

Reporte de Definición de Caso de Estudio

Simulación EWE: Torroella de Montgrí (Massís del Montgrí, 2021)

Esteban Carrasco Barra

Enero 2026

Resumen Ejecutivo

Se ha definido y configurado el caso de estudio piloto: **Torroella de Montgrí (22/07/2021)**. Este reporte consolida el marco teórico extendido solicitado, la reconstrucción temporal del evento y el procesamiento de los inputs geoespaciales (Topografía y Combustibles) validados para la simulación numérica.

Marco Teórico Ampliado

Física de la Propagación en Incendios Extremos (EWE)

La modelización clásica de incendios forestales (Rothermel, 1972) asume un estado cuasi-estacionario. Sin embargo, los Eventos de Incendios Forestales Extremos (EWE) presentan dinámicas no lineales. Según los lineamientos del proyecto europeo **FIRE-RES**, un EWE se caracteriza por la interacción crítica entre:

1. **Atmósfera inestable:** Presencia de aire seco y cizalladura del viento vertical.
2. **Combustible disponible:** Estrés hídrico acumulado que maximiza la inflamabilidad.
3. **Topografía compleja:** Aceleración de flujos por efecto Venturi y chimenea.

Este estudio se centra en resolver computacionalmente la interacción *Topografía-Viento*, utilizando un esquema de Advección-Difusión-Reacción para corregir la propagación vectorial sobre el terreno.

Meteorología Sinóptica Local: El Régimen de Tramuntana

El área de estudio (Empordà) está dominada por la **Tramuntana** (N/NO), un viento catabático seco y racheado. En incendios costeros como el de Torroella, la dinámica crítica surge de la competencia entre este viento sinóptico y las brisas marinas (Marinada) de componente Este. La ruptura de estos regímenes genera cambios erráticos en la dirección de propagación, justificando el uso de meteorología horaria (ERA5) en lugar de vientos estáticos.

Descripción del Caso: Torroella de Montgrí 2021

Cronología y Evolución Temporal

El incendio se inició el 22 de julio de 2021 (18:00h) en el Massís del Montgrí. La Figura 1 muestra las isócronas de avance proporcionadas por Bombers (GRAF). Se observa una rápida expansión inicial impulsada por el viento (“Wind-Driven”) seguida de un comportamiento topográfico al alcanzar las crestas.

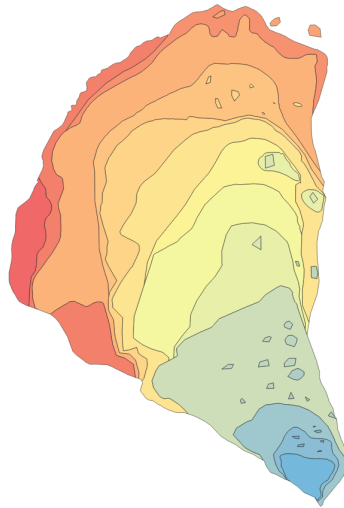


Figura 1: **Evolución del Perímetro.** Las líneas representan las isócronas de avance real del fuego sobre el relieve del macizo. (Fuente: GRAF/Bombers).

Procesamiento de Inputs (Resultados Visuales)

A continuación se presentan las capas espaciales generadas en MATLAB que constituyen las condiciones de frontera de la simulación.

1. Topografía y Relieve (MDT)

Se ha procesado el Modelo Digital de Elevaciones a 20m de resolución. El dominio captura la transición drástica desde la llanura del Ter hasta las cimas del macizo, fundamental para simular la aceleración del viento.

