

PARTE 2 ESTUDIO PLAN MAESTRO

CAPÍTULO 1 CONDICIONES GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1 Situación Actual del Área de Estudio

1.1.1 Condición Socio-económica

(1) Área de Estudio

El Área de Estudio comprende el Distrito Capital de Bogotá (Bogotá D.C.: 1.605 km²) junto con 10 municipios del departamento de Cundinamarca (1.173 km²).

El Área de Estudio abarca 19 de las 20 localidades existentes en el Distrito Capital.

El departamento de Cundinamarca está dividido en 15 provincias, divididas a su vez en 116 municipios. En el Área de Estudio se incluyen 4 provincias y 10 municipios del departamento. De estos municipios, Soacha adquirió su estatus de municipio en 1997.

El área total del estudio comprende 1.785,7 km², correspondiente al 64% del área total del Distrito Capital más 10 municipios del departamento de Cundinamarca (Tabla-2.1-1).

Tabla-2.1- 1 Área Total del Estudio

División Administrativa			Área Total del Territorio (km ²) ¹⁾	Área de Estudio ²⁾	
Departamento	Provincia	Municipio		Área del Territorio (km ²)	Proporción (%)
Bogotá			1.605	769	48%
Cundinamarca	S.C.	1. Cajicá	53	53	100%
	S.C.	2. Chía	76	76	100%
	S.O.	3. Funza	71	71	100%
		4.			
	S.C.	Gachancipá	44	44	100%
	Guavio	5. La Calera	340	184,8	54%
	S.O.	6. Madrid	120	120	100%
	S.O.	7. Mosquera	107	107	100%
	Soacha	8. Soacha	187	185,9	100%
	S.C.	9. Sopó	103	103	100%
S.C.	10. Tocancipá	72	72	100%	
	Subtotal		1.173	1.016,70	87%
Total			2.778	1.785,70	64%

Nota: S.C.: Sabana Centro, S.O.: Sabana Occidente.

Fuente: 1) IGAC.

2) Informe final del “Estudio para el Desarrollo Sostenible de Agua Subterránea para la Sabana de Bogotá en la República de Colombia, Febrero 2003” JICA.

(2) Población

La Tabla-2.1-2 muestra el censo poblacional de Colombia y el Área de Estudio, con su respectivo ajuste.

Colombia

La población de Colombia es de 41,5 millones de personas de acuerdo al censo realizado en el 2005. El incremento poblacional durante un periodo de 12 años fue de 8,4 millones de personas de acuerdo al censo anterior realizado en 1993. La tasa de crecimiento anual durante este periodo (1993-2005) fue de 1,9%, lo que evidencia una disminución en la tasa de crecimiento comparada con la tasa registrada durante el mismo periodo entre 1985 y 1993, que fue de 2,2% de acuerdo a los censos.

El Área de Estudio

El censo poblacional del 2005 contabilizó 7,6 millones de personas en el área de estudio, un incremento de 2,2 millones respecto al censo anterior de 1993. La tasa de crecimiento entre los censos de 1993 y 2005 fue de 2,9% mostrando una leve disminución respecto a la misma durante el

periodo de 1985 a 1993 de 3,0%.

- El censo poblacional de Bogotá D.C. en el 2005 muestra un aumento de 1,9 millones de personas, equivalente a un incremento de 2,7% anual, si se compara con los datos arrojados en el censo de 1993.
- La población de los 10 municipios del departamento de Cundinamarca aumentó en 0,4 millones desde el censo de 1993. El crecimiento poblacional de esta área se redujo al 5,0% comparado con la tasa previa de 6,7%; sin embargo, el crecimiento es marcadamente alto, especialmente en los municipios de Mosquera, Chía y Tocancipá.

Tabla-2.1- 2 Población Actual y su Crecimiento en el Área de Estudio

Región	Población (1,000 personas)					Crecimiento		Número de personas por hogar (Población Ajustada)	
	Censo				Ajustada	85-93	93-05		
	1973 ¹⁾	1985 ¹⁾	1993 ¹⁾	2005 ²⁾	2005 ²⁾				
Bogotá D.C.	2.571,5	3.982,9	4.945,4	6.778,7	6.840,1	2,7%	2,7%	4,0	
Cundinamarca	1. Cajicá	12,4	20,7	29,5	44,7	45,4	4,5%	3,5%	4,2
	2. Chía	20,6	37,0	45,7	97,4	97,9	2,7%	6,5%	4,1
	3. Funza	17,6	27,2	37,8	60,6	61,4	4,2%	4,0%	5,0
	4. Gachancipá	2,6	3,4	5,5	10,8	10,9	6,4%	5,8%	5,4
	5. La Calera	11,8	15,3	17,9	23,3	23,8	1,9%	2,2%	3,6
	6. Madrid	18,1	27,0	39,2	61,6	62,4	4,8%	3,8%	6,3
	7. Mosquera	7,7	12,3	20,4	63,6	63,2	6,5%	9,9%	4,8
	8. Soacha	37,8	109,1	230,3	398,3	402,0	9,8%	4,7%	4,3
	9. Sopó	5,9	8,3	11,4	21,0	21,2	4,1%	5,2%	4,2
	10. Tocancipá	4,5	6,7	11,2	24,0	24,1	6,6%	6,6%	4,8
	Subtotal	139,0	267,0	448,9	805,3	812,3	6,7%	5,0%	4,4
(% del Depto.)	-12%	-19%	-27%	-36%	-36%	-	-	-	
Total del Área de Estudio	2.710,5	4.249,9	5.394,3	7.584,0	7.652,4	3,0%	2,9%	4,0	
Colombia	20.666,9	27.853,4	33.109,8	41.468,4	42.888,6	2,2%	2,0%	4,3	

Nota: El DANE anuncia dos tipos de población: población censada y población ajustada o reconciliada donde el error y la omisión son corregidos.

Fuente: 1) Colombia Estadística 1993-1997, DANE, 1999 y Anuario Estadístico 1997-1998, Cundinamarca.

2) Datos preliminares de la página Web del DANE.

La densidad de población (personas/km²) de Bogotá D.C. y de los 10 municipios del departamento de Cundinamarca en el 2005 fue de 8.800 y 790 respectivamente.

(3) Producto Interno Bruto Regional

La Tabla-2.1-3 muestra el producto interno bruto (PIB) de Colombia y el producto interno bruto regional (PIBR) para la ciudad de Bogotá D.C. y el departamento de Cundinamarca.

El PIB de Colombia creció un 7% en el 2006 y llegó a Col \$ 382 millones de millones (10¹²).

El PIBR de Bogotá D.C. en el 2006 creció 7,3% y llegó a Col \$ 94 millones de millones, 24,5% del PIB de Colombia. El PIBR del departamento de Cundinamarca fue de Col \$ 20 millones de millones, equivalente al 5,3% del PIB nacional.

Tanto el PIBR como el PIB han tenido un crecimiento positivo desde el 2000 a pesar del crecimiento negativo de 1999 debido al estancamiento económico.

Tabla-2.1- 3 PIB & PIBR (a precio constante del 2005)

Item	Región	2002	2003	2004	2005	2006 ¹⁾
PIB & PIBR (Col\$ miles de millones)	Colombia	309,186	323,446	338,531	357,898	382,818
	Bogotá D.C.	74,561	78,100	81,160	87,567	93,971
	Cundinamarca Dept.	15,760	17,763	17,728	18,595	20,244
Acciones al PIB Colombia	Colombia	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Bogotá D.C.	24.1%	24.1%	24.3%	24.5%	24.5%
	Cundinamarca Dept.	5.1%	5.5%	5.2%	5.2%	5.3%
Crecimiento anual	Colombia	2.5%	4.6%	4.7%	5.7%	7.0%
	Bogotá D.C.	4.1%	4.7%	5.2%	6.6%	7.3%
	Cundinamarca Dept.	-2.1%	12.7%	-0.2%	4.9%	8.9%

Nota: 1) Una figura preliminar del 2006.

Fuente: DANE.

La Tabla-2.1-4 indica el PIB y PIBR per capita.

El PIBR per capita de Bogotá D.C. fue de US\$ 3.840 en el 2005, un 44% mayor que el PIB per capita de Colombia. Por otra parte, el PIBR per capita de departamento de Cundinamarca en el 2005 fue de US\$ 2.830 en 2005, casi lo mismo que el PIB per capita de Colombia.

Tabla-2.1- 4 PIB y PIBR per Capita (a precio constante del 2005)

Item	Región	2002	2003	2004	2005	2006 ¹⁾	US\$ ²⁾
Per Capita (Col\$.000)	Colombia	7,494	7,742	8,004	8,359	8,819	3,740
	Bogotá D.C.	11,435	11,784	12,201	12,802	13,530	5,740
	Cundinamarca Dept.	6,422	6,217	6,310	6,269	6,566	3,700
Proporción con Colombia	Colombia	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-
	Bogotá D.C.	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	-
	Cundinamarca Dept.	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	-
Crecimiento Real	Colombia	1.2%	3.3%	3.4%	4.4%	5.5%	-
	Bogotá D.C.	2.4%	3.1%	3.5%	4.9%	5.7%	-
	Cundinamarca Dept.	-4.0%	10.6%	-2.0%	3.1%	7.0%	-

Nota: 1) figura preliminar para el año 2006, 2) Taza de Cambio Promedio (Col\$/US\$) en 2006: 2.358 (Ver Tabla-1.6).

Fuente: DANE.

El PIBR per capita de Bogotá D.C fue US\$ 5,740 en el 2006, valor mayor al 53% que el PIB per capita de Colombia. El PIBR per capita de Cundinamarca fue US\$ 3,700 en 2006 valor casi igual al PIB per capita de Colombia.

(4) Actividades económicas

La Tabla-2.1-5 muestra la distribución y el crecimiento del PIBR por sector económico.

Bogotá D.C.

El sector de servicios es una actividad económica predominante en Bogotá D.C. sumando el 77% del PIBR registrado en el 2006. Se destacan especialmente los sectores comercial/hotelero/restaurante, finca raíz y sectores financieros en la ciudad.

El sector industrial también juega un papel importante en la actividad económica de Bogotá D.C. representando el 23% del PIBR en 2006. Las tres industrias más grandes en Bogotá D.C. son Textiles/ropa, comida/bebidas y petroquímica.

Departamento de Cundinamarca

La agricultura es un sector económico importante en el Departamento representando el 21% del PIBR. Los principales productos agrícolas del Área de Estudio son cosechas transitorias tales como tomate, zanahoria y arveja. La floricultura también es un sector económico muy importante en el área de estudio.

El sector industrial representó el 31% del PIBR en el 2006. Las industrias más importantes del

Departamento son: 1) Comida y Bebida, 2) Cerámica y Vidrio y 3) Cemento.

Tabla-2.1- 5 Distribución y Crecimiento por Sector Económico

Item	Sector	2002	2003	2004	2005	2006 ¹⁾
Contribución al PIBR a Factor Costo	Bogotá D.C.	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Agricultura	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.1%
	Minería	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%
	Industria	22.1%	22.5%	22.5%	22.7%	22.8%
	Servicios	77.7%	77.3%	77.0%	76.8%	76.9%
	Cundinamarca Dept.	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Agricultura	24.1%	24.1%	22.0%	22.1%	20.6%
	Minería	1.8%	1.5%	1.5%	1.4%	1.5%
	Industria	28.1%	29.2%	28.9%	29.8%	31.0%
	Servicios	46.0%	45.2%	47.6%	46.7%	46.8%
Crecimiento Real del PIBR	Bogotá D.C.					
	Agricultura	-6.1%	457.6%	10839.9%	12.5%	-18.6%
	Minería	21.2%	15.0%	14.8%	18.5%	-29.3%
	Industria	5.1%	6.1%	5.8%	7.1%	7.5%
	Servicios	3.4%	4.2%	5.1%	6.4%	6.6%
	Cundinamarca Dept.					
	Agricultura	-0.6%	11.5%	-10.9%	5.5%	1.0%
	Minería	6.8%	-7.9%	-4.8%	1.9%	11.6%
	Industria	-12.0%	15.7%	-3.3%	8.4%	12.2%
	Servicios	2.8%	9.6%	3.1%	2.7%	8.8%

Note: 1) figura preliminar para el 2006

Fuente: DANE.

(1) Índice de Precios al Consumidor y Tasa de Cambio

La Tabla-2.1-6 muestra el índice de precios al consumidor (IPC) de Colombia durante ocho años. El IPC para la década de los 90's mostró un aumento por año mayor al 15%. Posteriormente en 1999 cayó bruscamente a un 9%. El IPC ha caído continuamente desde 1999 alcanzando un nivel histórico de 4,5% en el 2006 durante los últimos 15 años. Sin embargo el IPC se ha elevado en el 2008 debido a un aumento en los precios globales de artículos.

Tabla-2.1- 6 Índice de Precios al Consumidor y Tasa de Cambio

Items	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Índice de Precios al Consumidor Colombia								
(%)	7.7	7.0	6.5	5.5	4.9	4.5	5.7	7.9 ¹⁾
Tasa de Cambio (Tasa Promedio del año)								
(Col\$/US\$)	2,299.8	2,508.0	2,877.5	2,626.2	2,320.8	2,358.0	2,078	1,900 ²⁾

Note: 1) Relación Anual en Octubre 2) Promedio hasta Octubre

Fuente: 1) DANE, 2) Banco Central de Colombia.

El peso colombiano ha sido devaluado en el 2002 y 2003 a causa de la crisis financiera Suramericana. Sin embargo se ha estabilizado desde el 2004 ó incluso restaurado al nivel del año 2000 en el 2007. A finales de Octubre del 2008 la tasa de cambio del peso colombiano contra el dólar americano se cotizó en 2.290.

1.1.2 Institución para el Abastecimiento y Manejo de los recursos Hídricos

(1) Legislación Actual sobre el Manejo de Recursos Hídricos

La Constitución Colombiana de 1991 confiere al Estado la propiedad del subsuelo y de los recursos naturales y renovables. Los principales decretos, leyes y resoluciones relacionados con el manejo de los recursos hídricos son los siguientes:

<Decreto No. 2811 de 1974-Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección Ambiental>

El Decreto-Ley 2811 del 18 de Diciembre de 1974, denominado “Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección Ambiental” es la ley fundamental del manejo de los recursos hídricos. Todos los recursos hídricos en cualquier condición y en cualquier parte dentro del territorio nacional son reconocidos como recursos naturales renovables. En el Código, los recursos naturales renovables son considerados como propiedad pública de la Nación; el Estado participará en su preservación y manejo en función social. Su conservación, mejora y uso racional, deberán ser realizados con la máxima participación social para asegurar el desarrollo apropiado de los beneficios de salud, bienestar presente y futuro de la Nación.

<Decreto No. 1541 de 1978 y Acuerdo No. 10 de 1989 de la CAR>

El Decreto No. 1541 de 1978 estipula el uso de aguas no marinas con base en el Código Nacional de Recursos Renovables y de Protección Ambiental. El decreto define diferentes tipos como públicos y privados, aguas no marinas y lechos de ríos. La parte principal del decreto está destinada a establecer procedimientos para otorgar derechos sobre el uso de aguas no marinas a personas individuales incluyendo personas jurídicas.

El Acuerdo No. 10 de 1989 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) da las mismas estipulaciones para la jurisdicción de la corporación, *i.e.*, las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté, Suárez, etc.

<Ley No. 99 de 1993>

La Ley No. 99 de 1993 institucionaliza organizaciones tales como el Ministerio del Medio Ambiente, el Concejo Nacional del Medio Ambiente, el Instituto de Estudios en Hidrología Meteorología y Medio Ambiente (IDEAM), y las Corporaciones Autónomas Regionales, para la administración pública de la protección y conservación ambiental al igual que el manejo de recursos naturales renovables. La Ley también establece los deberes y jurisdicciones de las organizaciones relevantes. La Ley estipula que las Corporaciones Regionales Autónomas con independencia financiera y propiedades propias, administren el medio ambiente y los recursos renovables naturales en concordancia con las leyes y las políticas del Ministerio.

La parte superior del río Bogotá en el Área de Estudio hace parte del territorio bajo jurisdicción de la CAR. Igualmente, algunas partes de la Cuenca de río Chingaza y de la Cuenca de río Sumapaz están bajo jurisdicción de CORPOGUAVIO y CORPOORINOQUIA. En caso de que un ecosistema o una cuenca hidrográfica se extienda sobre territorios de dos o más Corporaciones Autónomas Regionales, habrá una comisión conjunta para su manejo coordinado. En caso de un centro urbano grande con una población de un millón o más habitantes, la autoridad medioambiental del gobierno local tomará las mismas funciones de la Corporación Autónoma Regional del área dentro de la zona urbana. Esta medida se aplica en el Área de Estudio siendo la SDA quien toma las funciones de manejo de recursos naturales renovables y protección del medio ambiente dentro de Bogotá D.C.

<Ley No. 373 de 1997>

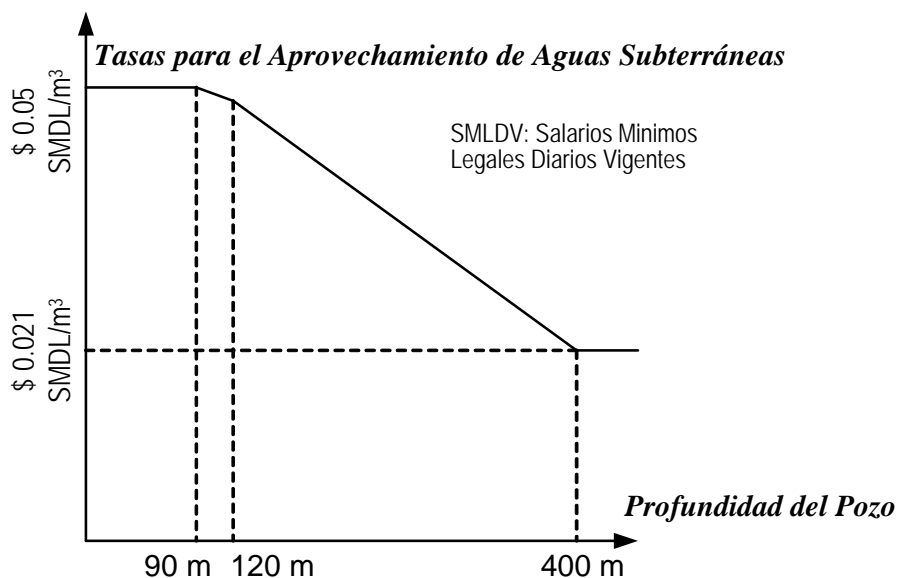
La Ley No. 373 de 1997 provee programas para el uso eficiente y ahorro del agua. Todos los municipios deberán elaborar programas para cinco años en cooperación con entidades de abastecimiento de agua, alcantarillado, irrigación, generación eléctrica, etc., para ser aprobados por las respectivas Corporaciones Autónomas y a ser entregados al Ministerio del Medio Ambiente.

<Acuerdo de la CAR No. 8 del 2000>

EL acuerdo de la CAR No. 8 del 2000, determina el cobro sobre el derecho de concesión de agua. Los cargos básicos por municipio se calculan teniendo en cuenta los siguientes factores i) aridez, ii) necesidad básica insatisfecha como condiciones socio-económicas y iii) disponibilidad de recursos hídricos. Otro factor para el calculo es la presión sobre el potencial de recurso hídrico, es decir, el porcentaje de volumen otorgado, contra la mitad de la descarga media durante las estaciones secas para el agua superficial y contra la recarga en el caso del agua subterránea. En el caso del agua subterránea el cargo es menor cuando la profundidad del pozo es mayor.

<Resoluciones del DAMA (nombre previo de la SDA) en cuanto al Manejo de aguas Subterráneas>

La Resolución No. 250 de 1997 del DAMA determina la fórmula para calcular la tasa de cobro por extracción de agua subterránea. La resolución define la tarifa para pozos con profundidades menores a 90 m, entre 90 m y 120 m, y entre 120 m y 400 m. La tarifa por un metro cúbico de agua es constante para pozos con profundidades hasta los 90 m. A partir de los 90 m la tarifa comienza a disminuir. A partir de una profundidad de 120 m hasta los 400 m la tarifa disminuye de una manera un poco mas pronunciada como se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Resolución No. 250 del DAMA, 1997

Figura-2.1- 1 Tarifa de Agua Subterránea en Bogotá D.C.

La resolución No. 251 de 1997 del DAMA obliga al registro de pozos localizados en las zonas urbanas del Distrito Capital ante la SDA.

<Legislación sobre el Manejo de Cuencas Hidrográficas>

El Decreto No. 1604 de 2002 estipula la composición de la Comisión Conjunta y sus funciones con base en la Ley No. 99 de 1993. Los miembros incluyen directores de Corporaciones Regionales o sus delegados y las autoridades medioambientales que rijan en los centros urbanos de gran tamaño. La función de la Comisión Conjunta es coordinar las actividades de: i) formulación de un plan de regulación y manejo de la cuenca, ii) aprobación del plan, iii) establecer mecanismos para la implementación del Plan, y iv) implementación de programas de instrumentos económicos. El decreto le permite a la Comisión establecer una comisión técnica de soporte para llevar a cabo sus funciones.

El Decreto No. 1729 del mismo año proporciona conceptos, objetivos, composiciones, implementaciones y la financiación para la implementación del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). El Plan consta de: a) diagnóstico, b) perspectiva, c) formulación, d) implementación y e) fases de monitoreo y evaluación. La ley No. 388 de 1997 sobre el plan de regulación de tierras, introduce el concepto de manejo de cuencas hidrográficas.

(2) Legislación sobre Prevención y Atención de Emergencias

El Decreto No. 332 del 2004 de Bogotá D.C. organiza, rige y sistematiza la prevención y atención de emergencias en Bogotá D.C. El Decreto define las situaciones de emergencia en el Distrito, las actividades para prevenir y mitigar los riesgos incluyendo el Plan Distrital de Prevención y Atención de Emergencias, el Sistema Distrital de Prevención y Atención de Emergencias, y otras disposiciones relevantes. De acuerdo al decreto, una organización encabezada por el Alcalde de Bogotá D.C. debe manejar el sistema de emergencia junto a los siguientes miembros:

- ① Alcalde Mayor de Bogotá D.C.
- ② Comité Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias.
- ③ Secretaría de Gobierno.
- ④ Director de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito.
- ⑤ Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá.
- ⑥ Comités Interinstitucionales Distritales.
- ⑦ Alcaldes Locales.
- ⑧ Comités Locales de Emergencias.
- ⑨ Cuerpo oficial de Bomberos, Cruz Roja y Defensa Civil.
- ⑩ Secretarías, Departamentos Administrativos y Entidades Descentralizadas Distritales, en cuanto a sus competencias y funciones tengan relación con las actividades de prevención y atención de desastres, calamidades y emergencias Distritales.
- ⑪ Entidades Nacionales y Regionales Públicas y Privadas en cuanto a sus competencias y funciones tengan relación con las actividades de prevención y atención de desastres, calamidades y emergencias Distritales y tengan dependencia o ejerzan funciones en el territorio del Distrito Capital.

El Comité Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias es presidido por el Alcalde Mayor del Distrito y cuenta con miembros de las secretarías y directores de los departamentos del gobierno Distrital, comandantes de policía, ejército y bomberos, el presidente de la Cruz Roja de la seccional Bogotá y Cundinamarca, el Director de la Defensa Civil de la seccional Bogotá y los gerentes de las unidades ejecutivas de servicios públicos y de compañías de servicios de utilidad pública que operan en el Distrito.

Dentro del Comité existen cinco comisiones interinstitucionales llamadas: i) Comisión de Planeación, ii) Comisión de Medio Ambiente y Vivienda, iii) Comisión de Infraestructura, Movilidad y Servicios Públicos Utilitarios, iv) Comisión de Manejo Social, Educación y Participación Pública, y v) Comisión de Operación.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (Acueducto), debe estar involucrada en actividades relacionadas con el Comité y las Comisiones de Medio Ambiente y Vivienda y con la de Infraestructura, Movilidad y Servicios Públicos Utilitarios.

El Decreto No. 423 del 2006 de Bogotá D.C. establece las políticas, objetivos generales, líneas de acción, escenarios y programa de el Plan Distrital de Prevención y Atención de Emergencias. El Decreto establece siete objetivos generales del Plan como se muestra en la Tabla-1.7. El Decreto también identifica escenarios territoriales 1) áreas rurales y naturales, 2) áreas de ladera de montaña, 3) áreas aluviales, y 4) áreas consolidadas de la ciudad y escenarios sectorizados: a) construcción, b) redes de servicios públicos c) industrias, y d) multitudes de personas (en actividades religiosas, políticas o en eventos deportivos, centros comerciales, teatros, etc.). El escenario relacionado con el abastecimiento de agua es el de redes de servicios públicos que incluyen: i) abastecimiento de agua y sistema de alcantarillado, ii) distribución de energía eléctrica, iii) abastecimiento de gas natural, iv) distribución de otros tipos de hidrocarburos, v) comunicaciones, vi) vías y transporte masivo y vii) recolección y manejo de desechos. El decreto también define los resultados esperados para cada escenario correspondientes a cada uno de los siete objetivos generales. Los resultados esperados para el escenario de redes de servicios públicos se presentan en la Tabla-2.1-7.

Tabla-2.1- 7 Resultados Esperados para el Manejo de Redes (1)

Objetivo General	Resultados Esperados
Ubicación Segura	Instrumentos de planeación territorial (Plan Ordenamiento Territorial POT y planes maestros, entre otros) reforzados con el componente de riesgo público a redes de servicios públicos (incluye mapas de vulnerabilidad).
Construcción Segura	* Normas técnicas actualizadas para la reducción de riesgo en redes. * Reducción de la vulnerabilidad funcional de los servicios públicos, transporte y redes de movilidad.
Operación Segura	* Reducción de la vulnerabilidad funcional de los servicios públicos, transporte y redes de movilidad. * Planes de Contingencia implementados para todos los sistemas de servicios públicos, transporte y movilidad.
Incluir el Manejo de Riesgo en la Cultura	* Prácticas de manejo incorporado en manejo de riesgo en el sector de educación formal * Aumento del comportamiento de protección personal en la comunidad. * Fortalecer el manejo de riesgo dentro de la cultura institucional y corporativa.
Visibilidad y responsabilidad	* Fortalecimiento del Sistema Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias (SDPAE). * Los actores públicos, privados y comunitarios deben ser técnica y económicamente responsables de sus propias actividades en lo que a generación de riesgos concierne, especialmente con empresas de servicio público y empresas de los sectores de infraestructura y movilidad. * Fortalecimiento del control social sobre redes de servicio público domésticas instaladas inadecuadamente.

Fuente: Decreto No. 423 del 2006.

Tabla-2.1-7 Resultados Esperados para el Manejo de Redes (2)

Objetivo General	Resultados Esperados
Atención Integrado de Emergencias	* Fortalecimiento de la capacidad organizacional, logística, comunicaciones y del entrenamiento para operaciones de emergencia.
	* Fortalecimiento del marco regulatorio, sistema de información y de la coordinación a nivel regional, nacional e internacional para atención de emergencias.
	* Aumento en la capacidad de preparación ciudadana, protección personal y recuperación en situaciones de emergencia.
Resistencia Frente al Desastre	* Incorporación de un sistema de planeación Distrital con políticas, organización, estructura y marco regulatorio para el proceso de recuperación de desastres en la ciudad.
	* Implementar estrategias para reducir la vulnerabilidad fiscal del Distrito en desastres naturales.
	* Implementar un plan de contingencia para la rehabilitación de redes después del evento.

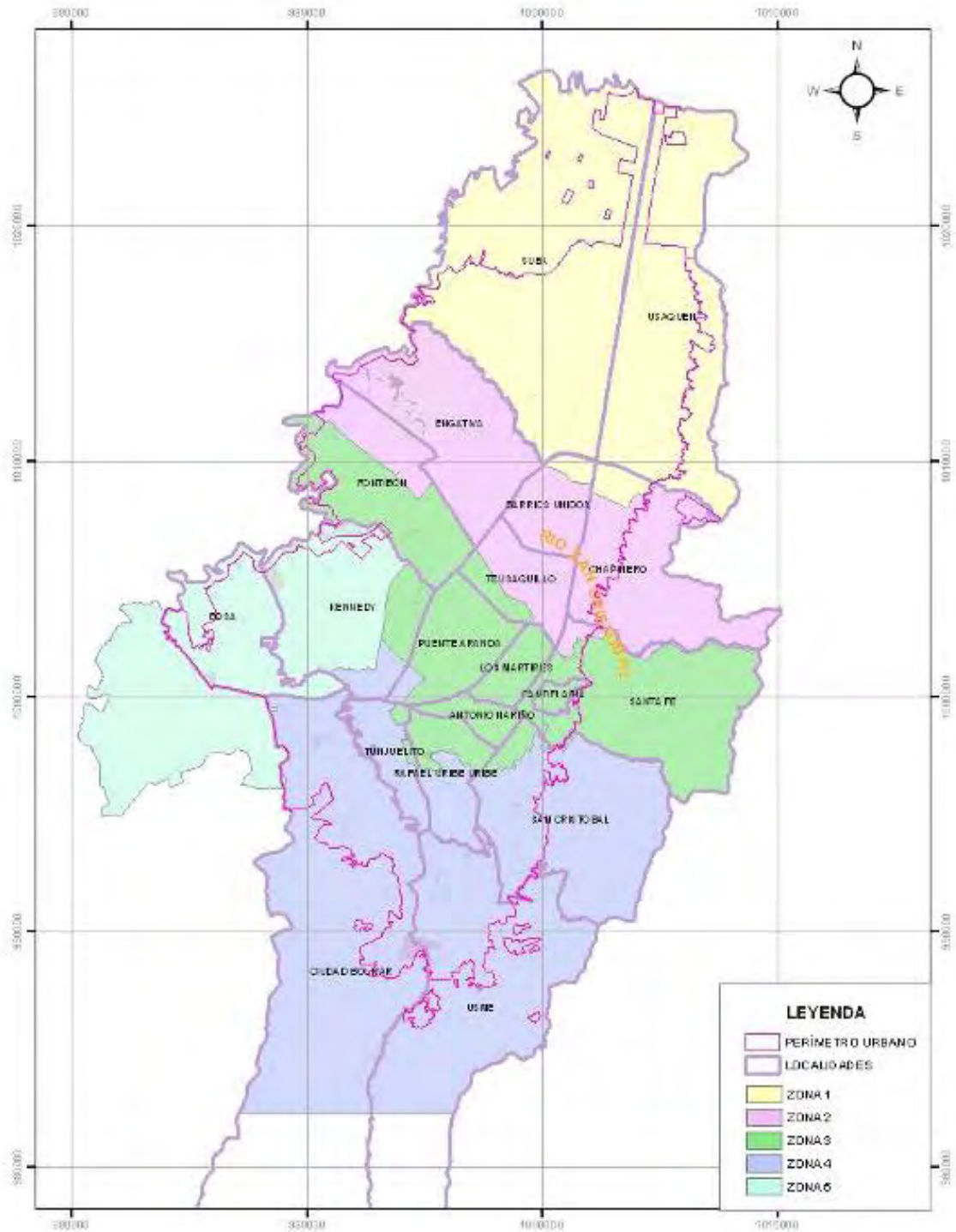
Fuente: Decreto No. 423 del 2006.

(3) Organizaciones para el Uso y Manejo del Recurso Hídrico

Las organizaciones que tienen relación con el uso y manejo del recurso hídrico son las siguientes:

<Acueducto>

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (Acueducto) es una empresa pública, sin capital privado, encargada del abastecimiento de agua y el servicio de alcantarillado en Bogotá D.C. El Acueducto también suministra agua a 10 municipios cercanos: Cajicá, Sopó, Chía, Tocancipá, La Calera, Gachancipá, Soacha, Funza, Mosquera y Madrid, con contratos en cada municipio. El Acueducto también está involucrado en actividades ambientales como la implementación de proyectos de conservación en humedales formulados por la SDA.

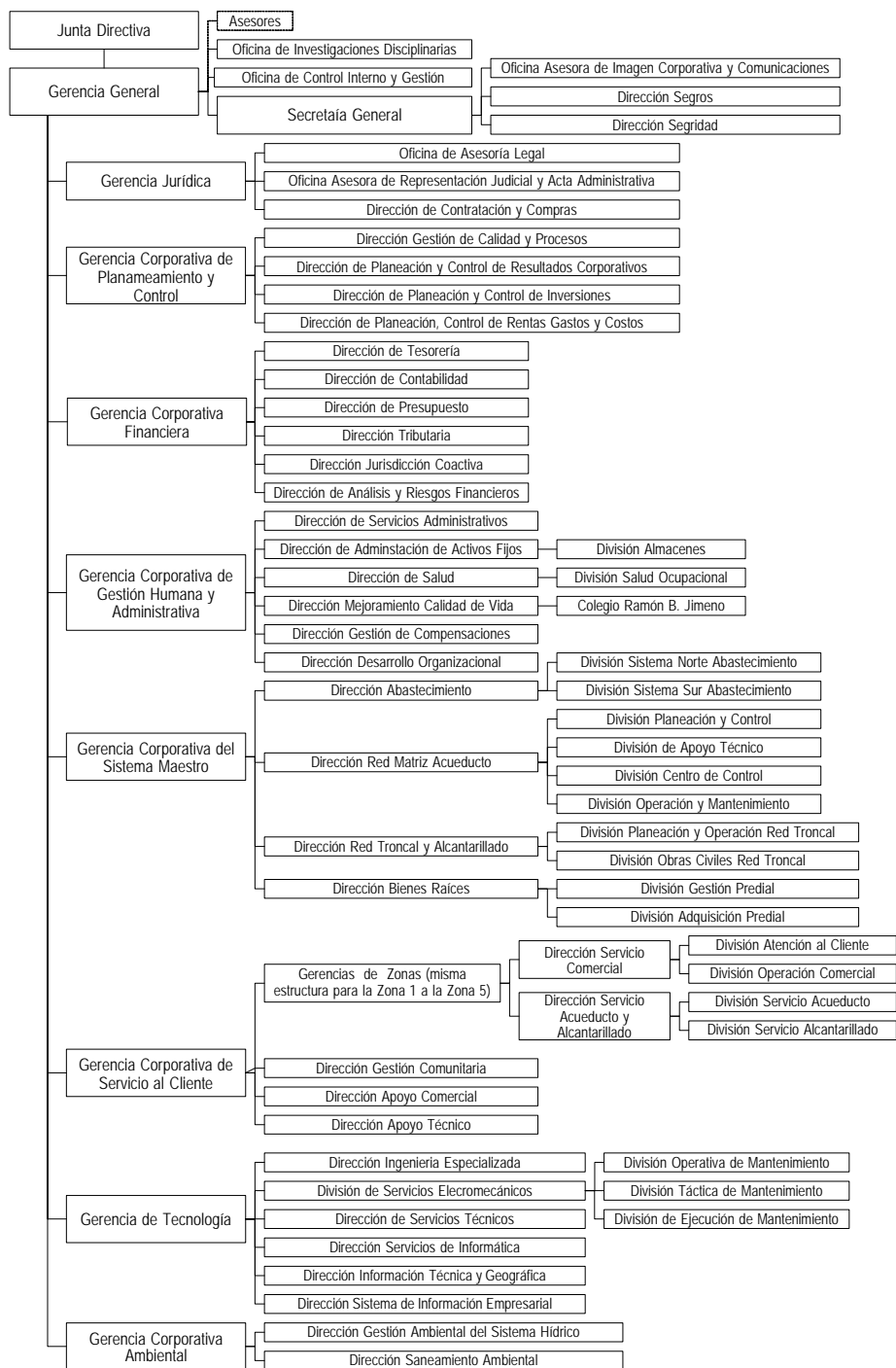


Fuente: Acueducto.

