

CAPÍTULO 5 PLAN DE DESARROLLO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

5.1 Política básica del Plan

5.1.1 Importancia de Plan

El plan propuesto para el desarrollo, conservación y manejo de las aguas subterráneas fue formulado mediante una aproximación científica y objetiva, con base en i) los datos sobre las condiciones naturales (meteorológicas, hidrológicas e hidrogeológicas) que fueron reunidos mediante mediciones y observaciones confiables, ii) el inventario de pozos y iii) la predicción de la demanda futura de agua.

Según el resultado de los sondeos y los análisis que se llevaron a cabo en este Estudio antes de la formulación de este plan, en el Área del Estudio se generan en promedio anual $20\text{m}^3/\text{s}$ de aguas subterráneas. Esta cantidad corresponde al 18% de la precipitación anual (800mm). Actualmente se usan $3,7\text{m}^3/\text{s}$ de aguas subterráneas que son el 20% de las aguas subterráneas generadas. Estas aguas subterráneas se usan para importantes actividades sociales y económicas como la irrigación, la producción de flores, el uso industrial y los acueductos. En este plan, se propone un método estratégico que asegura el uso sostenible de las aguas subterráneas y el desarrollo de aguas subterráneas de seguridad, de acuerdo con la demanda futura de agua. Este plan puede ser una guía del uso sostenible de las aguas subterráneas en enriquecedoras actividades sociales y económicas de las personas que viven en Sabana de Bogotá. Este plan se formuló con miras al año 2015, y debe revisarse continuamente según el cambio en la demanda de agua que corresponde a la situación social y económica y a los últimos datos obtenidos por el sondeo hidrogeológico que se llevarán a cabo.

5.1.2 Política básica de desarrollo de aguas subterráneas

(1) Desarrollo óptimo de aguas subterráneas correspondiente al punto de rendimiento seguro

En nuevo plan de desarrollo de aguas subterráneas, los pozos de producción deben diseñarse considerando el punto rendimiento seguro por cuenca (60% de la recarga de las aguas subterráneas), en la cuales los niveles de agua subterránea serán afectados por este desarrollo. La cantidad de aguas subterráneas de los nuevos desarrollos debe ser menor al punto de rendimiento seguro (= punto de rendimiento seguro – tasa de bombeo actual) por cuenca. El desarrollo de aguas subterráneas de escala menor y media que causará sólo pequeña influencia debe planearse considerando el punto de rendimiento seguro restante por cuenca. El desarrollo de aguas subterráneas a gran escala con gran influencia en varias cuencas debe planearse teniendo en cuenta el total del punto de rendimiento seguro remanente en estas cuencas. Sin embargo, antes de la aplicación del proyecto, el cambio en el flujo y los niveles de las aguas subterráneas causados por este proyecto debe ser estudiado mediante la simulación de aguas subterráneas, etc, para confirmar que este plan es seguro.

Tabla-5.1 Rendimiento seguro remanente por cuenca

Cuenca	Rendimiento actual (mm/año)	Rendimiento seguro (mm/año)	Rendimiento seguro de la cuenca		Número posible de pozos estándar a ser perforados
			(mm/año)	(m ³ /día)	
Bogotá 1-3	42	63	21	39	390
Bogotá 4-6	72	90	18	11	114
Bogotá 7-9	18	37	19	28	290
Bojacá	36	77	41	24	246
Chicu	122	112	(-10)	(-3)	(-37)
Frio	23	60	37	19	197
Neusa	7	112	105	124	1.243
Sisga	0	86	86	35	358
Muna	4	35	31	10	109
Subachoque 1	3	43	40	3	35
Subachoque 2	52	90	38	40	402
Teusacá	15	100	85	82	822
Tominé	1	66	65	65	655
Tunjuelito	10	198	188	208	2.081
Toda el Área Estudio	27	86	59	689	6.899

Nota-1) Rendimiento seguro = recarga de aguas subterráneas x 60%

Nota-2) El rendimiento por pozo estándar es de 10m³/día

(2) Política básica del desarrollo de las aguas subterráneas por acuífero

En cada cuenca del Área del Estudio hay tres acuíferos (Cuaternario, Terciario y Cretáceo). El agua subterránea es continua en estos acuíferos. El rendimiento seguro se calculó como la cantidad del total de aguas subterráneas que puede bombearse de tres acuíferos. Por consiguiente, en los nuevos desarrollos de aguas subterráneas la cantidad total que se bombea debe ser menor que el rendimiento seguro por cada cuenca. La política básica de desarrollo de las aguas subterráneas para cada acuífero es como sigue.

