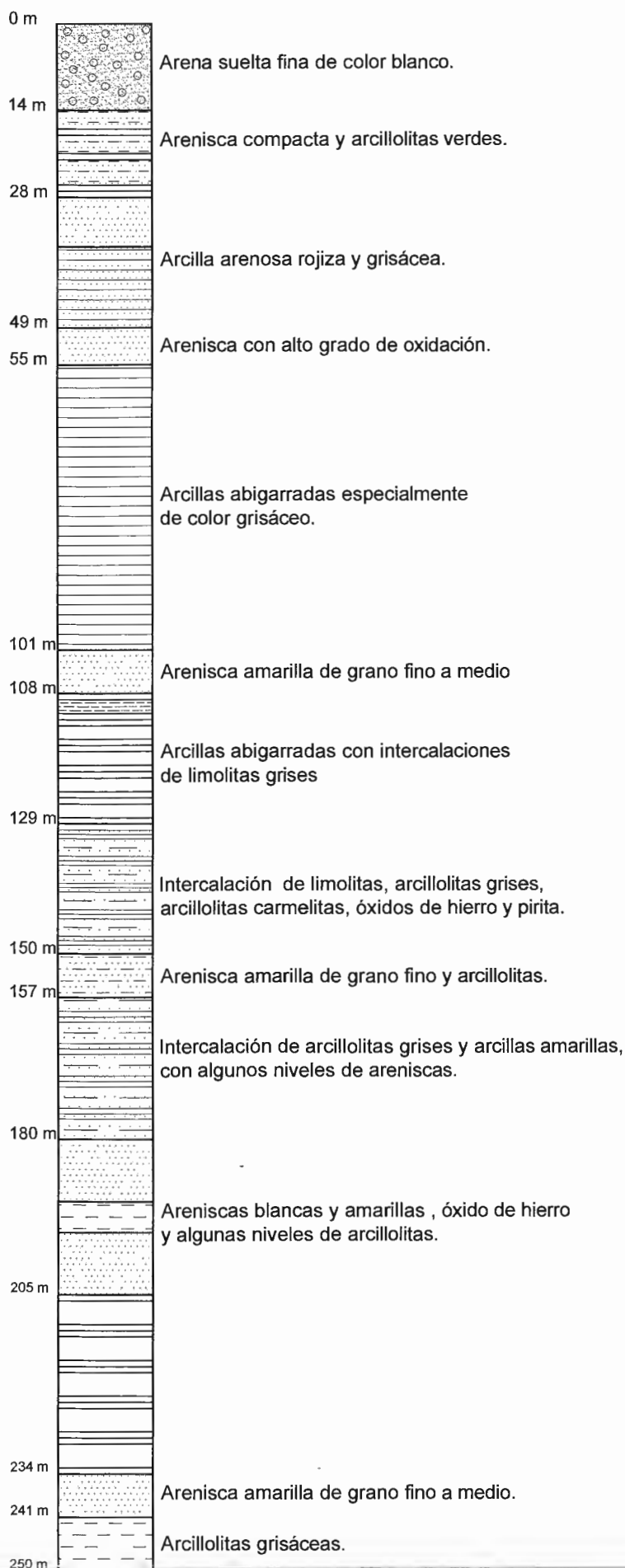
CORPOBOYACÁ
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO LA FLORIDA



