



**Corporación Autónoma
Regional de Cundinamarca**



PLAN DE MANEJO AMBIENTAL de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Crítica

Plan de Manejo Ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Crítica



**Corporación Autónoma
Regional de Cundinamarca**



06048



**Corporación Autónoma
Regional de Cundinamarca**

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL **de agua subterránea** **en la sabana de Bogotá** **y Zona Crítica**



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR)

Cra. 7ª N° 36-45. PBX 3209000. NIT 899999062-6

Bogotá, D. C., Colombia (Sudamérica) – www.car.gov.co

DIRECTOR GENERAL

Édgar Alfonso Bejarano Méndez

SUBDIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS (e.)

Alfredo Guillermo Molina Triana

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE AGUA SUBTERRÁNEA
EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA**

COMPILACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN

Rómulo Camacho Chico

CARTOGRAFÍA Y FOTOGRAFÍA

Grupo Sistemas de Información Geográfica de la CAR

COORDINACIÓN GENERAL

Rómulo Camacho Chico

REVISIÓN TÉCNICA Y ASESORÍA EDITORIAL

Rito Emiro Martínez Muñoz

Oficina de Comunicaciones CAR

DIAGRAMACIÓN, FOTOMECÁNICA E IMPRESIÓN

Imprenta Nacional de Colombia

ISBN

978-958-8188-12-6

Primera edición

Bogotá, D. C., noviembre de 2008

La reproducción parcial o total del contenido de este documento, requiere la autorización expresa de la CAR

CONSEJO DIRECTIVO

Gobernador de Cundinamarca

ANDRÉS GONZÁLEZ DÍAZ

Representante del Presidente de la República

ANTONIO ÁLVAREZ LLERAS

Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

JUAN LOZANO RAMÍREZ

Representante del Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Viceministra de Ambiente

CLAUDIA PATRICIA MORA PINEDA

Delegado del Ministro de Ambiente

RAFAEL OCTAVIO VILLAMARÍN ABRIL

Alcalde Mayor de Bogotá

SAMUEL MORENO ROJAS

Delegado del Alcalde Mayor de Bogotá,

Secretaria Distrital de Ambiente

JUAN ANTONIO NIETO E.

Gobernador de Boyacá

JOSÉ ROZO MILLÁN

Delegado Gobernación de Boyacá

RAFAEL HUMBERTO ROSAS CARO

Representante del sector privado,

Cámara de Comercio de Girardot

MAGDALENA COLLAZOS LUNA

Representante del sector privado - Aculcaña

HERNÁN ORLANDO MAHECHA CAMACHO

Representante de las comunidades indígenas

JULIO HERNANDO BALSERO

Representante de Organizaciones No Gubernamentales

LUIS ALEJANDRO MOTTA MARTÍNEZ

Representante Entidades Sin Ánimo de Lucro

ANDRÉS IVÁN GARZÓN

Representante Alcaldes de la jurisdicción

Alcalde Municipio de Guayabal de Siquima

RAFAEL JULIÁN PRIETO DÍAZ

Representante Alcaldes de la jurisdicción

Alcalde Municipio de Mosquera

LUIS ÁLVARO RINCÓN ROJAS

Representante Alcaldes de la jurisdicción

Alcalde Municipio de El Colegio

ÓSCAR MAURICIO NÚÑEZ JIMÉNEZ

Representante Alcaldes de la jurisdicción

Alcalde Municipio de Saboyá, Boyacá

FABIO HERNÁN SÁNCHEZ TORRES



EQUIPO DE DIRECCIÓN

Director General

ÉDGAR ALFONSO BEJARANO MÉNDEZ

Secretario General

CARLOS ALBERTO FLÓREZ ROJAS

Secretario Privado

WILLIAM GERMÁN PARRADO ÁVILA

SUBDIRECTORES:

Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas

ALFREDO GUILLERMO MOLINA TRIANA (e.)

Desarrollo Ambiental Sostenible

JOSÉ MIGUEL RINCÓN VARGAS

Gestión Social

CARMEN ELISA ORDÓÑEZ RODRÍGUEZ

Jurídica

PIEDAD GUTIÉRREZ BARRIOS

Planeación y Sistemas de Información

LUIS GABRIEL PEÑARANDA DÍAZ

Recursos Económicos y Apoyo Logístico

CÉSAR AUGUSTO CARRILLO VEGA

ASESORES:

De Dirección General

AMPARO CRUZ PEÑA

Temas Especializados

MARIETA SAAVEDRA GÜIZA

Relaciones Interinstitucionales y Asuntos Municipales y Distritos de Riego

SERGIO ARTURO PIÑEROS BOTERO

Oficinas Provinciales y Parques

ALFREDO GUILLERMO MOLINA TRIANA

Fondo Inversiones Ambientales para Bogotá, FIAB

JORGE PLATA GARCÍA

JEFES DE OFICINA

Gestión del Talento Humano

ROSA STELLA ROJAS BAQUERO

Control Disciplinario Interno

JOSÉ FERNANDO SUÁREZ VENEGAS

Cooperación internacional

FERNANDO PÁEZ MEJÍA

Control Interno

JORGE ENRIQUE CARDOSO RODRÍGUEZ

Comunicaciones

DIANA CRISTINA SERRATO JIMÉNEZ

Laboratorio Ambiental

EDWIN GIOVANI GARCÍA MÁSMELA

JEFES DE OFICINAS PROVINCIALES

1. Bogotá – La Calera

MYRIAM AMPARO ANDRADE HERNÁNDEZ

2. Almeidas y municipio de Guatavita

ANA MARGOTH GARCÍA GÓMEZ

3. Alto Magdalena

MIREYA SÁENZ TRUJILLO

4. Bajo Magdalena

MAURICIO MESA RODRÍGUEZ

5. Chiquinquirá

PABLO AURELIO SUÁREZ GARCÍA

6. Gualivá

JAIME ENRIQUE BOCANEGRA PÉREZ

7. Magdalena Centro

FRANCISCO ALIRIO RODRÍGUEZ SANTOS

8. Rionegro

PABLO YESID FAJARDO BENÍTEZ

9. Sabana Centro

LUIS ENRIQUE ACOSTA GANTIVA

10. Sabana Occidente

CARLOS CIRO CUBIDES FONTECHA

11. Soacha

CARLOS ANTONIO BELLO QUINTERO

12. Sumapaz

CÉSAR JULIO GIRALDO ESPINOSA

13. Tequendama

JESUS HUMBERTO PATIÑO P.

14. Ubaté

VÍCTOR LAUREANO GÓMEZ MONTEALEGRE

CONTENIDO

Presentación	13
INTRODUCCIÓN	15
Normativa	19
1. LEGISLACIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL AREA DE LA CAR.	21
1.1. CÓDIGO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES - DECRETO LEY 2811 DE 1974.	21
1.2. DECRETO 1541 DE 1978 – REGLAMENTA EL USO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS.	22
1.3. LEY 99 DE 1993 – SISTEMA AMBIENTAL DE COLOMBIA.	22
1.4. DECRETO 1220 DE 2005 – LICENCIAS AMBIENTALES.	24
1.5. LEY 373 DE 1997 – AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA EN COLOMBIA.	24
1.6. ACUERDO 10 DE 1989 DE LA CAR – REGLAMENTA USOS DEL AGUA.	25
1.7. DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007 – ESTABLECE EL SISTEMA PARA LA PROTECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.	27
1.8. LEY 142 DE 1994 – SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS.	27
1.9. DECRETO 901 DE 1997 – TASAS RETRIBUTIVAS POR USO DE AGUA.	27
1.10. DECRETO 1594 DE 1984 – NORMAS DE CALIDAD DE AGUA.	28
1.11. DECRETO 1449 DE 1977 – CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.	28
1.12. DECRETO 1843 DE 1991 – DISPOSICIONES SOBRE PLAGUICIDAS.	28
1.13. ACUERDO 31 DE 2005 CAR – DECLARA ZONA CRÍTICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA.	29
1.14. ACUERDO 04 DE 2006 CAR – COMPLEMENTA DECLARATORIA DE ZONA CRÍTICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA.	29
1.15. ACUERDO 29 DE 2006 CAR – MODIFICA EL ACUERDO 31 DE 2005.	30
Generalidades	31
2. GENERALIDADES	31
2.1. LOCALIZACIÓN GENERAL	33
2.2. LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA	33
2.3. CARTOGRAFÍA	33
Diagnóstico	35
3. DIAGNÓSTICO DE FLUCTUACIÓN DE NIVELES DE AGUA SUBTERRÁNEA	37
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA CRÍTICA Y DE LA SABANA DE BOGOTÁ.	37
3.2. RED DE MONITOREO DE NIVELES EN POZOS QUE INTEGRAN LA RED PIEZOMÉTRICA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	46
3.3. MAPAS DE ISOPIEZAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	49
3.4. PRIORIDAD DE MEDICIÓN DE NIVELES ESTÁTICOS Y CAUDALES EN LA RED DE MONITOREO DE LA SABANA DE BOGOTÁ	49





3.5.	POZOS COLAPSADOS DE LA RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	50
3.6.	CAUDALES EXPLOTADOS EN LA RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	50
3.7.	ACUÍFEROS EXPLOTADOS POR LA RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	51
3.8.	PUNTOS DE AGUA MONITOREADOS POR SUBCUENCA.	52
3.9.	SUBCUENCA DEL RÍO SISGA	52
3.10.	SUBCUENCA DEL RÍO TOMINÉ.	52
3.11.	SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ.	53
3.12.	SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA.	53
3.13.	SUBCUENCA DEL RÍO FONTIBÓN.	53
3.14.	SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ.	53
3.15.	SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE	53
3.16.	SUBCUENCA DEL RÍO BALSILLAS.	53
3.17.	SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO.	54

Seguimiento a Zona Crítica 55

4. SEGUIMIENTO A ZONA CRÍTICA EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS 57

4.1.	ELABORACIÓN DE ISOLÍNEAS PIEZOMÉTRICAS EN ACUÍFEROS CUATERNARIO Y GUADALUPE.	57
4.2.	REPOSICIÓN DE POZOS PARA AMPLIAR RED DE MONITOREO.	57
4.3.	LEGALIDAD DE POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	58
4.4.	ACUÍFEROS CAPTADOS POR LOS POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	58
4.5.	FLUCTUACIONES DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN LOS POZOS DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	59
4.5.1.	SUBCUENCA I – SISGA.	59
4.5.2.	SUBCUENCA II – TOMINÉ.	59
4.5.3.	SUBCUENCA III – TEUSACÁ.	59
4.5.4.	SUBCUENCA IV – NEUSA.	60
4.5.5.	SUBCUENCA V – FONTIBÓN.	60
4.5.6.	SUBCUENCA VI – CHICÚ.	61
4.5.7.	SUBCUENCA VII – SUBACHOQUE.	61
4.5.8.	SUBCUENCA VIII – BALSILLAS.	61
4.5.9.	SUBCUENCA IX – TUNJUELITO.	62
4.6.	MAPAS PIEZOMÉTRICOS.	62

4.6.1.	SISTEMA ACUÍFERO CUATERNARIO.	62
4.6.2.	SISTEMA ACUÍFERO GUADALUPE.	63
4.7.	ZONAS CRÍTICAS POR DESCENSOS DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	64
4.8.	POZOS DE REPOSICIÓN DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS	65
4.9.	RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.	65
4.10.	CONCLUSIONES DE FLUCTUACIONES DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS	66
4.11.	CONCLUSIONES DE CAUDALES APROVECHADOS POR SUBCUENCAS.	67
Análisis isopiécico		71
5. ANÁLISIS ISOPIÉCICO EN LA SABANA DE BOGOTÁ		73
5.1.	ACUÍFERO O DEPÓSITO CUATERNARIO.	73
5.1.1.	SUBCUENCA DEL RÍO SISGA.	73
5.1.1.1.	SECTORES VILLAPINZÓN – CHOCONTÁ.	73
5.1.2.	SUBCUENCA DEL RÍO TOMINÉ.	73
5.1.2.1.	SECTOR GUASCA.	73
5.1.2.2.	SECTORES TOCANCIPÁ – GACHANCIPÁ – SUESCA.	73
5.1.3.	SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ.	73
5.1.3.1.	SECTOR SOPÓ.	73
5.1.4.	SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA.	74
5.1.4.1.	SECTOR NORTE DE CHÍA.	74
5.1.4.2.	SECTORES NEMOCÓN Y COGUA.	74
5.1.5.	SUBCUENCA DE FONTIBÓN.	74
5.1.5.1.	SECTOR DE COTA.	74
5.1.5.2.	SECTOR DE FUNZA.	74
5.1.6.	SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ.	75
5.1.6.1.	SECTORES TABIO – TENJO.	75
5.1.7.	SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE.	75
5.1.7.1.	SECTORES EL ROSAL – SUBACHOQUE.	75
5.1.8.	SUBCUENCA DEL RÍO BALSILLAS.	76
5.1.9.	SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO.	76
5.1.9.1.	SECTOR ZONA RÍO TUNJUELITO.	76
5.1.9.2.	SECTOR ZONA EMBALSE DEL MUÑA.	76
5.2.	ACUÍFERO CRETÁCICO.	76
5.2.1.	SUBCUENCA DEL RÍO SISGA.	76
5.2.2.	SUBCUENCA DEL RÍO TOMINÉ.	77





5.2.3.	SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ.	77
5.2.4.	SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA.	77
5.2.5.	SUBCUENCA DE FONTIBÓN.	77
5.2.6.	SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ.	77
5.2.6.1.	SECTORES TABIO – TENJO.	77
5.2.7.	SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE	77
5.2.8.	SUBCUENCA DEL RÍO BALSILLAS	77
5.2.9.	SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO	78
5.3.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS ISOPIÉCICO	78
	Oferta y demanda	81
6.	OFERTA Y DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ.	83
6.1.	CUANTIFICACIÓN DE DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	83
6.2.	ANÁLISIS Y HOMOGENIZACIÓN DE REGISTROS.	83
6.3.	APLICACIÓN DE BASE DE DATOS EN DEMANDA HÍDRICA SUBTERRÁNEA.	84
6.4.	CORRELACIÓN CON BASE DE DATOS DE TASAS POR USO.	84
6.5.	VOLUMEN ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA POR ACUEDUCTOS EN MUNICIPIOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ.	85
6.6.	COMPARACIÓN CON REGISTROS DE ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CUANTITATIVO DE LA SABANA DE BOGOTÁ–INGEOMINAS–CAR (1991)	86
	Calidad de Agua	89
7.	CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	91
7.1.	CRITERIOS PARA DETERMINAR CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	91
7.2.	ZONIFICACIÓN DE LA SABANA DE BOGOTÁ PARA ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA.	91
7.3.	METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	92
7.4.	METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y EVOLUCIÓN	93
7.4.1.	SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ.	94
7.4.2.	SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE.	94
7.4.3.	SUBCUENCA DEL RÍO BOJACÁ - BALSILLAS.	94
7.4.4.	SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO.	94
7.4.5.	SUBCUENCA DE TIBITÓ SALTO DE TEQUENDAMA Y ORIENTE BOGOTANO (FONTIBÓN).	94
7.4.6.	SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ.	95

7.4.7.	SUBCUENCA DEL SECTOR ALTO BOGOTÁ Y SISGA.	95
7.4.8.	SUBCUENCA DE LOS RÍOS FRÍO, TIBITÓ Y NEGRO (NEUSA).	95
7.4.9.	TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA.	95
7.5.	MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ, EN 2003-2004.	96
7.5.1.	DISTRIBUCIÓN DE RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	96
7.5.2.	TÉCNICA ANALÍTICA PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA.	96
7.5.2.1.	ANÁLISIS FÍSICOS.	96
7.5.2.2.	ANÁLISIS QUÍMICOS.	96
7.5.2.3.	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS.	96
7.5.2.4.	ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS.	97
7.6.	PROCEDIMIENTO ANALÍTICO POR ZONAS	97
7.6.1.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.	97
7.6.2.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.	97
7.6.3.	CARACTERÍSTICAS IÓNICAS.	98
7.6.4.	CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS.	101
7.6.5.	PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS.	101
7.6.6.	POTABILIDAD.	101
7.6.7.	DIRECCIÓN DE FLUJO SUBTERRÁNEO.	103
7.6.8.	ANÁLISIS DE DEMANDAS BIOQUÍMICAS Y QUÍMICAS DE OXÍGENO.	103
	Presión sobre el recurso hídrico	107
	8. PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO	109
	Plan de manejo ambiental	111
	9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ.	113
9.1.	AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA CRÍTICA.	113
9.1.1.	ACUERDO 31 DE 2005 Y ACUERDO 04 DE 2006 – ZONA CRÍTICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA.	113
9.1.2.	OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN ZONA CRÍTICA.	113
9.1.3.	DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ.	113
9.1.4.	CAMPAÑA DE MONITOREO Y REDISEÑO DE REDES DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA, REPOSICIÓN DE POZOS PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	114
9.1.5.	AUTOMATIZACIÓN DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA LOCALIZADA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	114





9.1.6.	PROYECTO PILOTO PARA CONSERVACIÓN DE LOS ACUÍFEROS Y MANEJO DE ZONAS DE RECARGA EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ.	115
9.2.	FUNCIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO Y RELACIÓN CON ALMACENAMIENTO, INFILTRACIÓN Y RECARGA DE ACUÍFEROS EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA.	115
9.3.	EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA INFILTRACIÓN Y DE LA RECARGA DEL ACUÍFERO GUADALUPE EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ.	116
9.4.	VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	116
9.4.1.	CRITERIOS PARA EVALUAR VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS.	116
9.4.2.	MÉTODOS UTILIZADOS EN EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA IMPLEMENTAR EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y EN LA ZONA CRÍTICA.	117
9.4.2.1.	MÉTODOS BASADOS EN MODELOS DE VULNERABILIDAD.	117
9.4.2.2.	MÉTODOS ESTADÍSTICOS.	117
9.4.2.3.	MÉTODO DE INDEXACIÓN Y SUPERPOSICIÓN	117
9.4.3.	MÉTODO GOD	117
	Administración de aguas	119
10.	ADMINISTRACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA JURISDICCIÓN DE LA CAR	121
10.1.	ACCIONES DE LA CAR EN ZONA CRÍTICA.	121
10.2.	RECARGA DE ACUÍFEROS EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA.	123
10.3.	LINEAMIENTOS PARA PROYECTO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	124
10.4.	INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS ACUÍFEROS Y EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ÁREA DE LA CAR	125
10.5.	MEDICIÓN DE FLUJOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	125
10.6.	EDUCACIÓN AMBIENTAL EN AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	126
	Proceso y Procedimiento	129
11.	PROCESO Y PROCEDIMIENTO PARA PLAN Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN EL ÁREA DE LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA.	131
11.1.	GENERALIDADES Y CARTA DE REGLAMENTACIÓN.	131
11.2.	FORMATO USUARIOS VOLUNTARIOS.	133
	Glosario	137
	Bibliografía	147
	ANEXOS	149





LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1	37
TABLA N° 2 CLASIFICACIÓN DE SUBCUENCAS HIDROGEOLÓGICAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ, SEGÚN PRIORIDAD	50
TABLA N° 3 POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ – CAUDAL PROMEDIO – 2005.	51
TABLA N° 4 POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS POR ACUÍFERO EXPLOTADO –SABANA DE BOGOTÁ– 2005.	51
TABLA N° 5 POZOS DE RED MONITOREO POR SUBCUENCA EN LA SABANA DE BOGOTÁ – 2005.	52
TABLA N° 6 CORRELACIÓN DE POZOS DE BASES DE DATOS DE CONCESIÓN DE AGUAS Y POZOS DE TASAS POR USO EN OFICINAS PROVINCIALES SABANA OCCIDENTE Y SABANA NORTE	84
TABLA N° 7 CORRELACIÓN DE VOLÚMENES DE POZOS CONCESIONADOS Y POZOS DE TASAS POR USO EN OFICINAS PROVINCIALES EN SABANA OCCIDENTE Y SABANA	85
TABLA N° 8 VOLUMEN ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA PARA ABASTECIMIENTO DE ACUEDUCTOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ.	85
TABLA N° 9 COMPARACIÓN DE INVENTARIOS DE 1991 Y 2004.	87
TABLA N° 10 PUNTOS DE MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ - 1997.	93
TABLA N° 11. PUNTOS DE MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ – 1999	93
TABLA N° 12. PUNTOS DE MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ – 2001.	94
TABLA N° 13. RANGOS DE CONDUCTIVIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE AGUA.	97
TABLA N° 14 CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN DUREZA	98
TABLA N° 15 CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN DBO	98
TABLA N° 16 FACTORES DE CONVERSIÓN DE MG/L A MEQ/L	99
TABLA N° 17 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA PARA DETERMINAR POTABILIDAD	102
TABLA N° 18 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA COMPARADOS CON VALORES DEL DECRETO 475/98 (DEROGADO)	102
TABLA N° 19. PROMEDIO DE DBO Y DQO POR FORMACIONES EN LA ZONA	103
TABLA N° 20 PROMEDIO DE DBO Y DQO POR FORMACIONES EN LA ZONA 2	104
TABLA N° 21 PROMEDIO DE DBO Y DQO POR FORMACIONES EN LA ZONA 3	104

PRESENTACIÓN

En este Plan de Manejo Ambiental de Aguas Subterráneas están contenidos los resultados de estudios, normas y procedimientos aplicados en el área de la Sabana de Bogotá y Zona Crítica, jurisdicción de la CAR, con el propósito de mostrar resultados de tópicos técnicos bajo criterios normativos, referentes al aprovechamiento y calidad de agua subterránea, obtenidos durante varios años de monitoreo.

Los resultados obtenidos por la Corporación en el manejo de aguas subterráneas son indicadores del estado en que se encuentra el recurso hídrico almacenado en los depósitos de agua infrayacientes, los cuales son considerados en la planeación, administración, monitoreo y preservación de aguas almacenadas en las formaciones geológicas, para garantizar su aprovechamiento y sostenibilidad en beneficio de la comunidad que habita esta región.

El desarrollo de la Sabana de Bogotá depende del potencial de agua subterránea según el balance hídrico obtenido, estimado en las formaciones acuíferas, para satisfacer la demanda en cada uso a que es destinado el flujo de agua subterránea, en los campos de consumo humano, agropecuario, industrial, minero y recreacional, principalmente.

Los resultados de cuantificación y cualificación del agua subterránea que se encuentra en el subsuelo de la Sabana de Bogotá y Zona Crítica se deben entender como parámetros por analizar, evaluar y complementar localmente, para guiar y orientar sobre los aspectos técnicos, legales y administrativos del aprovechamiento sostenible del agua subterránea.

La Corporación espera que este Plan de Manejo Ambiental de Aguas Subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá despierte conciencia en la comunidad sobre la necesidad de hacer uso racional y eficiente del recurso, porque se está registrando la reducción de su reserva almacenada en los estratos acuíferos por acción antrópica. Por lo tanto, es necesario establecer criterios para su aprovechamiento, a través de los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial, como también en los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

ÉDGAR ALFONSO BEJARANO MÉNDEZ

Director General



INTRODUCCIÓN

La Corporación fue creada en 1961 para ejercer funciones de administradora de los recursos naturales, entre ellos el agua, realizando entre otras el desecamiento de los valles de Ubaté y Chiquinquirá a fin de incrementar áreas de producción de ganadería lechera y obtención de productos lácteos. El desecamiento se efectuó construyendo canales, jarillones y otras estructuras hidráulicas para controlar inundaciones y drenar tierras; además, se sembraron extensas áreas con especies vegetales foráneas, particularmente eucaliptos y pinos que demandan importantes volúmenes de agua, cuyo sistema radicular se profundiza, genera fisuras a través del suelo e induce la infiltración de aguas hacia los estratos de las formaciones geológicas infrayacentes.

A la vez que se integraron tierras productivas con manejo de crecientes y drenajes, la Corporación ejerció otras variadas funciones asignadas de acuerdo a necesidades de la época, consistentes en implementar infraestructura vial, eléctrica, suministro de agua, construcción de sistemas de alcantarillado y reforestación; funciones enfocadas al desarrollo de la región de los valles de Ubaté, Chiquinquirá y Suárez.

Entonces, la CAR emprendió acciones para el conocimiento del potencial hídrico superficial en su área caracterizado por alto rendimiento en los valles de Ubaté, Chiquinquirá y Suárez; luego, en la Sabana de Bogotá y posteriormente en su jurisdicción, ampliada al Tequendama y gran parte del Departamento de Cundinamarca. Así se logró instalar una red hidrométrica con la cual se han obtenido registros de más de cincuenta años, los cuales se han aplicado en regulación de distritos de riego y acueductos, entre otros proyectos.

En los inicios de la Corporación se construyeron macroproyectos hidroenergéticos y multipropósito para amortiguación de avenidas y almacenamiento, entre los cuales se mencionan los embalses del Sigsa, Tominé, Neusa, Muña y el último construido hace más de diez años, El Hato.

No obstante la ejecución de estos proyectos para control y regulación del recurso hídrico, ocurren crecientes con periodos de retorno de cincuenta o cien años, o periodo de retorno impredecible, lo cual evidencia, en la infraestructura construida, insuficiencia para regulación y control de las aguas en el área de la jurisdicción de la Corporación; por tanto, esta infraestructura es vulnerable a los fenómenos hidrometeorológicos y es preciso proyectar nuevos macroproyectos orientados a regular y controlar niveles en los cuerpos de agua naturales y superficiales, y seguir ampliando la red hidrométrica con tecnología adecuada y de punta en toda la jurisdicción de la Corporación, que coadyuven la predicción y pronóstico de lluvias a fin de prevenir a la comunidad de posibles desastres.

En el desarrollo de la Sabana de Bogotá surgen sectores productivos, entre otros los floricultores e industriales en general, en los años setenta y ochenta, con la visión de generar ingresos y divisas al país, por lo cual obtienen exenciones de tributos y prioridad en la adquisición de servicios incluido el suministro hídrico, considerando el incremento de la mano de obra no calificada que demandaría y, por lo tanto, el incremento de la oferta de puestos de trabajo.

Así se intensificó la derivación de aguas superficiales especialmente de las cuencas de los ríos Chicú, Subachoque, Bojacá y Balsillas, lo que ocasiona la reducción de este recurso en corto plazo;





entonces, la Corporación debió realizar el primer estudio de reglamentación en la cuenca del río Chicú, en 1992, en el cual se recomendó reforestar su área de cobertura con especies nativas a partir de los 2.600 metros sobre el nivel del mar y no efectuar actividades de desarrollo antrópico allí, a fin de preservar el recurso hídrico superficial.

Luego, el sector floricultor, de cara a la necesidad imperiosa de agua, recurrió a la prospección y perforación de pozos de aguas subterráneas, y se inició el aprovechamiento del acuífero cuaternario que es somero, pero igualmente por sobreexplotación se indujo a su agotamiento en la Sabana de Bogotá en las cuencas mencionadas.

Similar proceso de agotamiento se está generando en el Acuífero del Grupo Guadalupe cuya exploración debe hacerse a profundidades de 800 y más metros: frente a esta situación la Corporación suscribió un convenio con Ingeominas en 1989 mediante el cual se realiza el denominado "Estudio cuantitativo de la Sabana de Bogotá", que permitió a la Corporación acceder al conocimiento de sus sistemas acuíferos y definir un plan de manejo y administración del recurso hídrico subterráneo.

Entre otros, con base en este estudio se obtuvieron parámetros hidrogeológicos que determinaron radios de influencia e indujeron a limitar la distancia mínima de 500 metros para perforación de un pozo respecto a otro, para registrarlo ante la Corporación y proceder a su legalización.

Posterior a ese estudio la Corporación estableció una amnistía para legalizar los pozos en la Sabana de Bogotá; anteriormente la distancia mínima era de 300 metros determinada después de que la Corporación realizara el estudio según convenio suscrito en el año 1986 con la TNO de Holanda; anteriormente, en 1975, la Corporación había desarrollado un primer estudio en convenio con Tajhal de Israel, para identificar los acuíferos que comenzaban a explorarse.

Posteriores estudios a los efectuados por el Convenio CAR – Ingeominas se han desarrollado para profundizar el conocimiento de las aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá, de los cuales se mencionan "El estudio del desarrollo de los recursos hídricos subterráneos en la Sabana de Bogotá en la República de Colombia", realizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y el DAMA, diversos estudios a cargo de estudiantes de pregrado y postgrado con enfoque a calidad de agua, balance hídrico, modelos hidrogeológicos conceptuales, algunos aislados estudios geofísicos y el discernimiento de la Asociación de Hidrogeólogos de Colombia – ACH.

Pero estos no han sido suficientes para interpretar certeramente, pronosticar, cuantificar y determinar el potencial hídrico subterráneo, incluyendo recarga y descarga; consecuentemente, la Corporación continúa efectuando estudios para lograr avanzar en el conocimiento integral de los sistemas de acuíferos infrayacentes en la Sabana de Bogotá, en procura de obtener un instrumento técnico idóneo y confiable para administrar equitativamente este recurso natural y satisfacer los requerimientos de los sectores productivos, industrial, agroindustrial, agrícola, pecuario y otros.

El conocimiento detallado de la geología, hidrogeología, hidrogeoquímica y el balance hidrogeológico especialmente, con prioridad en el plazo mediano y corto en la Sabana de Bogotá. Requiere ingentes esfuerzos de recursos humanos y económicos, orientados bajo criterios objetivos y normativa a cargo de instituciones competentes y designadas por el Estado.

Estos Planes de Manejo de agua subterránea son fundamentados en toda normativa vigente esgrimida en este plan, la cual ya la Corporación en una primera fase, cuando considerando el



Principio de Precaución dispuesto por la Constitución de Colombia, la Ley 99 de 1993 y demás normas concordantes, emitió el Acuerdo 31 de 2005 en el que se identificó y circunscribió la denominada "Zona Crítica" que comprometió la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo en los municipios de Tenjo, El Rosal, Madrid, Funza, Facatativá, Mosquera y parte de los municipios de Cota, Tabio y Subachoque, demarcados en el Polígono N°. 1, asimismo, en el municipio de Soacha y parte del Municipio de Sibaté demarcados en el Polígono N°. 2, al determinarse similar anomalía; la anomalía referida involucra la sobreexplotación de agua subterránea, tanto en el Acuífero Cuaternario (Qta) como en el Acuífero Guadalupe (Kg), que conforman los principales acuíferos en la Sabana de Bogotá.

La Corporación, con visión amplia para administrar las aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá, continúa desarrollando estudios hidrogeológicos para determinar parámetros geohidráulicos, capacidad específica de acuíferos y balance hídrico subterráneo para establecer planes de manejo de aguas subterráneas, coherentes en cada subcuenca y de acuerdo con la normativa que rige su aprovechamiento, los cuales serán actualizados periódicamente.





NORMATIVA

Normativa

1. LEGISLACIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ÁREA DE LA CAR

1.1. CÓDIGO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES - DECRETO LEY 2811 DE 1974

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente determina prioridades para el aprovechamiento de las diversas categorías de recursos naturales, teniendo en cuenta la conveniencia de la preservación ambiental, la necesidad de mantener suficientes reservas de recursos cuya escasez fuere o pudiere llegar a ser crítica y la circunstancia de los beneficios y costos económicos y sociales de cada proyecto.

Define que, con excepción de las aguas meteóricas y subterráneas, las demás se consideran aguas superficiales y pueden ser detenidas, cuando están acumuladas e inmóviles en depósitos naturales o artificiales, tales como las edáficas, lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, estanques o embalses; y corrientes, cuando escurren por cauces naturales o artificiales.

Establece que, sin perjuicio de los derechos privados adquiridos con arreglo a la ley, las aguas son de dominio público, inalienable e imprescriptible. También establece que, salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes inalienables e imprescindibles del Estado, el álveo o cauce natural de las corrientes, el lecho de los depósitos naturales de agua, las playas marítimas, fluviales y lacustres, una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho, las áreas ocupadas por los nevados y los cauces de los glaciares y los estratos o depósitos de las aguas subterráneas.

Determina que solo puede hacerse uso de las aguas en virtud de concesión y su aprovechamiento está sujeto a las disponibilidades del recurso y a las necesidades que imponga el objeto para el cual se destina. En virtud de ello, se tiene por objeto promover, fomentar, encauzar y hacer obligatorio el estudio, construcción y funcionamiento de obras hidráulicas para cualquiera de los usos de los recursos hídricos y para su defensa y conservación.

A quien se otorga concesión de aguas y el dueño de aguas privadas estarán obligados a presentar, para su estudio y aprobación, los planos de las obras necesarias para captar, controlar, conducir, almacenar o distribuir el caudal. Las obras no pueden ser utilizadas mientras su uso no se haya autorizado; toda obra de captación de aguas públicas o privadas deben estar provista de aparatos y demás elementos que permitan conocer y medir la cantidad de agua derivada y consumida en cualquier instante.

De otro lado, esta norma establece que aguas subterráneas son las subálveas y ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marino que brotan en forma natural, como las fuentes y manantiales captados en el sitio de afloramiento o las que requieren para su alumbramiento obras como pozos, galerías filtrantes u otras similares, de las cuales se deben organizar su protección y aprovechamiento.

Establece esta normativa que la utilización de aguas con fines lucrativos por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, da lugar al cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional, cuyo destino es el pago de los gastos de protección y renovación de los recursos acuíferos, entre ellos, investigar e inventariar los recursos hídricos nacionales, planear su utilización, proyectar aprovechamientos de beneficio común y proteger y desarrollar las cuencas hidrográficas.





La norma define cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas, superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar y la cuenca se delimita por la línea del divorcio de las aguas.

Establece la norma que si los límites de las aguas subterráneas de una cuenca no coinciden con la línea divisoria de aguas, sus límites serán extendidos subterráneamente más allá de la línea superficial de divorcio hasta incluir los de los acuíferos subterráneos cuyas aguas confluyen hacia la cuenca deslindada por las aguas superficiales.

Establece finalmente esta norma que se requiere autorización previa para transvasar aguas o hacer uso de servicios derivados de ellas, como el suministro de hidroelectricidad a otra cuenca.

1.2. DECRETO 1541 DE 1978 – REGLAMENTA EL USO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Reglamenta sobre las aguas no marítimas, dicta normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados y comprende la reglamentación de las aguas, ocupación de los cauces y la declaración de reservas y agotamiento, en orden a asegurar su preservación cuantitativa para garantizar la disponibilidad permanente del recurso; condiciona construcción de obras hidráulicas que garanticen correcta y eficiente utilización del recurso; establece conservación de las aguas y sus cauces, en orden a asegurar la preservación cualitativa del recurso; establece cargas pecuniarias en razón del uso del recurso y para asegurar su mantenimiento y conservación, determinar las sanciones y las causales de caducidad a que haya lugar por la infracción de las normas o por el incumplimiento de las obligaciones contraídas por los usuarios.

Establece que son aguas de uso público ríos y aguas que discurren por cauces naturales de modo permanente o no; aguas que discurren por cauces artificiales que hayan sido derivadas de un cauce natural; lagos, lagunas, ciénagas y pantanos; aguas que están en la atmósfera y aguas lluvias; establece que prospección y exploración que incluye perforaciones de prueba en busca de agua subterránea con miras a su posterior aprovechamiento, requiere permiso. Establece que un concesionario de aguas superficiales y subterráneas puede hacer uso combinado de ellas, limitando el caudal utilizable bajo uno u otro sistema o las épocas en que puede servirse de una y otras.

Establece que a fin de prevenir contaminación o deterioro de aguas subterráneas a causa de actividades que no tengan por objeto el aprovechamiento de aguas, tales como explotación de minas y canteras, trabajos de avenamiento, alumbramiento de gases o hidrocarburos, establecimientos de cementerios, depósitos de basuras o de materiales contaminantes, se desarrollan mecanismos de coordinación con las entidades competentes para otorgar concesiones, de tal suerte que en la respectiva providencia se prevean las obligaciones relacionadas con la preservación del recurso hídrico.

Establece medidas para realizar estudios necesarios orientados a identificar fuentes de contaminación y grado de deterioro o restricción, condicionamiento o prohibición de actividades, con el fin de preservar o restaurar la calidad del recurso hídrico subterráneo.

1.3. LEY 99 DE 1993 – SISTEMA AMBIENTAL DE COLOMBIA

Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y organiza el Sistema Nacional Ambiental, Sina.

Establece que las Corporaciones Autónomas Regionales son entes corporativos de carácter público, creados por ley, integrados por entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender a su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Establece que las Corporaciones Autónomas Regionales ejecutan políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental definidos por la ley aprobatoria del Plan Nacional de Desarrollo y del Plan Nacional de Inversiones o por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como los del orden regional que le hayan sido confiados conforme la ley, dentro del ámbito de su jurisdicción; establece que deben asesorar a las entidades territoriales en la formulación de planes de educación ambiental formal y ejecución de programas de educación ambiental no formal, conforme a las directrices de la política nacional; establece que tienen como funciones otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por ley, así como otorgamiento de permisos y concesiones para el uso de aguas superficiales y subterráneas.

Establece que la utilización directa o indirecta del agua y del suelo, para introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas servidas de cualquier origen, humos, vapores y sustancias nocivas que sean resultado de actividades antrópicas o propiciadas por el hombre, o actividades económicas o de servicio, sean o no lucrativas, se sujetan al pago de tasas retributivas por las consecuencias nocivas de estas actividades.

Establece que la utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, da lugar al cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional que se destinan al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos. El Gobierno Nacional calcula y establece las tasas a que haya lugar por el uso de las aguas.

Establece que todo proyecto que involucre en su ejecución uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, bien sea para consumo humano, recreación, riego o cualquier otra actividad industrial o agropecuaria, debe destinar no menos de un 1% del total de la inversión para la recuperación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la respectiva fuente hídrica; por tanto, el propietario del proyecto debe invertir este 1% en obras y acciones de recuperación, preservación y conservación de la cuenca que se determinen en la licencia ambiental del proyecto.

Establece que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las Corporaciones Autónomas Regionales, además de los departamentos, municipios y distritos con régimen constitucional especial quedan investidos, a prevención de las demás autoridades competentes, de funciones policivas para la imposición y ejecución de medidas de policía, multas y sanciones establecidas por la ley, que sean aplicables según el caso.

Establece que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las Corporaciones Autónomas Regionales impondrán al infractor de las normas sobre protección ambiental o sobre manejo y aprovechamiento de recursos naturales renovables, mediante resolución motivada y según la gravedad de la infracción, las sanciones y/o medidas preventivas consistentes en multas diarias hasta por una suma equivalente a 300 salarios mínimos mensuales, liquidados al momento de dictarse la respectiva resolución; suspensión del registro o de la licencia, la concesión, permiso o autorización.

Asimismo, cierre temporal o definitivo del establecimiento, edificación o servicio respectivo y revocatoria o caducidad del permiso o concesión; igualmente, demolición de obra, a costa del infractor, cuando habiéndose adelantado sin permiso o licencia, y no habiendo sido suspendida, cause daño evidente al medio ambiente o a los recursos naturales renovables; también medidas preventivas consistentes en amonestación verbal o escrita; y realización dentro de un término perentorio, los estudios y evaluaciones





requeridas para establecer la naturaleza y características de los daños, efectos e impactos causados por la infracción, así como las medidas necesarias para mitigarlas o compensarlas.

Establece que la Policía Nacional tiene un cuerpo especializado de Policía Ambiental y de los Recursos Naturales, encargado de prestar apoyo a las autoridades ambientales, a los entes territoriales y a la comunidad, en la defensa y protección del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y en las funciones y acciones de control y vigilancia previstas por la ley; el cuerpo especializado de policía presta su servicio con prioridad en las zonas de reserva, parques nacionales y en las áreas de especial importancia ecosistemática y colabora en las tareas educativas, promocionales y de prevención para el buen cuidado y respeto de la naturaleza.

Declara de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y distritales; los departamentos y municipios deben dedicar durante quince años un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos, de tal forma que antes de concluido tal periodo hayan adquirido dichas zonas.

Establece que los distritos de riego deben dedicar un porcentaje no inferior al 3% del valor de la obra a la adquisición de áreas estratégicas para la conservación de los recursos hídricos que los surten de agua.

1.4. DECRETO 1220 DE 2005 – LICENCIAS AMBIENTALES

Reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales, estableciendo que son autoridades competentes para el otorgamiento de licencia ambiental el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible.

Establece que licencia ambiental es una autorización que la autoridad ambiental competente otorga para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, la cual sujeta al beneficiario de esta al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que aquella establece en relación con prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada; la licencia ambiental lleva implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios para el desarrollo y operación del proyecto, obra o actividad.

Establece que la licencia ambiental se otorga por la vida útil del proyecto, obra o actividad y cubija las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación pertinentes.

Establece que las corporaciones autónomas regionales, las de desarrollo sostenible, los grandes centros urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 788 de 2002 otorgan o niegan licencia ambiental para construcción de presas, represas o embalses cualquiera sea su destinación con capacidad igual o inferior a 200 millones de metros cúbicos de agua; construcción y operación de distritos de riego y/o drenaje para áreas mayores o iguales a 5.000 hectáreas e inferiores o iguales a 20.000 hectáreas, proyectos que requieren transvase de una cuenca a otra de corrientes de agua igual o inferior a 2 m³/s durante los periodos de mínimo caudal.

1.5. LEY 373 DE 1997 – AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA EN COLOMBIA

Establece el Programa para el Uso Eficiente de Agua y determina que las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua deben exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable.



Establece que para definir la viabilidad del otorgamiento de las concesiones de aguas subterráneas las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales realizan estudios hidrogeológicos y adelantan acciones de protección de las correspondientes zonas de recarga. Estos estudios son realizados con el apoyo técnico y científico del Ideam e Ingeominas.

1.6. ACUERDO 10 DE 1989 DE LA CAR – REGLAMENTA USOS DEL AGUA

Dicta normas para administrar las aguas de uso público en la jurisdicción de la Corporación; define aguas de uso público, ríos y todas las aguas que discurren por cauces naturales de modo permanente o no; asimismo, aguas que fluyen por cauces artificiales que hayan sido derivadas de un cauce natural; lagos, lagunas, ciénagas y pantanos, que constituyen cuerpos de agua, aguas que están en la atmósfera, corrientes y depósitos de aguas subterráneas y aguas lluvias.

Establece que el derecho al uso de las aguas y de los cauces se adquiere por ministerio de la ley, por concesión, permiso y asociación; por tanto, toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión o permiso de la CAR, dentro del área de su jurisdicción, para hacer uso de las aguas públicas o sus cauces.

Establece que el suministro de aguas para satisfacer concesiones está sujeto a la disponibilidad del recurso; por tanto, la Corporación no es responsable cuando por causas naturales no puede garantizar el caudal concedido; la precedencia cronológica en las concesiones no otorga prioridad y en casos de escasez, todas serán abastecidas a prorrata o por turnos.

Establece que las concesiones otorgadas no son obstáculo para que la Corporación, con posterioridad a ellas, reglamente de manera general la distribución de una corriente o derivación.

Establece que las obras de captación de aguas deben estar provistas de los elementos de control necesarios que permitan conocer en cualquier momento la cantidad de agua derivada por bocatoma.

Establece que la prospección y exploración que incluye perforaciones de prueba en busca de aguas subterráneas con miras a su posterior aprovechamiento requieren permiso de la Corporación. En el proceso de exploración se contemplan los aspectos de cartografía geológica superficial, hidrología superficial, prospección geofísica, perforación de pozos exploratorios, prueba de bombeo, análisis físico-químico de aguas y compilación de datos sobre necesidad de agua.

Establece que al término de todo permiso de exploración de aguas subterráneas el permisionario entrega a la Corporación información que contiene: Ubicación del pozo perforado y de otros que estén dentro del área de exploración o próximos a esta y georreferenciados, descripción de la perforación y copia de los estudios geofísicos, profundidad y método de perforación, perfil stratigráfico de todos los pozos perforados, tengan o no tengan agua, descripción y análisis de las formaciones geológicas, espesor, composición, permeabilidad y parámetros hidrogeológicos del pozo; nivelación de cota del pozo con relación a las bases altimétricas establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, niveles estáticos del agua, niveles dinámicos durante la prueba de bombeo y calidad de las aguas incluyendo análisis físico-químico y bacteriológico.

Establece que los permisos de exploración de aguas subterráneas no confieren concesión para el aprovechamiento de aguas, pero dan prioridad al titular del permiso de exploración para el otorgamiento de la concesión.

Establece que cuando la producción de un pozo u obra de alumbramiento excede el caudal autorizado en la concesión, sea o no el concesionario dueño del suelo donde está la obra, la Corporación podrá otorgar concesiones de las aguas que sobran a terceros que la soliciten condicionado a que





contribuyan proporcionalmente a los costos de construcción, mantenimiento y operación del pozo u obra, y fija en tales casos el monto porcentual de las construcciones, así como el régimen de administración del pozo u obra.

Establece que cumplidos todos los trámites correspondientes, la Corporación expide resolución de concesión de aguas subterráneas y en ella consigna: distancia del pozo en relación con otros pozos en producción, características técnicas del pozo, tales como profundidad, diámetro, revestimiento, filtros y estudios geofísicos que se conozcan de pozos de exploración, o de otros próximos al pozo que se pretende aprovechar; asimismo, características técnicas de bomba o compresor y plan de operación del pozo; igualmente, se indica el máximo caudal por bombear en litros/seg, horizontes estratigráficos que se deben aislar, horizontes estratigráficos de los cuales está permitido alumbrar aguas, indicando cotas máximas y mínimas. Finalmente, tipo de válvula de control o cierre si el agua surge naturalmente y tipo de aparato de medición del caudal.

Establece que todo pozo perforado o excavado debe estar debidamente sellado en la parte superior, para garantizar que no haya contaminación; el sello deberá tener una profundidad adecuada a partir de la superficie, pero los detalles, su espesor, materiales de que estará hecho, y su colocación, deben estar de acuerdo con las características establecidas para cada caso por la Corporación.

Establece que es obligación de todo propietario sellar debida y oportunamente los pozos o captaciones de aguas subterráneas que por cualquier motivo estén inactivos; asimismo, quien abandone un pozo ya construido o una perforación o excavación debe sellarlo en forma apropiada para evitar contaminación y desperdicio de las aguas subterráneas; el abandono de un pozo, perforación o excavación sin el lleno de este requisito constituye una contravención de la norma que será sancionada.

Establece que la declaración de agotamiento es aplicable para las aguas subterráneas por motivos de disponibilidad cuantitativa y cualitativa de ellas; por tanto, la Corporación podrá tomar, entre otras medidas, ordenar a los concesionarios la construcción de obras y trabajos que sean necesarios para recargar y conservar el pozo, o construir obras, en cuyo caso podrá cobrar tasa de valorización.

Establece que para evitar interferencia que pueda producirse entre dos (2) o más pozos como consecuencia de solicitud para un nuevo aprovechamiento, la Corporación, teniendo en cuenta el radio físico de influencia de cada uno, determina la distancia mínima que debe mediar entre la perforación solicitada y los pozos existentes, su profundidad y el caudal máximo que puede alumbrarse.

Establece que la Corporación coordina, con las entidades indicadas en la Ley 99 de 1993, medidas tales como la realización de los estudios necesarios para identificar fuentes de contaminación y grado de deterioro o restricción, condicionamiento o prohibición de actividades con el fin de preservar o restaurar la calidad del recurso hídrico subterráneo.

Establece que en investigación de aguas subterráneas se consideran aspectos de estratigrafía general, profundidades y espesores de los acuíferos o identificación de sus fronteras permeables, impermeables y semimpermeables, configuración de elevaciones piezométricas, configuración de niveles piezométricos referidos al terreno, evaluaciones piezométricas a través del tiempo, magnitud y distribución de las infiltraciones y extracciones por medio de pozos, ríos, manantiales y lagunas o zonas pantanosas, magnitud y distribución de las propiedades hidrodinámicas de los acuíferos, deducidos de pruebas de bombeo en régimen transitorio, información hidrogeológica superficial y calidad físico-química y bacteriológica.

Establece que la Corporación podrá imponer a un concesionario de aguas superficiales y subterráneas el uso combinado de ellas, limitando el caudal utilizable bajo unos u otros sistemas o las épocas en que pueda servirse de unas y otras.



Establece que para concesiones de aguas superficiales, como para aguas subterráneas, la Corporación podrá declarar agotada la respectiva fuente o pozo, cuando hubiere sido aforada y se hubieren otorgado permisos o concesiones de uso que alcancen o excedan al caudal disponible, computadas las obras de almacenamiento que estén construidas.

Establece que en caso de producirse escasez crítica por sequías, contaminación, catástrofes naturales o perjuicios producidos por el hombre, que limiten los caudales útiles disponibles, la Corporación podrá restringir los usos y consumos temporalmente. A tal efecto podrá establecer turnos para el uso o distribuir porcentualmente los caudales utilizables.

Establece que a quienes incurran en las conductas que atenten contra el recurso hídrico subterráneo se les aplicarán multas y el infractor deberá, según el caso, clausurar el pozo, sin perjuicio de la indemnización por los daños ocasionados.

Establece que son causales de caducidad de las concesiones: la cesión del derecho al uso del recurso hecha a terceros sin autorización del concedente; destinar la concesión para uso diferente del señalado en la resolución; incumplimiento del concesionario a las condiciones impuestas o pactadas; por incumplimiento grave o reiterado de las normas sobre preservación de recursos; disminución progresiva o el agotamiento del recurso; establece que hay incumplimiento reiterado cuando se haya sancionado el concesionario con multas, en dos (2) oportunidades; incumplimiento grave por no ejecutar obras para el aprovechamiento de la concesión con arreglo a los planos aprobados, dentro del término que se fije; incumplimiento de las obligaciones relacionadas con la preservación de la calidad de las aguas.

1.7. DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007 – ESTABLECE EL SISTEMA PARA LA PROTECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada; aplica a todas las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas. Se aplica también a todas las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.

1.8. LEY 142 DE 1994 – SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS

Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, se aplica entre otros a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo; allí se establece que quienes presten servicios públicos requieren contratos de concesión con las autoridades competentes, según la ley, para usar las aguas y deben obtener los permisos ambientales y sanitarios que la indole misma de sus actividades haga necesarios, de acuerdo con las normas.

De otro lado, los entes prestadores de servicios públicos deben invertir en el mantenimiento y recuperación del bien público explotado. Establece que la generación de agua, en cuanto ella implique la conservación de cuencas hidrográficas, no es un servicio público a que esta ley se refiere, pero si lo es la generación de agua, en cuanto se refiere al desarrollo de pozos, la desalinización y otros procesos similares.

1.9. DECRETO 901 DE 1997 – TASAS RETRIBUTIVAS POR USO DE AGUA

Reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales y establece las tarifas de estas.





1.10. DECRETO 1594 DE 1984 – NORMAS DE CALIDAD DE AGUA

Establece definiciones sobre tipos de usuarios, condiciones de calidad según el uso, además las condiciones, autorizaciones, criterios de calidad y tasa para los vertimientos, y también sobre las concesiones, entre otros.

1.11. DECRETO 1449 DE 1977 – CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Fija las obligaciones de los propietarios de predios ribereños en relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, asimismo con la conservación de bosques, suelos y demás recursos naturales renovables.

1.12. DECRETO 1843 DE 1991 – DISPOSICIONES SOBRE PLAGUICIDAS

Reglamentan parcialmente los títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 9ª de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas.

El control y vigilancia epidemiológica en el uso y manejo de plaguicidas deben efectuarse con el objeto de evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro del ambiente.

Establece que el uso y manejo de plaguicidas está sujeto a las disposiciones contenidas en la Ley 9ª de 1979, el Decreto 2811 de 1974, Reglamento Sanitario Internacional, el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de la FAO, las demás normas complementarias previstas en el presente decreto y las que dicten los Ministerios de Salud y de Agricultura o sus institutos adscritos.

Para efectos de clasificación se establecen las siguientes categorías toxicológicas de los plaguicidas ya sea en su formulación o en uno de sus componentes:

CATEGORÍA I "Extremadamente tóxicos".

CATEGORÍA II "Altamente tóxicos".

CATEGORÍA III "Medianamente tóxicos".

CATEGORÍA IV "Ligeramente tóxicos".

Para clasificación de los plaguicidas se aplican los siguientes criterios:

- a) Dosis letal oral e inhalatoria en ratas y dérmica en conejos;
- b) Estudios de toxicidad crónica;
- c) Efectos potenciales cancerígenos, mutagénicos y teratogénicos;
- d) Presentación y formulación;
- e) Forma y dosis de aplicación;
- f) Persistencia y degradabilidad;
- g) Acción tóxica, aguda, subaguda y crónica en humanos y animales;
- h) Factibilidad de diagnóstico médico y tratamiento con recuperación total;
- i) Efectos ambientales a corto plazo.





Establece que la tabla de rangos y valores de la dosis letal 50 para cada categoría será fijada por el Ministerio de Salud.

Establece que al aplicar plaguicidas cerca de zonas pobladas, criaderos de peces, abejas, aves u otros animales; cursos o fuentes de agua y áreas de manejo especial para protección de recursos naturales, deben utilizarse técnicas acordes con los riesgos inherentes a la actividad respectiva.

Establece que la aplicación de plaguicidas en zonas rurales no podrá efectuarse a menos de 10 metros en forma terrestre y de 100 metros para el área como franja de seguridad, en relación a cuerpos o cursos de agua, carreteras troncales, núcleos de población humana y animal, o cualquiera otra área que requiera protección especial.

1.13. ACUERDO 31 DE 2005 CAR – DECLARA ZONA CRÍTICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA

La Corporación dispuso aplicar en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, para aprovechamiento de agua subterránea, los Artículos 18, 88, 91, 97 y 114, para otorgar concesiones de agua y autorizar el aprovechamiento de aguas subterráneas de acuerdo a disponibilidad del recurso y en armonía con la planificación integral del mismo en la zona, así que la Corporación tiene competencia para reglamentar el aprovechamiento de cualquier fuente de agua subterránea y determinar medidas necesarias para su protección; además, tiene facultad para exigir a usuarios que aprovechan aguas subterráneas, instalación de aparatos y elementos con los cuales se conozcan y cuantifiquen los acuíferos y caudales extraídos de los acuíferos.

Adicionalmente, adoptó los módulos de consumo para los diferentes usos del recurso hídrico, en el área comprendida por las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez, de conformidad con el documento denominado "Estudio para la determinación módulos de consumo para beneficio hídrico", elaborado por el Consorcio Hidroplán Ltda. en 1993.

1.14. ACUERDO 04 DE 2006 CAR – COMPLEMENTA DECLARATORIA DE ZONA CRÍTICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Declara como zonas críticas para aprovechamiento de aguas subterráneas a los municipios de Tenjo, El Rosal, Madrid, Funza, Facatativá, Mosquera y parte de los municipios de Cota, Tabío, Subachoque, los cuales se encuentran delimitados en las coordenadas del Polígono N° 1, así como también el Municipio de Soacha y parte del Municipio de Sibaté enmarcados dentro del Polígono N° 2.

