

# ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO PARA SITUACIONES DE EXCESO Y DÉFICIT HÍDRICO EN UNA CUENCA SERRANA

Camila B. Anselmino<sup>ab1</sup>, Evelin A. Gonzalez Fuentes<sup>ab2</sup>, Lucía de Antueno<sup>ab</sup> y Fernanda J. Gaspari<sup>ab</sup>

<sup>a</sup> Curso Manejo de Cuencas Hidrográficas, FCAyF, UNLP, ARGENTINA.

<sup>b</sup> Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE), UNLP, ARGENTINA.

<sup>1</sup>camila.anselmio@agro.unlp.edu.ar <sup>2</sup>evelin.gonzalez@agro.unlp.edu.ar

## Resumen

El análisis del comportamiento hidrológico de una cuenca permite cuantificar su dinámica ante eventos de precipitación y evidenciar situaciones de exceso o déficit hídrico. Este estudio se llevó a cabo en la Cuenca Alta del Arroyo Napaleofú, provincia de Buenos Aires, que abarca una superficie de 331 km<sup>2</sup>; donde se realizan diferentes actividades agrícolas-ganaderas y turismo, que influyen en la respuesta hídrica de la cuenca. El objetivo general del trabajo fue analizar el comportamiento hidrológico de la cuenca ante eventos extremos. Para analizar dicho comportamiento, se recurrió a modelos de simulación lluvia-escorrentía, como el software HEC-HMS, con el que se realizaron simulaciones que involucraron tormentas sucedidas en el año 2013, registradas en la estación meteorológica La Esperanza, ubicada en la zona de estudio. Se aplicó el método del Número de Curva, desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, para la transformación lluvia-caudal. El método requiere información sobre el uso del suelo y/o cobertura vegetal, textura edáfica (Grupo Hidrológico) y condición de humedad antecedente (CHA). Las modelaciones se realizaron para las CHA: suelo seco, medio y húmedo. Los eventos utilizados fueron: uno extremo de 149,4 mm/5 h (A), una tormenta media de 43,8 mm/5 h (B), y se determinaron tres tormentas teóricas, donde iniciara la respuesta hidrológica de la cuenca (C1 seco, C2 medio y C3 húmedo). En conclusión, el comportamiento hidrológico de la cuenca depende no solo de la intensidad de la tormenta, sino también de la condición de humedad antecedente del suelo, y en consecuencia del número de curva asignado a cada situación.

## Introducción

El análisis del comportamiento hidrológico de una cuenca permite cuantificar su dinámica ante eventos de precipitación y evidenciar situaciones de exceso y/o déficit hídrico.

La variabilidad en la respuesta a la escorrentía en una cuenca está dada por la interacción de distintos factores. Entre los mismos se pueden mencionar las diferencias en la distribución espacial de las tormentas y la intensidad pluvial (Ares et al., 2012).

El caso en estudio es la Cuenca Alta del Arroyo Napaleofú (CAAN) se encuentra al sudeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1), entre los partidos de Tandil, Lobería y Balcarce; comprende una extensión de 331 km<sup>2</sup> y está definida por trece subcuencas.

El objetivo del trabajo fue analizar el comportamiento hidrológico de la CAAN para eventos extremos.

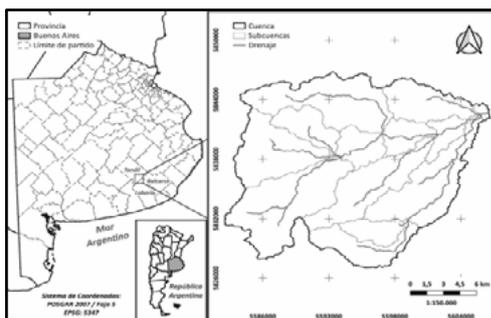


Figura 1. Ubicación de la CAAN.

## Materiales y métodos

Para la modelización hidrológica se utilizó el software HEC-HMS versión 4.2.1, que es un sistema matemático de modelado diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de los sistemas de cuencas hidrográficas dendríticas. El software incluye procedimientos tradicionales de análisis hidrológico, como infiltración de eventos, hidrogramas unitarios y enrutamiento hidrológico (CIH, 2017).

