

INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA – CENTRO DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA

ÁREA DE HIDROLOGÍA

Ing. GIULIANA ELCANO y Dra. Ing. LETICIA VICARIO

Evaluación de sequías hidrológicas en los tributarios de la cuenca alta del río Suquía, provincia de Córdoba (actualización).

INTRODUCCIÓN

La escasez de precipitaciones en un área y en un período de tiempo determinado genera un déficit hidrológico denominado "sequía". Esta adversidad climática tiene importantes efectos negativos en los aspectos socio-económicos de una región (Vicario, et al 2014).

Las sequías se clasifican según el objetivo de estudio y la variable hidroclimática utilizada. La sequía hidrológica superficial se determina a partir de una reducción en las escorrentías en cursos fluviales, en los niveles de lagos y embalses, etc.

Una de las metodologías utilizadas en la actualidad para analizar sequías hidrológicas es el índice de sequía hidrológico SDI (por sus siglas en Inglés: Streamflow Drought Index). El objetivo de este trabajo es evaluar éste índice en los cuatro tributarios de la cuenca alta del río Suquía, también llamada del dique San Roque. Para calcular el SDI se utilizaron series de caudales medios, estimados a partir de valores de caudales instantáneos.

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca alta del río Suquía, también llamada cuenca del dique San Roque, tiene su sección de cierre en dicho dique. Su cuenca de aporte posee una superficie aproximada de 1750 km² y se ubica en el Valle de Punilla, provincia de Córdoba (Figura 1). La misma está conformada por cuatro subcuencas, dos principales y de mayor tamaño denominadas subcuencas del río San Antonio y del río Cosquín y dos subcuencas menores correspondientes a los arroyos Las Mojarras y Los Chorrillos. El sistema conforma la cuenca de aporte de la obra hidráulica del dique San Roque cuyos objetivos múltiples son: el abastecimiento de agua potable a la zona norte de la ciudad de Córdoba, siendo ésta una de las principales ciudades del país; la contención de crecidas en períodos de excesos hídricos, la generación hidroeléctrica, la provisión de agua para riego a la región, el desarrollo de la actividad turística en la cuenca, entre otros. Con las demandas mencionadas, la gestión integrada del recurso hídrico es fundamental y para ello es importante caracterizar los periodos de sequías.

INFORMACIÓN UTILIZADA

Para el análisis de sequías hidrológicas en la cuenca alta del río Suquía, se utilizó la base de datos de caudales aforados (instantáneos) del área de Limnología Aplicada y Calidad de Aguas del INA-CIRSA (periodo 1998 al 2019). Dicha base posee registros en las mismas fechas para las cuatro subcuencas, lo que permite un análisis integral del sistema, teniendo en cuenta la simultaneidad temporal entre las series, la utilización de la misma técnica de aforo y metodología en cada campaña de aforo y la invariabilidad de los puntos de registro en cada uno de los tributarios de la cuenca alta del río Suquía. Para el objetivo de este trabajo fue necesario estimar los caudales medios a partir de los registros mencionados, para lo cual y luego de evaluar distintas alternativas se decidió utilizar como serie base la de caudales medios mensuales obtenida por García (2015), en la subcuenta del río San Antonio (uno de los tributarios principales de la cuenca de estudio). A partir de esto, se correlacionaron con las series de caudales instantáneos y se completaron en base a la función con el mayor coeficiente de regresión. Cabe destacar que las correlaciones no resultaron óptimas, pero se prevalece la posibilidad de llegar a una primera aproximación de análisis para ofrecer un antecedente en el tema.

