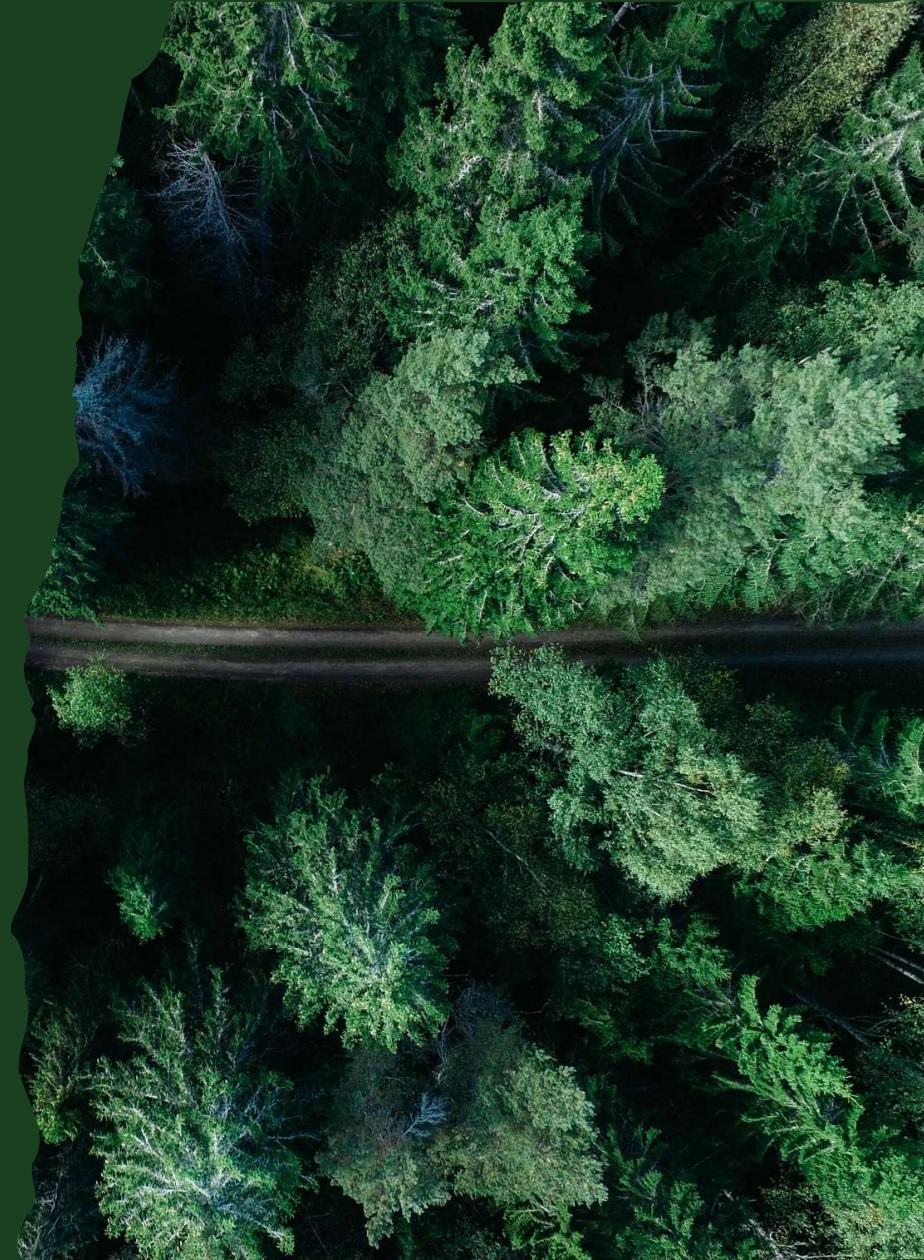


Modelos de gestión de la propiedad forestal:

Desarrollo de proyectos innovadores

Cubicación de masas forestales con drones

Elena Canga Lábano
Fundación CETEMAS



A vertical stack of cut logs, showing the circular cross-sections of the wood with visible growth rings. The logs are piled together, and the image is partially cut off on the right side.

