

# CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DEL FALDEO NORTE DE LAS SIERRAS DE TANDIL

Lucas Damián Mena, Pablo Gustavo Romanazzi

CIC, UNLP, Argentina

Calle 47 y 116, La Plata. Argentina, +54-221-423-6691 int. 197, lucasdamianmena90@gmail.com

## Introducción

La zona del faldeo norte de las sierras de Tandil, ubicada en el centro de la Provincia de Buenos Aires de la República Argentina, presenta un gran potencial productivo que no es posible de ser explotado de manera eficiente y adecuada debido a la alteración periódica originada en los desbordes de ríos y arroyos, en las inundaciones prolongadas, y también en los extensos períodos de sequía.

A pesar de las acciones que se han desarrollado a lo largo del tiempo, no se ha podido resolver esta problemática, resulta necesario contribuir a un adecuado esquema de solución comenzando con la sistematización de la información hidrológica de la región.

## Objetivos

El objetivo del presente trabajo es el de generar y validar, a partir de la información disponible, histórica y actual, una herramienta de fácil implementación que permita estimar, de manera confiable, la relación precipitación-escorrentía en la cuenca alta del faldeo norte de las sierras de Tandil.

## Metodología

El marco espacial de estudio se ubica en las cabeceras de los arroyos Azul (AZ), Chapaleofú (CHA) y Los Huesos (LH), extendiéndose desde sus nacientes en las sierras de Tandil hasta el cruce con la Ruta Nacional N°226 (Figura 1).

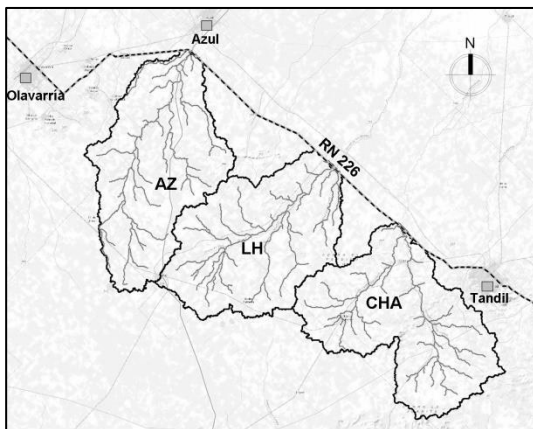


Figura 1.- Área de estudio

Para delimitar las cuencas de los citados arroyos y obtener sus parámetros geomorfológicos, se utilizaron mapas topográficos, imágenes satelitales y el modelo digital de elevaciones (MDE), generado a partir de las imágenes de la Misión Topográfica Radar Shuttle (SRTM) obtenidas del sitio Web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (<https://www.usgs.gov/>).

Los parámetros empleados en el presente estudio fueron el área de la cuenca, la pendiente media de la cuenca, la longitud del cauce principal, la pendiente del cauce principal, y la longitud al baricentro de la cuenca a la sección de control.

En cuanto a la disponibilidad de información hidrometeorológica, se observa que las tres cuencas cuentan con abundante información histórica de lluvias y caudales. Con el propósito de resumir esta información, se evalúa la relación existente entre los caudales pico de los hidrogramas y los volúmenes escurridos.

Para la caracterización hidrológica de la región, se elige un método basado en el hidrograma unitario sintético de Snyder, debido a su simplicidad y por tratarse de un método concebido en una zona de características semejantes a la del presente trabajo. Las expresiones de este método son las siguientes:

$$T_p = C_t \cdot \left( \frac{L \cdot L_c}{\sqrt{i}} \right)^{0.3} \quad Q_p = \frac{C_p \cdot A}{0.0036 \cdot T_p} \quad [1]$$

Siendo:  $Q_p$ =caudal pico [ $m^3/s$ ];  $T_p$ =tiempo al pico del hidrograma [horas];  $L$ =longitud del cauce del arroyo [km];  $L_c$ =longitud del baricentro a la sección de control [km];  $i$ =pendiente media del curso principal [-];  $A$ =área de la cuenca [ $km^2$ ];  $C_p$ =coeficiente de pico;  $C_t$ =coeficiente de tiempo.

