



LOS RECURSOS FORESTALES SON PIEZA CLAVE PARA LA PUESTA EN VALOR DEL MINIFUNDIO: CÓMO EVALUARLOS A TRAVÉS DE LA TELEDETECCIÓN.

JORNADA FINAL 14 JULIO 2021

RAFAEL ALONSO. FÖRA FOREST TECHNOLOGIES, SLL.

JOSE LUIS TOMÉ. AGRESTA S. COOP.

ZONAS PILOTO: SELECCIÓN DE LAS ESPECIES OBJETIVO

OBJETIVO: LOCALIZAR LAS ZONAS PILOTO EN EMPLAZAMIENTOS QUE TENGAN UNA ESTRUCTURA DE PROPIEDAD FAVORABLE PARA TRABAJAR EN EL RESULTADO R4 DEL PROYECTO:

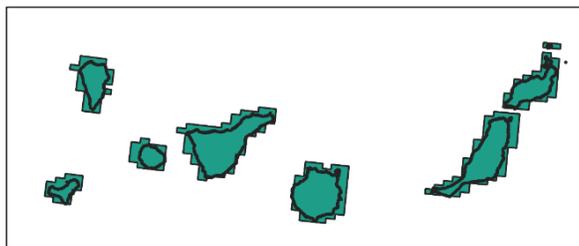
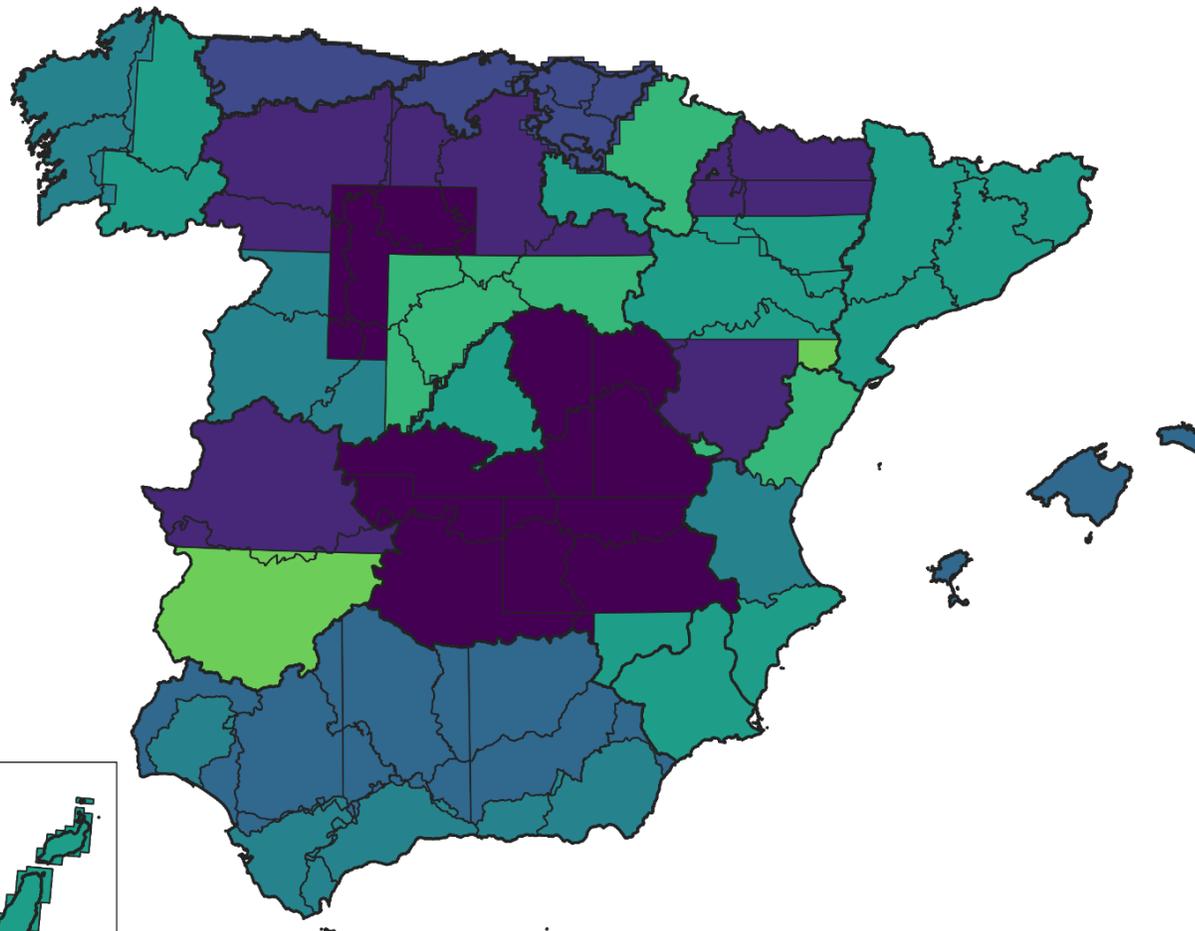
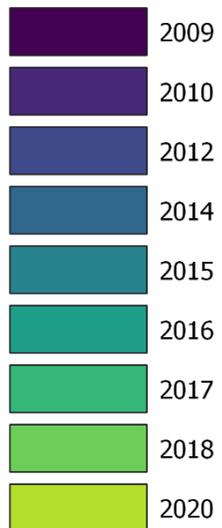
- ▶ “IMPLANTACIÓN DE MODELOS INNOVADORES DE GESTIÓN DE LA PROPIEDAD EN ÁREAS DE MINIFUNDIO”

Región	Provincia	Comarca	Especie
Extremadura	Cáceres	Valle del Ambroz	Castaño
Castilla y León	Zamora	Guareña-Tierra del vino-Toro	Piñonero
Aragón	Zaragoza	Campo de Daroca	Carrasco
Galicia	Orense	Distrito Forestal XIV - Verín Viana	P. marítimo
Castilla y León	León	Bierzo	Castaño
Castilla y León	León	Cuenca alta del Órbigo, Cuenca del Bernesga, Cuenca del Sil	Chopo
Cantabria	Cantabria	Bajo Pas	Eucalipto
Asturias	Asturias	Concejo de Valdés	P. marítimo

MÁXIMA ACTUALIDAD PUBLICADA

Leyenda

Años



<https://pnoa.ign.es/estado-del-proyecto-lidar>

DATOS LIDAR DISPONIBLES

Región	Provincia	Comarca	Año LiDAR 1ª Cobertura	Año LiDAR 2ª Cobertura
Extremadura	Cáceres	Valle del Ambroz	2010	2018, datos disponibles segundo semestre 2021
Castilla y León	Zamora	Guareña-Tierra del vino-Toro	2014	Vuelo 2019, datos disponibles segundo semestre 2020
Aragón	Zaragoza	Campo de Daroca	2010	2016
Galicia	Orense	Distrito Forestal XIV - Verín Viana	2009	2016
Castilla y León	León	El Bierzo	2010	Vuelo 2020-2021, datos disponibles 2021-2022
Castilla y León	León	Cuenca alta del Órbigo, Cuenca del Bernesga, Cuenca del Sil	2010	Vuelo 2020-2021, datos disponibles 2021-2022
Cantabria	Cantabria	Bajo Pas	2012	Vuelo 2018 datos disponibles segundo semestre 2021
Asturias	Asturias	Concejo de Valdés	2012	Vuelo 2020 datos disponibles segundo semestre 2021

BASES DE DATOS DE PARCELAS DISPONIBLES

Región	Provincia	Comarca	Año medición IFN4	Año medición IFN Norte
Extremadura	Cáceres	Valle del Ambroz	2017	No disponible
Castilla y León	Zamora	Guareña-Tierra del vino-Toro	2020	No disponible
Aragón	Zaragoza	Campo de Daroca	No disponible	No disponible
Galicia	Orense	Distrito Forestal XIV - Verín Viana	2009	2017-2018
Castilla y León	León	Bierzo	2020	No disponible
Castilla y León	León	Cuenca alta del Órbigo, Cuenca del Bernesga, Cuenca del Sil	2020	No disponible
Cantabria	Cantabria	Bajo Pas	2009-2010	2017-2018
Asturias	Asturias	Concejo de Valdés	2012	2017-2018

Datos disponibles para todas las especies. Se decide ejecutar un inventario específico para el Castaño en la Comarca de Ambroz

CARTOGRAFÍA DE TRABAJO BASE

- **Foto Fija 2015:** producto nacional actualizado cada 3 años en el que se fusionan las últimas versiones disponibles del Mapa Forestal para todo el territorio nacional con una detección de grandes cambios debidos a incendios: pino piñonero en la comarca de Guareña-Tierra del vino-Toro, pino marítimo en el Distrito Forestal XIV - Verín Viana y el Concejo de Valdés, eucalipto en la Comarca del Bajo Pas y pino carrasco en la comarca de Campo de Daroca.
- **Mapa Forestal de Choperas de España (MFE_CH2020).** Realizado en el año 2020 por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico que ha cedido la cartografía a los miembros del grupo operativo para poder utilizarla como base de trabajo en las choperas de las cuencas altas del Órbigo, del Bernesga y el Sil.

