

VIII CLINIC NACIONAL DE CARTOGRAFÍA CARTOFEDO 2015  
TECNOLOGÍA Y TRADICIÓN UNIDOS POR EL DEPORTE



# Procesos digitales de catalogación de vegetación

Luis Carlos Fernández García

[luiscarlos@parajeinnova.com](mailto:luiscarlos@parajeinnova.com)

Alar del Rey (Palencia), 21 de marzo de 2015





## ÍNDICE

1. CONTEXTO DEL ESTUDIO
2. ANTECEDENTES
3. OBJETIVOS
4. LA TECNOLOGÍA LIDAR
5. PNOA – LIDAR DEL IGN
6. DESARROLLO
7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES



Procesos digitales de catalogación de vegetación

1. CONTEXTO DEL ESTUDIO



# Clasificación de las masas vegetales en los mapas de orientación a través de imágenes LiDAR

<http://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/123956>



Máster Universitario Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Politécnica Superior de Ávila

Tutor: **Ángel Luis Muñoz Nieto**

Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno



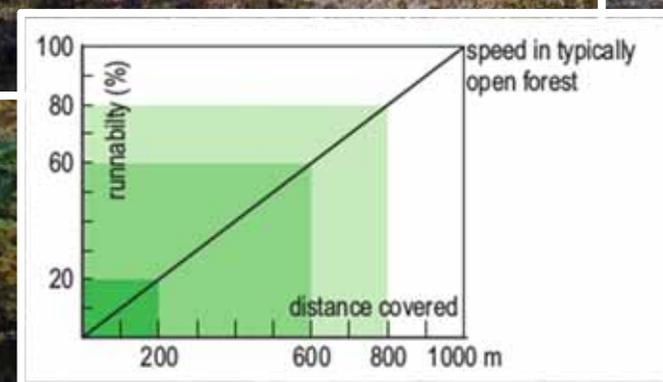
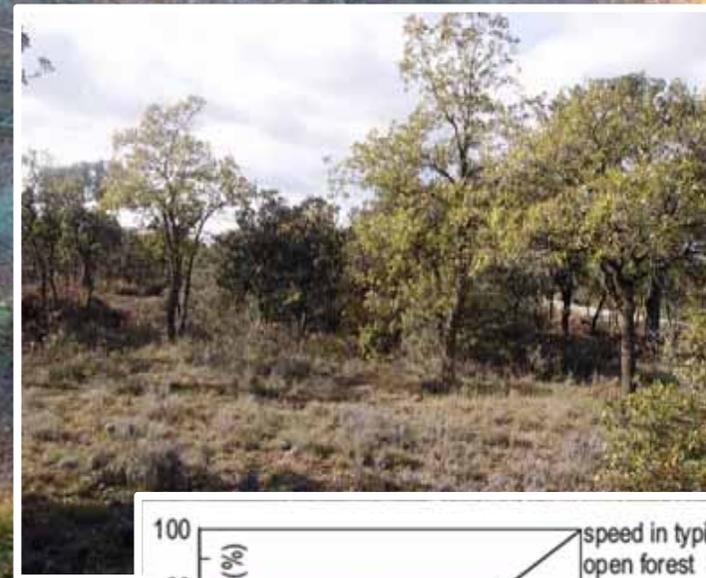
Procesos digitales de catalogación de vegetación

## 2. ANTECEDENTES

## PENETRABILIDAD Y LiDAR.

- Difícil determinación de la transitabilidad y del contorno del bosque.
- Una misma zona con dos cartógrafos podría resultar en dos mapas que representen la **penetrabilidad** de la vegetación de distinta manera.
- No exento de **subjetividad**.
- Falta de homogeneidad entre trabajos.

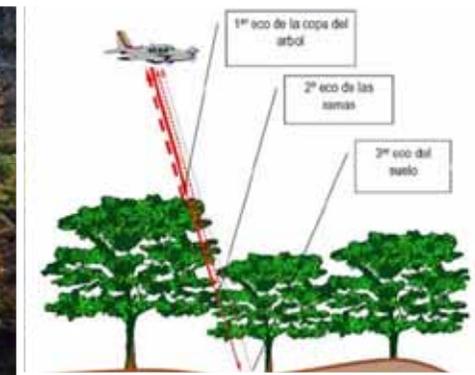
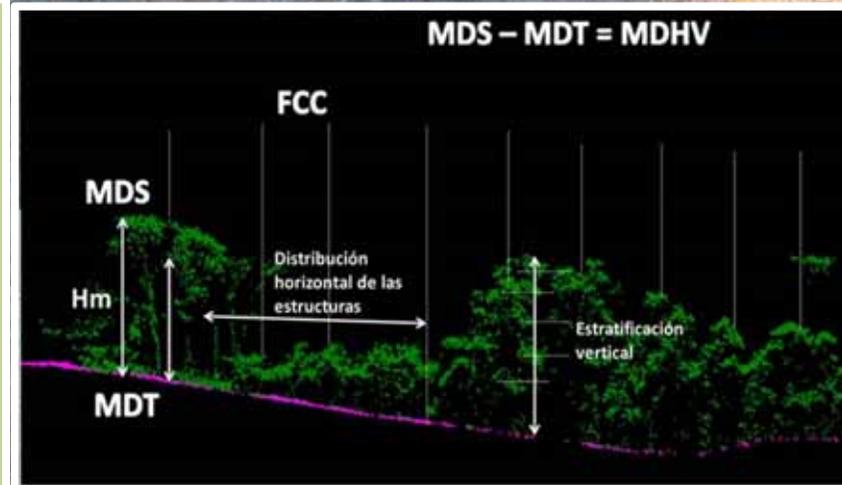
Controversia.



## PENETRABILIDAD Y LiDAR.

- El LiDAR puede **atravesar la cubierta forestal** obteniendo información del suelo y de la estructura 3D de la vegetación.
- **Revolución** en el mundo de la orientación desde hace unos 9 años.
- Ya empleado para las **curvas de nivel** de los mapas base.
- Ensayos para **objetivar** la penetrabilidad.
- Cartografía "automática": *Karttapullautin*.

Validar su uso.





Procesos digitales de catalogación de vegetación

3. OBJETIVOS



## OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

- Investigar la **validez del uso del LiDAR aerotransportado** para la determinación, bajo parámetros matemáticos, de la **penetrabilidad** en los mapas de orientación.
- **Diseñar un método para la clasificación de superficies vegetales** en las diferentes categorías de penetrabilidad empleando datos LiDAR aerotransportados.
- **Valorar la utilidad del vuelo PNOA - LiDAR del IGN** en la categorización de la penetrabilidad.



Procesos digitales de catalogación de vegetación

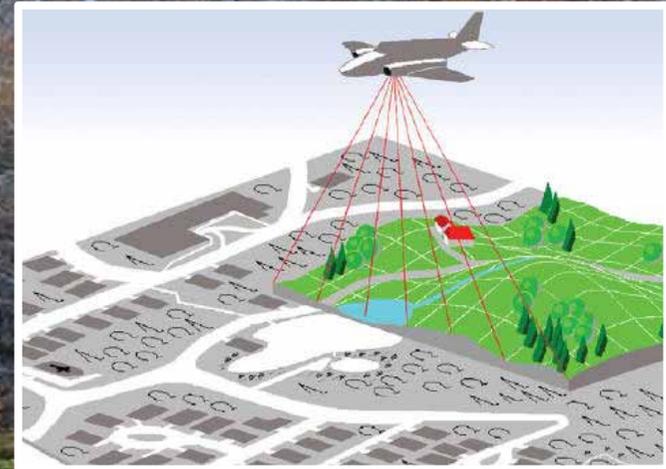
## 4. LA TECNOLOGÍA LIDAR

## LiDAR: Light detection and Ranging

**Técnica de Teledetección:** permite obtener información sobre un objeto o superficie a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto directo con ellos.

Cada vez más aplicada por la reducción del coste de la tecnología y aumento del coste de la recogida de datos en campo.

Ventaja frente a Fotogrametría: "ver" debajo de la cubierta arbórea.



## LiDAR: Light detection and Ranging

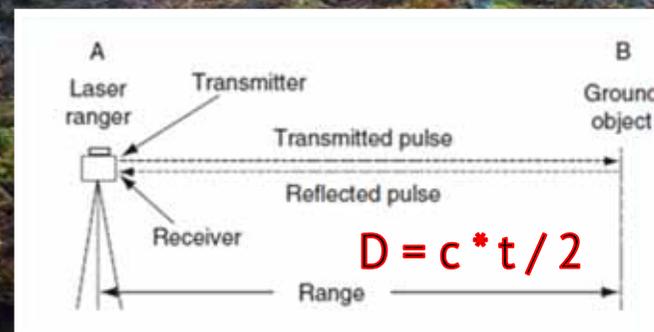
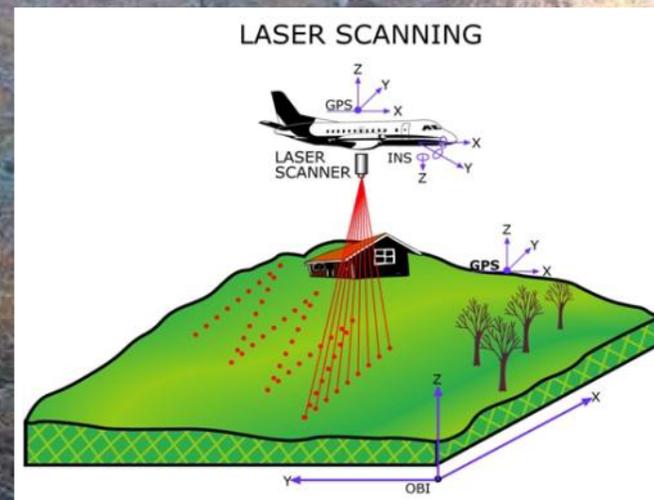
En nuestro campo, más útil el **aerotransportado** (de momento).

El sensor LiDAR mide el **TIEMPO** que transcurre desde que el pulso láser es emitido hasta que el "rebote" regresa al sensor >>> **DISTANCIAS**.

Ha de controlarse la posición del avión o helicóptero mediante un GPS y un inercial INS.

Precisión planimétrica (XY: 20 cm) menor que precisión altimétrica (Z: 15 cm).

Información masiva y no inteligente.



# Procesos digitales de catalogación de vegetación



Leica ALS 50 (bottom right) and ADS40 (left) digital camera



TopoSys

FLI-MAP



FLI-MAP 400



Falcon II, III (fiber)

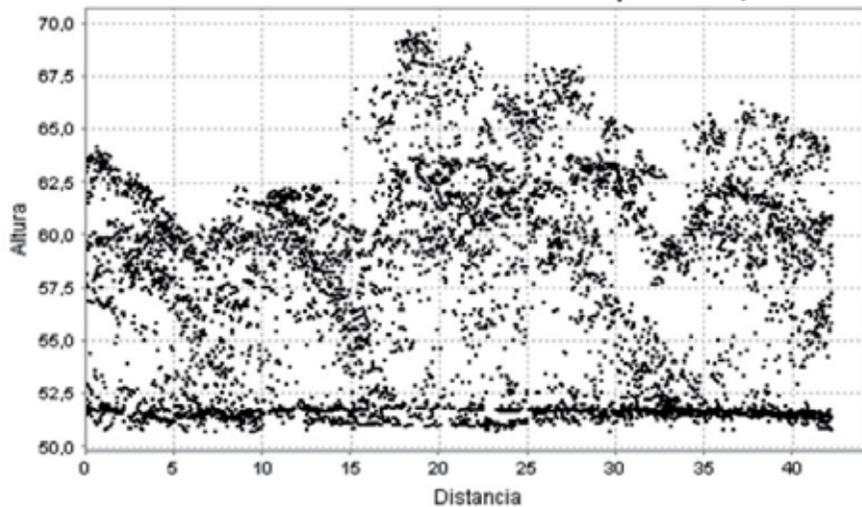


Harrier (uses scanners from Riegli)

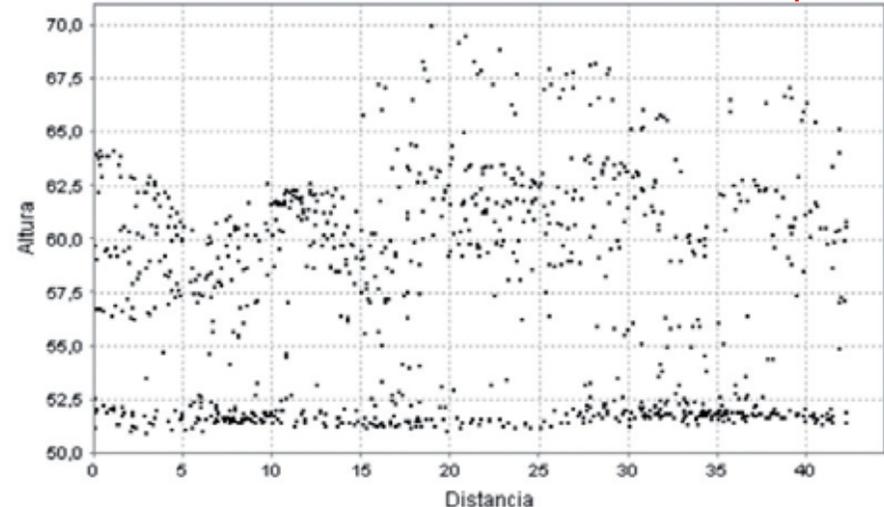


Diferente densidad de puntos.

