

# Evaluación y seguimiento del estado de las masas forestales mediante teledetección. Una aproximación multi-escala multi-sensor.

Mariano García ([mariano.garcia@uah.es](mailto:mariano.garcia@uah.es))



Universidad de Alcalá, Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Grupo de Investigación en Teledetección Ambiental

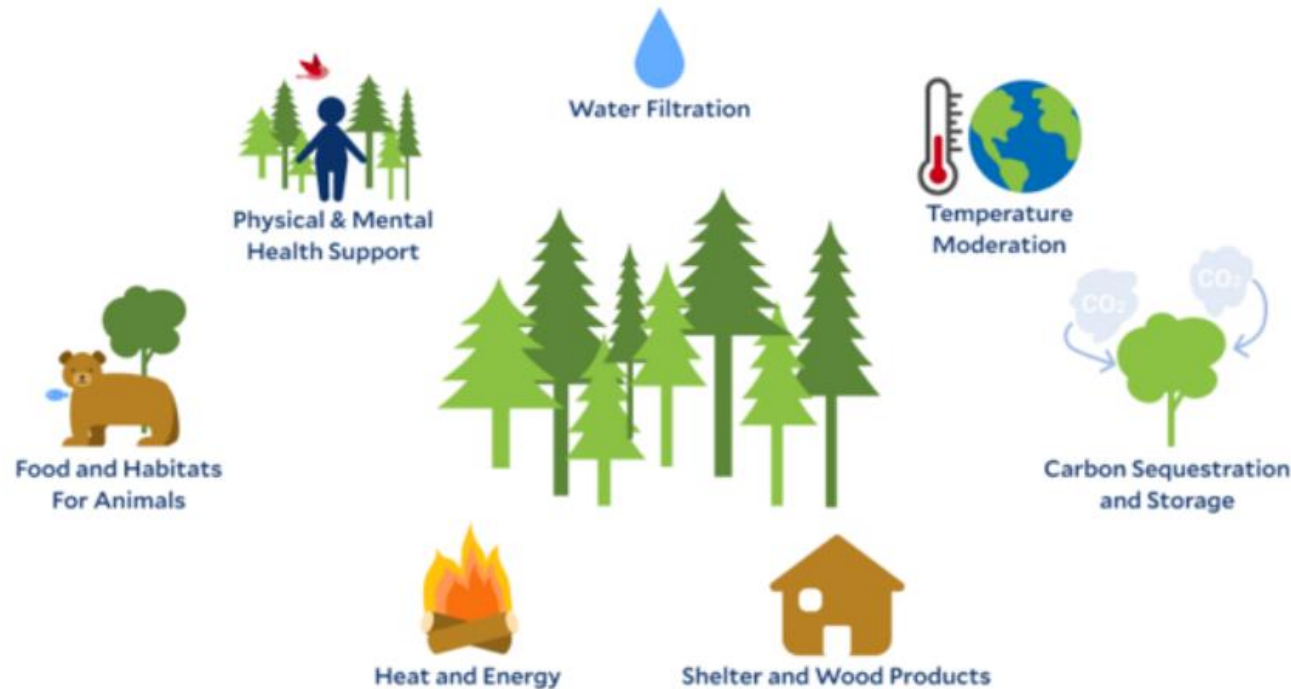
Colaboradores: Pablo Torres; Héctor Nieto; Paloma Ruiz-Benito; Miguel Ángel Zavala; Daniel Moreno; Julián Tijerín; Marina Rodes; Alba Viana-Soto; Inmaculada Aguado; Javier Salas; Jesús Julio Camarero; Rosario González Cascón

- ✓ Introducción.
- ✓ [www.fireurisk.eu](http://www.fireurisk.eu).
- ✓ Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.
- ✓ Evaluación de decaimiento forestal causado por sequía.
- ✓ Análisis de la recuperación post-incendio de la estructura forestal.
- ✓ Conclusiones.



## Introducción

- ✓ Bosques sanos proporcionan multitud de servicios.



- ✓ ¿Qué es un bosque sano?

- ✓ Percepción humana.
- ✓ Individuo: ausencia de enfermedad.
- ✓ Masa / Bioma: los indicadores de salud se vuelve más difíciles de evaluar

## Introducción

- ✓ Los bosques están adaptados a algún nivel de estrés o perturbación, manteniendo sus funciones intrínsecas.
- ✓ Un bosque sano presentará un mosaico de estados de sucesión que representen las distintas etapas del rango natural de perturbación y recuperación (Edmonds et al., 2000; Raffa et al., 2009).
- ✓ Importante determinar cuándo los factores de estrés y perturbación superan el rango natural.
  - ✓ Incremento de estrés y eventos extremos en el futuro (Seidl et al. 2014; Senf & Seidl, 2021).
- ✓ La evaluación de la salud forestal requiere considerar distintas escalas espaciales y temporales.

## Introducción

- ✓ Amplia variedad de indicadores a distintas escalas espaciales

### Utilitarian indicators

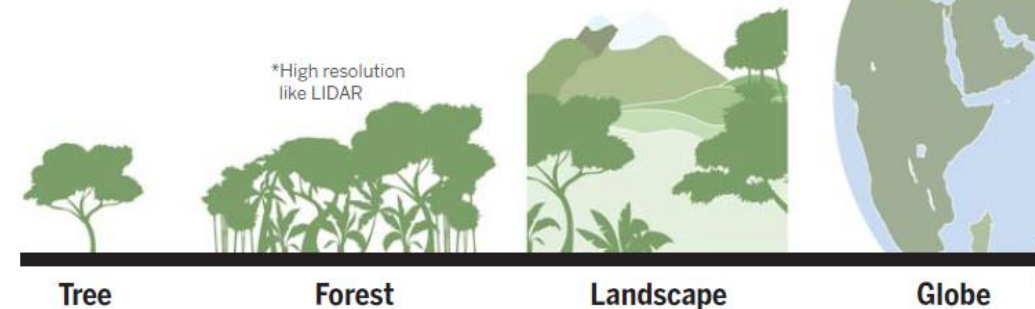
Disease	Wood yield	Water quality	Carbon storage
Damage	Pest infestation	Wood supply	Energy fluxes
Growth	Leaf area	Esthetics	Element fluxes

### Ecosystem indicators

Dead wood	Habitat quality	Seral diversity	Persistence
Disease resistance	Community structure	Connectivity	Invasion
Genetic variability	Soil fertility	Patchiness	Extinction

### Assessment tools

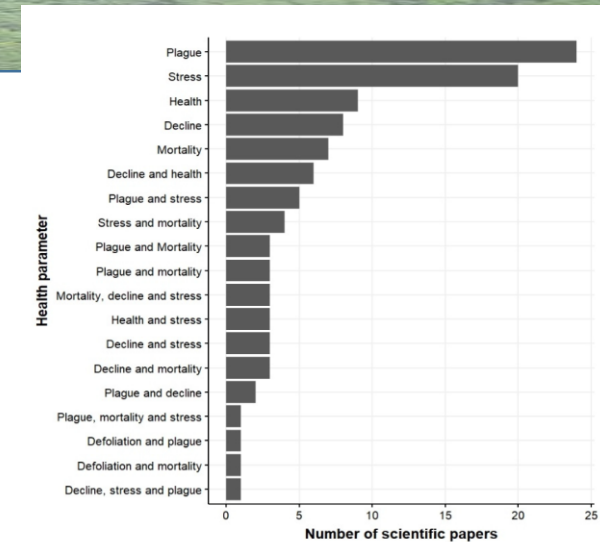
Inventory cruise	Inventory plots	Inventory plots	Remote sensing
Inventory plots	Remote sensing*	Remote sensing	Monitoring networks



