

Calibración de un modelo hidráulico de transformación de lluvia en caudal mediante simulación numérica de alto rendimiento

Amanda Braga¹, Sergio Martínez-Aranda¹, Pilar García-Navarro¹

¹ Afiliación: Fluid Dynamic Technologies (TFD)

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976762707, e-mail: atoledoalmeida@unizar.es

Resumen

La erosión del suelo está condicionada por la interacción entre precipitación, escorrentía y características del terreno. Este trabajo propone aplicar SERGHEI-SE para evaluar la respuesta hidrodinámica pre-incendio en una cuenca mediterránea, integrando modelo topográfico, rugosidad superficial y precipitación observada, frente a registros de caudal de la estación de aforo.

Introducción

La erosión del suelo constituye uno de los principales procesos de degradación ambiental, provocando pérdida de fertilidad, reducción de la productividad agrícola, deslizamientos y otros impactos adversos [1]. Entre los diferentes tipos de erosión, la erosión hídrica es uno de los agentes más estudiados, ya que implica la remoción de partículas del suelo por efecto de la escorrentía superficial y el impacto de las gotas de lluvia [2]. Estos procesos dependen de la interacción entre la intensidad de la precipitación, las propiedades del suelo, la pendiente, la infiltración y la cobertura vegetal [3], lo que hace que su representación siga siendo un desafío.

En este contexto, los modelos hidrodinámicos físicamente basados constituyen una herramienta útil para representar los procesos lluvia-escorrentía y apoyar futuras aplicaciones hidroerosivas. Entre los enfoques disponibles, el modelo SERGHEI-SE [4] proporciona una base adecuada para simular la respuesta hidrológica bajo condiciones reales de precipitación, ya que resuelve las ecuaciones de aguas poco profundas en 2D junto con ecuaciones de transporte de sedimentos y erosión-deposición [4].

Dado que la aplicación de modelos físicamente basados requiere una evaluación y calibración cuidadosas, las condiciones pre-incendio constituyen una base fundamental para representar el comportamiento hidrológico de la cuenca antes de la perturbación. En este estudio, SERGHEI-SE se

aplica a un área mediterránea situada en Añón de Moncayo, Zaragoza, afectada por un incendio forestal el 13 de agosto de 2022, para evaluar la respuesta hidrodinámica pre-incendio como etapa previa a futuras simulaciones hidroerosivas.

Materiales y métodos

Las simulaciones se realizarán mediante el modelo SERGHEI-SE, centrando el análisis en la componente hidrodinámica bajo condiciones pre-incendio. En esta etapa, la precipitación se considera el principal factor determinante, mientras que la infiltración y la rugosidad superficial condicionan la generación de escorrentía y la propagación del flujo sobre el terreno.

El dominio de estudio se representará a partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT), con paso de malla de 2×2 m, obtenido del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) [5]. Esta información permitirá definir la topografía del área de estudio, la elevación del terreno, la pendiente y los principales patrones de drenaje que controlan la respuesta hidrológica.

La resistencia hidráulica superficial se definirá mediante el coeficiente de Manning distribuido por el MDT. Estos valores se asignarán a partir de la información de ocupación del suelo proporcionada por el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) [6].

La lluvia se construirá a partir de registros observados de precipitación con resolución temporal de 15 minutos, asociados a fechas de máximo caudal registradas en estaciones próximas al área de estudio. La evaluación hidrodinámica se centrará principalmente en los parámetros de infiltración, debido a su influencia sobre la generación de escorrentía. La respuesta simulada se analizará mediante un polígono de control situado en la salida del dominio, donde se extraerá el caudal modelado.

Finalmente, los caudales simulados se compararán con los registros observados disponibles en la estación de aforo correspondiente del Sistema Automático de Información Hidrológica del Ebro (SAIH-Ebro) [7]. La Fig. 1 describe el proceso metodológico.

Conclusiones

La evaluación hidrodinámica pre-incendio constituye una etapa clave para establecer una base del comportamiento de la cuenca antes de la perturbación. Se espera que esta evaluación permita representar de forma consistente la generación de escorrentía, la propagación del flujo superficial y el caudal en la salida del dominio. La comparación entre los caudales simulados y los registros observados de la estación de aforo correspondiente permitirá analizar la capacidad de SERGHEI-SE para reproducir la respuesta hidrológica observada.

Esta etapa es necesaria para futuras simulaciones de erosión y transporte de sedimentos en escenarios post-incendio. De este modo, el trabajo contribuye al uso de modelos físicamente basados para el análisis hidroerosivo de cuencas mediterráneas afectadas por incendios forestales.