Corte LIDAR con vuelo a 4 puntos/m<sup>2</sup>



Corte LIDAR con vuelo PNOA 0,5 ptos/m<sup>2</sup>



Ficheros \*.LAS con nubes de millones de puntos.

## Multiples retornos por pulso.

4 – 5 retornos (ó ecos ó rebotes).

Primer retorno: cubierta superficial.

Último retorno: ¿suelo?

Retornos intermedios: suelen ser **vegetación**.

Filtrado y clasificación: clave del uso de datos LiDAR.





## Filtrado y clasificación.

Hay **algoritmos automáticos** que permiten distinguir suelo, vegetación o edificios, etc.

Diversos algoritmos de filtrado: morfológicos, densificación progresiva, basados en la superficie, de segmentación...

Cada **software**, distintos algoritmos.

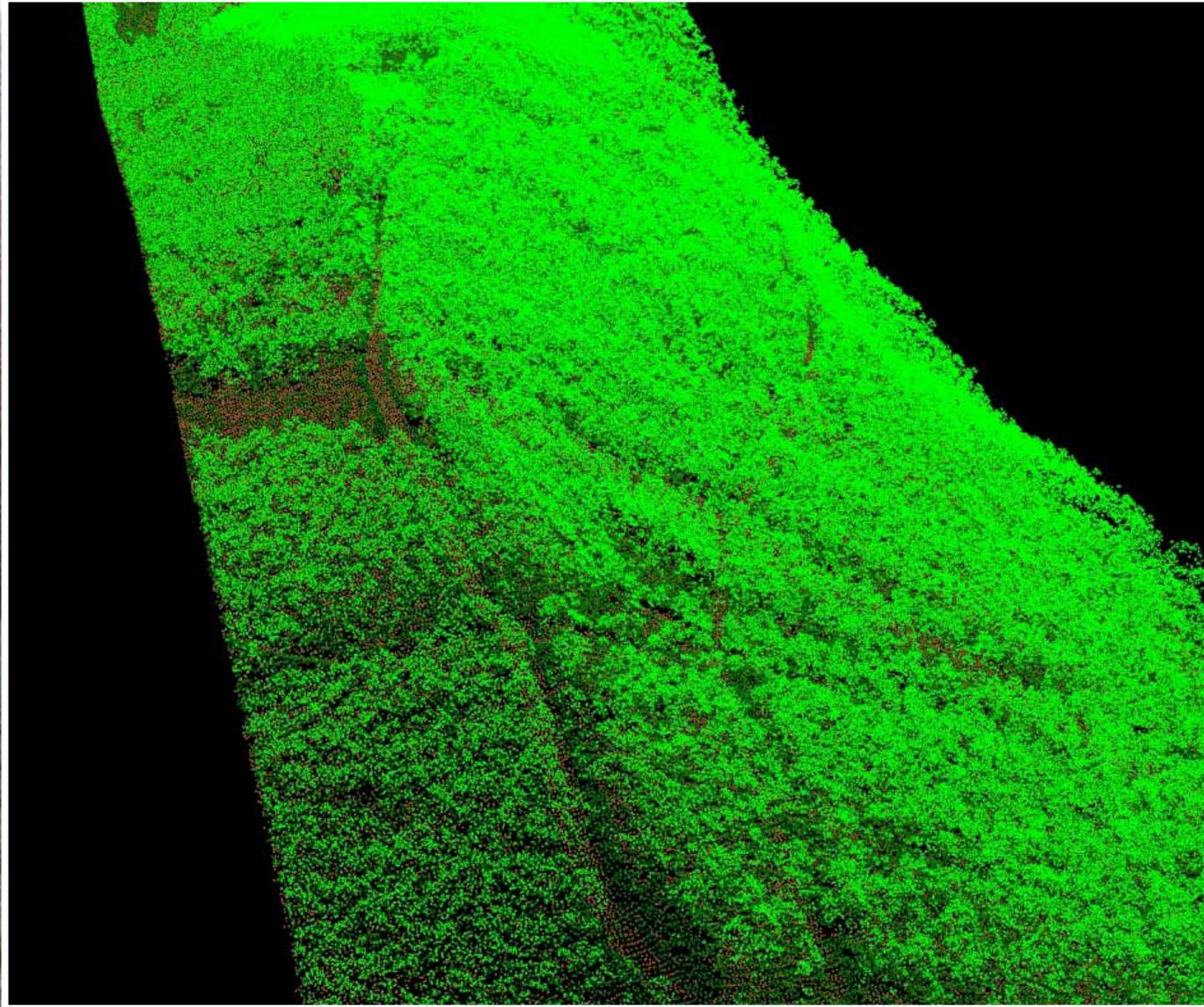
Permiten filtrar un volumen enorme de información LiDAR con pocos recursos humanos, pero siempre tienen asociados **errores** que es necesario subsanar **manualmente** para trabajar con calidad.

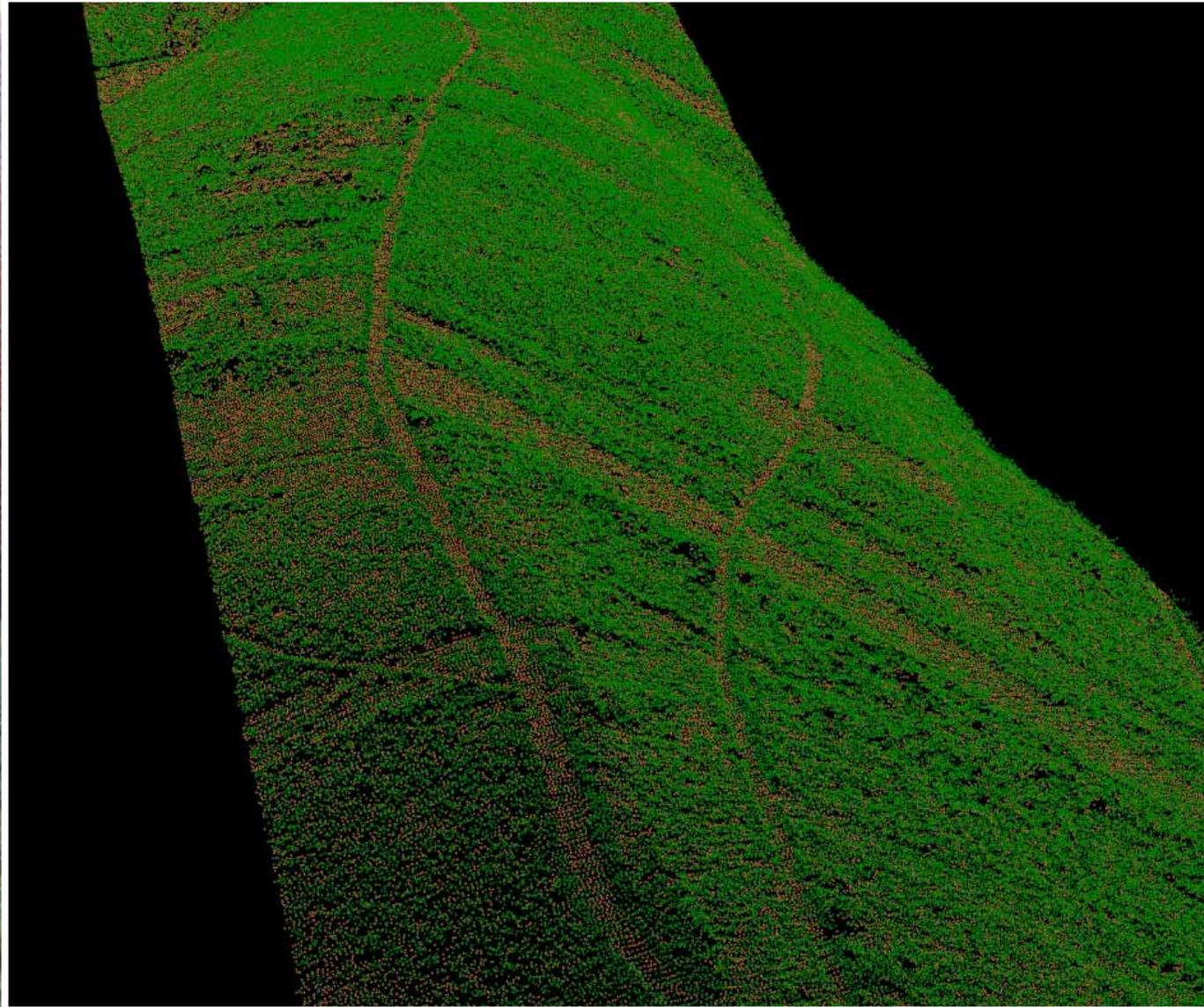
**Mejor procesar en áreas homogéneas de pequeño tamaño y supervisado manualmente.**

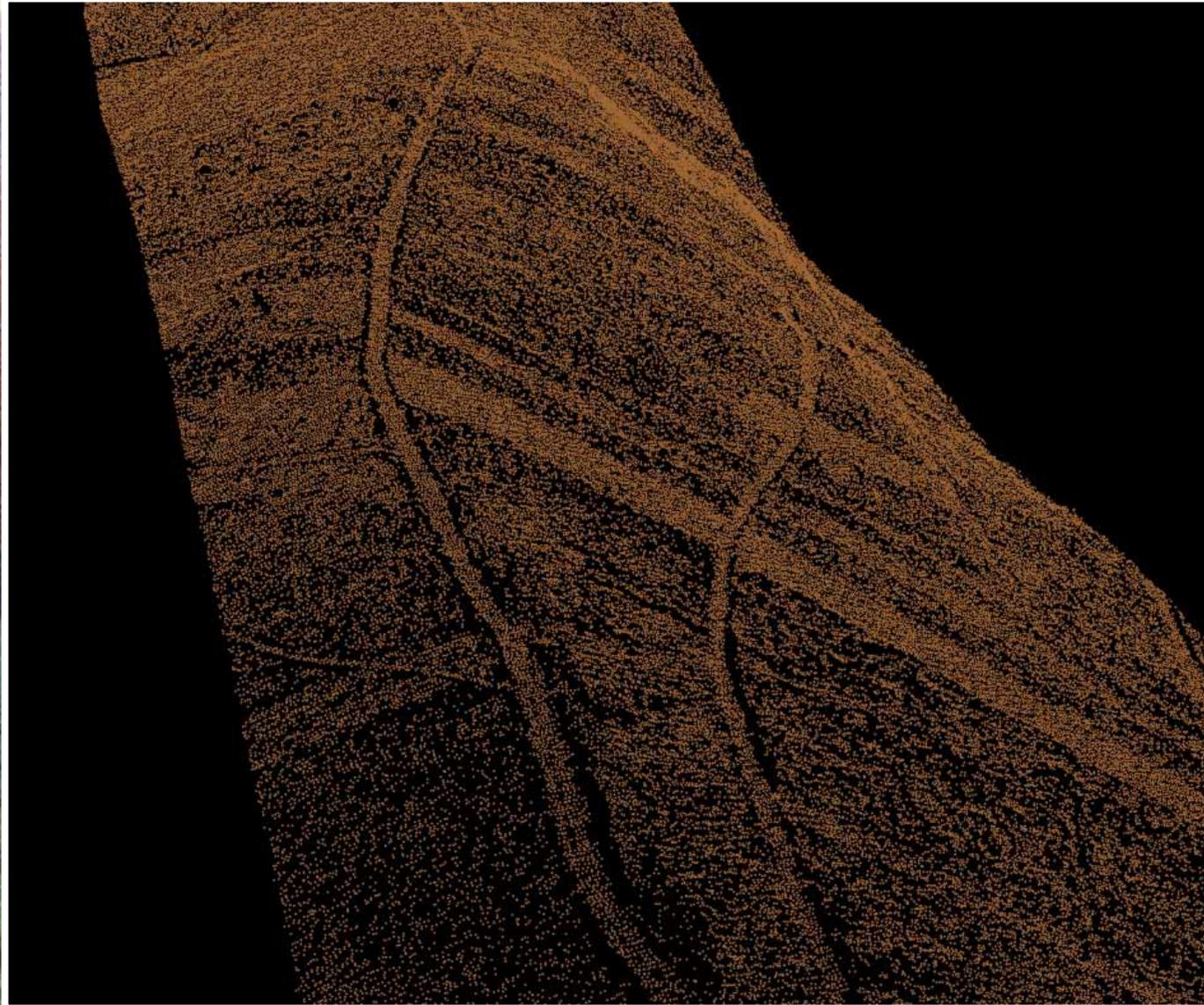


Paraje

Innovación y Consultoría









## Software.

### Visualización, a veces con funciones básicas:

FUGRO Viewer.      MARS.  
QuickTerrain.

