

# Identificación y Caracterización de Sequías Hidrológicas en Argentina.

Díaz, E.<sup>1,4</sup>, Dölling, O.<sup>3</sup>, Bertoni, J.C.<sup>2</sup>, Rodríguez, A.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

<sup>2</sup>Departamento de Hidráulica Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba

<sup>3</sup>Depto. de Ing. Civil, Universidad Nacional de San Juan.

<sup>4</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

Av Filloy S/N, 0351-4334446, erica.b.diaz@gmail.com

## Introducción

Las sequías son fenómenos naturales extremos y complejos, de los que se conoce poco en relación a los eventos de excesos hídricos. Los impactos de estas tienen costos sociales, políticos y económicos importantes que afectan extensas áreas. Teniendo en cuenta esto resulta necesario el estudio de ellas para que la planificación sea en función de la disponibilidad del recurso hídrico y, así responder de la mejor manera cuando se den este tipo de fenómenos.

Uno de los motivos por los cuales el conocimiento que existe sobre estos fenómenos es aún limitado es la escasez de suficientes datos hidrológicos y meteorológicos. En virtud de ello en este trabajo se aborda la identificación y caracterización de sequías desde el punto de vista hidrológico, con el fin de obtener el máximo aprovechamiento de las informaciones referidas a aportes anuales, que generalmente poseen una mayor ventana de tiempo y espacio.

El identificar y caracterizar temporal y espacialmente sequías hidrológicas permite evaluar la disponibilidad hídrica regional, que es una componente esencial en la planificación del agua.

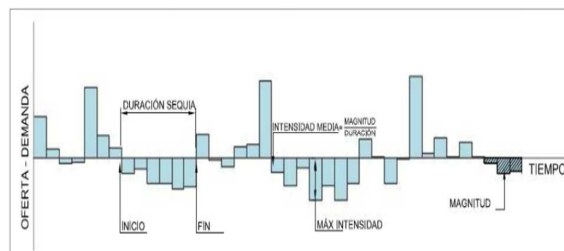
Este estudio amplía y actualiza la identificación y caracterización de sequías en el Centro y Norte de Argentina (Díaz, 2013), agregando al estudio anterior la región de Cuyo de Argentina. Así, el trabajo comprende un área de 13 cuencas hidrográficas argentinas. Las cuencas seleccionadas fueron: Río Colorado, Río Mendoza, Río San Juan, Río Citalamochita, Río Anisacate, Río Xanaes, Río Suquía, Río Dulce, Río Juramento, Río Salado, Río Paraná, Río Bermejo y Río Pilcomayo.

## Metodología

### Identificación de Sequías

Se consideran sequías hidrológicas aquellas referidas a déficits de caudales o volúmenes de aporte.

En el presente trabajo la caracterización de sequías hidrológicas se realiza en términos de déficit de aportes anuales, siguiendo una metodología de análisis de series de tiempo denominado análisis de sucesiones. El uso del análisis de sucesiones ha sido propuesto como un método objetivo para identificar los períodos de sequía y para la evaluación de las propiedades estadísticas de la misma. Esta metodología ha sido usada para el análisis y caracterización estocástica de las sequías desde que Yevjevich (1967) propusiera la definición de eventos de sequía, Según esta "un evento de sequía es definido como el período durante el cual la variable indicadora de la disponibilidad de agua  $X_t$  (aportaciones, lluvia, humedad del suelo, etc.) se encuentra por debajo de un determinado umbral  $X_0$ ". Dicho umbral puede ser un valor fijo en el caso de series de tiempo anuales o un valor periódico para el caso de series de tiempo periódicas (Salas et al., 1980).



**Figura 1.-** Identificación y caracterización de sequías según el método de sucesiones. Fuente: Fernández (1997) Modificada.

Este análisis permite obtener parámetros útiles en la cuantificación de las sequías como son: la duración ( $L$ ); severidad o magnitud ( $M$ ) (suma acumulada de las diferencias entre el umbral y los valores de la variable), ubicación en tiempo absoluto (inicio y fin), la intensidad máxima ( $I_{max}$  definida como la máxima de las diferencias entre el umbral y las realizaciones que componen el evento) y la intensidad media ( $I_{media}$ , la relación entre la magnitud y la duración). Estos parámetros se observan en la Figura 1.