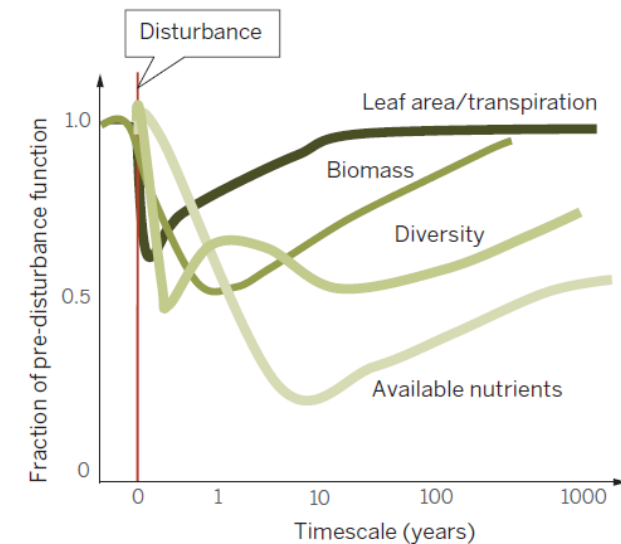


## Introducción

- ✓ La teledetección obtener información a distintas escalas espaciales y temporales de indicadores clave de salud forestal.
- ✓ Sistemas de evaluación y seguimiento de salud forestales, integrando datos de campo con teledetección, debe incluir (Trumbore et al. 2015):
  - ✓ Observaciones que permitan determinar cambios en el estado de la masa.
  - ✓ Observaciones que permitan atribuir cambios a drivers.
  - ✓ Observaciones que permitan detectar decaimiento.
  - ✓ Observaciones de la recuperación después de una perturbación/decaimiento/estrés.



Torres et al., 2021. doi.org/10.3390/f12081134

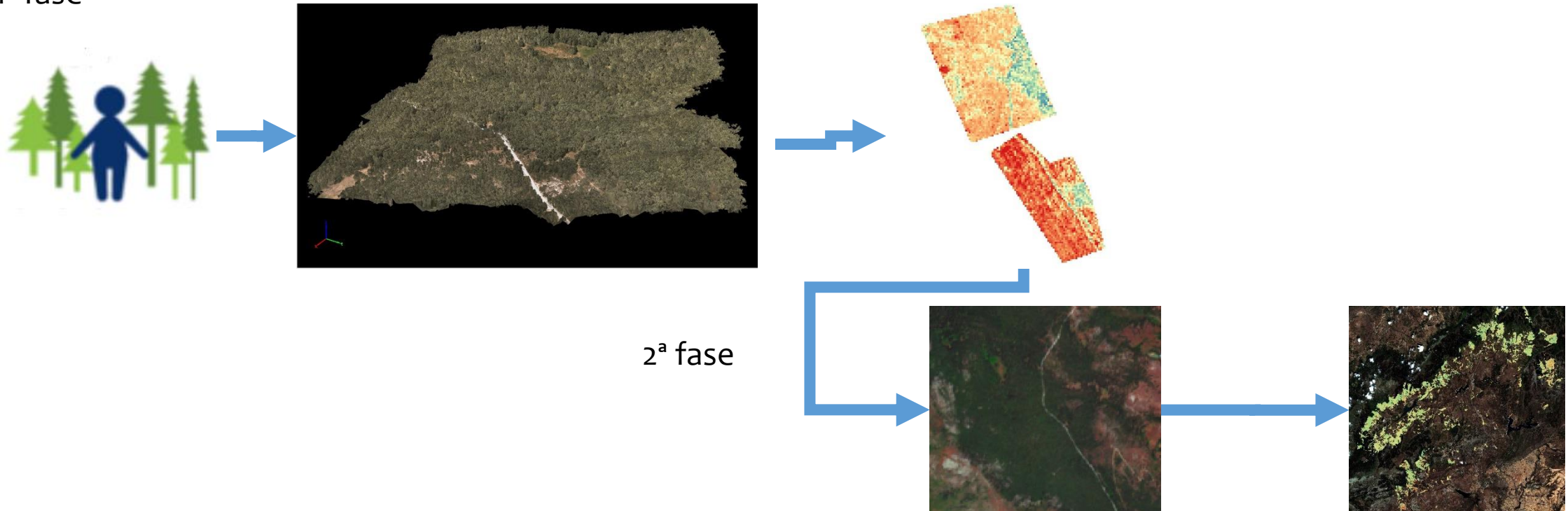


Trumbore et al., 2015. DOI: 10.1126/science.aac6759

## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

- ✓ Desarrollo de una metodología en dos fases para la obtención de indicadores de salud forestal integrando datos UAV con Sentinel-2

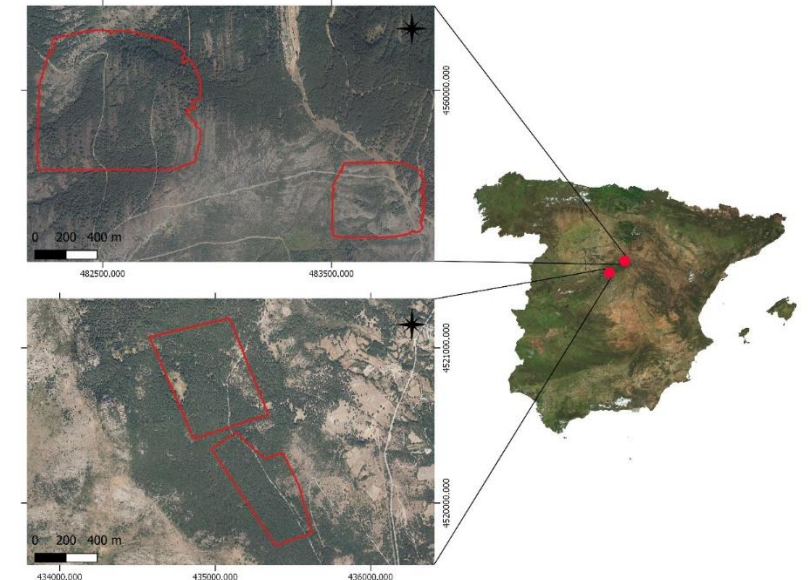
1ª fase





## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

- ✓ 2 zonas de estudio
  - ✓ Galve de Sorbe, Guadalajara, 50.89 ha (1275 – 1597 m).
    - ✓ Pino silvestre (*Pinus sylvestris*).
    - ✓ Afectados por procesionaria (*T. pytiocampa*) de forma recurrente.
  - ✓ Bustarviejo, Madrid, 58.06 ha (1210 – 1379 m).
    - ✓ Melojo (*Quercus Pyrenaica*).
    - ✓ Área afectada por procesos de decaimiento (fases iniciales) y defoliadores.





## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

### ✓ Indicadores de salud forestal

LAI



Variable clave para:

- ✓ Arquitectura dosel.
- ✓ Interacciones vegetación-atmósfera.
- ✓ Indicador de decaimiento, defoliación (procesionaria)

$C_{ab}$



Variable clave para:

- ✓ Estado fisiológico.
- ✓ Capacidad fotosintética.
- ✓ Daños por plagas, estrés hídrico

H<sub>2</sub>O



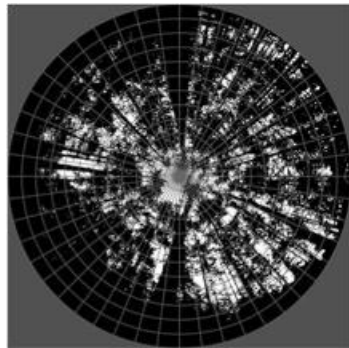
Variable clave para:

- ✓ Cantidad de agua por unidad de superficie.
- ✓ Indicador de estrés hídrico.

## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

### ✓ Medidas de campo

LAI



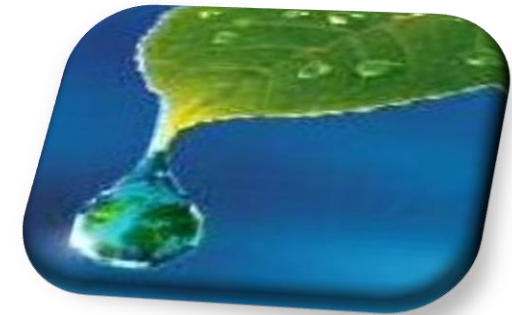
Galve de Sorbe 41 plots (20/2/2020)  
Bustarviejo 15 plots (14/07/2020)  
Nikon Coolpix 4500 /Nikon FC-E8  
28mm  
Hemisfer software: 4 anillos,  
umbral automático, método de  
Miller, clumping index

$C_{ab}$



Bustarviejo 15 plots (14/07/2020)  
3 árboles (r= 6m)  
12 hojas a diferentes alturas (6  
N/6S)  
Medidas realizadas en  
laboratorio (González-Cascón et  
al., 2017)

H<sub>2</sub>O

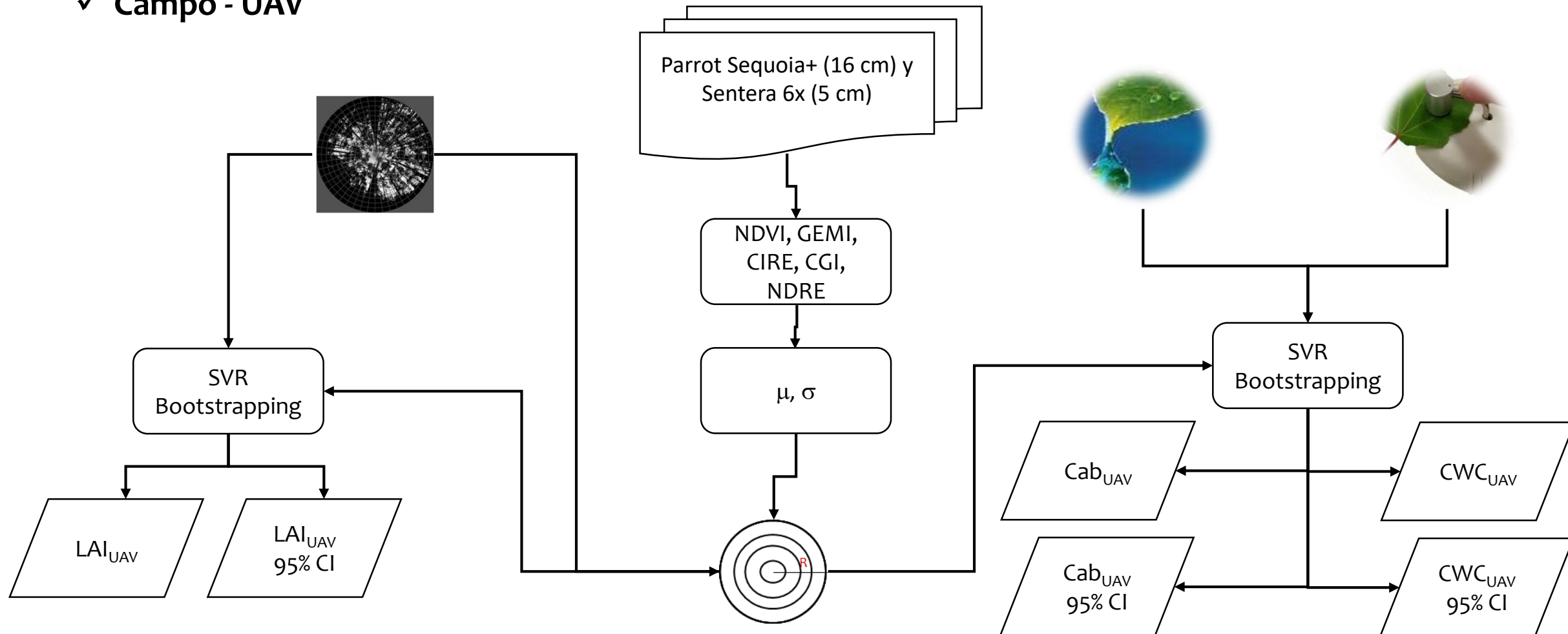


Bustarviejo 15 plots (14/07/2020)  
3 árboles (r= 6m)  
12 hojas a diferentes alturas (6 N/6S)  
Peso fresco medido en campo.  
Hojas escaneadas en laboratorio y  
posteriormente secadas en horno  
48 hrs a 80°C. Peso seco.



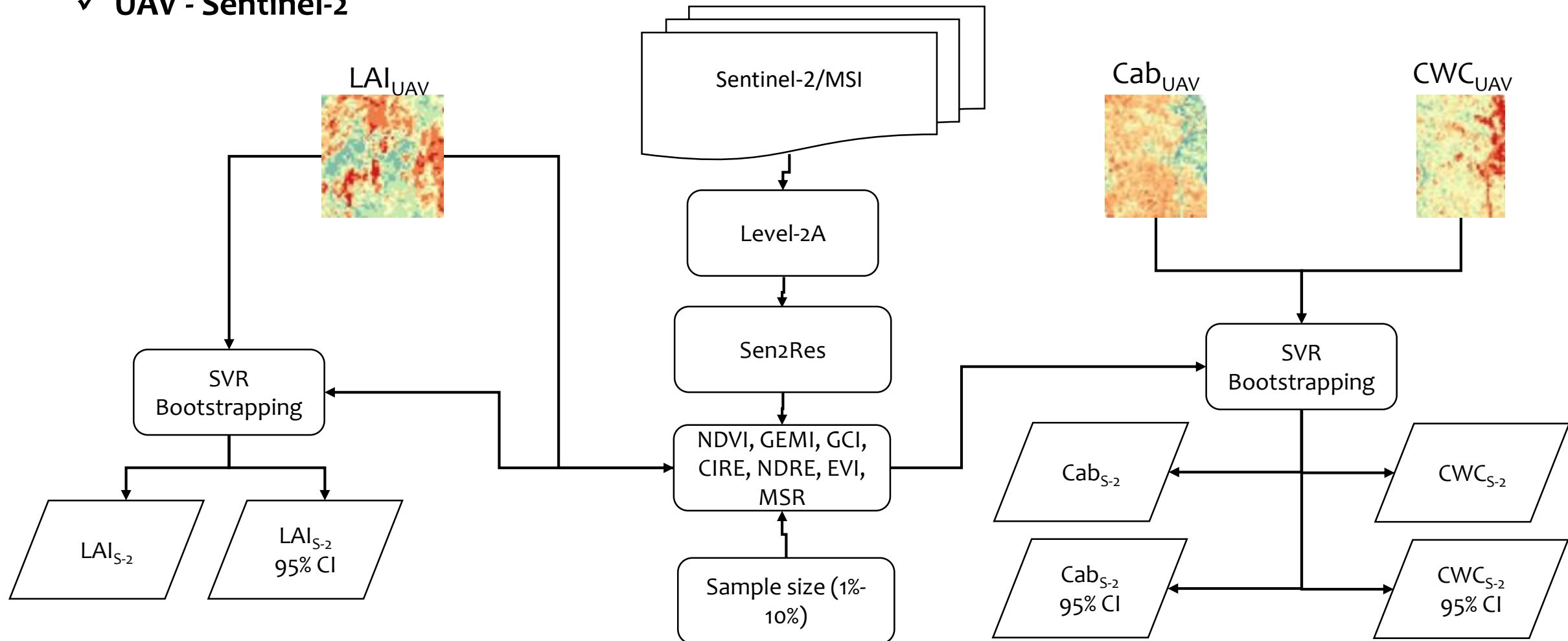
## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

