

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 al embalse Río Hondo

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, (Vicario, 2017). 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) (Nalbatis,2008).

Como parte de los estudios llevados a cabo para la definición de un esquema de normas de operación del embalse de Río Hondo, solicitados a la Subgerencia del Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua (INA-SCIRSA), por parte de la Secretaría de Infraestructura y Políticas Hídricas de la Nación (SlyPH), para el comité de la Cuenca del Río Salí-Dulce, se desarrolló este trabajo, cuyo objetivo fue el de evaluar éste índice con información de variables hidrométricas tanto del embalse como de sus cuatro tributarios.

Cabe destacar que este informe se basa en procesamientos correspondientes a una etapa preliminar del trabajo, por lo cual es factible de ser actualizado y/o mejorado a medida que se avance en el mismo.

ÁREA DE ESTUDIO

La presa Río Hondo, se ubica en la región Noroeste de Argentina (NOA) en la provincia de Santiago del Estero, y su principal uso es la generación de energía, siendo la media anual de 99,00 GWh (Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación, 2010). Otros usos predominantes son la atenuación de crecidas en períodos de excesos hídricos y la provisión de agua para riego a la región.

La cuenca de aporte del embalse Río Hondo, también llamada cuenca del Dulce Superior, posee una superficie aproximada de 14.852,89 km² (Paoli *et al.*; 2011). La misma está conformada por cuatro subcuencas principales denominadas del río Salí (de mayor tamaño), del río Gastona, del río Chico y del río Marapa (Figura 1).