Al analizar los parámetros intervinientes en las expresiones [1] se observa que no está presente la pendiente media de la cuenca ( $i_{cm}$ ), una de las principales características geomorfológicas de la región. Con el objetivo de evaluar el grado de influencia de este parámetro, se ensayan distintas alternativas para su inclusión en [1].

El procedimiento para determinar los valores de  $Q_p$  y  $T_p$  correspondientes a cada cuenca, que intervienen en las expresiones indicadas más arriba, consiste en separar los hidrogramas unimodales más representativos de los años de registro, y para cada uno de estos eventos determinar el tiempo al pico, el caudal pico y el volumen de escurrimiento directo.

Para determinar el caudal pico del hidrograma unitario se adopta una precipitación unitaria y se utiliza la relación existente entre los caudales pico y los volúmenes escurridos, y se elige como tiempo al pico del hidrograma unitario al promedio de los tiempos al pico registrados en los hidrogramas seleccionados.

Con la información obtenida de los hidrogramas unitarios y la información geomorfológica de las cuencas, mediante la expresión [1] se puede determinar el valor de los coeficientes característicos  $C_p$  y  $C_t$ .

Se utilizan técnicas de optimización para determinar los valores de  $C_p$  y  $C_t$  representativos para la región, que minimizan el error cometido en la estimación de caudales.

Finalmente, con la intención de validar y/o ajustar la metodología desarrollada, y así poder extender su uso a cuencas aledañas de similares características, se aplica la metodología a la cuenca del A° Santa Catalina, una pequeña cuenca de la región que cuenta con información hidrometeorológica actualizada.

## Resultados

En base a la información detallada, se obtuvieron los parámetros geomorfológicos correspondientes a las cuencas de los arroyos Chapaleofú, Los Huesos y Azul, que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Parámetros geomorfológicos de CHA, LH y AZ

Cuenca	A [km <sup>2</sup> ]	L [km]	Lc [km]	i [%]	i <sub>cm</sub> [%]
CHA	1118	51.6	24.2	0.18	11.75
LH	1084	55.3	27.2	0.16	10.47
AZ	1101	70.7	35.9	0.13	7.70

Paralelamente se determinó, para cada cuenca, la correlación existente entre caudal pico (Q<sub>p</sub>) y volumen del hidrograma (V). En la Figura 2 se muestran los valores obtenidos para la cuenca del arroyo Los Huesos y el ajuste lineal realizado.

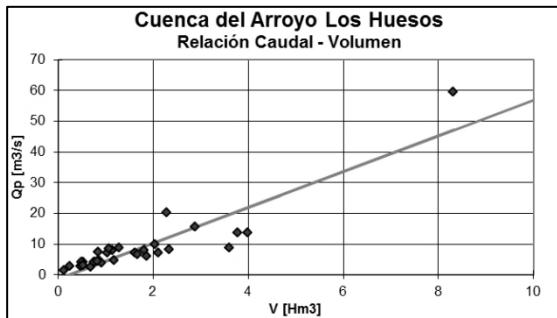


Figura 2.- Relación Q<sub>p</sub>-V de la cuenca LH

Las expresiones obtenidas para cada una de las cuencas se indican en las ecuaciones [2]:

$$\text{CHA: } Q_p = 7.25 \cdot V + 0.10$$

$$\text{LH: } Q_p = 5.82 \cdot V - 1.31 \quad [2]$$

$$\text{AZ: } Q_p = 4.31 \cdot V - 0.50$$

Adoptando una precipitación unitaria efectiva de 10mm se determinó, para cada cuenca, el volumen unitario (Vu) y, mediante las ecuaciones [2], se procedió a calcular el caudal pico unitario (Q<sub>pu</sub>). Estos valores junto con el promedio de los tiempos al pico de los hidrogramas seleccionados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.- Valores de Vu, Q<sub>pu</sub> y T<sub>pu</sub> calculados para CHA, LH y AZ

Cuenca	Vu [Hm <sup>3</sup> ]	Q <sub>pu</sub> [m <sup>3</sup> /s]	T <sub>pu</sub> [horas]
CHA	11.18	81.19	41
LH	10.84	61.76	43
AZ	11.01	48	44

Aplicando las ecuaciones [1], se calculan los valores de Ct y Cp representativos de la región, elegidos de modo que minimicen el error en la estimación de caudales. Estos valores son **Ct=1.75** y **Cp=0.0088**. En la Tabla 4 se muestran los caudales pico estimados (Q<sub>p<sub>est</sub></sub>) y los errores cometidos en la estimación por comparación con los caudales Q<sub>p</sub> calculados mediante [2].

