



# Gestión de sequías: tiempo de llamar a la Hidrología

**Autor:**  
Adrián Pedrozo Acuña.  
**Fecha de publicación:**  
13 de junio de 2021

La sequía hidrológica representa un fenómeno muy complejo que integra muchas características de las cuencas



*En todo el planeta es generalmente aceptado que la sequía constituye una de las amenazas naturales relacionadas con el clima que más costos imponen a las sociedades.*

En 2015, por ejemplo, la parte central de Europa sufrió el embate de una sequía de larga duración que impuso las condiciones más secas en el Norte de Eslovaquia, Polonia y la República Checa. En ese año se presentó el segundo verano más caliente de los últimos 50 años, posterior a aquél que se vivió durante el año 2003.

En México, los medios de información han estado reportando desde hace algunos meses condiciones de sequía en el territorio nacional, con particular afectación en la operación del sistema Cutzamala, que provee de agua potable a la Ciudad de México. En ambos casos, las preguntas clave que quedan en el ánimo de cualquier persona son: ¿Qué tan extremos son realmente estos eventos?, no solamente en términos de sus características hidrometeorológicas, sino también de sus impactos, y ¿qué se hace frente a los impactos que nos impone su presencia?

Las sequías constituyen un fenómeno natural que se analiza desde una perspectiva climática (p. ej. [Herring et al., 2015](#)), cuya severidad se define en función de la fuerza de la anomalía en las condiciones meteorológicas (temperatura del mar, altura geopotencial, precipitación y temperatura ambiente).



La normalización de anomalías de variables climáticas, como la que se lleva a cabo en el cálculo del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (McKee et al., 1993) o el más reciente Índice Estandarizado de Evapotranspiración (SPEI, por sus siglas en inglés) (Vicente-Serrano et al., 2010) representan las herramientas más comunes para la caracterización de este fenómeno. A pesar de su utilidad y aplicabilidad a lo largo de diferentes regímenes hidrológicos, existe una creciente necesidad de monitorear sistemáticamente los impactos que estos eventos hidrometeorológicos extremos generan sobre diferentes actividades humanas (Stahl et al., 2016). Muchos de estos impactos (p. ej. en la producción de cultivos, en los ecosistemas acuáticos, en el abastecimiento de agua potable, en la producción de energía) están más asociados con la hidrología que con la variación del clima. Diversos estudios llevados a cabo desde una perspectiva hidrológica muestran, por ejemplo, que la sequía en el caudal de los ríos (sequía hidrológica) no se presenta simultáneamente con la sequía meteorológica (detectada por medio del déficit de lluvia Hannaford, 2011; Van Loon y Van Lanen, 2012; Dijk et al., 2013).

La sequía hidrológica representa un fenómeno muy complejo que integra muchas características de las cuencas, como son la cobertura de suelo, la topografía, la geología y la red de flujo que da lugar al río (Stoelze et al., 2014). Por ejemplo, algunas sequías meteorológicas (detectadas por la falta de lluvia) pueden no manifestarse en una sequía hidrológica en el caudal de los ríos, mientras que varias sequías meteorológicas que se presenten secuencialmente en el tiempo tienen la posibilidad de fusionarse y generar, con cierta posterioridad, una sequía hidrológica de largo plazo. En la mayoría de los casos, hemos visto que la sequía hidrológica es de menor intensidad que la sequía meteorológica que la origina. Adicionalmente, los administradores del agua generalmente toman acciones en función de los impactos (pronosticados), como son el almacenamiento de agua en presas, los volúmenes de extracciones de acuíferos, o las transferencias de agua entre cuencas; en todas estas actividades la Hidrología desempeña un papel fundamental.

La sequía se origina como una anomalía en la meteorología local (es decir, como un déficit en la cantidad de lluvia dentro de un periodo de tiempo dado) y se manifiesta como un efecto en cascada que da lugar a deficiencia en la humedad del suelo y, posteriormente, a una reducción en el caudal de los ríos (sequía hidrológica). Una adecuada gestión de esta amenaza requiere la comprensión de la propagación del fenómeno a lo largo de todo el ciclo hidrológico, desde su generación en las nubes hasta su manifestación evidente en los ríos, presas y acuíferos, considerando los impactos socioeconómicos y ecosistémicos que resultan de una falta de agua. Una caracterización de la sequía como esta pasa necesariamente por la acción multidisciplinaria de especialistas en Climatología e Hidrología.