Introducción

El desarrollo de **herramientas innovadoras** precisas para la **cubicación** de masas forestales es necesario para la puesta en valor de las propiedades forestales.

Las empresas demandan hoy en día soluciones para la cubicación de masas forestales por causas diferentes (falta de personal cualificado, dificultad de medición de montes concretos,...)

Es necesario establecer herramientas adaptadas para diferentes objetivos:

- planificación forestal: para este objetivo es posible utilizar herramientas con mayor error
- cubicación para venta de madera: los errores deben de ser pequeños

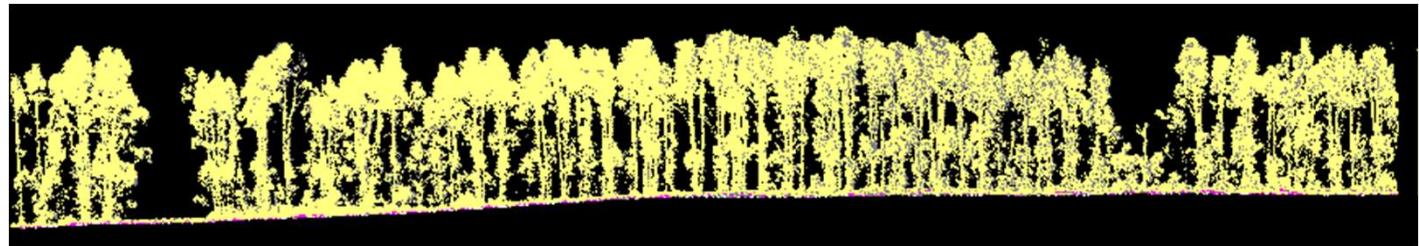
A vertical stack of cut logs, showing the circular cross-sections of the wood with visible growth rings. The logs are piled together, and the image is positioned on the left side of the slide.

Datos y herramientas disponibles

- La corta y venta de madera de los bosques privados es una parte fundamental de la gestión forestal y económica de un propietario forestal, siendo la madera la primera fuente de ingresos forestales, en la mayor parte de los casos.
- A la hora de vender la madera es importante tanto para el comprador como para el vendedor, establecer el volumen con la mayor precisión posible para establecer el precio total del monte.
- Con este objetivo, además de las técnicas tradicionales de inventario, los nuevos **avances tecnológicos** relacionados con la tecnología LiDAR y las herramientas de gestión de datos espaciales, puede ofrecer soluciones a este problema.
- **Es importante tener unas nociones claras sobre la tecnología y la calidad de los datos para poder saber si las soluciones ofertadas son capaces de solucionar las demandas.**

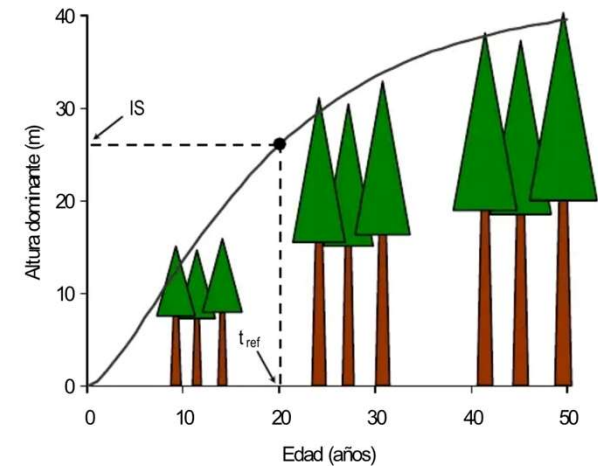
¿Qué es el LiDAR?

- Sistema activo de detección remota basado en un escáner laser, con un sistema inercial y un GPS trabajando en tiempo real que permite obtener información tridimensional (nube de puntos)
- En superficies con vegetación el sensor es capaz de registrar varios retornos para un mismo pulso de luz.
- Esta capacidad multirretorno permite describir la estructura de la vegetación capturando información tridimensional de los diferentes estratos y del suelo.
- Una de las grandes potencialidades de esta información es que es espacialmente continua y cubre el 100% de la superficie estudiada.



