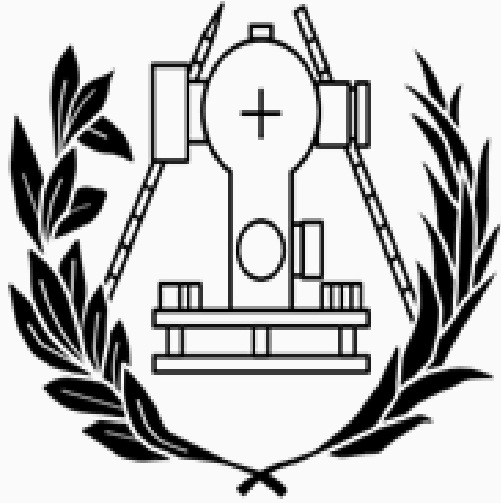


# Clasificación de especies arbustivas y arbóreas de bosque mediterráneo mediante técnicas de Deep Learning y nubes de puntos LiDAR terrestre



Trabajo final de máster  
**Autor:** Juan Ramon Valencia Alzate  
**Tutor:** Pablo Crespo Peremarch - **Cotutor:** Luís Ángel Ruiz Fernández  
Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación  
Universidad Politécnica de Valencia - E.T.S.I Geodésica Cartográfica y Topográfica



## INTRODUCCIÓN

En este estudio se desarrolló una metodología para la clasificación automática de especies arbustivas y arbóreas en bosques mediterráneos a partir de nubes de puntos LiDAR (*Light Detection and Ranging*) terrestre y el uso de técnicas avanzadas de *deep learning*. El estudio se llevó a cabo en la Serra d'Espadà (Castellón, Comunitat Valenciana), una zona de gran biodiversidad pero también altamente vulnerable a incendios forestales debido a su clima mediterráneo seco y cálido, su relieve abrupto y la alta densidad de sotobosque. Los datos utilizados fueron nubes de puntos de parcelas forestales obtenidas mediante escáner láser terrestre (TLS) y un dispositivo móvil de bajo coste (iPad). A partir de esta información se elaboraron catálogos de individuos por especie, se generaron escenarios forestales semi-reales y se entrenaron modelos de *deep learning* para la clasificación de nubes de puntos.

## OBJETIVOS

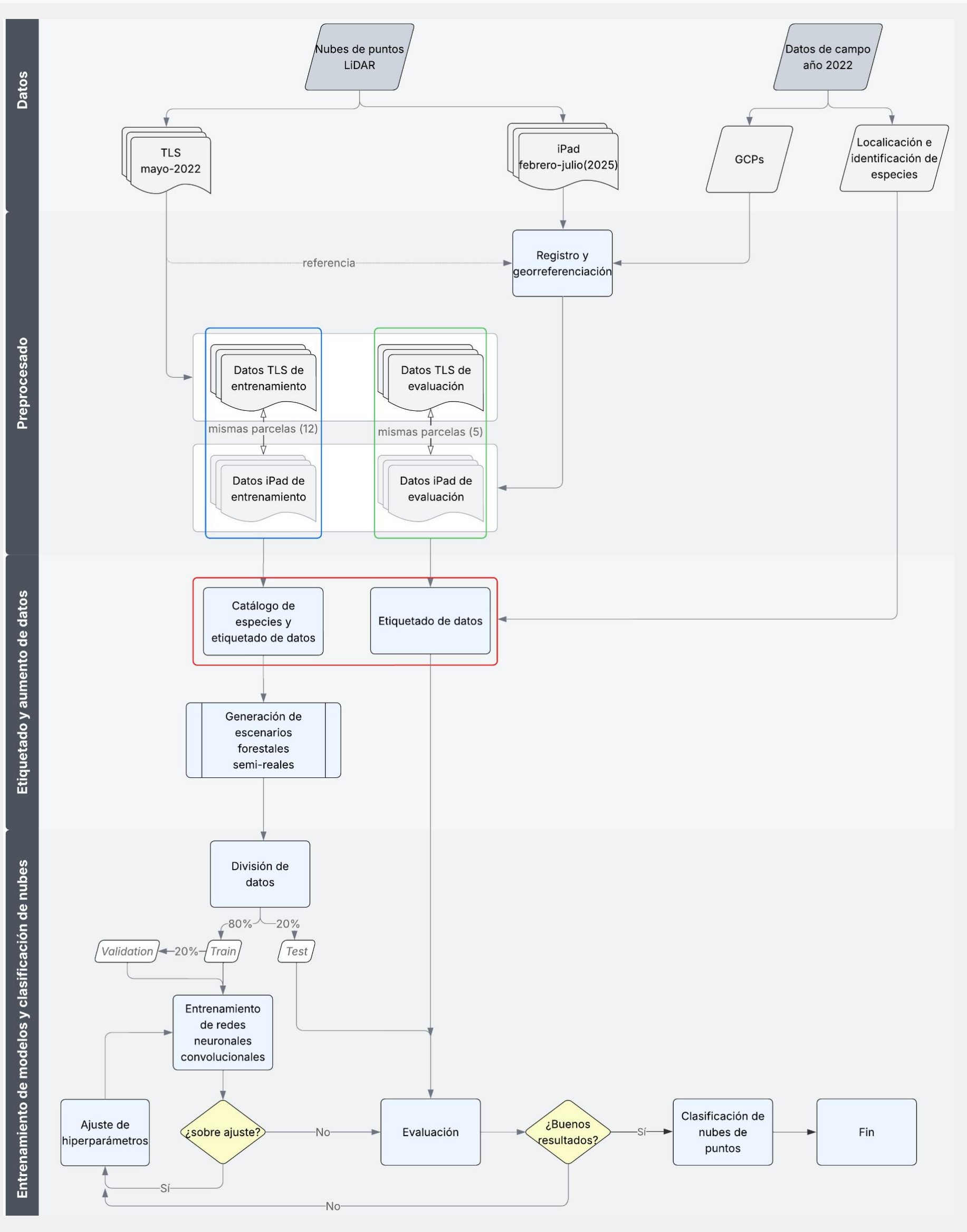
### Objetivo general:

Clasificar especies arbóreas y arbustivas propias de bosque mediterráneo mediante el uso de datos LiDAR terrestre y técnicas de *deep learning*. Con todo ello, se pretende contribuir a proporcionar datos y herramientas para facilitar la prevención y gestión de los incendios forestales.

### Objetivos específicos:

- Elaborar un catálogo de individuos por especie de interés, constituido por nubes de puntos LiDAR independientes.
- Generar escenarios forestales semi-reales etiquetados a nivel de punto, como estrategia de aumento de datos para el entrenamiento de redes neuronales artificiales.
- Desarrollar, entrenar, evaluar y aplicar algoritmos de *deep learning* para la clasificación semántica de nubes de puntos 3D.
- Comparar los resultados de clasificación obtenidos en función de las distintas fuentes de datos LiDAR.

## METODOLOGÍA



## CONCLUSIÓN

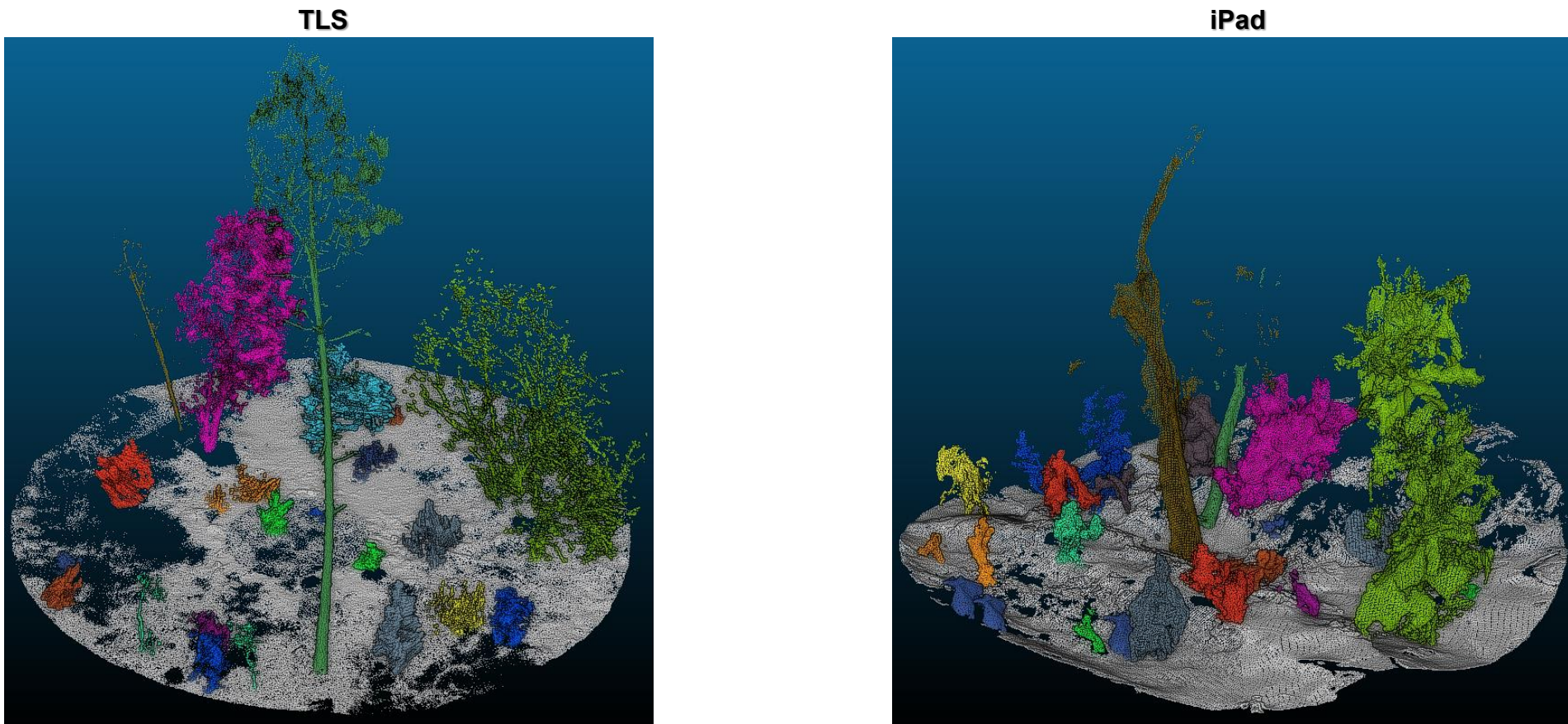
Los resultados obtenidos muestran que la clasificación por estratos de vegetación alcanza las mejores métricas de validación frente a la clasificación por especies, siendo estos resultados útiles, por ejemplo, para identificar la continuidad vertical (del suelo a las copas) y horizontal del combustible forestal. Se concluye que, aunque la metodología presenta retos en la clasificación a nivel de especies, demuestra un alto potencial para la caracterización estructural de los bosques mediterráneos mediante la estratificación vertical de la vegetación. Además, la metodología puede ser de utilidad para el entrenamiento de modelos más robustos y evaluarlos con muchas parcelas, con mayor eficiencia en tiempo y recursos.

