

RESUMEN

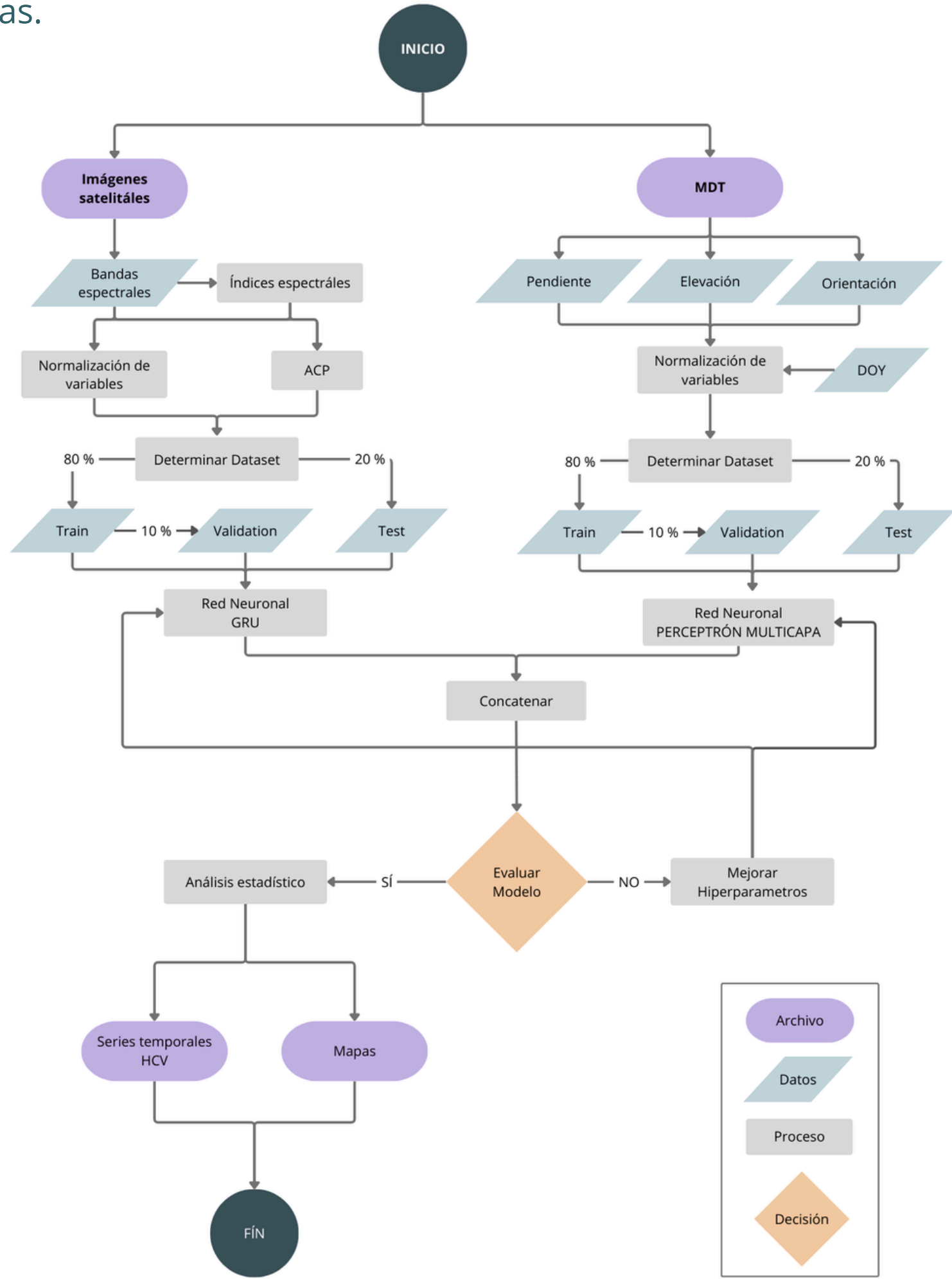
La humedad de combustible vivo (HCV) es un parámetro clave para evaluar el riesgo de incendios forestales. En este trabajo, se desarrolló un modelo basado en redes neuronales recurrentes (GRU) que, usando datos de teledetección del satélite Sentinel-2 y variables topográficas, predice el contenido de HCV en zonas de matorral y arbolado de la Comunitat Valenciana entre 2020 y 2023. Los resultados demostraron una mejora en la precisión respecto a modelos tradicionales basados únicamente en información espectral.

