

Avances en la simulación de crecidas en la cuenca del Arroyo del Oro, provincia de Buenos Aires, Argentina

Advances in Flood Simulation in the Arroyo del Oro Basin, Buenos Aires Province, Argentina

Sandra N. Fernández^{1,2},

Daniel E. Pérez²,

¹ Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina

² Comisión de Investigaciones Científicas, La Plata, Argentina

E-mail autor/a de correspondencia: sandrafernandezpretini@gmail.com

Fernández, S. N.; Pérez, D. E. (2025) Avances en la simulación de crecidas en la cuenca del Arroyo del Oro, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 13 (2), 24-39.

Recibido: 18/07/2025 - **Aceptado:** 10/11/2025 - **Publicado:** 31/12/2025

RESUMEN

El arroyo del Oro es un afluente del río Sauce Grande y está enclavado en el sistema de Ventania, al centro de la Provincia de Buenos Aires. Se implementó el programa HEC-HMS sobre la cuenca del arroyo del Oro, usando las imágenes proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la generación del modelo de terreno. Se utilizó el método del Soil Conservation Service (SCS) del número de curva para establecer la escurrentía, el tránsito de la crecida fue evaluado por el método de Muskingum y los tiempos de concentración de las subcuencas se estimaron con la expresión de Kirpich. Debido a la falta de datos medidos en campo, se recurre a hidrogramas de referencia basados en una simulación inclusiva de la totalidad de la cuenca alta del río Sauce Grande, para comparar los resultados de la simulación. Los coeficientes de bondad de ajuste obtenidos califican a los eventos simulados como ajustes excelentes. Se determinaron los tiempos de llegada del pico de la crecida a la confluencia del arroyo del Oro con el río Sauce Grande.

PALABRAS CLAVE: Arroyo del Oro; Simulación hidrológica; HEC-HMS.

ABSTRACT

Arroyo del Oro (Del Oro Creek) is a tributary of the Sauce Grande River located in the Ventania System, central Buenos Aires Province, Argentina. The HEC-HMS program was applied to the Arroyo del Oro watershed using topographic data derived from imagery provided by the National Geographic Institute (NGI). Runoff was estimated using the Soil Conservation Service (SCS) Curve Number method, flood routing was performed with the Muskingum method, and basin times of concentration were calculated using the Kirpich formula. Due to the lack of field data, reference hydrographs derived from a comprehensive simulation of the upper Sauce Grande watershed were used for model validation. The resulting goodness-of-fit coefficients indicated excellent agreement between simulated and reference events. Finally, peak flood arrival times at the confluence of Arroyo del Oro and the Sauce Grande River were determined.

KEY WORDS: Del Oro Creek; Hydrological Simulation; HEC-HMS.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Arroyo del Oro se encuentra en el centro-este del cordón de Sierra de la Ventana, Buenos Aires, República Argentina (Figura 1). Es afluente por la margen derecha del Río Sauce Grande, y está dentro de la Cuenca Alta del río Sauce Grande (CASG). Posee una superficie de drenaje de 62 km², siendo la longitud de su curso de agua más extenso 17,89 km. Sus afluentes principales son los arroyos El Belisario y Las Piedras de caudal intermitente, que se relacionan con las precipitaciones (Figura 1).

La cuenca del arroyo del Oro es polo de desarrollo turístico de la zona del Sistema de Ventania de la Provincia de Buenos Aires (Otero, 2000). En su centro se encuentra Villa Ventana que ha visto su actividad turística incrementada en la última década, salvo el período de la pandemia (Figura 2) (Aduriz et al., 2003). Esto aumenta la presión de las actividades humanas en los arroyos de la zona Zapperi et al. (2024).

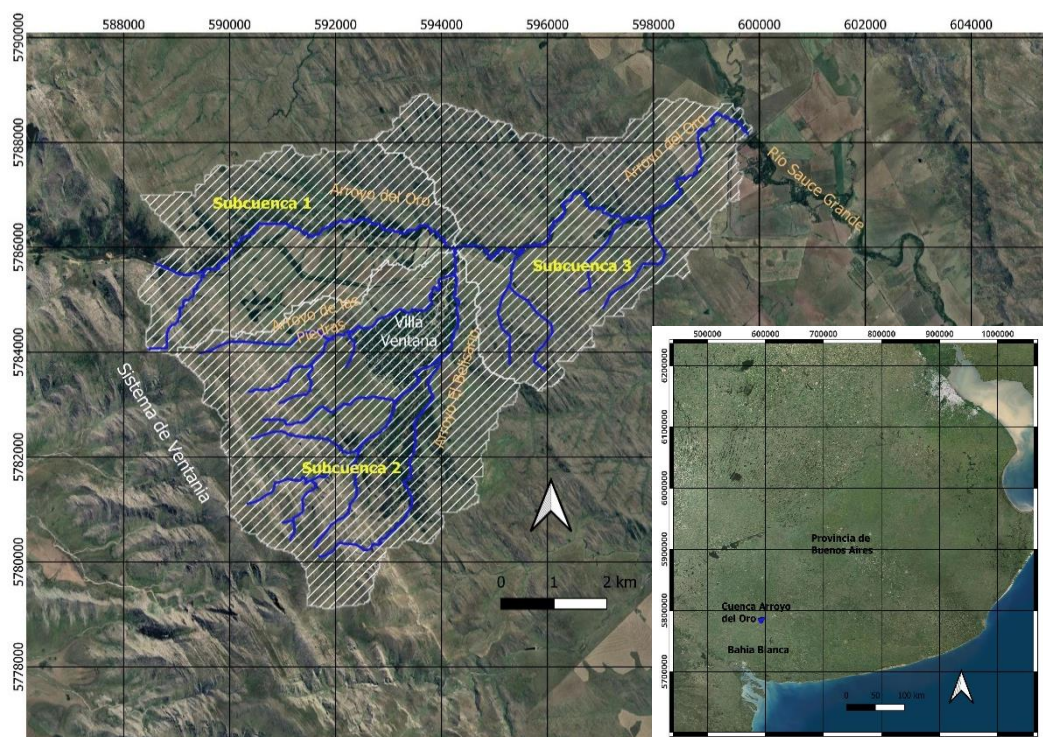


Figura 1. Ubicación de la cuenca de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de imágenes satelitales de Google Earth.