## RESULTADOS

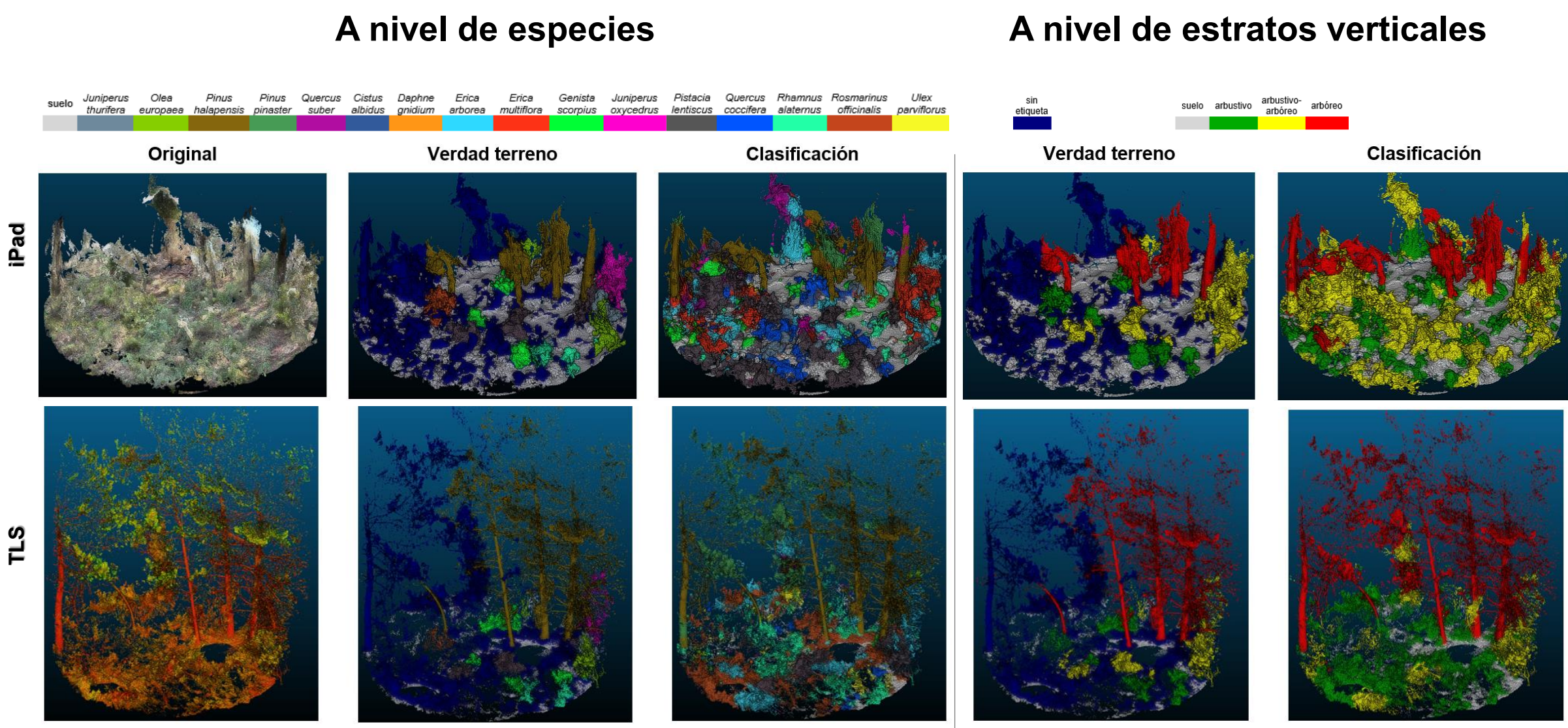
### Ejemplares del catálogo de especies

|                        |      | Estrato arbustivo      |                    |                     |                     |                   |                |                   |                  |
|------------------------|------|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|------------------|
|                        |      | Rosmarinus officinalis | Cistus albidus     | Genista scorpius    | Ulex parviflorus    | Quercus coccifera | Daphne gnidium | Rhamnus alaternus | Erica multiflora |
| TLS                    | iPad |                        |                    |                     |                     |                   |                |                   |                  |
|                        |      |                        |                    |                     |                     |                   |                |                   |                  |
| Estrato arbustivo alto |      |                        | Estrato Arbóreo    |                     |                     |                   |                |                   |                  |
|                        |      | Erica arborea          | Pistacia lentiscus | Juniperus oxycedrus | Juniperus thurifera | Olea europaea     | Quercus suber  | Pinus halapensis  | Pinus pinaster   |
| TLS                    | iPad |                        |                    |                     |                     |                   |                |                   |                  |
