



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA GEODÉSICA  
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

# Redes neuronales recurrentes bidireccionales para la estimación del contenido de humedad del combustible vivo en la Comunitat Valenciana a partir de datos satelitales.

Juan Vicente Chiva Gil

Tutores: Ángel A. Balaguer Beser · Pablo Crespo Peremarch

Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía · ETSIGCT · Curso 2025-2026

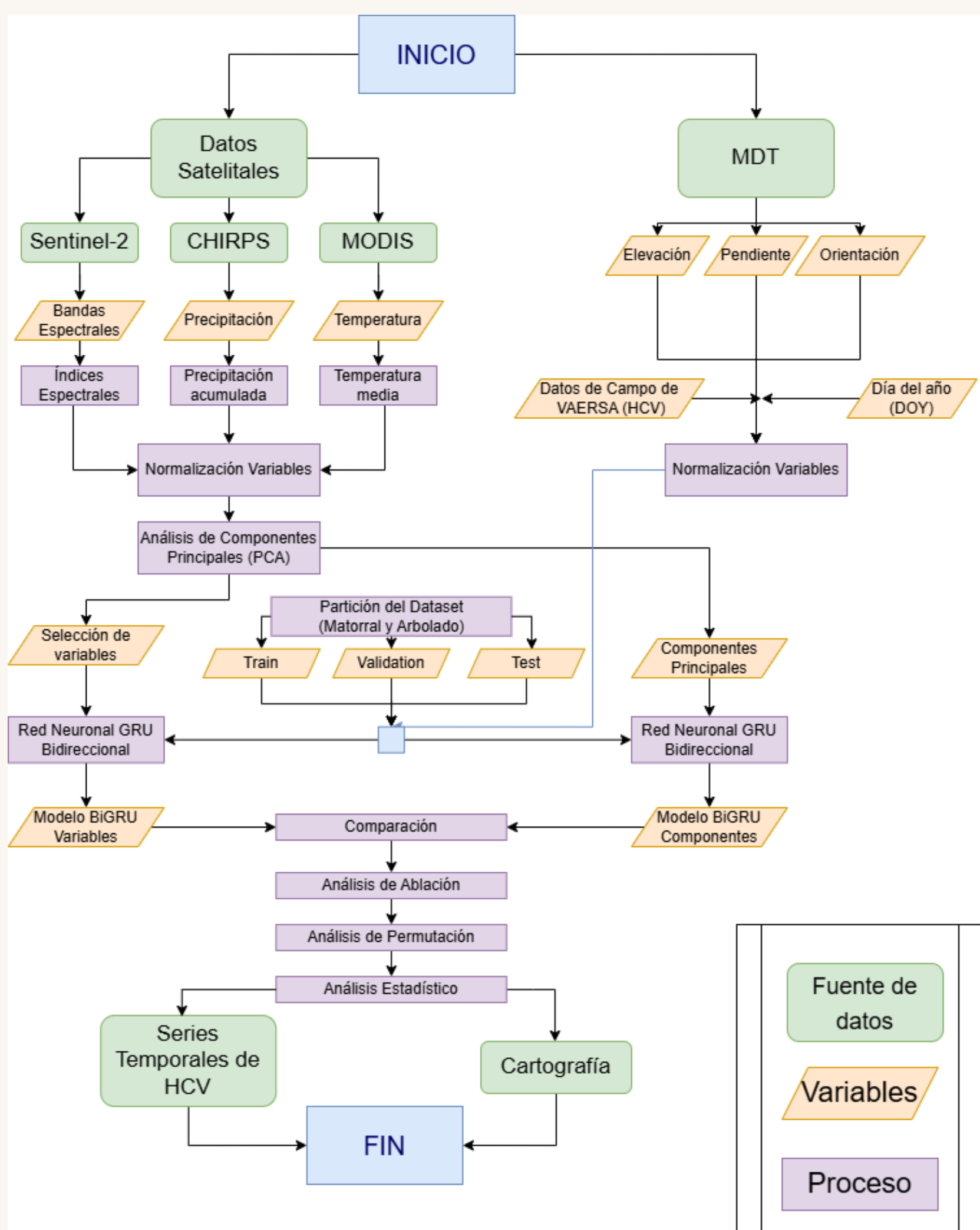
## 1. Introducción y objetivos

El contenido de humedad de combustible vivo (HCV) es una variable clave en la gestión del riesgo de incendios forestales, ya que determina la inflamabilidad de la vegetación (Yebrá et al., 2013). Su estimación continua a escala regional resulta esencial para anticipar situaciones de riesgo. En este trabajo se desarrolla un modelo de red neuronal recurrente BiGRU (Serrano Acevedo, (2025)) de doble entrada para estimar el HCV en parcelas forestales de la Comunitat Valenciana, integrando variables espectrales, y topográficas. Se evalúan estrategias de reducción de dimensionalidad y se cuantifica la contribución de cada grupo mediante análisis de ablación y permutación.

El objetivo es desarrollar y evaluar un modelo BiGRU multivariable para la estimación del HCV, identificar las variables más relevantes y aplicarlo a la cartografía predictiva del HCV en la zona del incendio de Bejís (2022).

Contribución a los ODS 13 (Acción por el clima), 15 (Vida de ecosistemas terrestres) y 9 (Industria, innovación e infraestructura).

## 2. Metodología



## 4. Conclusiones

- ✓ El modelo BiGRU multivariable explica entre el 64 % y el 75 % de la variabilidad del HCV observado en la Comunitat Valenciana.
