



*Autor:*  
Adrián Pedrozo Acuña  
*Fecha de publicación:*  
09 de octubre de 2022

## Huella hídrica: indicador clave para la planeación prospectiva del agua

No podemos olvidar que las inversiones de hoy en la producción de bienes industriales o agrícolas tendrán ramificaciones respecto al uso y contaminación del agua en el futuro.



*Los cambios temporales y espaciales en las variables climáticas, como la precipitación o la temperatura, controlan el dinamismo del ciclo hidrológico y, por tanto, la cantidad de agua presente en una cuenca dada.*

De la misma forma, la variabilidad en la demanda de agua por parte de los diferentes sectores está determinada por las actividades económicas que confluyen en la misma cuenca, y cuyas necesidades hídricas son cubiertas a través de concesiones definidas por los diferentes usos de agua (p. ej. agrícola, industrial, público-urbano, servicios, etc.).

Por esta razón, los cambios regionales en la hidroclimatología, la población y la vocación económica de cuencas y acuíferos pueden dar como resultado el incremento en la competencia por el agua entre diferentes sectores de la sociedad e incluso entre regiones (p. ej. estados) que comparten un río (Devineni et al., 2015; Wada et al., 2011). En este sentido, hoy, más que nunca, es necesaria una gestión del agua territorial informada y consciente, que tome en cuenta la posibilidad de detonar crisis hídricas regionales como resultado de malas decisiones al no considerar esta alta variabilidad en el clima y en las condiciones del territorio. Solo así avanzaremos en la erradicación de conflictos entre usuarios agrícolas del agua (p. ej. distritos de riego, ganaderos y acuacultores) y el llamado consumo humano, cuyos usos se agrupan en público-urbano, industrial y aquellos no consuntivos, como la generación de



electricidad (Veetil y Mishra, 2016, 2018). Ya desde hace algunos años se acepta que uno de los conceptos más importantes para determinar de una forma más precisa la escasez del agua en una región dada es el de huella hídrica (Hoekstra et al., 2012; Marston et al., 2018; Veetil y Mishra, 2016).

A pesar de que existen diversos estudios que nos informan ya sobre la disponibilidad de la huella hídrica azul y verde para diferentes regiones del mundo (Hoekstra y Mekonnen, 2011; Hoekstra y Mekonnen, 2012), son pocos los esfuerzos que relacionan la huella hídrica con el concepto de escasez, con lo que en general este último ha sido poco explorado en evaluaciones que permitan tomar mejores decisiones en el territorio, de tal manera que se asegure el buen funcionamiento de la sociedad (Vanham et al., 2018; Schyns et al., 2019).

Existen, sin embargo, tres indicadores derivados del concepto de huella hídrica que permiten medir la escasez de agua en una región dada: escasez hídrica azul, escasez hídrica verde y el índice de Falkenmark. Contar con indicadores que nos permitan relacionar la variación en disponibilidad de agua con los usos presentes en el territorio, así como las necesidades ambientales y humanas, es de gran importancia para avanzar hacia una planeación estratégica del agua y de las actividades económicas que se permiten en el territorio. Solo así es posible mantener la salud ambiental, humana y económica de regiones productivas cuya actividad depende del agua (Grey y Sandoff, 2007).

El agua verde (o almacenamiento) se refiere al agua contenida en la zona vadosa, por lo general en los primeros metros del suelo, que resulta de la precipitación y se encuentra disponible para el aprovechamiento de las raíces de plantas y cultivos, así como la biota del suelo (Rockström et al., 2009; Rodrigues et al., 2014). De esta forma, la huella hídrica verde nos señala el uso consuntivo de agua de la agricultura de temporal y los bosques a través de la evapotranspiración. Por tanto, es posible estimar la escasez de agua verde para un campo de temporal en un periodo dado, como la relación entre la huella hídrica verde y el almacenamiento de agua verde, a saber:

$$\text{Escasez de } HH_{\text{verde}} = \frac{\text{Huella Hídrica Verde}}{\text{Almacenamiento de agua verde}}$$