**Tabla 1.-** Resumen de características hidrológicas y geográficas de las cuencas analizadas.

| Cuenca del Río | Estación    | [msn m] | Área [Km <sup>2</sup> ] | Mód [m <sup>3</sup> /s] | Período   |
|----------------|-------------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| Colorado       | B. Ranquil  | 850     | 15300                   | 148                     | 1940-2012 |
| Mendoza        | Guido       | 1408    | 8180                    | 45,6                    | 1956-2013 |
| San Juan       | Km 47,3     | 934     | 25660                   | 65                      | 1909-2013 |
| Citalamochita  | Embalse     | 650     | 3300                    | 27,1                    | 1913-1984 |
| Xanaes         | Molinos     | 770     | 980                     | 9,5                     | 1936-2009 |
| Anisacate      | Santa Ana   | 900     | 465                     | 4,83                    | 1925-1980 |
| Suquía         | San Roque   | 650     | 1350                    | 10                      | 1950-2011 |
| Dulce          | La Escuela  | 265     | 19700                   | 82,2                    | 1950-2009 |
| Salado         | R.Prov70    | 17      | 29700                   | 137                     | 1954-2012 |
| Juramento      | C.Corral    | 945     | 32885                   | 29,5                    | 1934-2013 |
| Bermejo        | P.Sarmiento | 296     | 25000                   | 446                     | 1952-2013 |
| Pilcomayo      | La Paz      | 230     | 96000                   | 237                     | 1941-2013 |
| Paraná         | Corrientes  | 52      | 1950000                 | 17189                   | 1906-2013 |

[msnm]: Metros sobre el nivel del mar. Altitud media.

### Análisis Espacial y Temporal de Sequías Hidrológicas

El análisis espacial y temporal de las sequías se apoya en un ordenamiento matricial con filas correspondientes a la ubicación geográfica (de sur a norte) de las cuencas, y columnas ordenadas cronológicamente; y se identifica con una escala de colores correspondiente a los distintos umbrales de sequía. Los valores de cada unidad de la matriz se obtienen calculando en cada año la serie cronológica de la oferta disponible, la probabilidad de excedencia del aporte medio anual registrado.

$$\text{Probabilidad } (X_{jt} > x_{jt}) = \alpha \quad (1)$$

Siendo:

$X_{jt}$ : las series de aportes disponibles.

$x_{jt}$ : valor numérico del aporte anual observado en el año  $t$  en la cuenca  $j$ .

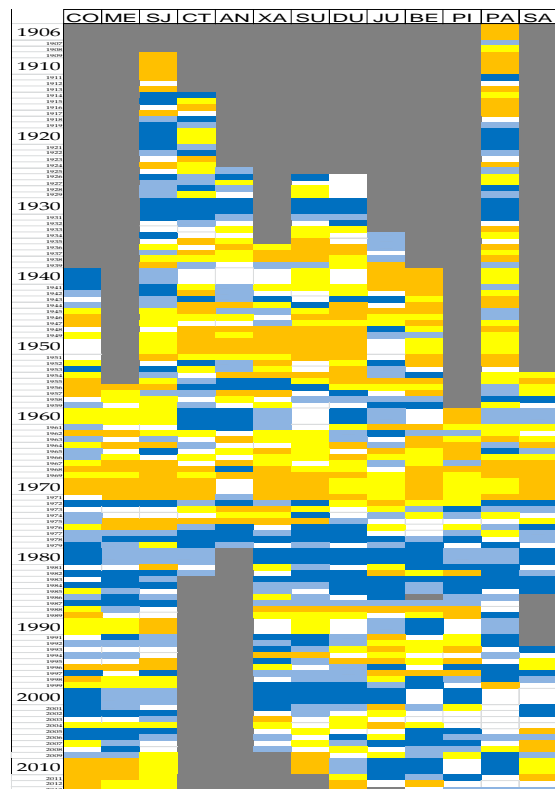
$\alpha$ : umbrales de probabilidad.

La matriz se armó con los siguientes umbrales:

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 0,00 < $\alpha$ < 0,20 | muy húmedo; (color azul)  |
| 0,20 < $\alpha$ < 0,40 | húmedo; (color celeste)   |
| 0,40 < $\alpha$ < 0,60 | normal; (color blanco)    |
| 0,60 < $\alpha$ < 0,80 | seco; (color amarillo)    |
| 0,80 < $\alpha$ < 1,00 | muy seco; (color naranja) |

En color gris se indican los años sin datos.

## Resultados



**Figura 2.-** Caracterización de Sequías Hidrológicas en Cuencas de Estudio.

Observando la matriz de caracterización obtenida (Ver Figura 2) se pueden identificar regiones que tienen comportamientos similares. Esto coincide con el estudio de Familias hidrológicas (Dölling et al., 2013) Éstas son:

Ríos Colorado (CO), Mendoza (ME), San Juan (SJ): presentan años comunes de sequías interanuales y plurianuales entre 1956-1976 (56-57/60/62/64/67-70/76), 1990 y 2012 (90/96/98-99/2011-12).