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



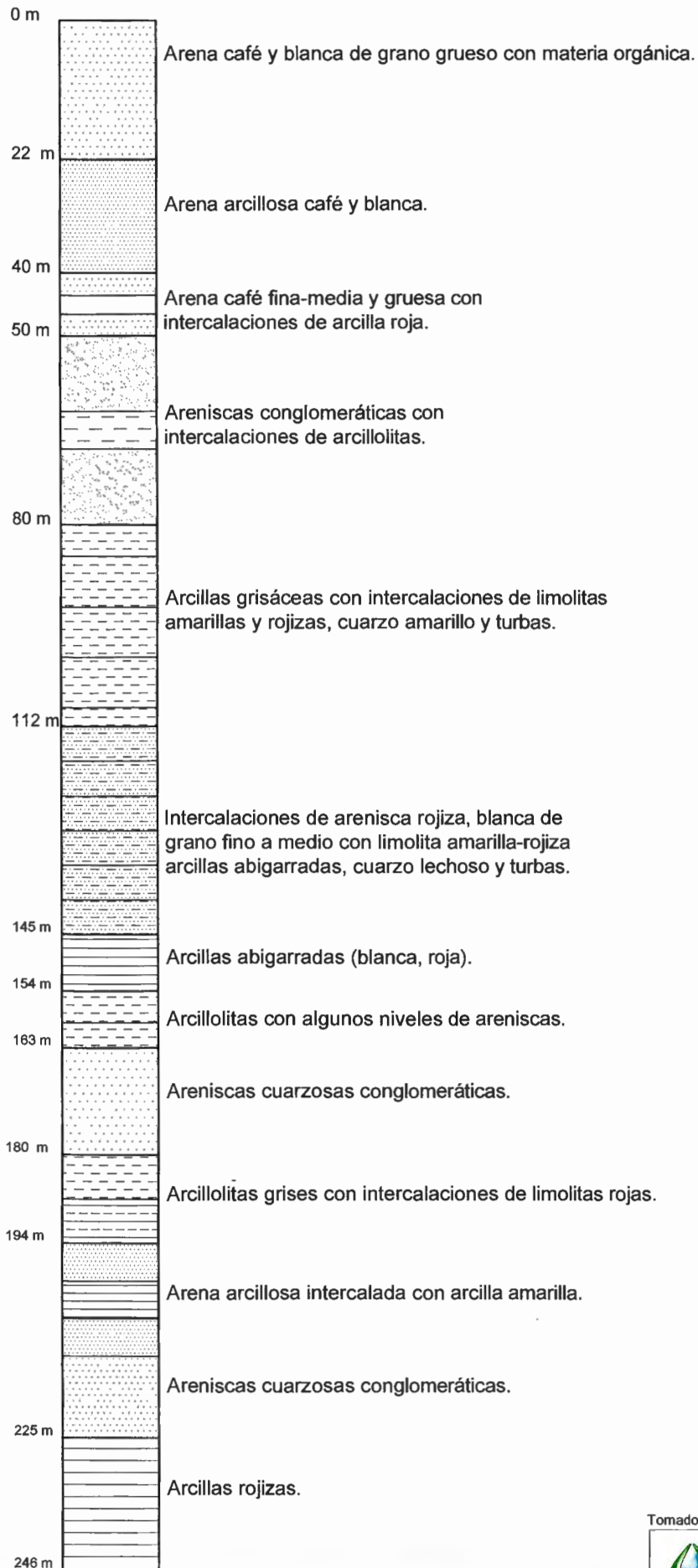
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO PENSILVANIA



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO CAMINOS VECINALES



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



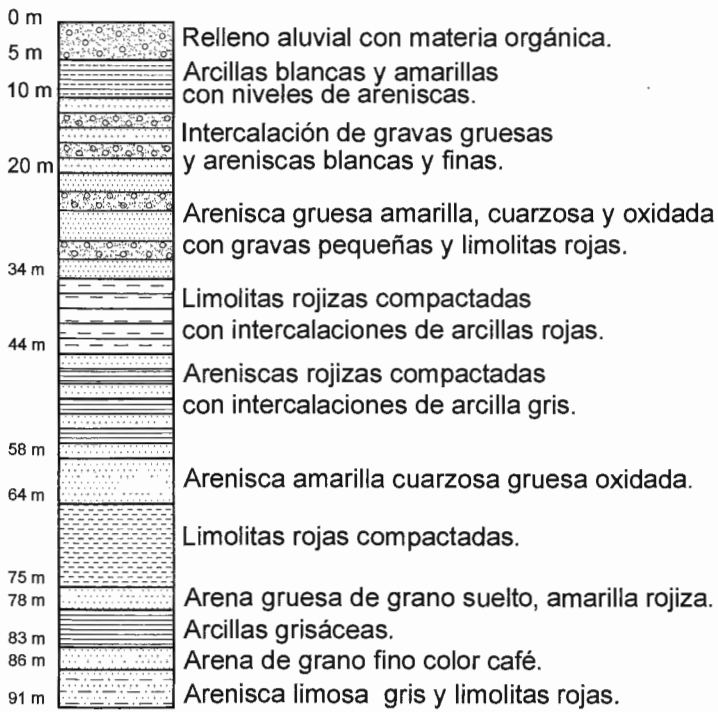
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO BATALLON BOLIVAR