Figura-2.1- 2 Gerencias de Zonas del Acueducto

A Noviembre del 2007 el Acueducto emplea 1.765 personas. En la actualidad la mayoría de las

fuentes hídricas del Acueducto son de agua superficial. La estructura organizacional del Acueducto se ilustra en la Figura-2.1-3.



Fuente: Acueducto.

Figura-2.1- 3 Organigrama del Acueducto

La organización importante para el abastecimiento de agua y servicio de alcantarillado es la Gerencia Corporativa del Sistema Maestro, mientras que la Gerencia Corporativa de Servicio al Cliente provee la atención al cliente. El número de personal de estas dos Gerencias Corporativa por dirección y división se dan en la Tabla-2.1- 8.

El Acueducto maneja su atención a clientes a través de cinco Oficinas de Gerencia por Zonas. La oficina de la Zona 1 se ubica en Usaquén y la de la Zona 4 en Santa Lucía mientras las otras oficinas (Zona 2, 3 y 5) su ubican en la sede principal del Acueducto.

Tabla-2.1- 8 Número de Empleados en las dos Gerencias Corporativas (1)

Direcciones y Divisiones		Número de Empleados		
Gerencia Corporativa del Sistema Maestro		2		
	Dirección de Abastecimiento	39		
		División Sistema Norte de Abastecimiento	69	
		División Sistema Sur de Abastecimiento	43	
	Dirección Red Matriz Acueducto		5	
		División Planeación y Control	4	
		División Apoyo Técnico	8	
		División Centro de Control	67	
		División Operación y Mantenimiento	3	
	Dirección Red Troncal Alcantarillado		7	
		División Planeación y Operación Red Troncal	8	
		División Obras Civiles Red Troncal	3	
	Dirección Bienes Raíces		12	
		División Gestión Predial	4	
		División Adquisición Predial	5	
	Total Gerencia Corporativa del Sistema Maestro		279	
Gerencia Corporativa de Servicio al Cliente		9		
		Dirección Gestión Comunitaria	29	
		Dirección Apoyo Comercial	11	
		Dirección Apoyo Técnico	21	
	Total Centro Administrativo		70	
	Gerencia Zona 1		5	
		Dirección Servicio Comercial Zona 1		8
			División Atención al Cliente Zona 1	7
			División Operación Comercial Zona 1	11
		Dirección Servicio Acueducto y Alcantarillado Zona 1		11
			División Servicio de Acueducto Zona 1	11
			División Servicio de Alcantarillado Zona 1	56
	Total Gerencia Zona 1		109	
	Gerencia Zona 2		5	
		Dirección Servicio Comercial Zona 2		2
			División Atención al Cliente Zona 2	7
			División Operación Comercial Zona 2	12
		Dirección Servicio Acueducto y Alcantarillado Zona 2		7
			División Servicio de Acueducto Zona 2	61
		División Servicio de Alcantarillado Zona 2	61	

Fuente: Acueducto

Tabla-2.1-8 Número de Empleados en las dos Gerencias Corporativas (2)

Direcciones y Divisiones		Número de Empleados	
Total Gerencia Zona 2		155	
Gerencia Zona 3		5	
	Dirección Servicio Comercial Zona 3	4	
		División Atención al Cliente Zona 3	10
		División Operación Comercial Zona 3	13
	Dirección Servicio Acueducto y Alcantarillado Zona 3	9	
		División Servicio de Acueducto Zona 3	64
		División Servicio de Alcantarillado Zona 3	67
Total Gerencia Zona 3		172	
Gerencia Zona 4		5	
	Dirección Servicio Comercial Zona 4	Vacante	
		División Atención al Cliente Zona 4	7
		División Operación Comercial Zona 4	15
	Dirección Servicio Acueducto y Alcantarillado Zona 4	7	
		División Servicio de Acueducto Zona 4	13
		División Servicio de Alcantarillado Zona 4	67
Total Gerencia Zona 4		114	
Gerencia Zona 5		5	
	Dirección Servicio Comercial Zona 5	1	
		División Atención al Cliente Zona 5	7
		División Operación Comercial Zona 5	13
	Dirección Servicio Acueducto y Alcantarillado Zona 5	10	
		División Servicio de Acueducto Zona 5	12
		División Servicio de Alcantarillado Zona 5	71
Total Gerencia Zona 5		119	
Total Gerencia Corporativa de Servicio al Cliente		739	

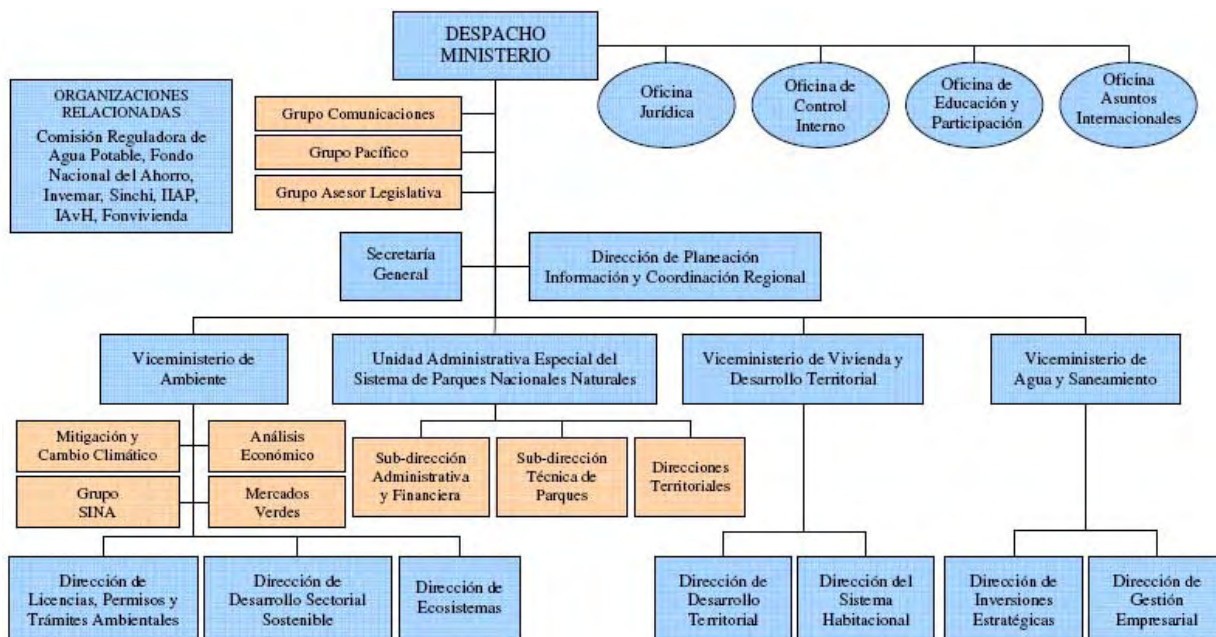
Fuente: Acueducto.

<Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial>

El Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) está a cargo del manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables tales como los recursos hídricos. El Ministerio formula políticas en estas materias a nivel nacional, mientras que las entidades regionales tales como la CAR o la SDA están encargadas de la formulación e implementación de políticas para el manejo en sus jurisdicciones. La Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales Nacionales (UAESPNN) otorga la concesión para uso del agua dentro de los Parques Naturales Nacionales.

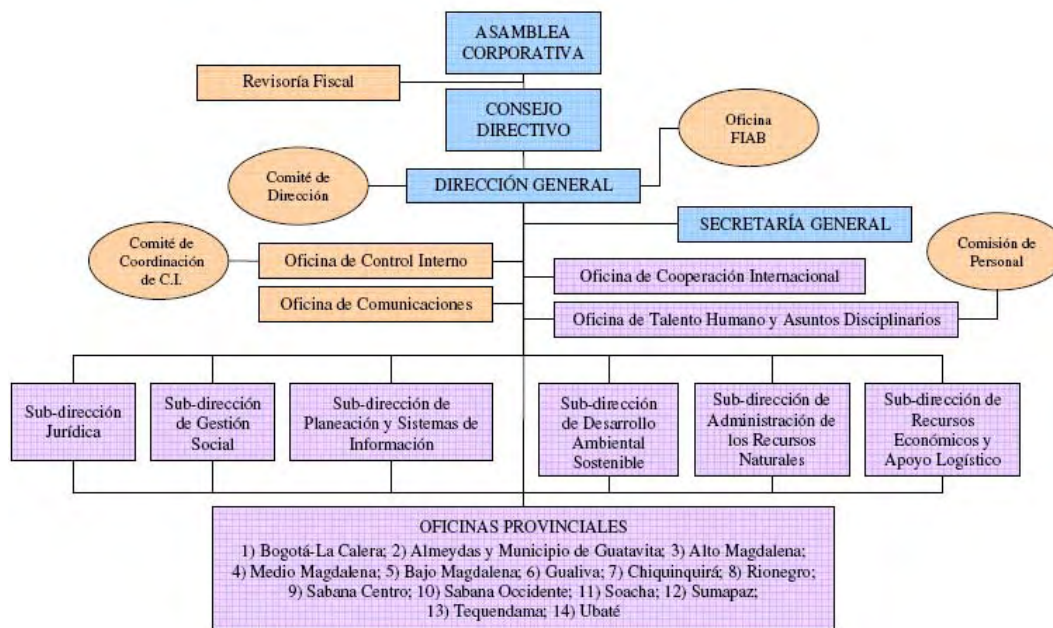
<CAR>

La CAR tiene un papel principal en la conservación del medio ambiente y en el manejo de los recursos naturales renovables, incluyendo los recursos hídricos. La CAR fue originalmente establecida como una entidad de manejo de cuencas de agua y posteriormente cambió su nombre al actual mediante la Ley No. 99 de 1993. Su territorio también ha cambiado de áreas de cuencas a áreas de unidades administrativas. Su organigrama se muestra en la Figura-2.1-5. La subdirección de Manejo del Medio Ambiente Compartido implementa el inventario de recursos naturales y analiza el uso de los recursos hídricos naturales. La Secretaría General y la Sub-Dirección Jurídica administra las licencias y permisos medioambientales.



Fuente: MAVDT.

Figura-2.1- 4 Organigrama del MAVDT

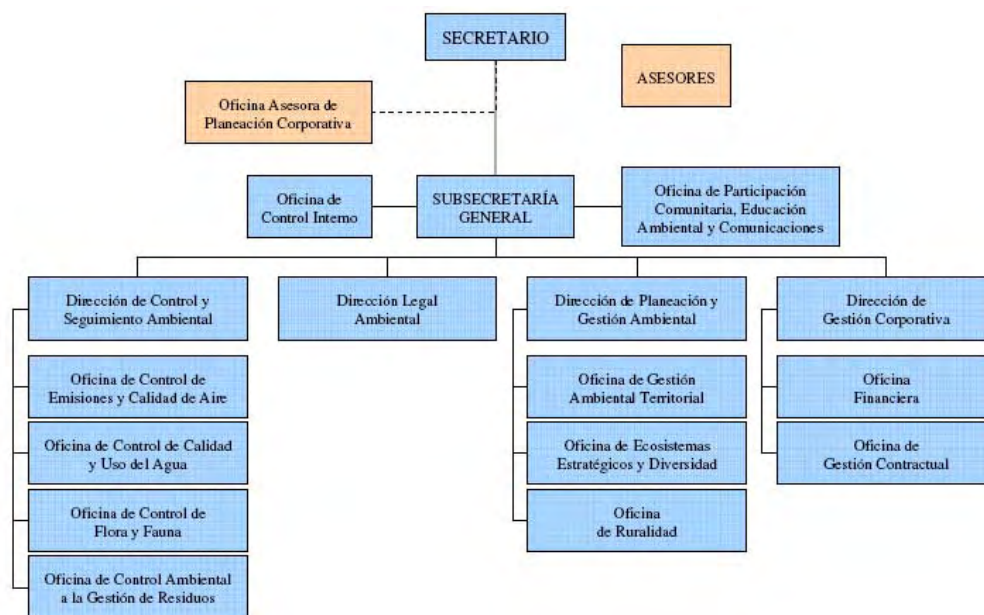


Fuente: CAR.

Figura-2.1- 5 Organigrama de la CAR

<Secretaría Distrital de Ambiente>

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) es uno de los Departamentos Técnico Administrativos del Distrito de Bogotá (Alcaldía Mayor) encargada del manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C. La SDA otorga únicamente concesiones de agua subterránea debido a la baja disponibilidad de agua superficial de buena calidad en el área.



Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente.

Figura-2.1- 6 Organigrama de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)

<IDEAM>

El IDEAM está a cargo de las investigaciones hidrológicas, meteorológicas y medioambientales. Realiza los estudios e investigaciones del Ministerio de Medio Ambiente para formular nuevas políticas.

<INGEOMINAS>

INGEOMINAS es un centro tecnológico de geología o de cualquier otra materia relacionada con el subsuelo incluyendo agua subterránea.

<CORPOGUAVIO>

La Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO) tiene jurisdicción en el área aguas arriba de la Cuenca del río Guavio. CORPOGUAVIO cumple casi la misma función de la CAR formulando políticas y planes e implementando programas y proyectos. Está autorizada para otorgar licencias medioambientales y concesión de derechos de agua en su área de Jurisdicción.

<CORPOORINOQUIA>

La Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía (CORPOORINOQUIA) tiene jurisdicción en el área aguas arriba de la Cuenca del río Orinoco. CORPOORINOQUIA cumple casi la misma función de la CAR y CORPOGUAVIO formulando políticas y planes e implementando proyectos y programas. Está autorizado para otorgar licencias ambientales y concesión de derechos de agua en el área de su jurisdicción.

1.1.3 Condiciones Naturales

(1) Meteorología

1) División Climática

La formación de recursos hídricos en una región está estrechamente relacionada con la división climática de la misma. Comúnmente se conoce que bajo un clima húmedo y lluvioso, los recursos hídricos son generalmente abundantes y por otra parte bajo un clima seco y árido, la recarga de agua superficial y subterránea es baja. Para determinar las zonas climáticas de una región, el método comúnmente empleado a nivel global es el de la división de Köppen. Esta clasificación se basa en el análisis de datos de temperatura y precipitación de la región a ser evaluada.

(a) Distinción de Patrones de Precipitación

La cuenca del Río Bogotá tiene un mínimo de precipitación mensual por encima de los 30 mm (35,6 mm) y la relación entre los meses mas húmedos y los mas secos es de 2,47 (= 97,6 / 35,6) siendo esta mucho menor a 10 (ver Figura-2.1-7). Por lo tanto su clima se clasifica dentro del Patrón Anual de Precipitación f.



Fuente: Equipo de Estudio JICA.

Nota: Promediado sobre 1727 sets de datos de 60 estaciones meteorológicas.

Figura-2.1- 7 Variación Mensual de la Precipitación en la Cuenca del Río Bogotá

(b) Cálculo de Frontera Árida

Lo mas importante al determinar la zona climática es diferenciar entre clima seco y húmedo. Para hacer esto, la frontera árida “r” se calcula mediante la siguiente formula:

$$r = 20 \times (t + x)$$

Donde “r” es la Frontera Árida la cual se define como la cantidad de agua que se evapora anualmente en una región determinada. Si la precipitación es mayor a este valor, el agua excedente es almacenada en el terreno haciendo de esta una región húmeda. Si por el contrario, la precipitación es menor que el valor de “r” la región se clasifica como seca. En la fórmula “t” es la temperatura promedio anual, y “x” es el factor determinado con base en el patrón de precipitación. Para el caso de la cuenca del Río Bogotá, este valor es igual a siete (x = 7). La temperatura promedio anual en la cuenca del Río Bogotá es de 13,3°C (ver Figura-2.1-8), por lo tanto la Frontera Árida se calcula de la siguiente manera:

$$r = 20 \times (13.3 + 7) = 406 \text{ mm}$$

(c) Clasificación Climática

Con base en el análisis de los datos meteorológicos recolectados en 60 estaciones de medición, la precipitación anual promedio en la cuenca del Río Bogotá se estima en 825 mm. Esto es más del 200% del valor de la Frontera Árida “r” calculada. Por lo tanto la cuenca del Río Bogotá se clasifica como de Clima Húmedo (C).



Fuente: Data Book (edición NAOJ) Maruzen.

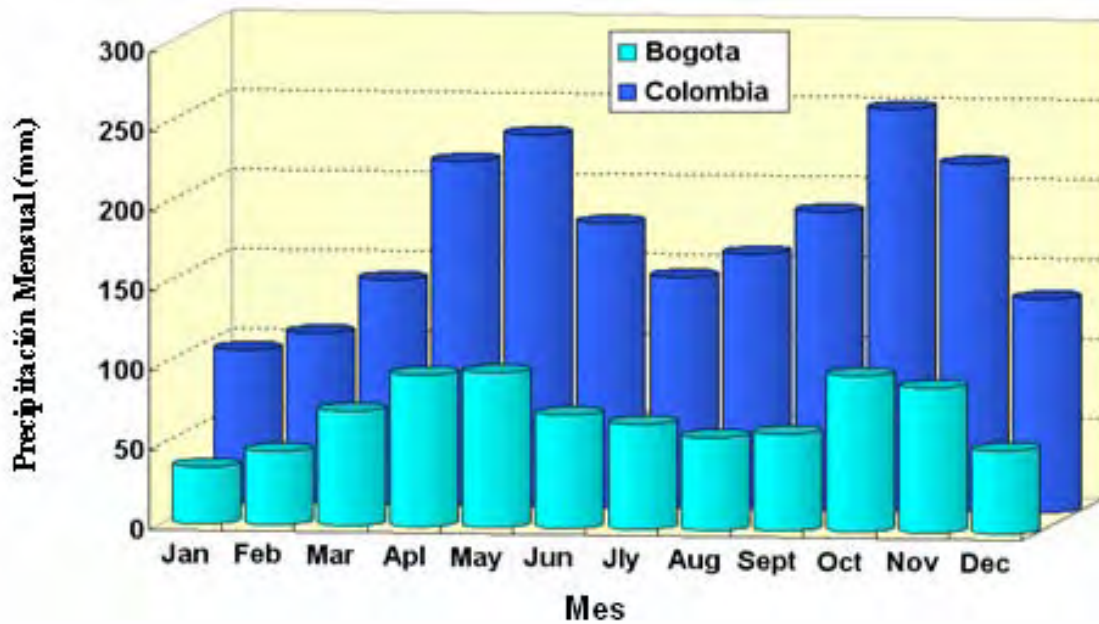
Figura-2.1- 8 Temperatura Promedio Mensual en la Cuenca del Río Bogotá

2) Variación Mensual en la Precipitación Anual

En la Cuenca del Río Bogotá la precipitación se distribuye de forma bastante uniforme a lo largo del año y la diferencia entre la precipitación mínima y la máxima mensual es pequeña. Enero es el mes con menor precipitación y la precipitación presenta un patrón bi-modal. El primer pico se presenta entre Abril y Mayo, el segundo entre Octubre y Noviembre (ver Figura-1.7). Cuando se compara el patrón de precipitación de la Cuenca del Río Bogotá con el del promedio Nacional, se identifican las siguientes dos diferencias.

Primero, aunque la Cuenca del Río Bogotá se clasifica como de clima húmedo, la cantidad de precipitación promedio en la cuenca es menor que la mitad del promedio Nacional. Los datos de precipitación promedio utilizados en esta comparación fueron calculados a partir de los sets de datos provenientes de 246 estaciones en diferentes lugares de Colombia archivados en la base de datos de la WMO (Organización Meteorológica Mundial, siglas en ingles). La precipitación en la Cuenca del Río Bogotá se ubica en el puesto 241 entre una serie de 246 sets de datos en orden descendente de precipitación. Esto indica que la Cuenca del Río Bogotá presenta una baja precipitación con relación al resto de Colombia.

Segundo, a pesar de presentar una precipitación total anual más pequeña, el patrón general de precipitación es bastante similar al del promedio Nacional, lo que implica que los vientos estacionales afectan de igual manera tanto el patrón de precipitación de la Cuenca del Río Bogotá como los de toda Colombia.



Fuente: Data Book (edición NAOJ) Maruzen.

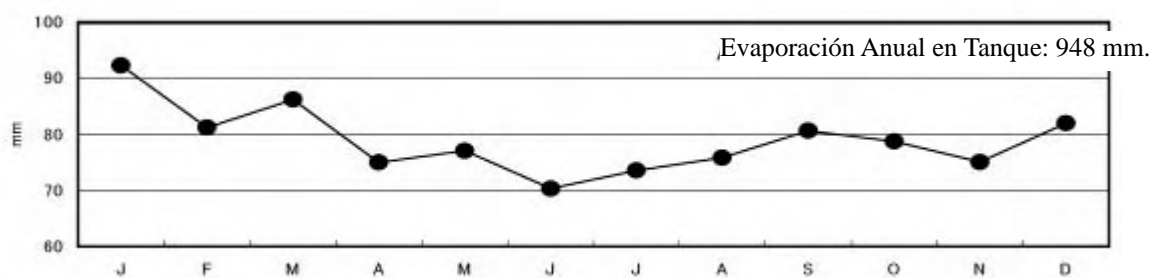
Figura-2.1- 9 Comparación de Patrones de Precipitación entre la Cuenca del Río Bogotá y toda Colombia

3) Temperatura

La temperatura mensual promedio en el Área de Estudio muestra pequeñas variaciones, entre los 13 y 14°C (Figura-2.1-9).

4) Evaporación

El patrón de fluctuación estacional de evaporación que se muestra en la Figura-2.1-10 (medida mediante datos de tanques evaporimétricos), muestra el pico más alto en Enero y el más bajo entre Mayo y Julio. Este patrón de evaporación es similar a aquel de radiación solar y horas de luz. Esto se da, ya que estos dos factores tienen una mayor influencia sobre la evaporación en tanque que la temperatura. La evaporación en el Área de Estudio se mide con un tanque evaporimétrico clase A (120 cm de diámetro y 20 cm de profundidad).



Fuente: Citado del Estudio anterior de JICA

Figura-2.1- 10 Variación Mensual de la Evaporación en una Estación Representativa de Guaymaral, Ubicada en la mitad de la Cuenca del Río Bogotá

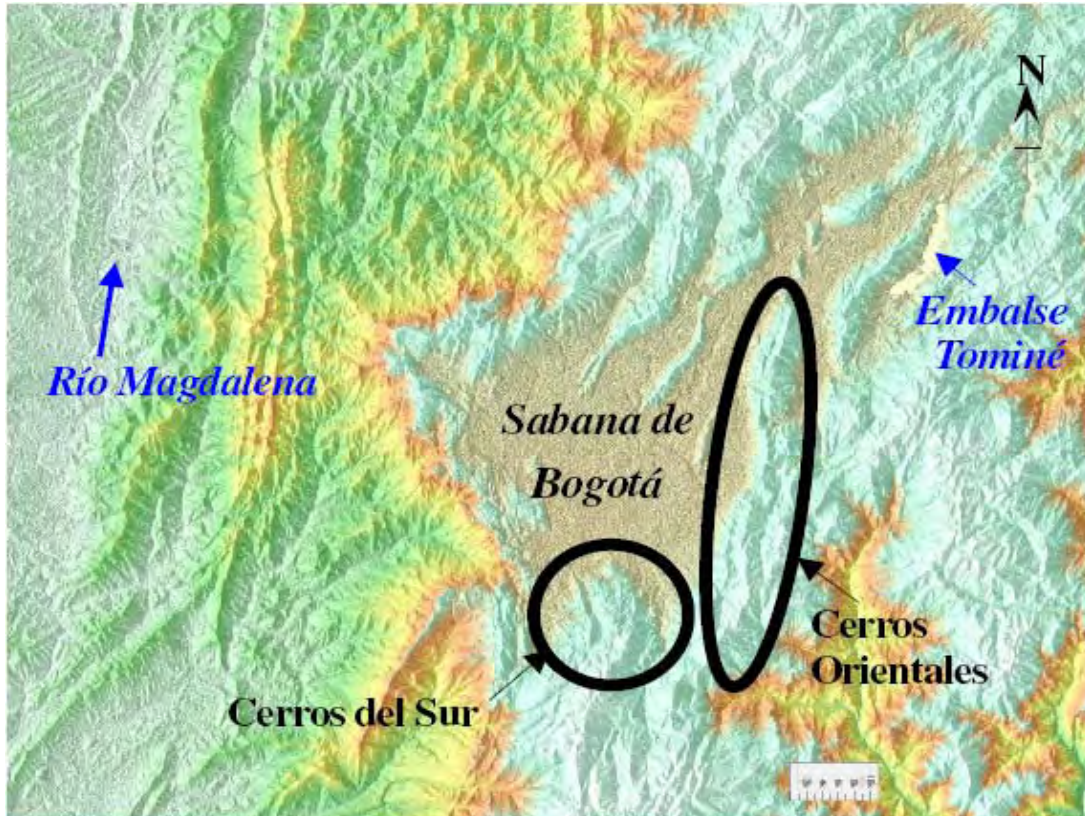
(2) Topografía y Geología

El área de estudio está localizada en la Cordillera Oriental limitada en su lado Oriental por los Cerros Orientales y en el lado Occidental por los cerros de la estribación Occidental de la Cordillera Oriental, la cual atraviesa de sur a norte la parte media del país. Esta cuenca se denomina Sabana de Bogotá. Su elevación está entre 2.500 y 2.600 m.s.n.m. y la superficie dominante del terreno es casi plana.

Por otro lado, la cuenca está rodeada por una Cordillera y un Cerro. El lado oriental y norte de la cuenca forman pendientes marcadas que determinan la cresta principal de la Cordillera Oriental. En

cuanto a la vertiente sur y occidente, las montañas y cerros se dividen con una pendiente suave hacia la Sabana. El lado occidental de estas montañas y cerros forma la pendiente occidental de la Cordillera Oriental, y baja hasta el río Magdalena con una marcada inclinación (Figura-2.1-11). Los lineamientos que tienen dirección NNE-SSW o NE-SW que reflejan una estructura geológica se destacan alrededor de la Sabana de Bogotá.

El área de estudio consta de dos partes. Una de ellas es el área de montañas que atraviesa de sur a norte el lado oriental de la Sabana de Bogotá (llamada “Área de los Cerros Orientales”). La otra es el cerro que se extiende en la parte sur de la Sabana de Bogotá (llamada “Área de los Cerros Sur”).



Fuente: Equipo de Trabajo JICA.

Figura-2.1- 11 Características Geográficas de la Sabana de Bogotá (de Acuerdo con Misión Topográfica Radar Shuttle MTRS)

El mapa geológico de la Sabana de Bogotá donde se encuentra el área de estudio se muestra en la Figura-2.1-12. La Sabana de Bogotá está compuesta de rocas sedimentarias y sedimentos del Cretáceo-Cuaternario con ausencia de rocas ígneas. En el Área de Estudio se encuentran formaciones superiores a la Formación Chipaque del Cretáceo.

La estructura geológica de la Sabana de Bogotá se caracteriza por la repetición anticlinal y sinclinal con ejes en dirección NNE-SSW o NE-SW. La falla de gran escala es principalmente longitudinal a lo largo de la estructura geológica tal como se ha mencionado. Sin embargo la estructura geológica del área de los Cerros del Sur es irregular en parte por una falla en dirección NW-SE. Los rasgos geológicos del Cretáceo y del Cuaternario en el área de estudio se resumen a continuación.

1) El Cretáceo

El Cretáceo en el área de estudio se divide en cuatro formaciones: Formación Chipaque, Formación Arenisca Dura, Formación Plaeners y Formación Labor-Tierna en la parte inferior. El origen de todas ellas es de sedimentos marinos y de las rocas de sal de Zipaquirá al norte de Bogotá las cuales fueron formadas en el mar Cretácico.

<Formación Chipaque>

La Formación Chipaque consta principalmente de arcillolitas con presencia ocasional de capas de

arenisca, lodolitas y limolitas silíceas. El espesor de la formación es de alrededor de 1.000 m. Puede ser clasificado desde el punto de vista hidrogeológico como una barrera o sustrato impermeable en el Área de Estudio.

<Formación Arenisca Dura>

La Formación Arenisca Dura está representada por capas gruesas compuestas por areniscas intercaladas con pequeñas cantidades de lodolitas y capas chart. El espesor de la Formación es alrededor de 320 m. Dado que está compuesta principalmente por areniscas, se pueden desarrollar muchas grietas a lo largo del movimiento geotectónico y se puede formar un excelente acuífero debido a la a la generación de porosidad secundaria por fracturamiento.

<Formación Plaeners>

La Formación Plaeners consta principalmente de capas delgadas de lodolitas y limolitas, ocasionales de chart y areniscas en menor proporción. El espesor de la Formación es de alrededor de 100 m. Dado que está compuesta principalmente por sedimentos de grano fino puede ser considerada como una capa semi-impermeable.

<Formación Labor-Tierna>

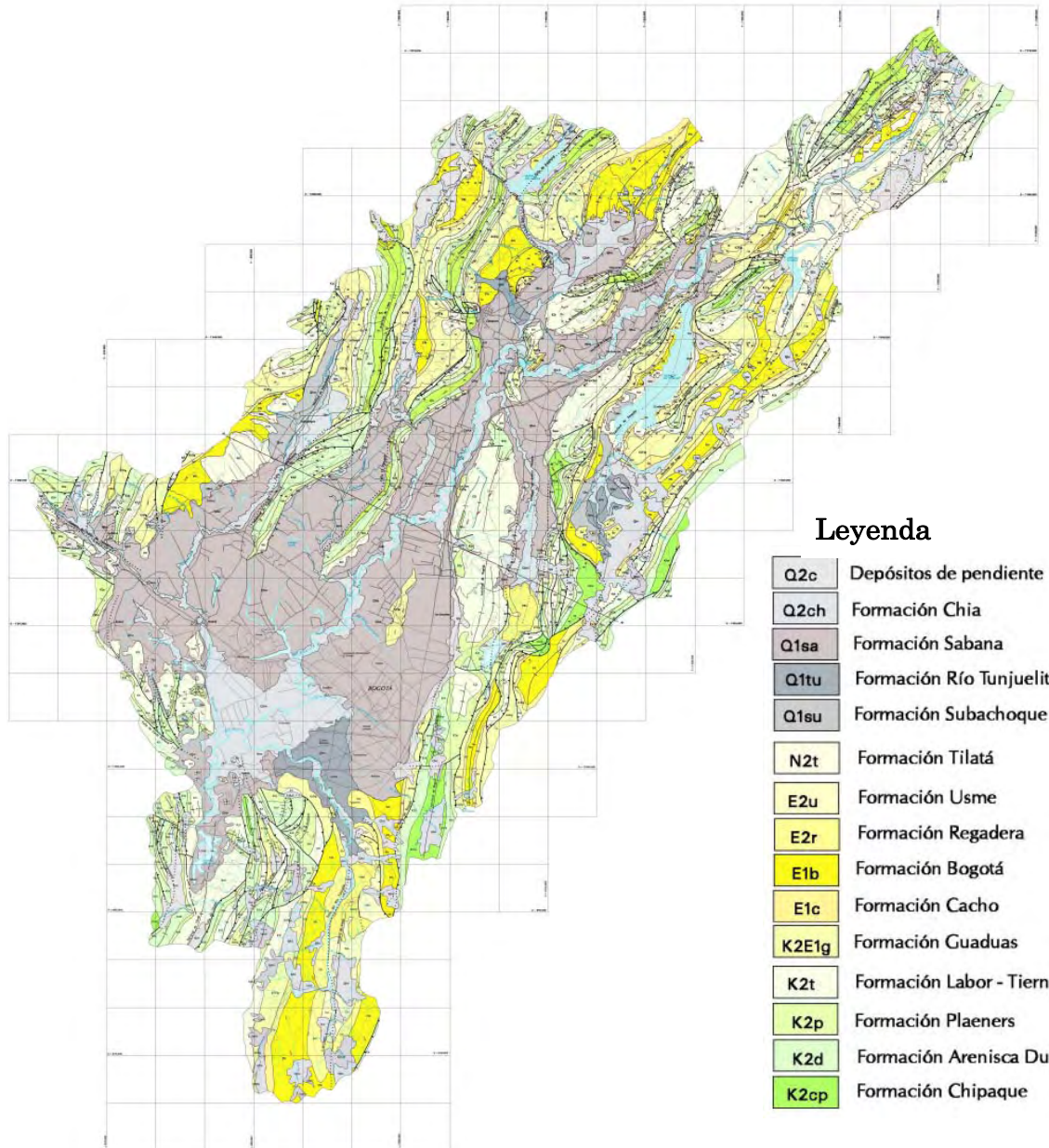
La Formación Labor-Tierna consta principalmente de areniscas intercaladas con cantidades muy pequeñas de lodolitas. El espesor de la Formación es alrededor de 100 m. Dado que está compuesta principalmente por areniscas, se pueden desarrollar muchas grietas a lo largo del movimiento geotectónico y se puede formar un excelente acuífero.

