

ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES CENTENARIAS DE CAUDAL: APLICACIÓN A DATOS DEL RÍO PARANÁ EN LA ESTACIÓN DE AFORO CORRIENTES (1910-2017)

Prof. Pedro S. Blanco
Auxiliar Docente Cátedra Seminario de Fisiografía
Departamento de Geografía – UNNE
pedrosamuelblanco@gmail.com

RESUMEN

Los ríos configuran el paisaje y resultan de la interacción entre múltiples elementos del espacio geográfico. El Paraná se caracteriza por ser muy caudaloso en términos absolutos, aunque ha presentado variaciones a través de los años. En efecto, el caudal expresado en m³/s es una medida hidrométrica muy importante porque representa la cantidad de agua que fluye en el cauce de un curso fluvial por unidad de tiempo.

En la investigación se analizó estadísticamente la variación del caudal del Río Paraná en la ciudad de Corrientes a lo largo del tiempo (1910-2017). Esto se llevó a cabo a partir de la descomposición clásica de series temporales, donde se identificó la tendencia, los ciclos, la estacionalidad y un evento atípico del caudal del Río Paraná en Corrientes para el período estudiado.

Se advierte una tendencia creciente de los caudales del Río Paraná en la ciudad de Corrientes, con ciclos por debajo y por encima de dicha tendencia alternados entre sí, y una estacionalidad de variaciones positivas a finales de verano y negativas al inicio de la primavera. También, se identificó un evento atípico importante de caudal absoluto en la serie centenaria, que se correspondió con un valor de 462.725,3 m³/s registrado en el año 1983, cuyos efectos de la creciente han producido daños a la población y sus recursos.

PALABRAS CLAVES: Caudal anual; Tendencia; Ciclos; Estacionalidad; Evento atípico.

INTRODUCCIÓN

Los ríos representan una suerte de síntesis para los geógrafos, ya que no sólo se encargan de configurar y/o modificar el paisaje, sino que también resultan de la interacción entre múltiples elementos que conforman el espacio geográfico: físicos (topografía, clima, etc.), biológicos (flora y fauna) y humanos (económicos, culturales, políticos, etc.).

Ahora bien, visto como un sistema, un río es un elemento dentro de una cuenca hidrográfica que está representado por una corriente natural de agua que fluye continuamente en un cauce y que posee un caudal determinado en un momento dado (Vich, 1996). A partir de esto, se advierte que las cuencas están integradas por otros componentes que inciden decisivamente sobre el comportamiento del río y sus rasgos particulares. Por tal motivo, el estudio de un curso fluvial requiere necesariamente de un enfoque holístico, integrador y sintético de los procesos del mismo que se dan a lo largo del tiempo.

Según lo expuesto hasta el momento, en este trabajo se pretende analizar estadísticamente la variación temporal del caudal del Río Paraná en la ciudad de Corrientes para un período centenario comprendido desde 1910 hasta 2017.