INTRODUCCIÓN

Numerosas investigaciones han explorado la estimación de la HCV utilizando teledetección y métodos empíricos, como Random Forest y regresiones con índices espectrales (Arcos et al. (2023), Marino et al. (2020)). Estos enfoques han aportado resultados valiosos, pero también evidencian limitaciones relacionadas con escalas locales y cambios estacionales, afectando su capacidad de generalización. El reciente avance en técnicas de aprendizaje profundo abre nuevas oportunidades para abordar estos desafíos, permitiendo modelar relaciones complejas y no lineales que antes eran difíciles de capturar. Este estudio propone explorar el uso de redes neuronales recurrentes GRU como alternativa, evaluando su potencial para predecir de manera precisa el comportamiento de la HCV en ecosistemas mediterráneos, a partir de series temporales espectrales y variables topográficas, sin necesidad de incorporar variables meteorológicas explícitas.

METODOLOGÍA

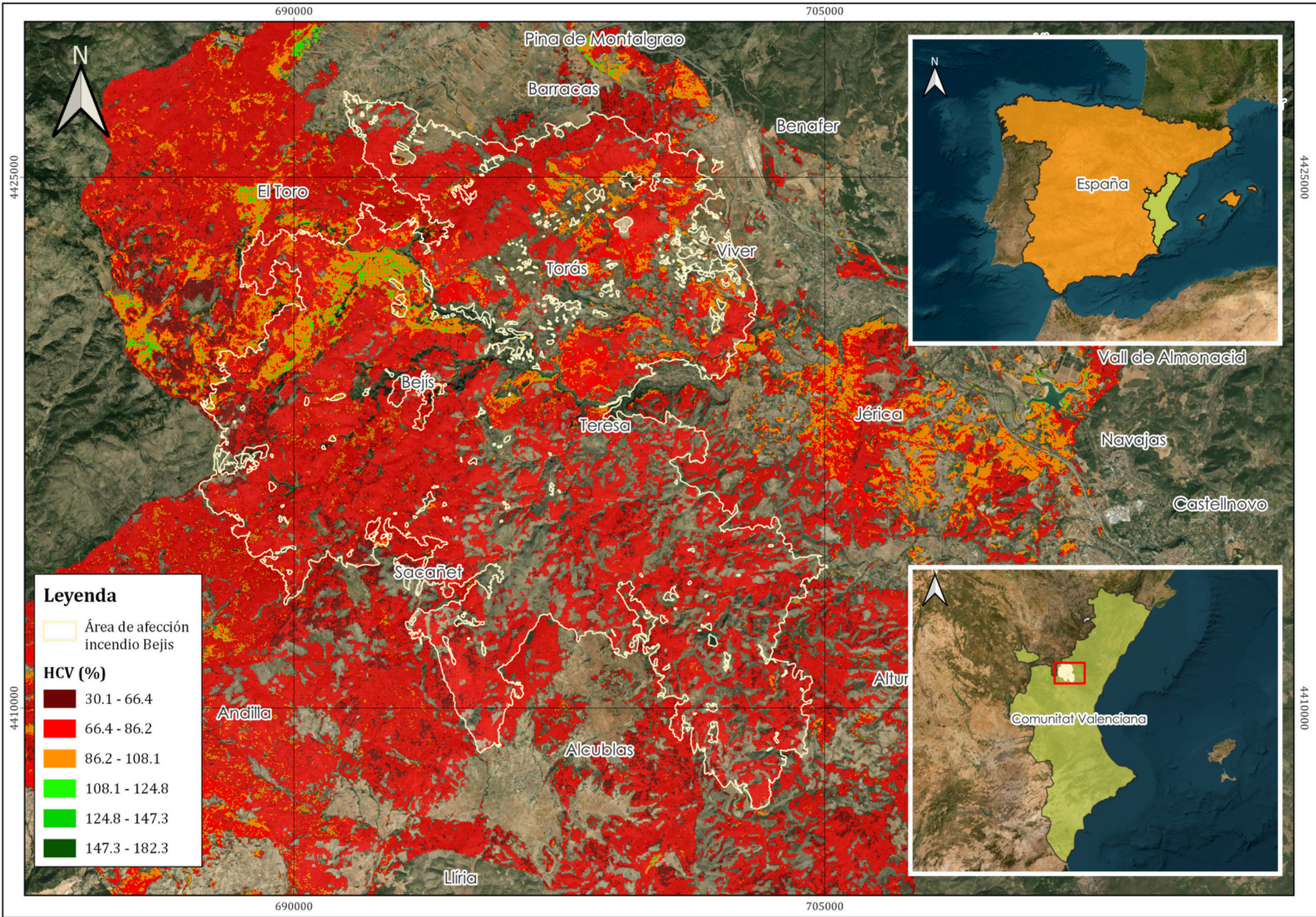
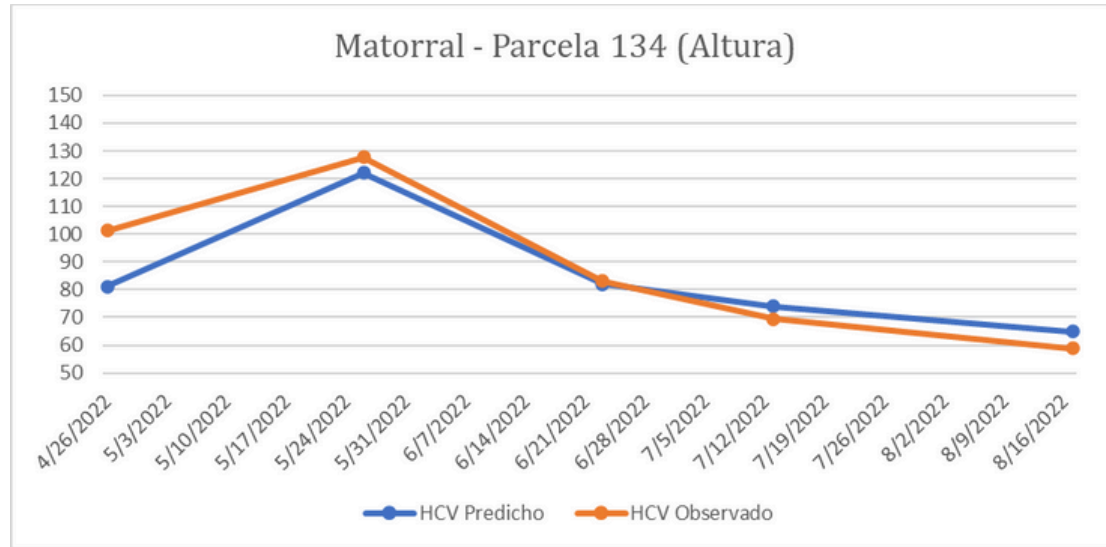
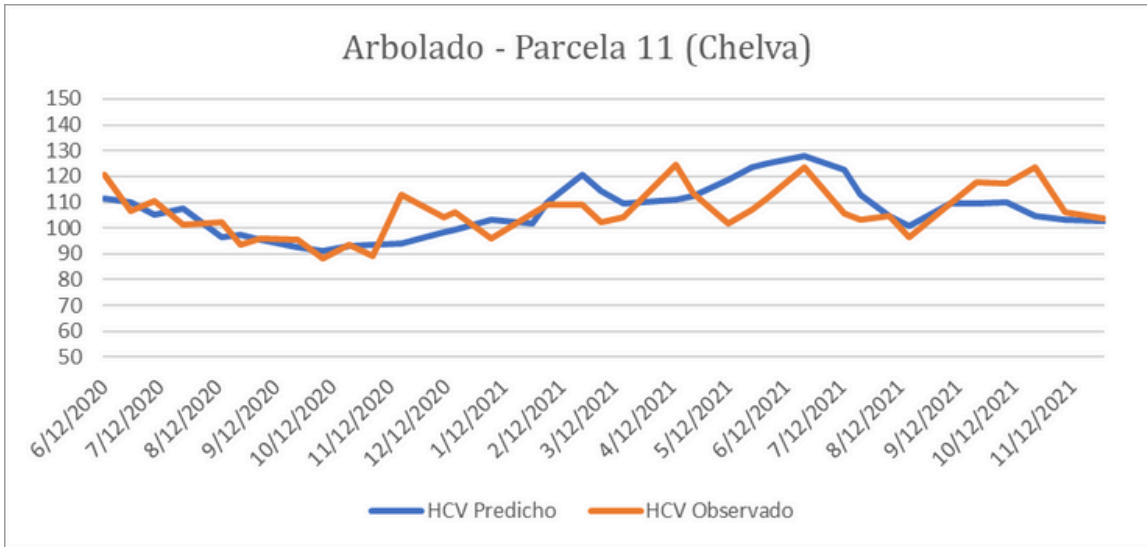
Se recopilaron datos de 120 parcelas en la Comunitat Valenciana, diferenciadas en matorral y arbolado. Se procesaron las bandas e índices espectrales de Sentinel-2 y se extrajeron variables topográficas de un modelo digital del terreno. Los datos fueron normalizados (Garcia et al. (2020) y se redujo la dimensionalidad mediante Análisis de Componentes Principales (ACP). Se diseñaron modelos GRU Híbridos (Ruiz et al. (2020)) independientes para cada tipo de ecosistema, entrenados, validados y testados en Google Colab usando TensorFlow y Keras.