¿Qué son los modelos?

- A partir del LiDAR podemos conocer variables como la fracción de cabida cubierta, las alturas máximas de la vegetación, volumen,..
- Para usar los datos LiDAR para calcular variables forestales necesitamos modelos.
- Modelos - simplificación de realidades complejas que sirven como herramienta para predecir determinadas variables.
- Todos los modelos tienen mayor o menor grado de error y sólo se deben usar los modelos en el rango de variación con el que se construyeron.
- En el caso de los modelos forestales el desarrollo de modelos específicos por especies y región aumenta la precisión de estas ecuaciones.



Diéguez et al 2012

Modelos basados en datos LiDAR

- La información LiDAR, se puede relacionar con las principales variables de masa forestal (área basimétrica, volumen, altura dominante, ...), mediante el ajuste de modelos estadísticos.
- Para ello es necesario tener dos fuentes de datos; parcelas de campo convencionales (georeferenciadas con muy alta precisión) y la nube de puntos correspondiente a la posición de las parcelas.
- De esta manera lo que debemos hacer es relacionar la información (forestal) de las parcelas (variables independientes a predecir), con la información de la nube de puntos (variables dependientes).



Modelo

$$V = -101,66 + 551,16 \cdot \text{Canopy_relief_ratio}$$

$$G = 171,98 \cdot \text{Canopy_relief_ratio}^{1,374} \cdot \text{Elev_mean}^{-0,3166}$$

$$Hm = 3,995 + 0,7304 \cdot \text{Elev_P70}$$

Fuentes de datos públicas

IFN4 (2009-2010)

PNOA 1ª cobertura (2012), 2ª cobertura (2021)

Potencialidades:

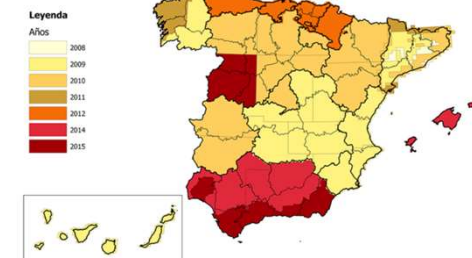
1. Datos LiDAR de toda España, el intervalo temporal y la resolución están en aumento.
2. Aunque el intervalo entre inventarios forestales es elevado para este uso, son datos de elevado interés.

Problemas del uso de fuentes de datos públicas:

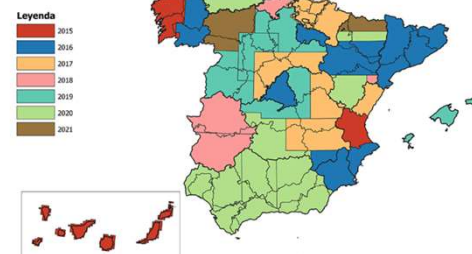
1. En el caso de la primera cobertura y el IFN4 el desfase temporal es bajo pero no es el caso de la 2ª cobertura.
2. Puntos muy escasos en el suelo en el caso de frondosas como el castaño al haberse realizado el vuelo en verano.
3. Centro de parcelas sin precisión submétrica.



AÑOS DE INICIO DE VUELO



AÑO INICIO VUELO



Fuentes de datos públicas

- Si desarrollamos modelos con estas fuentes de datos hemos de ser conscientes de la limitación de estos modelos.
- También es necesario conocer en profundidad la estructura de éstos para poder realizar el análisis de datos (por ej. parcelas de campo de radio variable)

