

## EVALUACIÓN DE DEFICIENCIA HÍDRICA EN RÍOS DE MENDOZA

Patricia M. López<sup>1</sup> y Alberto I. Vich<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional del Agua-Centro Regional Andino, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA CONICET), Argentina.

<sup>3</sup>Instituto de Estudios del Ambiente y los Recursos Naturales (IDARN), Facultad de Filosofía y Letras, UNCuyo, Argentina.

E-mail: pmlopez@ina.gov.ar, aijvich@mendoza-conicet.gov.ar

### Introducción

En la escala temporal de aprovechamiento de los recursos hídricos pueden surgir deficiencias en los caudales, de forma tal que la demanda no quede totalmente satisfecha. Rápidamente, desde los gobiernos y los medios informativos, se habla de tomar una medida administrativa, como es la declaración de la *emergencia hídrica*, desconociendo las causas que origina el déficit de agua. La insatisfacción de la demanda puede responder a distintos motivos, como: una disminución temporal de los recursos hídricos, falta de una gestión adecuada, exceso de la demanda consuntiva o rápido crecimiento de ella. Como puede deducirse, se trata de un problema complejo, multidimensional que requiere gran claridad para diferenciar entre escasez, aridez y sequía.

La sequía es entendida como una anomalía temporal de oferta natural de agua (precipitación, caudal), que puede producir, o no, una situación de insuficiencia en el suministro en función de la demanda. En tanto, que escasez es una situación permanente en relación a la demanda. La sequía es natural, transitoria y eventualmente suficientemente prolongada que genera un déficit coyuntural y no debe ser confundida con aridez, que es una situación estructural, natural y permanente. Saber diferenciar si el déficit es transitorio o permanente, permite tomar medidas de carácter temporal o de largo plazo, pero ambas incluidas en un plan de gestión integral del recurso hídrico.

El objetivo del presente trabajo se relaciona con la detección de episodios de deficiencia hídrica en cuencas de Mendoza. Estas anomalías negativas representan el apartamiento de caudal diario medio en relación a un valor fijo o umbral, variable a lo largo del año.

### Materiales y métodos

Tradicionalmente, los eventos de sequías hidrológicas han sido identificados como una anomalía negativa entre el caudal y un umbral fijo (Yevjevich, 1967; Tallaksen y van Lanen, 2004), que proporciona parámetros que permiten su caracterización estadística. Dado que los principales ríos de la Provincia de Mendoza son alimentados por la fusión de nieve y glaciares, este método solo ha identificado eventos de sequía generalmente en estiaje (López y Querner, 2014), período en el cual la demanda es más baja. Utilizando el del Índice de Caudales Estandarizado (SSI) Rivera et al. (2017), han determinado sequías con duración media de 67 meses en el período 2010-2016. El empleo de este índice se ha extendido recientemente; presenta varios enfoques para su determinación, sin acuerdo sobre cual es preferible y es sensible a la elección de la distribución de probabilidades y al método de estimación de sus parámetros.

Nuestro trabajo investiga las deficiencias hídricas durante el año hidrológico, empleando un método de nivel umbral variable diario (Stahl, 2001), que permite caracterizar ciclos de caudales en relación a diferentes probabilidades de excedencia. Estos ciclos fueron determinados estimando curvas de frecuencia de caudales para cada día del año hidrológico, con una ventana temporal que incluye caudales anteriores y posteriores al día considerado. En este trabajo la ventana es de 29 días.

Se consideraron probabilidades de excedencia correspondientes al 70, 80 y 90% (Tallaksen y van Lanen, 2004). En general, el caudal correspondiente a un 70% de excedencia (Q70) está relacionado con deficiencias en los usos consuntivos; con Q90, valor usado internacionalmente, las deficiencias son críticas. La Figura 1 muestra, como ejemplo, el ciclo anual para el río Mendoza en Guido.