METODOLOGÍA

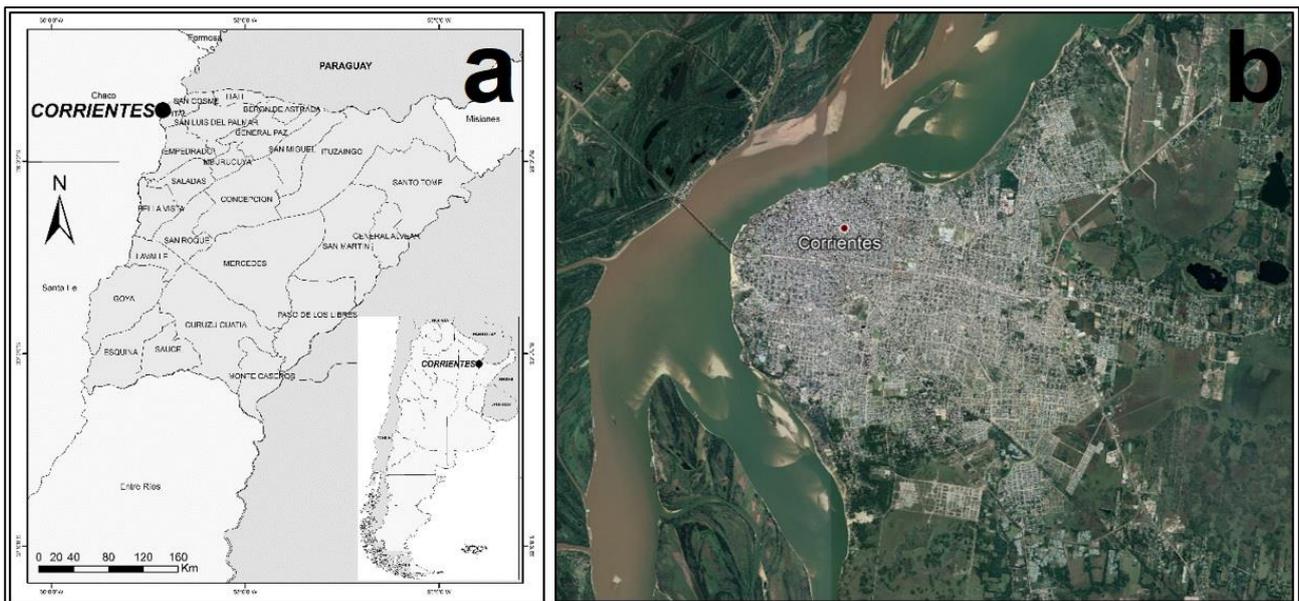
El área de estudio: la ciudad de Corrientes y el Río Paraná

La ciudad de Corrientes, localizada hacia los 27°29' S y 58°49' O, es la capital administrativa de la Provincia homónima situada en el Noreste de la República Argentina (Fig. 1a). Fue fundada el 3 de abril de 1588 por el Adelantado Juan Torres de Vera y Aragón, quien la denominó inicialmente como San Juan de Vera de las Siete Corrientes (en referencia a las corrientes de agua generadas a partir de las siete puntas que se adentran en el cauce del Paraná). Desde un punto de vista físico, la ciudad se emplaza sobre formaciones de bancos de arena y posee riberas con barrancas cuya altura promedio es de 65 metros, ubicadas fuera del valle de inundación del Río Paraná.

El Río Paraná se sitúa hacia el Sureste de Sudamérica y es uno de los cursos fluviales más importantes del subcontinente. Su nacimiento se encuentra en la región de Mato Grosso del Sur y Minas Gerais, en el Centro-Suroeste de Brasil, e integra la cuenca del Río del Plata, que ocupa una superficie aproximada de 3.170.000 km². En general, sus aguas escurren de Norte a Sur, atravesando cuatro países (Bolivia, Brasil, Paraguay y Argentina), donde cambia de dirección en distintas ocasiones y desemboca finalmente en el Río de la Plata.

El Río Paraná se caracteriza por ser muy caudaloso en términos absolutos (en promedio, a la altura de Corrientes, el caudal mensual aproximado es de 16.000 m³/s) y bordea la capital correntina por el Norte y Oeste (Fig. 1b), cuya ribera es de 50 km de longitud y se caracteriza por barrancos erosionados por las crecidas y estiajes del río y playas de arena silíceas utilizadas por visitantes del país y del extranjero como lugar de recreación y esparcimiento.

Fig. 1: (a) Localización de la ciudad de Corrientes en la Provincia homónima y en la República Argentina. Fuente: IGN, 2018; (b) Imagen satelital de la ciudad de Corrientes y el Río Paraná. Fuente: Google Earth Pro, Corrientes, 13/07/2018.



Datos utilizados y técnica aplicada

El análisis evolutivo de un río es efectuado a través de sus distintos caracteres susceptibles de ser medidos continuamente; uno de ellos es el caudal, expresado en metros cúbicos por segundo (m³/s), que representa la cantidad de agua que fluye en el cauce de un curso fluvial por unidad de tiempo (Vich, 1996). La descripción del comportamiento hidrológico de un río *“arranca con el conocimiento de los caudales y de sus variaciones”* (Bruniard, 1992).