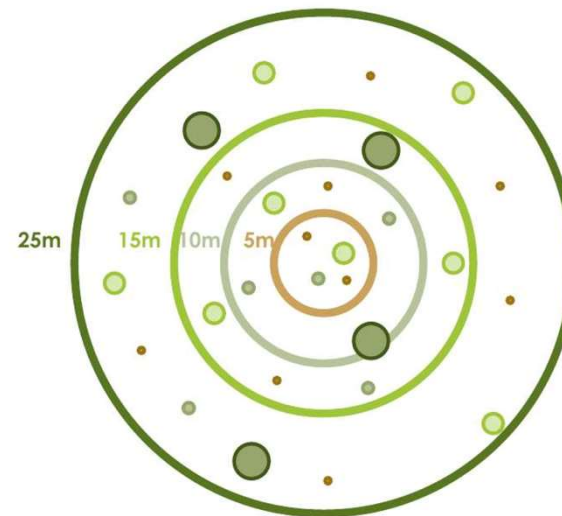
El IFN



- Las parcelas de medición

Radio (m)	Dn
5*	[7'5 , 12'5)
10	[12'5 , 22'5)
15	[22'5 , 42'5)
25	≥ 42'5

*Se cuenta la regeneración según 4 categorías en el radio de 5m.



Datos capturados específicamente para el inventario forestal

Realización de parcelas de inventario forestal clásico.

- Número mínimo de parcelas de campo (para una zona o para un rodal?) → modelos generalistas vs modelos específicos para cada rodal.
- Rango de variabilidad suficiente
- Centro de parcelas tomadas con GPS de precisión submétrica.
- Medición de diámetros y alturas de todos los pies.

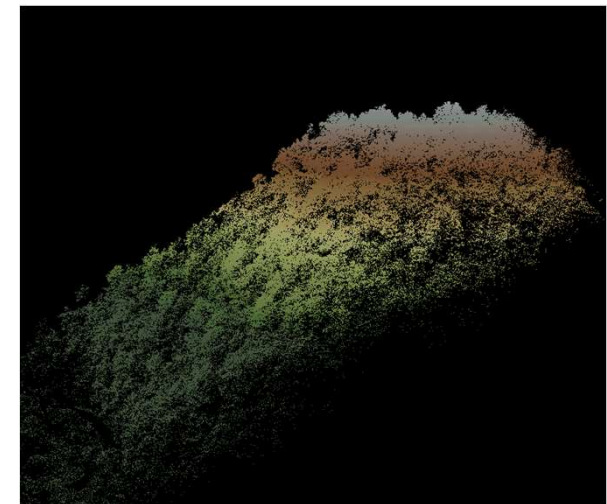


Datos capturados específicamente para el inventario forestal

Datos LiDAR capturados en paralelo al inventario clásico:

- Capturados por plataformas aéreas (UAVs, aviones...)
- Resoluciones altas: en función del objetivo pueden ser adecuadas resoluciones por encima de 25 punto/m²
- Es necesario un control de calidad exhaustivo de los datos

Los modelos desarrollados serán válidos en el rango de variabilidad en el que han sido desarrollados e influye el sensor utilizado en el error obtenido.



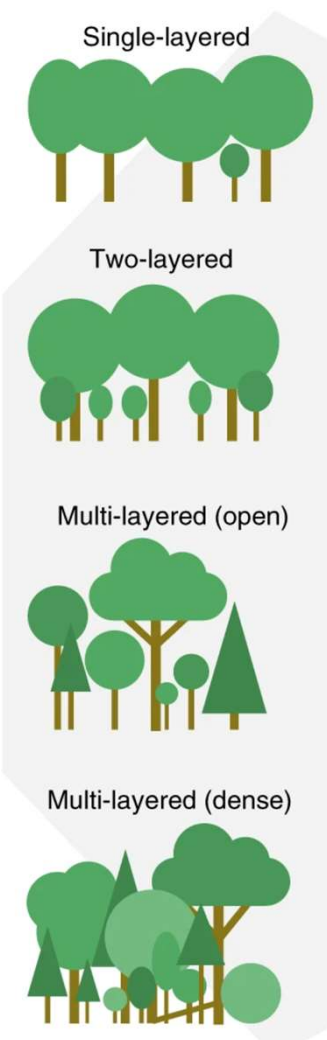
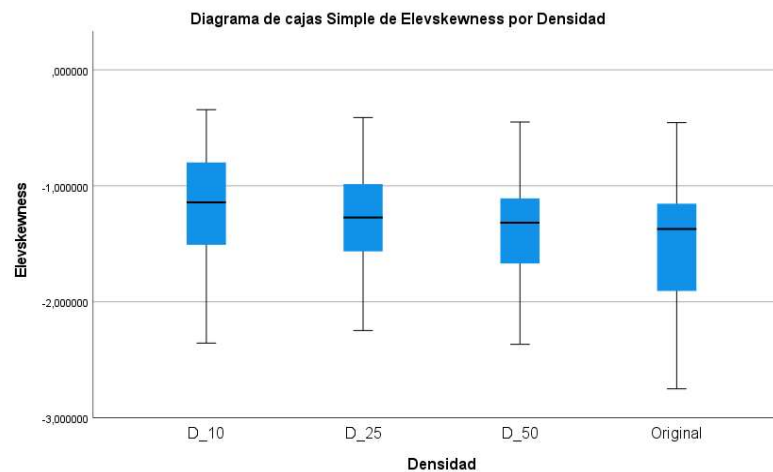
Malos datos = malos modelos