Cartografías específicas:

➤ **Castaño en el Valle de Ambroz**

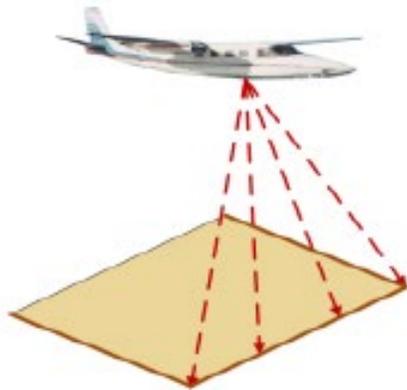


➤ **Castaño en el Bierzo**



Inventario por métodos de masa

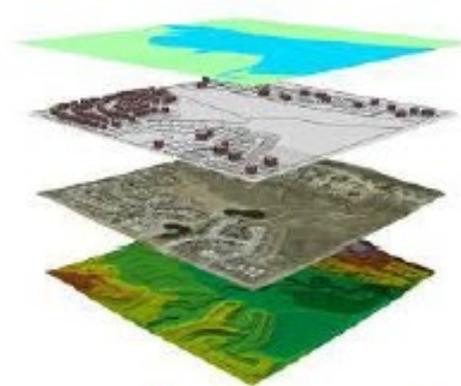
- ▶ 1° Toma de datos LiDAR y de campo.
- ▶ 2° Relacionar ambas bases de datos mediante modelos estadísticos.
- ▶ 3° Generar cartografía temática deseada a nivel de rodal.



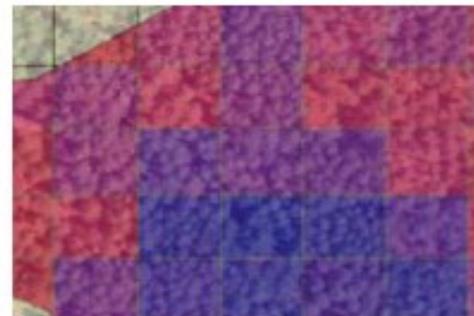
Toma de Datos



**Procesado de datos de
campo y datos LiDAR
Desarrollo de Modelos**



**Generación de Cartografía
Temática**



FLUJO DE TRABAJO DE INVENTARIO COMÚN A TODAS LAS ZONAS PILOTO



Cartografía de Choperas

Análisis de las existencias en las masas de choperas



- 1) **Predicción de las existencias en base a inventarios LiDAR en 2011** → Calibración de modelos de predicción con datos de campo y estadísticos del vuelo LiDAR disponible (2010).



LIMITACIÓN. En este periodo de tiempo la mayor parte de las Choperas han llegado a Turno y se han cortado, es necesario ver cuales.

- 2) **Determinación de los cambios (cortas) en las masas de choperas desde 2010 a la actualidad** → Series temporales Landsat

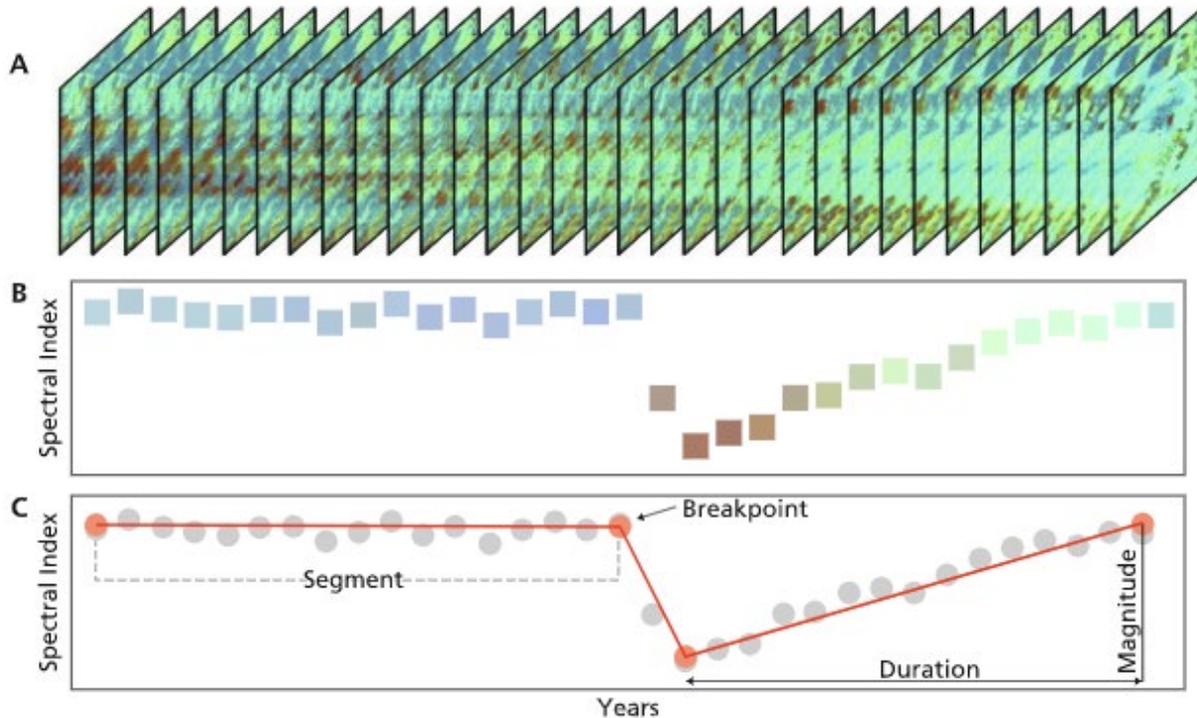


- 3) **Determinación del volumen actual. Si no ha habido una corta se aplican modelos de actualización de existencias y si han cortado no se proporcionan datos.**

Cartografía de Choperas

Algoritmo de detección de cambios: LandTrendr (Kennedy et al., 2010)

→ Series temporales Landsat desde 1984-2021 de los satélites Landsat-5, Landsat-7 y Landsat-8



→ Análisis de la respuesta espectral de tres índices de vegetación diferentes: NDMI, NBR y TCB.