Modificó el Acuerdo 31/2005, declarando como zonas críticas para el aprovechamiento de aguas subterráneas a los municipios de Tenjo, El Rosal, Madrid, Funza, Facatativá, Mosquera y parte de los municipios de Cota, Tabío y Subachoque, los cuales se encuentran delimitados dentro del polígono N° 1, así como también el municipio de Soacha y parte del Municipio de Sibaté, enmarcados dentro del polígono N° 2, cuyas coordenadas se transcriben a continuación y se encuentran graficadas en el Mapa N° 1:



POLÍGONO 1

Coordenada Y (este)	Coordenada X (norte)
977.500	1 010.000
990.000	1 010.000
990.000	1 020.000
995.000	1 020.000
995.000	1 030.000
1 000.000	1 030.000
1 000.000	1 035.000
995.000	1 035.000
995.000	1 032.500
990.000	1 032.500
990.000	1 030.000
975.000	1 030.000
975.000	1 020.000
977.500	1 020.000
977.500	1 010.000

POLÍGONO 2

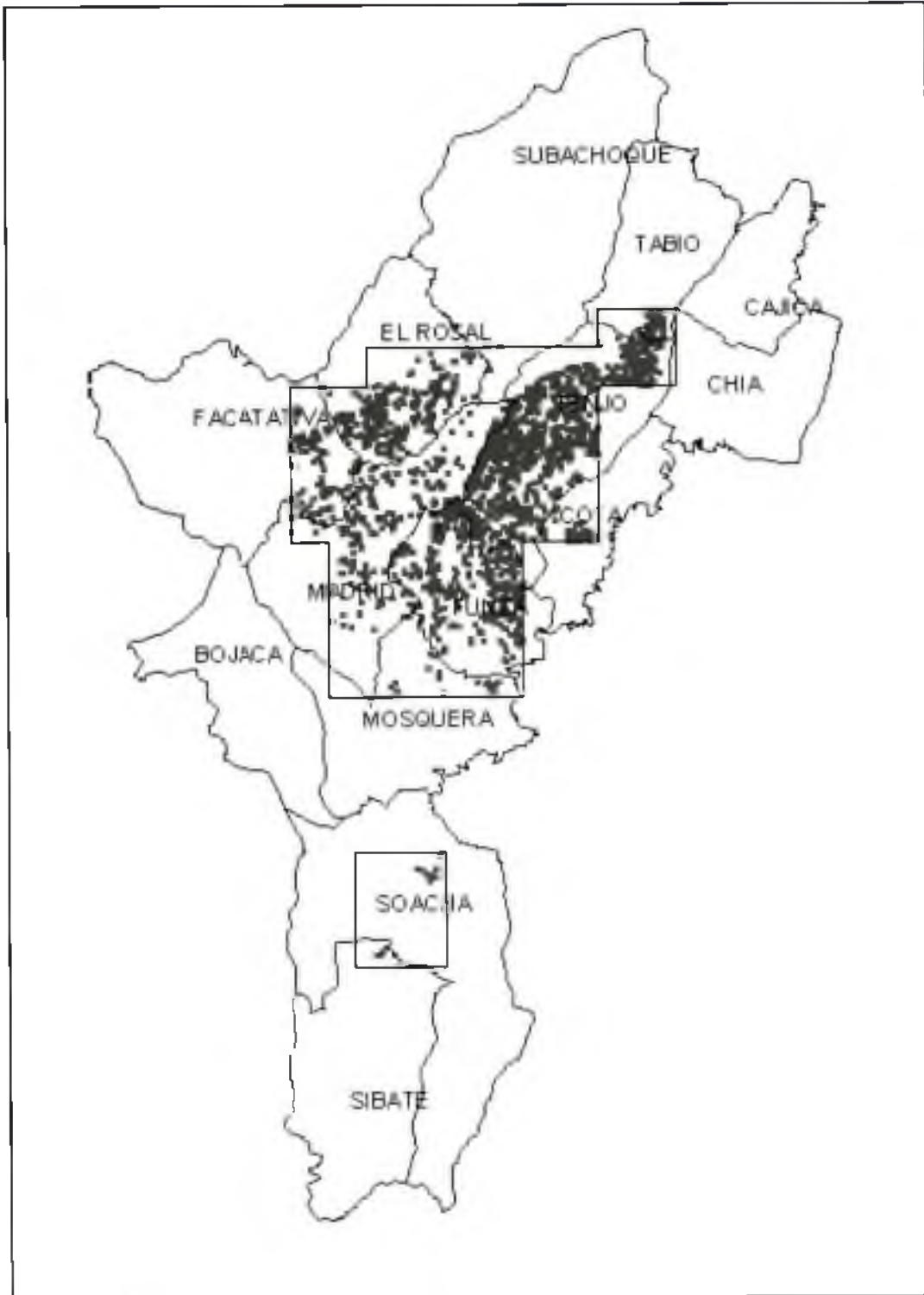
Coordenada Y (este)	Coordenada X (norte)
979.000	992.500
985.000	992.500
985.000	1 000.000
979.000	1 000.000
979.000	992.500

1.15 ACUERDO 29 DE 2006 CAR – MODIFICA EL ACUERDO 31 DE 2005

Modifica el Acuerdo 31 de 2005 en el sentido de adicionar un nuevo módulo de consumo para riego en la fase de propagación de plantas en cultivos de flores en el área de jurisdicción de la CAR.



Mapa N°. 1 - Zonas Críticas para aprovechamiento de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá





GENERALIDADES

Generalidades

2. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACIÓN GENERAL

La cuenca del río Bogotá está localizada en el Departamento de Cundinamarca, constituye corriente de segundo orden del Departamento, con cobertura superficial total de 589.143 hectáreas que corresponden a cerca del 32% del total de la superficie departamental, en donde se enmarca y se extiende la Sabana de Bogotá. En el Mapa N°. 2 se presenta la localización de la cuenca en Cundinamarca.

2.2. LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA

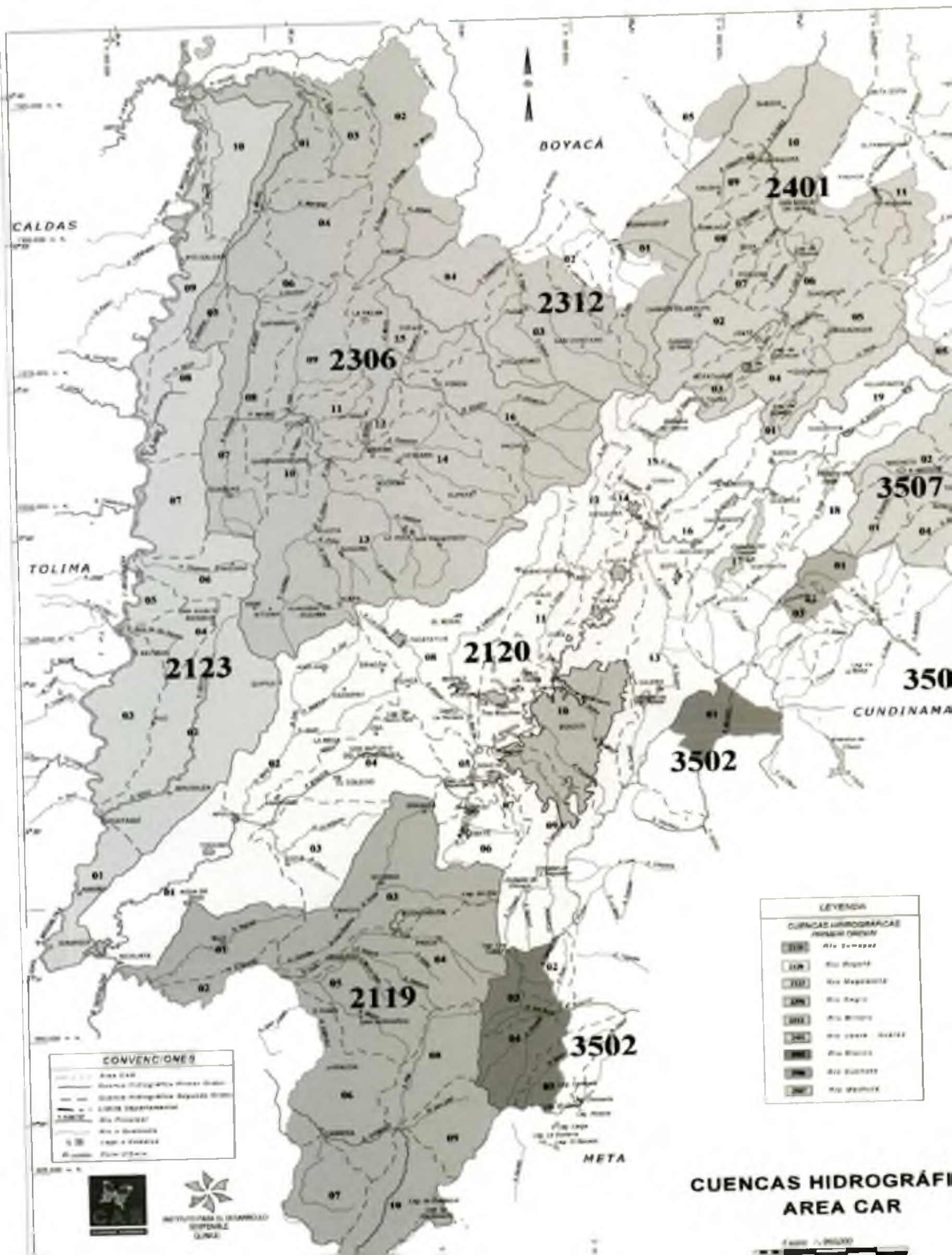
La Sabana de Bogotá está ubicada sobre el flanco oriental de la cordillera Oriental, comprende veintisiete municipios: Soacha, Sibaté, Bojacá, Mosquera, Madrid, Facatativá, Funza, Tenjo, Tabio, Cota, Subachoque, El Rosal, Cajicá, Chia, Zipaquirá, Nemocón, Cogua, La Calera, Sopó, Tocancipá, Gachancipá, Sesquillé, Guatavita, Chocontá, Suesca, Villapinzón y Bogotá. La cobertura superficial es de aproximadamente 4.300 km² y constituye la cuenca alta del río Bogotá. (Ver Mapa N°. 3).

2.3. CARTOGRAFÍA

El área de estudio está comprendida dentro de las siguientes planchas IGAC a escala 1:25.000: 209IIB, 209IC, 209ID, 209IIC, 209IID, 209IIIA, 209IIB, 209IVA, 208IVD, 209IIIC, 209IIID, 227IIA, 227IIB, 228IA, 228IB, 228IIA, 227ID, 227IIC, 227IID, 228IC, 228ID, 227IVA, 227IVB, 228IIIA, 228IIIB, 227IVC, 227IVD, 228IIIC, 246IIA, 246IIB, 247IIA, 246IIC, 246IID, 246IVB. (Ver Mapa N°. 3).



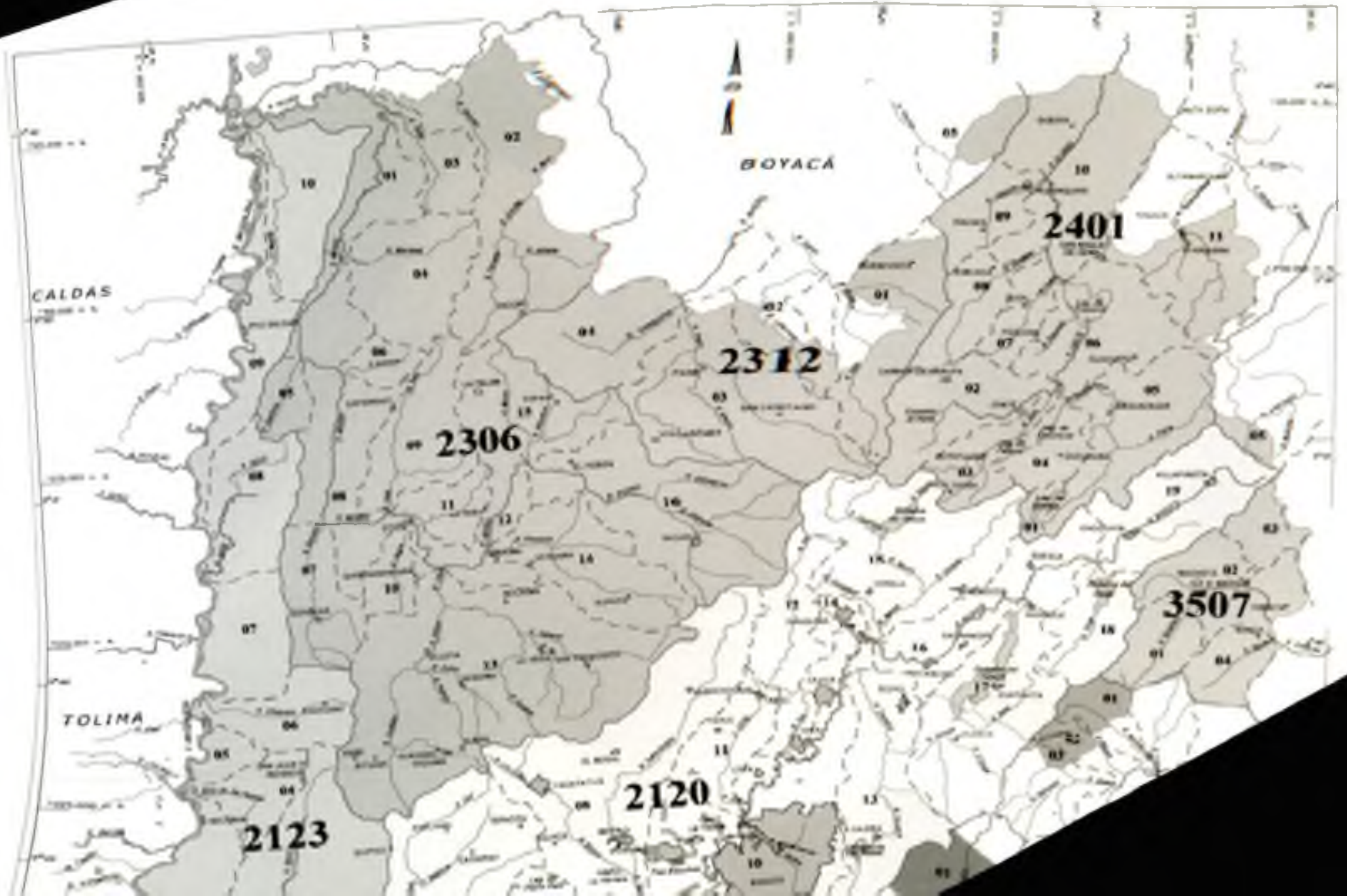
Mapa N°. 2. Localización cuenca del río Bogotá -



Mapa N°. 2. Localización cuenca del río Bogotá -



Mapa N°. 2. Localización cuenca del río Bogotá -







3. DIAGNÓSTICO

Diagnóstico



3. DIAGNÓSTICO DE FLUCTUACIÓN DE NIVELES DE AGUA SUBTERRÁNEA

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA CRÍTICA Y DE LA SABANA DE BOGOTÁ

El área de la Zona Crítica ubicada en la Sabana de Bogotá ha sido objeto de varios estudios hidrogeológicos, con el propósito de evaluar la explotación y manejo sostenible del agua subterránea, entre los que se encuentran el estudio realizado entre Ingeominas y la CAR a través del proyecto PIC, en el cual se llevó a cabo un inventario de datos hidrogeológicos en la parte centro-occidental de la Sabana de Bogotá en el año 1985.

Posteriormente, en cooperación entre Ingeominas y la CAR, se obtuvo el denominado "Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá" (1989), en donde se hizo un reconocimiento geológico-hidrogeológico regional a escala 1:25.000 y cuyo resultado fue una primera aproximación de las características de las unidades geológicas e hidrogeológicas de la Sabana de Bogotá; este último estudio dividió la Sabana de Bogotá en 9 subcuencas hidrogeológicas que constituyen parte de las Cuencas Alta y Media del río Bogotá. El estudio incluyó cartografía geológica, mapas de isorresistividad, mapas de isóbatas del techo del acuífero del Guadalupe y base del acuífero del Cuaternario, inventario de puntos de agua y balances hídricos. (Ver Mapa N°. 4).

Posteriormente, fue elaborado el denominado "Estudio del desarrollo sostenible del agua subterránea de la Sabana de Bogotá en la República de Colombia" (2003), realizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y la EAAB, en el cual se hizo una evaluación del potencial de agua subterránea de la Sabana de Bogotá y se formuló un plan de desarrollo sostenible de aguas subterráneas para satisfacer la demanda de agua en el futuro garantizando una mayor estabilidad en el abastecimiento de agua. Este estudio cubrió desde el Salto de Tequendama hasta el límite aguas arriba de la cuenca del río Bogotá y consideró 19 subcuencas hídricas. (Ver Mapa N°. 5).

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), para estudio geológico e hidrológico de la Sabana de Bogotá, continuó desarrollando estudios sobre la base de subcuencas definidas en el estudio hidrogeológico realizado entre CAR e Ingeominas en 1989, por tanto, se continúa con las 9 subcuencas que se definieron con base en estudios geológicos, hidrogeológicos e hidrogeoquímicos adecuadamente detallados, que en orden de prioridad por reducción del potencial hidrogeológico subterráneo se indican en la Tabla N°. 1.

TABLA N°. 1

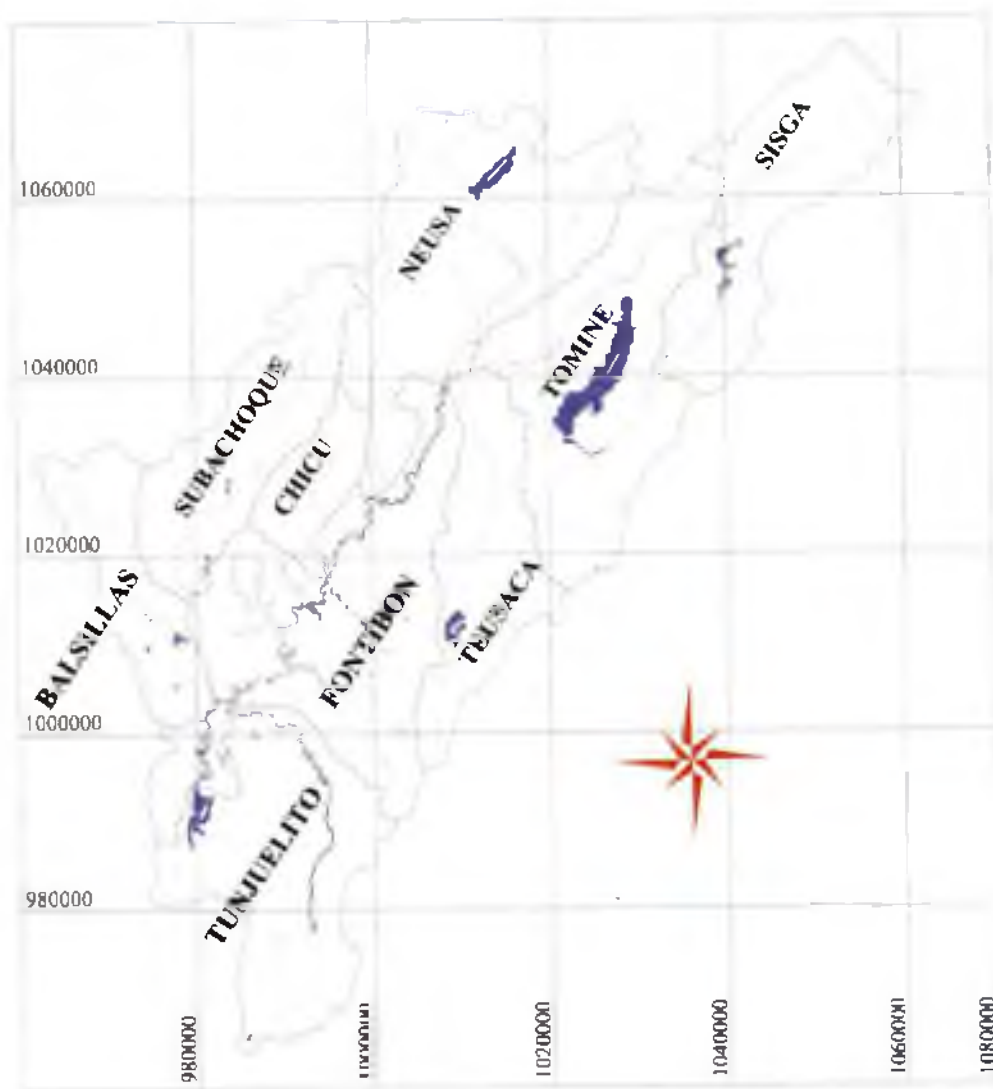
No.	Subcuenca	Área superficial Km ²
1	Chicú	147,93
2	Tibitó – Salto de Tequendama	629,01
3	Subachoque	400,86
4	Bojacá – Balsillas	270,41
5	Muña – Soacha – Tunjuelo	603,35
6	Oriente Bogotano – Teusacá	509,66
7	Riofrío – Tibitó – Rionegro	654,73
8	Sisga – Tibitó – Embalse de Tomíné	653,86
9	Alto Bogotá – Embalse del Sisga	434,91

Para conocimiento y gestión del recurso hídrico subterráneo en la Sabana de Bogotá se han tenido en cuenta las subcuencas determinadas en el "Estudio Hidrogeológico Cuantitativo en la Sabana de Bogotá", efectuado entre la CAR e Ingeominas, y se obtuvo su caracterización hidrogeológica y cuyo resumen se presentan en los cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

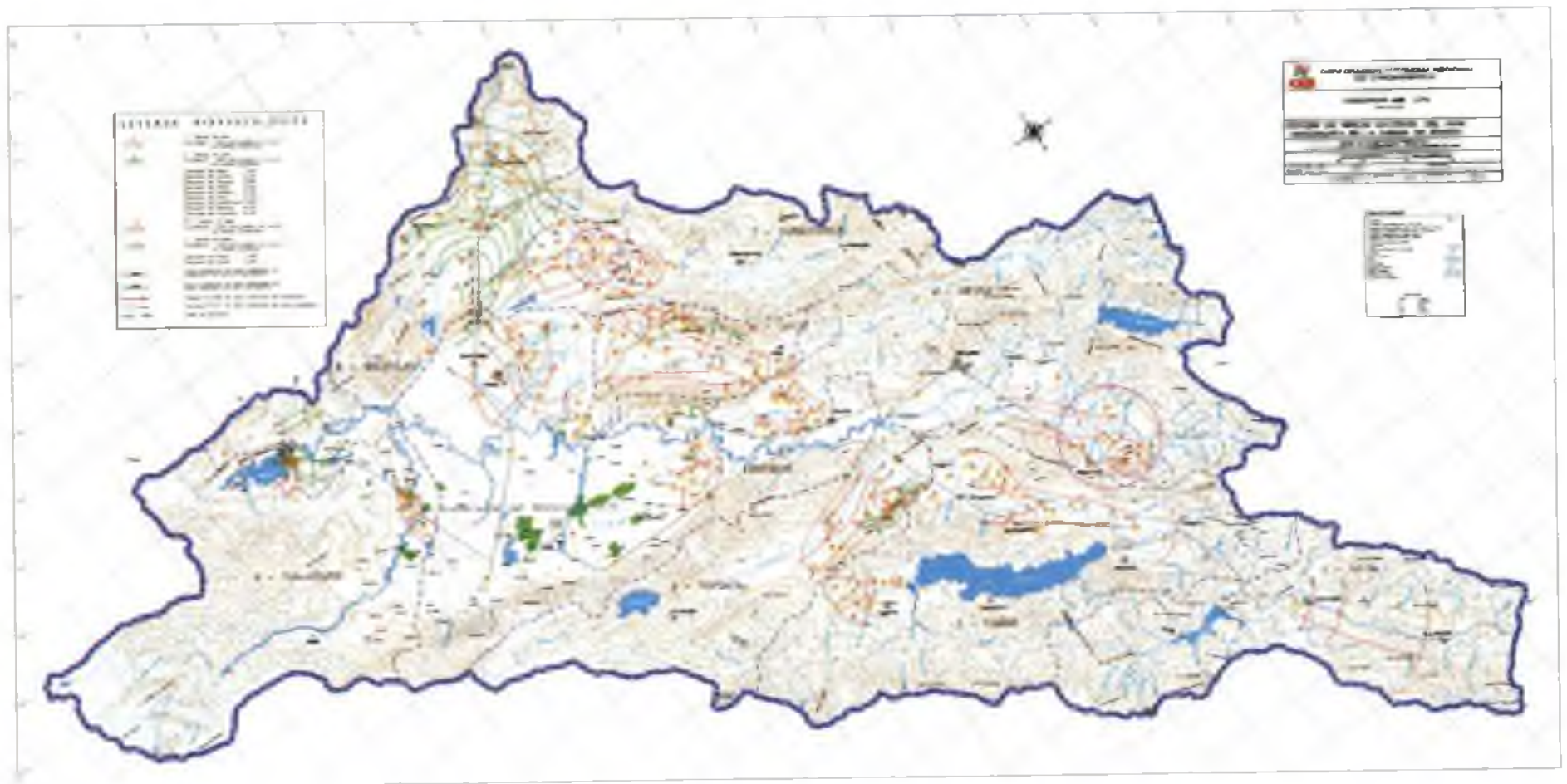
CUADRO N° 1

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA RÍO CHICÚ - SABANA DE BOGOTÁ							
PERIODO	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA		CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	RESISTIVIDAD (OHM - M)	
CUATERNARIO	Depósitos Aluviales (Qal)	2-15	Arenas, limos arcillas y gravas		Acuíferos de poca importancia hidrogeológica	<30	
	Coluviones (Qc)	1-12	Bloques y gravas dentro de matriz areno-arcillosa		Acuíferos sin importancia hidrogeológica	No se detectó	
	Depósitos Terraza Alta (Qta)	<200	Intercalaciones de arcillas, limos, arenas y gravas		Acuíferos de poca a moderada importancia hidrogeológica	30-100	
TERCIARIO	Formación Guaduas (Tkgu)	150-550	Lodolitas, grises y esporádicas intercalaciones de cuarzo-arenita con matriz arcillosa		Acuíferos de poca importancia hidrogeológica. Limitado a capas arenosas	8-20	
CRETÁCEO	Grupo Guadalupe	Formación Labor y Tierra (Kglt)	100	Cuarzo-arenitas de grano fino a medio, cementadas compactas y a veces friables. Lodolitas laminadas. Cuarzo-arenitas de grano fino con matriz arcillosa intercaladas con niveles de lodolitas		Acuíferos con moderada a gran importancia hidrogeológica	50-150
		Formación Planners (Kgpl)	120	Lodolitas silíceas arcillo-líticas y cuarzo-arenitas		Acuíferos de poca importancia hidrogeológica	
		Formación Arenisca Dura (Kgd)	350	Cuarzo-arenitas fracturadas de grano fino a muy fino e intercalaciones de lodolitas		Acuífero de moderado a gran importancia hidrogeológica	
	Grupo Villela	Formación Chipaque (Ksc)	> 400	Lodolitas negras e intercalaciones de limolitas y areniscas		Acuífero sin importancia hidrogeológica	No se detectó
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	UNIDADES GEOLÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS SUBCUENCA CHICÚ	FUENTE ESTUDIO INGEOMINAS-CAR	Cuadro 1 FCM /MLNP/ RCCH

**Mapa N°. 4 – Subcuencas hidrogeológicas de la Sabana de Bogotá
Estudio INGEOMINAS - CAR**



Mapa N°. 5 – Subcuencas Hidricas de la Sabana de Bogotá – Estudio JICA - EAAB



CUADRO N.º 2

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUIFEROS EN LA SUBCUENCA RÍO SUBACHOQUE - SABANA DE BOGOTÁ						
PERIODO	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS		RESISTIVIDAD (ohm-m)
CUATERNARIO	Depósitos Aluviales (Qal)	<40	Gravas, arenas, limos, arcillas depositados por el río Subachoque y quebradas afluentes	De poca importancia hidrogeológica		30 - 10
	Depósito Coluvial (Qcl)	<20	Bloques cantos y gravas en matriz arenolodosa	Sin importancia hidrogeológica		
	Depósito Terraza Alta (Qta)	250	Intercalaciones de gravas, arenas, limos y arcillas que rellenan valles y conforman terrazas altas	De poca a moderada importancia hidrogeológica T = 5-75 m ² /día S = 6,4*10 ⁻⁴ - 2,2 *10 ⁻⁵ K = 6,24 - 3,6 m/día Q/s = 0,03 - 0,3 lps/m Q = 1,1 - 4,4 lps	30 - 200	
	Formación Tibatá (Qtt)	200	Gravas y arenas con intercalaciones de arcillas y turba	De poca a gran importancia hidrogeológica T = 1 - 350 m ² /día S = no se conoce K = 0,07 - 8,7 m/día Q/s = 0,02 - 1,7 lps/m Q = 1 - 12 lps	20 - 70	
TERCIARIO	Conjunta Superior (Tba)	600	Lodolitas rojas y grises	Sin importancia hidrogeológica		10-20
	Conjunta inferior (Tbi)	70	Sucesión alternante de areniscas subangulares y lodolitas grises	De poca importancia hidrogeológica		20-70
	Formación Guatavita (Tkgu)	650-750	Arcillolitas grises con intercalaciones de mantos de carbón y areniscas en la parte media	De poca a moderada importancia hidrogeológica		10-20
CRETÁCICO	Formación Labor y Tiema (Kgl)	100	Areniscas cuarzosas de grano medio a fino y con abundancia de foraminíferos Intercalaciones de limolitas y lodolitas laminadas silíceas	De poca a gran importancia hidrogeológica T = 15-472 m ² /día S = 1,2 *10 ⁻⁴ K = 0,042 - 5,1 m/día Q/s = 0,085 - 7 lps/m Q = 7,4 lps		100-400
	Formación Plaeners (Kgp)	140	Niveles de liditas y arcillolitas con bancos de areniscas en la parte media	De poca importancia hidrogeológica		70-10
	Formación Arenisca Dura (Kgd)	300	Areniscas masivas de grano fino, cemento silíceo alto grado de consolidación Algunos niveles presentan fosfatos Intercalaciones de areniscas y calizas, lodosas fracturadas	De gran importancia hidrogeológica T = 700 m ² /día S = 6,5*10 ⁻⁵ K = 10,4 m/día Q/s = 0,014 - 5,8 lps/m Q = 2,5 - 35 lps		100-400
CHIPAQUE	Formación Chipaque (Ksc)		Shales negros con intercalaciones de calizas y areniscas lodosas	Sin importancia hidrogeológica		<40
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			INSPECCION DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	UNIDADES GEOLÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS SUBCUENCA SUBACHOQUE	FUENTE ESTUDIO INGEOMINAS-CAR
						Cuadro 2
						FCM/WLNP/RCCH

CUADRO N.º 3

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA RÍO BOJACÁ - BALSILLAS - SABANA DE BOGOTÁ						
PERIODO	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLÓGIA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS		RESISTIVIDAD (ohm-m)
CUATERNARIO	Depósitos Cuaternarios sin diferencia (Q)		Cantos gravas arenas limos y arcillas	Acuífero de poca importancia hidrogeológica.		10-20
	Depósitos Terraza Alta (Qta)	20-300	Gravas, arenas y arcillas	Sin importancia hidrogeológica.		10-20
	Formación Tilatá (QTt)			Acuífero de poca a moderada importancia hidrogeológica T = 5-20 m ² /día K = 0,24 -3,6m/día S = 3x10 ⁻³ (intenso) Q/s = 0,05-1 19 lps/m Q = 0,66-8,6 lps		10-70
TERCIARIO	Formación Guadua (Tkgu)	700	Arcillolitas grises y rojas con esporádicas intercalaciones de cuarzo-areniscas Presencia de mantos de carbón	Sin importancia hidrogeológica		10-20
CRETÁCICO	Formación Labor y Tierra (Kgt)	180	Cuarzo-arenisca grises a amarillentas con intercalaciones de lodolitas negras	Acuífero de época a gran importancia hidrogeológica T =4-170 m ² /día K =0,27-3,8m/día S = (3-8,5)x10 ⁻⁴ Q/s = 0,04-1,26 lps/m Q =2,2-25 lps		100-200
	Formación Plaenera (Kgp)	140	Lodolitas intercaladas con capas de liditas y limolitas silíceas alternando con cuarzo-areniscas, arcillolitas blancas, intercaladas con liditas grises	Sin importancia hidrogeológica		70-100
	Formación Arenisca Dura (Kgd)	450	Cuarzo-areniscas grises de grano muy fino con algunas intercalaciones de lodolitas negras capas de liditas y limolitas silíceas	Acuífero de moderada importancia hidrogeológica T =15-140 m ² /día K=0 5-1 m/día S = 4,5x10 ⁻⁴ (intenso) Q/a = 0,1-0,5 LPS/m Q = 4-12 LPS		>200
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	UNIDADES GEOLÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS SUBCUENCA BOJACÁ - BALSILLAS	FUENTE ESTUDIO INGEOMINASCAR
						Cuadro 3 FCM /WLNP/ RCH



CUADRO N.º 4

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA FONTIBÓN - SABANA DE BOGOTÁ							
PERIODO	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	UNIDADES GEO-LÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEO-LÓGICAS SUBCUENCA FONTIBÓN	FUENTE ESTUDIO INGEOMINAS-CAR	Cuadro 4	
CUATERNARIO	Cuaternario sin distinción		Gravas, guijarros, bloques y arcillas	Sin importancia hidrogeológica			
	Depósito Coluvial Qc		Gravas, arenas, limos, guijarros, bloques y arcillas	Sin importancia hidrogeológica			
	Depósito Fluvio-glacial (Qfg)		Gravas, arenas, limos, guijarros, bloques y arcillas	Sin importancia hidrogeológica			
	Depósito Aluvial Abanico Alaa	<30	Gravas, arenas, limos y arcillas	De poca importancia hidrogeológica			
	Depósito Aluvial Qal	<30	Arcillas y limos	De poca importancia hidrogeológica		<20	
	Depósito Terraza Alta (Qta)	<500	Arcillas, arenas y gravas	Moderada importancia hidrogeológica T = 7,3-52,45 m ² /día K = 0,15-3,5 m/día S=(1,3-2,8)*10 ⁻³ Q/s=0,2-0,6 lps/m Q=0,05-0 lps			
TERCIARIO	Formación Tilatá (QT1)	100	Cantos de areniscas o limolitas en matriz arcilolimosas e interestratificaciones de areniscas conglomeráticas y arcilolitas grises	Moderada a gran importancia hidrogeológica T = 2,95-878 m ² /día, M = 0,08-6,6 m/día, S = 2,5*10 ⁻³ dato puntual Q/s = 0,6-1,5 lps/m, Q = 2-40 lps		20-100	
	Formación Arenisca Regadera (Tat)	320	Areniscas y arcilolitas	Poca importancia hidrogeológica			
	Formación Bogotá superior (Tbs)	1000	Arcilolitas	Sin importancia hidrogeológica		<20	
	Formación Bogotá inferior (Tbi)	620	Areniscas y arcilolitas	Poca importancia hidrogeológica			
CRETÁCICO	Formación Cacho (Tca)	43	Areniscas y arcilolitas	Poca importancia hidrogeológica			
	Formación Guaduas (Tgu)	600	Arcilolitas y arenisca	Poca importancia hidrogeológica T = 2,3-20,4 m ² /día, K = 0,8 m/día S = (1,16-7,2)*10 ⁻³ , Q/s = 0,08 lps/m, Q = 1 lps		<20	
	Formación Labor y Tierra (Kgt)	220	Areniscas, arcilolitas y limolitas	Moderada a gran importancia hidrogeológica T = 18,24-360 m ² /día, K = 1-8 m/día S = 5,9*10 ⁻³ - 2,5*10 ⁻⁴ Q/s = 0,15-6 lps/m Q = 0-20 lps		100-300	
	Formación Plaeners (Kgp)	80	Arcilolitas, limolitas, silíceas lúditas y areniscas	Poca importancia hidrogeológica T = 9,6 m ² /día dato puntual K = 0,8 m/día dato puntual, Q/s = 0,005-0,07 lps/m Q = 0,06-4 lps		50-100	
	Formación Arenisca Dura (Kgd)	400	Areniscas, lutitas y arcilolitas	Moderada importancia hidrogeológica T = 22-356 m ² /día, K = 0,8 m/día S = sin información, Q/s = 0,2-0,3 lps/m Q = 0-14 lps		300-1000	
	Formación Chipaque (Xsc)	130	Lutitas y limolitas	Sin importancia hidrogeológica			
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			SUBDIRECCIÓN ADMINISTRATIVA DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	UNIDADES GEO-LÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEO-LÓGICAS SUBCUENCA FONTIBÓN	FUENTE ESTUDIO INGEOMINAS-CAR	Cuadro 4



CUADRO N° 5

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA
TUNJUELITO - SABANA DE BOGOTÁ

PERIODO	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS	RESISTIVIDAD		
CUATERNARIO	Depósitos Coluviales (Qc)		Gravas guijarros y bloques alternándose el predominio de la matriz limo-arenosa o del material mas grueso (bloques)	Sin importancia hidrogeológica			
	Depósitos Fluvio-glaciares (Qfg)		Bloques y fragmentos incluidos dentro de una matriz limo-arenosa	Sin importancia hidrogeológica			
	Depósitos Aluviales (Qal) Depósitos Abanicos Aluviales (Qaa)	0-20 20-100	Sedimentos arenosos, limosos y gravas, guijos y guijarros embebidos en una matriz areno-arcillosa de los depósitos abanico-aluvial	De moderada importancia hidrogeológica De moderada importancia hidrogeológica T = 360 m ³ /día	10-500 10-1300		
	Depósitos de Terraza Alta (Qta)	<200	Constituidos por gravas arenas y arcillas	De moderada a gran importancia hidrogeológica T = 10 - 86 m ³ /día K = 0,38 - 5,65 m/día S = 2,8 x10 ⁻³ - 7x10 ⁻⁵ Q/s = 0,2 - 1,6 lps/m Q = 0,5 - 38 lps	<350		
	Formación Tilatá (QTt)	100	Constituida por una secuencia fluvio-lacustre que incluye cantos de areniscas y limolitas en una matriz arcillo-limosa interestratificada con areniscas conglomeráticas y arcillolitas grises con lignito	De moderada importancia hidrogeológica	20-100		
TERCIARIO	Formación Bogotá, Conjunto superior (Tbs) y Formación Usme (Tsu)	>1000 >400	Lutitas arcillosas y arenosas	De poca importancia hidrogeológica			
	Formación Planera (Kgp)	80	Lodolitas silíceas, arcillolitas y areniscas de grano fino a muy fino	De poca importancia hidrogeológica			
	Formación Arenisca de La Regadera (Ter) y Formación Bogotá Conjunto Superior (Tbs)	400-600 620	Conjunto de areniscas de grano medio helospáticas y líticas de esta formación Alternancia de areniscas de grano fino a conglomeráticas interestratificadas con arcillolitas	De poca importancia hidrogeológica De poca importancia hidrogeológica	50-100		
	Formación Arenisca del Cacho (Tpc)	120	Gruesos bancos de areniscas de grano fino intercaladas con arcillolitas	De poca importancia hidrogeológica			
	Formación Guaduas (Tkgu)	88	Areniscas de grano fino a medio interestratificadas con arcillolitas y arenitas de mediana	De poca importancia hidrogeológica	<20		
CRETÁCICO	Formación Labor y Tierra (Kgl)	220	Areniscas de grano fino a medio en la base y gruesa a conglomerática en el tope estratificado con arcillolitas y limolitas silíceas	De moderada a gran importancia hidrogeológica T = 86-81m ³ /día K = 0,92-4 4 m/día Q/s = 0,3-1 03 lps/m Q = 1,3 a 14,5 lps	100-300		
	Formación Arenisca Dura (Kgd)	450	Sucesión de areniscas interestratificado con limolitas silíceas y arcillolitas	De moderada importancia hidrogeológica	500		
	Formación Chipaque (Ksc)	300-900	Lutitas arcillosas con intercalaciones de limolitas a areniscas de grano muy fino	Sin importancia hidrogeológica			
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA			SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS SUBCUENCA TUNJUELITO	FUENTE ESTUDIO INGEOMINASCAR	Cuadro 5 FCM /WLNP /RCCH



CUADRO N.º 6

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUIFEROS EN LA SUBCUENCA TEUSACÁ - SABANA DE BOGOTÁ

	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS T = m ² /día K = m/día Q/S = lps	PROFUNDIDAD (m)
CUATERNARIO	Deposito Coluvial C ₁ (Qc)	-	Gravas, bloques, guijarros, guijos	Sin importancia hidrogeológica	
	Deposito Fluvio-glacial C ₂ (Qfg)	-	Gravas, arenas, limos, arcillas guijarro, bloques	Sin importancia hidrogeológica	
	Deposito Aluvial A4 (Qal)	5	Arenas, limos y arcillas	Poca importancia hidrogeológica	21-150
	Dep. Terraza Aita A1 (Qta)	400	Arcillas, arenas y gravas	Moderada a gran importancia hidrogeológica T = 7,1-111 Tomado Tibitó K = 2,3 Tomado Tibitó S = 8,11-1,88 Q = 0,1-0,8	20-180
	Formación Tilatá A4 (QTI)	14	Gravas con matriz arenosa con intercalaciones de arena y arcillas	Poca importancia hidrogeológica T = 5,35-870 K = 0,08-6,8 S = 2,5*10 ⁻³ Q/s = 0,81-1,5 Q = 2-40, Valores tomados Tibitó	
MIOCENO	Formación Arenisca Dura A4 (Ter)	88	Areniscas de grano fino a medio, localmente conglomeráticas cuarzosas, frías, mal seleccionadas, cemento arcilloso, intercaladas con arcillolitas gruesas		
	Formación Bogotá C1 (Teb)	500	Arcillolitas y lodolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas y limolitas	Sin importancia hidrogeológica	6-15
	F. Arenisca de Cacho A2 (Tpc)	100	Areniscas cuarzosas de grano medio a conglomeráticas frías, mala a moderada selección, matriz arcillosa y cemento ferruginoso con intercalaciones arcillolíticas	Moderada importancia hidrogeológica T = 30 Tomado Tibitó K = 0,4 Tomado Tibitó Q/s = 0,18-0,25 Q = 7-10	30-125
CRETACICO	Formación Guadua B3 (Tgu)	500	Arcillolitas intercaladas con areniscas cuarzosas de grano fino a medio compactas a frías y mantos de carbón	Poca importancia hidrogeológica Q/s = 0,081 Q = 2,2 lps	3-45
	Formación Labor y Tierra B1 (Kgt)	280	Cuarzo-arenisca de grano fino a conglomeráticas frías a compactas, moderada selección, cemento arcilloso intercaladas con lodolitas, arcillolitas, limolitas y liditas y capas fosfáticas	T = 4,7 - 184 K = 0,78 - 3,83 S = 5,9*10 ⁻³ - 2,5*10 ⁻⁴ (Tibitó) Q/s = 0,14 - 1,38 Q = 3 - 12	
	Formación Placena B3 (Kgp)	80	Liditas, limolitas silíceas y arcillolitas, compactas, intercaladas con areniscas cuarzosas de grano muy fino	Poca importancia hidrogeológica	
	Formación Arenisca Dura B2 (Kgd)	480	Areniscas cuarzosas de grano muy fino a medio, compactas duras, buena selección y cemento sílice, intercaladas con arcillolitas, limolitas silíceas y lodolitas	Moderada importancia hidrogeológica T = 20, K = 1,08, Q = 1,41 Q = 0,2	
	Formación Chipaque B3 (Ksc)	200	Bolitas, arcillolitas y lodolitas con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano muy fino	Sin importancia hidrogeológica T = 4,89, K = 0,14, Q/s = 0,04 Q = 1,2	
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA		SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS		UNIDADES GEOLÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS SUBCUENCA TEUSACÁ	CUADRO 8
		CENTRALIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ		FUENTE ESTUDIO INGENIERÍA CAR	FCM / WLNP / RCCH



CUADRO N°. 7

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA RÍO NEUSA - SABANA DE BOGOTÁ					
	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLÓGIA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS Q/s=LPS/m; Q=LPS; T=m ² /día; K=m/día	RESISTIVIDAD (Ohm·m)
CUATERNARIO	Depósitos coluviales Qc	Más de 2	Gravas, bloques, guijarros y guijos	Sin importancia hidrogeológica	
	Depósitos aluviales Qal		Sedimentos arenosos y arcillosos con cantos de diferente tamaño	Sin importancia hidrogeológica	15-120
	Depósitos de Terraza Alta (Qta)	200	Arcillas con intercalaciones lenticulares de arenas y gravas	Moderada a poca importancia hidrogeológica Q/S=2,25 Q=0,5-3 T=12-14-28 S=1,3-2,8*10 ⁻³	25-40
TERCIARIO	Formación Tilalá QTt	60-90	Areniscas arcillosas grises y amarillas, grano medio a conglomerático, friables, con fragmentos de Chert	Poca importancia hidrogeológica Q/s=0,04-0,51-1,37 T=10-42-160 Q=1,25-8-12,2-2,2 S=2,2-3*10 ⁻³	<20-160
	Formación Arenisca de La Regadera (Ter)	150	Arenisca cuarzosa amarilla clara, grano medio a grueso, friables, intercalada arcillolitas gris clara	Poca importancia hidrogeológica Q/s = 0,75; Q = 1,16; T = 4	
	Formación Bogotá (Teb)	300-700	Arcillolitas grises oscuras y violáceas, intercaladas con areniscas blancas cuarzosas, grano medio y gravas	Poca a muy poca importancia hidrogeológica Q = 0,05-2; T = 2	12-25
	Formación Arenisca del Cacho (Tpc)	87	Arenisca gris clara, rojiza a parda cuarzosa a cuarzo feldespática, grano medio a grueso, friable, cemento ferruginoso, intercaladas con arcillolitas varicoloreadas plásticas.	Gran importancia hidrogeológica Q/s = 0,57; Q = 0,2-6; T = 478-792; S = 5,1*10 ⁻⁴	90-150
	Formación Guaduas (Tkgu)	500-1000	Arcillolitas amarillas y grises intercaladas con arenisca blanca cuarzosa, grano fino, mantos de carbón.	Poca importancia hidrogeológica Q/s = 0,24; Q = 0,75; T = 5	13-30



CUADRO N.º 7

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA RÍO NEUSA - SABANA DE BOGOTÁ						
UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS Q/s=LPS/m; Q=LPS; T=m ² /día, K=m/día		RESISTIVIDAD (Ohm-m)	
CRETÁCICO	Formación Arenisca Labor y Tierna (Kgl)	100-250	Cuarzo-arenisca de grano fino a conglomeráticas, friables, intercalados con arcillolitas y limolitas claras y oscuras.	Gran importancia hidrogeológica Q/s =0,04-1,94; Q = 0,9-8 T =4-50-360 K =1,1 S =5,3*10 ⁻⁴ -2,4*10 ⁻⁶	90-700	
	Formación Plaeners (Kgpl)	60-160	Sucesión de arcillolitas, limolitas, silíceas y liditas, intercaladas con areniscas grises claras de grano fino, capas fosfáticas	Poca o muy poca importancia hidrogeológica Q/s =0,005-0,07; Q =0.1-2		
	Formación Arenisca Dura (Kgd)	120-420	Arenisca gris clara, cuarzosa, grano fino a medio, masivas intercaladas con arcillolitas.	Moderada importancia hidrogeológica Q/s=0,2; T=15-18; K=0,5		
	Formación Chipaque (Ksc)	250-600	Shales grises oscuros, ricos en hierro, fósiles, con arcillolitas grises oscuras, limolitas silíceas amarillas, intercaladas con areniscas cuarzosas, grano fino, presencia de caliza y margas. Damos salinos.	Muy poca importancia hidrogeológica Q/s =0.09; Q de la F =0,03-2; T =5;		
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA		SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	UNIDADES GEOLOGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS SUBCUENCA DEL NEUSA	FUENTE ESTUDIO INGEOMINAS-CAR.	Cuadro 7 FUBFCM / WLNP / RCCH

CUADRO N° 8

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA TOMINÉ - SABANA DE BOGOTÁ					
	FORMACIÓN	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS	RESISTIVIDAD (Ωm)
CUATERNARIO	Depósitos Aluviales (Qal)	±20	Arcillas y limos en mayor proporción que arenas y gravas	Poca importancia hidrogeológica Unidad A3 Q = <0,1-2 lps	<20-50
	Depósitos Fluvio-glaciares (Qfg)	±20	Cantos rodados, guijarros, gravas, arenas dentro de una matriz arenoso-arcillosa	Muy poca importancia hidrogeológica Unidad C3	
	Depósitos de Terraza Alta (Qta)	15-150	Guijarros arenas de arenisca y cuarzo con arcillas y limos	Moderada a poca importancia hidrogeológica Unidad A2 (1) Q/s = 0,26-0,09 lps/m Q = 5,25-15 lps (1) T = 12-26 m ² /día S = 2,8*10 ⁻³ -1,3*10 ⁻¹	<20-100
	Tilatá (QTI)	15-180	Gravas y arenas de areniscas con arcillas abigarradas	Gran a moderada importancia hidrogeológica Unidad A1 Q/s = 1,37-0,04 lps/m, Q = 12,2-1,25 lps, T = 10-42-160 m ² /día; S = 2,2*10 ⁻³ -3*10 ⁻¹	30-250
TERCIARIO	Arenisca de La Regadera (Ter)	143-200	Areniscas con abundante cemento arcilloso intercaladas con abundantes lodolitas y arcillolitas	Poca importancia hidrogeológica Unidad C1 Q/s = 0,75 lps/m, Q = 1,21 lps, T = 4 m ² /día	<20 -70
	Bogotá (Teb)	338-500	Arcillolitas y lodolitas con intercalaciones de areniscas delgadas con cemento arcilloso	Poca importancia hidrogeológica Unidad C2 Q = 2,44 lps, T = 2 m ² /d	<20 - 50
	Arenisca del Cacho (Tpc)	77-100	Dos niveles de areniscas cuarzosas separadas por algunos metros de arcillolitas	Moderada a gran importancia hidrogeológica Unidad B3 Q/s = 0,6 lps, Q = 4,54 lps, T = 480 m ² /d S = 0,1 *10 ⁻⁴	30 - 150
CUATERNARIO	Formación Guaduas (Kgu)	265-500	Arcillolitas con delgados estratos de areniscas y pocos mantos de carbón	Poca importancia hidrogeológica Unidad C1, Q/s = 0,24 lps/m, Q = 0,75 lps, T = 5 m ² /día	<20 - 50
	Formación Labor y Tierna (Kglit)	126-200	Areniscas cuarzosas frecuentemente friables intercaladas con arcillolitas, limolitas y liditas	Gran importancia hidrogeológica Unidad B1 Q/s = 1,94-0,44-0,044 lps/m, Q = 18-8,5, 0,8 lps, T = 350-56-4 m ² /d S = 2,4*10 ⁻⁵ - 5,3*10 ⁻⁴	100 - 500
	Formación Plaeners (Kgpl)	80-170	Liditas, limolitas y arcillolitas con pocas areniscas	Poca a muy poca importancia hidrogeológica Unidad C2 Q/s = 0,07-0,005 lps/m, Q = 4-0,08 lps	50 - 100
	Arenisca Dura (Kgd)	350-400	Areniscas cuarzosas macizas con cemento silíceo que alternan con liditas y limolitas compactas	Moderada importancia hidrogeológica Unidad B2 Q/s = 0,20 lps/m, Q = 2,25 lps, T = 15-19 m ² /día	300-1000
	Formación Chipaque (Ksc)	215	Liditas, arcillolitas y lodolitas negras	Muy poca importancia hidrogeológica Unidad C3 Q = 1,2 lps, Q/s = 0,04 lps/m, T = 5 m ² /día	
	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	UNIDADES GEOLÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS SUBCUENCA TOMINÉ	FUENTE: ESTUDIO INGEOMINAS-CAR
					Cuadro 8 FCM / WLNP / RCCH

CUADRO N°. 9

HIDROGEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS EN LA SUBCUENCA SISGA -SABANA DE BOGOTÁ							
	UNIDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA		CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	RESISTIVIDAD (ohm-m)	
CUATERNARIO	Depósitos Aluviales (Qal)	30	Material heterogéneo compuesto por gravas, arenas y arcillas		Poca importancia hidrogeológica	<30	
	Tilafá (QTf)	70	Gravas friables, areniscas de grano grueso y arcillolitas		Acuífero de moderada importancia hidrogeológica	>20 <100	
TERCIARIO	Arenisca de La Regadera (Ter)	100	Areniscas conglomeráticas cuarzosas, con pequeños niveles de arcillolitas		Acuífero de moderada importancia hidrogeológica T = 3,6 m ² /día K = 0,36 m/día Q/s = 0,75 lps/m Q = 0,05 - 1 lps	>50, <200	
	Arenisca del Cacho (Tpc)	200	Cuarzo-arenitas de grano grueso con óxidos de hierro, niveles conglomeráticos y arcillolíticas		Moderada importancia hidrogeológica T = 9,5 m ² /día K = 0,13 m/día Q/s = 0,1 lps/m Q = 0,05 - 4 lps	>50, <200	
CRETÁCICA	Labor y Tierra (Kgl)	250	Cuarzo-arenitas de grano fino a grueso, friables separadas por capas de lodolitas		Gran importancia hidrogeológica	>100	
	Arenisca Dura (Kgd)	300	Areniscas cuarzosas de grano fino a muy fino con intercalaciones de lodolitas negras		Moderada importancia hidrogeológica	>100	
		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	UNIDADES GEOLÓGICAS Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS SUBCUENCA DEL SISGA	FUENTE: ESTUDIO INGEOMINASCAR	Cuadro 9 FCM/WLNP/RCCH



3.2. Red de monitoreo de niveles en pozos que integran la red piezométrica en la Sabana de Bogotá

En la Sabana de Bogotá se ha conformado por la CAR una red de monitoreo de niveles piezométricos constituida por 435 puntos de aguas subterráneas, representados por 420 pozos y 15 aljibes: estos puntos de agua se han monitoreado anualmente con el propósito de conocer las fluctuaciones de los niveles estáticos en las formaciones acuíferas, principalmente en el Cuaternario y Guadalupe que subyacen en la región. Los registros obtenidos en las campañas de monitoreo son procesados en bases de datos para obtener mapas de isopiezas, en donde es posible observar la tendencia de las curvas isopiécicas, infiriendo en cuales zonas hay o no sobreexplotación de las aguas subterráneas por operación de los equipos de bombeo en los pozos perforados.

Los pozos, aljibes y manantiales que constituyen los puntos de agua monitoreados en cada campaña, son nivelados topográficamente para obtener cotas referidas al nivel del mar, las cuales son ubicadas y materializadas en campo mediante una placa situada y empotrada en algunos casos a nivel del terreno aledaño al pozo y, en otros casos, en sitios por encima o por debajo de este nivel, debidamente marcadas, numeradas y georreferenciadas.

Se han desarrollado por la Corporación once campañas de monitoreo de niveles piezométricos para seguimiento de las fluctuaciones de niveles piezométricos de agua subterránea en la sabana de Bogotá; adicionalmente, en cada campaña se reponen diez pozos debido a que varios de los pozos que conforman dicha red de monitoreo, por razones diversas, entre otras, por cierre de empresas, colapso de pozo, abatimiento crítico del nivel piezométrico u obstrucción, dificultan la introducción de una sonda para medición de niveles estático y dinámico, por lo cual no es posible continuar midiendo algunos pozos específicos; los pozos de reposición son posicionados mediante sistemas de georreferenciación, nivelados topográficamente y luego amojonados materialmente para integrarlos a la red de monitoreo piezométrica

La medición con sonda eléctrica de los niveles estáticos en cada pozo se hace desde la boca del pozo, se resta posteriormente a esta medida la longitud entre esta y el nivel de la placa para referir el nivel estático del agua subterránea a cota sobre el nivel del mar; la red de monitoreo conformada está diseñada para monitorear específicamente los acuíferos Cuaternario o Guadalupe que son captados.

Muchos de los pozos que constituyen la red de monitoreo de niveles piezométricos en la Sabana de Bogotá son explotados, por lo cual el procedimiento que se sigue para medir el nivel estático es coordinar, con cada propietario del predio en donde está construido, suspensión de bombeo durante 24 horas continuas antes de proceder a medir, lo cual se garantiza instalando un precinto de seguridad y aviso de sellamiento temporal por monitoreo que solo es removido por funcionario de la CAR o una firma consultora que realiza la campaña de monitoreo, luego de haber medido.

Las campañas de monitoreo que realiza la CAR se aplican en las subcuencas definidas en el Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá, a las cuales se asignó una numeración consecutiva del 1 al 9 y se identificaron como se indica a continuación:

1. Subcuenca del Sisga
2. Subcuenca del Tominé
3. Subcuenca del Teusacá
4. Subcuenca del Neusa
5. Subcuenca de Fontibón
6. Subcuenca del Chicú
7. Subcuenca del Subachoque



8. Subcuenca del Balsillas
9. Subcuenca del Tunjuelito

Para los Sistemas Acuífero Cuaternario, representado por la Formación Sabana, principalmente, y Acuífero Cretácico, representado por el Grupo Guadalupe, se elaboran en lo posible curvas de isopiezas para cada uno de los cuatro periodos de toma de niveles que se realice anualmente, los cuales se comparan con las fluctuaciones pluviométricas del respectivo periodo considerado.

3.3. MAPAS DE ISOPIEZAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ

Son mapas elaborados con registros de niveles estáticos obtenidos durante las campañas anuales de monitoreo de niveles piezométricos efectuados por la CAR, los cuales se correlacionan geodésicamente a coordenadas y cota reales dadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. De estos mapas se obtienen líneas de igual presión que indican fluctuación de niveles piezométricos en acuíferos confinados o de niveles freáticos en acuíferos libres; asimismo, se obtiene dirección del flujo de agua subterránea en las formaciones geológicas que constituyen acuíferos y se determina zonas de recarga o descarga de agua subterránea e interrelación con cuerpos o cursos de agua superficiales.

Las características observadas en los mapas de isopiezas, obtenidos por la CAR, son el resultado de las campañas de monitoreo de niveles piezométricos que se realizan mínimo en periodos anuales, aunque es recomendable efectuarse cada año durante los periodos de invierno y verano al menos, las cuales se correlacionan en el balance hídrico en una región específica.

La red piezométrica de niveles es confiable en la medida en que el trabajo de campo se realiza coordinando el sellamiento temporal de los pozos profundos, utilizando un precinto de seguridad a fin de que el usuario no pueda operar el pozo durante 24 horas antes de efectuar la medición. Se consideran afectaciones en campo que puedan influenciar sobre cada medición de nivel estático en los pozos de la red: pozos vecinos en producción, régimen de bombeo y distancias con respecto al pozo que se está midiendo, así como el régimen climático prevaeciente.

Efectuada cada campaña de monitoreo y medición de niveles piezométricos, se elaboran y analizan mapas de isopiezas obtenidos, para seleccionar y ubicar 10 pozos de reposición que se integran a la red, bajo el criterio de cubrir sectores de la red que puedan suministrar información relevante y que aportan mayor conocimiento para comprensión de fluctuaciones de niveles estáticos y variación del caudal extraído.

Cada campaña de monitoreo de niveles piezométricos se centra en la obtención de mapas de isopiezas de los sistemas acuíferos Guadalupe y Cuaternario, describe pozos que captan ambos acuíferos u otros acuíferos locales, para efectuar análisis histórico de la evolución de los niveles con respecto a campañas anteriores en los dos sistemas acuíferos; así se determina si se mantiene o modifica una Zona Crítica en la Sabana de Bogotá y/o se incluyen otros sectores a los que sea necesario aplicar alguna restricción para utilización de agua subterránea, adoptar un plan de manejo para aprovechamiento y preservación de agua subterránea actualizado y establecer criterios complementarios para mejoramiento de la red de monitoreo piezométrico.