### ✓ Campo - UAV



## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

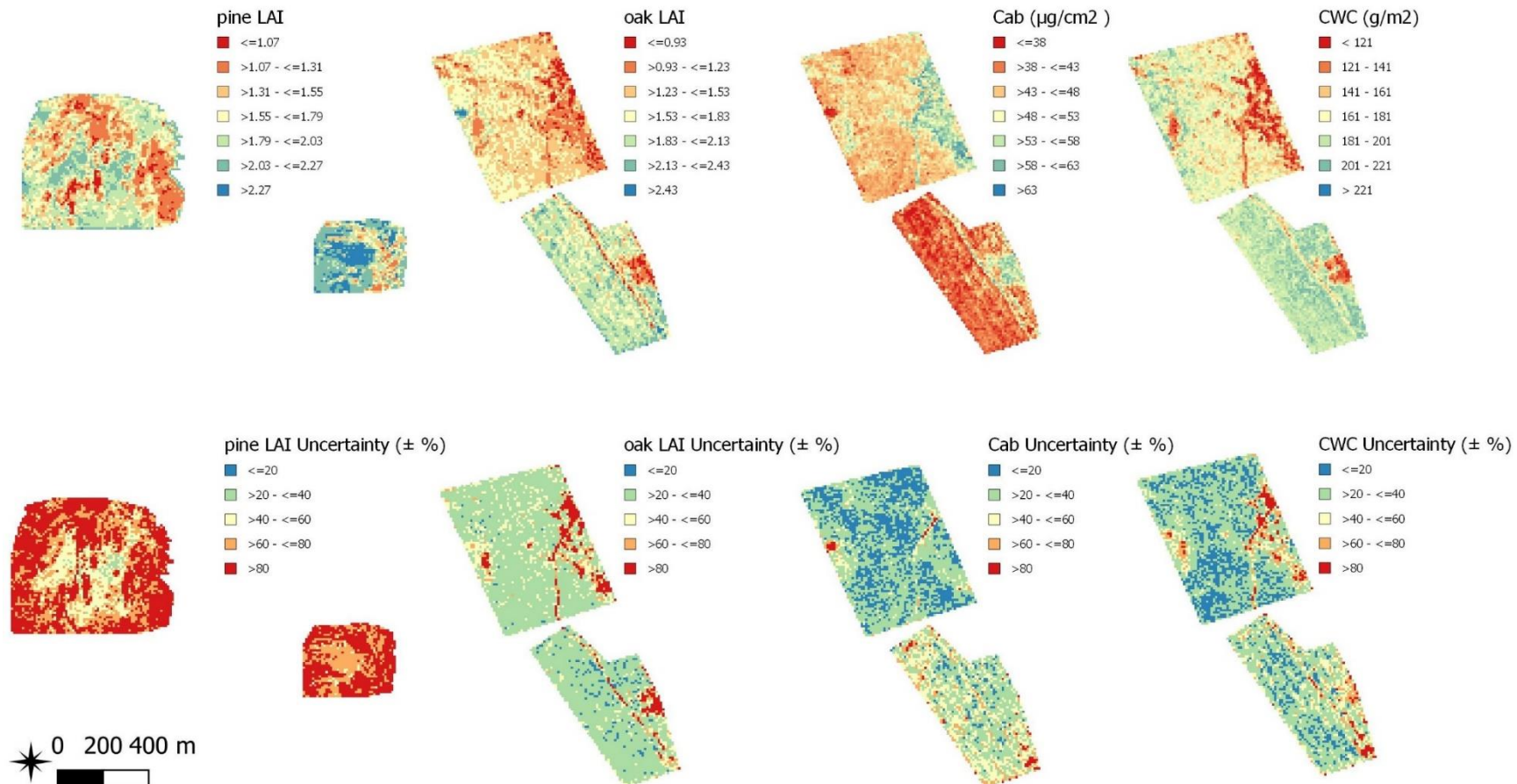
### ✓ UAV - Sentinel-2





## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

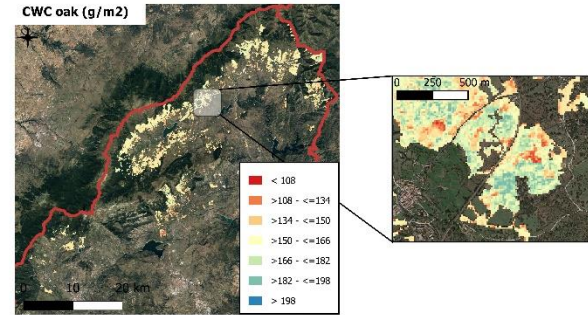
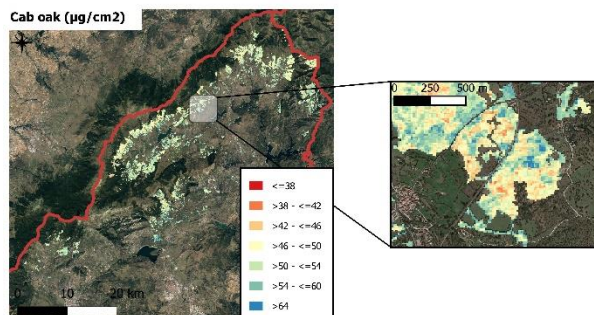
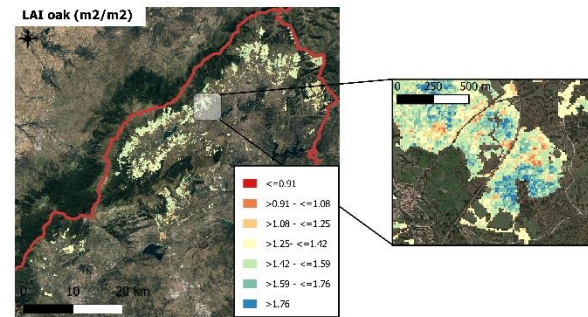
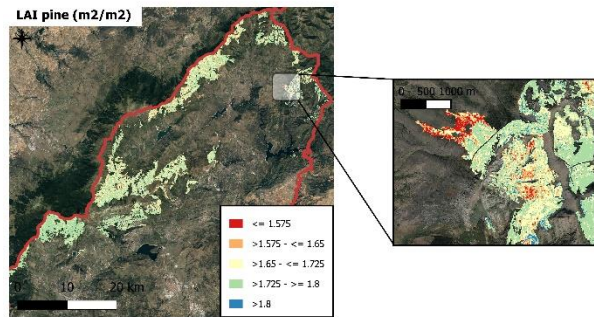
### ✓ Estimaciones UAV



Area	Variable	R <sup>2</sup>	RRMSE (%)
Pine	LAI	0.91	20.88
Oak	LAI	0.90	11.00
Oak	Cab	0.89	9.83
Oak	CWC	0.89	12.11