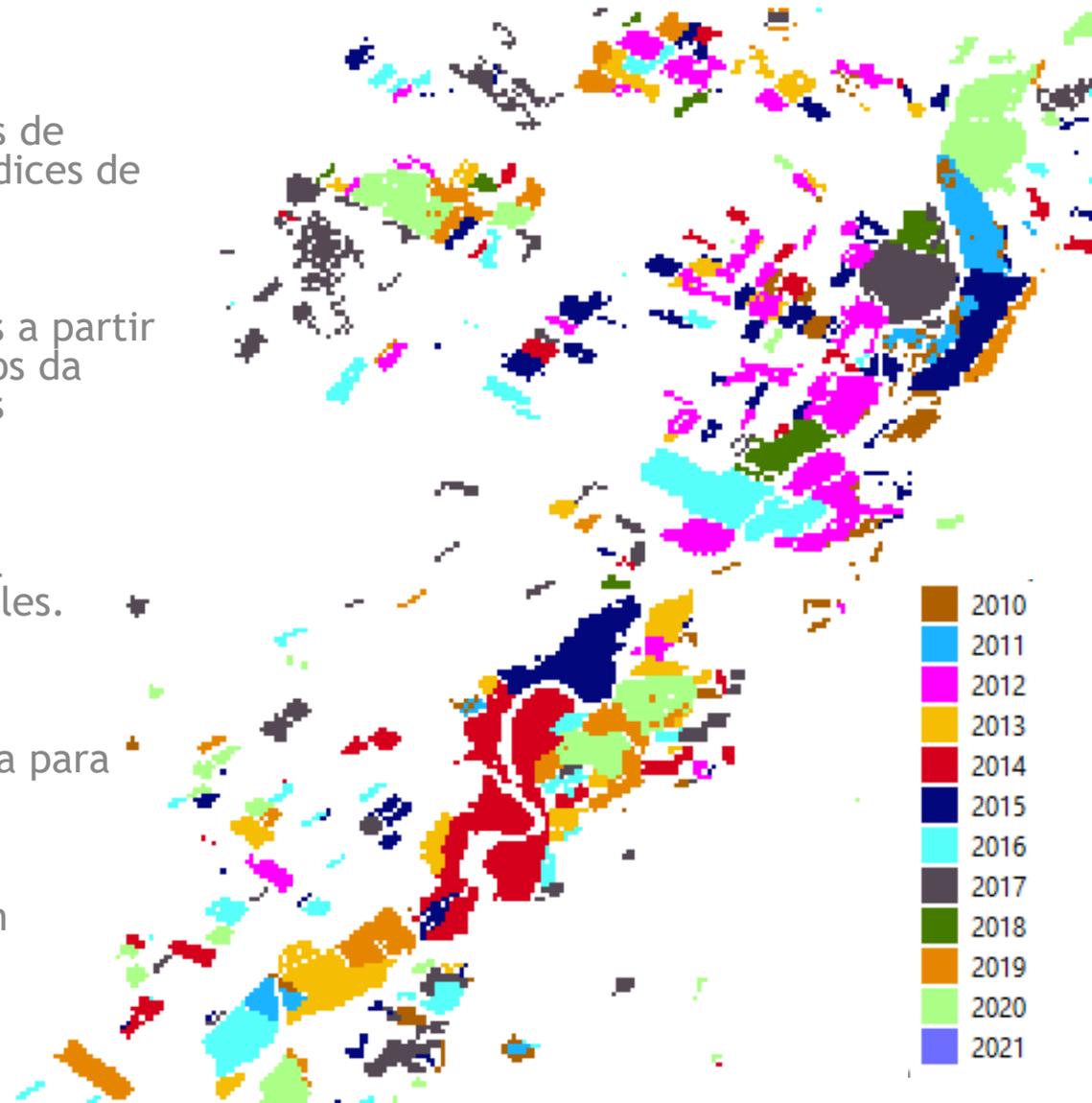
→ Análisis de la tendencia de los índices de vegetación y determinación de los puntos de ruptura asociados con cambios así como su intensidad.

→ Obtención de mapas individuales de cambios para cada uno de los índices de vegetación.

Extraído de De Jong et al., (2021)

Cartografía de Choperas

- Obtención de mapas individuales de cambios para cada uno de los índices de vegetación.
- La creación de mapas fusionados a partir de mapas individuales de cambios da lugar a cartografías más precisas (Schultz et al., 2016, 2018)
- Obtención de la cartografía final combinando los resultados iniciales.
- Aplicación de los modelos de crecimiento en zonas de no corta para actualizar los datos.
- Calibración de los resultados con parcelas de campo 2021





Clasificación de Castaño en el Bierzo



Sentinel-2: 2 ESCENAS T29TPH y T29TQH

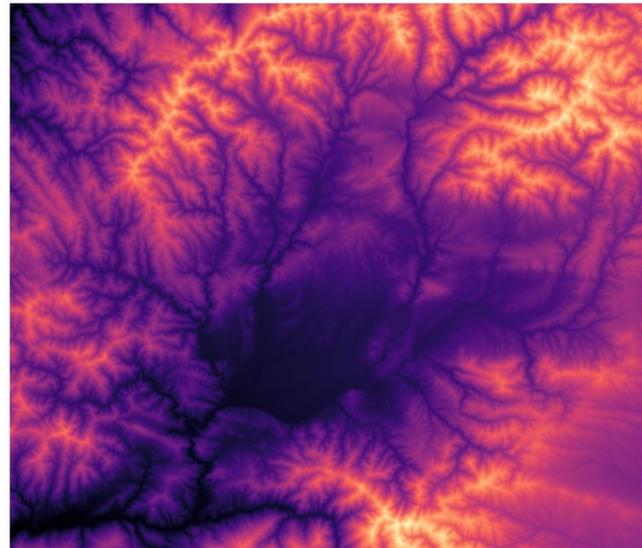
➤ Integración de varias fechas: Fenología de la Vegetación

Mejora de la discriminación entre las masas de rebollo y de castaño (Alonso et al., 2020). Imágenes de mayor calidad disponibles para los meses de junio 2020, septiembre 2020 y abril 2021.

➤ Índices de vegetación

- ▶ AVI (*Advanced Vegetation Index*)
- ▶ EVI (*Enhanced Vegetation Index*)
- ▶ NDMI (*Normalized Difference Moisture Index*)
- ▶ NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)
- ▶ SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*)

➤ Modelo digital de elevación y derivadas: pendiente y orientación (CNIG).



SENTINEL-2 BANDAS
ESPECTRALES E
INFORMACIÓN AUXILIAR

Clasificación de Castaño en el Bierzo



Sentinel-2

► Generación cartografía temática

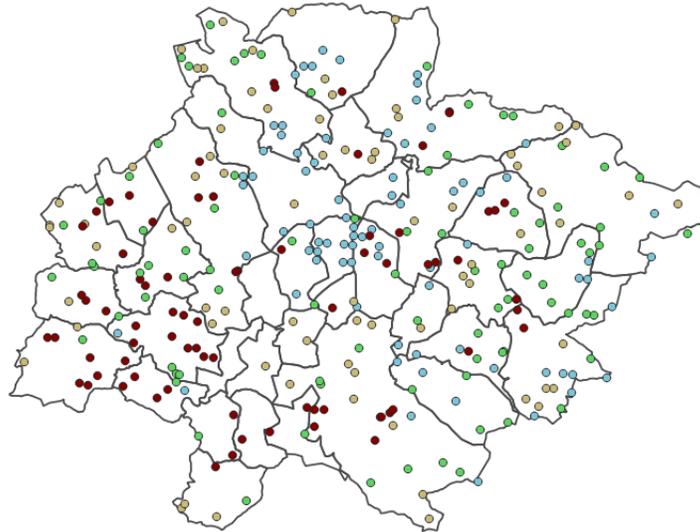
► Clases clasificadas

► Coníferas

► Frondosas

► Castaño

► No arbolado (suelo desnudo, cultivos, urbano, matorral, roca...)



Selección de variables.

Ajuste modelos de clasificación Random Forests

	Abril	Junio	Septiembre
Elevación	Infrarrojo medio	Infrarrojo cercano	Infrarrojo medio
	AVI	Red edge 2	Infrarrojo cercano (8a)
		AVI	

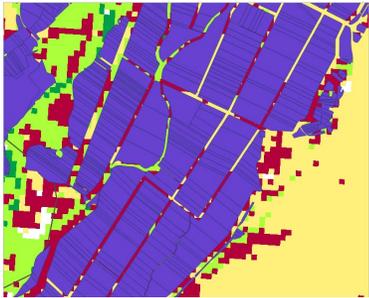
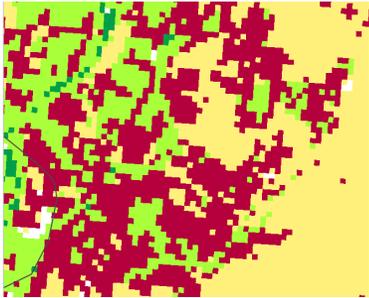


Clasificación de Castaño en el Bierzo



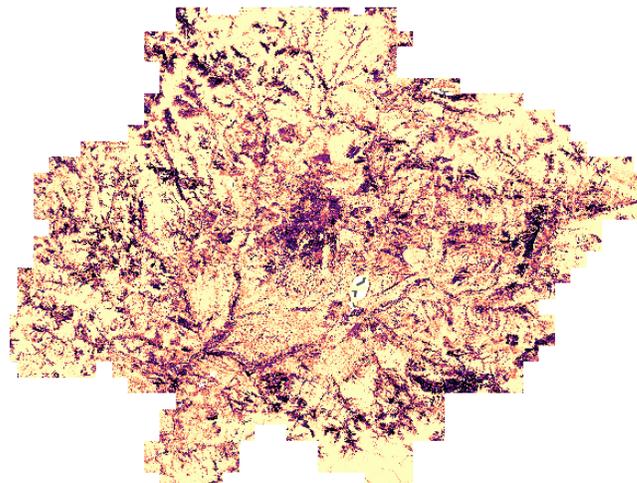
Sentinel-2: POSPROCESO DE LA CLASIFICACIÓN