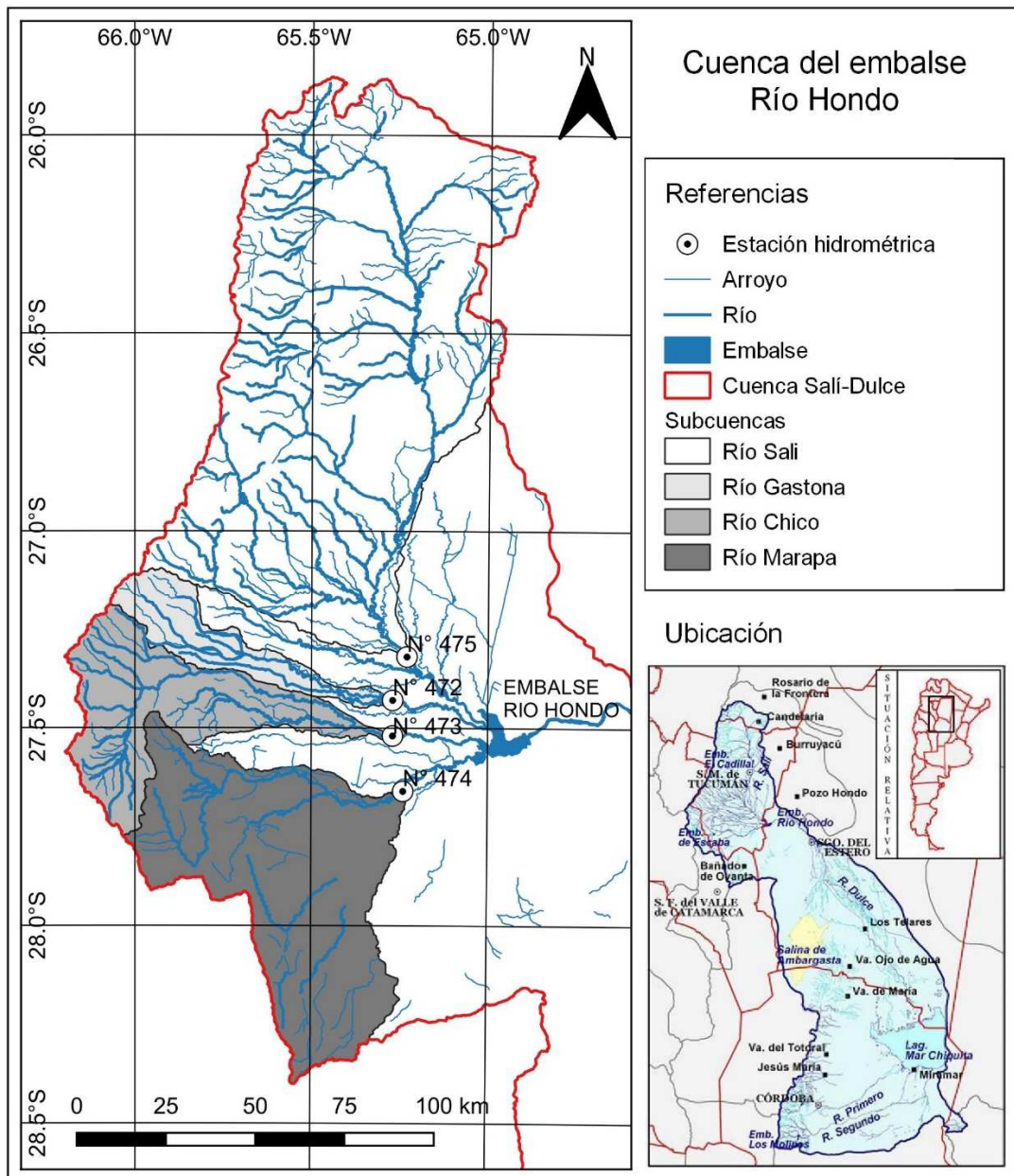


Figura 1.- Subcuencas de aporte del embalse Río Hondo.

INFORMACIÓN UTILIZADA

Para el análisis de sequías hidrológicas en la cuenca de aporte del embalse Río Hondo se utilizaron series de caudales medios mensuales y de alturas medias mensuales. Específicamente, se utilizaron registros históricos de la Base de Datos del Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH). En la Tabla 1 se listan las estaciones empleadas para el análisis, detallando sus características principales tales como: nombre, ubicación, variable y período de medición. Las series de datos de altura, que contienen mediciones instantáneas tomadas a las 9, 15 y 21hs de cada día, se transformaron a paso mensual (H_{mm}).

Tabla 1.- Estaciones hidrométricas en la cuenca de aporte del embalse Río Hondo.

Estación		Río	Ubicación		Variable	Periodo de tiempo
Nº	Nombre		Latitud	Longitud		
472	RUTA PROVINCIAL Nº 157 - ATAHONA	Gastona	-27.43	-65.27	Caudal medio mensual (Q _{mm})	09/2004 a 08/2020
					Altura (H)	30/05/2004 a 28/02/2021
473	RUTA PROVINCIAL Nº 157	Chico	-27.34	-65.32	Caudal medio mensual (Q _{mm})	09/2004 a 08/2020
					Altura (H)	30/05/2004 a 28/02/2021
474	RUTA PROVINCIAL Nº 157 - LAMADRID	Marapa	-27.66	-65.24	Caudal medio mensual (Q _{mm})	09/2004 a 08/2020
					Altura (H)	30/05/2004 a 28/02/2021
475	Simoca	Salí	-27.32	-65.23	Altura (H)	01/03/2009 a 28/02/2021

Además, se analizó la serie de caudales diarios de aporte al embalse brindada por Hidroeléctrica Río Hondo S.A. Esta serie contiene datos diarios desde el 1 de enero de 1968 al 16 de marzo de 2021, y fue previamente transformada a paso mensual.

Las series presentan una longitud menor a la recomendada para que el análisis sea estable (OMM, 2016), pero aun así y a los fines prácticos se considera una herramienta factible de ser actualizada en el tiempo y permite observar un comportamiento parcial de la variable hidrométrica utilizada.

ÍNDICE SDI

El índice 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 (y se denominan k₁ (3 meses), k₂ (6 meses), k₃ (9 meses) y k₄ (12 meses). Dichos intervalos permiten analizar, en caso de que se detecten eventos de sequías, la evolución de los mismos dentro de cada uno de los años hidrológicos y a lo largo de la serie de registros.

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 2.

Tabla 2.- 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	$SDI < -2$

RESULTADOS

En primera instancia, se correlacionaron las series de una misma estación, tanto de variables (Q_{mm} y H_{mm}), como de los índices SDI calculados a partir de cada una de ellas.

Respecto a la estación N°472 del río Gastona, en la Figura 2 puede notarse cierta tendencia positiva en la variable H_{mm} (ausente en la serie Q_{mm}), que se ve reflejada en las series SDI calculada a partir de ella (Figura 3). En la estación N°473 en el río Chico también se observa tendencia en la variable H_{mm} pero de signo negativo hasta el año 2014 (Figura 4), y también se refleja en su serie SDI (Figura 5). En cuanto a la estación N°474 ubicada en el río Marapa, a partir del año 2014 se nota un cambio con tendencia positiva en las series de variables, siendo más fuerte en la serie H_{mm} que en Q_{mm} (Figura 6). Este cambio se manifiesta también en las series SDI (Figura 7).