3.4. PRIORIDAD DE MEDICIÓN DE NIVELES ESTÁTICOS Y CAUDALES EN LA RED DE MONITOREO DE LA SABANA DE BOGOTÁ

Las mediciones en campañas de monitoreo de niveles piezométricos se han registrado y procesado en bases de datos correlacionadas con nuevas mediciones efectuadas en los puntos de agua que componen en la actualidad la red de monitoreo de niveles y caudales, establecida en la Sabana de Bogotá, con 362 puntos de agua, de los cuales 346 son pozos y 16, aljibes.





En las mediciones de niveles piezométricos realizadas de 1997 a 2006, para cada punto monitoreado se tuvo en cuenta secuencia ordinal, placa asignada y materializada, previa determinación de coordenadas geodésicas georreferenciadas, identificación del pozo, localización del predio en donde está construido el pozo indicando vereda y municipio, registro de fecha de monitoreo, tiempo de apagado del equipo de bombeo, medición del nivel estático, nivel estático reportado, uso a que se destina el agua extraída del pozo profundo, información sobre responsable de operación del pozo profundo para futuras campañas, caudal aforado en litros por segundo, caudal promedio en litros por segundo (l/s), observaciones atinentes a frecuencia de funcionamiento del sistema de extracción de agua subterránea así como restricciones; con esta información se calcula el caudal promedio para los pozos medidos en cada subcuenca y en la red de monitoreo en la Sabana de Bogotá, con lo cual se puede obtener una aproximación del caudal total extraído por la red. Adicionalmente, se ingresa para cada pozo los registros de niveles piezométricos medidos en cada campaña y se obtiene un registro fotográfico para identificación de los pozos.

Las campañas de monitoreo de niveles piezométricos medidos hasta 2006 han inducido a que la CAR sostenga las 9 Subcuencas que se determinaron en el Convenio del 3 de abril de 1989 realizado entre la CAR e Ingeominas, para realizar el Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá, según prioridad indicada en Tabla N°. 2.

TABLA N°. 2

CLASIFICACIÓN DE SUBCUENCAS HIDROGEOLÓGICAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ, SEGÚN PRIORIDAD		
REGIONES	PRIORIDAD	SUPERFICIE (Km ²)
Río Chicú	1	147,93
Río Subachoque	2	400,86
Ríos Bojacá, Balsillas	3	270,41
Tibitó–Salto Tequendama–Oriente Bogotá	4	776,23
Ríos Muña, Soacha y Tunjuelito	5	603,35
Río Teusacá	6	362,44
Riofrío, Tibitó y Rionegro	7	654,73
Sector Sisga–Tibitó y Embalse de Tominé	8	653,84
Río Alto Bogotá y Embalse del Sisga	9	434,91
	TOTAL	4.304,7

3.5. POZOS COLAPSADOS DE LA RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Analizados los registros de la base de datos de niveles piezométricos, se correlacionan con mediciones de anteriores campañas y se determina cuales pozos no se pueden continuar monitoreando, porque técnicamente no es posible obtener registros confiables por lo cual se eliminan de la red, puesto que al considerarlos distorsionan el análisis de las isopiezas graficadas y generan interpretaciones en aguas subterráneas erradas.

3.6. CAUDALES EXPLOTADOS EN LA RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

De los 362 pozos que conforman la red de niveles piezométricos, en la campaña realizada por la Corporación en 2005 se han medido niveles piezométricos en 295 pozos que corresponden al 81,5% de los puntos que componen la red; asimismo, se ha medido el caudal a 198 pozos que corresponden al

54,7% de los pozos de la red de monitoreo piezométrica; el caudal promedio total extraído de los pozos medidos en la red de monitoreo en la Sabana de Bogotá fue de 323,08 l/s (Tabla N° 3).

TABLA N° 3

POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ - CAUDAL PROMEDIO - 2005				
SUBCUENCA	TOTAL POZOS	POZOS CON CAUDAL	% CON CAUDAL	CAUDAL PROMEDIO (l/s)
I - Sisga	5	3	60,0	1,11
II - Tominé	52	25	48,1	25,10
III - Teusacá	25	12	48,0	22,36
IV - Neusa	46	18	39,1	10,30
V - Fontibón	78	51	65,4	82,53
VI - Chicú	47	26	55,3	23,18
VII - Subachoque	55	31	56,4	44,45
VIII - Balsillas	26	16	61,5	47,69
IX - Tunjuellito	28	16	57,1	66,36
TOTAL	362	198	54,7	323,08

3.7. ACUÍFEROS EXPLOTADOS POR RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

De los pozos de la red de niveles piezométricos de la Sabana de Bogotá, se ha detectado que en las subcuencas hidrogeológicas, los acuíferos que subyacen y de los cuales se extraen aguas subterráneas, son principalmente de los acuíferos Cuaternarios y Guadalupe. (Ver Tabla N° 4).

TABLA N° 4

POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS POR ACUÍFERO EXPLOTADO - SABANA DE BOGOTÁ - 2005	
ACUÍFERO EXPLOTADO	N° DE PUNTOS
Formación Cacho	4
Formación Guadalupe	38
Formación Guaduas	7
Formación Sabana - Guaduas	1
Formación Cuaternario	281
Formación Guaduas - Guadalupe	5
Formación Sabana - Guadalupe	17
Sin determinar	9
TOTAL	362

Aproximadamente el 90% de los puntos de la red de monitoreo de niveles piezométricos registra mediciones de los acuíferos Guadalupe y Cuaternario, y le asigna al acuífero Cuaternario un peso porcentual en las mediciones del 77,62%; el restante 10% se reparte entre los acuíferos de las formaciones Guaduas, Cacho y otros puntos que explotan los acuíferos Guaduas - Guadalupe, Sabana - Guadalupe y Sabana - Guaduas; en general, en el 10% restante de los puntos de la red de monitoreo de niveles piezométricos,



no se tiene certeza acerca de cual acuífero es explotado, debido a que no se tiene información geológica específica. (Ver Gráficas N°. 1 a 8).

3.8. PUNTOS DE AGUA MONITOREADOS POR SUBCUENCA

Se ha cuantificado el número de puntos de la red que monitorea cada una de las Subcuencas identificadas en la Sabana de Bogotá, como se indica en la Tabla N°. 5.

TABLA N°. 5

POZOS DE RED DE MONITOREO POR SUBCUENCA EN LA SABANA DE BOGOTÁ - 2005	
SUBCUENCA	N°. DE PUNTOS
I Sisga	5
II río Tominé	52
III río Teusacá	25
IV río Neusa	46
V Fontibón	78
VI río Chicú	47
VII río Subachoque	55
VIII río Balsillas	26
IX río Tunjuelito	28
TOTAL	362

Exceptuada la subcuenca del río Sisga, que se ha dispuesto con un muy bajo porcentaje de puntos de monitoreo de agua, las restantes ocho subcuencas se encuentran relativamente con significativa representatividad en cuanto a puntos de monitoreo; la Subcuenca V - Fontibón se ha dispuesto con mayor cantidad de puntos de monitoreo de agua, que representa el 22% de puntos de monitoreo.

3.9. SUBCUENCA DEL RÍO SISGA

En la subcuenca del río Sisga hay 5 puntos de agua, 4 pozos y 1 aljibe; en esta subcuenca se midió el nivel estático a los 5 puntos que corresponden al 100% y caudal a 3 puntos que corresponden al 60%; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 1,11 l/s. (Ver Gráfica N°. 3).

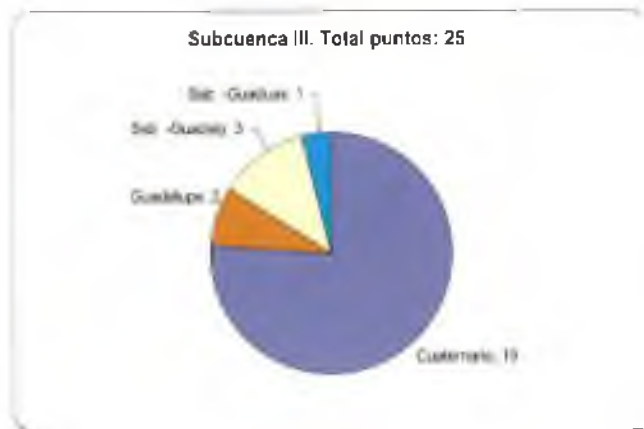
La Gráfica N°. 3 muestra los acuíferos que explotan cada uno de los puntos medidos en la Subcuenca del río Sisga; 3 puntos explotan el Depósito Cuaternario, 1 punto la Formación Guadalupe y 1 punto en la Formación Guaduas.

3.10. SUBCUENCA DEL RÍO TOMINÉ

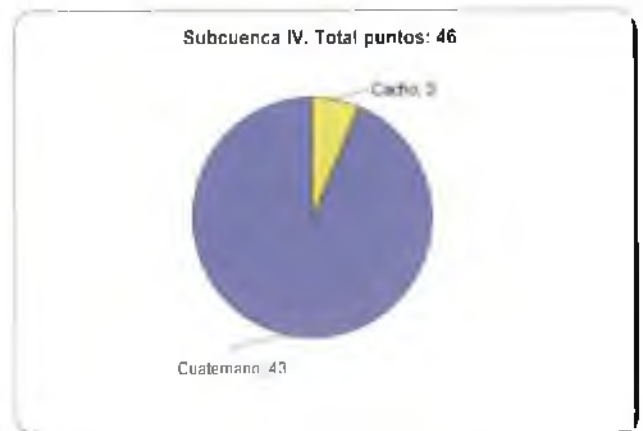
La red de monitoreo en esta subcuenca está conformada por 52 puntos de agua subterránea, de los cuales 37 son pozos y 15 aljibes; se midió el nivel estático en 51 puntos que equivale al 98,1% y caudal en 25 puntos que corresponden al 48,1%; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 25,10 l/s.

En la Gráfica N°. 4, la subcuenca del Acuífero Cuaternario es bastante monitoreada ya que de los 52 puntos de la red, 48 monitorean este acuífero, los restantes 4 puntos son distribuidos en la Formación Guaduas (1), el acuífero Cacho (1) y sin definir dos puntos.





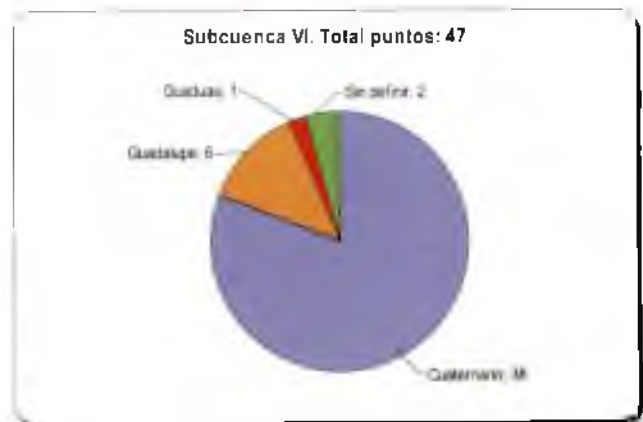
Gráfica N°. 5. Acuíferos monitoreados en puntos de la Subcuenca del río Teusacá.



Gráfica N°. 6. Acuíferos monitoreados en puntos de la Subcuenca del río Neusa.



Gráfica N°. 7. Acuíferos monitoreados en puntos de la Subcuenca Fontibón.



Gráfica N°. 7A Acuíferos monitoreados de la Subcuenca del río Chicú



3.11. SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ

En la subcuenca del río Teusacá hay 25 pozos en la red de monitoreo, de los cuales en 22 fue medido el nivel estático que correspondió al 88,0% y el caudal se midió en 12 pozos, lo que equivale al 48,0%.

En la Gráfica N°. 5 son indicados los acuíferos monitoreados en los puntos de la Subcuenca del río Teusacá; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 22,36 l/s; en esta subcuenca el Depósito Cuaternario es bastante monitoreado ya que de los 25 puntos dispuestos en la red, 19 monitorean este depósito; los restantes 6 puntos de agua son distribuidos entre el acuífero Guadalupe (2) y los otros 3 puntos explotan dos acuíferos Sabana - Guadalupe y Formación Guaduas.

3.12. SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA

En la subcuenca del río Neusa hay 46 pozos, de los cuales se monitorea el nivel estático en 39 que corresponde al 84,8% y el caudal se midió en 18 pozos lo que equivale al 39,1%; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 10,30 l/s.

En la Gráfica N°. 6 se observa que en la subcuenca del río Neusa el Depósito Cuaternario es el más monitoreado, ya que de los 46 puntos de la red en esta subcuenca 43 pozos monitorean este depósito y los restantes 3 puntos extraen agua subterránea de la Formación Cacho.

3.13. SUBCUENCA DE FONTIBÓN

En esta subcuenca hay 78 pozos de los cuales se midió el nivel en 54 que corresponden al 69,2% y el caudal en 51 pozos lo que equivale al 65,4%; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 82,53 l/s; en la Gráfica N°. 7 se observa que en esta subcuenca el Depósito Cuaternario es el más monitoreado, ya que de los 78 puntos de agua dispuestos en la red, 62 pozos monitorean este Depósito.

3.14. SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ

En la subcuenca del río Chicú hay 47 pozos de los cuales se midió el nivel estático a 41 pozos, lo que equivale al 87,2% y el caudal a 26, 55,3%; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 23,18 l/s.

En la Gráfica N°. 7A se muestra que en esta subcuenca el Depósito Cuaternario es el más monitoreado, ya que de los 47 puntos de la red, 38 pozos monitorean este depósito.

3.15. SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE

En esta subcuenca hay 55 pozos de los cuales se midió el nivel en 42 puntos lo que equivale al 76,4% y el caudal se midió en 31 pozos lo que corresponde al 56,4%; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 44,45 l/s.

En la Gráfica N°. 8 se observa que en esta subcuenca el Depósito Cuaternario es el más monitoreado, ya que de los 55 puntos de la red 43 monitorean este depósito.

3.16. SUBCUENCA DEL RÍO BALSILLAS

En la subcuenca del río Balsillas hay 26 pozos de los cuales se midió el nivel a 23 pozos lo que corresponde al 88,5%; el caudal se midió en 16 pozos lo que equivale al 61,5%, el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 47,69 l/s; en la Gráfica No. 9 se muestra que





en esta subcuenca es el acuífero Guadalupe el más monitoreado, ya que de los 26 puntos de la red, en esta subcuenca 19 puntos de agua monitorean este acuífero.

3.17. SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO

En la subcuenca del río Tunjuelito hay 28 pozos de los cuales se midió el nivel estático en 18 pozos lo que equivale al 64,3% y el caudal se midió en 16 pozos lo que corresponde al 57,1 %; el caudal promedio explotado en los pozos medidos en esta subcuenca es de 66,36 l/s.

En la Gráfica N°. 10 se indica que en esta subcuenca es el Depósito Cuaternario el más monitoreado ya que de los 28 puntos de la red, en esta subcuenca a través de 21 pozos se monitorea este Depósito.



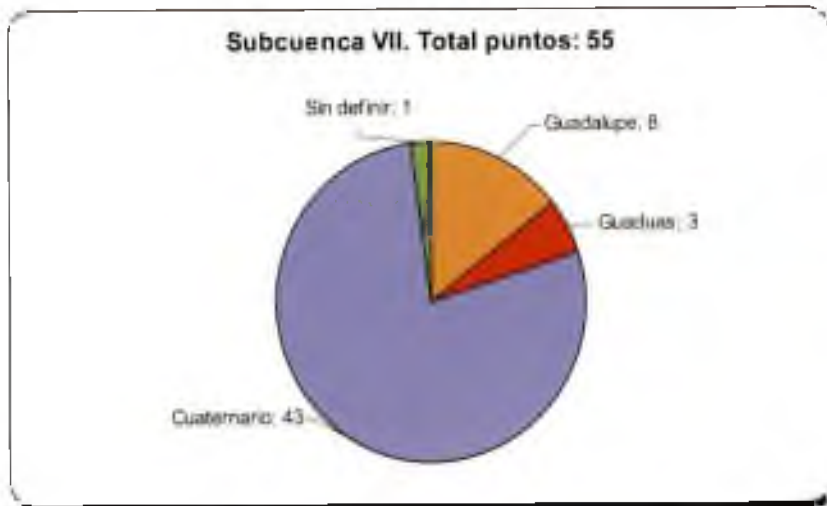
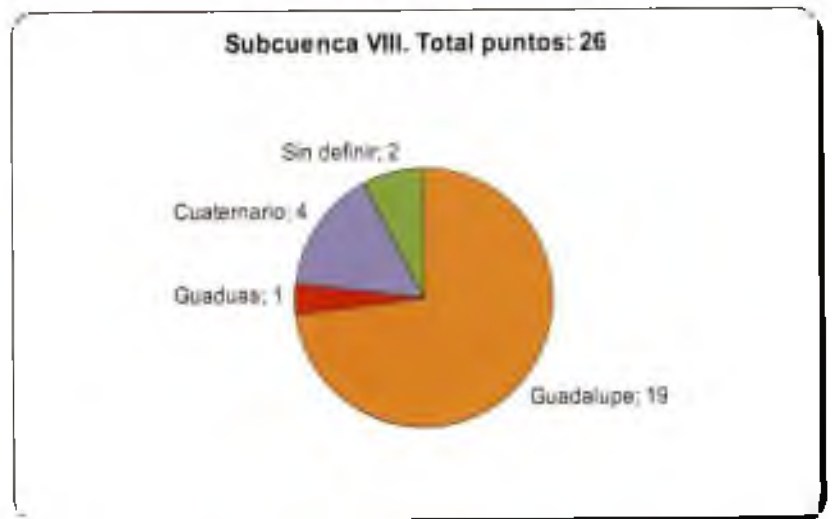
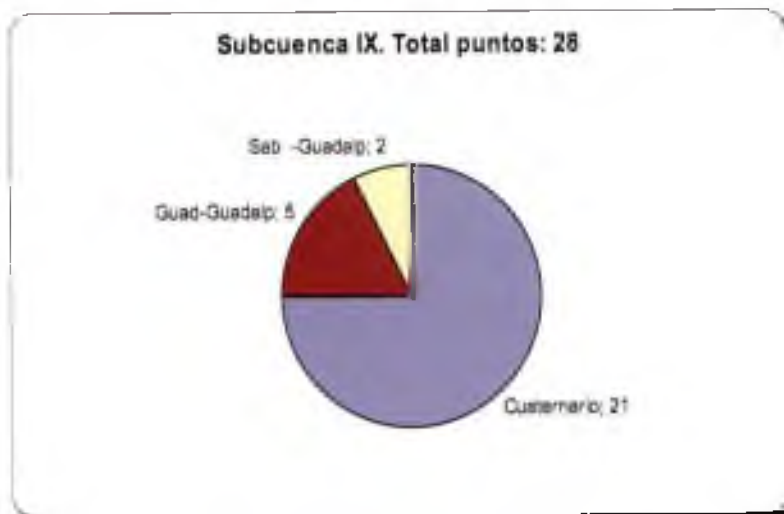


Gráfico N°. 8. Acuíferos monitoreados en puntos de la Subcuenca del río Subachoque.



Gráfica N°. 9. Acuíferos monitoreados en puntos de la Subcuenca del río Balsillas.



Gráfica N°. 10. Acuíferos monitoreados en puntos de la Subcuenca del río Tunjuelito.



**SEGUIMIENTO
A ZONA CRÍTICA**

Seguimiento

4. SEGUIMIENTO A ZONA CRÍTICA EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

En la última campaña de monitoreo de niveles piezométricos que se terminó en 2006 se incluyó en la metodología la revisión de expedientes en las Oficinas Provinciales de la CAR y en el Departamento Administrativo de Medio Ambiente – DAMA, simultáneamente a realización de los trabajos de campo, con el fin de convalidar legalidad ambiental ante la Corporación, de los pozos que conforman esta red de monitoreo.

Las Oficinas Provinciales de la CAR en donde se consultó sobre legalidad de los pozos de la red de monitoreo son Sabana Centro, Guatavita - Almeidas, Bogotá - La Calera, Soacha y Sabana Occidente; se obtiene información de registro de expediente asignado, permiso de exploración y perforación, concesión de aguas otorgada según resolución y cédula catastral del predio. En cuanto a información concerniente a tasa por uso es bastante limitada, debido a que solo se cobró temporalmente debido a las normas cambiantes que generan modificación en la metodología de cobro.

En la legalidad de los pozos de la red de monitoreo de niveles estáticos se tiene como objetivo, igualmente, actualizar datos del propietario, identificación del predio, dirección, profundidad y demás características del pozo para determinar el sistema acuífero captado.

4.1. ELABORACIÓN DE ISOLÍNEAS PIEZOMÉTRICAS EN ACUIFEROS CUATERNARIO Y GUADALUPE

Los registros de campo de niveles piezométricos obtenidos en la red de pozos de monitoreo son utilizados para elaborar los mapas de isopiezas para los sistemas acuíferos Cuaternario y Guadalupe, las isolíneas de niveles piezométricos trazadas en los mapas son referidas al nivel del mar para cada sistema acuífero independientemente; los registros de pozos que captan los dos acuíferos se grafican de acuerdo al valor de nivel que más se ajuste a la isopieza de cada sistema acuífero y los mapas son elaborados a escala 1:100.000.

4.2. REPOSICIÓN DE POZOS PARA AMPLIAR RED DE MONITOREO

De información recopilada en campo durante campaña de medición de niveles piezométricos son preseleccionados 33 pozos factibles de incluir en la red, con base en análisis de mapas de isopiezas, especialmente en donde se observan zonas críticas o con poca densidad de información; también se tienen en cuenta sectores de la red donde son eliminados puntos de agua por colapso, o por colmatación, y si hay instalado un ducto de ¾" en la tubería de revestimiento para realizar medición de nivel; este procedimiento es efectuado para evitar reducción de densidad de puntos de agua de la red de monitoreo, y el objetivo de preseleccionar pozos de reposición es conformar alternativas de pozos que sirvan para seleccionar finalmente 10 pozos de reposición, que se involucran a la red con el fin de mantenerla, incrementarla y optimizarla.

Los 33 pozos preseleccionados se distribuyeron a lo largo de la Sabana de Bogotá y fueron graficados en mapa de isopiezas, se obtuvieron los 10 pozos seleccionados, considerando su ubicación y características, aspectos legales en las Oficinas Provinciales, se priorizó reposición de pozos que captan el Cretáceo ya que la red tiene pocos pozos monitoreando este sistema acuífero, se enfatizó en zonas que la CAR ha considerado críticas, especialmente por descensos progresivos de nivel del nivel estático, zonas en donde hay tendencia a sobreexplotación, zonas de recarga y/o descarga, y finalmente se ubicaron pozos de reposición en los municipios de Nemocón, Chia, Sibaté, Madrid, Facatativá y El Rosal,





en los cuales se están generando desarrollos urbanísticos importantes y posiblemente desplazamiento de actividades industriales.

4.3. LEGALIDAD DE POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Respecto a legalidad de pozos de la red de monitoreo, en expedientes que se hallan en Oficinas Provinciales de la CAR y en el DAMA, se ha encontrado que algunos pozos se han registrado ante estas entidades. Se discrimina en Oficina Provincial Sabana Centro (Zipaquirá) donde de 179 pozos hay registros de 96 pozos; Oficina Provincial Almeidas y Guatavita (Zipaquirá), de 8 pozos hay 2 registrados; Oficina Provincial Sabana Occidente (Facatativá), de 111 pozos hay registros de 84, Oficina Provincial Soacha (Soacha), de 24 pozos hay 21 registrados, y en la Oficina Bogotá - La Calera (Bogotá), de 16 pozos hay 6 registrados. En el DAMA (Bogotá), de 16 pozos se halló que todos están registrados. Finalmente, se detectó que hay 14 pozos que corresponden a la jurisdicción de Corpoguavio y no de la CAR.

4.4. ACUÍFEROS CAPTADOS POR LOS POZOS DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

De los 360 pozos que conforman la red de monitoreo de niveles piezométricos de la CAR, el 75,6% capta el Acuífero Cuaternario (272 pozos), el 15,6% capta el Acuífero Guadalupe (56 pozos), el 4,2% es captado por los dos sistemas Cuaternario y Guadalupe (15 pozos), el 1,9% capta el acuitardo de la formación Guaduas (7 pozos), el 1,4 % capta en conjunto las unidades Guaduas - Guadalupe (5 pozos), el 1,1 % es captado por el Acuífero de la Formación Cacho (4 pozos) y el 0,3% restante capta simultáneamente los acuíferos Cuaternario - Guaduas (1 pozo), como se ve en la Gráfica N° 11.

En las nueve subcuencas hidrogeológicas la densidad de pozos de la red de monitoreo es variable, al igual que el tipo de acuífero captado; no obstante, prevalecen las captaciones en el Acuífero Cuaternario. (Ver Gráfica N° 12).

En síntesis, en la Gráfica N°. 12 se observan distribuidos los pozos de la red de monitoreo en la Sabana de Bogotá, con mayor densidad pozos de monitoreo ubicados en la Subcuenca V – Fontibón, con 78 pozos y menor densidad los pozos de monitoreo en la Subcuenca I – Sisga, con 5 puntos de agua de monitoreo.

El acuífero Cuaternario es captado en mayor proporción en la Subcuenca V – Fontibón, con 57 pozos, seguido de la Subcuenca II - Tominé, Subcuenca III - Teusacá y Subcuenca VII – Subachoque; la subcuenca que tiene menor número de pozos captando este acuífero es la Subcuenca I – Sisga, con 3 pozos.

La Subcuenca VIII – Balsillas presenta el mayor número de pozos: capta el acuífero Guadalupe con 20 pozos, incluso por encima de las captaciones del Acuífero Cuaternario; le siguen la Subcuenca VII – Subachoque y la Subcuenca VI – Chicú.

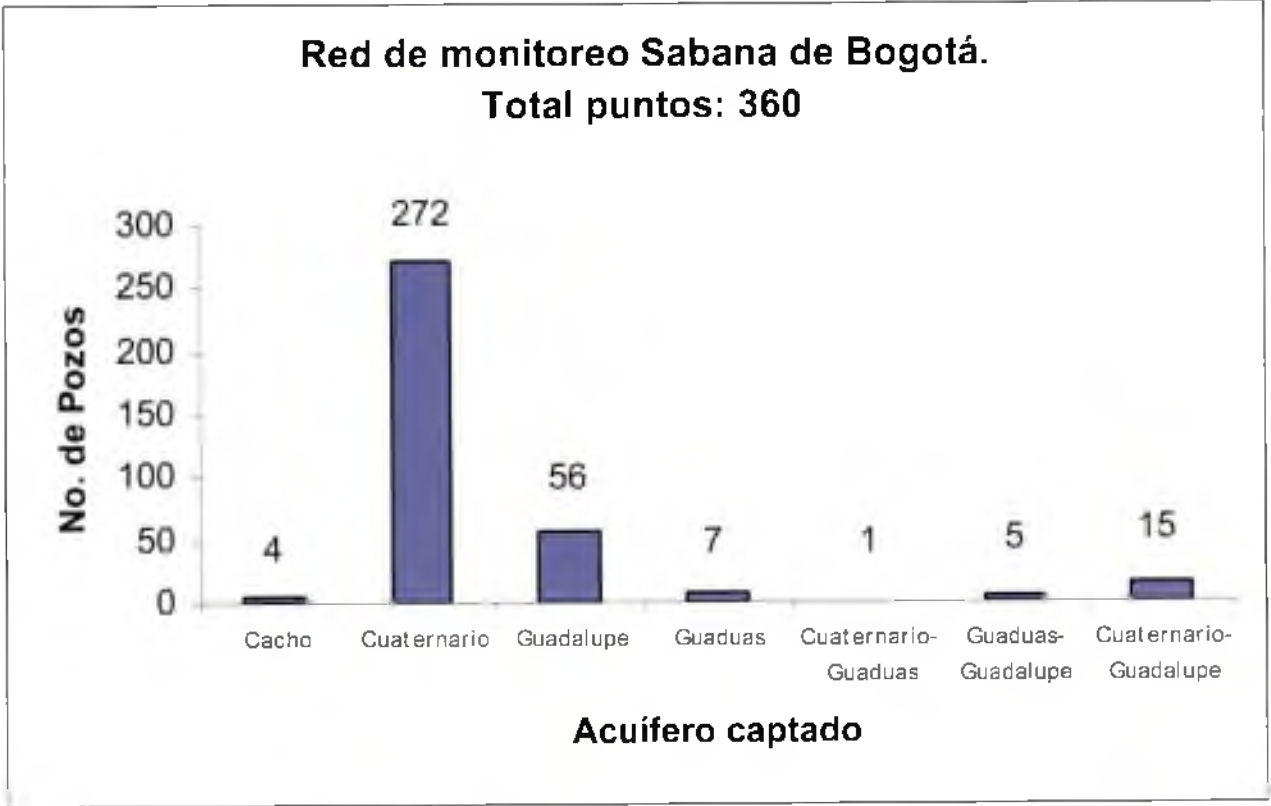
En todas las subcuencas hay pozos que monitorean los niveles piezométricos tanto del Acuífero Cuaternario como del Acuífero Guadalupe.

La Subcuenca II – Tominé y la Subcuenca IX – Tunjuelito tienen pozos; capta cuatro acuíferos diferentes y las restantes siete captan tres acuíferos.

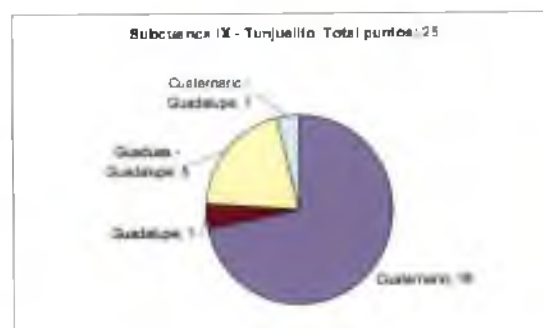
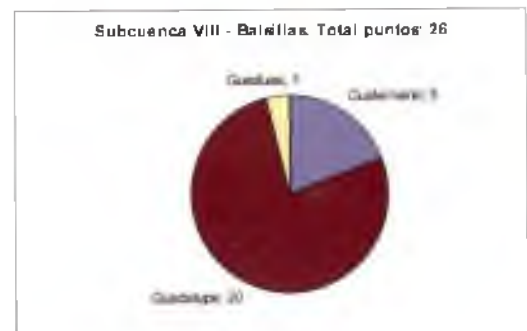
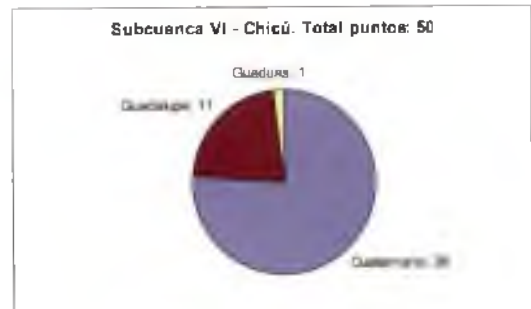
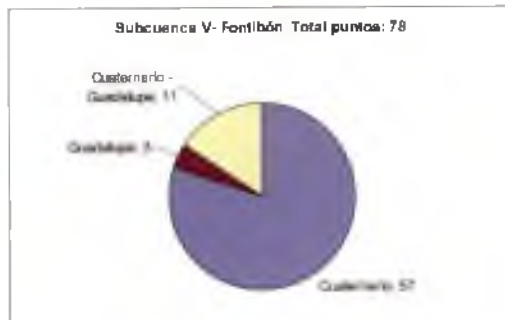
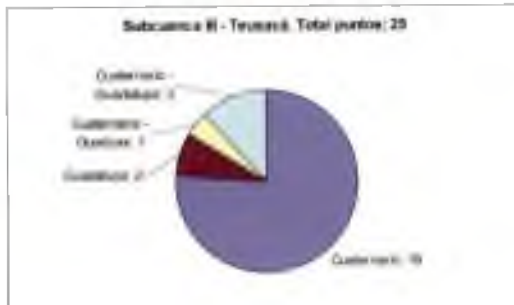
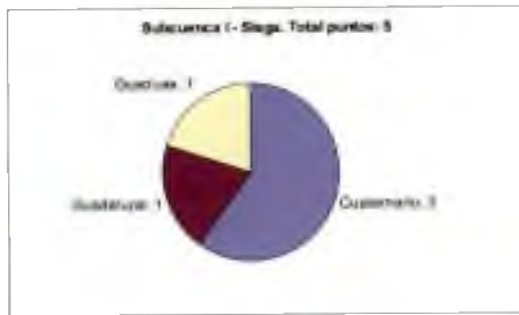
Otros acuíferos captados en menor proporción dentro de la cuenca: son el Acuífero Cacho, captado en las Subcuencas IV – Neusa con 3 pozos y en la Subcuenca II – Tominé con 1 pozo.

El Acuífero Guaduas es captado en las subcuencas II – Tominé, Subcuenca IV – Chicú, Subcuenca VII – Subachoque y Subcuenca VIII – Balsillas, por un pozo en cada una de estas.





Gráfica N°. 11 Distribución de puntos de agua de red de monitoreo por acuífero.



Gráfica N°. 12 - Distribución de pozos de la red de monitoreo por unidad captada en las subcuencas hidrogeológicas - Sabana de Bogotá

Los acuíferos Cuaternario - Guadalupe son captados por pozos de las Subcuencas V – Fontibón con 11 pozos, Subcuenca III - Teusacá con 3 pozos y Subcuenca IX - Tunjuelito con 1 pozo.

Los acuíferos Guaduas – Guadalupe son captados conjuntamente por 5 pozos en la Subcuenca IX – Tunjuelito.

Los acuíferos Cuaternario – Guaduas son captados por 1 pozo en la Subcuenca II – Teusacá.

4.5. FLUCTUACIONES DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN LOS POZOS DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Elaboradas las gráficas con base en información histórica de campañas, proporcionada por la CAR desde 1998 hasta 2006, durante un periodo de monitoreo de ocho años (series históricas de datos), se agruparon en las nueve subcuencas que componen la zona de estudio, la Sabana de Bogotá, sin tener en cuenta el acuífero captado.

Este procedimiento detecta variaciones progresivas en la fluctuación de los niveles estáticos en cada pozo y en la cuenca en general con respecto al tiempo de monitoreo; también detecta posibles datos erróneos o niveles dinámicos medidos antes de la Campaña 2005, donde no se aseguraron mediciones con tiempo de reposo superiores a las 24 horas. Igualmente, varios de los datos que se consideraron incongruentes con las tendencias generales y que solo pueden causar distorsión en el análisis no se tuvieron en cuenta para determinar variaciones en cada subcuenca.

4.5.1. SUBCUENCA I – SISGA

En la Gráfica N°. 13 se observa fluctuación de niveles piezométricos en los cinco pozos de monitoreo en esta subcuenca; son pocos los puntos de observación pero muestran que, en general, la cuenca no presenta decrecimientos progresivos en los niveles estáticos y estos se mantienen a lo largo del periodo observado.

4.5.2. SUBCUENCA II - TOMINÉ

El descenso de niveles piezométricos en los pozos de la red de monitoreo para la Subcuenca Tominé incluye sectores de Guasca con 14 pozos y Gachancipá-Tocancipá-Suesca con 38 pozos. (Ver Gráfica N°. 14)

En el sector Guasca los niveles son estables, no hay declinaciones progresivas a lo largo del periodo de observación (Pozos del II-23 al II-36), solo se observan algunas declinaciones importantes en la campaña del año 2003, que podrían corresponder a mediciones de niveles dinámicos; por tanto, se considera que los niveles se mantienen estables en esta zona.

Para el sector de Gachancipá-Tocancipá-Suesca con 33 pozos monitoreando el Acuífero Cuaternario, se evidencian 20 pozos con descensos progresivos de los niveles piezométricos que varían entre 0,5 y 1,6 metros y se infiere que en el sector los niveles han estado descendiendo 0,2 metros al año; el Acuífero Guadalupe solo es monitoreado en dos pozos (II-16 y II-17) y con solo dos registros históricos; por tanto, no es posible determinar fluctuaciones de niveles; el Acuífero de la Formación Cacho, monitoreado en un pozo (II-44) en la vereda San Martín del Municipio de Gachancipá, ha descendido progresivamente alrededor de 3 metros a partir del inicio de los monitoreos, al igual que el pozo II-10 que capta el acuífero de la Formación Guaduas en la Vereda Malpaso del Municipio de Tocancipá, que ha declinado gradualmente alrededor de 4 metros.

4.5.3. SUBCUENCA III - TEUSACÁ

La Gráfica N°. 15 muestra fluctuación de niveles piezométricos de los 25 pozos y aljibes que monitorean esta subcuenca. En general los niveles se muestran estables a excepción del sector norte del casco urbano de Sopó y aledaño el sector de Aposentos del Municipio de Tocancipá.





El Acuífero Guadalupe es captado por los pozos III-4 y III-6, que muestran descensos de alrededor de los 18 metros y el sistema Cuaternario - Guadalupe es monitoreado en los pozos III-12, III-13 y III-23, con descensos entre 2 y 6 metros; el Acuífero Cuaternario es monitoreado por 19 puntos de agua, de las cuales 6 muestran declinaciones progresivas de niveles piezométricos. Son estos los pozos III-11, III-16, III-17, III-25 y III-28, con descensos entre 0,20 y 1,0 metros durante el periodo de observación y el pozo III-1 con 7,5 metros; esta zona reviste especial interés ya que se ubica cerca a la zona de recarga.

Al norte del sector del casco urbano de Sopó y Aposentos se presentan declinaciones de niveles piezométricos en los acuíferos profundos que afectan los depósitos Cuaternarios; también se observan, hacia el sur del casco urbano de Sopó en la vereda Meusa y Violeta, recuperaciones progresivas entre 1 y 4 metros, en seis pozos (III-3, III-9, III-10, III-19, III-20, III-26) que captan el Acuífero Cuaternario.

4.5.4. SUBCUENCA IV – NEUSA

La Gráfica N°. 16 muestra el comportamiento de los niveles piezométricos medidos en 49 pozos que captan la Subcuenca IV – Neusa. En la gráfica es evidente que los registros de niveles de las últimas campañas de monitoreo, en algunos pozos de los sectores de Nemocón y Chía – Cajicá, muestran los abatimientos más profundos del periodo de observación y en el resto de la cuenca los niveles se mantienen estables.

En el sector de Checua, al norte del casco urbano de Nemocón, se detectan descensos progresivos de niveles piezométricos en las captaciones del Acuífero de la Formación Cacho, este fenómeno se aprecia en los pozos IV-1, IV-2 y IV-14, que en los últimos ocho años han descendido alrededor de cuatro metros, igualmente, ocho pozos ubicados en el mismo sector que captan el Acuífero Cuaternario identificados como IV-6, IV-7, IV-8, IV-9, IV-10, IV-11, IV-12 y IV-13 detectan descensos progresivos que varían entre 1 y 10 metros.

Hacia el sector del norte de Cajicá y occidente de Chía, doce pozos de monitoreo identificados como IV-21, IV-22, IV-30, IV-38, IV-40, IV-41, IV-42, IV-46, IV-47 y IV-48, IV-50 y IV-51, que captan el Acuífero Cuaternario evidencian declinaciones progresivas de los niveles piezométricos entre 0,7 y 9 metros.

Solo cuatro pozos captan el Acuífero Guadalupe en esta subcuenca, de los cuales no hay registros históricos. En dos no es posible realizar medición de niveles durante esta campaña, por tanto no hay información para analizar las variaciones de niveles para este acuífero en la cuenca.

4.5.5. SUBCUENCA V – FONTIBÓN

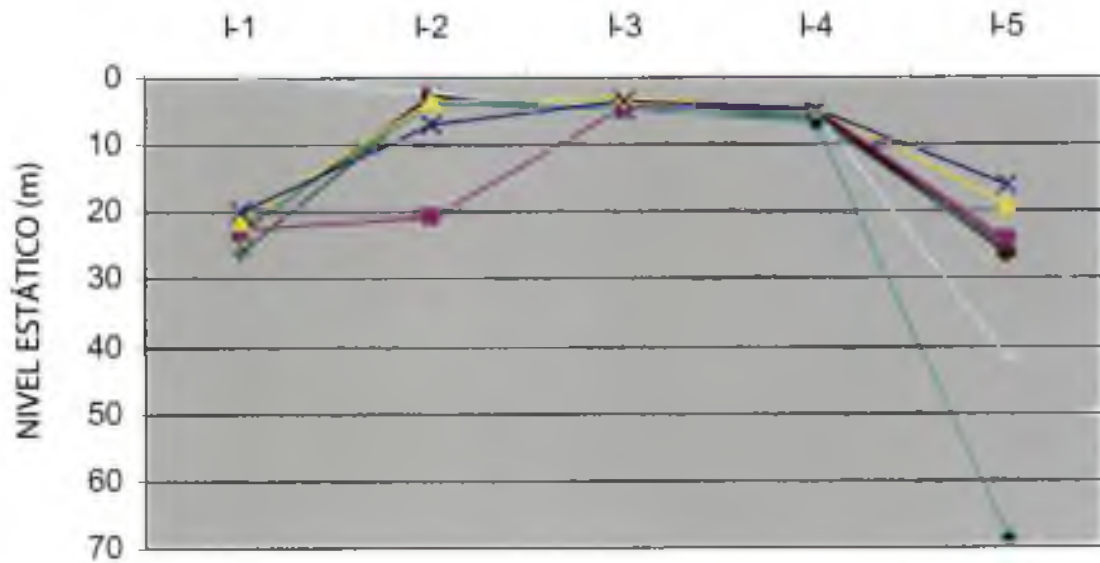
La fluctuación de niveles piezométricos de los 71 pozos que monitorean esta subcuenca hidrogeológica para el periodo de ocho años es mostrada en la Gráfica N°. 17; en esta gráfica se aprecia que varios pozos presentan mediciones de niveles deprimidos en la serie de datos; las declinaciones de niveles piezométricos corresponde a dos sectores, uno al norte del casco urbano de Funza y otro en el sector de Guaymaral, al norte de Bogotá. En el resto de la cuenca los niveles se mantienen estables a lo largo del periodo de observación.

En el sector El Cacique, Siete Trojes, El Cocli y La Punta al norte del casco urbano del Municipio de Funza, los pozos identificados como V-92, V-95, V-96, V-100, V-101, que captan el Acuífero Cuaternario, reflejan descensos que varían entre 7 y 15 metros; en el mismo sector y captando el mismo acuífero los pozos V-65, V-66, V-74, V-77, V-87, V-88, V-97 y V-103 presentan niveles que descienden entre 20 y 46 metros, aunque estas tasas de decaimiento pueden ser más bajas; de otro lado, se detectan descensos graduales de los niveles piezométricos entre 5 y 16 metros en los pozos V-82, V-91 y V-93, que captan el sistema acuífero Cuaternario – Guadalupe, e igualmente el pozo V-98, que capta este mismo sistema, muestra un descenso muy abrupto (26 metros), lo cual se puede confirmar en el pozo V-83 aledaño al pozo y que refleja valores de descensos del mismo orden.



SUBCUENCA I - SISGA

POZO No.

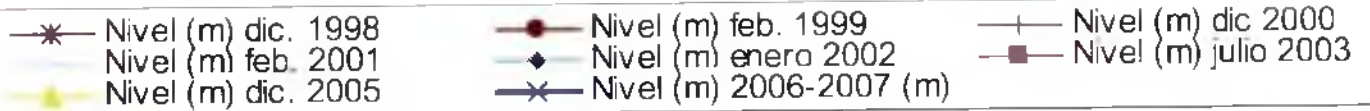
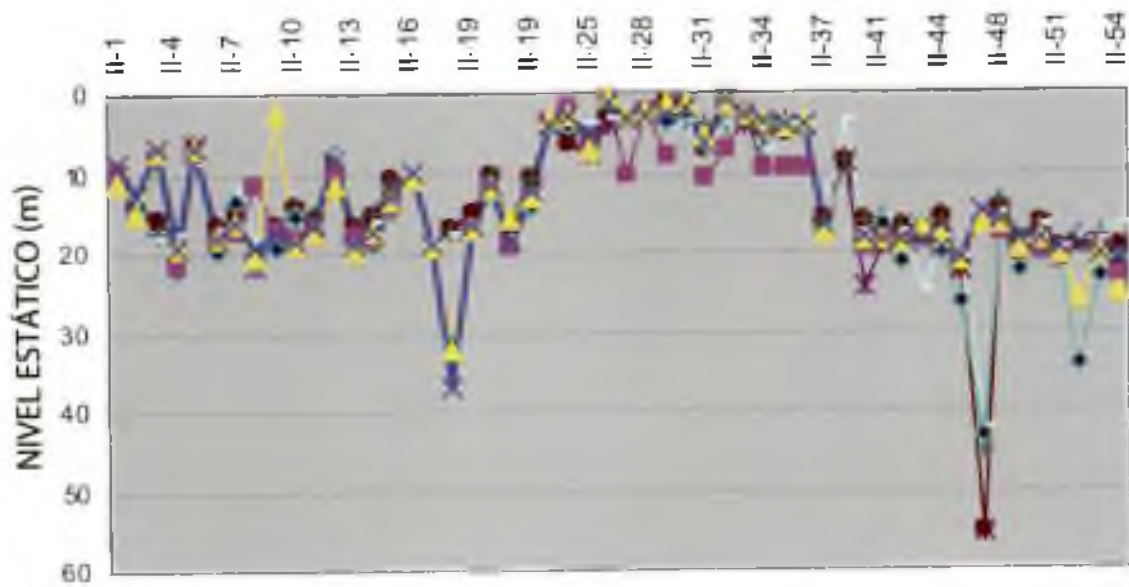


- * Nivel Dic (m) 1998
- Nivel (m) feb 1999
- +— Nivel (m) dic 2000
- Nivel (m) feb 2001
- ◆ Nivel (m) enero 2002
- Nivel (m) julio 2003
- Nivel (m) dic 2005
- x— Nivel (m) 2006-2007 (m)

Gráfica N°. 13 - Fluctuación niveles piezométricos en Subcuenca I – Sisga

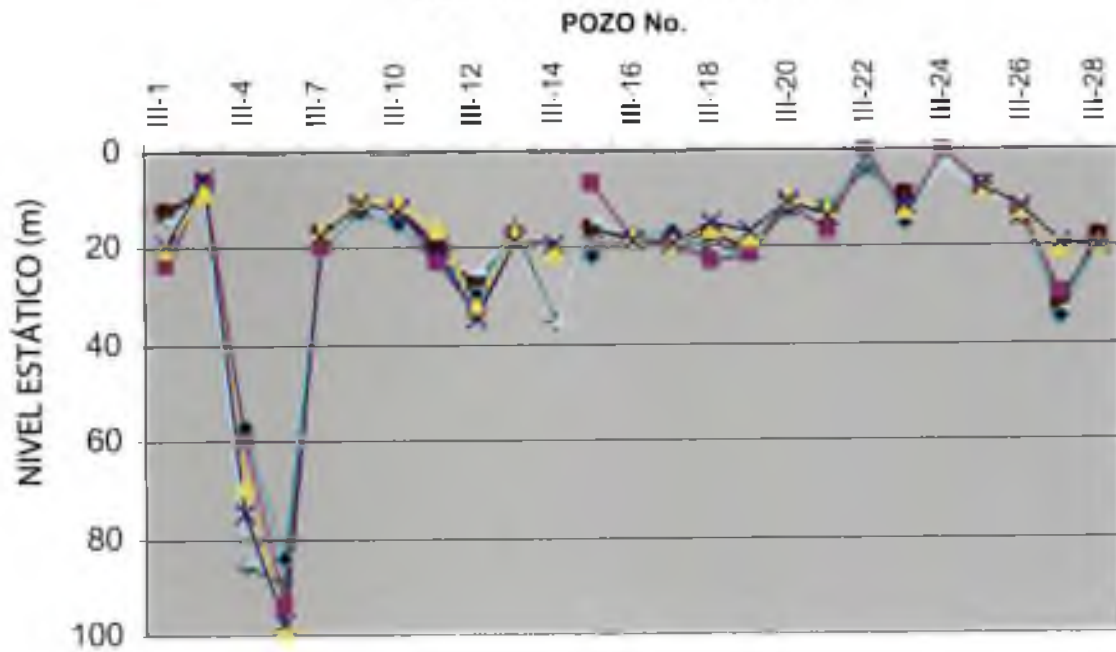
SUBCUENCA II - TOMINÉ

POZO No.



Gráfica N°. 14 – Fluctuación niveles piezométricos en Subcuenca II – Tominé

SUBCUENCA III - TEUSACÁ

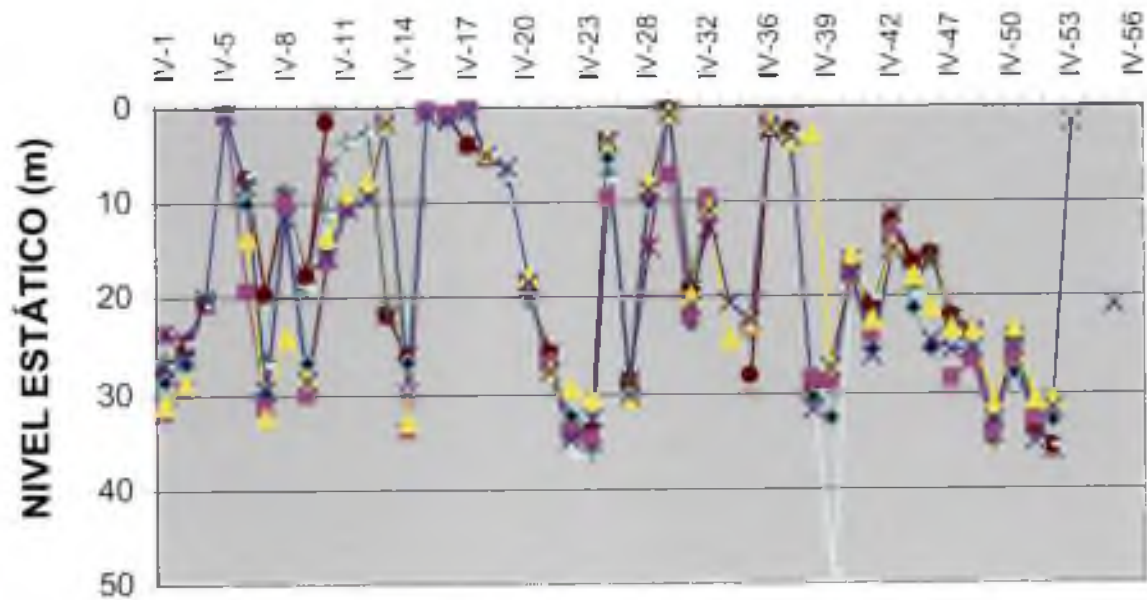


- * Nivel dic. 1998
- Nivel (m) feb 1999
- Nivel (m) feb. 2001
- ◆ Nivel (m) enero 2002
- Nivel (m) dic 2000
- Nivel (m) julio 2003
- Nivel (m) dic. 2005
- × Nivel (m) 2006-2007 (m)

Gráfica N°. 15 – Fluctuación niveles piezométricos en Subcuenca III – Teusacá

SUBCUENCA IV - NEUSA

POZO No.

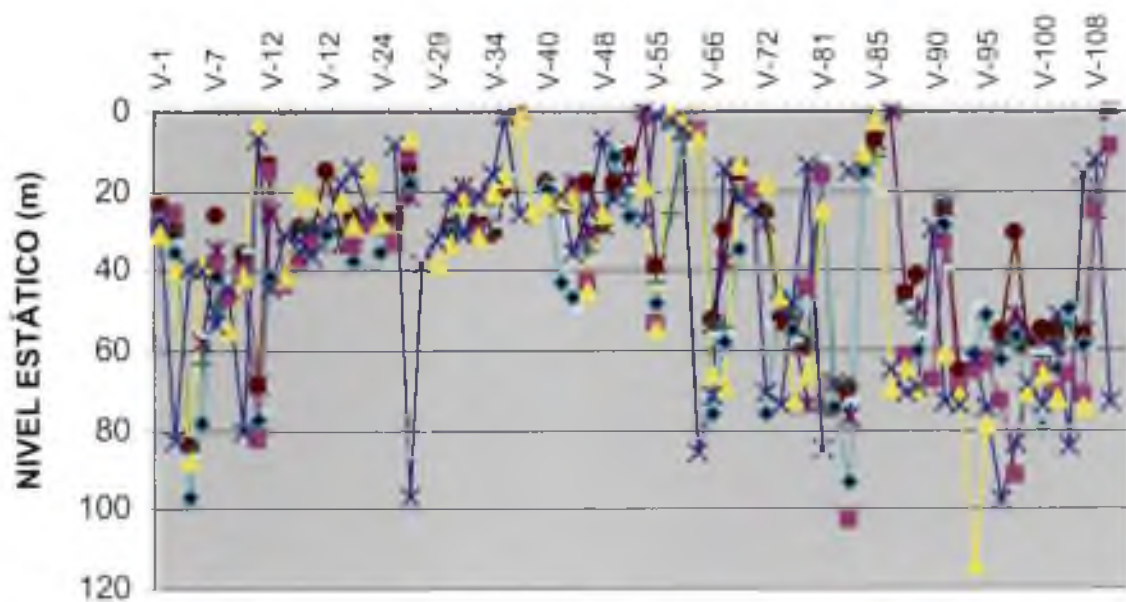


- | | | |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| —*— Nivel (m) dic 1998 | —●— Nivel (m) feb 1999 | —+— Nivel (m) dic 2000 |
| —○— Nivel (m) feb 2001 | —●— Nivel (m) enero 2002 | —■— Nivel (m) julio 2003 |
| —▲— Nivel (m) dic 2005 | —x— Nivel (m) 2006-2007 (m) | |

Gráfica N°. 16 – Fluctuación niveles piezométricos en la subcuencia IV – neusa

SUBCUENCA V - FONTIBÓN

POZO No.



- | | | |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| —●— Nivel (m) dic 1998 | —●— Nivel (m) feb 1999 | —●— Nivel (m) dic 2000 |
| —●— Nivel (m) feb 2001 | —●— Nivel (m) enero 2002 | —●— Nivel (m) julio 2003 |
| —●— Nivel (m) dic 2005 | —●— Nivel (m) 2006-2007 (m) | |

Gráfica N°. 17 – Fluctuación niveles piezométricos en Subcuenca V – Fontibón



En el sector de Guaymaral, al norte de Bogotá, seis pozos identificados como V-10, V-16, V-18; V-19, V-30, V-32 y V-33, que captan el acuífero Cuaternario, empiezan a evidenciar descensos progresivos de los niveles piezométricos entre 1 y 3 metros.

4.5.6. SUBCUENCA VI – CHICÚ

La fluctuación de niveles piezométricos de los 50 pozos que monitorean la Subcuenca VI – Chicú es mostrada en la Gráfica N°. 18.

En 19 pozos que captan el acuífero Cuaternario distribuidos a lo largo de la cuenca (VI-4, VI-5, VI-6, VI-9, VI-10, VI-12, VI-14, VI-18, VI-19, VI-21, VI-26, VI-32, VI-33, VI-36, VI-37, VI-39, VI-42, VI-45 y VI-50) se registran decrecimientos entre 1 y 7 metros, lo que infiere, por tanto, que la mayor parte de la cuenca presenta declinaciones graduales de los niveles piezométricos para este acuífero somero.

Gran parte de los registros históricos de los pozos de la red que captan el acuífero Guadalupe en esta subcuenca es reciente; solo datos de los pozos VI-38 y VI-43, ubicados al sur de los denominados Cerros de Cota, muestran descensos continuos de sus niveles de 10 y 5 metros respectivamente y el pozo VI-25, localizado al oeste del casco urbano de Tenjo, ha decrecido en los niveles estáticos alrededor de 5 metros.

4.5.7. SUBCUENCA VII – SUBACHOQUE

La Gráfica N°. 19 muestra fluctuación de niveles piezométricos en los 57 pozos que monitorean esta subcuenca; los registros de niveles medidos en la última campaña se ubican en las posiciones más deprimidas de las series de datos y muestran declinaciones de los niveles para esta subcuenca; sin embargo, varios datos muestran cambios abruptos (31 pozos) y los datos no son consecuentes a lo largo del tiempo; de estos, algunos muestran abatimientos (17 pozos), que alcanzan incluso hasta 80 metros y otros muestran recuperaciones de sus niveles (14 pozos), hasta de 50 metros; estos datos podrían corresponder a niveles dinámicos o estar influenciados por bombeos cercanos debido a que esta subcuenca tiene gran aprovechamiento del agua subterránea; por tanto, no es muy claro establecer un patrón de comportamiento a lo largo del tiempo de los niveles piezométricos en la cuenca a partir del análisis de estos registros considerados poco confiable. Se presenta dificultad para medir los niveles en 11 de los 57 pozos de monitoreo, es decir, casi en un 20%, debido a que los pozos están obstruidos o porque la sonda se atasca y en un pozo solo hay un registro de la presente campaña.

La información de 14 pozos de monitoreo en esta subcuenca podría considerarse efectiva, aunque con ciertas limitantes, ya que estos pozos en general tienen tendencia a las declinaciones de los niveles que varían entre 1 y 28 metros y son los pozos VII-2, VII-11, VII-13, VII-21, VII-32, VII-39, VII-40, VII-46, VII-51, VII-52, VII-57 y VII-60 y captan el Acuífero Cuaternario; al igual los pozos VII-61 y VII-62, que captan el Acuífero Guadalupe hacia el norte del casco urbano del Municipio de Madrid, muestran progresivas depresiones de los niveles entre 4 y 10 metros.