➤ Máscara de choperas



➤ Datos LiDAR PNOA

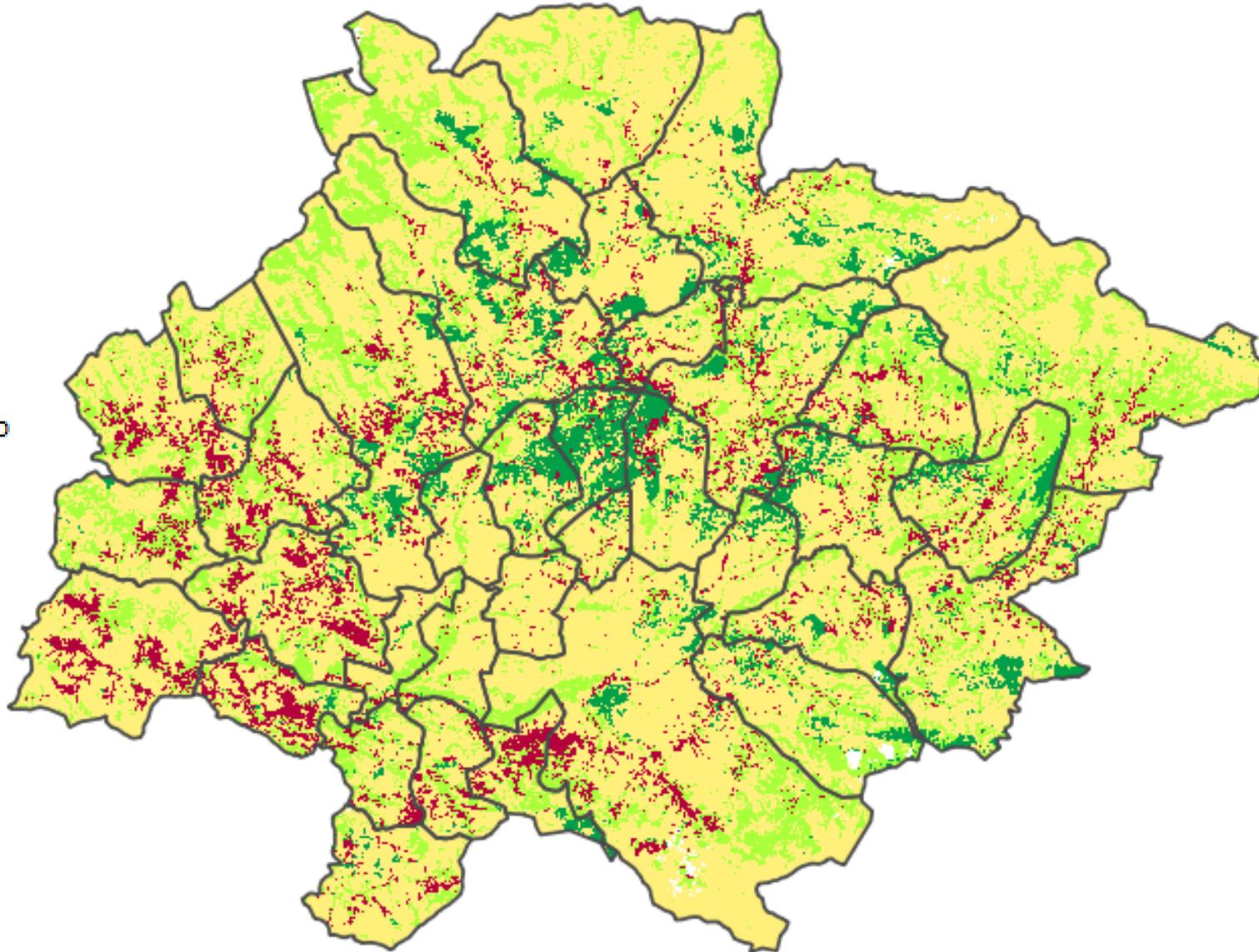
- ▶ Zonas arboladas definidas en función del criterio de fracción de cabida cubierta superior al 10%. Si la fcc era inferior al 10% se consideraba no arbolado.



➤ Información del MFE

- ▶ Depuración errores de clasificación. Aquellas teselas puras de acuerdo con el MFE se le asignaba dicha clase a la clasificación de S2 cuando no hubiese coincidencia. Teselas puras definidas como aquellas en las que la especie principal esta presente en más de un 80%.

Clasificación de Castaño en el Bierzo

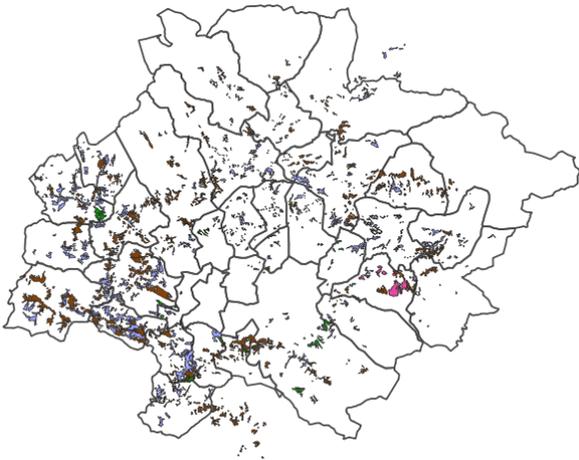


Clasificación de Castaño en el Bierzo

¿ Cómo diferenciamos entre masas de castaño bravo, soto y mixta ?

- Información de partida de teselas clasificadas como masas de soto, bravo y mixta.

[cese**for**.g]



► Castaño de sotos



► Masas mixtas



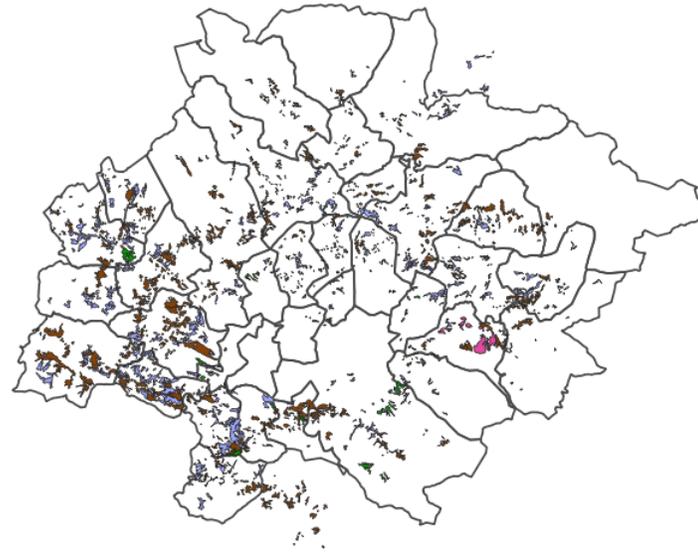
► Castaño bravo



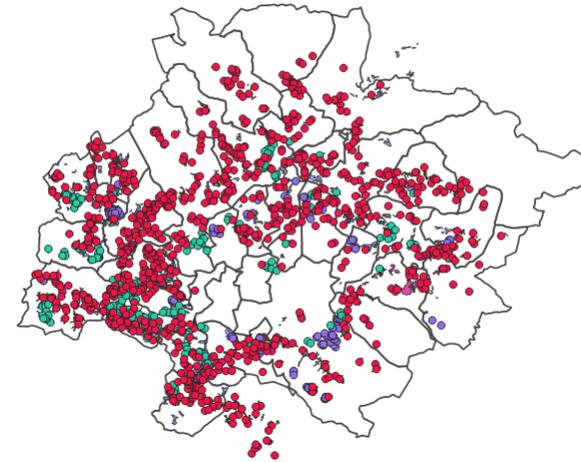
Clasificación de Castaño en el Bierzo

¿Cómo diferenciamos entre masas de castaño bravo, soto y mixta?

- Información de partida de teselas clasificadas como masas de soto, bravo y mixta.
- Por otro lado modelos de predicción de variables de inventario ajustadas con parcelas en función del tipo de masa.



