

Informe expeditivo

**Análisis de la situación hidrológica a partir de series
observadas y estimadas en un sitio de referencia
en el río Paraná.**

Dra. Ing. LETICIA VICARIO

Noviembre de 2023

1. INTRODUCCIÓN

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

Los excesos hídricos conforman la fase opuesta a los fenómenos de déficit, provocando crecidas o inundaciones en cuyo caso sus efectos perjudiciales afectan a distintos sectores y aspectos de la actividad humana y su calidad de vida.

De tal manera que las tareas que se lleven a cabo con la finalidad de evaluar estos eventos hidrológicos extremos es de gran importancia en el territorio nacional.

A partir de esto y debido a las variaciones hidrológicas que se han observado en los últimos años en el río Paraná se consideró necesario analizar los periodos históricos secos y húmedos, a partir de una evaluación cuantitativa básica en secciones fluviales del río Paraná, Iguazú (ambos aún en territorio brasilero) y Paraguay, con la finalidad de estimar la serie de caudales mensuales aguas arriba de la estación Corrientes (río Paraná en territorio argentino) y su posterior comparación con la serie de datos observada en esta última.

Se analiza la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos históricos, secos y húmedos, en una sección de referencia del río Paraná y la posible influencia de la regulación, dentro del territorio nacional.

2. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Se inició la investigación y recopilación de la información pertinente para desarrollar el análisis de ciclos secos y húmedos, con la premisa de que la información y antecedentes surgieran de sitios oficiales.

2.1.1. DATOS

2.1.1.1. Estaciones seleccionadas

A los fines de desarrollar el presente estudio, se utilizaron las series de caudales medios mensuales de la estación Corrientes en el río Paraná, como serie observada. Para la estimación de la serie natural aguas arriba de la estación Corrientes se utilizó la estación Puerto Bermejo, la cual fue completada con metodologías estadísticas a partir de la serie de la estación Puerto Pilcomayo, ambas sobre el cauce del río Paraguay. A su vez se obtuvieron las series de las estaciones Itaipú (río Paraná) y Baixo Iguazu (río Iguazú) de organismos pertenecientes a Brasil (Figura 1).

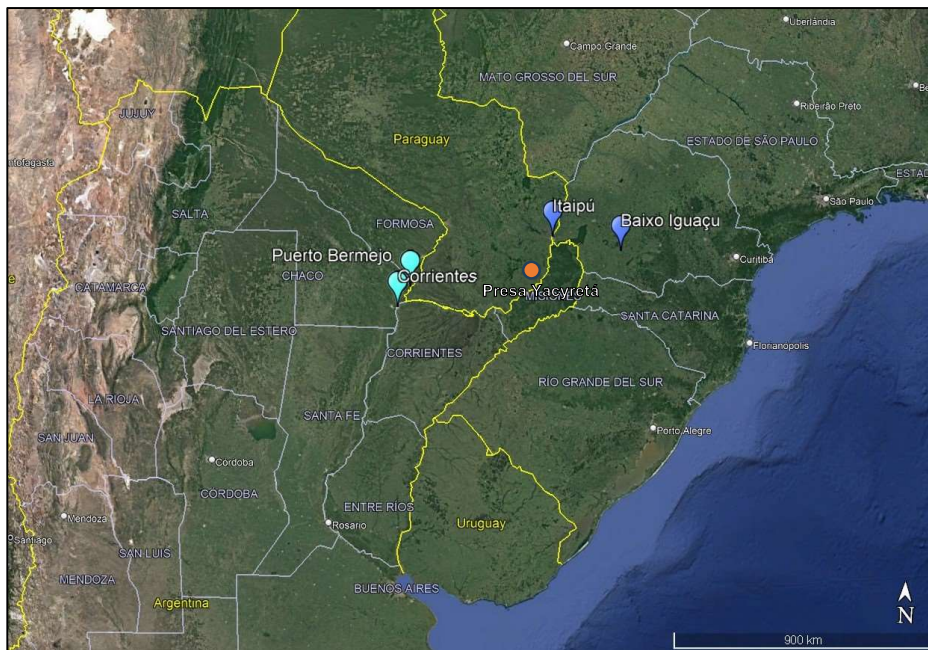


Figura 1.- Ubicación esquemática de las estaciones seleccionadas y de la presa Yacyretá.

