

Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia*

Gustavo Sandoval Betancour**

101

Resumen

Este artículo cuantifica algunos beneficios económicos que aportaría una cultura de aprovechamiento de agua lluvia en el caso de Bogotá. El trabajo se realizó mediante proyecciones de necesidades futuras de agua hasta 2035, con base en el crecimiento poblacional y de la economía local como variables determinantes de las necesidades del servicio de acueducto. Se destaca lo apropiado que resultaría promover el aprovechamiento del agua como estrategia ante la situación de apremio del cambio climático, por las limitaciones que produciría al aprovisionamiento de agua a la ciudad. Las proyecciones de necesidades de abastecimiento de agua para la población creciente hasta 2035 indican que se requiere un aumento del 37,6% de la capacidad de abastecimiento para consumo de la población de las localidades que componen la zona urbana de Bogotá. Se concluye que el aprovechamiento del agua lluvia generaría ahorros importantes de agua y costos de suministro de este recurso para los usuarios y el Estado.

Palabras clave

Cambio climático, cosechando agua lluvia, costo del agua, aguas grises

Clasificación JEL

Q25, L95, L88

Cómo citar este artículo: Sandoval Betancour, G. (2016). Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia. *Equidad & Desarrollo*, (26), 101-113. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/ed.3650>

Fecha de recepción: 22 de octubre de 2015 • Fecha de aprobación: 25 de enero de 2016

* Este artículo se desarrolló como resultado del proyecto Agua como Recurso de Diseño —Proyecto Interdisciplinar de Investigación sobre el Agua—.

** Economista, Magíster en Economía de la Universidad Nacional de Colombia. Docente asociado y director del grupo de investigación de la Facultad de Economía de la Universidad de América, Bogotá. Correo electrónico: gustavo.sandoval@investigadores.uamerica.edu.co

The economic benefits of rainwater harvesting

Abstract

This paper quantifies some of the economic benefits that a culture of rainwater harvesting could produce in the case of Bogotá. The study makes projections of future water needs until 2035, based on local economy and population growth as determining variables of water service needs. It also discusses the appropriateness of promoting water harvesting as a strategy to manage the urgent situation caused by the limitations that climate change would provoke on the water supply of the city. Projected water supply needs for the growing population evidence the need of an increase of 37.6% in the supply capacity of drinking water for the localities that make up the urban area of Bogotá. The article concludes that rainwater harvesting would generate significant savings in water and water supply costs for users and for the State.

Keywords

Climate change, rainwater harvesting, water costs, greywater

Vantagens econômicas do aproveitamento da água de chuva

Resumo

Este artigo quantifica alguns dos benefícios econômicos que contribuiria para uma cultura de aproveitamento de água de chuva no caso de Bogotá. O trabalho se realizou mediante projeções de necessidades futuras de água até o ano de 2035, baseando-se no crescimento populacional e da economia local como variáveis determinantes das necessidades do serviço de saneamento básico de água. Destaca-se quão apropriado seria promover o aproveitamento da água como estratégia perante a situação de urgência da mudança climática pelas limitações que produziria ao fornecimento de água à cidade. As projeções de necessidades de abastecimento de água para a população crescente indicam que se requer um aumento do 37,6% da capacidade de abastecimento para consumo da população das localidades que compõem a zona urbana de Bogotá. Conclui-se que o aproveitamento da água de chuva geraria importantes economias de água e custos de fornecimento de água para os usuários e o Estado.

Palavras chave

Mudança climática, recolhendo água da chuva, custo da água, águas cinza

Introducción

En el artículo se aborda el problema que enfrenta la ciudad de Bogotá ante el cambio climático y sus efectos en las posibilidades futuras para abastecerse de agua en cantidades suficientes. Para este fin se evidenció la fragilidad que afrontará el sistema de abastecimiento de agua hacia el futuro de mediano y largo plazo, para lo cual se desarrollaron proyecciones hasta el año 2035 de las variables determinantes de las necesidades de abastecimiento como son el tamaño de la población y de la economía local, a partir de información de entidades oficiales.

Como alternativa estratégica para amortiguar la insuficiencia progresiva del sistema de abastecimiento de agua, se plantea practicar la “cosecha de agua lluvia” en los hogares y los establecimientos diferentes a viviendas. Con el fin de dar una noción del orden de magnitud del ahorro que se podría lograr con este sistema, se hicieron cálculos del volumen de agua y de los costos asociados que se podrían ahorrar por familia mediante el sistema sugerido.