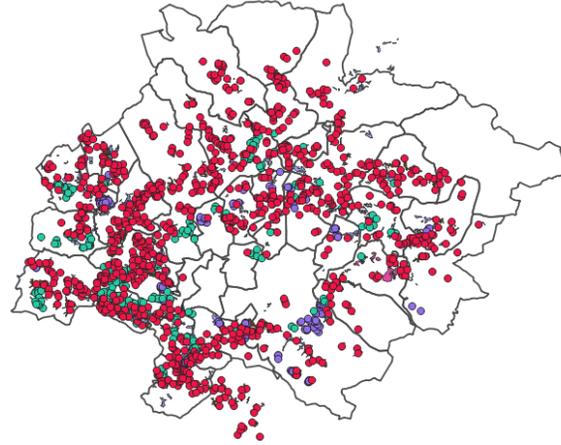
Generación puntos aleatorios para cada clase dentro teselas



Importancia de la calidad de la muestra de entrenamiento para la generación de clasificaciones precisas ¿cómo sabemos cual es la muestra más robusta?

Clasificación de Castaño en el Bierzo

¿Cómo diferenciamos entre masas de castaño bravo, soto y mixta?



Extracción métricas LiDAR y aplicación de los modelos de predicción de las variables de inventario

- Información de partida de teselas clasificadas como masas de soto, bravo y mixta.
- Por otro lado modelos de predicción de variables de inventario ajustadas con parcelas en función del tipo de masa.

Clase observada	Variables dasométricas predichas	Región entrenamiento modelo clasificación
Bravo	Soto	NO
Soto	Soto	SI
Mixta	Mixta	SI
Soto	Bravo	NO
Mixta	Soto	NO
Bravo	Bravo	SI

Clasificación de Castaño en el Bierzo

¿Cómo diferenciamos entre masas de castaño bravo, soto y mixta?



Métricas calculadas perfil arbolado (2m a 40m)

➤ FCC/P25/P95/P50/CRR

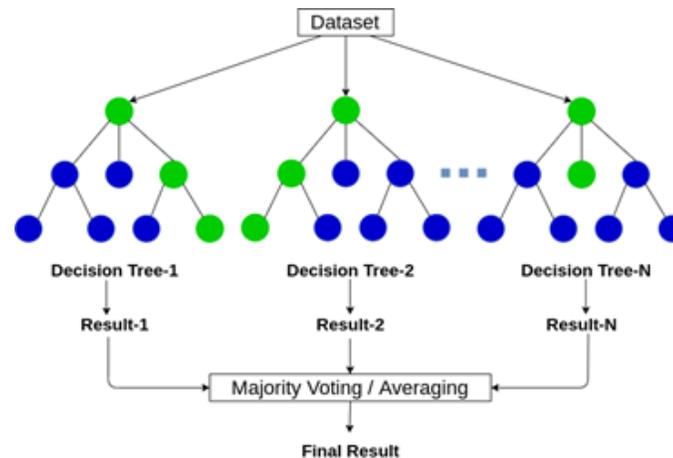
Métricas calculadas perfil matorral (0,5 a 2m)

➤ FCC



Selección de variables. Ajuste modelos de predicción Random Forests

FCC arbolado
P25 arbolado
CRR arbolado
FCC matorral



Clasificación de Castaño en el Bierzo

¿Cómo
diferenciamos
entre masas de
castaño bravo,
soto y mixta?



Validación interna del modelo clasificación RF

-Exactitud global: 76%

-Errores omisión:

15% masas castaño bravo
34% masas castaño mixtas
22% masas castaño soto

Mayores errores debidos
principalmente a la confusión entre
masas mixtas y de soto

Clasificación de Castaño en el Bierzo

Masas clasificadas
como castaños en
soto

Masas clasificadas
como masas mixtas
de castaño

► RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN

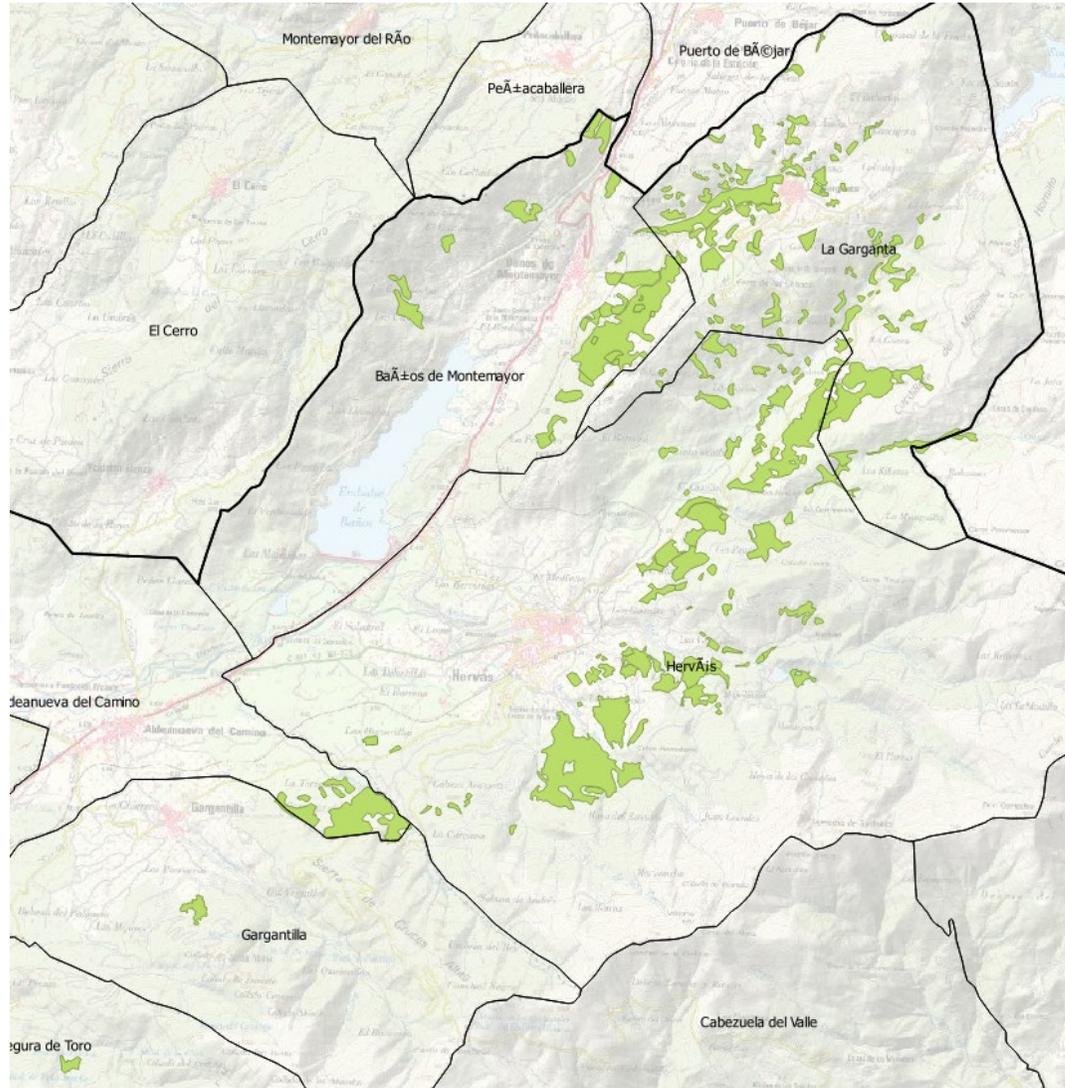


Inventario por métodos de masa

Castanea sativa en el valle de Ambroz (Cáceres)

Área de interés (UNEX)

