

Reporte de Avance Semanal 1

Proyecto Simulación EWE - Castellví de Rosanes

Esteban Carrasco Barra

Enero 2026

Resumen Ejecutivo

Esta semana se ha completado la fase de **Adquisición y Validación de Datos**. Se han recopilado y procesado los inputs meteorológicos, topográficos y de comportamiento del fuego necesarios para iniciar la simulación numérica. Además, se ha definido el dominio computacional y la formulación matemática del modelo basada en sistemas de reacción-difusión.

Marco Teórico y Revisión Bibliográfica

Para la simulación del incendio de Castellví de Rosanes, se han revisado los conceptos fundamentales de los Eventos de Incendios Forestales Extremos (EWE).

Debate sobre la Definición de EWE (Proyecto FIRE-RES)

La literatura clásica define los EWE basándose en parámetros físicos de intensidad y comportamiento convectivo [1]. Sin embargo, trabajos recientes bajo el marco del proyecto europeo **FIRE-RES** proponen un cambio de paradigma hacia una definición operativa y socioecológica.

Según este enfoque, un EWE se caracteriza no solo por sus megajulios por metro, sino por su *capacidad de desbordamiento*: son eventos donde la incertidumbre y la velocidad de cambio saturan la capacidad de decisión de los servicios de extinción, llevando al sistema al límite del colapso operativo.

Caso de Estudio: Transición de Régimen

En el caso de Castellví, la formación reportada de un *pirocúmulo* (PyroCu) sugiere una transición temporal de un régimen “impulsado por el viento” (*wind-driven*) a uno “dominado por el penacho” (*plume-dominated*) [4]. Durante esta fase, la potencia liberada por el fuego (P_f) supera a la potencia del flujo de viento ambiental (P_w), generando una convección vertical profunda que retroalimenta el sistema.

Adquisición de Datos

Se ha establecido una base de datos geoespacial completa con los siguientes componentes:

- **Meteorología de Mesoescala (ERA5):** Descarga exitosa de datos horarios (Viento U/V, Temperatura, Capa límite) en formato GRIB. Resolución: ~ 30 km.
- **Topografía (SRTM):** Modelo Digital de Elevación (DEM) a 30m de resolución.
- **Verdad Terreno:** Perímetros isócronos y reporte técnico oficial de Bombers GRAF.

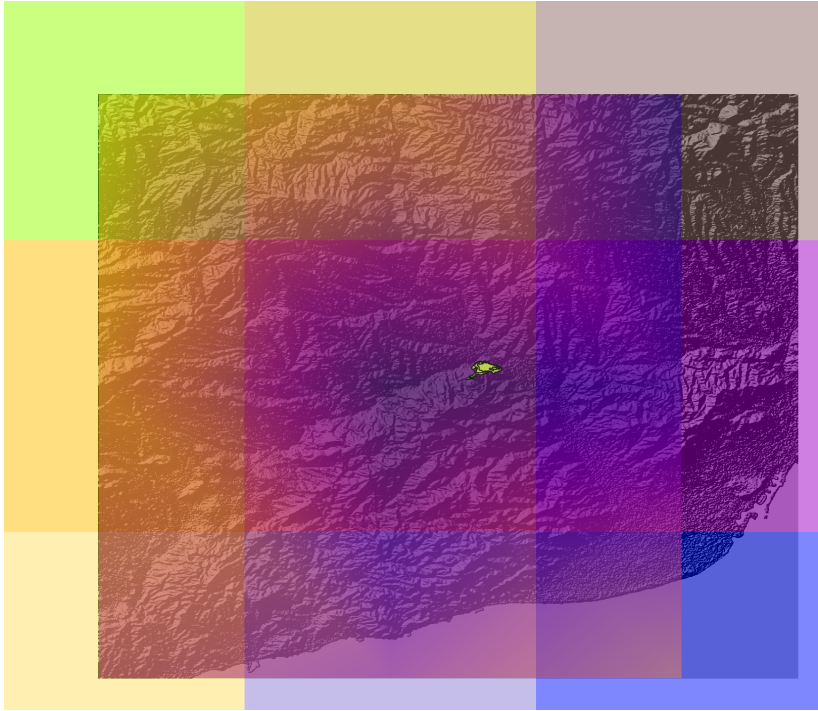


Figura 1: **Integración de Datos en QGIS.** Superposición del perímetro del incendio (rojo) sobre la topografía detallada (gris) y la malla meteorológica ERA5 (bloques de color). Se evidencia la necesidad de técnicas de *downscaling*.

Definición del Dominio Computacional

Para la configuración del modelo meteorológico (WRF) y su acoplamiento con el modelo de incendio, se han calculado las dimensiones exactas del dominio de estudio:

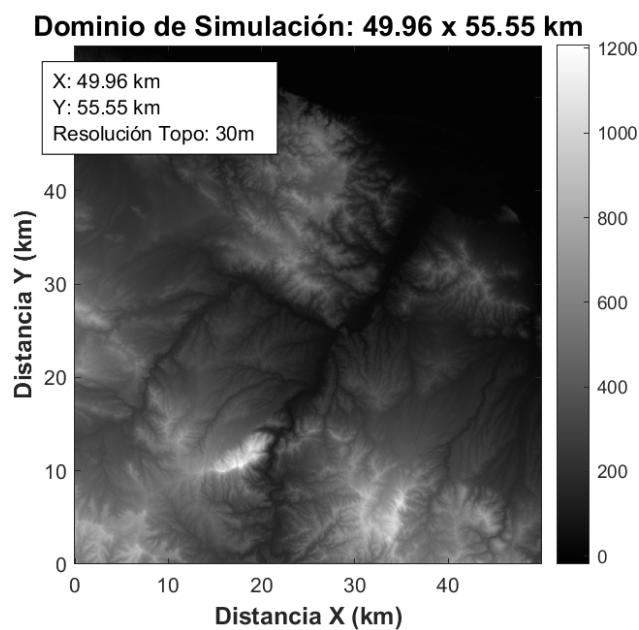


Figura 2: Dominio computacional calculado sobre el Modelo de Elevación Digital.