- Datos no contemporáneos (por ej PNOA vs parcelas IFN)
- Parcelas sin precisión o cuyo rango de variabilidad no es adecuado.
- Procesado no adecuado de los datos.
- Modelos utilizados fuera del rango de ajuste



¿Dónde puedo usar los modelos?

- Especie y área de estudio
- Dentro del rango de variabilidad del ajuste del modelo: si el modelo está ajustado para masas monoespecíficas con un solo estrato y para condiciones medias de crecimiento, el uso del modelo fuera de este rango aumentará el error de predicción
- Influencia del sensor
- Estabilidad variables LiDAR frente al uso de nubes de distinta densidad o de distintos sensores.

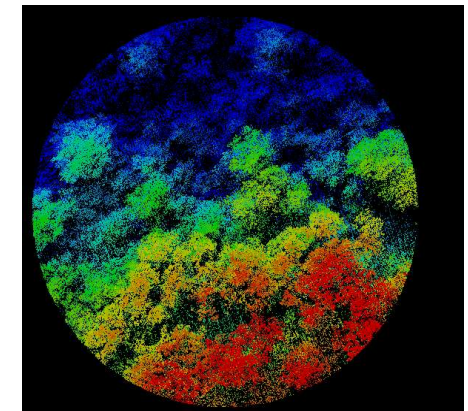




Trabajos desarrollados

Proyecto de compra pública innovadora para la Xunta de Galicia (Tierra 4)

1. 150 parcelas (30 parcelas por especie).
2. Toma de datos LiDAR (100 puntos/m²) de las 150 parcelas.
3. Ajuste de modelos estadísticos para pino pinaster, radiata, silvestre, eucalipto globulus y eucalipto nitens.
4. Integración en un Sistema de Información Geográfica Forestal (SIGF) para la estimación de variables de masa



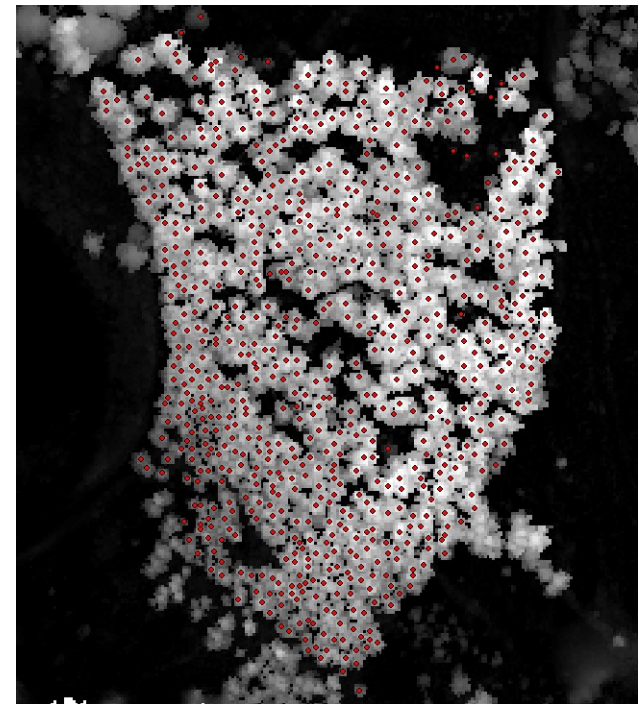
Trabajos desarrollados

Segmentación de la nube de puntos LiDAR a nivel de árbol individual, se puede segmentar la nube de puntos obteniendo la posición y altura de los árboles