< Cuaternario >

El acuífero cuaternario está clasificado en dos áreas, i) el área donde el agua subterránea ya se ha desarrollado totalmente y ii) el área en la cual el desarrollo actual es pequeño. En el área totalmente desarrollada, debe restringirse el nuevo desarrollo de aguas subterráneas, y su conservación es necesaria para poder continuar con el uso actual de dichas aguas. Por otro lado, en áreas cuyo actual desarrollo de las aguas subterráneas es pequeño, debe promoverse su desarrollo desde hoy en adelante, dependiendo de su demanda de agua.

< Terciario >

Sólo pequeñas cantidades de agua pueden bombearse de los pozos del Terciario. En el acuífero del Terciario el desarrollo de las aguas subterráneas en pequeña escala es posible en el futuro, al igual que ahora.

< Cretáceo >

El sistema del Cretáceo del Área del Estudio se distribuye por las montañas/cerros y las partes profundas de toda la Sabana de Bogotá. Este sistema del Cretáceo tiene una gran capacidad de producción de aguas subterráneas. Sin embargo, hasta ahora sólo pequeñas cantidades de agua subterránea del Cretáceo se han desarrollado en cada cuenca del Área del Estudio. Se concluye que el acuífero del Cretáceo es muy prometedor en nuevos desarrollos de aguas subterráneas. Sin embargo, el desarrollo de las aguas subterráneas de acuífero del Cretáceo profundo será costoso y tendrá riesgos considerables. Por otro lado, el desarrollo de las aguas subterráneas de acuífero del Cretáceo que se distribuye por las montañas/cerros tiene poco riesgo y altas posibilidades. Por consiguiente, debe llevarse a cabo nuevo desarrollo de las aguas subterráneas de acuífero del Cretáceo en montañas/cerros de Sabana de Bogotá que depende de la demanda de agua. Cuando el acuífero del Cretáceo que se distribuye por toda el Área del Estudio y tiene

una alta capacidad de producción, este acuífero es conveniente para el desarrollo de las aguas subterráneas a gran escala. Es más, el acuífero del Cretáceo se extiende más allá de las cuencas de los ríos, y hay posibilidad que puedan desarrollarse aguas subterráneas mayores al punto de rendimiento seguro de la cuenca donde se localizan los sitios de desarrollo.

(3) Política básica para el desarrollo de aguas subterráneas por cuenca

Debe planearse el desarrollo de aguas subterráneas por cuenca con base en la comparación entre la cantidad del bombeo actual y rendimiento seguro por cuenca. La Tabla-5.2 muestra la proporción actual de utilización de las aguas subterráneas.

Tabla-5.2 Proporción actual de utilización de aguas subterráneas

Utilización actual de las aguas subterráneas	Proporción de utilización	Cuenca
Área de alto uso de las aguas subterráneas	Más de 40%	Bogotá 1-3, Bogotá 4-6, Chico
Área de uso medio de las aguas subterráneas	20%-40%	Bogotá 7-9, Bojaca, Frio, Subachoque
Área de bajo uso de las aguas subterráneas	Menos de 20%	Neusa, Sisga, Teusacá, Tominé, Tunjelito

Note) Tasa de utilización de las aguas subterráneas = Cantidad de agua subterránea usada ÷ Punto de rendimiento seguro

< Áreas de alto uso de aguas subterráneas >

En estas áreas, el nuevo desarrollo de aguas subterráneas debe estar sujeto a restricciones. Es más, la conservación de las aguas subterráneas es necesaria para poder continuar con el actual uso de dichas aguas.

< Áreas de uso medio de aguas subterráneas >

Todavía existe un potencial remanente de desarrollo de las aguas subterráneas en esta área. Sin embargo, la planificación cuidadosa para nuevos desarrollos de estas aguas es necesaria con base en el punto de rendimiento seguro. Al mismo tiempo, debe formularse el plan de conservación de las aguas subterráneas.

< Áreas de bajo uso de aguas subterráneas >

En estas áreas, la cantidad actual bombeada es menor que el punto de rendimiento seguro. Debe promoverse fuertemente el desarrollo de estas aguas dependiendo de la demanda de agua de esta área.