## Estimación de indicadores de salud forestal utilizando datos UAV y Sentinel-2.

### ✓ Estimaciones Sentinel-2

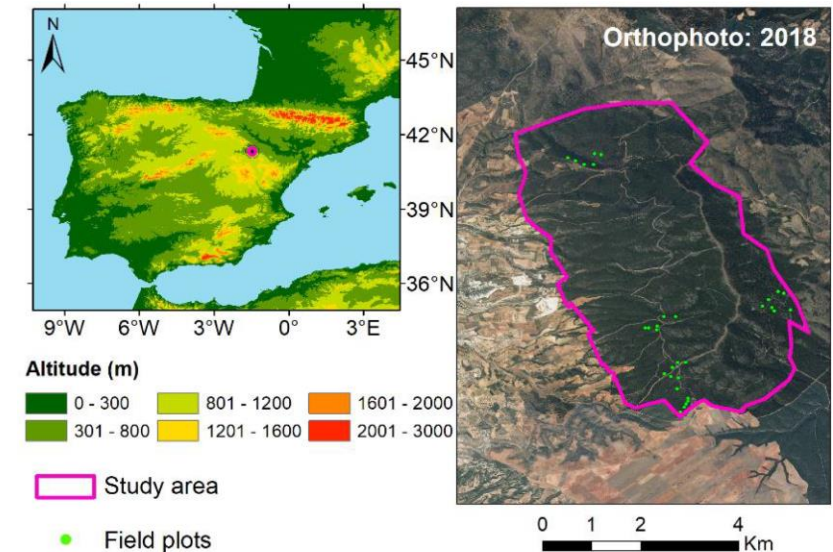
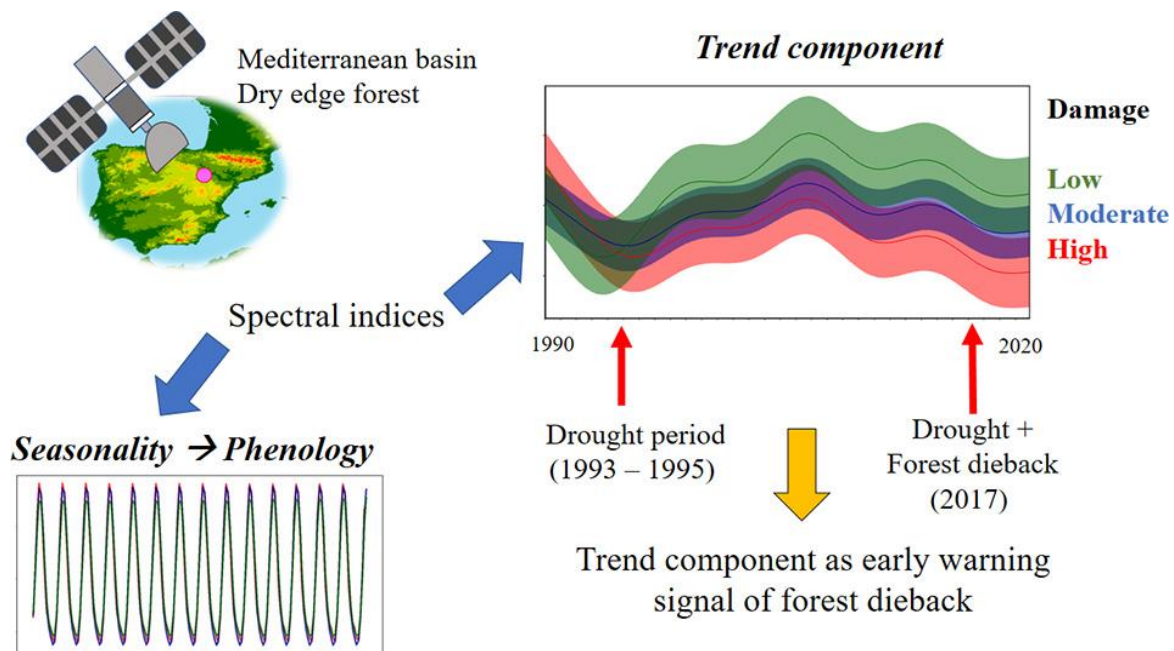


Area	Variable	R <sup>2</sup>	RRMSE (%)
Pine	LAI	0.97	11.14
Oak	LAI	0.88	12.15
Oak	Cab	0.91	5.98
Oak	CWC	0.92	6.26



## Evaluación de decaimiento forestal causado por sequía.

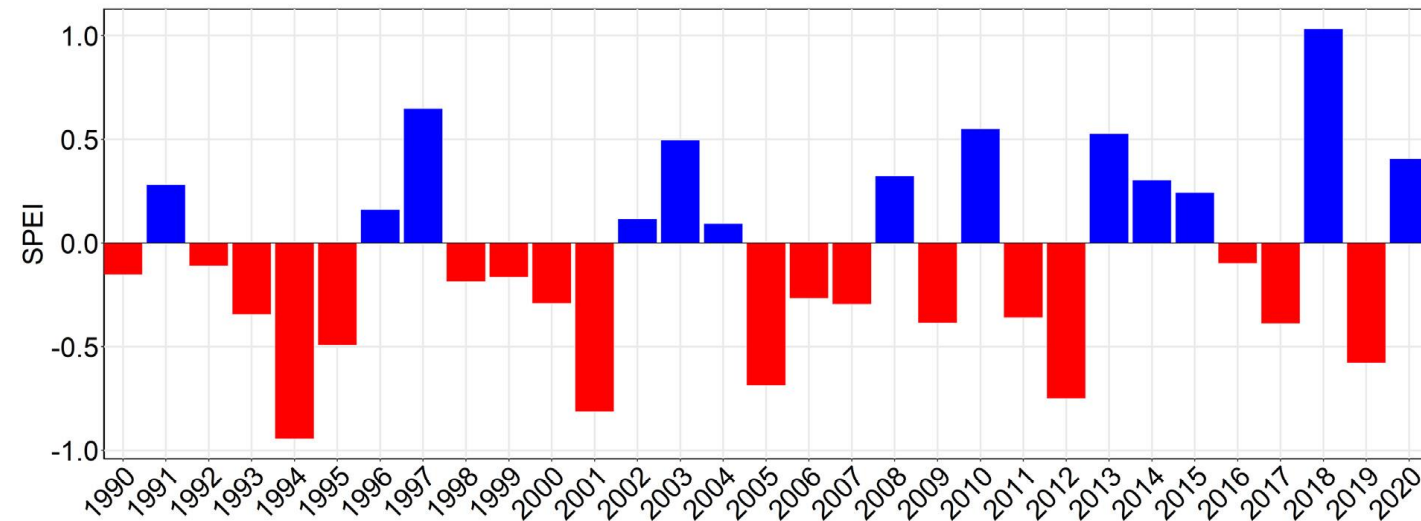
- ✓ Evaluación de métricas fenológicas y tendencia para la detección temprana de decaimiento forestal



## Evaluación de decaimiento forestal causado por sequía.

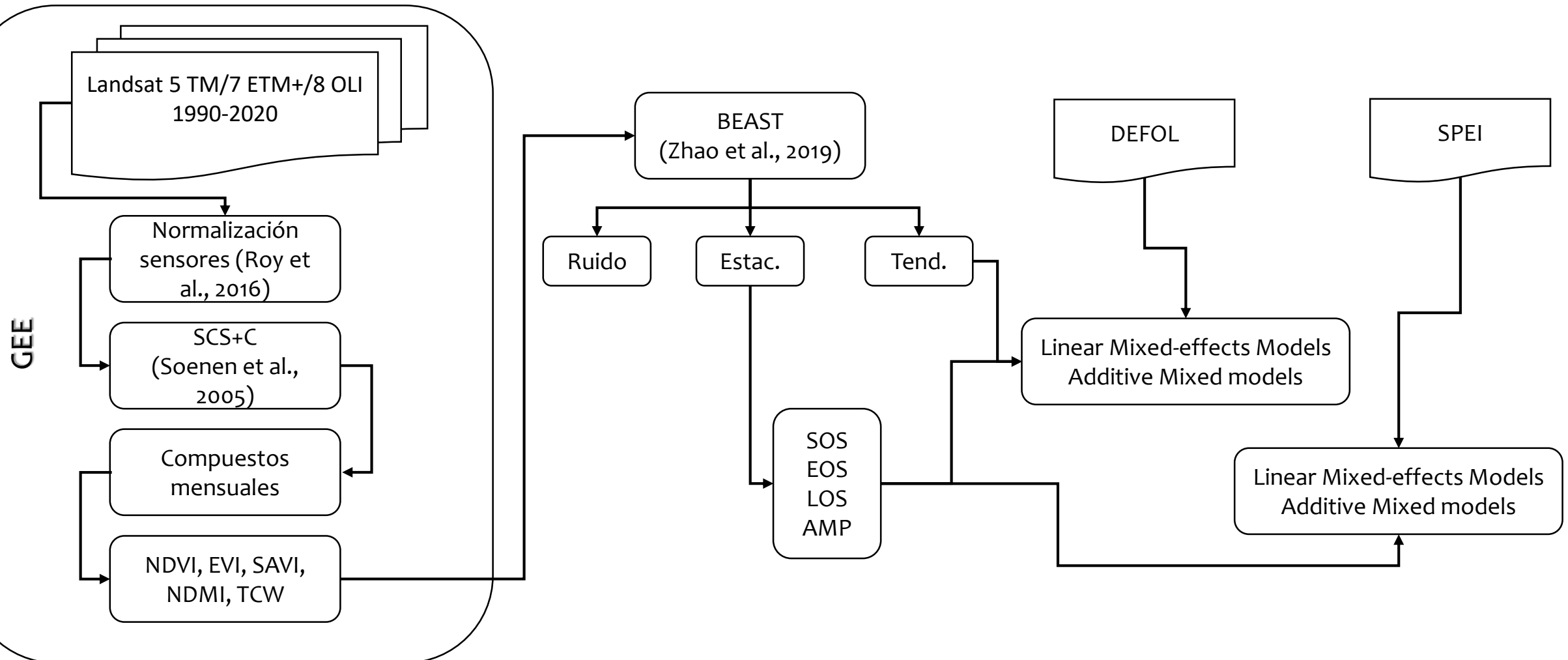
- ✓ Medidas de campo
  - ✓ 31 parcelas (r=17 m) *P. pinaster*.
  - ✓ Evaluación visual (octubre 2020 – febrero 2021) ICP Forest Manual (ICP Forest, 2016).
  - ✓ 2127 árboles evaluados por, al menos, dos personas.
  - ✓ Defoliación de la parcela ponderada por dbh.
  - ✓ 3 niveles: bajo (DEFOL<20%); medio (20%≤DEFOL<50%); alto (DEFOL≥50%)

