

La pobreza del agua

Geopolítica, gobernanza y abastecimiento



Editores

Rodrigo Marín Ramírez

Cristian J. Díaz Álvarez

Gélber N. Gutiérrez Palacio

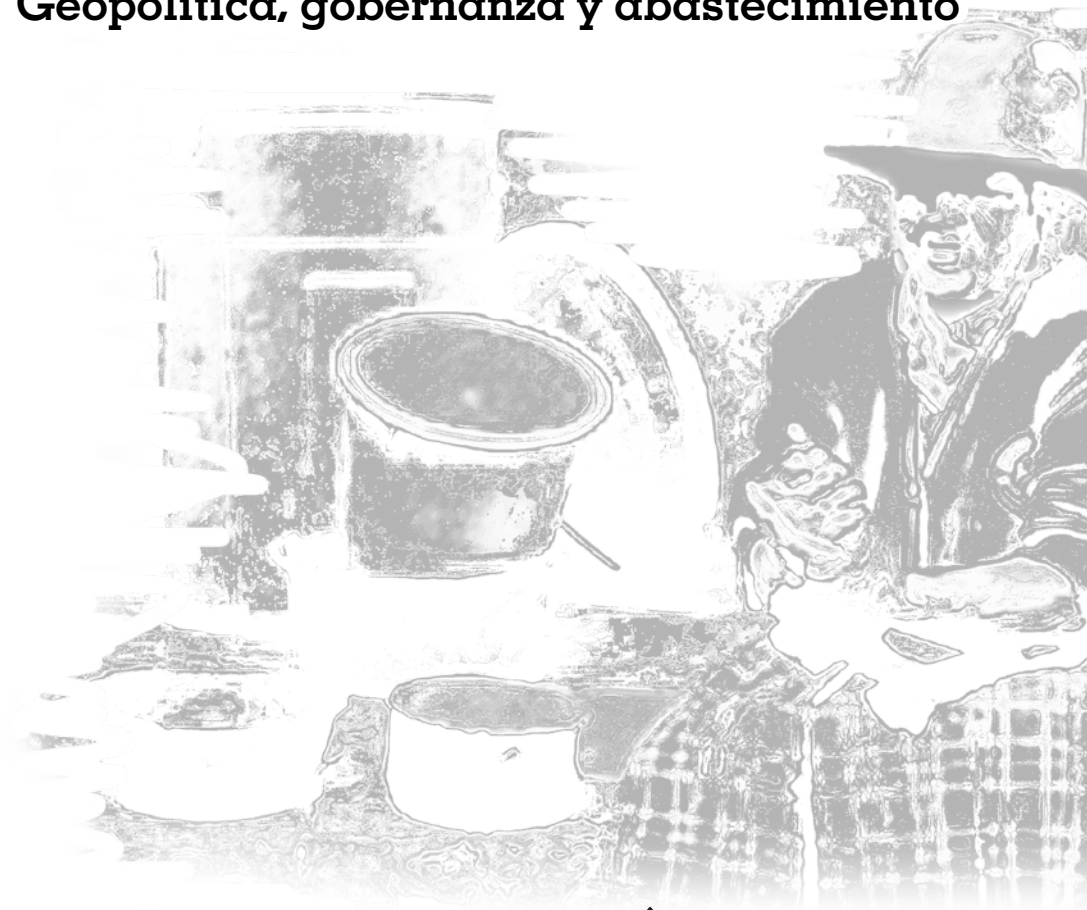


UNIVERSIDAD
CENTRAL

50
AÑOS
en el año de la paz

La pobreza del agua

Geopolítica, gobernanza y abastecimiento



Editores
Rodrigo Marín Ramírez
Cristian J. Díaz Álvarez
Gélber N. Gutiérrez Palacio



**UNIVERSIDAD
CENTRAL**
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento de Ingeniería Ambiental

50
AÑOS
en el año de la paz

**Consejo Superior**

Jaime Arias Ramírez
(presidente)

Fernando Sánchez Torres

Jaime Posada Díaz

Rubén Darío Llanes Mancilla

(representante de los docentes)

José Sebastián Suárez Rodríguez

(representante de los estudiantes)

Rector

Rafael Santos Calderón

Vicerrector académico

Luis Fernando Chaparro Osorio

Vicerrector administrativo y**financiero**

Nelson Gnecco Iglesias

Esta es una publicación del Departamento de Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería

La pobreza del agua: geopolítica, gobernanza y abastecimiento

ISBN: 978-958-26-0313-7

Primera edición: 2016

© Varios autores

© Editores: Rodrigo Marín Ramírez, Cristian J. Díaz Álvarez y Gélber N. Gutiérrez Palacio

© Ediciones Universidad Central

Calle 21 n.º 5-84 (4.º piso), Bogotá, D. C., Colombia

PBX: 323 98 68, ext. 1556

editorial@ucentral.edu.co

Catalogación en la Publicación Universidad Central

La pobreza del agua : geopolítica, gobernanza y abastecimiento / Mónica Bruckmann ... [y otros quince] ; edición Rodrigo Marín Ramírez, Cristian J. Díaz Álvarez y Gelber Norberto Gutiérrez Palacio; coordinación editorial Héctor Sanabria Rivera -- Bogotá : Ediciones Universidad Central, 2016.

240 páginas : ilustraciones ; 21 cm

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN: 978-958-26-0313-7

1. Agua - Distribución 2. Agua - Normas 3. Utilización del agua - Aspectos sociales 4. Utilización del agua - Aspectos ambientales 5. Desarrollo de recursos hídricos I. Bruckmann, Mónica, autora II. Marín Ramírez, Rodrigo, editor III. Díaz Álvarez, Cristian J., editor IV. Gutiérrez Palacio, Gelber Norberto, editor V. Sanabria Rivera, Héctor, coordinador editorial II. Universidad Central. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Ambiental.

333.9117 – dc23

PTBUC/RVP

Coordinación Editorial

Dirección:

Héctor Sanabria Rivera

Coordinación:

Jorge Enrique Beltrán

Diseño y diagramación:

Mónica Cabiativa Daza

Corrección de textos:

Nicolás Rojas Sierra

En la cubierta:

Estar limpia. Fotografía de Silvia Daniela Niño López. Primer puesto del Concurso de Fotografía Ambiental 2014, en el Marco del Foro Nacional del Agua.

Impreso en Colombia - *Printed in Colombia*

Prohibida la reproducción o transformación total o parcial de este material por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.



Metabolismo hídrico de Bogotá: el reto urbano de la gestión del agua

Cristian J. Díaz Álvarez*, Rodrigo Marín Ramírez** y
Jenifer Paola Silva Chaves***

Resumen

Para el siglo XXI, la provisión hídrica de Bogotá depende de sistemas naturales cada vez más vulnerables y reducidos, por lo cual se corre el riesgo de no poder suplir las necesidades de la capital colombiana e incluso de municipios aledaños que también son abastecidos por la ciudad. El trasvase de agua, la desviación y regulación de caudales; la apropiación de reservorios; un consumo per cápita elevado, una pérdida de líquido aproximadamente del 40,1 %, y la descarga de aguas residuales poco tratadas y con poca calidad para cualquier uso en el río Bogotá son manifestación de un metabolismo hídrico lineal e insostenible. Por esto, el reto urbano de la gestión del agua para el año 2025 es lograr una adecuada coordinación entre organismos y autoridades para que el suministro satisfaga las respectivas dinámicas urbanas, así como descentralizar el abastecimiento para reducir la vulnerabilidad de los usuarios. Primordialmente, la ciudad del futuro y su área metropolitana deberán obedecer las dinámicas de la naturaleza y anteponerlas a las proyecciones económicas.

Palabras clave: abastecimiento, ciudad, ecosistema urbano, indicadores ambientales, política ambiental, recursos naturales.

* Ingeniero químico, especialista en manejo integrado del medio ambiente y magíster en medio ambiente y desarrollo. Profesor y actual director del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central. Correo electrónico: cdiaza2@ucentral.edu.co.

** Ingeniero agrólogo con posgrado en Hidrología General y Aplicada en el Cedex (Instituto de Hidrología y Recursos Hidráulicos de Madrid, España), y Manejo y Gestión del Agua en Tokio, Japón. Actualmente se desempeña como docente investigador de la Universidad Central y director del grupo de investigación Agua y Desarrollo Sostenible. Correo electrónico: rmarinr@ucentral.edu.co.

*** Ingeniera ambiental de la Universidad Central. Correo electrónico: jsilvac1@ucentral.edu.co.

Introducción

El agua, recurso finito y “elemento fundamental para el desarrollo económico y social [...], indispensable para la inversión, el crecimiento y la erradicación de la pobreza” (IV Foro Mundial del Agua, 2006, p. 28), ha tenido un balance histórico trágico de enorme pérdida en Colombia, ya que el potencial disponible se subutiliza, se pierde en disputas territoriales —como el reciente caso del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina— o se santaniza como el elemento natural que provoca los mayores desastres naturales en época de lluvias.

El mito, lo sagrado, el acceso, la cantidad, la calidad y la participación comunitaria han sido escollos en el modelo nacional de gestión del agua que han determinado, entre otras cosas, una distribución inequitativa y una puja entre las concepciones del agua como bien público y como bien privado. En este contexto, el acceso de Bogotá al líquido vital representa una huella ecológica de 317 000 hectáreas¹, lo que deriva en una disponibilidad limitada; la alteración del ciclo hidrológico en las cuencas del río Orinoco y Magdalena-Cauca; un consumo creciente; la contaminación de los cuerpos de agua urbanos; el deterioro definitivo de las cuencas media y baja del río Bogotá, y la afectación del principal río de Colombia: el Río Grande de la Magdalena.

Bogotá: contexto

La capital colombiana es la ciudad más grande del país. Cuenta con un área urbana de 320 kilómetros cuadrados, de los que solo le quedan por ocupar 2998 hectáreas, y como distrito capital (urbano y rural) ocupa una superficie de 13 170 hectáreas, que se extiende por el norte hasta los límites con el municipio de Chía, en la sabana, y por el sur hasta los límites con los departamentos de Tolima y Huila, en la zona montañosa del páramo de Sumapaz.