Por otro lado, se define al agua azul como el agua almacenada en la superficie de la Tierra (ríos y lagos) y en los sistemas subterráneos (acuíferos) que puede ser utilizada para diferentes propósitos. Asimismo, la huella hídrica azul se refiere al consumo humano de agua necesario para la producción de bienes o servicios (p. ej. uso industrial o uso agrícola). De esta manera, la disponibilidad de agua azul se estima en función de la diferencia entre los escurrimientos y las necesidades ambientales, como el caudal ecológico. Como regla general, diversos investigadores han propuesto que se acepte que solo el 20 % de los flujos de los ríos sea definido como disponibilidad de agua para la apropiación de los diferentes usos (Richter et al., 2012). Sin embargo, sabemos que en muchos países los dictámenes de disponibilidad oficiales no hacen esta consideración y ponen como disponibilidad la totalidad del escurrimiento estimado. La escasez de agua azul para una región dada en un periodo está dada por la relación entre la huella hídrica azul y la disponibilidad de agua azul, a saber:

$$\text{Escasez de } HH_{\text{azul}} = \frac{\text{Huella Hídrica Azul}}{\text{Disponibilidad de agua azul}}$$



Naturalmente, es posible determinar la huella hídrica azul por producto a partir de la identificación de los bienes industriales (p. ej. cervezas, textiles, autopartes) o agrícolas (p. ej. aguacate, limón, cebada, algodón, nuez, maíz, ganado, cerdos, etc.) que se producen en el territorio. Por otro lado, Falkenmark (1989) propuso el índice FLK, que define su estrés hídrico mediante la relación entre la disponibilidad de agua azul y la población de una región:

$$FLK = \frac{\text{Disponibilidad de agua azul}}{\text{Población}}$$

Estos tres indicadores representan algunas de las métricas más novedosas e importantes para generar información regional que nos permiten caminar hacia el aseguramiento de que el agua sea el motor de desarrollo económico y social que todos queremos. Más aún, ante las condiciones de crisis que se avizoran en el horizonte por el acoplamiento de cambios drásticos en el clima y una creciente demanda de agua por parte de la población y las actividades económicas, es vital comenzar con el análisis regional de estos indicadores, focalizándolo en función de las industrias y cultivos predominantes en lo local (cuenca o acuífero). De hecho, este tipo de parámetros están en sintonía con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, que ya recomiendan el empleo de evaluaciones de estrés hídrico local (Vanham, et al., 2018). Por ejemplo, los ODS sugieren que a nivel cuenca se use el parámetro de caudal ecológico, a fin de que se mantenga la salud ambiental de los sistemas ribereños. La implementación de este tipo de métricas a una escala espacial adecuada (cuenca y acuífero) permitirá la definición de umbrales de apropiación de agua adecuados para todos los usuarios (industriales y agrícolas), de tal manera que sea posible avanzar hacia la sustentabilidad hídrica del territorio y no se continúe en la ruta de la sobreexplotación del medio ambiente. Además, este tipo de estimaciones nos permitirá identificar, a escala subnacional, las regiones críticas donde la escasez hídrica puede detonar conflictos sociales, de tal suerte que mejores decisiones nos permitan evitarlos. Los indicadores aquí presentados representan un punto de partida hacia la integración de parámetros que incorporan la dimensión de la demanda de agua en las diferentes formas de consumo (p. ej. humano, industrial y agrícola) con los requerimientos ambientales para el sustento de la vida y la generación de un medio ambiente sano.

De forma paralela y complementaria, diversos investigadores señalan la urgente necesidad de que las grandes empresas transnacionales justifiquen sus inversiones utilizando un lente de sustentabilidad hídrica (Hogeboom et al., 2018); esto es, a través del empleo de criterios o indicadores que garanticen el uso justo y eficiente del agua. Sugieren, entre otras cosas, garantizar lo siguiente: a) la sustentabilidad ambiental del proyecto, el cual se define a través de la cuantificación de la huella hídrica de su producto por cuenca; b) la equidad social, estableciendo la distribución equitativa de la huella hídrica azul por comunidad; y c) la eficiencia, definiendo la huella hídrica comparativa por producto de tal manera que nos permita asegurarnos del buen uso del agua en el territorio.