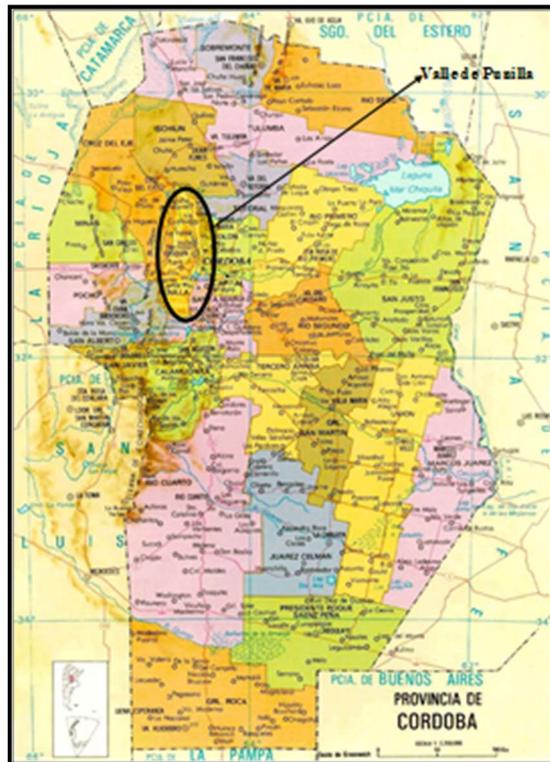


Figura 1.- Ubicación del Valle de Punilla. Provincia de Córdoba.

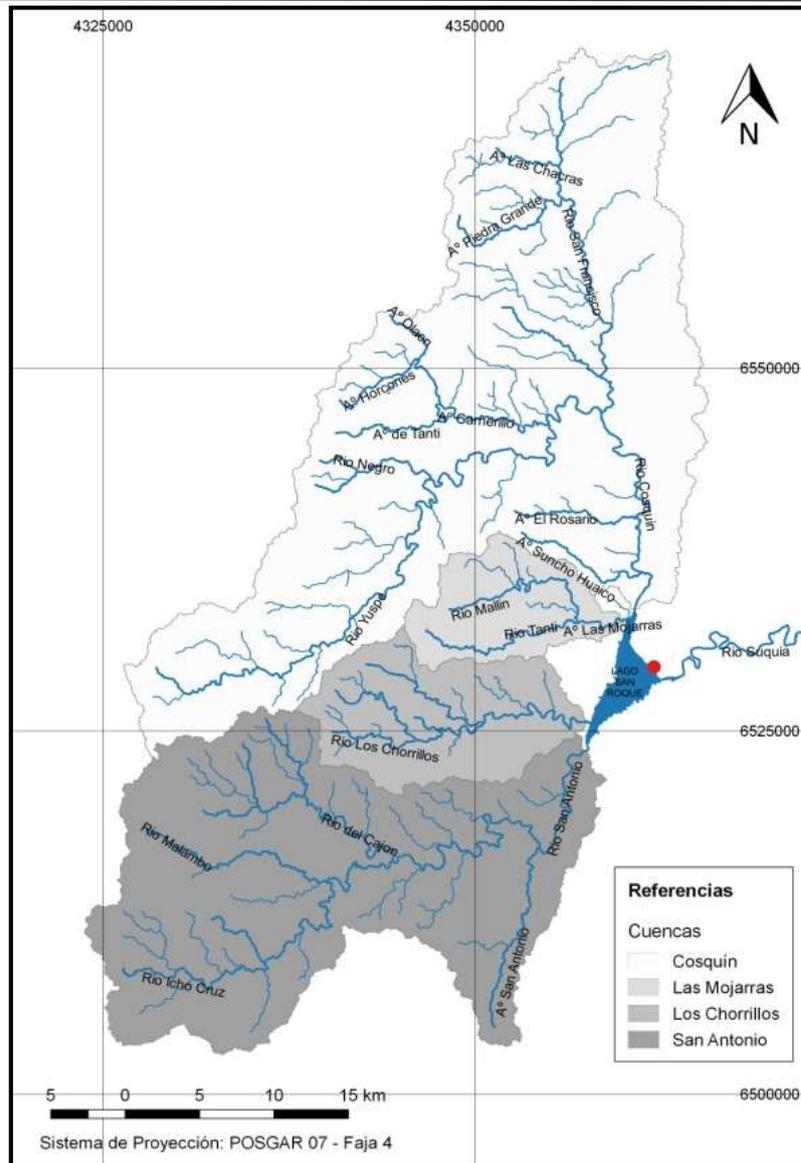


Figura 2.- Cuenca hidrográfica alta del río Suquia. Se destaca la estación pluviométrica Dique San Roque (marca roja)