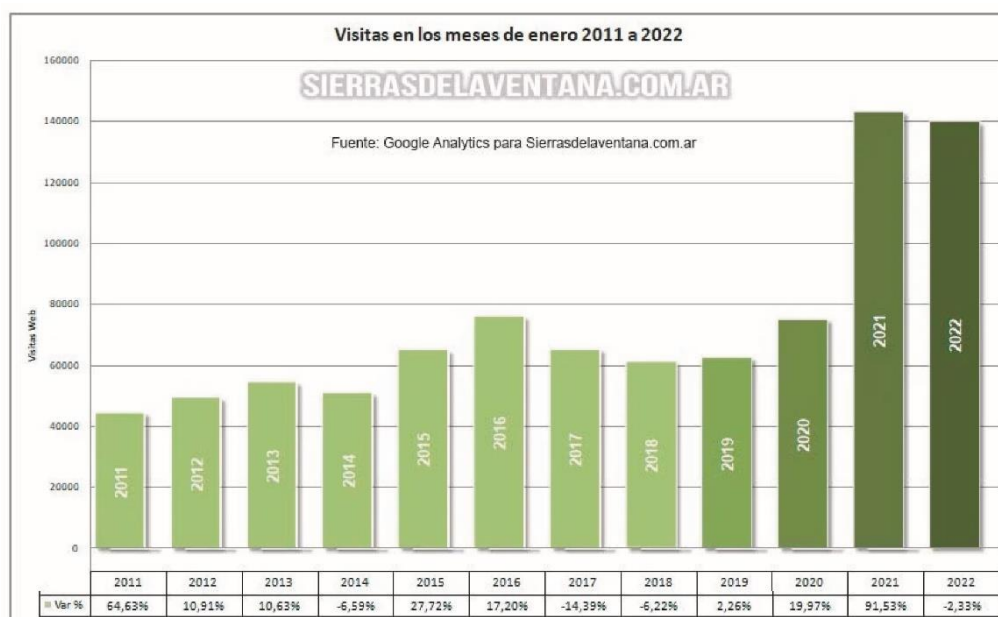


Figura 2. Evolución de las visitas turísticas a la comarca serrana. Recuperado de <https://www.villaventana.com.ar/noticias-de-villa-ventana/temporada-2022-informe-anual-estadistico/>

Asimismo, se verifica un crecimiento de la población estable en la zona. La Figura 3 muestra los porcentajes de crecimiento en los principales pueblos (Plataforma abierta de datos espaciales de Argentina, sf). Se puede observar que, en el último período, solo la ciudad de Tornquist presenta un descenso en la población, mientras que los demás períodos y pueblos, la tendencia es al crecimiento.

Lo expresado anteriormente, implica un incremento en la demanda de agua para distintos usos (consumo humano, piscinas, riego, etc.) y como consecuencia ejerce una sobrecarga en los sistemas de servicio existentes.

Existen estudios preliminares de posibles aprovechamientos del Arroyo del Oro, cercano a Villa Ventana, aunque, desafortunadamente, se discontinuaron (Carrica, 2010).

El Consejo Deliberante de la ciudad de Tornquist, por su parte, promulgó la ordenanza 3866/24, de diciembre de 2024 (Ordenanza n° 3866/24, 2024) donde se pone en marcha una campaña de concientización para el cuidado del agua. Se estipulan los usos permitidos, horarios de riego, se fijan multas, etc. y se recomienda a los ciudadanos, cuidar el consumo. Esto refleja la escasez de agua que sufren los habitantes.

Por otra parte, la zona de la comarca serrana ha sido golpeada por grandes incendios (Casado et al., 2006), afectando no solo a particulares sino atentando contra la flora y fauna existente en el Parque Provincial Ernesto Tornquist, reserva del pastizal pampeano. Uno de los principales inconvenientes para extinguir estos fenómenos, es la falta de acceso al agua en las zonas donde se produce el siniestro y una infraestructura que permita un mejor grado de prevención.

Además, el Arroyo del Oro es un afluente del río Sauce Grande, el cual alimenta el Dique-Embalse Paso de las Piedras. De este embalse, depende la mayoría de la

provisión de agua a Bahía Blanca, Punta Alta y la zona, incluyendo un importante polo petroquímico. Desde hace varios años, la calidad y cantidad de agua suministrada por el embalse presentan serios problemas, que con el tiempo se agravan (Scheffer, 2004).

De lo expuesto, resulta indispensable contar con una herramienta que refleje el comportamiento hidrológico de la cuenca, la integre a la CASG, y permita la toma de decisiones estructurales y no estructurales, evalúe, monitoree el impacto humano en la zona y provea al crecimiento armónico.

Fernández et al. (2019, 2022) han demostrado que en un modelo hidrológico calibrado en base a HEC-HMS define adecuadamente las crecidas regulares de la CASG, permitiendo una planificación urbana y el desarrollo de forma ordenada. También, a partir del conocimiento hidrológico de la zona, se puede diseñar una red de pequeñas presas en la zona con el objetivo de contar con agua en caso de incendios forestales, consumo humano, control de crecidas y esparcimiento, entre otros usos. Además, se pueden determinar caudales de diseño para construir diversas obras hidráulicas, como protecciones, alteos, drenajes, puentes, alcantarillas, etc.

A pesar de los hechos expuestos, no existe un programa integral para el manejo del agua en la zona que comulguen la actividad antrópica y el ambiente. Lo cual representa un desafío urgente a encarar. Para ello resulta estratégico contar con una herramienta hidrológica de simulación, que abarque toda la zona, como el HEC-HMS (Fernández et al., 2019, 2022).