Cabe destacar que en la estación N°475 del río Salí solo se cuenta con registros de H , por lo que no es posible realizar el análisis anterior.

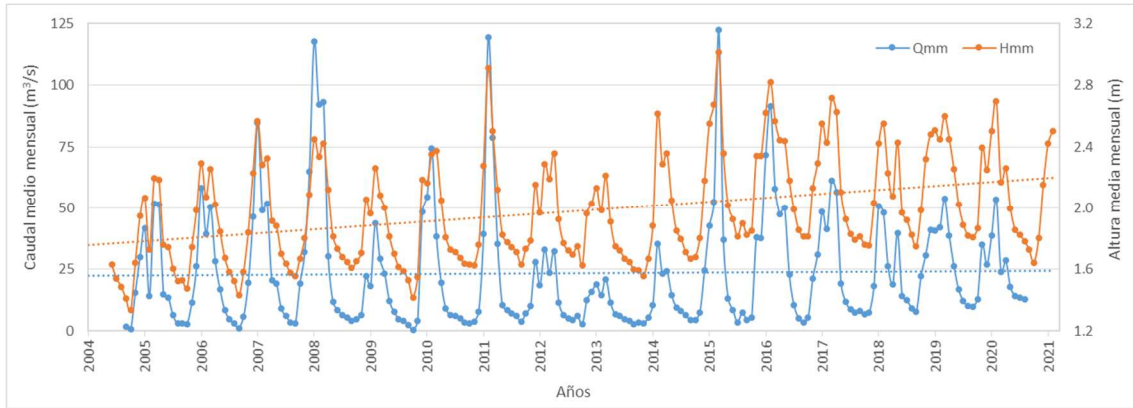


Figura 2.- Series de Q_{mm} y H_{mm} de la estación N°472 ubicada en el río Gastona.

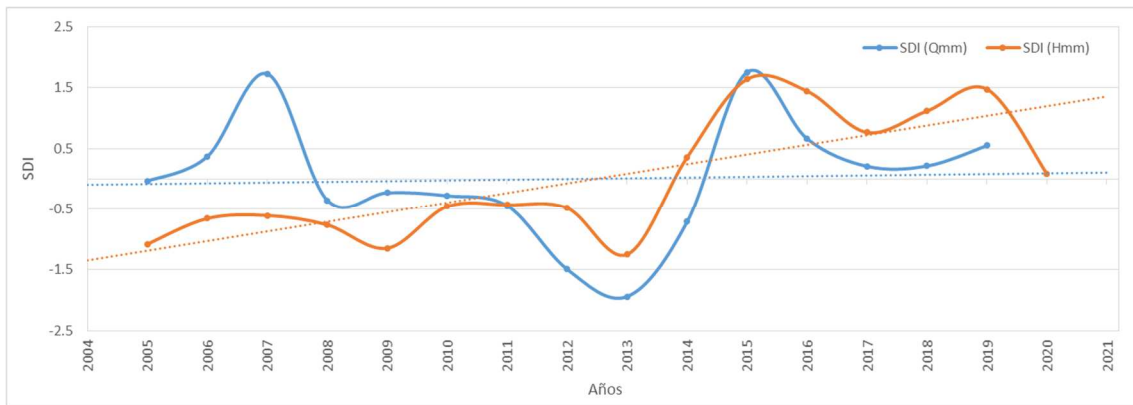


Figura 3.- Valores de índice SDI(k_4) calculados a partir de Q_{mm} y H_{mm} de la estación N°472 ubicada en el río Gastona.