Con una población aproximada de 7 680 386 habitantes, conforma 2 251 170 hogares y 2 062 277 viviendas (SDP, 2013) que, junto con un sistema productivo de 519 490 empresas (CCB, 2013) coadyuvan a que Bogotá logre una participación del 24,5 % en el producto interno bruto nacional, reflejada en 76 590 millones de dólares (DANE, 2014). Lamentablemente, esta riqueza se distribuye de manera inequitativa, lo que se traduce en necesidades

¹ Cálculo obtenido a partir de la propuesta de la Contraloría de Bogotá (2002, 54) para el cálculo de la huella ecológica por agua: 0,043 Ha.pcp.

básicas insatisfechas (5,2 % con una o más de estas necesidades), personas pobres por ingreso (17,3 %) y un índice de pobreza multidimensional del 16,5 % (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2013b). Esta crisis social se evidencia en un coeficiente de Gini de 0,497 (DANE, 2014), que convierte a Bogotá “una urbe de estratos medios y bajos” (Galvis, 2013).

Desde el punto de vista biofísico, la ciudad se ubica en una sabana de origen fluvio-lacustre con depósitos de limo, arcilla y arena, “que llegan a profundidades de más de 400 m, con acuíferos freáticos y artesianos de baja productividad y capacidad de recarga” (EAAB, 1995). Dicha sabana está rodeada al oriente y el sur por una cadena montañosa que constituye una divisoria con la cuenca del río Orinoco. Por otro lado, y como en el resto de la zona andina, tiene un régimen bimodal de lluvias con precipitaciones medias entre los 800 y 900 milímetros anuales, que, desde su fundación y durante las épocas colonial y republicana, ha permitido contar con una escorrentía suficiente para atender las necesidades de abasto de agua de la población.

El abastecimiento

Para los primeros pobladores de la sabana, el agua fue motivo de inspiración y culto (Hernández, 1975, p. 176). Mediante ritos y ceremonias tributaban homenaje a Sie, la diosa del agua, “encontrando especial expresión en el nacimiento, la pubertad de la mujer, la ceremonia de correr la tierra, la consagración de los jeques, la muerte del cacique y en las leyendas de Guatavita, Bachué y Bochica” (Rodríguez, 2003a, p. 40). Infortunadamente, esta admiración afectuosa desapareció con la conquista española y la evangelización católica, “que condenó su culto y la ubicó como una creencia pagana prehistórica” (Rodríguez, 2003a, p. 54). Pero no es extraño que el poblamiento español de la sabana de Bogotá obedeciera también a las bondades naturales del agua: “Tierra buena, tierra que pone fin a nuestra pena”, afirmó Quesada al observar el Valle de los Alcázares. La abundante oferta hídrica y un excelente drenaje en época de lluvia en el área de asentamiento cumplía la Ordenanza 11 de 1523 del rey Carlos, que mandaba lo siguiente: “procuren tener agua cerca, y que se pueda conducir al pueblo y heredades, derivándola si fuere posible para mejor aprovecharse de ella” (*Leyes de los Reinos de las Indias*, 1841).

El suministro de agua en Santafé durante el siglo XVI se caracterizó por un transporte manual mediante múcaras (vasijas) desde las fuentes abastecedoras hasta los puntos donde se requería. Posteriormente y durante los siglos XVII, XVIII y XIX, el abastecimiento y distribución del “agua de pie” (López

de Velasco, 1572/1926, p. 638) mejoró debido a su conducción artesanal por canales abiertos (construidos con cal, ladrillo y piedra) desde los ríos San Francisco, San Agustín (otrora Manzanares) y Fucha (actual San Cristobal), hasta los chorros² o pilas ubicados en las plazas de la ciudad (EAAB, 1995; Wiesner, 1978). Los Laureles (1583) fue el primer acueducto de la ciudad, que por su rusticidad presentó problemas estructurales y un flujo irregular que lo hacían altamente vulnerable (EAAB, 1995).

La construcción del acueducto de Agua Nueva en 1757 fue “la más importante obra para la provisión de agua en la ciudad a lo largo de su historia colonial” (Rodríguez, 2003b, p. 105). Sin embargo, la oferta, concesionada desde 1695 mediante Real Cédula, no soportaba la demanda de la creciente población ni podía asegurar el abastecimiento en época seca. Adicionalmente, la infraestructura instalada solo comprendía la conducción y suministro, mas no contemplaba la purificación, hecho que facilitó el brote de epidemias de tifo y cólera debido a la contaminación de agua y alimentos por contacto con materia fecal (Alba, 2003; Cordero, 2001).

Para la segunda mitad del siglo XIX —albores de la República—, Bogotá continuó siendo una ciudad sucia. El precario sistema de conducción y distribución de agua, sumado a la inexistente gestión de los residuos sólidos, la carencia de alcantarillado y la inmundicia de las calles, determinaron la pérdida de la calidad de las fuentes hídricas (Camacho, 1923, p. 85; Cordovez, 1861/1962, p. 1351; Hettner, 1882/1976; Holton, 1852/1981, p. 159; Samper 1898, p. 5;), tal como lo narró Gaspard-Théodore Mullien en 1823:

Un Virrey decía que en Bogotá había cuatro agentes encargados de la limpieza de la ciudad: los gallinazos, la lluvia, los burros y los cerdos [...]. Los arroyos de agua corriente que corren por el centro de las calles les mantendría en un estado mejor de limpieza, si no fuese porque al dar las ocho de la noche la incuria de sus habitantes les transforma en una cloaca infecta. (1823/1944, p. 168)

Como medida para frenar el continuo deterioro de los cuerpos de agua y la proliferación de tomas clandestinas, el Código Penal del 27 de junio de 1837 consideró condenas de trabajos forzosos, destierro y hasta la muerte para aquellos que atentaren contra la calidad y el abastecimiento; providencia que, ciertamente, no causó ningún impacto favorable sobre el recurso.

² Los chorros, pilas o fuentes más representativos fueron estas: Mono de la Pila (1584), San Agustín (1611), San Juanito (1665), Las Nieves (1665), Egipto (1757), El Arco (1800), San Victorino (1803), Belén (1816), Santa Inés (1833), entre otros (Ibáñez, 1891; Marroquín, 1988, p. 346).

Luego de la justa emancipadora, se empezó a dar prioridad a la preservación de la salud pública, debido en parte a la influencia higienista europea y norteamericana (EAAB, 1995). Entre otras cosas, esto favoreció la entrada en servicio del primer tramo de una línea de conducción de agua cruda en tubería en hierro fundido (1888).

El siglo XX introdujo el control de la calidad de agua para consumo humano (Acuerdo 6 de 1909, art. 2), pero solo hasta 1921 se logró la desinfección mediante adición de cloro líquido (Alba, 2003; Wiesner, 1978). Sin embargo, la potabilización de las aguas crudas durante esta época no tuvo un valor agregado en la oferta, ya que el mal aprovechamiento de las fuentes, la defectuosa distribución³ y el excesivo desperdicio de agua mantuvieron las crisis de abastecimiento en la ciudad (Rodríguez, 2003b, pp. 399 y 418). Esta situación exigió los primeros aforos⁴ de los “acueductos” existentes (1885 y 1911) y la instalación de medidores en cada unidad usuaria.

Ante la necesidad de mejorar la calidad del agua ofertada, entró en funcionamiento la planta de tratamiento de Vitelma (1938) para las aguas del río San Cristobal y, posteriormente, las del río Tunjuelo, al que fue imperioso construirle los embalses de La Regadera (1938) y Chisacá (1951) para que, junto con la laguna de Los Tunjos, mantuviera un caudal regulado. Después entró en operación la planta de tratamiento de San Diego (1943), que potabilizaba las aguas del río San Francisco. Aunque estas obras aumentaron la oferta —un metro cúbico por segundo adicional del río Tunjuelo (Wiesner, 1978)—, no fueron suficientes para contrarrestar las crisis de abastecimiento, cuyo año crítico fue 1949, en el cual la ciudad estuvo solo a veinte días de quedarse sin agua (*El Tiempo*, 11 de febrero de 1949).

Como medida de previsión para épocas secas y necesidades futuras, el río Bogotá se sumó a la ecuación de oferta con la Planta de Tratamiento de Tibitoc I (1953) y Tibitoc II (1971), cuyos caudales fueron regulados por los embalses de Neusa (1951), Sisga (1951) y Tominé (1962). Pero, una vez más, los racionamientos de agua afectaron la ciudad, entre los cuales fueron los más críticos los correspondientes a los años de 1968 y 1984. Este último obligó a sembrar las nubes químicamente para generar la precipitación sobre los embalses anteriormente citados.

³ Los estudios de los ingenieros Manuel Peña (1885) y Cristóbal Bernal (1911) evidenciaron que el problema del agua en época de lluvias no recaía sobre la oferta (cantidad) sino en los problemas de la distribución y la pésima calidad para su consumo.

⁴ Los aforos de los ingenieros Manuel Peña y Cristóbal Bernal dieron como resultado aproximado un total de 265 litros por segundo, lo que correspondía a 211 litros por individuo (Rodríguez, 2003b, p. 196).

Un problema adicional apareció cuando Bogotá experimentó un crecimiento de barrios subnormales y perimetrales surgidos mediante el esquema de la urbanización ilegal, en áreas de riesgo por deslizamiento y por encima de la cota de los acueductos (Moncayo, 2011, p. 366; Rodríguez, 2003b, p. 254)⁵. Este desorden conllevó problemas de cobertura para un 15 % de la población (Rodríguez, 2003b, p. 29), lo que exigió la construcción de tanques de almacenamiento y casas de bombas para el suministro del vital líquido.

