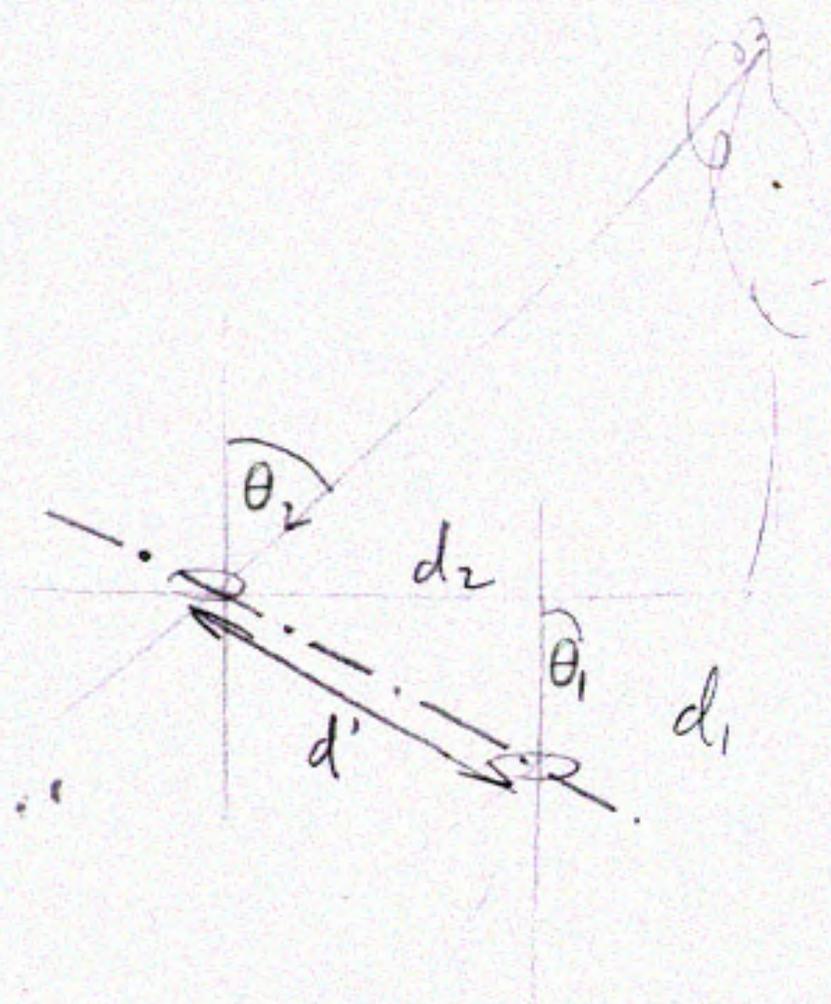


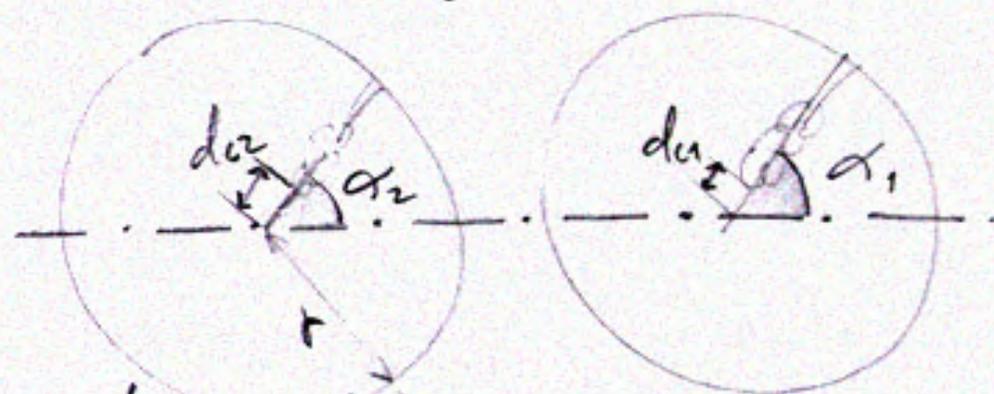
# Seguimiento de cambios en la dinámica forestal de parques nacionales de montaña mediante imágenes de ForeStereo



Fernando Montes



$$d_1 = \frac{d'}{\frac{\sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2}{\sin \alpha_2} - \cos \alpha_1}$$



$$d_2 = \frac{d_1 \cdot \sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$$

$$\frac{\pi}{2} - \theta_1 = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{r - d_{c1}}{r}$$

$$\frac{\pi}{2} - \theta_2 = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{r - d_{c2}}{r}$$







Desarrollo de métodos de seguimiento de la diversidad estructural de los bosques utilizando imágenes hemisféricas: una nueva herramienta de monitoreo para la gestión forestal. 2010-2013

RED DE  
PARQUES NACIONALES

 **INIA**  
Instituto Nacional de Investigación  
y Tecnología Agraria y Alimentaria



# Desarrollo del prototipo

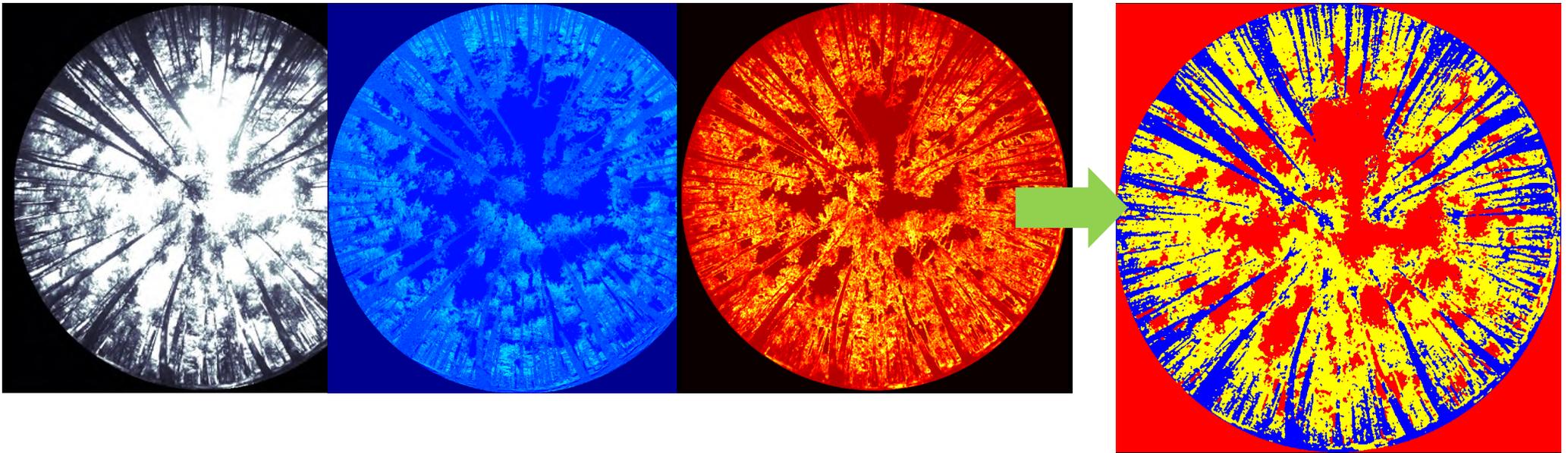


Prototipo actual:  
2 cámaras de 5 Mp sincronizadas  
Distancia entre cámaras: 0.24 m