El escurrimiento superficial se determinó por medio de la implementación del método del Número de Curva (NC) en un módulo del HEC-HMC. El método NC es un procedimiento ampliamente utilizado para estimar el exceso/pérdida de precipitación que tiene en cuenta el uso de la tierra y los tipos de suelo. Los procedimientos de NC se derivaron empíricamente de estudios de pequeñas cuencas agrícolas (HEC-HMS, 2023). Dicho método requiere información sobre vegetación y uso del suelo, textura edáfica (porcentaje de arena, limo y arcilla) y de la condición de humedad antecedente del suelo (CHA), después de 5-10 días de ocurrida una precipitación (Gaspari et al., 2013). En función de ello, se asignaron valores de NC, de 0 a 100, considerando que los más altos indican que predomina el fenómeno de escorrentía por sobre la infiltración. Los NC asignados variaron en función de la CHA. Como situación de exceso (suelo húmedo) se utilizó la condición III, y como déficit (suelo seco) la condición I; siendo la condición media, II.

Por un lado, se seleccionaron dos tormentas reales, con duración de cinco horas, registradas en la estación meteorológica La Esperanza ubicada en la cuenca, las mismas fueron: A (43,8 mm) y B (149,4 mm). Ambas tormentas se modelaron para los NC asignados en las tres CHA y se lograron las seis respuestas hidrológicas modeladas con el programa HEC-HMS.

Por otro lado, con los valores de NC ya asignados a las distintas CHA, se buscó, por medio del método iterativo de modelación, la tormenta que presentara una respuesta hidrológica en cada una de las trece subcuencas. Para ello, se consideró como condición de control que en la cuenca se genere un caudal pico de al menos 40 m<sup>3</sup>/s. Las tormentas creadas fueron de 54 mm para la CHA I, 29 mm para la CHA II y de 12,6 mm para la CHA III utilizadas para la modelación con el HEC-HMS.

En la Figura 2, se observan las variaciones de los mm llovidos para las distintas tormentas (A, B, C1, C2 y C3), dividido en intervalos de 30 minutos durante el período de ocurrencia.

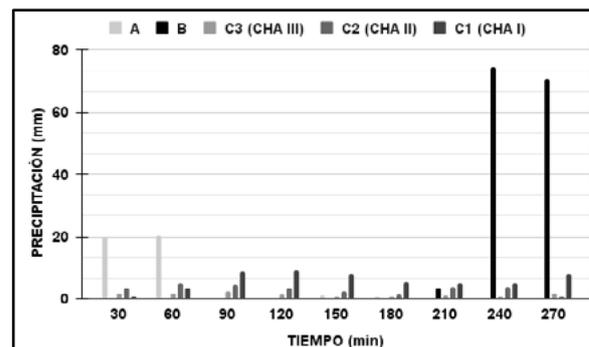


Figura 2. Comparación de las cinco tormentas modeladas.

## Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos de las modelaciones realizadas con HEC-HMS se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de la modelación a la salida de la cuenca.

CHA	Tormenta	Caudal pico [m <sup>3</sup> /s]	Tiempo [hs]
I	A	9,1	7:00
	B	1007,1	7:30
	C1	41,2	9:00
II	A	151	5:00
	B	1886,9	7:00
	C2	41,7	8:30
III	A	507,7	4:00
	B	2731,8	7:00
	C3	40	8:00

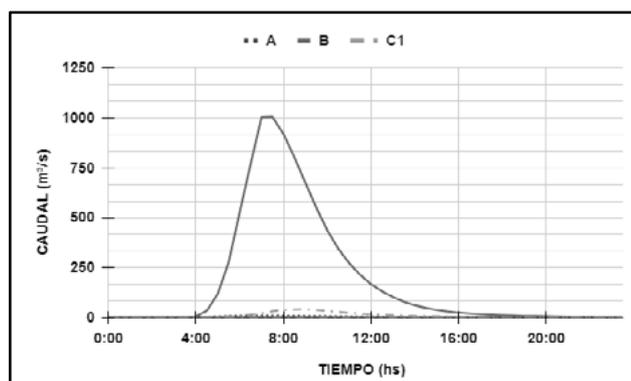
Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto y observando la Tabla 1, se considera que la tormenta A para la CHA I, genera una respuesta hidrológica en el territorio estudiado, pero menor a las condiciones de control, por ello ha sido descartada.