- ✓ SPEI escala 3 meses periodo 1990-2020



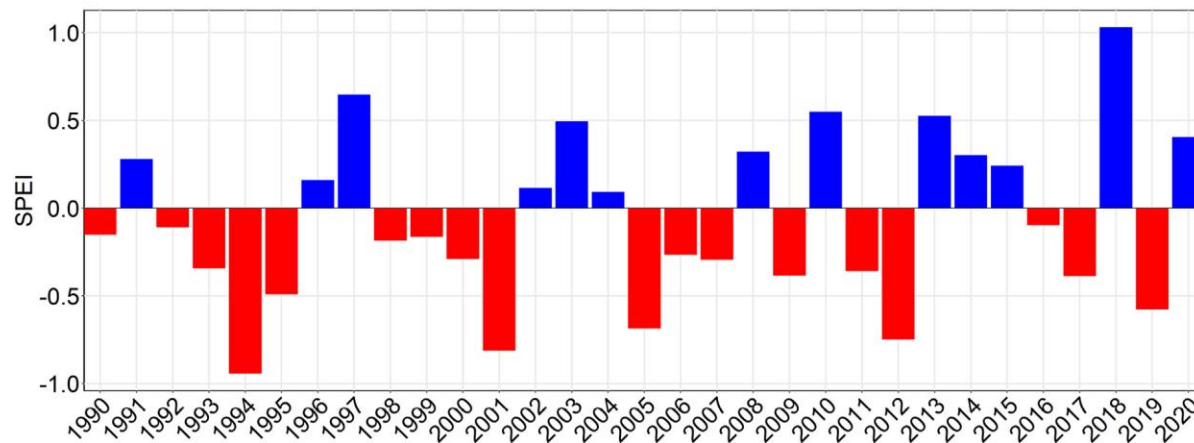


## Evaluación de decaimiento forestal causado por sequía.

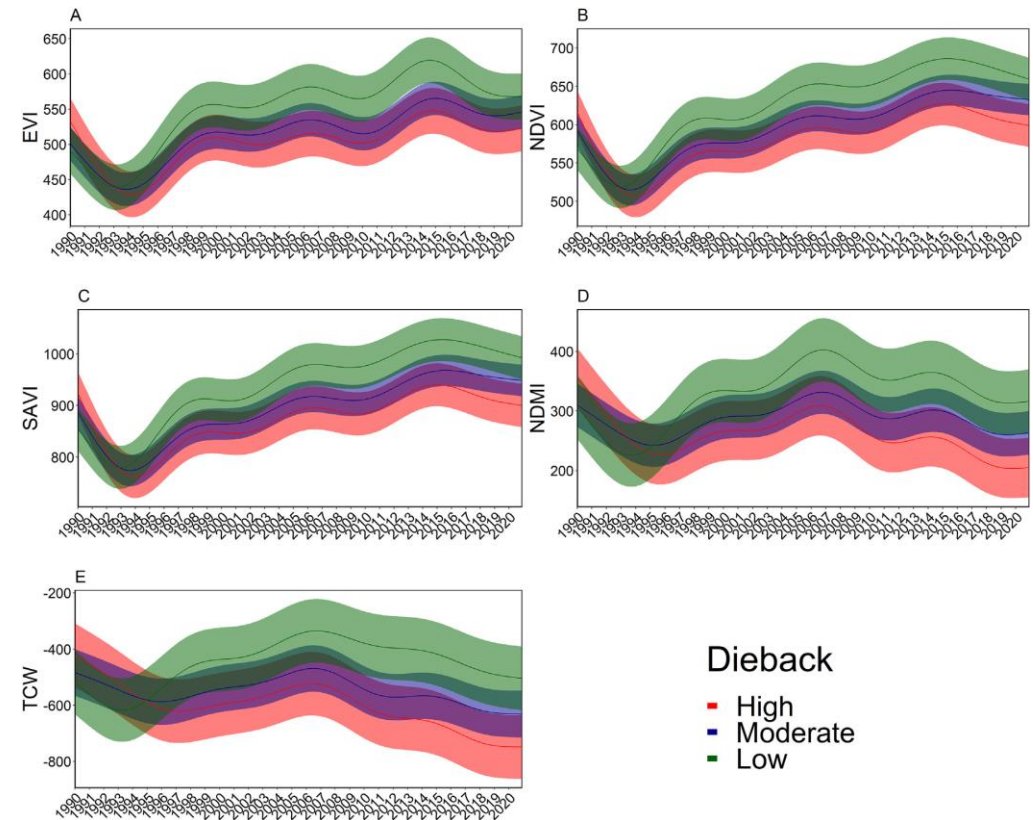


## Evaluación de decaimiento forestal causado por sequía.

- ✓ Ninguna de las métricas fenológicas mostró relaciones estadísticamente significativas con nivel de decaimiento.
- ✓ No se encontraron correlaciones claras entre SPEI y métricas fenológicas.



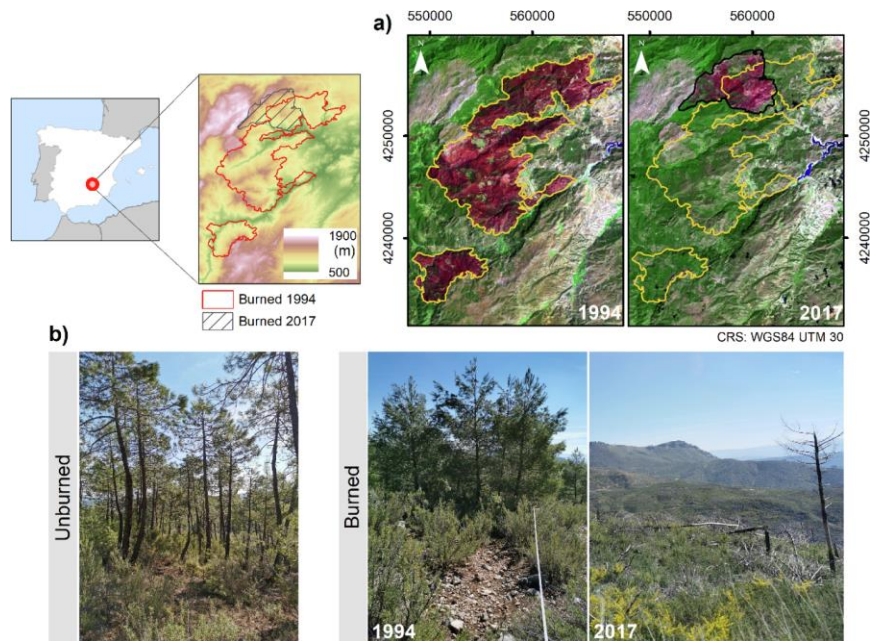
### ✓ Tendencias





## Análisis de la recuperación post-incendio de la estructura forestal.

- ✓ Evaluación de las dinámicas de recuperación forestal integrando datos LiDAR-PNOA (2009, 2016) y series temporales Landsat 1990-2020.