La mayor fuente de provisión de agua para Bogotá en su historia se consolidó en el páramo de Chingaza y los ríos de la cuenca de la Orinoquía colombiana: Gautiquía, Blanco y Chuza. Este sistema —cuyo corazón es un embalse con capacidad de 227 milímetros cúbicos— entró en funcionamiento en 1985, lo que permitió dejar fuera de servicio las plantas de tratamiento de San Diego, Vitelma y La Laguna⁶. Pero, irónicamente, el gran aumento en la oferta no resolvió el abastecimiento, principalmente por la ocurrencia de derrumbes en los túneles de conducción que comunican el embalse de Chuza con la planta de potabilización Francisco Wiesner (1982). En 1997, estas obstrucciones generaron una nueva crisis, pero cuya respuesta, por fortuna, a través de la concienciación ciudadana y medidas tarifarias, permitió reducir drásticamente el consumo. Aun así, y para reducir la vulnerabilidad del sistema, previamente se había construido el embalse San Rafael Etapa 1 (1994) y Etapa 2 (1996) bajo el marco del proyecto Bogotá IV⁷.

Subsanado temporalmente el abastecimiento de agua con un sistema matriz (figura 1), la administración distrital se concentró en fortalecer la infraestructura existente para la conducción, intercepción y desagüe de las aguas residuales y pluviales de la ciudad.

⁵ Moncayo calcula que “entre 1958 y 1972 fueron ocupadas clandestinamente en Bogotá 4000 hectáreas que se distribuyeron en 220 000 lotes y un millón de personas” (2011, p. 366).

⁶ La planta de tratamiento de agua potable La Laguna fue construida en 1986 para tratar parte de las aguas del río Tunjuelo.

⁷ Este proyecto mejoró el suministro de agua en las zonas altas del suroriente de Bogotá al habilitar ocho tanques de almacenamiento —con sendas estaciones de bombeo— y la puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de El Dorado (1999), que trata parte de las aguas del sistema Tunjuelo.

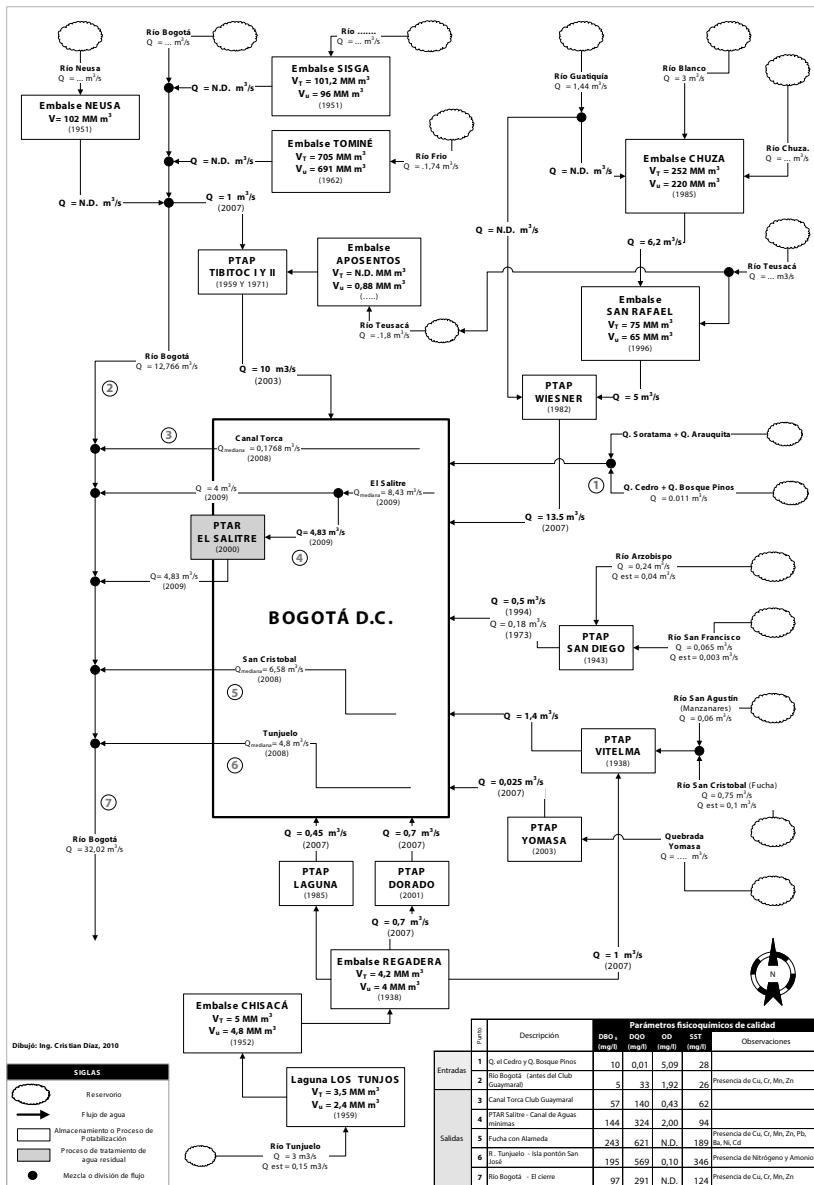


Figura 1. Diagrama de bloques simplificado de los flujos volumétricos (m³/s) de agua en Bogotá.

Fuente: elaboración propia con base en Bernal (1911), Contraloría de Bogotá (2002), Díaz (2011), EAAB (1924, citado en Rodríguez, 2003a), EAAB (2013a), *El Tiempo* (5 de octubre de 1938), Peña (1885), Rodríguez (2003b), SDA y EAAB (2008), Serrano (1899), SUI (2010), Wiesner (1949 y 1978),

Nota 1. No incluye escorrentías superficiales menores. Nota 2. Las fechas que acompañan los caudales indican el año de medición. Nota 3. Las fechas que acompañan los almacenamientos o procesos de potabilización indican el año de entrada de operación. Nota 4. El reservorio se concibe como un sistema natural que suministra un bien o servicio ambiental.

Aguas residuales

Desde su fundación y durante trescientos cincuenta años, el sistema de desagües en la capital se basó en caños abiertos contruidos en lajas de piedra sobre los ejes de las calles —que, por supuesto, carecían de andenes— (Wiesner, 1978). Aunque el propósito inicial de estos montajes fue el de escurrir las aguas lluvia, con el pasar del tiempo fueron habilitados para llevar agua a usuarios que carecían del servicio de acueducto, hecho que, como se mencionó, conllevó graves problemas sanitarios que potenciaron las epidemias de cólera y tifo. El lamentable alcantarillado lo recuerda Salvador Camacho en sus *Notas de viaje* (1898):

[...] el agua de los caños, que corría por la mitad de ellas (calles) encargada de arrastrar a los Ríos San Francisco y San Agustín las basuras de las casas, se regaba a uno y a otro lado formando pozos pestilentes que embarazaban el paso.

Esta época de lento avance en la conducción de aguas negras y pluviales (el primer tramo enterrado de tubería, construido en 1872, solo tuvo una extensión de 400 metros⁸) definió la muerte de los ríos urbanos de Bogotá —inicialmente, del San Francisco y San Agustín—, puesto que la consolidación del sistema de alcantarillado determinó su canalización para hacer de ellos los receptores directos de los vertimientos⁹.

El problema de los desagües pluviales, domiciliarios e industriales solo fue abordado con seriedad técnica y política en el Plan Maestro de Alcantarillado¹⁰ de 1967, con la construcción de 2600 kilómetros de red y 40 000 pozos de inspección (Wiesner, 1978, p. 260). Posteriormente, con el proyecto Bogotá IV (1992) se construyeron “280 km de redes secundarias de alcantarillado y 420 km de canales de drenaje” (Rodríguez, 2003c, p. 36). Este sistema tuvo que ampliarse en el proyecto Santa Fé I (1996), en el que se diseñó un nuevo Plan Maestro de Alcantarillado con el que se construyeron el sistema troncal de alcantarillado, el interceptor del río Bogotá (IRB), 526 kilómetros de colectores secundarios de aguas negras y 746 kilómetros de colectores de aguas lluvia (Rodríguez, 2003c).

⁸ Según Francisco Wiesner, el primer tramo estaba ubicado en la calle 10.^a y se extendía desde la plaza de Bolívar hasta la del Mercado (posteriormente llamada plaza de San Francisco, hoy de Santander) y pasaba frente a la iglesia de la Concepción.

⁹ Según lo estipulado, esto lo determinó el Acuerdo 10 de 1916 del Concejo de la ciudad (art. 1), en acato de la Ley 10 de 1915.

¹⁰ El Plan Maestro de Alcantarillado se ha consolidado gracias al cobro de valorización.

A la fecha, Bogotá “cuenta con un 99,2 % de cobertura residencial y legal de servicio de alcantarillado sanitario” (OAB, 2013), por lo que quedan continuamente por fuera los barrios ilegales, marginados y perimetrales que anualmente se consolidan en la capital. A este problema se le suma la obsolescencia del Sistema Troncal de Alcantarillado Pluvial y Sanitario del Centro Ampliado¹¹, que “ha superado ampliamente su vida útil” (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2013a) y requiere intervenciones por 200 000 millones de pesos para la rehabilitación integral de redes troncales, secundarias y locales, como condición *sine qua non* para lograr la adecuación del sistema al programa de revitalización del Centro Ampliado y la densificación urbana.

Tratamiento y recuperación de aguas

Es menester recordar que el Plan Regulador de 1948 alertó sobre los efectos de los vertimientos domésticos de la capital sobre el río Bogotá (Hernández, 2004), pero dicha advertencia no evitó que su cauce fuera rectificado y profundizado (1962) para amortiguar sus grandes crecientes y para recibir, por efecto de gravedad, los desagües de los barrios del occidente de Bogotá (Wiesner, 1978, p. 260), lo que lo convirtió en el receptor de todos los desechos líquidos urbanos.

Los proyectos de construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales a lo largo del tramo, o del gran interceptor y sistema central de tratamiento, anunciados desde 1970¹², no se han materializado, lo que significa cuarenta años de una enorme deuda ecológica urbana con el río y el alcantarillado de la ciudad, que no solo ha afectado sus cuencas media y baja, sino también el principal río de Colombia: el Magdalena.