Ctalamochita (CT), Xanaes (XA), Anisacate (AN) y Suquía (SU): las sequías de esta región se dan entre 1937-1938, 1948-1951, 1973-1975. Las cuencas de los Ríos Xanaes y Suquía (de las cuales se disponen datos para esas fechas) presentan sequías simultáneas para los años 1988-1989 y 1994. En la última década se observa que los caudales se caracterizan por ser de normales a secos.

Juramento (JU), Bermejo (BE), Pilcomayo (PI) y Dulce (DU): las sequías ocurren entre 1962-1973: (62/67/1970-73), 1989-1996(89/90/94/96).

Paraná (PA), Salado (SA): las sequías plurianuales comunes se dan entre 1954-1971 (54-55/61-63/67-71) y en el 2008 todas experimentan una sequía severa.

Para todas las cuencas (que poseen datos) se observan sequías plurianuales en los periodos 1967-1971; 1945-1952 y 1936-1939.

Se observa un marcada quiebre en 1975 entre periodos secos y húmedos. Este quiebre en los años 1975/76 en la tendencia de los volúmenes aportados y derrames anuales coincide con el cambio en las condiciones medias de temperatura del Pacífico ecuatorial central de 1976/77 y la transición climática que afectó a más de 40 variables bioambientales del Pacífico y de las Américas, que son expresiones de la variabilidad “tipo” ENOS (El Niño / Oscilación Sur), (Campagnucci y Agosta, 2008).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en la identificación y caracterización de sequías hidrológicas, indicaron que en la región de estudio (13 cuencas de la región Centro, Cuyo y Norte de la Argentina) existe un agrupamiento temporal y espacial muy marcado de los periodos de excesos y déficits. Se observó la ocurrencia de periodos prolongados de déficit hídricos, que se verificaron de manera simultánea en áreas de gran extensión espacial. Se detectó que las sequías más persistentes que experimentaron las 13 cuencas analizadas se registraron en los periodos 1967-1971; 1945-1952 y 1936-1939. Mientras que los periodos húmedos comunes se observaron a mediados de la década del 70'. Se evidenció un quiebre en este periodo entre una época seca y húmeda. Lo cual coincide con estudios anteriores que analizan cuencas del centro y norte de Argentina (Díaz, 2013).

A nivel espacial un agrupamiento entre las cuencas de los ríos Colorado, Mendoza y San Juan; Ctalamochita, Xanaes, Anisacate y Suquía; Juramento, Bermejo, Pilcomayo y Dulce; Paraná y Salado. En este aspecto se resalta la dimensión territorial que puede tomar una sequía hidrológica como las detectadas. Esta información es de relevancia para la gestión de los recursos hídricos ya que usos tales como el abastecimiento humano, el riego y la producción energética, entre otros, pueden ser seriamente afectados por la ocurrencia de manera simultánea de sequías severas en cuencas que aportan a una región y zonas vecinas. La metodología empleada en la identificación y caracterización de sequías permitió realizar el análisis sobre una región relativamente extensa de Argentina, empleando registros hidrológicos en una ventana de tiempo de casi 100 años. Actualmente se está trabajando en la correlación de indicadores macroclimáticos que expliquen parte del fenómeno de sequías y contribuya al diseño de herramientas de pronóstico.

## Referencias Bibliográficas

- Compagnucci, R. H. y Agosta, E. A. 2008. La Precipitación de Verano en el Centro-Oeste De Argentina y los fenómenos interanual El Niño/Oscilación Sur (Enos) e Interdecádico “Tipo” Enos. *GEOACTA 2008* (97-103)
- Díaz, E. (2013). *Identificación y Caracterización de Sequías hidrológicas en el Centro y Norte de Argentina*. Tesis de Maestría en Cs de la Ingeniería. FCEFyN-UNC. Córdoba, Argentina.
- Dölling O.; Lopez, G. Calizalla, G.; Marquez L. (2013) Revista Hydria año 9-Nº50 Familias hidrológicas: Una herramienta para optimizar el uso del agua.
- Fernández, B. (1997). “Identificación y caracterización de sequías hidrológicas en Chile Central”. *Ingeniería del Agua*, Vol. 4 N° 4, (37-46).
- Salas, J., Delleur, J., Yevjevich, V., y Lane, W. 198). *Applied Modeling of Hidrologic Time Series*. Water Resources Publications. Littleton, Colorado U.S.A.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos 2010. “Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la RA”. [CD]-Buenos Aires-SSRH,2010.-ISBN978-987-1797-05-9
- Yevjevich, V. 1972. *Stochastic Processes in Hidrology*, Littleton, Colorado, WRP. USA