

# Aplicaciones de la fotogrametría digital aérea en el inventario forestal de alta resolución

José Antonio Navarro Fernández  
José Luís Tomé Morán



2015-08

# LiDAR-PNOA una tecnología con un gran presente

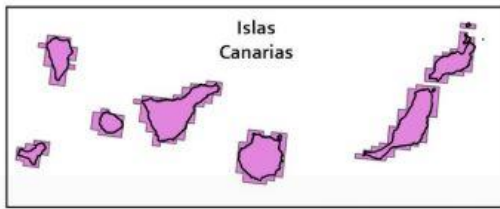
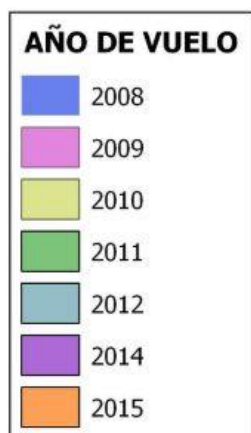


Somos **uno de los países** que apuesta por un **Plan Nacional de captura de información LiDAR**



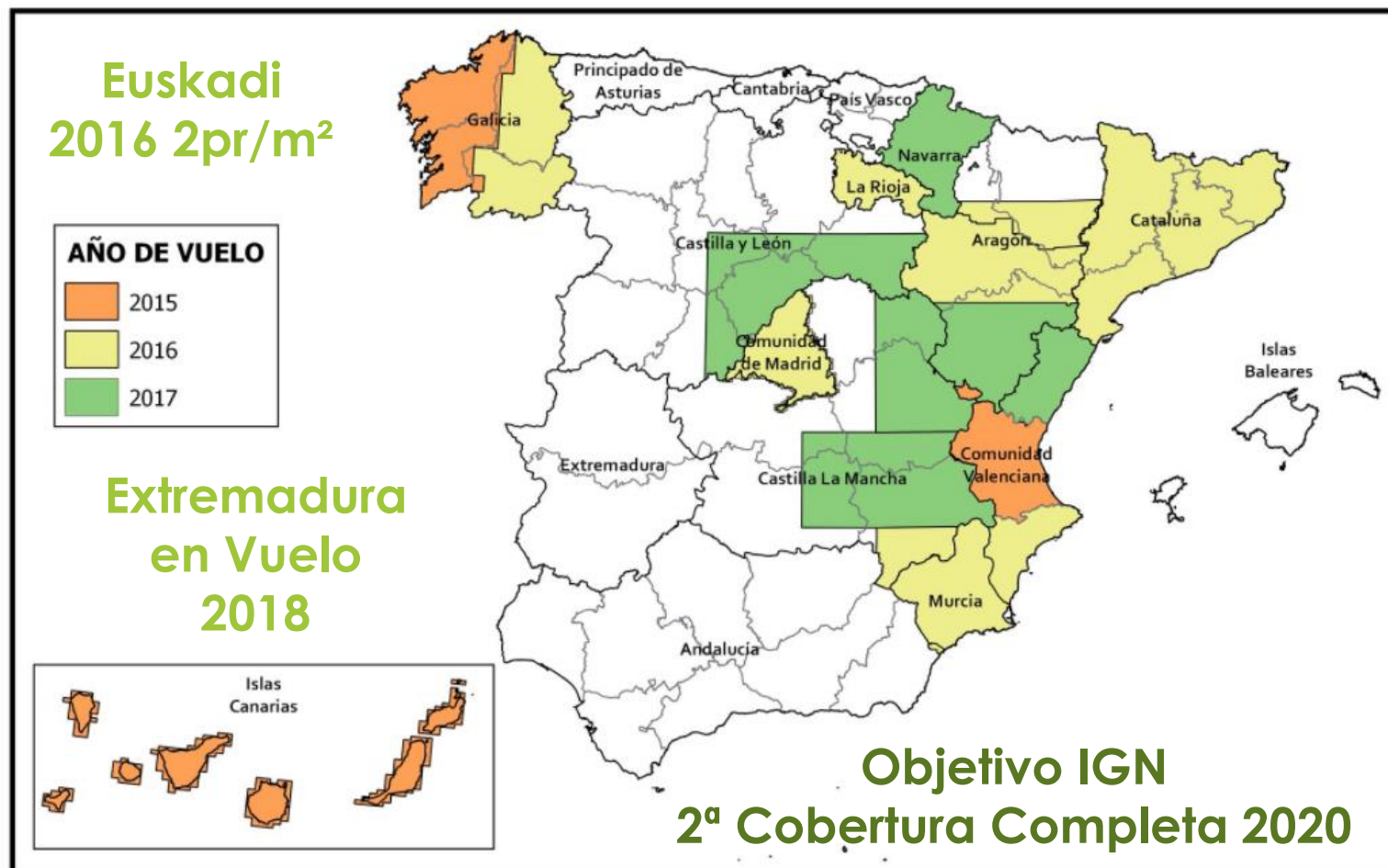
## PROYECTO PNOA-LiDAR: PRIMERA COBERTURA

0,5 pr/m<sup>2</sup>  
0,20 cm



**Objetivo IGN  
original 2012**

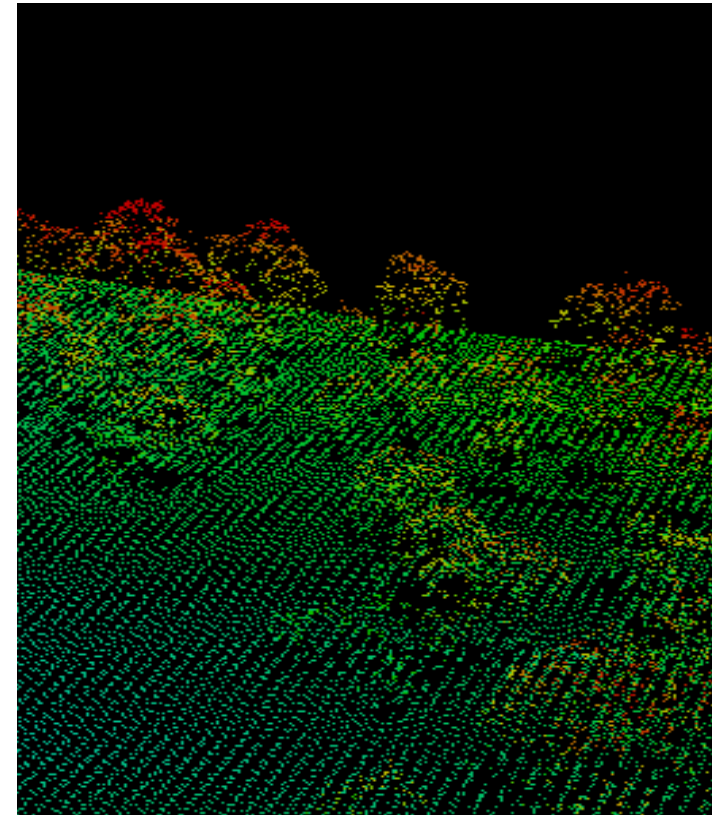
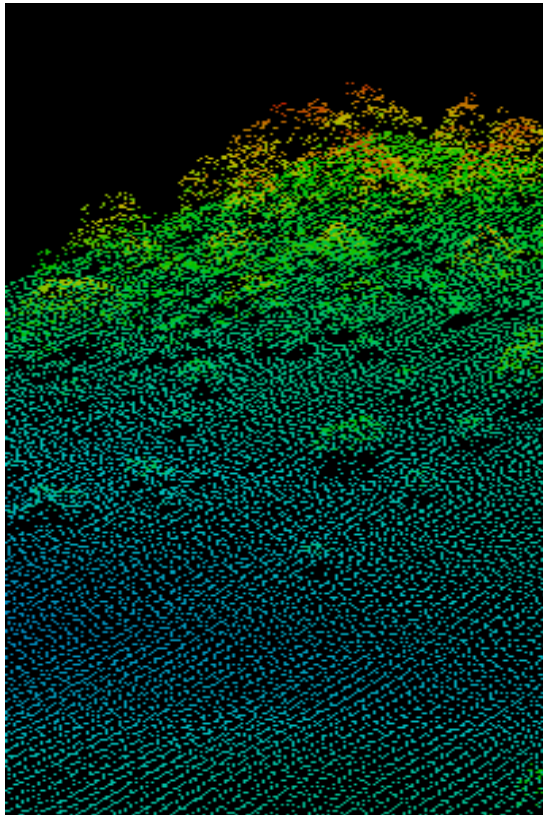
## PROYECTO PNOA-LIDAR: SEGUNDA COBERTURA