2) Terciario

El Terciario en el área de estudio está dividido en cinco formaciones desde la base a la superficie: Formación Guaduas, Formación Cacho, Formación Bogotá, Formación La Regadera y Formación Usme en la parte inferior. El Terciario se localiza en la estribación ó pie de monte de los Cerros Orientales formando una topografía suavemente ondulada, la cual contrasta con la topografía escarpada o fuerte del Cretáceo en los Cerros Orientales. La Formación Usme como el tope del Terciario está distribuida únicamente en la Cuenca del río Tunjuelo en la parte sur del área de estudio. Los estratos después de la Formación Usme son sedimentos continentales porque el movimiento orogénico comenzó en la mitad del Paleoceno. Se piensa que el Cretácico fue cubierto ampliamente por la formación marina de Guaduas en un comienzo, pero luego la formación Guaduas fue erosionada por eventos glaciales. Actualmente el Cretáceo está expuesto directamente en la mayor parte de las montañas en el área de estudio.

3) Cuaternario

El Cuaternario en el área de estudio consiste de la Formación Tilatá del Pleistoceno y del Aluvión del Holoceno. El Cuaternario conforma la parte plana en el área de estudio. El Cretácico y el Terciario fueron ampliamente erosionados por glaciares en el Pleistoceno. Ahora los sedimentos gruesos de glaciador se acumulan en la Sabana de Bogotá.



Fuente: INGEOMINAS.

Figura-2.1- 12 Mapa Geológico del Área de Estudio

(3) Hidrología

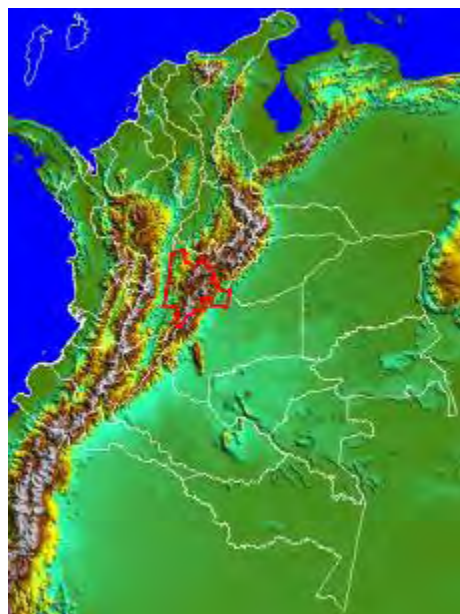
1) Sistema del Río

El Área de Estudio cubre las cuencas de ríos de Bogotá D.C. siendo su río principal el Río Bogotá. La cuenca se ubica en el Departamento de Cundinamarca, más específicamente en la parte alta de la Cordillera de Los Andes, formando una cuenca hidrográfica. Las áreas circundantes a la cuenca son de tipo montañoso y ayudan a la captación de agua en la Cuenca del Río Bogotá. Los sedimentos aluviales se encuentran ampliamente distribuidos en el centro de la cuenca donde yace el área urbana de Bogotá D.C. El área de la cuenca es de 4.396 km² y presenta una forma alargada que se extiende en dirección NE-SW como se muestra en las Figura-2.1-35.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-2.1- 13 Ubicación del Departamento



Fuente: Equipo de Estudio JICA

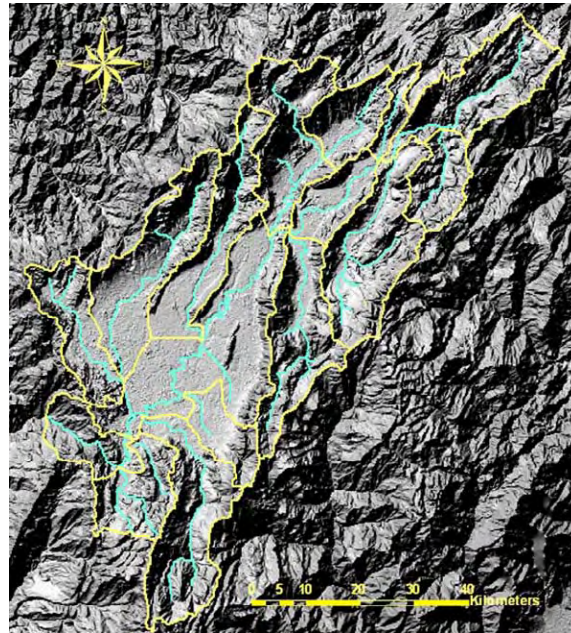
Figura-2.1- 14 Topografía de Colombia de Cundinamarca



Fuente: US-NASA

Figura-2.1- 15 Ubicación y Topografía de la Cuenca del Río Bogotá

El nacimiento del río Bogotá se origina en la parte nororiental de la cuenca y fluye hacia el sur-occidente. El río eventualmente fluye fuera de la cuenca en el sur-occidente desde el punto donde se ubica el Salto del Tequendama. El río tiene varios afluentes a través de la cuenca. La división convencional de la cuenca ha sido examinada y redefinida con base en los datos del DEM (90 m malla SRTM DEM, USNASA). Como resultado, la Cuenca del Río Bogotá ha sido dividida en un total de 16 partes que consisten en la subcuenca del caudal principal y otras 15 subcuencas primarias como se ilustra en la Figura-2.1-15 y Figure-2.1-17.



Fuente: US-NASA

Figura-2.1- 16 Subdivisiones Distinguidas de la Cuenca del Río Bogotá basadas en datos DEM



Fuente: US-Nasa características Básicas del Régimen del Río

Figura-2.1- 17 Divisiones Redefinidas de la Cuenca del Río Bogotá

(d) Volumen de Caudal Promedio

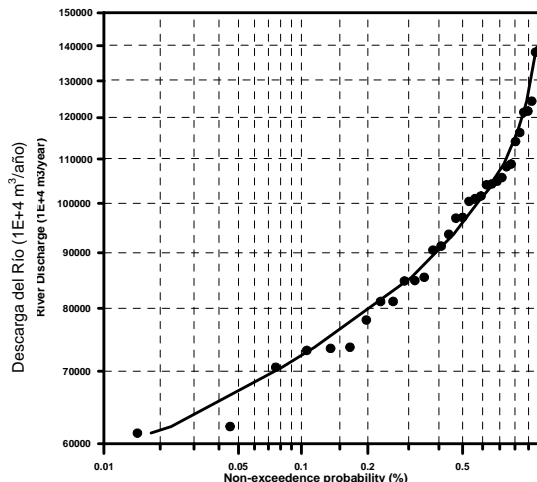
El análisis hidrológico reveló que el volumen promedio del caudal al salir de la Cuenca del Río Bogotá (por el sur-occidente) es de $1,07 \times 10^9 \text{ m}^3$ (aproximadamente $33,9 \text{ m}^3/\text{s}$).

(e) Fluctuación Anual del Caudal

El Coeficiente de Régimen del Río (CORRs) o la relación del caudal anual máximo y mínimo está entre 2,16 y 11,05. El Coeficiente de Variación (CV) fue calculado entre 0,24 y 1,04 con la duración del periodo de observación considerado.

(f) Probabilidad de Fluctuación del Caudal

La estación de observación del caudal del río Las Huertas, localizada a la salida de la Cuenca del Río Bogotá cubre un área de captación de 4.257 km². Esto equivale a más del 96% del área total de la Cuenca del Río Bogotá. Por lo tanto, el registro del caudal en esta estación se considera representativo para toda la Cuenca del Río Bogotá. La Figura-2.1-18. muestra un diagrama de distribución de probabilidad de la descarga anual del río para esta estación.



Fuente: Equipo de Estudio JICA.

Nota: Los puntos representan valores calculados por el método de Hazen, y la curva es un ajuste log Normal.

Figura-2.1- 18 Distribución de la Probabilidad de Descarga del Río en la Estación Las Huertas

(g) Variación del Caudal Anual

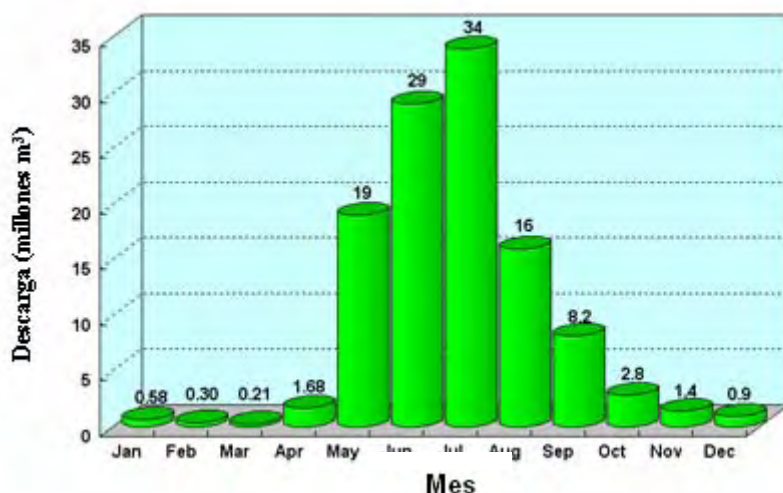
La descarga mensual del río es relativamente estable a través del año, reflejando el patrón de precipitación anual previamente discutido. El patrón de variación mensual promedio de la descarga para los 37 ríos analizados se muestra en la Figura-2.1-19. El patrón de descarga presenta dos picos en Mayo y Noviembre, lo que se compara con la distribución bi-modal de la precipitación mensual. Sin embargo, la relación entre descarga mensual máxima y mínima es de 2 mientras que la misma relación para la precipitación es cercana a 3.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-2.1- 19 Variación Mensual Promedio de la Descarga para 37 ríos en la Cuenca del Río Bogotá

A manera de comparación, se presenta un ejemplo de la descarga mensual de un río en una región árida (Figura-2.1-20). El río se encuentra en la cuenca extremadamente árida de Turpan al nor-occidente de China.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-2.1- 20 Ejemplo de la Variación en la Descarga Mensual en la Cuenca de Turpan

En regiones áridas, la recarga de agua subterránea al caudal del río es limitada y los caudales del río son mantenidos principalmente por la escorrentía de lluvia directa. Por esta razón, la mayoría del caudal se concentra durante la temporada de lluvias. En este ejemplo, la relación entre la descarga mensual máxima durante la temporada de lluvias y la descarga mensual mínima durante la temporada de sequía es mayor a 150.

(4) Hidrogeología

1) Clasificación de Acuíferos

Cada estrato distribuido en el Área de Estudio está caracterizado por su edad geológica y facies de sus rocas. Se clasifican de acuerdo a su carácter hidrogeológico como se muestra en la Tabla-2.1- 9.

Tabla-2.1- 9 Clasificación de Acuíferos en el Área de Estudio

Edad		Estratigrafía	Facies de las Rocas	Modo	Permeabilidad General
Cuaternario	Holoceno	Aluvial	Arcilla, limos, arena, grava	Medio Poroso	Alta-Baja
	Pleistoceno	Formación Terraza	Arcilla, arenisca arcillosa, arena		Media-Baja
		Formación Sabana	Arcilla, arenisca arcillosa, arena		Media-Baja
		Formación Tilatá	Arena y grava, limos, arcilla (consolidada)		Alta
Terciario	Oligoceno	Formación Usme	Arcillolita	Medio Poroso – Fisurado	Baja
	Eoceno	Formación Regadera	Arenisca, conglomerado, Arcillolita	Medio Fisurado	Baja
		Formación Bogotá	Arcillolita, caliza, arenisca		Media-Baja
	Paleoceno	Formación Cacho	Arenisca, conglomerado	Medio Fisurado	Alta
		Formación Guaduas	Arcillolita, lutita fisil		Media-Baja
Cretáceo		Grupo Guadalupe	Arenisca, limolita, lutita fisil	Medio Fisurado	Alta-Baja
		Formación Chipaque	Lutita fisil, arenisca		Baja

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(a) Características de los Acuíferos

Los acuíferos en el Área de Estudio se clasifican en tres tipos, como se muestra a continuación:

- i) Acuífero Cuaternario.
- ii) Acuífero Terciario.
- iii) Acuífero Cretáceo.

Los acuíferos anteriores consisten de formaciones permeables e impermeables intercaladas. Por lo tanto los acuíferos están limitados a las formaciones permeables en ellos.

Acuífero Cuaternario

El agua subterránea actualmente bombeada por los pozos en el Área de Estudio está almacenada en capas de arena y grava de la Formación Sabana. El Acuífero Cuaternario consiste de capas de arena y grava que se distribuyen irregularmente a diferentes profundidades con pobre continuidad.

Acuífero Terciario

El terciario en el Área de Estudio consiste principalmente de sedimentos arcillosos. Solo pequeños estratos de arena y grava incluidos localmente en el estrato arcilloso pueden formar el acuífero. El desarrollo a gran escala de agua subterránea en el terciario es difícil ya que el acuífero es muy pequeño.

Acuífero Cretáceo

El sistema Cretáceo en el Área de Estudio consiste del Grupo Guadalupe (Formación Labor-Tierna, Formación Plaeners y Formación Arenisca Dura) y la Formación Chipaque. El Grupo Guadalupe forma un excelente acuífero incluyendo formación de arena. Por otro lado la Formación Chipaque consiste principalmente de lutita y no se considera como un buen acuífero.

(b) Estructura Hidrogeológica

La estructura hidrogeológica del Área de Estudio esta fuertemente dominada por una estructura geológica complicada, donde la distribución y continuidad de acuíferos esta influenciada por fallas y plegamientos. Al parecer los acuíferos Cuaternario, Terciario y Cretáceo forman acuíferos confinados. El acuífero superficial del Cuaternario al parecer forma un pequeño acuífero no confinado.

El agua subterránea está también confinada en los acuíferos Terciario y Cuaternario. El nivel estático de agua subterránea del Cuaternario, Terciario y Cretáceo esta entre -50m y -20m del nivel del suelo. Aunque la profundidad de estos acuíferos es diferente, sus niveles estáticos de agua subterránea son similares. Esto sugiere que existe una conexión hidrogeológica entre los tres acuíferos.

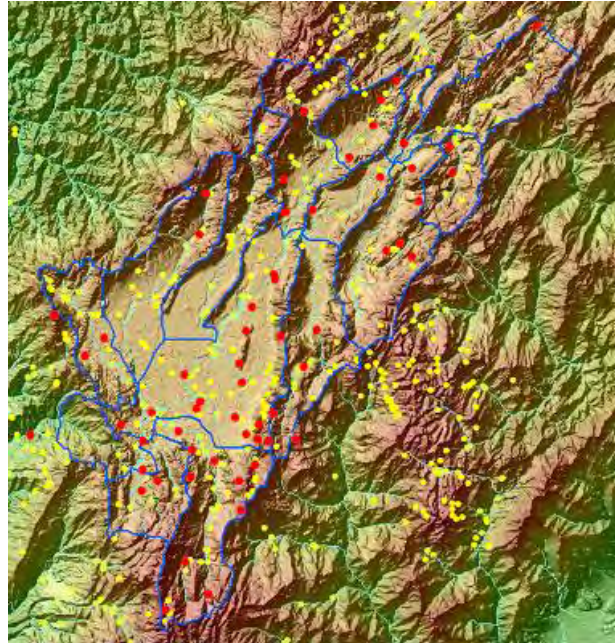
1.2 Recursos Hídricos en el Área de Estudio

1.2.1 Agua Superficial

El agua superficial es el recurso hídrico más importante en la Cuenca del Río Bogotá y se usa en varios sectores. Dadas las características topográficas de la cuenca no hay entradas de agua superficial ni subterránea de otras cuencas, a menos que el agua sea transferida artificialmente a través de una línea divisoria de agua. Por lo tanto la precipitación es la única fuente para reabastecer los recursos hídricos en la Cuenca del Río Bogotá. Una parte de la precipitación directa es almacenada artificialmente y utilizada para la floricultura y otras actividades.

(1) Análisis de la Precipitación en la Cuenca del Río Bogotá

Los datos de precipitación diarios utilizados en este estudio se obtuvieron de la CAR, Acueducto, IDEAM y otras instituciones relevantes para un total de 60 estaciones de observación. El set de datos consiste de datos colectados en el estudio anterior de JICA más algunos datos nuevos obtenidos en éste estudio. La ubicación de las estaciones de observación de donde se recolectaron los datos se muestra en la Figura-2.2-20.



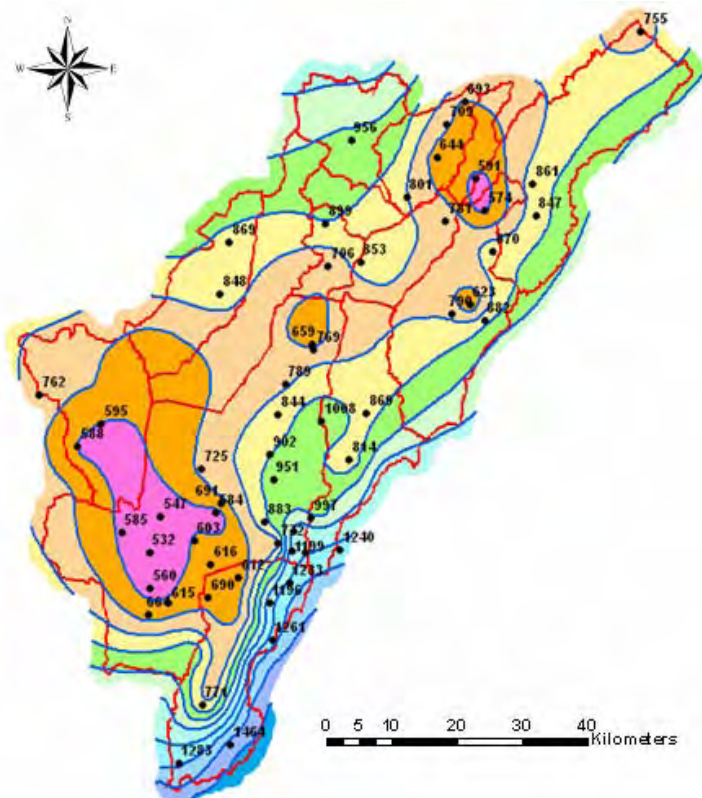
Nota: Los círculos amarillos representan estaciones manejadas por instituciones relevantes y los rojos representan estaciones de donde se recolectaron nuevos datos. Las ubicaciones están de acuerdo a la base de datos Geo del Acueducto y los datos geográficos se basan en datos de US-NASA 90 m-malla.

Figura-2.1- 21 Ubicación de las Estaciones de Observación

Los datos de precipitación fueron corregidos e interpolados para datos erróneos antes del análisis. La precipitación promedio anual en la Cuenca del Río Bogotá se calculó en 825 mm.

(2) Distribución de la lluvia en la Cuenca del Río Bogotá

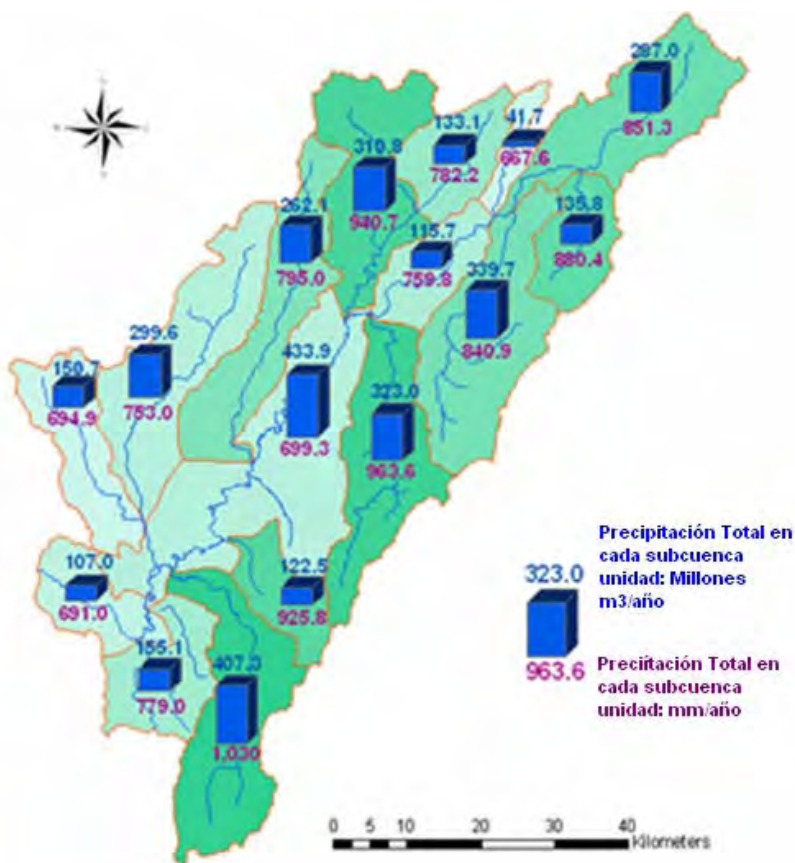
Con base en los datos de precipitación recolectados en 60 estaciones de observación para análisis de lluvia, se encontró que el promedio anual de precipitación presenta una gran fluctuación entre 532 mm y 1.464 mm. De igual forma se encontró que la precipitación tiene una relación estrecha con la altura: las áreas montañosas presentan grandes precipitaciones mientras que la parte central de la Cuenca del Río Bogotá presenta una precipitación menor. La distribución de la precipitación en la cuenca se muestra en la Figura-2.1-22.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-2.1- 22 Distribución de la Precipitación en la Cuenca del Río Bogotá (unidades: mm/año)

La distribución de la precipitación por subcuencas se muestra en la Figura-2.1-23/

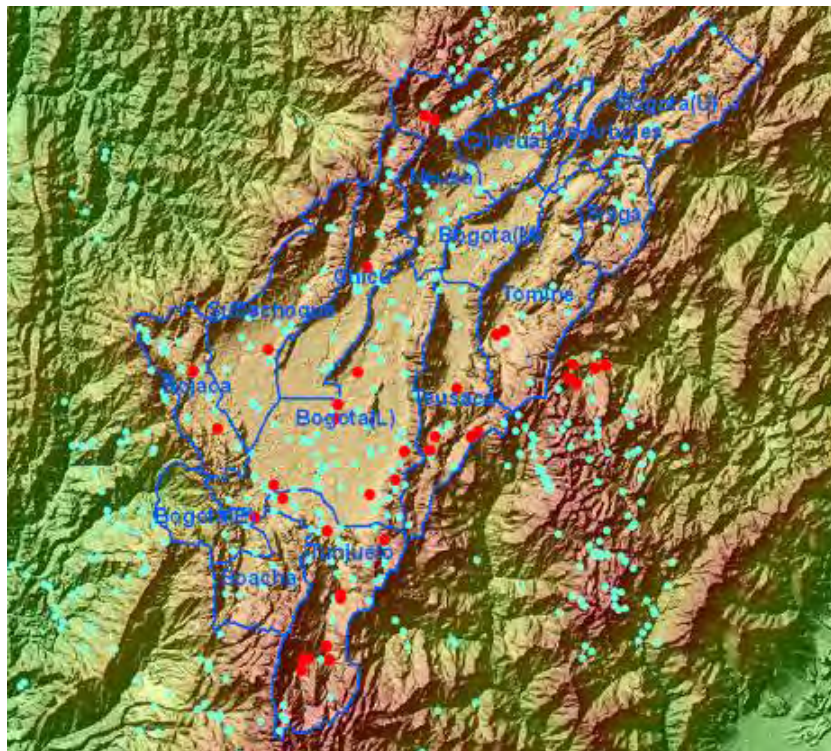


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-2.1- 23 Distribución de la Precipitación por Subcuenca en la Cuenca del Río Bogotá

(3) Análisis de la Descarga para la Cuenca del Río Bogotá

El análisis de la descarga del río se realizó utilizando un set de datos de descarga diaria de 37 estaciones de medición suministrado por la CAR y el Acueducto. La Figura-2.1-24 muestra la ubicación de las estaciones de medición. De la misma manera como se realizó en el análisis de precipitación, los datos fueron primero revisados para casos de ausencia de datos o registros incorrectos. Tales errores fueron interpolados o corregidos antes de ser usados en el análisis.



Nota: Los círculos azules representan estaciones manejadas por instituciones relevantes y los rojos representan estaciones de donde se recolectaron nuevos datos.

Figura-2.1- 24 Ubicación de las Estaciones de Medición

(4) Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Bogotá

El valor de la descarga específica para cada subcuenca se calculó usando los datos de las estaciones de medición y su distribución por subcuencas fue registrada en mapas. El valor de la descarga específica para las subcuencas que no están cubiertas por ninguna estación de medición, fue estimado con base en éste mapa. La Tabla-2.1- 10 presenta los valores de descarga y precipitación para todas las subcuencas en la Cuenca del Río Bogotá.

1.2.2 Agua Subterránea

El agua subterránea es una fuente importante de agua en la Cuenca del Río Bogotá aunque su consumo domestico es pequeño. El volumen de agua subterránea utilizada en el año 2000 fue de 0,32 millones de m³/día. El volumen total de agua utilizado a través de la Cuenca del Río Bogotá fue de 2.672 millones de m³/día. La mayor parte del agua subterránea (cerca del 90%) fue usada para irrigación de cultivos y menos del 5% para uso doméstico.

Cuando se utiliza agua subterránea es importante planear la cantidad de consumo teniendo una consideración detallada de la cantidad de recarga posible; de otra forma, un uso inadecuado del agua subterránea puede causar un abatimiento del nivel freático y otras consecuencias negativas. De hecho el problema de abatimiento de los niveles debido a bombeos excesivos ha sido reportado en algunas partes de la Cuenca del Río Bogotá.

Tabla-2.1- 10 Resumen Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Bogotá

NAME	Method	Area	Discahrge	T_Disch.	Precip.	R_pcntg	D_runoff
Los Arboles	Estimation	62.7	11.5	11.5	667.6	27.5	155.4
Checua	Estimation	170.1	29.3	30.5	782.2	22.0	179.5
Neusa	Observation	68.5	23.3	65.7	940.7	21.1	198.7
	Estimation	261.9	42.4				
Chicu	Observation	142.9	35.8	53.7	795.0	20.5	162.8
	Estimation	186.8	17.9				
Subachoque	Observation	214.4	20.3	39.5	753.0	13.2	99.2
	Estimation	183.5	19.2				
Bojaca	Observation	93.5	24.0	42.1	684.9	27.9	191.3
	Estimation	126.6	18.1				
Sub Total		1,511	241.7		793.0	20.2	160.0
Bogota(U)	Estimation	337.1	98.4	98.4	851.3	34.3	247.0
Bogota(M)	Estimation	152.3	22.2	22.2	759.8	19.2	123.2
Bogota(L)	Observation	7.4	2.9	88.5	699.3	20.4	142.7
	Estimation	613.1	85.6				
Bogota(E)	Estimation	154.8	43.4	43.4	691.3	40.6	214.6
Sub Total		1,265	252.4		792.1	25.2	199.6
Sisga	Estimation	154.3	48.3	48.3	880.4	35.6	265.0
Tomine	Observation	94.7	76.0	150.7	840.9	44.4	373.1
	Estimation	309.3	74.7				
Teusaca	Observation	160.9	82.5	109.8	963.6	34.0	327.6
	Estimation	174.3	27.3				
Fucha	Observation	25.6	22.4	37.3	925.8	30.5	281.9
	Estimation	106.7	14.9				
Tunjuelo	Observation	383.7	168.8	170.4	1,030	41.8	431.0
	Estimation	11.8	1.6				
Soacah	Estimation	199.2	59.2	59.2	778.7	38.2	226.5
Sub Total		1,620	575.8		915.5	38.8	355.4
Total		4,396	1,070		825	29.5	243.4

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Nota: Área: Kilómetros Cuadrados (km²).

Descarga: Descarga Observada y Descarga Estimada para el área donde la descarga no se pudo obtener de los resultados observados (Unidades: Millones m³).

T_Disch: Combinación de descargas observadas y estimadas para cada subcuenca.

R_pcntg: La relación en porcentaje entre escorrentía y precipitación.

D_runoff: Profundidad de la escorrentía. Profundidad Promedio en mm/año.

Como no hay recarga de otras cuencas al agua subterránea de la Cuenca del Río Bogotá, las únicas fuentes de recarga son las siguientes: 1) infiltración de la precipitación, 2) infiltración de agua usada en varios sectores de la industria (principalmente agricultura), 3) infiltración de agua de río en partes donde los niveles del río sean más altos que la tabla de agua subterránea. En cuanto al ítem 2, el volumen de agua utilizada en el año 2000 dentro de la cuenca fue de 30,95 m³/s. Sin embargo, dada la ausencia de datos para estimar la cantidad de infiltración proveniente de ésta actividad, no se ha adelantado nunca una discusión respecto a la contribución de esta infiltración de agua en la recarga subterránea.

CAR, INGEOMINAS y el equipo de estudio JICA analizaron y estimaron anteriormente la cantidad de recarga subterránea por precipitación y reportaron valores de 36 mm/año (CAR), 8 mm/año (INGEOMINAS), y 145 mm/año (JICA, 2003) respectivamente. Estos tres estudios emplearon el método de balance hídrico para calcular los valores de recarga subterránea. En el método del presente estudio, la recarga subterránea se calculó restando la descarga del río y la evapotranspiración de la precipitación total. De estos tres parámetros los valores estimados de evapotranspiración, presentaron grandes diferencias entre las entidades, lo que llevó a una variación significativa en los valores estimados de recarga subterránea.

Al estimar la evapotranspiración se deben tener en cuenta parámetros tales como: capacidad de campo, punto de marchitamiento, profundidad de las raíces, periodos de crecimiento de las plantas y un coeficiente para calcular la evapotranspiración potencial a partir de un tanque evaporimétrico. Por consiguiente si se presentan diferencias en la estimación de alguno de estos parámetros, los resultados de los cálculos presentarían diferencias igualmente. Adicionalmente, los resultados también se ven afectados por la frecuencia de los datos utilizados (promedios diarios, promedios mensuales, etc.).

Ningún otro método diferente al del balance hídrico ha sido usado para estimar la recarga subterránea en el Área de Estudio. Por lo tanto en el presente estudio se adoptó el mismo método como herramienta principal para calcular la cantidad de recarga subterránea y a su vez facilitar la comparación con los procesos de cálculo y resultados de otros estudios.

Sin embargo como se mencionó anteriormente, la estimación de los parámetros puede generar grandes diferencias al calcular el valor de recarga subterránea. Por lo tanto en el presente estudio se emplearon algunos otros métodos para estimar la recarga subterránea. Los métodos empleados y sus resultados se resumen a continuación.

(1) Método del Balance Hídrico

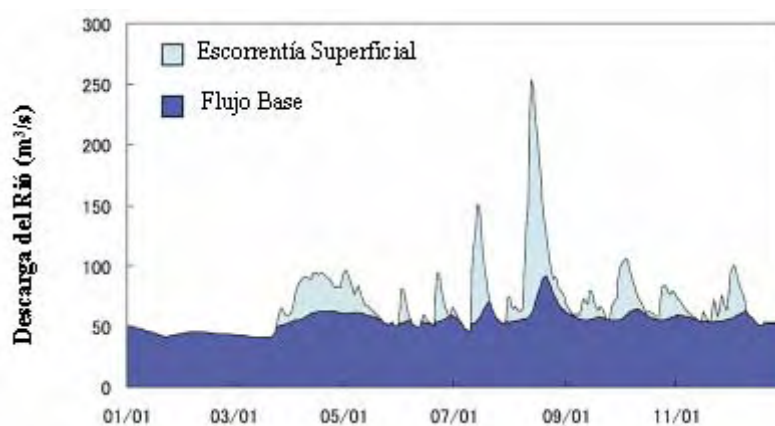
De la misma forma que hicieron las instituciones relacionadas, el equipo de estudio JICA siguió las pautas del libro guía de la FAO, “Evaporación del Cultivo-Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”, para calcular la evapotranspiración usando los datos del tanque evaporimétrico de 15 estaciones de observación en la Cuenca del Río Bogotá. Los valores calculados tuvieron un rango de 383 a 499 mm/año con un promedio de 442 mm/año. Con este resultado, la cantidad promedio de recarga subterránea sobre toda la Cuenca del Río Bogotá se calculó en 132 mm/año.

(2) Método de División Climática

Si seguimos la división climática de Koeppen (descrita en la sección 1.1.3), la evapotranspiración anual promedio es de 406 mm. Este resultado es casi 10% menor que el valor estimado por el método del balance hídrico. Por lo tanto, si este método es adoptado, la cantidad de recarga subterránea se calcula en 168 mm; 36 mm mayor que la cantidad estimada por el método del balance hídrico.

(3) Método de la Descarga del Río

Como se ha discutido en secciones anteriores, la fluctuación de la descarga en la Cuenca del Río Bogotá es pequeña. La razón por la cual los ríos no se secan, incluso después de una serie de días secos, es que el agua subterránea recarga los caudales de los ríos. Como se ve en el ejemplo de Japón (Figura-2.1-25), la mayor parte de la descarga del río bajo clima húmedo consiste del flujo base, el cual es el flujo de agua subterránea que eventualmente fluye dentro de los ríos. La cantidad de recarga subterránea no puede ser estimada por este método. Sin embargo, sin la suficiente recarga de agua subterránea el flujo de los ríos en la Cuenca del Río Bogotá no se podría mantener. Esto indica que la recarga subterránea en la cuenca es lo suficientemente grande.



Fuente Datos: Investigación en Ciclos Hidrológicos y Condición del Agua Subterránea en Kushiro Mire, Keisuke KUDO y Makoto NAKATSUGAWA, Hokkaido, Japón, 2005.

Figura-2.1- 25 Ejemplo de Análisis de Descarga de Río

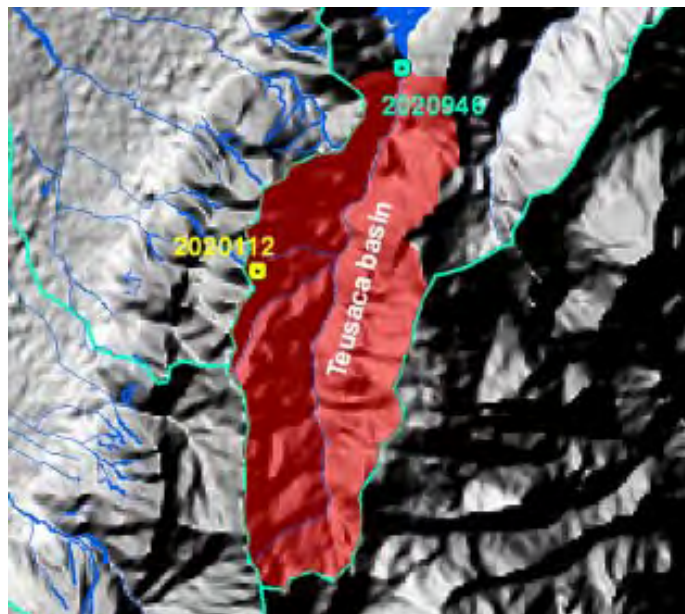
(4) Método del Modelo de Tanque

La estación de medición de descarga (2120946) y la estación climatológica (2120112) en la parte alta de la subcuenca del Río Teusacá son tomadas como ejemplo del Método del Modelo de Tanque (ver

Figura-2.1-26 para su ubicación). Los patrones de distribución de la descarga y precipitación son similares entre ellos como se puede ver en la Figura-2.1- 27. Por lo tanto se creó un modelo de tanque que consiste de “dos tanques en serie” para simular la escorrentía por lluvia. Los resultados se muestran en la Figura-2.1- 28. Por este método, la escorrentía directa se calculo en 138 mm, el flujo base en 515 mm, la evapotranspiración en 573 mm, y la infiltración al sistema de agua subterránea profundo en 112 mm.