Disponibilidad actual y expectativas de agua para Bogotá

La disponibilidad de agua en Bogotá para satisfacer las necesidades de su creciente población no es la más favorable desde hace varios años. Así se desprende del *Estudio nacional del agua* (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia [Ideam] y Ministerio de Ambiente, 2010, p. 325) donde se toma el Índice de Uso del Agua (IUA) de las Naciones Unidas, con el cual se estandariza la medición de la presión de la demanda sobre la oferta hídrica en regiones seleccionadas (tabla 1). Según el IUA, la situación de solvencia hídrica de una región se mide con cinco intervalos desde cero hasta cincuenta, de manera que entre menor sea el valor del índice, la presión de la demanda sobre la oferta es menor. En épocas de año seco los índices se hacen más críticos; en años más húmedos es lo contrario, lo cual sucede cuando se presenta el fenómeno de la Niña o del Niño respectivamente (Ideam y Ministerio de Ambiente, 2010, p. 325).

Tabla 1. Rangos y categorías del Índice de Uso del Agua (IUA)

Rango IUA Dh/ Oh*100	> 50	20-50	10-20	1-10	< 1
Categoría IUA	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
Significado	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: Ideam y Ministerio de Ambiente, 2010.

De acuerdo con la escala que se muestra en la tabla 1, entre las regiones más expuestas a situaciones de muy alta presión de la demanda sobre la oferta hídrica se encuentra la sabana de Bogotá, que presenta la categoría de IUA “muy alto”; es decir, la más alta presión de la demanda hídrica sobre la oferta disponible. Otro indicador que se mide es el índice de retención y regulación hídrica (IRH) el cual se usa para

[...] medir la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación. (Ideam y Ministerio de Ambiente, 2010, p. 323)

Un tercer indicador que se utiliza para medir la fragilidad de los sistemas de abastecimiento hídrico regional es el Índice de Vulnerabilidad Hídrica por Desabastecimiento (IVHD), que es el resultado de combinar los valores de los índices de regulación y de uso del agua, y que se define como el “grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas —como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño)— podría generar riesgos de desabastecimiento” (Ideam y Ministerio de Ambiente, 2010, p. 329).

En la tabla 2 se muestra la escala del IVHD del ENA de 2010 que, medido en una escala de veinte categorías, va desde una situación de “muy bajo” hasta “muy alto”. La categoría de “muy bajo” implica una situación de IUA “muy bajo” y un IRH alto, en tanto que la categoría de “muy alto” implica una combinación de IUA “muy alto” y un IRH muy bajo.

Tabla 2. Matriz de relación para categorizar el Índice de Vulnerabilidad Hídrica por Desabastecimiento (IVHD)

Índice de uso de agua	Índice de regulación	Categoría vulnerabilidad
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente: elaboración propia.

La aplicación de los índices expuestos para el caso de Bogotá cataloga la ciudad en situación de alta vulnerabilidad al desabastecimiento de agua, bien en condiciones hídricas de año medio, o bien de año seco. Para la época actual (2015), se cuenta con los resultados actualizados del ENA de 2014, que confirman plenamente los que se obtuvieron en el ENA 2010 para la zona de Bogotá. El índice de presión de la demanda sobre la oferta en condiciones hidrológicas de año medio y año seco se encuentra en la categoría “muy alto” según el ENA de 2014.¹

Proyecciones del consumo de agua en Bogotá

El consumo de agua en las concentraciones de población urbanas está determinado por diversos factores. En primer lugar debe mencionarse el tamaño de la población que habita las ciudades, que para el caso que nos ocupa, Bogotá, se tendría en cuenta la población de las veinte localidades en que se divide el Distrito Capital.

"La aplicación de los índices expuestos para el caso de Bogotá cataloga la ciudad en situación de alta vulnerabilidad al desabastecimiento de agua, bien en condiciones hídricas de año medio, o bien de año seco".

Otro factor que influye en la determinación del consumo de agua es la magnitud de las actividades productivas que se desarrollan en la capital, como industria, comercio, agricultura y prestación de servicios públicos y privados, entre otras, las cuales requieren el servicio de acueducto en mayor o menor medida.

Siendo uno de los propósitos de este trabajo realizar un estimativo aproximado de las necesidades futuras de agua en Bogotá, se tendrán en cuenta las variables señaladas, que en conjunto constituyen las dos variables más importantes en consumo de agua que es la población humana y la producción de bienes y servicios que se refleja a través del producto interno bruto de la ciudad. Además, se tendrá como variable de control el consumo per cápita de agua en la capital en los últimos cinco años.