### Completo:

FUSION (aplicaciones forestales).  
TerraScan.  
LAStools.  
OrtoSky.

### Plugins para Sistemas de Información Geográfica:

Dielmo OPEN LIDAR para gvSIG.  
LP-360 para ArcGIS.  
Herramientas de SAGA y Quantum GIS.

***FUSION***

*Providing fast,  
efficient, and flexible  
access to LIDAR, IFSAR  
and terrain datasets*



*Robert J. McGaughey  
Pacific Northwest Research Station*

<http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusionlatest.html>



Procesos digitales de catalogación de vegetación

5. PNOA – LiDAR DEL IGN



## El dato en España.

- Iniciativas de cada Comunidad Autónoma.
- Vuelos específicos accesibles.
- Plan PNOA – LiDAR



	Densidad Nominal (p/m <sup>2</sup> )	Distancia nominal entre puntos (m)	Exactitud altimétrica de la nube de puntos	Exactitud altimétrica del Modelo Digital del Terreno	Paso de malla
<b>LiDAR</b>	0,5	1,4	RMSE z ≤ 0,20 m	RMSE z ≤ 0,50 m	5m x 5m

- Resolución 1,4 m >>>> MDT 2 m
- Procesado: clasificación automática de los datos en clase suelo, edificación, tres clases de vegetación y solapes.



## PNOA – LiDAR del IGN.

<http://pnoa.ign.es/presentacion>

Hasta hace poco, previa **solicitud al IGN** y pago por la prestación de servicios.

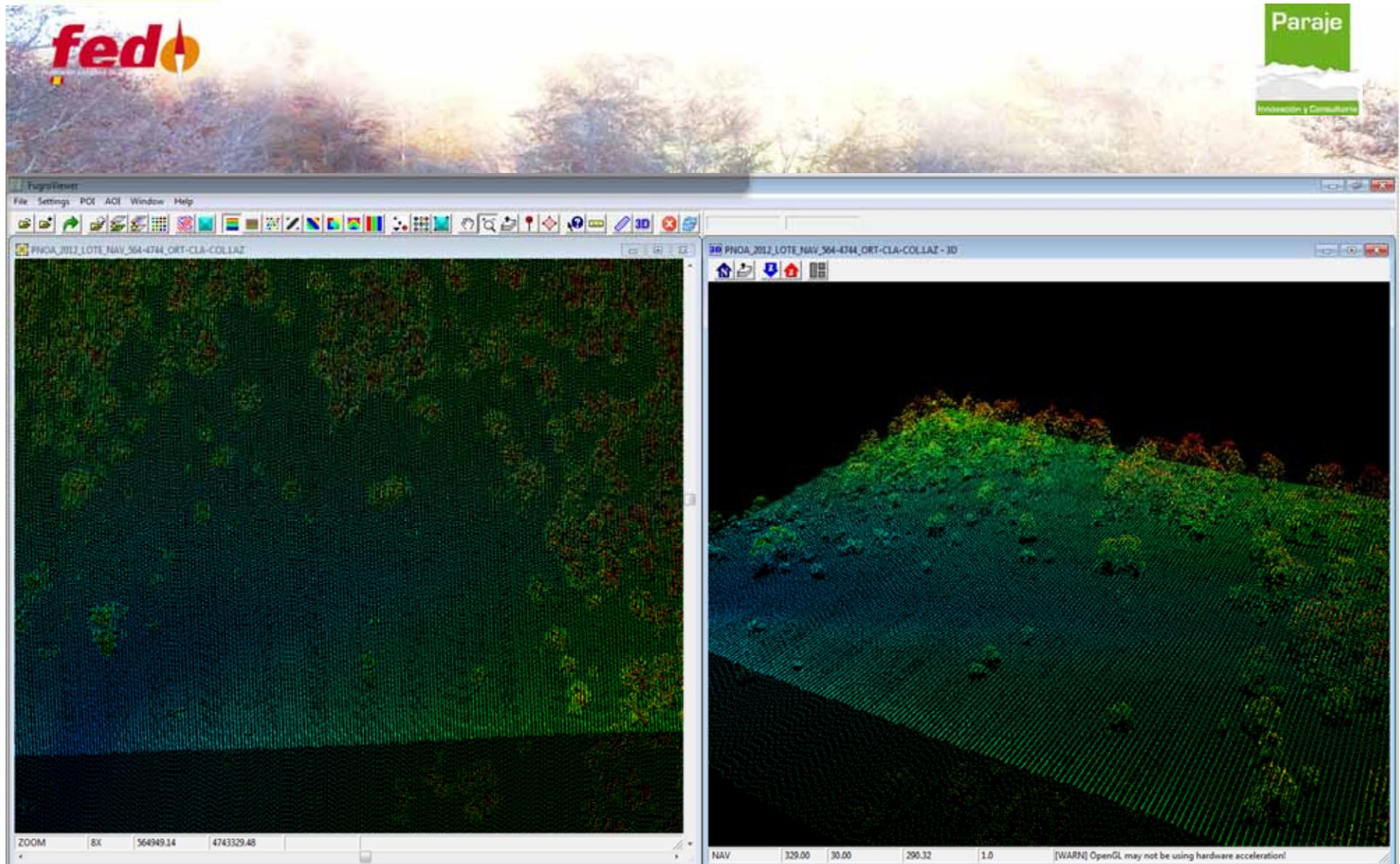
Puesto a disposición pública muy **recientemente**, en cuadrículas de 2 x 2 km.

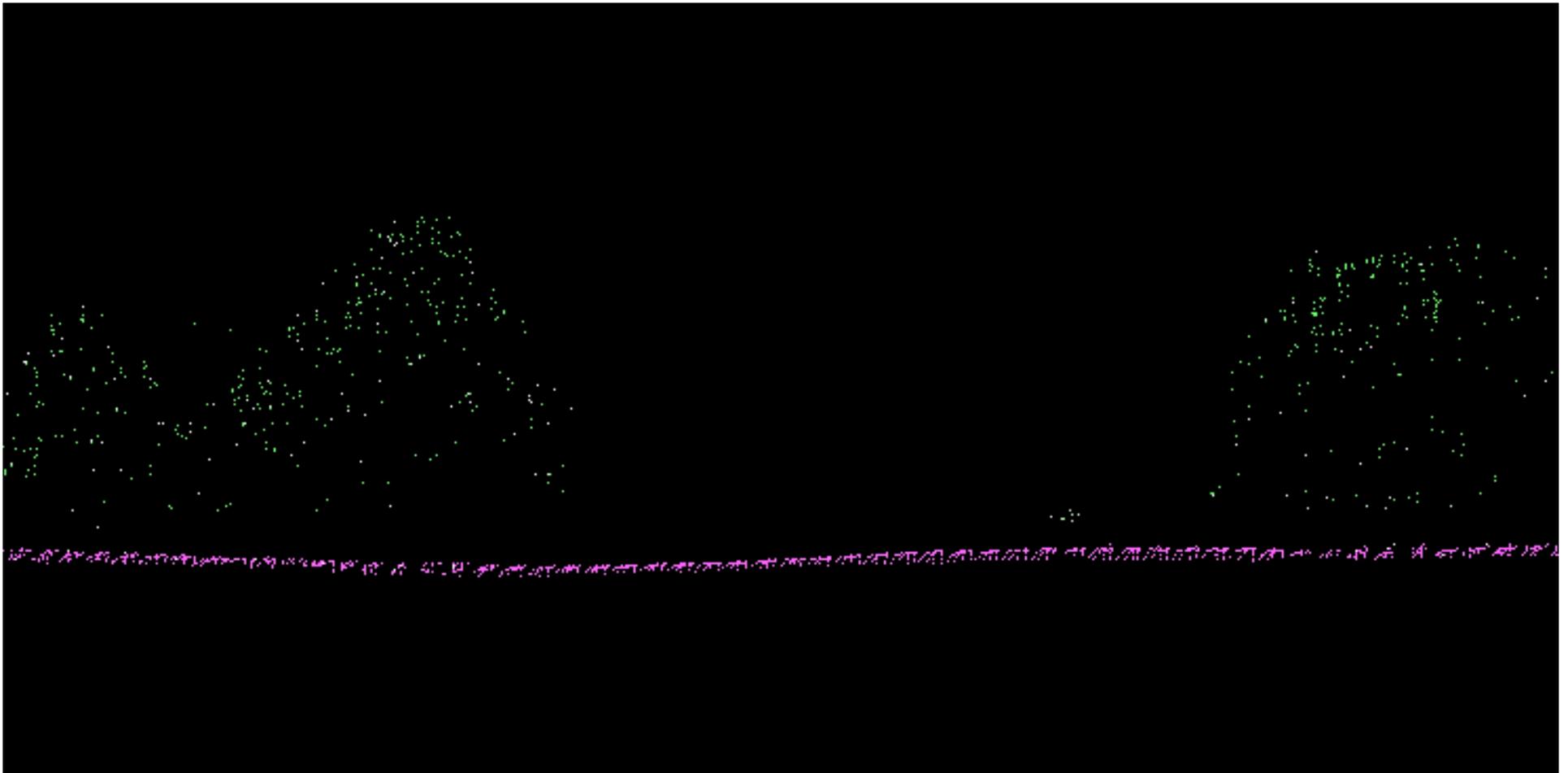
Centro de descargas del IGN  
(<http://www.parajeinnova.com/disponibles-los-ficheros-las-del-lidar-pnoa/>)

Archivos comprimidos \*.LAZ >>> \*.LAS con herramienta LaskTools.exe.



## Procesos digitales de catalogación de vegetación







Procesos digitales de catalogación de vegetación

## 6. DESARROLLO



## PLANTEAMIENTO.

Clasificar las masas vegetales de la España peninsular en las distintas categorías de penetrabilidad empleando para ello datos PNOA - LiDAR del IGN.

1. **Analizar los o - mapas** y el cómo se representa la vegetación en ellos: determinación, clasificación de penetrabilidad y aspectos normativos. Con visitas de campo.
2. **Recopilar información** sobre el estado de la cuestión.
3. **Elegir áreas de estudio** representativas de la gran diversidad forestal de nuestro país. Para cada una de ellas se selecciona un o – mapa que tras el tratamiento de datos, es empleado como verdad - terreno.
4. **Calcular** una serie de **variables de interés forestal** a partir del procesamiento de las nubes de puntos LiDAR correspondientes a cada zona.
5. **Analizar** los **valores** de dichas variables para cada categoría de penetrabilidad y cada mapa y ensayar una **clasificación** basada en un sencillo algoritmo.

## ELECCIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO.

**Bosques representativos de la España peninsular.**

### Criterios:

- Los terrenos de orientación en España: los mapas españoles (Santoyo, 2011).
- Cobertura PNOA – LiDAR.
- Regiones biogeográficas.
- Opiniones corredores, cartógrafos y comité FEDO.



PARA CADA ÁREA, UN O - MAPA.

Criterios:

- Conforme ISOM 2000.
- Especialidad a pie.
- Ajuste entre fecha de o – mapa y fecha de vuelo LiDAR: principal dificultad.
- Estado fenológico de la vegetación.
- Opiniones comité FEDO.
- Registro FEDO, [web World of O](#), petición a club.