En la mayoría de los eventos de sequía, los impactos asociados están conectados con el déficit de humedad en el suelo (p. ej. baja producción agrícola e incendios forestales) y con la sequía hidrológica (menor abastecimiento de agua potable, de energía, de agua para recreación, mala calidad del agua) más que con el déficit de lluvia o sequía meteorológica.

Esto implica que debemos utilizar el conocimiento relativo a la Hidrología; es decir, a la propagación del fenómeno desde que nace como falta de lluvia en la atmósfera y que se traduce a déficit de agua en los suelos y ríos. Esto incluye el papel que desempeñan las condiciones de almacenamiento antecedentes al fenómeno en la generación de impactos más o menos graves. Por lo general, los administradores de agua toman medidas relativas a modificación de volúmenes de agua utilizada para riego de cultivos, para extracción de agua de acuíferos, para el uso de los almacenamientos o las transferencias de agua entre cuencas para mitigar los impactos. Sin embargo, todas estas medidas tienen el potencial de agravar los impactos, como se ha mostrado en Van Dijk et al., 2013 y Van Loon et al., 2016. El



agravamiento de los impactos típicamente involucra el uso de agua que puede estar reservada para el medio ambiente o el fomento de la sobreexplotación de los acuíferos, al permitir la extracción de más agua de la que naturalmente se recarga, llevándolos a una condición deficitaria muy grave (Castle et al., 2014; Panda y Wahr, 2015). Sin embargo, los reportes relativos al monitoreo de los niveles piezométricos de los acuíferos no siempre están disponibles, por lo que resulta muy complicado hacer una separación clara entre los efectos relativos a la presencia de una sequía natural y los que se derivan por una sobreexplotación de acuíferos (Van Loon y Van Lanen, 2013).

Por esta razón, necesitamos con urgencia construir una perspectiva hidrológica en términos del conocimiento y la gestión de los impactos de la sequía. En un contexto de poco personal y escasos recursos económicos, ¿cómo podemos avanzar en esta labor? Lo primero debería de ser garantizar la apertura de toda la información climática e hidrológica disponible (p. ej. lluvia, humedad del suelo, almacenamientos, piezometría). En todo el mundo, las observaciones de precipitación, caudal y temperatura están disponibles después de un año de haber sido medidas (ver, por ejemplo, Global Runoff Data Centre [www.bafg.de/GRDC/EN](http://www.bafg.de/GRDC/EN)) Esto obliga a los investigadores a utilizar modelos para sus estudios con la consecuente incertidumbre asociada. En México, un ejemplo de información climática en tiempo real y abierta es el del Observatorio Hidrológico del Instituto de Ingeniería de la UNAM ([www.oh-iiunam.mx](http://www.oh-iiunam.mx)) (Pedrozo-Acuña et al., 2017). No obstante, para la caracterización de la sequía nacional se requiere de los registros históricos de largo plazo que permitan registrar la firma estadística de las variables ambientales. Además, debemos generar un archivo histórico con los impactos de la sequía en los diferentes sectores económicos (p. ej. en la producción agrícola), de tal suerte que sea posible relacionar las condiciones de sequía con otras variables económicas de interés para la toma de decisiones. En segundo término, necesitamos un pronóstico que nos permita anticipar las condiciones de sequía en los caudales de ríos, en los almacenamientos y acuíferos, con una vista prospectiva de uno a tres meses (ver, por ejemplo, Prudhomme, 2015), con cierto grado de confiabilidad y con un rango de incertidumbre claramente definido por región geográfica. El monitoreo y pronóstico de la sequía son fundamentales para la definición de políticas públicas eficientes que hagan frente a este fenómeno. Por esta razón, ambas actividades requieren de capacidades tecnológicas nacionales que tengan su base en el método científico, para generar lineamientos objetivos con base en el mejor conocimiento disponible en el mundo. En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) estamos seguros de que parte importante de esas capacidades se encuentran al interior de las dependencias del sector ambiental relacionadas con el agua, como son el IMTA y la Conagua, pero es necesario reconocer que necesitamos alinear nuestros esfuerzos para que, con las capacidades instaladas, generemos los productos que respondan a las necesidades de nuestro país y de su gente.

La gestión adecuada y proactiva de la sequía requiere también de la acción concertada de la comunidad hidrológica y climática nacional e incluso regional. Esto requiere la generación de productos de monitoreo más amplios geográficamente, como el Monitor Mesoamericano de Sequía Tzolkin, cuyo motor de cálculo fue desarrollado originalmente en la UNAM (Real-Rangel et al., 2020) y expandido por el IMTA para reportar las condiciones de intensidad de sequía y su persistencia para todos los países ubicados en el territorio que va desde México hasta Colombia. Este esfuerzo se ubica bajo una filosofía de solidaridad, código gratuito y abierto, y tiene como propósito promover una cultura de solidaridad regional para compartir capacidades que nos permitan avanzar en la gestión y mitigación de los impactos de las sequías.