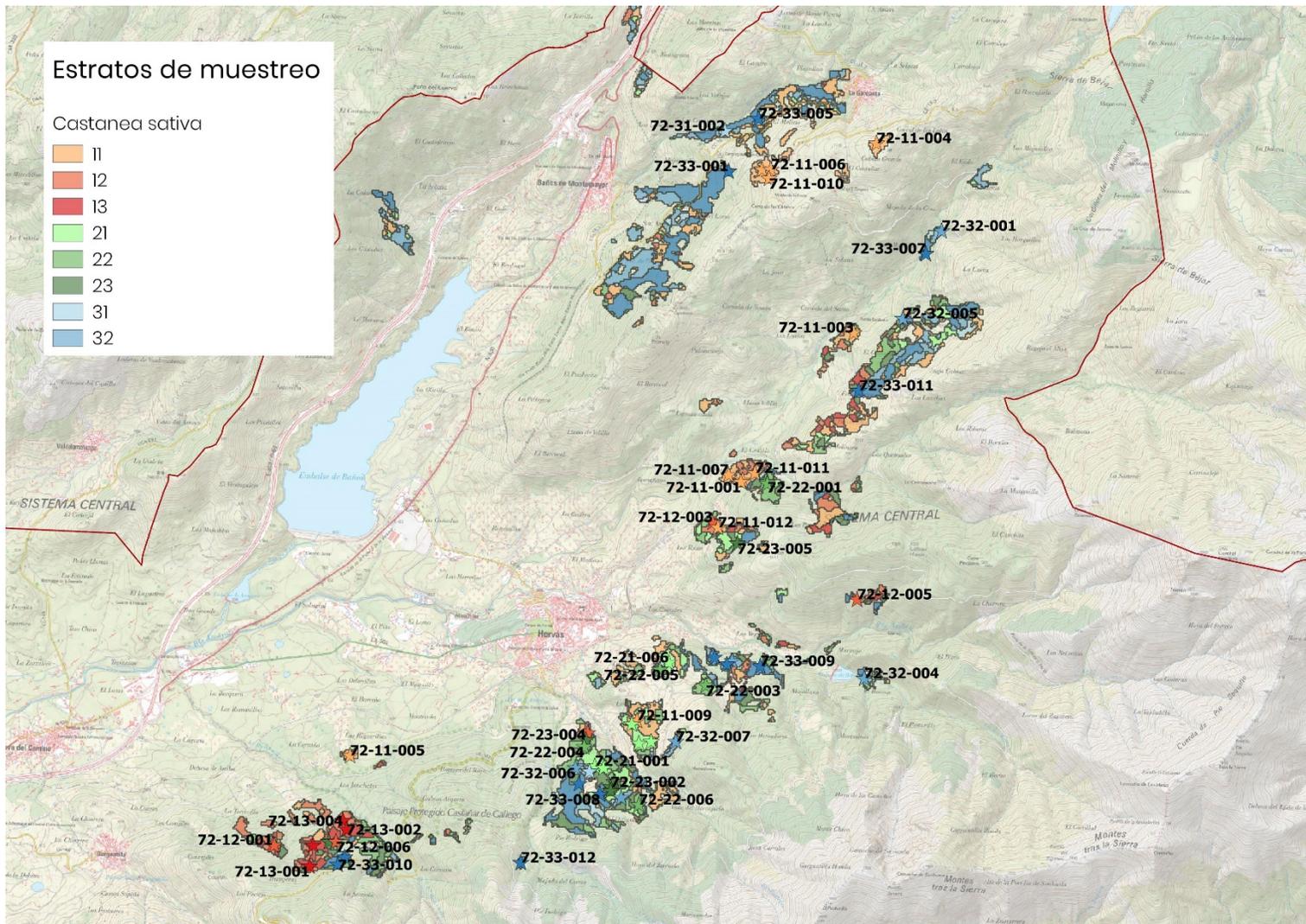
- MFE25
- Clasificación supervisada (Sentinel 2)
- Catastro
- Fotointerpretación
- Verificación en campo



Inventario por métodos de masa

Castanea sativa en el valle de Ambroz (Cáceres)

Diseño del muestreo
(30 parcelas)



Inventario por métodos de masa

Castanea sativa en el valle de Ambroz (Cáceres)

Resultados

$$G=11.6841 * \exp(1.6066 * \text{CANOPY})$$

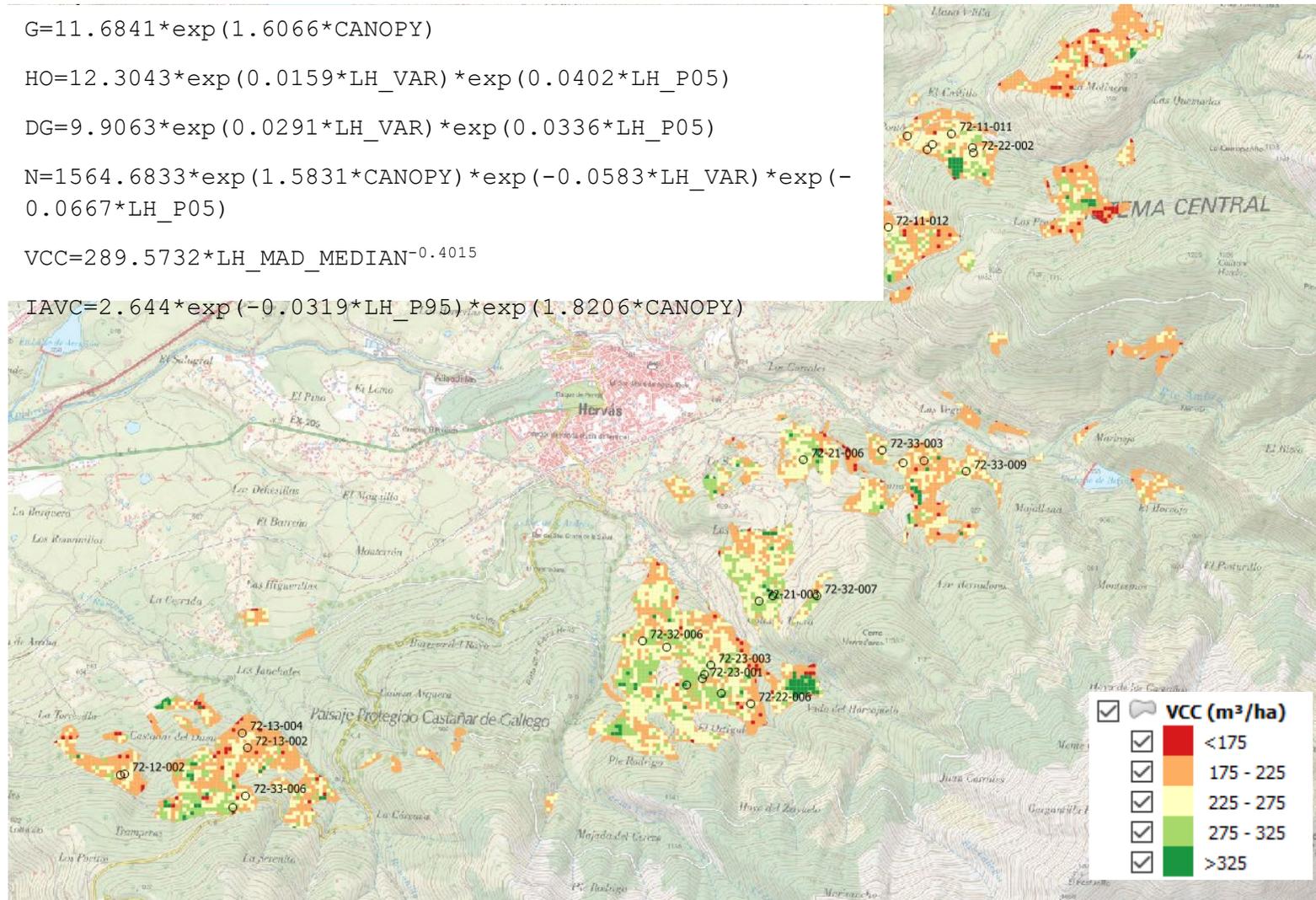
$$HO=12.3043 * \exp(0.0159 * \text{LH_VAR}) * \exp(0.0402 * \text{LH_P05})$$

$$DG=9.9063 * \exp(0.0291 * \text{LH_VAR}) * \exp(0.0336 * \text{LH_P05})$$

$$N=1564.6833 * \exp(1.5831 * \text{CANOPY}) * \exp(-0.0583 * \text{LH_VAR}) * \exp(-0.0667 * \text{LH_P05})$$

$$\text{VCC}=289.5732 * \text{LH_MAD_MEDIAN}^{-0.4015}$$

$$\text{IAVC}=2.644 * \exp(-0.0319 * \text{LH_P95}) * \exp(1.8206 * \text{CANOPY})$$