# Limitaciones del LIDAR

- ✓ Los vuelos del PNOA no están configurados para aplicaciones forestales.
- ✓ La densidad de puntos del PNOA (0,5 pulsos/m<sup>2</sup>) es insuficiente para trabajar en zonas donde se necesite un elevado nivel de detalle: interfaz urbano forestal o árbol individual.
- ✓ **El LIDAR PNOA es una foto fija** no incorpora los cambios que haya podido sufrir la masa desde el momento del vuelo: incendios, cortas, etc.
- ✓ **No existe garantía de que se hagan vuelos periódicos:** la vegetación es dinámica y nuestros datos empiezan a estar desfasados.
- ✓ Los **vuelos específicos LiDAR tienen un coste elevado.**

**¿TIENE EL LÍDAR  
FUTURO?**



# ¿ Por qué Fotogrametría ?

## ZONAS DE VUELO ESTABLES DESDE 2014



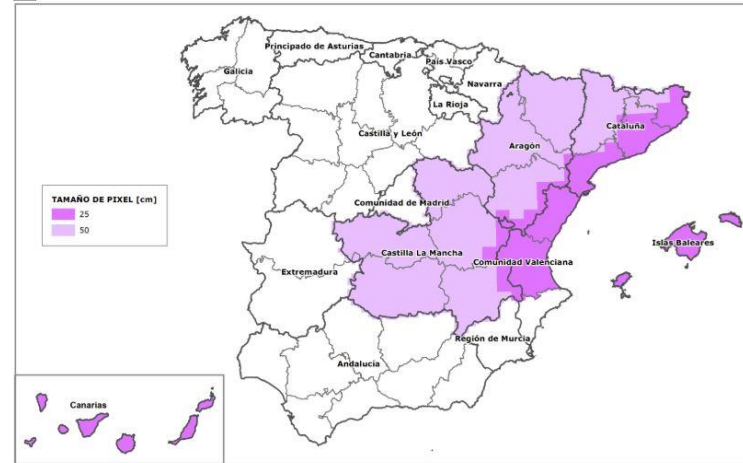
### PROYECTO PNOA 2017: ZONAS DE VUELO



Información Regular cada 2 o 3 años