El único sistema de tratamiento existente para las aguas negras que genera la ciudad está emplazado en el tramo final del río El Salitre, que principalmente transporta materia orgánica de vertimientos domésticos. La planta El Salitre (2000), cuyo costo aproximado fue de 80 millones de dólares (Pérez, 2009, p. 15), solo cuenta con tratamiento primario y, desde su construcción hasta la fecha, ha conllevado un gasto aproximado de 835 464 millones de

¹¹ Este proyecto abarca las siguientes localidades: Santa Fe, San Cristóbal, Tunjuelito, Kennedy, Fontibón, Engativá, Teusaquillo, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda y La Candelaria.

¹² Estudio técnico elaborado por la Empresa Distrital de Alcantarillado por comisión del Departamento de Planeación Nacional y Distrital (Wiesner, 1978, p. 261).

pesos¹³ (Contraloría de Bogotá, 2009, p. 3) de las arcas del distrito capital. Así pues, los resultados de la PTAR de El Salitre durante los diez años de funcionamiento han sido irrisorios y onerosos. Tal como lo evidenció la Contraloría de Bogotá (2009) al otrora alcalde mayor Samuel Moreno:

En la actualidad, luego de darse el tratamiento de tan solo 4 m³/s, de un afluente que lleva un caudal de aproximadamente 8 m³/s, las condiciones del agua tratada no cumplen con las expectativas para darles un uso conforme a lo establecido en la norma ambiental, razón que obliga a verterla nuevamente a escasos 50 metros abajo del río Bogotá, lo que hace que la inversión realizada sea ineficiente e ineficaz.

Las dificultades de la descontaminación del río Bogotá se concentran principalmente en los costos de interceptación de afluentes y de los sistemas de tratamiento, cuya inversión ha sido calculada en varias ocasiones: USD 796 millones (Pérez, 2009, p. 14), USD 1200 millones (Rodríguez, 2003c, p. 137), USD 2899 millones (Conpes 3320, 2004); USD 1189 millones (EAAB, citado por Colmenares, 2007, p. 9) y USD 1600 millones (*El Tiempo*, 17 de marzo de 2009), cifras que se han quedado en discusiones mas no en acciones reales.

Por otro lado, la errónea asignación de Área de Manejo Especial para el río Bogotá ha sido inútil en cuanto a su operatividad práctica, más aún por la existencia del Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca —Pomca—, que lo cobijaría (Avella, 2012).

El tratamiento de los afluentes urbanos del río Bogotá¹⁴ ha ido de descalabro en descalabro. Los errores y diferencias técnicas entre los involucrados, los sobrecostos de las obras, la escasez de fuentes de financiamiento y la connotada desarticulación de las instituciones distritales, departamentales y nacionales involucradas han mermado cualquier iniciativa hasta ahora.

Infortunadamente, la necesidad de limpiar el río Bogotá en la zona urbana de Bogotá desconoce el “metabolismo social” (Tobón, 2013) de sus cuencas alta y baja, en las cuales se desarrollan actividades agrícolas e industriales de gran impacto y se ubican considerables asentamientos humanos que generan una gran carga contaminante de materia orgánica (Castaño, 2013, p. 12). Aun así, la EAAB (2013b) ha establecido un plan para

¹³ El costo calculado desde el año 2000 hasta el mes de julio de 2008 fue de USD 824 976 millones. Por su parte, el costo promedio mensual de operación es de COP 1187 millones.

¹⁴ El tramo urbano del río Bogotá tiene aproximadamente noventa kilómetros, medidos desde la desembocadura del río Juan Amarillo hasta el punto denominado Alicachín.

descontaminar el tramo urbano del río que consta de tres etapas¹⁵, a saber: 1) recuperación estética y uso agrícola del efluente El Salitre; 2) uso agrícola del tramo urbano y cuenca media, y 3) recuperación ecológica del río Bogotá (figura 2). A su vez, estas etapas se soportan en una megaobra de ingeniería: la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Canoas (PTAR Canoas), cuyo valor está proyectado en USD 1547 millones (aproximadamente COP 3,9 billones) en sus fases de tratamiento preliminar, tratamiento primario convencional y químicamente asistido y tratamiento secundario (Pizano, 2009); por el momento, solo se dispone de USD 10 millones para iniciar el proyecto (CCI, 2013).



Figura 2. Etapas establecidas por la EAAB para descontaminar el tramo urbano del río Bogotá.

Fuente: elaboración propia con base en EAAB (2013b).

Este proyecto de gran envergadura para la ciudad es expresión de un imaginario social: “la idea de que una obra de ingeniería puede modificar las leyes de la naturaleza” (Brailovsky, 2010, p. 102) reduciendo la entropía una vez que esta se genera. Por el contrario, esta planta de tratamiento, que será una de las más grandes del mundo, se convertirá en una más de las *estructuras disipativas* que existen en los centros urbanos, cada vez más alejadas del equilibrio termodinámico. Con la inexorable consolidación de un área metropolitana en la sabana de Bogotá, con su respectivo incremento de entropía, “la inversión en plantas de tratamiento para el río Bogotá no será suficiente para que su agua sea utilizada en usos agrícolas o domésticos” (Guhl, 2007).

¹⁵ Las cuales están complementadas, transversalmente, con acciones de control de los vertimientos industriales, programas de educación ambiental y otras estrategias de manejo.

El agua en bloque

Los procesos de expansión y conurbación de la capital han provocado que los municipios cercanos¹⁶ experimenten durante los últimos cuarenta años un crecimiento poblacional que ha llevado al límite su infraestructura y capacidad de gestión. Entre las dificultades municipales se encuentra el abastecimiento de agua, ya que las fuentes de suministro, los sistemas de tratamiento y, en algunos casos, las redes existentes, no son suficientes para atender el aumento súbito en la demanda. Por esta razón, las administraciones municipales (tabla 1) han tenido que negociar con el distrito capital para que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá preste el servicio de suministro bajo un modelo de contratación denominado “venta de agua en bloque”.

Tabla 1. Empresas prestadoras de los servicios públicos en los municipios

Municipio	Año de suscripción del convenio	Empresa prestadora del servicio de suministro de agua potable
Chía	1981	Hydros Chía
Soacha	1971	Quintas de Santa Ana, EMAR y EAAB
Cajicá	1981	Empresa de Servicios Públicos de Cajicá
Sopó	1983	Empresa de Servicios Públicos de Sopó
Tocancipá	1985	Alcaldía de Tocancipá
La Calera*	1985	Empresa de Servicios Públicos de La Calera
Funza	N. D.	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Funza
Madrid	N. D.	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Madrid
Mosquera	N. D.	Hydros Mosquera

* El abastecimiento de agua en bloque en el municipio de La Calera es parcial, ya que se realiza solo para los barrios que se encuentran ubicados en la cercanía de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Francisco Wiesner.

Fuente: elaboración propia con base en EAAB (1995 y 2013b).

Esta forma contractual¹⁷, *grosso modo*, consiste en el abastecimiento de agua potable por medio de macromedición¹⁸, a través de una red matriz administrada

¹⁶ Los municipios cercanos que podrían consolidar un área metropolitana son Tabio, Tenjo, Cota, Chía, Cajicá, Zipaquirá, Tocancipá, Gachancipá, Sopó, La Calera, Soacha, Mosquera, Funza y Facatativá.

¹⁷ Este modelo también se desarrolla en países de América Latina, como Bolivia y México. En Bolivia se vende agua potable a organizaciones comunitarias denominadas “comités”, que a su vez se encargan del almacenamiento y la distribución (Courivaud, 2005). Para el caso de México D. F., el suministro a sectores sin cobertura de los municipios que pertenecen a la zona metropolitana se efectúa por medio de carrotanques que llevan agua potable a los ayuntamientos, organismos operadores de agua y demás usuarios privados (Gobierno del Estado de México, 2013).

¹⁸ La medición se hace en el punto de entrega por medio de macromedidores de energía ultrasónica, dispositivos que miden el caudal cada quince o treinta minutos (Garzón, 2013).

por la EAAB y entregada a la red de abastecimiento del municipio, que, a su vez, es administrada por la empresa prestadora de servicios públicos que opera en este¹⁹. Actualmente, nueve municipios de la sabana de Bogotá consumen agua administrada por el distrito capital (figura 3), cuya proyección de cobertura contempla —a futuro— la venta de agua en bloque a los municipios de Cota, Tabio, Tenjo, La Mesa y Anapoima (Ardila, 2002; EAAB, 2013a).

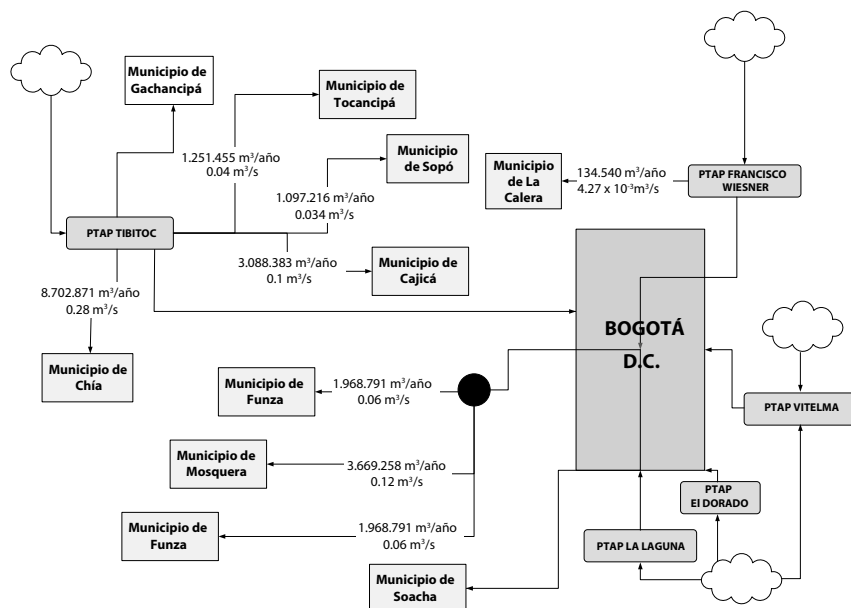


Figura 3. Diagrama de bloques sobre el abastecimiento de agua en bloque que provee la EAAB.
Fuente: elaboración propia con base en EAAB (2013a) y Garzón (2013).