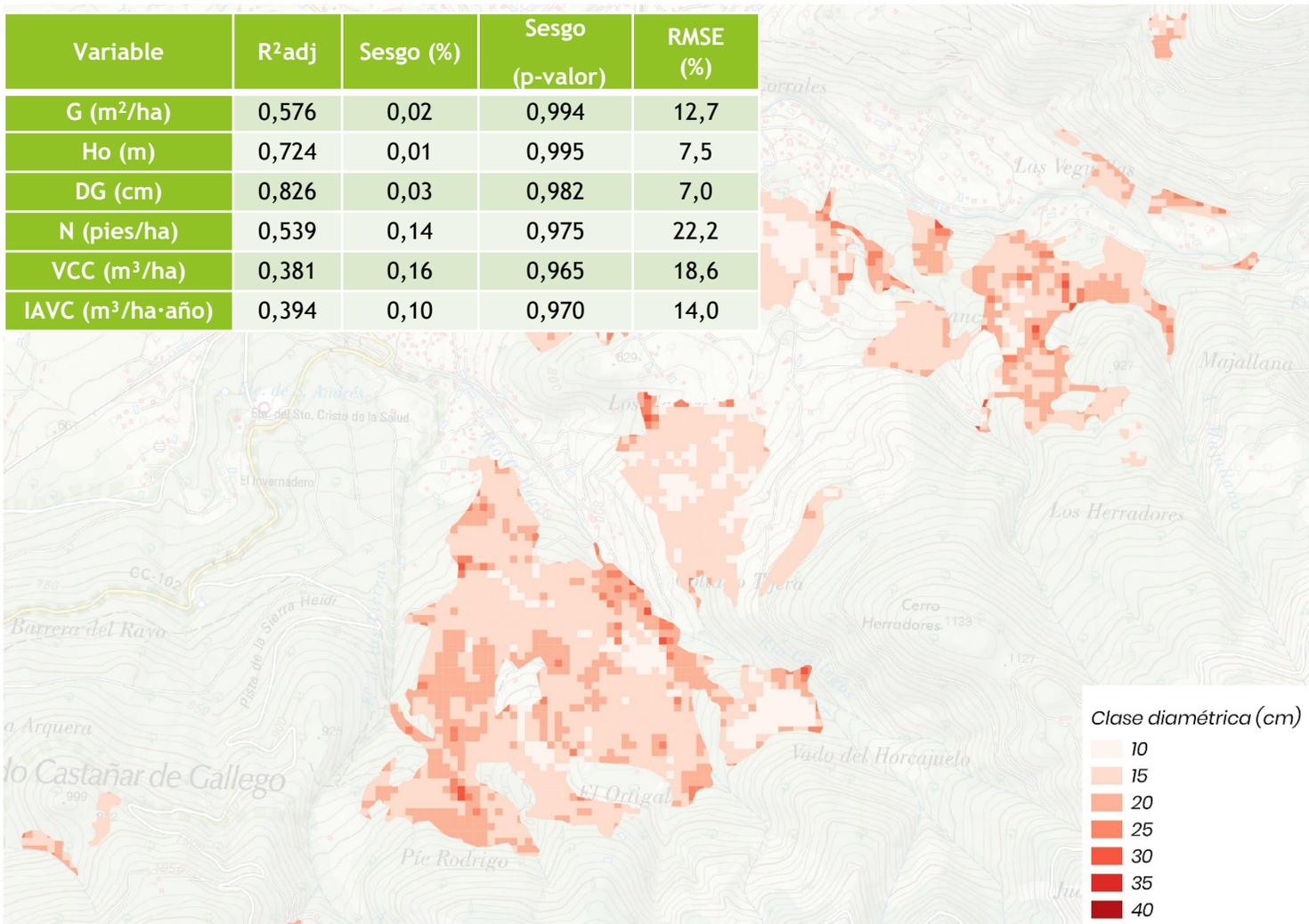


Inventario por métodos de masa

Castanea sativa en el valle de Ambroz (Cáceres)

Resultados

Variable	R ² adj	Sesgo (%)	Sesgo (p-valor)	RMSE (%)
G (m ² /ha)	0,576	0,02	0,994	12,7
Ho (m)	0,724	0,01	0,995	7,5
DG (cm)	0,826	0,03	0,982	7,0
N (pies/ha)	0,539	0,14	0,975	22,2
VCC (m ³ /ha)	0,381	0,16	0,965	18,6
IAVC (m ³ /ha·año)	0,394	0,10	0,970	14,0



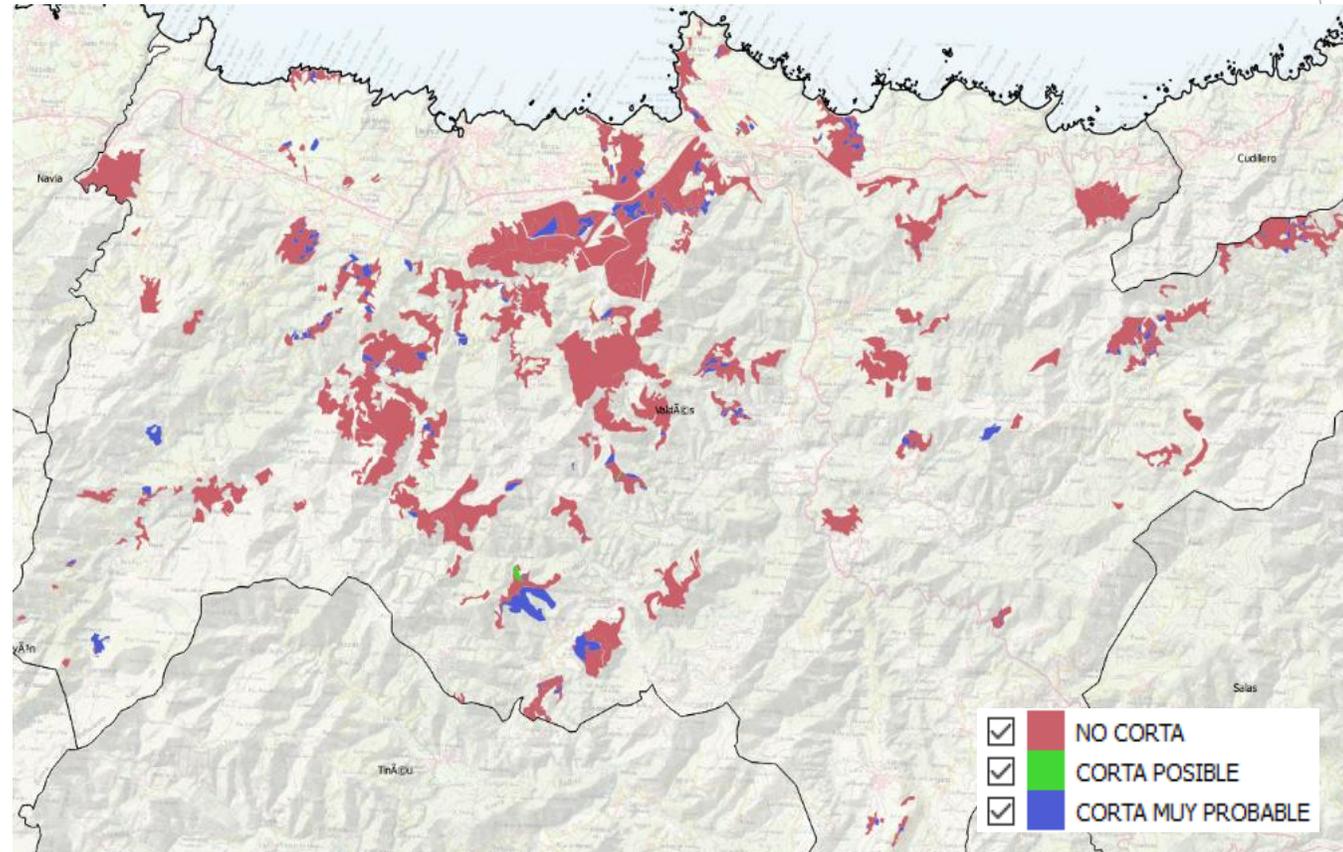


Inventario por métodos de masa

Pinus pinaster ssp. atlantica en el concejo de Valdés (Asturias)

Área de interés

- Foto Fija 2015
- Detección de cortas (Sentinel 2):
 - Índices: NDVI (SAVI, CIGreen)
 - Medias móviles mensuales de valores máximos
 - Tres parámetros de cambio:
 - Velocidad
 - Persistencia
 - Repetición
 - Algoritmos:
 - Artificial Neural Networks
 - Random Forests
 - Support Vector Machines
- Revisión mediante fotointerpretación PNOA histórico



