

# Índices de sequía para monitorear el déficit hídrico en los caudales de las cuencas de Chile

- **Óscar M. Baez-Villanueva**, Hydro-Climate Extremes Lab (H-CEL), Ghent University, Ghent, Belgium
- **Mauricio Zambrano-Bigiarini**, investigador asociado CR2
- **Diego G. Miralles**, Hydro-Climate Extremes Lab (H-CEL), Ghent University, Ghent, Belgium
- **Hylke E. Beck**, Climate and Livability Initiative, Physical Sciences and Engineering, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia
- **Jonatan F. Siegmund**, Ernst & Young GmbH, Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Stuttgart, Germany
- **Camila Alvarez-Garretón**, investigadora CR2
- **Koen Verbist**, UNESCO International Hydrological Programme, Paris, France
- **René Garreaud**, subdirector CR2
- **Juan Pablo Boisier**, investigador CR2
- **Mauricio Galleguillos**, investigador asociado CR2

- Pese a que existen muchos índices de sequía, no todos presentan la misma utilidad para monitorear el agua que circula en los ríos del país.
- Un reciente trabajo recomienda utilizar índices de sequía que consideren las variables de precipitación y de evaporación.
- El régimen hidrológico de cada cuenca (pluvial, nival o mixto) es de suma importancia al momento de decidir qué índice se debe utilizar para monitorear la sequía.

Desde el año 2010 la zona central de Chile se encuentra en un periodo de megasequía, debido tanto a la variabilidad natural como al cambio climático antropogénico (CR2 2015; Garreaud 2017). Esta condición de menores precipitaciones junto a un mayor uso del agua, han generado un estrés hídrico alto o extremo en la mayoría de las cuencas entre los ríos Elqui y Rapel, lo que ha disminuido la disponibilidad de agua (Alvarez-Garretón et al., 2023).

Ante esto, es necesario contar con instrumentos que permitan monitorear la sequía que afecta a los ríos de Chile, y uno de estos es el uso de los denominados “índices de sequía”. Sin embargo, hoy en día existe una gran variedad de estos índices y no se ha alcanzado un consenso sobre cuáles son los más adecuados para monitorear la disponibilidad de agua en los ríos de las principales cuencas del país.

Un artículo científico [publicado en la revista \*Hydrology and Earth System Sciences\* \(Baez-Villanueva et al., 2023\)](#) intentó responder esta interrogante e identificar un índice de sequía que sea adecuado para monitorear la cantidad de agua que circula en los ríos de las principales cuencas de Chile, para así poder elaborar estrategias proactivas de mitigación y gestión que permitan reducir el impacto de la sequía en la población y los ecosistemas. Esto, considerando que el monitoreo se ve dificultado por la existencia relativamente reducida de estaciones de control pluviométrico.

El estudio seleccionó cien cuencas del país que cuentan con datos de caudales y que tienen una mínima intervención humana, por ejemplo, que no contaran con represas, que menos del 10 % de sus caudales fuese para consumo, con baja extracción para su uso en riego y con menos del 20 % de su área cubierta por plantaciones forestales. Además, las cuencas seleccionadas varían en tamaño, elevación, tipo de cobertura de suelo, aridez y régimen de precipitación anual (Figura 1).

Respecto del régimen hidrológico de cada zona de estudio, se seleccionaron 16 cuencas donde su principal fuente de agua es la nieve (nivales), 25 cuencas alimentadas principalmente por nieve y con una menor contribución de lluvia (nivo-pluviales), 40 cuencas cuya principal fuente de agua es la lluvia y con un aporte menor de nieve (pluvio-nivales), y 19 cuencas alimentadas principalmente por lluvia (pluviales).