Luego de un preprocesamiento y análisis estadístico se obtuvieron las series que se detallan en la Tabla 1.

Río	Nombre	País	Periodo
Río Paraná	Corrientes (Serie observada)	Argentina	1904-2022
Río Paraguay	Puerto Bermejo	Argentina	1956-2022
Río Iguazú	Baixo Iguazú	Brasil	1956-2022
Río Paraná	Itaipú	Brasil	1931-2022

Tabla 1.- Estaciones seleccionadas

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1. Preprocesamiento

En primera instancia se realiza la sumatoria de caudales provenientes de las dos estaciones de Brasil: Itaipú sobre el río Paraná y Baixo Iguazu sobre el río Iguazú (aguas arriba de la Presa binacional Yacyretá) y de la estación Puerto Bermejo sobre el río Paraguay (previamente completada por procesamiento estadístico con una serie cercana aguas arriba, denominada puerto Bermejo).

A partir de esta serie estimada con los aportes (no regulados en el territorio argentino) en el tramo hasta aguas arriba de la estación Corrientes, se realiza la comparación con los valores observados en la misma y a través de un índice pertinente se analizan los distintos periodos hidrológicos.

2.2.2. Índice hidrológico

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 informe es evaluar éste índice en las secciones de interés con la finalidad de observar las características y evolución de los ciclos secos en los años con registros históricos de caudales mensuales y hacer luego su analogía con los valores opuestos para caracterizar los periodos húmedos.

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 periodos denominados k_1 , k_2 , k_3 y k_4 (Nalbantis, 2008). Estos intervalos de tiempo comienzan el primer mes del año hidrológico considerado y se extienden hasta el tercer mes (k_1), hasta el sexto mes (k_2), hasta el noveno mes (k_3) y hasta finalizar el año de doce meses (k_4). Dichos intervalos permiten analizar, en caso de que se detecten eventos de sequías, la evolución de los mismos dentro de cada año considerado.

La expresión que describe dicho índice es:

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

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. El presente trabajo se focaliza en la ocurrencia de sequías intensas (Severas y extremas) a partir del valor $(-1,5)$ del índice.

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	$SDI < -2$

A partir de esta clasificación, se define para este trabajo que periodos opuestos de igual magnitud son definidos como húmedos en pero con igual denominación de estado (suave o leve, moderado, severo y extremo).

2.3. RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra el gráfico de las series por cada río de aporte y la serie estimada total en la confluencia de ambos. Es posible observar que el aporte del río Paraguay es notablemente menor al total de lo aportado por los ríos provenientes desde Brasil.