## 1. HAYEDOS DE URBASA.

- Especie dominante: haya.
- Acompañada por arces, tilos, tejos, acebos y fresnos.
- Estrato arbustivo, escaso salvo en bordes del bosque y zonas aclaradas: espinos y los rosales silvestres.
- FCC arbolada: 80 %.
- Mapa: **Bioitza - Larreaundi - El Estrecho de la 6ª Liga Norte 2011.**





## 2. PINARES DE PEGUERINOS.

- Especie dominante: pino silvestre.
- Acompañada por abedules, fresnos, tejos, acebos, serbales, helechos...
- *Se puede correr a máxima velocidad en una buena parte de la superficie.*
- FCC arbolada: 65 %.
- Mapa: **Campeonato de Madrid de Relevos por Clubes 2010.**



# CAMPEONATO DE MADRID RELEVOS POR CLUBES

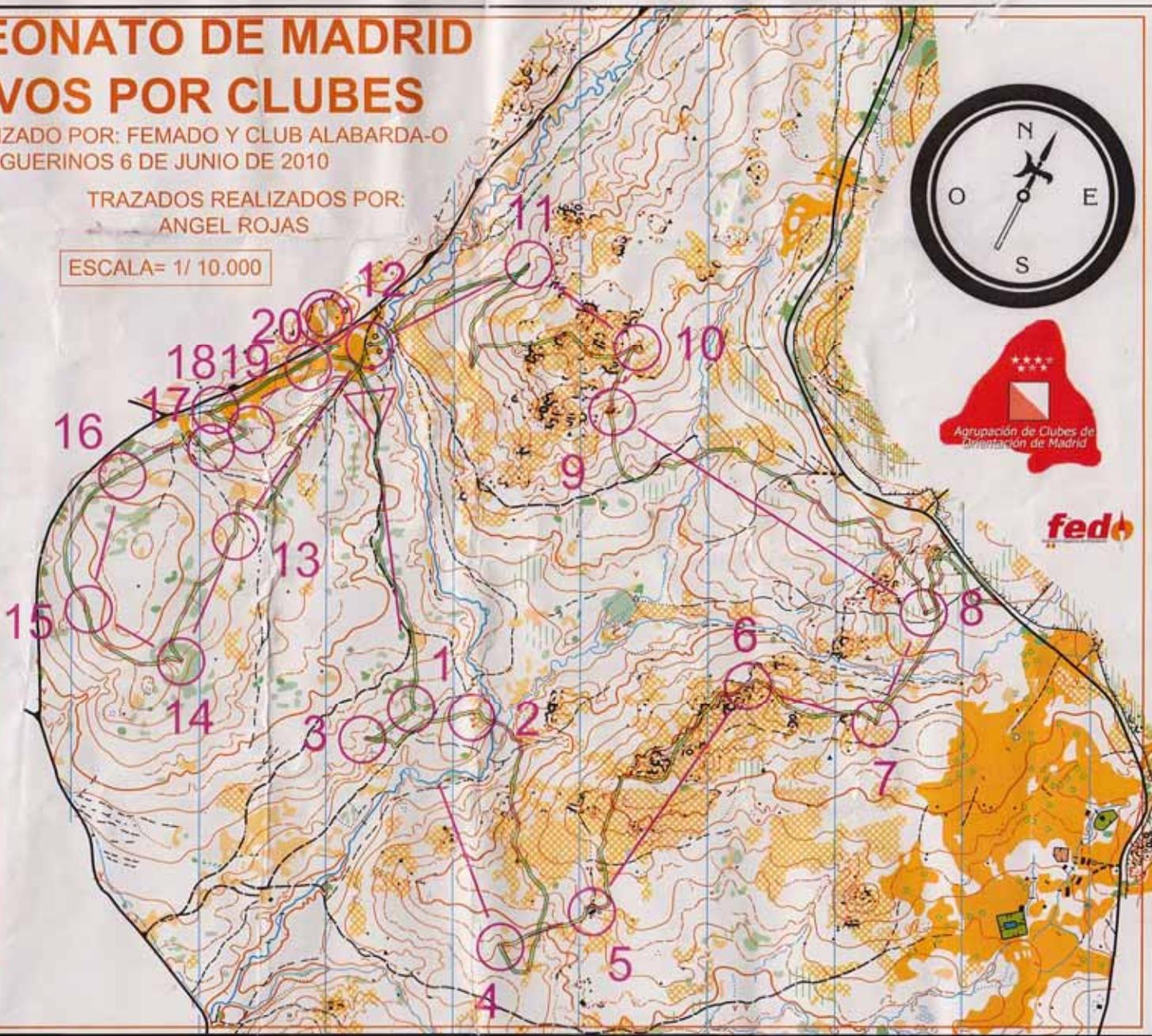
ORGANIZADO POR: FEMADO Y CLUB ALABARDA-O  
PEGUERINOS 6 DE JUNIO DE 2010

TRAZADOS REALIZADOS POR:  
ANGEL ROJAS

ESCALA= 1/ 10.000

R-1	5,9 km	150 m
1	37 ↖	
2	36 ○	○
3	35 ↘	
4	38 ↘	
5	39     ▲	2.5 ○
6	41 ↑	2.0 L
7	42 ∇	♂
8	43 ▲	1.2 ♂
9	44 ≡	2.0 L
10	45 ○	ó
11	46 ▲	ó
12	47 ○	
13	54 ∙	ó
14	49 ∇	○
15	50 ∙	○
16	55 ↗ ↘	
17	52 ↘	
18	51 ↘	├
19	53 ∇	○
20	100 ↙ ↘	♂

100 m





### 3. EUCALIPTAL GALLEGO DE CANZOBRE.

- Especie dominante: eucaliptales de plantación mezclados en ocasiones con pino negral.
- Sotobosque de helechos, brezos, zarzales y tojos...
- FCC arbolada: 60 %.
- Mapa: Campeonato de gallego de Relevos 2010, Trofeo Concello de Arteixo.
- **Mapa excluido por antigüedad del mapa original.**

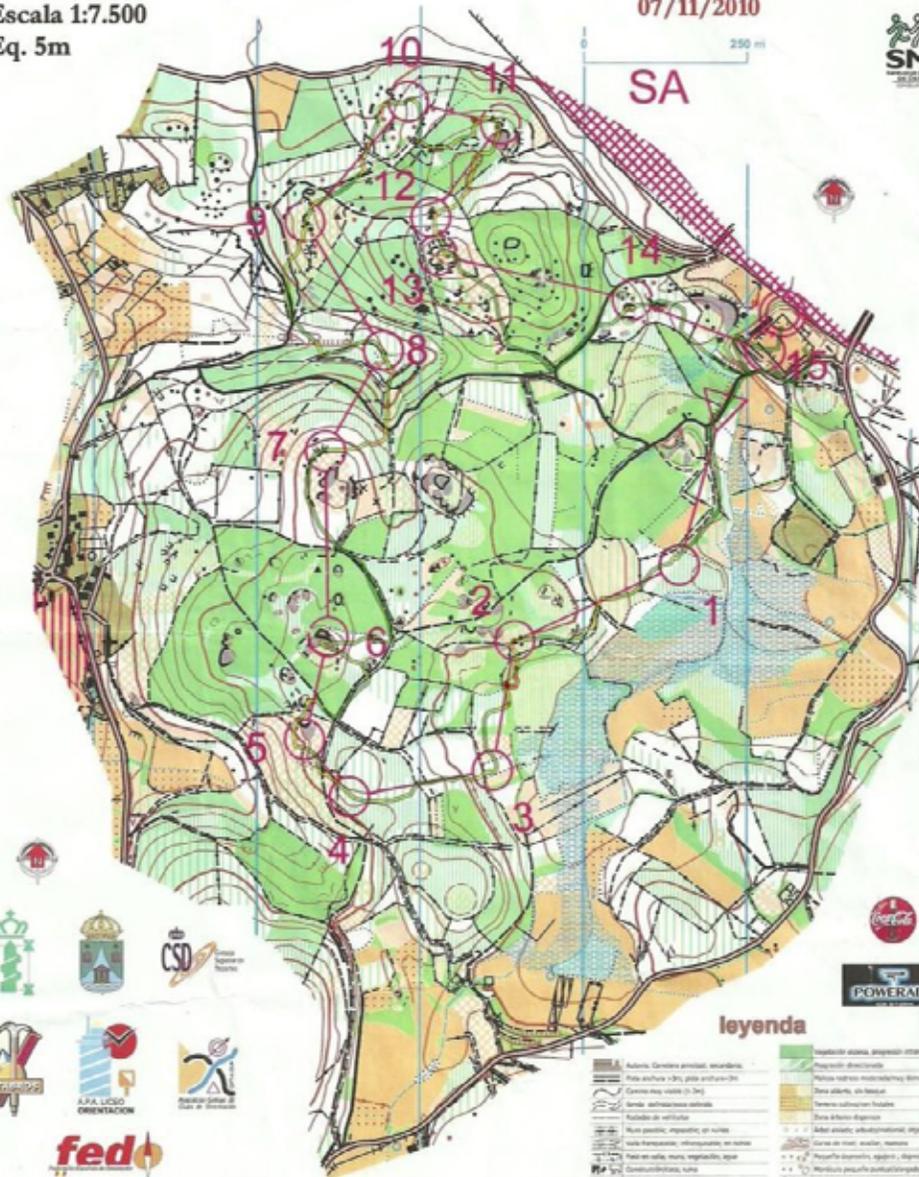




# Canzobre, Arteixo

Escala 1:7.500  
Eq. 5m

Cto. Gallego de Relevos 2010  
Trofeo Concello de Arteixo  
07/11/2010



## leyenda

	Agua: Canchales, arroyos, ríos, charcas, lagunas, etc.		Vegetación: bosques, prados, etc.
	Carreteras: asfalto, tierra, etc.		Terrenos: cultivos, pastos, etc.
	Edificios: casas, escuelas, etc.		Elementos: cercas, etc.
	Pedras: grandes, pequeñas, etc.		Arroyos: cursos de agua, etc.
	Cuevas: abrigos, etc.		Caminos: senderos, etc.
	Linhas eléctricas: torres, etc.		Limites: municipais, etc.
	Carreteras: vías de ferrocarril, etc.		Áreas: de estacionamento, etc.
	Señalización: placas, etc.		Limites: municipais, etc.
	Señalización: placas, etc.		Limites: municipais, etc.

**R1** utilizar en caso de fallo de:

**R2** SPORIdent

**R3** Use only if SPORIdent fails

La práctica del Deporte de Orientación implica respeto y cuidado con el medio natural.



#### 4. BOSQUE ATLÁNTICO DEL NORTE DE ESPAÑA.

- Especie dominante: bosques maduros de frondosas caducifolias como abedules en las zonas más altas, hayedos, y en zonas más bajas robledales (rebollo, carballo, albar).
- Mosaicos de castaños con pastizales.
- Sotobosque abundante y casi intransitable.
- FCC: muy variable (20 – 80%).
- Mapa: Quirós (Asturias) de la XII Liga Norte 2013.

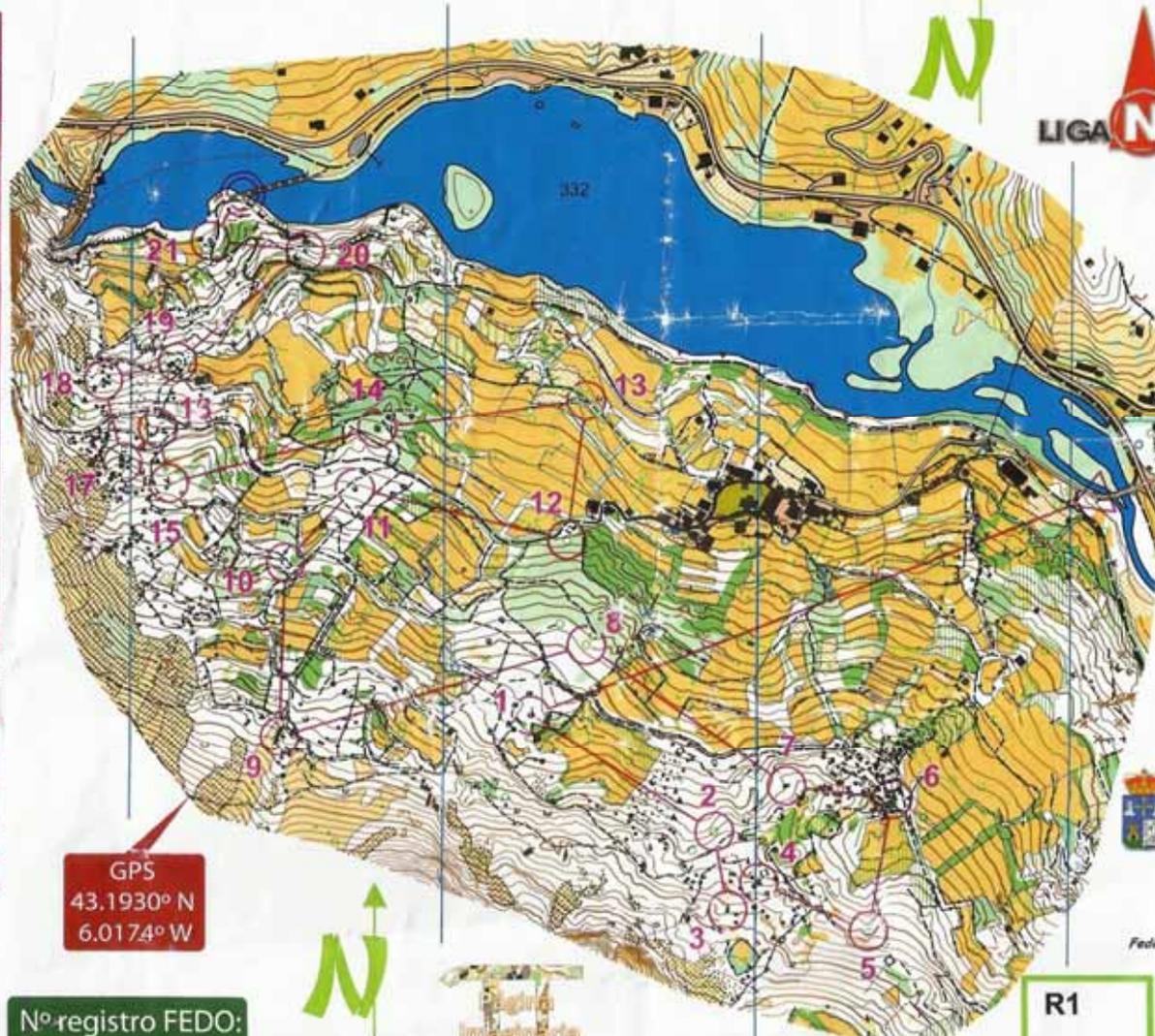


# XII LIGA NORTE 2013

## 27 Octubre Quirós, Asturias

Escala 1:7500  
Equidistancia 5m

Liga Norte QUIRÓS			
H20, H35	4,3 km	325 m	
▷		○	┌
1 129		○	
2 121	△		○
3 117	▲	4/2	○
4 118	△		
5 119	▨		
6 123	↑		
7 122	▲	▲ 1,7	┌
8 130	✓	△	Q
9 113	▨	△	Y
10 135	□		
11 134	○	▨	
12 132	△		○
13 148	▨	▨	Y
14 138	○	▨	
15 107	△		
16 137	□		F
17 106	▲	▲	┌
18 104	m		○
19 103	□		○
20 139	▨		○
21 100	○		○