Es evidente que, en la práctica, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá opera como una organización metropolitana y regional que, en aras de alcanzar la sustentabilidad, deberá consolidar unas políticas exigentes de racionalización del recurso y alcanzar un nivel de manejo ambiental responsable con relación a las pérdidas técnicas. Adicionalmente, y atendiendo recomendaciones de Édgard Moncayo (2011, p. 374), debe descentralizarse, operar a costo mínimo por servicio, alcanzar un saneamiento financiero, aumentar la calidad del servicio y alcanzar la cobertura urbana del 100 %, ojalá bajo un modelo de densificación urbana.

¹⁹ En cada uno de los convenios quedó claramente establecido que “la EAAB no tenía ninguna responsabilidad con respecto a la distribución, mantenimiento y facturación domiciliar del servicio, el cual sería efectuado por el municipio” (EAAB, 1995).

Por esto, es necesario verificar la agenda de sostenibilidad ambiental urbana en el POT de la capital, específicamente en la operación efectiva de la estrategia regional “para la protección, tratamiento, manejo y recuperación del recurso hídrico, con especial énfasis en la protección de los ecosistemas y las zonas abastecedoras” (Pinzón y Valenzuela, 2012, p. 15).

El metabolismo hídrico

Como se enunció anteriormente, Bogotá suple sus requerimientos de agua principalmente de la escorrentía de las cuencas de los ríos Bogotá, Tunjuelo, Guatiquía, Blanco y Chuza, bajo la estructura matriz de los sistemas Tibitoc, Tunjuelo y Chingaza²⁰, que determina una capacidad instalada de 36,5 m³/s²¹ (figura 4).

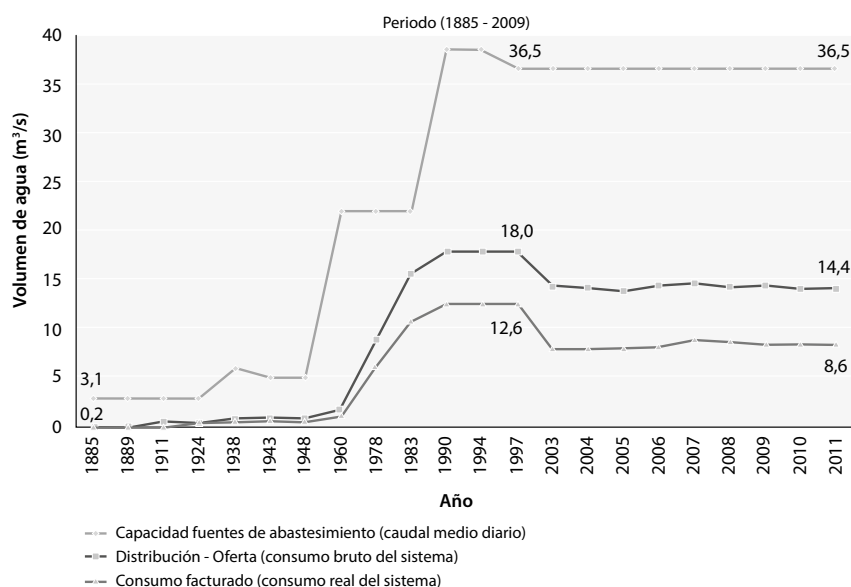


Figura 4. Evolución de la capacidad, oferta bruta y consumo facturado de agua (m³/s) en Bogotá.

Fuente: elaboración propia con base en Bernal (1911), Contraloría de Bogotá (2002), EAAB (1924, citado en Rodríguez, 2003a), EAAB (2013a), *El Tiempo* (5 de octubre de 1938), Peña (1885), Rodríguez (2003a), Serrano (1899), SUI (2010), Wiesner (1949 y 1978).

Nota. Debido a la escala, la proximidad de los valores iniciales a cero y la enorme diferencia de estos con los actuales, la curva se ubica en el límite inferior del eje x desde el siglo XIX hasta inicios del siglo XX.

²⁰ Sin embargo, una mínima fracción se logra por la extracción de agua subterránea mediante pozos profundos.

²¹ Este valor se obtuvo de los datos de captación de agua reportados por la EAAB en el Sistema Único de Información de Servicios Públicos, y difiere de los reportes que la misma empresa muestra al público, correspondientes a 31,5 m³/s.

Para el año 2011, este sistema permitió una distribución (conducción desde la fuente al usuario) promedio de 14,4 m³/s (figura 5), mientras que el consumo facturado para el mismo año —lo que realmente suple las necesidades del sistema urbano²²— alcanzó los 8,6 m³/s (SUI, 2013) (figura 4). Esta variación se debe al uso ilegal y a las numerosas pérdidas en la conducción de tan vital líquido, que para ese año representaron el 40,1 %²³.

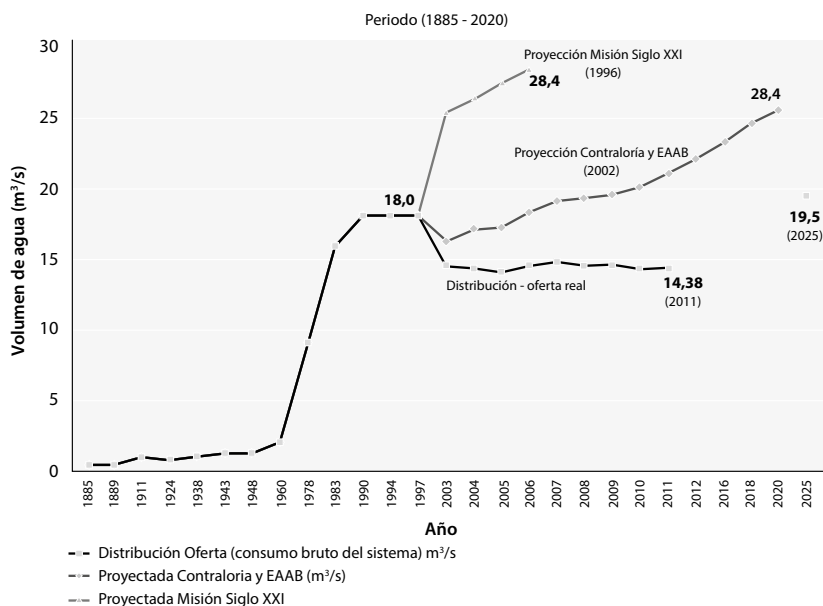


Figura 5. Evolución y proyección de la oferta bruta (m³/s) en Bogotá.

Fuente: elaboración propia con información de: Bernal (1911), Contraloría de Bogotá (2002), EAAB (1924) Citado en Rodríguez J. (2003), EAAB (2010), El Tiempo (1938), Peña (1885), Rodríguez (2003), Serrano (1899), SUI (2010), Wiesner (1949), Wiesner (1978).

Nota. Debido a la escala, la proximidad de los valores iniciales a cero y la enorme diferencia de estos con los actuales, la curva se ubica en el límite inferior del eje x desde el siglo XIX hasta inicios del siglo XX.

La demanda del recurso hídrico se concentra en el sector doméstico (resultado evidente por el número de habitantes), que participó con el 71 % y 76 % durante el periodo 2003-2009, seguido por el comercial (entre el 8 % y el

²² Es importante aclarar que este estudio de oferta no contempla el aporte de los acueductos comunitarios, la captación de aguas lluvia y el uso de agua subterránea.

²³ Este valor promedio de pérdida real ha cambiado en el tiempo y según el autor: 42 % (EAAB, 1995, p. 132), 21,6 % (Pérez, 1997, p. 58) y 40 % (Fonseca, 2008, p. 5). Cualquiera que sea el valor calculado, los usuarios de Bogotá pagan las pérdidas.

10 %) y el industrial (entre el 5 % y 7 %)²⁴ (figura 6). Debido al crecimiento demográfico y a la tercerización de la economía capitalina, es de esperar que en el 2025 el consumo total aumente a 19,5 m³/s²⁵ (figura 4) y mantenga la actual distribución por tipo de usuario; no obstante, cabe reconocer, evidentemente, que las proyecciones sufren el sesgo de las condiciones de la época en las que se hagan: 28,4 m³/s para el año 2005 (EAAB, 1995, p. 244), 34 m³/s para el 2015 (Pérez, 1997, p. 58) y 25,5 m³/s para el 2020 (Contraloría de Bogotá, 2002, p. 45).

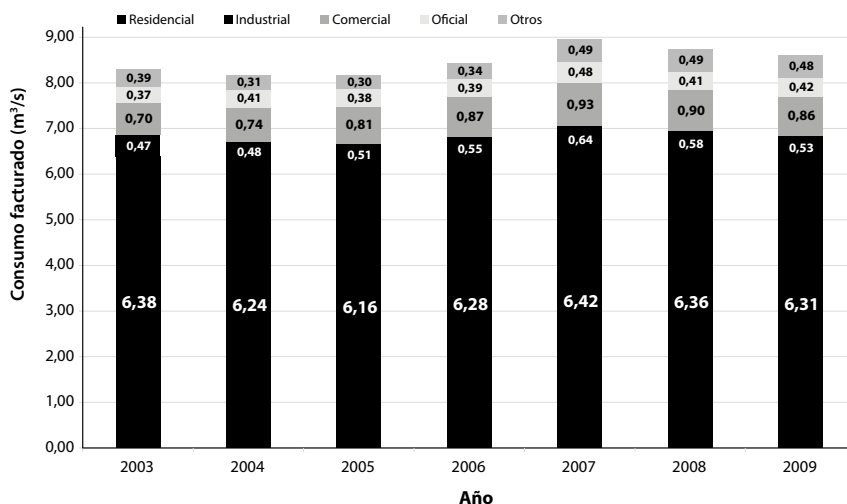


Figura 6. Evolución del consumo facturado de agua (m³/s) en Bogotá, discriminado por sectores usuarios (2003-2009).

Fuente: elaboración propia con base en EAAB (2010), SUI (2013).

El modelo de *balance de agua* para la ciudad expresa tres grandes elementos: entrada, salida y acumulación²⁶, expresados en las ecuaciones 1, 2 y 3²⁷.