En cada una de estas cuencas se utilizó el índice estandarizado de caudales (SSI, por sus siglas en inglés) como representativo de la sequía que afecta a los ríos. Además, se utilizaron otros cuatro índices de sequía que tienen como base aquellos datos que cuentan con una mayor disponibilidad que solo los de caudales: Índice de precipitación estandarizado (SPI), índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración (SPEI), índice estandarizado empírico de humedad del suelo (ESSMI), y el índice estandarizado de equivalente de agua de nieve (SWEI). Estos cuatro índices se compararon con el índice SSI para identificar cuál se aproximaba más a los valores de este último índice de caudales, con el objetivo de identificar el índice o índices a utilizar en cuencas que no cuentan con datos de caudal. Todas las estimaciones se desarrollaron para los años comprendidos entre 1979 y 2020.

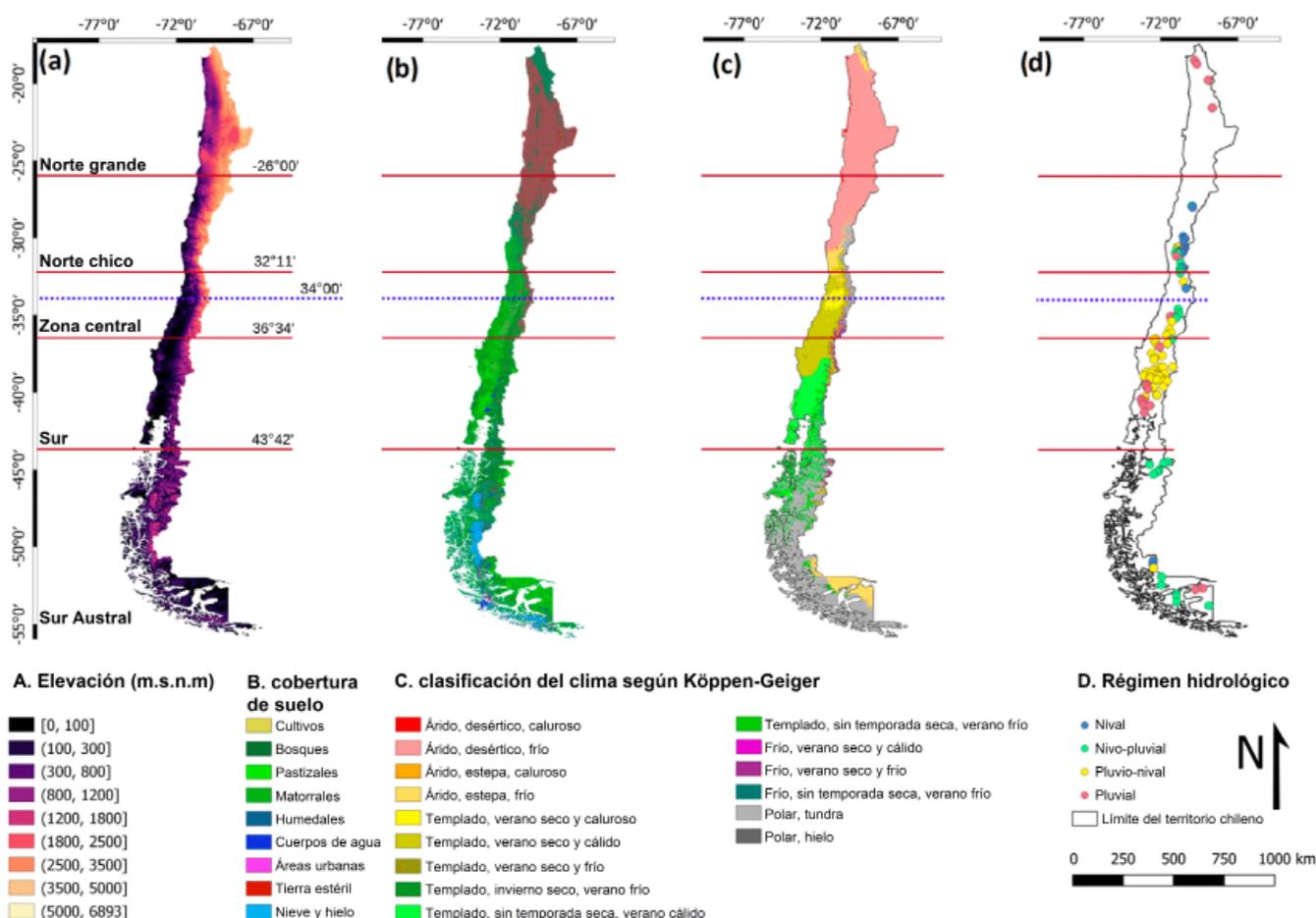


Figura 1: En los mapas (a), (b) y (c), se aprecian las diferencias en elevación (metros sobre el nivel del mar), cobertura de suelo y aridez, respectivamente. En el mapa (d) se puede ver la ubicación de las cuencas seleccionadas y sus regímenes de precipitación predominante.