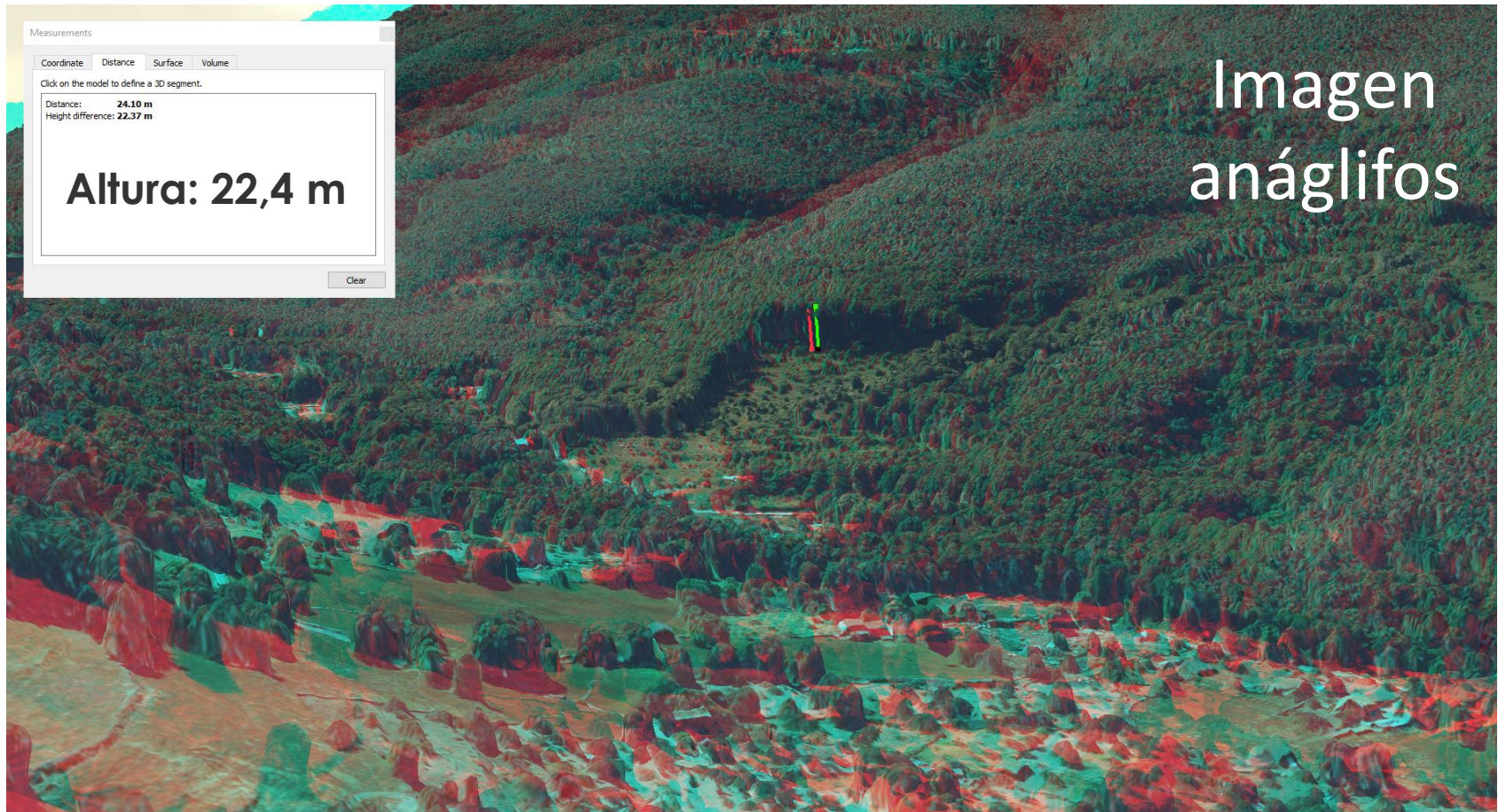
### PROYECTO PNOA 2015: ZONAS DE VUELO



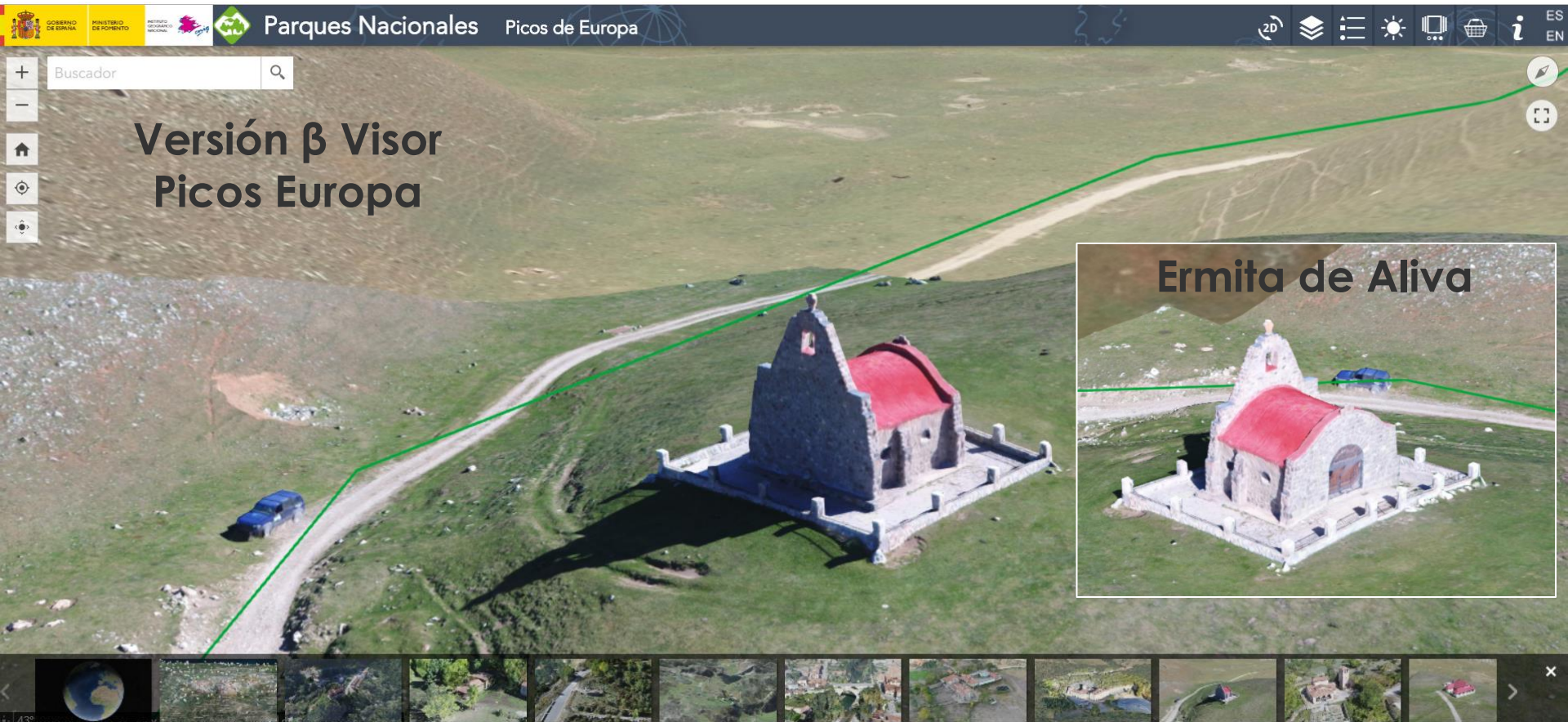
### PROYECTO PNOA 2016: ZONAS DE VUELO



## MDS generado mediante correlación superdensa con imágenes PNOA (25cm resolución)



Proyecto en el que están generando escenarios 3D de los Parques Nacionales a partir de imágenes PNOA + LiDAR



# Fotogrametría, ¿ y ahora que hacemos ?



## *Estudio Dinámico de Existencias Forestales Mediante Correlación Superdensa a partir de imagen área*



**José Antonio Navarro**

Doctorando, Ingeniero de Montes especialista en fotogrametría.



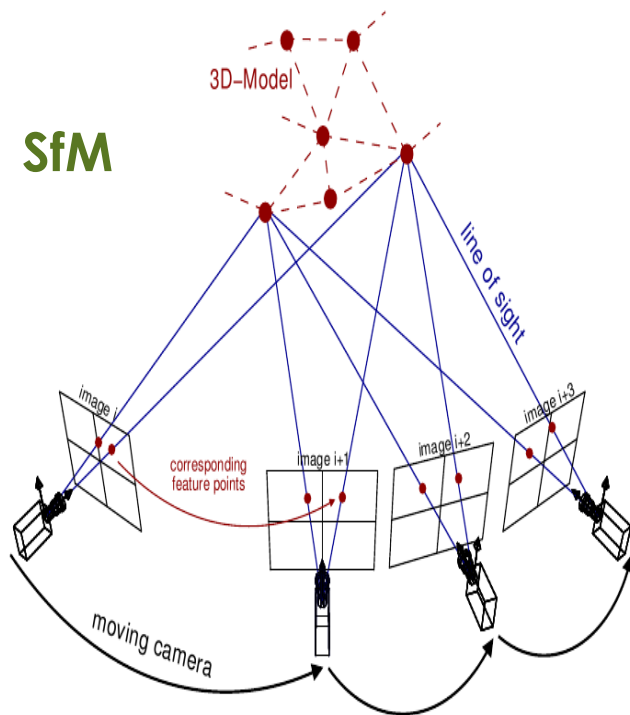
# Fotogrametría Digital Aérea

→ Mejoras en algoritmos  
fotogramétricos: SfM, SGM...

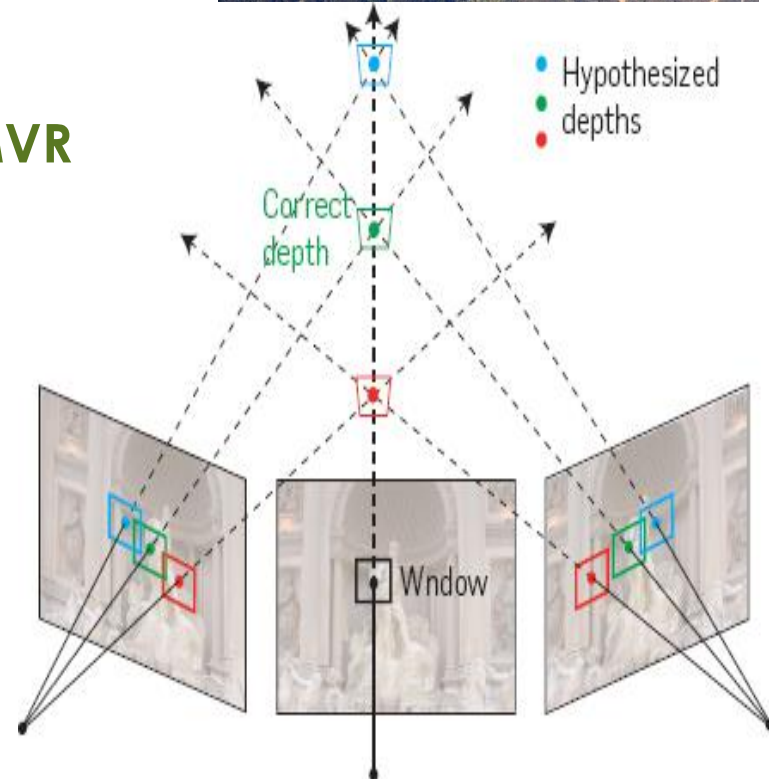
→ Correlación automática  
(Dense Image Matching)