ÍNDICE SDI

Para analizar las sequías hidrológicas se utilizó el índice de sequía hidrológica SDI (por sus siglas en Inglés: Streamflow Drought Index)

La aplicación del SDI es una herramienta que permite realizar de forma sencilla la determinación y clasificación de las sequías que pueden ocurrir en una cuenca. Sin embargo, su cálculo requiere datos de caudal de alta calidad y de longitud suficiente para estimar con precisión la frecuencia de los eventos de sequía (Wagner Gómez; et al., 2012)

Este índice de sequía se basa en los valores de caudales, volúmenes o escurrimientos acumulados durante períodos de tres, seis, nueve y doce meses dentro de cada año hidrológico (Nalbantis, 2008). Estos intervalos de tiempo comienzan el primer mes del año hidrológico considerado (en este caso Febrero) y se denominan k1 (hasta Abril), k2 (hasta Julio), k3 (hasta Octubre)

y k4 (hasta Enero). Dichos intervalos permiten analizar, en caso de que se detecten eventos de sequías, la evolución de los mismos dentro de cada año hidrológico considerado.

Para estimar este índice se calcula:

$$V_{ik} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{ij}$$

$$i = 1,2, \dots, n; j = 1,2, \dots, 12; k = 1,2,3,4$$

Donde $V_{i,k}$ es el volumen de caudales acumulados para el año hidrológico i en j meses, correspondientes a los respectivos intervalos k .

Siendo:

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - V_k}{S_k}$$

Donde $SDI_{i,k}$ el índice de sequía de caudales para el año hidrológico i y el intervalo considerado k . V_k y s_k son, respectivamente, el valor promedio y desvío estándar de todos los valores de V , para el intervalo k considerado, a lo largo de la serie de datos. Los rangos de valores del índice SDI para calificar el nivel de las sequías hidrológicas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Valores del índice SDI según los distintos estados de sequía hidrológica.

Descripción	Criterio
Sin sequía	$SDI > 0$
Sequía suave	$-1 \leq SDI < 0$
Sequía moderada	$-1,5 \leq SDI < -1$
Sequía severa	$-2 \leq SDI < -1,5$
Sequía extrema	$SDI < -2$

Además, y con fines comparativos se normalizó una serie de precipitaciones anuales representativas de la cuenca (Vicario, 2017), para el periodo de tiempo considerado.

RESULTADOS

En primera instancia, se correlacionaron las series calculadas de los valores de SDI (k4) de los cuatro tributarios para el periodo 1998-2019. En la Tabla 2 se muestran los resultados del Coeficiente de Correlación de Pearson calculados entre las series SDI k4 de los tributarios del embalse San Roque.

Se observó que el comportamiento de los ciclos secos y húmedos definidos por el índice SDI de la subcuenca del río San Antonio se correlaciona mejor con la del arroyo Los Chorrillos (Figura 3); también la subcuenca del río Cosquín se correlaciona mejor con dicho arroyo (Figura 4). En tanto que la subcuenca del arroyo Los Chorrillos tiene una correlación aceptable tanto con

el río San Antonio como con el río Cosquín; mientras que la subcuenca del arroyo Las Mojarras se correlaciona mejor con la del río Cosquín que con la del río San Antonio (Figura 5). A su vez, los resultados de las subcuencas menores (arroyos) presentan una alta correlación entre sí (Figura 6). En las cuatro figuras mencionadas se agrega la línea de precipitaciones normalizadas (P) a los fines de poder compararlas a lo largo del periodo analizado.

Tabla 2.- Coeficiente de Correlación de Pearson de las series SDI k4 de los tributarios al embalse San Roque.