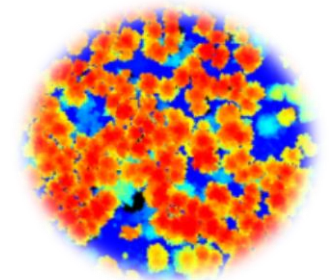
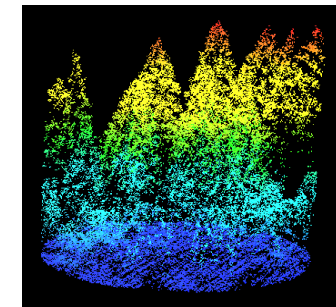


- ✓ Yeste (Albacete)

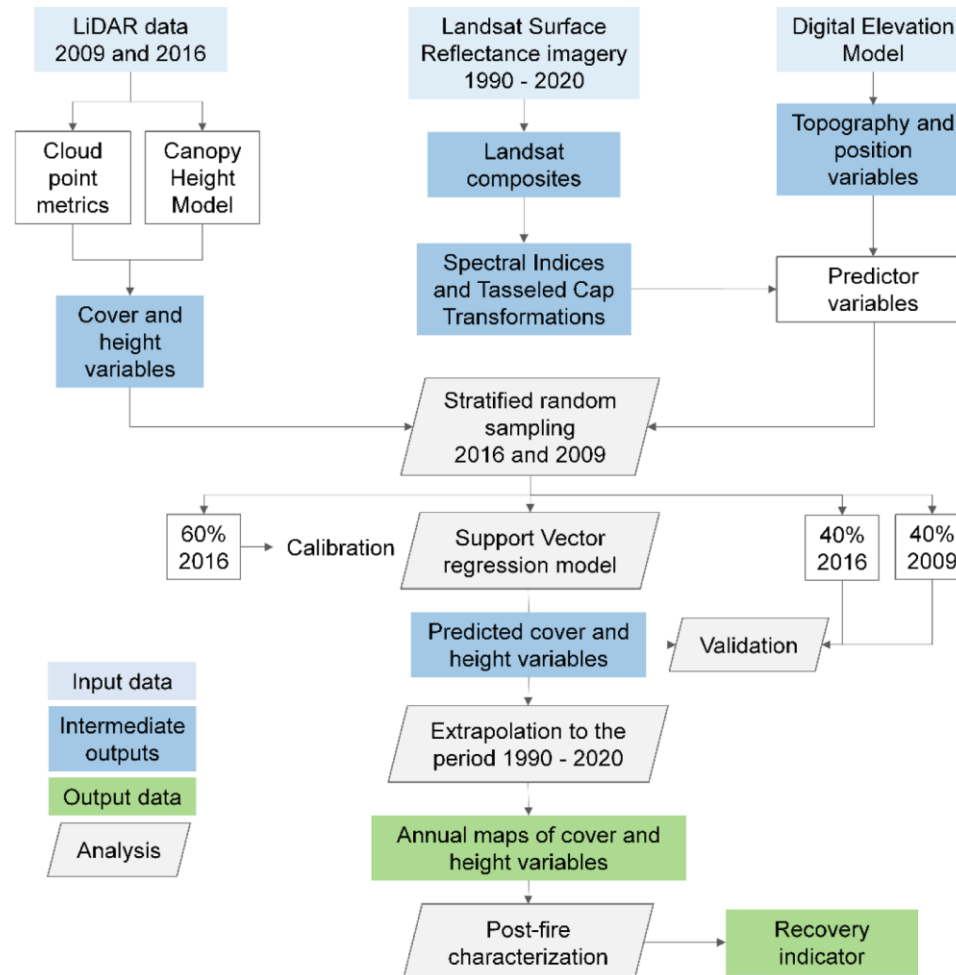
- ✓ Incendio 1994, quemando 11 685 ha, principalmente *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus halepensis* Mill.

- ✓ Sotobosque *Thymus* L., *Rosmarinus* L. or *Juniperus* L., but *Quercus ilex* L.

- ✓ Estructura definida en términos de cobertura (vegetación y arbolado), altura y heterogeneidad ( $CV_H$ )

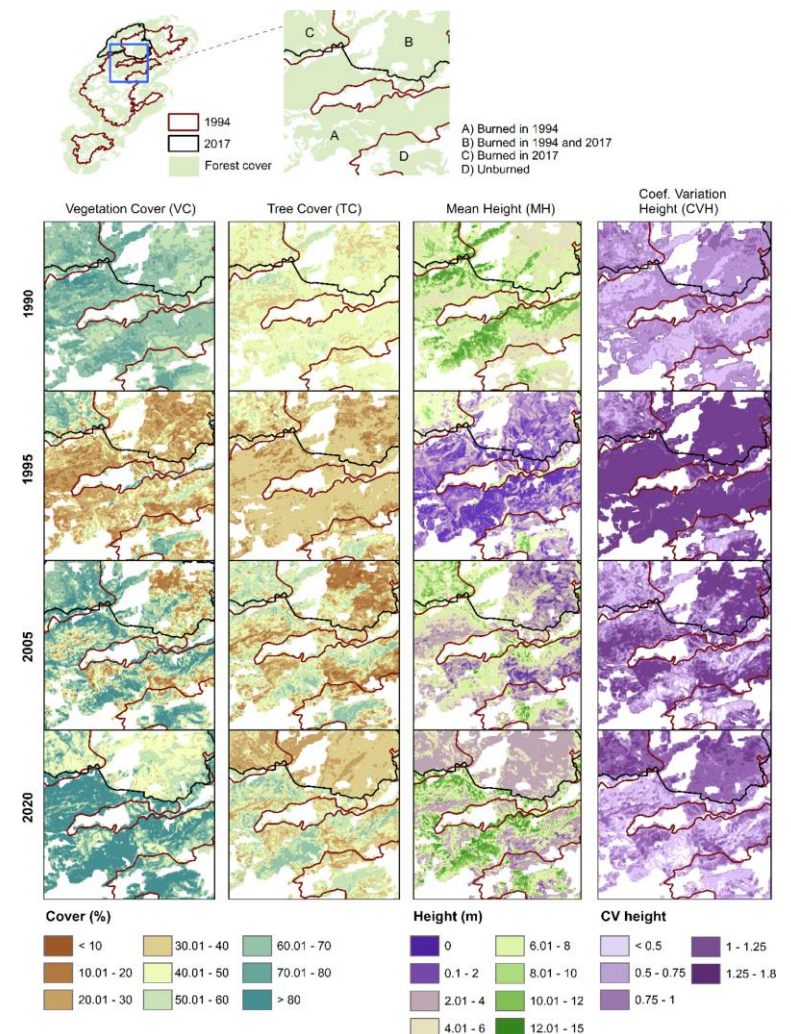
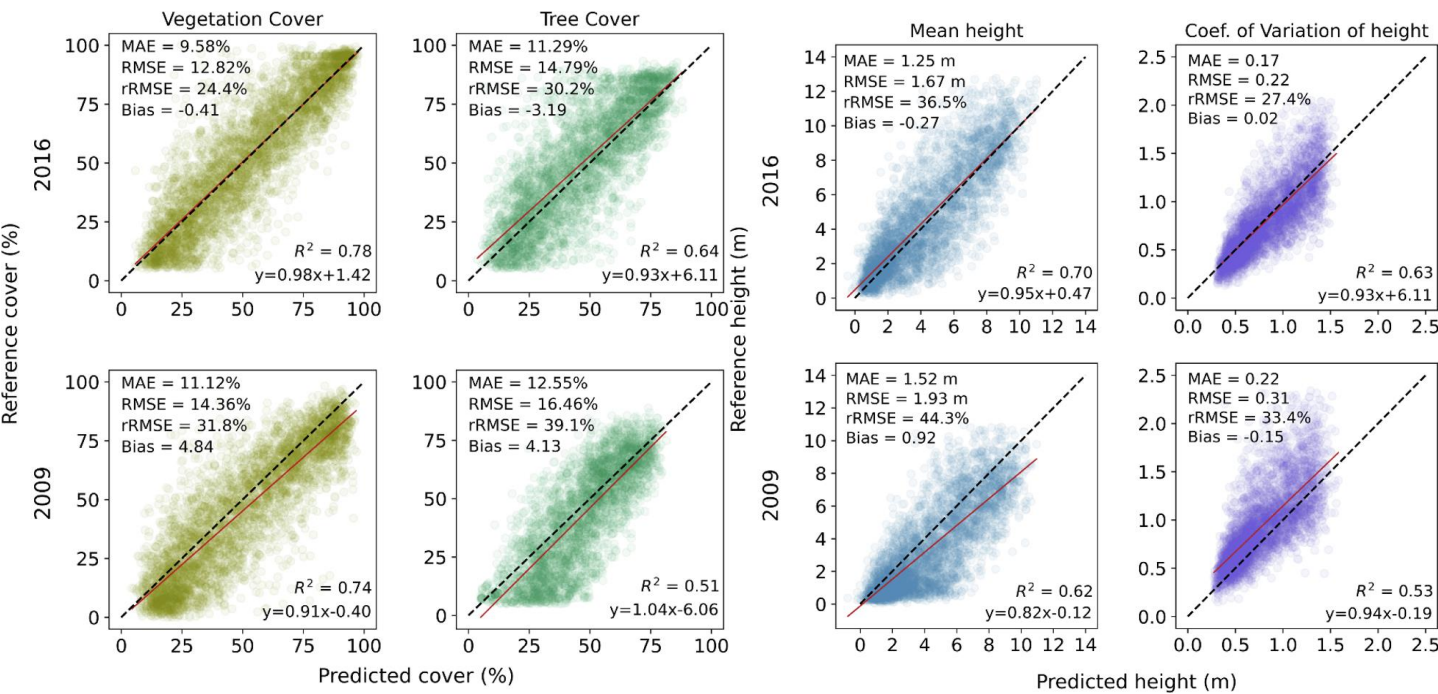


