

REVISIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA EN ZONAS URBANAS Y RURALES

Luisa Martínez Acosta^{1,2}, Alvaro López-Lambraño^{2,3} y Alvaro López-Ramos¹

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana, campus Montería, Colombia.

²Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, unidad Ensenada, B.C., México

³HIDRUS S.A. de C.V. Querétaro, México.

E-mail: alopezl@hotmail.com, ingluisamartinez@gmail.com, altoti@gmail.com

Introducción

La preocupación por la disponibilidad del agua, debido al aumento de la demanda por parte de la población y la problemática se ha acentuado con la presencia del cambio climático. Es por esto que hoy día en ciudades importantes se habla de problemas de suministro del agua como es el caso de Ciudad del Cabo, donde se está acercando el día cero, en el cual el abastecimiento del agua se verá comprometido y estará regulada la cantidad que cada persona puede gastar (Olivier, 2018).

Lo anterior ocurre en zonas urbanas y rurales de climas áridos, semi áridos, tropicales, mediterráneos, llevando a los entes gubernamentales e investigadores a pensar en soluciones usadas ancestralmente, en las cuales la recolección del agua lluvia para usos agropecuarios y domésticos preponderaba (de Winnaar, Jewitt, & Horan, 2007; Domènech & Saurí, 2011). Estas soluciones se contemplan desde diversas perspectivas, teniendo en cuenta el uso que se le vaya a dar al recurso y la zona climatológica en la cual se encuentre localizada el área de estudio. Por lo tanto, el objetivo del presente artículo es desarrollar una revisión bibliográfica que permita establecer las metodologías y los tipos de recolección de agua lluvia utilizados teniendo en cuenta las zonas climatológicas y los usos a los cuales se destinará el recurso hídrico.

Metodología

Las metodologías utilizadas en cosecha de agua tienen una base fundamental y es el balance hídrico con el cual se determina la cantidad de agua disponible y requerida para satisfacer una necesidad determinada. Dichos balances se realizan a nivel de cuenca hidrográfica para calcular la cantidad de almacenamiento requerido, teniendo en cuenta los usos a los que se va a destinar el recurso hídrico. El modelo general de la ecuación de balance hídrico se muestra a continuación.

$$P \pm E \pm R \pm I/D \pm \Delta S = 0 \quad [1]$$

Donde P es la precipitación, E evaporación, R escorrentía, I/D infiltración o drenaje profundo y ΔS almacenamiento.

De la ecuación [1] se deduce que la entrada principal es la precipitación, dándole importancia a la cantidad y distribución. Es importante que los datos de las series de tiempo de esta variable sean obtenidos de las entidades encargadas de administrar las estaciones meteorológicas para garantizar su confiabilidad.

Para obtener la escorrentía R se debe calcular el coeficiente de escorrentía, el cual va a depender de la cobertura del suelo, como es vegetación, uso del suelo, entre otros, en el caso del análisis en zonas rurales y el tipo de techo utilizado cuando se trata de recolección de agua en zonas urbanas (Mwenge Kahinda, Taigbenu, & Boroto, 2010). El análisis del uso del suelo se puede realizar mediante el uso de imágenes satelitales,

mapas de zonificación locales y fotografías aéreas (Mekonnen & Melesse, 2016; Mwenge Kahinda, Lillie, Taigbenu, Taute, & Boroto, 2008).

Cuando se busca definir un sistema de recolección de agua lluvia en zonas rurales y urbanas, se usan los sistemas de información geográfica (SIG), con los cuales se establecen las áreas idóneas para ubicar los sitios óptimos donde se pueden construir la infraestructura para el almacenamiento del agua como lo son represas, micro presas, entre otros. La importancia de usar SIG consiste en que es una herramienta que permite evaluar las condiciones topográficas y características del suelo para determinar la capacidad de escorrentía en una cuenca (Bulcock & Jewitt, 2013; de Winnaar et al., 2007).

Una vez localizadas las zonas idóneas para almacenamiento, otro aspecto a tener en cuenta son los costos asociados a la construcción de la infraestructura, convirtiéndose en una preocupación la obtención de recursos económicos. En algunos países de África existen modelos gubernamentales que involucran subsidios para la adopción de sistemas de recolección de agua lluvia (Appan, 2000; Domènech & Saurí, 2011; Karpouzoglou & Barron, 2014). Igualmente, al iniciar un proceso de adopción de cosecha de agua es importante involucrar a las comunidades afectadas para evitar el fracaso de este tipo de proyectos (Grum et al., 2016).

Resultados

Las metodologías utilizadas normalmente en los sistemas de recolección de agua lluvia, se basan en los SIG con diferentes enfoques teniendo en cuenta la información requerida en la búsqueda de determinar el tipo de cosecha de agua a utilizar o el lugar más idóneo para ubicar las estructuras de recolección (Adham, Wesseling, Riksen, Ouessar, & Ritsema, 2016; de Winnaar et al., 2007; Sayl, Muhammad, Yaseen, & El-shafie, 2016).

Tabla 1.- Ventajas y desventajas de las metodologías.