	San Antonio	Los Chorrillos	Las Mojarras	Cosquín
San Antonio	1.00	0.83	0.73	0.78
Los Chorrillos	0.83	1.00	0.90	0.84
Las Mojarras	0.73	0.90	1.00	0.79
Cosquín	0.78	0.84	0.79	1.00

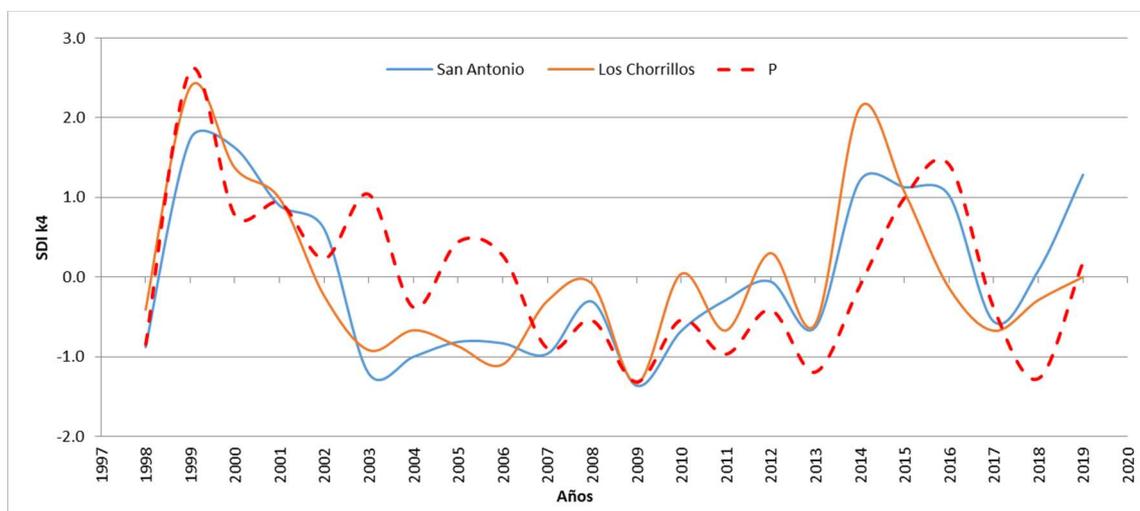


Figura 3.- Valores del índice SDI (k4) de la subcuenca del río San Antonio y del arroyo Los Chorrillos. Además, se incorporan las precipitaciones representativas de la cuenca, normalizadas, a los fines comparativos. (1998-2019)