Esta subcuenca hidrogeológica ha sido en los últimos años la cuenca con mayores declinaciones de los niveles piezométricos en la Sabana de Bogotá, tanto en el acuífero Cuaternario como en el Guadalupe.

4.5.8. SUBCUENCA VIII - BALSILLAS

Los niveles piezométricos de esta subcuenca son monitoreados por 27 pozos, la mayoría capta el acuífero Guadalupe (20 pozos); en similar situación con la Subcuenca de Subachoque, se presentan datos que pueden estar influenciados por bombeos cercanos y gran aprovechamiento de los acuíferos del sector.

Son claras las depresiones progresivas en los niveles piezométricos en algunos pozos como se muestra en la Gráfica N°. 20, especialmente los pozos VIII-4, VIII-7, VIII-8 y VIII-9, que captan los





Acuíferos Cuaternario y Guaduas ubicados en los Municipios de Facatativá y Madrid con depresiones entre 12 y 15 metros; al igual los pozos VIII-3, VIII-11, VIII-12 y VIII-14, que captan el acuífero Guadalupe en los Municipios de Bojacá, Facatativá y Madrid, muestran caídas progresivas entre 18 y 23 metros de sus niveles piezométricos; adicionalmente, el pozo VIII-27 que capta el acuífero Guadalupe al norte del casco urbano de Facatativá ha venido declinando el nivel alrededor de tres metros.

4.5.9. SUBCUENCA IX – TUNJUELITO

La Gráfica N°. 21 muestra la fluctuación de las diferentes series de registros para los 25 pozos que monitorean la subcuenca Tunjuelito; se aprecia un sector donde hay recuperación de los niveles piezométricos en los pozos que captan el acuífero Cuaternario; hacia el sector de Bosa, los pozos IX-1, IX-2, IX-6, IX-7, IX-8 y IX-10 muestran recuperaciones entre 1 y 10 metros, quizá porque reciben aportes del las aguas superficiales del río Tunjuelito y se haya disminuido la explotación de aguas subterráneas del acuífero somero en el sector.

Hacia el sector de Chusacá en los municipios de Soacha y Sibaté, los pozos IX-21, IX-22, IX-26 y IX-29 que captan el acuífero Guadalupe y en conjunto el sistema Guaduas – Guadalupe, registran descensos progresivos y rápidos (entre 4 y 18 metros).

4.6. MAPAS PIEZOMÉTRICOS

Con base en medidas de niveles tomadas en campo y cota del pozo, se determina la cota del nivel piezométrico de los pozos de la red de monitoreo; estas cotas se plasman en mapas a escala 1:100.000, obteniendo isopiezas y dirección del flujo del agua subterránea en cada uno de los sistemas acuíferos.

Los Mapas 6 y 7 muestran las isolíneas para cada uno de los dos sistemas acuíferos, Cuaternario y Guadalupe y uno integrado con una Zona Crítica resaltada en color amarillo, presentados de manera interactiva con la base de datos y en ArcGis.

4.6.1. SISTEMA ACUÍFERO CUATERNARIO

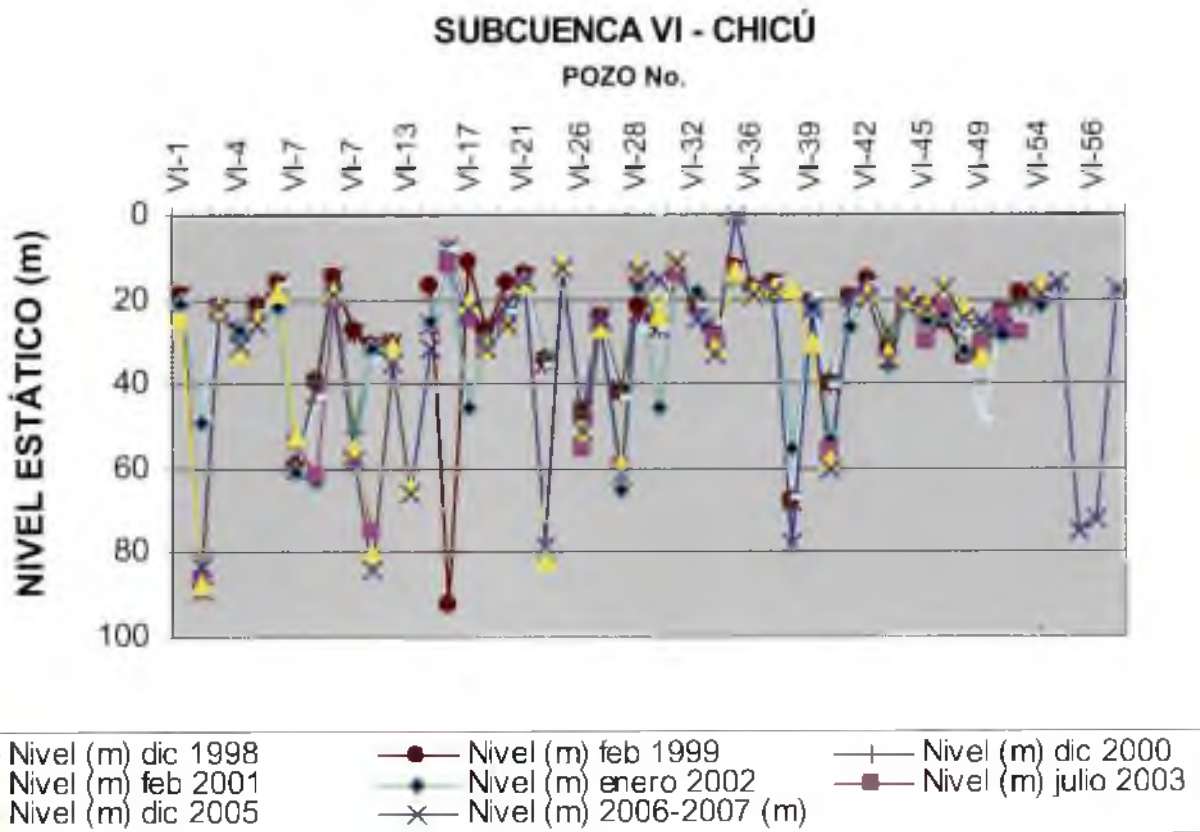
Para elaboración de isollneas piezométricas del acuífero Cuaternario se utilizó la información de 288 pozos, de los cuales 272 captan solo el acuífero Cuaternario, 15 pozos captan simultáneamente el sistema Cuaternario – Guadalupe y un pozo que capta el sistema Cuaternario – Guaduas. La cota del nivel piezométrico de algunos de los pozos del acuífero Cuaternario se ajusta más a niveles que captan el acuífero Guadalupe y por tanto no se tienen en cuenta para la elaboración de las isopiezas del acuífero somero. Las isopiezas para el sistema acuífero somero se presentan en el Mapa N° 6, isopiezas para el Sistema acuífero Cuaternario.

Para la Subcuenca del Sisga solo se tienen dos pozos captando este acuífero, por tanto en este sector no es posible generar isopiezas que muestren la dirección de flujo de los acuíferos someros a partir de la información de los pozos de la red de monitoreo

Para la subcuenca de Tominé, en el sector de Guasca, con 14 pozos monitoreando en esta zona, se observa dirección de flujo de las aguas subterráneas someras hacia el Embalse del Tominé. En el sector de Gachancipá – Tocancipá – Suesca, las aguas subterráneas en el acuífero Cuaternario presentan dirección dominante hacia el occidente en dirección al río Bogotá, aunque se presenta flujo local en la vereda Boitá del Municipio de Sesquillé, posiblemente influenciado por el pozo II-7, el cual bombea un caudal de agua significativo (20 lps) y podría estar deflectando los niveles del agua subterránea somera hacia este sector.

En la Subcuenca de Teusaca el agua subterránea del Acuífero Cuaternario fluye desde el sur hacia el norte siguiendo la dirección de flujo del río Teusacá; adicionalmente, se generan flujos locales en el

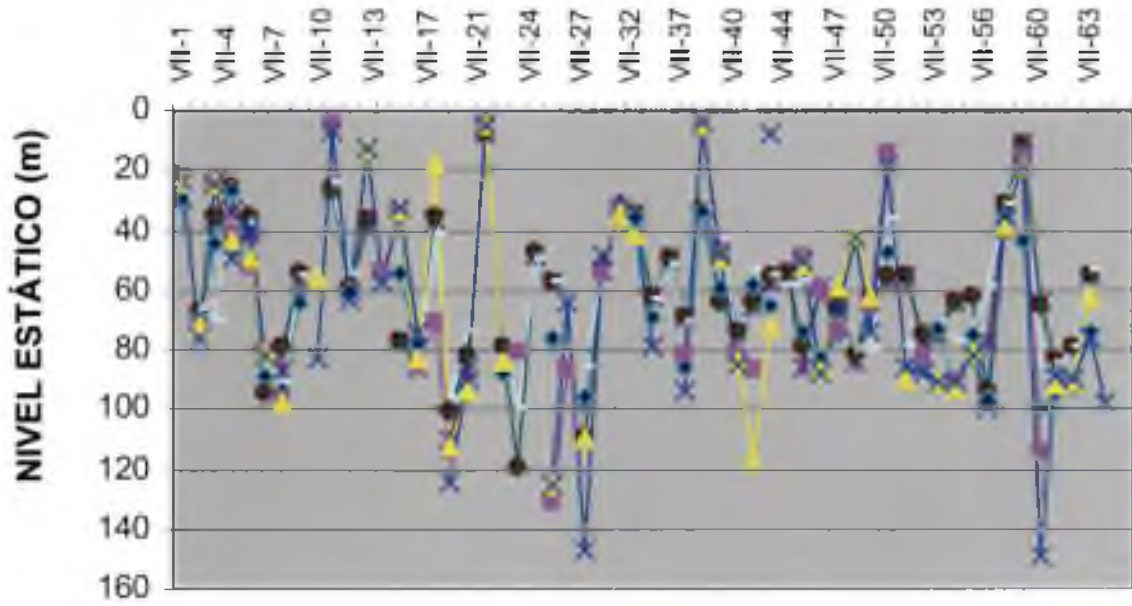




Gráfica N°. 18 – Fluctuación niveles piezométricos en Subcuenca VI – Chicú

SUBCUENCA VII - SUBACHOQUE

POZO No.

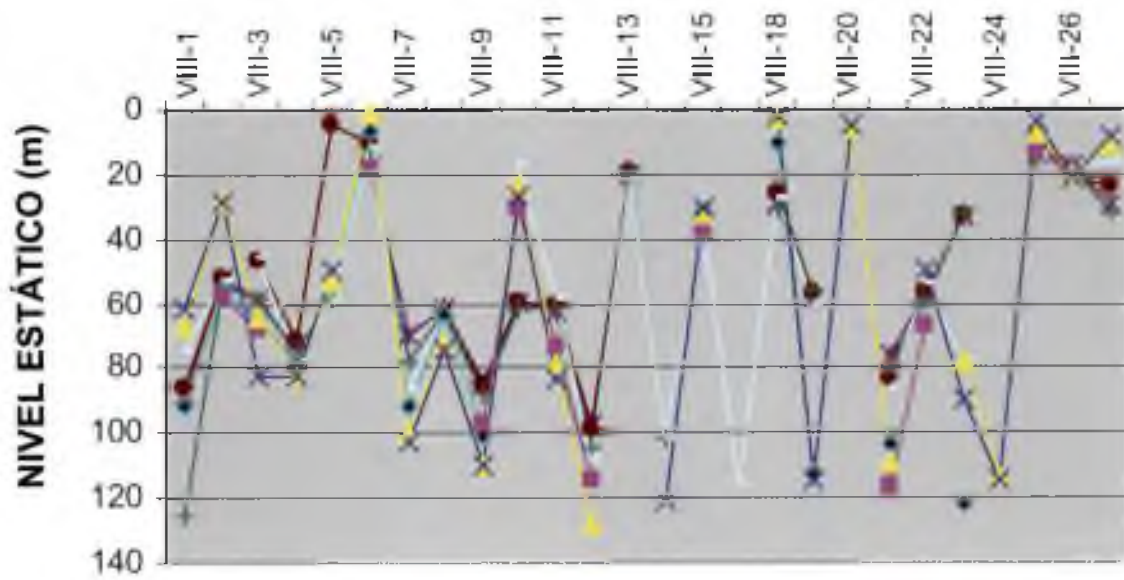


- | | | |
|----------------------|---------------------------|------------------------|
| * Nivel (m) dic 1998 | ● Nivel (m) feb 1999 | + Nivel (m) dic 2000 |
| — Nivel (m) feb 2001 | ◆ Nivel (m) enero 2002 | ■ Nivel (m) julio 2003 |
| ● Nivel (m) dic 2005 | — Nivel (m) 2006-2007 (m) | |

Gráfica N°. 19 – fluctuación niveles piezométricos
Subcuenca VII- Subachoque

SUBCUENCA VIII - BALSILLAS

POZO No.

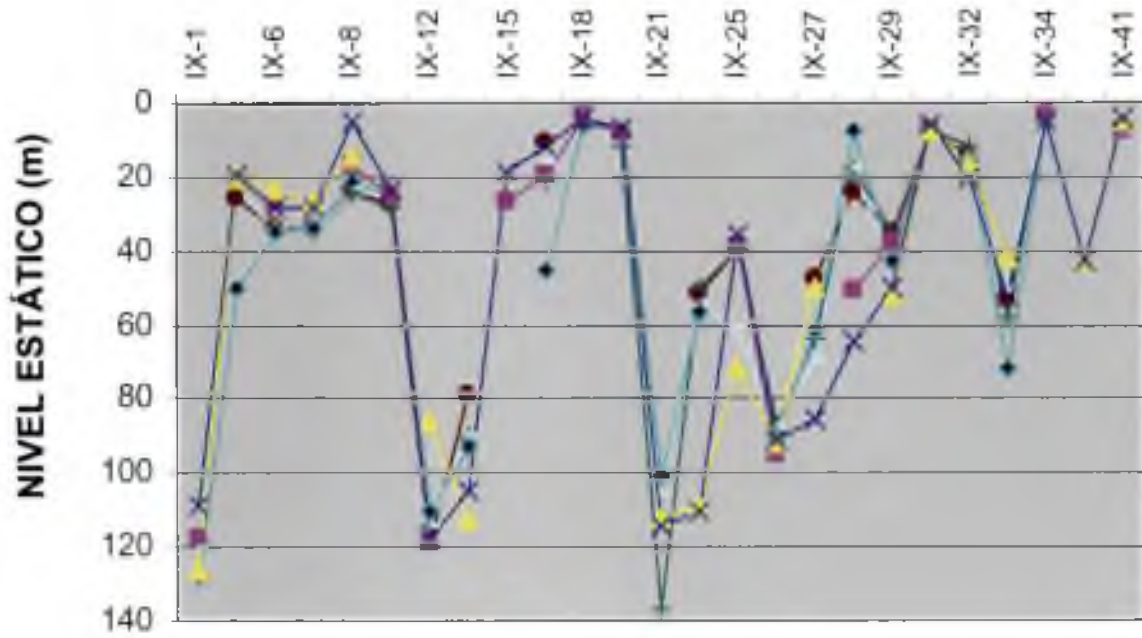


- | | | |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| —●— Nivel (m) dic 1998 | —●— Nivel (m) feb 1999 | —+— Nivel (m) dic 2000 |
| —●— Nivel (m) feb 2001 | —◆— Nivel (m) enero 2002 | —■— Nivel (m) julio 2003 |
| —●— Nivel (m) dic 2005 | —×— Nivel (m) 2006-2007 (m) | |

Gráfica N°. 20 – Fluctuación niveles piezométricos en Subcuenca VIII – Balsillas

SUBCUENCA IX - TUNJUELITO

POZO No.



Gráfica N°. 21 Fluctuación niveles piezométricos
Subcuenca IX - Tunjuelito



sector norte del casco urbano de Sopó y Aposentos como respuesta a bombeos en este sector y debidas probablemente a explotación del Acuífero Guadalupe que influyen los niveles por conexión hidráulica con el Acuífero Cuaternario.

La dirección del flujo de agua subterránea predominante en el acuífero Cuaternario para la Subcuenca de Neusa sigue dirección de flujo de las aguas superficiales del río Checua – Barandilla, fluyendo desde el noreste hacia el sur en el valle del río Bogotá. En el sector de Checua predominan los flujos locales, deprimidos por bombeos de las captaciones en el mismo acuífero, posiblemente conectado hidráulicamente con el acuífero inferior constituido en la Formación Cacho. En el sector de Chia – Cajicá la dirección del agua subterránea está dominada por los bombeos de los pozos y forman conos deprimidos en dicho sector.

En la Subcuenca de Fontibón, de gran extensión, la dirección de flujo del agua subterránea en el acuífero Cuaternario varía en los diferentes sectores de la cuenca; hacia el occidente, para los municipios de Madrid y Funza; las direcciones de flujo se encuentran dominadas por los bombeos de los pozos y el flujo se dirige hacia el centro de la zona deprimida; en el resto de la cuenca los flujos siguen las direcciones de los cuerpos de agua superficiales; en el sector de Guaymaral las aguas subterráneas se dirigen hacia el río Bogotá; entre los cerros Orientales y los Cerros de Suba sigue la dirección del Canal Córdoba; hacia el sur de la cuenca, en la ciudad de Bogotá, los flujos se dirigen hacia el valle del río Fucha.

En la subcuenca de Chicú los flujos de agua subterránea del acuífero Cuaternario fluyen hacia el suroeste, siguiendo la dirección de flujo del río Chicú. Aunque la cuenca presenta descensos en los niveles piezométricos continuos por bombeos de pozos, estos no están dominado el flujo; solo por bombeo se forma un cono de depresión de poca extensión en la vereda Poveda al sur de casco urbano de Tablo, monitoreado por dos pozos de la red.

Para la Subcuenca del río Subachoque, el flujo de agua subterránea del acuífero Cuaternario, que básicamente está monitoreado por los pozos de la red entre los cascos urbanos de los municipios de Madrid y Subachoque, presenta fluctuaciones distintas en dos sectores, diferenciados por la forma de las isopiezas que evidencia una discontinuidad lateral de los acuíferos someros en dos sectores de la cuenca, un primer sector, ubicado hacia el norte de la cuenca, en un polígono formado entre los cascos urbanos de los municipios de El Rosal y Subachoque y el sector sur de los Cerros de Tenjo, cuyas líneas de flujo se dirigen hacia el centro del sector, creando un cono de depresión bastante pronunciado en este sitio; un segundo sector que constituye la parte más sur de la cuenca, donde los flujos para el acuífero Cuaternario se hallan igualmente dominados por los bombeos de los pozos y forman también un cono de depresión aunque no tan pronunciado como el sector norte.

Para la Subcuenca de Balsillas no hay registros suficientes para trazar isopiezas en el acuífero Cuaternario, por tanto no es posible determinar direcciones de flujo en este acuífero.

En la Subcuenca del río Tunjuelito, la dirección del flujo de las aguas subterráneas del acuífero Cuaternario, en el sector de Sibaté, fluye hacia el embalse del Muña y en el resto de la cuenca los flujos se dirigen hacia el río Tunjuelito.

4.6.2. SISTEMA ACUÍFERO GUADALUPE

Las isopiezas piezométricas del acuífero Guadalupe son elaboradas usando información de 76 pozos, de los cuales 56 captan el acuífero Guadalupe, 15 pozos que captan conjuntamente los dos acuíferos Cuaternario y Guadalupe y cinco que captan el sistema Guaduas-Guadalupe.

Solo en tres subcuencas hidrogeológicas hay información para trazar estas isopiezas, en las restantes seis subcuencas, los pozos se hallan aislados y la información es mínima para trazarlas y determinar dirección de flujo. Las isopiezas para el sistema acuífero Guadalupe se presentan en el Mapa N.º. 6, Isopiezas para el Sistema Acuífero Guadalupe.





En la subcuenca de Chicú hacia el noroeste del casco urbano de Tenjo, cerca del piedemonte de los cerros de Tenjo, el flujo de agua subterránea del acuífero Guadalupe fluye hacia el centro de la cuenca desde los bordes y partes altas, es decir, con dirección sureste.

En la Subcuenca de Subachoque, al norte del casco urbano del municipio de Madrid, el flujo de agua subterránea regional tiende hacia el sur de la cuenca, pero también se evidencian varios conos de depresión dominados por bombeos locales.

La subcuenca de Balsillas cuenta con el mayor número de pozos que captan este sistema acuífero; hacia el este del casco urbano del Municipio de Bojacá el agua subterránea fluye hacia el centro de la cuenca y forma un cono de depresión; hacia el norte y este del casco urbano de Facatativá fluye hacia el sureste de la cuenca, desde las partes altas hacia el valle del río Botello.

4.7. ZONAS CRÍTICAS POR DESCENSO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Se determinaron Zonas Críticas en algunas de las subcuencas hidrogeológicas por descensos progresivos de los niveles piezométricos, con base en el análisis de las fluctuaciones de los niveles en los pozos de la red, usando datos históricos desde la campaña de monitoreo de 1998 y hasta la Campaña 2006, es decir, para un tiempo de observación de ocho años. Estas Zonas Críticas se muestran en el Mapa N° 7.

En la subcuenca Teusacá, sector norte del casco urbano de Sopó y Aposentos, se manifiestan descensos progresivos en los niveles piezométricos del acuífero Guadalupe, evidenciado en tres pozos que captan dicho acuífero en el sector y probablemente dicho fenómeno ha empezado a influir en pequeños descensos de niveles del acuífero Cuaternario; este sector reviste gran interés debido a su cercanía con la zona de recarga del acuífero.

En la subcuenca Neusa se determinaron dos zonas críticas; la primera ubicada hacia el sector de Checua-Nemocón, donde se evidencian descensos progresivos tanto en el acuífero Cuaternario como en el acuífero de la Formación Cacho; el acuífero somero presenta descensos de niveles en ocho pozos (entre 1 y 10 metros) y el acuífero Terciario presenta descensos paulatinos en tres pozos (entre 2 y 4 metros). Una segunda zona se observa hacia el sector de Chía y Cajicá, evidenciada en doce pozos que captan el acuífero Cuaternario con depresiones de los niveles que varían entre 1 y 9 metros.

Para la subcuenca Fontibón se determinaron dos zonas críticas: la primera en el sector El Cacique - Siete Trojes - El Cocli - La Punta, ubicados al norte del casco urbano de Funza, en el cual varios pozos que captan el acuífero Cuaternario registran descensos que varían entre 7 y 15 metros; igualmente, en el sitio se observan depresiones del sistema Cuaternario - Guadalupe con descensos entre 5 y 16 metros. La segunda zona se ubica hacia el sector de Guaymaral al norte de Bogotá con descensos de los niveles piezométricos entre 1 y 3 metros en el acuífero Cuaternario.

En la Subcuenca Chicú hay descenso general de los niveles piezométricos en el acuífero Cuaternario, a lo largo de la mayor parte de la extensión de la subcuenca, el cual es evidenciado por descensos progresivos que varían entre 1 y 7 metros; hacia el oriente del casco urbano de Tenjo, donde se ubica la mayoría de los pozos de monitoreo de la red que captan el acuífero Guadalupe, un pozo ha declinado progresivamente 5 metros, pero no hay registros históricos de pozos aledaños para verificar dicha información; al sur de los cerros de Cota dos pozos que igualmente captan el acuífero Guadalupe declinan 5 y 10 metros.

En la subcuenca Subachoque se muestran dos Zonas Críticas, la primera hacia el norte de la cuenca ubicada entre los cascos urbanos de los municipios de El Rosal y Subachoque, con depresiones del acuífero Cuaternario que varían entre 1 y 13 metros y una segunda, al sur de la cuenca entre los cascos urbanos de los municipios de Madrid y El Rosal con decrecimientos de los niveles del acuífero Guadalupe entre 4 y 10 metros y del acuífero Cuaternario entre 10 y 28 metros.



En la subcuenca Balsillas, con monitoreo principalmente del acuífero Guadalupe, es posible determinar una Zona Crítica, con descensos entre 18 y 23 metros, ya que cuatro pozos registran decaimientos progresivos de los niveles; estos descensos también podrían traducirse como descensos locales ya que los pozos se encuentran aislados y muchos pozos intermedios no registran estos decaimientos. Dentro de la misma zona se observa decaimiento de los niveles del acuífero Cuaternario entre 12 y 15 metros.

Para la subcuenca Tunjuelito se determinó una zona crítica hacia el sector de Chusacá (Sibaté y Soacha), con abatimientos progresivos de los niveles piezométricos en el acuífero Guadalupe y el sistema Guadalupe – Guaduas con descensos entre 4 y 18 metros.

4.8. POZOS DE REPOSICIÓN DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Se seleccionaron pozos de reposición distribuidos a lo largo del área de la Sabana de Bogotá, y se escoge 10 para ingresar a la red de monitoreo de niveles piezométricos teniendo en cuenta que captan los acuíferos en las denominadas zonas críticas o en las zonas donde se infiere que los niveles estáticos están descendiendo como en el caso de la subcuenca de Neusa (municipio de Nemocón).

Los pozos de reposición están ubicados en la subcuenca Neusa, dos pozos; en la subcuenca Chicú, un pozo; en la subcuenca Subachoque, cinco pozos, uno de ellos queda en límites con la subcuenca Fontibón; en la subcuenca Balsillas, un pozo; y en la subcuenca Tunjuelito, un pozo.

4.9. RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Los aspectos que podrían mejorar la red de monitoreo de niveles piezométricos son:

Establecer base de datos completa para los pozos de monitoreo de la red consignando información y características de diseño y construcción, así como acuífero captado y profundidad y otros datos mínimos que exige un inventario de puntos de agua.

Obtención de expedientes en las Oficinas Provinciales de la CAR, información técnica de pozos remitidas por compañías perforadoras, que podrían alimentar la base de datos para los pozos de la red.

Identificar realmente los acuíferos captados por cada pozo de la red de monitoreo, a partir de la información del diseño y unidades litológicas e hidrogeológicas que subyacen en cada punto, para generar isolíneas confiables que no mezclen niveles de diferentes unidades hidrogeológicas; además, evitar interpretaciones erróneas en delimitación de zonas deprimidas en un acuífero.

Instalar las placas de nivelación a los pozos de la red que carecen de ella, con su respectiva georreferenciación y nivelación, para de esta forma disminuir la probabilidad de mediciones en pozos diferentes de la red de monitoreo.

Adecuar piezómetros en los pozos donde haya posibilidad de instalarlos, ya que por mal mantenimiento de algunos de estos se presentan obstrucciones por lodo o por el cable de la bomba, que impiden que la sonda de medición de niveles piezométricos descienda.

No retirar de la red de monitoreo los pozos saltantes o surgentes, ya que estos pozos proporcionan información muy valiosa y evidencian variaciones, por sobreexplotación o recarga del acuífero captado.

En cada una de las zonas críticas establecer un proceso de medición automática de niveles o transductores de presión con data logger; estos medidores, en el aspecto comercial (Diver o Levellogger), son económicos y su almacenamiento de datos permite instalarlos por periodos largos, antes de extraer la información. Estos equipos permiten determinar la fluctuación temporal y espacial en tiempo real, del acuífero y el efecto de bombeos locales.





También pueden ser usados métodos más sofisticados como Telemetría y Sistema Satelital, lo cual permite obtener datos en tiempo real de un punto de manera continua y constante e instantánea en el tiempo.

Incrementar el número de puntos en la red de monitoreo de agua subterránea, teniendo en cuenta lineamientos que identifiquen zonas apropiadas y de interés para su ubicación. Esto se puede hacer de una manera analítica o matemática.

Para incrementar los pozos de una red de monitoreo de manera analítica se debe conocer el modelo hidrogeológico de la zona, áreas de recarga y extracción, condición del o los acuíferos monitoreados, características hidrodinámicas del sistema y en función de estas variables determinar: Vacíos de información en Zonas Críticas detectadas, modelo de flujo de agua, zonas de recarga, tránsito y descarga, zonas de interacción aguas superficiales-aguas subterráneas, conocer el diseño de cada pozo que se va a ingresar a la red (profundidad, profundidad de filtros, acuífero captado), accesibilidad a los pozos, pozos que representen fielmente el acuífero por monitorear (un solo acuífero), ubicar los pozos de la red de tal manera que el régimen de bombeo de otros pozos no influya en las mediciones.

Matemáticamente el número de puntos en una red de monitoreo se puede aumentar utilizando herramientas como la geoestadística, la cual permite, por medio del Kriging (la más común), interpolar espacialmente los puntos de una red, definiendo dónde se deben aumentar puntos por los valores del error estándar de estimación. Para esto existen diferentes softwares como Statística, GeoEas y VarioWin. Estas técnicas, sin embargo, inferen que los puntos de monitoreo están correctamente diseñados y por ello, las mediciones u observaciones que se realizarán en ellas reflejan perfectamente la dinámica del fenómeno por estudiar.

4.10. CONCLUSIONES DE FLUCTUACIONES DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

La subcuenca del río Chicú, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario que es el principal acuífero explotado, registra niveles estáticos a profundidades mayores a 30 metros; se han obtenido registros de abatimientos que oscilan de 5 a 25 metros, medidos desde las campañas de 1998 a 2007.

En el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico se registran niveles piezométricos a profundidades que oscilan entre 30 y 70 metros, de lo cual se infiere que está influenciado por el sitio de perforación del pozo, ya que si está perforado cerca a afloramiento del cretáceo se reduce la profundidad del espesor de la formación y el nivel piezométrico se encuentra más somero. Los abatimientos observados en este acuífero oscilan entre 15 a 50 metros de profundidad en el periodo medido entre 1998 y 2007.

En la subcuenca del río Subachoque, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario, se registran niveles estáticos a profundidades entre 20 y 40 metros; se han obtenido registros de abatimientos que oscilan de 10 a 30 metros, medidos desde las campañas de 1998 a 2007. En el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico se registran niveles piezométricos a profundidades que oscilan entre 15 y 25 metros.

En la subcuenca Bojacá-Balsillas, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario, se registran niveles estáticos a profundidades entre 10 y 27 metros; se han obtenido registros de abatimientos que oscilan de 5 a 15 metros, medidos desde las campañas de 1998 a 2007. En el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico se registran niveles piezométricos a profundidades que oscilan entre 9 y 30 metros.

En la subcuenca Fontibón, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario, se registran niveles estáticos a profundidades entre 20 y 35 metros y se han obtenido registros de abatimientos que oscilan de 5 a 15 metros; en el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico los niveles piezométricos no indican realmente las fluctuaciones que se presentan en este acuífero, debido a que son muy pocos los pozos que están perforados en esta formación; además, en esta subcuenca se están generando





desarrollos, entre otros, urbanísticos, industriales y especialmente comerciales y de servicios, cuyos requerimientos hídricos tienden a reducirse.

En la subcuenca Tunjuelito, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario se registran niveles estáticos de 5 a 20 metros de profundidad y se han obtenido registros de abatimientos de 5 a 15 metros. En el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico los niveles piezométricos no indican realmente la fluctuación generada por bombeo de aguas subterráneas, debido a que hay pocos pozos perforados en este acuífero y el régimen de lluvias es alto.

En la subcuenca Teusacá, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario, se registran niveles estáticos de 15 a 20 m de profundidad y se han obtenido registros de abatimiento de 5 a 10 metros; en el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico no hay suficientes puntos de agua para monitoreo de niveles piezométricos y se tiene conocimiento de que hay pozos emergentes cuyo nivel piezométrico se encuentra sobre el nivel del terreno.

En la subcuenca del Neusa, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario, se registran niveles estáticos de 10 a 30 m de profundidad y se han obtenido registros de abatimiento del orden de 10 metros; en el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico no se tienen suficientes puntos de agua para monitoreo de niveles piezométricos y se tiene conocimiento de que a esta subcuenca se están desplazando algunos sectores productivos agroindustriales, especialmente el sector floricultor.

En la subcuenca Tominé, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario se registran niveles estáticos de 10 a 20 metros de profundidad y se han obtenido registros de abatimiento del orden de 5 metros; en el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico no se tienen suficientes puntos de agua para monitoreo de niveles piezométricos y debido al régimen de lluvias, escorrentía y cuerpos de agua, son pocos los pozos perforados en esta subcuenca y particularmente no hay pozos que capten el sistema acuífero cretácico.

En la subcuenca del Sisga, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) del neógeno cuaternario, se registran niveles estáticos de 5 a 20 metros de profundidad y se han obtenido registros de abatimiento no mayores a 5 metros; en el acuífero Guadalupe del paleógeno cretácico no hay suficientes puntos de agua para monitoreo de niveles piezométricos y debido al régimen de lluvias, escorrentía y cuerpos de agua, son pocos los pozos perforados en esta subcuenca y particularmente no hay pozos que capten el sistema acuífero cretácico.

Para conocimiento y gestión del recurso hídrico subterráneo en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica se continuarán monitoreando los niveles piezométricos en las subcuencas determinadas en el "Estudio Hidrogeológico Cuantitativo en la Sabana de Bogotá", efectuado entre la CAR e Ingeominas, por lo cual los puntos de monitoreo seleccionados serán los ya establecidos en cada una de las nueve subcuencas y los nuevos puntos de agua que se seleccionen como pozos de reposición o que resulten del rediseño de la red de monitoreo de niveles piezométricos se ubicarán dentro del área de dichas subcuencas.

4.11. CONCLUSIONES DE CAUDALES APROVECHADOS POR SUBCUENCAS

En la subcuenca del río Chicú, en los Depósitos de Terraza Alta (Qta) se cuantifica extracción de caudales del orden de 205.000 m³ al año y del Guadalupe Superior se extraen alrededor de 80.000 m³ al año; en total se extraen de esta subcuenca 285.000 m³.

En la subcuenca del río Subachoque subyace el Depósito de Terraza Alta (Qta), en el cual se han cuantificado caudales extraídos de 15.000 a 70.000 m³ por año; en secuencia descendente subyace la Formación Tilatá de la cual se extraen entre 16.000 a 190.000 m³; de la Formación Labor y Tierna (Kgl), se registran extracciones de 117.000 m³; y de la Formación Arenisca Dura se registran extracciones de 40.000 a 552.000 m³, se extraen de esta subcuenca 929.000 m³.





En la subcuenca Bojacá-Balsillas de la Formación Tilatá (QTt) se han cuantificado caudales extraídos de 790 a 87.000 m³; de la Formación Labor y Tierna se extraen de 35.000 a 390.000 m³; y de la Formación Arenisca Dura se extraen 63.000 a 189.000 m³; de esta subcuenca se extraen 666.000 m³.

En la subcuenca Fontibón del Depósito de Terraza Alta (Qta) se cuantifican caudales extraídos de 480 m³ a 126.000 m³; de la Formación Tilatá (QTt) se extraen de 32.000 a 630.000 m³; de la Formación Guaduas se extraen de 16.000 a 63.000 m³; de la Formación Labor y Tierna se extraen 32.000 a 480.000 m³; de la Formación Plaeners se extraen de 950 a 63.000 m³; y de la Formación Arenisca Dura (Kgd) se extraen de 32.000 a 221.000 m³; en esta subcuenca se extraen 1'583.000 m³.

En la subcuenca Tunjuelito del Depósito de Terraza Alta (Qta) se cuantifican caudales extraídos de 8.000 a 600.000 m³; y de la Formación Labor y Tierna se extraen de 21.000 a 229.000 m³; se extraen de esta subcuenca 829.000 m³.

En la subcuenca Teusacá, del Depósito de Terraza Alta (Qta) se cuantifican caudales extraídos de 1.600 m³ a 98.000 m³; en la Formación Tilatá (QTt) se extraen 32.000 a 640.000 m³; de la Formación Arenisca del Cacho (Tpc) se extraen 110.000 a 158.000 m³, de la Formación Guaduas (Tkgu) se extraen cerca de 350.000 m³; de la Formación Labor y Tierna (KglI) se extraen de 47.000 a 189.000 m³; de la Formación Arenisca Dura (Kgd) aproximadamente de 43.000 m³; y de la Formación Chipaque (Ksc) se extraen alrededor de 19.000 m³; se extraen de esta subcuenca 1.478.000 m³.

En la subcuenca del Neusa del Depósito de Terraza Alta (Qta) se cuantifica extracción de caudal de 8.000 a 47.000 m³; en la Formación Tilatá se extraen de 20.000 a 130.000 m³; en la Formación Arenisca de La Regadera (Ter) se extraen cerca de 19.000 m³; de la Formación Bogotá (Teb) se extraen más o menos 8.000 m³; de la Formación Arenisca del Cacho (Tpc) se extraen de 3.150 a 95.000 m³; de la Formación Guaduas (Tkgu) se extraen aproximadamente 12.000 m³; de la Formación Labor y Tierna (KglI) se extraen de 14.000 a 126.000 m³; de la Formación Plaeners (Kgpl) se extraen de 8.000 a 32.000 m³; de la Formación Chipaque (Ksc) se extraen de 480 a 16.000 m³; de esta subcuenca se extraen 485.000 m³.

En la subcuenca Tominé, de los Depósitos Aluviales (Qal) se cuantifica extracción de caudal de 1.600 a 32.000 m³; del Depósito de Terraza Alta (Qta) se extraen de 24.000 a 83.000 m³; de la Formación Tilatá (QTt) se extraen de 20.000 a 192.000 m³; de la Formación de La Regadera (Ter) se extraen alrededor de 20.000 m³; de la Formación Bogotá (Teb) se extraen 39.000 m³; de la Formación Arenisca del Cacho (Tpc) se extraen más o menos 72.000 m³; de la Formación Guaduas (Tkgu) se extraen cerca de 12.000 m³; de la Formación Labor y Tierna (KglI) se extrae de 13.000 a 126.000 m³; de la Formación Plaeners (Kgpl) se extraen de 950 a 63.000 m³; de la Formación Arenisca Dura (Kgd) se extraen 36.000 m³; y de la Formación Chipaque (Ksc) se extraen 19.000 m³; en esta subcuenca se extraen 694.000 m³.

En la subcuenca del Sisga, de la Arenisca de La Regadera (Ter) se cuantifica extracción de caudal de 800 a 16.000 m³; y de la Formación Arenisca del Cacho (Tpc) se extraen de 800 a 64.000 m³; de esta subcuenca se extraen 80.000 m³.

En la Sabana de Bogotá se tienen registros de extracción de caudales del orden de 7'030.000 operando equipos de bombeo menos de 10 horas diarias, en regímenes climáticos normales de lluvias; pero cuando ocurren estaciones climáticas de sequía y especialmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño, la demanda hídrica subterránea se cuadruplica y en ocasiones se quintuplica registrándose extracción de volúmenes de aguas subterráneas que alcanzan entre 28'000.000 a 35'000.000 de metros cúbicos sin incluir el área de Bogotá, Distrito Capital, que es jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, anteriormente DAMA.

Dependiendo de demandas de aguas subterráneas se presentan abalimientos importantes que generan agotamiento del agua subterránea, especialmente en el acuífero neógeno cuaternario, lo cual ocasiona que se tenga que recurrir a obtener agua por almacenamiento de agua lluvia en reservorios u otros sistemas de almacenamiento de agua lluvia, que deben ser utilizados especialmente en verano





o posterior a épocas de ocurrencia de lluvias; así se llevan registros de demanda y oferta hídrica por los usuarios en la Zona Crítica y, en general, en la Sabana de Bogotá; y con base en estos registros se obtiene el balance hídrico local, especialmente por el sector floricultor y otros sectores de producción, para finalmente determinar en qué instante y durante cuánto tiempo se operan equipos de bombeo para extraer agua subterránea y compensar el déficit de abastecimiento por lluvias y escorrentía superficial.

Esta situación se presenta en la subcuenca del río Chicú que está clasificada como prioritaria en la Zona Crítica y es en donde mayor presión se ejerce sobre agua subterránea, ya que hay tendencia marcada a déficit de suministro de agua; en este acuífero neógeno cuaternario la recarga natural es baja desde la superficie en la Zona Crítica.

El otro acuífero aprovechado en la Zona Crítica es el paleógeno cretácico, específicamente el Guadalupe, cuya recarga natural ocurre especialmente en los afloramientos y desde donde el flujo de agua es lento hasta el centro de la subcuenca en donde hay mayor densidad de pozos que aprovechan agua subterránea y por tanto la recarga es baja y se requiere mayor tiempo para que haya recuperación de los niveles estáticos y se incremente el potencial hídrico subterráneo.





5. ANÁLISIS ISOPIÉCICO

ANÁLISIS

5. ANÁLISIS ISOPIÉCICO EN LA SABANA DE BOGOTÁ

El análisis de niveles piezométricos de los pozos de la red de monitoreo con los que cuenta la CAR, obtenidos durante las campañas realizadas en los últimos años (2000, 2001, 2002 y 2003), son correlacionados con los de la campaña realizada en 2005, con el fin de determinar la evolución anual de los niveles de los dos sistemas acuíferos principales monitoreados, Cuaternario y Guadalupe.

Se procesaron y analizaron los registros de niveles piezométricos considerando las Subcuencas en que se dividió la Sabana de Bogotá y se mantuvo la nomenclatura utilizada en las anteriores campañas.

5.1. ACUÍFERO O DEPÓSITO CUATERNARIO

5.1.1. SUBCUENCA DEL RÍO SISGA

5.1.1.1. SECTORES VILLAPINZÓN – CHOCONTÁ

Los niveles piezométricos en esta zona son los más elevados de toda el área, se ubican desde 3.130 msnm hasta 2.630 msnm; la dirección predominante del flujo es NE-SO y coincide con el colector principal que es el río Bogotá; los gradientes hidráulicos son muy bajos, del orden de 0,001 m/s, característico de limos o arcillas de baja conductividad hidráulica.

Históricamente no se observan variaciones importantes en los niveles estáticos del agua subterránea en el acuífero Cuaternario, ya que se han mantenido constantes y el colector principal sigue siendo el río Bogotá, o sea que el acuífero Cuaternario es afluente del río.

5.1.2. SUBCUENCA DEL RÍO TOMINÉ

5.1.2.1. SECTOR GUASCA

Los niveles piezométricos se ubican entre 2.670 y 2.610 msnm, el gradiente hidráulico es de 0,01 m/s característico de estratos limo-arenosos y las aguas fluyen hacia el colector principal del área que es el Embalse de Tominé, o sea que el acuífero Cuaternario es afluente del embalse de Tominé.

No se observan variaciones importantes de niveles y de gradientes hidráulicos, al realizar el análisis histórico de los niveles de los pozos.

5.1.2.2. SECTORES TOCANCIPÁ - GACHANCIPÁ - SUESCA

Los niveles piezométricos se ubican entre 2.560 y 2.540 msnm, el gradiente es de aproximadamente 0,001 cm/s característico de limos o arcillas de baja conductividad hidráulica; en la margen derecha del río Bogotá, en inmediaciones del casco urbano de Tocancipá, el gradiente hidráulico es de 0,006 m/s característico de limos de baja conductividad hidráulica y las aguas fluyen hacia el colector principal del área que es el río Bogotá.

Históricamente no hay variaciones en los niveles del agua subterránea en este acuífero Cuaternario, se mantiene constante y el colector principal sigue siendo el río Bogotá.

5.1.3. SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ

5.1.3.1. SECTOR SOPÓ

Los niveles piezométricos se ubican entre 2.550 y 2.540 msnm, el flujo hidráulico fluye en sentido SO-NE y el río Teusacá es el colector principal del agua subterránea en la zona; los gradientes hidráulicos son





muy bajos, del orden de 10^{-4} , característico de limos de baja conductividad hidráulica; en la zona se observa un pequeño cono de depresión que abarca los pozos III-1, III-27 y III-28, que hace que el flujo subterráneo cambie su dirección, modifique su relación con el río y varíe la condición del río de efluente a afluente.

El análisis histórico de las isopiezas infiere que en el sector donde se localizan los pozos III-1, III-27 y III-28 los niveles siempre estuvieron algo abatidos pero hubo recuperación en 2005 probablemente debido a que el pozo III-27 dejó de funcionar; debido a diferencias interpretativas, en los mapas históricos de isopiezas no se define depresión en ese lugar, sino que se infiere flujo hacia la zona central del valle aluvial del río Teusacá; en esta interpretación se infiere que el río Teusacá es zona de descarga y se introduce el cono de depresión formado principalmente por el intensivo bombeo del pozo III-1.

5.1.4. SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA

5.1.4.1. SECTOR NORTE DE CHÍA

Los niveles piezométricos se ubican entre 2.530 y 2.540 msnm, el flujo hidráulico es en sentido aproximado NE-SO y las aguas drenan al colector principal del área representado por el río Frio, los gradientes hidráulicos son del orden de 0,004, característico de limos y arcillas.

No se encuentran grandes variaciones en los niveles piezométricos y en la interpretación del flujo ya que continúa el río Frio como colector principal.

5.1.4.2. SECTORES NEMOCÓN Y COGUA

Los niveles piezométricos se ubican entre 2.570 y 2.540 msnm y, en general, se puede afirmar que el agua subterránea tiene un movimiento hacia el colector principal del área, que es el río Checua o Barandilla; hacia el oriente se observa un cono de depresión cuyo ápice se ubica en 2.530 msnm aproximadamente y que abarca los pozos IV 7, IV-8, IV-9 y IV-10, de los cuales el 8 y el 9 tienen uso para flores, y es mayor el tiempo de bombeo del primero; los gradientes hidráulicos son muy bajos, del orden de 0,001 en la zona de descarga del río Checua y en el cono de depresión del orden de 0,02, correspondiente a estratos limo-arcillosos.

El análisis histórico infiere un gradual y progresivo descenso en los niveles piezométricos desde 2000 hasta 2005, y alcanza entre 10 y 20 metros de depresión. Este descenso hizo que se modificara la hidráulica del acuífero, ocasionando que el flujo del agua subterránea no siga la topografía regional sino que se mueva en sentido contrario, generando el cono de depresión mencionado hacia el año 2003.

5.1.5. SUBCUENCA DE FONTIBÓN

5.1.5.1. SECTOR DE COTA

Los niveles piezométricos se ubican entre los 2.550 y los 2.520 msnm y, en general, el agua subterránea fluye en sentido SE-NO y el flujo drena al colector principal del área que es el río Bogotá; los gradientes hidráulicos son del orden de 0,001, característico de limos de baja conductividad hidráulica.

El análisis histórico de los niveles no muestra variaciones de las mediciones tomadas en 2005 respecto de las de los años 2000, 2002 y 2003.

5.1.5.2. SECTOR DE FUNZA

Los niveles piezométricos se ubican entre 2.540 y 2.500 msnm, el flujo hidráulico presenta sentido aproximadamente N-S y se identifican los humedales, chucuas y embalses de la zona como colectores adonde drena el acuífero Cuaternario en la zona; los gradientes hidráulicos son muy bajos, del orden de



0,007, característico de limos de baja conductividad hidráulica.

El análisis histórico de los niveles indica variación conceptual interpretativa de las mediciones tomadas en 2005 respecto de las de los años 2002 y 2003, ya que la dirección de flujo se considera aproximadamente N-S mientras que en las anteriores campañas se consideraba NW-SE. Esta diferencia se debe a que se interpreta que esta gran zona húmeda compuesta por chucuas de Paloblanco, Alicia, Florida, el Pantano de Guali y el embalse de Casablanca constituye zona de descarga y se amplía hacia el norte incluyendo mayor extensión del embalse de Casablanca, pero los niveles se mantienen aproximadamente sin variación con respecto a los de 2002 y 2003, pero 20 metros más profundos que los medidos en campañas de 2000 y 2001.

5.1.6. SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ

5.1.6.1. SECTORES TABIO-TENIO

Los niveles piezométricos se ubican entre 2.560 y 2.530 msnm y, en general, el agua subterránea tiene un movimiento NE-SO, siguiendo el flujo dirección hacia el colector principal de la zona, constituido por el río Chicú; los gradientes hidráulicos son bajos y tendidos, del orden de 0,004 a 0,001, característico de estrato limo-arcilloso de baja conductividad hidráulica.

Regionalmente el agua se mueve en sentido NE-SO. Se observa en las zonas topográficamente más elevadas un cono de depresión que se ubica sobre los puntos VI-40, IV-27, IV-10, por tanto se infiere que en esa área hay aprovechamiento intensivo y excesivo del agua subterránea.

Respecto a la campaña efectuada en 2003 no hay variaciones importantes en los niveles piezométricos; las modificaciones que se observan en el mapa de isopiezas son conceptuales y se refieren al movimiento del agua subterránea, pues se consideraron como colectores las dos corrientes principales de la zona, la quebrada La Chucua y el río Chicú; antes se tomaba una sola línea de flujo hacia la quebrada La Chucua. Un cono de depresión ya se había detectado desde el año 2000 aunque no se había dibujado en los mapas de isopiezas; este cono de depresión se presentaba con niveles similares a los actuales en el año 2003; en el año 2002 se encontraba unos 5 metros por encima de la medición actual, y en los años 2001 y 2000 hasta 20 metros más superficiales; es decir, en este sector se ha registrado una progresiva disminución de los niveles piezométricos del acuífero.

5.1.7. SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE

5.1.7.1. SECTORES EL ROSAL - SUBACHOQUE

Los niveles piezométricos en este sector se ubican entre 2.550 y 2.480 msnm; la definición de una divisoria de aguas subterráneas ubicada a la altura de los pozos VII-38 y VII-1 infiere separación del flujo del agua subterránea, uno que se dirige hacia las aguas del colector principal constituido por el río Subachoque y otro flujo que se dirige hacia una laguna.

El flujo que se encuentra entre equipotenciales de 2.550 y 2.480 msnm, se caracteriza por gradientes hidráulicos del orden de 6×10^{-2} en los más altos hasta 10^{-3} en los más tendidos, correspondiente a limos de baja conductividad hidráulica, lo cual infiere escaso uso del agua subterránea en la zona; la dirección del flujo subterráneo es de NE-SO y coincide su drenaje hacia el río Subachoque.

Analizando los mapas de isopiezas históricos, se concluye que en 2000, 2001, 2002 y 2003 los niveles piezométricos son estables en este sector; en esta campaña de 2005 se afirma que los niveles se encuentran aproximadamente 10 metros más profundos.





Las líneas equipotenciales del flujo subterráneo que se dirige hacia la laguna referida se encuentran entre 2.550 y 2.450 msnm; dado que el gradiente hidráulico es más abrupto, alcanza índices de 0,08 cm/s a 0,05 cm/s, sumado a que los potenciales hidráulicos de pozos en esta subcuenca son más profundos con mínimos de 2.450 msnm, se infiere que en la zona hay uso intensivo del agua subterránea. Infiriendo una relación que vincule este cono de depresión con los pozos y el uso que se hace de ellos, se observa que los aprovechamientos son usados por empresas de flores o frutas para riego de sus cultivos y son grandes consumidores de agua.

La dirección del flujo subterráneo es hacia el interior de la laguna existente y referida, y forma un cono de depresión. Analizando los mapas de isopiezas históricos, se concluye que en 2000, 2001, 2002 y 2003 los niveles se presentan estables en este sector, pero en esta campaña de 2005 los niveles piezométricos medidos ascienden entre 20 y 30 metros.

5.1.8. SUBCUENCA DEL RÍO BALSILLAS

No se realiza el trazado de curvas pues hay escasa densidad de puntos o pozos para esta zona extensa, lo cual podría generar erróneas interpretaciones o especulaciones.

5.1.9. SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO

5.1.9.1. SECTOR ZONA RÍO TUNJUELITO

Los niveles piezométricos en la zona cercana al río Tunjuelito se ubican entre 2.540 y 2.520 msnm y el flujo subterráneo se orienta en dirección SO-NE, y el río Tunjuelito es colector principal.

Históricamente se encontró que para esta zona no se habían marcado curvas de isopiezas en los anteriores mapas, aunque se sugería al río Tunjuelito como colector; los niveles piezométricos indican descenso selectivo, es decir, que solo algunos pozos registraron descensos de hasta 20 metros con respecto a las mediciones de 2003, coincidente con niveles piezométricos en pozos que son operados y en los cuales se hace uso intensivo del recurso hídrico subterráneo, para satisfacer las demandas que requiere el sector industrial.

5.1.9.2. SECTOR ZONA EMBALSE DEL MUÑA

En esta zona del embalse del Muña los niveles piezométricos se ubican entre 2.560 y 2.520 msnm; la dirección de movimiento del agua subterránea es hacia el embalse del Muña y el gradiente hidráulico es elevado, del orden de 0,1 m/s, característico de horizontes arenosos posiblemente en matriz arcillo-limosa. Respecto de la campaña efectuada en 2003, los niveles piezométricos, la dirección del flujo y los gradientes hidráulicos se mantienen constantes.

5.2. ACUÍFERO CRETÁCICO

En la actual red de monitoreo de la CAR son pocos los puntos de agua o pozos seleccionados en este acuífero, no obstante que en la base de datos de pozos profundos que tienen concesión de la Corporación aproximadamente un 40% del total de los aprovechamientos de agua subterránea alumbrada es del acuífero Cretácico. Se considerará incrementar en monitoreos futuros la densidad de pozos monitoreados que capten agua del Grupo Guadalupe, para hacer un control más eficiente de los aprovechamientos de agua derivados de este acuífero.

5.2.1. SUBCUENCA DEL RÍO SISGA

No hay suficientes pozos de monitoreo para trazar curvas de isopiezas y realizar interpretaciones.





5.2.2. SUBCUENCA DEL RÍO TOMINÉ

No hay suficientes pozos de monitoreo para trazar curvas de isopiezas y analizar fluctuaciones de los niveles piezométricos de acuíferos en esta subcuenca.

5.2.3. SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ

En el área de Sopó, las líneas equipotenciales se ubican entre 2.540 y 2.500 msnm, e indican un gradiente del orden de 0,04 y una dirección de flujo E-O; en las anteriores campañas no se trazaron curvas de isopiezas en la zona para este acuífero, por lo que no es posible comparar las fluctuaciones de los niveles piezométricos; no obstante, considerando los niveles registrados en el Pozo III-12, muestran recuperación de aproximadamente 5 metros.

5.2.4. SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA

No hay suficientes pozos de monitoreo que generen registros para trazar curvas de isopiezas.

5.2.5. SUBCUENCA DE FONTIBÓN

En la zona de Compartir en Soacha, la red de monitoreo de niveles piezométrica incluye algunos pozos que explotan el acuífero Cretácico para uso industrial; en ellos se observa que los niveles piezométricos se ubican entre 2.540 y 2.460 msnm; la dirección del flujo subterráneo se orienta hacia el río Bogotá; el gradiente hidráulico es importante, del orden de los 0,018, característico de gravas y arenas finas, de buena conductividad hidráulica.

El análisis histórico no muestra mayores fluctuaciones en los niveles piezométricos lo cual indica que el acuífero tiene buenas características geohidráulicas.

5.2.6. SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ

5.2.6.1. SECTORES TABIO – TENJO

En el sector de Tenjo se midieron 3 pozos (VI-8, VI-22 y VI-25) y se detectó un cono de depresión en el acuífero cuaternario; en esos pozos los niveles del acuífero cretácico se ubican entre 2.580 y 2.515 msnm; se identificó un potencial hidráulico alto, de 2.580 msnm en el pozo VI-8, el cual se ubica espacialmente entre 2 pozos con potenciales más profundos con potencial hidráulico de 2.515 msnm.

La profundidad del nivel estático en el pozo VI-8 del acueducto de Tenjo no es confiable ya que no es posible apagar el pozo debido que abastece a la población del municipio; se consideran registros reportados de niveles de 68 m y caudal de explotación de 15 l/s durante 24 horas.

5.2.7. SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE

No hay suficientes pozos para monitorear niveles piezométricos para trazar curvas de isopiezas.

5.2.8. SUBCUENCA DEL RÍO BALSILLAS

La mayor densidad de pozos de la red de monitoreo que extraen agua de este acuífero se localiza en la zona de Facatativá; hay aproximadamente 20 pozos cuyos niveles piezométricos están entre 2.620 y 2.460 msnm; el flujo subterráneo está en dirección NO-SE y el gradiente hidráulico es del orden de 0,01 cm/s.





Analizando los mapas de isopiezas históricos, en las partes altas topográficamente los niveles son aproximadamente constantes y con la misma dirección; en la zona baja es más complejo comparar los niveles estáticos excepto en la campaña del año 2003, ya que no se habían trazado las curvas de isopiezas en este sector. Los mapas de isopiezas de esta campaña de 2005 indican que el flujo está orientado hacia las zonas húmedas de la cuenca ubicadas en la parte baja, como son laguna de La Herrera y humedal aledaño.

5.2.9. SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO

No hay suficientes pozos de monitoreo en los cuales se obtengan niveles piezométricos para trazar curvas de isopiezas.

La Tabla N°. 9 indica síntesis de situación encontrada en acuífero Cretácico considerando escasos registros de niveles piezométricos obtenidos.