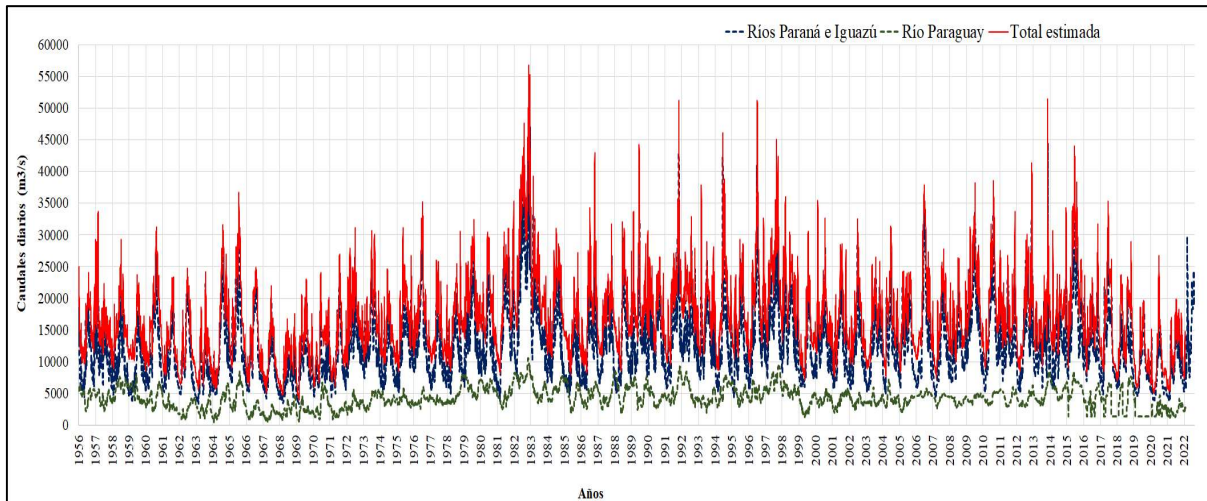


Figura 2.- Series de datos diarios observados en estaciones de los ríos Paraná más Iguazú y Paraguay. Serie diaria total estimada en la confluencia de ambos ríos.

Luego, se obtienen las series de caudales mensuales estimada aguas arriba de la estación Corrientes y la serie de datos observadas en dicha estación.

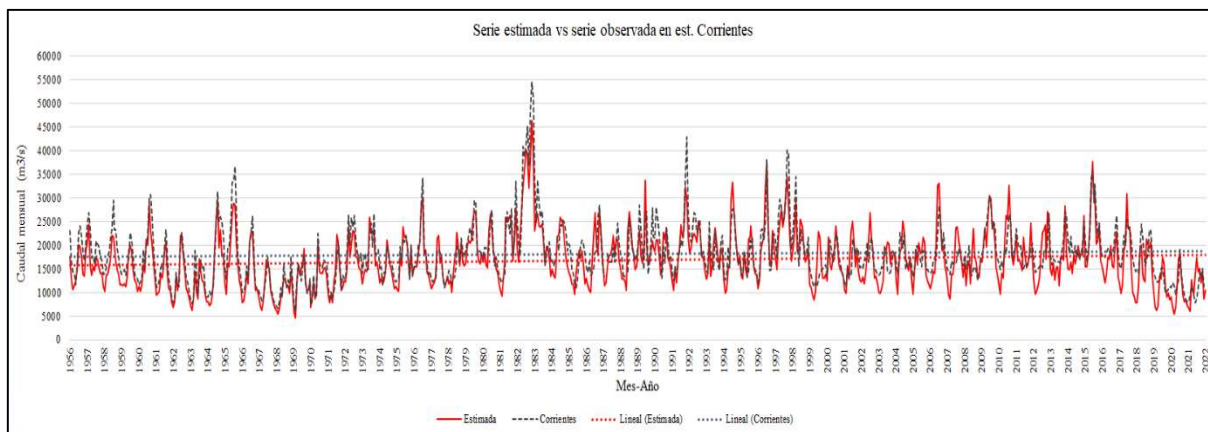


Figura 3.- Series de caudales estimada en la confluencia aguas arriba y la observada en la estación Corrientes (1956-2022).

Es posible observar que de manera general, la serie estimada tiende a subestimar los picos importantes hasta mediados de la década del los '90 e inclusive esto se puede observar en el desfase de las líneas de tendencia. A partir de esa época, los picos son levemente sobreestados en varios casos y los valores mínimos (valles de las curvas) son más intensos respecto de las serie observada.

Cabe notar que la presa de Yacyretá (Figura 1) comenzó a construirse en 1983 y se puso en funcionamiento a fines del año 1994. Lo cual causaría las modificaciones en el comportamiento del regimen de caudales naturales en el sitio de interés analizado. Este cambio se ve reflejado en las Figura 4 (periodo 1956-1994) y Figura 5 (periodo 1994-2022) donde cambia la tendencia de positiva a negativa y en ambos casos la tendencia de la serie estimada es levemente menor a la tendencia de la serie observada.

Esto indicaría que los caudales naturales, presentarían valores menores a los regulados, marcando la mayor probabilidad de presentar ciclos secos a la altura de la estación Corrientes del río Paraná.