- Problema con los árboles dominados en arbolado adulto
- Permite asimismo evaluar la densidad del arbolado



treeID	Z	coords.x1	coords.x2
1	18.486	534399.721	4276595.7
2	21.496	534396.892	4276598.82
3	19.34	534378.033	4276700.53
4	21.058	534378.511	4276685.89
5	20.957	534387.863	4276695.9
6	21.783	534384.353	4276704.07
7	22.023	534385.189	4276699.85
8	22.58	534393.199	4276725.22
9	20.185	534398.284	4276713.37
10	16.777	534395.543	4276703.4
11	18.62	534395.189	4276688.48
12	18.91	534392.042	4276682.63
13	18.737	534392.652	4276685.55
14	18.483	534396.924	4276685.89
15	20.436	534355.981	4276658.98
16	21.29	534356.4	4276664.05
17	20.355	534366.22	4276668.29
18	21.635	534367.401	4276677.42
19	22.753	534373.846	4276669.71
20	21.33	534377.205	4276672.08
21	17.301	534381.301	4276678.6
22	21.615	534380.875	4276663.82
23	21.277	534384.619	4276666.22
24	20.245	534390.735	4276660.68
25	19.521	534388.626	4276657.74
26	20.693	534378.713	4276657.32



Servicio de cubicación de lotes de madera con drones

- **Demostración en Asturforesta: Jueves y Viernes 12:00 frente al stand de CETEMAS**
- Ofrecemos servicios para cubicar lotes de madera.
- Disponemos de modelos específicos desarrollados para las principales especies productivas del Norte de la península.
- Los errores que se obtienen están en torno al 5%. Los datos han sido contrastados con datos reales de corta.



Se están realizando este tipo de servicios para maderistas y empresas que realizan proyectos de ordenación forestal. Existe un programa de ayudas que financia el 100% a las PYMES

Servicio de cubicación de lotes de madera con drones

Captura de datos

Los datos son capturados con sensores LiDAR montados sobre dron, obteniéndose nubes de puntos de densidades superiores a 200 puntos/m².

Lotes

A la hora de la realización de los vuelos se considerarán lotes las parcelas contiguas o en un radio máximo de 10 km.

Condicionantes

- SUPERFICIE MÍNIMA: 1 ha.
- Para la obtención de resultados precisos, los montes tienen que estar compuestos de una sola especie y ser homogéneos.
- Los límites deben estar perfectamente definidos.