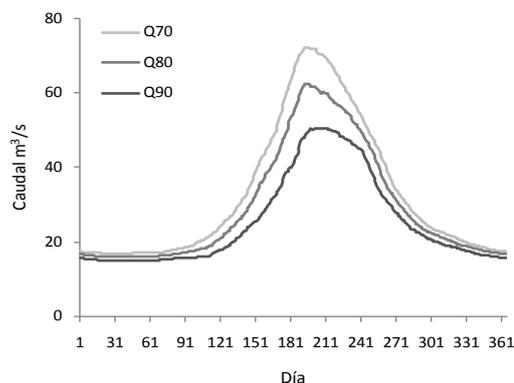


Figura 1.- Ciclo de caudales para diferentes probabilidades.

Se analizaron series de caudal diario medio en los ríos: Mendoza en Guido (1956 a 2017), Tunuyán en Valle de Uco (1955 a 2017) y Atuel en La Angostura (1931 a 2017). Las deficiencias hídricas en un año, se producen cuando el caudal observado para un día particular es menor que el correspondiente al ciclo anual de caudales considerado. Éstas son representadas en un gráfico que en abscisas presenta los días del año hidrológico, que se desarrolla desde el 1 de julio al 30 de junio del año siguiente, y en ordenadas los años de registro. Cada punto simboliza la deficiencia diaria para las probabilidades preestablecidas.

### Resultados

Se identificaron cinco ciclos para el período común de observaciones, con déficit: 1955-1976 (1955-71 para Atuel), 1996-2000 y 2010-2017; con exceso: 1976-1996 y 2000-2010. La Figura 2 muestra las deficiencias del río Atuel.

A fin de comparar las características de los períodos con déficit se estimaron algunos parámetros en porcentaje; promedio, máximo y mínimo de los días con déficit; promedio de los días con caudales menores a las probabilidades de excedencia 70, 80 y 90% (Q70, Q80 y Q90); año crítico en el período y escasez crítica en el año crítico (Q90 año crítico). Debido a la existencia de rachas en los períodos de déficit, los mismos parámetros fueron estimados, a fin de considerar los efectos de la secuencia temporal, para la racha más larga con escasez superior o igual al 50% de días del año hidrológico. Los parámetros se presentan en la Tabla 1 y son similares en las tres cuencas analizadas para los períodos totales de deficiencia; excepto los valores mínimos que son más significativos para las cuencas de los ríos Mendoza y Tunuyán para el período 2010-2017 y para el Atuel en el período 1996-2000. El promedio de Q90 en el Tunuyán fue más deficitario en el período 2010-2017.

El análisis de las rachas revela que en el río Mendoza los déficits (medio, valores máximos y mínimos, media de Q90 y días del año crítico) del período 1967-71 fueron más severos que en 2010-14. El río Atuel presenta características semejantes en 1967-71 y 2013-15, salvo en el máximo (364 días en el año 1970-71) y media de Q90. La cuenca del Tunuyán muestra un comportamiento diferente a las anteriores, máximos, media de Q90 y días del año crítico mayores en el período 2010-14. Dado que el Atuel posee el registro más extenso, se han determinado ciclos deficitarios entre 1936-39 y 1945-71.

## Conclusiones

La metodología empleada resulta útil para identificar de manera más realista días con déficit hídrico, entendiendo por déficit una anomalía negativa en el caudal diario medio en relación a un valor umbral derivado de una probabilidad de excedencia particular. Este déficit no se relaciona con la demanda, sino con el estado del sistema hídrico, es decir con la oferta presente y futura (almacenamientos y recarga de acuíferos).

Los gráficos revelan que los años con déficit fueron más frecuentes en el pasado, siendo el ciclo 1955-76 el más crítico hasta el presente en las cuencas del Mendoza y el Atuel, con la salvedad que en este último río comenzó en 1945. En la cuenca del Tunuyán el ciclo actual ha sido el más crítico, exponiendo el comportamiento disímil de las cuencas de la provincia.