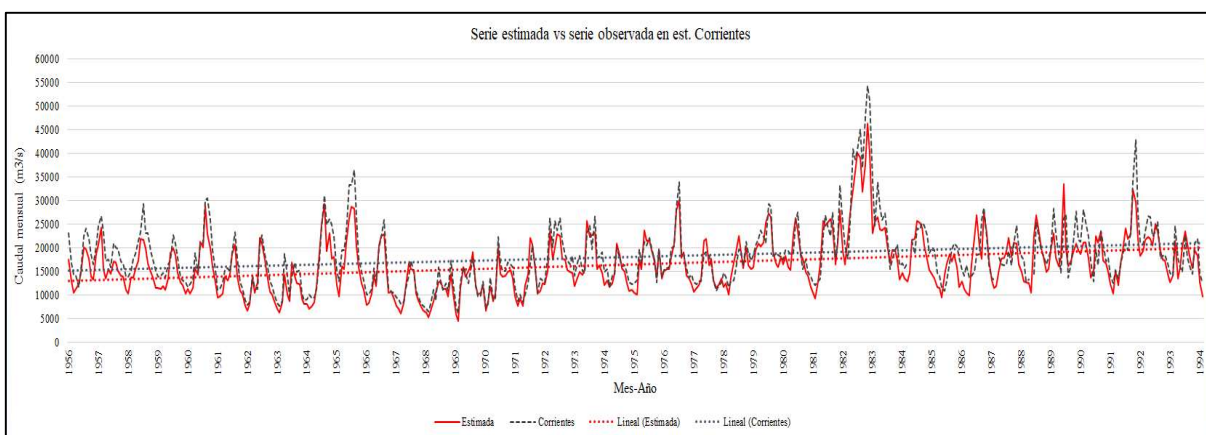


Figura 4.- Serie de caudales estimada en la confluencia aguas arriba y la serie observada en la estación Corrientes (1956-1994).

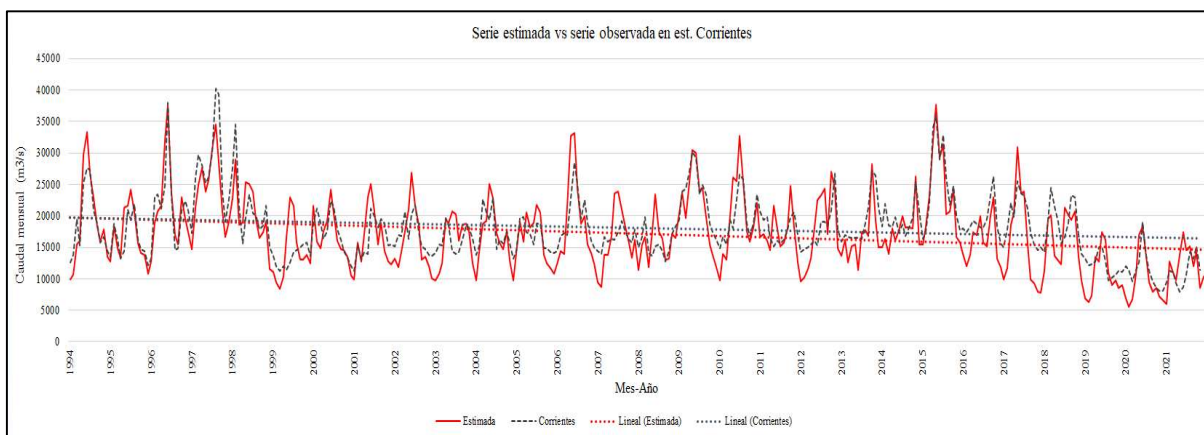


Figura 5.- Serie de caudales estimada en la confluencia aguas arriba y la serie observada en la estación Corrientes (1994-2022).

A partir de esto, se estiman los índices SDI para el análisis de ciclos hidrológicos secos y húmedos en ambas series completas; mostrados la Figura 6. Además se grafican sus medias móviles de 12 meses y se destacan las líneas de los índices con valor 1,5 y (-1,5) para facilitar la identificación de valores severos o extremos de excesos y de sequías hidrológicas, respectivamente.