**SfM**



**DMVR**



# Fotogramas PNOA

→ PNOA fotogramétrico

→ GSD=25-50 cm (**22-35 cm!**) para la ortofoto

→ **Solape 60/30**

| VUELO      | GSD (cm) | GSD Ortofoto (cm) | Exactitud planimétrica de la ortofoto | Exactitud altimétrica de la ortofoto          | Paso de malla |
|------------|----------|-------------------|---------------------------------------|---|---------------|
| PNOA 50 cm | 45       | 50                | $RMSE_{xy} \leq 1,00 \text{ m}$       | $RMSE_{xy} \leq 2,00 \text{ m}$               | 5 m x 5 m     |
| PNOA 25 cm | 22       | 25                | $RMSE_{xy} \leq 0,5 \text{ m}$        | $RMSE_{xy} \leq 1,00 \text{ m}$               | 5 m x 5 m     |
| PNOA 10 cm | 9        | 10                | $RMSE_{xy} \leq 0,2 \text{ m}$        | $RMSE_{xy} \leq 0,2 \text{ m}$<br>(con lidar) | 1 m x 1 m     |

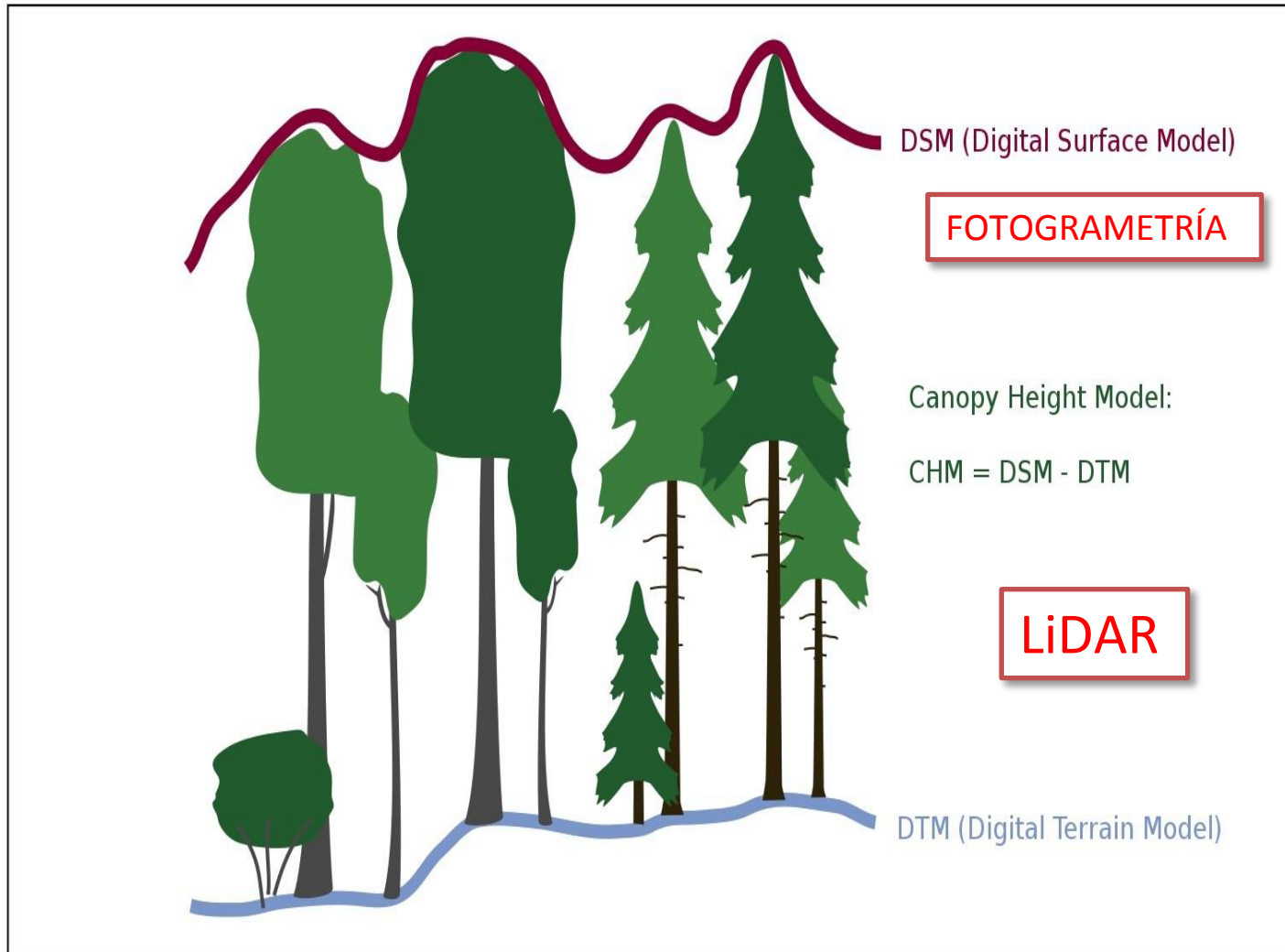
- **Fotogramas digitales de los vuelos PNOA** (a partir del año 2004), con tamaño de pixel 0.22 m ó 0.45 m, de 8 bits en formato TIFF, con los correspondientes ficheros de georreferenciación en formato TFW y en formato ECW georreferenciado. Sistema de referencia geodésico ETRS89 en Península e Illes Balears y REGCAN95 en Canarias. Proyección UTM en el huso correspondiente. Ficheros con cuatro bandas RGB y NIR (rojo, verde, azul e infrarrojo cercano), o un fichero RGB y el correspondiente NIR.

# Normalización modelos fotogramétricos

Modelo  
digital de  
alturas de  
vegetación

→ MDS

→ Modelo  
digital de  
altura de  
vegetación  
(CHM) a  
partir del  
MDT LiDAR




# Primera aproximación

- Artículo publicado en IJRS
- Primera prueba de fotogrametría aérea en pinares de Guadarrama
- Vuelo LiDAR 2016
- PNOA 2016 + LiDAR (norm), GSD = 35cm

INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING, 2018  
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1471551>



 Check for updates

## Testing the quality of forest variable estimation using dense image matching: a comparison with airborne laser scanning in a Mediterranean pine forest

José Antonio Navarro <sup>ab</sup>, Alfredo Fernández-Landa <sup>a</sup>, José Luis Tomé<sup>a</sup>, María Luz Guillén-Climent<sup>a</sup> and Juan Carlos Ojeda<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Agresta Soc. Coop., Madrid, Spain; <sup>b</sup>MONTES (School of Forest Engineering and Natural Environment), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain; <sup>c</sup>National Mapping Agency of Spain (IGN), Madrid, Spain

### ABSTRACT

Airborne laser scanning (ALS) is commonly used in forest mapping. Full coverage of ALS is already available in some countries to provide high-detailed terrain elevation models. These kinds of data sets have been shown to offer great potential in forest mapping. However, it presents some drawbacks such as the resampling periods may be longer than recommended for forestry purposes or unexpected data updates. The recent development of digital photogrammetric algorithms makes dense image matching (DIM) point clouds an alternative to ALS in forest monitoring and management. Area-based approach estimations from ALS and DIM-based point clouds in a *Pinus pinaster* Ait. forest of Central Iberia were compared. Heights from image matching were normalized by an ALS-derived digital elevation model (DEM). A total of 50 sampling plots were used to fit non-parametric models for the estimation of forest structure variables. Plot-level validation revealed that DIM-based models predicted dominant height, stem number, basal area, and stem volume with root mean square error of 10.71%, 43.02%, 27.02%, and 26.80%, respectively. The corresponding results from ALS data were 11.06% for dominant height, 39.71% for stem number, 25.07% for basal area, and 25.60% for stem volume. This study demonstrates the usefulness of the combination of DIM with ALS-derived DEM to develop forest metrics and high-quality inventories in Mediterranean pine forests.