Los resultados de estos diversos análisis sugieren lo siguiente:

La recarga subterránea por precipitación en la Cuenca del Río Bogotá es abundante. Al no contar con un registro de medición de infiltración (recarga), fue necesario el uso de métodos de estimación indirectos los cuales inevitablemente tendrán algún error. Los valores de recarga estimados de mas de 100 mm/año son considerados realistas.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-2.1- 26 Ubicación de la Estación de Medición 2120946 y la Estación Climatológica 2120112 y las Cuencas Relevantes del Río

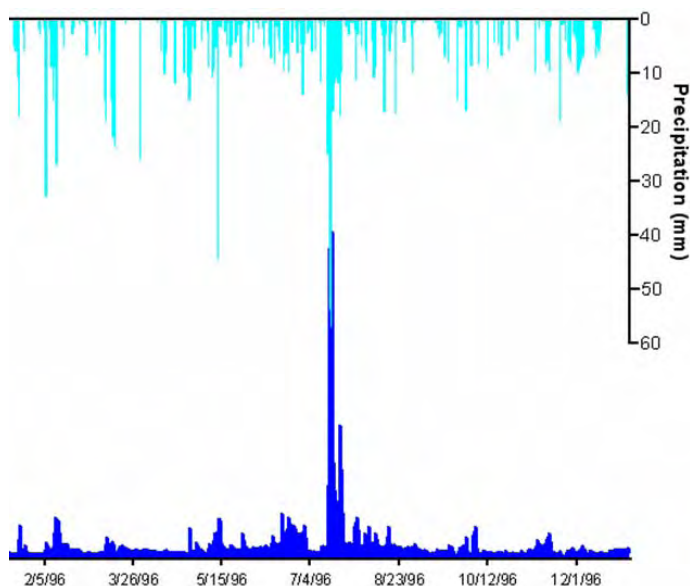


Figura-2.1- 27 Correlación de datos de Descarga y Precipitación en las dos Estaciones

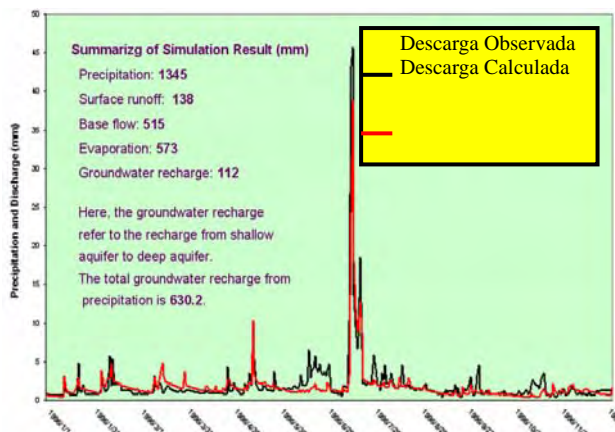


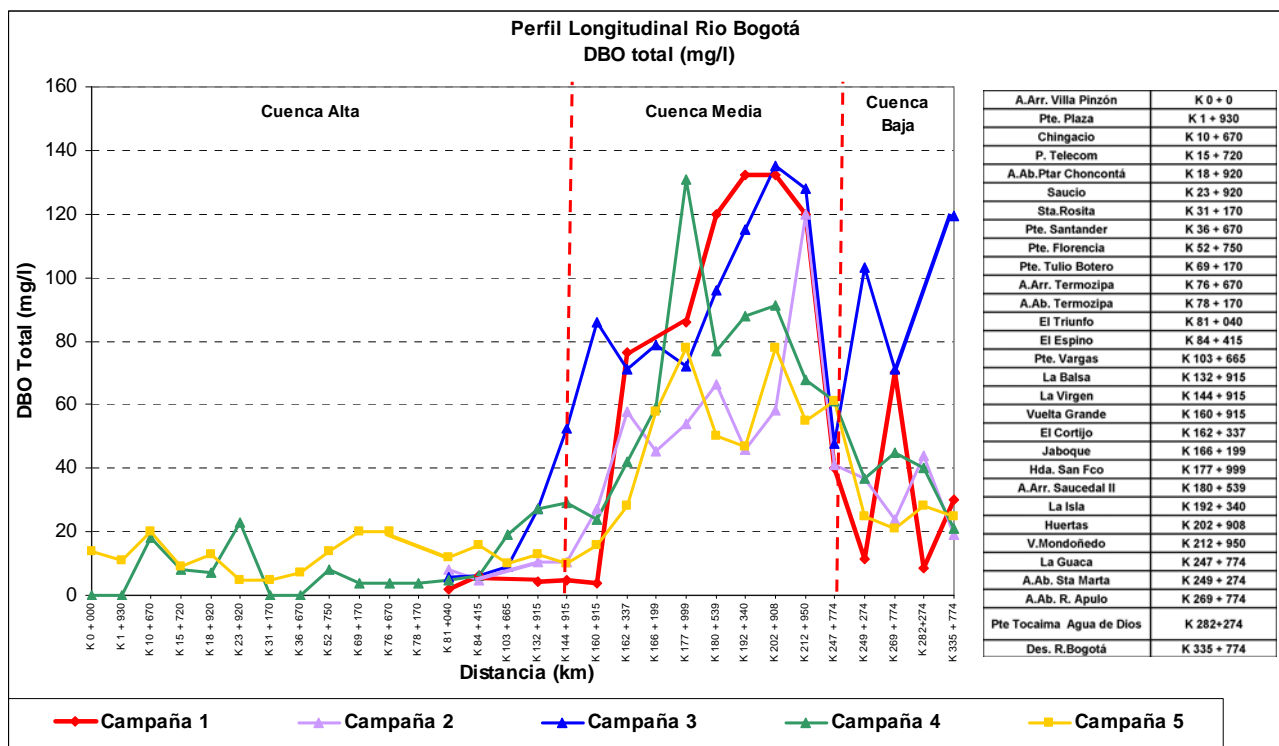
Figura-2.1- 28 Resultado del Análisis de Escorrentía por el Modelo de Tanque

1.2.3 Análisis de Calidad de Agua

(1) Calidad de Agua en el Área de Estudio

1) Río Bogotá

Desde el punto de vista de la polución, la calidad del agua en la Cuenca del Río Bogotá se puede dividir en cuatro sectores extendiéndose desde el nacimiento del río hasta su desembocadura. La información detallada sobre la calidad del agua se presenta en el informe de soporte.



Fuente: Acueducto, Reporte Anual, 2005-2006.

Figura-2.1- 29 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) en el Río Bogotá

Del nacimiento a Villapinzón

La calidad del agua en ésta sección es muy buena con una demanda biológica de oxígeno (DBO) menor a 2 mg/l.

De Villapinzón a Chocontá

En el sector que se extiende de Villapinzón a Chocontá se ubican un total de 171 curtiembres. Los residuos de estas fábricas son arrojados sin ser tratados al Río Bogotá afectando significativamente la calidad del agua. Sin embargo, aguas debajo de esta zona la descarga de numerosos afluentes al Río tiene un efecto de auto-limpieza que sirve para mejorar la calidad del agua. En la confluencia con el Río Frío, donde se marca el límite entre la parte baja y alta del Río Bogotá, la descarga promedio es de 13 m³/s. De Villapinzón a Juan Amarillo, al norte del área urbana de Bogotá, el agua del río es usada principalmente para cultivos y cría de animales de granja. La descarga de la agricultura fluye directamente al Río Bogotá. Aunque los estándares oficiales de calidad de agua para desechos agrícolas han sido establecidos, en la actualidad no se realizan monitoreos de calidad de agua ni se imponen regulaciones pertinentes.

Cuenca Media del Río Bogotá (Área Urbana de Bogotá)

Este sector comprende el área urbana de Bogotá. A medida que el Río Bogotá pasa por el área urbana, la calidad del agua empeora dramáticamente. Los residuos domésticos de toda la población de Bogotá (6,4 millones de personas) son descargados al Río. Los principales ríos que fluyen por el área urbana de Bogotá son el Río Salitre, el Río Fucha y el Río Tunjuelo. La única planta de tratamiento de aguas residuales en el área metropolitana de Bogotá, la PTAR El Salitre, se encuentra ubicada en la confluencia del Río Bogotá con el Río Salitre. Esta planta solo realiza un tratamiento primario y ningún tratamiento orgánico, lo que resulta en una baja tasa de eliminación de DBO.

Las aguas residuales sin tratamiento llegan al Río Bogotá con el caudal del Río Fucha y el Río Tunjuelo. En la confluencia con el Río Salitre, el DBO del Río Bogotá promedia 120 mg/ℓ. En las confluencias con los Ríos Fucha y Tunjuelo este valor es de 130 mg/ℓ y 140 mg/ℓ respectivamente. El valor de Oxígeno Disuelto (OD) registra un valor de cero.

Los resultados del análisis de calidad de agua indican una entrada extremadamente grande de químicos y metales pesados. La contaminación se produce por el agua residual del área urbana de Bogotá (residuos domésticos e industriales). En la confluencia con el Río Tunjuelo, el Río Bogotá se encuentra significativamente contaminado, mostrando un color negro-grisáceo y un olor repugnante. La descarga del área urbana de Bogotá al Río es de aproximadamente 21 m³/s, lo que equivale a cerca de dos terceras partes del promedio total de descarga en toda la Sabana de Bogotá de 37 m³/s. En consecuencia, la descarga de agua residual del área urbana de Bogotá tiene un gran impacto sobre la calidad de agua del Río. Además, la descarga del área urbana indica un nivel extremadamente alto de contaminación bacteriológica.

Sector entre el Río Subachoque y el Río Magdalena

Este sector cubre la parte baja de la Cuenca del Río Bogotá extendiéndose desde la confluencia con el Río Subachoque hasta su desembocadura en el Río Magdalena. Desde el área urbana hasta el Salto del Tequendama, la velocidad de la corriente es muy lenta por lo que no se espera una auto-purificación del Río. Sin embargo, entre el Salto del Tequendama y el Río Magdalena, la DBO está entre 18-34 mg/ℓ y el de OD es de 2-7 mg/ℓ indicando una recuperación en la calidad del agua.

Como se describió anteriormente, la calidad del agua en el área urbana (cuenca media del Río Bogotá) presenta una gran degradación. En respuesta a ésta situación el Acueducto y la CAR han formulado planes para mejorar la infraestructura del alcantarillado. Estos planes se encuentran en la etapa de implementación. El financiamiento para expandir la PTAR El Salitre ha sido obtenido, y el inicio de las obras de construcción está programado para el 2008. Actualmente también se encuentra en progreso la construcción de un interceptor de aguas residuales. Aunque la PTAR Canoa hasta ahora esta siendo planeada, se anticipa que su construcción mejorará significativamente la calidad del agua del Río Bogotá.

Cuenca de los Ríos Chingaza y Sumapaz

Los resultados de las pruebas de calidad de agua para la Cuenca del Río Chingaza son los siguientes:

Tabla-2.1- 11 Calidad del Agua del Río Chingaza

Parámetros	Calidad del Agua	Observación
Dureza	50mg/l	Estándar Agua Potable Colombia: 160 mg/l, Estándar Japonés: 300 mg/l.
Turbiedad	1,25 NT	Guía WHO 5NTU
pH	6,3-7.6	Neutro
Alcalinidad	5-17 mgCaCO ₃ /l	Estándar Agua Potable Colombia: 100 mg/ℓ
Mg	0,2-0,9 mg/l	Estándar Agua Potable Colombia: 60 mg/ℓ
Mn	0,02-0,08	Estándar Agua Potable Colombia: 0.15 mg/ℓ
Fe	0,2-1,1 mg/l	Estándar Agua Potable Colombia: 0.5 mg/ℓ
Total Bacterias Coliformes	50-500	Valor Control Calidad de Agua Ministerio de Agricultura: 1000
Conductividad	30-60	Estándar Agua Potable Colombia: 1500μS/cm
STD	30-115 mg/l	Estándar Agua Potable Colombia: 1000mg/ℓ

Fuente: Acueducto, Reporte Anual, 2005-2006.

De acuerdo con los datos arriba presentados, se concluye que el agua del río es una fuente segura de agua potable.

(2) Calidad del Agua Subterránea

La valoración de la calidad del agua subterránea esta basada en los datos recolectados durante el estudio anterior de JICA, como los datos de monitoreo de los pozos más recientes de INGEOMINAS.

2) Acuífero Cuaternario

El agua subterránea del Acuífero Cuaternario presenta altas concentraciones de Turbiedad, NH₄, H₂S, Ba y Bacterias coliformes. En cuanto al agua subterránea en zonas de actividad industrial, no se detecta un impacto aparente sobre la calidad del agua como resultado de la contaminación industrial. Igualmente, no se detecta ninguna contaminación agroquímica en el agua subterránea de zonas de actividad agrícola. Sin embargo, la calidad del agua de un gran número de pozos excede los estándares colombianos en coloración, turbiedad, bacterias coliformes, amonio, pH, Fe y Mn. No existen niveles estándar de calidad de agua en Colombia para Ba, H₂S, aun así estos valores exceden los estándares de la WHO.

Se concluye que beber agua subterránea no tratada del Acuífero Cuaternario presenta un riesgo significativo a la salud.

3) Acuífero Cretáceo

El agua del acuífero Cretáceo presenta valores que exceden los estándares de H₂S, Mn, Fe y coloración, aunque éstos son mínimos comparados con los del Acuífero Cuaternario. Una gran diferencia con el Acuífero Cuaternario es el hecho que casi no se detecta ninguna cantidad de NH₄ en el Acuífero Cretáceo. Por lo tanto se puede concluir que existe una diferencia entre la calidad del agua de los Acuíferos Cretáceo y Cuaternario.

4) Análisis de Resultados de las Pruebas de Laboratorio

Coloración

Adicionalmente al olor y el sabor, la coloración tiene un impacto en la percepción de la calidad del agua. Efectivamente, un alto grado de coloración limita el grado en que el agua puede ser usada. El estándar para fuentes de agua (asumiendo cloración antiséptica) es de 20 TCU. Cerca del 80% del agua subterránea excede el criterio promedio de coloración. El agua del acuífero Cuaternario presenta un nivel de coloración mucho más alto, comparado con aquella del Cretáceo.

Amonio

Se detectan altas concentraciones de Amonio a través del Área de Estudio. El estándar de calidad de agua es de 1,0 mg/ℓ, sin embargo el 70% de las muestras tomadas en el área exceden este nivel. Específicamente el promedio del Acuífero Cuaternario es de 4,9 mg/ℓ y el del Cretáceo 1,1 mg/ℓ.

Sulfuro de Hidrógeno

El Sulfuro de Hidrógeno también se distribuye con altas concentraciones a través del Área de Estudio. Casi todos los pozos exhiben un valor que excede los estándares del WHO de 0,03 mg/ℓ.

Fe y Mn

Las concentraciones detectadas de Fe exceden los estándares de calidad de agua de 0,3 mg/ℓ. Las concentraciones detectadas de Mn presentaron valores entre de 0,1 y 0,7 mg/ℓ con tendencia a exceder el estándar de calidad de agua para Mn de 0,15 mg/ℓ.

(3) Análisis Suplementarios de Calidad de Agua

1) Sitios de Muestreo

El estudio anterior de JICA reveló una insuficiencia de datos de calidad de agua subterránea en lo competente a los Cerros Orientales y Cerros Sur. Para este análisis, 20 pozos existentes y 15 ríos fueron escogidos para el muestreo. El muestreo se realizó por todo el área metropolitana de Bogotá, donde se tomaron muestras de agua subterránea y superficial para realizar análisis de calidad de agua.

2) Número de Pruebas

El muestreo de las pruebas de calidad de agua se divide en dos fases. El objetivo de estas pruebas es identificar cambios a largo plazo en la calidad del agua. Adicionalmente, al identificar la calidad del agua subterránea en los pozos existentes del Acuífero Cretáceo distribuidos sobre los Cerros Orientales y Sur, se puede establecer un método de saneamiento para potabilizar esta agua. De acuerdo a esto, las pruebas de calidad de agua se realizan de la siguiente manera:

- Fase 1: Enero 2007–Marzo 2007.
- Fase 2: Agosto 2007–Diciembre 2007.

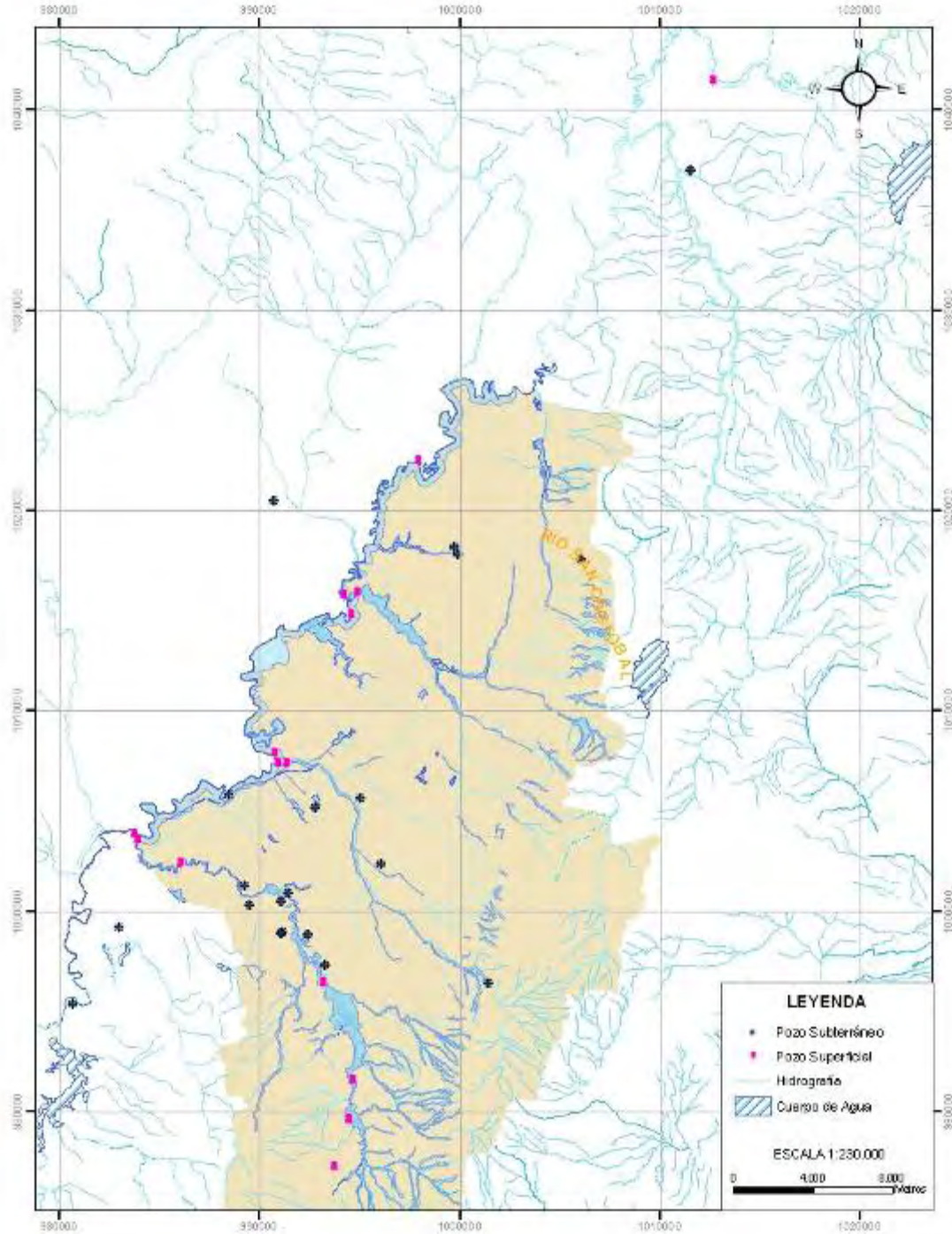
La calidad del agua subterránea está ligada a varios factores incluyendo la ubicación topográfica de los pozos, el acuífero y la cantidad de producción.

3) Sitios de Muestreo

Para el muestreo se seleccionaron los acuíferos, ríos y pozos representativos.

- Los pozos y ríos a ser muestreados fueron seleccionados dentro del área circundante al Río Bogotá. Posteriormente se identifica el estatus de contaminación del agua subterránea y el efecto de polución del río sobre el agua subterránea.
- Se busca que en lo posible la mayoría de las muestras sean tomadas de pozos en el acuífero Cretáceo dentro del área metropolitana de Bogotá.
- Las muestras también son tomadas de pozos del Cuaternario para compararlas con la calidad del agua de los pozos del Cretáceo.
- Los pozos de muestreo son seleccionados de manera que posibiliten el análisis de la dirección del flujo del agua, aun así se presenten cambios en la calidad del agua a lo largo de la dirección del flujo.
- Con base en los resultados de calidad de agua, se realizan estudios y propuestas en cuanto a las necesidades de tratamiento de cloración para hacer el agua subterránea segura para distribución.

Los sitios de muestreo se muestran en la Figura-2.1-30. Los nombres de los ríos y pozos muestreados se encuentran en las Tabla-2.1- 12 y Tabla-2.1- 13.



Fuente: Equipo de Estudio JICA.

Figura-2.1- 30 Sitios de Muestreo

4) Resultados de las Pruebas Suplementarias de Calidad de Agua

Los resultados de las pruebas de calidad de agua para ríos y pozos se muestran en la Tabla-2.1- 12 y Tabla-2.1- 13 respectivamente. Los resultados de las pruebas suplementarias fueron comparados con los estándares de calidad de agua del Gobierno Colombiano.

Tabla-2.1- 12 Resultados de Pruebas de Calidad de Agua para Ríos (1) (Agua Superficial)

No.	Río	pH	TEM AMB	TEM AGUA	Conductividad	OD	Turbiedad	Zn	Ba	Cr ⁺⁶	CN	F	Ag
1	Bogotá Cierre						×		×	×			
2	Bogotá Cortijo						×		×				
3	Bogotá después de la descarga Pte. Metálico						×		×	×			
4	Bogotá Lisboa									×			
5	Bogotá Pte. Cundinamarca						×		×	×			
6	Bogotá Pte. La Virgen												
7	Bogotá San Bernardino						×		×				
8	Bogotá Tibitóc						×		×	×			
9	Fucha con Alameda						×		×	×			
10	Tunjuelo 100 m abajo de Yomasa						×						
11	Tunjuelo San Benito						×		×	×			
12	Tunjuelo Usme						×						
13	Tunjuelo Isla Pontón San José						×		×				
14	Quibba						×						
15	Juan Amarillo						×						

Tabla-2.1-12 Resultados de Pruebas de Calidad de Agua para Ríos (2) (Agua Superficial)

NO	Río	Mn	Cu	Fe	Dureza	SO ₄	S	NO ₃	Mo	NH ₄	Fenol	NO ₂	Mn
					CaCO ₃								
1	Bogotá Cierre												
2	Bogotá Cortijo	×		×						×			×
3	Bogotá después de la descarga Pte. Metálico									×			
4	Bogotá Lisboa			×						×			
5	Bogotá Pte. Cundinamarca												
6	Bogotá Pte. La Virgen									×			
7	Bogotá San Bernardino			×						×			
8	Bogotá Tibitóc			×						×			
9	Fucha con Alameda												
10	Tunjuelo 100 m abajo de Yomasa							×		×			
11	Tunjuelo San Benito			×						×			
12	Tunjuelo Usme			×									
13	Tunjuelo Isla Pontón San José			×						×			
14	Quibba			×				×					
15	Juan Amarillo												

Nota: Los ítems marcados muestran los valores en donde se exceden los valores estándar.

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

Tabla-2.1- 13 Resultados de Pruebas de Calidad de Agua para Pozos (1) (Agua Subterránea)

No.	Pozo	PH	TEM AGUA	Conductividad	OD	Turbiedad	Zn	Ba	Cr ⁺⁶	CN	F	Ag	Mn
1	Bavaria							×	×				
2	Carboquímica							×	×				
3	Dersa												×
4	Districarnazas luna								×				×
5	Frigorífico Guadalupe					×		×					×
6	Gaseosas Colombiana 2							×					
7	Gibraltar					×		×	×				
8	GM Colmotores					×		×					×
9	Indumil							×	×				×
10	Jardines Apogeo					×		×					
11	La Diana					×							
12	La Salle							×					
13	Manufacturas Eliot					×			×				
14	Mariscal Sucre					×							
15	Parque Tunal												
16	Petco												×
17	Quintas de Santa Ana												×
18	Siberia					×							×
19	Suba					×							×
20	Vitelma					×							×

Tabla-2.1-13 Resultados de Pruebas de Calidad de Agua para Pozos (2)

No	Pozo	Cu	Fe	CaCO ₃ Dureza	SO ₄	NO ₃	Mo	NH ₄	Fenol	NO ₂	Al	B	Cl
1	Bavaria		×					×					
2	Carboquímica		×										
3	Dersa	×	×					×					
4	Districarnazas Luna		×										
5	Frigorífico Guadalupe		×					×					
6	Gaseosas Colombiana 2		×		×								
7	Gibraltar		×					×					
8	GM Colmotores		×										
9	Indumil		×										
10	Jardines Apogeo		×										
11	La Diana		×					×					
12	La Salle												
13	Manufacturas Eliot							×					
14	Mariscal Sucre												
15	Parque Tunal		×										
16	Petco		×										
17	Quintas de Santa Ana		×										
18	Siberia		×					×					
19	Suba		×										
20	Vitelma		×										

Nota: Los ítems marcados muestran los valores en donde se exceden los valores estándar.

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

(a) Ríos

Los resultados suplementarios de calidad de agua fueron esencialmente similares a los obtenidos por las pruebas del Acueducto. En el Río Bogotá, el Cr⁺⁶ (cromo hexavalente) ha sido detectado cerca de Tibitóc debido a la entrada de desechos de curtiembres. Los otros parámetros son en general satisfactorios. En la parte alta del río cerca a Bogotá, el Cr⁺⁶ no se detecta, aunque algunos parámetros están ligeramente por encima de los estándares para aguas residuales y la polución total en la descarga está dentro de los límites permisibles. Sin embargo, la calidad del agua se degrada dramáticamente a medida que el río pasa por el área urbana. Por ejemplo, aunque el valor de turbiedad es de 6-50 NTU en la parte alta del río antes del área urbana, este valor se eleva a 200 NTU en la parte baja del río después del área urbana. El valor del Oxígeno Disuelto (OD) es cero ya que el agua residual es arrojada sin tratamiento al río.

El Río Juan Amarillo fluye en la parte norte del área urbana de Bogotá (distrito residencial) y exhibe un alto valor de turbiedad (50 NTU). Sin embargo, la concentración de otros contaminantes está dentro de los valores estándar para aguas residuales.

Por otro lado, el Río Tunjuelo fluye por el sur del área urbana de Bogotá y exhibe valores de turbiedad de 200 NTU en la parte media del río. Esta zona alberga una alta presencia de industrias incluyendo curtiembres, plantas de procesamiento de metales y plantas de procesamiento de comida. Los valores de Cr⁺⁶ son altos y están entre 0,1 y 0,3 mg/l. Los valores de NH₄ también son altos, lo que se atribuye a las características anaeróbicas de la sedimentación del río.

(b) Pozos

Un gran número de pozos en el Área de Estudio exceden los valores estándar para Fe, Mn y NH₄. Aunque el estándar de agua para Fe se establece en 0,3 mg/l, casi todos los pozos muestreados exhiben valores entre 0,05 y 6,5 mg/l. Para Mn el valor estándar de agua es de 0,15 mg/l, varios pozos exhiben valores entre 0,05 y 0,99 mg/l. Estas altas concentraciones de Fe y Mn están relacionadas con la condición geológica del área. Comparando la condición geológica, la concentración de Mn en el agua del Cuaternario es mucho mayor que aquella en el agua del Cretáceo. En general, la calidad del agua del Cretáceo en los Cerros Orientales es buena, aunque exhibe concentraciones un poco altas de Fe y Mn. En cuanto a los métodos para el tratamiento de Fe y Mn, se propone la oxidación por aireación, la oxido-reducción y la absorción.

Los valores de NH₄ son altos, pero estas concentraciones no son consideradas debido a la polución del

río. Adicionalmente se detectó presencia de sulfuro de hidrógeno (H_2S). Sin embargo, esta presencia no está ligada a contaminación del agua subterránea ya que la cantidad de sulfuro de Hidrógeno (H_2S) desde el agua superficial al agua subterránea se considera menor que la concentración de Azufre en el agua subterránea. La contaminación en el agua subterránea se detecta en lugares considerablemente distantes de los ríos contaminados. En general no existen pautas específicas o estándares para niveles de H_2S en el agua potable. Por otro lado, el NH_4 debe ser estudiado en el futuro.

El Bario (Ba) también se ha detectado en altas concentraciones a lo largo del Área de Estudio. El Ba ha sido catalogado como un elemento que requiere mayor estudio, aunque su toxicidad sobre los humanos no está claramente evaluada hasta el momento y la concentración permisible de Ba en agua tratada todavía no ha sido establecida.

Se ha detectado Cr^{+6} en pozos Cuaternarios cercanos al Río Tunjuelo indicando que la contaminación del río ha infiltrado el Acuífero Cuaternario.

1.3 Uso del agua y Manejo de Recursos Hídricos

1.3.1 Instalaciones Existentes para el Abastecimiento de Agua

(1) Esquema del Sistema de Abastecimiento de Agua en Bogotá

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (Acueducto) es responsable del abastecimiento de agua y del servicio de alcantarillado en el Distrito Capital y 11 municipios circundantes. Actualmente la tasa de cobertura de abastecimiento de agua es cercana al 100%.

El Acueducto es una empresa bien organizada que ejecuta adecuadamente su operación y mantenimiento con un alto grado de tecnología. El Centro de Control controla todas las instalaciones principales a las cuales se aplica el sistema SCADA (Adquisición de Datos y Control del Supervisión). En el Centro de Control se realiza un monitoreo continuo de volúmenes de producción y calidad de agua en las plantas de tratamiento además de un control remoto de las instalaciones de bombeo y válvulas principales.

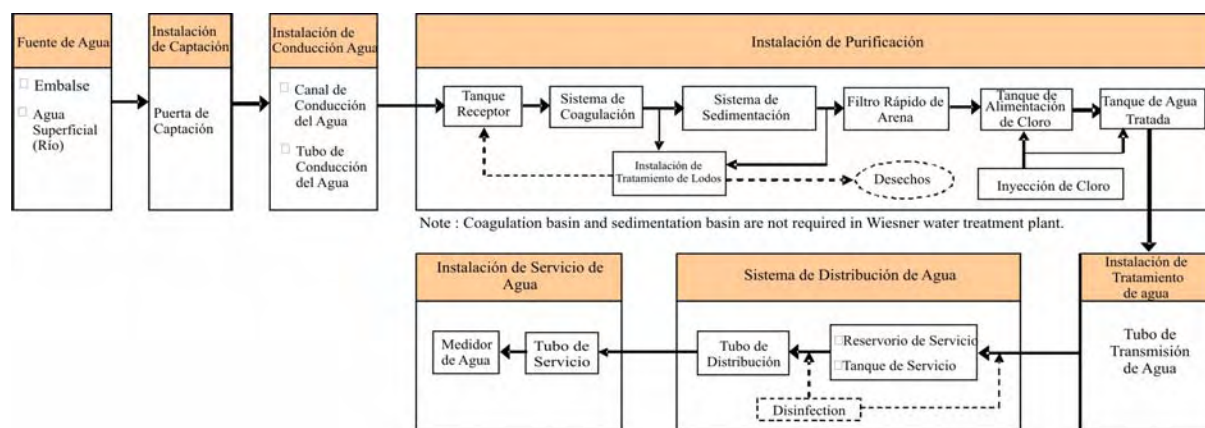
En general las instalaciones de abastecimiento de agua se categorizan de la siguiente manera:

- Recurso Hídrico: Fuente para el sistema de abastecimiento de agua.
- Instalaciones de Captación: Instalaciones para captar agua cruda desde la fuente de agua.
- Instalaciones de Aducción: Instalaciones para conducir el agua cruda de las instalaciones de captación a la planta de tratamiento de agua (PTA).
- Instalaciones de Purificación: Instalaciones para purificar el agua cruda captada desde la fuente.
- Instalaciones de Transmisión: Instalaciones para transferir el agua tratada de la PTA al tanque de servicio.
- Instalaciones de Distribución: Instalaciones necesarias para distribuir agua desde tanques de servicio, tanques elevados, tuberías de distribución, estaciones de bombeo, etc.
- Instalaciones de Servicio de Agua: Tubos de servicio ramificados desde el tubo de distribución de agua para suministrar agua a los clientes y equipo de abastecimiento de agua para ser conectado con los tubos.

El diagrama de flujo global de las instalaciones de abastecimiento de agua manejadas por el Acueducto se muestra en la Figura-2.1- 32.

Los sistemas de abastecimiento del Acueducto son los siguientes:

- Sistema Chingaza.
- Sistema Agregado Norte.
- Sistema Agregado Sur.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio JICA basado en datos del Acueducto.

Figura-2.1- 31 Sistema de Flujo Global de las Instalaciones de Abastecimiento de Agua en Bogotá

Existen siete plantas de tratamiento de agua a donde el agua cruda es conducida desde las fuentes anteriormente mencionadas. Sin embargo entre estas plantas cinco están en operación normal y dos operan alternamente. El mapa conceptual del sistema de abastecimiento de agua para Bogotá y sus municipios circundantes se muestra en la Figura-2.1- 32.