GPS  
43.1930° N  
6.0174° W

Nº registro FEDO:  
AS-1466-2013

LIGA **N**ORTE

La Brújula  
orientación

Jaire  
Aventura

AYUNTAMIENTO DE  
QUIRÓS

**fedo**  
Federación Española de Orientación

R1	R2	R3
utilizar en caso de	SPORTident	use only if

## 5. TERRENO MEDITERRÁNEO CATALÁN.

- Especie dominante: pinares de pino carrasco que forman el estrato superior, encinas y robles.
- Sotobosque denso de durillos, aladiernos, agracejos y madroños acompañados de esparraguera, hiedra, helecho...
- FCC arbolada: 75 %.
- Mapa: La Marató, de la XXIV Cursa San Cugat.
- **Mapa excluido por antigüedad del mapa original.**





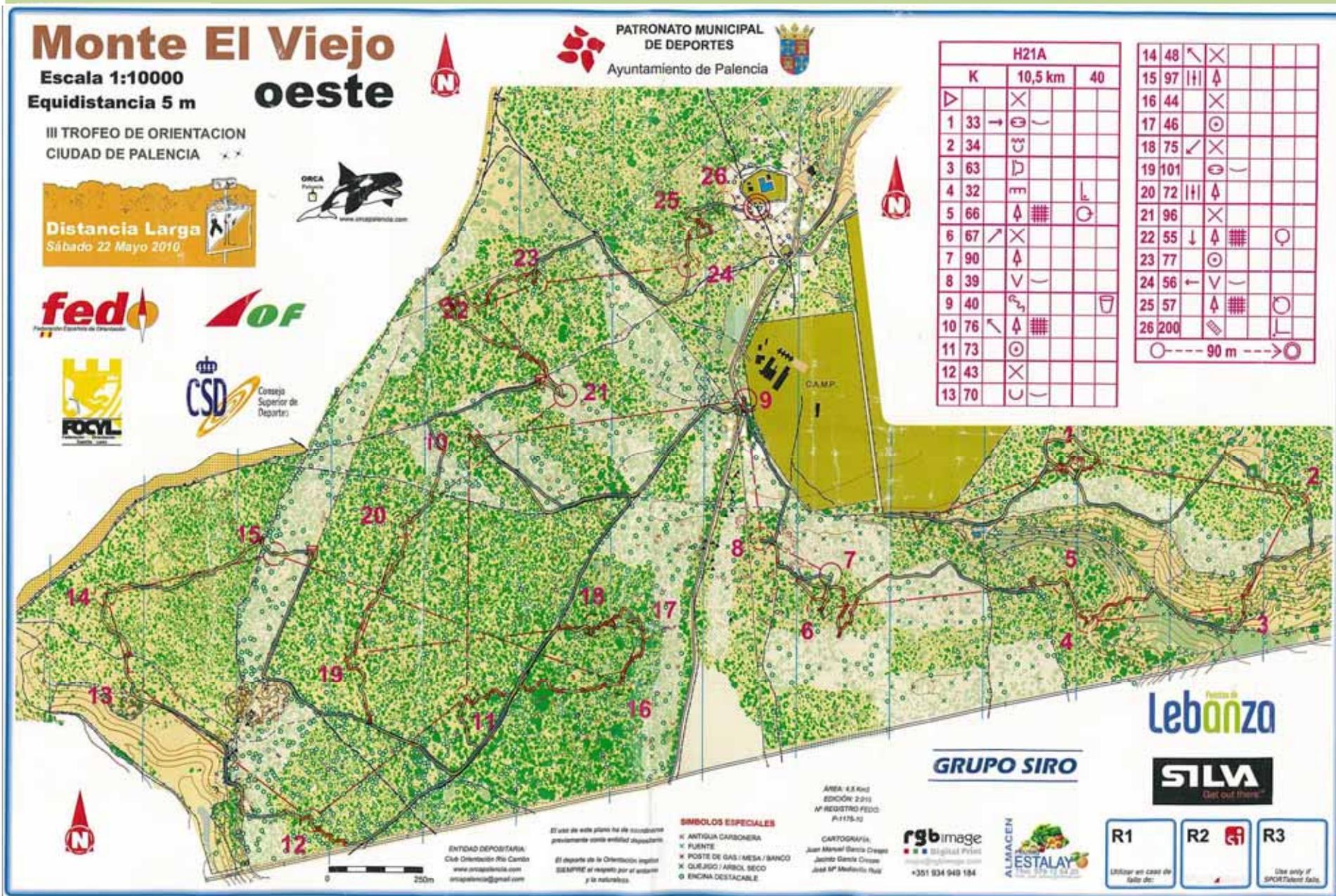


## 6. ENCINARES - CARRASCALES DEL INTERIOR.

- Especie dominante: encinas y quejigos formando unas intrincadas y laberínticas "matas".
- Sotobosque denso de espinos albares, artos y rosales silvestres, tomillo...
- FCC arbolada: 65 %.
- Mapa: Monte el Viejo Oeste, creado para el III Trofeo de Orientación Ciudad de Palencia.



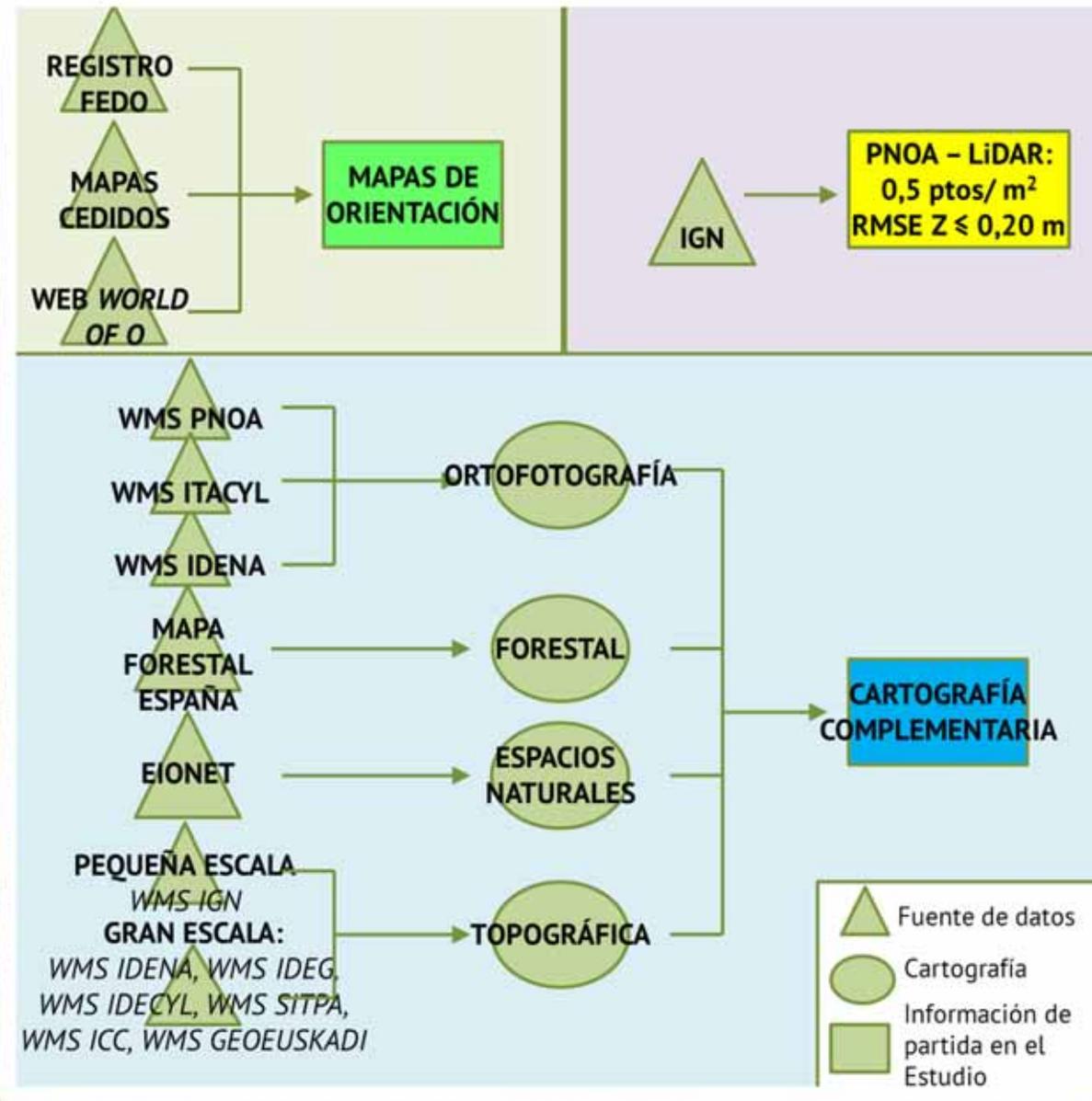
# Procesos digitales de catalogación de vegetación