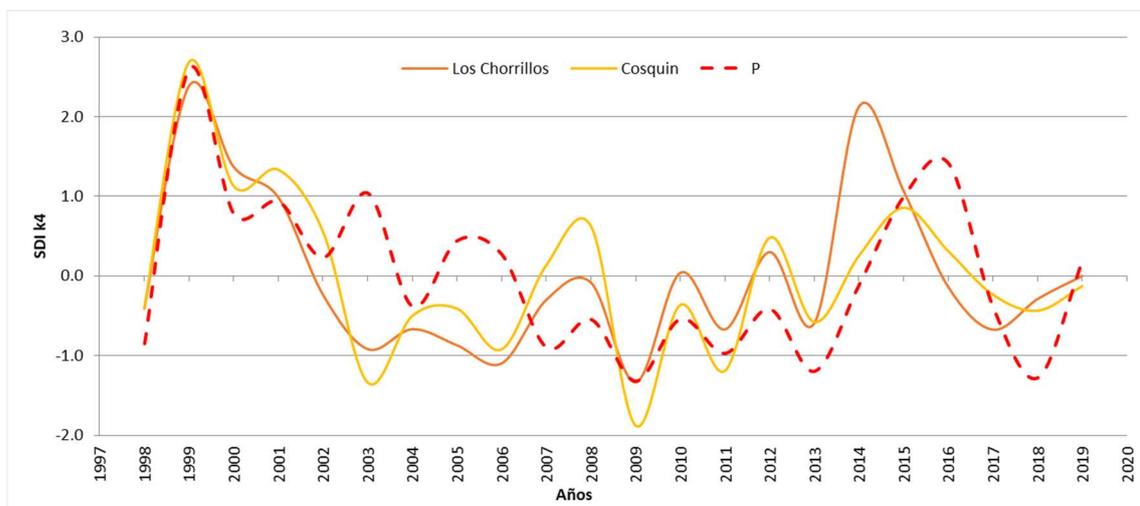


Figura 4.- Valores del índice SDI (k4) de la subcuenca del río Cosquín y del arroyo Los Chorrillos. Además, se incorporan las precipitaciones representativas de la cuenca, normalizadas, a los fines comparativos. (1998-2019)

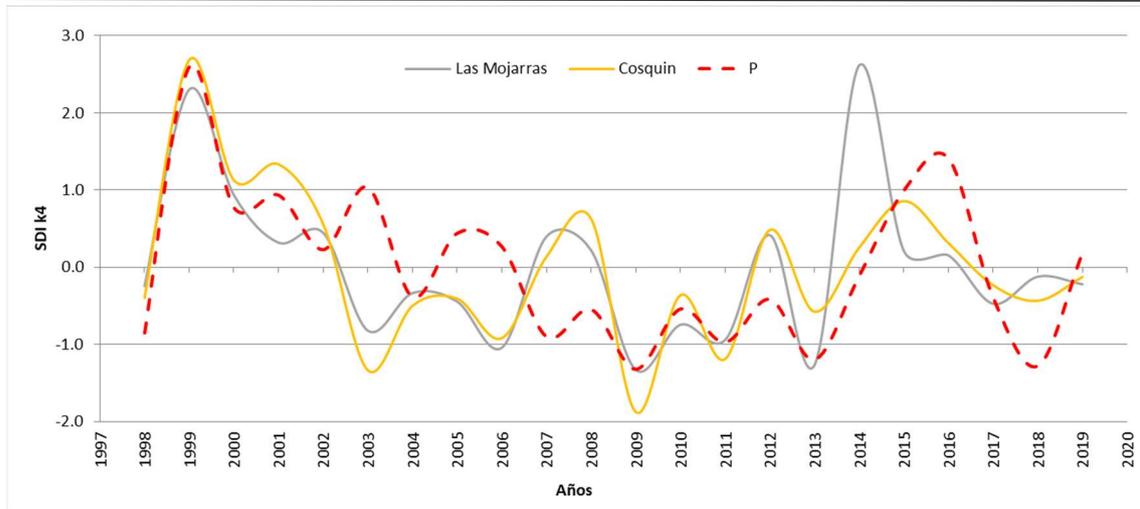


Figura 5.- Valores del índice SDI (k4) de la subcuenca del río Cosquín y del arroyo Las Mojarras. Además, se incorporan las precipitaciones representativas de la cuenca, normalizadas, a los fines comparativos. (1998-2019)