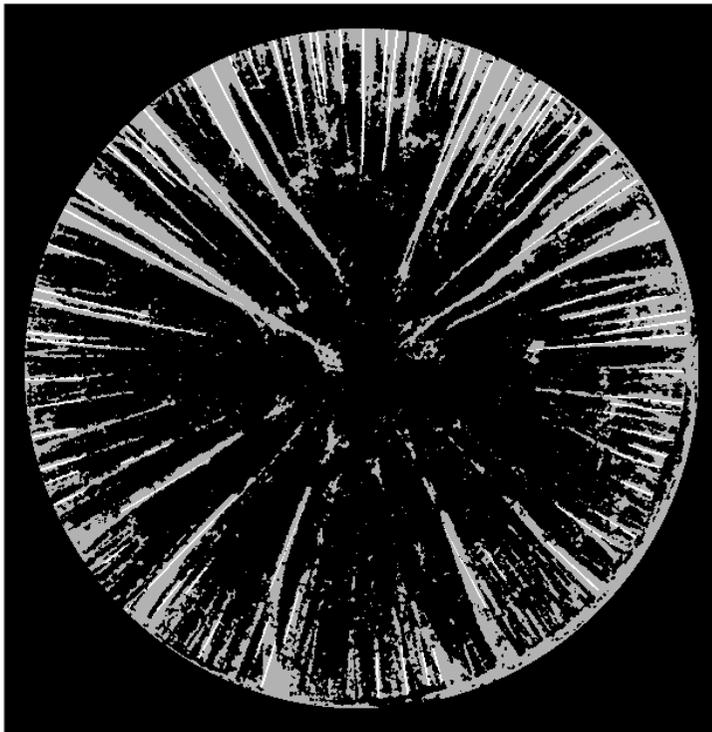
# Clasificación

- Clases: Cielo, fustes y copas
- Criterios: intensidad, varianza, saturación del color verde



# Segmentación

- Semillas: **segmentos radiales de max longitud en fustes**
- Detección de bordes de los fustes: **filtro de varianza**

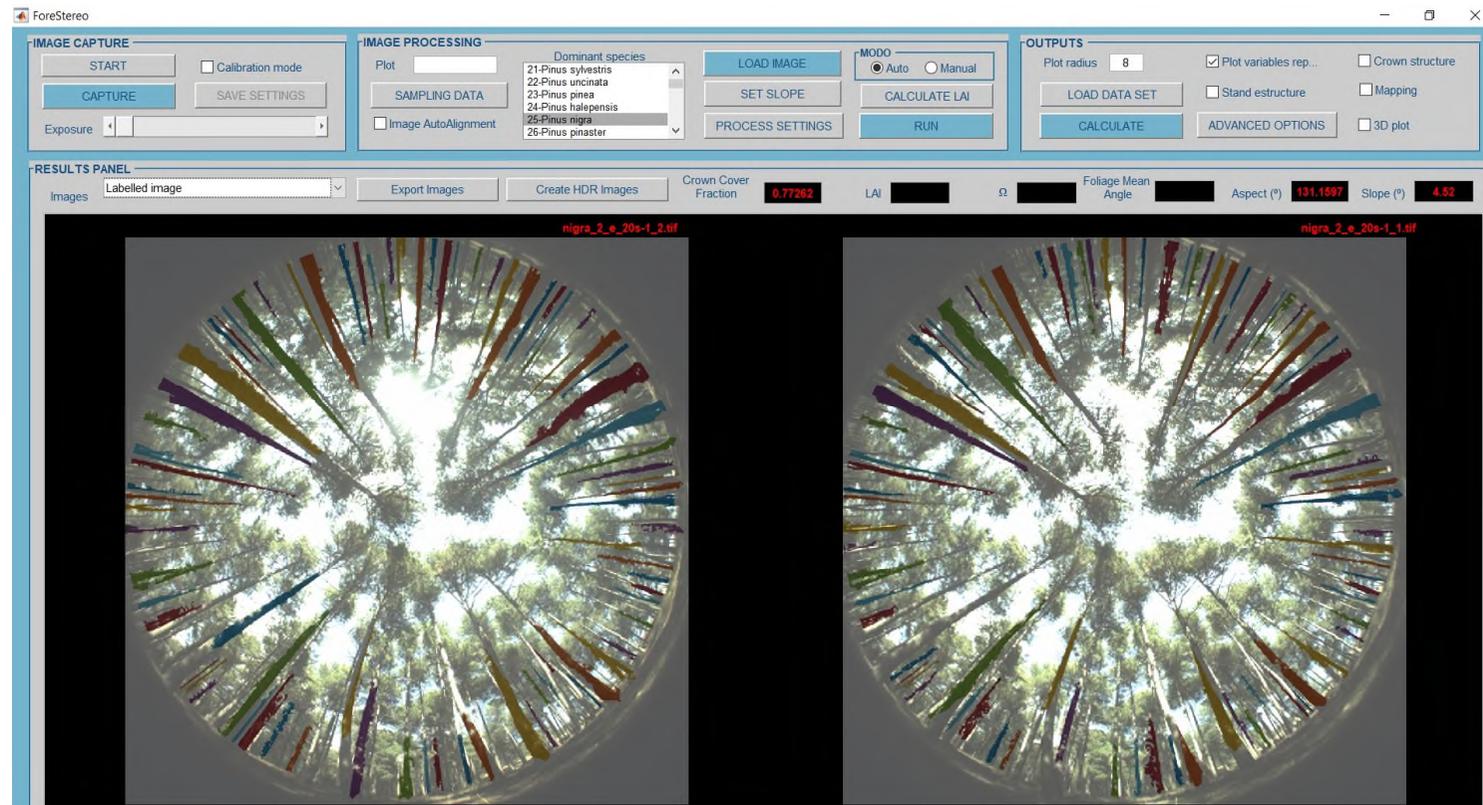


# Correspondencia

- Distancia mínima:

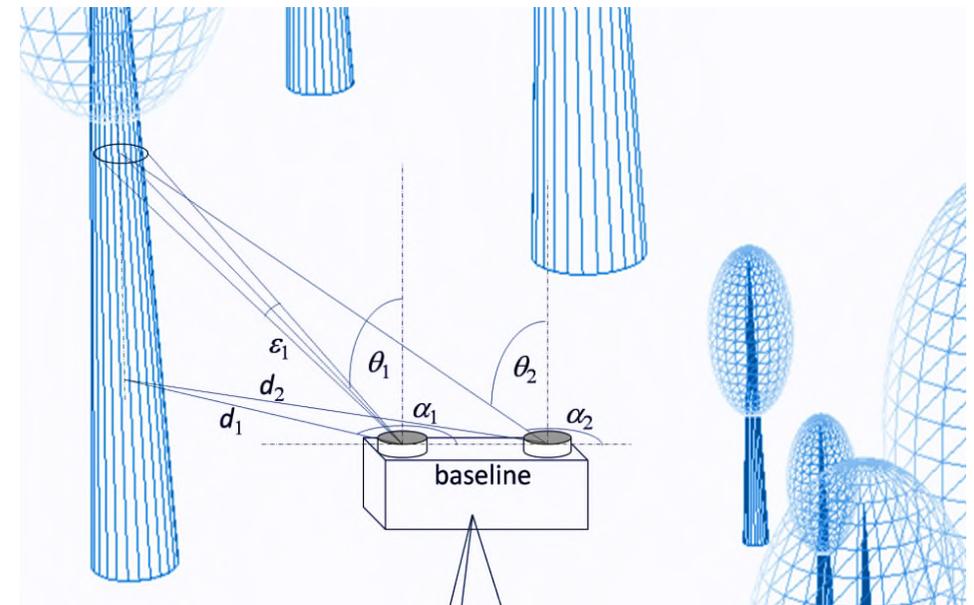
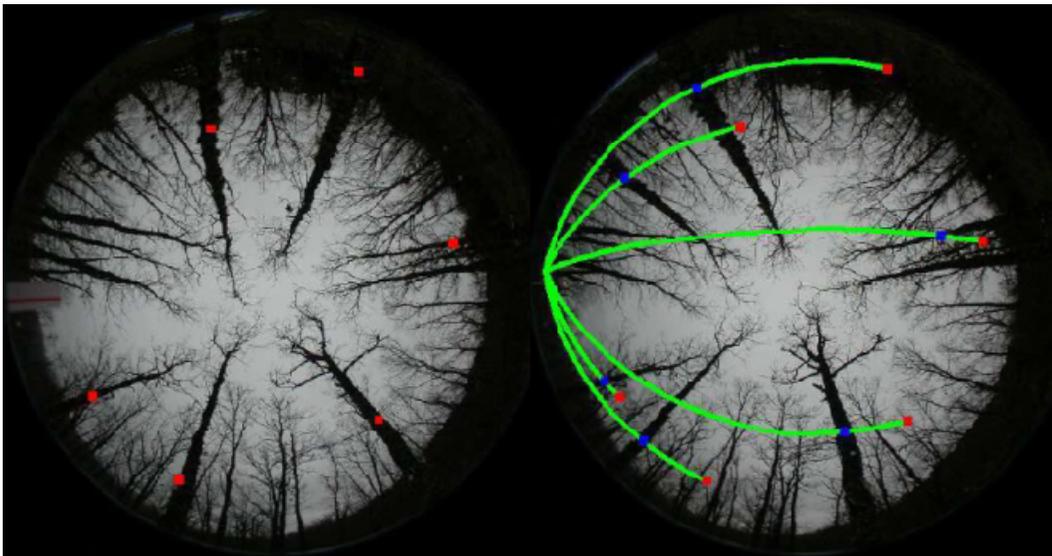
- Propiedades geométricas (área, longitud, azimuth)

- Momentos de Hu, invariantes frente a rotación y traslación



# Identificación y medición de secciones

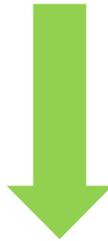
- Secciones homólogas a lo largo del fuste: **epipolares**
- Medición de distancia: **disparidad angular**
- Medición de diámetro: **ángulo sólido desde el centro**
- Medición de altura: **distancia al centro ~ ángulo con el zenith**