Objetivos:

- Implementar el HEC-HMS en la cuenca del Arroyo del Oro.
- Determinar los caudales de pico, volumen escurrido, tiempo de llegada del pico e hidrograma de crecida para la

cuenca del Arroyo del Oro basados en registros reales de tormentas.

- Comparar los hidrogramas simulados con hidrogramas de referencia obtenidos de la simulación de Fernández et al. (2022)

- Aportar al desarrollo de una herramienta hidrológica para la zona del Arroyo del Oro.

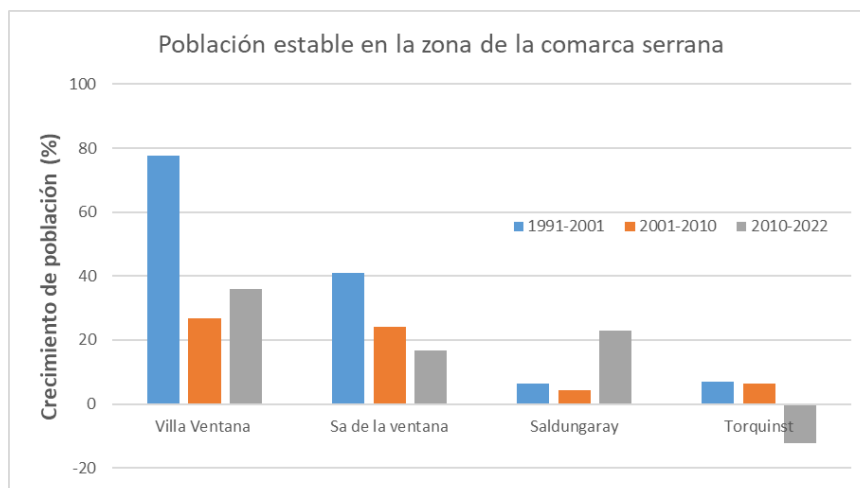


Figura 3. Crecimiento de la población estable en la zona de las sierras pampeanas. Fuente: elaboración propia a partir de datos de <https://mapa.poblaciones.org>

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El arroyo de El Oro y su cuenca de drenaje se encuentran enclavadas en el corazón de la CASG. Se ubica entre 588000 y 600000 Este y 5778000 y 5790000 Oeste en coordenadas Universal Transver Mecator (UTM), zona 20S (Figura 1).

La cuenca del arroyo se encuentra en la faja de climas templados con diferencias de temperaturas marcadas entre estaciones. Los valores medios máximos y mínimos son 14° C y 20° C respectivamente, aunque pueden producirse valores mayores a 40° C en verano y por debajo de la congelación en invierno (Gil, 2010). La altura respecto al nivel del mar de la cuenca varía entre 1100 y 300 m, con pendientes entre el 20% al 50% y valores menores al 5% en la zona del valle (Casado et al., 2006). La

precipitación media anual (1971-2010) decrece en sentido noreste-sudoeste de 800 mm a 600 mm (Casado, 2006). Esta variación se debe al efecto orográfico del sistema de Ventania, registrándose incrementos de hasta 400 mm entre las laderas protegidas de la dirección del viento (Gil, 2010). Gaspari et al. (2008) documentaron la capacidad erosiva y el potencial de erosión de las precipitaciones que son notablemente más importantes en las laderas serranas con orientación noreste.

Modelo de terreno

Los datos topográficos corresponden al MDE-Ar v2.1 (Modelo Digital de Elevación) que distribuye el IGN (Instituto Geográfico Nacional, sf). Posee una resolución espacial de 30m y una precisión vertical de aproximadamente 2m. Fueron realizados a partir de datos obtenidos durante las

misiones satelitales SRTM y ALOS, donde el IGN llevó adelante el desarrollo del modelo MDE-Ar v2.1, que cubre la totalidad del territorio continental nacional, y cuya referencia vertical coincide con el Sistema de Referencia Vertical Nacional (SRVN16). Sobre las imágenes tipo raster 3963-5 y 3963-6 se trazaron las curvas de nivel (Figura 4). Luego, por medio de las herramientas GIS (Geographical Information System) implementadas en HEC-HMS versión 4.12 (Hydrologic Engineering Center, 2016) se procedió a mejorar el modelo de elevación por medio de la aplicación de las siguientes herramientas en forma secuencial:

1. Preprocesamiento de sumideros (Preprocess Sinks). Aplica un algoritmo que mejora la calidad del DEM.

2. Preprocesamiento del drenaje (Preprocess Drainage). Este algoritmo calcula la dirección y acumulación del flujo para cada celda de datos de la imagen raster.

3. Identificación de cursos (Stream identification). Algoritmo que detecta los cursos de los arroyos en base a la información obtenida en el paso anterior.

4. Secciones de control (Break Points). Por medio de este paso se fija la sección de control sobre el curso de agua.

5. Delimitación de cuenca y subcuencas (Deliniate Elements). Algoritmo que define los límites de la cuenca, así como las subcuencas en la zona de estudio.

La Figura 4 y la Tabla 1, muestran el resultado final de las subcuencas estudiadas.