La detección de períodos de déficit de escurrimiento superficial es insuficiente para establecer la insatisfacción de la demanda, debido a que también depende de las otras componentes del sistema hidrológico. Es por ello que una declaración de emergencia hídrica que no tenga en cuenta el recurso en su conjunto es inadecuada, es fundamental su evaluación integral.

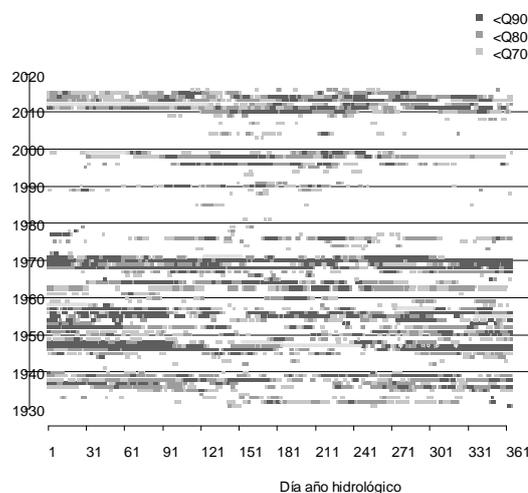


Figura 2.- Deficiencias hídricas río Atuel en La Angostura.

Tabla 1.-Resumen de deficiencias.

	Río	Mendoza	Tunuyán	Atuel	Mendoz	Tunuyá	Atuel	Mendoz	Tunuyá	Atuel
	Estación	Guido	VUco	LAng	Guido	VUco	LAng	Guido	VUco	LAng
	Período	1955-1976		1955-1971	1996-2000			2010-2017		
Déficit	Med (%)	53	37	50	44	45	53	58	74	59
	Máx (%)	94	97	100	89	78	78	72	96	91
	Mín (%)	7	1	5	2	10	31	32	45	8
Promedio	Q70 (%)	18	12	13	15	17	22	23	19	20
	Q80 (%)	18	14	16	13	16	19	20	19	24
	Q90 (%)	17	11	21	16	12	12	15	36	15
Año crítico		68-69	76-77	70-71	96-97	96-97	98-99	2010-11	2011-12	2011-12
Q90 año crítico (%)		68	60	78	46	33	13	23	49	32
Racha		67-71	55-57	67-71	98-99			2010-14	2010-14	2013-15
Long. máx (años)		5	3	5	S/R	2	S/R	5	5	3
Déficit racha	Med (%)	80	80	75	59			63	84	74
	Máx (%)	94	88	100	61			72	96	89
	Mín (%)	58	73	50	56			51	70	52
Promedio racha	Q70 (%)	16	27	12	22			26	15	26
	Q80 (%)	24	32	23	24			22	24	31
	Q90 (%)	40	21	40	13			15	45	17
Año crítico		68-69	57-58	70-71	98-99			2010-11	2011-12	13-14
Q90 año crítico (%)		68	11	78	12			23	49	26

## Referencias

- López, P. M. y E. Querner (2014). "Principales indicadores de sequía hidrológica". *Taller sobre la sequía en el Noroeste argentino*, Tucumán.
- Rivera, J. A., O. C. Penalba, R. Villalba and D. C. Araneo (2017). "Spatio-Temporal Patterns of the 2010–2015 Extreme Hydrological Drought across the Central Andes, Argentina", *Water*, 9, 652, <https://doi.org/10.3390/w9090652>, 2017.
- Stahl, K. (2001). *Hydrological drought. A study across Europe*. Doctoral dissertation, Geowissenschaftlichen Fakultät, Albert-Ludwigs Universität Freiburg, Freiburg, Germany.

- Tallaksen, L. M., and H. A. J. van Lanen (2004). *Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

- Yevjevich, V. M. (1967). *An objective approach to definition and investigation of continental hydrologic droughts*. Hydrologic Paper 23, Univ. of Colorado, Fort Collins, CO.