5.3. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS ISOPIÉCICO

En la subcuenca del río Chicú se observan las isopiezas del neógeno cuaternario y del paleógeno cretácico. Del neógeno cuaternario se identifican varios sectores, uno en el Municipio de Tenjo en donde las curvas isopiécicas se cierran y el flujo de agua subterránea indica que hay sobreexplotación del acuífero neógeno cuaternario, que está interconectado con el río Chicú. Se identifica en este sector la Cuchilla Carrasquilla en donde afloran formaciones cretácicas y en donde es posible recarga de acuíferos naturalmente, en medida que se conserve su cobertura vegetal nativa, especialmente en las zonas en donde hay fallamiento, fracturamiento y otras estructuras geológicas que constituyen porosidad secundaria, en donde la velocidad de flujo se incrementa.

Otro sector es el municipio de Tabio en donde se observa que las isopiezas se extienden hacia el municipio de Tenjo y entre los municipios de Tabio y Chia se presentan afloramientos del paleógeno cretácico en donde se induce recarga natural en esta subcuenca hidrogeológica.

El último sector es el municipio de Cota, en donde las isopiezas son extendidas y no hay tendencia de concentración del flujo en este acuífero, justificado en que el río Bogotá fluye en la cercanía. Allí están trazados canales del Distrito de Riego La Ramada y se reduce el aprovechamiento de aguas subterráneas.

Del paleógeno cretácico, en el sector del municipio de Tenjo, se observan isopiezas aisladas y paralelas con flujo de agua subterránea desde la Cuchilla Carrasquilla hacia la cabecera municipal, de lo cual se infiere que en este sentido se induce recarga del acuífero; en el sector del municipio de Tabio no se identifican isopiezas del paleógeno cretácico debido a que este municipio está cubierto también por la subcuenca del Neusa de la cual hace parte el río Frio con mejor potencial hidrogeológico, en el sector del municipio de Cota, el paleógeno cretácico muestra alguna curva isopiécica cuyo flujo está en dirección del río Bogotá y se resalta que en este sector atraviesa la tubería matriz de la Empresa de Acueducto y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ construida hasta el municipio de Madrid.

En la subcuenca del río Subachoque se observan las isopiezas del neógeno cuaternario pero del paleógeno cretácico no hay suficientes pozos perforados en este acuífero por lo cual no se trazaron curvas isopiécicas.

En el neógeno cuaternario se identifican curvas isopiécicas concéntricas entre los municipios de Subachoque y El Rosal, con líneas de flujo en dirección desde la Cuchilla Carrasquilla y Cerro Las Palomas, identificando zona de recarga hacia el nacimiento del río Subachoque al cual está interconectado.

Otras curvas isopiécicas del neógeno cuaternario de esta subcuenca se conforman entre el municipio El Rosal y la Autopista Medellín, tienen forma de herradura, no se cierran y el flujo de agua subterránea se orienta hacia la quebrada El Chircal y el río Subachoque en su parte baja.





En la subcuenca Bojacá-Balsillas se observan isopiezas del neógeno cuaternario y del paleógeno cretácico. Del neógeno cuaternario se observan isopiezas que tiende a cerrarse concéntricamente y el flujo de agua subterránea se dirige hacia el sistema de chucuas localizado en este sector. Sobresalen chucua Galicia, chucua Palobianco, chucua Florida, pantano de Guare y embalse de Casablanca.

El paleógeno cretácico se observa en el sector entre los municipios de Facatativá, Bojacá y Madrid, conformando curvas isopiécicas semiabiertas con dirección de flujo subterráneo desde Facatativá hacia Bojacá y Madrid, interconectadas con el río Balsillas y Laguna de La Herrera; se resalta que estos municipios se surten de aguas subterráneas principalmente.

En la subcuenca Fontibón, del neógeno cuaternario, se observa alguna curva isopiécica y se identifica el flujo subterráneo hacia el río Bogotá, en especial en el sector Guaymaral-Suba algunas curvas isopiécicas semiabiertas con tendencia concéntrica, cuyo flujo subterráneo está dirigido hacia el río Bogotá y en donde la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá tiene cobertura a excepción del área del borde de los cerros.

Del paleógeno cretácico no se traza curva isopiécica debido a escasos pozos perforados en esta formación acuífera; confirma los desarrollos urbanísticos, industriales y especialmente comerciales y de servicios, cuyos requerimientos hídricos subterráneos tienden a reducirse al ser abastecidos por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y el río Bogotá.

En la subcuenca Tunjuelito, del neógeno cuaternario, se observan curvas isopiécicas paralelas y se identifica el flujo subterráneo hacia el río Tunjuelito; del paleógeno cretácico no se traza curva isopiécica debido a que prácticamente no hay pozos perforados en esta formación. Se confirma que no hay sobreexplotación de aguas subterráneas en esta subcuenca debido al régimen alto de lluvias y escorrentía, lo cual ha implicado proyección, diseño y construcción de obras macro para regulación de avenidas.

En la subcuenca Teusacá, del neógeno cuaternario, no se traza curva isopiécica a excepción de las curvas isopiécicas semiabiertas en el límite con el municipio de Guasca, cuyo flujo subterráneo está dirigido hacia el embalse de Tominé; no se trazan curvas del paleógeno cretácico debido a que el régimen de lluvias, la escorrentía, los cuerpos de agua y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá abastecen suficientemente todas las necesidades hídricas.

En la subcuenca del Neusa, en el neógeno cuaternario, se han trazado curvas isopiécicas y se resaltan en el municipio de Nemocón curvas cerradas concéntricas con flujo en dirección del río Checua. Se evidencian desarrollos en el sector principalmente por traslado del gremio agroindustrial, entre otros el gremio floricultor; también se observan algunas isopiezas que se extienden desde el municipio de Nemocón al municipio de Cogua con flujo subterráneo hacia el río Barandilla; no se trazan curvas isopiécicas del paleógeno cretácico debido a que no hay pozos perforados en esa formación a excepción de algunos pozos de floricultores que se está desplazando a esta subcuenca.

En la subcuenca Tominé, del neógeno cuaternario, se observan curvas isopiécicas extendidas en el municipio de Sopó con flujo subterráneo hacia el río Teusacá; también se observan isopiezas de esta formación en el municipio de Guasca semiabiertas con flujo subterráneo hacia el sistema hídrico del río Siecha; finalmente, en los municipios de Sesquíle, Gachancipá y Tocancipá se trazan algunas curvas isopiécicas de esta formación, las cuales son aisladas y extendidas con dirección de flujo subterráneo hacia el río Bogotá, sin que se manifieste presión por el recurso hídrico subterráneo en esta subcuenca. Se trazan algunas curvas isopiécicas aisladas y paralelas en el municipio de Sopó con flujo subterráneo hacia el río Bogotá y no se evidencia sobreexplotación de agua subterránea en esta subcuenca.

En la subcuenca del Sisga, del neógeno cuaternario, se trazan curvas isopiécicas aisladas y en dirección divergente, lo cual indica que el régimen de lluvias y escorrentía no requiere búsqueda de fuentes hídricas alternativas; por lo tanto, no se trazan curvas isopiécicas del paleógeno cretácico debido a que no hay pozos perforados que capten este acuífero en esta subcuenca.





**OFERTA
Y DEMANDA**

Oferta y demanda



6. OFERTA Y DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ

6.1. CUANTIFICACIÓN DE DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

Para cuantificar caudales y volúmenes de agua subterránea que son explotados en la Sabana de Bogotá, la CAR ha tomado como base el estudio realizado en 2003 denominado "Cuantificación de la demanda de agua subterránea en la Sabana de Bogotá"; en este estudio se recopiló información del inventario total de puntos de agua realizados por la CAR, Ingeominas, DAMA y EAAB, entidades que tienen injerencia en el recurso hídrico subterráneo que está almacenado en los acuíferos de características regionales que subyacen en la Sabana de Bogotá, incluida el área del Distrito Capital.

Esta información es analizada y homogenizada para procesarla y con aforos de caudales y regímenes de bombeo se determina la extracción de agua subterránea, luego es verificada en campo con municipios ubicados en el área de influencia, los sectores económicos y productivos, floricultores, agricultores, ganaderos e industriales.

Posteriormente, esta información se clasifica según demanda hídrica por usos y es almacenada en una base de datos en Microsoft Access para ingresar en forma fácil y rápida a cada pozo, crear consultas, formularios para conocer parámetros de cada pozo y generar informes.

Finalmente, se cruza la información recopilada con la base de datos de tasas por uso de las aguas subterráneas en la CAR y se lleva toda la información recopilada a una interfase en Autocad Map.

El aporte de información de las entidades que tienen jurisdicción en la Sabana de Bogotá fue realizado por parte de INGEOMINAS según estudios denominados "Informe del análisis y evaluación de la información actualizada de los puntos de agua en la cuenca del río Subachoque" y "Actualización del inventario de puntos de agua, subcuenca Muña, Soacha, Tunjuelito"; por DAMA según Tablas con registros de volumen captado por puntos de agua, por EAAB según estudio "Inventario de puntos de agua en el marco de la evaluación Hidrogeológica de la Sabana de Bogotá con el fin de caracterizar los acuíferos y adquirir información sobre la descarga natural y artificial de los sistemas acuíferos en el área determinada"; y por la CAR según "Proyecto inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales) en las cuencas de los ríos Chicú y Neusa". En estos informes se incluyen inventarios de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales) y en algunos son incluidos registros adicionales como calidad del agua y análisis fisicoquímicos.

Toda información entregada por las entidades se complementa con trabajo de campo adicional y se obtiene mayor cantidad de registros; así, el total de puntos inventariados por las entidades fue de 5.705, discriminados en 4.181 pozos, 959 aljibes y 565 manantiales.

6.2. ANÁLISIS Y HOMOGENIZACIÓN DE REGISTROS

Para procesamiento de la información se hace análisis detallado de registros y se hacen ajustes teniendo en cuenta usos del agua, característicos del punto de agua y método de explotación según codificación dada por Ingeominas que es oficial; otros parámetros considerados son caudales explotados, tiempo de bombeo, identificación de cada punto utilizando el sistema de Ingeominas que consiste en determinar en qué plancha IGAC 1:25.000 está ubicado el pozo y dar un número consecutivo después del número de la plancha, ubicación de cada punto de agua según coordenadas este y norte georreferenciadas, identificación del predio con cédula catastral, identificación del propietario del predio con identificación personal, dirección y teléfono para notificación y correspondencia, asignación de la cuenca hidrográfica a la cual corresponde cada punto de agua, descripción de la unidad geológica y formación hidrogeológica de





la cual es captada agua subterránea, profundidad de perforación, diámetro de perforación y revestimiento, estado actual indicando si está en uso, reserva, obstruido, seco, abandonado, sellado, etc., especificando el uso bien sea para abastecimiento público, abastecimiento doméstico, industrial, irrigación, medicinal, geotermia, ganadería, etc.

6.3. APLICACIÓN DE BASE DE DATOS EN DEMANDA HÍDRICA SUBTERRÁNEA

Implementadas bases de datos con información de caudales, niveles estáticos, dinámicos y otros parámetros hidrogeológicos se facilitará la administración del recurso hídrico subterráneo en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica, así se cuantificará la demanda de agua subterránea.

Con el software o programa de base de datos usado se obtuvo volumen de agua explotado por cuencas del orden de 37'379.633 m³, volumen de agua explotada por sistema acuífero 29'704.017 m³; es notorio que hay diferencia en los volúmenes calculados, porque en la base de datos no se tiene descripción detallada y precisa del sistema acuífero captado en cada punto de agua, lo cual se ha indicado en las campañas de niveles piezométricos; asimismo, inciden los métodos de explotación de los acuíferos, usos del agua y régimen de operación de equipos de bombeo.

6.4. CORRELACIÓN CON BASE DE DATOS DE TASAS POR USO

Obtenida información de base de datos de tasas por uso del agua implementada en la CAR, se correlaciona con base de datos de registros del inventario realizado por el grupo interinstitucional CAR-DAMA-Ingeominas-EAAB, como se indicó, las dos bases de datos no tienen datos coincidentes para cada registro de punto de agua, se ejecutan filtros en ambas bases de datos, entre otros, comparando identificación de propietario, tal es el caso del campo que contiene apellido para determinar si hay error. Otros filtros son en el campo que contiene identificación del predio y el campo que contiene información del estado de uso del punto de agua, está colapsado, abandonado o ha sido reemplazado por otro punto de agua en el mismo predio y qué caudal se le ha asignado y autorizado.

Haciendo un muestreo y análisis en 2003 de los registros de la Base de Tasas por uso se detectan numerosas inconsistencias, por eso se hizo un ejercicio para determinar el caudal explotado por puntos de agua para algunas Oficinas Provinciales específicas de la CAR; las Oficinas Provinciales en donde se realizó el ejercicio fueron Sabana Occidente y Sabana Norte. Los resultados se ven en la Tabla N°. 6.

TABLA N°. 6

CORRELACION DE POZOS DE BASES DE DATOS DE CONCESIÓN DE AGUAS Y POZOS DE TASAS POR USO EN OFICINAS PROVINCIALES SABANA OCCIDENTE Y SABANA NORTE			
OFICINA PROVINCIAL	TASAS POR USO CONCESIONES OTORGADAS	POZOS ENCONTRADOS EN CRUCE DE INFORMACIÓN	%
Zipacquirá	684	454	66.37
Funza	416	180	43.30
Totales	1.100	634	57.6

Del total de pozos (634) que se encuentran tanto en tasas por uso como en el inventario, se pudo establecer que solo hay 400 pozos en explotación; con este dato se comparan los volúmenes de agua por caudal concesionado y por caudal explotado según el inventario, y se obtienen los resultados de la Tabla N°. 7.



TABLA N° 7

CORRELACIÓN DE VOLUMENES DE POZOS CONCESIONADOS Y POZOS DE TASAS POR USO EN OFICINAS PROVINCIALES SABANA OCCIDENTE Y SABANA NORTE	
VOLUMEN DE AGUA POR CAUDAL CONCESIONADO (Mm3)	VOLUMEN DE AGUA EXPLOTADA SEGÚN INVENTARIO (Mm3)
13'548.656	5'965.242

El ejercicio realizado indica que al tener en cuenta los caudales aforados y tiempos de bombeo reportados en el inventario de pozos concesionados solo se llega al 44% del volumen por caudal concesionado, lo cual muestra que los usuarios no utilizan la totalidad del caudal otorgado en concesión e incide en el cobro de consumo de agua subterránea si se tiene el criterio de caudal concesionado; por tanto se justifica la necesidad de implementar medidores para obtener el caudal real de explotación en los puntos de agua y asimismo aplicar cobro de tasas por uso de agua para evitar posteriores reclamos de usuarios.

6.5. VOLUMEN ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA POR ACUEDUCTOS EN MUNICIPIOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ

Varios acueductos en la Sabana de Bogotá se surten de agua subterránea; se actualizó el inventario de pozos; los resultados se observan en la Tabla N° 8.

TABLA N° 8

VOLUMEN ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA PARA ABASTECIMIENTO DE ACUEDUCTOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ			
MUNICIPIO	N° POZOS	VOLUMEN (m ³)	OBSERVACIONES
Bojacá	2	345.946	
Cajicá	0		
Chía	0		
Chocontá	1	44.928,0	Pozo que abastece la vereda El Tablón.
Cogua	0		
Cota	4	1'195.085	
El Rosal	2	165.110	
Facatativá	9	941.298	Actualmente usan seis para el acueducto del municipio, los cuales solo se utilizan en verano.
Funza	2	1'792.627	
Gachancipá	0		
Guasca	0		
Guatavita	0		
La Calera	0		
Madrid	8	1'196.919	Son 3 pozos para veredas y 5 para el acueducto municipal. Actualmente explotan 6 pozos.
Mosquera	2	1'855.526	
Nemocón	0		



MUNICIPIO	Nº. POZOS	VOLUMEN (m ³)	OBSERVACIONES
Sesquile	0		
Sibaté	1	15 725	Pozo que abastece la vereda Chacua.
Soacha	4	923.321	Hay tres prestadores de servicio: Alcaldía (1 pozo), Ecofuturo (2 pozos) y Acuápolis (1 pozo).
Sopó	0		
Subachoque	0		
Suesca	1	723.341	
Tabio	1	70.762	
Tenjo	7	1.262.387	Son 3 pozos para veredas y 4 para el acueducto municipal. Actualmente explotan 7 pozos.
Tocancipá	3	798.034	Un pozo abastece la vereda El Porvenir. Los dos restantes para el municipio.
Villapinzón	0		
Zipaquirá	0		
TOTAL		11'331.008	

Esta investigación complementa la base de datos de inventario de pozos concesionados; adicionalmente, en la base de datos inventariados hay 2 pozos que están relacionados con uso de abastecimiento público, que corresponden al pozo de Coca-Cola en Bogotá y la estación Mobil en El Rosal; estos dos pozos no corresponden a acueductos, por tanto, en la Tabla N°. 8 no se tuvieron en cuenta para el cálculo del volumen total por acueductos municipales; la extracción anual de agua de estos dos pozos es de 98.280 m³ y 5.134 m³ respectivamente.

Para cuantificar la demanda de agua subterránea en la Sabana de Bogotá se tiene en cuenta el cálculo de volúmenes anuales explotados por cada pozo o punto de agua, según el caudal medido y el régimen de bombeo en horas por día y días por semana; asimismo, registros de volúmenes anuales explotados en puntos de agua reportados por el DAMA en su jurisdicción.

El inventario de pozos concesionados por la CAR se complementa periódicamente para obtener caudales de explotación reales y en igual forma se procede en jurisdicción del DAMA; los resultados de volumen de agua extraída complementados son 37'379.633 m³ anuales en inventario (Base de Datos), 4'634.379 m³ de volumen de agua anual reportado por el DAMA y 42'014.012 m³ el total de volumen de agua anual extraído en la Sabana de Bogotá.

6.6. COMPARACIÓN CON REGISTROS DE ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CUANTITATIVO DE LA SABANA DE BOGOTÁ-INGEOMINAS-CAR-1991

Son pocos los estudios que se han realizado en la Sabana de Bogotá para determinar la demanda y oferta hídrica subterránea y consecuentemente el balance hídrico; uno de esos estudios fue el realizado por Convenio Ingeominas – CAR en 1991, en el que se invento en el periodo 1989 y 1992 un total de 5.258 puntos de agua entre pozos, aljibes y manantiales, con base en los cuales se calculó una descarga total para la Sabana de Bogotá de 39.4 millones de metros cúbicos (Mm³), por año de explotación de pozos.

El acuífero de depósitos cuaternarios es el más explotado en la Sabana de Bogotá, debido a que es somero; los caudales de explotación varían desde 0,01 hasta 60 litros por segundo (l/s); el otro acuífero

explotado es el Guadalupe, en el cual se registran caudales que varían desde 0,1 hasta 34 l/s; se hace un paralelo entre los dos inventarios como se ve en la Tabla N°. 9.

TABLA N°. 9

COMPARACIÓN DE INVENTARIOS DE 1991 Y 2004			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	INVENTARIO 1991	INVENTARIO 2004
Número de puntos de agua inventariados	N°.	5.258	5.705
Explotación de agua total	Mm ³	39,4	* 37,38
Acuífero más explotado		Cuaternario	Cuaternario
Descarga del acuífero Cuaternario	Mm ³	23,82	23,0
Rango de caudales de explotación	l/s	0,3 – 40	0,01 - 60
Segundo acuífero más explotado		Guadalupe	Guadalupe
Descarga del acuífero Guadalupe	Mm ³	10,92	5,0
Rango de caudales de explotación	l/s	2-35	0,1 - 34

* En este comparativo no se tienen en cuenta los pozos del DAMA, porque solo suministraron la información del volumen extraído en el año 2003 en 208 pozos y reportaron un volumen de 4,63 Mm³.

El cálculo oficial del volumen anual de agua que se está explotando es de 42,01 Mm³, dato que fue obtenido a partir del inventario y los datos aportados de volumen anual explotado por pozos del DAMA en el año 2003. No se incluye información de las zonas cercanas a Bojacá, Cota y Chia, municipios en los cuales se ha generado desarrollo urbanístico permanente, proveniente principalmente de Bogotá.

Se cruzó información de los pozos registrados en base de datos de tasas por uso con información obtenida en el Inventario, a cargo de la CAR, porque la información suministrada por otras entidades no es posible cruzarla con todos los pozos, debido a que no en todos los casos es posible encontrar datos coincidentes y por tanto no es coherente.





Calidad de agua

7. CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

El estudio de la calidad del agua subterránea de la Sabana de Bogotá es relevante puesto que el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo surte a los sectores agrícola, ganadero e industrial, sistemas de acueducto y otras actividades; el desarrollo en la Sabana de Bogotá conlleva incremento poblacional, al igual que aumento y diversificación de actividades antrópicas, ocasiona vulnerabilidad al riesgo de sobreexplotación y contaminación de los acuíferos subyacentes; la contaminación produce con las consecuencias nocivas en la salud de las personas.

El incremento en la utilización de las aguas subterráneas hace necesario conocer la calidad de este recurso, a través de medición con parámetros característicos que indiquen su estado actual, a fin de establecer e implementar acciones de protección y regulación de su uso que garanticen el acceso a aquel.

7.1. CRITERIOS PARA DETERMINAR CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

En principio se definen los parámetros característicos del agua subterránea que es necesario medir, para lo cual se hace muestreo en campo y posteriormente se analiza en laboratorio; a continuación se procesan los análisis para obtener isóneas de los diversos parámetros medidos determinando concentración de evolución, anomalías y puntos vulnerables de contaminación de las aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá.

Definidas las subcuencas hidrogeológicas en que se ha seccionado la Sabana de Bogotá se realiza la medición de los parámetros de calidad de agua subterránea, para obtener un diagnóstico del estado de los acuíferos, en un aspecto específico de cada subcuenca y regionalmente en la Sabana de Bogotá. Se aplica para el procesamiento de registros de los parámetros de calidad de agua subterránea software, entre otros Aquachem, que son herramientas que generan gráficas en donde se visualiza el estado de calidad del agua subterránea, espacial y temporalmente.

Estudios de calidad de agua subterránea en la Sabana de Bogotá, se han desarrollado desde el "Estudio hidrogeológico cuantitativo de la Sabana de Bogotá" elaborado por Convenio Ingeominas - CAR en el periodo 1989 - 1993; posteriores estudios se han realizado por la CAR, tales como monitoreo de calidad de agua subterránea en 1997, 2001 y 2004 para evaluar evolución de los parámetros de calidad de agua subterránea.

Con el monitoreo se detectan situaciones anómalas que se pueden presentar en las aguas subterráneas por incidencia directa e indirecta de actividades antrópicas, entre otras: uso de agua residual para riego de cultivos, aguas contaminadas provenientes de ríos y vertimientos que pueden infiltrar capas acuíferas, contaminación de aguas subterráneas por lixiviados generados en plantas de beneficio animal, rellenos sanitarios, cementerios, industrias cuya materia prima son derivados del petróleo, estaciones de gasolina, efluentes de plantas de tratamiento de aguas servidas, etc.

7.2. ZONIFICACIÓN DE LA SABANA DE BOGOTÁ PARA ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

Basado en el "Estudio hidrogeológico cuantitativo de la Sabana de Bogotá" del Convenio Ingeominas-CAR, de acuerdo a interés y relevancia hidrogeológica la Sabana de Bogotá se zonificó en tres zonas subdivididas cada una en tres subcuencas, así (ver Mapa N°. 8):

ZONA 1: Conformada por las subcuencas Balsillas, Subachoque y Chicú.

ZONA 2: Integrada por las subcuencas Teusacá, Tunjuelito y Fontibón.

ZONA 3: Conformada por las subcuencas de Neusa, Tominé y Sisga.



Para efectuar los análisis hidrogeoquímicos se realiza muestreo utilizando como referencia el inventario hecho por Ingeominas y envío de muestras para análisis en los laboratorios de aguas de la CAR e Ingeominas; los resultados obtenidos se llevan a mapas de isolíneas de parámetros como hierro y conductividad para determinar potabilidad del agua subterránea y clasificación para uso en riego.

7.3. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

En el año 1997 se implementó, con 90 pozos, una red de monitoreo de calidad de agua subterránea para muestrear las 9 subcuencas analizadas por Convenio Ingeominas-CAR; se analizaron cloruros en la zona 3, subcuencas Sisga, Neusa y Tominé; en el año 1999 se realizó muestreo en las 9 subcuencas del Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá; se incluyeron análisis bacteriológicos, fisicoquímicos y de plaguicidas para agua subterránea en la Sabana de Bogotá; finalmente, en el año 2001 se muestreo la zona 1 a la que corresponden las subcuencas de Chicú, Subachoque y Balsillas y en la zona 2 se muestrearon las subcuencas de Fontibón y Tunjuelito. En los primeros monitoreos se observó en los análisis de laboratorio descenso de algunos parámetros de calidad de agua subterránea a través del tiempo, particularmente hierro.

Inicialmente se determina que los parámetros de calidad de agua subterránea por muestrear y analizar son fisicoquímicos; por tanto, los puntos de agua o pozos son ubicados en mapas y georreferenciados para su posterior ingreso en el software de trazado de isolíneas; se complementa información con registros de profundidad de cada pozo, caudal, identificación del punto, nombre y tipo de formación geológica y unidad hidrogeológica captada.

Se ingresa en una base de datos y se ubica en mapas la información hidrogeoquímica extraída del "Estudio hidrogeológico cuantitativo de la Sabana de Bogotá", correspondiente al año 1993, y resultados de la tesis titulada "Determinación de la calidad del agua subterránea de la Sabana de Bogotá", para los años 1997 y 1999, dirigida por la CAR; los registros de parámetros de calidad relativos al año 2001 fueron suministrados por el Laboratorio Ambiental de la CAR.

Las bases de datos se utilizan para elaborar mapas de isolíneas para mostrar evolución de parámetros de calidad de agua subterránea en cada subcuenca identificando los puntos de agua y de monitoreo, ingresando valores de conductividad, hierro y cloruros, según las formaciones geológicas, cuaternario, terciario y cretácico, principalmente.

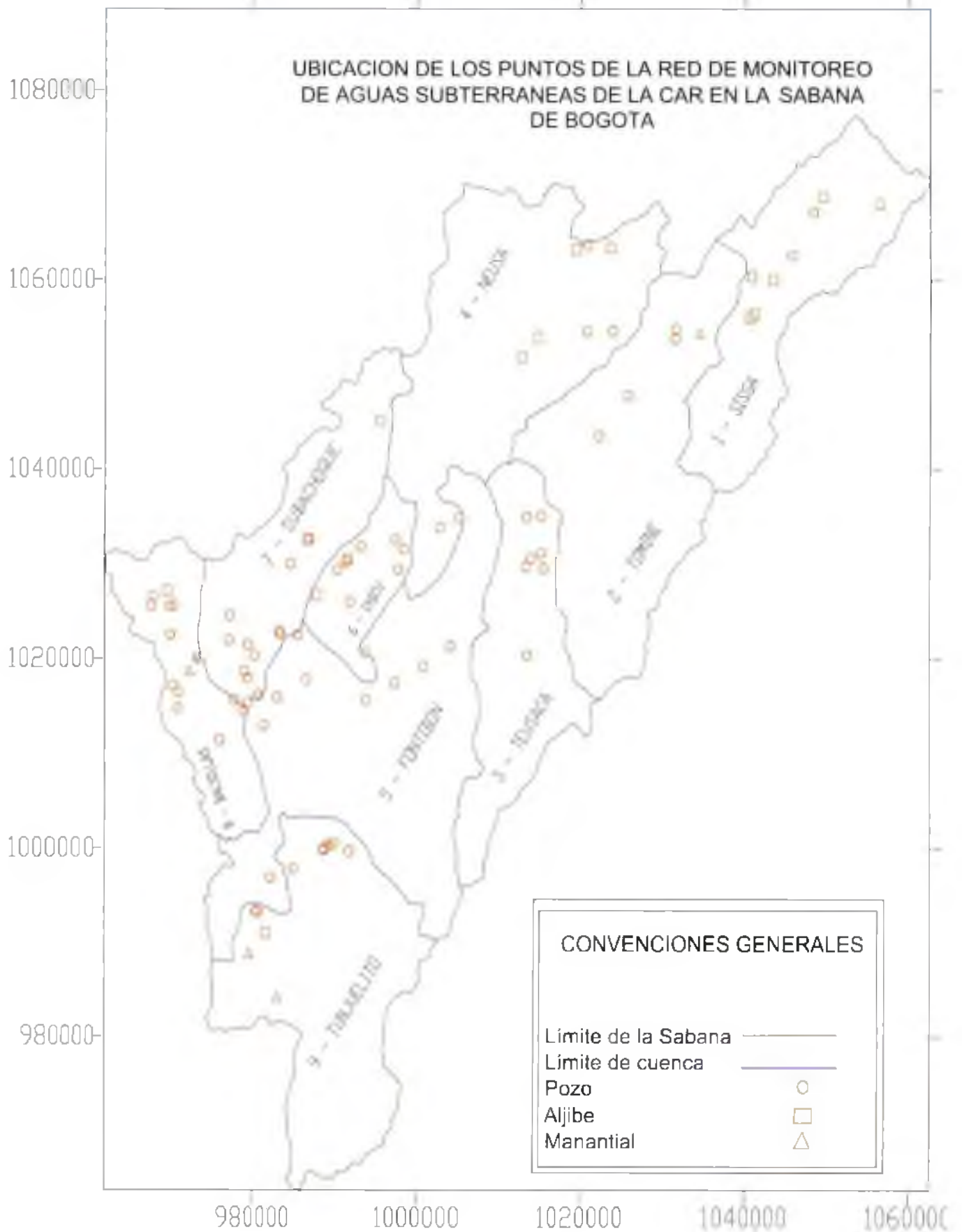
Los registros de las bases de datos de los parámetros de calidad de agua subterránea son procesados en el software Surfer, el cual genera los mapas de isolíneas de los parámetros medidos e indica el estado del agua depositada en los acuíferos; en el mapa de las subcuencas se utiliza el método de "kriging" con variograma lineal para el trazado de isolíneas; en este software se realizan varios ensayos de mapas, con el fin de calibrar un modelo que interprete y represente las isolíneas de parámetro fisicoquímicos (conductividad, hierro y cloruros), muestre evolución de esas isolíneas en las distintas formaciones geológicas, que fueron subdivididas de acuerdo a la profundidad de captación del punto de agua; es así como la Formación del Cuaternario la constituyen Depósitos Aluviales (Qal), Formación Tilatá (Qtt), Depósitos de Terraza Alta (Qta), Depósitos Coluviales (Qc), Depósitos Fluvioglaciares (Qflg), Depósitos de Abanicos Aluviales (Qaa) y la Formación Sabana (Qs).

Finalmente, se realiza un análisis general comparando mapas y observando los cambios presentados en el período 1993 al 2001 a escala regional, teniendo en cuenta la limitación por ausencia de registros para algunas subcuencas Teusacá, Neusa, Sisga y Tominé en el año 2001.

De acuerdo a la división geológica se evalúan las distintas subcuencas según cantidad de puntos de monitoreo, se establece un límite mínimo de cuatro puntos de agua, con el fin de obtener mapas que conduzcan a realizar análisis e interpretación de evolución de los parámetros de calidad de agua



Mapa N°. 8 – Ubicación de red de monitoreo de calidad de agua subterránea en Zona Crítica y en la Sabana de Bogotá



subterránea. Se realizaron para todas las subcuencas 48 mapas en el año 1993, 14 en el año 1997, 19 en 1999 y 14 en 2001.

7.4. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y EVOLUCIÓN

Los análisis evolutivos o multitemporales se hacen teniendo en cuenta mapas que coincidían durante los muestreos en unidad geológica, tipo de punto, parámetro fisicoquímico y cuenca; en consecuencia, no se comparan los 48 mapas elaborados por en el Convenio Ingeominas – CAR con los monitoreos posteriores, sino que se seleccionan los más representativos; para que los mapas de isoconcentración muestren gráficamente alguna tendencia se realizan los mapas que poseen mínimo 4 puntos de agua y los demás son descartados ya que no permiten realizar algún análisis.

El monitoreo realizado en 1997 a la red de calidad de agua subterránea de la CAR se efectuó en los meses de marzo y abril analizando 83 puntos de agua distribuidos en la Sabana de Bogotá. Ver Tabla N°. 10.

TABLA N°. 10

PUNTOS DE MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ - 1997			
Captación acuífero	Pozo	Aljibe	Manantial
Cuaternario	35	5	4
Cretácico	13	1	10
Terciario	1	1	5
Mezcla	8	-	-

El muestreo efectuado en 1999 a la Red de Monitoreo de la CAR se realizó y analizó durante los meses de julio y agosto a un total de 89 puntos de agua, distribuidos en la Sabana de Bogotá. Ver Tabla N°. 11.

TABLA N°. 11

PUNTOS DE MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ - 1999			
Captación Acuífero	Pozo	Aljibe	Manantial
Cuaternario	39	3	4
Cretácico	15	1	8
Terciario	2	1	5
Mezcla	11	-	-

El muestreo efectuado en 2001 a la Red de Monitoreo de la CAR, se realizó a 5 subcuencas, drásticamente el número de pozos monitoreados disminuyó por tanto, los análisis efectuados durante los meses de noviembre y diciembre tuvieron cobertura de 54 puntos de agua, distribuidos en la Sabana de Bogotá. Ver Tabla N°. 12.



TABLA N°. 12

PUNTOS DE MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ - 2001			
Captación acuífero	Pozo	Aljibe	Manantial
Cuaternario	25	2	1
Cretácico	14	-	2
Terciario	1	-	1
Mezcla	8	-	-

7.4.1. SUBCUENCA DEL RÍO CHICÚ

Se obtuvo descenso de concentración en los tres parámetros analizados (conductividad, hierro y cloruros), en el período comprendido entre los años 1993 y 1997; los máximos valores de conductividad en la cuenca del río Chicú se localizan en la vereda Poveda, donde se registran 6.000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en el año 1993 y posteriormente en el último muestreo los valores registrados oscilaban en un rango de 200 y 1.000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. De acuerdo a estos valores se puede ver que el agua en la vereda Poveda –a pesar del descenso mostrado– indica algunos puntos donde el agua es salobre.

7.4.2. SUBCUENCA DEL RÍO SUBACHOQUE

El agua se conserva dulce a lo largo de todos los muestreos de acuerdo a los valores de conductividad y concentración de cloruros; el hierro sobrepasa en todos los muestreos el valor de 0.3 mg/l establecido por las normas de potabilidad en Colombia como límite máximo permisible; el contenido de hierro es más crítico en puntos de agua ubicados en la vereda Chauta, donde, de acuerdo a los mapas de isoclasas, se encuentran las concentraciones más altas.

7.4.3. SUBCUENCA DEL RÍO BOJACÁ – BALSILLAS

La conductividad muestra tendencia constante en el período de tiempo transcurrido entre los años 1993 y 1997, con valores que varían en el rango de 100 y 500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, para luego incrementarse en los dos últimos muestreos a valores cerca de los 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$; los máximos valores de conductividad se localizan en todos los muestreos al norte del municipio de Bojacá; en esta subcuenca, el agua subterránea no sobrepasa los límites permisibles establecidos en cuanto a este parámetro.

De otro lado, en la subcuenca Bojacá-Balsillas hay descenso en la concentración de hierro a través del tiempo; no obstante, el agua requiere tratamiento de aireación pues las concentraciones están por encima de 0,3 mg/l que establece la norma.

7.4.4. SUBCUENCA DEL RÍO TUNJUELITO

La conductividad muestra aumento entre 1993 y 1997: pasa de valores fluctuantes de conductividad entre 10 y 60 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a valores que varían entre 250 y 450 $\mu\text{s}/\text{cm}$, para luego permanecer constante en los siguientes muestreos; el agua en esta subcuenca se mantiene dulce en todos los muestreos, todos los valores están por debajo de los 1.000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ establecidos por el decreto.

La concentración del hierro en la subcuenca del río Tunjuelito se duplicó entre los años 1993 y 1997: pasó de un rango de 1,5 a 6,0 mg/l a fluctuación de 6 a 14 mg/l; en el siguiente muestreo, realizado

en el año 1999, descendió la concentración a valores entre 1 y 2 mg/l, para posteriormente volver a incrementarse en el año 2001 hasta alcanzar valores de 9 mg/l; estos valores se alejan ampliamente de lo recomendado en las normas de calidad para agua potable, lo cual hace necesario someter el agua subterránea a tratamientos de aireación para su consumo.

7.4.5. SUBCUENCA DE TIBITÓ SALTO DEL TEQUENDAMA Y ORIENTE BOGOTANO (FONTIBÓN)

Presenta en el año 1993 las mayores concentraciones de hierro de toda la Sabana de Bogotá, con valores a lo largo de toda la cuenca alrededor de los 5 mg/l y de 10 mg/l al sur del Jardín Botánico y en inmediaciones del aeropuerto Guaymaral.

7.4.6. SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ

La evolución de parámetros analizados (conductividad, hierro y cloruros) es estable, sus valores permanecen más o menos constantes durante los muestreos realizados.

7.4.7. SUBCUENCA DEL SECTOR ALTO BOGOTÁ Y SISGA

La conductividad se mantuvo constante entre los años 1993 y 1997 con valores que variaban en un rango de 20 y 60 $\mu\text{s/cm}$, para luego descender a valores de 7 a 10 $\mu\text{s/cm}$ en el año 1999; de acuerdo a estos valores es posible ver que en esta subcuenca el agua se conserva dulce en todos los muestreos, puesto que todos los valores están por debajo de los 1000 $\mu\text{s/cm}$, establecidos en la norma de potabilidad.

El hierro en la subcuenca del sector alto Bogotá y Sisga aumentó en el periodo de tiempo comprendido entre 1993 y 1997, hasta sobrepasar límites permisibles establecidos al pasar de valores entre 0 y 0,6 mg/l en el primer muestreo a valores entre 0 y 2,5 mg/l.

7.4.8. SUBCUENCA DE LOS RÍOS FRÍO, TIBITÓ Y NEGRO (NEUSA)

La conductividad se mantuvo constante entre los años 1993 y 1997, puesto que en el año 1997 variaba en un rango entre 30 y 60 $\mu\text{s/cm}$ y en 1993 variaba entre 20 y 60 $\mu\text{s/cm}$; posteriormente en el muestreo realizado en el año 1999 la conductividad se incrementó a valores de 100 a 300 $\mu\text{s/cm}$, pese a este aumento el agua subterránea en esta zona es dulce por estar debajo de los 1.000 $\mu\text{s/cm}$.

En esta subcuenca el hierro se incrementó y sobrepasó límites permisibles establecidos en la normativa; en 1997 y 1999 se nota incremento al pasar de valores que oscilaban alrededor de 0,1 mg/l en el año 1997 a valores alrededor de 1 mg/l en el año 1999.

7.4.9. TRATAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Se infiere que el agua subterránea en la Sabana de Bogotá requiere tratamiento de aireación debido a las altas concentraciones de hierro que se presentan.

El número de puntos de agua y su distribución espacial por unidad geológica indican que la red de monitoreo de la CAR es insuficiente para determinar fluctuación en cuanto a vulnerabilidad a contaminación del agua subterránea de los acuíferos subyacentes en la Sabana de Bogotá; el promedio de puntos de la red de monitoreo es de 6, el cual no es suficiente y representativo para una zona extensa como la Sabana de Bogotá; además, no son suficientes los registros y las campañas de monitoreo realizadas para determinar fluctuación de los parámetros de calidad de agua subterránea.





7.5. MONITOREO DE RED DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ EN 2003-2004

La red de monitoreo de calidad de agua subterránea en la Sabana de Bogotá, diseñada por la CAR, se conformó inicialmente por 90 puntos y posteriormente fue ampliada a 101 puntos, con cobertura de cada acuífero en un área que varía entre 1 y 10 km² para efectos de representatividad, operatividad y costos. Ver Mapa N°. 9.

7.5.1. DISTRIBUCIÓN DE RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

En la Sabana de Bogotá se distribuyeron puntos de monitoreo de calidad de agua subterránea en los acuíferos Cuaternario, Guadalupe, Terciario y mezcla de algunos de ellos.

7.5.2. TÉCNICA ANALÍTICA PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

Los métodos analíticos aplicados en evaluación de los parámetros característicos de calidad de agua subterránea a las muestras obtenidas en los puntos de la red de monitoreo son los relativos a análisis físicos, químicos, bacteriológicos y plaguicidas principalmente.

7.5.2.1. ANÁLISIS FÍSICOS

Se mide temperatura del aire y del agua in situ utilizando un termómetro ambiental; luego se registran los siguientes parámetros: color por comparación visual, conductividad utilizando conductímetro y sólidos disueltos en sólidos secos disueltos a 180 grados centígrados.

7.5.2.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

Se mide pH que está definido como el potencial de hidrógeno, $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$, es usado para indicar acidez o alcalinidad del agua entre el rango 0 (más ácido) y 14 (más básico), 7 es neutro; es medido in situ con peachímetro que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos; la dureza que es debida a cationes metálicos polivalentes, concentración de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) que se manifiestan por reacciones con jabones que forman precipitados o por reacciones con aniones entre otros sulfatos o carbonatos para formar incrustaciones. Se aplica el principio de quelatación uno de los quelantes más comunes es el ácido etiléndiamino tetraacético, por el método de titulación EDTA.

Asimismo, se mide la demanda química de oxígeno (DQO), que es el contenido total de materia orgánica presente en una muestra de agua, utilizado el método de titulación por óxido-reducción con dicromato de potasio. Se mide igualmente la demanda biológica de oxígeno (DBO) por Método Winkler; se determinan iones, bicarbonatos, calcio, carbonatos, cloruros y magnesio; hierro total, silicatos y manganeso; sulfatos, utilizando técnica nefelométrica; sodio y potasio por método de absorción atómica y nitratos por método de espectrofotometría ultravioleta.

7.5.2.3. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

Se realizan análisis bacteriológicos para determinar coliformes fecales y totales, y se pueden utilizar dos métodos; uno al inicio del muestreo por el método de tubos múltiples de fermentación (NMP Número Más Probable), prueba presuntiva y confirmativa, y finalizando el muestreo se actualiza con la técnica enzimática de sustrato definido.



7.5.2.4. ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS

El método utilizado para la determinación de plaguicidas organoclorados fue el 608 EPA, llamado cromatografía de gases, detector captura de electrones y la técnica analítica fue extracción líquido-líquido con solvente orgánico.

7.6. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO POR ZONAS

Para todas las subcuencas por analizar se presenta el procedimiento utilizado para evaluar la calidad del agua subterránea; en el análisis de la red de calidad del agua subterránea se determinó el acuífero del cual captan los puntos de muestreo, diferenciándolos como depósitos Cuaternario, Terciario y Guadalupe definidos por cortes hidrogeológicos.

En los pozos que por ubicación de los filtros y condiciones hidrogeológicas se presenta mezcla de aguas captadas de dos o más unidades geológicas, se analizan en forma separada ya que la calidad de las aguas cambian por ésta condición.

En los resultados fisicoquímicos, bacteriológicos y de plaguicidas se presenta esta diferenciación de acuíferos. El siguiente es el orden y factores tenidos en cuenta en cada uno de los parámetros del análisis de calidad del agua subterránea en la Sabana de Bogotá.

7.6.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Basados en la composición natural de aguas subterráneas se definen como parámetros físicos: color dado en PT-CO (Platino Cobalto) que está relacionado con la existencia de concentraciones considerables de materia orgánica (verde), compuestos húmicos y de iones como el hierro y el manganeso atribuyéndole coloraciones rojizas y negruzca respectivamente; temperatura dada en grados centígrados (°C), la cual aumenta a mayor profundidad con un gradiente térmico de 1°C por cada 33 metros, sólidos disueltos dado en mg/l; conductividad cuya unidad es $\mu\text{s/cm}$ y con base en la cual el agua se clasifica según la Tabla N° 13.

TABLA N° 13.

RANGOS DE CONDUCTIVIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE AGUA	
CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S/CM}$	TIPO DE AGUA
0-1000	Dulce
1000-5000	Salobre
>5000	Salada

Fuente: Estudio Hidrogeológico de la Sabana de Bogotá, CAR - Ingeominas, 1993

7.6.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Entre las características químicas analizadas están pH, que indica que aguas con valores de pH <7 son ácidas, mientras que las mayores de 7 son básicas o alcalinas, el agua con pH de 7 es neutra; la importancia del valor del pH indica la presencia de otras sustancias o iones disueltos como CaCO_3 , así la mayor parte de las aguas naturales contiene alcalinidad producida por el bicarbonato hasta pH de





8,2 y 8,4; mayor a este valor el CO_2 deja de existir en cantidades medibles y el ión carbonato empieza a aparecer. Dureza que es expresada en miligramo por litro de CaCO_3 (mg/l) y el agua se clasifica así:

TABLA N°. 14

CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN DUREZA	
DUREZA MG- CaCO_3 /LT	CLASIFICACIÓN
0-50	Blandas
50-100	Algo duras
100-200	Moderadamente duras
>200	Duras

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es uno de los parámetros más importantes para establecer la calidad del agua; la DBO determina la cantidad de oxígeno requerida para la estabilización biológica de la materia orgánica, dada en mg/l de O_2 . A partir de un valor mayor de 1 mg/l de O_2 , puede indicar existencia de contaminación de tipo orgánico. Se clasifica el agua según Tabla N°. 15.

TABLA N°. 15

CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN DBO	
DBO (mg/l de O_2)	Clasificación
0,75 a 1,5	Agua potable
1 a 3	Agua poco contaminada
Mayor de 5	Agua contaminada

Demanda Química de Oxígeno (DQO), generalmente, en forma comparativa con valores de DBO, la DQO presenta valores más altos; está dada en las mismas unidades que la DBO; valores mayores de 15 mg/l de O_2 , pueden determinar indicio de contaminación.

Oxígeno Disuelto (OD), requerido para la vida acuática, indica calidad de un cuerpo de agua y su baja disponibilidad limita la capacidad autodepuradora; está expresado en miligramo por litro de oxígeno disuelto. El nivel de OD en las aguas subterráneas es mínimo, ya que una vez que se consume no tiene posibilidad de renovarse; en general, menor de 5 mg/l de O_2 .

Los valores altos de DBO y DQO son relacionados con actividades circundantes al pozo o sitio de muestreo, para establecer posibles fuentes de contaminación.

7.6.3. CARACTERÍSTICAS IÓNICAS

Se efectúa el balance iónico, que consiste en el balance de aniones y cationes para comprobar que los análisis son correctos y que no están incompletos; esta verificación se efectúa a la totalidad de los resultados de iones disueltos de cada punto de muestreo del año 1999; la verificación consiste en comprobar que la suma de miliequivalentes de aniones es igual a la suma de miliequivalentes de cationes.

$$r(\text{CO}_3\text{H}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{SiO}_3 + \text{Cl}^- + \text{CaCO}_3) = r(\text{Fe} + \text{k} + \text{Na} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Mn})$$

en donde r = meq/l

Para pasar mg/l o ppm a meq/l, $\text{Meq/l} = \frac{\text{mg/l}}{1000}$

p. equivalente, expresión en la cual

peso equivalente = peso molecular / valencia

Los factores de conversión de mg/l a meq / l, están dados en la Tabla N°. 16.

TABLA N°. 16

FACTORES DE CONVERSIÓN DE MG/L A MEQ/L	
SUSTANCIA	FACTOR DE CONVERSIÓN
HCO ²⁻	0,0164
CO ³⁻	0,0333
Cl	0,0282
SO ⁴⁻	0,0208
NO ³⁻	0,0161
Na	0,0435
K	0,0256
Ca	0,0500
Mg	0,0826
Fe	0,0538
SiO ²	0,025
SiO ³⁻	0,02631
Mn	0,0364
Ca CO ³	0,199

Los diagramas de Stiff y Piper se utilizan para indicar la tendencia iónica de las aguas subterráneas.

El Diagrama de Stiff consiste en tomar sobre semirrectas convergentes o paralelas, segmentos proporcionales a cada ión y unir los extremos que forman así un polígono: sobre cada semirrecta se toma un solo ión o bien un catión y un anión simultáneamente. La forma de la figura resultante da idea del tipo de agua. En este diagrama se tienen tres rectas paralelas igualmente espaciadas cortadas por una normal dando así tres semirrectas izquierdas (campo de cationes) y tres semirrectas derechas (campo de aniones). Sobre cada recta se toma un segmento proporcional en porcentaje a los miliequivalentes por litro del ión correspondiente y se unen los extremos para formar un polígono representativo. De arriba abajo se disponen Na+ K, Ca, Mg, Cl+ NO₃, CO₃H + CO₃, SO₄. (Ver figura N°. 1).

FIGURA N°. 1 - DIAGRAMA DE STIFF





El diagrama de Piper es un diagrama triangular que representa 6 componentes; en este gráfico se pueden representar varios análisis, donde las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas. Los iones más usualmente representados son los aniones como $\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3$, SO_4 , $\text{Cl} + \text{NO}_3$ y cationes como $\text{Na} + \text{K}$, Ca y Mg .

El gráfico se compone de dos diagramas separados para representar los aniones y cationes en valores reducidos a porcentajes de los miliequivalentes por litro, colocados de diferentes formas y con un campo central romboidal donde se representa un tercer punto deducido de los que representan los aniones y los cationes.

Para la clasificación de las aguas se utilizan divisiones del diagrama de Piper que agrupa las aguas geoquímicamente similares, y se confirman con los porcentajes obtenidos en los cálculos Stiff

Diagrama de SAR, se recurre a la relación de alcalinización del suelo (SAR) y a la conductividad del agua, utilizando los parámetros arrojados por los análisis efectuados a las aguas subterráneas.

El procedimiento es que el dato usado de conductividad corresponde al realizado por el laboratorio de la CAR, posteriormente se ubica la relación de alcalinización del suelo (SAR) vs. Conductividad del agua, en el Índice SAR, lo que permite clasificar el agua para riego por Subcuenca y formación captada respectivamente.

La clasificación permite interpretar las condiciones del agua para riego, en donde se aprecian las 16 categorías del agua presentadas al combinar las distintas clases de las Características de conductividad (C) y peligro de alcalinización de suelo (S).

CUADRO N°. 10

ÍNDICE DE DIAGRAMA SAR	
C1	Agua de baja salinidad. Conductividad entre 100 y 250 $\mu\text{ohms/cm}$ a 25° C, que corresponde aproximadamente a 64 -160mg/l de sólidos disueltos. Puede usarse para mayor parte de los cultivos en casi todos los suelos, con muy poco peligro de que desarrolle salinidad. Es preciso algún lavado que se logra normalmente con el riego.
C2	Agua de salinidad media. Conductividad entre 250 y 750 $\mu\text{ohms/cm}$ a 25° C, que corresponde aproximadamente a 160 - 480 mg/l de sólidos disueltos. Puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de la salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de los casos, las plantas tolerantes a las sales
C3	Agua altamente salina. Conductividad entre 750 y 2250 $\mu\text{ohms/cm}$ a 25° C, que corresponde aproximadamente a 480 – 1.440mg/l de sólidos disueltos. No puede usarse en suelos de drenaje deficiente. Selección de plantas muy tolerantes a las sales.
C4	Agua muy altamente salina. Conductividad superior a 2.250 $\mu\text{ohms/cm}$ a 25°C, que corresponde aproximadamente a 1.440 mg/l de sólidos disueltos. No es apropiada en condiciones ordinarias para el riego. Puede utilizarse con una selección de cultivos en suelos permeables, de buen drenaje y con exceso de agua para lograr un buen lavado.
S1	Agua baja en sodio. Puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio.
S2	Agua media en sodio. Puede presentar un peligro en condiciones de lavado deficientes en terrenos con textura fina con elevada capacidad de cambio catiónico si no contienen yeso.



ÍNDICE DE DIAGRAMA SAR

S3	Agua alta en sodio. En la mayor parte de los suelos puede alcanzarse un límite de toxicidad de sodio intercambiable por lo que es preciso un buen drenaje, lavados intensos y adiciones de materia orgánica.
S4	Agua muy alta en sodio. En general inadecuada para riego excepto con salinidades bajas o medias, Siempre que se pueda diluir el calcio del suelo.

7.6.4. CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS

Para analizar la calidad del agua desde el punto de vista bacteriológico se reportan datos de coliformes fecales y totales en las unidades de Número Más Probable por 100 mililitros (NMP/100 ml); la más mínima existencia en coliformes fecales indica contaminación de tipo fecal, ya sea de origen animal o humano, lo que no ocurre con los coliformes totales ya que estos también cuentan las bacterias de cualquier tipo y estas se presentan en procesos biológicos naturales en el agua.

Al estar relacionadas las actividades antropogénicas y los fenómenos naturales con los aportes representativos de materia orgánica se determinan puntos de muestreo, para poder establecer posibles fuentes de contaminación de tipo microbiológico.

7.6.5. PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS

En el año 1997 se cuenta con los primeros análisis de plaguicidas organoclorados en las mencionada red de calidad del agua subterránea, y en 1999 son dados los resultados de 16 organoclorados (nombrados anteriormente), en partes por billón (ppb), y analizados teniendo en cuenta que son indicadores químicos de contaminación, ya que su presencia en el agua, además de ser peligrosa para los seres vivos, no es normal.

Cabe destacar que para el estudio de éstos químicos se catalogan como residuos las concentraciones de plaguicidas organoclorados del orden de $1 \cdot 10^{-2}$ $\mu\text{g/l}$ o ppb en adelante. El resto de concentraciones menores se cataloga como trazas. En el cuadro comparativo, el dato menor (<) corresponde a trazas y el dato mayor (>) a residuos.

7.6.6. POTABILIDAD

El diagrama de potabilidad permite, según la composición del agua, vislumbrar gráficamente el parámetro no potable o potable. Constituido por segmentos lineales con su respectiva escala, según las normas de potabilidad del agua, decreto 475/98 o los decretos que lo han modificado o reemplazado, dependiendo del parámetro por evaluar.

En el rango de potabilidad surgen dos categorías de conveniente y tolerable, respondiendo a agua potable y agua segura, respectivamente. La metodología de análisis fue observar por medio del Diagrama de potabilidad los picos impotables, donde confluye la totalidad de los puntos de muestreo por analizar, para cada una de las Subcuencas.

Los parámetros graficados en el diagrama de potabilidad son: pH, cloruros, sólidos disueltos, nitratos, sulfatos, calcio, hierro, color magnesio, manganeso, dureza total, coliformes fecales y totales.

En general los parámetros que se evalúan para determinar la calidad de agua subterránea y su potabilidad, y constituyen el diagrama de potabilidad, son los que se enlistan en la Figura N°. 13. Algunos valores de estos parámetros comparados con los permisibles definidos en el Decreto 475/98, que fue

derogado por el Decreto 1575 de 9 de mayo de 2007 y Resolución 2115 del 22 de junio de 2007 del MAVDT, se indican en la Tabla N°. 17.

TABLA N°. 17

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA PARA DETERMINAR POTABILIDAD	
Características físicas	Color
	Conductividad
	Sólidos totales
	Temperatura
Características químicas	Alcalinidad
	Dureza total
	pH
	DBO
	DQO
	OD
	Hierro total
Características bacteriológicas	Coliformes fecales
	Coliformes totales
Aniones	Sulfatos
	Nitratos
	Fosfatos
	Cloruros
	Bicarbonatos
Cationes	Carbonatos
	Amonio
	Calcio
	Magnesio
	Manganeso
	Potasio
	Sodio
	Hierro + 2



TABLA N°. 18

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA COMPARADOS CON VALORES DEL DECRETO 475/98 (DEROGADO)				
PARÁMETROS	CUSTODIO		DECRETO 475 DE 1998	
	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA DE MAR	POTABLE	SEGURA
Alcalinidad (mg/l)	100 - 300	100	100	120
Amonio (mg/l)	< 0,1	0,005 - 0,05		
Bicarbonatos (mg/l)	50 - 350	< 1		
Calcio (mg/l)	10 - 250	400	60	100
Cloruros (mg/l)	10 - 250	18.000 - 21.000	< 250	300
Color U.P.C	< 5		< 15	< 25
Conductividad US/cm			50 - 1 000	< 1.500
DBO (mg/l)	< 1			
DQO (mg/l)	1 - 5			
Dureza (mg/l)	10 - 300	1500	160	180
Fe +2 (mg/l)	0 -10		0,3 (Total)	0,5 (Total)
Fosfatos (mg/l)	0,01 (1 a 10)		0,2	0,4
Magnesio (mg/l)	1 - 100	1200	36	60
Manganeso (mg/l)	< 0,2		0,1	0,15
Nitratos (mg/l)	0,1 - 10		10	10
pH unidades	6,5 - 8	8	6,5 - 9	6,5 - 9
Potasio (mg/l)	0,1 - 10	400		
Silice (mg/l)	1 - 40			
Sodio (mg/l)	1 - 150	10000		
Sulfatos (mg/l)	2 - 150	100	250	350
Temperatura °C				
Sólidos Totales (mg/l)	50 - 1500	35.000	500	1.000
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0 - 5			
Coliformes totales			0	0
Coliformes fecales			0	0

7.6.7. DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

Cuando el agua subterránea en la zona saturada se mueve a través de una línea de flujo incrementa su contenido de sólidos disueltos totales desde el área de recarga, y así un aumento gradual de la conductividad puede indicar direcciones de flujo.

7.6.8. ANÁLISIS DE DEMANDAS BIOQUÍMICAS Y QUÍMICAS DE OXÍGENO

Siendo estos parámetros indicadores claros de existencia de contaminación en las aguas se estudian los valores de las demandas bioquímicas y químicas de oxígeno por zona y subcuencas, comparados con normativa vigente, oscilando de la siguiente manera: (Tabla N°. 19, 20 y 21.)