En las Figuras 3, 4 y 5 se presentan los hidrogramas totales generados en las tres CHA, obtenidos en la modelación. Para el caso de las tormentas C, se observa que el caudal erogado es similar en los 3 casos; mientras que varía en las tormentas A y B. Se observa, además, la respuesta de la cuenca a cada tormenta y el momento de ocurrencia del pico. Para el caso de la tormenta A, la ocurrencia del pico de caudal, varía dependiendo de CHA; como ser: en la condición seca ocurre luego de 7 horas de duración, en la condición media luego de 5 horas y en la condición húmeda, luego de 4 horas.

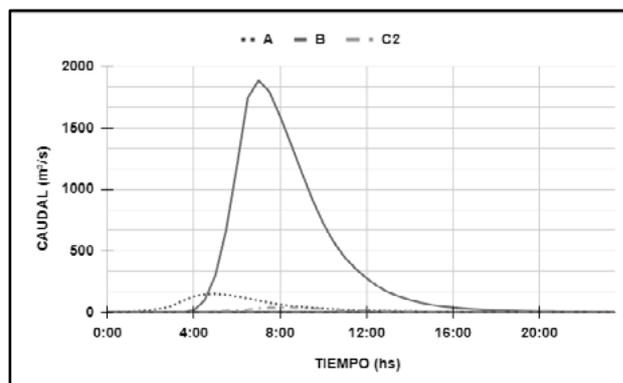
Se logró el objetivo del trabajo que fue analizar el comportamiento hidrológico de la cuenca en situaciones extremas mediante la variación de la intensidad de la tormenta según el estado hídrico del suelo.

Como era de esperarse, el CHA es un factor que incide en forma directa sobre la velocidad de infiltración, ya que disminuye a medida que el contenido de agua en el suelo aumenta. Por ello, en la condición seca (I), el escurrimiento es menor en volumen y en caudal, debido a que en el suelo prevalece el fenómeno de infiltración por sobre la escorrentía (NC más bajos). Por otro lado, en la condición húmeda (III), al encontrarse el suelo saturado, predominará la escorrentía por sobre la infiltración (NC más altos).

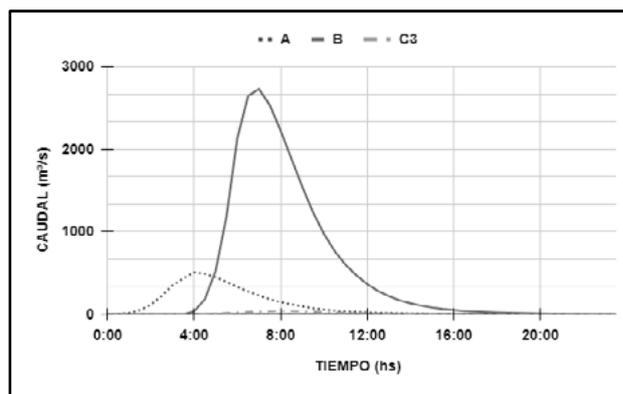
Para tormenta A, el momento de ocurrencia del pico de caudal en el hidrograma, varía de forma proporcional a la intensidad de la tormenta. Sin embargo, para precipitaciones altas (B) el momento de ocurrencia del pico se mantiene constante, sin importar la condición hídrica de la cuenca al momento de iniciar la tormenta. En cuanto a las tormentas C, no es comparable el momento del pico ya que fueron tormentas creadas y no mantuvieron la curva de precipitación.



**Figura 3.** Hidrogramas totales de las tormentas para la condición seca.



**Figura 4.** Hidrogramas totales de las tormentas para la condición media.



**Figura 5.** Hidrogramas totales de las tormentas para la condición húmeda.

## Referencias Bibliográficas

- Ares, M. G.; Chagas, C.; Varni M. (2012). *Predicción de la escorrentía y estimación de la humedad antecedente en una cuenca aforada*. Ciencia del suelo versión On-line ISSN 1850-2067. 10 pp.
- CIH. Centro de Ingeniería Hidrológica. (2017). Página web: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>.
- Gaspari, F.J.; Rodríguez Vagaría, A. M.; Senisterra G. E.; Delgado M. I.; Besteiro S. I. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Curso de manejo de cuencas hidrográficas. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 188 pp.
- HEC-HMS. (2023). *Tutorials and Guides. Applying the Initial and Constant Loss Method*. USACE Hydrologic Engineering Center Disponible en: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsguides/gis-tutorials-and-guides/importing-gridded-scs-curve-number-in-hec-hms>