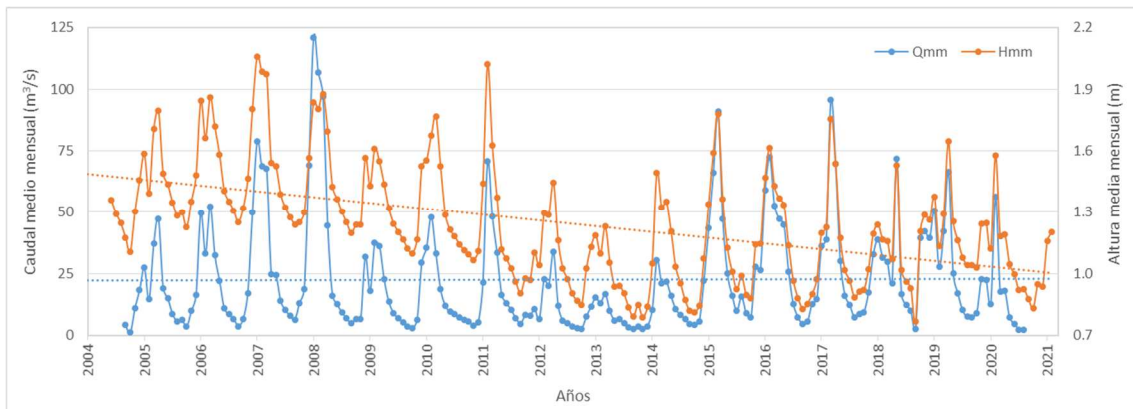


Figura 4.- Series de Q_{mm} y H_{mm} de la estación N°473 ubicada en el río Chico.

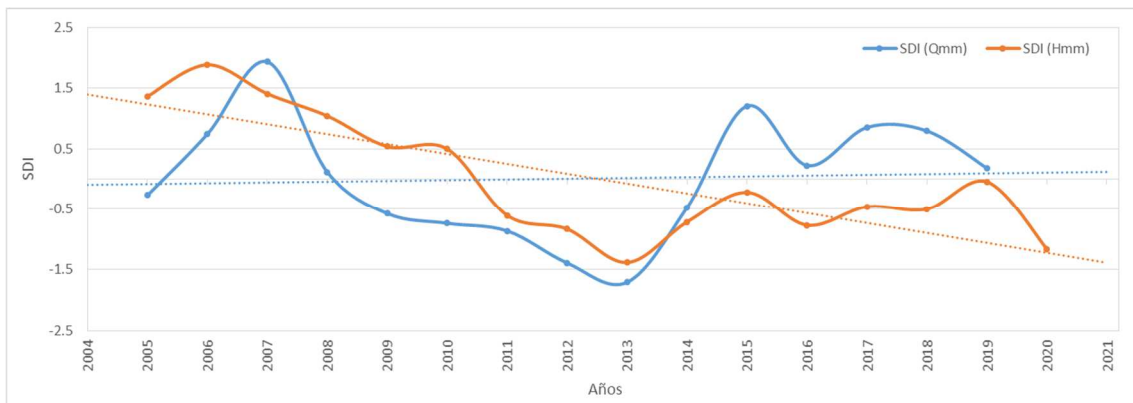


Figura 5.- Valores de índice SDI(k_4) calculados a partir de Q_{mm} y H_{mm} de la estación N°473 ubicada en el río Chico.

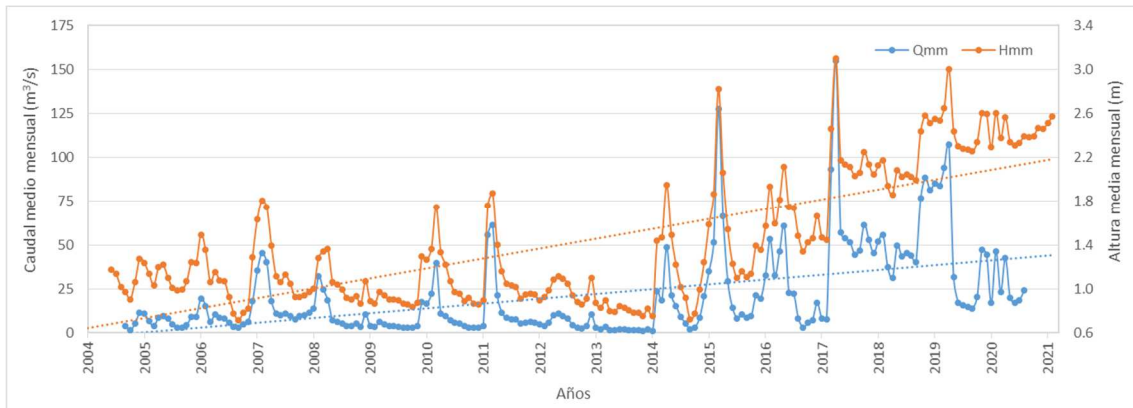


Figura 6.- Series de Q_{mm} y H_{mm} de la estación N°474 ubicada en el río Marapa.