TABLA N° 19.

PROMEDIO DE DBO Y DQO POR FORMACIONES EN LA ZONA 1										
Acuífero	CHICÚ			SUBACHOQUE				BALSILLAS		
	Cuaternario	Guaduas	Mezcla	Cuaternario	Tkgu	Guaduas	Mezcla	Cuaternario	Guaduas	Mezcla
DBO	5.7-8.6	1.1-1.8	3.5-4.5	3.8-4.5	1-7	2.1-3.7	3.7	1.8-4.8	3.1-3.3	1-2.8
DQO	21.7-41.7	11.6-20.6	11.5-18.5	37.5-39.7	9-24	18.7-19.5	17	16.5-24.9	18.2-27.1	1.5-18

TABLA N° 20

PROMEDIO DE DBO Y DQO POR FORMACIONES EN LA ZONA 2									
ACUI	FONTIBÓN				TUNJUELITO		TEUSACÁ		
	Cuaternario	TKgu	Guaduas	Mezcla	Cuaternario	Guaduas	Cuaternario	Guaduas	
DBO	4-4.2	2-6	2.5-4	1-1.5	1.4-2.9	1.6	1.8-4.2	2.7-4.2	
DQO	19.3-41.2	9-10	13.1-18	6.9-15	21.3-29.3	3.8-34.5	10.7-28.3	4.3-24.8	

TABLA N° 21

PROMEDIO DE DBO Y DQO POR FORMACIONES EN LA ZONA 3											
ACUI	NEUSA			TOMINÉ			SIGSA				
	Cuaternario	Tkgu	Guaduas	Cuaternario	Tkgu	Mezcla	Cuaternario	Terciano	Guaduas	Mezcla	
DBO	6-6.7	3.8-4.2	3.5-8	2.4-9	2-3	1.8-3	1.7-3.2	1-3.2	1.5-4.2	1	
DQO	35-70.6	12.3-41	23.1	15.9-27.5	8.7-18.5	16.9-17	12.5-28.4	6.5-15.3	18.5-23.9	1	

Los resultados obtenidos indican que es necesario realizar nuevos monitoreos para obtener suficientes registros, a través de laboratorio acreditado ante el IDEAM, para lo cual está previsto que sea el Laboratorio Ambiental de la CAR el que determine si hay contaminación orgánica en la subcuenca del Chicú y Balsillas, en los depósitos cuaternarios; asimismo en la subcuenca del Subachoque, en los depósitos cuaternarios y en la formación Guaduas y finalmente, en la subcuenca Neusa en el depósito cuaternario y grupo Guadalupe.

El gradiente térmico indica variación con respecto a la profundidad. Se observó que las aguas subterráneas de los pozos con profundidades mayores a 300 metros registran temperaturas de 25 a 33 grados centígrados y específicamente en la zona 2, en la Subcuenca de Fontibón, predominan temperaturas mayores a 28° C a partir de 400 metros de profundidad.

Con respecto a la conductividad en las aguas subterráneas de la Sabana de Bogotá, se presentan pocos casos de aguas salobres (al noroccidente de Bogotá en Suba, en Chicú Vereda Poveda y en Fontibón cerca El Cortijo); en su mayoría las aguas subterráneas de la Sabana de Bogotá son dulces.

Las concentraciones de los iones calcio y magnesio definen la dureza total, factor importante en el aspecto económico en el uso destinado a las aguas subterráneas; factor a favor de la calidad ya que en





la sabana de Bogotá predominan las aguas blandas con casos aislados de aguas duras como en Suba, Madrid, Chicú (vereda Poveda) y Facatativá.

Las aguas subterráneas que presentan mayor concentración de hierro se encuentran en la región del Teusacá, sin embargo, en general estos niveles en la Sabana de Bogotá han disminuido a través del tiempo.

Las aguas que se caracterizan por tener menor cantidad de iones disueltos se encuentran en la subcuenca del Sisga. Les siguen las otras regiones de la zona tres (Tomíné y Neusa), aunque se ha observado que estas concentraciones han disminuido notablemente a través del tiempo en toda la Sabana de Bogotá.

Predominan las aguas subterráneas con tendencia iónica bicarbonatada sodica o cálcica (zonas 1 y 2) seguido de la clorurada sódica (zona 3); sin embargo, existe mucha variabilidad con respecto a la profundidad y el área dentro de las mismas zonas, que no permiten evaluar una tendencia iónica constante por sectores.

El índice SAR, aplicado a los sitios de muestreo correspondientes a la red de calidad del agua subterránea, indican clasificaciones relativamente uniformes que oscilan entre las categorías C1S1 y C2S1 que corresponden a aguas de salinidad baja y media, con bajo contenido de sodio en los diferentes acuíferos analizados como Cuaternario, Terciario, Guadalupe y Mezcla, que limitan el uso del agua para irrigación dependiendo de la tolerancia de los cultivos.

En general no se pueden considerar las aguas subterráneas como potables por encontrarse altas concentraciones de iones disueltos especialmente el hierro y manganeso. Los manantiales y aljibes por su condición de superficiales presentan mayor vulnerabilidad a contaminarse microbiológicamente.





**PRESIÓN SOBRE
EL RECURSO HÍDRICO**

Presión

8. PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO

En la Sabana de Bogotá, los sectores productivos constantemente incrementan su demanda hídrica, por lo cual captan cada vez mayores volúmenes de aguas superficiales y lluvias especialmente en las cuencas de los ríos Chicú, Subachoque, Bojacá y Balsillas; sin embargo, la disponibilidad de agua se ha reducido ostensiblemente debido al deterioro de las cuencas, por acciones de tala para ampliar frontera agrícola, como también para desarrollo de centros poblados y urbanos y de complejos industriales y agroindustriales.

La presión del recurso hídrico ha generado agotamiento de las corrientes hídricas superficiales en la Sabana de Bogotá y cuenca alta del río Bogotá y por consiguiente prospección y exploración de aguas subterráneas almacenadas en depósitos acuíferos, como fuentes hídricas alternativas.

De esta manera se inicia aprovechamiento de aguas captadas en los depósitos cuaternarios someros, induciendo sobreexplotación y abatimiento de niveles estáticos y dinámicos en la Sabana de Bogotá, a medida que se incrementa el número de usuarios y pozos construidos para extraer agua de esta formación geológica; consecuentemente, la sobreexplotación de este acuífero induce a optar por alternativas de abastecimiento hídrico. Surge entonces la posibilidad de explotar el acuífero que se encuentra a mayor profundidad, como son los depósitos cretácicos, por lo cual se prospecta, explora y perforan pozos profundos para captar aguas del Grupo Guadalupe.

En la Sabana de Bogotá se realizan importantes aprovechamientos de agua subterránea, se presenta intensiva explotación en el sector occidental, lo cual se manifiesta por concentración de pozos profundos y alta extracción de agua de los acuíferos, genera disminución del potencial hídrico subterráneo, frente a lo cual es necesario acometer acciones legales por las entidades ambientales, específicamente por la CAR. Inciden ostensiblemente en esta situación, la climatología y las acciones antrópicas en el sector que ocasiona escasez de agua superficial, incentivan explotación de agua subterránea para desarrollar suelos aptos para diversos usos y actividades productivas que demandan altos volúmenes de agua.

En el sector occidental de la Sabana de Bogotá se encuentran construidos pozos profundos que captan aguas subterráneas para abastecimiento municipal; algunos han sido perforados por la CAR, pero varios han colapsado haciéndose necesaria la reposición de estos pozos que deben perforarse a mayor profundidad, debido a que se registran abatimientos en los niveles piezométricos del orden de 60 a 120 metros en los sistemas acuíferos, en periodos de 20 a 30 años.

En los municipios de Tenjo, Madrid, Facatativá y otros en el occidente de la Sabana de Bogotá, se presenta fisuramiento y asentamiento en las vías, asentamientos diferenciales en estructuras de cimentación de tanques de agua y viviendas, y se hace necesario realizar seguimiento a estos descensos de niveles en el terreno aplicando geodesia y geotecnia.

En los municipios de Soacha y Sibaté se han construido urbanizaciones que son abastecidas de agua por pozos profundos de agua subterránea, en los cuales se registran descensos en los niveles piezométricos del orden de 100 metros, en periodos de 30 años, aun en el sistema acuífero Guadalupe que subyace a profundidades del orden de 400 metros y hacia los cerros circundantes en donde aflora, aunque no son mayormente recargados debido al bajo régimen de lluvias.

Los usuarios que se surten de aguas subterráneas captadas de sistemas acuíferos en la Sabana de Bogotá, optan por perforar, con o sin autorización de la CAR, pozos nuevos a mayor profundidad para asegurar abastecimiento de las actividades que desarrollan en sus predios; sin embargo, se genera interferencia en los conos de abatimiento entre pozos por lo que se disminuye el caudal extraído por bombas sumergibles, ya que el radio de influencia de estos pozos se interfieren cada vez más.

Esta situación conduce a enfrentamientos entre usuarios vecinos y reclamos ante la CAR para exigir su derecho a acceder al uso del agua, y es necesario en ocasiones establecer turnos de operación de equipos de bombeo, cuando los pozos están registrados y legalizados, que a la postre no es solución efectiva frente a la tendencia de agotamiento del acuífero; así, bajo estas condiciones la CAR debe ejercer





mayor control en la administración del recurso hídrico subterráneo, y se hace necesaria la participación de la policía ambiental e incluso de la fiscalía, a efecto de dirimir diversas situaciones y aplicar sanciones por utilizar el recurso sin autorización o en condiciones no permitidas.

Se efectúan campañas periódicas desarrolladas por la CAR para monitorear y analizar fluctuaciones de niveles piezométricos en la red de pozos que captan aguas subterráneas, y se evidencia que en el municipio El Rosal se registran descensos regionales del acuífero Tilatá, superando niveles de descensos de 70 metros en un período de 30 años, justificado por alta densidad de cultivos de flores que captan agua de este acuífero.

Esta formación aflora en zona reducida y no bien definida por lo cual su recarga es limitada; sin embargo, se extrae agua de este acuífero en mayores caudales cada vez, y es necesario construir pozos a mayor profundidad prospectando otros acuíferos.

En el sector occidental de la Sabana de Bogotá se encuentran construidos pozos profundos que captan aguas subterráneas para abastecimiento municipal, entre otros el Pozo Madrid 6 que ya no está en funcionamiento, pues se construyó un pozo de reposición que registra descenso piezométrico de 120 metros; similar abatimiento se presenta en el pozo construido en el predio Ceramita - Corona, localizado también en el Municipio de Madrid, pero en el cual se captan aguas del acuífero Guadalupe que infrayace a mayor profundidad.

Recientemente, colapso el Pozo N° 4 de Madrid, ubicado en el sector Lusitania que fue perforado por la CAR en 1992 hasta 415 metros de profundidad, para abastecimiento del acueducto de su cabecera municipal, captando aguas subterráneas del Depósito Cuatemano y Formación Guadalupe en su espesor más superficial; este pozo fue entregado al municipio de Madrid para su operación cuando registró 64,4 metros de profundidad del nivel estático; medido el nivel estático en abril de 2007 cuando colapso, registró 114 metros de profundidad. Se observa que en 15 años se han presentado en este pozo abatimiento del orden de 50 metros.

En el municipio de Tenjo solo se inventariaron dos nacimientos de agua de los muchos que afloraban; entonces se infiere subsidencia en el terreno manifiesta por fisuramiento y asentamiento en las vías, asentamientos diferenciales en estructuras de cimentación de tanques de agua y viviendas, haciéndose necesarios sistemas especializados de cimentación para que no se genere fracturamiento y colapso de estructuras de concreto reforzado y líneas de conducción hidráulicas y eléctricas; en general, colapso de obras civiles.

Es necesario evaluar el fenómeno de subsidencia en este sector occidental de la Sabana de Bogotá para detectar si hay incremento que incida en vías como el tramo Facatativá - Madrid, en la vereda Los Árboles, sector Tisquesusa y principalmente en la vía Cota - Tenjo.

En el municipio de Soacha se han construido urbanizaciones que no tienen suministro de agua o servicio de acueducto, por lo que el abastecimiento se realiza mediante explotación de pozos profundos de agua subterránea, principalmente en Ciudadela Compartir con 50.000 habitantes y tres pozos que no producen caudal suficiente; Ciudadela Sucre con 20.000 habitantes, Santa Ana, Ciudad Latina y San Nicolás que igualmente son abastecidos con aguas subterráneas.

Los pozos profundos construidos en estas urbanizaciones sobrepasan los 400 metros de profundidad captan agua del acuífero Guadalupe y presentan descensos de niveles piezométricos del orden de 100 metros. Recientemente se ha previsto que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) amplie su cobertura para abastecer, entre otros, estos sectores.

En el núcleo industrial del Muña y Autopista Sur, que corresponde al municipio de Sibaté, se registran abatimientos notables en el Acuífero del Grupo Guadalupe, observados en los pozos de Icollantas S.A., en donde las fluctuaciones de niveles piezométricos son de 120 metros aproximadamente, durante largos periodos.





Panorámica cabecera municipal de Tenjo - Sabana de Bogotá - Zona Crítica



9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Plan de Manejo



9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ

9.1. AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA CRÍTICA

9.1.1. ACUERDO 31 DE 2005 Y ACUERDO 04 DE 2006 - ZONA CRÍTICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Continúa vigente la declaratoria como zonas críticas para el aprovechamiento de aguas subterráneas a los municipios de Tenjo, El Rosal, Madrid, Funza, Facatativá, Mosquera, y parte de los municipios de Cota, Tabio y Subachoque, los cuales se encuentran delimitados dentro del Polígono N°. 1, así como también el municipio de Soacha y parte del municipio de Sibaté enmarcados dentro del Polígono N°. 2. Adicionalmente, se pondrá en consideración la modificación de la Zona Crítica teniendo en cuenta la campaña de monitoreo de niveles piezométricos realizada en 2007, en la cual se observa que se está expandiendo dicha zona crítica.

Se continuará exigiendo a los titulares de concesiones de aguas superficiales y subterráneas localizadas dentro de la jurisdicción de la CAR, la implementación de medidores de consumo de agua a efecto de realizar el cobro de tasa por uso del agua y, asimismo, instalación de ducto en PVC de ¾" adosado al encauchetado del equipo de bombeo, a fin de introducir sonda eléctrica o instrumentos electrónicos (Diver) para medición del nivel estático y dinámico de los acuíferos en la Sabana de Bogotá; adicionalmente, en caso de incumplimiento se imponen medidas preventivas y sanciones establecidas en el Artículo 85 de la Ley 99 de 1993.

9.1.2. OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN ZONA CRÍTICA

Se determinará el balance hídrico real en la jurisdicción de la Sabana de Bogotá, especialmente en esta Zona Crítica, que conduzca a estimar con mayor grado de precisión la oferta del recurso hídrico subterráneo. En la medida que los resultados obtenidos de balances hídricos subterráneos efectuados dispongan de información hidrogeológica suficiente, los modelos implementados utilizando software y hardware adecuados tendrán el grado de precisión y confiabilidad aceptable, y previamente calibrados y definidos bordes, contornos y techo de las formaciones geológicas, suministrarán resultados al correrlo en estado estacionario o transitorio, que podrán ser aplicados en la administración del recurso hídrico subterráneo a cargo de la Corporación.

Para determinar demanda hídrica se dispone de registros que continuamente son actualizados y correlacionados con oferta hídrica, obtenidos a través de las Oficinas Provinciales de la CAR que tienen a cargo el trámite permisivo para aprovechamiento de aguas subterráneas; de otra forma, a través de las campañas de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea que son correlacionadas con aspectos legales y adicionalmente a través del catastro de usuarios recientemente efectuado por la CAR, aplicados en la Sabana de Bogotá.

9.1.3. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ

El Decreto 1541 de 1978 es la norma aplicada sobre ambiente y administración del recurso hídrico subterráneo, a través de la cual se efectúa distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la sabana de Bogotá.

Esa distribución y asignación de caudales constituye reglamentación de aguas subterráneas





específicamente, aplican módulos de consumo establecidos por la CAR, información de uso del suelo, Planes de Ordenamiento Territorial o Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios en donde se localiza la zona crítica, e información sobre los siguientes aspectos: POMCA Bogotá, expedientes que contienen trámites permisivos o sancionatorios relativos a aprovechamientos de aguas subterráneas correlacionadamente con expedientes sobre aprovechamientos de fuentes de agua superficiales, sobre censo de catastro de usuarios del recurso hídrico, inventario de usuarios de la red de monitoreo de niveles piezométricos, la red de usuarios voluntarios que aprovechan aguas subterráneas especialmente localizados en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, usuarios individuales y colectivos considerando documentación que fundamenta su constitución y operación y acredita los usuarios que tienen derecho legalmente al uso del agua, y normativa sobre aprovechamiento y reglamentación de aguas subterráneas correlacionadamente con aguas superficiales.

Posteriormente se digita, procesa, analiza y evalúa información obtenida con aplicación de las normas pertinentes y vigentes, para realizar el proyecto de resolución que involucre el balance hídrico correlacionando el recurso hídrico subterráneo y superficial, obtener una preliminar distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

Seguidamente se publica la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá atendiendo posibles recursos de reposición que surjan y se realizarán inspecciones oculares a los sitios de interés, se proyectarán y ejecutarán providencias para atender los pronunciamientos de los usuarios, los que legalmente tienen trámite o permiso ante la CAR o acreditan el derecho al uso de las aguas subterráneas; las solicitudes se confirman o niegan mediante autos o providencias y entra en firme la resolución ajustada que acoja la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, con el régimen de operación de equipos de bombeo establecido.

9.1.4. CAMPAÑA DE MONITOREO Y REDISEÑO DE REDES DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y CALIDAD DE AGUA, REPOSICIÓN DE POZOS PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ

Se realiza monitoreo y rediseño de redes de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, incluyendo reposición de pozos, cuyos registros obtenidos se procesan, analizan, evalúan, sistematizan y correlacionan con registros de campañas anteriores, con cobertura en los municipios localizados en la Sabana de Bogotá.

Para niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas se utilizan bases de datos y planos de campañas de monitoreo de niveles piezométricos; se elabora cronograma de actividades de campaña de monitoreo, para identificar ruta y zonas por monitorear; se elabora cronograma de medición de niveles y notificación al usuario de la realización de medición de niveles, previa suspensión temporal del bombeo.

En calidad de agua subterránea se obtienen resultados de análisis de parámetros físico-químicos, bacteriológicos y plaguicidas de campañas anteriores; se digitan, procesan, evalúan y elaboran bases de datos en Acces, diagramas de Stiff, Piper, Durov y Schoeeller-Berkaloff, y se obtienen mapas aplicando los software adecuados, que son correlacionados con la campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea.

9.1.5 AUTOMATIZACIÓN DE RED DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA LOCALIZADA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

Implementación de Diver o Data Logger y softwares compatibles, utilizados para medición y almacenamiento de niveles de aguas subterráneas, temperatura y salinidad y ensayos de bombeo, con capacidad de memoria mínima de 48.000 mediciones, vida útil de pila de 10 años, sin requerimiento de mantenimiento, con programación de lugar, código de instalación, método y frecuencia de medición.





9.1.6. PROYECTO PILOTO PARA CONSERVACIÓN DE LOS ACUÍFEROS Y MANEJO DE ZONAS DE RECARGA EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ

Se ha identificado una zona de recarga de acuíferos en la vereda Riofrío Oriental, Municipio de Tabío, en la cual según el Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal, se han delimitado áreas de amortiguación, áreas de protección y áreas de infiltración para recarga de acuíferos. Coherentemente la CAR emite la Resolución N°. 0685 en 2007, por la cual declara concertados los asuntos ambientales del proyecto de revisión y ajustes del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Tabío – Cundinamarca; los asuntos ambientales concertados implican que para el desarrollo municipal, la CAR tendrá injerencia, en particular sobre aspectos relacionados con suelos de protección, entre otros.

Se espera incluyan los proyectos que se conciben para desarrollo municipal una metodología de estudio para la conservación de los acuíferos que almacenan aguas subterráneas en las formaciones geológicas que infrayacen en sectores de la subcuenca del Riofrío Oriental del Municipio de Tabío; esa metodología incluye sistemas de recarga artificial de acuíferos en las franjas localizadas, soportados por estudios de infiltración, dirección de flujos de aguas subterráneas y calidad de agua, considerando lineamientos en estos aspectos dados por la CAR, Ingeominas y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, a fin de coadyuvar a incrementar el potencial hídrico subterráneo de los sistemas acuíferos de la vereda Riofrío Oriental del municipio de Tabío.

9.2. FUNCIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO Y RELACIÓN CON ALMACENAMIENTO, INFILTRACIÓN Y RECARGA DE ACUÍFEROS EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA

El almacenamiento de agua en los acuíferos que subyacen en la Sabana de Bogotá está influenciado por porosidad efectiva y conductividad hidráulica de los estratos geológicos en donde se deposita el agua, y determina velocidad de flujo de agua subterránea a través de intersticios granulares.

Este almacenamiento en acuíferos, cuando se calcula el balance hídrico, indica déficit en medida en que se ejerce presión por creciente demanda hídrica que no es compensada con recarga de sistemas acuíferos, para recuperar el volumen de agua disponible para extraer diariamente; este déficit genera en la CAR dificultad para administrar el recurso hídrico subterráneo, especialmente cuando no se conoce el funcionamiento e interrelación de la porosidad efectiva y conductividad hidráulica, y otras características hidrogeológica de acuíferos, que conduzcan a generar acciones para inducir incremento de almacenamiento en los depósitos de agua subterránea que infrayacen en la Sabana de Bogotá.

Entonces es necesario conocer el funcionamiento de la infiltración y recarga de acuíferos en la Sabana de Bogotá mediante procedimientos técnicos e implementación de instrumentos en estaciones de la red hidrometeorológica que la CAR ha instalado.

Estudios efectuados por la CAR sobre funcionamiento de la infiltración y recarga de acuíferos localmente en la Sabana de Bogotá, en la Zona Crítica, específicamente en las estaciones Checua, localizada en el municipio de Nemocón y Puente Cundinamarca, localizada en el Municipio de Funza, involucran instrumentación, medición y monitoreo de los parámetros representativos de las características físicas del terreno, tipo de material, humedad, capacidad de infiltración, nivel de aguas subterráneas y análisis isotópicos.

Este tipo de estudios se efectúa en otros puntos para correlacionar la variación de la infiltración en áreas mayores y proyectar actividades u obras que favorezcan recarga de acuíferos, especialmente en zonas de afloramientos de las formaciones geológicas con potencial hidrogeológico de interés.

En los equipos instalados en las estaciones Puente Cundinamarca y Checua seleccionadas por la CAR se investiga el funcionamiento puntual de la infiltración y recarga en los depósitos cuaternarios de





la Formación Sabana aprovechando la información obtenida en campo; esta información interpretada indica que la capacidad de infiltración de los suelos de la Formación Sabana es de muy baja a nula, en los sectores de las estaciones climatológicas seleccionadas, lo cual se evaluará en otros sectores.

9.3. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA INFILTRACIÓN Y DE LA RECARGA DEL ACUÍFERO GUADALUPE EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ

Se evaluará el funcionamiento de la infiltración y recarga del acuífero Guadalupe en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá mediante construcción o habilitación de pozos profundos de producción que estén activos o inactivos, los cuales se utilizarán como pozo de observación y a través del cual se inyectará a este acuífero agua proveniente de sistemas de almacenamiento, especialmente agua lluvia.

Las aguas serán sometidas a análisis de calidad antes de inyectarlas y se efectuarán monitoreos para determinar fluctuación de niveles piezométricos y de los parámetros de calidad de agua. Los pozos que se utilicen tendrán su debido registro ante la CAR y captarán específicamente el Acuífero Guadalupe y se instrumentarán y monitorearán para obtener registros hidrogeoquímicos e hidrogeológicos, con los cuales se realicen modelos hidrogeológicos conceptuales locales, a los cuales se apliquen modelos matemáticos que puedan ser corridos en estado estacionario y transitorio en software adecuados.

9.4. VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN EN LA SABANA DE BOGOTÁ

Campañas de monitoreo de calidad de agua subterránea en la Sabana de Bogotá efectuadas por la CAR han indicado, según parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y de plaguicidas, que hay riesgo de presencia de estos contaminantes en algunos acuíferos, que es necesario monitorear y confirmar aplicando técnicas de vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación; por tanto, se establecen metodologías para realizar el seguimiento a los sistemas acuíferos por riesgo de contaminación, en la Sabana de Bogotá y orientarlo asimismo a la Zona Crítica.

La vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación se establece por la facilidad con la cual ingresan sustancias polucionantes al acuífero mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada, zona edáfica. En la Sabana de Bogotá se ha aplicado una metodología de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, en la Subcuenca de Tomíné utilizando información del estudio efectuado por convenio entre la CAR e Ingeominas y apoyando trabajos de grado de profesionales de postgrado.

9.4.1. CRITERIOS PARA EVALUAR VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS

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 característico de los estratos en 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 comprendido por la zona no saturada; el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas será entonces la interacción entre la vulnerabilidad natural del acuífero y las características de la carga contaminante que se aplique sobre la superficie del terreno.

Según Adams, B., et al. (1994) este concepto de vulnerabilidad natural de los acuíferos es aceptado



para programas regionales de planeación. Es más recomendable, al evaluar el riesgo de contaminación, hacer estimaciones de la vulnerabilidad de los acuíferos a un contaminante específico.

9.4.2. MÉTODOS UTILIZADOS EN EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA IMPLEMENTAR EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y EN LA ZONA CRÍTICA

Los métodos utilizados en predicción de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea pueden ser clasificados en tres grandes grupos (Adams, 1994):

9.4.2.1. MÉTODOS BASADOS EN MODELOS DE VULNERABILIDAD

Los métodos basados en modelos de vulnerabilidad utilizan modelos matemáticos para analizar y simular los procesos que rigen el transporte de contaminantes en la subsuperficie.

9.4.2.2. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Los métodos estadísticos utilizan grupos de variables que condicionan la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos, proporcionando conclusiones según la asociación que presentan en diferentes áreas.

9.4.2.3. MÉTODO DE INDEXACIÓN Y SUPERPOSICIÓN

Los métodos de indexación combinan un conjunto de características o atributos físicos del suelo, la zona no saturada y los acuíferos, a los cuales se asigna un valor numérico según su importancia en la evaluación de la vulnerabilidad; los métodos de indexación se basan en la combinación de varios mapas de los diferentes atributos fisiográficos a los cuales se les ha asignado valores de peso.

Los métodos basados en modelación y simulación y los métodos estadísticos tienen mayor aplicación en la evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a contaminantes específicos, mientras los métodos de indexación y superposición son más comúnmente usados para la evaluación de la vulnerabilidad intrínsecas de los acuíferos a la contaminación en general. Sin embargo, todos los métodos de evaluación de vulnerabilidad de los acuíferos tienen en común un cierto grado de incertidumbre que puede partir del modelo mismo o de la confiabilidad de los datos utilizados (National Academy Press, 1993).

Para utilización de métodos de modelación y métodos estadísticos se han diseñado diversos programas sistematizados, que parten de un buen conocimiento básico de las condiciones del área por evaluar y de los parámetros hidrogeológicos que se involucrarán en dichos sistemas.

Los métodos de indexación tienen mayor flexibilidad en cuanto al conocimiento básico de la zona, ya que se aceptan ciertas estaciones en el caso de contar con información insuficiente; por lo tanto, los resultados que se obtienen son más conservadores y generales que los de otros sistemas, pero útiles desde el punto de vista de planificación regional del recurso hídrico.

9.4.3. MÉTODO GOD

El método de indexación GOD se describe como un sistema de indexación utilizado en la evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos, fue propuesto por Foster en 1987, para áreas con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre de los mismos; el método GOD considera tres parámetros de evaluación:

- Groundwater: Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: No confinado, No confinado-cubierto, Semiconfinado, Confinado y sin presencia de acuífero.



- Overall: Este parámetro incluye una caracterización global de la zona que suprayace el acuífero, en cuanto a la naturaleza litológica, al grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.
- Depth: Profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante, en acuíferos cautivos o confinados.

El método establece escalas de valores para cada parámetro de acuerdo con su contribución en la defensa natural de los acuíferos a la contaminación. Las escalas de valores presentan graduaciones entre cero y uno, y es menor en cuanto más colaboren las características del parámetro en la atenuación de contaminantes.

El índice de vulnerabilidad total se determina multiplicando los valores asignados a cada parámetro, se obtienen valores de 0 a 1, indica "0" una vulnerabilidad nula y el "1" la máxima vulnerabilidad a la contaminación.

Según Custodio, 1994, con los valores logrados en la indexación de parámetros del Método GOD es posible definir las siguientes categorías de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

- Vulnerabilidad Extrema: Con valores de indexación entre 0,7 y 1,0, se consideran acuíferos vulnerables a la mayoría de los contaminantes y con un impacto relativamente rápido, para muchos escenarios comunes de contaminación.
- Vulnerabilidad Alta: Con valores de indexación entre 0,5 y 0,7, son acuíferos vulnerables a muchos contaminantes, excepto a aquellos muy absorbibles y/o fácilmente transportables para muchos escenarios comunes de contaminación.
- Vulnerabilidad Moderada: Con valores de indexación entre 0,3 y 0,5, son acuíferos vulnerables a contaminantes que son descargados o infiltrados en forma continua.
- Vulnerabilidad Baja: Con valores de indexación entre 0,1 y 0,3, son acuíferos vulnerables a largo plazo a contaminante persistentes.
- Vulnerabilidad Muy Baja: Con valores de indexación menor a 0,1, en estos acuífero, las capas confinantes no permiten un flujo significativo al acuífero.
- Vulnerabilidad Nula: No hay peligro alguno de contaminación.



A large, faint graphic of a water drop with a white outline and a grey-to-white gradient fill, positioned behind the central text.

**ADMINISTRACIÓN
DE AGUAS**

Administración de aguas



10. ADMINISTRACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA JURISDICCIÓN DE LA CAR

10.1. ACCIONES DE LA CAR EN ZONA CRÍTICA

No autoriza la CAR pozos profundos de reserva, de reposición o nuevos en la zona crítica a los sectores productivos en general, para extracción de aguas subterráneas ya que el potencial hídrico subterráneo confirmado por campañas de niveles piezométricos infiere continuo y sostenible abatimiento de los niveles piezométricos, genera interferencia de radios de influencia y profundización de conos de abatimiento de los pozos profundos, especialmente en pozos registrados ante la Corporación. Sin embargo, se autoriza exploración y aprovechamiento de agua subterránea para abastecimiento, para consumo humano y doméstico a los centros poblados urbanos y rurales.

Para concesión de aguas subterráneas, en general para el sector agropecuario, se aplican módulos de consumo de acuerdo al estudio efectuado por Hidroplán LTDA., cuyos valores obtenidos fueron adoptados por el Acuerdo 31 de 2005 emitido por la CAR, el Acuerdo 4 de 2006 y el Acuerdo 29 de 2006; estos módulos de consumo se están revaluando para que sean actualizados y aplicados en la administración del recurso hídrico subterráneo, así como también para la asignación de caudales para concesiones de aguas superficiales.

Se aplican en la reevaluación de los módulos de consumo metodologías dadas por IDEAM o se utilizan investigaciones efectuadas en campo implementando lisímetros o anillos infiltrómetros y parcelas experimentales que conformen una red en la jurisdicción de la Corporación, a fin de determinar coeficientes de cultivo, coeficiente de tanque, uso consuntivo y módulos de consumo para los cultivos que se desarrollan en los suelos aptos para producción.

La definición de aguas subterráneas, manantiales, nacederos, manas y ojos de agua corresponde a afloramientos de aguas subterráneas, por tanto se discierne y se debe demostrar que las aguas privadas se declaran como tal a través de expedición de providencia de la CAR, teniendo en cuenta las que están acreditadas por cédula real, en las que se involucren procedimientos técnicos que se revise y demuestre por los usuarios interesados, en cuyos predios afloran estas aguas, la calidad de agua privada, soportado por estudios técnicos idóneos, que abarcan análisis isotópicos con carbono 14 o tritio o isótopos estables, infiltración, piezométricos y otros, que las aguas provenientes de esas fuentes hídricas realmente nacen y mueren en la misma heredad que es el criterio en el cual se fundamenta la definición de aguas privadas.

En consecuencia, la CAR revisa los estudios que se presenten a costas de los peticionarios beneficiarios de dichas aguas privadas, estudios que serán elaborados por profesional idóneo en aguas subterráneas o hidrogeología.

El término que se da a los usuarios beneficiarios para que demuestren que dichas aguas privadas realmente tienen este carácter de privado, tiene en cuenta que los análisis de muestras isotópicas debe realizarse en laboratorio en Estados Unidos de América o en Europa.

Como alternativa, la CAR podrá implementar en su laboratorio equipos, instrumentación, software que se podrán incluir en la acreditación del laboratorio ante el IDEAM, junto con personal idóneo en los campos profesional y técnico, para realizar estas labores.

La CAR continúa realizando acciones con municipios de la jurisdicción, en el marco de planes de ordenamiento territorial, esquema de ordenamiento territorial, planes parciales o dentro del marco de





ordenamiento de cuencas hidrográficas, en relación con la definición de zonas de recarga de aguas subterráneas, en donde se implementarán proyectos de recarga de acuíferos naturalmente mediante reforestación de áreas identificadas en los monitoreos de niveles piezométricos, al analizar los mapas de isopiezas, con lo cual se obtiene cobertura vegetal densa que funcione reteniendo aguas de precipitación en tiempo amplio y suficiente para que infiltre a través de porosidad primaria y secundaria en los estratos de las formaciones geológicas infrayacentes.

También se propende a inducir recarga artificial en zonas o subcuencas en donde el balance hídrico evidencie un potencial de flujo de agua de precipitación y escorrentía, que infiltre la porosidad de los estratos con buena porosidad efectiva y transmisividad.

En lo referente a obtención de concesión de aguas y renovación de concesión para aprovechamiento de aguas subterráneas la Corporación exige realización de pruebas de bombeo para conocer parámetros hidrogeológicos de los sistemas acuíferos y abatimiento de los niveles estáticos y dinámicos y en general fluctuación de estos niveles; para ello se instala por los usuarios medidores de caudal y ducto para introducir sonda eléctrica o instrumento electrónico, diver u otros con los cuales se obtenga esa información.

Par efectuar control en la exploración de aguas subterráneas y su aprovechamiento, la CAR prevé implementar la exigencia a los transportadores de equipo de perforación, un salvoconducto de estos equipos, obtenido una vez se obtenga por el usuario que tiene previsto explorar aguas subterráneas, la autorización de la CAR; por tanto, se coordinan acciones entre la CAR con la policía (Sijin – Área Ambiental) y autoridades territoriales y municipales, para que se exija el salvoconducto del equipo de perforación para explorar aguas subterráneas; en el caso de no obtenerse, se procederá a decomisar el equipo y sancionar a los infractores, tanto al propietario del predio en donde se va a perforar el pozo profundo como al propietario del equipo de perforación.

Las campañas de monitoreo que la CAR adelanta en la jurisdicción de la Sabana de Bogotá, tienen por objeto investigar fluctuación de niveles estáticos y dinámicos en los pozos que aprovechan aguas subterráneas en los depósitos cuaternarios y formación Guadalupe principalmente, en las varias subcuencas delimitadas por la geología de la región.

En la zona crítica definida hay sectores que tienen dinámica hidrogeológica atípica; particularmente el sector de la vereda Riofrío Oriental del Municipio de Tabío que está ubicado en la subcuenca de Riofrío, difiere de otros sectores del municipio de Tabío que junto con los municipios de Tenjo y Cota se ubican en la subcuenca del río Chicú. Estas subcuencas estudiadas indican que en Riofrío aún no hay sobreexplotación de los sistemas acuíferos subyacentes, lo cual se evidencia en el flujo de agua que escurre en el cauce del río Frio aun en verano, mientras que en Chicú hay presión sobre el agua subterránea lo que es evidenciado por el río Chicú y sus afluentes en cuyos cauces aún en invierno fluyen caudales mínimos provenientes de crecientes súbitas sin que se induzca infiltración en el suelo y en los estratos de las formaciones geológicas.

Frente a la presión ejercida por el agua subterránea en la subcuenca Chicú y otras subcuencas de la Zona Crítica, la CAR tiene previsto continuar monitoreos permanentes de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea a través de la red de puntos de agua seleccionados en la Sabana de Bogotá.

Esta red de monitoreo de aguas subterráneas se ajusta con pozos profundos y puntos de agua que captan agua subterránea, para reponer los puntos de agua que por diferentes razones se excluyen de la red, especialmente en la zona crítica, sin desconocer el seguimiento que es necesario efectuar a subcuencas que no están en la Zona Crítica. Estas acciones las promueve la CAR en su función de administración del recurso hídrico subterráneo en coordinación con los usuarios que aprovechan caudales de aguas subterráneas.



10.2. RECARGA DE ACUÍFEROS EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA

La Corporación puede autorizar mediante trámite permisivo en la Zona Crítica, previa solicitud de cada usuario, recarga de acuíferos a través de pozos profundos registrados, seleccionados y autorizados con fundamento en estudio de funcionamiento de infiltración y recarga de acuíferos efectuados localmente por geólogos e hidrogeólogos.

Igualmente, con fundamento en estudios de calidad de agua subterránea de depósitos acuíferos y flujo de recarga proveniente de precipitación, caracterizando y monitoreando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y de plaguicidas, efectuados por ingenieros sanitarios o ambientales o profesionales idóneos, y con fundamento en estudios que apliquen un modelo hidrogeológico utilizando software debidamente licenciado

La recarga puede realizarse con aguas lluvias provenientes de sistemas de recolección adecuados, en los cuales se monitoreen parámetros de calidad para garantizar la calidad de agua por conducir a sistemas de recarga.

A. los sistemas de recarga seleccionados, además de efectuárseles estudio de infiltración, involucrará inventario de pozos a los que se les efectuará pruebas de bombeo, determinación de constantes geohidráulicas, velocidad y dirección del flujo de recarga inducida, estos pozos pueden ser considerados de aguas subterráneas multipropósito, para extracción de caudales y recarga de flujos en los estratos permeables e igualmente a través de estructuras geológicas, como fallas diaclasas, considerando anticlinales o sinclinales.

La CAR en la Zona Crítica puede establecer convenios con IDEAM, Ingeominas, Ministerio de Ambiente, Desarrollo y Vivienda, Secretaria Distrital de Ambiente, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, con el propósito de aplicar procedimientos de recarga de acuíferos; entre otros, utilizando pozos piezométricos, pozos de recarga y observación, con sistemas de monitoreo en pozos que han sido perforados en predios del acueducto de Bogotá y otros perforados en predios de la CAR.

Algunos de esos pozos son los perforados en Vitelma en la planta de potabilización del Acueducto de Bogotá; otros, en el Parque Sópó y en la Finca Tisquesusa en Madrid, de propiedad de la CAR.

Se prevé factibilidad de recargar con aguas de exceso de embalses y otros sistemas de almacenamiento a través de baterías de pozos de recarga, con previos análisis de sedimentación para garantizar inducción de flujos de agua clarificados e impedir infiltración de sólidos suspendidos o sedimentables, que puedan obstruir los intersticios granulares de las formaciones geológicas que constituyen porosidad primaria, o las estructuras geológicas principalmente diaclasas y fallas que constituyen porosidad secundaria.

Los excesos de agua provenientes de embalses y sistemas de almacenamiento que se prevé utilizar para recargar acuíferos se monitorean para analizar y evaluar calidad de agua de recarga, así como calidad de agua de los sistemas acuíferos por recargar que se deben preservar; dicha caracterización es fisicoquímica, bacteriológica y de plaguicidas, la cual es factible analizar y evaluar en el laboratorio de la CAR.

La CAR prevé iniciar un proyecto piloto de recarga artificial de sistemas acuíferos en el área de la Zona Crítica y algunas zonas de su vecindad dado que los sistemas acuíferos no son regidos por topografía, son continuos dependiendo de las estructuras geológicas, y se ubican en ocasiones en otras subcuencas.



Este proyecto prevé utilizar, como fuente hídrica de recarga por inducir, flujos de agua provenientes del efluente final de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que tengan tratamiento terciario y avanzado, construidos y operados para remover carga contaminante generada por actividades antrópicas en los centros poblados urbanos y rurales, plantas de tratamiento en las que la eficiencia sea del 99% y la calidad de agua del efluente sea mejor que la calidad de agua de los depósitos subterráneos.

El proyecto involucra estudio de las plantas o sistemas de tratamiento de aguas residuales de los municipios de Madrid, Funza, Mosquera, Facatativá, Subachoque, El Rosal, Tenjo, Tabio, Cota, Suba, Bogotá, Soacha, Sibaté; las plantas serán evaluadas en su eficiencia de operatividad en cada una de sus unidades correlacionadamente con la eficiencia obtenida en el efluente final, para lo cual se consideran caudales afluente y efluente que se caracterizarán por el Laboratorio Ambiental de la CAR, analizando parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, pesticidas, biológicos y metales pesados.

Se prevé evaluar capacidad actual y futura para un horizonte entre 30 a 50 años de vida útil, a fin de considerar incremento de caudal y concentración de algunos de los parámetros de calidad de agua caracterizados y monitoreados; se determina uso del suelo y posibles tendencias de desarrollo hacia el futuro a fin de prever caudal de reuso y caudal excedente que será dispuesto para recarga artificial de sistemas acuíferos.

El caudal de recarga artificial será conducido a un sistema de recarga artificial de acuíferos, que se deberá diseñar; el criterio de diseño del sistema de recarga artificial involucra estudio de funcionamiento y recarga de varios sistemas acuíferos cercanos, aplicando geofísica de detalle, técnicas isotópicas, técnicas de infiltración, piezometría e instrumentación con cápsulas de succión y tensiómetros.

Simultáneamente se determinarán las constantes hidrogeológicas locales del sistema acuífero por recargar, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica, transmisividad, conductividad hidráulica, radio de influencia; paralelamente, se estudiará calidad del agua subterránea de los depósitos subterráneos aplicando hidrogeoquímica a fin de caracterizar y determinar las características mínimas de calidad de agua de la fuente hídrica de recarga artificial.

Finalmente, se diseñará el sistema de recarga artificial que podrá utilizar batería de pozos de inyección de agua de recarga o pondajes que almacenen aguas de recarga que inducirán recarga por presión hidrostática, teniendo en cuenta que a los flujos de agua de almacenados no les sean aportados sedimentos que obstruyan la porosidad de los sistemas acuíferos, para lo cual se implementarán fibras sintéticas que funcionen como filtros para retener material particulado y sedimentos.

Estos sistemas deben operarse de acuerdo a un manual que se implemente y se prevean dispositivos automáticos que sean accionados frente a contingencias, entre otras, colapsos de sistemas de inyección hídrica, sistemas de almacenamiento, corto circuito en los sistemas de tratamiento de aguas residuales e incremento de cargas contaminantes que alteren la calidad de agua de recarga aceptable para inducir en los sistemas acuíferos.

Finalmente, se prevé monitoreo y seguimiento implementado por la CAR directamente, a través de una oficina cuya función sea exclusivamente el manejo, operación y planeación de los sistemas de recarga artificial, con profesionales idóneos.

10.3. LINEAMIENTOS PARA PROYECTO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN LA SABANA DE BOGOTÁ

El aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo detecta incremento de la demanda generan sobreexplotación, debido a lo cual la CAR para administrar el agua subterránea y ha tenido que emitir y aplicar providencias que restringen el aprovechamiento de este recurso.



La sobreexplotación es debida a que no hay recarga suficiente en acuíferos y esta es inducida naturalmente a mediano y largo plazo dependiendo de porosidad de estratos geológicos, cobertura vegetal nativa que ejerce retención hídrica, velocidad del agua subterránea. Considerando que las características naturales de las cuencas han sido intervenidas en grado mayor o menor, no es posible el desarrollo ambiental sostenible, por tanto es necesario considerar viabilidad de inducir recarga artificial a los sistemas acuíferos mediante implementación de un sistema de recarga artificial que constituya un modelo piloto para replicar.

Simultáneamente, se deben planear proyectos alternos de recargar natural y artificial de acuíferos complementarios, mediante conservación y proyección de zonas de reforestación, lo cual es a largo plazo y distribuido dispersamente según geología y estructuras geológicas y climatología, lo que implica destinación de uso del suelo en áreas municipales para conservación hídrica y recarga hídrica subterránea, determinados en los planes o esquemas de ordenamiento territorial (POT o EOT), o en su defecto en los Planes de Manejo de Cuencas – POMCA.

Implementar un proyecto piloto de recarga de aguas subterráneas en acuíferos, a fin de reestablecer el balance hídrico espacialmente subterráneo e inducir almacenamiento en estos depósitos de aguas subterráneas; este proyecto piloto de recarga se debe diseñar, construir, operar, monitorear y ajustar, periódicamente a fin de garantizar niveles de caudal de recarga y calidad de agua que se mezclen con las aguas en los depósitos subterráneos, sin su detrimento.

10.4. INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS ACUÍFEROS Y EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ÁREA DE LA CAR

La Corporación implementará investigación y conocimiento de sistemas acuíferos en las provincias de Ubaté, Chiquinquirá y Suárez inventariando y obteniendo censo de usuarios de aguas subterráneas a través de pozos registrados ante la CAR, así como usuarios no registrados; igualmente, realización de estudios de infiltración y correlación con agua subterránea, diseño e implementación de red de monitoreo piezométrica y otra de monitoreo de calidad de agua subterránea.

De otro lado, prevé aplicar software de modelación hidrogeológica para conocer, predecir, pronosticar, conservar y administrar el recurso hídrico subterráneo, aprovechado y alumbrado de los acuíferos que infrayacen en esa provincia, y finalmente, prever un manejo integral del agua con proyección de recarga de acuíferos y control de crecientes.

Igualmente, realización de estudios de infiltración y correlación con agua subterránea, diseño e implementación de red de monitoreo piezométrica y otra de monitoreo de calidad de agua subterránea; aplica software de modelación hidrogeológica para conocer, predecir, pronosticar, conservar y administrar el recurso hídrico subterráneo, aprovechado y alumbrado de los acuíferos que infrayacen en esa provincia, y finalmente prevé un manejo integral del agua con proyección de recarga de acuíferos y control de crecientes y almacenamiento de agua para desarrollo de proyectos de suministro de agua en la región.

La Corporación identifica e investiga zonas de recarga y descarga de acuíferos libres, confinados o semiconfinados localmente a partir de modelos hidrogeológicos conceptuales, para inducir flujos de agua en cauces superficiales natural o artificialmente, o recarga artificial o natural de acuíferos a fin de garantizar el abastecimiento de agua en su jurisdicción. La inducción de flujos de agua de recarga en depósitos subterráneos incrementará almacenamiento en los acuíferos de buena transmisividad con lo cual se infiere que haya disminución de subsidencia, de ser confirmada técnicamente.

10.5. MEDICIÓN DE FLUJOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

En el aprovechamiento de aguas subterráneas en general se utilizan sistemas de bombeo para captar caudales concesionados y autorizados por la CAR. Se observa que dependiendo del diseño y construcción





del pozo profundo, especialmente del tipo de filtro instalado o conformado, del equipo de bombeo y de la litología de los acuíferos aprovechados, se extraen mezclados en el agua volúmenes de arena y sedimento provenientes de las formaciones geológicas, lo cual efectivamente ocasiona obstrucción, deterioro y acortamiento de la vida útil de los medidores de caudal y en general de todos los aditamentos hidráulicos instalados para control y regulación de agua subterránea alumbrada y aprovechada.

Cuando el sistema de bombeo utilizado en pozos profundos para extraer aguas subterráneas es compresor, se incrementa el volumen de arena y sedimento mezclado en el agua alumbrada a través de la tubería de descarga, lo cual ocasiona los inconvenientes descritos.

De otro lado, surge un inconveniente adicional con este sistema de bombeo que utiliza inyección de aire y es que el flujo de agua subterránea no es continuo, por lo cual al instalar un contador se estaría midiendo volumen de agua y aire, información errónea al aplicar la tasa por utilización del agua que establece el Decreto 155 de 2004 (Artículo 6).

La Corporación, con el interés de medir el agua subterránea extraída a través de pozos profundos operados con compresor, determina que es necesario construir una estructura hidráulica de medición y desarenación adyacente a la tubería de descarga del compresor, a una distancia no mayor de diez (10) metros para no generar pérdidas hidráulicas, con la cual se podrá medir el caudal extraído por el compresor y removerá sedimento y arenas mezclados en el agua subterránea.

La estructura hidráulica de medición y desarenación que se diseña por profesional idóneo, se presenta a la CAR para su aprobación dentro del trámite de concesión de aguas que se adelanta para los pozos que se han construido previo permiso de exploración de aguas subterráneas; dicha estructura hidráulica se diseña y construye en concreto reforzado o en mampostería, está conectada a la tubería de descarga del compresor y consiste en dos compartimientos separados por un tabique divisorio, el tabique debe tener ancho variable y no continuo ya que en el sector no continuo se conforma un vertedero de sección geométrica regular seleccionado; en uno de los lados del vertedero se adosa una regla metálica en centímetros y de altura igual a la altura del vertedero desde la cresta; el ancho y la altura del vertedero son calculados de acuerdo al caudal extraído del pozo profundo; posteriormente, la regla metálica se calibra estableciendo correlación de altura de lámina de agua y caudal que fluye a través del vertedero, lo cual se tabula y grafica, a fin de que por interpolación se obtenga la altura de lámina de agua y el caudal que fluye en cualquier instante.

Bajo el esquema anterior se diseña un cuadro en el que se registran lecturas diarias de lámina de agua, el correspondiente caudal interpolado, el caudal acumulado diario y total de cada mes, la fecha de medición, identificación del propietario del predio y de este, así como el trámite legal ante la Corporación. Este cuadro mensual se aporta a la CAR, a fin de proceder al cobro de la tasa por uso del agua, alumbrada en pozos profundos que derivan aguas subterráneas utilizando equipos de compresión e inyección de aire.

En el primer compartimiento o cámara de quietamiento de la estructura hidráulica de medición y desarenación se reduce la velocidad del flujo de agua para asegurar su medición en el vertedero; en el segundo compartimiento se asegura la remoción de sedimento y arenas que se depositan en el fondo conformado con pendiente adecuada y a través de un sifón y tubería de lavado se disponen los sedimentos en sitio apropiado. En este compartimiento se instala tubería de rebose para drenar excesos de agua en sitios en donde no se generen afectaciones y finalmente se instala tubería de conducción para transportar el agua a los usos previstos y autorizados por la CAR. El desarenador tiene construida tapa en concreto con pozo de inspección para operación y mantenimiento del sistema general y conservar la calidad de agua alumbrada.

10.6. EDUCACIÓN AMBIENTAL EN AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ

La CAR implementará educación ambiental de cara al aprovechamiento del agua subterránea conforme a la normativa y con enfoque al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico subterráneo.





La CAR publica periódicamente los resultados obtenidos de los monitoreos, muestreos, análisis y evaluación de calidad de agua subterránea considerando parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, de plaguicidas y en general aplicando hidrogeoquímica, a fin de que la comunidad tenga acceso a esta información y complemente en detalle, según el uso del agua subterránea y considere normativa sobre calidad de agua en general y acuda ante los entes gubernamentales competentes para conocer el sistema de tratamiento por implementar a las aguas subterráneas alumbradas y garantizar la calidad de agua adecuada.





Pozo Lusitania en el municipio de Madrid, Cundinamarca, perforado por la CAR



11. PROCESO Y PROCEDIMIENTO

Proceso y procedimiento

11. PROCESO Y PROCEDIMIENTO PARA PLAN Y MANEJO DEL RECURSO HIDRICO SUBTERRÁNEO EN EL ÁREA DE LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA

11.1. GENERALIDADES Y CARTA DE REGLAMENTACIÓN

1. OBJETIVO:

Definir plan de manejo del recurso hídrico subterráneo en la jurisdicción de la CAR para exploración, aprovechamiento, preservación y control de las aguas subterráneas.

2. ALCANCE:

A partir del conocimiento de las campañas de monitoreo piezométricas y de calidad de agua, de estudios de evaluación del funcionamiento de la recarga de acuíferos, de aplicación de un modelo hidrogeológico, para implementar un plan de manejo del recurso hídrico subterráneo a fin de reglamentar espacial y temporalmente los aprovechamientos de acuíferos y así mismo determinar las medidas necesarias para su protección y administración.

3. DEFINICIONES:

EXPLORACIÓN O PROSPECCIÓN

Es la actividad consistente en perforar un pozo profundo en el suelo, mediante métodos manuales o mecánicos, a profundidades variables para obtener aguas subterráneas.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Son las aguas que hacen parte del ciclo hidrológico, las cuales provienen de las lluvias que se infiltran a través del suelo y se almacenan en acuíferos.

ACUÍFEROS

Son formaciones geológicas que, dadas sus características de permeabilidad o porosidad, o sea, intersticios entre los granos que conforman las rocas y el suelo en general, facilitan que el agua infiltrada circule y se almacene a través de estos o a través de estructuras geológicas como fallas, sinclinales principalmente.

APROVECHAMIENTO

Es la actividad consistente en obtener concesión de aguas subterráneas, ante la CAR, del pozo profundo una vez que la exploración ha sido exitosa, en cuanto a cantidad y calidad.

PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Son las características hidráulicas y geológicas del acuífero y que es necesario tener en cuenta en un pozo perforado para establecer un diseño constructivo y operativo, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Es una prueba de laboratorio que se realiza al agua subterránea para determinar su calidad y/o grado de contaminación.

AFORO:

Es la prueba que se realiza en sistema de bombeo instalado en un pozo profundo a fin de determinar el caudal o cantidad de agua que se puede extraer, medida en volumen por unidad de tiempo.



PIEZOMETRO

Es la perforación de un pozo que no se usa para aprovechamiento de agua subterránea, sino que es utilizado para observar las variaciones o fluctuaciones de niveles estáticos y/o dinámicos de un acuífero.

NIVEL ESTÁTICO O PIEZOMÉTRICO

Es la posición del nivel de agua en un acuífero libre, semiconfinado o confinado, cuando no se está operando el sistema de bombeo en un pozo profundo.

NIVEL DINÁMICO

Es la posición del nivel del agua en un acuífero en general, cuando se está operando el sistema de bombeo en un pozo profundo.

ABATIMIENTO.

Consiste en el descenso del nivel del agua cuando se opera el sistema de bombeo en un pozo profundo, que puede ser excesivo o crítico, por lo cual se debe limitar el tiempo de operación y aprovechamiento del agua subterránea.

ACUÍFERO LIBRE O CONFINADO

Son formaciones geológicas permeables caracterizadas por tener una formación impermeable en la base, o estar entre dos formaciones impermeables en la base y en el techo.

RECARGA

Consiste en la caracterización de un acuífero, de sus características hidrogeológicas y dirección de flujo e isopiezas o líneas del mismo nivel piezométrico, para determinar origen y si los flujos de agua convergen o divergen, a fin de identificar sectores a través de los cuales los acuíferos tienen mayor tasa de infiltración o permeabilidad o conductividad hidráulica y por tanto hay mayor suministro de agua de precipitación al acuífero recargándolo.

4. PRODUCTOS O SERVICIOS

Plan de manejo del recurso hídrico subterráneo para exploración, aprovechamiento, preservación, control y administración de las aguas subterráneas

5. NORMAS

Decreto Ley 2811 de 1974 – Código de los Recursos Naturales.

Decreto 2811 de 1978

Ley 99 de 1993

Acuerdo 10 de 1989 de la CAR

Acuerdo 31 de 2005 y otros complementarios

6. RECURSOS

6.1. Tecnológicos

Licencias para software Modflow, Surfer, Aquachem y Arc Gis, impresoras, estaciones de ploteo, computador portátil, escáner de formato amplio, Gps, Acces, Word, Internet, intranet, Excel; aplicativos software: Arc Gis, Arc View, Mapper, Autodesk Map, Raster design, Genamap, Arc Sde, Surfer, Idrisi, Gena Web Server, Oracle, kit portátil para muestreo de calidad de agua subterránea y cintas métricas de 30 y 50 m.

6.2. Logísticos

Rollos de papel de formato amplio para plotter, papel bond carta y oficio, tinta de impresión para plotter y toner, Anillos infiltrómetros, tensiómetros, cápsulas de succión, sondas para cada oficina provincial.