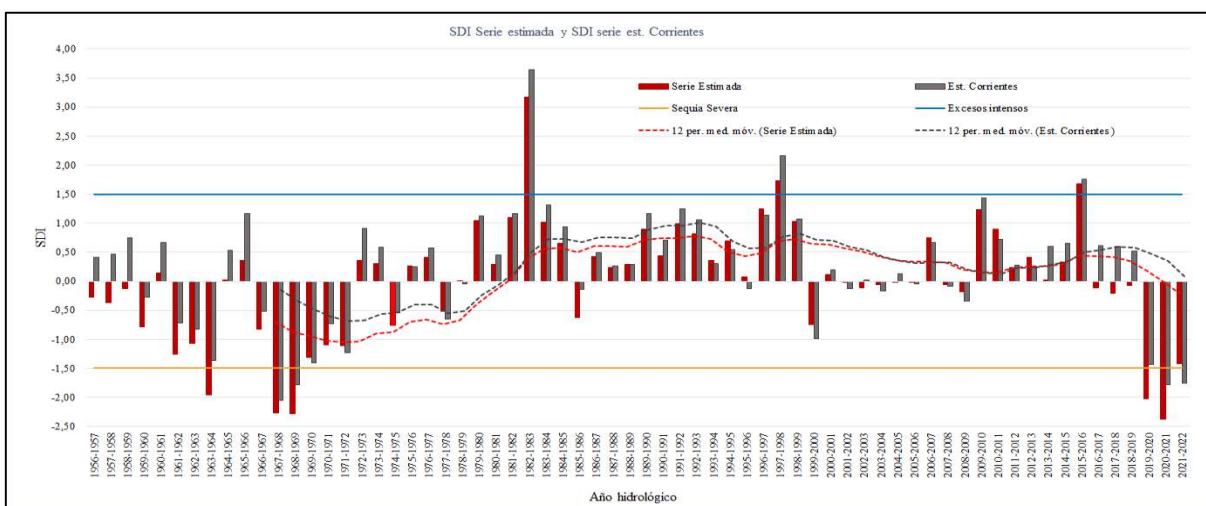


Figura 6.- Índices SDI de la serie de caudales estimada en la confluencia aguas arriba y de la serie de caudales observada en la estación Corrientes (1956-2022); sus respectivas medias móviles (12 meses) y las líneas de los índices representativos de excesos y sequías severas (línea color azul y amarilla, respectivamente).

En el caso de la caracterización de los periodos secos y húmedos a través del índice SDI, es posible observar que ambas series presentan un comportamiento similar en cuanto a la evolución en el tiempo, sin embargo, la serie estimada presentaría periodos de sequías más intensos, tal como se puede observar en los años 1963-1964, 1967-1968 y 2019-2021.

En el caso de los excesos hídricos sucede lo inverso, es decir que en los picos máximos la serie estimada presenta valores menores que la serie observada, tal como en los años 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016.

Cabe destacar que desde principios de la década del '80 la tendencia permanecía en valores normales a húmedos de distintos niveles, hasta el año 2019 que comienza a disminuir notablemente.

3. CONSIDERACIONES FINALES

Fue posible recopilar registros en secciones de los ríos Paraná e Iguazú (Brasil) y del río Paraguay con la finalidad de obtener una serie de caudales totales en la confluencia, aguas arriba de la estación Corrientes, la cual es adoptada como referencia. De tal manera de analizar eventos y periodos hidrológicos extremos, para luego evaluar la posible influencia de la regulación y manejo de los caudales hacia dicha estación.

Se observó que, en caso de no haber regulación, los periodos secos probablemente serían más intensos, mientras que los periodos húmedos o de excesos menos severos.

Cabe destacar que se considera necesario continuar y ampliar este estudio desde una visión integrada de los Recursos Hídricos; además de actualizarlo en caso de obtener los registros necesarios para observar lo ocurrido a nivel hidrológico en el corriente año y en adelante, permitiendo avanzar en el conocimiento de los fenómenos hidrológicos extremos en la cuenca del río Paraná, debido a la importancia regional del mismo.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Nalbantis, I. (2008). Evaluation of a Hydrological Drought Index. *European Water* 23/24:67-77.
- Secretaría de Infraestructura y Políticas Hídricas. Ministerio de Obras Públicas de Argentina. Base Nacional de Información Hídrica. Sitio web: <https://snih.hidricosargentina.gob.ar> (Consulta Octubre, 2023).
- 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.