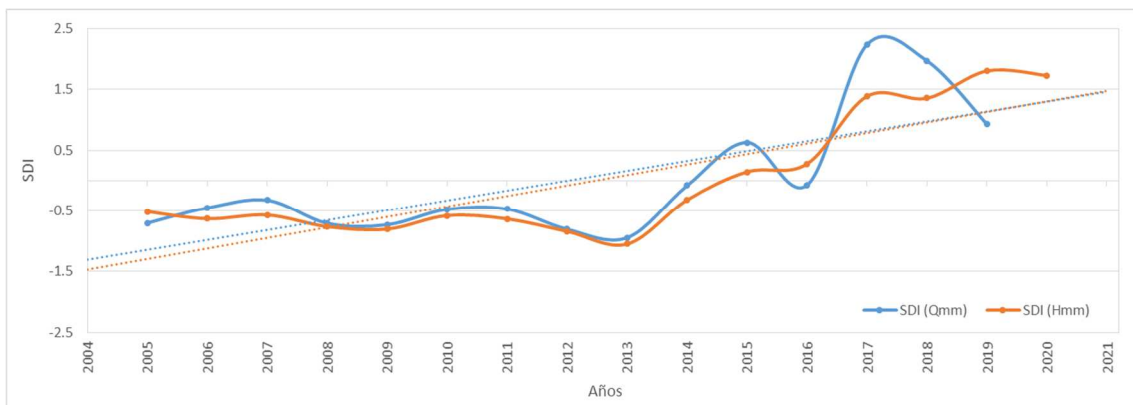


Figura 7.- Valores de índice SDI(k_4) calculados a partir de Q_{mm} y H_{mm} de la estación N°474 ubicada en el río Marapa.

Teniendo en cuenta que los datos del embalse corresponden a valores estimados de caudales aportados (Q) al mismo; de aquí en adelante, la subcuenca del río Gastona queda representada por la serie Q_{mm} de la estación N°472, la subcuenca del río Chico por la serie Q_{mm} de la estación N°473, la subcuenca del río Marapa por la serie Q_{mm} de la estación N°474. La subcuenca del río Salí será representada a modo de referencia por la serie H_{mm} de la estación N°475, ante la falta de registros de caudales en esta sección.

En la Figura 8 se muestran los valores del índice SDI calculado para distintos intervalos k a partir de la serie de caudales de aporte al embalse Río Hondo. Se destacan algunos periodos importantes: previo a una sequía severa en torno al año 1989, el periodo húmedo ocurrido entre 1974 y 1985 siendo este último un año e; y el periodo 2003-2014 caracterizado por fluctuaciones con periodos normales y sequías suaves a moderadas.

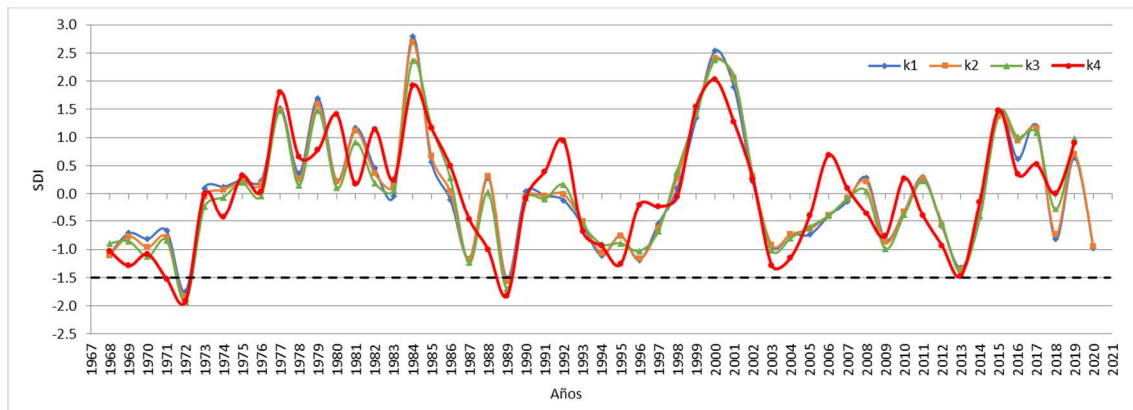


Figura 8.- Valores de índice SDI para serie de caudal de aporte al embalse Río Hondo.