<p>6.3. Humanos Profesionales y técnicos administrativos, en el nivel central y provincial.</p>		
<p>6.4. Metodológicos Guías para red de monitoreo de cantidad y calidad de agua subterránea (MAVDT e IDEAM); cartografía (IGAC e Ingeominas), normas de perforación y construcción de pozos profundos (Icontec)</p>		
<p>6.5. Tipo de formatos Registro de niveles estáticos de red de usuarios voluntarios de pozos de aguas subterráneas Registro hidrogeológico actualizado de pozos de aguas subterráneas Registro de campañas de monitoreo de niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas Registro de pozos de reposición en campañas de monitoreo de niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas Registro de campañas de monitoreo de calidad de agua en pozos de aguas subterráneas Registro de pozos de reposición en campañas de monitoreo de calidad de agua en pozos de aguas subterráneas Evaluación del funcionamiento de la infiltración y de la recarga de los acuíferos en la Sabana de Bogotá Registro de información hidrogeológica y aplicación del modelo hidrogeológico en software Visual Model Flow, en la Sabana de Bogotá Mapas de modelación hidrogeológica de acuíferos Documento Plan de Manejo del Recurso Hídrico Subterráneo</p>		
<p>6.6. Otros Seminarios, asesorías y financieros incluyendo presupuesto aprobado para cada vigencia anual.</p>		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Cargo: Profesional especializado	Cargo: Profesional especializado	Cargo: Subdirector Admón. de Recursos Naturales y Áreas Protegidas. Subdirector de Planeación y Sistemas de Información
Firma:	Firma:	Firma:

11.2. FORMATO USUARIOS VOLUNTARIOS

PLANILLA PARA ACTUALIZACIÓN DE OBSERVACIÓN DE LA RED DE USUARIOS VOLUNTARIOS DE POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ	
I. OBSERVACIÓN GENERAL	
1. POZO N°	2. OBSERVADOR
3. NOMBRE DEL PREDIO	4. VEREDA
5. CÉDULA CATASTRAL	6. MUNICIPIO
7. PROPIETARIO	8. IDENTIFICACIÓN
9. USO	10. TIEMPO DE OBSERVACIÓN (Hrs/día)



11. EXPEDIENTE No.			12. RESOLUCIÓN EXPLORACIÓN No.							
13. RESOLUCIÓN CONCESIÓN AGUAS No.			14. CAUDAL OTORGADO (lps)							
15. PROFUNDIDAD POZO (m)			16. PROFUNDIDAD BOMBA (m)							
17. DIRECCIÓN			18. TELÉFONO							
19. CELULAR			20. E-MAIL							
II. DATOS DE NIVELES										
FECHA			NIVEL (m)		FECHA			NIVEL (m)		PLACA No.
DD	MM	AA	ESTÁTICO	DINÁMICO	DD	MM	AA	ESTÁTICO	DINÁMICO	
01					17					
02					18					
03					19					
04					20					
05					21					
06					22					
07					23					
08					24					
09					25					
10					26					
11					27					
12					28					
13					29					
14					30					
15					31					
16										
NIVEL ESTÁTICO: Medida del nivel en el pozo con sonda, cuando se deja de operar el pozo 24 horas.										
NIVEL DINÁMICO: Medida del nivel en el pozo con sonda a través del ducto que se debe instalar y con el pozo funcionando. (Los niveles son para cada día de cada mes de cada año)										
PLACA: Número de placa si el pozo hace parte de la red de pozos de monitoreo de la CAR.										
OBSERVACIONES										

INSTRUCCIONES PARA DILIGENCIAMIENTO DE PLANILLA

Pozo N°: Es el número que indica la placa de la CAR y al pozo. Ejemplo: VII-050.

Observador: Nombre de la persona que se encarga de tomar la medición mensual del nivel del pozo y es responsable de la veracidad de esta información.

Nombre del predio: Es el nombre como se identifica el lugar donde se encuentra el pozo.

Vereda: Nombre de la vereda donde está ubicado el pozo.

Cédula Catastral: Es la Cédula catastral, no la matrícula inmobiliaria.

Municipio: Nombre del municipio donde está ubicado el pozo.

Propietario: Nombre de la persona que aparece en el certificado de libertad

Identificación: Documento de identidad del propietario.

Uso: Destino de las aguas captadas del pozo.

Tiempo de operación: Es el tiempo durante el cual se opera la bomba.





Expediente: Es el número de expediente que la CAR le asignó

Resolución exploración: Mediante la cual la CAR autorizó el pozo

Resolución concesión aguas: Es el permiso CAR para aprovechar las aguas.

Caudal otorgado: Es el caudal que la CAR autorizó extraer del pozo.

Profundidad pozo: Es la profundidad a la cual se perforó el pozo.

Profundidad bomba: Es la profundidad de instalación de la bomba.

Dirección: Dirección donde se puede enviar correspondencia al propietario.

Teléfono: Teléfono donde se pueda encontrar al propietario.

Celular / E-mail: Para comunicación directa con propietario del pozo.





Sistema eléctrico para equipo de extracción



Mantenimiento técnico del pozo



Sistema de tratamiento y aireación



Control para manejo y operación



Zanjas de lodos en el proceso de perforación



Tubería de descarga para suministro

GLOSARIO

AGUA

Es una sustancia constituida por una molécula de oxígeno y dos moléculas de hidrógeno, se encuentra en los tres estados: líquido, sólido y gaseoso, es la sustancia más abundante en la Tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos, es una fuerza importante que constantemente está cambiando la superficie terrestre, es un elemento incidente en la climatización del planeta y es el factor principal en el desarrollo de la humanidad y preservación del medio ambiente.

CICLO HIDROLÓGICO DEL AGUA

Es la circulación ininterrumpida del agua entre la Tierra y la atmósfera. En la Tierra, el agua existe en un espacio llamado hidrosfera, que se extiende desde unos quince kilómetros arriba en la atmósfera hasta un kilómetro por debajo de la litosfera o corteza terrestre; así el agua circula en la hidrosfera a través de un laberinto de caminos que constituyen el ciclo hidrológico.

Entonces, el ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua; el agua se evapora en los océanos y desde la superficie terrestre para volverse parte de la atmósfera; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre o los océanos; el agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, discurrir a través del suelo como flujo subsuperficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial.

La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmósfera mediante evaporación. El agua infiltrada puede percolar profundamente para recargar el agua subterránea de donde emerge en manantiales o fluye hacia los ríos para contribuir a la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa.

TIERRA

Es el globo terráqueo que está compuesto desde el exterior hasta el interior por: atmósfera, hidrosfera, litósfera, pirósfera y batesfera o núcleo.

ATMÓSFERA

Es una estructura constituida por mezcla de varios gases que rodea a la Tierra, sujeta a la acción de la gravedad, constituye una envoltura continua alrededor de la Tierra de espesor de mil kilómetros y es la razón por la cual es posible la existencia de seres.

HIDROSFERA

Es una capa de agua discontinua de espesor de once kilómetros.

LITOSFERA

Es la corteza terrestre o sial con temperatura que varía según el gradiente geotérmico, se incrementa un grado centígrado entre seis y treinta metros de altitud; el espesor de esta capa es de setenta kilómetros y es en donde se encuentran las aguas superficiales y subterráneas y hay presencia de aguas calientes (termales)





PIRÓSFERA

Es el manto o sima que constituye una capa continua de mil trescientos kilómetros, compuesta de sólidos y líquidos, zona de elevadas temperaturas.

BARIESFERA

Es el núcleo terrestre o nife, capa continua de cinco mil kilómetros, compuesta de líquidos de gran densidad y zona de enormes presiones.

GLACIACIONES

Cambios en la distribución, circulación o temperatura de las aguas en la Tierra, que generan efectos de largo alcance.

AFECTACIONES ANTRÓPICAS

Actividades humanas causantes de efectos negativos ambientales, debido al arado del suelo, irrigación de cultivos, fertilización de tierras, deforestación de bosques, bombeo de aguas subterráneas, construcción de presas, depósito de desechos en ríos y lagos, y en general actividades constructivas y destructivas que afectan la circulación y la calidad de agua en la naturaleza, específicamente.

AGUA SUBTERRÁNEA

Es el agua que se encuentra en el subsuelo, ocupa los intersticios, fracturas, fallas o canales que se encuentran en las diferentes formaciones geológicas, en condiciones de escurrimiento acorde a los principios de hidráulica, particularmente la Ley de Darcy o Ley de Flujo Hidráulico en Medio Poroso.

POROSIDAD

Es la característica de una roca que tiene intersticios o espacios intergranulares, y en un acuífero es la parte del volumen que constituye aberturas o poros, o sea es la proporción del volumen no ocupado por material sólido; es una medida del espacio intersticial de un material y, por consiguiente, de la cantidad de flujo de agua que el medio puede almacenar y se expresa como el volumen de espacios vacíos o de poros dividido por el volumen total ocupado por el material. En fin, la porosidad es un índice que indica cuánta agua puede ser almacenada en el material saturado y se expresa generalmente como un porcentaje del volumen bruto de material. Es claro que la porosidad representa la cantidad de agua que un acuífero puede almacenar, pero no indica cuánta cantidad de agua puede ceder.

POROSIDAD PRIMARIA

Cuando ha sucedido durante el proceso de formación del material rocoso.

POROSIDAD SECUNDARIA

Cuando se ha generado por movimientos telúricos o terremotos o en general por tectónica.



POROSIDAD EFICAZ O EFECTIVA

Es el volumen de espacio intersticial a través del cual el agua puede moverse.

PERMEABILIDAD

Es la facilidad mayor o menor de un material para permitir la circulación del agua, por tanto es la capacidad que tiene un medio poroso o material o capa acuífera para transmitir el fluido de agua bajo un gradiente hidráulico (carga o pérdida hidráulica a través de la porosidad de un tramo de material).

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

En un material es el volumen de agua que, con la viscosidad cinemática característica, se mueve en el tiempo bajo un gradiente hidráulico unitario, a través de una sección unitaria, medida en ángulo recto a la dirección del flujo.

VISCOSIDAD O VISCOSIDAD ABSOLUTA

Es la propiedad de un fluido mediante la cual se hace resistencia al corte y depende de las fuerzas de cohesión y la rapidez de transferencia de cantidad de movimiento entre moléculas.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA O VISCOSIDAD RELATIVA

Es la relación de viscosidad absoluta y densidad de fluido.

TRANSMISIVIDAD

Caudal que fluye a través de una franja vertical del acuífero, de ancho unitario y altura igual al espesor del acuífero.

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

Es el volumen de agua que puede ser liberado de un acuífero y corresponde a la porosidad eficaz.

ROCAS ÍGNEAS

Son aquellas que provienen del enfriamiento o consolidación de masas viscosas silicatadas llamadas magmas y que se hallan sometidas a altas presiones y temperaturas. Pueden ser intrusivas, si se han solidificado por debajo de la superficie a diferentes profundidades, no tienen porosidad primaria pero sí pueden tener porosidad secundaria; algunas rocas intrusivas son granito, granodiorita y diorita. Pueden ser extrusivas si se han solidificado por encima de la superficie y pueden tener porosidad primaria y secundaria, rocas extrusivas son andesita, riolita, brecha volcánica, piedra pómez, toba y ceniza volcánica.

ROCAS METAMÓRFICAS

Son aquellas que se forman debido a transformaciones físico-químicas de las rocas preexistentes debido a presiones, intenso calor y/o fluidos químicamente activos, que producen una recristalización de





sus constituyentes. No tienen porosidad primaria pero es posible que tengan porosidad secundaria; son rocas metamórficas Gneiss, mármol y esquistos.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Son aquellas que se originan por la desintegración y descomposición de las rocas existentes, materiales que son transportados y depositados; también pueden provenir de la precipitación química o de la acumulación de restos orgánicos. La mayoría de estas rocas tiene porosidad primaria y es posible que también tengan porosidad secundaria; son rocas sedimentarias, conglomerados, areniscas, arcillolitas, calizas y yeso.

ACUÍFERO

Es una formación geológica que tiene capacidad para contener agua y transmitirla.

ACUICLUDO

Es una unidad geológica que contiene agua pero no la transmite, como las arcillas.

ACUITARDO

Es una unidad geológica que contiene agua, pero que la transmite muy lentamente. Es el caso de capa o lecho semiconfinante.

ACUIFUGO

Es una unidad geológica que no contiene agua y no la puede transmitir. Es el caso del granito fracturado.

ACUÍFERO LIBRE

Es un acuífero a tabla de agua o inconfinado, es en el que la superficie superior del agua subterránea se halla en contacto con la atmósfera, a través de la zona de aireación.

ACUÍFERO ARTESIANO O CONFINADO

Es en el cual el agua subterránea se encuentra encerrada bajo presión, en medio de rocas impermeables.

ACUÍFERO SEMICONFINADO

Es el que está completamente saturado de agua y limitado en su parte superior por una roca o formación semipermeable.

ACEPTABLE

Calificativo que aprueba las características organolépticas del agua para consumo humano.

AGUA CRUDA

Es aquella que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.



AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Es aquella que se utiliza en bebida directa y preparación de alimentos para consumo.

AGUA POTABLE

Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el presente decreto, puede ser consumida por la población humana sin que produzca efectos adversos a su salud.

Agua segura es aquella que, sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en el presente decreto, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Es el estudio que permite evaluar los riesgos potenciales a que están sometidos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

Se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

AUTORIDAD AMBIENTAL

Es la encargada de la vigilancia, recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso, aprovechamiento y control de los residuos naturales renovables y del medio ambiente.

CALIDAD DEL AGUA

Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (CRA)

Es la encargada de señalar las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios.





CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Es la alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

Control de la calidad del agua potable son los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución con objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el presente decreto.

CRITERIO DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Es el valor establecido para las características del agua en el presente decreto, con el fin de conceptuar sobre su calidad.

DESASTRE

Es el daño o alteración grave de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental o intencional, que requiera por ello de la especial atención de los organismos del Estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social.

EMERGENCIA

Es el evento repentino e imprevisto que se presenta en un sistema de suministro de agua para consumo humano, como consecuencia de fallas técnicas, de operación, de diseño, de control o estructurales, que pueden ser naturales, accidentales o provocadas que alteren su operación normal o la calidad del agua, y que obligue a adoptar medidas inmediatas para minimizar sus consecuencias.

ENSAYO DE TRATABILIDAD

Son los estudios efectuados laboratorio o planta piloto a una fuente de abastecimiento específica para establecer el potencial de aplicación de un proceso de tratamiento.

ESCHERICHIA COLI (E-COLI)

Bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de los enterobacteriáceas y se caracteriza por poseer las enzimas b-Galactosidasa y b-glucoanidasa. Se desarrolla a $44 \pm 0,5^{\circ}$ C en medios complejos, fermenta la lactosa liberando ácido y gas, produce indol a partir del triptófano y no produce oxidasa.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Es todo recurso de agua utilizado en un sistema de suministro de agua.

Norma de calidad del agua potable, son los valores de referencia admisibles para algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad.

PLANTA DE TRATAMIENTO

Es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.



PERSONA QUE PRESTA EL SERVICIO PÚBLICO DE ACUEDUCTO

Es toda persona natural o jurídica que tiene por objeto la prestación del servicio público de acueducto con las actividades complementarias, de acuerdo con lo establecido en el régimen de los servicios públicos domiciliarios, que cumple su objeto a través de la planeación, ejecución, operación, mantenimiento y administración del sistema o de parte de él, bajo definidos criterios de eficiencia, cobertura y calidad, establecidos en los planes de gestión y resultados.

POBLACIÓN SERVIDA

Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

POLUCIÓN DEL AGUA

Es la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas o microbiológicas del agua como resultado de las actividades humanas o procesos naturales.

EVALUACIÓN DE RIESGO

Es el resultado de la comparación y el análisis de las amenazas de un proyecto y la vulnerabilidad del medio ambiente, con el fin de determinar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales que este puede producir.

IMPACTO AMBIENTAL

Cualquier alteración en el sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural y socioeconómico que pueda ser atribuido a actividades humanas relacionadas con las necesidades de un proyecto.

MEDIDAS DE COMPENSACIÓN

Son las obras o actividades dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, localidades y entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por un proyecto, obra o actividad, que no puedan ser evitados, corregidos mitigados o sustituidos.

MEDIDAS DE CORRECCIÓN

Son acciones dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado por el proyecto, obra o actividad.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Son acciones dirigidas a minimizar los impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Son acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente.





PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Es el documento que, producto de una evaluación ambiental establece, de manera detallada, las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales negativos que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

TÉRMINOS DE REFERENCIA

Son los lineamientos generales que la autoridad ambiental señala para la elaboración y ejecución de los estudios ambientales.

AMBIENTE

Es el entorno, incluyendo el agua, aire y el suelo y su interrelación, así como las relaciones entre estos elementos y cualesquiera organismos vivos.

AUTORIDAD SANITARIA

Funcionario perteneciente a entidad oficial con responsabilidades en la protección de la salud humana, la sanidad vegetal y animal o del ambiente.

CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA (CL 50)

Estimación estadística de la concentración mínima de tóxico en el aire, necesaria para matar el 50% de una población de especies experimentales bajo condiciones controladas que incluye la indicación de especie, sexo y edad de los animales usados en la experimentación. Se expresa en microgramos de tóxico por decímetro cúbico o en partes por millón.

CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA POR INHALACIÓN (CL 50 POR INHALACIÓN)

Estimación estadística de concentración mínima de tóxico en el aire respirado durante una hora, capaz de matar, dentro del lapso de 14 días, la mitad de una población compuesta por lo menos de 10 animales de laboratorio.

CONCEPTO DE EFICACIA

Certificado en el cual consta que un producto tiene acción biológica o física positiva, con base en documentación técnica científica y en resultados de pruebas agronómicas, controles de vectores y/o de supervisión conducidas en las condiciones del país.

CONTAMINACIÓN

Alteración de la pureza o calidad de aire, agua, suelo o productos, por efecto de adición o contacto accidental o intencional de plaguicidas.



CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y/O DE VECTORES ESPECÍFICOS

Sistemas para combatir las plagas y/o vectores específicos que, en el contexto del ambiente asociado y la dinámica de la población de especies nocivas, utiliza todas las técnicas, métodos y prácticas de saneamiento ambiental adecuadas de la forma más compatible y elimina o mantiene la infestación por debajo de los niveles en que se producen o causan perjuicios económicos u ocasionen daños en la salud humana, en la sanidad animal o vegetal.

DESINFECCIÓN

Proceso químico, físico o biológico para exterminar o eliminar artrópodos o roedores, plagas que se encuentran en el cuerpo de la persona, animales domésticos, ropas, comidas o en el ambiente.

DOSIS LETAL MEDIDA (DL 50)

Estimación estadística de la dosis mínima necesaria para matar el 50% de una población de animales de laboratorio bajo condiciones controladas. Se expresa en miligramos de tóxico por kilogramo de peso animal, con indicación de la especie, sexo y edad de los animales usados en la experimentación. Se aplica por vías oral, dérmica, mucosa y parenteral.

DOSIS LETAL MEDIA AGUDA-ORAL (DL 50 AGUDA ORAL)

Estimación estadística de la dosis de tóxico que, administrada una vez por vía oral, es capaz de matar el 50% de una población animal mínima de 10 y observada durante 14 días dentro de laboratorio. Se determinan mediante una serie de pruebas controladas bajo criterios específicos y ampliamente aceptados. Se expresa en miligramos de tóxico por kilogramo de peso animal, con indicación de la especie, sexo, edad de los animales usados en la experimentación.

DOSIS LETAL MEDIA AGUDA DÉRMICA (DL 50 AGUDA DÉRMICA)

Estimación estadística de la dosis mínima de tóxico que, en contacto con la piel desnuda e intacta durante 24 horas, es capaz de matar por absorción dentro del lapso de 14 días la mitad de una población compuesta por lo menos de 10 animales de laboratorio. Se determina mediante una serie de pruebas controladas bajo criterios específicos y ampliamente aceptados. Se expresa en miligramos de tóxico por kilogramo de peso animal, con indicación de la especie, sexo, edad de los animales usados en la experimentación.

LÍMITE MÁXIMO PARA RESIDUOS (LMR)

Concentración máxima de un residuo de plaguicida que se permite o reconoce legalmente como aceptable en o sobre un producto agrícola o un alimento para consumo humano o animal.

NOMBRE COMÚN

Asignado a un ingrediente activo plaguicida para uso como nombre genérico o no patentado.

PLAGUICIDA

Todo agente de naturaleza química, física o biológica que solo en mezcla o en combinación, se utilice





para la prevención, represión, atracción, o control de insectos, acaros, agentes patógenos, nemátodos, malezas, roedores u otros organismos nocivos a los animales, o a las plantas, a sus productos derivados, a la salud o la fauna benéfica.

PRUEBA DE EFICACIA

Trabajo experimental que se realiza con objeto de obtener información sobre la actividad biológica relativa a los productos plaguicidas.

PROCESOS

Fases o etapas involucradas en la experimentación, producción, almacenamiento, venta, distribución, transporte y aplicación de plaguicidas

REGISTRO

Documento expedido por autoridad sanitaria competente para producir, importar, distribuir, usar y manejar plaguicidas, basado en un proceso técnico-científico y administrativo.

RESIDUO

Cualquier sustancia específica presente en alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales como consecuencia del uso de un plaguicida.

RIESGO

Probabilidad de que un plaguicida cause un efecto nocivo en las condiciones en que se utiliza.

TOXICIDAD

Propiedad fisiológica o biológica que determina la capacidad de una sustancia química para producir perjuicios u ocasionar daños a un organismo vivo por medios no mecánicos

USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS

Comprende todas las actividades relacionadas con estas sustancias, tales como síntesis, experimentación, importación, exportación, formulación, transporte, almacenamiento, distribución, expendio, aplicación y disposición final de desechos o remanentes de plaguicidas.

VEHÍCULO

Medio de transporte marítimo, fluvial, aéreo o terrestre.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea, Sabana de Bogotá. Bogotá. Colombia. 2004

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Campaña de monitoreo de niveles piezométricos, Sabana de Bogotá. Bogotá. Colombia. 2006.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Estudio de funcionamiento de la infiltración y recarga de acuíferos, Sabana de Bogotá. Bogotá. Colombia. 2006.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Guía de laboratorio para evaluación de aguas. Análisis Físicos y Químicos. Documentos Técnicos N°. 4. Bogotá, Colombia. 1979.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Toma, manejo y preservación de muestras para análisis de calidad de agua. Documentos Técnicos N°. 5. Bogotá, Colombia. 1998

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Protocolos analíticos para agua. Documentos Técnicos N°. 11. Bogotá, Colombia. 1999

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Inventario de pozos subterráneos. Documentos Técnicos N°. 1. Bogotá, Colombia. 1998.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Inventario de pozos subterráneos. Documentos Técnicos N°. 1. Bogotá, Colombia. 1998.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Medición de niveles de agua subterránea. Documentos Técnicos N°. 9. Bogotá, Colombia. 1999.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA – INGEOMINAS. Estudio hidrogeológico cuantitativo de la Sabana de Bogotá, Bogotá. Colombia. 1989.

CAMACHO R., 1999. Modelo hidrogeológico conceptual para evaluar riesgos en acuíferos del sector Sisga-Embalse de Tominé – Sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá. Colombia

FORERO J. A., 1999. Parámetros hidrodinámicos para riego. Capítulo 4. Infiltración del agua en el suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá. Colombia

RODRÍGUEZ C. O., Molano C. 1994. Determinación de la velocidad del agua subterránea y áreas de protección del acuífero de Santa Marta con isótopos estables. II Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. ALHSUD. Vol 1. P.p. 1-10. Santiago de Chile. Chile.

RODRÍGUEZ C. O., 2004. Línea meteórica isotópica de Colombia. Meteorología Colombiana. No. 8. pp 43-51. Bogotá, D. C. Colombia

WISLER C. O., 1959. Hydrology. Pp. 109 – 111. John Wiley & Sons. London.



Prospección Geofísica

Exploración de agua subterránea



Monitoreo de niveles piezométricos



Almacenamiento de aguas subterráneas



Conducción y medición del consumo de aguas subterráneas



Monitoreo de niveles piezométricos en aljibes

ANEXOS

ANEXO N° 1.- OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN ZONA CRÍTICA

Nombre del proyecto	Número
OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN ZONA CRÍTICA DE SABANA DE LA BOGOTÁ – MODELACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	
Objetivo general	
<p>Establecer oferta y demanda hídrica en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, con la cual se obtenga el balance hídrico subterráneo, periódicamente, aplicando geofísica y resultados de campañas de monitoreo de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, que será ingresada, procesada, analizada, interpretada y mapeada, para simular flujo de agua subterránea en estado estacionario y transitorio y determinar la calidad del agua subterránea, utilizando equipos, software y hardware que serán adquiridos e instalados en la Subdirección de Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas, para que sea operado por funcionarios CAR.</p>	
Objetivos específicos	
<p>Adquirir e instalar un (1) Visual MODFLOW Premium (V-4.2), con licencia y capacitar a funcionarios de la CAR.</p>	
<p>Adquirir e instalar un (1) AquaChem 5.1, con licencia y capacitar a funcionarios de la CAR</p>	
<p>Adquirir e instalar un (1) Surfer V.8, con licencia y capacitar a funcionarios de la CAR.</p>	
<p>Adquirir e instalar un (1) Autocad Map 2006, con licencia y capacitar a funcionarios de la CAR</p>	
<p>Adquirir un (1) computador portátil con web-cam, pantalla de 16". Windows XP y Office 2007, memoria Ram 2 Gb, disco duro de 180 Gb a 7.200 RPM, RW DVD (R/W), Procesador Intel Centrino Duo (núcleo de doble cabeza), memoria externa de video de 256 Mb, teclado, floppy de 3.5", mouse óptico de 2 botones con scroll infrarrojo, unidad de DVD 16X, unidad de grabación de 52X24X52, tarjeta de red de Mbps/1.000 Mbps, 6 puertos, USB con puerto serial, un puerto paralelo, 2 parlantes, conexión inalámbrica (wifi) con routers, y respectiva licencia y garantía.</p>	
<p>Obtener el balance hídrico subterráneo en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá para aplicarlo en la administración del recurso hídrico subterráneo.</p>	
<p>Establecer convenio entre la CAR y Secretaría Distrital de Ambiente del Distrito Capital de Bogotá, a efecto de coadyuvar en el monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea en el área urbana de Bogotá, con el propósito de obtener información completa de los sistemas acuíferos en su integralidad, dado que son continuos.</p>	
Justificación y beneficios	





En aguas subterráneas, la Corporación realiza campañas de monitoreo de niveles piezométricos para determinar fluctuación de niveles estáticos en acuíferos, utilizando una red de observación en puntos de agua seleccionadas y localizados en la Sabana de Bogotá, constituida actualmente por trescientos cincuenta (350) pozos.

La Corporación igualmente realiza campañas de monitoreo de calidad de agua subterránea, determinando presencia y variación de sustancias a través del tiempo, por lo cual se evalúan parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y plaguicidas, en la red de puntos de agua implementada en la Sabana de Bogotá.

Teniendo en cuenta que de las campañas de monitoreo de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea se obtiene gran cantidad de registros correspondientes a niveles estáticos y dinámicos, al igual que de parámetros fisicoquímicos-bacteriológicos, organolépticos y plaguicidas, es necesario ingresar, procesar, analizar, interpretar, mapear, simular flujo en agua subterránea y determinar calidad de agua subterránea, por tanto es necesario adquirir y utilizar programas de computador o softwares particularmente el Visual Model Flow, Aquachem y Surfer, versiones actualizadas de estos software, con su respectiva licencia para la Corporación, para simular y pronosticar flujo de agua subterránea en estado estacionario y transitorio, en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá

Descripción y alcance

Se adquirirá e instalará un (1) Visual Modflow Premium (V-4.2) con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR.

Se adquirirá e instalará un (1) AquaChem 5.1 con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR.

Se adquirirá e instalará un (1) Surfer V.8 con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR.

Se adquirirá e instalará un (1) Autocad Map 2006 con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR.

Se adquirirá un computador portátil con web-cam, pantalla de 16", Windows XP y Office 2007, memoria Ram 2Gb, disco duro de 180 Gb a 7200 RPM, RW DVD (R/W), procesador Intel Centrino Duo (núcleo de doble cabeza), memoria externa de video de 256 Mb, teclado, floppy de 3.5", mouse óptico de 2 botones con scroll infrarrojo, unidad de DVD 16X, unidad de grabación de 52X24X52, tarjeta de red de Mbps/1000 Mbps, 6 puertos, USB con puerto serial, un puerto paralelo, 2 parlantes, conexión inalámbrica (wifi) con routers y respectiva licencia y garantía.

Se ingresará, procesará, analizará, interpretará y elaborarán mapas, teniendo como información los resultados de las campañas de monitoreo de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea e información geofísica, para simular flujo en agua subterránea y determinar calidad de agua subterránea y obtener el balance hídrico subterráneo en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, aplicando los softwares y equipos descritos.

Se gestionará un convenio entre la CAR y la Secretaría Distrital de Ambiente del Distrito Capital de Bogotá para realizar campañas de monitoreo de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, en el área urbana de Bogotá, a fin de ingresar los registros obtenidos en software con los cuales se obtenga el balance hídrico subterráneo integral.

Actividades





1. Se adquirirá e instalará un (1) Visual Modflow Premium (V-4.2) con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR.
2. Se adquirirá e instalará un (1) AquaChem 5.1 con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR
3. Se adquirirá e instalará un (1) Surfer V.8 con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR
4. Se adquirirá e instalará un (1) Autocad Map 2006, con licencia y capacitará a funcionarios de la CAR
5. Se adquirirá un computador portátil con web-cam, pantalla de 16", Windows XP y Office 2007, memoria Ram 2Gb, disco duro de 180 Gb a 7200 RPM, RW DVD (R/W), Procesador Intel Centrino Duo (núcleo de doble cabeza), memoria externa de video de 256 Mb, teclado, floppy de 3.5", mouse óptico de 2 botones con scroll infrarrojo, unidad de DVD 16X, unidad de grabación de 52X24X52, tarjeta de red de Mbps/1.000 Mbps, 6 puertos, USB con puerto serial, un puerto paralelo, 2 parlantes, conexión inalámbrica (wifi) con routers, y respectiva licencia y garantía.
6. Se ingresará, procesará, analizará, interpretará, y elaborarán mapas, teniendo como información los resultados de las campañas de monitoreo de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, e información geofísica, para simular flujo en agua subterránea y determinar calidad de agua subterránea, y obtener el balance hídrico subterráneo en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, aplicando los softwares y equipos descritos.
7. Se coordinarán reuniones entre la CAR y Secretaría Distrital de Ambiente del Distrito Capital de Bogotá, para suscribir un convenio cuyo objeto sea realización de campañas de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea, en el área urbana de Bogotá.

Costos totales

1. Talleres capacitación equipos y manejo software	Talleres	Global	
2. Adquisición e instalación de equipos y software	1	26'000.000	\$ 26'000.000
3. Obtención del balance hídrico subterráneo por funcionarios CAR	Balance	Global	
4. Gestión de convenio entre la CAR y la Secretaría Distrital de Ambiente del Distrito	Convenio	global	
TOTAL			\$ 26'000.000

Cronograma

ACTIVIDAD	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Taller capacitación manejo de equipos y software		x										
Adquisición e instalación de equipos y software	x											
Obtención de balance hídrico subterráneo	x	x	x	x	x	x						
Gestión de convenio entre CAR y Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Elaboró

RÓMULO CAMACHO CHICO
Profesional Especializado



ANEXO N° 2. AMPLIACIÓN DE ZONA CRÍTICA

Nombre del proyecto		Número	2		
MODIFICACIÓN DEL ACUERDO 31 DE 2005 – AMPLIACIÓN DE ZONA CRÍTICA DE SABANA DE BOGOTÁ –					
Objetivo general					
Modificar el Artículo 3° del Acuerdo 31 de 2005, ampliar la declaratoria de Zona Crítica conforme a los polígonos obtenidos en la campaña de monitoreo de niveles piezométricos observados en el mapa elaborado durante la campaña de 2007.					
Objetivos específicos					
Declarar como zonas críticas para aprovechamiento de aguas subterráneas a los municipios localizados en los polígonos del mapa de zona crítica obtenidos en la campaña de monitoreo de niveles piezométricos de 2007.					
Justificación y beneficios					
La campaña de monitoreo de niveles piezométricos de 2007 efectuados en la Sabana de Bogotá ha identificado once (11) zonas críticas ubicadas en las subcuencas Teusacá, Neusa, Fontibón, Chicú, Subachoque, Balsillas y Tunjuelito, en las cuales las curvas isopiécicas evidencian zonas en donde se presenta sobreexplotación de aguas subterráneas, y se hace necesario restringir su aprovechamiento mediante no autorización de exploración de nuevos pozos y otorgando permisos de reposición de pozos y/o concesión de aguas según prioridad del uso del agua establecido por el Acuerdo 1541/78 y demás normas concordantes y vigentes					
Descripción y alcance					
Subcuenca hidrogeológica	Sector	Sistema acuífero	Decrecimientos progresivos, en metros, de los niveles piezométricos	Coordenadas de los polígonos	
				X	Y
Teusacá	Norte casco urbano de Sopó y Aposentos	Cuaternario	Entre 0.2 – 1.0	1012747.1454	1034307.4227
		Guadalupe	18	1014398.3327	1039481.6530
		Cuaternario - Guadalupe	Entre 2-6	1016238.7193	1039258.1812
Neusa	Checua - Nemocón	Cuaternario	Entre 1-10	1018276.5272	1052890.0166
		Cacho	Entre 2-4	1023981.8262	1058927.5018
	Chia - Cajicá	Cuaternario	Entre 1-9	1026442.9354	1056467.7857
		Cuaternario	Entre 1-9	1021073.2423	1051101.1320
Fontibón	Cacique - Siete Trojes - El Cocli - La Punta	Cuaternario	Entre 7-15	1003398.0032	1037237.2769
		Cuaternario	Entre 7-15	1007313.4044	1033883.1183
	Cuaternario - Guadalupe	Entre 5-16	1002614.9225	1028740.0756	
		Entre 5-16	999035.1273	1031870.6233	
Fontibón	Cacique - Siete Trojes - El Cocli - La Punta	Cuaternario	Entre 7-15	986170.2383	1023820.6429
		Cuaternario	Entre 7-15	988519.4786	1017335.9366
		Cuaternario	Entre 7-15	981136.1511	1010963.0354
		Cuaternario	Entre 7-15	979234.3843	1012528.3094



Chicú	En toda la subcuenca	Cualemano	Entre 1-7	993441.6970 985834.6324 991092.4567 993106.0917 998923.2590 1000041.9451 992770.4857 995343.4638	1017671.3522 1023820.6429 1031087.9862 1030864.3757 1034889.3659 1033659.5078 1023597.0324 1019236.6263
	Sur de los cerros de Cota	Guadalupe	Entre 5-10	Contenidas en el polígono anterior	
				1000041.9451 992770.4857 995343.4638	1033659.5078 1023597.0324 1019236.6263
Subachoque	El Rosal Subachoque (norte de la cuenca)	Cuaternario	Entre 1-3	977332.6182 986505.8436 988183.8727 984268.4715	1027957.4385 1035560.1978 1029299.1017 1024826.8905
				Entre 10-28	978675.0413 982031.0994
	Madrid - El Rosal (sur de la cuenca)	Guadalupe	Entre 4-10	980241.2021 976213.9321	1014764.4150 1017000.5206
Balsillas	Parte central de la cuenca	Cuaternario	Entre 12-15	974200.2977 976549.5380 971067.9766	1024491.4745 1015323.4415 1013087.3359
		Guadalupe	Entre 18-23	969837.4217 971739.1879 969501.8158	1015770.6626 1017783.1577 1021808.1478
Tunjuelito	Chusacá (Sibaté y Soacha)	Guadalupe y Guaduas	Entre 4-18	980576.8080 982478.5742 981136.1511 979346.2532	995422.1008 993521.4112 992291.5531 993521.4112

Las zonas críticas por declarar para aprovechamiento de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá son las indicadas en el cuadro anterior y demarcadas bajo las coordenadas correspondientes a los once (11) polígonos obtenidos en la campaña de monitoreo de niveles piezométricos de 2007.

Actividades

Presentar al Consejo Directivo de la CAR, para su conocimiento, evaluación y determinación, las zonas críticas por declarar para aprovechamiento de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá.

Costos totales





1. Presentación del proyecto de modificación del artículo 3° del Acuerdo 31 de 2005, por funcionarios CAR	Proyecto	Global										
2. Evaluación y determinación de si es viable o no la modificación del Artículo 3° del Acuerdo 31 de 2005, por el Consejo Directivo de la CAR	Acuerdo	Global										
Total												
Cronograma												
Actividad	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elaboración y presentación del proyecto de modificación del artículo 3° del Acuerdo 31 de 2005, por funcionarios de la CAR		X										
Viabilidad de modificación del artículo 3° del Acuerdo 31 de 2005 por el Consejo Directivo de la CAR			X									
Elaboró												
RÓMULO CAMACHO CHICO												
Profesional Especializado												





ANEXO N° 3. DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES

Nombre del proyecto	Número
DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ	3
Objetivo general	
Realizar la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.	
Objetivos específicos	
<p>Contratar la publicación, en el Diario Oficial, de circulación nacional, la declaración de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.</p> <p>Apoyar en el área técnica, disponiendo de vehículos y computador, la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.</p> <p>Apoyar en el área social la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.</p> <p>Apoyar en el área jurídica la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.</p> <p>Apoyar en el área de comunicación la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.</p> <p>Contratar la publicación, en el Diario Oficial de circulación nacional la resolución que acoja la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá</p>	
Justificación y beneficios	
<p>En la Sabana de Bogotá se desarrollan sectores productivos, entre otros, agrícolas, ganaderos, floricultores e industriales en general, que han generado incremento en la demanda de mano de obra calificada y no calificada y por tanto más puestos de trabajo en beneficio de sus habitantes. Este desarrollo ha implicado la necesidad del suministro de agua, en principio captada de fuentes superficiales especialmente de las cuencas de los ríos Chicú, Subachoque, Bojacá, Balsillas, Teusacá y en general afluentes del río Bogotá. El crecimiento progresivo de los sectores productivos ocasionó en la Sabana de Bogotá excesivo aprovechamiento de estas aguas que produjo la reducción de este recurso por lo cual la CAR debió hacer el primer estudio de Reglamentación en la Cuenca del Río Chicú en 1992, en el cual se recomendó reforestar la cuenca con especies nativas a partir de los 2.600 metros sobre el nivel del mar (msnm) y no efectuar actividades de desarrollo antrópico sobre esta altura, a fin de preservar el recurso hídrico superficial. Como alternativa de abastecimiento hídrico surgió la posibilidad de extraer aguas subterráneas provenientes de los acuíferos que yacen bajo la superficie, por tanto al comienzo se efectuó prospección, exploración y perforación de pozos profundos, para aprovechar aguas subterráneas almacenadas en el acuífero somero de la Formación Cuaternaria. El desarrollo en la Sabana de Bogotá cada vez incentivado indujo a que las aguas del Acuífero Cuaternario tendieran a agotarse con ocasión de la presión ejercida, con la consecuente necesidad de acceder a la Formación Guadalupe, de mayor potencial hidrogeológico pero a mayor profundidad.</p>	





Justificación y beneficios

Los costos de perforación, explotación y aprovechamiento de las aguas subterráneas provenientes del Acuífero Guadalupe son altos y no es posible que todos los usuarios de la Sabana de Bogotá puedan disponer de ellos, debido a que sus actividades productivas no son lo suficientemente rentables para justificar las inversiones que se requieren para alumbrar aguas subterráneas de ese acuífero. Consecuentemente, la generalidad de usuarios de la Sabana de Bogotá debe entonces continuar extrayendo aguas subterráneas del Acuífero Cuaternario, lo cual produce creciente presión en este acuífero, por lo cual la Corporación ha visto la necesidad de establecer campañas de medición de redes de monitoreo de niveles piezométricos implementadas en la Sabana de Bogotá e implementar redes de usuarios voluntarios de niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas, que han adquirido cierto grado de conciencia sobre la necesidad de medir y optimizar el recurso hídrico subterráneo. Estas mediciones, complementarias a estudios que la CAR ha realizado sobre cuantificación hidrogeológica y balance hídrico subterráneo, han generado mapas de isopiezas en los cuales se observan las fluctuaciones de los niveles estáticos en los acuíferos, indica esto que se ha desarrollado una zona crítica en la Sabana de Bogotá, en donde la dirección del flujo converge por sobreexplotación, principalmente en el Acuífero Cuaternario.

De los estudios hidrogeológicos que la CAR ha desarrollado en la Sabana de Bogotá se determinó que en la denominada "Zona Crítica" está comprometida la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo y en esta zona se incluyen áreas de los municipios de Tenjo, El Rosal, Madrid, Funza, Facatativá, Mosquera y parte de los municipios de Cota, Tabio y Subachoque, demarcados en el Polígono No. 1; así mismo áreas de los municipios de Soacha y parte del municipio de Sibate demarcados en el Polígono No. 2; Esa zona crítica se caracteriza por la anomalía identificada en los mapas de isopiezas e involucra sobreexplotación de agua subterránea, principalmente en el Acuífero Cuaternario (Qta) y en cierta medida en el Acuífero Guadalupe (Kg), que conforman los principales acuíferos en la Sabana de Bogotá.

La Corporación, teniendo en cuenta lo anterior y en cumplimiento de la normativa dada en el Decreto 1541 de 1978, que debe aplicar como entidad competente sobre el ambiente y administración del recurso hídrico subterráneo, ha determinado la necesidad de efectuar una distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la sabana de Bogotá, que será acogida por la CAR mediante providencia que se debe ejecutar y cumplir, para lo cual contará con el apoyo esencial en diferentes áreas del conocimiento. Ellas son: el área técnica que dispondrá de vehículo y computador, el área social, el área jurídica y el área de comunicaciones.

Descripción y alcance

PUBLICACIÓN EN EL DIARIO OFICIAL, DE CIRCULACIÓN NACIONAL, LA DECLARACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ.

- Una (1) publicación en Diario Oficial, de circulación nacional la declaración de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.
- Una (1) publicación en Diario Oficial de circulación nacional de la resolución que acoja la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

PARA LA REALIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ SE CONSIDERA APOYAR EN LO JURÍDICO LAS SIGUIENTES FASES:

Fase 1

Fase de alistamiento en oficina, realización de organigrama y cronograma de trabajo, aspectos jurídicos al inicio de la reglamentación.





Descripción y alcance

Fase 2

Preparación del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

Fase 3

Atención de recursos de reposición y ejecutoria del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

PARA LA REALIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ SE CONSIDERA APOYAR EN LO SOCIAL LAS SIGUIENTES FASES:

Fase 1

Fase de alistamiento en oficina, realización de organigrama y cronograma de trabajo, aspectos jurídicos al inicio de la reglamentación.

Fase 2

Preparación del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

Fase 3

Atención de recursos de reposición y ejecutoria del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

PARA LA REALIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ SE CONSIDERA APOYAR EN LO TÉCNICO LAS SIGUIENTES FASES:

Fase 1

Fase de alistamiento en oficina, realización de organigrama y cronograma de trabajo, aspectos jurídicos al inicio de la reglamentación.

Fase 2

Preparación del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá

Fase 3

Atención de recursos de reposición y ejecutoria del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

Actividades

Publicación en Diario Oficial, de circulación nacional la declaración de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

Una (1) publicación en Diario Oficial, de circulación nacional, de la declaración de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

Una (1) publicación en Diario Oficial, de circulación Nacional de la resolución que acoja la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá

PARA LA REALIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES Y ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ SE CONSIDERA APOYAR EN LO JURÍDICO LAS SIGUIENTES FASES

11





Actividades

Fase 1

Fase de alistamiento en oficina, realización de organigrama y cronograma de trabajo, aspectos jurídicos al inicio de la reglamentación.

En esta fase, mediante la cual se inicia la reglamentación, se recopilarán módulos de consumo establecidos por la CAR, información de uso del suelo, planes de ordenamiento territorial o esquemas de ordenamiento territorial de los municipios en donde se localiza la zona crítica, información del POMCA Bogotá, información de expedientes que contengan trámites permisivos y/o sancionatorios relativos a aprovechamientos de aguas subterráneas correlacionadamente con expedientes sobre aprovechamientos de fuentes de agua superficiales, información sobre censo de catastro de usuarios del recurso hídrico, información de inventario de usuarios de la red de monitoreo de niveles piezométricos, información de la red de usuarios voluntarios que aprovechan aguas subterráneas especialmente localizados en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, información sobre usuarios individuales y colectivos considerando documentación que fundamente su constitución y operación y acredite los usuarios que tienen derecho legalmente al uso del agua, normativa en materia de aprovechamiento y reglamentación de aguas subterráneas correlacionadamente con aguas superficiales. Estos aspectos se aplicarán en lo afín a la parte jurídica a cargo de un contratista que realizará su labor en un computador dispuesto por el contratista.

Para la primera fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Derecho Ambiental, que contará con un (1) computador para digitar y procesar la información obtenida.

Fase 2

Preparación del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

En esta fase se digitará, procesará, analizará y evaluará la información obtenida con aplicación de las normas pertinentes y vigentes, recopilada en la fase anterior, para realizar el proyecto de resolución que involucre el balance hídrico correlacionando el recurso hídrico subterráneo y superficial, obtener una preliminar distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá. Estos aspectos se aplicarán en lo afín a la parte jurídica a cargo de un contratista que realizará su labor en un computador dispuesto por el contratista.

Para la segunda fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Derecho Ambiental, contará con un (1) computador con software de procesador de palabras en Word, necesario para digitar, procesar, analizar, evaluar y realizar el proyecto de resolución de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá. Se efectuarán inspecciones oculares durante este periodo y se ajustará el proyecto de distribución según medición de caudales o niveles piezométricos complementarios que sean necesarios efectuar, estos últimos suministrados por la CAR.

Fase 3

Atención de recursos de reposición y ejecutoria del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

En esta fase, después de publicar la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, se atenderán posibles recursos de reposición que surjan, se realizarán inspecciones oculares a los sitios de interés, se proyectarán y ejecutarán providencias atendiendo los pronunciamientos de los usuarios, los que legalmente tienen trámite o permiso ante la CAR y/o acreditan el derecho al uso de las aguas subterráneas. Las solicitudes se confirmarán o negarán mediante autos o providencias y entrará en firme la resolución ajustada que acoge esa distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, con el régimen de operación de equipos de bombeo establecido.

Para la tercera fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Derecho Ambiental, contará con un (1) computador con software procesador de palabras en Word, necesario para digitar, procesar, analizar, evaluar, ajustar y editar todos los actos administrativos y en general todo documento inherente al objeto de este estudio previo, dando entre otros, respuesta a



Actividades

recursos de reposición, derechos de petición y en general toda solicitud allegada a la CAR, implicando para ello realización de inspecciones oculares y determinación de los caudales de aguas subterráneas a distribuir, para que los usuarios procedan a desarrollar actividades u obras necesarias para garantizar la captación del caudal asignado e implementar los sistemas de medición de dichos caudales para control y monitoreo del aprovechamiento del agua subterránea; todo lo anterior se debe incluir en el proyecto de distribución y el trabajo encomendado al contratista en el objeto de este estudio previo, terminará con la ejecutoria del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, por todos y cada uno de los usuarios beneficiados.

Para la realización de la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá se considera apoyar en lo técnico las siguientes fases:

Fase 1

Fase de alistamiento en oficina, realización de organigrama y cronograma de trabajo, aspectos jurídicos al inicio de la reglamentación.

En esta fase, mediante la cual se inicia la reglamentación, se recopilará información de catastro de usuarios del recurso hídrico efectuado por la CAR, uso del suelo, planes de ordenamiento territorial o esquemas de ordenamiento territorial de los municipios en donde se localiza la zona crítica, información del Pomca Bogotá, se identificarán las fuentes hídricas superficiales y/o subterráneas de las cuales se surten los usuarios, las cuales son manantiales, quebradas, lagos, lagunas, humedales, reservorios, aljibes y pozos profundos, se conocerá la oferta, demanda y balance hídrico superficial y subterráneo, se obtendrá información sobre los trámites y permisos sobre exploración, concesión de aguas y en general aprovechamiento de aguas superficiales y/o subterráneas, se obtendrá información de usuarios individuales y colectivos en todo tipo de organización según catastro de usuarios para establecer los usuarios y acreditar el derecho que les asiste al uso del agua legalmente, se obtendrá normativa en materia de aprovechamiento y reglamentación de aguas subterráneas correlacionadamente con aguas superficiales y se obtendrá normativa sobre constitución de todo tipo de asociaciones y organizaciones encargadas de suministrar el recurso hídrico superficial y subterráneo.

Estos aspectos aplicarán en lo atinente a la parte social a cargo de un (1) Profesional en Trabajo Social, contratista que realizará su labor en un computador con los software necesarios dispuestos por la contratista.

Para la primera fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Trabajo Social, contará con un (1) computador con los software necesarios para digitar y procesar y elaborar un documento en Word y Power Point que contribuya al Proyecto de Distribución y Asignación de Caudales de Aguas Subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, con aplicación a lo atinente al área social.

Fase 2

Preparación del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

En esta fase se digitará, procesará, analizará y evaluará la información obtenida y recopilada en la fase anterior, para describir la población rural y urbana, tenencia de tierra, vocación de uso del suelo, caracterización socioeconómica, uso potencial del suelo, procesos de socialización y conciliación y demás temas socioeconómicos relacionados, para integrarlos al proyecto de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, la cual será socializada y confirmada con trabajo de campo en los predios de la zona crítica. Estos aspectos aplicarán en lo atinente a la parte social a cargo de un Profesional en Trabajo Social, contratista que realizará su labor en un computador con el software de procesador de palabras en Word y Power Point, dispuesto por el contratista.

Para la segunda fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Trabajo Social, contará con un (1) computador con software necesario para digitar, procesar, analizar, evaluar y caracterizar aspectos socioeconómicos del área y población objeto de este



Actividades

estudio previo, a partir de toda información obtenida, para realizar el proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, en lo inherente al aspecto social. Se efectuarán conjuntamente inspecciones oculares durante este periodo y se ajustará el proyecto de distribución según medición de caudales o niveles piezométricos complementarios que sean necesarios efectuar y suministrar por la CAR, que se socializarán en el área de estudio.

Fase 3

Atención de recursos de reposición y ejecutoria del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

En esta fase, después de publicar la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, se atenderán posibles recursos de reposición que surjan, se realizarán inspecciones oculares a los sitios de interés, se proyectarán y ejecutarán documentos para comunicar, socializar y conciliar las providencias que emita la CAR en atención a las solicitudes y pronunciamientos de los usuarios, considerando los usuarios que legalmente tienen trámite o permiso ante la CAR, para una vez atendidas todas las solicitudes se confirme, se socialice y entre en vigencia la resolución que acoja esa distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, con el régimen de operación de equipos de bombeo establecido.

Para la tercera fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Trabajo Social, quien contará con un (1) computador con software de procesador de palabras en Word y Power Point necesario para digitar, procesar, analizar, evaluar, ajustar, socializar y editar toda información obtenida complementaria y de respuesta a recursos de reposición con base en inspecciones oculares, hasta ejecutar el proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.

Para la realización de la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, se considera apoyar en lo técnico, las siguientes fases:

Fase 1

Fase de alistamiento en oficina, realización de organigrama y cronograma de trabajo, aspectos jurídicos al inicio de la reglamentación.

En esta fase, mediante la cual se inicia la reglamentación, se recopilarán módulos de consumo establecidos por la CAR, información de cartografía, de topografía y catastro a escala 1:10.000, geología, geomorfología, hidrogeología, uso del suelo, planes de ordenamiento territorial o esquemas de ordenamiento territorial de los municipios en donde se localiza la zona crítica a escala 1:25.000 y cartografía obtenida en el POMCA Bogotá a diferentes escalas, suministrada por la CAR, se identifican las fuentes hídricas superficiales y subterráneas, las cuales son manantiales, quebradas, lagos, lagunas, humedales, reservorios, aljibes y pozos profundos, se obtienen registros hidrometeorológicos para determinar precipitación, escorrentía y evapotranspiración necesarios para calcular la oferta hídrica superficial y el balance hídrico, se obtienen registros de niveles piezométricos y caudales de las campañas piezométricas y de la red de usuarios voluntarios en pozos profundos realizadas en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica, así como mapas de isopiezas en donde se indican zonas de descarga, recarga y tendencia de las fluctuaciones del flujo de agua subterráneo, se obtiene información sobre los trámites y permisos sobre exploración, concesión de aguas y en general aprovechamiento de aguas superficiales y/o subterráneas para determinar la demanda de agua subterránea correlacionadamente con la demanda de agua superficial, complementarios para calcular el balance hídrico; se obtiene información de usuarios individuales y colectivos en todo tipo de organización según catastro de usuarios de la CAR, para establecer los usuarios y acreditar el derecho que les asiste al uso del agua legalmente, se obtiene normativa en materia de aprovechamiento y reglamentación de aguas subterráneas correlacionadamente con aguas superficiales.

Estos aspectos se aplicarán en lo atinente a la parte técnica a cargo de un ingeniero contratista que realizará su labor en un computador con los softwares necesarios dispuestos por el contratista. Para la primera fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Ingeniería, quien dispondrá de un (1) computador con el software necesario para digitar, procesar y realizar el proyecto técnico de distribución de caudales, incluyendo mapas, bases de datos y documentos que contengan toda la información recopilada.

Actividades

Fase 2

Preparación del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

En esta fase se digitará, procesará, analizará y evaluará la información obtenida y recopilada en la fase anterior, para realizar el balance hídrico correlacionando el recurso hídrico subterráneo y superficial, obtener un proyecto de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, la cual será socializada y confirmada con trabajo de campo en los predios de la zona crítica. Estos aspectos se aplicarán en lo atinente a la parte técnica a cargo de un ingeniero contratista que realizará su labor en un computador con los softwares necesarios dispuestos por el contratista.

Para la segunda fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Ingeniería, quien dispondrá de un (1) vehículo para efectuar inspecciones técnicas en campo y contará con un (1) computador con softwares necesarios para digitar, procesar, analizar, evaluar y realizar el proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, incluyendo mapas y bases de datos con los cuales los usuarios realizarán las obras o actividades necesarias e implementación de sistemas para garantizar el aprovechamiento del caudal de agua subterránea asignado.

Se efectuarán inspecciones oculares durante este periodo y se ajustará el proyecto de distribución según medición de caudales o niveles piezométricos complementarios que sean necesarios efectuar y suministrar por la CAR. La Corporación prestará GPS para georreferenciación de sitios en campo y sonda para medición de niveles estáticos

Fase 3

Atención de recursos de reposición y ejecutoria del proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.

En esta fase, después de publicar la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, se atenderán posibles recursos de reposición, derechos de petición u otras solicitudes provenientes de usuarios o entes que tengan injerencia en el proceso de este estudio previo, se realizarán inspecciones oculares a los sitios de interés, se proyectarán y ejecutarán providencias atendiendo los pronunciamientos de los usuarios, los que legalmente tienen trámite o les asiste el derecho al uso del agua subterránea y una vez atendidas todas las solicitudes se confirmarán o negarán y entrará en firme la resolución que acoge esa distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá, con el régimen de operación de equipos de bombeo establecido.

El trabajo encomendado al profesional que apoyará el área técnica terminará una vez sea ejecutoriado el referido proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, y atendidos todos los recursos de reposición y derechos de petición y demás solicitudes de los usuarios.

Para la tercera fase se espera desarrollar en un tiempo de un (1) mes y se requiere un (1) Profesional en Ingeniería, quien dispondrá de un (1) vehículo para efectuar inspecciones técnicas en campo y contará con un (1) computador con softwares necesarios para digitar, procesar, analizar, evaluar, elaborar los mapas, bases de datos y ajustar y editar toda información obtenida complementaria y dé respuesta a recursos de reposición con base en inspecciones oculares, hasta ejecutar el proyecto de distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, habiendo dado respuesta a toda solicitud de los usuarios. La Corporación prestará GPS para georreferenciación de sitios en campo, y sonda para medición de niveles estáticos.



Costos totales			
Actividad	Unidad	Costo Unit (\$)	Costo Total (\$)
1. Contratar la publicación en Diario Oficial, de circulación nacional la declaración de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.	Publicación	Global	4'000.000
2. Apoyar en el área jurídica, la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.	Abogado	15'000.000	15'000.000
3. Apoyar en el área técnica, disponiendo de vehículos y computador, la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.	Ingeniero	25'000.000	25'000.000
4. Apoyar en el área social la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.	Trabajadora Social	15'000.000	15'000.000
5. Publicación en Diario Oficial de circulación nacional la resolución que acoja la distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.	Publicación	Global	4'000.000

Cronograma												
ACTIVIDAD	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Contratar la publicación en Diario Oficial, de circulación nacional la declaración de distribución de caudales y asignación de caudales de aguas subterráneas en la zona crítica de la Sabana de Bogotá.	X											
2. Apoyar en el área jurídica, la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
3. Apoyar en el área técnica disponiendo de vehículos y computador, la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
4. Apoyar en el área social la realización de la distribución y asignación de caudales de aguas subterráneas en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Elaboró
RÓMULO CAMACHO CHICO
Profesional Especializado





ANEXO N° 4. CAMPAÑAS DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Nombre del proyecto	Número	4
<p>CAMPAÑAS DE MONITOREO, REPOSICIÓN DE POZOS, REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE REDES DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA CRÍTICA Y SABANA DE BOGOTÁ</p>		
<p>Objetivo general</p>		
<p>Realizar campaña de monitoreo, reposición de pozos, rediseño y automatización de redes de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea, en 350 pozos de la red de niveles piezométricos con reposición de 100 pozos y en 101 pozos de la red de calidad de agua subterránea con reposición de 30 pozos, en los municipios localizados en la Sabana de Bogotá y/o en la Zona Crítica.</p>		
<p>Objetivos específicos</p>		
<p>Efectuar medición simultánea de niveles piezométricos en 350 pozos ubicados en la Sabana de Bogotá, de los cuales aproximadamente el 80% capta formaciones cuaternarias y el 20% pozos del Grupo Guadalupe.</p> <p>Efectuar campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea a 101 puntos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá, ubicados en los 23 municipios siguientes: Bogotá, Bojacá, Cajicá, Chocontá, Cogua, Cota, Facatativá, Funza, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Nemocón, Sesquillé, Sibaté, Soacha, Sopó, Subachoque, Suesca, Tausa, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá, cuyo propósito es determinar la evolución de la contaminación.</p> <p>Rediseñar la red de monitoreo de niveles piezométricos de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica.</p> <p>Reponer cien (100) pozos de la red de niveles piezométricos, identificando y cuantificando densidad de pozos en la zona crítica y otras zonas que revistan especial interés.</p> <p>Rediseño de la red de monitoreo de calidad de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica.</p> <p>Automatizar la red de monitoreo de niveles piezométricos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y/o en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.</p>		
<p>Justificación y beneficios</p>		
<p>Para determinar fluctuación de niveles estáticos en acuíferos, la Corporación ha realizado en su jurisdicción, desde 1998 hasta 2006, once (11) campañas de monitoreo de niveles piezométricos en una red de observación en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica, originalmente conformada por cuatrocientos sesenta y cinco (465) pozos.</p> <p>Con estos monitoreos la Corporación ha logrado conocer la evolución temporal y espacial de los niveles estáticos, la cual es un indicador que refleja el estado de aprovechamiento de las cuencas, presión antrópica ejercida sobre los acuíferos a través del bombeo de pozos, y la vulnerabilidad y recuperación de los acuíferos a la explotación ejercida.</p> <p>El número total de puntos de la red que se han monitoreado en las últimas campañas han sido 350 pozos, en los acuíferos cuaternario y cretácico del Grupo Guadalupe, en la Sabana de Bogotá y adicionalmente se reponen diez (10) pozos a la red durante cada campaña.</p>		





Justificación y beneficios

La reducción de pozos de la red obedece a que estos no están exentos a inconvenientes que se presentan con el transcurso del tiempo, como construcción de estructuras civiles u otro tipo de construcción, sobre el pozo; también su obstrucción, colmatación o colapso: en el peor de los casos atascamiento de sondas al medir el nivel estático debido a que no hay espacio suficiente en la tubería de revestimiento dado que normalmente no se ha instalado por el usuario el ducto de $\frac{3}{4}$ " de diámetro para introducción de la sonda.