Dado el continuo registro de observaciones del caudal de un río, se obtiene un gran volumen de datos que resulta complejo de ser analizado. Por esta razón, diversos autores sugieren utilizar el caudal medio mensual (promedio de los caudales diarios en un mes dado) o el caudal anual (sumatoria de los caudales medio mensuales en un año determinado). Según Remenieras (1974), las observaciones de caudal registradas para largas series de años *“forman un conjunto importante de cifras que conviene examinar según los métodos que facilitan su análisis, y permiten extraer los elementos que interesan al hidrólogo”*.

Según Grisolle *et al.* (1962), si se desea analizar datos de un fenómeno en un período de tiempo lo suficientemente largo, *“la serie permite observar ciertos componentes fundamentales: tendencia general, ciclos, movimientos periódicos y elementos aleatorios”*; este enfoque es conocido como *“descomposición clásica”* (Fischer, 1995) y cada uno de estos componentes se define de la siguiente manera:

- **Tendencia:** Movimiento a largo plazo del conjunto de datos. Es una variación lenta, persistente y regular que implica frecuentemente crecimiento o decrecimiento.

- **Ciclos:** Movimientos periódicos o cuasi-periódicos a largo plazo del conjunto de datos, caracterizados por oscilaciones de amplitud variable siempre superiores al año donde se indica una secuencia de observaciones por encima y por debajo de la tendencia.
- **Estacionalidad:** Movimiento periódico a corto plazo del conjunto de datos, vinculado a las estaciones, que se repite regularmente a través de los años.
- **Eventos atípicos (outliers):** Fenómenos anómalos o extraños en el comportamiento normal del conjunto de datos, los cuales no muestran regularidad y se relacionan con valores extremos.

A partir de este tratamiento estadístico de series temporales, se utilizaron datos de caudales medio mensuales (expresados en m³/s), de la estación de aforo Corrientes de la Red Hidrometeorológica Nacional, para el período comprendido desde enero de 1910 hasta diciembre de 2017, cuya fuente es la Base de Datos Hidrológica Integrada (BDHI) de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación (Fig. 2).

Fig. 2: Ubicación de la estación de aforo Corrientes, de la Red Hidrometeorológica Nacional. Fuente: BDHI, 2018.



RESULTADOS Y ANÁLISIS

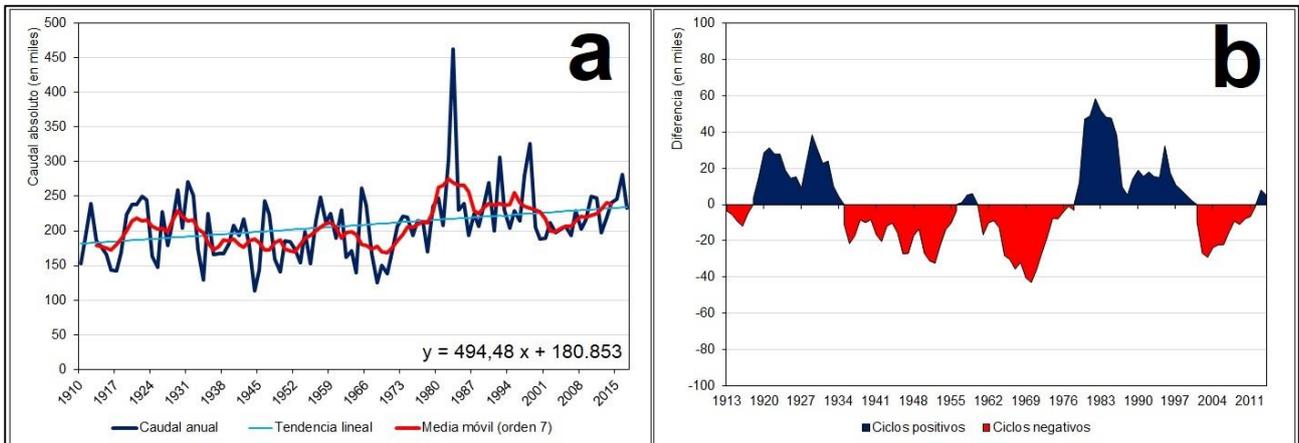
Tendencia y movimientos cíclicos del caudal

Dadas las definiciones de tendencia y ciclos de una serie temporal, ambos asociados con movimientos a largo plazo mayor al año del conjunto de datos, se utilizaron en este trabajo los caudales anuales calculados a partir de la sumatoria de los caudales medio mensuales por año del período considerado (1910-2017).