REFERENCIAS

- [1]. MONDAL A., KHARE D., and KUNDU S. A comparative study of soil erosion modelling by MMF, USLE and RUSLE. *Geocarto International*. 2018, 33(1), 89-103. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1232313>.

- [2]. KETEMA A., and DWARAKISH G. S. Water erosion assessment methods: a review. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 2021, 27(4), 434-441. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09715010.2019.1567398>.
- [3]. MCIVOR I., YOUJUN H., DAOPING L., EYLES G., and PU Z. Agroforestry: Conservation Trees and Erosion Prevention, in: *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. Elsevier Inc., 2014, pp. 208-221. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00247-3>.
- [4]. MARTÍNEZ-ARANDA S., CAVIEDES-VOULLIÈME D., SEGOVIA-BURILLO J., MORALES-HERNÁNDEZ M., GASPAS L., NAVAS A., and GARCÍA-NAVARRO P. SERGHEI-SE: An Open-Source High-Performance-Computing Model for Soil Erosion and Sediment Transport Processes in Catchments. *Journal of Hydrology*, 2025, 1-46. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5159595.
- [5]. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Modelo digital del terreno 2ª Cobertura (2015-2021) con paso de malla de 2 metros [en línea]. Disponible en: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/modelo-digital-terreno-mdt02-segunda-cobertura>.
- [6]. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). SIOSE AR (2016-2020) [en línea]. Disponible en: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/siose-ar>.
- [7]. Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH-Ebro). A292 Huecha Cortes [en línea]. Disponible en: <https://www.saihebro.com/tiempo-real/estacion-aforos-A292-huecha-cortes>.

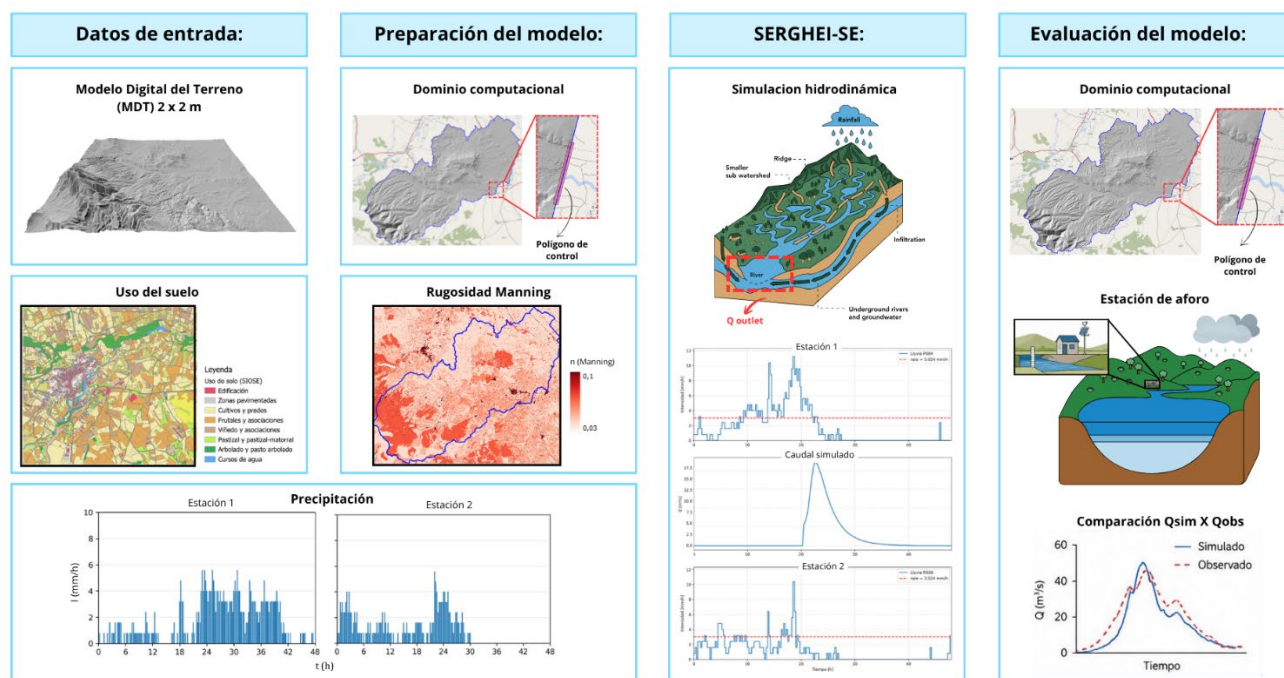


Fig. 1. Flujo metodológico del trabajo