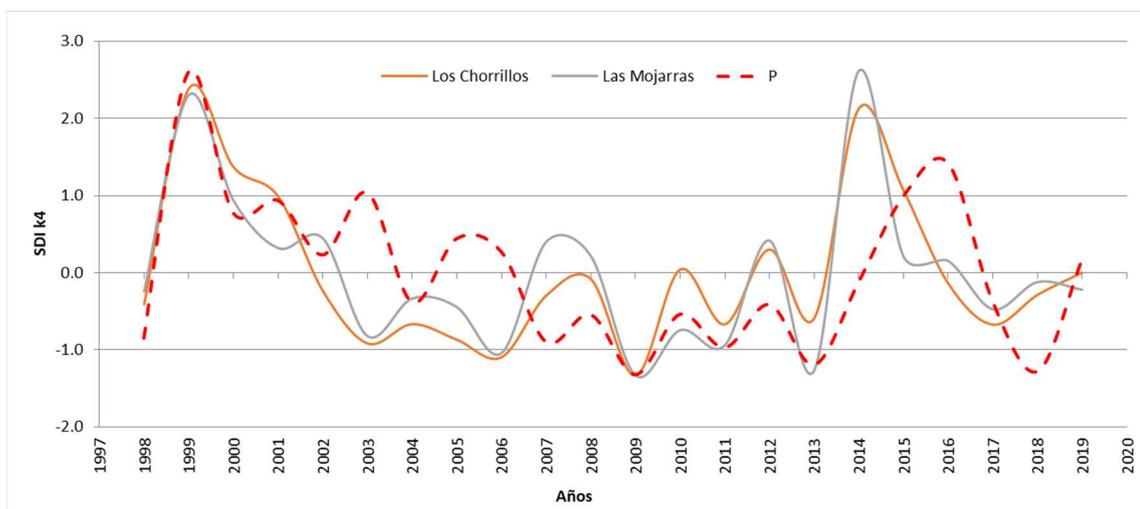


Figura 6.- Valores del índice SDI (k4) de la subcuenca del arroyo Las Mojarras y del arroyo Los Chorrillos. Además, se incorporan las precipitaciones representativas de la cuenca, normalizadas, a los fines comparativos. (1998-2019)

En los 3 casos mencionados se observa, de manera general, cierta simultaneidad temporal en el comportamiento de las precipitaciones con la ocurrencia de ciclos hidrológicos secos o húmedos. Esto destacaría la respuesta rápida de la cuenca dadas sus características geológicas y geomorfológicas, entre otras. Se marca como excepción a esto, el periodo 2002-2006 y el desfase a partir del año 2014.

Durante el periodo 1998-2019 no se observan sequías severas, y se destacan dos periodos húmedos con valores elevados, tal como el entorno al año 1999 y entre 2014-2015.

CONCLUSIONES

Fue posible realizar por primera vez, una aproximación en la caracterización de los ciclos hidrológicos secos y húmedos a nivel de subcuenca en la cuenca alta del río Suquía.

Ante la falta de una serie de caudales medios con una longitud y calidad aceptable para el objetivo del trabajo, la metodología fue aplicada con datos de caudales medios estimados a partir de datos de caudales instantáneos. Lo que permite una descripción del comportamiento hidrológico general a nivel espacial y temporal de las subcuencas que conforman el sistema.

Se logró observar ciclos secos (y húmedos) y fue posible compararlos con una serie representativa de la precipitación en la cuenca.

REFERENCIAS

- Elcano y Vicario, 2018. Evaluación de sequías hidrológicas en los tributarios de la cuenca alta del río Suquía, provincia de Córdoba. Informe interno INA-CIRSA
- García, C. L. 2013. Utilización de información satelital y terrestre para el manejo integrado del recurso hídrico de una cuenca serrana en la provincia de Córdoba, Argentina. Tesis Doctoral de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba, 167 pp.
- INA-CIRSA. Limnología Aplicada y Calidad de Aguas. 2017. Actividad Permanente "Monitoreo del Embalse San Roque, gestión de información de calidad de aguas y cianobacterias en la región semiárida". Convenio con la empresa ACSA.
- Nalbantis, I. (2008). Evaluation of a Hydrological Drought Index. *European Water* 23/24:67-77.
- Vicario, L. 2017. Tesis Doctoral: "Identificación y evaluación de sequías en cuencas seleccionadas de la Región Centro de Argentina". FCEFN-UNC. Mayo del año 2017.
- Vicario, L.; García, C.M.; Teich, I.; Dasso, C. 2014. Variabilidad de las sequías hidrometeorológicas en la región central de la Argentina. Memorias del IV Taller de Regionalización de precipitaciones Máximas. ISBN 978-987-45745-0-3. Provincia de Tucumán. Argentina.
- Wagner Gómez, A. I., Ortiz Gómez, R., Barragán Barrios, M. del C. (2012). Evaluación de la sequía hidrológica en la cuenca Lerma Chapala. XXII Congreso Nacional de Hidráulica. Acapulco, Guerrero, México.