Metodología	Ventajas	Desventajas
Enfoque participativo para la selección de cosecha de agua en zonas semiáridas	Se usa una puntuación de idoneidad basada en atributos de mapas temáticos elaborados en un SIG y se superpone con las cosechas de agua propuestas para luego hacer una evaluación multicriterio. La selección final se realiza con las partes interesadas (Grum et al., 2016).	Cuando se usan partes interesadas, la elección de las herramientas de análisis para la situación que se presenta en cuanto a la selección de la cosecha de agua adecuada se convierte en un desafío y no debe ser compleja en tiempo, costos y cantidad de datos necesarios (Schwilch, Bachmann, & de Graaff, 2012)

Metodología	Ventajas	Desventajas
Uso del SIG para reflejar la extensión espacial de la escorrentía y priorizar sitios para la recolección de escorrentía	Mediante el uso de esta metodología se reducen las áreas de la cuenca a zonas específicas donde se pueden ubicar las estructuras para la recolección de agua lluvia (de Winnaar et al., 2007).	Sólo se usa para pequeños embalses que se usen para almacenar la escorrentía y por lo tanto huertos a pequeña escala, por lo tanto es poco probable su uso para áreas grandes de recolección de escorrentía (de Winnaar et al., 2007).
Proceso de jerarquía analítica respaldado por SIG como herramienta de evaluación y soporte de decisiones teniendo en cuenta criterios de ingeniería, biofísicos y socioeconómicos	Es una metodología aplicable a sistemas de recolección de agua lluvia existentes o a construir. En los existentes proporciona información adecuada acerca de la eficiencia de las estructuras de recolección y en los proyectados, localiza el sitio más adecuado para su construcción.	Debido a que se deben hacer reuniones con partes interesadas, tiene el mismo inconveniente de la metodología presentada por Grum et al. (2016).

Karpouzoglou, T. and Barron, J. (2014). "A global and regional perspective of rainwater harvesting in sub-Saharan Africa's rainfed farming systems". *Physics and Chemistry of the Earth*, 72, 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.09.009>

Mekonnen, M. and Melesse, A. M. (2016). "Spatial runoff estimation and mapping of potential water harvesting sites: A GIS and remote sensing perspective, Northwest Ethiopia". In *Landscape Dynamics, Soils and Hydrological Processes in Varied Climates* (pp. 565–584). Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18787-7>

Mwenge Kahinda, J. marc, Lillie, E. S. B., Taigbenu, A. E., Taute, M. and Boroto, R. J. (2008). "Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33(8–13), 788–799. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.06.047>

Mwenge Kahinda, J., Taigbenu, A. E., & Boroto, R. J. (2010). "Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa". *Physics and Chemistry of the Earth*, No. 35 July 2010, pp. 742–751. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.07.004>

Olivier, D. (2018). "Cape Town water crisis: 7 myths that must be bust". *SABI Magazine-Tydskrif*, Vol. 10, No. 2, pp. 26–27.

Sayl, K. N., Muhammad, N. S., Yaseen, Z. M., & El-shafie, A. (2016). "Estimation the Physical Variables of Rainwater Harvesting System Using Integrated GIS-Based Remote Sensing Approach". *Water Resources Management*, Vol. 30, No. 9, May 2016, pp. 3299–3313. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1350-6>

Schwilch, G., Bachmann, F., & de Graaff, J. (2012). "Decision support for selecting SLM technologies with stakeholders". *Applied Geography*, No. 34, pp. 86–98. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.11.002>

Conclusiones

Con las posibles consecuencias que el cambio climático generará en un futuro y que actualmente ya se están evidenciando, se hace necesario e importante definir un sistema de recolección de aguas lluvias que mitiguen la escasez o abundancia del recurso, dependiendo de la zona de estudio y del uso que se le piensa dar al recurso hídrico.

Referencias

Adham, A., Wesseling, J. G., Riksen, M., Ouassar, M., and Ritsema, C. J. (2016). "A water harvesting model for optimizing rainwater harvesting in the wadi Oum Zessar watershed, Tunisia". *Agricultural Water Management*, No. 176, June 2016, pp. 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.06.003>

Appan, A. (2000). "A dual-mode system for harnessing roofwater for non-potable uses". *Urban Water*, No. 1, June 2000, pp. 317–321. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00025-X)

Bulcock, L. M., and Jewitt, G. P. W. (2013). "Key physical characteristics used to assess water harvesting suitability". *Physics and Chemistry of the Earth*, No. 66, September 2013, pp. 89–100. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2013.09.005>

de Winnaar, G., Jewitt, G. P. W., and Horan, M. (2007). "A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa". *Physics and Chemistry of the Earth*, No. 32 August 2007, pp. 1058–1067. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.009>

Domènech, L., and Saurí, D. (2011). "A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): Social experience, drinking water savings and economic costs". *Journal of Cleaner Production*, No. 19, November 2010, pp. 598–608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.010>

Grum, B., Hessel, R., Kessler, A., Woldearegay, K., Yazew, E., Ritsema, C., and Geissen, V. (2016). "A decision support approach for the selection and implementation of water harvesting techniques in arid and semi-arid regions". *Agricultural Water Management*, No. 173, Mayo, 2016, pp. 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.018>