- ✓ Las variables meteorológicas dominan la capacidad predictiva sobre las espectrales; la LST nocturna a 30 días es la variable más relevante.
- ✓ El modelo no muestra sesgo sistemático y los residuos se ajustan mejor a una t-Student. La aplicación al incendio de Bejís evidencia su utilidad operativa para la prevención de incendios forestales.
- ✓ Líneas futuras: ampliar el dataset, incorporar especies vegetales, explorar arquitecturas TCN-BiGRU (Wang et al., (2026)) y validar el modelo en otras regiones mediterráneas.

## 5. Bibliografía

Arcos, M. A., Edo-Botella, R., Balaguer-Beser, Á., & Ruiz, L. Á. (2023). Analyzing Independent LFMC Empirical Models in the Mid-Mediterranean Region of Spain Attending to Vegetation Types and Bioclimatic Zones. *Forests*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/f14071299>

Serrano Acevedo, A. E. (2025). *Estimación del contenido de humedad de combustible vivo en la Comunitat Valenciana mediante el uso de teledetección y redes neuronales recurrentes*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/221773>

Wang, C., Zhang, B., Zhu, L., Yang, K., Lu, B., Su, B., & Chen, Z. (2026). Estimation of Live fuel moisture content via spectral-meteorological time-series fusion: A TCN-BiGRU deep learning framework. *International Journal of Remote Sensing*, 0(0), 1-33. <https://doi.org/10.1080/01431161.2026.2633780>

Yebrá, M., Dennison, P. E., Chuvieco, E., Riaño, D., Zylstra, P., Hunt, E. R., Danson, F. M., Qi, Y., & Jurdao, S. (2013). A global review of remote sensing of live fuel moisture content for fire danger assessment: Moving towards operational products. *Remote Sensing of Environment*, 136, 455-468. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.05.029>