RESULTADOS

Los modelos lograron predecir de forma precisa la evolución espaciotemporal de la humedad de combustible vivo (HCV), capturando patrones complejos de vegetación. Tanto para ecosistemas de matorral como de arbolado, las métricas estadísticas reflejaron un desempeño muy alentador, obteniendo valores de RMSE en torno al 11 % y 13 %, y de MAE entre el 8 % y el 10 %. Estos resultados fueron alcanzados utilizando únicamente información espectral y topográfica, sin necesidad de incorporar variables meteorológicas adicionales.

Además, se generaron mapas temáticos de riesgo de incendios a partir de las predicciones del modelo, destacando el análisis realizado para la zona de Bejís, donde se identificaron áreas de mayor riesgo días antes del incendio registrado en agosto de 2022.



CONCLUSIONES

- Utilizar un modelo híbrido de red neuronal permitió concatenar resultados de dos tipos de modelos, aprovechando de mejor forma datos que son de tipo secuencial y no secuencial. Esta integración, permitió robustecer el modelo final y lograr una generalización bastante aceptable en cuanto al poder de predicción que presentó el modelo.
- La metodología empleada, junto con los resultados obtenidos aportaron una ampliación en las técnicas utilizadas en el estudio de este tipo de problemáticas, y a su vez demuestra como el aprendizaje profundo ayuda en campos de las ciencias de la tierra dando una alternativa aplicada al monitoreo y gestión de recursos naturales.
- La cartografía generada puede servir para dar pie a trabajos de planificación y destinación de recursos para intentar focalizar los esfuerzos humanos y técnicos en periodos de riesgo de incendios forestales, y con esto, ayudar a disminuir posibles consecuencias tanto materiales como humanas.

REFERENCIAS

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* 2023, Vol. 14, Page 1299, 14(7), 1299.

García, M., Riaño, D., Yebra, M., Salas, J., Cardil, A., Monedero, S., Ramirez, J., Martín, M. P., Vilar, L., Gajardo, J., & Ustin, S. (2020). A Live Fuel Moisture Content Product from Landsat TM Satellite Time Series for Implementation in Fire Behavior Models. *Remote Sensing* 2020, Vol. 12, Page 1714, 12(11), 1714.

Marino, E., Yebra, M., Guillén-Climent, M., Algeet, N., Tomé, J. L., Madrigal, J., Guijarro, M., & Hernando, C. (2020). Investigating Live Fuel Moisture Content Estimation in Fire-Prone Shrubland from Remote Sensing Using Empirical Modelling and RTM Simulations. *Remote Sensing* 2020, Vol. 12, Page 2251, 12(14), 2251.

Ruiz, L. A., Almonacid-Caballer, Crespo-Peremarch, Pardo-Pascual, & Sánchez-García, E. (2020). Automated classification of crop types and condition in a mediterranean area using a fine-tuned convolutional neural network.