### ARTICLE HISTORY

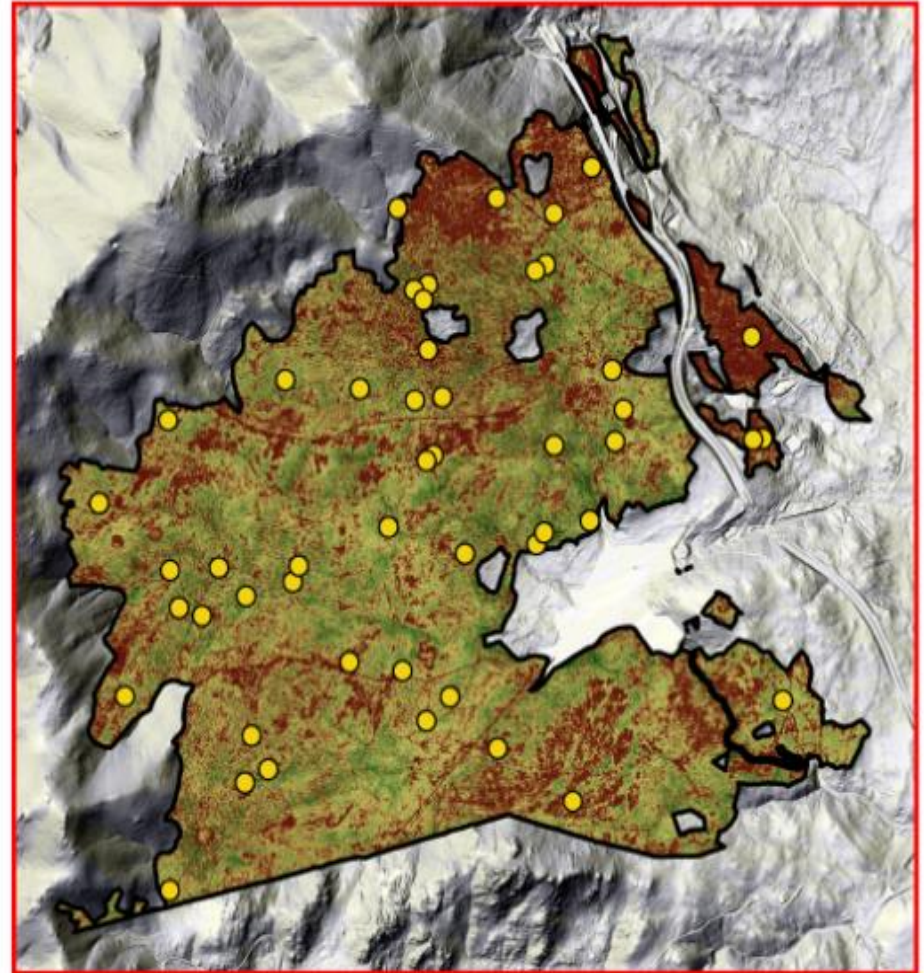
Received 5 April 2017  
Accepted 20 April 2018

# Primera aproximación

- *Pinus pinaster* (*P. sylvestris*)
- 50 parcelas año 2013 de 14,1m de radio
- Ajuste de modelos no paramétricos : *Ho*, *N*, *G* y *V*



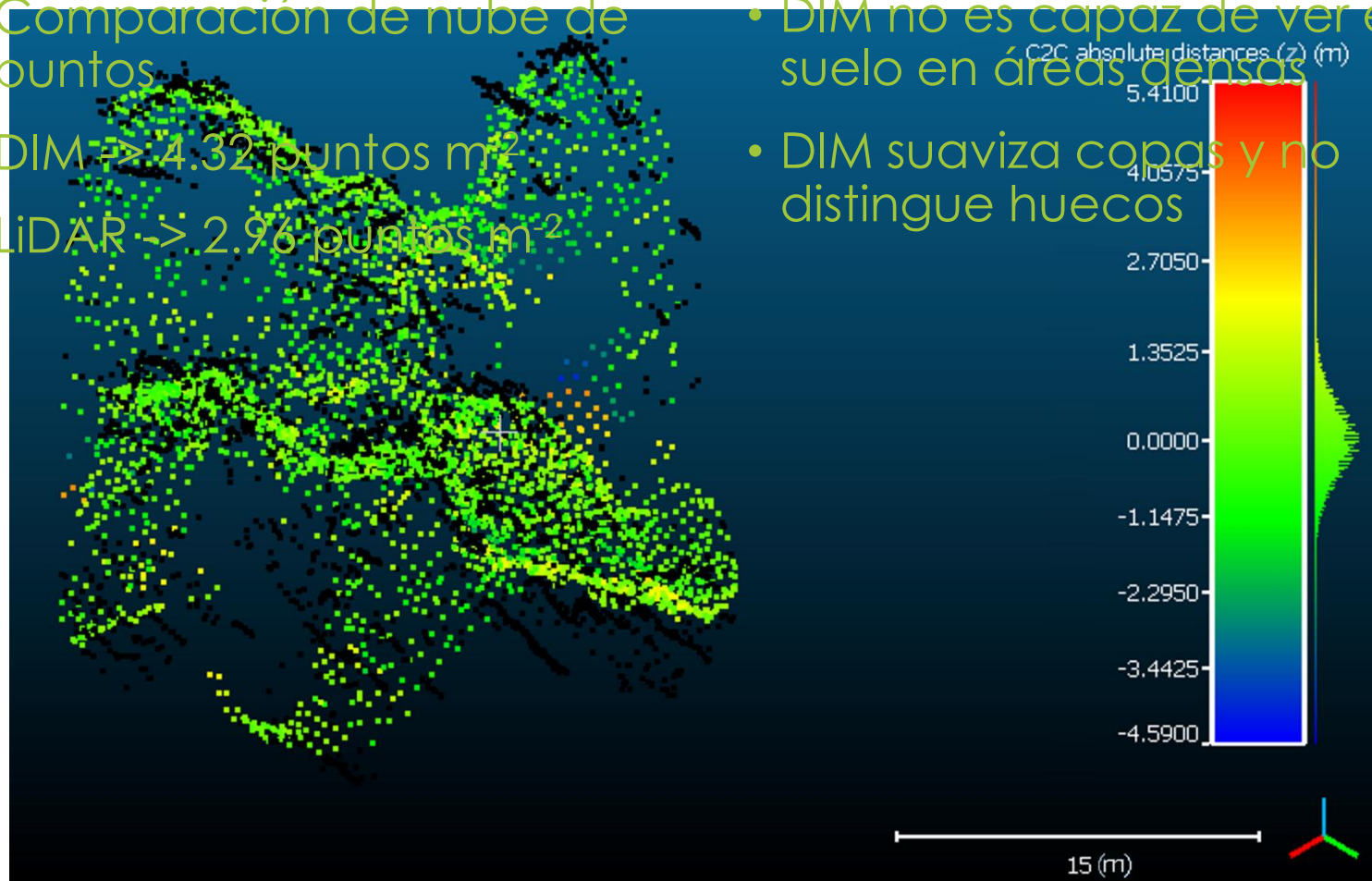
- Sample plots
- Study area
- Madrid region