No podemos olvidar que las inversiones de hoy en la producción de bienes industriales o agrícolas tendrán ramificaciones respecto al uso y contaminación del agua en el futuro. La falta de evolución de los inversionistas de un modelo de business as usual, hacia un modelo más sustentable de prácticas hídricas, implica que el agua seguirá siendo agotada y contaminada. Mientras permitamos que continúe esta falta de consideración hacia una distribución más equitativa del agua entre usuarios, la probabilidad de generar conflictos sociales se incrementa considerablemente. Esto por sí solo es un motivo más que evidente para atender el problema y generar la información científica y los indicadores que nos permitan generar una visión prospectiva del territorio y, con ello, estrategias más



sostenibles para el uso del agua, de tal suerte que las inversiones extranjeras, además de detonar empleos y desarrollo económico, aporten medidas y modelos de negocios que permitan salvaguardar este derecho humano y nuestro medio ambiente.

## Referencias

- Deveneni, N., Lall, U., Etienne, E., Shi, D., & Xi, C. (2015). America's water risk: Current demand and climate variability. *Geophysical Research Letters*, 42, 2285– 2293. <https://doi.org/10.1002/2015GL063487>
- Falkenmark, M. (1989). The massive water scarcity now threatening Africa: Why isn't it being addressed? *Ambio*, 112-118.
- Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007). Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9(6), 545– 571.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2011). Global water scarcity: Monthly blue water footprint compared to blue water availability for the World's Major River basins, value of water research report series no.53. UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(9), 3232– 3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., Chapagain, A. K., Mathews, R. E., & Richter, B. D. (2012). Global monthly water scarcity: Blue water footprints versus blue water availability. *PLoS ONE*, 7(2), e32688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032688>
- Hogeboom et al. 2018. Water sustainability of investors: Development and application of an assessment framework. *Journal of the cleaner production*.
- Lambooy, 2011. Corporate social responsibility: sustainable water use. *Journal of Cleaner Production*.
- Marston, L., Ao, Y., Konar, M., Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2018). High-resolution water footprints of production of the United States. *Water Resources Research*, 54. <https://doi.org/10.1002/2017WR021923>, 2288– 2316.
- Richter, B. D., Davis, M., Apse, C., & Konrad, C. (2012). A presumptive standard for environmental flow protection. *River Research and Applications*, 28, 1312– 1321.
- Rodrigues, D. B., Gupta, H. V., & Mendiondo, E. M. (2014). A blue/green water-based accounting framework for assessment of water security. *Water Resources Research*, 50, 7187– 7205. <https://doi.org/10.1002/2013WR014274>
- Rockström, J., Falkenmark, M., Karlberg, L., Hoff, H., Rost, S., & Gerten, D. (2009). Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resources Research*, 45, W00A12. <https://doi.org/10.1029/2007WR006767>
- Schyns, J. F., Hoekstra, A. Y., Booij, M. J., Hogeboom, R. J., & Mekonnen, M. M. (2019). Limits to the world's green water resources for food, feed, fiber, timber, and bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, 4893– 4898. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817380116>
- Vanham, D., Hoekstra, A. Y., Wada, Y., Bouraoui, F., de Roo, A., Mekonnen, M. M., van de Bund, W. J., Batelaan, O., Pavelic, P., Bastiaanssen, W. G. M., Kummu, M., Rockström, J., Liu, J., Bisselink, B., Ronco, P., Pistocchi, A., & Bidoglio, G. (2018). Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: an evaluation of indicator 6.4. 2 “level of water stress”. *Science of the Total Environment*, 613, 218– 232.
- Veetil, A. V., & Mishra, A. K. (2016). Water security assessment using blue and green water footprint concepts. *Journal of Hydrology*, 542, 589– 602.



Veettil, A. V., & Mishra, A. K. (2018). Potential influence of climate and anthropogenic variables on water security using blue and green water scarcity, Falkenmark index, and freshwater provision indicator. *Journal of Environmental Management*, 228, 346- 362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.012>

Wada, Y., Van Beek, L., Viviroli, D., Dürr, H. H., Weingartner, R., & Bierkens, M. F. (2011). Global monthly water stress: 2. Water demand and severity of water stress. *Water Resources Research*, 47, W07518. <https://doi.org/10.1029/2010WR009792>