|                        |      |                        |                    |                     |                     |                   |                |                   |                  |

### Escenarios semi-reales etiquetados



### Clasificación de nubes de puntos



## BIBLIOGRAFÍA

- Ruiz, L.Á., Crespo-Peremarch, P., Arcos, M. A., Torralba-Pérez, J., Edo-Botella, R., Balaguer-Beser, Á., y Recio, J.A. (2023). "The role of remote sensing in fuel characterization for wildfire prevention" en *International conference on disaster risk reduction and climate change* (DRRCC-2023), pp. 166-174, 7 Oct., Peradeniya, Sri Lanka. [https://cgat.webs.upv.es/wp-content/uploads/2023/11/LARuiz\\_et\\_al\\_DRRCC23.pdf](https://cgat.webs.upv.es/wp-content/uploads/2023/11/LARuiz_et_al_DRRCC23.pdf)
- Simó-Martí, M., Crespo-Peremarch, P., Torralba, J., Carbonell-Rivera, J.P., Ruiz, L.A. (2024). "Integración de datos LiDAR en modelos físicos de comportamiento del fuego para la simulación y el estudio de incendios forestales en el bosque mediterráneo" en *Teledetección y cambio global: retos y oportunidades para un crecimiento Azul, actas del XX congreso de la Asociación Española de Teledetección*, pp. 269-272. 2024, Cádiz. <http://www.aet.org.es/?q=congresos>
- Torralba, J., Crespo-Peremarch, P., Ruiz, L. Á., Carbonell-Rivera J. P. (2024). "Análisis multitemporal de la estructura vertical de ecosistemas forestales mediterráneos mediante datos TLS" en *Teledetección y cambio global: retos y oportunidades para un crecimiento azul, actas del XX congreso de la Asociación Española de Teledetección*, pp. 291-294. 2024, Cádiz. <http://www.aet.org.es/?q=congresos>