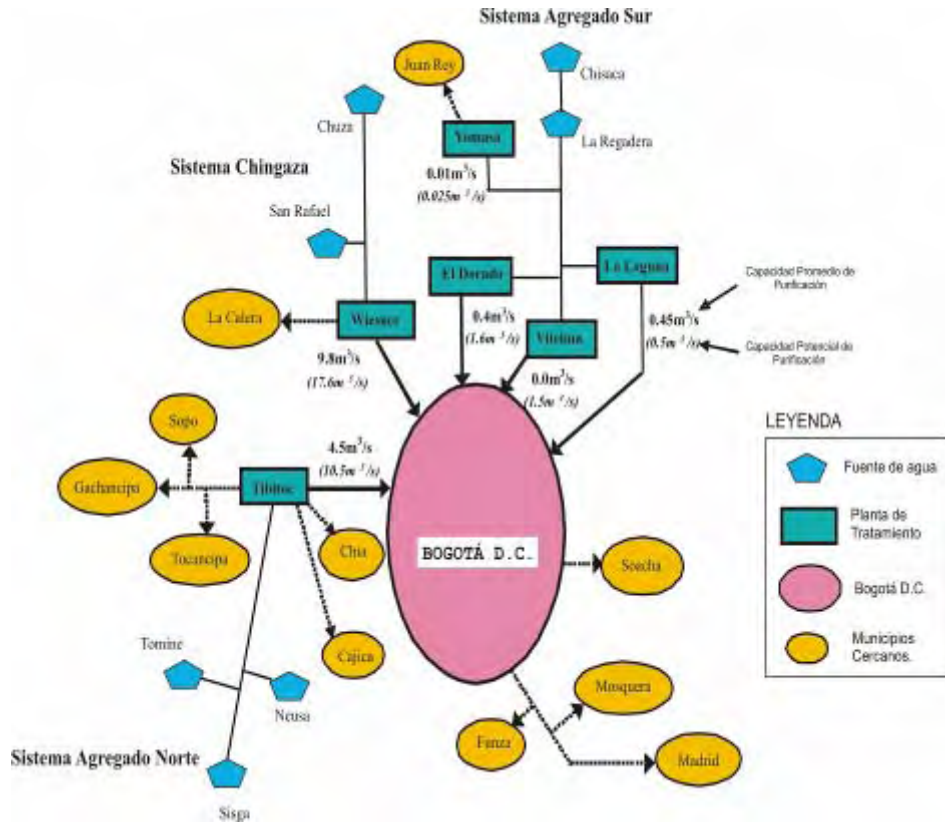
La PTA Vitelma comenzó su operación en Agosto de 1938 y se detuvo en el 2003. Esta planta se mantiene en buenas condiciones gracias al buen mantenimiento y está lista para funcionamiento en caso de emergencia. Se estudia la posibilidad de convertir esta planta en un monumento histórico y artístico nacional como un museo del agua.

La PTA San Diego comenzó operaciones en 1943 y actualmente se encuentra fuera de servicio.

(2) Resumen del Manejo del Abastecimiento y Alcantarillado por parte del Acueducto

La situación de manejo actual (a Octubre del 2007) del abastecimiento de agua y alcantarillado por parte del Acueducto se muestra en la Tabla-2.1- 14. De acuerdo al resumen, se presenta lo siguiente:

- Aunque el desarrollo del sistema de abastecimiento y del sistema de descarga de aguas residuales se encuentran casi completos, el sistema de tratamiento de aguas residuales no ha sido todavía desarrollado. Por lo tanto, existen una serie de inquietudes sobre la contaminación del agua causada por la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua públicos como el Río Bogotá.
- La relación entre la utilización de las instalaciones y el volumen máximo de distribución diaria es del 63%.
- La capacidad total de las represas es mayor que el volumen máximo de distribución diario por 8 horas, el cual es suficiente contra la fluctuación por hora de consumo y casos de emergencia.
- El cociente para agua no-contabilizada es tan alto como cerca del 37% por lo tanto, las contramedidas contra pérdidas verdaderas y pérdidas aparentes son necesarias.



Fuente: Acueducto.

Figura-2.1- 32 Mapa Conceptual del Sistema de Abastecimiento para Bogotá D.C. y sus Municipios Cercanos

Tabla-2.1- 14 Resumen del Manejo de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado por Acueducto (Octubre 2007)

Ítem	Figuras
[Generales]	
Población Servida	7.210.000
Municipios Circundantes Suministrados por Acueducto	11 municipios
Porcentaje de Servicio (o Porcentaje de cobertura)	99,51%
Porcentaje de colección de alcantarillado	98,86%
Porcentaje de tratamiento de aguas residuales	30%
Número de empleados	1.833
[Abastecimiento de Agua]	
Número de plantas de tratamiento	7 (2 PTAs se encuentran fuera de servicio)
Capacidad de purificación	30,23 m ³ /s (2.611.440 m ³ /día)
Volumen de Purificación Promedio	14,65 m ³ /s (1.265.760 m ³ /día)
Capacidad de las Reservas de agua en Servicio	571.600 m ³
Número de pozos	-
Transmisión principal de agua	770 km
Red de distribución de agua	8.318 km
Número de conexiones a hogares	1.650.406
Porcentaje de medidores instalados a usuarios	98,5%
Relación de agua no contabilizada	36,76%

Fuente: Acueducto.

(3) Fuentes de Agua y Sistema de Conducción

Como se mencionó anteriormente existen tres fuentes de agua para el sistema de abastecimiento de

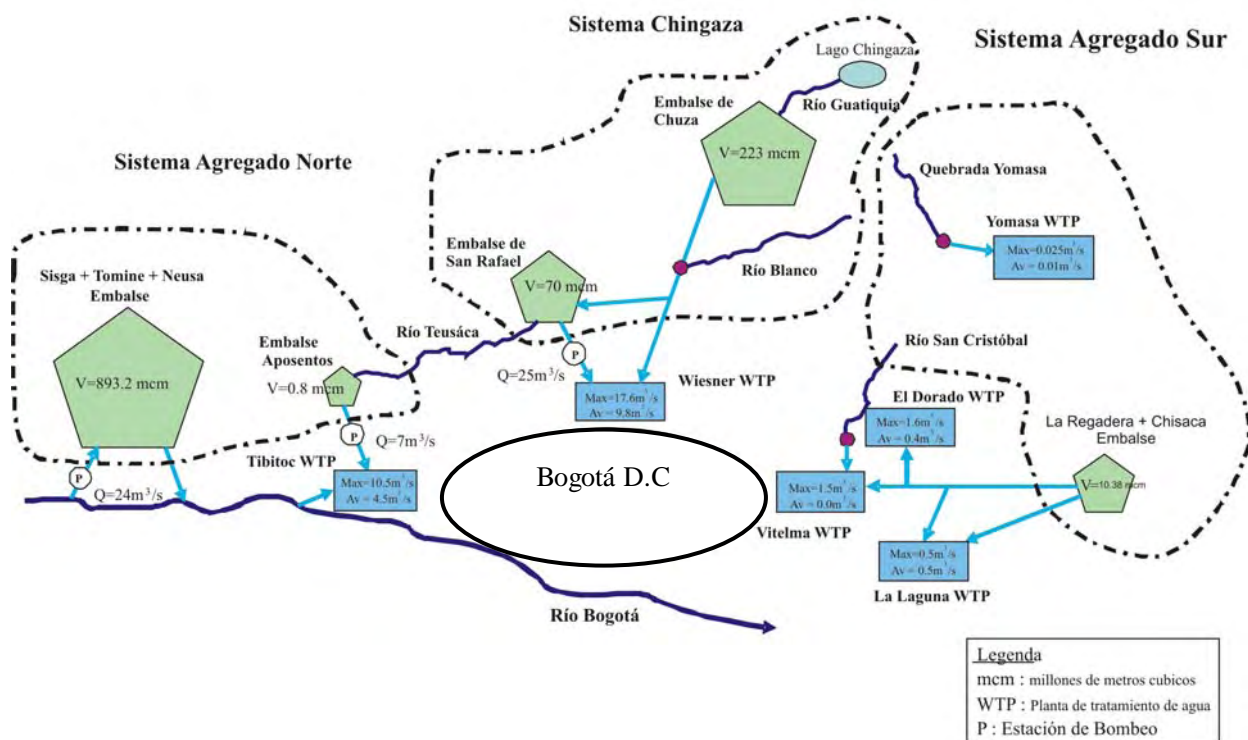
Bogotá: Sistema Chingaza, Sistema Agregado Norte y Sistema Agregado Sur. La capacidad de la represa respectiva se muestra en la Tabla-2.1- 15.

El mapa conceptual del sistema de conducción de agua de cada fuente de agua a las principales plantas de tratamiento se muestra en la Figura-2.1-33.

Tabla-2.1- 15 Fuentes de Agua para el Sistema de Abastecimiento para Bogotá

Fuente de Agua	Represa	Volumen de Almacenaje Efectivo (MCM)	Anotaciones
Sistema Chingaza	Chuza	223,0	Fuente de la PTA Wiesner, propiedad del Acueducto
	San Rafael	70,0	Fuente de la PTA Wiesner, propiedad del Acueducto
Sistema Agregado Norte	Sisga	101,2	Fuente de la PTA Tibitóc, propiedad de la CAR
	Tomine	691,0	Fuente de la PTA Tibitóc, propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá
	Neusa	101,0	Fuente de la PTA Tibitóc, propiedad de la CAR
	Aposentos	0,8	Fuente de la PTA Tibitóc en caso de emergencia. Se utiliza el flujo disponible del Río Teusacá.
Sistema Agregado Sur	Chisacá	6,7	Fuente de la PTA El Dorado, propiedad del Acueducto
	La Regadera	3,7	Fuente de la PTA El Dorado, propiedad del Acueducto

Fuente: Acueducto.



Fuente: Acueducto.

Figura-2.1- 33 Mapa Conceptual del Sistema de Conducción de Agua en el Sistema de Abastecimiento de Bogotá

(4) Sistema de Purificación de Agua

La Tabla-2.1- 16 presenta: el volumen otorgado por concesión para cada fuente de agua, sus respectivas plantas de tratamiento y su volumen potencial/actual de producción.

Tabla-2.1- 16 Fuentes de Agua y Volumen de Producción de las Plantas de Tratamiento

Planta de Tratamiento de Agua (PTA)	Fuentes de Agua	Inicio Operaciones	Capacidad de Purificación Potencial (m ³ /s)	Capacidad de Purificación Promedio (m ³ /s)
Tibitóc	Sistema Agregado Norte	1959	10,500	4,500
Wiesner	Sistema Chingaza	1996	17,600	9,800
El Dorado	Sistema Agregado Sur	2001	1,600	0,400
La Laguna	Sistema Agregado Sur	1985	0,500	0,500
Vitelma	Sistema Agregado Sur	1938	1,500	0
San Diego	Sistema Agregado Sur	1943	0,210	0
Yomasa	Sistema Agregado Sur	2003	0,025	0,010
Total	-	-	31,935	14,710

Nota: La PTA El Dorado y la PTA La Laguna tienen la misma fuente de agua. Usualmente, la PTA El Dorado es operada. Sin embargo, la PTA La Laguna será operada en caso de algún accidente o mantenimiento periódico en la PTA El Dorado. Fuente: Acueducto

Las características de las plantas de tratamiento más importantes se resumen en la Tabla-2.1- 17.

(5) Sistema de Transmisión de Agua y Distribución

El Sistema de Transmisión y Distribución de Agua en Bogotá se divide en tres sistemas principales:

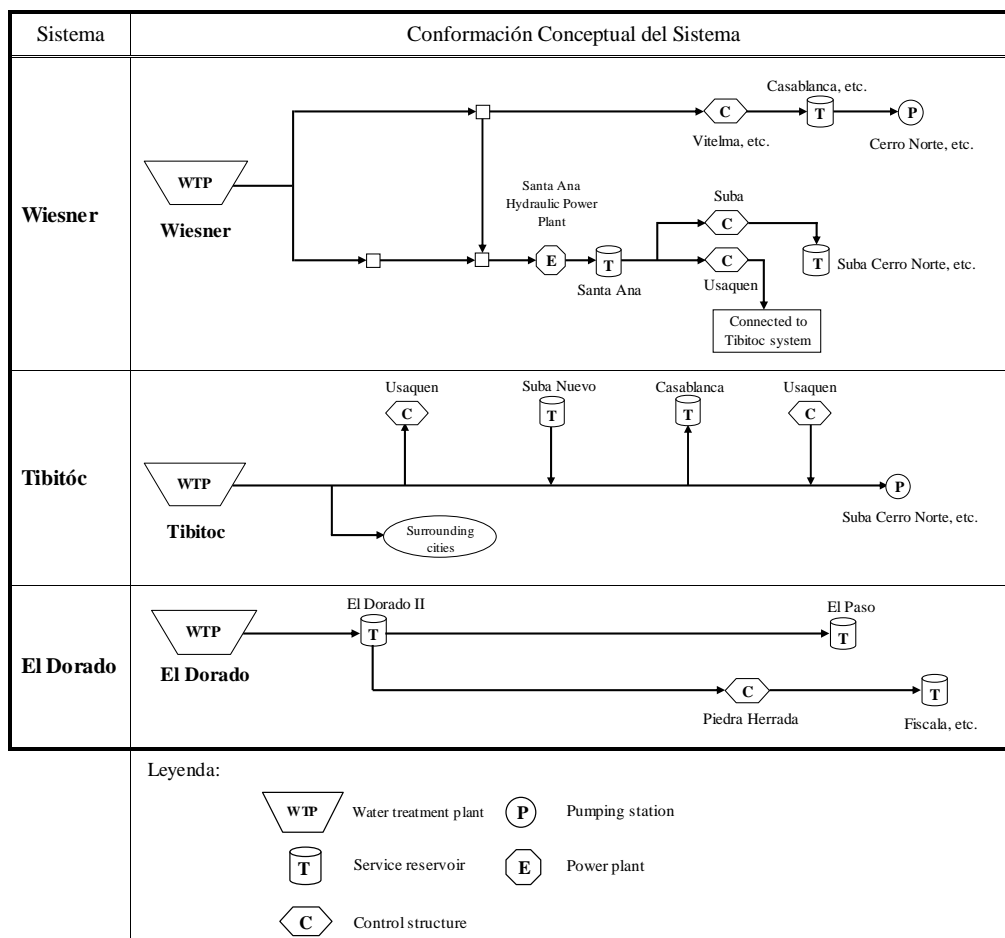
- Sistema Wiesner.
- Sistema Tibitóc.
- Sistema El Dorado.

Los mapas conceptuales para cada sistema principal se muestran en la Figura-2.1-34. Como se muestra en la figura, el Sistema Wiesner y el Sistema Tibitóc están interconectados y por lo tanto el abastecimiento de agua puede ser manipulado en caso de accidente o de emergencia. El Sistema El Dorado se encuentra aislado de los otros dos sistemas principales y cubre el área de los Cerros Sur.

Tabla-2.1- 17 Características de las Plantas de Tratamiento Principales de Bogotá

Ítem	PTA Tibitóc	PTA Wiesner	PTA El Dorado	PTA Yomasa
Capacidad de Purificación Potencial (m³/s)	10,5	17,6	1,6	0,025
Volumen de Purificación Promedio (m³/s)	4,5	9,8	0,4	0,010
Fuente de Agua	Embalses de Aposentos, Sisga, Tominé y Neusa cuya fuente es el Río Bogotá	Embalses de Chuza y San Rafael	Embalse La Regadera	Río Yomasa
Instalación de Purificación Principal	Embalse de agua cruda+ Tanque Receptor + Sistema de Coagulación + Sistema de sedimentación química+ Filtro rápido de arena	Tanque Receptor + Filtro rápido de arena (No requiere sistema de Coagulación o de Sedimentación)	Tanque Receptor + Sistema de Coagulación + Sistema de sedimentación química (con laminas inclinadas) + Filtro rápido de arena	Unidad Compacta (todo en uno con sistemas de coagulación, sedimentación y filtración)
Lugar a donde es transmitida el agua.	<ul style="list-style-type: none"> · Tanque de Servicio Casablanca por tubería de 2,0 m. · Calle 109 donde se une el agua de la PTA Wiesner · 10 municipios cercanos 	El Agua de la PTA Wiesner cubre casi toda el área de distribución con aprox. el 70% del volumen de distribución total de Bogotá.	Zona de El Dorado y Zona de La Laguna	Distrito Juan Rey
Anotaciones	<ul style="list-style-type: none"> · La turbiedad del agua cruda es alta (10-80 NTU). · Se usa Carbonato de Calcio como químico para el control del pH. · Como coagulante se usa un polímetro de sulfato de aluminio ó, cloruro de hierro · Antracita + arena + grava son usadas como medio de filtro. · O&M es ejecutado por una compañía privada bajo contrato con el Acueducto. 	<ul style="list-style-type: none"> · La turbiedad del agua cruda es baja (aprox. 2,5 NTU) · Se usa Carbonato de Calcio como químico para el control del pH. · Se usa un polímero catiónico como coagulante. · Como medio de filtro se usa Antracita + arena son usadas. 	<ul style="list-style-type: none"> · El sistema de Tratamiento de lodos consiste de: sistema de drenaje, tanque de espesado y lecho de secado de lodos (con techo). 	<ul style="list-style-type: none"> · Esta Planta se ubica a 3.250 m.s.n.m. y abastece de agua al distrito Juan Rey que esta separado del Sistema de Abastecimiento de Bogotá

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio JICA basado en datos del Acueducto. PTA: Planta de Tratamiento de Agua.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio JICA basado en información del Acueducto.

Figura-2.1- 34 Formación Conceptual del Sistema de Transmisión de Agua y Sistemas de Distribución en Bogotá

El Sistema Wiesner se considera como el sistema más importante de Bogotá cubriendo cerca del 70% del volumen total de agua distribuido en la Capital. El Sistema de Tibitóc cubre aproximadamente el 30% y el Sistema El Dorado cubre menos del 1%.

El diagrama de flujo de todo el sistema de transmisión y distribución de agua en Bogotá se muestra en la Figura-2.1-35.

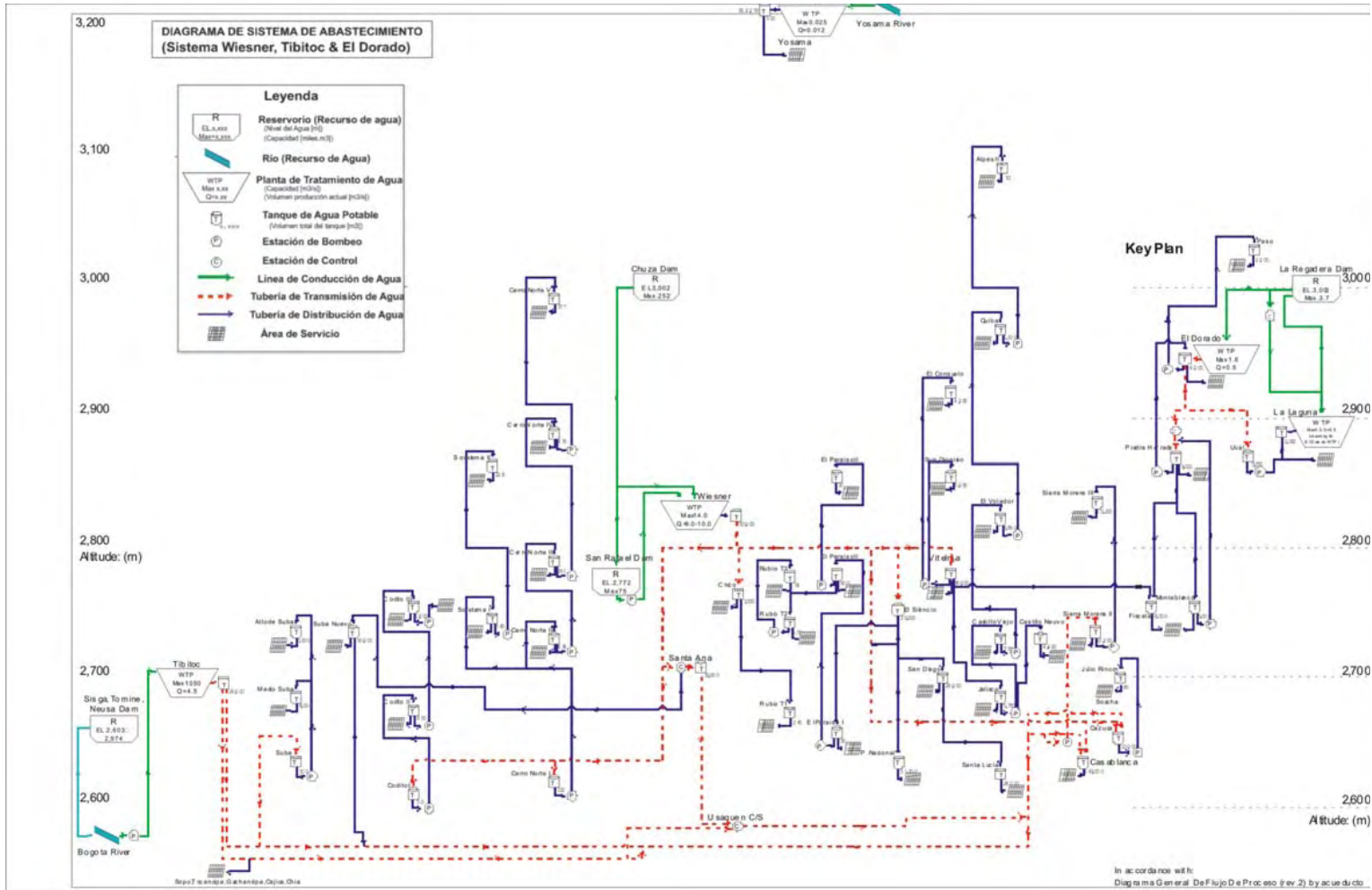


Figura-2.1- 35 Flujo Completo del Sistema de Transmisión y Distribución de Agua en Bogotá D.C

(6) Sistema de Control de las Instalaciones de Abastecimiento y Alcantarillado

Las instalaciones de abastecimiento y alcantarillado manejadas por el Acueducto se encuentran todas monitoreadas y/o controladas por el sistema SCADA en el Centro de Control ubicado al occidente de Bogotá.

En el cuarto central de control se ubican ocho pantallas que permiten al operador monitorear y controlar ocho diferentes instalaciones al mismo tiempo. El monitoreo lo hace por un operador en tres turnos: 6:00 am a 2:00 pm, 2:00 pm a 10:00 pm y 10:00 pm a 6:00 am. (Ver Figura-2.1- 36)

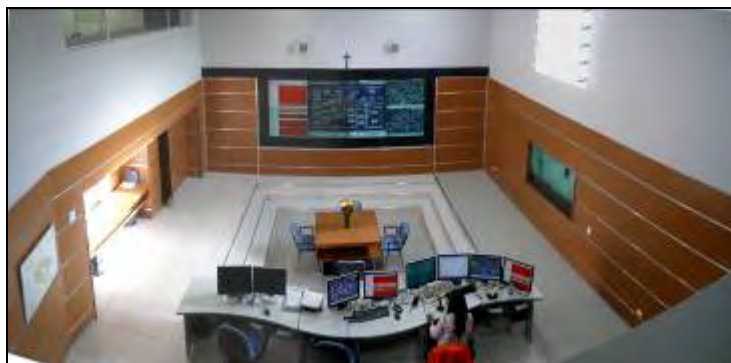


Figura-2.1- 36 Imagen del Cuarto Central de Control en el Centro de Control

Las instalaciones bajo monitoreo y control se muestran en la Tabla-2.1- 18.

Tabla-2.1- 18 Instalaciones Monitoreadas y Controladas por el Centro de Control

Instalaciones	Cantidad	Anotaciones
Planta de Tratamiento de Agua	6	Monitoreo
Central Hidroeléctrica Santa Ana	1	Monitoreo
Estación de Bombeo de Distribución	64	Monitoreo y control
Tanques de Servicio	56	Monitoreo y control
Estructura de Control de Flujo	10	Monitoreo y control
Estación Reductora de Presión	6	Monitoreo y control
Válvulas Principales de Reducción de Presión	16	Monitoreo y control

Fuente: Acueducto.

Los ítems monitoreados por centro son:

Ítems Monitoreados por el Centro de Control Central
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Volumen de captación y de transmisión en las PTA (Wiesner, Tibitóc, El Dorado) ➤ Presión del agua transmitida por bombeo (incluyendo presión primaria y secundaria) ➤ Nivel del agua en los tanques de servicio. ➤ Volumen de distribución de agua a cada zona de abastecimiento ➤ Parámetros principales de calidad de agua (Cantidad de Cloro inyectado, pH, turbiedad)

En el Centro, el control remoto al igual que el monitoreo son aplicados a todas las instalaciones de abastecimiento y alcantarillado bajo el sistema SCADA. Los ítems controlados son los siguientes:

Ítems controlados por el Centro de Control Central
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bombas de arranque y detención ➤ Válvulas de apertura y cierre.

1.3.2 Consumo de Agua

(1) Consumo Actual de Agua en Bogotá, Soacha y Gachancipá

El Acueducto suministra el agua directamente a los usuarios de Bogotá, Soacha y Gachancipá. La Tabla-2.1- 19, muestra el número de usuarios desde el 2004 hasta el 2008; se observa en la Tabla que los usuarios de Estratos 2 y 3 son los que más se han incrementado con relación a los otros Estratos.

Tabla-2.1- 19 Número de Usuarios³⁾ (1000)

Sector	Clasi-ficación ¹⁾	2004		2005	2006	2007	2008 hasta Oct.		Aumento ²⁾
Residencia	Estrato 1	100.9	8%	108.3	112.8	112.3	116.4	8%	15.4
	Estrato 2	439.4	33%	456.9	474.9	484.9	493.3	33%	54.0
	Estrato 3	509.5	38%	527.9	535.5	543.9	555.9	37%	46.4
	Estrato 4	165.4	12%	173.3	182.9	190.0	198.2	13%	32.8
	Estrato 5	59.7	5%	62.5	65.5	67.6	70.2	5%	10.5
	Estrato 6	48.1	4%	51.4	53.9	56.0	58.4	4%	10.3
	Subtotal	1,323.0	100%	1,380.3	1,425.5	1,454.7	1,492.4	100%	169.4
No-residencial		133.4	-	137.5	148.3	171.6	176.0	-	38.5
Total		1,456.4	-	1,517.8	1,573.8	1,626.3	1,668.4	-	-

Nota: 1) “Estrato” es un área de clasificación dónde se definen los niveles socio-económicos; Estrato 1 es la clasificación para el área de nivel más bajo, mientras que el Estrato 6, es el área de nivel más alto.

2) El número de clientes del 2006 se incrementó con relación con los del 2004.

3) El número de clientes es un promedio anual.

Fuente: Acueducto (Gerencia corporativa Servicio al Cliente).

La Tabla-2.1- 20 presenta el consumo de agua (m³/mes) desde el 2004 hasta el 2008. El consumo total del año 2008 fue de 23.986.300 m³/mes o 9,25 m³/s.

El consumo total en el 2008 aumentó por 1.789.000 m³/mes comparado con el del 2004, causado básicamente por el aumento de las áreas no residenciales por 1.540.000 m³/mes durante el mismo periodo. Es también claro que el consumo del Estrato 1 y 5 han aumentado continuamente.

Tabla-2.1- 20 Consumo²⁾ (1.000 m³/mes)

Sector	Clasi-ficación	2004		2005	2006	2007	2008 hasta Oct.		Aumento ¹⁾
Residencial	Estrato 1	1,225.0	7%	1,266.8	1,304.6	1,306.8	1,373.9	8%	149
	Estrato 2	5,736.8	34%	5,769.8	5,687.1	5,769.3	5,702.2	33%	-35
	Estrato 3	6,271.8	37%	6,301.5	6,152.5	6,171.4	6,085.1	35%	-187
	Estrato 4	2,090.6	12%	2,123.9	2,187.4	2,253.4	2,276.2	13%	185
	Estrato 5	894.0	5%	915.0	938.7	957.1	957.8	6%	64
	Estrato 6	850.2	5%	892.5	890.3	916.8	922.5	5%	73
	Subtotal	17,068.4	100%	17,269.4	17,160.6	17,374.8	17,317.7	100%	249
No-residencial		5,128.5	-	5,312.6	5,668.1	6,223.8	6,668.6	-	1,540
Total		22,196.9	-	22,582.0	22,828.7	23,598.6	23,986.3	-	1,789

Nota: 1) El consumo del 2008 fluctuó comparado con el 2004.

2) El consumo es un promedio anual.

Fuente: Equipo de Trabajo JICA con base en datos del Acueducto.

La Tabla-2.1- 21, presenta el consumo en unidades de agua, litro/día/per-cápita del 2004 al 2008.

Para el cálculo de consumo por persona, el Equipo de Estudio JICA utilizó un estimativo de 4,5 personas por vivienda para el “Reporte de Resultados del Trabajo de Marzo del 2007” de acuerdo al documento de estudio de Humberto Molina en 2003. Sin embargo, el resultado del censo del 2005 reveló que el promedio es de 4.0 personas por vivienda en Bogotá D.C., Soacha y Gachancipá. Por ende, la unidad de consumo promedio del año 2008 se estimó en 97 litro/día/persona como se muestra en la Tabla-2.1- 21.

Tabla-2.1- 21 Consumo Unitario Estimado (litro/día/persona)

Sector	Clasificación	2004	2005	2006	2007	2008
Residencial	Estrato 1	101	97	96	97	98
	Estrato 2	109	105	100	99	96
	Estrato 3	103	99	96	95	91
	Estrato 4	105	102	100	99	96
	Estrato 5	125	122	119	118	114
	Estrato 6	147	145	138	136	132
	Average	108	104	100	100	97
No-residencial	litro/día/ establecimiento	1,281	1,288	1,274	1,209	1,263

Nota: Para el cálculo de la unidad de consumo, 4,0 personas por vivienda fueron tomadas para cada año.

Fuente: Equipo de Trabajo JICA con base en datos del Acueducto (Gerencia Corporativa Servicio al Cliente).

La Table-2.1-22, muestra la tarifa promedio por el servicio de agua desde el 2004 hasta el 2008. La tarifa promedio ha venido en constante aumento para todos los Estratos hasta el 2004, sin embargo, debido a la drástica revisión de tarifas hecha en Julio del 2004 (ver numeral 3), la tarifa del Estrato 1 descendió desde el 2005, y la de los Estratos 2 y 3 desde el 2006.

Tabla-2.1- 22 Pago de Agua Anual (Col\$/m³)

Sector	Clasificación	2004	2005	2006	2007	2008
Residencial	Estrato 1	823	816	734	740	812
	Estrato 2	1,277	1,415	1,408	1,436	1,581
	Estrato 3	2,067	2,306	2,251	2,176	2,317
	Estrato 4	2,210	2,316	2,329	2,339	2,584
	Estrato 5	3,186	3,223	3,609	3,633	4,074
	Estrato 6	3,672	3,464	3,876	3,853	4,341
	Average	1,868	2,009	2,025	2,012	2,195
No-residencial		2,258	2,393	2,442	2,603	2,717

Nota: El pago del agua esta dado en promedio anual.

Fuente: Equipo de Trabajo JICA con base en datos Acueducto (Gerencia Corporativa Servicio al Cliente).

(2) Abastecimiento de Agua Actual en los Municipios

El Acueducto actualmente suministra agua en bloque a ocho municipios del departamento de Cundinamarca. La Tabla-2.1- 23 presenta la cantidad de agua suministrada a estos municipios desde el 2004 hasta el 2008. La cantidad de agua abastecida ha venido incrementando notoriamente en Chía y Mosquera. En la primera por el incremento poblacional y en la segunda por la disminución del uso de agua subterránea. La cantidad abastecida a estos municipios en el 2008 se incrementó en 386.000 m³/mes en relación al 2004.

Tabla-2.1- 23 Abastecimiento de Agua en Bloque (1.000 m³/mes) y Tarifas²⁾

Municipio	2004		2005	2006	2007	2008 Hasta Oct.	Aumento ¹⁾	
1. Chía	462.2	40%	545.1	604.4	652.6	703.2	45%	241
2. La Calera	43.2	4%	42.6	23.1	14.5	10.0	1%	-33
3. Tocancipá	80.3	7%	90.0	93.7	97.6	104.5	7%	24
4. Sopó	72.7	6%	71.6	80.5	86.9	89.0	6%	16
5. Cajicá	211.9	18%	207.6	213.8	229.4	220.6	14%	9
6. Funza	78.7	7%	79.8	87.4	88.5	91.7	6%	13
7. Mosquera	146.3	13%	185.3	224.6	206.6	215.2	14%	69
8. Madrid	59.1	5%	68.2	36.9	66.7	106.1	7%	47
Total	1,154.4	100%	1,290.2	1,364.4	1,442.8	1,540.3	100%	386
Costo del Agua (Col\$/m ³)	892	-	702	716	766	820	-	-

Nota: 1) El consumo del 2008 fluctuó comparado con el 2004.

2) La tarifa es un promedio anual.

Fuente: Agua en bloque: Acueducto (Gerencia Corporativa Servicio al Cliente); Pago de Agua: Equipo de Trabajo JICA con base en datos proporcionados por el Acueducto (Gerencia Corporativa Servicio al Cliente).

(3) Tarifa de Agua

La Tabla-2.1- 24 muestra la tarifa de agua que el Acueducto manejó a Junio del 2004. La tarifa incluye la tarifa básica y la tarifa por consumo.

Tabla-2.1- 24 Tarifa de Agua en Junio 2004 (Col\$)

Sector	Clasificación	Tarifa Básica	Tarifa por Consumo (m ³ /mes)			
		(Fijada)	< 20m ³	21m ³ -40m ³	41m ³ <	Otros
Residencial	Estrato 1	8.482,26	599,37	1.970,35	2.066,58	-
	Estrato 2	11.037,39	925,08			
	Estrato 3	18.366,26	1.558,79			
	Estrato 4	21.500,55	1.685,61	2.364,42	2.479,90	-
	Estrato 5	55.352,37	2.033,47			
	Estrato 6	78.911,38	2.273,66			
No-residencial	Industrial	22.828,38	-	-	-	2.364,42
	Comercial					
	Oficial	19.238,41	-	-	-	1.893,72

Fuente: Acueducto.

La tarifa básica se redujo dramáticamente en Julio de 2004. Por ejemplo para el Estrato 1 la reducción fue del 62% y del 48% para el Estrato 6; contrariamente, la tarifa por consumo se elevó. Después de esto, tanto la tarifa básica como la tarifa por consumo han sido revisadas, cuando el índice de precios al consumidor acumulado excede el 3%. La Tabla-2.1- 25 muestra la tarifa de Octubre del 2008 revisada en Julio del 2008.