1 Una ampliación sobre las amenazas que enfrenta Bogotá para la autosuficiencia hídrica puede verse en Sandoval (2015).

De acuerdo con las proyecciones oficiales estimadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para 2015 la población de la capital ascendía a 7.878.783 habitantes (2005). Para 2020, la población estimada por la misma entidad será de 8.380.801, lo que arroja una tasa de crecimiento promedio entre 2015 y 2020 del 1,24% anual y un crecimiento total para el periodo de cinco años del 6,37%. Con base en la tendencia de la tasa decreciente del crecimiento poblacional de Bogotá proyectada por el DANE para los últimos cinco años, 2015/2020, se proyectó el consumo de agua para los siguientes quince años, hasta 2035.

En la tabla 3 se muestra la evolución que tendría la población de Bogotá hasta 2035. La proyección muestra que la tasa de crecimiento de la población se viene reduciendo paulatinamente, fenómeno que ocurre a pesar de los flujos migratorios observados hacia Bogotá. Las cifras indican que la población de la ciudad crecerá el 6,37% en los próximos cinco años (2015 a 2020) pasando de 7,9 a 8,4 millones de habitantes. Para el periodo 2020-2035, se esperaría que la población crezca hasta 9,8 millones de habitantes, lo que sugiere que las necesidades de agua para consumo doméstico o residencial deberán crecer, por lo menos, en las proporciones en que crecerá la población.

Tabla 3. Proyección de población de Bogotá 2015-2035

Año	Población total	Porcentaje de tasa de crecimiento promedio anual	Porcentaje del crecimiento total por intervalos
2015	7.878.783	2015/2020	2015/2020
2020	8.380.800	1,24	6,4
2035	9.853.667	2020/2035	2020/2035
		1,085	16,6

Fuente: elaboración propia.

A partir del consumo histórico estimado de agua por habitante en Bogotá y la proyección de población, se puede calcular el abastecimiento de agua potable que satisfaga las necesidades de la población de la ciudad en el futuro.

Considerando que las estimaciones de consumo per cápita de agua en Bogotá difieren entre varias fuentes de información; para los fines de proyección se tomaron los consumos residenciales estimados por la Empresa de Acueducto y

Alcantarillado de Bogotá (EAAB, 2014), los cuales indican que el promedio de consumo por estrato difiere sensiblemente, como se muestra en la tabla 4.

108

Tabla 4. Consumo per cápita anual de agua residencial por estratos (en metros cúbicos)

Consumo/ persona en metros cúbicos	Sin estrato	Bajo bajo	Bajo	Medio bajo	Medio medio	Medio alto	Alto
Por año	20,4	20,4	21,8	25,1	38,9	53,1	80,7

Fuente: datos básicos de la EAAB.

Para la proyección de consumo de agua en Bogotá se estimó e incluyó el consumo de agua no residencial, que comprende los establecimientos industriales, comerciales, oficiales y especiales. La metodología usada se basó en la proporción de uso total de agua en la ciudad que históricamente ha utilizado el grupo de consumidores no residenciales, ajustada por una tasa de crecimiento anual de 0,5%. La agregación del consumo proyectado de agua para consumo residencial y no residencial para Bogotá se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Proyección de consumo anual de agua en Bogotá para uso residencial y no residencial (en millones de metros cúbicos)

Años	2015	2020	2025	2030	2035	Variación 2015/35 (%)
Consumo residencial	209,9	223,2	236,5	249,5	262,5	25,0
Consumo no residencial	59,2	70,1	81,8	94,4	107,7	81,9
Total consumo proyectado	269,1	293,3	318,3	343,9	370,2	37,6

Fuente: cálculos del autor con base en proyecciones de población del DANE y datos de consumo de agua de la EAAB.

Los resultados de la proyección de consumo de agua para la ciudad muestran que durante los próximos veinte años el consumo total crecería en 37,6% con respecto al consumo de 2015. Del volumen total de consumo previsto para 2035,

la mayor parte será de carácter residencial con un 71 % del total. El resto (29 %) correspondería a consumo de los sectores productivos urbanos.

Como una referencia se menciona que la ONU pronosticó para 2030, un aumento en el mundo de la demanda de energía del 50 %, de agua del 40 % y de alimentos del 35 % (ONU-DAES, 2015), estimación que se acerca bastante a lo que se calcula aquí para Bogotá en el tema de necesidades de agua hacia el futuro.

Aprovechamiento del agua lluvia: opción para el ahorro

La situación de alarma por las expectativas de disponibilidad de agua en el futuro, como se aprecia en los pronunciamientos de las autoridades y en noticias que aparecen a diario, no solo competen a Colombia y Bogotá en particular, sino que también es un llamado de atención para todo el mundo. De ahí que se requiera buscar soluciones efectivas que alivien la situación de déficit en la disponibilidad del agua para satisfacer las necesidades de la población actual y futura.