Por una parte, la serie de caudales anuales fue representada en un gráfico de línea, donde se incorporó su tendencia lineal estimada por el Método de mínimos cuadrados con su respectiva ecuación de regresión lineal simple y se incluyó su tendencia calculada a partir del Método de medias móviles de orden 7 (Fig. 3a).

Por otra parte, para advertir los ciclos de caudal se construyó un gráfico evolutivo de sectores donde se representaron las diferencias de las medias móviles de cada año respecto de la tendencia (expresadas en valores absolutos) para el período 1913-2014, considerando que se pierden datos en los extremos (Fig. 3b).

Fig. Nº3: (a) Serie temporal y tendencias del caudal anual para la estación de aforo Corrientes (1910-2017); (b) Ciclos de caudal para la estación de aforo Corrientes (1913-2014). Fuente de ambas figuras: Elaboración propia con base en datos extraídos de la BDHI, 2018.



La tendencia de los caudales anuales del Río Paraná en la ciudad de Corrientes es creciente para el período comprendido desde 1910 hasta 2017, con un incremento promedio de 494,48 m³/s de año en año, considerando el valor de la constante b de la ecuación de la recta de ajuste.

El Río Paraná en Corrientes presenta al menos cuatro ciclos de caudal negativos y cuatro positivos para el período estudiado (1913-2014) alternados sucesivamente entre sí. A pesar de esto, se advierte que la duración de los mismos no es regular ni tampoco existe una periodicidad dada. En relación a los valores que asume cada fase, las negativas tienen más regularidad en las diferencias respecto de la tendencia general que las positivas: en el primer caso, los caudales fluctúan entre 12.000 y 43.000 m³/s mientras que, en el segundo caso, varían entre 6.000 y 58.400 m³/s.

Estacionalidad del caudal

La estacionalidad del caudal del Río Paraná en Corrientes fue estimada a través del Índice de Variación Estacional (IVE), cuyos valores muestran una comparación parcial mes a mes de los caudales respecto del promedio general o valor de referencia. En este caso, se construyó un gráfico lineal con las diferencias porcentuales del IVE de los caudales a través del año y en promedio para el período 1910-2017 (Fig. 4).

Las mayores diferencias positivas se encuentran en febrero y marzo, mientras que las negativas se dan en agosto y septiembre; esto quiere decir que en dichos meses del año hay más variación porcentual del caudal (por encima y por debajo del valor medio, respectivamente). Entre el máximo y el mínimo existe una amplitud aproximada de 11,24%, con un decrecimiento general a lo largo de siete meses desde marzo hasta septiembre y un notable incremento en cinco meses de octubre a febrero.

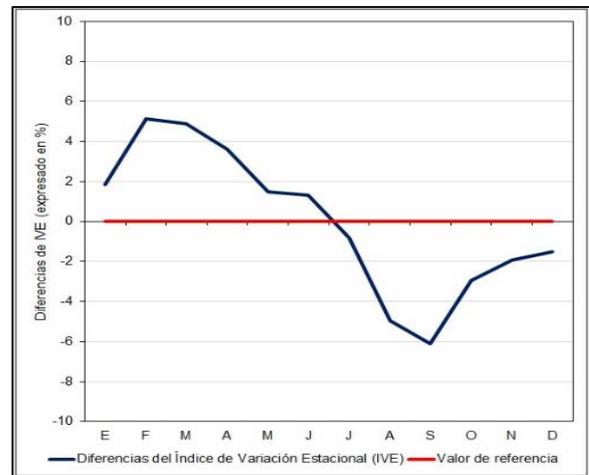


Fig. 4: Variación anual de la diferencia porcentual del IVE de los caudales medio mensuales, en Corrientes (1910-2017). Fuente: Elaboración propia con base en datos de la BDHI, 2018.

Evento atípico del caudal

Según la variación del caudal a lo largo del período 1910-2017, en la estación de aforo Corrientes se identificó a simple vista un valor “outlier” (de 462.725,3 m³/s, específicamente) que se correspondió con la creciente ocurrida en el año 1983 en la capital correntina y sus alrededores (Fig. 3a). Si bien el espacio de estudio fue afectado por distintas crecientes en el tiempo, la del '83 fue la más influyente por los valores alcanzados y los daños ocasionados a los recursos de la población (El Norte de Corrientes, 2014).