5.1.3 Política básica de conservación de aguas subterráneas

Las áreas donde la conservación de las aguas subterráneas es requisito se clasifican tal como se muestra a continuación.

- 1 Áreas donde la tasa de utilización de las aguas subterráneas es de media a alta.
- 2 Áreas donde se planea el desarrollo a gran escala de aguas subterráneas.

Se propone un plan para la conservación de aguas subterráneas, para cada área, como se muestra a continuación.

(1) Áreas donde la tasa de utilización de aguas subterráneas es entre media a alta

La parte central y occidental de Sabana de Bogotá es clasificada en esta área. La producción agrícola es alta y la proporción de utilización de las aguas subterráneas también es alta en esta área. La conservación de aguas subterráneas es necesaria continuar el actual uso de las aguas subterráneas. El método de conservación se propone como sigue.

< Recarga artificial de aguas subterráneas >

Se propone la recarga artificial de aguas subterráneas para compensar el almacenamiento de las aguas del acuífero Cuaternario que fue consumido por bombeo. Se almacenará en estanques de reposo el exceso de agua de río de los afluentes aguas arriba en el centro y occidente de la Sabana de Bogotá. Esta agua se inyectará en el acuífero Cuaternario por medio de pozos de recarga. Esta recarga artificial contribuirá a la estabilización del suministro de agua para uso agrícola en la Sabana de Bogotá.

< Alivio de la carga de las aguas subterráneas en el uso de agua >

Para aliviar la carga de las aguas subterráneas en el uso de agua, debe promoverse: el uso de recursos alternativos de agua para la producción agrícola de flores (re-utilización del agua drenada, uso de agua lluvia y del río principal de Bogotá), traslado de sitios para la producción de flores, y promoción de estudios sobre el mejoramiento del riego eficiente.

(2) Área donde se planea el desarrollo a gran escala de aguas subterráneas

Aunque el acuífero de Cretáceo tiene alta productividad la recarga de aguas subterráneas a dicho acuífero, por medio de la lluvia, es limitada. Por consiguiente, en desarrollos a gran escala de las aguas subterráneas, recarga artificial mediante el agua sobrante del río debe llevarse a cabo para minimizar la influencia de estos desarrollos.

