Título de la Tesis Doctoral:
Mejora de los modelos de variables de estructura forestal y combustibilidad basados en nubes de puntos mediante técnicas de inteligencia artificial.

Director/es:
Luis Ángel Ruiz Fernández
Pablo Crespo Peremarch

Resumen:
La caracterización tridimensional de la estructura forestal y la estimación precisa de variables de combustible son esenciales para la simulación del comportamiento del fuego, especialmente en ecosistemas mediterráneos donde los incendios forestales suponen una amenaza creciente debido al cambio climático. Los sistemas de teledetección basados en LiDAR proporcionan información tridimensional detallada de la vegetación, pero su integración operativa en modelos de comportamiento del fuego de última generación sigue siendo limitada por la falta de métodos robustos para extraer variables como la densidad aparente de copa, la carga de combustible o el contenido de humedad del combustible vivo a nivel de vóxel (Hermosilla et al., 2014). En este contexto, el grupo de investigación ha desarrollado trabajos previos que demuestran el potencial del LiDAR de onda completa para caracterizar la vegetación del sotobosque en bosques mediterráneos (Crespo-Peremarch et al., 2018) y para evaluar la distribución vertical de los componentes forestales mediante datos de diferentes sistemas LiDAR (Crespo-Peremarch et al., 2020), sentando las bases para la aplicación de técnicas más avanzadas de inteligencia artificial, cuyo estado del arte ha sido recientemente revisado por Yun et al. (2024).

La presente tesis se enmarca en dos de los objetivos del proyecto AIM-Fire (PID2024-158591OB-I00): la compilación de un conjunto exhaustivo de datos basados en nubes de puntos, y la generación de modelos de variables de estructura forestal basados en técnicas de IA. Para ello, las tareas principales consistirán en la adquisición, compilación y curación de conjuntos de datos a diferentes escalas, tanto a nivel local como internacional, incluyendo datos de campo, nubes de puntos de sistemas LiDAR terrestres, móviles, aéreos y satelitales, así como datos espectrales provenientes de sensores UAV y satelitales; la generación de datos sintéticos mediante técnicas de aumento de datos en nubes de puntos, creando escenarios semi-reales que permitan entrenar modelos más robustos y generalizables, tanto a escala local como global; y el desarrollo de modelos basados en técnicas de deep learning adaptados al procesado de nubes de puntos para la estimación de variables de estructura forestal y combustibilidad (biomasa, densidad aparente de copa, altura de base de copa) a nivel de parcela y de árbol individual, siguiendo enfoques recientes como la segmentación semántica de nubes de puntos fotogramétricas para la estimación de biomasa específica por especie (Carbonell-Rivera et al., 2026).

Los resultados de esta tesis permitirán avanzar en la integración operativa de datos LiDAR y técnicas de inteligencia artificial en los nuevos modelos de comportamiento del fuego, contribuyendo a la mejora de la gestión forestal y la prevención de incendios en entornos mediterráneos.

Medios disponibles:

El trabajo se desarrollará en el grupo CGAT-UPV, con acceso a infraestructura informática y de oficina en el campus de la Vera, y a equipos de campo proporcionados por el proyecto AIM-Fire (PID2024-158591OB-I00) y el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotograsmetría: escáner láser terrestre (TLS), móvil (MLS), UAV con sensores RGB, multiespectral y LiDAR (ULS), y herramientas de inventario forestal. Se realizarán campañas en parcelas permanentes de Sierra de Espadán y Sierra Calderona.

Se dispondrá de datos abiertos (Global-LFMC, Copernicus, NASA) y de la Generalitat Valenciana y VAERSA. El procesamiento se apoyará en Python (PyTorch, TensorFlow, Keras), librerías de nubes de puntos (PDAL, Open3D, laspy), SIG (QGIS, SNAP) y CloudCompare. Se cuenta con la colaboración de la Dra. Marta Yebra (Australian National University) y el Prof. Richard Fournier (Université de Sherbrooke), y con financiación del proyecto AIM-Fire.

Bibliografía:

Carbonell-Rivera, J. P., Ruiz, L. Á., Estornell, J., & Torralba, J. (2026). Species-specific aboveground biomass estimation using semantic segmentation of UAV photogrammetric point clouds. Science of Remote Sensing, 13, 100421. https://doi.org/10.1016/j.srs.2026.100421

Crespo-Peremarch, P., Tompalski, P., Coops, N., & Ruiz, L. Á. (2018). Characterizing understory vegetation in Mediterranean forests using full-waveform airborne laser scanning data. Remote Sensing of Environment, 217, 400–413. https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.033

Crespo-Peremarch, P., Fournier, R. A., Nguyen, V.-T., van Lier, O. R., & Ruiz, L. Á. (2020). A comparative assessment of the vertical distribution of forest components using full-waveform airborne, discrete airborne and discrete terrestrial laser scanning data. Forest Ecology and Management, 473, 118268. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118268

Hermosilla, T., Ruiz, L. A., Kazakova, A., Coops, N. C., & Moskal, L. M. (2014). Estimation of forest structure and canopy fuel parameters from small-footprint full-waveform LiDAR data. International Journal of Wildland Fire, 23(2), 224–233.

Yun, T., Li, J., Ma, L., Zhou, J., Wang, R., Eichhorn, M. P., & Zhang, H. (2024). Status, advancements and prospects of deep learning methods applied in forest studies. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 130, 103816.