# Fotogrametría ≠ LiDAR

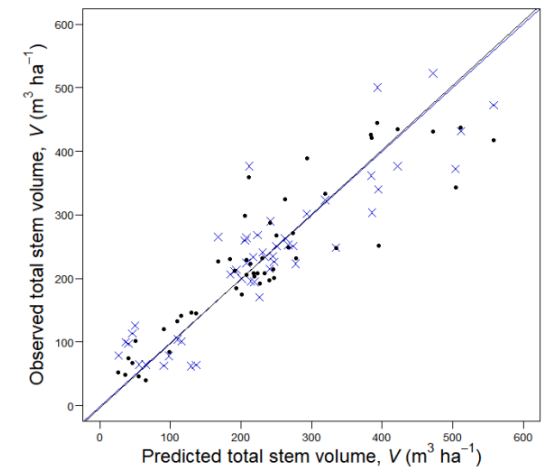
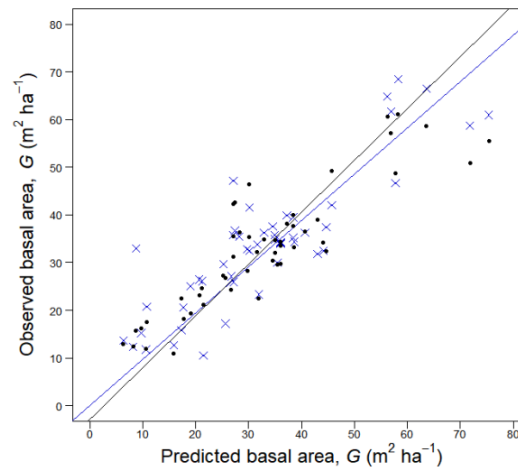
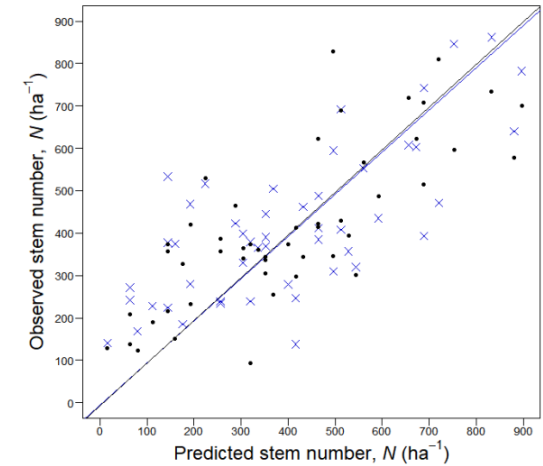
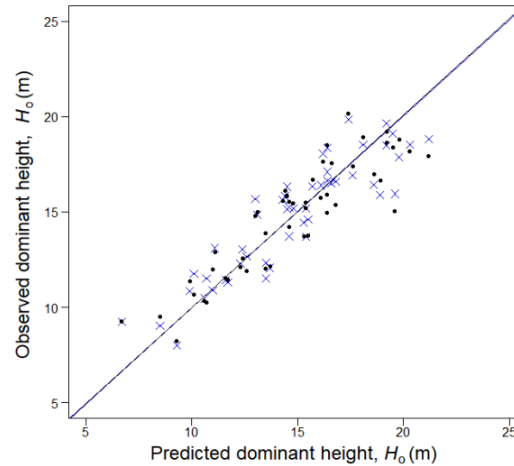
- Comparación de nube de puntos
- DIM  $\rightarrow$  4.32 puntos  $m^{-2}$
- LiDAR  $\rightarrow$  2.96 puntos  $m^{-2}$

- DIM no es capaz de ver el suelo en áreas densas
- DIM suaviza copas y no distingue huecos



# Fotogrametría Vs LiDAR

- Leave-one-out cross-validation (LOOCV)
- Resultados comparables al LiDAR
- Modelos insesgados
- Mejores resultados en *P. sylvestris*...



# Fotogrametría Vs LiDAR



- DIM estima mejor la altura dominante
- G y V en el mismo orden de magnitud que LiDAR
- La variable peor explicada N, como en LiDAR

|                   | $H_{o,ALS}$<br>(m) | $H_{o,DIM}$<br>(m) | $G_{ALS}$<br>( $m^2 ha^{-1}$ ) | $G_{DIM}$<br>( $m^2 ha^{-1}$ ) | $V_{ALS}$<br>( $m^3 ha^{-1}$ ) | $V_{DIM}$<br>( $m^3 ha^{-1}$ ) | $N_{ALS}$<br>( $ha^{-1}$ ) | $N_{DIM}$<br>( $ha^{-1}$ ) |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>% Var. Exp</b> | 75,90              | 77,32              | 72,78                          | 68,36                          | 78,60                          | 76,51                          | 53,36                      | 45,53                      |
| <b>RMSE</b>       | 1,63               | 1,58               | 8,26                           | 8,90                           | 59,43                          | 62,22                          | 164,42                     | 178,12                     |
| <b>RMSE (%)</b>   | 11,06              | 10,71              | 25,07                          | 27,02                          | 25,60                          | 26,80                          | 39,71                      | 43,02                      |

# Trasferencia tecnológica a un caso real



FONDO EUROPEO  
AGRICOLA DE  
DESARROLLO RURAL:  
EUROPA INVIERTE EN  
LAS ZONAS RURALES



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

BU-22/17

## *CLÁUSULAS DEL CONTRATO*

**Primera.-** D<sup>a</sup>. Adela TRASSIERRA VILLA, en representación de la Empresa **AGRESTA SDAD. COOP.**, se compromete a la ejecución del contrato de Servicio que tiene por objeto: **“INVENTARIO Y REDACCIÓN DE LA 7ª REVISIÓN DE LA ORDENACIÓN EN 2.749,83 HA DEL MONTE "SIERRA Y COSTALAGO" Nº 222 U.P. (T.M.HONTORIA DEL PINAR, PROVINCIA DE BURGOS)”**, con estricta sujeción a las condiciones establecidas en su oferta, y en todo aquello que no haya sido mejorado por ésta, al Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares y al Pliego de Prescripciones Técnicas que rigen la contratación.