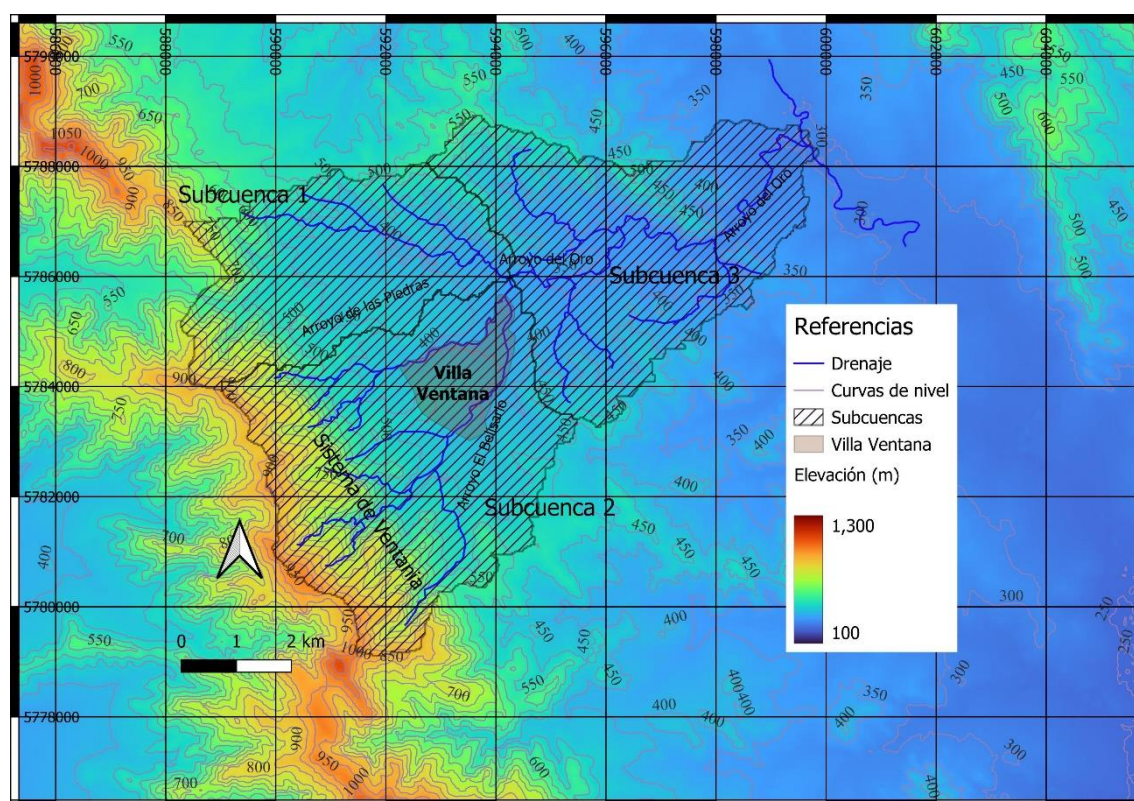


Figura 4. Modelo de terreno, curvas de nivel y drenaje correspondientes a la cuenca del Arroyo del Oro.

Tabla 1. Características de las subcuencas del arroyo del Oro.

Nombre de la subcuenca	Área de la subcuenca (Km ²)	Longitud del cauce (Km)	Pendiente del cauce (m/m)	Pendiente de la cuenca (m/m)
Subcuenca 1	12,567	8,177	0,06841	0,22176
Subcuenca 2	20,805	8,204	0,07749	0,26007
Subcuenca 3	17,299	10,691	0,01588	0,15201

Precipitaciones y caudales

Los datos pluviométricos fueron obtenidos de dos estaciones meteorológicas automáticas marca Weather Station — modelo WS 1081— instaladas en la zona (Tabla 2). Las mismas registran: precipitación, velocidad del viento, dirección del viento, humedad relativa externa, temperaturas externa e interna, humedad interna y presión atmosférica. Los datos se transmiten por medio de radiofrecuencia cada 48 segundos hacia una consola ubicada a menos de 100 metros. Los datos son almacenados en una memoria no volátil y pueden ser recuperados a través de un puerto USB a una PC. Los pluviómetros miden 0,3 mm

de columna de agua por cada caída de las cubetas basculantes. Las precipitaciones caídas en cada subcuenca se determinaron como promedios ponderados del área de influencia de cada pluviógrafo, la cual fue determinada de la siguiente manera: se une la posición de las estaciones meteorológicas entre sí, trazando luego mediatriz del segmento de unión. Las intersecciones de esta mediatriz con los límites de la cuenca determinan el área de influencia de cada pluviómetro sobre las distintas subcuencas. Las precipitaciones en cada caso corresponden a promedios ponderados.

La Tabla 3. Muestra las tormentas seleccionadas para la simulación.

Tabla 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas y altura respecto al nivel de mar.

Tipo de Estación	Coordenadas Gauss-Kruger (Zona 4-Campo Inchauspe)		Coordenadas Geográficas		Elevación
	X	Y	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	
	(m)	(m)	(-)	(-)	(m.s.n.m.)
Meteorológica M1	4589627.462	5787918.08	38° 03' 23.26"	61° 58' 46.53"	580
Meteorológica M2	4598289.238	5776104.149	38° 09' 43.11"	61° 52' 45.46"	370

Tabla 3. Fecha de inicio del evento y su precipitación total. Fuente: Elaboración propia.

Fecha inicio evento	Precipitación total (mm)
11/07/2015	13
30/07/2015	18,3
21/09/2015	17
01/10/2015	22,5
14/10/2015	25
20/10/2015	13,7
07/12/2015	17,3

Los caudales utilizados para el cierre de la cuenca del Arroyo del Oro en cada tormenta son los determinados por Fernández et al. (2022) en las calibraciones de la cuenca superior del río Sauce Grande. Las Figuras 5 a 11, muestran los hietogramas e hidrogramas obtenidos para cada evento.

Bondad de ajuste

La cuantificación de la bondad de ajuste del modelo se efectuó por medio del índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe mostrado en la Ecuación (5) (Nash y Sutcliffe, 1970).

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{SIM} - Q_i^{OBS})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{OBS} - \bar{Q}^{OBS})^2} \quad (5)$$

En donde Q_i indica el caudal, n es el número de datos simulados, los superíndices SIM y OBS indican valores simulados y de referencia respectivamente y la barra superior indica el valor medio en el período de estudio. Este indicador mide cuanto de la variabilidad de las observaciones es explicada por la simulación y produce resultados menores o iguales a 1. Si el resultado es 1 el ajuste es perfecto, si es cero el error es del mismo orden de magnitud que la varianza de los datos de referencia por lo que la media de los datos de referencia tendrá una capacidad predictora similar al modelo. En este trabajo se adopta la propuesta de Molnar (2011) para clasificar los valores de E , de acuerdo con la Tabla 4.