Tabla-2.1- 25 Tarifa de Agua en Octubre 2008 (Col\$)

Sector	Clasificación	Tarifa Básica	Tarifa por Consumo(m ³ /mes)		
		(Fija)	< 20m ³	21m ³ <	Otros
Residencial	Estrato 1	3,789.65	643.63	2,145.45	-
	Estrato 2	7,579.36	1,287.27		
	Estrato 3	11,116.35	1,887.96		
	Estrato 4	12,632.20	2,145.45	3,218.15	
	Estrato 5	28,296.17	3,218.15		
	Estrato 6	34,612.28	3,432.67		
No-residencial	Industrial	16,421.89	-	-	2,960.71
	Comercial	18,948.34			3,218.15
	Oficial	12,632.20			2,145.45

Fuente: Acueducto (Gerencia Corporativa Servicio al Cliente).

1.3.3 Instalaciones de Alcantarillado y Tratamiento

(1) Situación Actual del Sistema de Alcantarillado en el Área Urbana de Bogotá

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) estipula que el tratamiento de aguas residuales del área urbana de Bogotá es responsabilidad del Acueducto. El área restante del Área de Estudio está bajo jurisdicción de la CAR. El servicio de alcantarillado cubre 85 a 90% del área urbana de Bogotá. Sin embargo la definición de la tasa de cobertura del servicio de alcantarillado en Colombia es el número de personas que disponen del servicio dividido por la población total del área. En otras palabras, esto es equivalente a la tasa de recolección de aguas residuales por alcantarillas.

Por otro lado no toda el agua residual recolectada es subsecuentemente tratada. Una tubería principal de alcantarillado e instalaciones de tratamiento de aguas residuales existen únicamente en el Sistema El Salitre. Aunque las tuberías de alcantarillado están bajo construcción en algunas partes de Bogotá, actualmente el agua residual termina sin previo tratamiento en los afluentes del Río Bogotá. Incluso en la planta de tratamiento El Salitre la tasa de eliminación del DBO es cercana al 65%. La Tabla-2.1- 26 hace un resumen del sistema de alcantarillado.

Tabla-2.1- 26 Resumen del sistema Actual de Alcantarillado del Acueducto

● Número de Plantas de Tratamiento de Agua Residual	1 (tratamiento primario únicamente)
● Capacidad de Tratamiento	4,0 m ³ /s (345.600m ³ /día)
● Conexión de Alcantarillado a Viviendas	2.200.000
● Red Troncal de Alcantarillado	412 km
● Red de Alcantarillado	7.895 km
➤ Sistema Colector de Aguas Residuales	5.638 km
➤ Sistema Colector de Aguas Lluvias	2.257 km

Fuente: Acueducto

Los siguientes tributarios principales en el área urbana de Bogotá y Soacha están bajo la jurisdicción del Acueducto en cuanto a alcantarillado. El área de Soacha fue transferida al control de Acueducto recientemente en el 2005 y por lo tanto no se ha completado el inventario de tubos de alcantarillado.

- (a) Sistema Salitre.
- (b) Sistema Fucha.
- (c) Sistema Tunjuelo.
- (d) Sistema Soacha.

La Tabla-2.1- 27 y Tabla-2.1- 28 indican la población objetivo proyectada y el volumen de agua residual dentro de los respectivos sectores de tratamiento.

Tabla-2.1- 27 Población Proyectada (unidades: personas)

Área	2000	2005	2010	2015	2020	Valor de Saturación
Salitre	2.038.102	2.246.180	2.490.869	2.800.546	3.171.965	3.306.934
Fucha	2.287.190	2.611.238	2.767.524	2.933.240	3.153.876	3.496.275
Tunjuelo	2.117.618	2.448.870	2.775.736	3.047.517	3.298.957	3.422.820
Soacha	353.026	434.528	506.890	568.670	617.775	793.255
Total	6.795.936	7.740.816	8.541.019	9.349.973	10.242.572	11.019.284

Fuente: Acueducto. Aspectos Técnicos y Análisis de Saneamiento del Río Bogotá. Mayo, 2006.

Tabla-2.1- 28 Volumen Promedio de Agua Residual (m³/s)

Sector de Tratamiento	2000	2005	2010	2015	2020	Saturación
Salitre	5,9	6,4	7,1	7,8	8,5	10,8
Fucha	7,5	8,3	9	9,5	9,9	10,7
Tunjuelo+Soacha	5,7	6,4	7,2	7,8	8,2	8,3
Total	19,1	21,1	23,3	25,1	26,6	29,8

Fuente: Acueducto. Aspectos Técnicos y Análisis de Saneamiento del Río Bogotá. May, 2006.

Los sistemas de alcantarillado son básicamente sistemas separados. Las tuberías sub-principales existentes de alcantarillado son de tipo combinado en donde el agua lluvia es mezclada con el agua residual. Como resultado, el diseño del sistema es tal que en los casos cuando la descarga aumenta durante los periodos de lluvia, ésta es subsecuentemente desviada a ríos o a estanques de regulación por medio de instalaciones de desborde construidas a lo largo de la tubería de alcantarillado (alcantarillado de interceptación). Numerosos problemas como resultado del método de conexión de tubos han sido confirmados, incluidos casos donde tubos recolectores de aguas residuales son conectados a tubos de drenaje de aguas lluvias y viceversa.

(2) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Salitre

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) El Salitre es la única en el Área Metropolitana de Bogotá. La ciudad de Bogotá D.C. (SDA) tiene los derechos de propiedad de la PTAR El Salitre. La SDA cedió al Acueducto la operación, administración y mantenimiento de la planta de tratamiento. A continuación se presenta una descripción general de la PTAR El Salitre.

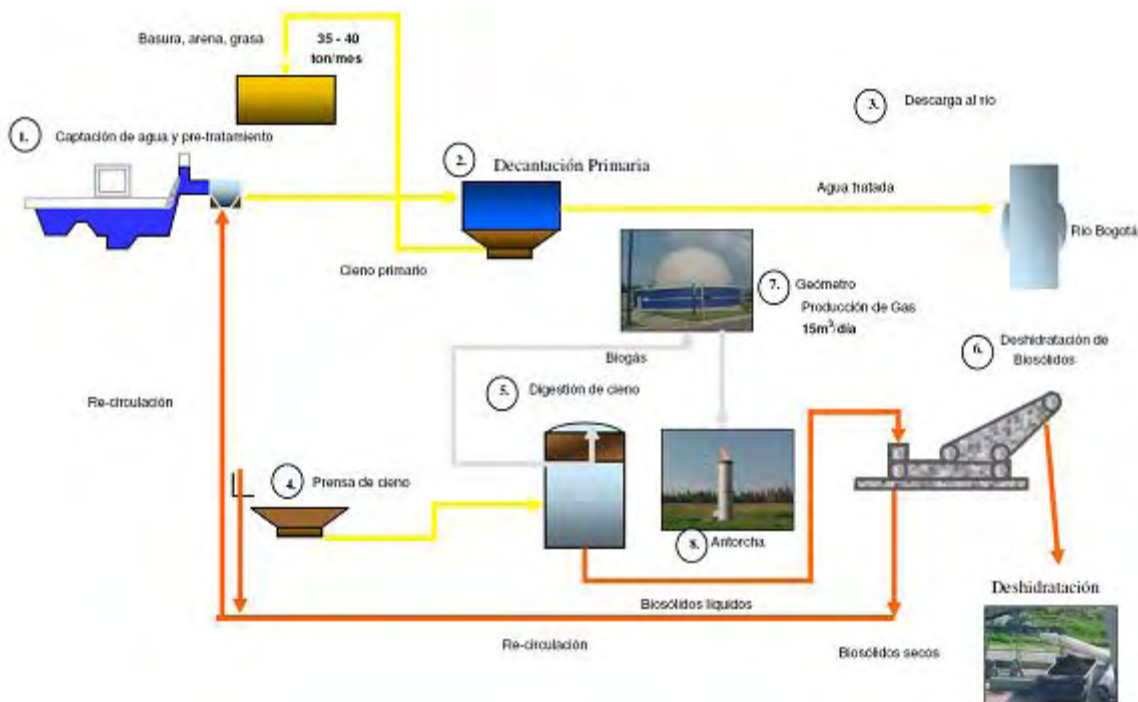
- Población Atendida: 2,1 millones de personas.
- Método de Tratamiento: Población atendida: 2,4 millones de personas.
- - primer grado de tratamiento primario (precipitación inducida químicamente y proceso de sedimentación).
- Capacidad de Tratamiento: 4 m³/s en promedio, máximo: 9,94 m³/s.
- Capacidad de tratamiento : promedio 4 l/s, máximo 9,94 l/s Eficiencia de tratamiento: Reducción del 40% del BOD (de 220mg/l a 130mg/l). Eliminación del 60% del SST (Sólidos Suspendidos Totales, de 150mg/l a 60mg/l).
- Tratamiento lodos: 135 tons/día, por tratamiento anaeróbico.
- Producción de Biogás: 15.000 m³/día.

La PTAR El Salitre opera 24 horas al día. Su sistema operacional se divide en tres turnos con 65 empleados. El costo mensual de su operación y mantenimiento es de Col\$1.200 millones (cerca de US\$ 600.000 por mes). Esta cantidad la paga la SDA al Acueducto.



Fuente: PTAR El Salitre.

Figura-2.1- 37 Vista General de la Planta de Tratamiento El Salitre

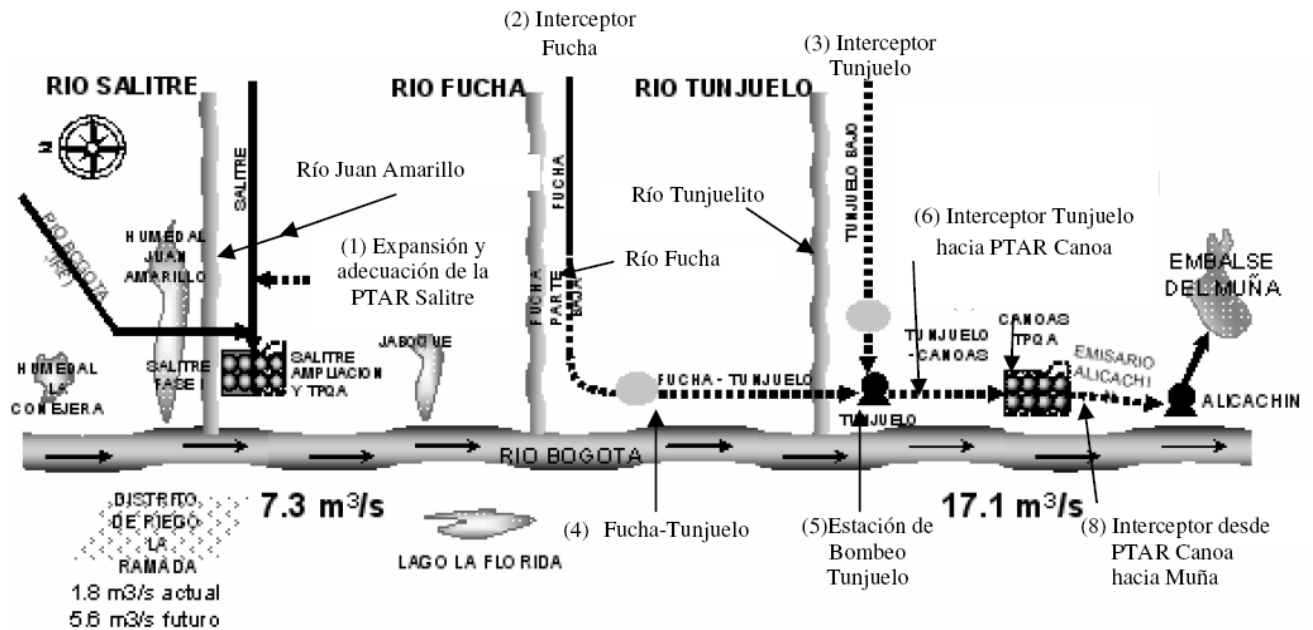


Fuente: Acueducto, PTAR El Salitre.

Figura-2.1- 38 Flujo de Tratamiento de la PTAR El Salitre

(3) Proyectos de Infraestructura Presentes y Futuros para el Sistema de Alcantarillado

Con el fin de implementar mejoras para hacer frente a las aguas residuales del área metropolitana de Bogotá, el Acueducto ha venido ejecutando y planeando los trabajos que se mencionan a continuación. El resumen del proyecto y su progreso se muestra en la Figura-2.1-39 y en la Tabla-2.1- 29.



Fuente: Acueducto

Figura-2.1- 39 Descripción de los Proyectos de Infraestructura de Aguas Residuales

(4) Relleno Sanitario Doña Juana

Todos los residuos sólidos del Área Metropolitana de Bogotá y de algunos municipios aledaños son llevados a la Planta de Disposición de Residuos Doña Juana. La Planta fue construida por el Distrito y su operación comenzó en 1998. Desde Marzo del 2000, Bogotá a través de la Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos (UAESP), otorgó su administración y mantenimiento a la empresa privada PROACTIVA. La agencia municipal de Bogotá con jurisdicción sobre la planta es la UAESP.

Tipos de Desechos

La Planta procesa (por relleno sanitario) diariamente 6.000 toneladas de residuos sólidos, 12 toneladas de residuos hospitalarios diarios y 150 toneladas diarias de lodo provenientes de la PTAR El Salitre. La planta no maneja residuos industriales. El Servicio de recolección se maneja en otro contrato. Actualmente cuatro empresas privadas recogen y transportan los residuos de sus respectivas jurisdicciones y sectores. Los desperdicios generales no son separados ni en el proceso de recolección ni en la planta de desechos. El reciclaje de desechos no se lleva a cabo.

La planta de Desechos

El complejo de la planta de desechos está dividida en varias zonas por muros de contención con una altura máxima de relleno de 32 m en 41 capas para cada zona. El gradiente superficial ha sido diseñado para estabilidad. El sistema operativo ha sido incorporado con estándares ISO y las instalaciones son modernas y eficientes. Cuando una zona ha sido llenada plenamente, las operaciones de relleno prosiguen en la siguiente zona.

Tabla-2.1- 29 Resumen del Proyecto del Sistema de Alcantarillado y sus Progresos

No.	Instalaciones	Plan General	Cantidad Estimada en Millones de US\$	Progreso
(1)	Expansión y adecuación de El Salitre	(1) Expansión de las instalaciones para el tratamiento primario de 4 m ³ /s a 8 m ³ /s. (2) Construcción de instalaciones de un Segundo tratamiento con capacidad de 8m ³ /s.	200 (Fondos de la CAR)	Fecha de Construcción 2008-2010 Contrato <i>Llave en mano</i> . El propietario de las instalaciones es la SDA y los fondos de construcción de la CAR. El Acueducto opera las instalaciones. El acuerdo entre las instituciones no ha sido finalizado.
(2)	Interceptor de Fucha	Construcción de la línea principal de alcantarillado para conectar la tubería de agua recolectora al área de Fucha.	(Fondos del Acueducto)	Terminado.
(3)	Interceptor de Tunjuelo	Construcción de la línea principal de alcantarillado para conectar la tubería de agua recolectora al área del Tunjuelo.	(Fondos del Acueducto)	Son cuatro partes: la primera y segunda sección de la parte superior del río, están terminadas. La cuarta parte, localizada en el extremo bajo del río, está en construcción. La tercera parte será construida en el 2008-2009
(4)	Interceptor Fucha-Tunjuelo	Conecta el sistema de alcantarillado de Fucha con la estación de Bombeo Tunjuelo.	70 (Fondos del Acueducto)	Fecha de Inicio: Feb. 2007. Fecha de Terminación: año 2009. -33 meses-
(5)	Estación de Bombeo Tunjuelo	Conducción del alcantarillado de Fucha y Tunjuelo a la PTAR Canoa. Capacidad 17.1 m ³ /s	90 (Fondos del Acueducto)	Programa de Construcción: en licitación 2007, Fecha inicio de Construcción: 2007, Fecha de Terminación: 2011
(6)	Interceptor Tunjuelo	Tubería de conducción de la estación de Bombeo Tunjuelo a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Canoa.	100 (Fondos del Acueducto)	Preparación de la licitación 2007. El diseño básico será terminado en el 2007. Licitación en 2008. El contrato incluye detalles de diseño y construcción.
(7)	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Canoa	(1) Tratamiento Primario. Capacidad 18 l/s (2) Tratamiento Secundario. Capacidad 18 l/s	(1) 350 (2) 350 (Fondos de la CAR y otros fondos)	El diseño básico estará terminado en el 2007. Fecha de Construcción 2009 – 2014. Sin embargo, el abastecimiento de fondos no ha sido considerado todavía.
(8)	Estación de Bombeo Canoa	Construcción de la estación de Bombeo en la Planta de Tratamiento. La Descarga se usa para la hidroeléctrica del Embalse del Muña.	50 (Fondos de la CAR y otros fondos)	Proyecto de la CAR. Diseño del plan de restauración ambiental del embalse del Muña Fuente: SDA. Aspectos Técnicos en el Análisis del Saneamiento del Río Bogotá, 06

Flujo de Operación de la Planta

El Flujo de operación es el siguiente: (a) Delimitación de las zonas por un muro de contención (b) Impermeabilización, (c) construcción de canales de drenaje. (d) trabajos finales, (e) recibimiento y disposición de los desechos, (f) relleno y nivelación, (j) Tapado Temporal (cobertura plástica) para prevenir infestación de moscas, malos olores, etc., (h) Cobertura con Tierra (mezcla de lodo y tierra), y (i) establecimiento superficial.

Drenaje

El drenaje de la planta es llevado a cabo por una compañía privada italiana mediante un contrato de tipo “llave en mano”. Las instalaciones de tratamiento de drenaje comprende procesos de oxidación química, bio-procesamiento por el método OD y un tanque de sedimentación final. La calidad de los lixiviados está bajo la jurisdicción de la SDA.

(5) Infraestructura de Alcantarillado fuera del Área Metropolitana de Bogotá

Fuera del área metropolitana de Bogotá, la CAR ejecuta directamente la construcción, operación,

administración y el mantenimiento de la infraestructura de alcantarillado.

Proyecto de la CAR para el Mejoramiento de la Calidad del Agua

En 1991 la CAR implementó el proyecto CAR-BID para el mejoramiento de la calidad del Agua en la Sabana de Bogotá. Éste proyecto fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con un presupuesto de US\$ 55,6 millones, permitiendo la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales de pequeña escala en 27 ubicaciones de 24 municipios. La CAR supervisa el diseño y la construcción de las instalaciones. Después de terminada la construcción, la autoridad para la operación y el mantenimiento de las instalaciones recae sobre el municipio respectivo. Los métodos de tratamiento son variados. En promedio, la capacidad de tratamiento es de 50 ℓ/s. El área del servicio de alcantarillado comprende solo áreas urbanas. En las áreas rurales, la disposición del alcantarillado se hace en su sitio, es decir por medio de tanques sépticos, tanques de putrefacción, letrinas, etc.

Problemática Actual del Alcantarillado Existente

Los siguientes problemas afectan las instalaciones anteriormente mencionadas:

- El área de cobertura es pequeña.
- Las tuberías de alcantarillado y las alcantarillas son obsoletas.
- Las plantas de tratamiento son ineficientes y de pequeña escala en capacidad.
- Existen algunas instalaciones que presentan problemas en términos de diseño técnico.
- Los municipios no están listos para incorporar instalaciones de tratamiento de aguas residuales en lo referente a requisitos de operación y los costos de mantenimiento.

En cuanto a los aspectos anteriormente mencionados, los municipios no pueden soportar los costos ni los requisitos técnicos del mantenimiento de las instalaciones. Como resultado, algunas instalaciones no han sido operadas. Por consiguiente en Octubre del 2005, la CAR relegó la operación y el mantenimiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales al sector privado (ESSERE Inc.). Ésta entidad operadora es la única responsable por la operación y mantenimiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; *i.e.* la construcción y el mantenimiento de la recolección de aguas residuales al igual que los tubos principales bajo la respectiva jurisdicción municipal. El sistema de tuberías consiste de tipos combinados de alcantarillado.

Nuevos Proyectos para Mejorar la Calidad del Agua

Para Octubre del 2006, un nuevo acuerdo de financiación de US\$ 5 millones fue firmado con el BID. Estos fondos serán dirigidos tanto a la expansión de la infraestructura del servicio de agua como a mejorar las instalaciones de alcantarillado.

1.3.4 Administración del Recurso Hídrico

La administración de recurso hídrico en la Sabana de Bogotá esta a cargo de la CAR y de la SDA tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. El uso del agua en la Sabana de Bogotá debe estar registrado en la SDA y en la CAR. Este sistema de registro cumple un papel importante en la administración de los recursos hídricos por parte de la SDA y de la CAR.

Manejo del Recurso Hídrico por la SDA

La SDA está encargada de la administración de los recursos hídricos subterráneos en áreas con alturas menores a 2.700 m en Bogotá. Todos los usuarios de las aguas subterráneas deben estar registrados ante la SDA. Actualmente hay alrededor de 400 pozos registrados en la SDA. Los dueños de los pozos deben pagar por el uso del agua. La SDA lleva a cabo cada mes el monitoreo de los pozos registrados como parte de sus función de administrador de los recursos hídricos subterráneos. Los aspectos que se monitorean son los siguientes:

- Nivel de agua subterránea del pozo.
- Rendimiento del pozo.

Administración del recurso hídrico por la CAR

La CAR está encargada de administrar los recursos hídricos en las siguientes áreas:

- Áreas de Protección Forestal de Bogotá D.C.
- Áreas rurales de Bogotá D.C.
- Sabana de Bogotá fuera de Bogotá D.C.

La CAR implementa la administración de los recursos hídricos con base en el análisis del desarrollo potencial de los recursos de aguas superficiales y subterráneas. La administración cuantitativa de los recursos hídricos se hace a través del control de las concesiones de agua, por lo que cada usuario de recursos hídricos en la Sabana de Bogotá debe registrarse ante la CAR. El usuario debe adquirir una concesión para su uso basado en el aprovechamiento potencial del mismo y evaluado por la CAR. La CAR cobra las tarifas de las concesiones de agua de los usuarios registrados. El número de usuarios registrados es el siguiente:

- Número de autorizaciones para el uso de agua superficial: 1.400.
- Número de autorizaciones para el uso de aguas subterráneas: 1.200.

Se estima que el número real de usuarios de agua superficial puede ser de 8.000 y de agua subterránea 7.000, lo que significa que hay muchos usuarios sin autorización. El método de monitoreo de la CAR es el siguiente:

Tabla-2.1- 30 Método de Monitoreo de la CAR

Recursos Hídricos	Método de Monitoreo
Agua Superficial	Existen 340 estaciones de observación de monitoreo de agua superficial en Cundinamarca. Cuenta con la información acumulada de 30 años.
Agua subterránea	El monitoreo de agua subterránea se realiza sobre el nivel freático y la producción de los cerca de 360 pozos registrados. El monitoreo se realiza una o dos veces al año y la observación la lleva a cabo el propietario del pozo.

Fuente: CAR.

Mantenimiento de los Pozos de Observación terminados en el Estudio anterior de JICA para Monitoreo.

En el Estudio anterior de JICA (2000-2003), 6 pozos de observación del Cuaternario y 5 pozos de observación del Cretáceo fueron completados. Medidores automáticos para el monitoreo de los niveles de agua subterránea fueron instalados en 11 pozos del Cuaternario. El Acueducto constantemente continua con el monitoreo de los pozos de observación. Así mismo, el Acueducto intenta expandir el sistema de monitoreo adicionando nuevos pozos de monitoreo con medidores automáticos. Se requiere que el Acueducto continúe la observación y mantenimiento de estos pozos en el futuro.

1.3.5 Sistema de Administración y Monitoreo de la Calidad del Agua

La calidad del agua de los ríos que fluyen a través y desde el área Metropolitana de Bogotá es manejada y monitoreada por la SDA y por el Acueducto. La calidad del agua de ríos y pozos fuera del Área Metropolitana dentro de la Sabana de Bogotá es manejada y monitoreada por la CAR.

(1) Acueducto

El Acueducto tiene un sofisticado laboratorio que ejecuta análisis de calidad del agua potable, aguas superficiales, aguas residuales y análisis de suelo. El Acueducto a establecido 155 ubicaciones en el área urbana para monitoreo del agua de los cuales diariamente se muestrean 52 puntos y se analizan en el laboratorio. Para el análisis de la calidad del agua se tienen en cuenta 25 parámetros fisicoquímicos y dos biológicos. Los estándares de calidad de agua son establecidos en el decreto 475 de 1998 expedido por el Ministerio de Salud Colombiano. Las muestras de agua superficial se toman entre 60 y 70 ubicaciones cada cuatro meses. El muestreo incluye análisis del contenido de metales pesados. Los análisis de la calidad del agua también se realizan en la PTAR El Salitre.

Los análisis de calidad del agua de la SDA se realizan en el laboratorio del Acueducto. La SDA tiene aproximadamente 400 puntos de muestreo. Adicionalmente, el muestreo del agua residual industrial para la mayoría de la fábricas de Bogotá (cerca de 800) se realizará con base en el acuerdo 011 y 005/2006 entre la SDA y el Acueducto. Con los resultados de las pruebas la SDA controla la cantidad de efluentes industriales. El Acueducto reporta los resultados ante la SDA pero no tiene la autoridad para establecer regulaciones de calidad de agua. Los laboratorios del Acueducto también realizan exámenes para compañías privadas. Estos están obligadas a informar de los resultados de los análisis a la SDA.

(2) Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA)

La SDA ejecuta el manejo de la calidad del agua para: descargas al río, aguas residuales industriales, pozos, aguas subterráneas y humedales. Específicamente, se analizan los desechos de 800 fábricas, y se dan guías de rectificación en caso de que los resultados excedan los niveles aceptables. El análisis de la calidad de agua es llevado a cabo por el Acueducto. La SDA tiene el poder de multar o suspender operaciones a una fábrica cuyos desechos estén por debajo de los estándares y no mejoren su calidad.

(3) Corporación Autónoma Regional (CAR)

La CAR ejecuta el manejo y monitoreo de la calidad del agua en todo el departamento de Cundinamarca por fuera del área urbana de Bogotá. La Corporación ejecuta un análisis regular de la calidad del agua para aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas residuales domésticas e industriales y las descargas de las plantas de tratamiento de aguas residuales. La CAR también tiene la autoridad de otorgar concesiones de agua y licencias ambientales relacionadas con el manejo de recursos hídricos. Para el análisis de la calidad del agua, la CAR recolecta muestras de aguas superficiales en 280 ubicaciones cuatro veces al año y de aguas subterráneas una vez por año en 101 ubicaciones. Hasta el momento, la calidad del agua de 4.500 pozos ha sido analizada. Adicional al manejo del agua, la CAR investiga los resultados de los análisis de calidad del agua cuando evalúa la adjudicación de concesiones de agua o licencias ambientales. El laboratorio para el análisis de calidad del agua de la CAR cubre parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, de contaminación por radiación, toxicidad e hidrobiología entre otros.

1.3.6 Ecosistema y Medio Ambiente

(1) La Cuenca del río Bogotá

Desarrollo Económico y Conservación Ambiental

En Colombia la Cuenca del río Bogotá es el área con mayor diversificación económica. El uso de la tierra dentro del área de la cuenca, está dedicada principalmente a la agricultura con cultivos de flores que representan el 80% del total de la producción nacional. Por otra parte, la ganadería y la industria lechera son la base de la economía de esta región. Los recursos hídricos son usados para diferentes propósitos: agricultura, ganadería, industrias, minería, abastecimiento de agua para embalses hidroeléctricas, etc. Sin embargo, es un hecho que el crecimiento económico ha sido la prioridad sobre la conservación de la naturaleza en el área.

Urbanización y Balance Hídrico

Adicionalmente, una rápida urbanización eleva la demanda de agua. El incremento del abastecimiento y de la demanda de agua debido a la expansión de las actividades socio-económicas causa restricciones en el consumo de recursos hídricos; limitados por los métodos de manejo que en ocasiones generan disputas sobre las concesiones de agua. En cuanto a la calidad se debe considerar que el río Bogotá, recibe el agua residual de 6,4 millones de habitantes del Área Metropolitana de Bogotá y de 430 mil habitantes de 26 municipios que se encuentran dentro de la cuenca del río. La contaminación es extremadamente crítica a causa de la erosión y la acumulación de sedimentos y el vertimiento de residuos tratados y sin tratar.

Humedales de Bogotá

Con relación a los humedales dentro del área urbana de Bogotá, hoy solamente quedan 13 a lo largo del río Bogotá. Sin embargo, las viviendas han invadido los humedales. La calidad del agua se

encuentra bastante contaminada y en condiciones de riesgo debido a la invasión de casas, fábricas de construcción y por la descarga de agua residual doméstica e industrial. La Gerencia Corporativa Ambiental del Acueducto y la SDA están encargados de la conservación de los 13 humedales dentro del área urbana de Bogotá. Este no está relacionado con el plan que implementa la CAR para la recuperación de humedales.

(2) Ecosistemas y Medio Ambiente Afectado por el Desarrollo de Agua Subterránea en los Cerros Orientales y Cerros Sur

Área de Protección Forestal

Los Cerros Orientales y Cerros Sur se ubican a una altura entre los 2.600 y 3.000 m.s.n.m. Las áreas a una altura mayor a 2.700 m.s.n.m en los Cerros Orientales están dentro del área de reserva forestal de la CAR. La tala de árboles y construcciones dentro de esta área se encuentra estrictamente controlada.

Ninguna parte de los Cerros Sur ha sido designada como de reserva forestal. La urbanización ha continuado dentro del área metropolitana de Bogotá fuera del área de reserva. No hay por consiguiente bosques naturales o especies silvestres raras o amenazadas dentro de ésta área urbana.

Recursos Hídricos

El área de captación de los Cerros Orientales es pequeña, caracterizada por la ausencia de ríos de gran tamaño. Las pequeñas quebradas montañosas desaparecen durante la época seca. Los ríos en el área cuentan por solo el 1% de las fuentes de agua potable.

Impacto Causado por el Desarrollo de Agua Subterránea

El área objetivo para desarrollo de agua subterránea en los Cerros Orientales propuesto en éste proyecto abarca predios vacíos y tierras de pastoreo ubicadas entre el área urbana y la reserva forestal. Esta área no requerirá reasentamiento de población por parte del proyecto.

Por otro lado, el área de desarrollo de agua subterránea dentro de los Cerros Sur yace por fuera del cinturón de asentamiento humano y solo abarca tierra de pastoreo para el ganado. No hay presencia de bosques naturales o lagos dentro de ésta zona de pastoreo. Aunque no hay un área de reserva forestal designada dentro de los Cerros Sur, el permiso de perforación exploratoria y los derechos de concesión del agua para la extracción de agua subterránea deben ser otorgados por la CAR.

(3) Ecosistemas y Medio Ambiente Natural Afectado por el Embalse Chingaza No. 2 y el Plan de Desviación del Sumapaz

Los sitios planeados para la construcción de el Embalse Chingaza No. 2 (Embalse la Playa) y el plan de desviación del Sumapaz se ubican a una altura entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m en zona montañosa de páramo. La temperatura promedio anual en ésta área varía entre los 0 y 10°C y el medio ambiente natural comprende arbustos pequeños, vegetación de gran altitud, turba y humedales.

Flora

La diversidad vegetal en los páramos colombianos incluye 57% de las especies vegetales que se encuentran en los ecosistemas de páramos alrededor del mundo. El ecosistema de páramo en general presenta unas 5.000 diferentes variedades de plantas. En el caso específico de Chingaza se estiman aproximadamente 2.000 especies vegetales. Entre las especies presentes se destacan los frailejones al igual que 30 o más variedades de plantas herbáceas como el árnica comunes en este tipo de ecosistema y que se han adaptado a un clima de baja temperatura y una fuerte exposición a la radiación ultravioleta.

Fauna

El área de Chingaza es el hábitat de algunas especies amenazadas. Su fauna incluye gallinetas, cóndores, venados, osos ojos de anteojos, ardillas y otros pequeños roedores.

Geología y Recursos Hídricos

Desde el punto de vista geológico, el área de Chingaza se caracteriza por una distribución de

sedimentos glaciares formados durante las eras de hielo previas. La temporada de lluvias en el Páramo se extiende de Junio a Julio. El área es extremadamente rica en fuentes de agua debido al bajo nivel anual de evapotranspiración.

(4) Impacto Socio-Ambiental causado por el Embalse Chingaza No. 2

Dada la disminución en la demanda de agua, el Plan de Optimización para las Instalaciones Existentes de Abastecimiento de Agua bajo la revisión del Plan Maestro 2005, es una prioridad. La construcción del Plan de Expansión del Sistema de Abastecimiento de Agua está programado para comenzar en el 2029. Bajo el plan de Expansión del Sistema de Abastecimiento de Agua, el Embalse Chingaza No. 2 (Embalse la Playa) y el plan de desviación de Sumapaz (Represa de Chisacá y Embalse del Muña) tendrán un mayor impacto ambiental.

Licencias Ambientales y Concesiones

Estos proyectos están planeados dentro de parques naturales nacionales, por lo tanto requieren una autorización del MAVDT para obtener su licencia ambiental. De igual forma con respecto al derecho de concesión de agua dentro de un parque natural nacional, se necesita una autorización de la UAESPNN. Además de esto, como el Sistema Chingaza abarca varios departamentos, es necesario obtener derechos de concesión de agua de CORPOGUAVIO y CORPOORINOQUIA.

Impacto al Medio Ambiente Natural

El impacto ambiental del proyecto ocurriría en la parte alta del Páramo, donde se encuentran especies raras de plantas y animales. Específicamente, la construcción del embalse tendrá un gran impacto sobre el medio ambiente natural. Sin embargo, como el ecosistema no presenta bosques de árboles de gran tamaño en su parte alta, no habrá necesidad de una tala a gran escala.

Impacto sobre el Ambiente Social

El área del proyecto se encuentra deshabitada, por ende en términos de impacto social, no habrá necesidad de un reasentamiento de población. Adicionalmente, el Acueducto no tendrá necesidad de adquirir terrenos para el Proyecto Chingaza II, ya que éstos han sido adquiridos anteriormente bajo el Proyecto Chingaza I. Bajo el proyecto el agua será conducida al Embalse de Chuza, el cual fue construido en el proyecto Chingaza I. La tubería (túnel) de conducción adicional, vías de acceso, etc., del embalse de Chuza a Bogotá no son necesarias ya que éstas instalaciones ya fueron previstas y construidas bajo el Proyecto original Chingaza I.