El análisis de frecuencia del índice SDI de la serie de caudales aportados al embalse (Tabla 3) indica un comportamiento similar para los intervalos k_1 , k_2 y k_3 ; mientras que al incrementarse este intervalo a 12 meses (k_4) se produce una disminución de las sequías suaves y un aumento en las sequías categorizadas como moderadas y severas. En el periodo analizado no ocurren sequías extremas.

Tabla 3.- Frecuencia relativa del índice SDI para serie de caudales aportados al embalse Río Hondo.

Categoría		SDI			
		k_1	k_2	k_3	k_4
Sin sequía	$SDI > 0$	47%	47%	46%	50%
Sequía suave	$-1 \leq SDI < 0$	40%	40%	40%	29%
Sequía moderada	$-1,5 \leq SDI < -1$	9%	9%	10%	15%
Sequía severa	$-2 \leq SDI < -1,5$	4%	4%	4%	6%
Sequía extrema	$SDI < -2$	0%	0%	0%	0%

La relación entre el embalse y sus tributarios se define a partir del CC entre las series de variables (Tabla 4) y entre las series del índice SDI calculadas a partir de dichas variables (Tabla 5). A modo general, se aprecia una disminución en la correlación entre índices respecto a la correlación entre variables.

Tabla 4.- CC de las series de variables del embalse río Hondo y sus tributarios.

	Embalse	Salí	Gastona	Chico	Marapa
Embalse	1.00	0.85	0.89	0.84	0.64
Salí	0.85	1.00	0.83	0.82	0.65
Gastona	0.89	0.83	1.00	0.91	0.51
Chico	0.84	0.82	0.91	1.00	0.57
Marapa	0.64	0.65	0.51	0.57	1.00

Tabla 5.- CC de las series SDI k_4 del embalse río Hondo y sus tributarios.

	Embalse	Salí	Gastona	Chico	Marapa
Embalse	1.00	0.68	0.81	0.73	0.56
Salí	0.68	1.00	0.64	0.74	0.67
Gastona	0.81	0.64	1.00	0.91	0.40
Chico	0.73	0.74	0.91	1.00	0.54
Marapa	0.56	0.67	0.40	0.54	1.00

Se observó que el comportamiento de los ciclos secos y húmedos, definidos por el índice SDI k_4 , del embalse Río Hondo se correlaciona mejor con la subcuenca del río Gastona, seguido por las subcuencas del río Chico y del río Salí. A su vez, las subcuencas de los ríos Gastona y Chico presentan una alta correlación entre sí. La subcuenca del río Salí tiene una correlación aceptable con el río Chico, mientras que la subcuenca del río Marapa se correlaciona mejor con la del río Salí.

CONCLUSIONES

Fue posible realizar una aproximación en la caracterización de los ciclos hidrológicos secos y húmedos a nivel de subcuenca en la cuenca del embalse Río Hondo. El cálculo del índice SDI a partir de distintas variables presenta resultados puntuales diferentes, aunque se observa una caracterización aceptable respecto del comportamiento de la serie de índices.

Esto permitió describir el comportamiento hidrológico general a nivel espacial y temporal de las subcuencas que conforman el sistema.

Se logró identificar ciclos secos (y húmedos) además, fue posible observar a priori y en una etapa preliminar, la posible influencia hidrológica de las distintas subcuencas de aporte al embalse.

REFERENCIAS

- Nalbantis, I. (2008). Evaluation of a Hydrological Drought Index. *European Water* 23/24:67-77.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM), (2016). Manual de Indicadores e Índices de sequía. No. 1773, pp. 1-46.
- Paoli H., Elena H., Mosciaro J., Ledesma F., Noé Y. 2011. Caracterización de las cuencas hídricas de las provincias de Salta y Jujuy. INTA EEA Salta, Argentina.
- Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación. Base de Datos del Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH). Red Hidrológica Nacional. <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/Filtros.aspx#> . Fecha de consulta: 15 de abril de 2021.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. 2010. Inventario de presas y centrales de la República Argentina. - 1a ed. Buenos Aires : Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2010. 90 p. ISBN 978-987-23585-8-7
- Vicario, L. 2017. Tesis Doctoral: “Identificación y evaluación de sequías en cuencas seleccionadas de la Región Centro de Argentina”. FCEFyN-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.