Tabla 4. Valores referenciales de Criterio de Nash-Sutcliffe.
(Fuente: Molnar, 2011)

Eficiencia Nash-Sutcliffe	Ajuste
< 0,2	Insuficiente
0,2-0,4	Satisfactorio
0,4-0,6	Bueno
0,6-0,8	Muy bueno
> 0,8	Excelente

Implementación del HEC-HMS

Se utiliza el programa HEC-HMS, en su versión 4.12, creado por el Hydrologic

Engineering Center del U. S. Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineering Center, 2016). Este software permite simular la transformación de lluvia

histórica o hipotética en escorrentía mediante un sistema que integra diferentes métodos hidrológicos y se basa en estructurar la cuenca origen en subcuencas asociadas a los cauces de la red fluvial. Se adopta el método del Soil Conservation Service (SCS) del United States Department of Agriculture (USDA), por medio del diagrama unitario del SCS, así como el número de curva (CN), que toma en cuenta la infiltración y la humedad antecedente calculando la escorrentía debido al exceso de lluvia. Se consideró un valor de impervious de 1% para la subcuenca 1 y 10% para la subcuenca 2 (Fernández et al., 2022).

Se implementó el método de Muskingum para el tránsito de avenidas. Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente en un río mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma (Linsley et al., 1986). Los parámetros fueron adoptados en base a Fernández et al. (2022) y los tiempos de concentración a Chow et al., 1996.

El ajuste fue realizado en base a los siguientes parámetros:

- CN (Número de Curva del Soil Conservation Service del United States Department of Agriculture (U.S.D.A.)) que contempla el tipo de suelo de la cuenca y su humedad inicial y permite calcular la precipitación efectiva de una tormenta y el escurrimiento superficial (Hydrologic Engineering Center, 2000; Hydrologic Engineering Center, 2016).

- Abstracción inicial. Evalúa la capacidad de la cuenca de retener y percolar la precipitación. El agua escurre solo una vez que la lluvia caída alcanza el valor de la Abstracción Inicial.

- Almacenamiento máximo e inicial. Toma en cuenta la retención de agua por el efecto de árboles, arbustos, pastos y cultivos. Una vez colmada esta capacidad de retención, el agua comienza a caer al suelo. Este volumen es evaporado en su totalidad si las condiciones meteorológicas lo permiten. Los escurrimientos simulados

corresponden al flujo superficial, sin considerar el escurrimiento base.

RESULTADOS

Se ajustaron los valores de CN y abstracción inicial, almacenamiento inicial y máximo de la vegetación, por medio de una función objetiva implementada en HEC-HMS. Se utiliza la metodología de la evolución diferencial para optimizar el ajuste por mínimos cuadrados. Las Figuras 5 a 11, de elaboración propia, muestran los hidrogramas superficiales de referencia y simulados para cada evento y sus correspondientes precipitaciones.

La Tabla 5 contiene los valores de caudales pico, tiempo de llegada del pico y volumen escurrido de los hidrogramas de referencia y simulados, de cada tormenta, así como su índice de eficiencia de ajuste de Nash-Sutcliffe.

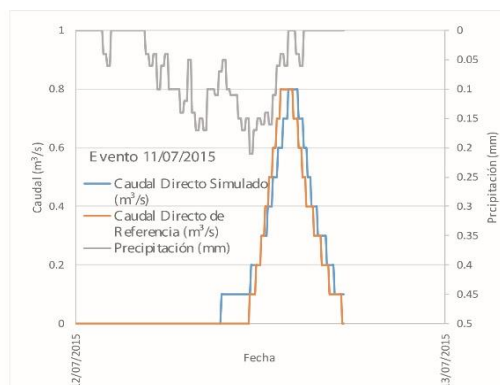


Figura 5. Precipitación, hidrogramas de referencia y simulado para el evento del 11/07/2015.

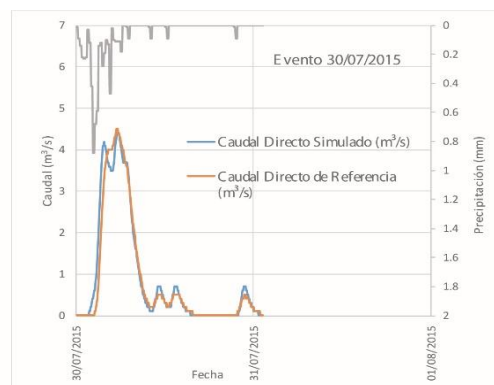


Figura 6. Precipitación, hidrogramas de referencia y simulado para el evento del 30/07/2015.

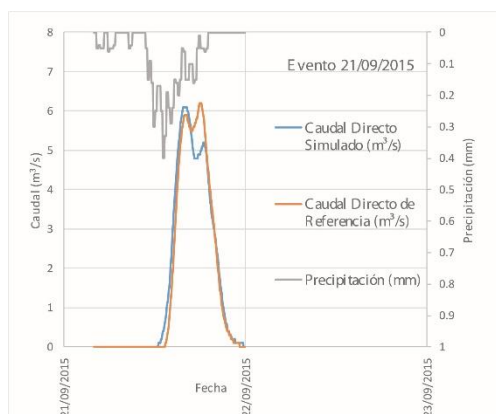


Figura 7. Precipitación, hidrogramas de referencia y simulado para el evento del 21/09/2015.

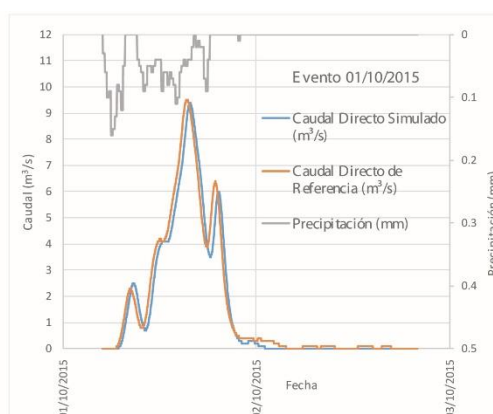


Figura 8. Precipitación, hidrogramas de referencia y simulado para el evento del 01/10/2015.