Evaluación del Impacto Ambiental

La evaluación del impacto ambiental (EIA) del proyecto Chingaza II fue preparado en el 2002. Sin embargo, debido a la postergación de la implementación del proyecto, el reporte de EIA no ha sido entregado a la MAVDT ni a otras agencias concernientes.

1.3.7 Recarga Artificial de Aguas Subterráneas

La recarga artificial de aguas subterráneas se propuso en el Estudio anterior de JICA, desde el punto de vista de la conservación del recurso hídrico subterráneo. De acuerdo con el Estudio Piloto del Estudio anterior, los acuíferos cretáceos de los Cerros Orientales muestran una gran capacidad de recarga artificial. La recarga artificial de aguas subterráneas es un medio efectivo para la conservación de los recursos hídricos de los Cerros Orientales.

(1) Resultados del Estudio Anterior de JICA

Se realizó un estudio piloto de recarga artificial en el tanque de sedimentación del Acueducto en Vitelma.

Resultados del Estudio Piloto

Los resultados del Estudio Piloto son los siguientes:

Tabla-2.1- 31 Resultados del Estudio Piloto

Estructura del Pozo	Acuífero	Flujo Inyectado Promedio	Cabeza de Agua de Inyección	Inyección Específica (=Flujo Inyectado/Cabeza de agua)	Capacidad específica de la Prueba de Bombeo
Profundidad del Pozo: 300 m	Labor-Tierna	864 m ³ /día	8,41m	103 m ² /día	69 m ² /día (Producción 1,296 m ³ /día)
Diámetro del Pozo: 8 pulgadas	Nivel Estático de agua -6,63 m				

Fuente: Estudio sobre la Sostenibilidad del Aprovechamiento de Aguas Subterránea para la Sabana de Bogotá, en la República de Colombia 2003.

Como se muestra en la Tabla-2.1- 31, los resultados del Estudio Piloto muestran una alta capacidad del Acuífero Cretáceo para la recarga artificial.

Uso de las Instalaciones para la Recarga Artificial

Las instalaciones para la recarga artificial permanecen en la antigua planta de Vitelma, la cual puede ser operada de nuevo en el futuro para la recarga artificial. De realizarse el desarrollo de aguas subterráneas en caso de emergencia, se recomienda perforar alrededor de 10 pozos a lo largo del Río San Cristóbal para recarga artificial. En caso de emergencia, el agua subterránea sería bombeada desde pozos de emergencia localizados a lo largo de los Cerros Orientales y Sur durante un periodo de tiempo corto (entre una semana y nueve meses). Después del bombeo de emergencia los niveles de agua subterránea deben ser recuperados. La recarga artificial acelerará la recuperación de éstos niveles.

Los ríos perpetuos en los Cerros Orientales son muy pocos, se limitan a algunos tales como el Río San Cristóbal, El Río San Francisco y la Quebrada Yomasa. La recarga artificial es posible en la parte alta de los ríos anteriormente mencionados. Por otro lado, la mayoría de las cuencas de río en los Cerros Orientales, incluyendo las tres anteriormente mencionadas, se encuentran dentro del área de protección forestal. La recarga artificial de agua subterránea contribuirá a la conservación de recursos hídricos subterráneos de los Cerros Orientales. Ésta deberá ser aprobada en un futuro por las autoridades ambientales.

(2) Recarga de Agua Subterránea por el Embalse de San Rafael

El embalse de San Rafael esta localizado sobre la formación Cretácea de los Cerros Orientales. Se asume que algún volumen de agua del embalse se infiltra al Cretáceo a través del fondo del embalse.

La infiltración de agua a través del fondo del embalse fue evaluada mediante un cálculo diario entre Enero de 1998 y Marzo del 2001. Éste cálculo esta basado en el análisis de balance hídrico que se muestra a continuación:

$$G=(R-E) + (D_1-D_2) + (I_1-I_2) - \Delta DV$$

Donde:

G: Si G>0, hay salida de agua (por infiltración) del embalse

Si G<0, hay entrada de agua al embalse.

R: La Precipitación que cae al embalse.

E: La Evaporación del embalse. Medida mediante un tanque evaporimétrico x 0,7.

D1: Influjos de agua al embalse proveniente del Río Tominé

D2: Salida de agua (descarga) del embalse.

I1: Influjos de agua al embalse proveniente del túnel de Chingaza.

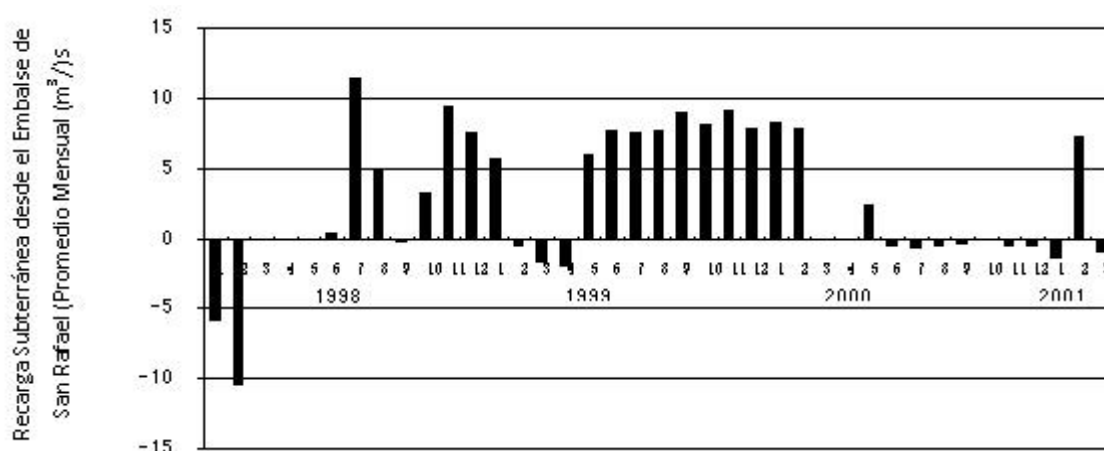
I2: Salida de agua del embalse a la Planta Wiesner.

ΔDV : Cambio en la capacidad de almacenamiento del embalse (se calcula a partir del nivel de agua del embalse).



Figura-2.1- 40 Fugas de Agua del Embalse de San Rafael

Los resultados del cálculo se muestran en la Figura-2.1-41.



Nota: Los Resultados Calculados como 0 representan falta de datos.

Figura-2.1- 41 Recarga de Agua Subterránea desde el Embalse de San Rafael (Promedio Mensual en m³/s)

De acuerdo a los resultados de los cálculos, el promedio mensual de infiltración de agua proveniente del embalse de San Rafael es de 3,7 m³/s. Esta cantidad de agua se infiltra al Acuífero Cretáceo de los Cerros Orientales, lo que aumentará el potencial de desarrollo de aguas subterráneas en el área.

El anterior cálculo de infiltración de agua subterránea (3,7 m³/s), es resultado de las fugas de agua del Embalse. Tales fugas son fenómenos artificiales y se consideran inestables. Esencialmente, la recarga de agua subterránea hace referencia a una infiltración de agua al acuífero proveniente de la lluvia (ver Capítulo 5). Consecuentemente, el volumen de agua por fugas del Embalse, calculado anteriormente, no deberá ser tenido en cuenta al calcular la recarga subterránea proveniente de aguas lluvias. Por otro lado, al formular el desarrollo de agua subterránea en los Cerros Orientales se debe tener en cuenta las posibles fugas de agua del Embalse de San Rafael, ya que estas tendrían un efecto de recarga subterránea.

1.3.8 Resultados del Monitoreo de Agua Subterránea

(1) Monitoreo de Agua Subterránea del Acuífero Cuaternario

Se dice que el nivel freático del acuífero Cuaternario está en constante decrecimiento. Durante el estudio JICA anterior (2001) se instalaron registradores automáticos del nivel freático en 10 pozos de la sabana de Bogotá. El Acueducto continúa con el monitoreo de los registradores automáticos hasta el momento. Los pozos monitoreados se presentan en la Tabla-2.1- 32.

Tabla-2.1- 32 Pozos de Monitoreo con Registradores Automáticos

N	Pozo	Coordenadas		Profundidad del Pozo (m)	Acuífero
		E	N		
No.1	Gibraltar (Soacha)	988,439	1,005,845	198	Cuaternario
No.2	Tisquesusa (Facatativa)	976,639	1,022,020	192	
No.3	Siberia (Tabio)	991,462	1,017,974	173	
No.4	Sopo (Sopo)	1,011,020	1,037,638	150	
No.5	Diana	1,013,170	1,038,429	188	
No.6	Choconta	1,049,874	1,067,343	123	
No.7	Suba	999,911	1,017,839	389	Cretáceo
No.8	Guadarrama	1,014,772	1,053,702	Desconocida	Cuaternario
No.9	Grasco	996,772	1,001,948	Desconocida	
No.10	Santa Monica Flowers	977,203	1,014,760	Desconocida	

(2) Resultados del Monitoreo

El nivel estático fue registrado por los registradores automáticos en 10 pozos durante 7 años (2001-2008). Se encontraron tres fluctuaciones diferentes del nivel estático en los resultados del monitoreo a largo plazo. Estos son:

- (a) Tendencia a largo plazo
- (b) Fluctuación Estacional
- (c) Fluctuación diaria

Para aclarar las 3 diferentes fluctuaciones, se realizó un ajuste a los datos observados como se explica a continuación.

- Para aclarar la tendencia de largo plazo del nivel estático, se calculó el promedio de fluctuación de los datos observados. La duración del promedio de fluctuación es de 1 año/2 = 183 días.
- La fluctuación estacional se calculó a partir de la siguiente relación:
- Fluctuación Estacional = Datos Observados – Datos promedio de fluctuación observados
- Adicionalmente, se calculó la fluctuación promedio dentro de la fluctuación estacional para remover la fluctuación diaria.

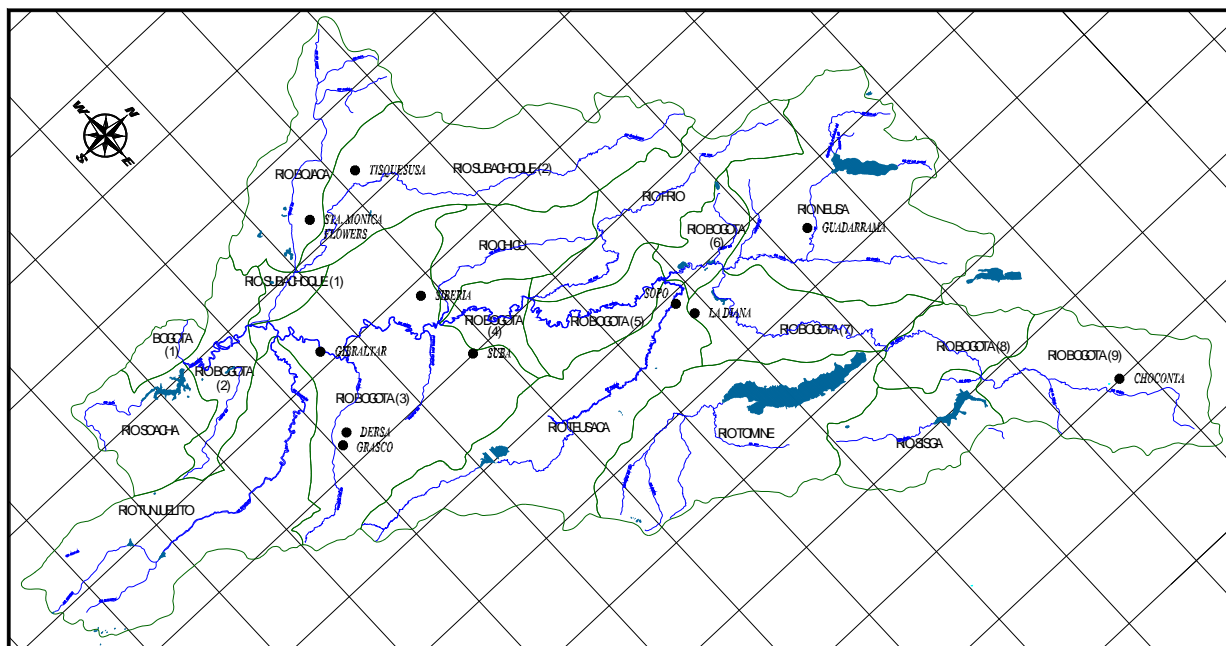


Figura-2.1- 42 Lugares de Monitoreo

Desde la Figura-2.1-43 a la Figura-2.1-45 se muestra el nivel estático monitoreado en tres puntos, después del ajuste descrito. A partir de los resultados se comprendieron los siguientes asuntos:

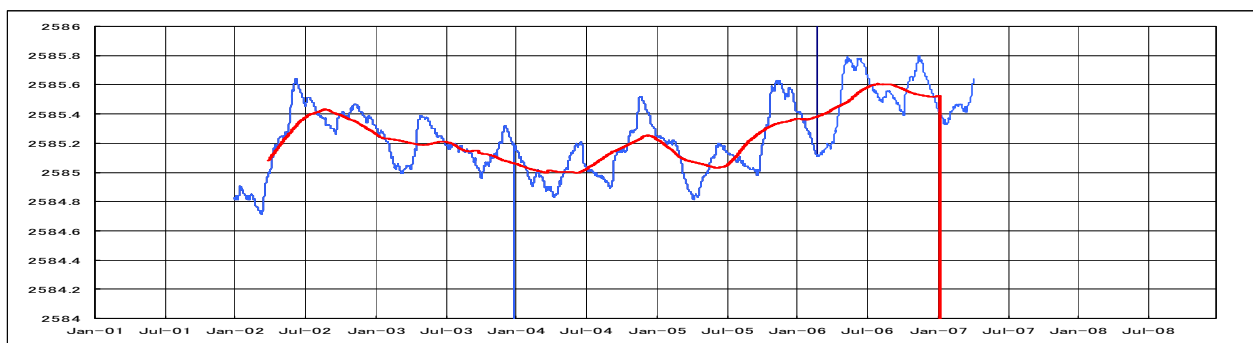
- La tendencia de fluctuación del nivel estático a largo plazo parece en general constante. Muestra un aumento del nivel entre 2001-2008. Por lo menos se puede decir que el nivel freático no está en decrecimiento.
- La fluctuación periódica del nivel estático cada 6 meses es evidente. Esta fluctuación está definitivamente relacionada con la periodicidad estacional de la precipitación.

Se puede concluir lo siguiente:

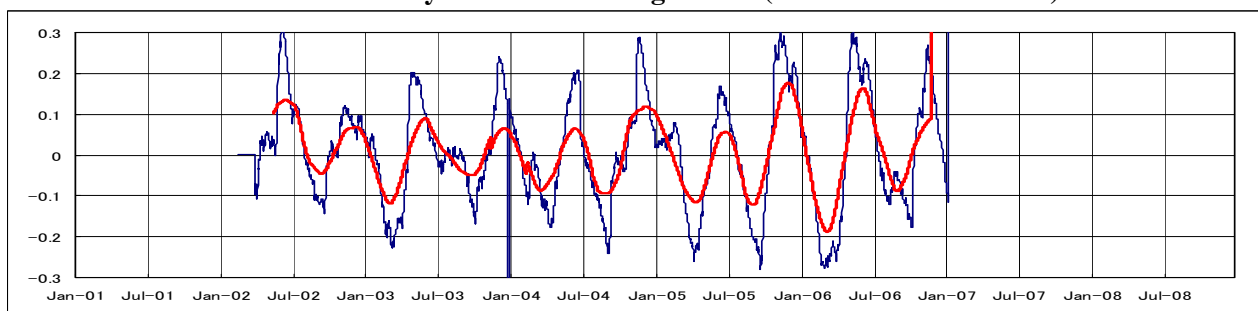
(Conclusión-1) El nivel estático del Cuaternario no decrece hace un largo periodo de tiempo

(Conclusión-2) El nivel estático del Cuaternario tiene una clara relación con la precipitación. Lo que significa que el acuífero Cuaternario se recarga con la lluvia.

Más de 7.000 pozos han sido perforados en el acuífero Cuaternario de la sabana de Bogotá, de donde se bombea una cantidad de agua diaria de 300.000 m³/día. Sin embargo, el nivel estático del Cuaternario no está bajando, respondiendo a la precipitación estacional y diaria. El acuífero Cuaternario se encuentra principalmente en un estado confinado, aunque recibe constantemente recarga de precipitación. Actualmente, la cantidad de recarga es mucho mayor que la tasa de bombeo y el remanente de esta relación (= recarga – bombeo) fluye dentro del acuífero. Tal condición implica que existe un potencial de desarrollo de agua subterránea mayor, siempre que sea menor a la cantidad total de recarga subterránea.

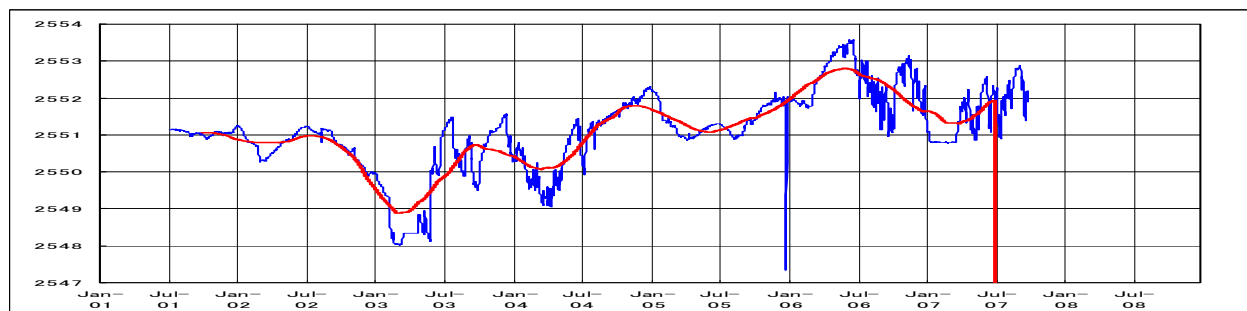


a. Nivel Estático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

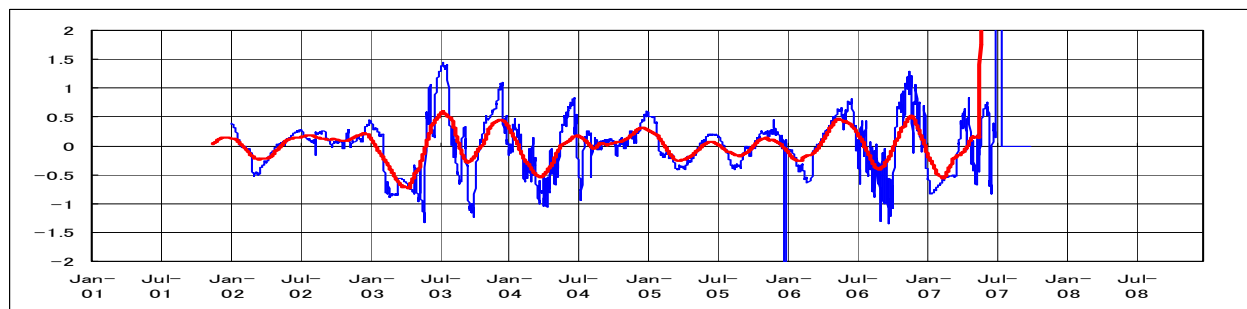


b. Fluctuación Estacional del Nivel Estático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2.1- 43 Monitoreo en Guadarrama

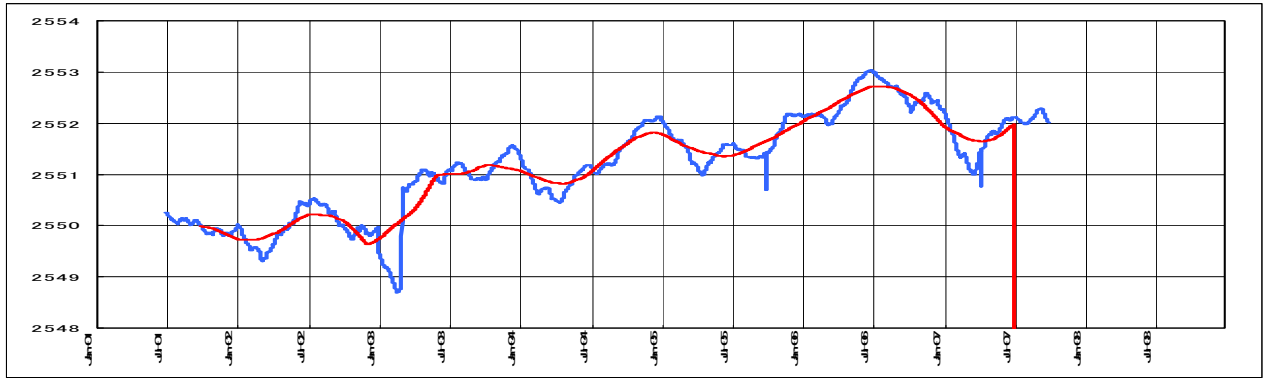


a. Nivel Estático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

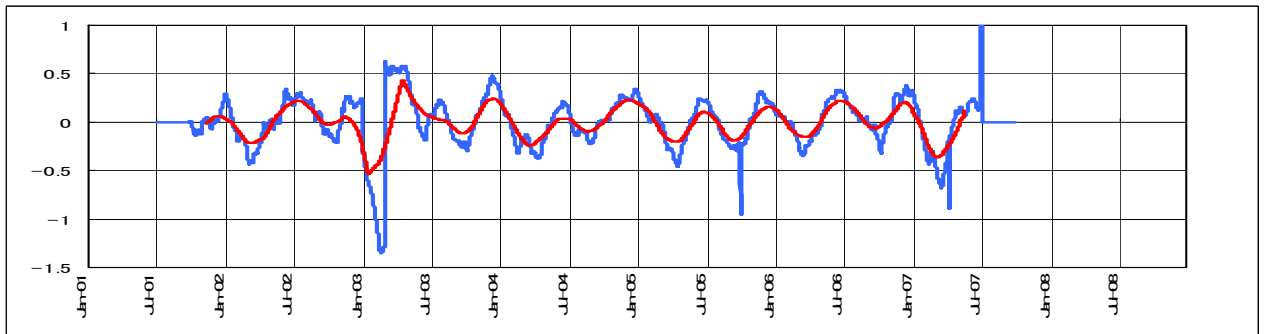


b. Fluctuación Estacional del Nivel Estático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2.1- 44 Monitoreo en La Diana



a. Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)



b. Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2.1- 45 Monitoreo en Sopo

CAPÍTULO 2. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS RELACIONADOS CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA ACTUAL

2.1. Garantía de Abastecimiento de Agua en Situaciones de Emergencia

El Alcalde Mayor de Bogotá establece mediante el Decreto 332 del 2004, que las entidades públicas de Bogotá D.C. deben realizar un trabajo interinstitucional para la prevención y atención de desastres en caso de emergencia tal como un evento sísmico. En respuesta a este decreto, las entidades públicas de Bogotá han hecho claras sus vulnerabilidades y han formulado planes de mitigación, los cuales han sido entregados a la DPAE en el 2006. Por su parte, el Acueducto ha estudiado los componentes de riesgo en el sistema de abastecimiento de agua tales como: captación, aducción, conducción, y distribución. También se trabaja en la identificación de desastres sísmicos que podrían afectar la operación normal de abastecimiento de agua para Bogotá.

(1) Estructura Institucional en Caso de Emergencia

La ciudad de Bogotá, la gobernación de Cundinamarca y el Gobierno de Colombia cuentan, dentro de su estructura institucional, con comités que se encargan de formular planes de contingencia para enfrentar situaciones de desastre en el Área Metropolitana de Bogotá. Los siguientes son los organismos que se encargan de esta labor:

- Bogotá D.C.: Comité Distrital de Atención y Prevención de Desastres.
- Cundinamarca: Comité Regional de Atención y Prevención de Desastres.
- Gobierno de Colombia: Comité Nacional de Atención y Prevención de Desastres.

Bajo los comités mencionados, se sitúan las agencias que lideran y coordinan la formulación de planes de contingencia en caso de desastre (Tabla 2-2.1).

Tabla 2-2. 1 Agencias que Lideran y Coordinan Temas Relacionados con Prevención y Atención de Desastres

Entidad responsable	Área Metropolitana de Bogotá		
	Bogotá	Cundinamarca	Nacional
Agencia que lidera	Secretaría Distrital de Planeación (SDP)	Secretaría de Gobierno	Ministerio de Interior
Agencia que coordina	DPAE	Secretaría de Gobierno (OPAD)	DGPAD

Fuente: Acueducto.

En caso de emergencia, las agencias mencionadas deben trabajar de manera conjunta. A su vez, el Acueducto, responsable del abastecimiento de agua, debe preparar un plan de prevención y contingencia en caso de desastre para asegurar la prestación del servicio de abastecimiento de agua en la ciudad de Bogotá. La DPAE está encargada de la coordinación del contenido del plan.

(2) Escenario de Desastre en Caso de Terremoto

Es necesario establecer escenarios de desastre para formular el plan de abastecimiento de agua en caso de emergencia. Los escenarios de desastre para un gran terremoto han sido evaluados en los dos siguientes reportes:

- a) Estudio para la Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Bogotá, República de Colombia (JICA, 2002).
- b) Evaluación por pérdida Máxima Probable (PML) por Terremoto Para la Infraestructura Indispensable del la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (Acueducto, 2006).

La Figura-2.2- 1 interpreta los diferentes escenarios para el suministro de agua en emergencias. Las posibilidades que el sistema completo de suministro de agua falle al mismo tiempo por un terremoto se asume muy baja.

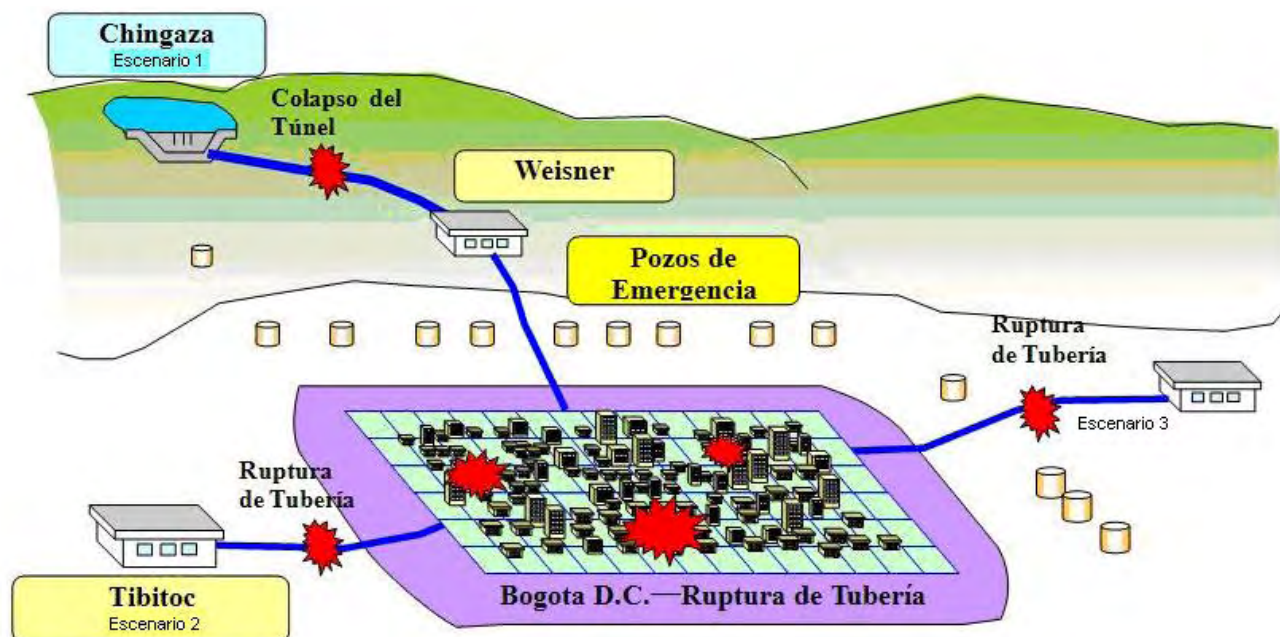


Figura-2. 2- 1 Concepto de Posibles Emergencias

En rojo se presentan los diferentes escenarios de daños a la infraestructura de abastecimiento. No necesariamente se presentan simultáneamente.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Escenario de desastre planteado en el “Estudio para la Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Bogotá, República de Colombia (JICA, 2002)”

En este reporte, se analizan los daños a las instalaciones de abastecimiento de agua del Área Metropolitana de Bogotá. Las fuentes de recursos hídricos no fueron analizadas en este estudio. El escenario de desastre propuesto en este estudio se resume en la Tabla-2.2- 2.

Tabla-2.2- 2 Escenario de Desastre en el Sistema de Abastecimiento de Agua para el Área Metropolitana de Bogotá en caso de un Gran Terremoto

Ítems		Escenario en caso de Terremoto		
		Caso-1 Terremoto La Cajita	Caso-2 Terremoto Guayuriba	Caso-3 Terremoto Subducción
Aceleración Pico del Terreno		Aceleración máxima 0,908 g	Aceleración máxima 0,361 g	Aceleración máxima 0,125 g
Daños estimados en el sistema de tuberías	No. de puntos que resultarían afectados	3.753 puntos	1.545 puntos	16 puntos
	No. de puntos que resultarían afectados por diámetro	(D: Diámetro) D>500 mm:80 puntos D=500-200 mm:310 puntos D=200-100 mm:981 puntos D<100 mm:2.383 puntos	(D: Diámetro) D>500 mm:32 puntos D=500-200 mm:150 puntos D=200-100 mm:456 puntos D<100 mm:907 puntos	(D: Diámetro) D>500 mm: 0 puntos D=500-200 mm:2 puntos D=200-100 mm:5 puntos D<100 mm:9 puntos
Áreas que presentarían daños severos		<ul style="list-style-type: none"> • Daños severos en el sur de Bogotá: Usme, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Soacha. • Daños severos en las tuberías en el sector de Kennedy asociados con licuefacción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los daños se presentan a lo largo de Bogotá. • Los daños más severos se presentaría en el área de Tunjuelito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los daños no son significativos.
Previsiones		<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzos sismorresistentes a estructuras. • Construcción de un tanque de almacenamiento de agua para emergencias. 		—

Fuente: Equipo de Estudio JICA, Estudio para la Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Bogotá. República de Colombia (JICA 2002)

Las consecuencias del Terremoto La Cajita (Caso-1) se predicen a continuación:

< Consecuencias del Terremoto La Cajita >

- El Abastecimiento de agua será suspendido por daños en el sistema de tuberías. El plan de emergencia será implementado. Sin embargo este será insuficiente y habrá escasez de agua. El Acueducto iniciará la reparación del sistema de tubería, pero la normalización de la prestación del servicio tomará un largo tiempo, y la escasez de agua continuará por un largo periodo de tiempo.
- La aceleración del terreno será de gran magnitud en el sur de la ciudad, en sectores tales como Usme, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Soacha donde los daños serán mayores. Ocurrirá licuefacción en las planicies bajas del sur de la ciudad de Bogotá, hecho que conducirá a la aparición de daños severos en el sistema de tuberías.

Escenario de Desastre planteado en la “Evaluación por Pérdida Máxima Probable (PML) por Terremoto Para la Infraestructura Indispensable del la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (Acueducto, 2006)”

El Acueducto analizó en este reporte posibles daños en los sistemas de captación y conducción de agua causados por un gran terremoto. Ocho (8) epicentros fueron asumidos a lo largo de la falla principal de la Cordillera Oriental como se muestra en la Figura-2.2-2. Estos epicentros se sitúan en el área del Embalse de Chuza dentro del Sistema Chingaza. Por esta razón la ubicación de la falla activa se asume entre la ciudad de Bogotá y la zona de Chingaza.

Se llevaron a cabo simulaciones de terremotos para identificar el poder de las ondas sísmicas y su efecto con diferentes epicentros y magnitudes asumidos, para así realizar una estimación de los daños. Los resultados de estas simulaciones se encuentran en dicho informe.

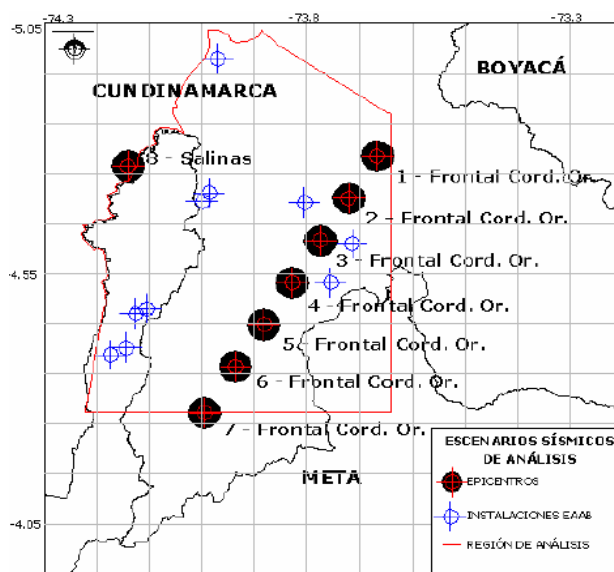


Figura-2.2- 2 Epicentros del Terremoto

Nota: Ocho (8) epicentros fueron asumidos a lo largo de la falla principal que se extiende en la dirección NNE-SSW con distancia constante. La escala de los terremotos asumidos es de una magnitud de 7.4 con una profundidad de 31 km.

Fuente: Acueducto, Evaluación por pérdida Máxima Probable (PML) por Terremoto para Infraestructura Indispensable de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006.

Los análisis de daños por un posible terremoto se resumen en la Tabla 2-2.3. Se espera que el daño causado por un gran terremoto se extienda a las instalaciones de captación, reservorios y a los sistemas de conducción y distribución de agua. El Acueducto ya ha comenzado trabajos de reforzamiento sismorresistente. Sin embargo, tomará un tiempo largo y una gran inversión para completarlos.

(3) Medidas adoptadas para prevenir Desastres

Las siguientes son las medidas adoptadas por el Acueducto en caso que ocurra un desastre:

(a) Sistema de Respuesta a Emergencias del Acueducto

El sistema de respuesta a emergencias del Acueducto se caracteriza por:

Refuerzo Sismorresistente de Estructuras

- Se identificaron las estructuras que se encuentran localizadas en zonas de alto riesgo sísmico y que hacen parte del sistema de abastecimiento de agua (túneles, tanques y tuberías). En estas estructuras se adelantan trabajos de refuerzo sismorresistente.
- El Acueducto adelanta trabajos de refuerzo en el túnel de conducción de agua. La inspección del túnel y los trabajos de refuerzo se realizan durante tres meses cada año, tiempo en el cual se suspende la conducción de agua desde el embalse de Chuza. Cuando esto sucede, se emplea agua almacenada en el embalse de San Rafael.
- El Acueducto ha analizado los daños causados por gran terremoto. Se anticipa que los daños se concentrarán en la ladera de la montaña cerca de la planicie. El Acueducto planea instalar uniones flexibles en áreas potencialmente peligrosas.