Fundamentado en lo anterior, secuencialmente se reponen pozos de la red a fin de mantenerla, incrementarla y optimizarla. Así en la última campaña se repusieron 10 pozos, sin embargo, esta reposición de pozos no ha sido suficiente ya que hay mayor cantidad de pozos que salen de la red por las razones anotadas, por tanto se ha previsto rediseñar la red de niveles piezométricos y se espera reponer cien (100) pozos más a la red de monitoreo

Estas mediciones constituyen indicadores para que la Corporación en su calidad de administradora del recurso hídrico subterráneo, tome decisiones y formule políticas en su gestión, orientadas a su sostenibilidad.

En lo referente a calidad de las aguas subterráneas, teniendo en cuenta el uso y la necesidad de explotación, exige establecer un programa de evaluación, gestión y protección, enfocado hacia la calidad de este recurso que asegure condiciones sanitarias para consumo, bajo el concepto de desarrollo sostenible.

En cumplimiento de este propósito, la Subdirección de Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas de la CAR desarrolla el programa denominado: "Determinación de la calidad del agua subterránea en la Sabana de Bogotá", con base en una red de monitoreo compuesta por 101 pozos distribuidos en la Sabana

Los puntos de muestreo han sido monitoreados en 1997, 1999, 2001, 2003, 2004 y 2006, para continuar con el programa de valoración de la calidad del agua subterránea y determinar posible presencia y variación de sustancias a través del tiempo. Se hace necesario analizar parámetros fisicoquímicos y de plaguicidas. Similar a lo que ocurre con la red de niveles piezométricos, también hay pozos que salen de la red de calidad, por lo cual se reponen pozos a esta red a fin de mantenerla incrementarla, y optimizarla; adicionalmente, se tiene previsto rediseñar esta red para lograr mayor cobertura de monitoreo del agua subterránea en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica, con treinta (30) pozos más.

En las campañas de monitoreo de niveles piezométricos de agua subterránea se obtiene gran cantidad de registros correspondientes a niveles estáticos, y es necesario obtener niveles dinámicos durante la operación de equipos de bombeo instalados en los pozos profundos ubicados en la Sabana de Bogotá y especialmente en la denominada "Zona Crítica" definida en el Acuerdo 31 de 2005, en donde la Corporación ha dispuesto restricción para el aprovechamiento de aguas subterráneas debido a la sobreexplotación presentada en los acuíferos Cuaternario y Guadalupe, que infrayacen en la Sabana de Bogotá.

Los niveles estáticos y dinámicos es necesario obtenerlos en tiempo real, para determinar las fluctuaciones de los niveles piezométricos y dinámicos de las formaciones Cuaternaria y Guadalupe, así como para determinar parámetros hidrogeológicos de estos acuíferos, lo cual se logra automatizando la red de monitoreo de niveles piezométricos gradualmente e implementando otros instrumentos de medición que facilitarán la obtención de registros permanentemente; estos instrumentos consisten en Data Logger o Diver los cuales se instalan en pozos profundos construidos con el debido trámite y permiso ante la CAR, previamente verificado en la Oficina Provincial respectiva y suscripción de documento de responsabilidad del usuario seleccionado para proteger y asegurar el equipo e instrumentos instalados; los registros obtenidos en los Data Logger serán ingresados a una palm que es una unidad digital almacenadora, desde la cual se descargará toda la información a un computador de la Corporación, en donde se podrá procesar.

Se capacitará a funcionarios de la Corporación encargados de lo relativo a aguas subterráneas, en instalación, operación de los instrumentos y/o equipos referidos y obtención de la información de esos instrumentos, e igualmente se capacitará sobre procesamiento, análisis e interpretación de dichos registros e información considerando que en los instrumentos, los equipos y el computador de la CAR en donde se descargue toda la información, estarán instalados los software licenciados y necesarios que faciliten el reconocimiento y edición de toda la información.



Justificación y beneficios
<p>Estas mediciones y registros obtenidos en tiempo real serán el soporte para que la Corporación conozca con mayor precisión las fluctuaciones de los niveles estáticos y dinámicos en los acuíferos Cuaternario y Guadalupe, en los pozos en donde se instalen los Data Logger y así mismo se facilitará el cálculo de las constantes hidrogeológicas, con lo cual se contribuirá para optimizar la administración del recurso hídrico subterráneo.</p>
Descripción y alcance
<p>Para la realización del monitoreo y rediseño de las redes de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, para la reposición de pozos de las redes de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, y para procesamiento, análisis, evaluación y sistematización de la información capturada y de campañas anteriores correlacionadamente, para aguas subterráneas en los municipios localizados en la Sabana de Bogotá, se considerarán cuatro fases siguiendo los siguientes requerimientos técnicos:</p> <p>Fase 1 Fase de alistamiento en oficina para la realización de los trabajos de campo y documentos de campañas de calidad y de niveles para correlacionar con campaña actual.</p> <p>Fase 2 Trabajo de campo para toma de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea.</p> <p>Fase 3 Rediseño de red de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea y reposición de pozos para niveles piezométricos y calidad de agua subterránea.</p> <p>Fase 4 Evaluación y sistematización de la información de registros de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea obtenidos en fase de campo.</p> <p>Fase 5 Suministro, montaje e instalación y capacitación teórica y práctica en las técnicas e instrucciones de operación de seis (6) Data Logger y software utilizado, para medición y almacenamiento de niveles de aguas subterráneas, temperatura y salinidad y para ensayos de bombeo, con capacidad de memoria mínima de 48.000 mediciones no volátil por parámetro.</p>
Actividades
<p>Para la realización del monitoreo y rediseño de las redes de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, para la reposición de pozos de las redes de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea, y para la obtención del procesamiento, análisis, evaluación y sistematización de la información capturada y de campañas anteriores correlacionadamente, para aguas subterráneas en los municipios localizados en la Sabana de Bogotá, se considerarán cuatro fases siguiendo los siguientes requerimientos técnicos:</p> <p>Fase 1 Fase de alistamiento en oficina para la realización de los trabajos de campo, y documentos de campañas de calidad y de niveles para correlacionar con campaña actual, incluye las siguientes actividades y especificaciones técnicas:</p> <p>En lo referente a niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas:</p> <p>Se obtendrá en la Subdirección Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas de la CAR la base de datos, planos e Informe Final de Campañas de monitoreo de niveles piezométricos anteriores.</p> <p>Se elaborará el cronograma de las actividades de la campaña de monitoreo, identificando la ruta y zonas por monitorear.</p> <p>Se elaborará el cronograma de medición de niveles y la notificación al usuario de la realización de medición de niveles, previa suspensión temporal del bombeo</p>





Actividades

Considerar la logística necesaria para la realización de las actividades de la campaña de monitoreo de niveles piezométricos, tales como vehículos, aparatos de georreferenciación digital satelital con precisión mínima de tres (3) metros, planos topográficos, precintos de seguridad y bandas de papel para sellamiento temporal de pozos de agua subterránea y cámara digital para obtener el registro fotográfico, revisión de los expedientes en las Oficinas Provinciales de las CAR correspondientes a fin de obtener información legal y de permiso de los pozos de la red de monitoreo piezométrica; dibujar, esquematizar y describir el acceso a todos los pozos de red.

Esta actividad se espera ejecutar en un periodo de un (1) mes. Las labores de alistamiento para monitoreo de niveles piezométricos serán realizadas por un (1) profesional y un (1) técnico auxiliar.

En lo referente a calidad de agua subterránea:

Se obtendrá resultados de análisis de parámetros físico-químicos, bacteriológicos y plaguicidas de campañas anteriores, obtenidos, elaborados y suministrados por la Subdirección Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas y el Laboratorio Ambiental de la CAR, para digitar, procesar, evaluar, elaborar bases de datos en Acces, diagramas de Stiff, Piper, Durov y Schoeeller-Berkaloff, y obtener documento en Word, mapas con los softwares Aquachem Versión 3.7 y Surfer 8, y presentación en Power Point, que serán correlacionados con la campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea por efectuar según este estudio previo en la Sabana de Bogotá y que hace parte de la fase de alistamiento.

Para alistamiento de la campaña de calidad de agua subterránea se elaborará complementariamente el cronograma de las actividades de la campaña de monitoreo de calidad identificando la ruta y zonas por monitorear, se elaborará el cronograma de muestreo de calidad de agua subterránea, se considerará la logística necesaria para la realización de las actividades de la campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea, tales como vehículos que son los mismos utilizados en la campaña de monitoreo de niveles piezométricos, aparatos de georreferenciación digital satelital con precisión mínima de tres (3) metros, equipos e instrumentos de laboratorio, planos topográficos, revisión de los expedientes en las Oficinas Provinciales de la CAR correspondientes a fin de obtener información legal y de permiso de los pozos de la red de calidad de agua subterránea; dibujar, esquematizar y describir el acceso a todos los pozos de red.

Esta actividad se espera ejecutar en un periodo de un (1) mes y es el mismo tiempo simultáneamente por utilizar para alistamiento de la campaña de nivel piezométrico.

Las labores de alistamiento serán realizadas por un (1) profesional y un (1) técnico auxiliar, este último es el mismo técnico empleado para monitoreo de niveles piezométricos en esta fase.

Al finalizar esta Fase 1 se entregará Informe de Avance de fase de alistamiento para la realización de los trabajos de campo de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea, en la Sabana de Bogotá.

Fase 2

Trabajo de campo para toma de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea.

En lo referente a niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas:

Efectuar medición simultánea de niveles piezométricos en 350 pozos, de los cuales aproximadamente el 80% capta formaciones cuaternarias y el 20 pozos del Grupo Guadalupe. Se realizará la medición de niveles estáticos con sonda eléctrica, para lo cual se requiere la suspensión del bombeo de los pozos con por lo menos con 24 horas de antelación a la medición. El procedimiento y requerimientos del proyecto serán los siguientes:

Para garantizar que los niveles piezométricos que se van a medir en los pozos correspondan a los niveles estáticos, se ha previsto que el contratista selle temporalmente el pozo donde se tomará el nivel, para evitar el bombeo con un tiempo mínimo de 24 horas.

La Corporación diseñará un formato que entregará al contratista para que a su vez notifique al usuario, con suficiente tiempo de antelación, el día que procederá al sellamiento, así como el día y fecha en que se realizará la medición del nivel, y su compromiso a suspender el bombeo en el tiempo establecido, en su calidad de usuario de la red, de lo cual el usuario se notificará mediante firma con su respectivo número de documento de identificación. Las notificaciones solo se podrán hacer por comunicación escrita, vía fax, correo electrónico, correo aéreo o por entrega directa notificada.



Actividades

Para efectuar el sellamiento, el Contratista suministrará y utilizará precintos de seguridad o cualquier otro dispositivo, que instalará en el pozo para evitar la salida de agua. El día en que se realice el sellamiento, el usuario (propietario, administrador o persona encargada de la operación del pozo) certificará mediante firma con número de documento de identificación, que mantendrá la suspensión del pozo hasta la fecha y hora de la toma del nivel. El contratista suministrará y utilizará bandas de papel con el logotipo de la CAR y la leyenda "Sellamiento temporal pozo – campaña monitoreo de niveles", acompañada de la firma del representante legal de la Corporación, que en este caso puede ser del Subdirector de Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas o del Supervisor. Estas bandas serán colocadas con cinta en el pozo por el contratista.

El contratista entregará al Supervisor el cronograma de medición de niveles y, la notificación del Usuario y compromiso firmado, para la suspensión del bombeo. Esta constituirá prueba certificada. El día de la medición, el contratista procederá a retirar el sello y realizar la lectura.

El contratista debe realizar las inspecciones en cada uno de los pozos de la red de observación tomando la siguiente información: georreferenciación (coordenadas X, Y y altura sobre el nivel del mar), medición y georreferenciación de lectura del nivel estático, anotar tiempo transcurrido (horas), desde la suspensión de bombeo del pozo, hasta la toma de lectura; aforar el caudal del pozo una vez realizada la medición del nivel; tomar información sobre las horas de bombeo, diaria y semanal y, el uso a que están destinadas las aguas; obtener información actualizada de los permisos de exploración y aprovechamientos de aguas subterráneas ante la CAR, los cuales se encuentran en los expedientes de la CAR; obtener información actualizada de usuarios de la red de pozos a los cuales se les ha aplicado la tasa por uso de aguas subterráneas. Tomar mínimo dos (2) fotografías digitales del pozo, una donde aparezca su identificación (código) y otra toma diferente que muestre el sitio de localización.

Para cada uno de los pozos de la red se deberán efectuar observaciones, donde se relacionen los aspectos que puedan influenciar la medida del nivel estático, donde se presenten, tales como pozos vecinos en producción, régimen del bombeo y distancias con respecto al pozo de la red que se está midiendo. También anotar dificultades de medición, si se presentan, y régimen climático.

Con el fin de llevar un control detallado se deben entregar al supervisor, por correo electrónico, las lecturas tomadas al terminar las jornadas diarias, a fin de detectar posibles anomalías y proceder a su oportuna corrección. A los pozos a los que se les detecte medición erróneas, se procederá a efectuar una nueva lectura con las condiciones necesarias para ello.

Se estima que la campaña de monitoreo de niveles piezométricos estáticos se pueda realizar cabalmente con dos (2) vehículos que harían parte de dos (2) frentes de trabajo; un vehículo por cada frente. Un vehículo haciendo los primeros recorridos, donde se realizaría los sellos temporales y, el segundo, encargado de las mediciones. Se estima en promedio realizar 8 sellamientos y 8 mediciones de niveles diarios por frente de trabajo. Considerando los dos (2) frentes de trabajo, serían 80 mediciones semanales, sin contar fines de semana, en los que no se puede contar con la atención de los usuarios.

Esta campaña de monitoreo de niveles piezométricos se puede llevar a cabo en dos (2) meses.

Las labores de campo de monitoreo de niveles piezométricos serán realizadas por dos (2) profesionales y dos (2) técnicos auxiliares, en cada vehículo, o sea, son cuatro (4) personas en los dos (2) frentes de trabajo para monitoreo de niveles piezométricos, y adicionalmente el conductor de cada vehículo.

En lo referente a calidad de agua en pozos profundos de aguas subterráneas:

Para efectuar campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea a 101 puntos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá, ubicados en los 23 municipios siguientes: Bogotá, Bojacá, Cajicá, Chocontá, Cogua, Cota, Facatativá, Funza, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Nemocón, Sesquilé, Sibaté, Soacha, Sopó, Subachoque, Suesca, Tausa, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá, cuyo propósito es determinar la evolución de la contaminación, se debe realizar toma, preservación y colocación de muestras en el Laboratorio Ambiental de la CAR, según instructivo suministrado por el Laboratorio Ambiental de la CAR que se hará cargo de los análisis físico-químicos, bacteriológicos y de plaguicidas, y los reactivos necesarios para esos 101 puntos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá. En esta campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea se considerará, previa consulta de estado de legalidad y permisos ante la CAR, en las respectivas Oficinas Provinciales de la Corporación:

Actividades

- a) Seguir el procedimiento consignado en la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-11, Guía para el Muestreo de Aguas Subterráneas.
- b) Utilizar los recipientes recomendados en la Norma NTC-ISO 5667-2 sobre la selección de materiales para equipo de muestreo, los cuales deben estar debidamente rotulados y esterilizados.
- c) Tomar las muestras en los sitios definidos previamente por la CAR, para lo cual se debe incluir un (1) vehículo para la toma de muestras, tomas que se efectuarán simultáneamente cuando se esté midiendo el nivel estático en los pozos de la campaña de niveles piezométricos, garantizando el muestreo total a los puntos establecidos. Es de resaltar que varios pozos de la red de monitoreo de niveles piezométricos hacen parte de la red de monitoreo de calidad de aguas subterráneas por tanto se efectuará medición de niveles piezométricos y toma de muestra en estos pozos, simultáneamente. En otros pozos en los cuales solo se toma muestra para determinar calidad de agua subterránea, se utilizarán algunos de los cuatro (4) vehículos utilizados en la campaña de niveles piezométricos y simultáneamente; en general los vehículos utilizados en la campaña de niveles piezométricos se utilizarán también para la campaña de calidad de agua subterránea, y se hace necesaria la correspondiente programación y coordinación entre las dos campañas. Para la toma de muestras se utilizarán dos (2) buretas tituladoras digitales para ácido sulfúrico y base, cien (100) garrafas plásticas blancas con tapas rosca, de dos (2) litros para DBO (muestras sin preservar), cien (100) garrafas plásticas blancas con tapas rosca, de dos (2) litros para DQO (muestras preservadas), cien (100) garrafas plásticas blancas con tapas rosca, de quinientos (500) mililitros para metales, cuatro (4) cajas por cien (100) unidades de papel de filtro tipo Whatman 40 de 125 milímetros de diámetro, un (1) equipo portátil para pH y conductividad, dos (2) baldes plásticos de doce (12) litros cada uno para toma de muestras, un (1) cronómetro, cincuenta (50) frascos de vidrio claro de tapa rosca azul Schott de 250 mililitros, una (1) bomba manual de vacío para filtrar la muestra, dos (2) embudos Buchner de 125 milímetros de diámetro, dos Erle meyer Kitasato con tubulares laterales para vacío y un (1) GPS (Global Position System), con un margen de error no mayor a tres (3) metros. Los reactivos y preservativos que se requieran para las muestras serán suministrados por el Laboratorio Ambiental de la CAR.
- d) Determinar los siguientes parámetros físicos en campo e información general, de acuerdo a las técnicas establecidas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, al Instructivo para toma y preservación de muestras, al Formato de toma de muestras y captura de datos en campo del Laboratorio Ambiental de la CAR y a la publicación de la CAR denominada "Toma, manejo y preservación de muestras para análisis de calidad del agua".

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO ANALÍTICO Standard Methods Ed. 20
Titulación digital para ácido sulfúrico (acidez)	Volumen	Titulación digital
Titulación digital para base (alcalinidad)	Volumen	Titulación digital
Temperatura de muestra de agua subterránea	°C	
Temperatura de aire	°C	
Tipo de agua		Subterránea
pH	Unidades de pH	
Conductividad	uS/cm	
Caudal	lps	Aforo
Identificación predio		
Identificación propietario		
Localización georreferenciación	msnm	Coordenadas X, Y y altitud
Fecha y hora		

Actividades

- e) Los resultados deben ser reportados de acuerdo a la identificación del punto de agua subterránea suministrada por la Corporación.
- f) El informe final y copia será entregado de manera escrita y en archivo magnético y contendrá:

Resultados de campo

Límites de detección (instrumental) de cada técnica analítica

Esta campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea se coordinará con la campaña de monitoreo de niveles piezométricos, de tal forma que las dos personas que efectúen el muestreo de agua subterránea en los pozos que conforman la red de calidad de agua subterránea, se desplacen en alguno de los vehículos utilizados para el monitoreo de niveles piezométricos y garanticen la toma de muestras en los 101 puntos de agua previstos. Por tanto cuando se ejecuten simultáneamente campaña de monitoreo de nivel piezométrico y calidad de agua subterránea, en un mismo punto o pozo profundo, se preverá que el vehículo tenga capacidad para cinco personas incluyendo el conductor y capacidad para transportar los equipos requeridos.

Esta campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea se efectuará por un período de uno y medio (1.5) meses. Las labores de campo de monitoreo de calidad de agua subterránea serán realizadas por un (1) profesional y un (1) técnico auxiliar, en un vehículo, o sea, son 2 personas en un (1) solo frente de trabajo para monitoreo de calidad de agua subterránea, y adicionalmente el conductor de algunos de los vehículos referidos en la campaña de niveles piezométricos.

Al finalizar esta Fase 2 se entregará Informe de Avance de monitoreo de niveles piezométricos de 350 pozos y monitoreo de calidad en 101 puntos de agua, que conforman la red de niveles piezométricos y red de calidad de agua subterránea, respectivamente, en la Sabana de Bogotá.

Fase 3

Rediseño de red de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea y reposición de pozos para niveles piezométricos y calidad de agua subterránea.

En lo referente a niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas:

Rediseñar la red de monitoreo de niveles piezométricos de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá describiendo la metodología utilizada.

Para la reposición de los cien (100) pozos de la red de niveles piezométricos se procederá a identificar y a cuantificar la densidad de pozos en la zona crítica y otras zonas que revistan especial interés, en donde se preseleccionarán ciento veinte (120) pozos que será factible incluir en la red de monitoreo de niveles piezométricos continuación se obtendrá información sobre los permisos respectivos para exploración y aprovechamiento de aguas subterráneas, a la cual se accede en la base de datos de expedientes implementada por la CAR, en las Oficinas Provinciales. Los pozos que estén registrados ante la CAR se seleccionarán mediante comunicación oficial de la CAR dirigida a sus propietarios, a fin de incluirlos en la red de pozos de observación en la Sabana de Bogotá, para campaña de monitoreo de niveles piezométricos; allí se indicará que previo aforo y medición del nivel estático con sonda en cada pozo, sin que se presente interferencia alguna, se procederá a georreferenciar y plaquetear los cien (100) pozos seleccionados finalmente, para incluirlos en la red de monitoreo de niveles piezométricos.

Se estima que se pueda llevar a cabo esta labor de rediseño de la red de monitoreo de niveles piezométricos y reposición de cien (100) pozos durante dos meses (2) meses, contando con dos (2) equipos de georreferenciación y plaqueteo.

En el rediseño de la red de monitoreo de niveles piezométricos de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá y en la reposición de los cien (100) pozos de la red de monitoreo de niveles piezométricos se emplearán dos (2) vehículos que harían parte de dos (2) frentes de trabajo, un (1) vehículo por cada frente, transportando un (1) profesional, un (1) topógrafo y un (1) técnico auxiliar en cada vehículo, en total tres (3) personas las que se deben transportar con los equipos necesarios en cada vehículo.



Actividades

En lo referente a calidad de agua en pozos profundos de aguas subterráneas:

En el rediseño de la red de monitoreo de calidad de agua subterránea en la Sabana de Bogotá se debe establecer la metodología utilizada.

En la reposición de treinta (30) pozos de la red se emplearán dos (2) vehículos que harían parte de dos frentes de trabajo, un vehículo por cada frente y son los mismos vehículos utilizados en la campaña de niveles piezométricos. Se procederá a identificar y a cuantificar la densidad de pozos en la zona crítica y otras zonas que revistan especial interés, en donde se preseleccionarán cincuenta (50) pozos que será factible incluir en la red de monitoreo de calidad de agua subterránea; a continuación se obtendrá información sobre los permisos respectivos para exploración y aprovechamiento de aguas subterráneas, a la cual se accede en la base de datos de expedientes implementada por la CAR, en las Oficinas Provinciales.

Los pozos que estén registrados ante la CAR se seleccionarán mediante comunicación oficial de la CAR dirigida a sus propietarios, a fin de incluirlos en la red de pozos de observación en la Sabana de Bogotá, para campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea; allí se indicará que, previo aforo, se procederá a georreferenciar y plaquetear los treinta (30) pozos seleccionados finalmente, para incluirlos en la red de monitoreo de calidad de agua subterránea.

Se estima que se pueda llevar a cabo esta labor de rediseño de la red de calidad de agua subterránea y reposición de treinta (30) pozos durante dos (2) meses.

En el rediseño de la red de calidad de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y en la reposición de los treinta (30) pozos de la red de monitoreo de calidad de agua subterránea se emplearán dos (2) vehículos que harán parte de dos (2) frentes de trabajo, un (1) vehículo por cada frente, transportando un (1) profesional, un (1) topógrafo y un (1) técnico auxiliar en cada vehículo, en total tres (3) personas las que se deben transportar con los equipos necesarios, contando con un (1) equipo de georeferenciación y plaqueteo en cada vehículo, los mismos empleados en la reposición de niveles piezométricos.

Por tanto, las personas y equipos utilizados para rediseño de redes y reposición de pozos de esta fase, son los mismos. Acompañará a estos equipos que incluyen topógrafos, un geólogo o hidrogeólogo para apoyar la selección de los pozos de reposición.

Al finalizar esta Fase 3 se entregará Informe de Avance de rediseño de la red de monitoreo de niveles piezométricos y reposición de cien (100) pozos para monitoreo de niveles piezométricos, y rediseño de la red de monitoreo de calidad de agua subterránea y reposición de treinta (30) pozos de agua subterránea, en la Sabana de Bogotá.

Fase 4

Evaluación y sistematización de la información capturada en la fase de campo.

En lo referente a niveles piezométricos en pozos de aguas subterráneas

Se debe elaborar informe final donde se presenten los resultados de la campaña de monitoreo de niveles piezométricos actual correlacionada con las anteriores, con análisis, evaluación, estadísticas, diagramas y documento en Word, incluyendo gráficos de la evolución de los niveles con respecto a las campañas anteriores, para los dos sistemas acuíferos.

Determinación de las zonas críticas y otras zonas propuestas para mejoramiento de la red. Elaboración de los mapas de isopiezas para los sistemas acuíferos Guadalupe y Cuaternario, en Arc Gis y Autocad. Se debe presentar este informe con dos (2) copias en medio impreso y digital, incluyendo registro fotográfico y mapa-esquema y descripción de acceso a cada pozo con indicaciones impresas.

En lo referente a calidad de agua en pozos profundos de aguas subterráneas:

Se debe elaborar informe final que contenga digitación, procesamiento, evaluación, elaboración de bases de datos en Acces, diagramas de Stiff, Piper, Durov y Schoeeller-Berkaloff, documento en Word, mapas e isoclinas utilizando los softwares Aquachem versión 3.7 y Surfer 8, y presentación en Power Point.



Actividades

utilizando análisis de parámetros físico-químicos, bacteriológicos y plaguicidas obtenidos, elaborados y suministrados por la Subdirección Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas y el Laboratorio Ambiental de la CAR, correspondientes a campañas anteriores de calidad de agua subterránea, correlacionadas con la actual campaña de monitoreo de calidad de agua subterránea en ciento un (101) puntos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá, ubicados en los 23 municipios siguientes: Bogotá, Bojacá, Cajicá, Chocontá, Cogua, Cota, Facatativá, Funza, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Nemocón, Sesquile, Sibate, Soacha, Sopó, Subachoque, Suesca, Tausa, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá, para determinar la evolución de la contaminación, describiendo y relacionando las muestras tomadas, preservadas y colocadas en el Laboratorio Ambiental de la CAR, que se hará cargo de los análisis físico-químicos, bacteriológicos y de plaguicidas, para esos 101 puntos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá; También contendrá el rediseño la red de monitoreo de calidad de agua subterránea e incluirá los treinta (30) pozos de reposición y este informe final con mapas e isoclinas, diagramas, bases de datos, todo en medio digital e impreso.

Se espera que en un (1) mes se elabore el informe final con lo anteriormente descrito para las campañas anteriores y actuales, de niveles piezométrico y calidad de agua subterránea, efectuadas en la Sabana de Bogotá.

Para la elaboración de este informe final se contará con dos (2) profesionales y un (1) técnico auxiliar.

En total se espera que en ocho (8) meses se desarrolle el objeto de este estudio previo que es realizar campaña de monitoreo en 350 pozos y rediseño de la red de niveles piezométricos de aguas subterráneas, monitoreo en 101 pozos y rediseño de la red de calidad de agua subterránea, reposición de 100 pozos de la red de niveles piezométricos, reposición de 30 pozos de la red de observación de calidad de agua subterránea y procesar, analizar, evaluar y sistematizar la información capturada y de campañas anteriores correlacionadamente, para aguas subterráneas en los municipios localizados en la Sabana de Bogotá

Fase 5

Automatización de la Red de Monitoreo de Niveles Piezométricos.

Suministro, montaje e instalación y capacitación teórica y práctica en las técnicas e instrucciones de operación de seis (6) Data Logger y software utilizado, para medición y almacenamiento de niveles de aguas subterráneas, temperatura y salinidad y para ensayos de bombeo, con capacidad de memoria mínima de 48.000 mediciones no volátil por parámetro, frecuencia de medición 0,5 seg. a 99 horas, material de carcasa en acero inoxidable 316L, material de sensor de presión en cerámica, rango de temperatura de menos 20 a más de 80 grados centígrados y precisión de más o menos 0,1 grados centígrados, campo compensado de 0 a 40 grados centígrados, vida útil de pila de 10 años, sin requerimiento de mantenimiento, con programación de lugar, código de instalación, método y frecuencia de medición, encendido directo y diferido, campo de medición 20 metros en columna de agua, precisión 2 centímetros y resolución de 0,4 centímetros, incluyendo garantía de 3 años.

Suministro, montaje, instalación y capacitación teórica y prácticamente en las técnicas e instrucciones de operación de un (1) Data Logger y softwares utilizados en este, para medición y almacenamiento de niveles de aguas subterráneas, temperatura, con capacidad de memoria mínima de 24.000 mediciones no volátil por parámetro, frecuencia de medición 0,5 seg. a 99 horas, material de carcasa en acero inoxidable 316L, material de sensor de presión en cerámica, rango de temperatura de menos 20 a más de 80 grados centígrados y precisión de más o menos 0,1 grado centígrado, campo compensado de 0 a 40 grados centígrados, vida útil de pila de 10 años, sin requerimiento de mantenimiento, con programación de lugar, código de instalación, método y frecuencia de medición, encendido directo y diferido, campo de medición 20 metros en columna de agua, precisión 2 centímetros y resolución de 0,4 centímetros, incluyendo garantía de 3 años.

Suministrar, montar, instalar y capacitar teórica y prácticamente en las técnicas e instrucciones de operación de una (1) palm H IPAC y softwares utilizado, incluyendo garantía de 3 años.

Los Data Logger, incluirán su protección y seguridad consistente en machón en mampostería pegada de sesión cuadrada de 0,50 por 0,50 metros cuadrados por 0,50 metros de altura, tapa en reja metálica y su respectivo candado y llave original y copia, las cuales deben ser entregadas al Supervisor asignado por la Corporación.

Actividades

Para suministrar, montar e instalar los Data Logger y Palm referidos, se contará con un (1) profesional en Geología o Hidrogeología, para que se desarrolle en un (1) mes.

Para capacitar teórica y prácticamente en las técnicas e instrucciones de operación de los Data Logger y Palm mencionados, a los funcionarios de la CAR encargados de aguas subterráneas, se contará con un (1) profesional en Geología o Hidrogeología, para que sea desarrollada en un (1) mes

Costos totales

Actividad	Unidad	Costo unit(\$)	Costo total (\$)
1. Realizar campaña de monitoreo, reposición de pozos, rediseño y automatización de redes de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea, en 350 pozos de la red de niveles piezométricos con reposición de 100 pozos y en 101 pozos de la red de calidad de agua subterránea con reposición de 30 pozos, en los municipios localizados en la Sabana de Bogotá y/o Zona Crítica.	Campaña	1	145'000.000
Automatizar la red de monitoreo de niveles piezométricos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y/o en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.	Automatización	1	30'000.000

Cronograma

ACTIVIDAD	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Campaña de monitoreo, reposición de pozos y rediseño de niveles piezométricos y calidad de aguas subterráneas en la zona crítica y Sabana de Bogotá.	X	X	X	X	X	X	X	X				
2. Automatizar la red monitoreo de niveles piezométricos de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y/o en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá	X	X	X	X	X	X	X	X				

Elaboró

RÓMULO CAMACHO CHICO

Profesional Especializado





ANEXO N° 5. CONSERVACIÓN DE ACUÍFEROS Y MANEJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Nombre del proyecto	Número	5
PROYECTO PILOTO PARA CONSERVACIÓN DE ACUÍFEROS Y MANEJO DE ZONAS DE RECARGA EN LA ZONA CRÍTICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ		
Objetivo general		
Identificar zonas de recarga de acuíferos en la Vereda Riofrío Oriental, Municipio de Tabío y en las veredas Valle del Abra, La Punta y La Cuesta y en la cabecera municipal de Madrid, para diseñar y construir un proyecto piloto para conservación de acuíferos y manejo de zonas de recarga en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.		
Objetivos específicos		
Conocer caudales medios del río Frio y sus afluentes, su calidad y evolución a lo largo de un periodo hidrológico y evaluar la colmatación que pueda producirse en el sondeo de inyección, en la subcuenca del río Frio y Balsillas – Bojacá.		
Determinar el funcionamiento del recurso hídrico subterráneo en relación con almacenamiento, infiltración y recarga de acuíferos en la Vereda Riofrío Oriental del Municipio de Tabío y en las Veredas Valle del Abra, La Punta y La Cuesta y en la cabecera municipal de Madrid, en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.		
Establecer un modelo hidrogeológico conceptual para establecer el balance hídrico en la Zona Crítica y específicamente en la vereda río frío Oriental del Municipio de Tabío y en las Veredas Valle del Abra, La Punta y La Cuesta y en la cabecera municipal de Madrid.		
Establecer vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en la Vereda Riofrío del Municipio de Tabío y en las veredas Valle del Abra, La Punta y La Cuesta y en la cabecera municipal de Madrid, en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.		
Diseñar y construir un proyecto piloto para conservación de acuíferos y manejo de zonas de recarga en la Vereda Riofrío Oriental en el Municipio de Tabío, y en las veredas Valle del Abra, La Punta y en la Cabecera Municipal de Madrid, en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.		
Monitorear la influencia y eficacia de la inyección de caudales sobre los niveles piezométricos y efecto que produce la inyección de aguas de diferente calidad físico-química sobre el acuífero, de las subcuencas y Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, específicamente en el área del proyecto piloto.		
Justificación y beneficios		
El incremento de la demanda del recurso hídrico subterráneo ha generado sobreexplotación en acuíferos de la Sabana de Bogotá, especialmente en la Zona Crítica, debido a lo cual la CAR, para administrar el aprovechamiento del agua subterránea, ha tenido que emitir y aplicar providencias que restringen su uso.		
La sobreexplotación de los acuíferos para atender los requerimientos de desarrollos antrópicos constituye la demanda que excede la oferta de agua almacenada en los depósitos acuíferos en esta zona, los cuales no son recargados natural y suficientemente con caudales que compensen el déficit de agua, con la misma dinámica de extracción. La recarga natural ocurre a mediano y largo plazo dependiendo de porosidad de estratos geológicos, cobertura vegetal nativa que ejerce retención hídrica la cual se ha talado en gran medida e igualmente de la velocidad del flujo de agua subterránea.		
Considerando que las características naturales de las cuencas en la Zona Crítica y Sabana de Bogotá han sido intervenidas en grado mayor o menor, no es posible el desarrollo ambiental sostenible frente al abatimiento de los niveles estáticos obtenidos en las campañas de monitoreo de niveles piezométricos; por tanto, es necesario considerar viabilidad de inducir recarga artificial a los sistemas acuíferos previamente que se implemente un sistema piloto de recarga artificial, para replicar posteriormente.		



Justificación y beneficios

Es necesario planear proyectos alternos de recarga natural y artificial de acuíferos complementariamente, mediante conservación y proyección de zonas de reforestación con cobertura vegetal nativa, lo cual induce recarga natural a largo plazo y distribuida según geología y estructuras geológicas e influencia del régimen climático; los proyectos de recarga de agua subterránea implican revisar el uso del suelo en áreas municipales cuya destinación sea para conservación hídrica o similar, determinados en los planes o esquemas de ordenamiento territorial (POT o EOT), o en su defecto en los planes de manejo de cuencas – POMCA.

La implementación de un proyecto piloto de recarga de aguas subterráneas en acuíferos conducirá a la réplica masiva de proyectos de recarga que tenderán a reestablecer el balance hídrico subterráneo en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá, al inducir aguas de precipitación y escorrentía hacia los depósitos de aguas subterráneas; este proyecto piloto de recarga se debe diseñar, construir, operar, monitorear y ajustar, a fin de garantizar niveles de caudal de recarga y calidad de agua que se mezclen con las aguas en los depósitos subterráneos sin su detrimento

Descripción y alcance

LOCALIZACIÓN

Se selecciona el área de estudio para el proyecto piloto de recarga de acuíferos, teniendo en cuenta que esté considerada dentro del Plan de Ordenamiento o Esquema de Ordenamiento Territorial, como zona de reserva hídrica o recarga de acuíferos, en el uso del suelo; si el área de estudio no está definida con estas características, se procederá a tramitar ante el municipio, con apoyo de la CAR, su inclusión como zona con esta vocación.

HIDROLOGÍA

Se identificará la red hidrográfica del área de estudio identificando sistema de corrientes superficiales temporales o perennes, incluyendo fuentes hídricas sobre las cuales se hacen vertimientos. Se obtendrá información hidroclimática, se determina demanda de agua de la población e igualmente oferta.

GEOLOGÍA

Identificación en el área de la Zona Crítica, formaciones geológicas y estructuras geológicas que serán descritas litológicamente.

HIDROGEOLOGÍA

Identificación de acuíferos de extensión regional, espesor aproximado y parámetros hidrogeológicos como son capacidad específica, coeficiente de almacenamiento, transmisividad, nivel estático y dinámico, principalmente.

BALANCE HÍDRICO

Realizar el balance hídrico teniendo en cuenta precipitación obtenida de registros hidrometeorológicos, escorrentía obtenida de mediciones directas o según topografía y tipo de suelos, y evapotranspiración obtenida a partir de registros de evaporación, humedad relativa, temperatura, velocidad del viento y aplicando diferentes metodologías hidrológicas como Tometwhite, Turc, Pemman, Soil Conservation Service y otras.

RED DE MONITOREO

Considerar niveles estáticos obtenidos de red de monitoreo de niveles piezométricos y de calidad de agua subterránea que se ha establecido en la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá.

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA

Caracterización de calidad de agua realizando ensayo de dilución con marcado de toda la columna y ensayo de dilución puntual utilizando como trazador Na Cl



Justificación y beneficios

Construcción de un piezómetro para determinar la velocidad del flujo vertical que indique la conductividad hidráulica de los acuíferos.

Determinación de la clasificación de las aguas subterráneas según contenido de calcio, sodio, bicarbonato y características granulométricas.

Determinación de la línea meteórica local para establecer el grado de evaporación y la edad de las aguas de los acuíferos.

Selección de muestreos de aguas para análisis hidroquímico e isotópico para determinar variaciones espaciales en sentido norte-sur y oriente-occidente.

Elaboración de diagramas de Stiff a resultado de muestras de agua, para determinar posible contaminación de agua subterránea.

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

Elaboración del modelo hidrogeológico conceptual de la Zona Crítica de la Sabana de Bogotá para determinar el balance hídrico en términos de la evapotranspiración, precipitación, recarga directa o por goteo, escorrentía y extracción.

Complementación del modelo hidrogeológico conceptual con estudios geofísicos, vulnerabilidad a la contaminación, determinación de carga contaminante, balance hídrico, modelación matemática, construcción de piezómetros, limpieza, sellamiento y/o rehabilitación de pozos abandonados, estudio con trazadores, evaluación de la recarga utilizando varios métodos y modelo de manejo integral de aguas subterráneas.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA PROYECTO PILOTO DE RECARGA ARTIFICIAL

Actividades

AFOROS

Obtención de registros de aforos en el río Frio y sus afluentes y en el río Balsillas y sus afluentes en el área del proyecto piloto, para conocer los caudales medios y época del año en que se puede captar caudales de sus cauces y su cuantía

CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES

Obtener información de calidad de agua de los fuentes hídricas superficiales en el área del proyecto piloto en lo referente a físico-química de los iones fundamentales, contenido de sólidos en suspensión, algas, gases disueltos, a fin de determinar la interacción que puede tener esta agua en contacto con las subterráneas y el riesgo de reducción de la permeabilidad de los acuíferos por colmatación.

PRUEBAS DE BOMBEO EN EL SONDEO O POZO DE INYECCIÓN

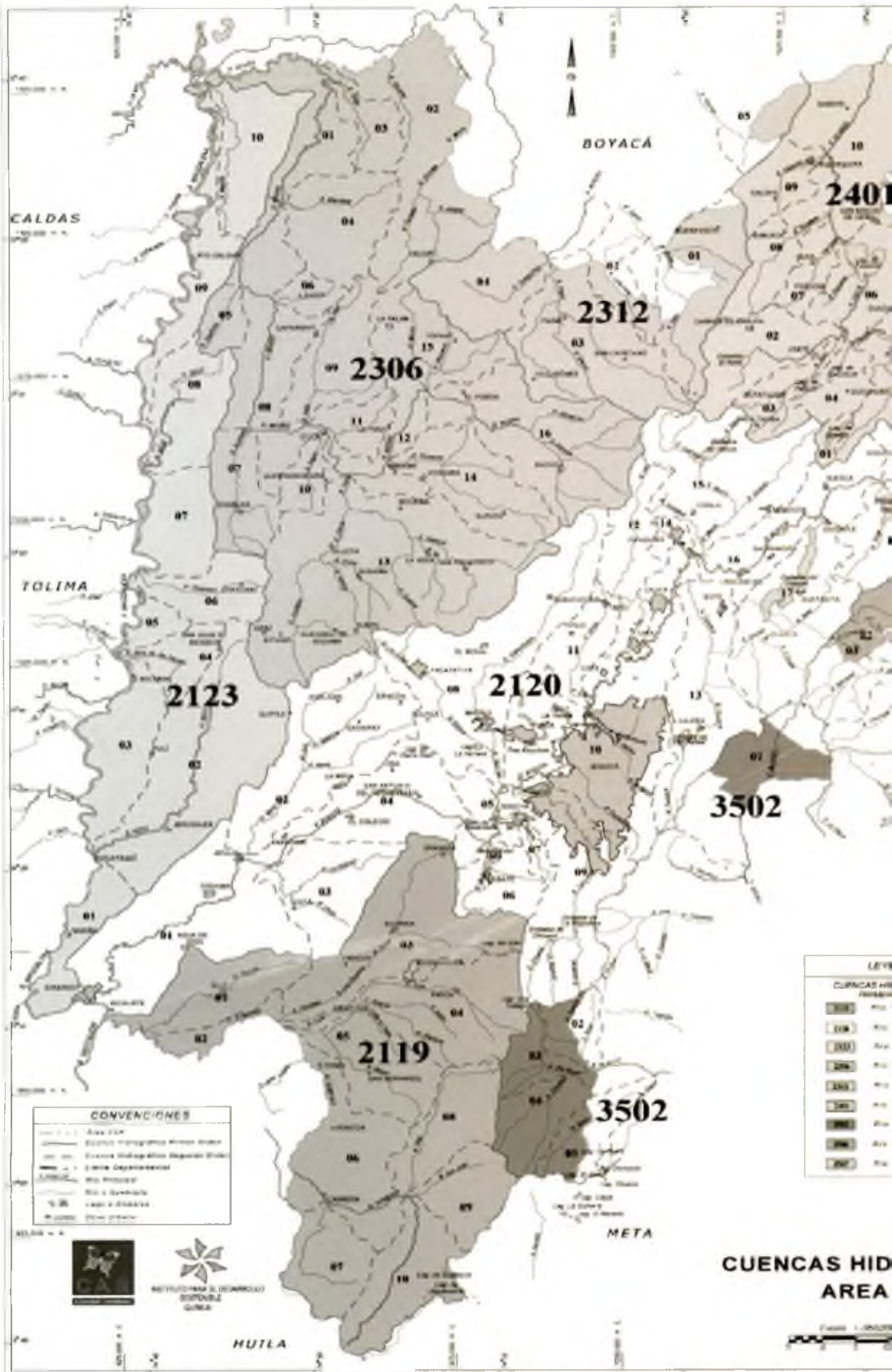
Los parámetros hidrogeológicos de los acuíferos se determinan en el pozo de inyección mediante pruebas de bombeo escalonados y a caudal constante realizados antes y después de la prueba de recarga. Por comparación entre ambos resultados se podrá determinar la posible colmatación producida o los cambios producidos por efecto de la recarga inducida en el acuífero.

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

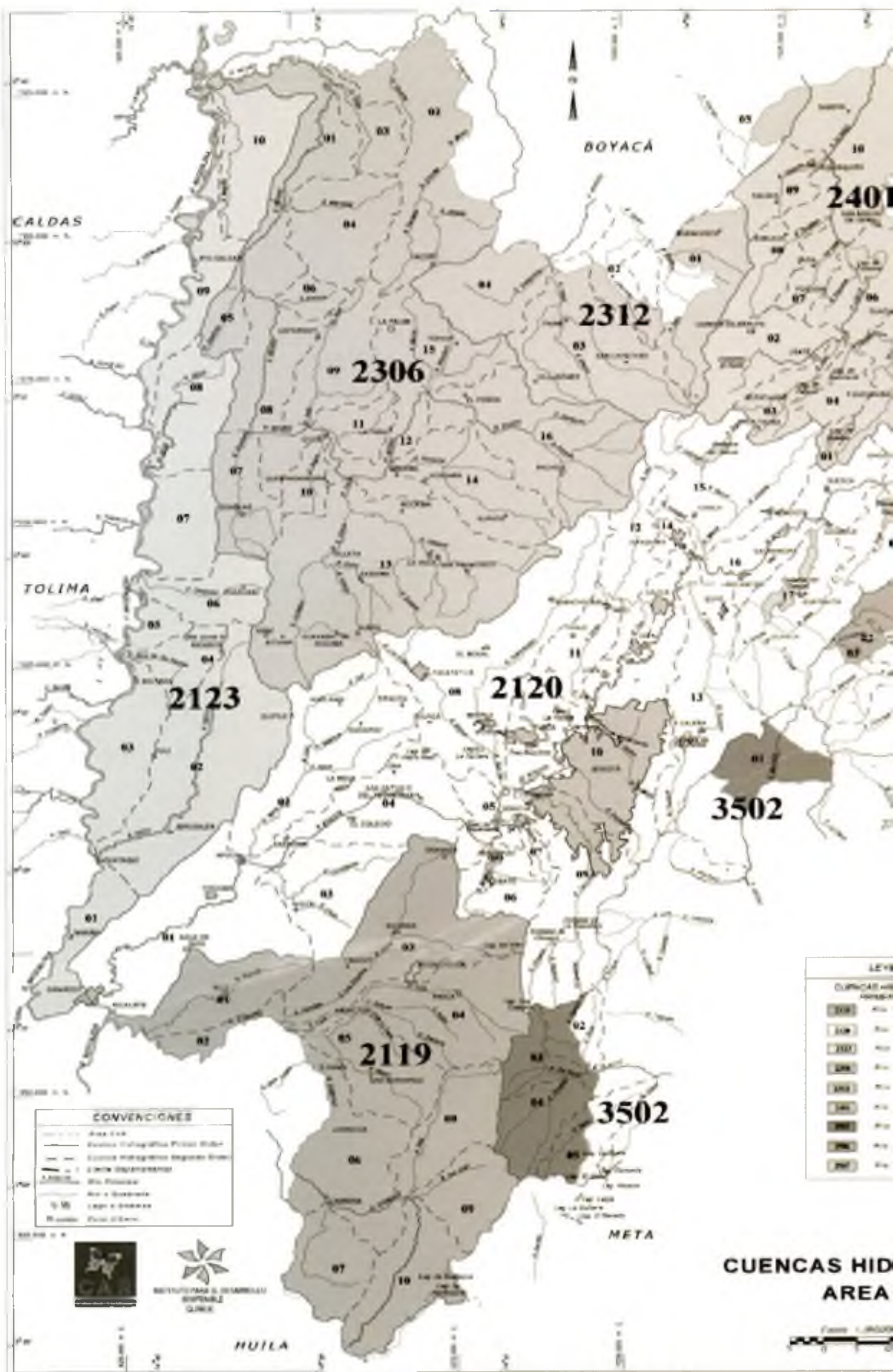
Toma de muestras de agua antes y después de la recarga en el pozo de inyección y en otros pozos próximos para detectar cambios producidos por la inyección.



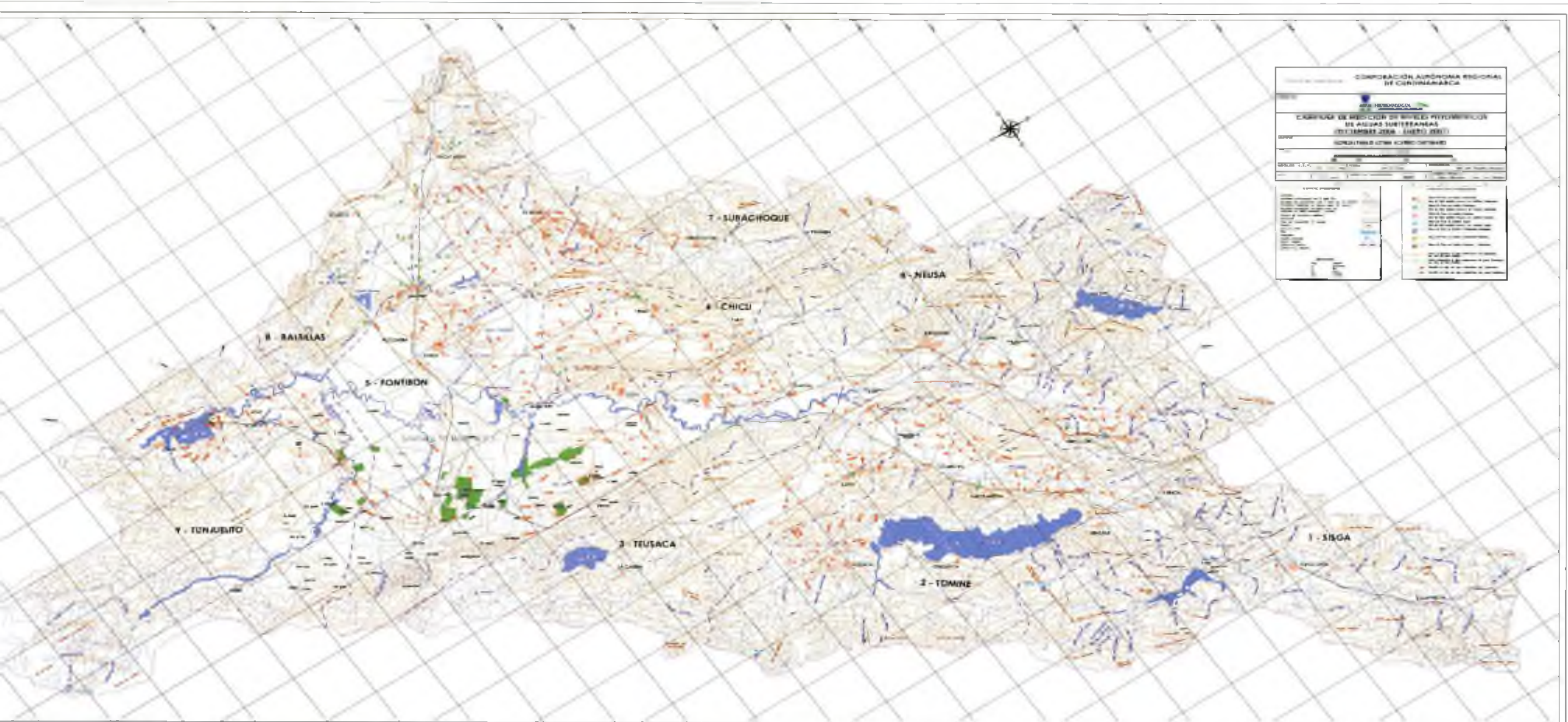
Mapa N°. 2. Localización cuenca del río Bogotá -



Mapa N°. 2. Localización cuenca del río Bogotá -

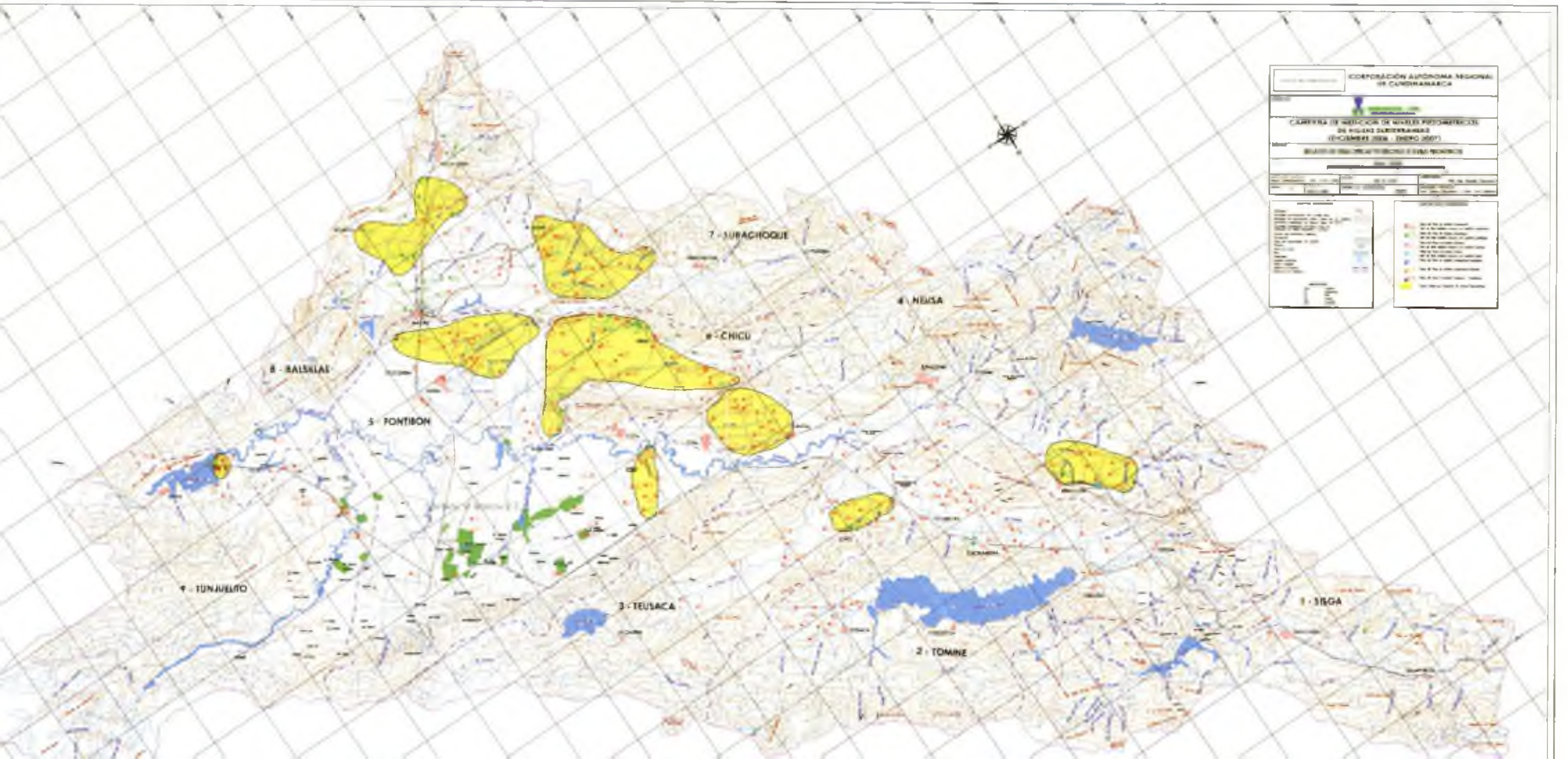


MAPA DE ISOLÍNEAS AÑOS 2006-2007



Mapa N°. 7 - Sistemas acuiferos Cuaternario y Guadalupe y Zonas Críticas en la Sabana de Bogotá

MAPA DE ZONAS CRÍTICAS AÑOS 2006-2007



Mapa N°. 9 - Localización subcuencas de la Sabana de Bogotá