## Resultados

Uno de los principales resultados es que no existe un único índice de sequía cuyo uso pueda ser recomendado para caracterizar y monitorear adecuadamente los caudales en las cuencas de Chile, debido a la variabilidad espacial y temporal que presentan las precipitaciones, la nieve y la humedad del suelo en el territorio.

En este sentido, el régimen hidrológico de las cuencas influye en el tipo de índice de sequía que debe ser utilizado para monitorear adecuadamente los caudales y la acumulación temporal más apropiada.

## Recomendaciones

1. Para caracterizar los caudales de las cuencas pluviales, que acumulan agua rápidamente, se recomienda utilizar el SPI y el SPEI con una acumulación temporal de agua de solo tres meses (SPI-3 y SPEI-3).
2. Para las cuencas nivales, se debería utilizar un SPI de 12 a 24 meses (SPI-12 y SPI-24) y un SPEI en un rango de 18 meses (SPEI-18), pues al ser de un régimen hídrico que tiene como base la nieve, su proceso de acumulación de agua es lento.
3. Para las cuencas nivo-pluviales, la acumulación temporal sugerida varía entre 3 y 12 meses (SPI-6, SPI-12, SPEI-3 y SPEI-9), mientras que las pluvio-nivales van de 3 a 6 meses (SPI-3, SPI-6 y SPEI-3).
4. Para evaluar la influencia de la nieve en la sequía de caudales este estudio consideró el índice estandarizado de equivalente de agua de nieve (SWEI). Sin embargo, para futuros estudios nosotros recomendamos utilizar el índice estandarizado de deshielo y lluvia (SMRI; Staudinger et al., 2014), el cual requiere la implementación y calibración de un modelo capaz de representar los procesos nivales en las cuencas objetivo, y ha sido ampliamente utilizado como un complemento al SPI debido a que además del déficit de precipitación considera el déficit de agua proveniente del derretimiento de nieve.

## Referencias

- Alvarez-Garretón, C., Boisier, J.P., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillet, A., Aldunce, P., Urrutia-Jalabert, R., Zambrano-Bigiarini, M., Guevara, G., Galleguillos, M., Muñoz, A., Christie, D., Marinao, R., & Garreaud, R. (2023). *Seguridad Hídrica en Chile: Caracterización y Perspectivas de Futuro*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2 (ANID/FONDAP/1522A0001), 72 pp. Disponible en [www.cr2.cl/seguridadhidrica](http://www.cr2.cl/seguridadhidrica)
- Baez-Villanueva, O.M.; Zambrano-Bigiarini, M.; Miralles, D.G.; Beck, H.E.; Siegmund, J.F.; Alvarez-Garretón, C.; Verbist, K.; Garreaud, R.; Boisier, J.P.; Galleguillos, M. (2024). On the timescale of drought indices for monitoring streamflow drought considering catchment hydrological regimes, *Hydrology and Earth System Sciences* 28, 1415–1439, <https://doi.org/10.5194/hess-28-1415-2024>.
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2. (2015). *La megasequía 2010-2015: una lección para el futuro*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2 (ANID/FONDAP/1522A0001), 26 pp. Disponible en <https://www.cr2.cl/megasequia/>
- Garreaud, R. D., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J. P., Christie, D., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J., & Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010–2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(12), 6307–6327. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>.
- Staudinger, M., Stahl, K., & Seibert, J. (2014). A drought index accounting for snow, *Water Resour. Res.*, 50, 7861–7872, <https://doi.org/10.1002/2013WR015143>.