# Trasferencia tecnológica a un caso real



## Previsto un inventario LiDAR para las masas de mas del 50 % de Fracción de Cobertura Cúbica

| Código                                   | Concepto   | Unidad | Precio | Medición   |
|--|--|--------|--------|------------|
| JNI-ORDG-158-5002                        | Informe selvícola, en documentos donde se proporciona al redactor los datos del trabajo de campo,(trabajo de campo preexistentes, procesado de datos LIDAR o PNOA), superficies 500-5000 ha. | Ha     | 2,51   | 2.748,9300 |
| JNI-ORDG-157-5007                        | Procesado Datos LIDAR PNOA proporcionando variables dasométricas de un inventario convencional; a nivel rodal o tipo de masa.  | Ha     | 2,98   | 1.400,0000 |
| JNI-ORDG-158-5022                        | Recopilación de información, análisis previo, superficies de 500-5000 ha. P.D.s. R.P.D., R.P.O.s.  | Ha     | 1,19   | 2.749,8300 |
| JNI-ORDG-158-5050                        | Procesado de datos, redacción y reprografía, en masas donde la Fcc es > 30%, superficies de 500-5000 ha. P.D.s,R.P.D.,R.P.O.s  | Ha     | 5,08   | 2.478,9300 |
| JNI-ORDC-156-5007                        | Señalización de rodales de ordenación, marcado de un árbol cada 200 metros y aquellos en los que se produzca cambio de dirección. Condiciones de dificultad bajas.                           | Ha     | 4,39   | 1.500,0000 |
| JNI-ORDC-155-5001                        | Realización de parcelas de inventario LIDAR con levantamiento GPS submétrico. Limitaciones a la ejecución bajas.   | ud     | 95,63  | 80,0000    |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL</b> |  |        |        |            |

## → Inventario Huerta del Rey y Hontoria

- Inicialmente estaba planteado actualizar el vuelo LiDAR 2010 y realizar 85 parcelas “LiDAR ” (con gps submétrico).

### ○ Problemas:

- LiDAR 2010 frente a inventario en el año 2017-2018. 7/8 años de desfase.
- Gran parte de las masas inventariables se han intervenido entre el año 2010 y el momento del inventario.
- Los datos de las intervenciones ejecutadas están incompletos (lo que redundará en un peor posibilidad de simular las cortas).