Desde finales de 1982 hasta mediados de 1983, la ciudad de Corrientes y otros lugares ribereños sufrieron una creciente del Paraná que alcanzó valores récords en cuanto a la altura del río y el caudal escurrido (Fig. 5). En junio del '83 se había llegado a una altura hidrométrica promedio de 8,6 metros (superando los 9 metros en datos diarios) y un caudal medio mensual de 54.468 m³/s.

Las crecientes en el Paraná tienen un amplio espacio para ocupar debido a las diferentes terrazas que presenta el valle de inundación. En efecto, a medida que el caudal se incrementa el agua del río va ocupando progresivamente los niveles de la planicie aluvial, aunque “las crecidas excepcionales crean serios problemas a los ribereños, incluso en la periferia de algunas poblaciones” (Popolizio y Serra, 1980).



Fig. 5: La Punta San Sebastián, en la ciudad de Corrientes, durante la creciente del '83. Fuente: El Litoral, 2016.

CONSIDERACIONES FINALES

El caudal es una medida hidrométrica variable en el tiempo. Su importancia geográfica radica en las distintas maneras en las que influye sobre el paisaje. Por tal motivo, a partir del tratamiento estadístico de los datos, en este trabajo se analizó y caracterizó sintéticamente la variación centenaria del caudal del Río Paraná en la ciudad de Corrientes.

En general, se observa una tendencia creciente del caudal del Paraná en la ciudad de Corrientes, con ciclos alternados entre sí por debajo y por encima del movimiento general de los datos. Asimismo, la estacionalidad del río muestra variaciones positivas a finales de verano y negativas a inicio de la primavera, con un amplitud anual de 11,24%. También, se identificó un evento atípico importante de caudal absoluto en la serie centenaria, que se correspondió con un valor de 462.725,3 m³/s registrado en el año 1983, cuyos efectos de la creciente han producido daños a la población y sus recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- Advierten la proximidad de un pico de crecida similar al registrado en 1983 (2016, 25 de enero). EL LITORAL. Disponible en: <https://www.ellitoral.com.ar/corrientes/2016-1-25-1-0-0-advierten-la-proximidad-de-un-pico-de-crecida-similar-al-registrado-en-1983>.
- Base de Datos Hidrológica Integrada – BDHI (2018, 14 de septiembre). [Base de datos]. Buenos Aires: Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación. Disponible en: <http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/>.
- Bruniard, E. (1992). *Hidrografía: procesos y tipos de escurrimiento superficial*. Buenos Aires: CEYNE. 124 p. Corrientes, Argentina. 13/07/2018. Escala indeterminada, “Google Earth Pro”. (17/09/2018).
- Corrientes, una ciudad marcada por las sucesivas crecientes (2014, 15 de junio). EL NORTE DE CORRIENTES. Disponible en: <http://www.nortecorrientes.com/article/39921/corrientes-una-ciudad-marcada-por-las-sucesivas-crecientes->.
- Fischer, B. (1995). *Decomposition of time series comparing different methods in theory and practice*. Luxemburgo: Eurostat. 73 p.
- Grisollet, H. et al. 1962. *Climatologie. Méthodes et pratiques*. Paris: Gauthier-Villars & Cie Éditeur.
- Instituto Geográfico Nacional – IGN (2018, 10 de septiembre). Capas SIG. Disponible en: <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGoespacial/CapasSIG>.
- Popolizio, E. y Serra, P. (1980). *Bases fisiográficas para el estudio de las crecientes e inundaciones de la Mesopotamia Argentina*. En: “Serie ‘C’ investigación”, Vol. 15 N°1-3. Resistencia: Centro de Geociencias Aplicadas-UNNE.
- Remenieras, G. (1974). *Tratado de Hidrología Aplicada*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S. A., 2° edición. 515 p.
- Vich, A. (1996). *Aguas continentales: formas y procesos*. Mendoza: Centro de Economía, Legislación y Administración del agua. 100 p.