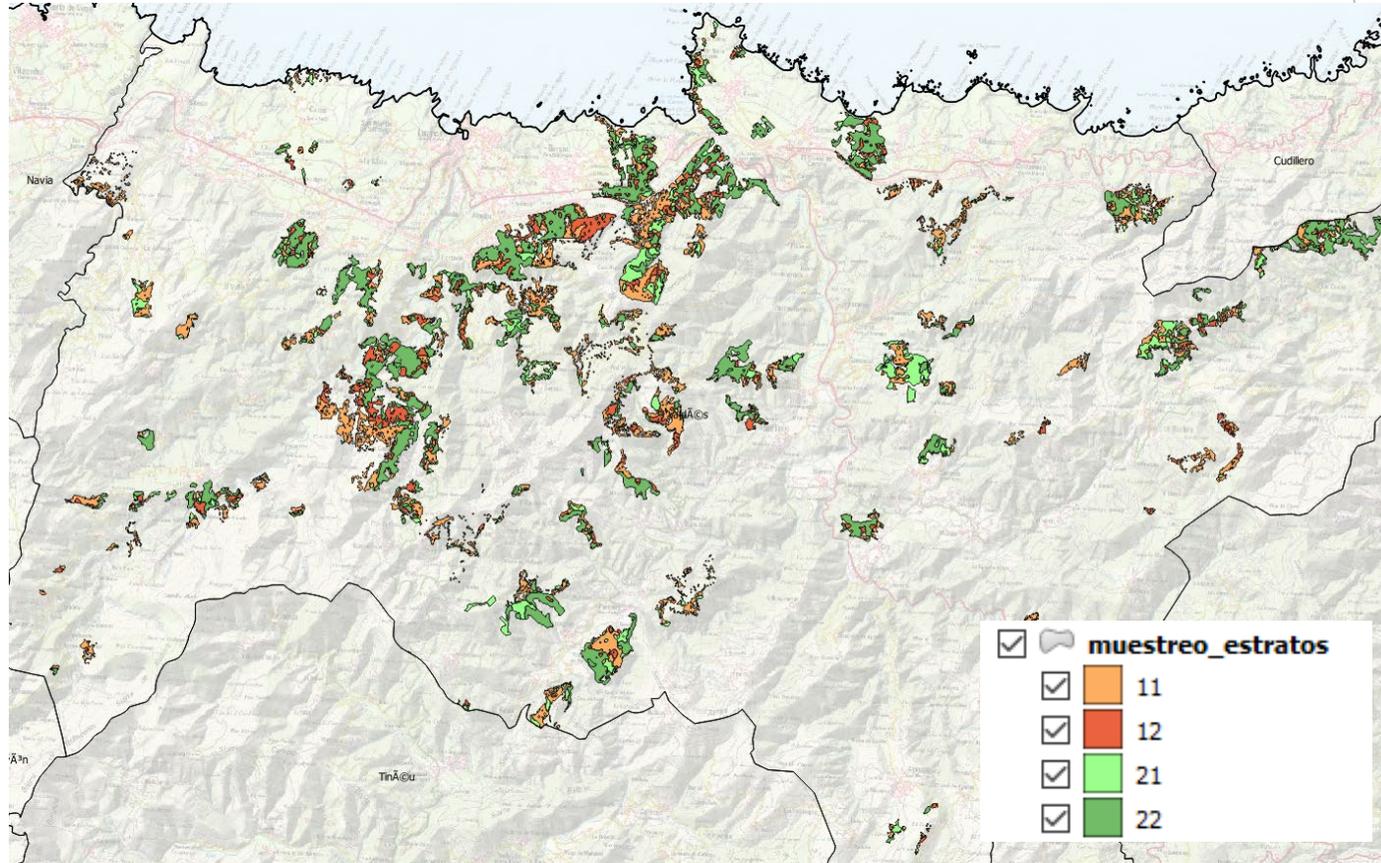


Inventario por métodos de masa

Pinus pinaster ssp. atlantica en el concejo de Valdés (Asturias)

Diseño del muestreo (10 parcelas)

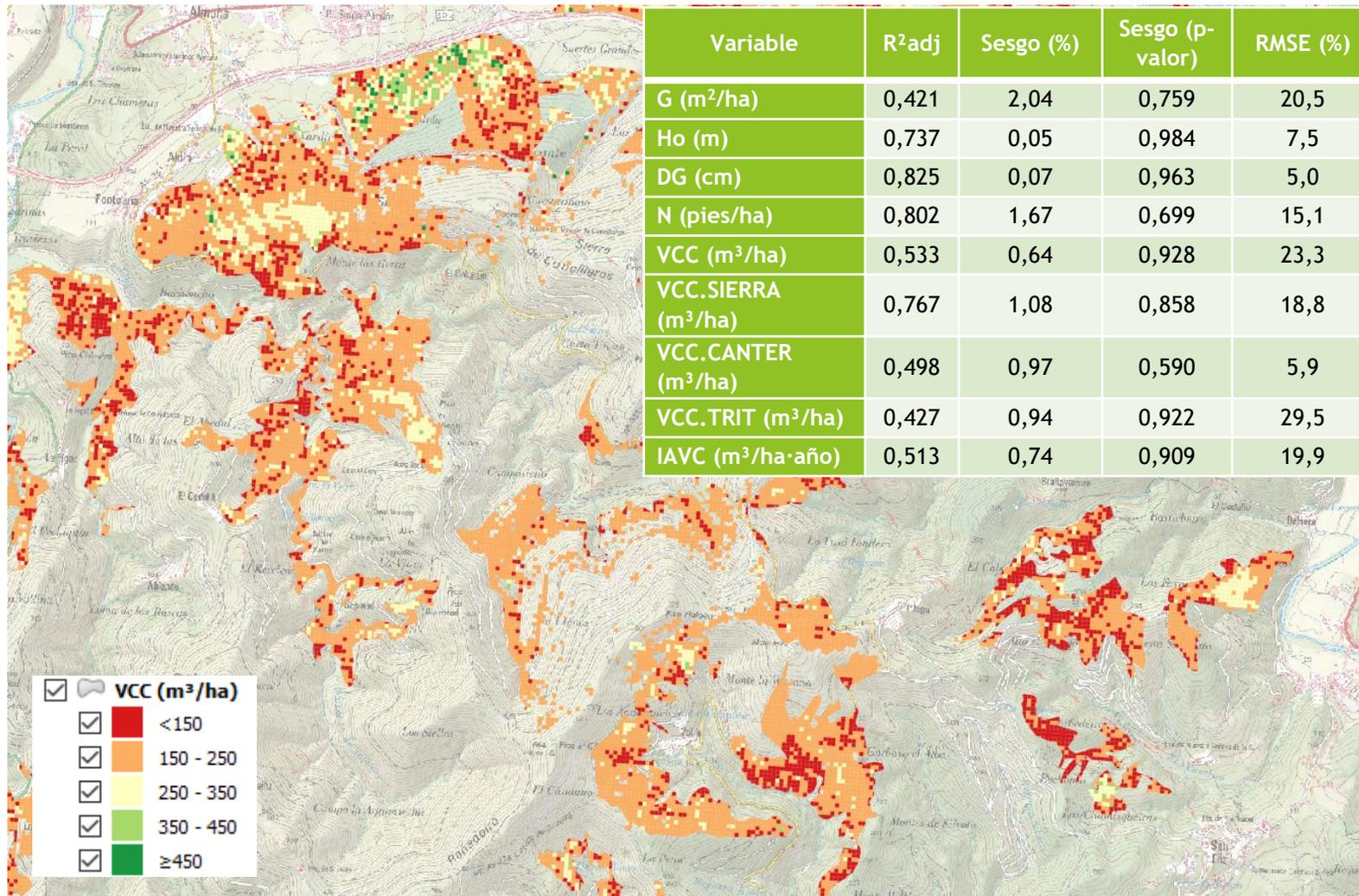
- Inventario por calibración
- Estimación de volumen por productos:
 - Longitud de troza: 2,5 m
 - Altura de tocón: 10 cm
 - Diámetros en punta delgada:
 - Sierra: 30 cm
 - Cánter: 15 cm
 - Trituración: 5 cm



Inventario por métodos de masa

Pinus pinaster ssp. atlantica en el concejo de Valdés (Asturias)

Resultados





MUCHAS GRACIAS

PARA MAS INFORMACIÓN CONTACTAR CON:

RAFAEL ALONSO (rafa.alonso@fora.es). FÖRA FOREST TECHNOLOGIES, SLL.

JOSE LUIS TOMÉ (jltome@agresta.org). AGRESTA S. COOP.