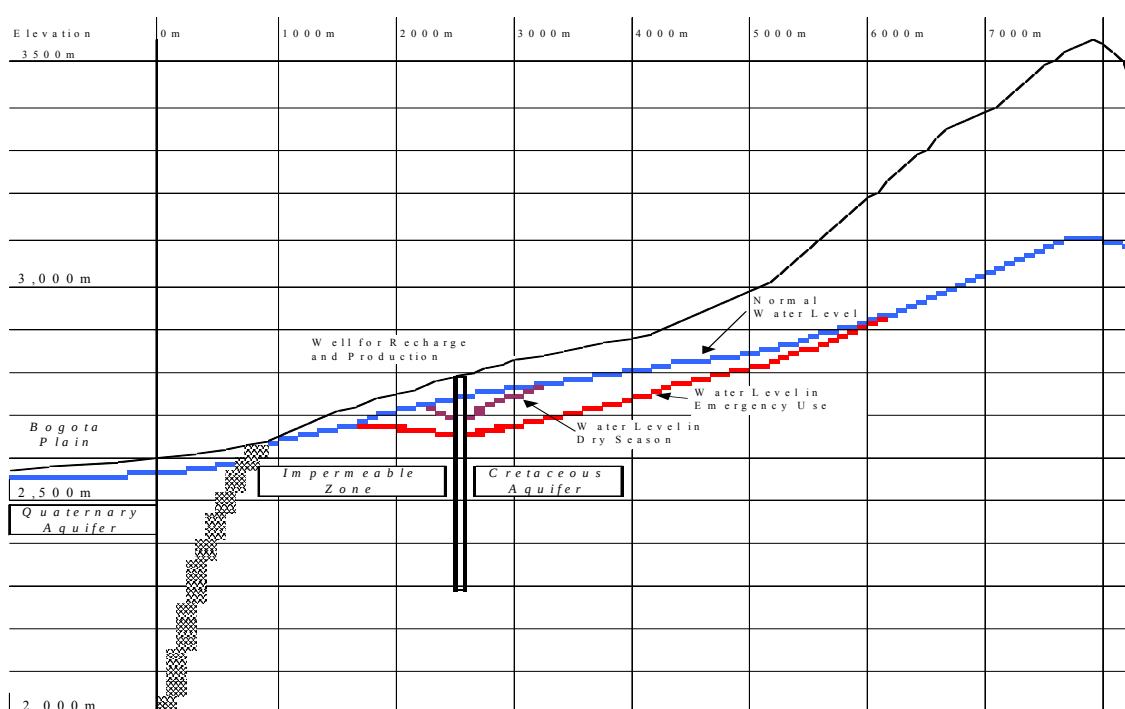


Figura-5.1 Concepto de recarga artificial

5.2 Demanda proyectada de aguas subterráneas

(1) Sistema del acueducto de la EAAB

El suministro real de agua y la capacidad de la producción de la EAAB en el 2001 eran $14.6 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que es igual al 56% de la capacidad de producción del año 2001 (Esta se ha aumentado a $26.3 \text{ m}^3/\text{s}$ durante el año 2001 debido a la planta El Dorado recientemente instalada). El volumen

de suministro de agua ha estado declinando debido a la disminución del consumo causado por cosas como 1) un rápido aumento de las tarifas, 2) una reducción de la presión de transferencia del agua, 3) una campaña de ahorro de agua y 4) un retraso económico nacional.

Para la demanda más alta de la proyección, se juzgó como suficiente la capacidad de producción hasta el año 2015. En el momento la EAAB puede tener la suficiente capacidad de suministro para la demanda actual y futura hasta el año 2015. No obstante, la EAAB depende para casi la mitad de su capacidad de producción de la Planta Wiesner, cuyos recursos de agua se localizan en un lugar distante. Por consiguiente, la planta se considera vulnerable contra los desastres. Por lo tanto, es importante desarrollar y almacenar agua segura y fiable contra dichos desastres tanto para las emergencias como para las sequías que puedan ocurrir en el Río Bogotá y otros ríos, que también son valiosos recursos de agua para la EAAB.

En la Tabla-5.3. se muestra la proyección de la demanda de la EAAB (Año1999).

Tabla-5.3 Proyección de la demanda de la EAAB (nivel medio de la demanda)

Año	2000	2005	2010	2015	2020
M ³ /s	15,3	18,1	20,3	23,0	25,9

(2) Demanda de agua subterránea del Área del Estudio

Las aguas subterráneas se usan para el uso doméstico en 12 municipios (39% del total de municipios), para el uso no-doméstico en 18 municipios (58%), para la irrigación en cultivos de flores en 24 municipios (77%) y para la irrigación de agricultura en 20 municipios (71%). Se supone que el uso en irrigación es el predominante en el Área del Estudio. Las 3 mayores áreas de demanda de agua subterránea por cuenca de río son: 1) la cuenca del Río Subachoque (2), 2) la cuenca del Río Chico, y 3) el oeste de la cuenca del Río Bogotá (3). La demanda de aguas subterráneas se estima en 403.000m³/día (4,65m³/s), en el año proyectado del 2015, con base en la tendencia actual de uso de aguas subterráneas, como se muestra en la Tabla-5.2.

(3) Demanda de agua en el área del plan de desarrollo y conservación

< Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá >

El área de desarrollo consiste en 2 áreas; los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá y Yerbabuena. A su vez los cerros orientales de la ciudad de Bogotá se componen de 3 áreas; 1) los Cerros Orientales de Bogotá, 2) los cerros de Suba y 3) los cerros de Soacha. Se estima que la población del área alcanzará las 750.000 personas en el año 2015 o sea el 7% de la población total de Bogotá D. C. y Soacha. La demanda de agua en los Cerros Orientales de la Ciudad de Bogotá se estima en 1,145m³/s en el año 2015. Por otro lado se planea en 1m³/s la cantidad de aguas subterráneas de desarrollo en el área de Yerbabuena. Este volumen de agua de desarrollo beneficiará a 550.000 personas. Por lo tanto la demanda total de aguas subterráneas de las 2 áreas se estima en 2,145 m³/s en el 2015 como se muestra en la Tabla-5.5.