## Referencias

- Castle SL, Thomas BF, Reager JT, Rodell M, Swenson SC, Famiglietti JS. 2014. Groundwater depletion during drought threatens future water security of the Colorado River Basin. *Geophysical Research Letters* 41: 5904– 5911. DOI:10.1002/2014GL061055
- SC Herring, MP Hoerling, JP Kossin, TC Peterson, PA Stott (Eds). 2015. Explaining extreme events of 2014 from a climate perspective. *Bulletin American Meteorology Society* 96(12): S1– S172.
- Hao Z., AghaKouchak A. 2013 Multivariate standardized drought index: a parametric multi-index model. *Advances in Water Resources* 57, 12–18.
- McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CL 17–22 January 1993; 179– 183.
- Panda DK, Wahr J. 2015. Spatiotemporal evolution of water storage changes in India from the updated GRACE-derived gravity records. *Water Resources Research* 52. DOI:10.1002/2015WR017797.
- Pedrozo-Acuña, A., Magos-Hernández, J.A., Sánchez-Peralta, J.A., Amaro-Loza, A., Breña-Naranjo, J.A., 2017. Real-time and Discrete Precipitation Monitoring in Mexico City: Implementation and Application. *HydroSensoft 2017, International Symposium on Hydro-Environment Sensors and Software*, IAHR, Madrid, Spain.
- Prudhomme C. 2015. Operational seasonal hydrological forecasting in the UK. Presentation at the HEPEX workshop on seasonal hydrological forecasting, 21–23rd September 2015, Norrköping, Sweden ([http://hepex.irstea.fr/wp-content/uploads/2015/08/07\\_HydrologicalOutlookUK\\_21Sep2015.pdf](http://hepex.irstea.fr/wp-content/uploads/2015/08/07_HydrologicalOutlookUK_21Sep2015.pdf))
- Real-Rangel, R. A., Pedrozo-Acuña, A., Breña-Naranjo, J. A., & Alcocer-Yamanaka, V. H. (2020). A drought monitoring framework for data-scarce regions. *Journal of Hydroinformatics*, 22(1), 170–185.
- Stahl K, Kohn I, Blauhut V, Urquijo J, De Stefano L, Acacio V, Dias S, Stagge JH, Tallaksen LM, Kampragou E, Van Loon AF, Barker LJ, Melsen LA, Bifulco C, Musolino D, de Carli A, Massarutto A, Assimacopoulos D, Van Lanen HAJ. 2016. Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports. *Natural Hazards Earth System Sciences* 16: 801– 819. DOI:10.5194/nhess-16-801-2016
- Stoelzle M, Stahl K, Morhard A, Weiler M. 2014. Streamflow sensitivity to drought scenarios in catchments with different geology. *Geophysical Research Letters* 41: 6174– 6183. DOI:10.1002/2014GL061344.
- Hannaford J, Lloyd-Hughes B, Keef C, Parry S, Prudhomme C. 2011. Examining the large-scale spatial coherence of European drought using regional indicators of precipitation and streamflow deficit. *Hydrological Processes* 25: 1146– 1162. DOI:10.1002/hyp.7725.
- Van Dijk AIJM, Beck HE, Crosbie RS, De Jeu RAM, Liu YY, Podger GM, Timbal M, Viney NR. 2013. The Millennium Drought in southeast Australia (2001–2009): natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society. *Water Resources Research* 49: 1040– 1057. DOI:10.1002/wrcr.20123.
- Van Loon AF, Van Lanen HAJ. 2013. Making the distinction between water scarcity and drought using an observation-modeling framework. *Water Resources Research* 49: 1483– 1502. DOI:10.1002/wrcr.20147.
- Van Loon AF, Gleeson T, Clark J, Van Dijk AIJM, Stahl K, Hannaford J, Di Baldassarre G, Teuling AJ, Tallaksen LM, Uijlenhoet R, Hannah DM, Sheffield J, Svoboda M, Verbeiren B, Wagener T, Rangelcroft S, Wanders N, Van Lanen HAJ. 2016. Drought in the Anthropocene. *Nature Geoscience* 9: 89– 91. DOI:10.1038/ngeo2646.
- Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI. 2010. A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index–SPEI. *Journal of Climate* 23: 1696– 1718. DOI:10.1175/2009JCLI2909.1