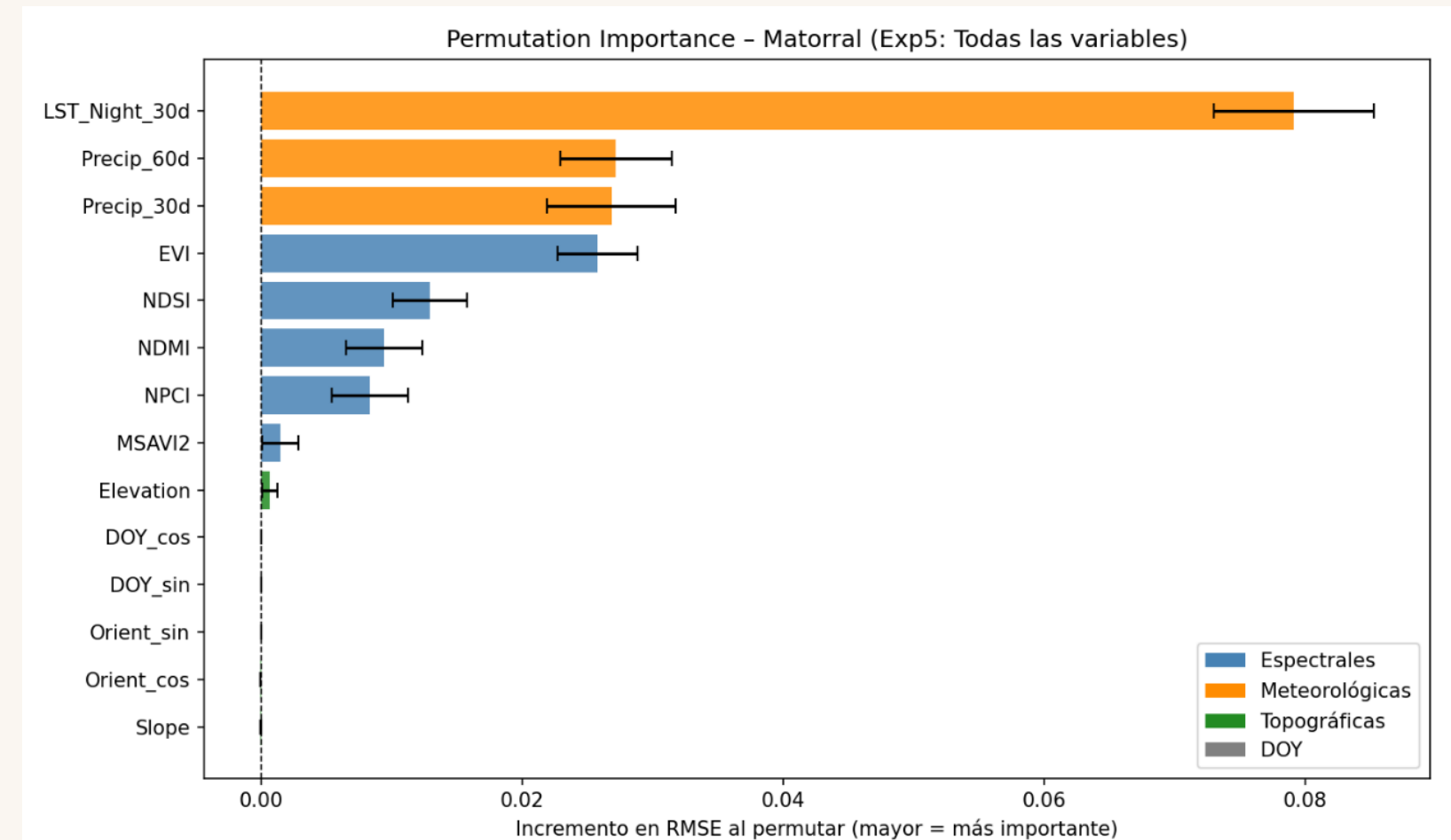
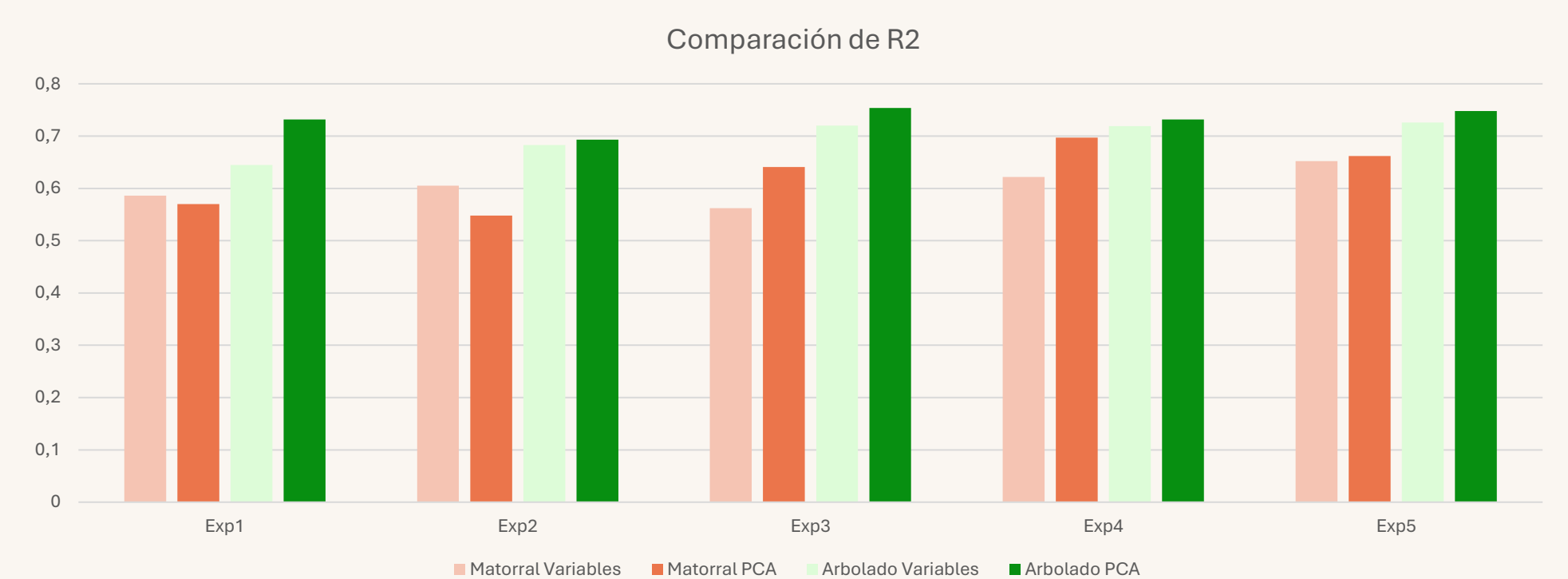
## 3. Resultados