# Medición de árboles

Imágenes estereoscópicas

Segmentación y correspondencia

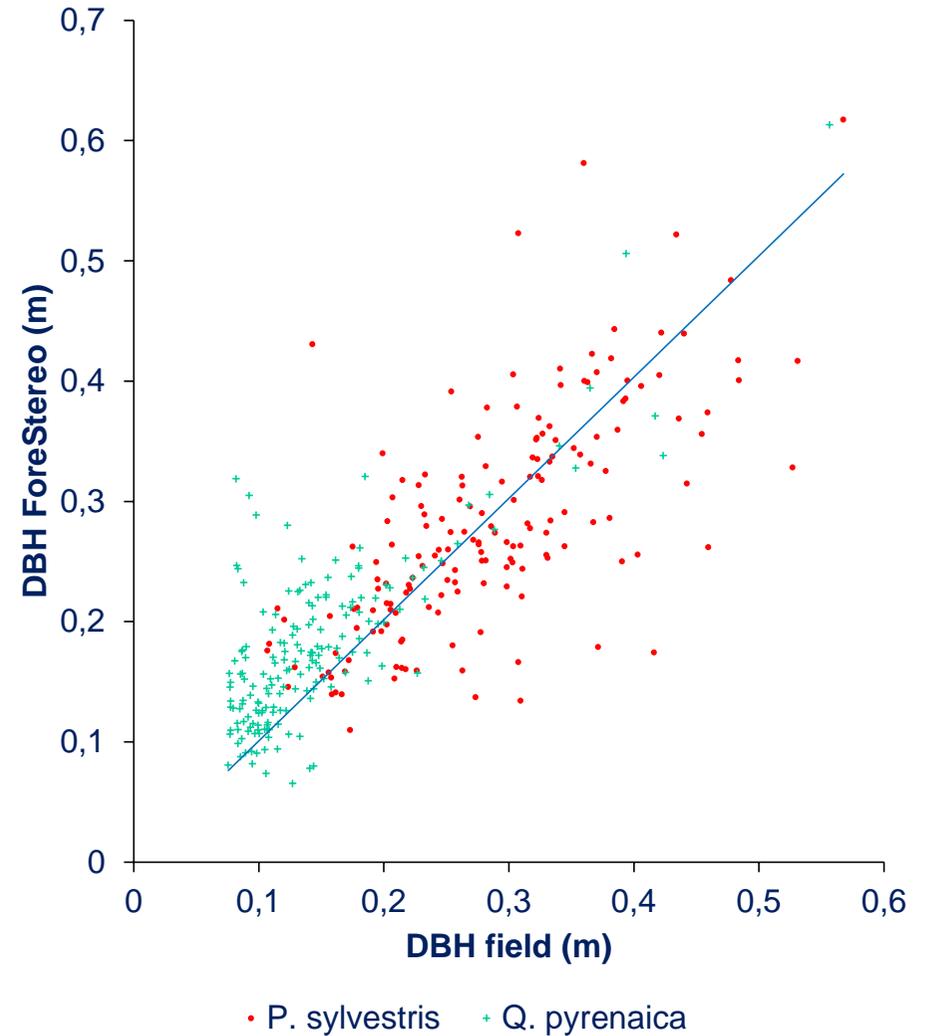


Distancia, rumbo, diámetro, altura de las secciones medidas

Ecuaciones de perfil

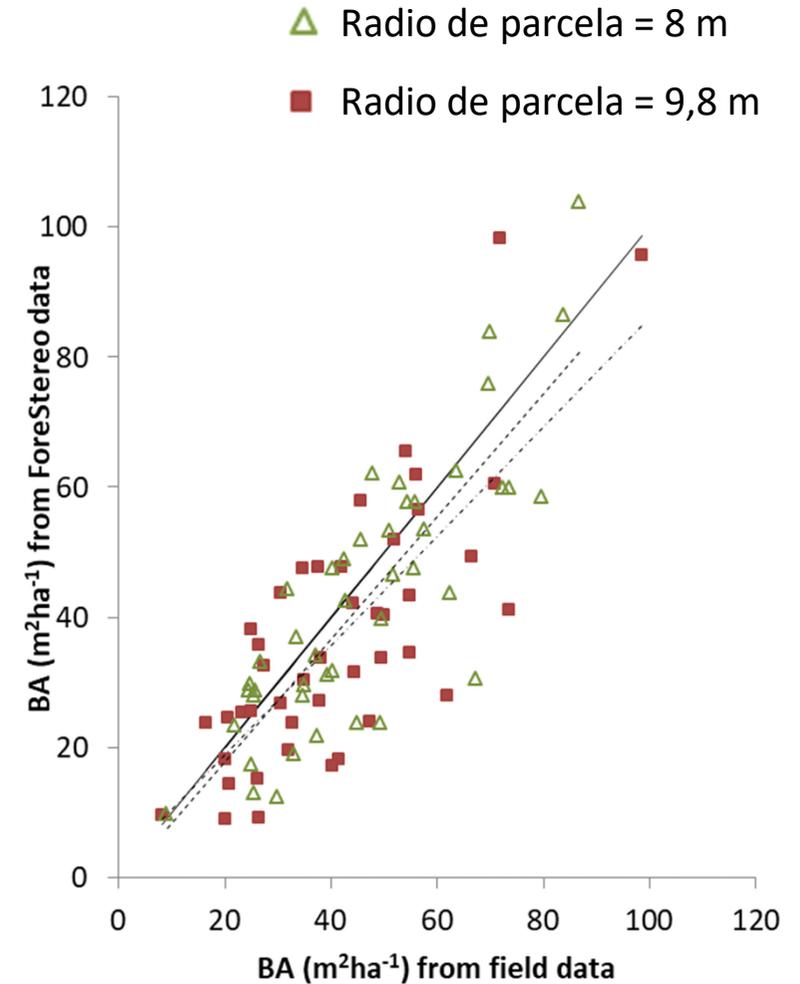
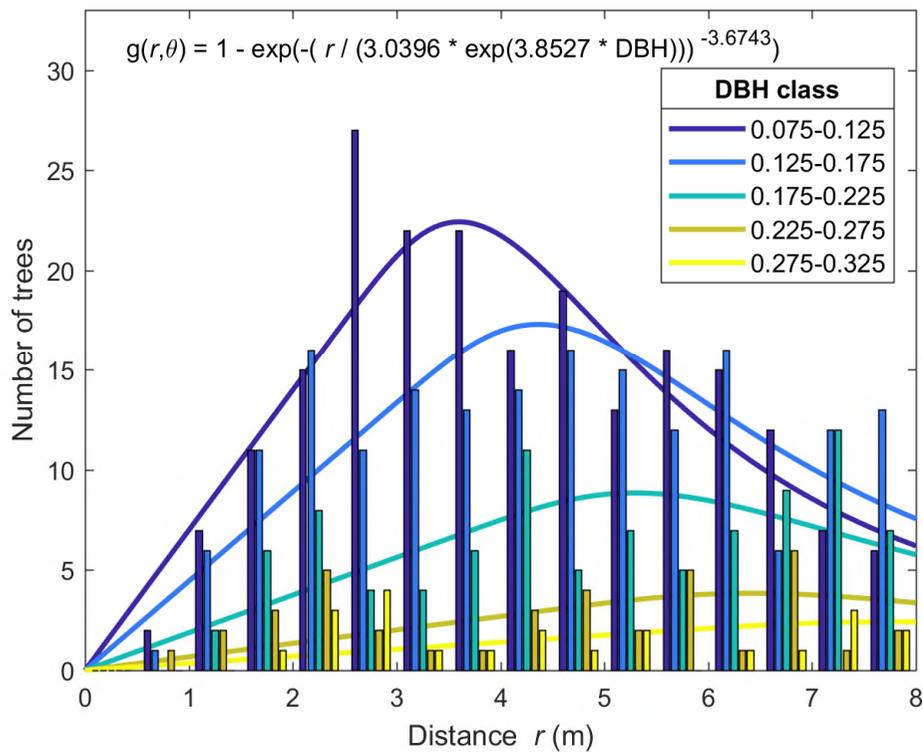


Variables de árbol:  
Posición, DBH, volumen



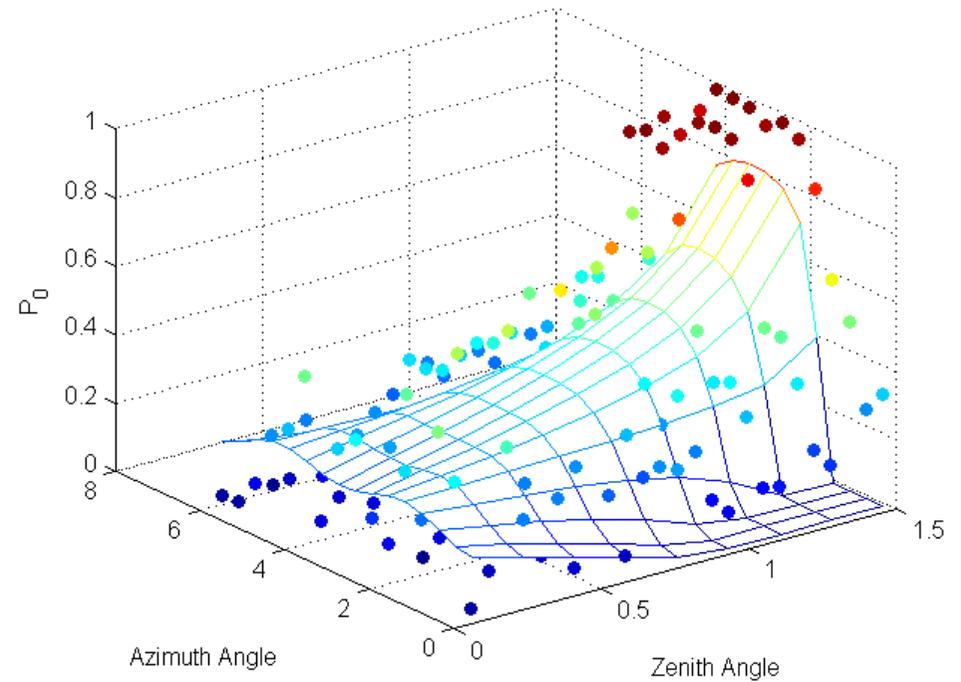
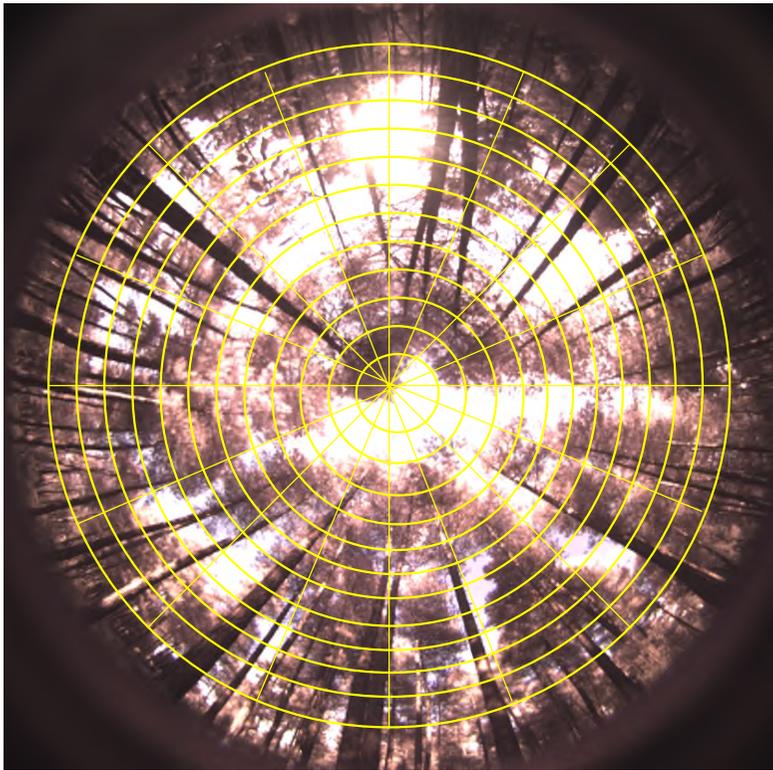
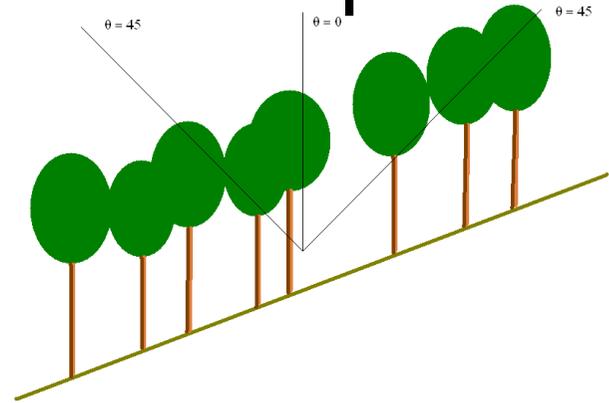
# Estimación de N/ha y área basimétrica