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



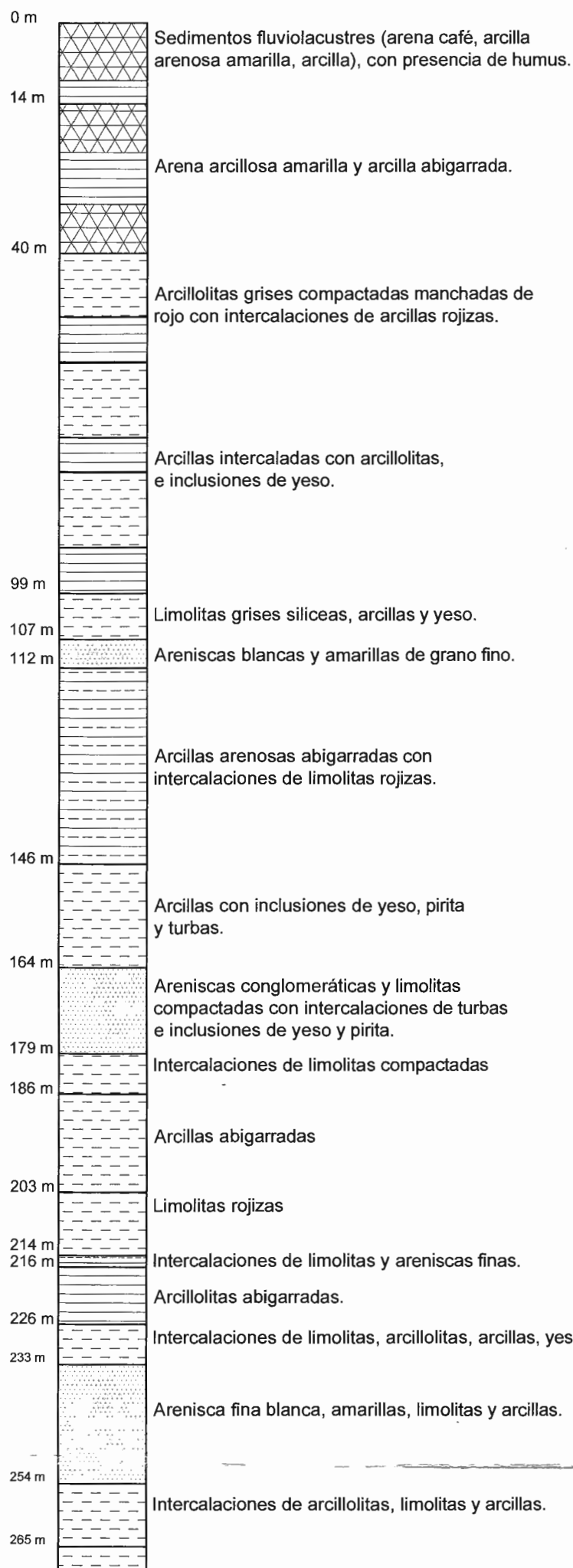
CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA POZO PROFUNDO LOS MUISCAS



Tomado: EMPRESA ALMINERA S.A. Tunja, junio 16 de 1997



CORPOBOYACÁ
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACÁ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL TUNJA