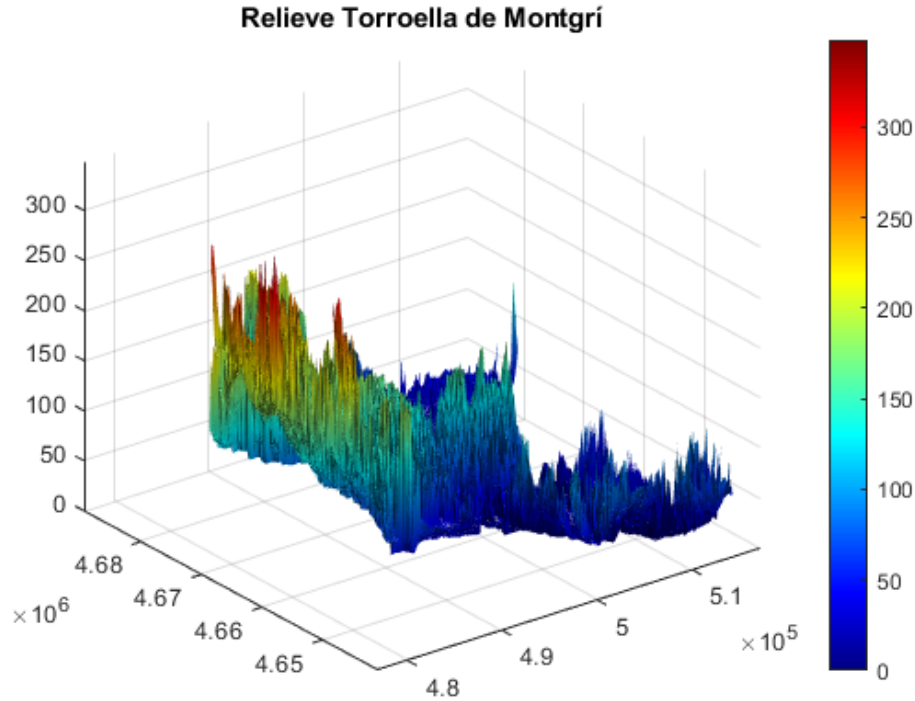


Figura 2: **Modelo Digital del Terreno (3D)**. Visualización del relieve procesado. Las zonas de alta pendiente (rojo/amarillo) son críticas para el término advectivo del modelo.

2. Modelos de Combustible

La Figura 3 muestra la conversión de códigos de vegetación de PREVINCAT a modelos numéricos. Se ha corregido la lectura de datos para diferenciar claramente zonas forestales de zonas urbanas/marinas.

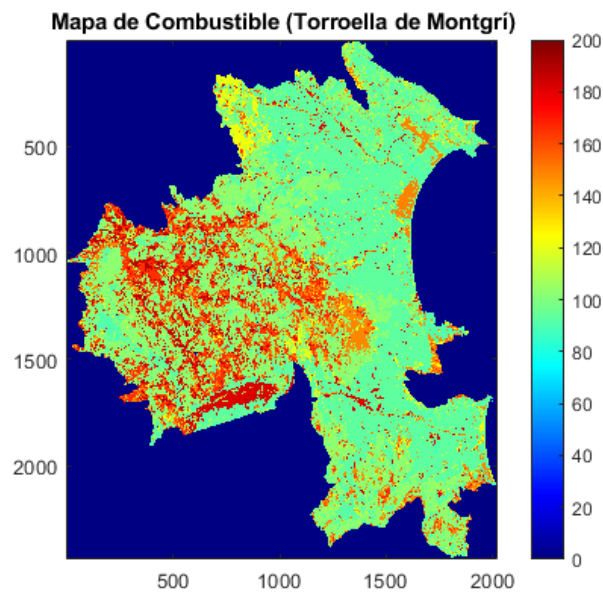


Figura 3: **Mapa de Combustibles**. La heterogeneidad indica cambios en la carga del combustible, resultando en velocidades de propagación (ROS) variables.

Dominio Computacional y Matemático

Dimensiones del Dominio

Para garantizar el acoplamiento con el modelo meteorológico WRF, se han calculado las dimensiones físicas exactas:

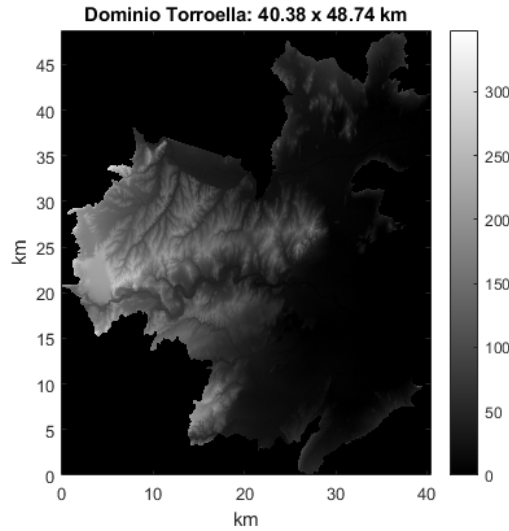


Figura 4: Dominio computacional calculado en MATLAB.

Dimensión	Valor Calculado
Extensión Eje X (Oeste-Este)	40.38 km
Extensión Eje Y (Sur-Norte)	48.74 km
Área Total	1968.12 km²
Resolución de Malla	~ 20 metros

Formulación Matemática

El sistema de ecuaciones gobernante (Advección-Difusión-Reacción) incorpora la topografía en el término de velocidad efectiva \mathbf{v} :

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

Donde $\mathbf{v}(\mathbf{x}_{topo})$ es el resultado de proyectar el viento sinóptico sobre la rugosidad del MDT.

Expectativas para la Primera Simulación

Para el primer test (“Loop 1”), se ejecutará el modelo con acoplamiento unidireccional (Atmósfera \rightarrow Fuego).

- **Concordancia Topográfica:** Se espera que el modelo replique la canalización en barrancos gracias a la alta resolución (20m).
- **Limitación:** Al no incluir feedback termodinámico (penacho), es probable una subestimación del ROS en los picos de intensidad convectiva.

Referencias

- [1] Rothermel, R. C. (1972). *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*.
- [2] FIRE-RES Project (2021). *Extreme Wildfire Events definition and classification*.