- Sesgo instrumental
- Oclusioniones



# Estimación de LAI y saturación de las copas

$$P_0 = e^{-LAI \left( \Omega_0 \cos^2(\theta + \sigma_\alpha) + \sin^2(\theta + \sigma_\alpha) \right) G(\theta) / \cos(\theta + \sigma_\alpha)}$$



# Clasificación de especies

- Técnicas de clasificación supervisada

K-means Clustering

Redes Neuronales

- Basada en características del fuste:

Textura

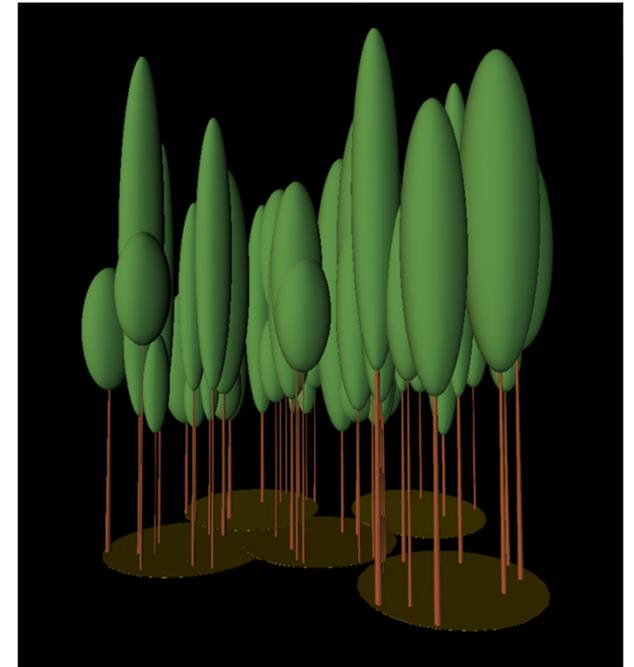
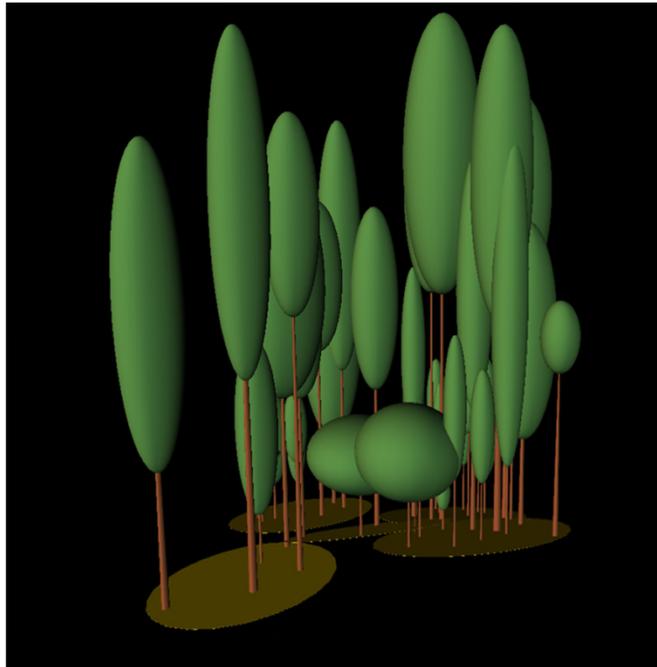
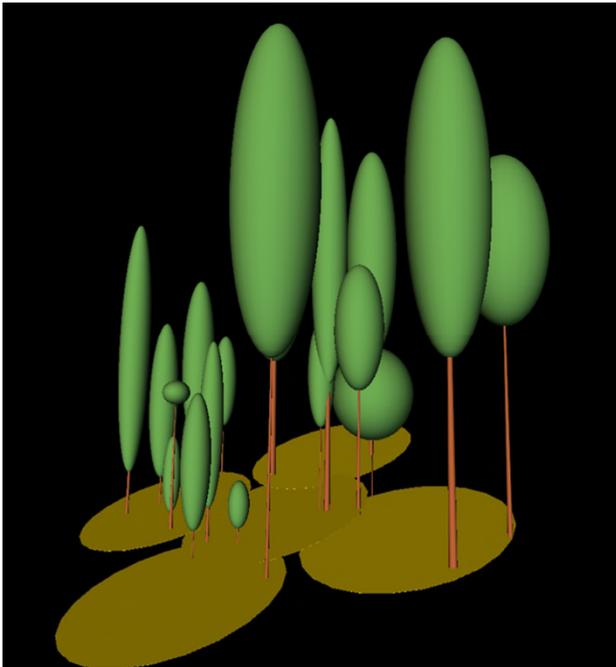
Color

Forma



# Estructura forestal

- Distribución espacial
- Diferenciación, diversidad de diámetro
- Diversidad de especies, índice de cambio
- Caracterización de combustibles forestales



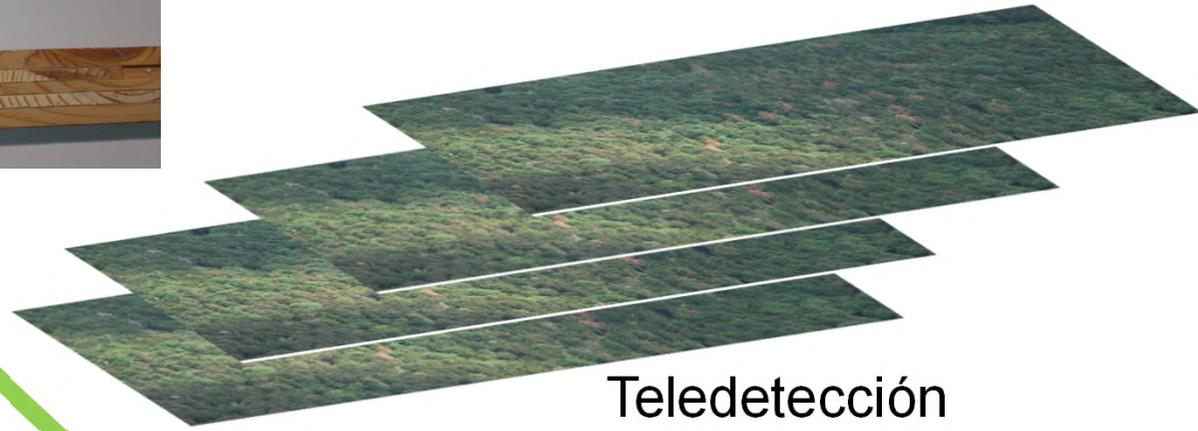
# Pasado, presente y futuro de los bosques de montaña: seguimiento y modelización de los efectos del cambio climático y la gestión sobre la dinámica forestal 2013-2016