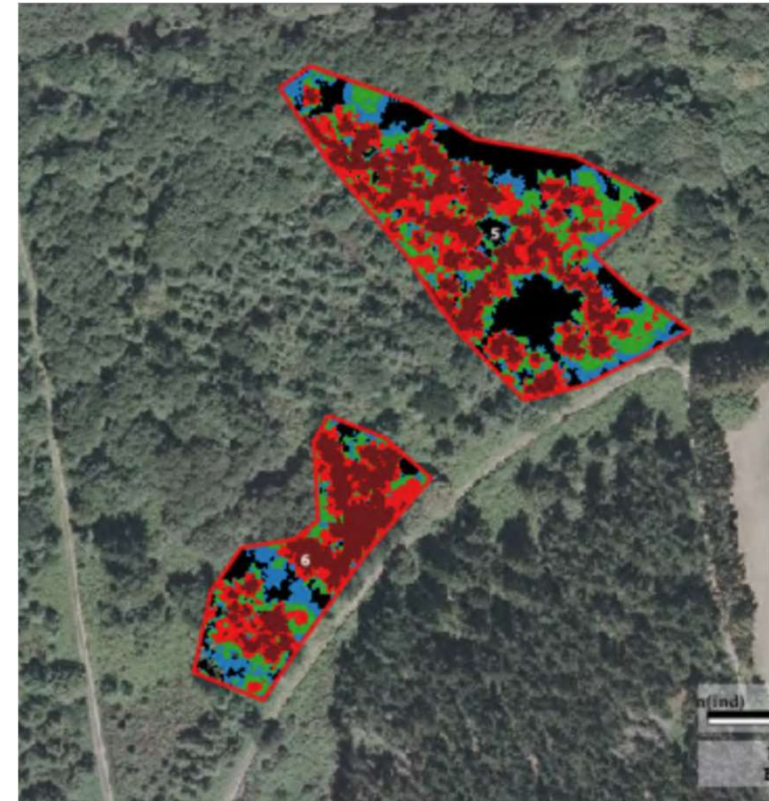


Servicio de cubicación de lotes de madera con drones

Resultados

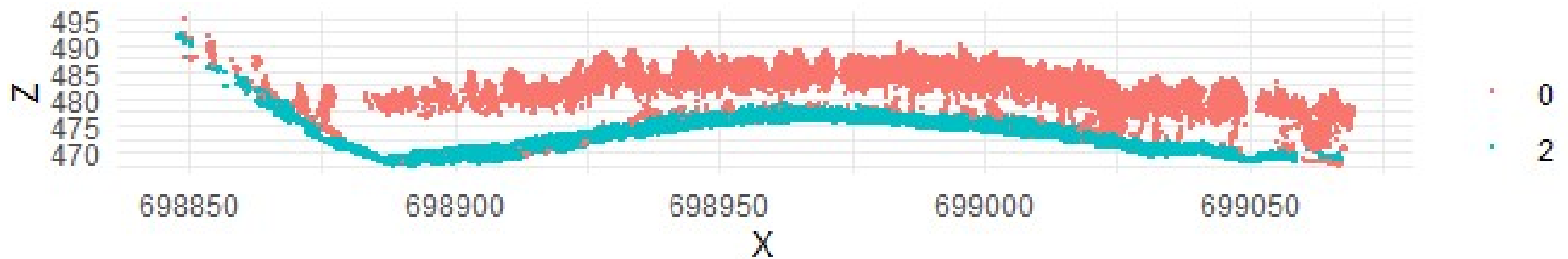
- Cartografía de alturas de arbolado y volumen.
- Resultados numéricos: alturas, área basimétrica y volúmenes.
- Resultados personalizables: rodalización, digitalización de pistas,...

Rodal	H(m)	G (m ² /ha)	Supf (ha)	Vol (m ³)	Vol (m ³ /ha)	FCC (%)	Especie
1	19.37	59	0,8343	301.7	361.6	88.86	<i>Pinus radiata</i>
2	19.15	49.92	0,8080	258.2	319.6	83.5	<i>Pinus radiata</i>
3	16.94	49.02	1,3520	340.6	251.9	76.03	<i>Pinus radiata</i>
4	16.03	31.85	1,1250	226.5	201.3	62.71	<i>Pinus radiata</i>
5	17.2	51.91	0,5547	212.5	383.1	84.19	<i>Pinus radiata</i>
6	17.55	53.55	0,2403	101.2	421.1	84.5	<i>Pinus radiata</i>
7	20.38	33.52	0,1718	69.2	402.8	82.67	<i>Pinus sylvestris</i>
8	19.94	26.33	0,4363	150.6	345.2	65.69	<i>Pinus sylvestris</i>
9	20.35	21.64	0,6367	149.4	234.6	62.85	<i>Pinus sylvestris</i>



Conclusiones

- Una de las potencialidades de los datos LiDAR en inventario forestal es el hecho de obtener datos del 100% del rodal frente a datos extrapolados de las parcelas de inventario.
- Es necesario conocer las posibles fuentes de datos para poder decidir el uso de unas u otras fuentes en función del objetivo.
- Es importante conocer las fuentes de datos utilizadas y el rango de variabilidad utilizado para el ajuste de los modelos antes de su uso.
- Posibilidad de usar los datos LiDAR para rodalizar.
- Planificación forestal: infraestructuras, vías de saca,...
- Este tipo de herramientas es importante para la movilización de la madera.



Muchas gracias por su
atención

ecanga@cetemas.es