1.

$$Agua_{entra} = Agua_{sale} + Agua_{acumula} + e$$

²⁴ Es importante aclarar que esta pequeña participación obedece más a la desindustrialización de la ciudad que a una optimización del recurso por parte del sector productivo

²⁵ Esta proyección considera la continuidad de las pérdidas y el actual consumo ilegal.

²⁶ El agua acumulada se considera cero, debido a que el balance se establece como un flujo en una pequeña unidad de tiempo, decisión técnica que no permitiría concebir un almacenamiento en el diferencial de tiempo de un segundo.

²⁷ La letra *e* representa el error del cálculo, que está implícito en cualquier aproximación de este tipo.

$$\begin{aligned}
 2. \quad & \textit{Agua}_{\text{consumo}} + \textit{Agua}_{\text{precipitación}} + \textit{Agua}_{\text{escorrentía}} + \textit{Agua}_{\text{Subterránea}} + \textit{Agua}_{\text{Virtual}} \\
 & \quad \textit{facturado} \quad \textit{superficial} \quad \textit{Extraída} \\
 & = \textit{Agua}_{\text{vertida}} + \textit{Agua}_{\text{evaporación}} + \textit{Agua}_{\text{escorrentía}} + e \\
 & \quad \quad \quad \textit{no aprovechada} \\
 3. \quad & \textit{Agua}_{\text{consumo}} = \textit{Agua}_{\text{conducida}} - \textit{Agua}_{\text{pérdidas}} \\
 & \quad \textit{facturado}
 \end{aligned}$$

Las entradas se desagregan en consumo facturado, precipitación, escorrentía superficial, agua subterránea extraída y agua virtual asociada con los alimentos. Las salidas, por su parte, se concentran en los vertimientos y en la evaporación. En cuanto a los elementos pertenecientes al balance hídrico natural (elementos conceptuales de la oferta hídrica de la región), se calculan la precipitación y la evaporación media anual de Bogotá²⁸ en 862 y 996 mm, respectivamente (Ideam, 2007)²⁹. Así mismo, la escorrentía superficial definida por los sistemas Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo³⁰, y los ríos San Agustín y San Francisco, es la que se considera representativa. La corriente de entrada “agua subterránea extraída” tiene un valor de 0,033 m³/s, de acuerdo con la información suministrada por el Observatorio Ambiental de Bogotá (OAB, 2010).

Por su parte, los vertimientos³¹ confluyen a los sistemas Torca (0,1768 m³/s), Salitre (4,8334 m³/s), Fucha (6,5832 m³/s) y Tunjuelo (4,8025 m³/s) (EAAB, 2010), para luego ser entregados al río Bogotá en diferentes puntos de su tramo urbano.

Por otro lado, para el año 2012, el consumo de agua en bloque representó un total de 0,75 m³/s, que suplió las necesidades de una población de 473 106 habitantes del conurbano capitalino³². Dicho abasto per cápita se incrementó en un 17 %, pasando de 117 a 137 l/hab.día en tan solo cuatro años (figura 7), lo que evidencia un nuevo elemento de presión para la infraestructura instalada y los sistemas naturales de aprovisionamiento. Además, el

²⁸ Este estudio no tiene en cuenta los escenarios de promedio anual seco o promedio anual de alta precipitación. Así mismo, no se desagrega para explicar el comportamiento en época seca o de lluvias, o en escenarios de variabilidad climática extrema.

²⁹ Estos datos se obtuvieron a partir del promedio simple de los promedios anuales reportados en este estudio del Ideam (2007).

³⁰ Esta escorrentía superficial se analiza específicamente en el punto de entrada al casco urbano.

³¹ El valor del caudal de salida global de la escorrentía puede oscilar entre los 14 y los 20 m³/s (EAAB, 2010).

³² Este consumo total corresponde a los municipios de Cajicá, Chía, Funza, La Calera, Madrid, Mosquera, Sopó y Tocancipá.

aumento del consumo del área metropolitana determinará una competencia por el vital líquido entre la ciudad de Bogotá y sus alrededores (figura 8).

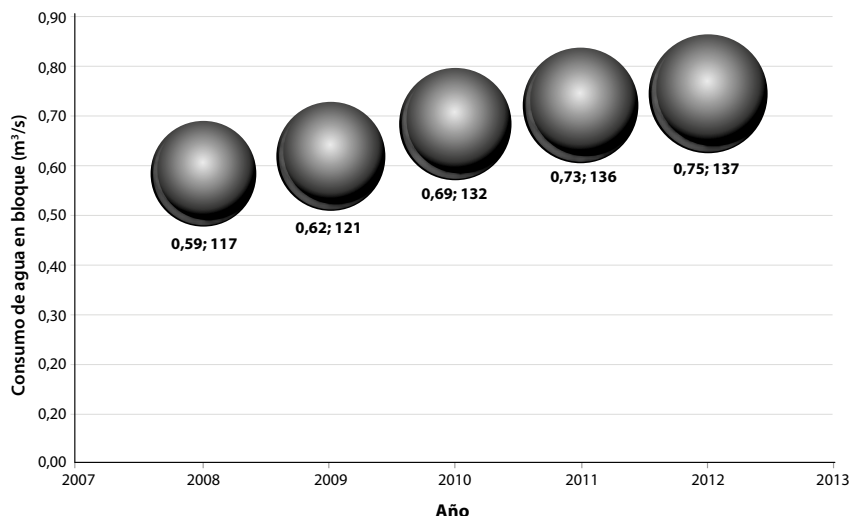


Figura 7. Indicadores de consumo de agua en bloque por parte los municipios de Cajicá, Chía, Funza, La calera, Madrid, Mosquera, Sopo y Tocancipá. Periodo 2008 – 2012.

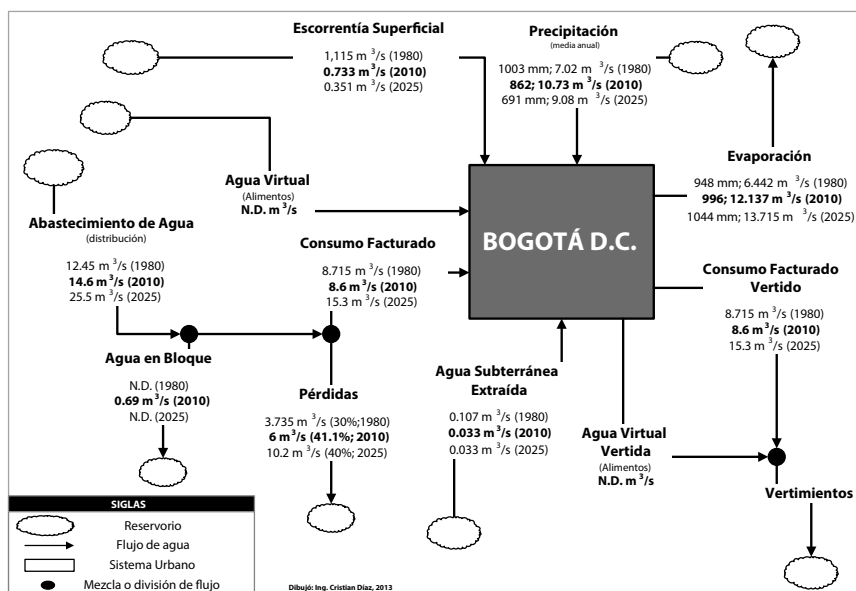


Figura 8. Diagrama de bloque —síntesis simplificada— del metabolismo hídrico de Bogotá (1980, 2010 y proyección a 2025).

Fuente: elaboración propia con base en Díaz (2011).

Este ejercicio de balance permite aproximar la cifra del agua asociada con los alimentos y productos que es consumida en Bogotá: $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$, casi la misma cantidad de agua facturada que consumen los capitalinos ($8,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Esta cantidad advierte la magnitud de las toneladas de alimentos que entran al sistema urbano (figura 9).

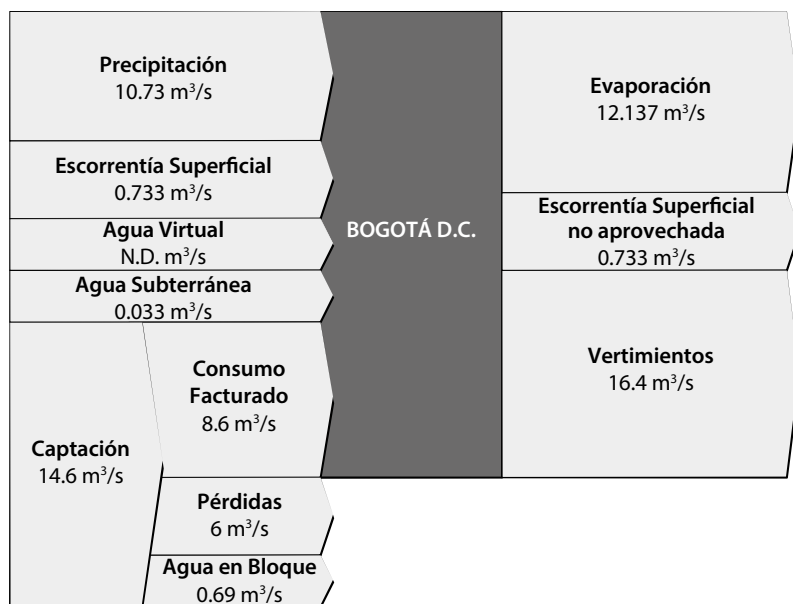


Figura 9. Metabolismo hídrico de la ciudad de Bogotá (2010).

Fuente: elaboración propia con base en Díaz (2011).

La enorme demanda, consumo y pérdida de agua en Bogotá son señales de alerta de riesgo por desabastecimiento. Un panorama de insostenibilidad de búsqueda, cobro³³ y desecho (Colmenares, 2007) valida la advertencia emitida por el Ideam en el Estudio Nacional de Agua, que prevé que “el 66 % y 69 % de la población colombiana, para los años 2015 y 2025 respectivamente, podrían estar en alto riesgo de desabastecimiento en condiciones hidrológicas secas” (Ideam, 2000, p. 38). Tanto el Ideam como el trabajo de autoridades intelectuales en el tema ambiental (Becerra, 2010; Guhl, 2007; Leyva, 2008) coinciden en que el cambio climático, la contaminación, la deforestación y la presión humana al recurso hídrico, entre otras causas, han

³³ Bogotá posee la tarifa más costosa del país y una de las más elevadas de América Latina (Colmenares, 2007, p. 188).

provocado que la oferta neta del agua se reduzca tanto en calidad como en cantidad, y esto aplica tanto para los sistemas naturales como para los centros urbanos.