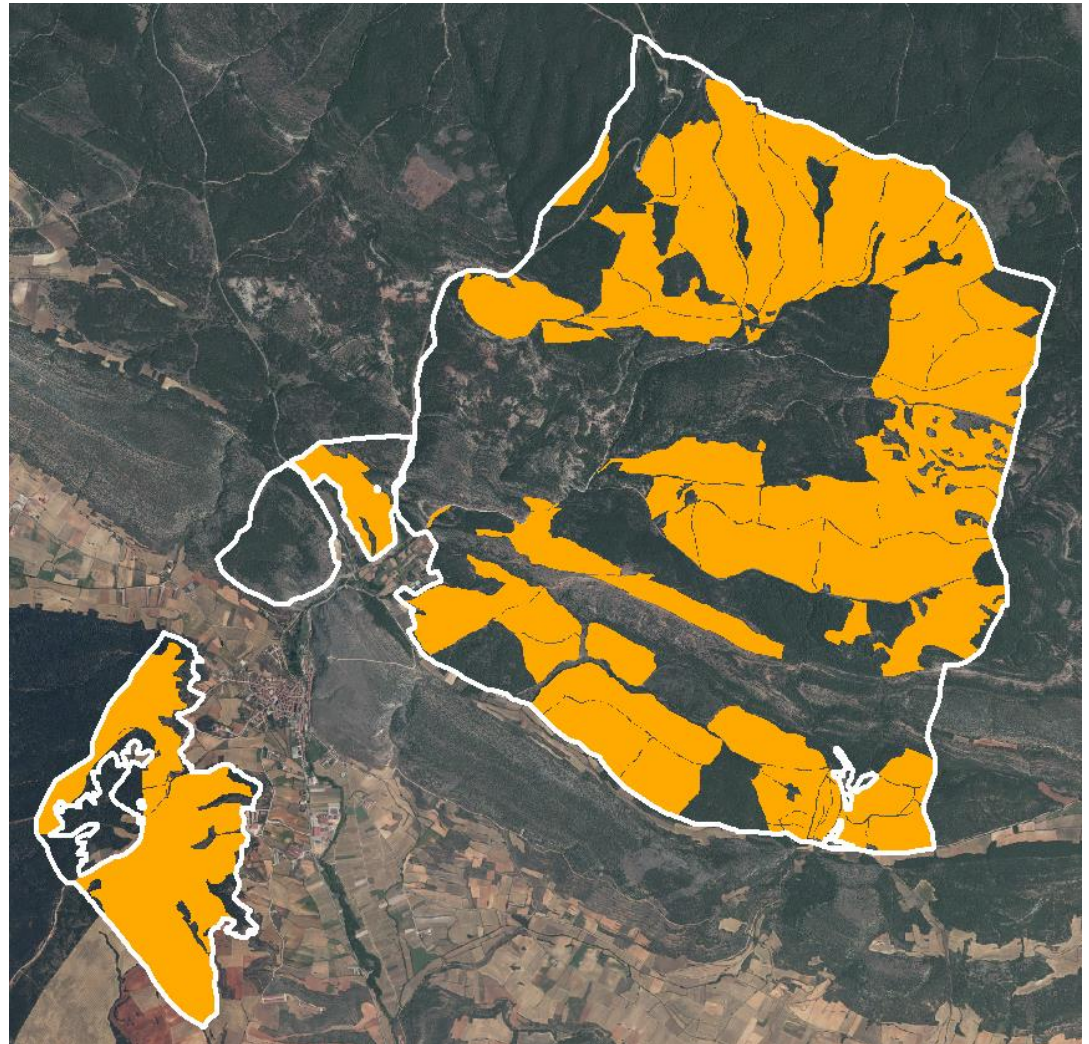
# Limitaciones del Inventario LiDAR

→ Inventario  
Huerta del Rey y  
Hontoria

Datos LiDAR  
disponibles año  
2010

## **PROBLEMA:**

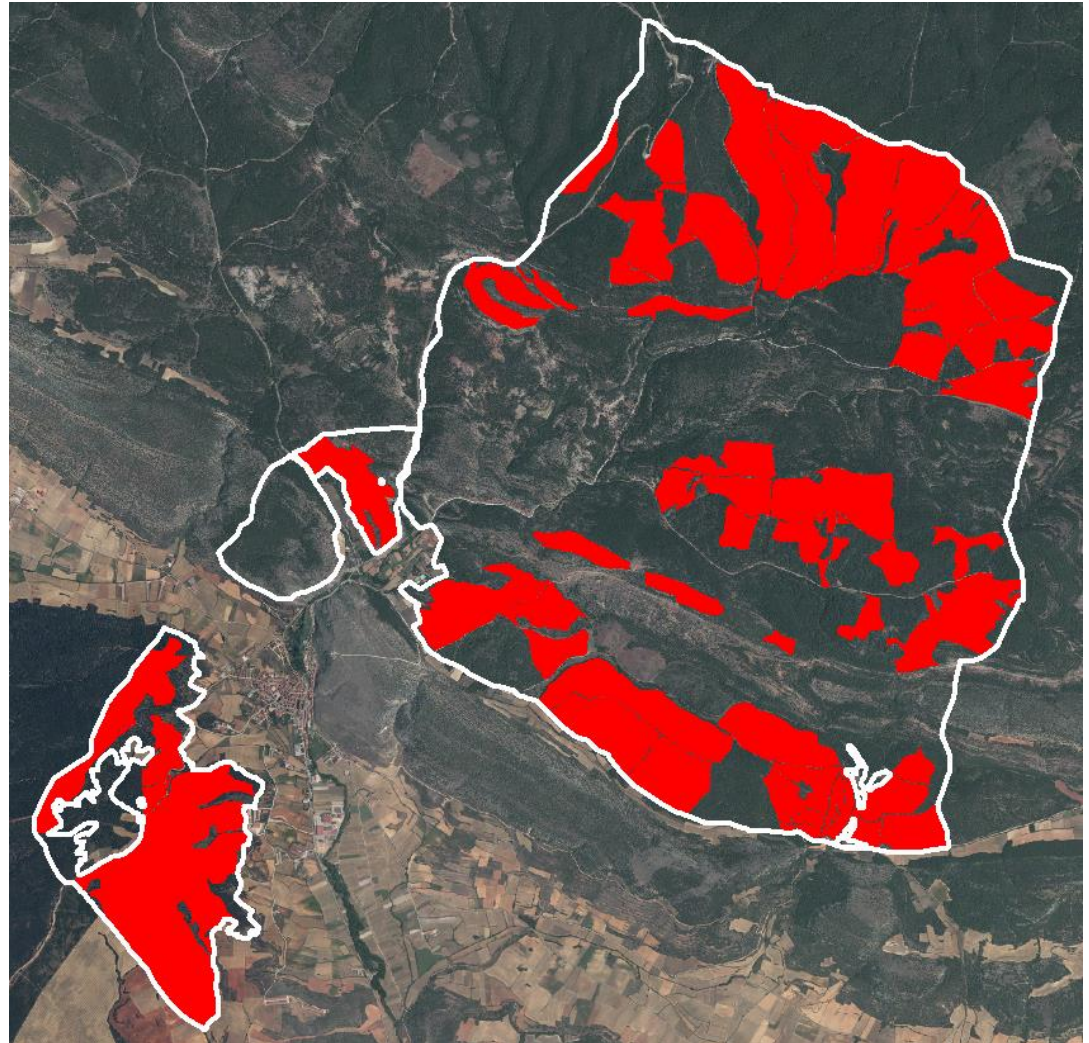
Zonas intervenidas  
periodo 2010-2017  
(en naranja)



# Limitaciones del Inventario LiDAR

→ Inventario  
Huerta del Rey y  
Hontoria

Zonas sin  
posibilidad de  
utilizar LiDAR 2010  
(en rojo)



# Diseño de Inventario del proyecto de ordenación



| Objetivo Inventario            | Tipo de Inventario   | Unidad de División inventarial | Sup (ha)        | Sup (%)    | Nº Parcelas |
|--------------------------------|--|--------------------------------|-----------------|------------|-------------|
| Análisis selvícola             | Análisis selvícola   | ASS                            | 836,81          | 16%        | 0           |
| Estimación existencias sabinas | Inventario sabinas LIDAR 2010                                | M1                             | 992,94          | 20%        | 0           |
| Estimación existencias         | Inventario muestreo sistemático clásico                      | M2                             | 168,19          | 3%         | 65          |
| Estimación existencias         | <b>Inventario fotogramétrico año 2017 combinado con ALS*</b> | <b>M3</b>                      | <b>2.979,36</b> | <b>59%</b> | <b>148</b>  |
| No inventario                  | No inventario  | NI                             | 96,16           | 2%         | 0           |
| <b>TOTALES</b>                 | -  | -                              | <b>5.073,46</b> | -          | <b>213</b>  |

## MDS Fotogramétrico 2017

MDT LIDAR-2010

Se han utilizado **42 imágenes aéreas** del vuelo **PNOA del 03/08/2017** con una resolución de **28 cm** y un **solape aproximado de (60/30)**.

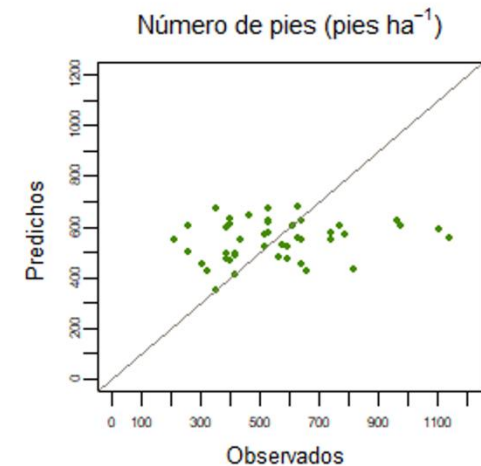
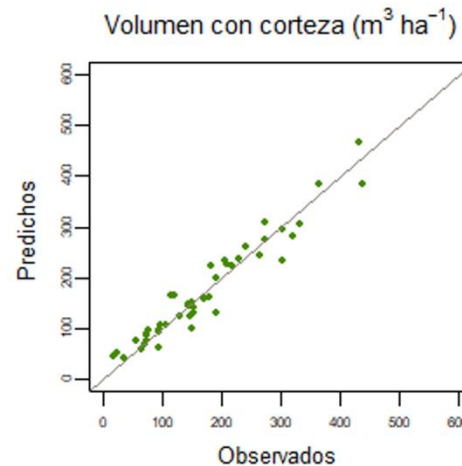
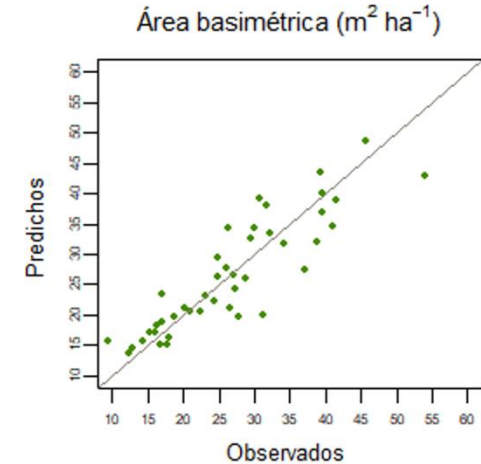
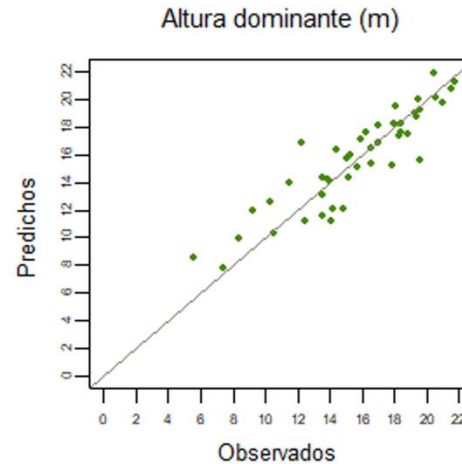
### Estratos de inventario fotogramétrico:

1. Masas puras de *Pinus nigra salzmanii*: 46 parcelas GPS.
2. Masas puras de *Pinus pinaster*: 54 parcelas GPS.
3. Pinares mixtos (incluye mezcla de pinares, masas de *Pinus sylvestris* y masas de *Pinus nigra nigra*): 46 parcelas GPS.

# Resultados

→ Inventario Huerta del Rey y Hontoria

- ***Pinus nigra***
- *Leave-one-out cross-validation (LOOCV)*
- Modelos insesgados



| Variable | RMSE (%) |
|----------|----------|
| $H_0$    | 10,34    |
| G        | 18,19    |
| VCC      | 15,08    |
| N        | 40,10    |



¡ GRACIAS POR SU ATENCIÓN !

Para más  
información  
contactar con:

✉ [janavarro@agresta.org](mailto:janavarro@agresta.org)

✉ [jltome@agresta.org](mailto:jltome@agresta.org)

🌐 [www.agresta.org](http://www.agresta.org)