En esta sección se trata de destacar la importancia del aprovechamiento del agua proveniente de la lluvia para uso de la población residencial y las actividades económicas de Bogotá desde el punto de vista del ahorro monetario que ello representaría. Con este fin se adelantó el ejercicio de calcular el valor ahorrado para los usuarios del servicio de acueducto en Bogotá si se utilizara el método de “cosecha de agua lluvia” para consumo doméstico y para consumo en actividades productivas.

Existen dos sistemas en la práctica que eventualmente cumplen con funciones de aprovechamiento no convencional de aguas. Uno es el de “cosechando aguas de lluvia” o *harvesting rainwater*, que consiste básicamente en recoger aguas pluviales que se reciben en el techo de la vivienda, y se conducen a un reservorio para ser utilizadas con fines diversos en el hogar como lavar la ropa, evacuar el sanitario o asear la vivienda, que igualmente se puede implementar en establecimientos no residenciales. El otro sistema consiste en reutilizar las aguas servidas en el hogar llamadas aguas grises, para fines muy específicos como regar el jardín, evacuar el sanitario o lavar el carro. Para tener una idea de la magnitud del ahorro potencial de agua por el método de “cosechando aguas de lluvia”, se tienen estimaciones en el caso de Estados Unidos del orden de entre el 40 y el 50 % (Fergusson, 2014).

Para las estimaciones que se hacen aquí supondremos un porcentaje hipotético de ahorro de agua a través del uso de agua lluvia y aguas grises en viviendas y en establecimientos de actividades productivas; también se establecerán otros parámetros de referencia como es el porcentaje de usuarios que podrían utilizar el sistema de cosecha de lluvia en la ciudad.

De acuerdo con el censo inmobiliario de 2015, realizado por Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (2015), Bogotá cuenta con un total de 1.996.563 viviendas de las cuales corresponden 108.099 (5,4 %) a estrato 1; 525.362 (26,3 %) a estrato 2; 635.237 (31,8 %) a estrato 3; 433.595 (21,7 %) a estrato 4; 155.486 (7,8 %) a estrato 5 y 138.784 (7 %) a estrato 6. La composición de predios con uso residencial y no residencial es aproximadamente del 40 % de casas, equivalente a

"Las viviendas con mayor probabilidad de utilizar sistemas de recolección de agua lluvia para su uso doméstico son las casas y los establecimientos de uso no residencial, considerando que las viviendas en propiedad horizontal ofrecen menos facilidades para tal fin".

918.446 viviendas, y el restante 60 %, a apartamentos, oficinas y otros. Descontando las oficinas y otros, la composición de vivienda sería del 46 % en casas y del 54 % en viviendas de propiedad horizontal. El número de predios destinados a uso de carácter industrial, comercio y otras actividades productivas no residencial es de 299.590. Las viviendas con mayor probabilidad de utilizar sistemas de recolección de agua lluvia para su uso doméstico son las casas y los establecimientos de uso no residencial, considerando que las viviendas en propiedad horizontal ofrecen menos facilidades para tal fin.

Para los cálculos de ahorro de consumo de agua y los costos respectivos, se asume que el universo de viviendas que adoptarían sistemas para aprovechamiento de agua lluvia son las casas y se distribuyen por estratos de la misma manera que la totalidad de las viviendas en la ciudad.

En la tabla 6 se presenta el ahorro que se obtendría en consumo de agua y el costo que ahorrarían los hogares y los establecimientos de uso no residencial en las veinte localidades que conforman la zona urbana de Bogotá, si se sustituye el agua del servicio de acueducto por agua lluvia o aguas grises en un 10 % del consumo promedio actual, en el 10 % de las viviendas tipo casa y el 10 % de los establecimientos no residenciales.

Tabla 6. Ahorros anuales en agua y costos en servicio de acueducto en Bogotá

Actividad de usuarios	2015	2020	2025	2030	2035	Acumulado 2015/2035
Ahorro de agua del 10% (m ³)						
Residencial	965.414	1.026.928	1.087.737	1.147.814	1.207.403	22.833.271
No residencial	591.948	701.219	818.531	943.715	1.076.837	17.312.112
Total	1.557.362	1.728.147	1.906.268	2.091.529	2.284.240	40.145.383
Valor ahorrado con 10 % de ahorro de agua, 2015 (millones de pesos)						
Residencial	4705	5004	5301	5593	5884	111.277
No residencial	2264	2683	3131	3610	4120	66.239
Total	6969	7687	8432	9203	10.004	177.516

Fuente: cálculos del autor con base en cifras de población del DANE y del censo inmobiliario 2015 de Bogotá realizado por Catastro Distrital (UAECD).