El futuro del agua y la ciudad

El volumen de agua consumida en el 2011 ($8,6 \text{ m}^3/\text{s}$) logró equipararse con el consumo del año 1980 ($8,7 \text{ m}^3/\text{s}$) gracias a la concienciación ciudadana y las medidas tarifarias impulsadas luego de la crisis del año 1997, lo que se evidencia en la reducción del indicador per cápita para ese mismo periodo, que pasó de 178 a 101 l/hab.día. En el mediano plazo (2025), se espera que la presión sobre el recurso se duplique debido al crecimiento de la población, de modo que alcanzaría un caudal de $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$, reflejado en un consumo por habitante de 158 l/hab.día (figura 10).

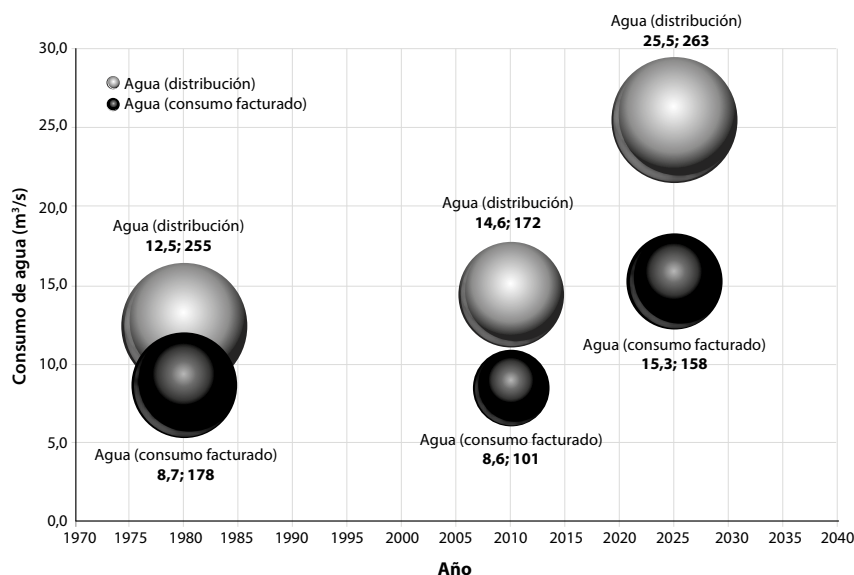


Figura 10. Indicadores de distribución y consumo de agua en Bogotá (m^3/s ; l/hab.día)

Fuente: Díaz (2011).

Este consumo se traduce en los vertimientos, puesto que el agua en la ciudad no se reutiliza. Los caudales de salida para los años 1980 y 2010 son prácticamente los mismos: $16,6$ y $16,4 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. En contraste, el aporte por habitante se redujo, al pasar de 340 a 193 l/hab.día en treinta años.

Las pérdidas se han incrementado en tres decenios un 60 % (de 3,7 m³/s en 1980 a 6 m³/s en 2010). Debido a las restricciones técnicas que aún persisten en la red de suministro, se espera que para el año 2025 aumenten un 70 %, alcanzando los 10,2 m³/s —casi el 60 % del consumo actual facturado— (figura 11). Por su parte, la escorrentía superficial, que actualmente no es aprovechada, se podría reducir en el tiempo debido a la variabilidad climática, la reducción esperada en la precipitación media anual, el incremento de las condiciones de isla de calor y la pérdida de los ecosistemas periféricos por la expansión urbana.

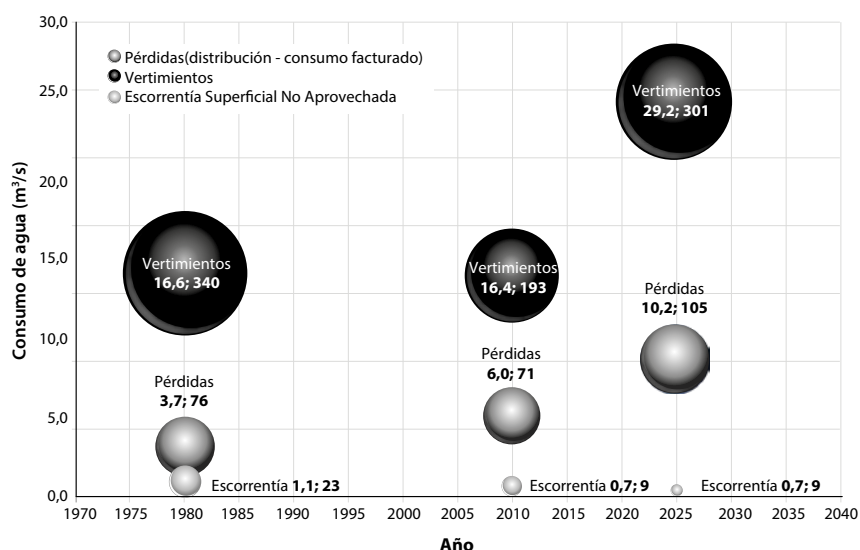


Figura 11. Indicadores de las salidas de agua en Bogotá (m³/s; l/hab.día).

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones de una proyección sobre el agua y la ciudad

El crecimiento acelerado de la capital en los últimos sesenta años ha determinado un incremento en la demanda de bienes y servicios ambientales para atender las necesidades de una población en aumento. El complejo contexto de la provisión de agua para la ciudad debe considerar, en un futuro cercano, la protección a ultranza de las zonas de abasto (páramos), la habilitación de nuevas fuentes en áreas pertenecientes a otros municipios, el diseño de

estrategias de adaptación al cambio climático y el reciclaje de aguas para consumo humano, doméstico, industrial o agrícola.

Por su parte, la relación existente entre la ciudad y su área de influencia próxima evidencia una alta y riesgosa dependencia de la ciudad por parte de los municipios, razón por la cual sería pertinente una adecuada coordinación entre los gobiernos para que los planes de suministro confiable de agua atiendan las respectivas dinámicas urbanas, y para que también se promuevan proyectos de descentralización del abastecimiento —individual o bajo asociación de municipio— que reduzcan la vulnerabilidad de los usuarios.

La proyección urbana del uso del vital líquido debe considerar la potencial reducción de la oferta en las zonas de recarga, abasto y provisión, debido a los cambios en el uso de la tierra, en la cobertura vegetal y del cambio climático. Por esta razón, el gobierno urbano, para la supervivencia de la ciudad, debe obedecer las leyes, principios y dinámicas de la naturaleza.

En el futuro se espera que la demanda de agua aumente, lo que generará mayor presión sobre los sistemas de abasto y provisión en el plano regional. Por ello, el distrito capital debe establecer y conciliar una política sobre las relaciones entre las empresas de servicios públicos y los municipios a los que se distribuye agua en bloque, con el fin de reducir los riesgos de desabastecimiento.

El manejo integral del recurso hídrico en la capital debe atender los siguientes postulados:

- 1) Bogotá hace parte de un sistema regional con un metabolismo social definido por la urbanización acelerada, la industrialización en áreas conurbadas y una agricultura intensiva en consumo de agua;
- 2) el uso y ahorro eficiente del agua debe coordinarse entre la Secretaría Distrital de Ambiente, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y los municipios que están en los alrededores de esta megaciudad;
- 3) se debe promover un metabolismo urbano circular de bajo consumo y baja entropía, en el que se consolide un modelo efectivo para el reciclaje de agua que alcance, al menos, el 50 %, y
- 4) se debe buscar que el agua sea la base natural para la definición de las políticas de ordenamiento del área metropolitana de Bogotá.

Referencias

- Alba J. (2003). Crisis de crecimiento o ausencia de infraestructura. *Revista Bitácora*, 7 (enero-diciembre).
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2013a). *70 acciones asociadas a la infraestructura de acueducto y alcantarillado del Centro Ampliado*. Banco Distrital de Programas y Proyectos, Ficha de Estadística Básica de Inversión Distrital (EBI-D). Bogotá: SDP.
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2013b). Un mayor esfuerzo para disminuir la pobreza. *Humanidad. Periódico Oficial de la Alcaldía Mayor de Bogotá*, 21 de agosto de 2013.
- Avella, O. (2012). Evaluación y diagnóstico del POT. En *Ajustes ambientales al Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Becerra, M. (2010). Debate sobre el agua en Colombia. Foro Nacional del Agua 2012, Pre-Foro de debate sobre el agua en Colombia, Universidad Central, Bogotá, Colombia.
- Bernal, C. (1911). Ensayo sobre abasto de aguas para Bogotá. *Anales de Ingeniería*, 18 (217-218).
- Brailovsky, A. (2010). *Buenos Aires, ciudad inundable, por qué está condenada a un desastre permanente*. Buenos Aires: Capital Intelectual, Ediciones Kaicron y Le Monde Diplomatique.
- Camacho, S. (1898). *Notas de viaje: Colombia y Estados Unidos de América*. Bogotá: Librería Colombiana Camacho Roldán y Tamayo.
- Camacho, S. (1923). *Memorias*. Bogotá: Librería Colombiana Camacho Roldán y Tamayo.
- CCI —Cámara Colombiana de la Infraestructura—. (2013). Noticias: EEAB presentó diseños definitivos de la planta de tratamiento de aguas residuales de “Canoas”. Consultado el 13 de octubre de 2013 en www.infraestructura.org.co/noticiasprincipales.
- CCB —Cámara de Comercio de Bogotá—. (2010). *Informalidad empresarial y laboral en Colombia y Bogotá*. Disponible en www.ccb.gov.co.
- CCB —Cámara de Comercio de Bogotá—. (2013). *Observatorio económico*. Disponible en www.ccb.gov.co.
- Castaño, L. (2013). Plaguicidas ilegales contaminan a humanos y peces en cuenca alta del río Bogotá. *UN Periódico*, 163, 10 de febrero.