Se han evaluado cinco configuraciones de variables (Exp1–Exp5) para dos tipos de vegetación (matorral y arbolado) como en Arcos et al., 2023 y dos estrategias de reducción de dimensionalidad: selección de variables y análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés). El experimento Exp5 incorpora todos los grupos de variables.

### Métricas en el conjunto de test — Exp5

|                | Matorral (var.) | Matorral (PCA) | Arbolado (var.) | Arbolado (PCA) |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| R <sup>2</sup> | 0,652           | 0,662          | 0,726           | 0,748          |
| RMSE(%)        | 10,24           | 10,40          | 9,01            | 8,62           |
| MAE(%)         | 7,73            | 7,87           | 6,80            | 6,36           |

- ✓ Las variables meteorológicas tienen mayor poder predictivo que las espectrales en ambos ecosistemas.
- ✓ La media de la temperatura superficial nocturna a 30 días (LST\_Night\_30d) es la variable individual más determinante.
- ✓ Variables seleccionadas y PCA producen métricas similares; las primeras son preferibles por su interpretabilidad física.



### Aplicación: incendio de Bejís (2022)

El modelo se aplica al incendio que afectó a la zona de Bejís (Castellón). El mapa muestra la distribución del HCV estimado y el perímetro real del incendio. Tonos rojos = HCV bajo (alta inflamabilidad); tonos verdes = HCV alto. Las zonas con HCV bajo coinciden mayoritariamente con el área quemada, lo que respalda la utilidad operativa del modelo.