FUENTES

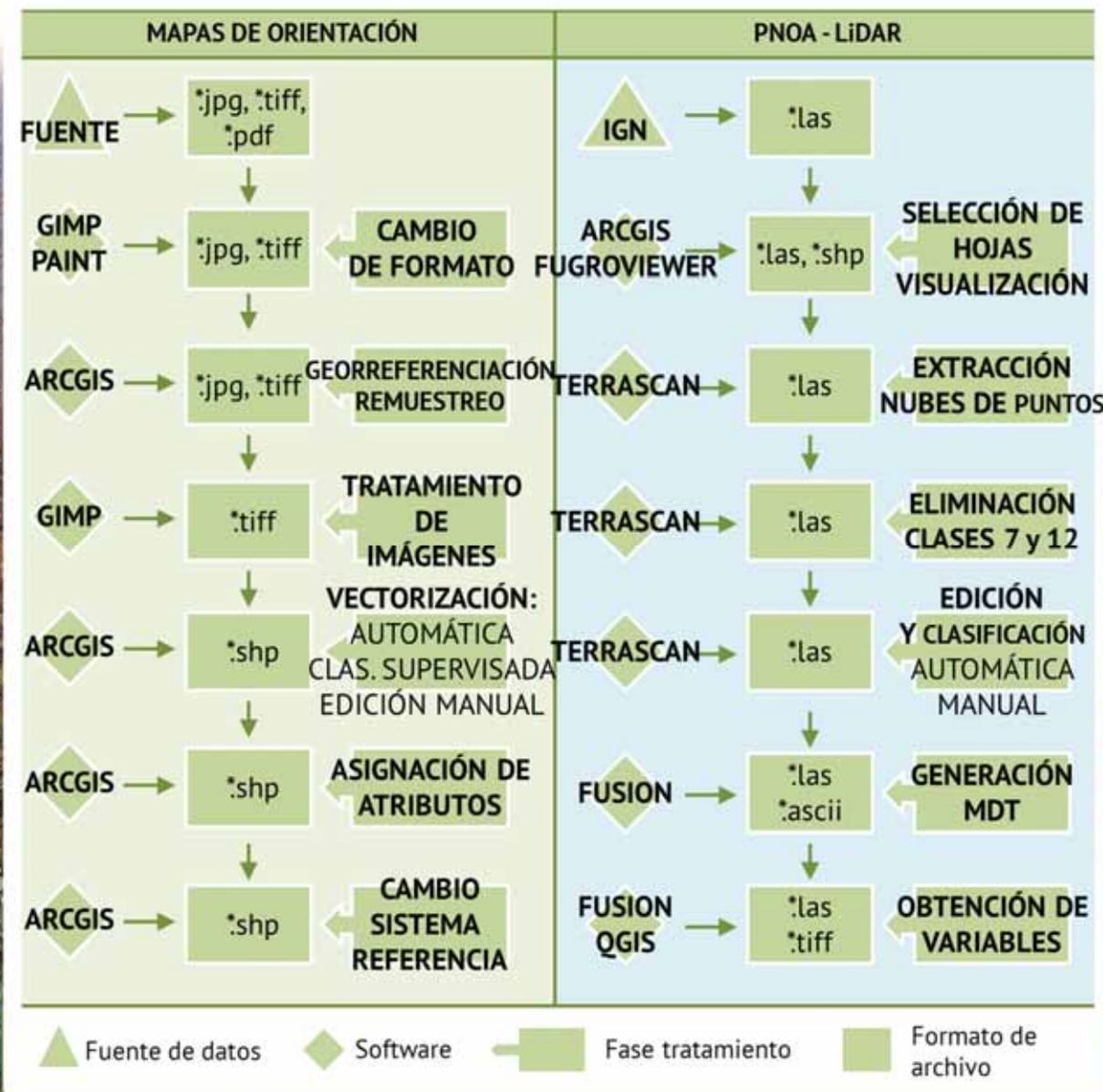
CARTOGRÁFICAS





TRATAMIENTO

DE DATOS

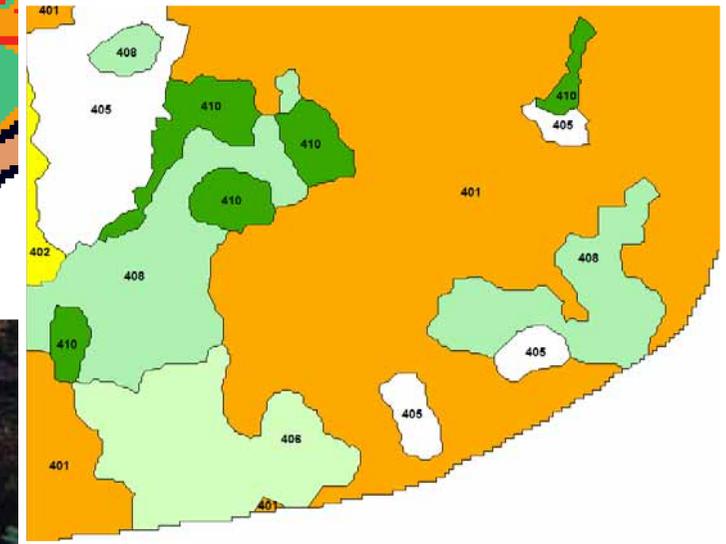
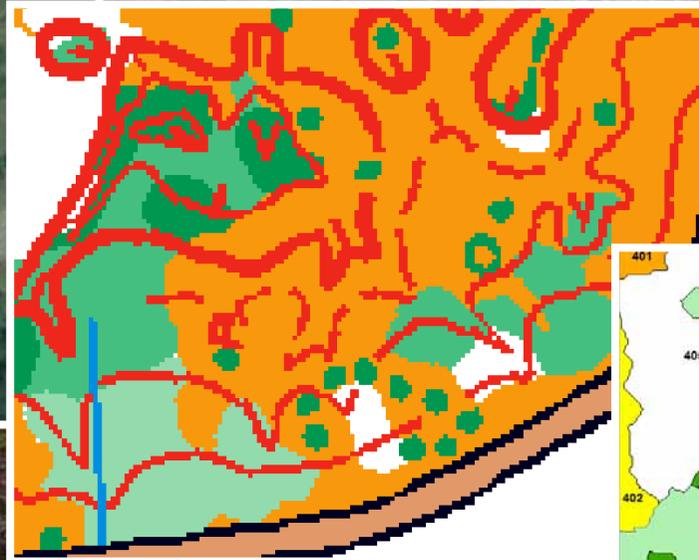




## TRATAMIENTO DE O - MAPAS

DESTINO: MAPA EN FORMATO  
COMPATIBLE CON S.I.G.

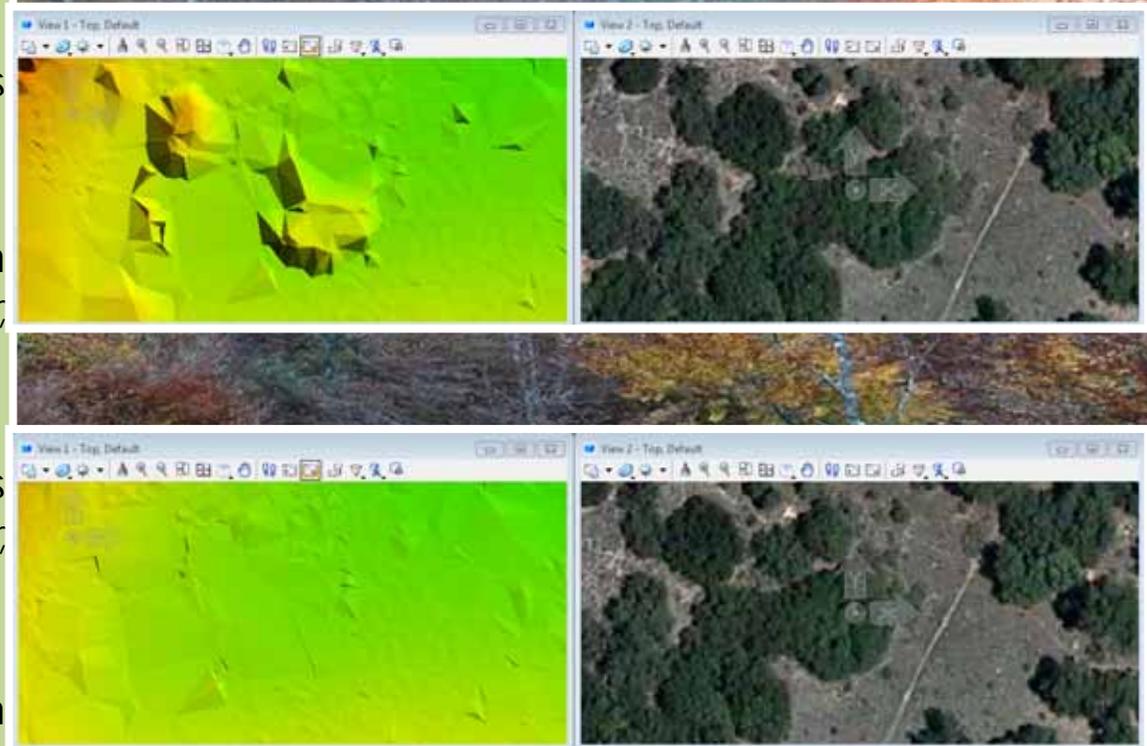
ORIGEN: MAPA EN FORMATO  
IMAGEN



## TRATAMIENTO DE DATOS PNOA – LiDAR (1)

### SOFTWARE TERRASCAN

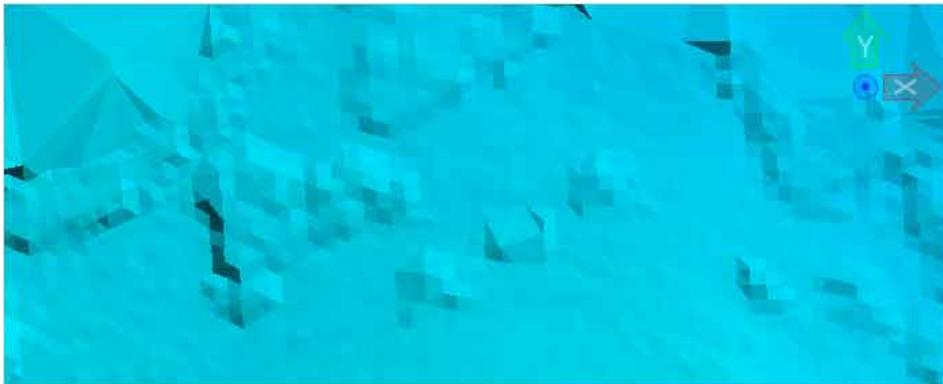
- 1) Eliminación de puntos innecesarios (clases 7 y 12).
- 2) Filtrado de **puntos aislados** con rutinas automáticas (*isolated, air, below...*).
- 3) Clasificación **automática** en zonas homogéneas (*ground, color, intensity...*).
- 4) **Clasificación manual** apoyada en observación de ortofotografías y MDT (*artefactos*).





## TRATAMIENTO DE DATOS PNOA – LiDAR (2)

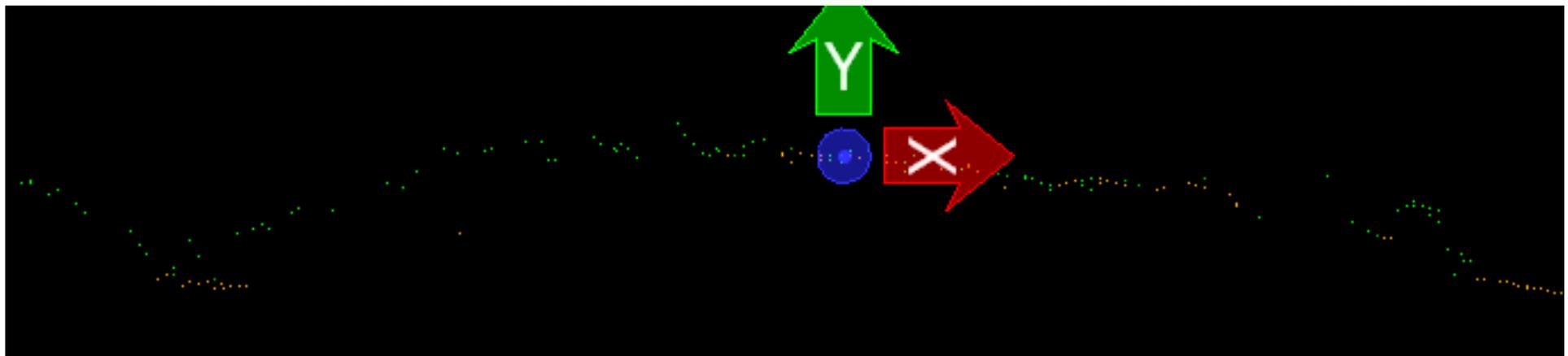
Árboles y arbustos densos que el láser no atraviesa.





## TRATAMIENTO DE DATOS PNOA – LiDAR (2)

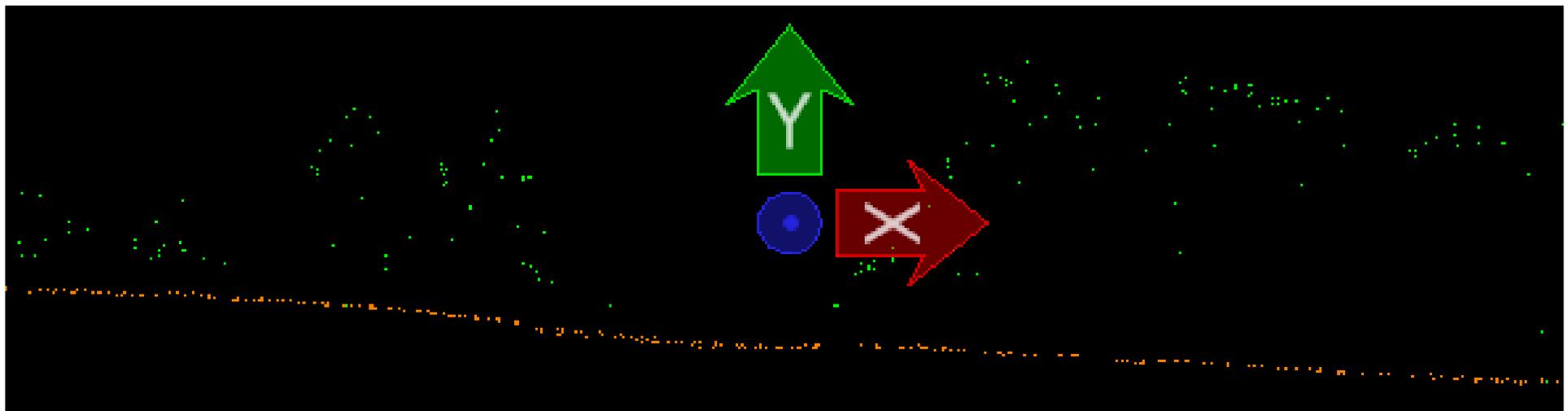
Falta de definición del suelo.