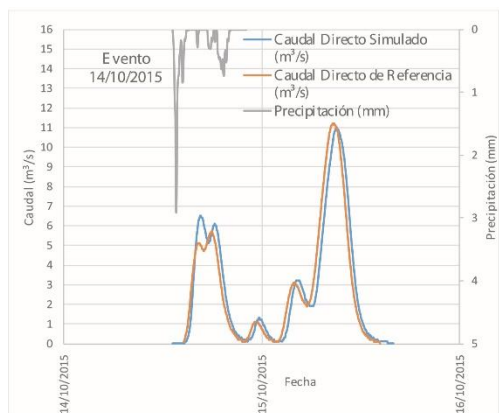


Figura 9. Precipitación, hidrogramas de referencia y simulado para el evento del 14/10/2015.

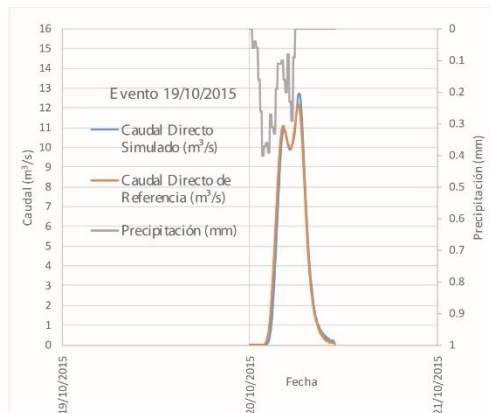


Figura 10. Precipitación, hidrogramas de referencia y simulado para el evento del 19/10/2015.

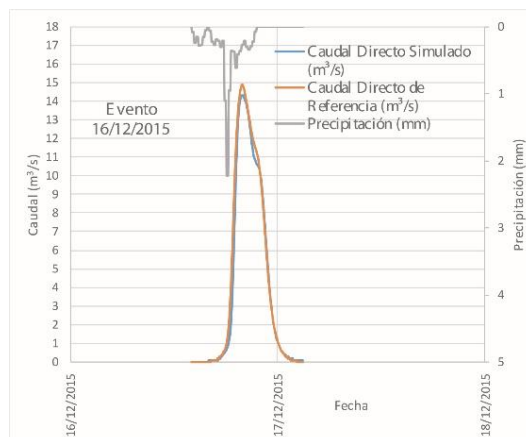


Figura 11. Precipitación, hidrogramas de referencia y simulado para el evento del 16/12/2015.

Tabla 5. Fecha y hora del pico, caudal en el pico y volumen de escorrentía simulado y de referencia, para cada evento estudiado con su correspondiente valor de eficiencia de ajuste de Nash-Sutcliffe.

Evento	Valores de escorrentía superficial referencia			Valores de escorrentía superficial simulada			Eficiencia Nash-Sutcliffe
	Fecha y hora pico	Caudal en el pico (m³/s)	Volumen escorrentía (x 1000 m³)	Fecha y hora pico	Caudal en el pico (m³/s)	Volumen escorrentía (x 1000 m³)	
11/07/15	12/07/15 13:20	0,8	8,8	12/07/15 14:10	0,8	9,9	0,89
30/07/15	30/07/15 23:00	4,5	77,0	30/07/15 23:10	4,4	81,5	0,94
21/09/15	21/09/15 17:55	6,2	111,8	21/09/15 16:00	6,1	115,2	0,94
01/10/15	01/10/15 15:20	9,5	224,4	01/10/15 15:50	9,4	210,6	0,95
14/10/15	15/10/15 08:45	11,2	257,5	15/10/15 09:05	11,0	261,4	0,93
20/10/15	20/10/15 06:10	12,2	171,8	20/10/15 06:20	12,7	168,3	0,98
16/12/15	16/12/15 19:50	14,9	191,2	16/12/15 19:55	14,3	180,7	0,98

Los ajustes logrados para la cuenca del Arroyo del Oro han sido excelentes en todos los casos, según Molnar (2011) (Tabla 4). Las Figuras 12 a 14 muestran la comparación de los parámetros hidrológicos más importantes de la cuenca para los eventos estudiados.

Se observa que los tres parámetros de referencia y simulados, guardan una estrecha relación, ubicándose muy próximos a la recta de 45° la cual indica un ajuste perfecto. Esto es evidencia de un muy buen ajuste para la cuenca del arroyo del Oro de los parámetros simulados.

La Tabla 6 muestra los tiempos de llegada del pico de crecida, a partir del inicio de la escorrentía.

Los valores promedio de la llegada del pico de crecida es de 2:16, con un desvío estándar de 0,55, Estos valores permiten establecer los tiempos en que la cuenca reacciona ante un evento de precipitación, y son fundamentales para el diseño de estrategias de implementación de sistemas de alerta temprana, el diseño de estructuras de control de avenidas, la gestión del recurso hídrico y prevención de desastres. Es de notar que el margen para reaccionar es muy corto, aumentando la peligrosidad ante eventos extraordinarios.