Tabla-2.2- 3 Daños Esperados

Instalaciones	Daños Esperados
Túnel	Se espera colapso del túnel donde los trabajos de reforzamiento no han sido completados. <ul style="list-style-type: none"> • Túnel Guatiquía • Túnel Leticia • Túnel Palacio Blanco • Túnel El faro • Túnel Siberia • Túnel Santa Bárbara • Túnel Usaqué
Presa	La presa de Golillas necesita un reforzamiento y cubrimiento sismorresistente.
Válvula y Puerta de Captación	Las válvulas y puertas de captación necesitan reforzamientos sismorresistentes
Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> • Existen problemas estructurales en las tuberías entre Tibitóc-Usaquén. • Existen problemas estructurales en las tuberías entre Tibitóc-Casablanca. • Existen pequeñas grietas en los tanques de lavado de la Planta Wiesner, lo que puede resultar en fugas de agua en caso de terremoto. • Existen problemas estructurales en otros tanques, los que llevarían a la fuga de agua o influjo de agua sucia a los tanques en caso de terremoto.
Tanques	•

Fuente: Acueducto, Evaluación por pérdida Máxima Probable (PML) por Terremoto para Infraestructura Indispensable de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006.

Garantía de la prestación del Servicio en Caso de Emergencia

- El agua almacenada en el embalse de San Rafael será utilizada para garantizar la prestación de servicio de abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá en caso de emergencia. El embalse de San Rafael puede almacenar agua tratada en la Planta Wiesner por un lapso de tres meses.
- La concesión actual de agua para la Planta Tibitoc es de 4,8 m³/s, aunque su capacidad máxima es de 10,5 m³/s. Sin embargo, el Acueducto puede aumentar la producción en la Planta Tibitóc, previa autorización de la CAR, en caso que el transporte de agua desde Chingaza se suspenda.

En caso de emergencia, las plantas de tratamiento actualmente fuera de servicio (Laguna, Vitelma y San Diego) entrarán de nuevo en operación.

(b) Sistema de Respuesta Inmediata del Acueducto

El Acueducto prepara actividades de respuesta inmediata de la siguiente manera:

Manual para Respuesta Inmediata

Se ha desarrollado un manual de repuesta en caso de emergencia, en el cual se definen las actividades que deben llevarse a cabo para responder de manera inmediata ante un escenario de desastre (ver

apéndice-1).

Operación del Sistema de Abastecimiento de Agua en Caso de Emergencia

El Acueducto ha implementado un sistema operativo automático centralizado para el abastecimiento de agua llamado Centro de Control Operativo (ver sección 3.1.1 de este reporte). Este Centro puede monitorear el estado del sistema operativo en todo momento. Basándose en los resultados del monitoreo, el Centro puede controlar automáticamente cada uno de los complejos que hacen parte del Sistema. Este Sistema puede responder, en casos de emergencia por desastres naturales, de la siguiente manera:

- En caso que ocurra un gran terremoto, el Sistema puede detectar inmediatamente daños en el Sistema de Abastecimiento de Agua, de forma tal que se cuente con información detallada para la respuesta de emergencia.
- Si se construyen pozos de emergencia en los Cerros Orientales y Sur de la ciudad, la operación de estos puede ser controlada por el Centro, de acuerdo a la información que se cuente de daños en el Sistema de Abastecimiento de Agua

(c) Fuentes de Agua Alternativas en Caso de Emergencia

Se espera que en caso de emergencia, el agua subterránea pueda ser utilizada como fuente alternativa para el abastecimiento de la ciudad. En el “Estudio para el Desarrollo de Agua Subterránea en la Sabana de Bogotá (JICA, 2003)”, se propuso el desarrollo de agua subterránea en los Cerros Orientales y Sur de la ciudad como fuentes alternativas de agua en caso de emergencia. En este estudio se estimó el potencial de desarrollo de agua subterránea en 4 m³/s para un sistema de abastecimiento de emergencia. Así mismo, la importancia del agua subterránea en caso de emergencia fue previamente identificada en el Plan Maestro del Acueducto en 2005.

(d) Póliza de Seguro en caso de Terremoto

El Acueducto cuenta con una póliza de seguro que cubre daños en la infraestructura que se desprendan como consecuencia de un gran terremoto, tal como el colapso de un túnel de conducción de agua.

2.2. Abastecimiento de Agua en Áreas Residenciales de Bajos Ingresos Económicos Ubicadas en Zonas de Gran Altitud

Las condiciones actuales de abastecimiento y uso del agua, en áreas residenciales de bajos ingresos económicos ubicadas en zonas de gran altitud, fueron estudiadas a partir de las dos siguientes investigaciones: 1) Actividades Sociales del Acueducto y 2) Estudio Socio-Económico.

(1) Actividades Sociales del Acueducto

1) Política y Estrategia

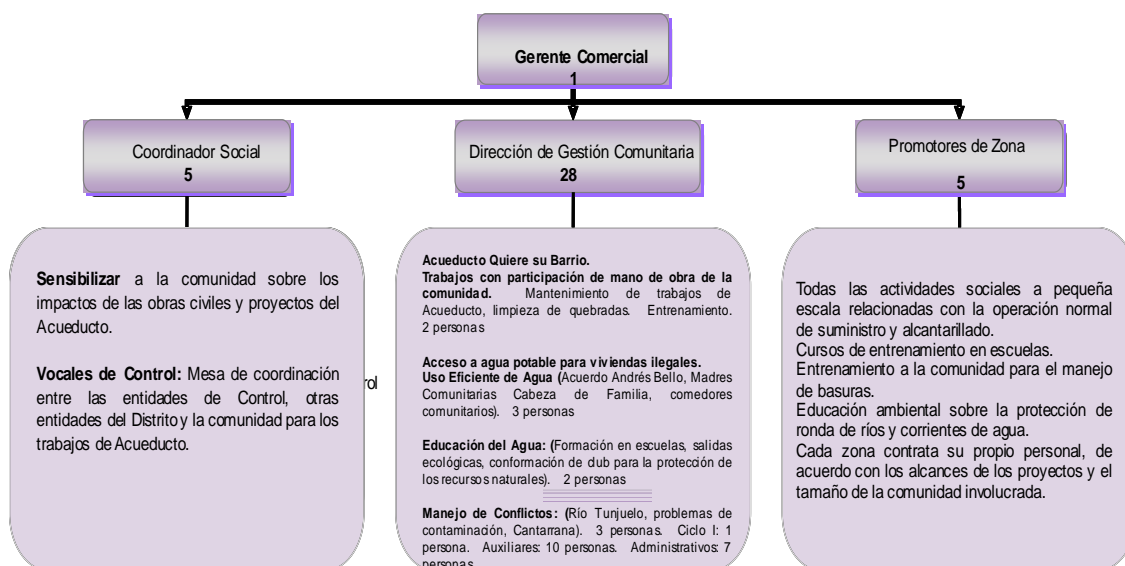
El Acueducto preparó un documento denominado “Plan Estratégico General 2004-2008 para el abastecimiento de agua potable y el servicio de alcantarillado para la ciudad de Bogotá”, actualizado en el 2006. El documento propone entre otras las siguientes estrategias:

- i) Realizar actividades con las comunidades que generen conciencia sobre la necesidad de trabajar en equipo con el Acueducto, para la implementación de sus proyectos.
- ii) Buscar recursos hídricos sostenibles y seguros para la comunidad.
- iii) Promover la participación activa de la comunidad en los proyectos del Acueducto.
- iv) Fortalecer las relaciones con la comunidad que permitan promover: i) el manejo apropiado de los recursos hídricos y de la infraestructura del sistema de abastecimiento, y ii) la recuperación adecuada de causes y humedales.

Para cumplir con las políticas mencionadas, el Acueducto estructura un equipo tal como se muestra en la Figura-2.2-3.

2) División Responsable

La Dirección de Gestión Comunitaria es responsable de las actividades sociales dentro del Acueducto. En total maneja un personal de 43 personas incluyendo gerentes, directores, trabajadores sociales y personal auxiliar. Dos de ellos son consejeros del Gerente General del Acueducto y apoyan la integración de guías y proyectos del Acueducto para abastecimiento de agua en áreas residenciales sin conexión al servicio. Se remplazan las mangueras anteriormente utilizadas en áreas residenciales como parte del “Ciclo-I”, teniendo en cuenta los aspectos legales.



Nota: Los números debajo de cada bloque indican el número de personal asignado dentro de la empresa

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-2.2- 3 Esquema Organizacional para Cooperación con la Comunidad

El Acueducto quiere promover programas interactivos de abastecimiento para las comunidades en barrios marginales, mediante acuerdos que establezcan la creación de una Empresa Comunitaria de Servicios Públicos (E.S.P). Esta nueva y pequeña E.S.P. compraría agua en bloque al Acueducto para después distribuirla a los residentes del barrio. Antes de comenzar a vender el agua en bloque, se debe suscribir un acuerdo con la comunidad, que delimite la zona de operación de la nueva E.S.P. De esta forma el Acueducto puede controlar la distribución del agua, estimando la cantidad apropiada por familia, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (WHO). Esta metodología está siendo probada en el área residencial de Serrezuela (Localidad de Usaquen) y ha sido desarrollada desde hace 30 años. Con esta metodología se promueva una comunidad muy organizada y activa que asumirá la implementación y responsabilidades de los trabajos mencionados.

3) Actividades y Puntos Focales

De acuerdo a su estrategia, el Acueducto está desarrollando las siguientes actividades:

- i) Un programa de limpieza y mantenimiento de canales y quebradas, por parte de la comunidad involucrada y contratados por el Acueducto.
- ii) Generar conciencia en madres cabezas de familia, del programa de “Madres Comunitarias”, acerca de asuntos de higiene relacionados con el uso de agua, de acuerdo a lo estipulado en el acuerdo realizado entre la UESP (Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos), el Convenio Andrés Bello y el Acueducto.
- iii) Adelantar programas de educación ambiental en escuelas distritales en donde se muestre la necesidad de preservar y conservar los recursos hídricos, acompañados de salidas ecológicas.
- iv) Contratar a miembros de la comunidad para realizar tareas de limpieza y mantenimiento de quebradas durante la implementación del Proyecto Cantarrana y río Tunjuelo.

4) Situaciones y Problemas

Respecto a lo anterior, el Acueducto enfrenta los siguientes problemas:

- i) Las comunidades solicitan al Acueducto ampliar la cobertura del sistema de acueducto y Alcantarillado en zonas no consideradas por dicha entidad, por ser de restricción forestal.
- ii) Baja presión en los tanques de abastecimiento principalmente en áreas de Ciudad Bolívar y Usme, puesto que la pérdida de agua ha aumentado por la proliferación de conexiones ilegales al sistema de abastecimiento de agua

(2) Estudio Socio-Económico

El estudio socio-económico está compuesto por: 1) entrevistas con los líderes comunales y la comunidad en sí, y 2) cuestionarios a los propietarios de viviendas.

El proceso del estudio fue el siguiente:

- Recolección de los datos y la información existente
- Contacto a los miembros de la junta de acción comunal (JAC) en algunas comunidades
- Análisis de las áreas prioritarias y salidas de campo de reconocimiento de las mismas.
- Selección de las áreas
- Diseño del cronograma y contenidos del trabajo de campo
- Comienzo de la encuesta de campo

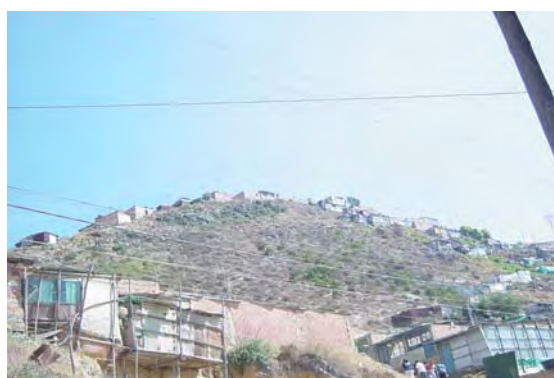
1) Área de Estudio

El Equipo de Estudio JICA seleccionó finalmente 15 áreas, presentadas en la Tabla-2.2- 4, de acuerdo a los siguientes criterios.

- Áreas ubicadas sobre los Cerros Orientales y Sur.
- Áreas de bajos ingresos económicos ubicadas encima de 2.750 m.s.n.m
- Áreas no abastecidas por el Acueducto.



Barrio Caracolí Barrio La Fiscala Fortuna



Localidad Ciudad Bolívar Localidad de Usme

Tabla-2.2- 4 Área de Estudio

Localidad	Nombre del Barrio	No. de cuestionarios	Problemas identificados
1. Usaquén	1. Altos de Serrezuela	6	Los carros tanque no prestan servicio de manera constante
	2. Lomitas	10	Fuentes de Agua Propias
	3. Villas de la Capilla	16	No existen vías pavimentadas de acceso
	Subtotal	32	
3. Usme	1. Arrayanes	1	No existen recursos de agua
	2. La Fiscala	19	Baja calidad del agua superficial
	3. La Fiscala II Fortuna	7	No existen vías pavimentadas de acceso. No hay agua
	4. San Pedro	3	Las aguas para consumo humano provenientes de cursos de agua están contaminadas
	5. Portal del Divino Nino	4	Abastecimiento por mangueras, Comunidad y Acueducto
	6. Sierra Morena	11	Propias Fuentes de agua, abastecimiento por tanques y mangueras
	7. Las Violetas	3	Abastecimiento por carro tanques
	8. Villa Rosita	6	Abastecimiento por mangueras
	9. Villa Anita	7	Abastecimiento por mangueras y carro tanques
	10. Tihuaque	7	No existen vías pavimentadas de acceso
Subtotal	68		
4. San Cristóbal	1. Aguas Claras	9	Baja calidad de aguas para consumo humano provenientes de cursos de agua
	2. San Manuel	14	Baja calidad de aguas para consumo humano provenientes de cursos de agua
	3. La Cecilia	16	No existen vías de acceso pavimentadas. Abastecimiento por mangueras
	4. Villa Aurora	12	Falta de agua superficial
	5. Ciudad Londres	11	Las aguas para consumo humano provenientes de cursos de agua están contaminadas
	Subtotal	62	
5. Ciudad Bolívar	1. Bella Flor – Verbenal	25	Abastecimiento por carro tanques. Baja presión en el servicio del Acueducto
	2. Caracolí	16	Abastecimiento por mangueras, tanques y el Acueducto
	3. Los Robles	1	Abastecimiento por mangueras. Vías en mal estado
	4. Quiba – Verbenal Sur	2	No hay fuentes de agua
	Subtotal	44	
Total	15 Areas	206	

Fuente: Estudio Social del Acueducto y JICA.

2) Entrevistas

El 12 de enero del 2007 se inició el estudio por medio de entrevistas y se llevó a cabo hasta finales de Febrero del mismo año.

Tabla-2.2- 5 Estudio por medio de Entrevistas

	Vecindad	Entrevista	Representantes	Fecha
1	Asesor del Acueducto	Acueducto	Ignacio Castro	12/01/07
2	Usaquén	A	Luís Villamil de la JAL	13/01/07
3	El Mirador, Arauquita, Soratama y Lomitas	A, B	Comunidad del Codito y de los Cerros Norte	16/01/07
4	Representantes de las comunidades de Usme, San Cristóbal y Ciudad Bolívar	A	Representantes de zonas al sur de Bogotá	18/01/07
5	Verbenal Visita	A	Esperanza, líder comunitario Alba Rocío Riaño	25/01/07
6	Verbenal Sur	A	Esperanza González	27/01/07
7	Lomitas, Villas de la Capilla y Serrezuela	B	José Antonio Selma	01/02/07
8	El Divino Niño, Santa Bibiana y Sierra Morena	A	Esperanza Vargas, Comunidad de Usme	29/01/07
9	Laureles, Aguas Claras y La Cecilia	A, B	José Gonzalo Alvarado, JAL de San Cristóbal, y Henry Fuentes, líder comunitario	05/02/07
10	San Manuel, Villa Aurora y Ciudad Londres	A, B	Julia Blanco de Rodríguez, Rodrigo Garzón, y Gino Gonzáles	06/02/07
11	Villa Anita	A	Esperanza Vargas	06/02/07
12	La Fiscala Alta y La Fiscala Fortuna	A, B	Jorge Alberto Forigua – JAC La Fiscala	11/02/07
13	Los Robles y Caracolí	A, B	Francisco Rodríguez, JAC de Los Robles y Blanca Myriam Cortés, líder comunitaria	12/02/07

Nota: Entrevista A – Líder comunitario, y Entrevista B – Comunidad misma

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Los contenidos de las entrevistas se resumen a continuación:

- Número de hogares sin servicio de agua potable.
- Fuente del agua que se utiliza.
- Número de familias y tamaño promedio de las mismas.
- Número de personas provenientes de otras áreas.
- Número de personas que viven en áreas ilegales.

3) Cuestionarios

Los cuestionarios se realizaron en 200 hogares de 15 áreas como se presenta en la Tabla-2.2- 4. Los contenidos del cuestionario se resumen en la Tabla-2.2- 6.

Tabla-2.2- 6 Contenidos del Cuestionario

Clasificación	Ítems incluidos en el cuestionario
1. General	1. Número (sexo y edad de los residentes, inseguridad, desempleo, etc.).
	2. Disponibilidad de servicios públicos
	3. Acceso a vivienda
	4. Motivos para vivir en el área
2. Salud	1. Problemas frecuentes de salud
	2. Acceso a servicios médicos
	3. Frecuencia de enfermedades relacionadas con calidad de agua
3. Ingresos	1. Actividades económicas que realizan los residentes
	2. Fuentes principales de ingresos
	3. Ingresos diarios totales de los residentes
	4. Gastos mensuales de los residentes discriminados por rubro
	5. Tipo de comida que se ingiere diariamente (desayuno, almuerzo, comida, etc.)
4. Abastecimiento de Agua	1. Fuente principal de agua potable
	2. Distancia hacia la fuente de agua
	3. Tipo de sistema de transporte de agua
	4. Calidad del agua potable
	5. Tipo de tratamiento que recibe el agua
	6. Sistema de almacenamiento de agua
	7. Tratamiento doméstico que se emplea antes de consumir el agua
	8. Continuidad del servicio
	9. Costo inicial de la conexión hacia el hogar
	10. Costos mensual del agua potable
	11. Costos mensual del servicio de alcantarillado
5. Sistema sanitario	1. Disponibilidad de sistema sanitario
	2. Frecuencia de mantenimiento al tanque de almacenamiento de agua

Fuente: Equipo de Estudio JICA

4) Análisis del Estudio

Los resultados del estudio se resumen en la Tabla-2.2- 7.

En el área de estudio habitan 1.057 personas, con una tasa promedio de 5,2 personas por vivienda. La tasa de cobertura de servicios públicos es muy baja: abastecimiento de agua 14%, alcantarillado 23,3%, gas 1% y teléfono 25%.

El 61% de los habitantes son atendidos por el sistema de salud SISBEN (Sistema de Selección de Beneficiarios para Programas Sociales) y al parecer no padecen de problemas de salud.

En cuanto a los ingresos mensuales, el 70% de los propietarios de viviendas tienen ingresos mensuales entre Col\$ 300.000 y 1.000.000. Por su parte los gastos mensuales para el 60% están igualmente entre Col\$300.000 y 1.000.000.

En lo que al abastecimiento de agua respecta, el 32% de las viviendas se abastecen del sistema de abastecimiento comunitario, el 25% tienen captaciones ilegales del Acueducto y el 24% de los encuestados obtienen agua de tanques de plásticos locales y quebradas acondicionados por el Acueducto.

El 45% de los encuestados que reciben agua del Acueducto, legal o ilegalmente, consideran que la calidad del agua es buena. Por otro lado, la calidad del agua del sistema de abastecimiento comunitario es considerada mala por el 32% de quienes lo usan en barrios como Ciudad Londres, San Manuel, La Cecilia, Caracolí, Sierra Morena, Verbenal y La Fiscala Fortuna.

Tabla-2.2- 7 Resultados del Estudio Social

Clasificación	Ítems Encuestados	Resumen de Respuestas
1. General	1. Número (sexo y edad de los residentes, inseguridad, desempleo, etc.).	Población encuestada =1.057 (555 niños, 502 adultos)
	2. Disponibilidad de servicios públicos	Acueducto (NO= 85.92%, Si= 14.08%). Alcantarillado (NO=76.70, SI=23.3%). Recolección de basuras (NO=30.58%, SI=69.42%), Gas (NO=98.95%, SI=1.07). Teléfono (NO=75.24%, SI=24.76%)
	3. Vías de acceso	Disponibles: 76.70%, No disponibles: 23.30%.
	4. Motivos para vivir en el área	Propietarios =85.44% (Algunos son propietarios otros rentan la vivienda Propietarios=80.10% en renta=19.90%). Tiempo que viven allí (1 a 5 años= 7.58%, 11 a 20 años = 19.42%, 6 a 10 años =25.75%, más de 20 años=11.17%, menos de 1 año = 6.31%)
2. Salud	1. Problemas frecuentes de salud	NO= 84.47%, SI=15.55%
	2. Acceso a servicios médicos	NO=11.65%, SI=88.55%. Principal Centro de Salud (Centro de Salud Local=8.14%, Seguro Social=8.14%, SISBEN=61.05%)
	3. Frecuencia de enfermedades relacionadas con la calidad del agua	Cardiovasculares y reumáticas = 0.49%, infecciones y del sistema respiratorio=1.46%, infecciones cutáneas=1.46%, infecciones=46.60%, ojos=0.49%, sistema digestivo= 5.85%, sistema urinario=0.49%, otros=3.88%.
3. Ingresos	1. Principales actividades económicas de los residentes	Agricultor=1.46%, todero=16.997%, mecánico=12.62%, comercio= 25.24%, servicio doméstico=9.22%, otros=29.61%.
	2. Ingresos mensuales de los residentes	Menos de 50,000=1.94%, entre 50,000 y 100,000=2.43%, entre 300,000 y 500,000 =43.20%, entre 500,000 y 1,000,000 =23.79%, más de 1,000,000 =6.31%. sin salario fijo=0.49%. No responde=2.43%.
	3. Gastos mensuales de los residentes	Menos de 50.000=3.33%, entre 50,000 y 100,000=5%, entre 100,000 y 300,000=31.67%, entre 300,000 y 500,000=35.00%, entre 500,000 y 1,000,000 =25%.
	4. Comidas diarias (desayuno, almuerzo, comida, otras)	1 comida=4.37%, 2 comidas=19.42%, 3 comidas=68.93, 4 comidas=0.97%, 1 a 2 comidas=2.91%, 2 a 3 comidas=1.46%., comedores comunitarios=0.49%.
4. Abastecimiento De Agua	1. Principales fuentes de agua potable	Tanques plásticos y quebradas=23.785% , Acueducto=8.7385%, Abastecimiento Comunitario=32.52%, carro tanques=17.961%, Ilegal=24.7571%, fuentes naturales= 1.456%
	2. Distancia a la fuente de agua	Menos de 1 hora=29.13%, entre 1 y 4 horas=17.96%, más de 4 horas=1.94%, inmediato=21.36%, No responde =29.61%.
	3. Sistema de transporte de agua	Acueducto= 0.97%, Contenedores plásticos=28.64%, manguera=49.51%, tubería =14.08%. bombeo=0.49%, otros=6.31
	4. Calidad del agua consumida	Buena= 44.66%, media=20.39%, mala=32.04%, no responde=2.91%.
	5. Tipo de tratamiento	No tratada= 89,81%, tratada = 10,19%
	6. Sistema de almacenamiento de agua	Tanques de concreto=8.74%, Contenedores de diferentes materiales=55.83%, tanques plásticos=16.50%.
	7. Tratamiento domestico del agua a ser consumida	Filtrada=4.37%, hervida =64.56%, se desconoce= 3.88%, no tratada=27.18%.
	8. Continuidad del Servicio	Continuo=16.02%, intermitente=53.88%, regular=26.70%, en la noche =0.97%, se desconoce=2.43%.
	9. Costo inicial de la conexión	No=52.91%, Si=41.26% (de las 85 personas que respondieron esta pregunta, el valor promedio oscilo entre Col\$53,952 para 51 personas y Col\$728,333 para 8 personas). Se desconoce=5.83%.
	10. Costo mensual	No=48.06% (no pagan por el servicio, se abastecen de fuentes naturales o conexiones ilegales), Si=48.54% (Abastecidos de alguna forma por el Acueducto Col\$25,000. Abastecidos mensualmente por galones u otros contenedores Col\$14,453. Un caso atípico de 4 familias que se usan el abastecimiento comunitario que pagan Col\$62,500 mensuales). Se desconoce=3.40%.
	11. Costo mensual por alcantarillado	No=83.98% (utilizan fuentes naturales o vías vecinas), Si=7.77% (algunas están incluidas en la tarifa de agua lo que significa Col\$50,000, algunos pagan Col\$25,000 a la administración comunitaria local y otros mencionaron un pago de Col\$2,000), Se desconoce=8.25%
5. Sistema Sanitario	1. Disponibilidad de Sistema Sanitario	Alcantarillado con obras civiles =79%, Aguas residuales a las vías o terrenos= 17%, aguas residuales a quebradas=3%.
	2. Frecuencia de mantenimiento del tanque de almacenamiento de agua	Diario=13,00%, cada 8 días=36,18%, cada 20 días=0,66%, cada 30 días=7,24%, cada 60 días=1,32%, cada 90 días=1,97%, cada 180 días=1,32%, cada 365 días=1,32%. Cada vez que se recolecta agua=35,02%, Cada vez que se vacía el tanque=1,97%.

Equipo de Estudio JICA Noviembre 2007

5) Abastecimiento de Agua Futuro para Comunidades de Bajos Ingresos Ubicados en Áreas del Gran Altitud

El análisis social se realizó en áreas que no cuentan con abastecimiento de agua por parte del Acueducto. El Acueducto es responsable por el abastecimiento de agua en el área urbana donde el cubrimiento es casi del 100%. Por otro lado, el abastecimiento de agua está prohibido en zonas no legalizadas fuera del área urbana ya que de acuerdo a la legislación el asentamiento en tales áreas es ilegal. La política del Acueducto para el abastecimiento de agua en estas zonas es la siguiente:

- El abastecimiento de agua para asentamientos ilegales promueve el esparcimiento de este tipo de asentamientos. Por lo tanto, el Acueducto no tiene la intención de implementar el abastecimiento público de agua en tales áreas.
- Por otro lado, el Acueducto ha venido implementando el abastecimiento mediante carro-tanques y tuberías de abastecimiento temporales para viviendas fuera del área urbana. Sin embargo, este tipo de abastecimiento es completamente diferente del abastecimiento normal y se realiza de manera temporal.
- Existe la posibilidad que estas áreas sean legalizadas en el futuro y por lo tanto se beneficien del abastecimiento regular del Acueducto. Sin embargo, mientras éstas no estén legalizadas, el Acueducto no implementará un abastecimiento diferente al que se presta actualmente de tipo temporal.

Se estima que cerca de 40.000 personas de asentamientos ilegales no son abastecidas por el Acueducto. Esto equivale al 0,6% de la población total de Bogotá. Su tasa de consumo unitario es de 7 litros/persona/día, el cual escasamente satisface la demanda de agua necesaria para la supervivencia. Las condiciones de abastecimiento de agua para estos asentamientos ilegales deben ser mejoradas, bajo una revisión a la legislación vigente.

Por otro lado las áreas de gran altitud en los Cerros Orientales y Sur presentan un gran potencial para el desarrollo de agua subterránea. Sin embargo como se menciona anteriormente, el Acueducto no implementará el abastecimiento regular de agua para estas áreas y por lo tanto los residentes no serán objeto del abastecimiento mediante agua subterránea propuesto en este estudio.

2.3. Derechos de Concesión de Agua Otorgados al Acueducto

(1) Derechos de Concesión de Agua

Los derechos sobre los recursos hídricos en Colombia **pertenecen** al Estado. El uso y la exploración de recursos hídricos requiere: a) Concesión para el uso del agua y b) Un permiso respectivo. La Tabla-2.2- 8 muestra las organizaciones encargadas de otorgar las concesiones y permisos.

Tabla-2.2- 8 Organizaciones Encargadas de la Concesión de Derechos del Agua para Captación por parte del Acueducto

Organización	Concesión y Permiso	
CAR	Concesión	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de agua superficial y subterránea en el área rural de Bogotá D.C. • Uso de agua superficial y subterránea en la Sabana de Bogotá fuera de Bogotá D.C.
	Permiso	<ul style="list-style-type: none"> • Exploración de aguas subterráneas en el área rural de Bogotá D.C. • Exploración de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá fuera de Bogotá D.C.
SDA	Concesión	• Concesión para el uso de agua subterránea dentro del área urbana de Bogotá D.C.
	Permiso	• Permiso para la exploración de aguas subterráneas dentro del área urbana de Bogotá D.C.
UAESPNN	Concesión	Derecho al uso del agua del embalse de Chuza y el río La Playa; principales fuentes del Sistema Chingaza. (El área propuesta para un futuro desarrollo hídrico en el Sumapaz se localiza en un parque natural nacional.)
CORPOGUAVIO	Concesión	Derecho al uso del agua del río Blanco, el cual es un afluente del Sistema Chingaza.
CORPOORINOQUIA	Concesión	Uso del agua del río Blanco, el cual es un afluente del Sistema Chingaza.

Fuente: Acueducto

La concesión actual de agua otorgada al Acueducto se muestra en la Tabla-2.2- 9.

Tabla-2.2- 9 Concesión Otorgada al Acueducto para Abastecimiento de Agua

Sistema de Abastecimiento de Agua (Planta de Tratamiento)	Fuente de Agua	Caudal Concesión (m ³)	Organización que Autoriza	Fecha de expedición	Periodo efectivo (año)	Fecha de Renovación
Chingaza (Wiesner)	Río Guatiquia (La Playa)	5,248	UAESPNN	2004/Ago./31	50	2054/Ago./31
	Embalse de Chuza	5,933				
	Quebrada Leticia	0,300				
Chingaza (San-Rafael-Wiesner)	Río Teusacá	0,900	CAR	1990/Sep./03	50	2040/Sep./3
Chingaza (Blanco-Wiesner)	Quebrada El Mangón	0,839	UAESPNN	2004/Ago./31	50	2054/Sep./31
	Quebrada Blanca	0,090	CORPO-ORINOQUIA	2002/Sep./03	10	2012/Sep./3
	Quebrada Liberia	0,085				
	Quebrada Liberia	0,006				
	Quebrada Plumareña	0,023				
	Quebrada Colorada	0,073				
	Quebrada Colorada	0,103				
Yomasa	Quebrada Yomasa	0,0183	CAR	2001/Jun./28	10	2011/Jun./27
El Dorado	Río Tunjuelo	1,000		---	---	En Renovación
Tibitóc	Río Bogotá	4,800		2003/Dic./12	1	En negociación

Nota: Las concesiones en trámite o en proceso de ser aprobadas fueron excluidas. Fuente: Acueducto.

La concesión de agua en la Tabla-2.2- 10 muestra solamente las concesiones aprobadas y no aquellas que están pendientes o en negociación. Adicionalmente, las concesiones de agua que se han mantenido nominalmente pero que no son utilizadas, también han sido excluidas.

Tabla-2.2- 10 Concesión del Derecho al Uso de Agua por Sistema

Sistema de Abastecimiento	Organización que Autoriza	Agua con Concesión (m ³ /s)	
		Autorizada/Utilizada	Uso Actual
Chingaza	UAESPNN	12,32	9,5
	CAR	0,90	0,0
	Total	13,22	9,5
Tibitóc	CAR	4,80	4,5
Sur	CAR	1,00	0,5
Total		19,02	14,5

Fuente: Acueducto.

Tarifa de la Concesión de Derechos de Agua

De acuerdo a la Ley 99 de 1993, cada autoridad ambiental puede decidir independientemente el precio de la concesión de derechos de agua. El Acueducto pagó entre Col\$ 120 y 150/m³ a la CAR y Col\$ 5/m³ a las otras organizaciones ambientales por la concesión. Sin embargo, el Decreto 155 del 2004 cambia el precio de uso del agua y lo establece en Col\$ 0,56/m³ como precio mínimo desde el 2006 con un aumento anual hasta el 2017. El precio de la concesión de derechos de agua se decidirá por negociación entre la organización ambiental y el usuario del agua con base en la tasa de captación de agua (m³/s) y la calidad del agua.

(2) POMCO

El Plan de Ordenamiento y Manejo de los Cerros Orientales (POMCO) se completo en el 2006. En el se trata lo relacionado con el desarrollo de recursos hídricos en los Cerros Orientales, incluyendo el manejo de las cuencas de los ríos. Sus principales contenidos son los siguientes:

Propósito

El propósito de este plan es preservar los Cerros Orientales como ecosistema, lo que contribuirá a la conservación del medio ambiente natural y del desarrollo urbano de la ciudad en completa armonía. La conservación del acuífero está dentro de los objetivos.

Actividades Prohibidas en los Cerros Orientales

Todas las actividades, exceptuando aquellas de protección ambiental, están prohibidas fuera del área urbana de los Cerros Orientales (estipulada en el POT). La construcción de nuevos edificios y las

ampliaciones a instalaciones existentes están prohibidas fuera del área urbana de los Cerros Orientales. El estudio geofísico para la investigación de aguas subterráneas en el área requiere autorización de la CAR.

Desarrollo y Uso de Recursos Hídricos en los Cerros Orientales

El desarrollo y uso de recursos hídricos necesita una concesión por parte de la CAR y la SDA. Las aplicaciones para las concesiones serán entregadas a la CAR y la SDA a través del comité de uso de agua en los Cerros Orientales.

Efectos del POMCO sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en Los Cerros Orientales

El POMCO hace énfasis en la conservación del ecosistema fuera del área urbana en los Cerros Orientales. Por lo tanto, el desarrollo de los recursos hídricos debe ser implementado dentro del área urbana de los Cerros Orientales. Por otro lado, el desarrollo de recursos hídricos es posible, incluso fuera del área urbana, en los Cerros Sur.