Tabla 3.- Comparación entre caudales pico calculados y estimados

Cuenca	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>p<sub>est</sub></sub> [m <sup>3</sup> /s]	Error <sub>rel</sub> [%]
CHA	81.19	71.10	-12
LH	61.76	64.12	4
AZ	48	53.89	12

Con el propósito de reducir el margen de error obtenido, se estudian distintas alternativas de modificación de las

expresiones [1] que incorporen a la pendiente media de la cuenca. La evaluación de los errores obtenidos en cada alternativa permitió seleccionar la formulación más adecuada, que se indica en las expresiones [3].

$$T_p = C_{tm} \cdot \left( \frac{L \cdot L_c}{\sqrt{i}} \right)^{0.3} \quad Q_p = \frac{C_{pm} \cdot A \cdot \sqrt{i_{cm}}}{0.0036 \cdot T_p} \quad [3]$$

Los coeficientes regionales que resultan de la aplicación de las expresiones [3] son **C<sub>tm</sub>=1.75** y **C<sub>pm</sub>=0.0275**. En la Tabla 6 se muestra la comparación entre los caudales pico calculados con [2] y los estimados utilizando estos nuevos coeficientes.

Tabla 4.- Comparación entre caudales pico calculados y estimados

Cuenca	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>p<sub>est</sub></sub> [m <sup>3</sup> /s]	Error <sub>rel</sub> [%]
CHA	81.19	76.33	-6
LH	61.76	64.98	5
AZ	48	46.84	-2

Del análisis de los errores obtenidos en la aplicación de [1] y [3] (tablas 3 y 4) se observa una mejora significativa en la estimación de caudales, lograda con la incorporación de la pendiente media de la cuenca como parámetro representativo de la zona de estudio.

Por último, la validación de la herramienta desarrollada se realiza aplicando las expresiones [3] junto con los coeficientes regionales obtenidos (C<sub>tm</sub> y C<sub>pm</sub>), en la cuenca del arroyo Santa Catalina (SC). La información hidrometeorológica de esta cuenca fue procesada de manera similar a la de los demás arroyos, y puede resumirse en la Figura 3 y ecuación [4].

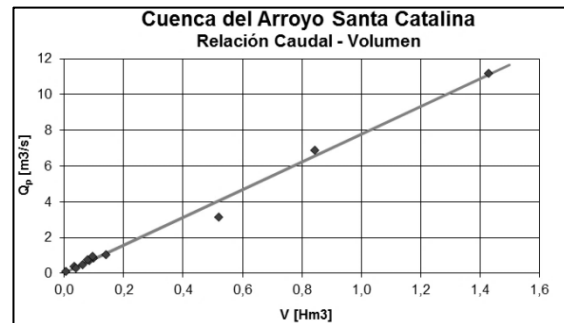


Figura 3.- Relación Q<sub>p</sub>-V de la cuenca SC

$$\text{SC: } Q_p = 7.74 \cdot V + 0.03 \quad [4]$$

En la Tabla 5 se observan los caudales pico estimados con [3] y los errores cometidos al compararlos con los caudales pico calculados con [4].

Tabla 5.- Comparación entre caudales pico calculados y estimados

Cuenca	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>p<sub>est</sub></sub> [m <sup>3</sup> /s]	Error <sub>rel</sub> [%]
SC	10.86	11.75	8

## Conclusiones

La magnitud de los errores mostrados en las Tablas 4 y 5 permiten considerar que la herramienta desarrollada junto con los coeficientes regionales hallados, pueden servir para estimar de manera confiable los caudales pico para los arroyos de la región.

Los aceptables resultados abren las puertas a continuar este estudio mediante la extrapolación de las relaciones obtenidas a regiones de características similares, como es el caso del Sistema de las sierras de Ventania.