- Colmenares, R. (2007). *El agua y Bogotá: un panorama de insostenibilidad*. Documento de Políticas Públicas 17. Bogotá: Foro Nacional Ambiental.
- Conpes 3320 (2004). Estrategia para el manejo ambiental para el río Bogotá. Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.
- Contraloría de Bogotá. (2002). *La huella ecológica de Bogotá D. C.: cálculo y evaluación de su utilidad; estado de los recursos naturales y del medio ambiente*. Bogotá: Contraloría de Bogotá.
- Cordero M. (2001). Las grandes epidemias en la América colonial. *Archivos de Zootecnia*, 50.
- Cordovez, M. (1861/1962). *Reminiscencias de Santafé de Bogotá*. Elisa Mujica (ed.). Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura.
- Courivaud, A. (2005). Relaciones entre las organizaciones comunitarias de abastecimiento de agua con empresas municipales y el Estado en zonas peri-urbanas de América Latina (documento de trabajo). Consultado el 13 de julio de 2016 en goo.gl/F9mhoK.
- DANE —Departamento Administrativo Nacional de Estadística—. (2014, febrero). Cuentas trimestrales de Bogotá D. C. Producto interno bruto (PIB). Disponible en goo.gl/0ZS82S.
- Díaz, C. (2011). *Metabolismo de la ciudad de Bogotá D. C.: una herramienta para el análisis de la sostenibilidad ambiental urbana*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- El Tiempo*. (1938, 5 de octubre). Se están desperdiciando miles de litros de agua diariamente.
- El Tiempo*. (1949, 11 de febrero). Día a día se agrava más el problema de abastecimiento a Bogotá.
- El Tiempo*. (2009, 17 de marzo). Falta \$ 1 billón para que todo el proyecto de descontaminación del río Bogotá sea real.
- EAAB —Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá—. (1924). Acta 498 del 2 de diciembre de 1924. En *Libro de actas de la Junta Directiva*. Bogotá: Archivo de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- EAAB —Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá—. (1995). *Estudio prospectivo de acueducto y alcantarillado; el futuro de la capital*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá y Misión Siglo XXI.
- EAAB —Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá—. (2010). *Gerencia corporativa de planeamiento y control; Plan Maestro de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá 2009*. Consultado en www.acueducto.com.co.

- EAAB —Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá—. (2013a). *Acueducto, agua y alcantarillado de Bogotá*. Consultado el 13 de junio de 2013 en www.acueducto.com.co.
- EAAB —Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá—. (2013b). *Información ambiental, río Bogotá: Acciones dirigidas al programa de saneamiento del río Bogotá*. Consultado en www.acueducto.com.co.
- Fonseca, C. (2008). *Cuenca alta del río Bogotá: recursos hídricos*. Bogotá: Sociedad Geográfica de Colombia y Academia de Ciencias Geográficas.
- Galvis, L. (2013). *¿El triunfo de Bogotá?: desempeño reciente de la ciudad capital*. Documento de trabajo sobre economía regional n.º 182. Cartagena: Banco de la República.
- Garzón, M. (2013). Entrevista de J. Silva: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Consultado el 20 de marzo de 2013.
- Gobierno del Estado de México. (2013). Comisión del Agua del Estado de México. Consultado el 13 de junio de 2013 en goo.gl/VPkAaW.
- Guhl, E. (2007). Problemática del agua a nivel global y nacional (conferencia). Asociación de Egresados de la Universidad de los Andes, Bogotá, 9 de agosto de 2007.
- Hernández, G. (1975). *De los chibchas a la colonia y la república*. Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura.
- Hernández, C. (2004). *Las ideas modernas del Plan para Bogotá en 1950: el trabajo de Le Corbusier, Wiener y Sert*. Bogotá: Instituto Distrital de Cultura y Turismo.
- Hettner, A. (1882/1976). *Viaje por los Andes Colombianos (1882-1884)*. Heinrich Henk (trad.). Bogotá: Talleres Gráficos del Banco de la República.
- Holton, I. (1852/1981). *La Nueva Granada: 20 meses en los Andes*. Ángela de López (trad.). Bogotá: Banco de la República.
- Ibáñez, P. (1891). *Las crónicas de Bogotá y sus inmediaciones*. Bogotá: Imprenta de la Luz.
- Ideam. (2007). Estudio de la caracterización climática de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IV Foro Mundial del Agua. (2006). *Main results: declarations*. Consultado en www.worldwaterforum4.org.mx/home/home.asp.
- Le Corbusier, C. (1929). *The city of tomorrow and its planning*. London: Ed. John Rooker.
- Leyes de los Reinos de Las Indias*. (1841). Recopilación de 1841, tomo II. 5.^a ed. Madrid: Calle de Carretas.

- Leyva, P. (2008). Debate sobre el agua en Colombia. V Foro Nacional del Agua “Conocimiento ancestral, clima, agua y cambio climático”. Universidad Central, Bogotá, Colombia.
- López de Velasco, J. (1572/1926). Bogotá en 1572. *Boletín de Historia y Antigüedades*, 16 (178). Academia Colombiana de Historia, Bogotá.
- Marroquín, J. (1988). Calles y chorros [1938]. En N. Bayona Posada, *El alma de Bogotá*. Bogotá: Villegas Editores.
- Moncayo, É. (2011). *Bogotá Siglo XXI, el futuro de la capital: síntesis de los trabajos de la misión Bogotá Siglo XXI*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Mullien G. (1823/1944). *Viaje por la República de Colombia en 1823*. Bogotá: Imprenta Nacional.
- OAB —Observatorio Ambiental de Bogotá—. (2010). *Consulta de indicadores ambientales*. Consultado en <http://oab.ambientebogota.gov.co>.
- OAB —Observatorio Ambiental de Bogotá—. (2013). *Consulta de indicadores ambientales, Cobertura Residencial y Legal Servicio de Alcantarillado Sanitario - CAL*. Consultado el 12 de octubre de 2013 en <http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml?s=l&id=59>.
- Peña, M. (1885). *Servicio de aguas de la ciudad de Bogotá: informe del ingeniero*. Bogotá: Imprenta de Torres Amaya.
- Pérez, A. (2009). *El problema del río Bogotá*. Bogotá: Fundación Al Verde Vivo.
- Pérez, E. (1997). La crisis del agua en Bogotá. *Bitácora*, 1, enero-diciembre.
- Pinzón, J. y Valenzuela, E. (2012). Resumen de la propuesta de modificación de los aspectos ambientales del POT. En *Ajustes ambientales al Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Pizano, J. (2009). Futura planta de tratamiento de aguas residuales de Canoas. Presentación ante el Departamento Nacional de Planeación. Alcaldía Mayor de Bogotá y EAAB.
- Rodríguez, J. (2003a). El acueducto colonial, la diosa agua y la tubería de hierro. En *El agua en la historia de Bogotá, t. I: 1538-1937*. Bogotá: Villegas Editores y EAAB.
- Rodríguez, J. (2003b). *El agua en la historia de Bogotá, t. II: 1938-1985*. Bogotá: Villegas Editores y EAAB.
- Rodríguez, J. (2003c). *El agua en la historia de Bogotá, t. III: 1986-2003*. Bogotá: Villegas Editores y EAAB.

- Samper, M. (1898). La miseria en Bogotá. En *Escritos políticos - económicos de Miguel Samper*. Bogotá: Imprenta Espinoza Guzmán.
- SDA —Secretaría Distrital de Ambiente— y EAAB —Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá—. (2008). *Calidad del sistema hídrico de Bogotá*. Bogotá: SDA y EAAB.
- SDP —Secretaría Distrital de Planeación—. (2013). Información para la toma de decisiones: reloj de población. Consultado el 1.º de octubre de 2013 en www.sdp.gov.co.
- Serrano, J. (1899). *Higienización de Bogotá: tesis para el doctorado en medicina y cirugía*. Bogotá: Imprenta de Vapor de Enrique y Ángel Zalamea.
- SUI —Sistema Único de Información de Servicios Públicos—. (2010). *Reportes por servicio*. Disponible en www.sui.gov.co.
- SUI —Sistema Único de Información de Servicios Públicos— (2013). Consulta de información del servicio de acueducto. Disponible en goo.gl/tuoDXp.
- Tobón, C. (2013). *El metabolismo social para el manejo integral de los recursos naturales: el agua en la cuenca alta del río Bogotá*. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Wiesner, F. (1949). *El porqué del Acuerdo 10 de 1949: el problema de agua en Bogotá*. Bogotá: Imprenta Municipal.
- Wiesner, F. (1978). Reseña del alcantarillado de Bogotá. En *Bogotá: estructura y principales servicios públicos*. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá.

La pobreza del agua

Geopolítica, gobernanza y abastecimiento

La sistemática y sostenida acción universitaria que han desarrollado el Departamento de Ingeniería Ambiental y el proyecto institucional Foro Nacional del Agua —en los últimos veinticinco años—, con el apoyo del grupo de investigación Agua y Desarrollo Sostenible, nos ha llevado a concluir que **el país y la región de las Américas sufren una pobreza del agua**. Esta expresión no se refiere propiamente a una situación física de escasez del líquido vital, sino a una crisis del actual modelo de gestión.

El reduccionismo en la formulación de los problemas; las soluciones poco integrales, de urgencia y con bajos financiamientos; la desarticulación institucional; el debilitamiento de los institutos de investigación necesarios para la toma acertada de decisiones; y el poco empoderamiento y participación de las comunidades de base, entre otras muchas, son las señales de esta penuria.

Este libro de investigación presenta, con información técnica, análisis y discurso, la realidad de esta problemática en Colombia y la región de las Américas. Cuenta con la acertada exposición de reconocidos académicos, funcionarios públicos, representantes de distintas ONG y honorables miembros del orden legislativo. Todos ellos, además de mostrar diferentes aspectos de la situación estudiada, plantean propuestas para revertir la actual tendencia que está frenando las oportunidades de desarrollo económico y humano, tanto en las ciudades como en el sector rural.



ISBN 978-958-26-0313-7