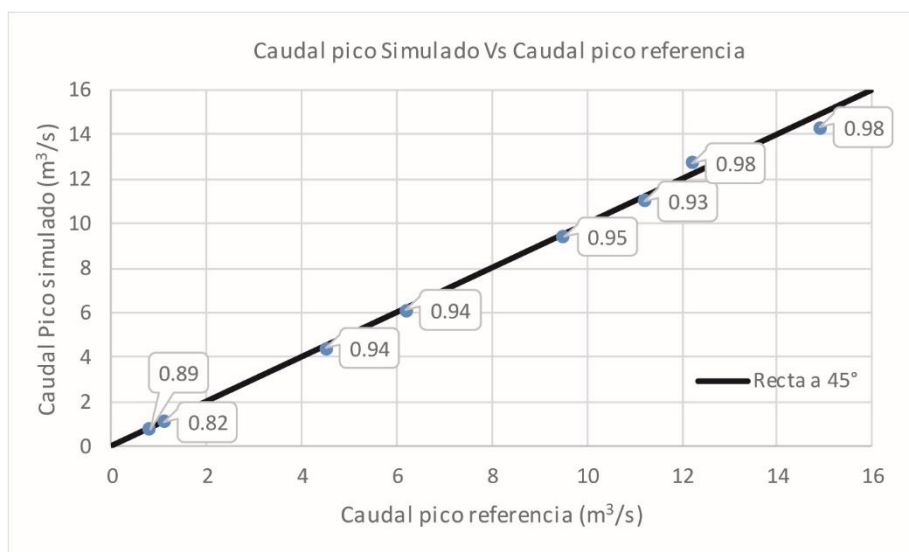


Figura 12. Caudal pico simulado vs. Caudal pico referencia, con sus correspondientes valores de bondad de ajuste.

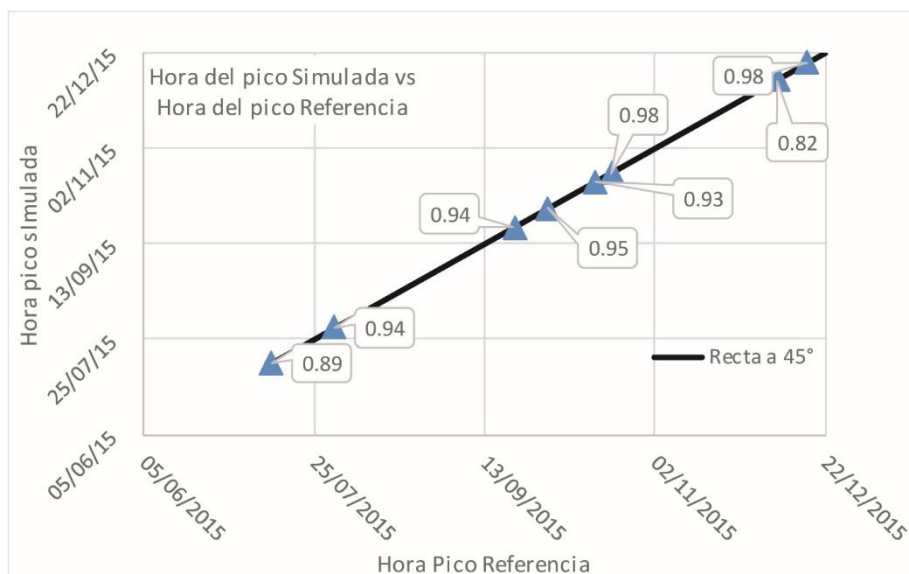


Figura 13. Hora del pico simulado vs. Hora del pico referencia, con sus correspondientes valores de bondad de ajuste.

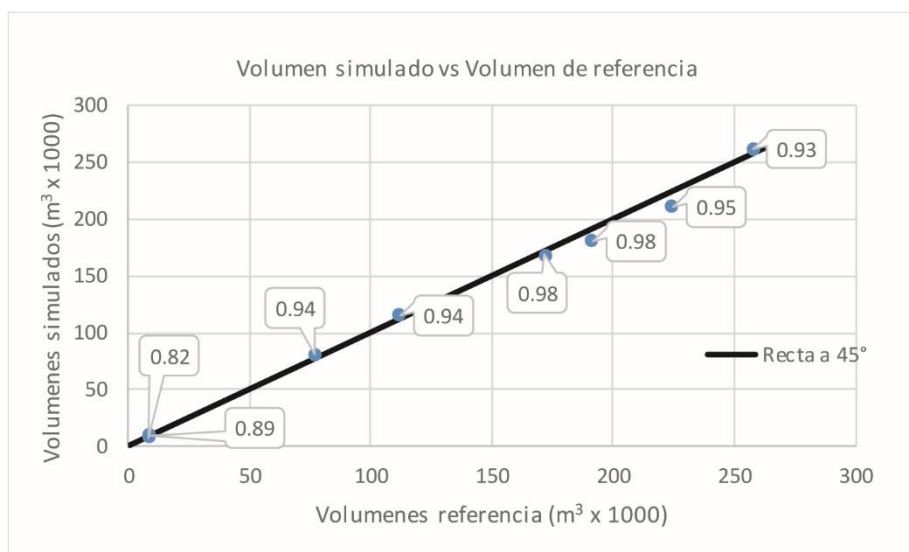


Figura 14. Volumen simulado vs. Volumen referencia, con sus correspondientes valores de bondad de ajuste.

Tabla 6. Tiempo de llegada del pico de la crecida desde el comienzo de la escorrentía superficial hasta el valor máximo del caudal.

Tormentas	Inicio exceso de lluvia (Fecha y hora)	Primer pico de caudal (Fecha y hora)	Intervalo entre inicio del Exeso lluvia y caudal Pico (hh:mm)
11/07/2015	12/07/2015 12:10	12/07/2015 12:50	0:40
30/07/2015	30/07/2015 19:50	30/07/2015 23:00	3:10
21/09/2015	21/09/2015 13:05	21/09/2015 15:55	2:50
01/10/2015	01/10/2015 06:36	01/10/2015 08:20	1:44
14/10/2015	14/10/2015 14:30	14/10/2015 16:15	1:45
19/10/2015	20/10/2015 01:40	20/10/2015 04:15	2:35
16/12/2015	16/12/2015 16:40	16/12/2015 19:50	3:10

DISCUSIÓN

Los valores estimados de llegada del pico de la crecida son representativos para el rango de precipitaciones modeladas. Es necesario lograr nuevas calibraciones y ampliar el rango de representatividad de los mismos. Para ello es necesario contar con mediciones de tipo hidrometeorológico en la zona y sobre todo series de tiempo de caudales, caudales extremos, etc.