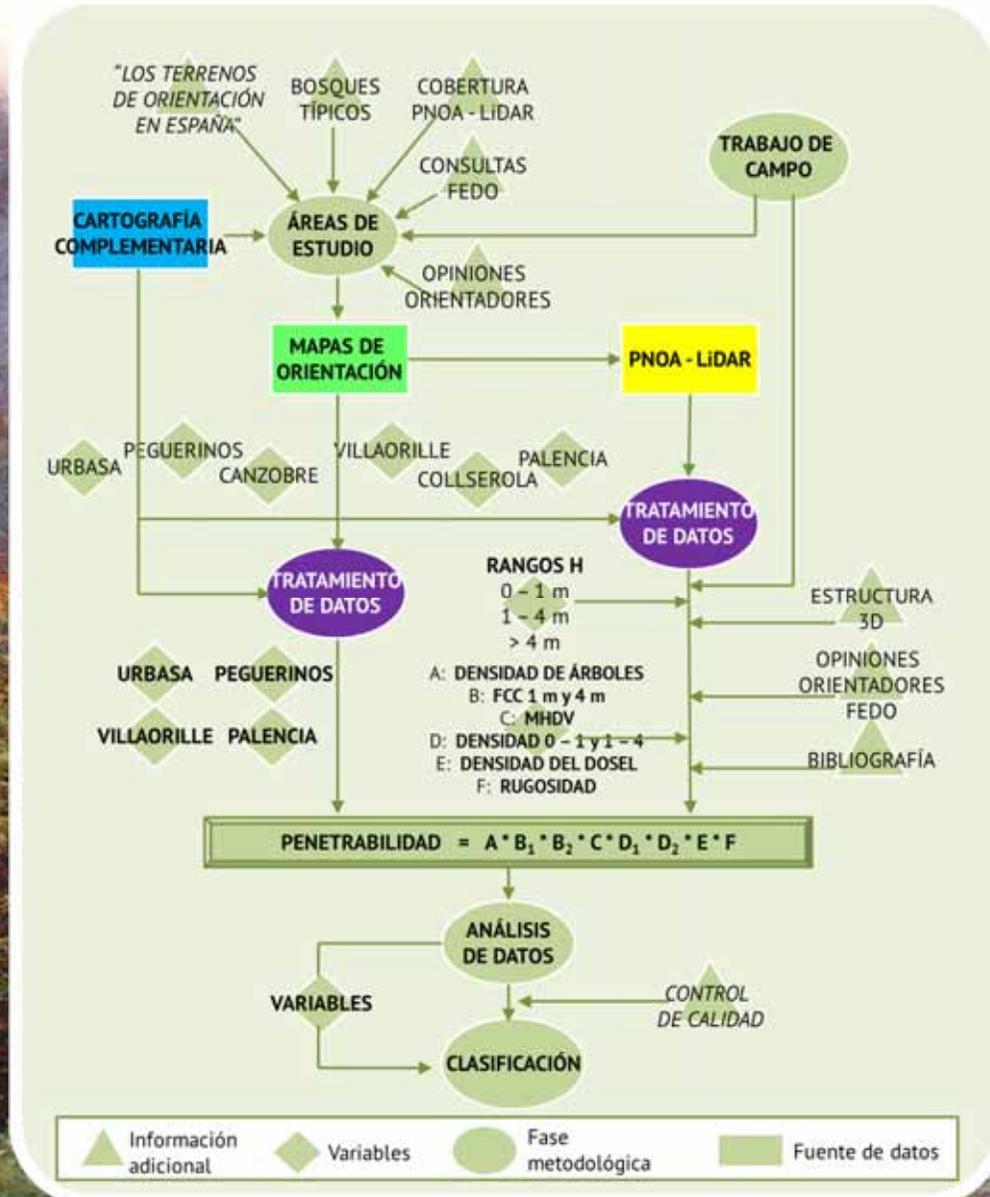
## TRATAMIENTO DE DATOS PNOA – LiDAR (2)

Gran variabilidad en la densidad de nubes de puntos.



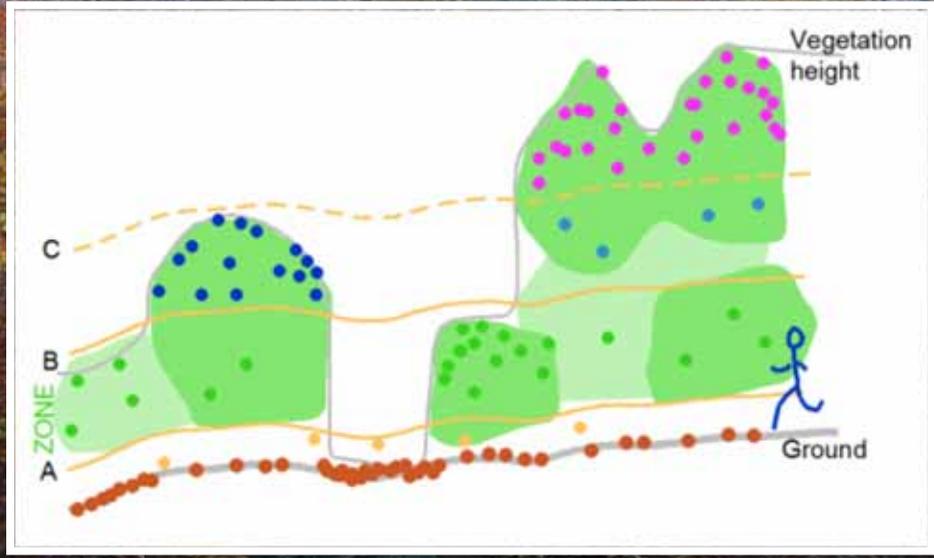


METODOLOGÍA



DETERMINACIÓN DE RANGOS DE ALTURA

- 0 – 1 m
- 1 – 4 m
- > 4 m





## SELECCIÓN DE VARIABLES Y NORMALIZACIÓN

Comúnmente empleadas en **Dasometría e Inventariación Forestal**, obtenidas con **SOFTWARE FUSION** a partir de cada nube de puntos LiDAR:

### ESTRUCTURA HORIZONTAL

- A. Densidad de pies (nº / ha).
- B. FCC: Fracción de cabida cubierta.
  - B1: a 1 m
  - B2: a 4 m

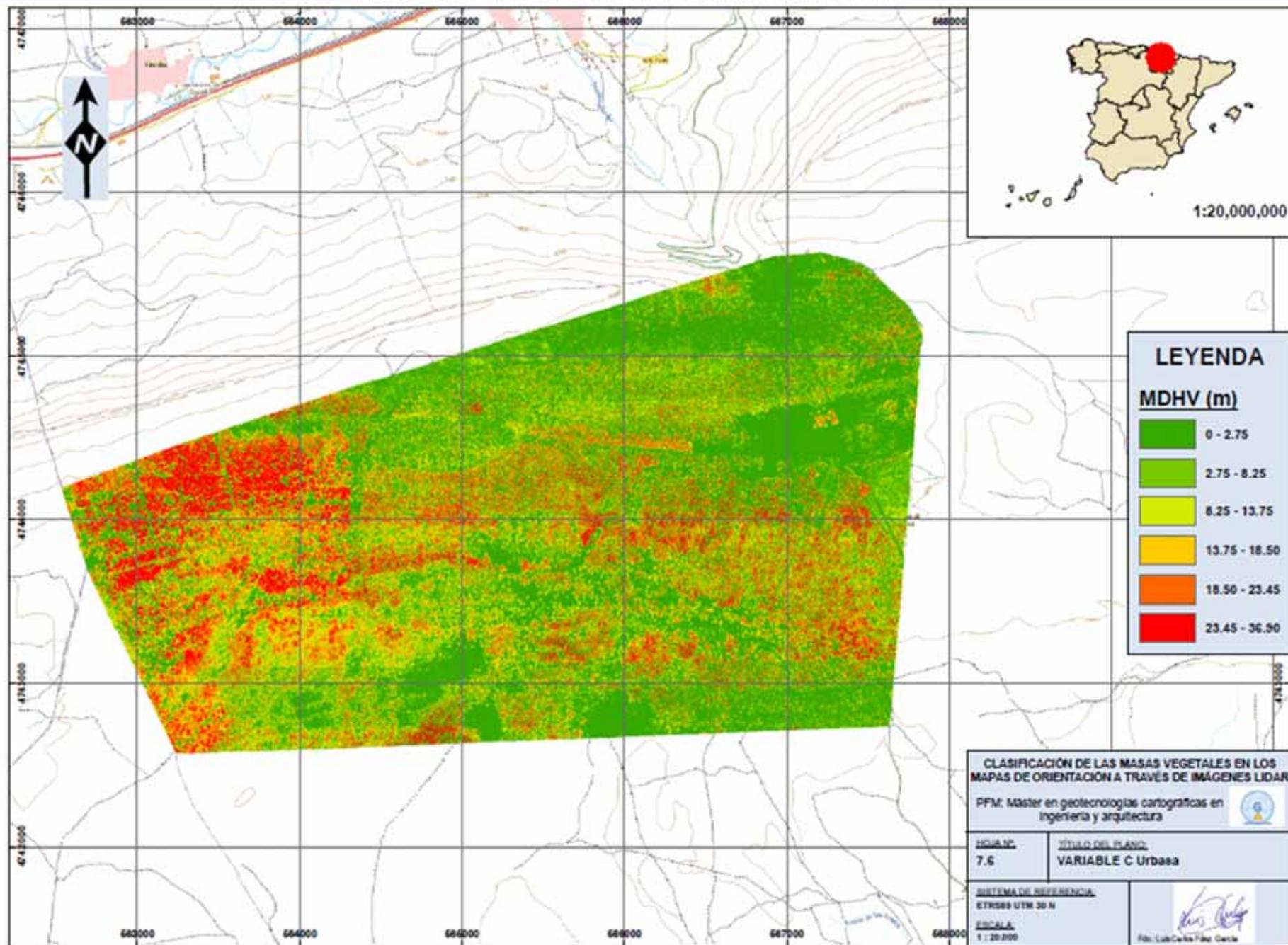
### MICROTOPOGRAFÍA

- F. Rugosidad del terreno.

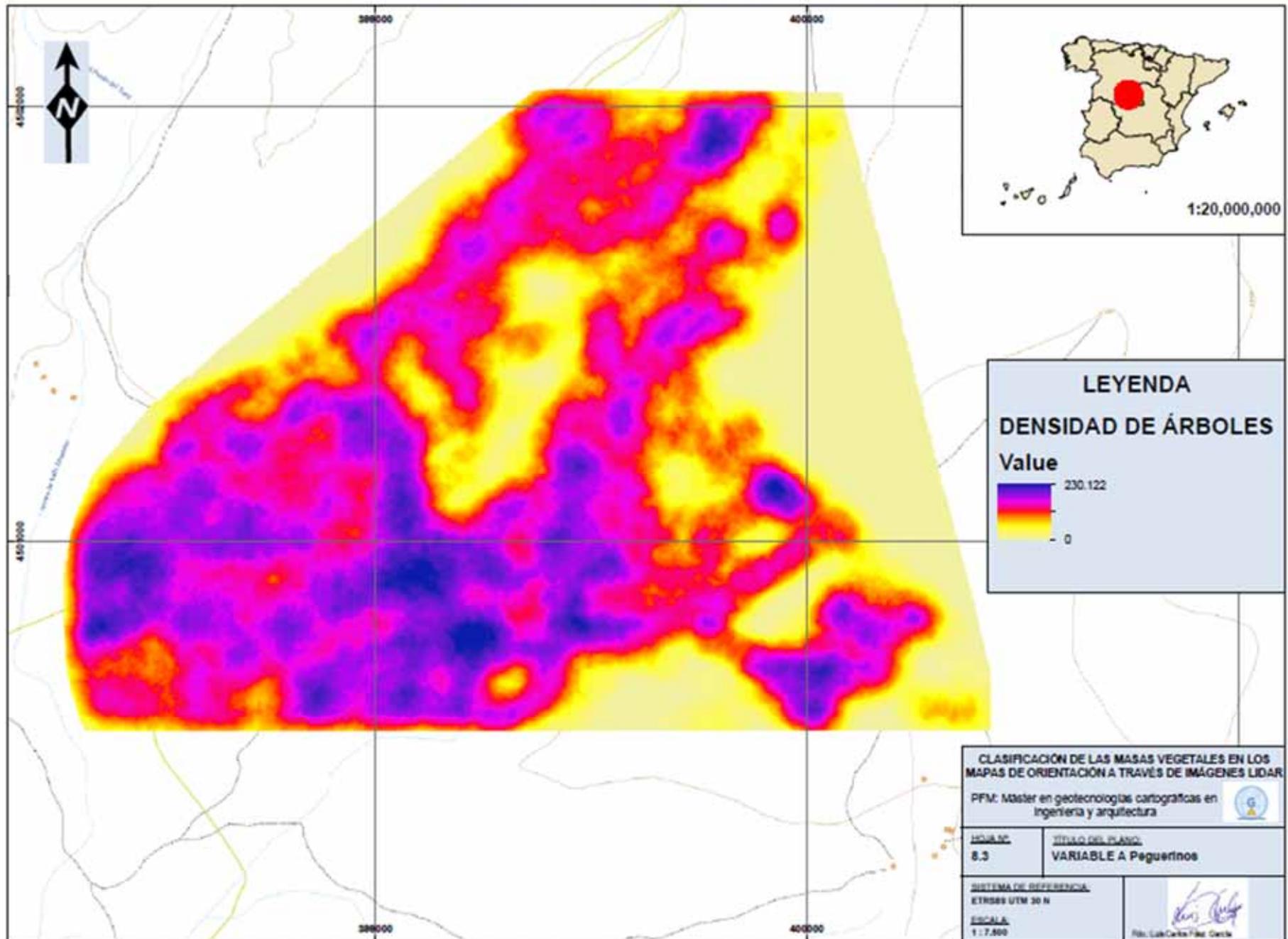
### ESTRUCTURA VERTICAL

- C. Altura de la vegetación.
- D. Densidad de retornos LiDAR.
  - D1: 0 a 1 m
  - D2: 1 a 4 m
- E. Densidad del dosel.