RED DE  
PARQUES NACIONALES





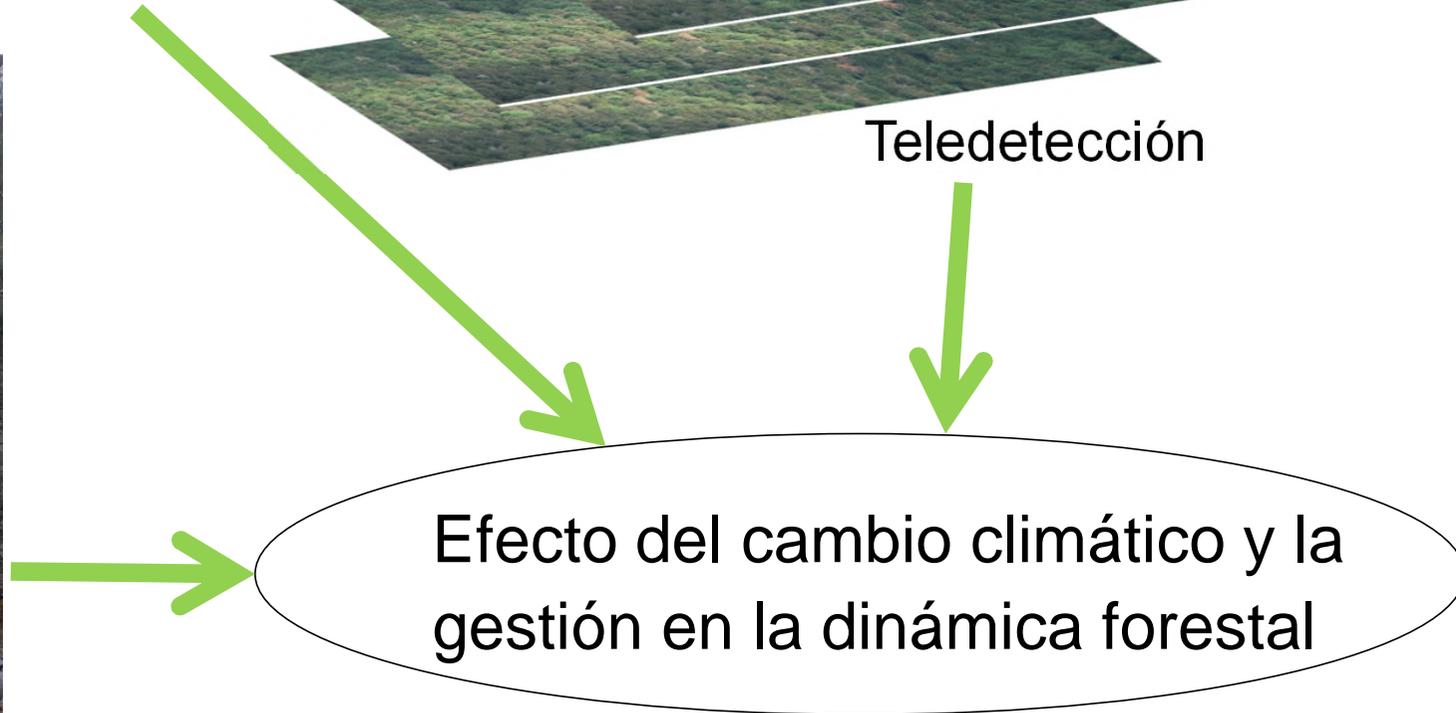
Dendroecología



Teledetección



Inventario con ForeStereo

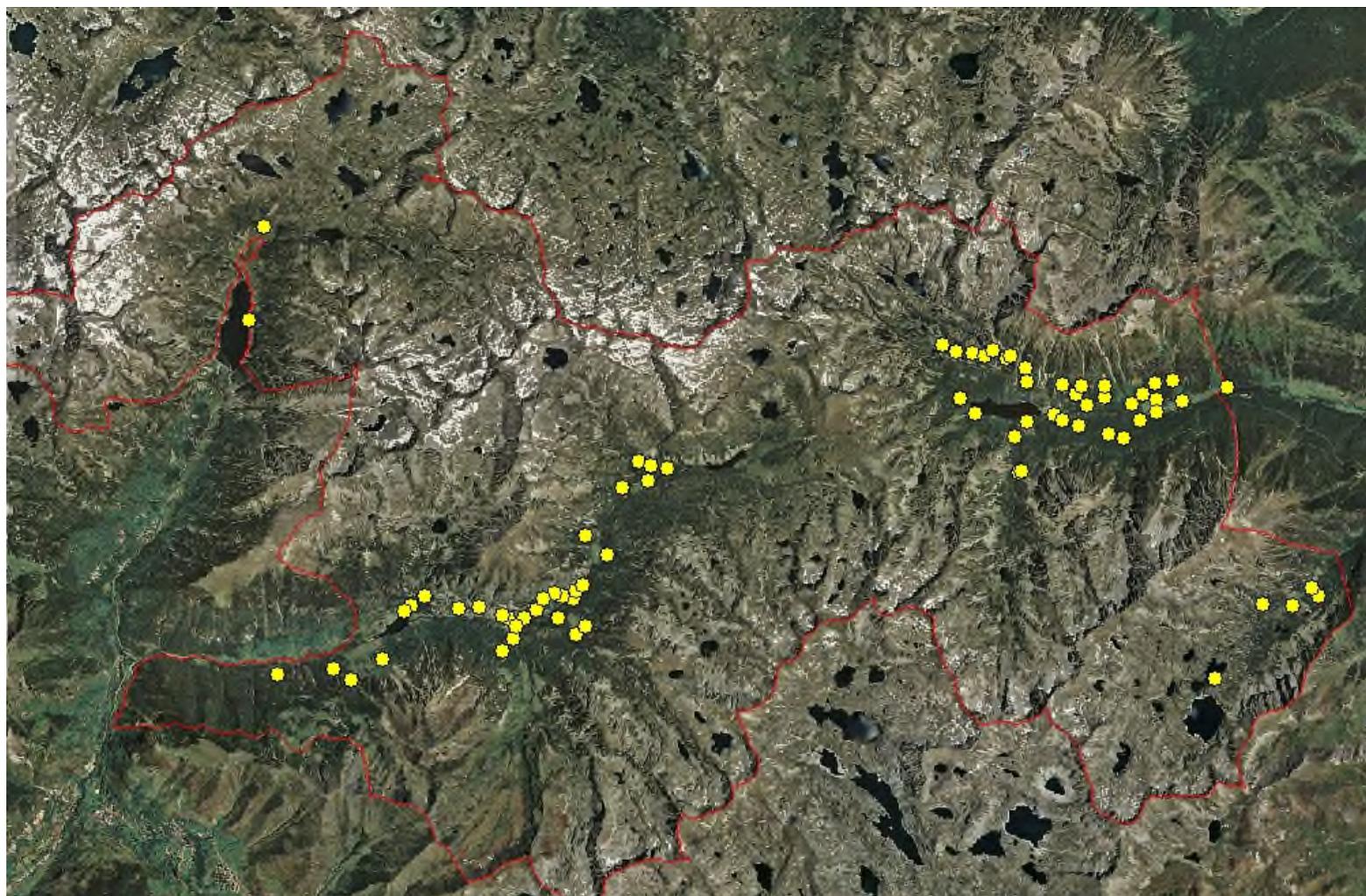


Efecto del cambio climático y la gestión en la dinámica forestal

## PN Aigüestortes i Estany Sant Maurici

75 parcelas

Coincidiendo con parcelas del inventario ecológico y forestal del PN medidas en 1993, 2004 y 2014