Los valores de las variables hidrológicas presentadas, a diferencia con Fernández et al. (2022), son valores locales, que se limitan a la cuenca del arroyo del Oro. La subdivisión de la cuenca del oro permite

un mayor detalle en la simulación. Por ello, Villa Ventana, cuenta con una herramienta que puede ayudar a organizar su crecimiento.

El margen de tiempo que la cuenca deja para tomar medidas de seguridad en caso de crecidas, es escaso. Es por ello que debería buscarse soluciones estructurales como la construcción de pequeños reservorios que retarden el tiempo de llegada del pico y disminuyan el caudal máximo de la avenida. Estos reservorios pueden cumplir otras funciones, como ser, recreación, consumo humano, etc., lográndose de esta manera una red multifuncional de pequeñas presas.

CONCLUSIONES

Se considera que los objetivos planteados en el trabajo fueron cumplidos. El programa HEC-HMS fue implementado en la cuenca del arroyo del Oro exitosamente. Se determinaron las variables como caudales de pico, volúmenes escurridos, tiempos de llegada del pico, para cada evento. Asimismo, se logra un ajuste excelente respecto de los hidrogramas de referencia determinados por Fernández et al. (2022).

La determinación de los tiempos de llegada del pico de la crecida en la cuenca estudiada, reporta información clave para la seguridad de la población ante eventos extremos. En base a estos valores, aunque pocos, se puede tener un orden de

magnitud de la peligrosidad por inundación. De esta manera, se aporta al desarrollo de una herramienta hidrológica para la zona, con el fin de tomar decisiones estratégicas, prevenir urgencias, abastecer de agua a las personas, etc.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur (UNS), quien financió el presente estudio con fondos correspondientes al Proyecto de Investigación “Hidrología, Calidad y Modelización, Gestión Integral de los Recursos Hídricos en Cuencas del Sur de la Región Pampeana, Fase 2”.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduriz, M., Gargano, A., Chimeno, P., Saldungaray, M. y Conti, V. (2003). Caracterización de los agrosistemas predominantes de la cuenca alta del Río Sauce Grande. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 32 (3), 3-26.
- Carrica, J. (2010). Estudio Hidrológico de factibilidad para la construcción de un embalse en la subcuenca del arroyo del Oro. Informe del proyecto presentado a la Secretaría General de Ciencia y Tecnología – Universidad Nacional del Sur.
- Casado, A., Gil, V. Campo, A. (2006) Consecuencias de la variación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del Arroyo El Belisario, Buenos Aires, Argentina. *Huellas* Nro 11, 9-26.
- Chow, V., Maidanet, D.R., Mays, L. (1996) *Hidrología Aplicada*. Editorial McGraw-Hill interamericana. ISBN: 0-07-010810-2.
- Fernández, S., Pérez, D., Brandizi, L., Serralunga, M., Weis, C. & Abalo, P. (2019). Avances en la modelación del escurrimiento superficial de una cuenca del sudoeste bonaerense. Caso de estudio: Sector Superior Cuenca Alta del Río Sauce Grande (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 28(2), 11-32.
- Fernández, S.; Pérez, D.; Weis, C.; y Flores, M.A (2022). Calibración de simulaciones de crecidas de la cuenca alta del río Sauce Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Cuadernos del CURIHAM*, 28, 25 - 42. DOI: <https://doi.org/10.35305/curiham.v28i.179>
- Gaspari, F. Rodriguez-Vagaría, A. Sensiterra, G. y Delgado, M. (2008). Determinación espacio-temporal del índice de agresividad de precipitaciones en el sistema serrano de Ventania, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*, 49 (1), 57-66.

- Gil, V. (2010) *Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas*. Tesis de doctorado, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Hydrologic Engineering Center (2000). Hydrologic Modeling System HEC-HMS. Reference Manual. Davis, California: U.S. Army Corps of Engineers.
- Hydrologic Engineering Center (2016). Hydrologic Modeling System HEC-HMS. User's Manual, Version 4.2. California: U. S. Army Corps of Engineers.
- Instituto Geográfico Nacional. Modelo de elevación digital. (s/f)
<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Mapa>
- Linsley, R., Kohler, M. y Paulus, J. (1986). *Hidrología para Ingenieros*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Molnar, P. (2011). Calibration. Watershed Modelling, SS 2011. Institute of Environmental Engineering. ETH Zürich, Zürich, Switzerland.
- Nash, J. y Sutcliffe, J. (1970). River flow forecasting through conceptual models: Part I. A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10(3), 282-290.
- Ordenanza n° 3866/24. Honorable Consejo Deliberante de Tornquist. Recuperado de <https://sibom.slyt.gba.gob.ar/bulletins/11743/contents/2144853>.
- Otero, A. (2000) *Los espacios de montaña como espacios turísticos*, Realidad, enigmas y soluciones en turismo Vol 1, CONDET, Neuquén, 115-133.
- Poblaciones: Plataforma Abierta de Datos Espaciales de la Argentina: <https://poblaciones.org/> (2023).
- Scheffer, J. (2004): *Los recursos hídricos y el abastecimiento de agua*. Región Bahía Blanca. CEPADE, Bahía Blanca, 132 pp.
- Zapperi, P., Volonté, A. (2024). *Uso y apropiación de zonas ribereñas en la localidad de Villa Ventana (Prov. de Buenos Aires, República Argentina)*, Contribuciones Científicas GAEA- Sociedad Argentina de estudios Geográficos, Vol 36 pp 147-154. Contribuciones Científicas GAEA, Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/383036242_USO_Y_APROPIACION_DE_ZONAS_RIBERENAS_EN_LA_LOCALIDAD_DE_VILLA_VENTANA_PROV_DE_BUENOS_AIRES_REPUBLICA_ARGENTINA