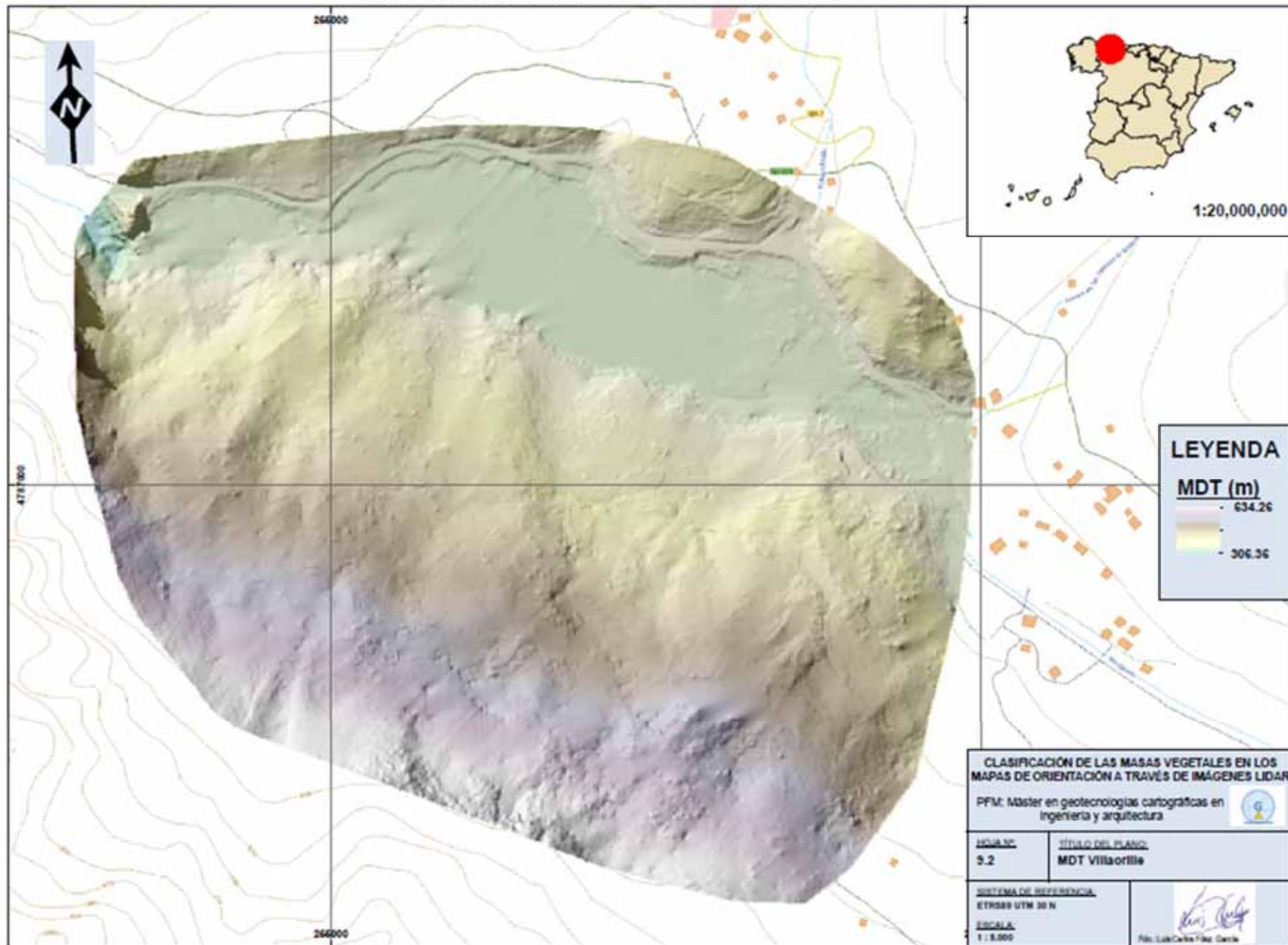
# Procesos digitales de clasificación de vegetación



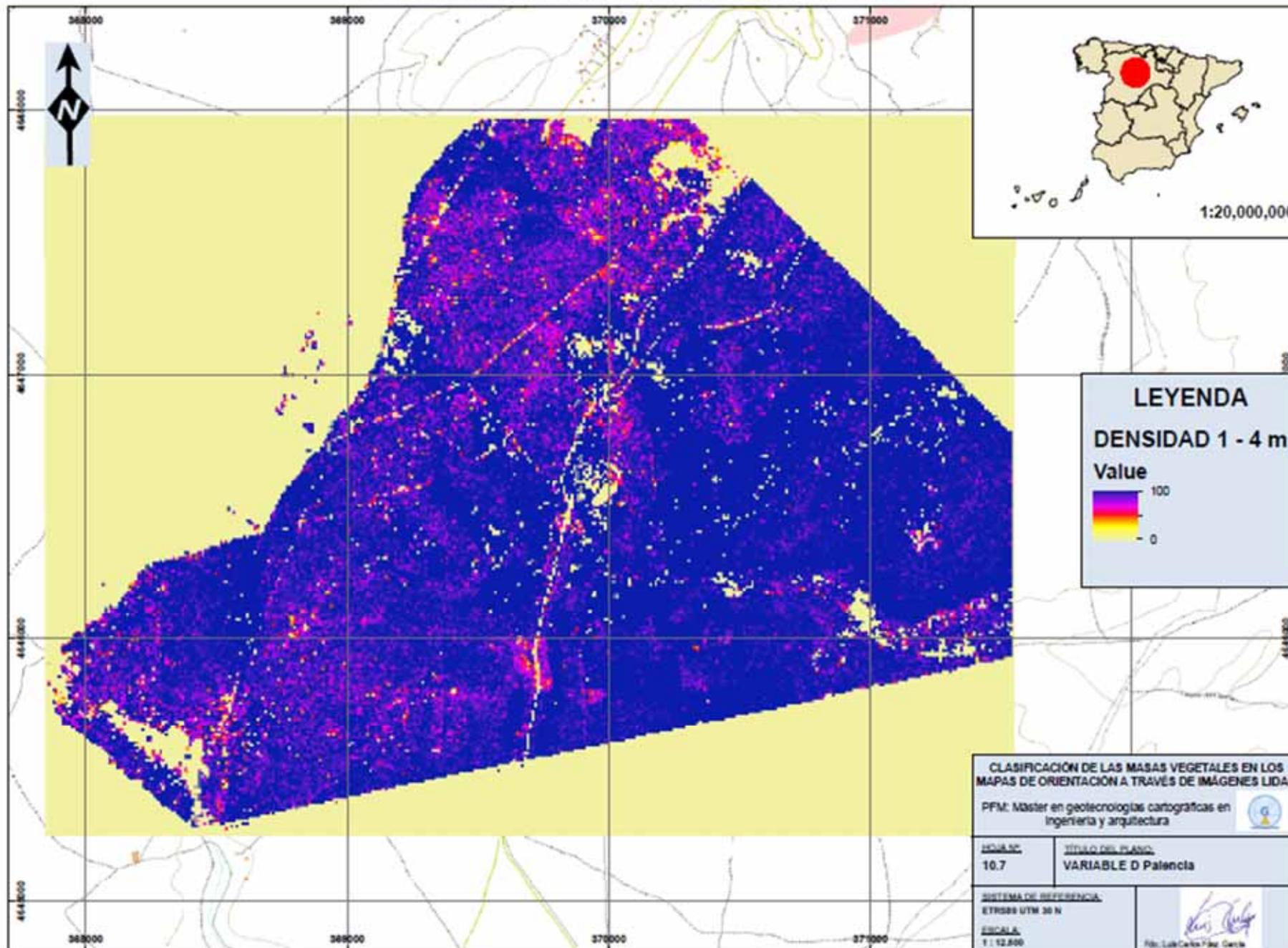
# Procesos digitales de catalogación de vegetación



# Procesos digitales de catalogación de vegetación



# Procesos digitales de catalogación de vegetación



## ANÁLISIS DE VALORES DE LAS VARIABLES.

VARIABLE	D: DENSIDAD 0 - 1 m				
CATEGORÍA	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA
<b>MEDIA</b>	0.49	0.68	0.54	0.43	0.54
401	0.25	0.38	0.62	0.08	0.33
401 409	0.04	-	0.93	-	0.48
402	0.43	-	0.62	-	0.53
403	0.57	0.60	0.63	0.46	0.57
403 407	-	-	0.90	0.38	0.64
403 409	0.73	-	0.88	0.55	0.72
404	-	0.83	0.81	0.23	0.62
404 407	-	1.00	-	0.57	0.79
404 409	-	1.00	0.83	0.69	0.84
405	0.53	0.66	0.43	0.26	0.47
405 407	-	0.94	0.80	0.32	0.69
405 409	0.54	1.00	0.73	0.58	0.71
406	0.52	0.61	0.45	0.18	0.44
408	0.58	0.60	0.52	0.32	0.50
410	0.54	0.82	0.70	0.45	0.63

## DEFINICIÓN DE LÍMITES PARA LOS VALORES DE LAS VARIABLES.

Intervalos definidos por  $\bar{x} \pm \sigma$

### MAPA DE URBASA

- Clase **401** si B1 (0.07 - 1), C (0 - 0.34) y D1 (0 - 0.63).
- Clase **405** si B2 (0.57 - 1), C (0.05 - 0.57) y D2 (0.03 - 0.66).
- Clases **406** a 410 si D2 (0.41 - 1).
- Combinaciones **409** si F (0.02 - 0.09).



## ENSAYO DE CLASIFICACIÓN (ejemplo Urbasa).

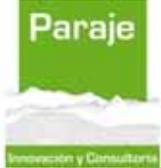
### MAPA DE URBASA

- Clase **401** si B1 (0.07 - 1), C (0 - 0.34) y D1 (0 - 0.63).
- Clase **405** si B2 (0.57 - 1), C (0.05 - 0.57) y D2 (0.03 - 0.66).
- Clases **406** a 410 si D2 (0.41 - 1).
- Combinaciones **409** si F (0.02 - 0.09).

Superficie clasificada = Condición 1\*Condición2...

Comparación con la superficie del mapa de orientación de Urbasa: verdad – terreno: %

Valores muy dispares.



Procesos digitales de catalogación de vegetación

## 7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES



## RESULTADOS.

- De los 20 símbolos relacionados con la vegetación en las ISOM 2000, se han analizado los **401 a 410** y sus **combinaciones**.
- 8 variables en 4 mapas y con 15 categorías de penetrabilidad.
- **Gran disparidad de valores de las variables** en las categorías y en los mapas, con rangos muy amplios.
- Se aprecia la **existencia de tendencias** en los valores en determinados **grupos de categorías**, aunque existen particularidades en cada mapa. Las más "claras":
  - 405.
  - 407, 409, 401, y las combinaciones de las dos primeras.
  - Grupo formado por las 406, 408 y 410, en función de la densidad.



## RESULTADOS.

- Sería prudente incluir una nueva **clase ruido** (0 – 0,30 m) y no utilizarla en los cálculos.
- Las variables forestales **densidad y fracción de cabida cubierta** parecen las más relevantes para definir la penetrabilidad.
- No todas las **formaciones forestales** se comportan por igual.
- **Difícil definir intervalos** de valores para la clasificación, los considerados son demasiado amplios.



## CONCLUSIONES.

- Datos **PNOA – LiDAR** muy útiles por el grado de procesamiento con el que se difunden.
- La **penetrabilidad**, por su definición y la forma en que se realizan los o-mapas, es difícil de parametrizar.
- Perspectivas de poder discriminar determinados **grupos de categorías ajustando los valores en cada área.**
- **Herramienta de apoyo** al cartógrafo orientador, complementando el **trabajo de campo.**

¿Podría ser viable adaptar las normas ISOM al uso de esta nueva herramienta?



## AGRADECIMIENTOS

*A la sana gente de la Orientación deportiva, nacional e internacional*

*Al comité de cartografía de la FEDO*

*Al tutor de este trabajo, Angel Luis Muñoz (USAL)*

*Al Instituto Geográfico Nacional*

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Paraje Innovación y Consultoría, SL  
Tlfs. 669 569 869 - 626 954 410  
info@parajeinnova.com  
www.parajeinnova.com

**Paraje**

Innovación y Consultoría

[www.parajeinnova.com](http://www.parajeinnova.com)