Tabla-5.4 Demanda total de agua del Área del Estudio

Uso del agua		Fuente del agua	2000		2015	
			1000m³/día	M³/s	1000m³/día	M³/s
Agua municipal	Doméstico	Agua superficial	1.103	12,77	1.506	17,43
		Aguas subterráneas	15	0,17	23	0,26
		Total	1.118	12,94	1.529	17,69
	No-doméstico	Agua superficial	310	3,58	583	6,75
		Aguas subterráneas	25	0,29	45	0,52
		Total	335	3,87	628	7,27
	Total	Agua superficial	1.413	16,35	2.089	24,18
		Aguas subterráneas	40	0,46	68	0,78
		Total	1.453	16,81	2.157	24,96
Agua de irrigación	Flores	Agua superficiales	30	0,35	40	0,47
		Aguas subterráneas	120	1,39	162	1,87
		Total	150	1,74	202	2,34
	Agricultura	Agua superficiales	909	10,52	980	11,33
		Aguas subterráneas	160	1,85	1.152	2,00
		Total	1.069	12,37	1.020	13,33
	Total	Agua superficiales	939	10,87	335	11,80
		Aguas subterráneas	280	3,24		3,87
		Total	1.219	14,11	1.355	15,67
Total		Agua superficiales	2.352	27,22	3.109	35,98
		Aguas subterráneas	320	3,70	403	4,65
		Total	2.672	30,95	3.512	40,63

Tabla-5.5 Proyección de la demanda de aguas subterráneas de los Cerros Orientales de la Ciudad de Bogotá

Situación	Sitio	Nombre del Tanque	2000	2005	2010	2015
Vitelma	Vitelma	El Consuelo	0.035	0.036	0.036	0.037
Santana	Usaquén	Usaquén	0.024	0.024	0.024	0.024
& Chico	Chico	Chico	0.072	0.078	0.084	0.091
Cerros Norte	Codito	Codito	0.025	0.027	0.030	0.033
	Soratama	Soratama	0.008	0.008	0.007	0.007
	Cerro Norte	Cerro Norte	0.024	0.026	0.028	0.031
	Bosque Pino	Bosque Pino	0.001	0.001	0.001	0.002
	Bosque Medina	Bosque Medina	0.005	0.005	0.005	0.005
	Unicerros	Unicerros	0.019	0.018	0.018	0.017
Soacha	Sierra Morena III	Sierra Morena III	0.148	0.184	0.228	0.283
	Julio Rincón	Julio Rincón	0.178	0.184	0.228	0.283
	Santillana	Santillana	0.126	0.156	0.194	0.241
Subtotal			0.667	0.775	0.908	1.069
Suba	Suba Medio	Suba Medio	0.046	0.046	0.046	0.046
	Altos de Suba	Altos de Suba	0.023	0.026	0.028	0.030
Subtotal			0.069	0.071	0.074	0.076
Total			0.736	0.846	0.981	1.145

< Proyecto del Occidente de la Sabana Bogotá >

El plan de conservación en área occidental de la Sabana de Bogotá comprende 6 cuencas de río. En esta área el uso de dicha agua para la irrigación de flores y la agricultura domina la demanda de aguas subterráneas, se estima en 2,611 m³/s para el año 2015 tal como se muestra en la Tabla-5.6.

Tabla-5.6 Demanda de agua subterránea en la irrigación del Proyecto Occidental de la Sabana de Bogotá

Cuenca del río	Flores		Agricultura		Total	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015
1. Bogotá (3)-Occidente	0,175	0,236	0,293	0,316	0,468	0,552
2. Bogotá (7)	0,205	0,267	0,087	0,094	0,292	0,361
3. Bojacá	0,184	0,248	0,019	0,021	0,203	0,269
4. Chico	0,117	0,157	0,361	0,390	0,478	0,547
5. Frio	0,058	0,078	0,084	0,091	0,142	0,169
6. Subachoque (2)	0,346	0,466	0,228	0,247	0,574	0,713
Total	1,085	1,452	1,072	1,159	2,157	2,611

5.3 Plan de desarrollo y conservación

5.3.1 Proyecto de desarrollo y conservación de las aguas subterráneas en los cerros orientales de la Sabana de Bogotá (Proyecto Oriental)

(1) Área del proyecto

Las áreas de este proyecto están localizadas en los Cerros Orientales que incluyen las áreas de Soacha, Vitelma, San Diego, Santa Ana y Chico, los cerros el área de Norte, Yerbabuena y el área de Suba.

(2) Propósito del proyecto

Este proyecto son trabajos públicos de mejora medioambiental con el propósito de suministrar agua y mejorar el ambiente acuífero.