Dimensión	Valor Calculado
Extensión Eje X (Oeste-Este)	49.96 km
Extensión Eje Y (Sur-Norte)	55.55 km
Área Total	2775.49 km²
Resolución de Malla	30 metros
Sistema de Coordenadas	WGS 84 (Lat/Lon)

Formulación Matemática del Modelo

El núcleo de la simulación se basa en un modelo continuo determinista descrito por un sistema de Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP) de tipo **Advección-Difusión-Reacción**. Siguiendo la aproximación semifísica propuesta por Asensio y Ferragut [2], el sistema modela la conservación de la entalpía y la masa de combustible.

Sea $\Omega \subset R^2$ el dominio espacial. El estado del sistema en cada instante t viene dado por la temperatura adimensional $T(\mathbf{x}, t)$ y la fracción de masa de combustible sólido $Y(\mathbf{x}, t)$:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla T - \nabla \cdot (K \nabla T) = Q(T, Y) - \alpha(T - T_a) \quad (1)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = -R(T, Y) \quad (2)$$

Donde:

- $\mathbf{v}(\mathbf{x}, t)$: Campo de velocidad del viento efectivo (incluyendo corrección por pendiente).
- K : Tensor de difusividad térmica (representando radiación local y turbulencia).
- $Q(T, Y)$: Término fuente de calor generado por la reacción de combustión (Ley de Arrhenius).
- α : Coeficiente de pérdidas por convección ambiente (T_a).
- $R(T, Y)$: Tasa de consumo de combustible.

Este enfoque permite capturar fenómenos complejos como la aceleración en cañones o el efecto del viento, manteniendo un coste computacional menor que los modelos CFD completos (tipo FDS) pero mayor precisión física que los modelos de autómatas celulares [3].

Análisis Atmosférico Local

El análisis del radiosondeo (13/07/2021 18:09) revela la dinámica crítica del evento, confirmando la cizalladura del viento:

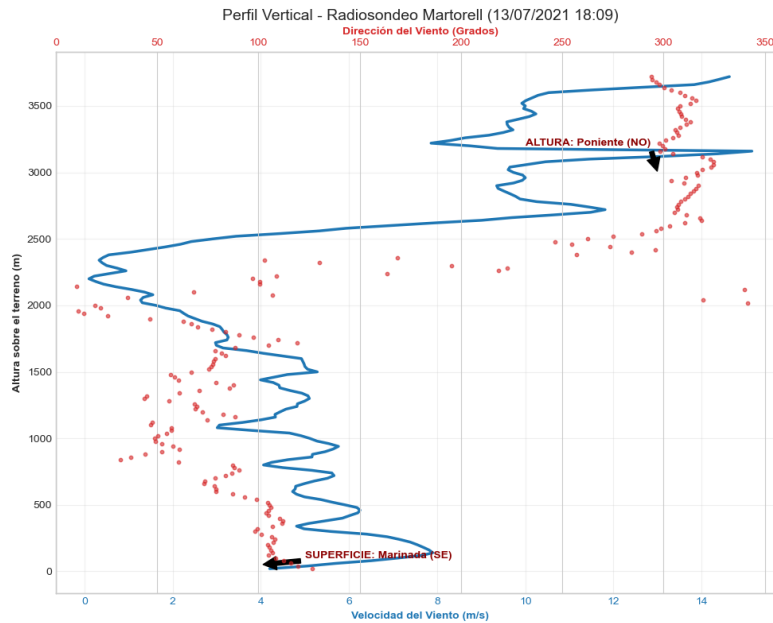


Figura 3: Perfil vertical de viento. La línea azul indica velocidad y los puntos rojos dirección. Nótese el giro drástico de viento entre superficie (Marinada) y altura (Poniente).

Próximos Pasos (Semana 2)

1. **Procesamiento de Combustibles:** Conversión de mapas de vegetación (PREVINCAT) a modelos numéricos.
2. **Interpolación Meteorológica:** Aplicación de técnicas de *downscaling* para el viento ERA5.
3. **Discretización:** Implementación numérica del sistema de EDPs en MATLAB.

Referencias

- [1] Tedim, F., et al. (2018). *Defining Extreme Wildfire Events: Difficulties, Challenges, and Impacts*. Fire, 1(1), 9.
- [2] Asensio, M.I., Ferragut, L., Simon, J. (2002). *Modelling of convective phenomena in forest fire*. Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. (RACSAM), 96(3), 299-313.
- [3] Mandel, J., et al. (2011). *A coupled atmosphere-fire model for idealised scenarios*. Geoscientific Model Development, 4, 591-610.
- [4] Byram, G.M. (1959). *Combustion of forest fuels*. Forest fire: control and use, 61-89.
- [5] Simpson, C.C., et al. (2013). *The role of the atmosphere in the behaviour of the 2002 convective fires*. Intl. Journal of Wildland Fire.