Bosque de  
*Abies alba*



Bosque  
subalpino de  
*Pinus uncinata*



## PN Ordesa y Monte Perdido

200 parcelas

Malla 250x250 m

2 muestras  
dendrocronológicas  
de *Abies alba* en  
cada parcela



Pinares de  
*Pinus sylvestris*



Masa mixta de  
*Abies alba*,  
*Pinus sylvestris*  
y *Fagus*  
*sylvatica* en  
Turieto



Bosque de  
hayas



Bosque  
subalpino de  
*Pinus uncinata*

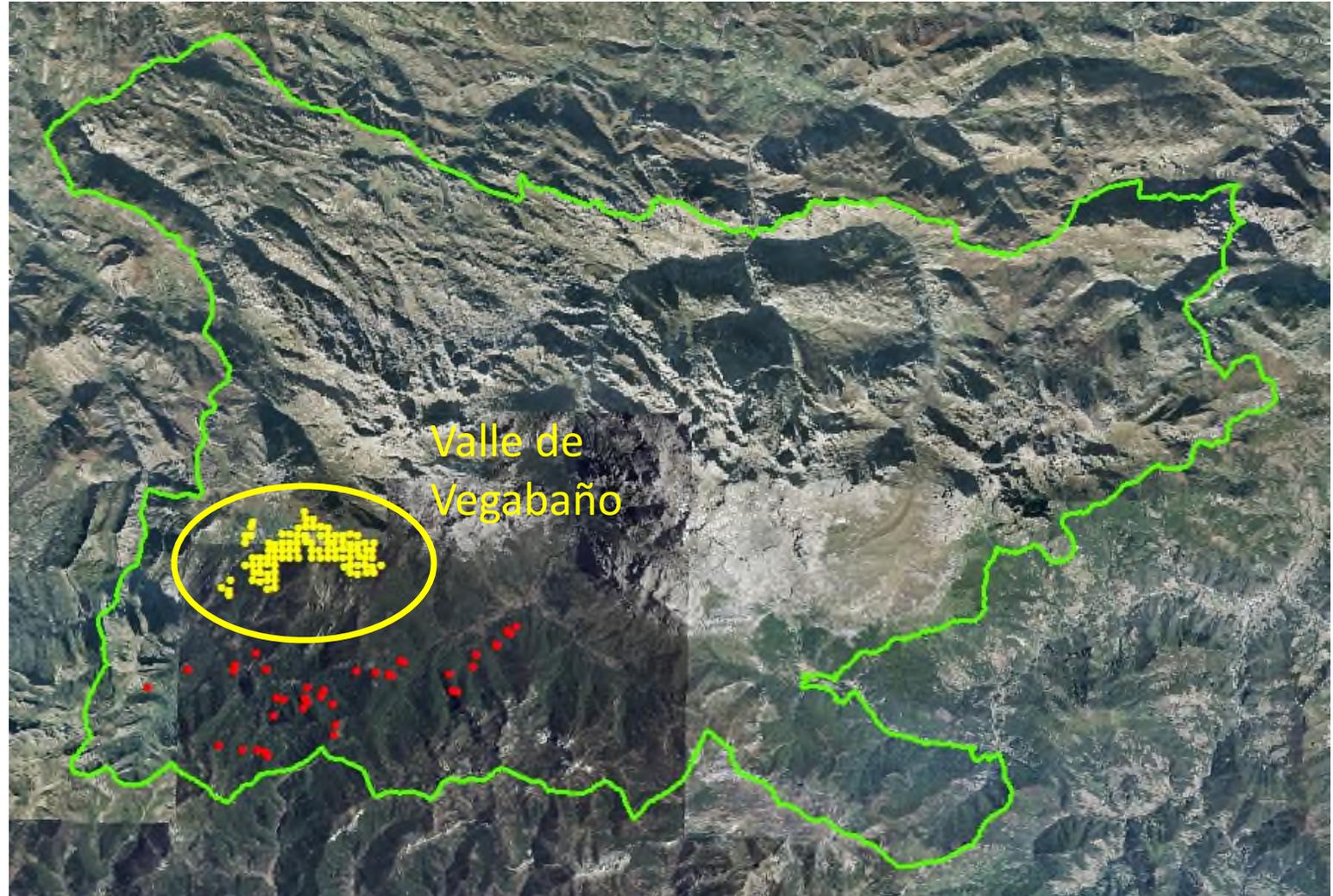


# PN Picos de Europa

103 parcelas

Malla 250x250 m

2 muestras dendrocronológicas de *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, y *Betula pendula* en cada parcela



Ejemplares de  
*Quercus petraea*  
(algunos de más  
de 400 años)



Bosque de  
*Fagus sylvatica*  
(algunas de más  
de 300 años)



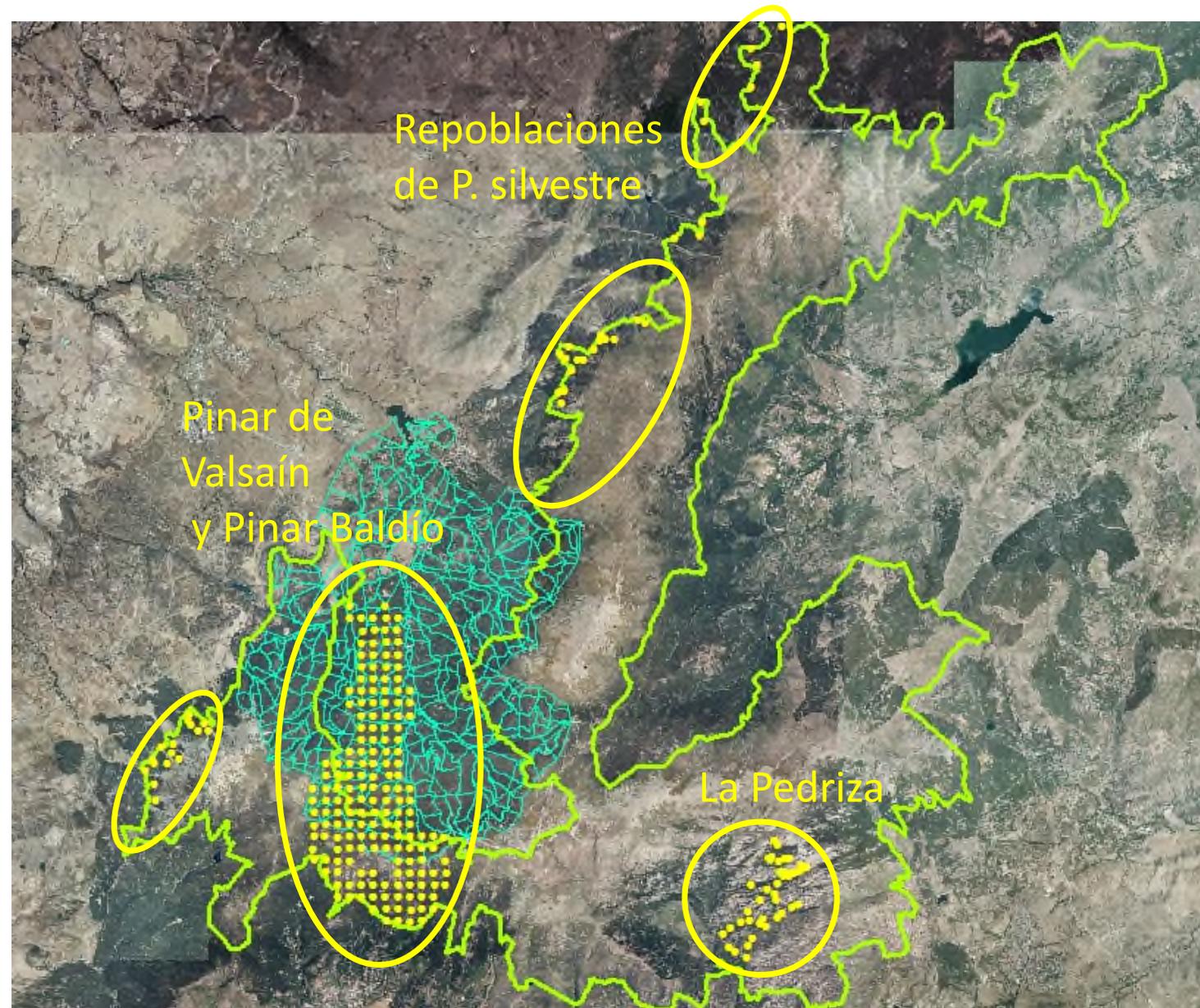
Abedules en el  
límite del  
bosque (algunos  
de más de 200  
años)