La tabla 6 muestra que el ahorro en servicio de acueducto sería creciente en el tiempo y que en solo un año, por ejemplo en 2015, se podría ahorrar la no despreciable suma de 1.557.362 metros cúbicos de agua, volumen que se incrementaría hacia 2035 hasta 2.284.240 metros cúbicos, debido al crecimiento poblacional y de la actividad productiva que se esperaría para esa fecha.

También se muestra lo que podrían ahorrar los usuarios del acueducto de Bogotá en costos de factura por este servicio a precios de 2015. Para este año se podría disminuir el costo de facturación en 6969 millones de pesos si solo el 10% de las casas y de locales de uso no residencial sustituyeran el 10% del agua proveniente del servicio de acueducto por “cosecha” de agua lluvia y aguas grises.

Los montos del ahorro en agua y en dinero para los usuarios son astronómicos al sumar el ahorro en consumo de agua del acueducto en las proporciones ya anotadas, en los veinte años de la proyección realizada (2015/2035). En agua se ahorrarían 40,1 millones de metros cúbicos y 177.516 millones de pesos a precios de 2015.

Por otra parte, es importante señalar que la política de ahorro de agua por medio del aprovechamiento del agua lluvia da lugar a beneficios sociales importantes, que no han sido objeto de estudio en este trabajo. Vale la pena mencionar como muy importante el efecto que tendría dicha política en la reducción de inversiones

futuras en infraestructura, por ejemplo, embalses y represas que se requerirán en la ampliación de la capacidad de abastecimiento de agua para la ciudad.

112

Conclusiones

En este trabajo se obtienen algunas conclusiones que resultan preocupantes para Bogotá y para el país en cuanto a las posibilidades de sostener el abastecimiento de agua a la ciudad en cantidades suficientes en el futuro. Las proyecciones de necesidades de abastecimiento de agua para la creciente población hasta 2035 indican que se requiere un aumento del 37,6% de la capacidad de abastecimiento para consumo de la población de las localidades que hoy componen la zona urbana de la ciudad.

Otra conclusión que se deriva del artículo es que sería muy benéfico para la ciudad, el país y los usuarios del servicio de acueducto de la ciudad la utilización de adaptaciones locativas para el aprovechamiento de agua lluvia y de aguas grises. Por lo demás, se debe tener en cuenta que las estimaciones que se presentan aquí son conservadoras en cuanto a los supuestos de agua ahorrada por vivienda o establecimiento no residencial, cuando una magnitud más cercana a las posibilidades reales serían ahorros de dos a tres veces más de los estimados en este artículo.

Por otra parte, se obtuvieron estimaciones de ahorro de agua y de costos en el servicio de acueducto, bajo el supuesto de difundir el uso de instalaciones aptas para el aprovechamiento de agua lluvia en casas y establecimientos no residenciales, las cuales arrojan montos sustanciales en unas y otros. Se calcula que si se llega a sustituir por agua lluvia un 10% del agua provista por el acueducto de la ciudad en el 10% de casas y establecimientos no residenciales existentes en 2015, se podrían ahorrar en un año 1,5 millones de metros cúbicos de agua por un valor aproximado de 6969 millones de pesos, cifras que crecerían a tasas relativamente altas si se aplicaran políticas de desarrollo urbano para estimular el aprovechamiento del agua lluvia.

Referencias

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2005). *Proyecciones de población según localidad, 2006-2015*. Bogotá: Autor.

El 74% de Bogotá es estrato uno, dos y tres. Redacción Bogotá (3 de noviembre de 2013). *El Tiempo*.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) (2014). Base de datos. Bogotá: Autor.

Fergusson, D. (2014). Rainwater harvesting: using the weather to pay yours bills. *The Guardian*, recuperado de <http://www.theguardian.com/lifeandstyle/2014/jul/22/rainwater-harvesting-using-the-weather-to-pay-your-bills>.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y Ministerio de Ambiente (2010). *Estudio nacional del agua*. Bogotá: IDEAM y Ministerio de Ambiente.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y Ministerio de Ambiente (2014). *Estudio nacional del agua*. Bogotá: IDEAM y Ministerio de Ambiente.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2015). Decenio internacional para la acción. El agua, fuente de vida, 2005-2015. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Recuperado de <http://waterforlifeconf2015.org/eng/>.

Sandoval, G. (2015). Entorno territorial y expectativas del agua para Bogotá. *Revista de Investigación*, 8(2).

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD). (2015). *Resultados del censo inmobiliario de 2015*. Bogotá: Autor. Recuperado de <http://issuu.com/catastrobogota>.