## Análisis de la recuperación post-incendio de la estructura forestal.



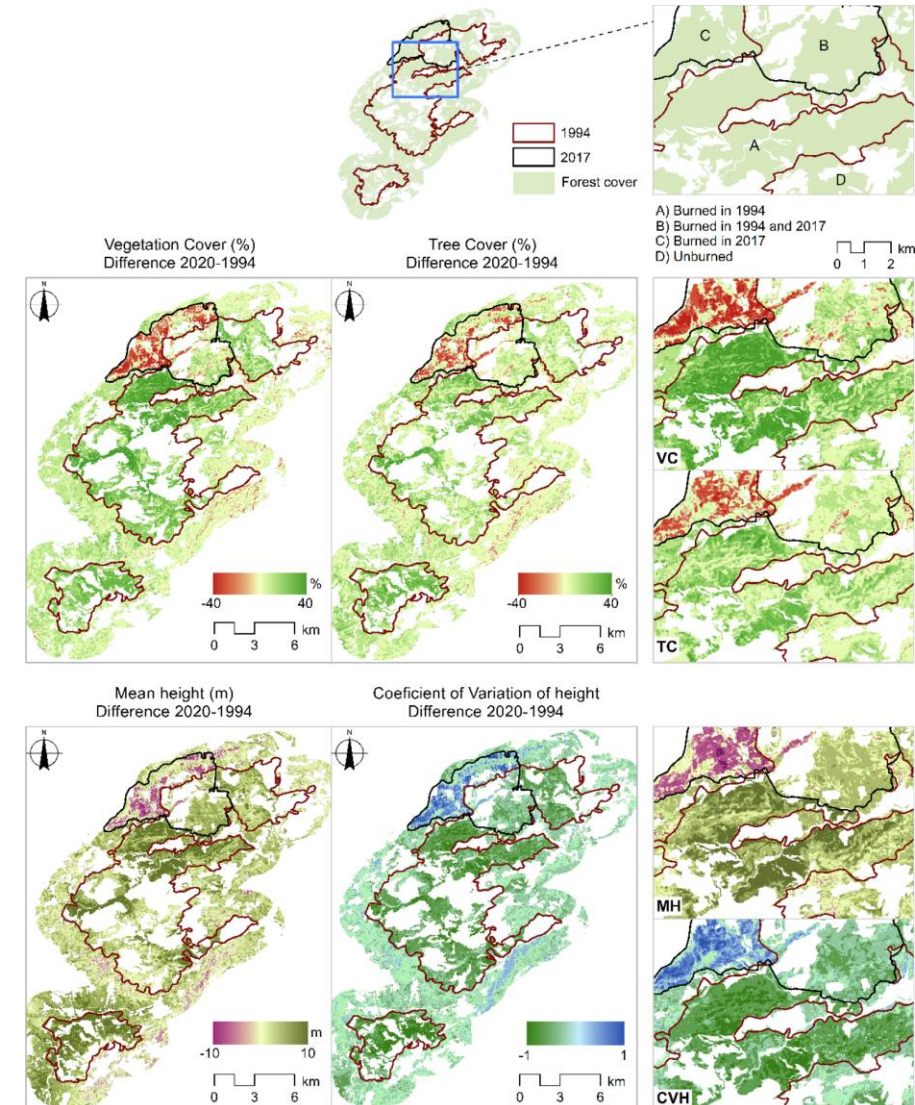
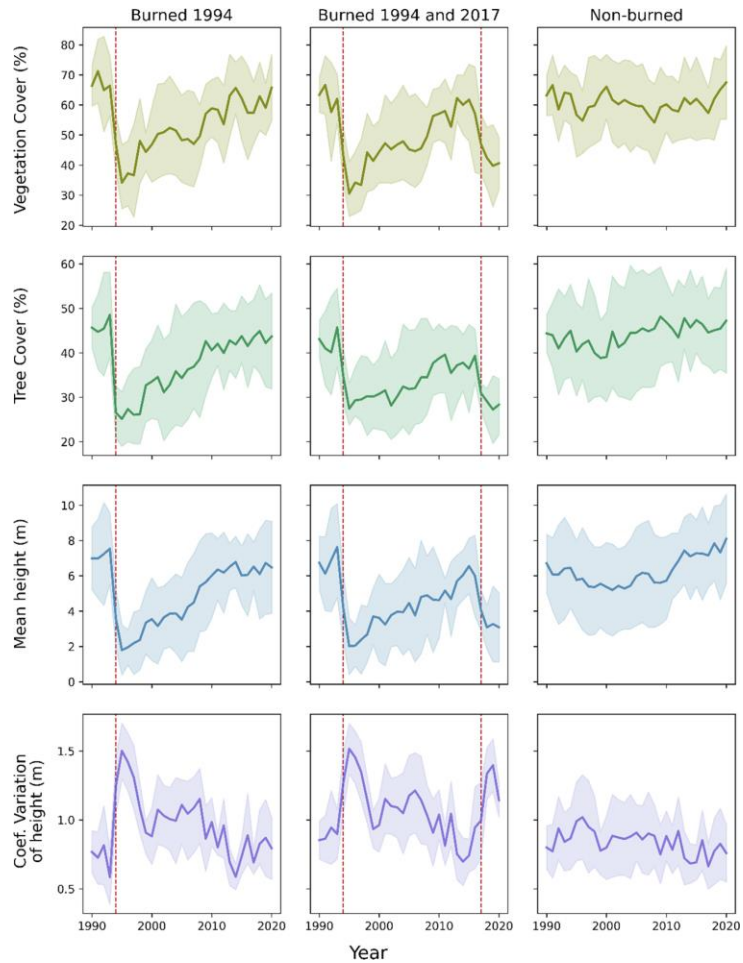


## Análisis de la recuperación post-incendio de la estructura forestal.





## Análisis de la recuperación post-incendio de la estructura forestal.





## **Conclusiones**

- ✓ Teledetección permite obtener distintos indicadores de salud forestal
- ✓ Posibilidad de desarrollar sistemas de seguimiento de salud forestal multiescala basados en teledetección, apoyados por muestreo en campo y drones.
- ✓ Desarrollo de indicadores de alerta temprana a partir del análisis de series temporales.
- ✓ La integración de datos ópticos y LiDAR permite evaluar dinámicas estructurales
- ✓ Es necesario considerar no solo impacto y decaimiento sino recuperación.
- ✓ Necesidad de evaluar los algoritmos desarrollados en otras zonas.

*Muchas  
Gracias!*

[mariano.garcia@uah.es](mailto:mariano.garcia@uah.es)