# PN Sierra de Guadarrama

177 parcelas

- Inventario de PPNN en repoblaciones. 2 muestras dendrocronológicas en cada parcela
- La Pedriza
- Malla de 400x400 m Sección 2ª Valsaín y Pinar Baldío



Repoblaciones  
de *Pinus*  
*sylvestris*



Pinar de Valsaín  
de *Pinus*  
*sylvestris*



Pinar *Pinus  
sylvestris* en la  
umbría de Siete  
Picos

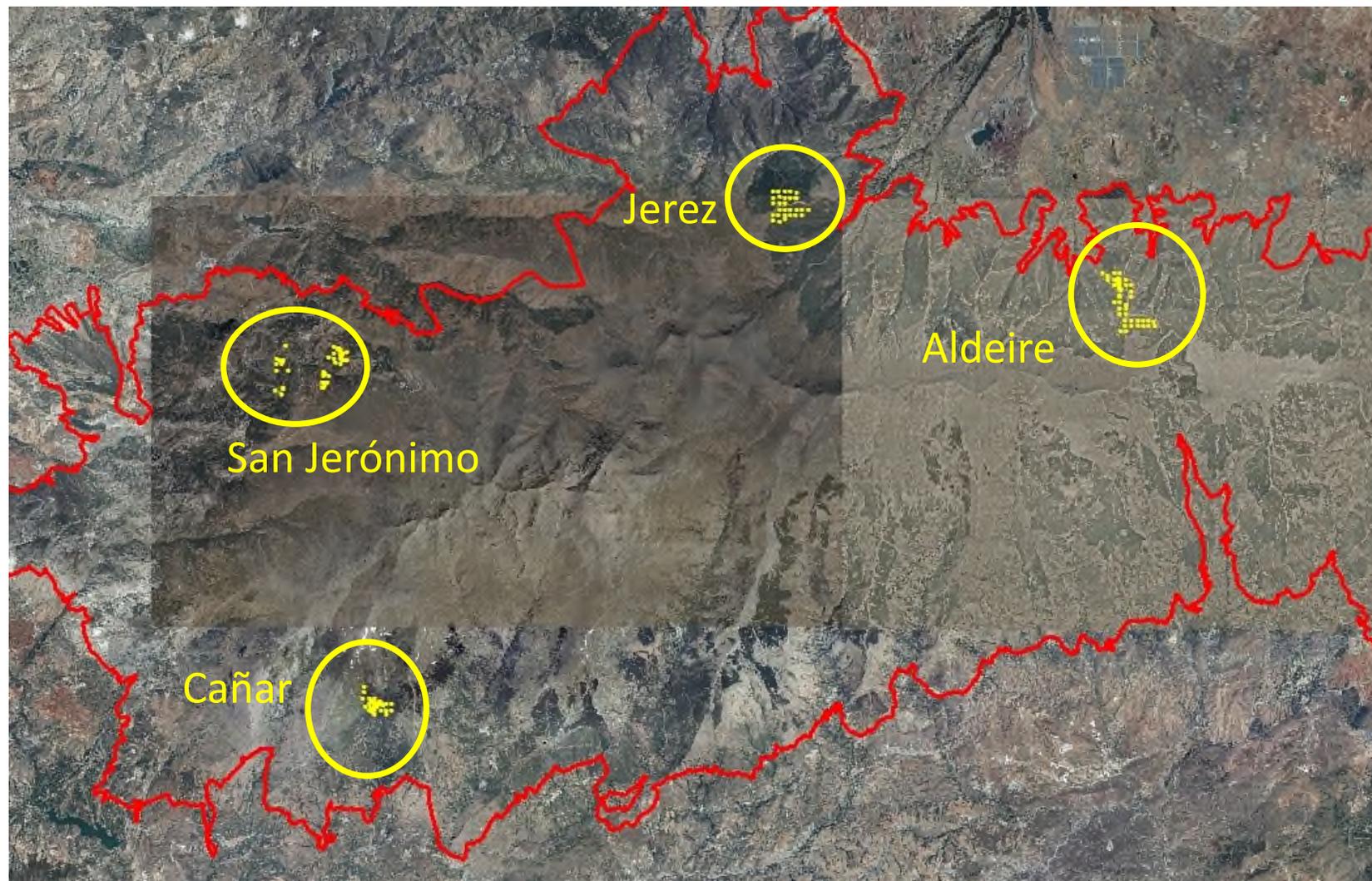


# PN Sierra Nevada

153 parcelas

- Repoblaciones
- Robledal
- Pinar natural

2 muestras  
dendrocronológica  
en cada parcela



Replantaciones de *Pinus*  
*sylvestris*



Masa de  
*Quercus*  
*pyrenaica*



Pinar natural de  
*Pinus sylvestris*



# OLDFORES

Vulnerabilidad y resiliencia de los bosques maduros frente al cambio climático:  
implicaciones para la gestión forestal en los Parques Nacionales (2019 – 2024)



RED DE  
PARQUES NACIONALES

 **INIA**  
Instituto Nacional de Investigación  
y Tecnología Agraria y Alimentaria

 **IPE**  
CSIC

# ¿Para qué puede servir el ForeStereo en el seguimiento a largo plazo de los PPNN?

- 1) Una 2<sup>o</sup> etapa de muestreo con mayor densidad de parcelas
- 2) Aumentar la frecuencia de muestreo
- 3) Obtener datos de campo para calibrar modelos con datos de teledetección
- 4) 1 + 3                      1 + 2 + 3 (espacio-temporal)
- 5) Detectar decaimiento de la cubierta forestal
- 6) Las fotos constituyen un registro para futuras aplicaciones

A circular fisheye view through a stone well looking up at a large tree. The stone walls of the well are visible on the left and right sides, framing the central view. The tree's trunk and branches are silhouetted against a bright sky, with some leaves visible. The overall scene is dark, with the light coming from the sky through the well's opening.

**Muchas gracias!!**

[fmontes@inia.es](mailto:fmontes@inia.es)