

Modelización de la dinámica forestal a escala nacional en base a los datos de IFN

CTFC



Núria Aquilué

6 junio 2024

CENEAM, Valsaín

Contenido

- 01 / Sistema de planificación forestal multiobjetivo
FORMES
- 02 / Imputación y segmentación forestal con datos
LiDAR y de IFN
- 03 / Elementos de discusión para el IFN5

01 /

Sistema de planificación forestal multiobjetivo FORMES



FORMES

MULTI-OBJECTIVE FOREST PLANNING

- Simulación de la dinámica forestal con modelos a nivel de árbol individual
- Módulo de gestión forestal
- Estimación de servicios ecosistémicos forestales
- Planificación estratégica a escala de paisaje



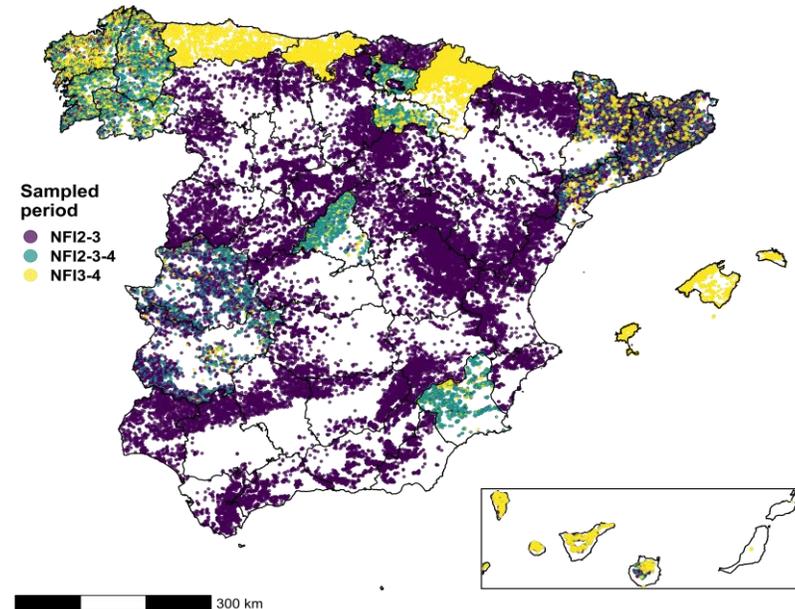
...

Modelo dinámica forestal

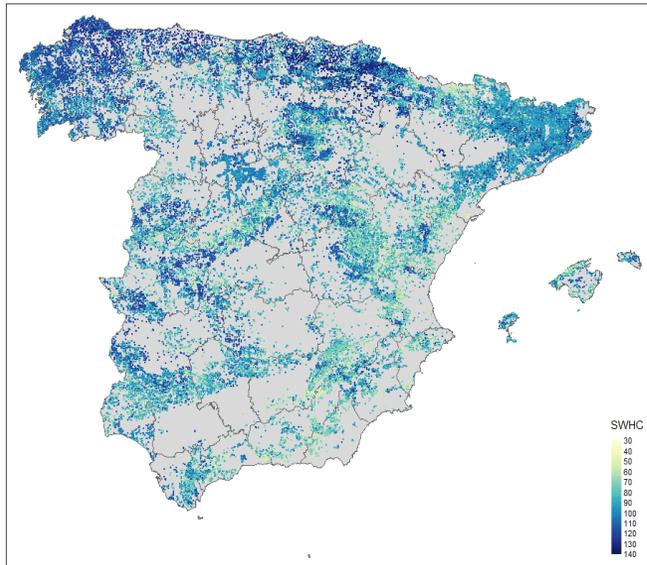
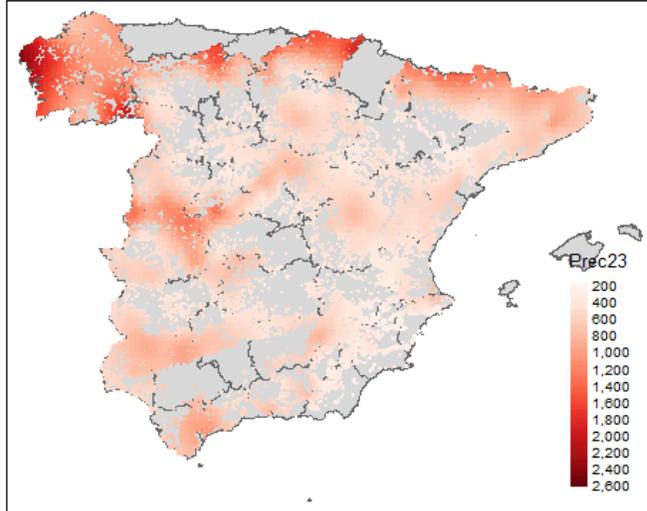
- **Modelos empíricos calibrados para 27 especies y grupos de especies en España**
- Resolución temporal de 10 años **(1 año!)**
- Para la calibración y validación de los modelos se emplearon parcelas repetidas entre los inventarios IFN2-IFN3 y IFN3-IFN4 con fracción de cabida de cubierta $\geq 10\%$ \rightarrow 52.187 parcelas IFN2-3 y 21.987 parcelas IFN3-4 (**72.346 parcelas**), y 838.620 y 514.460 mediciones de árboles para cada uno de los periodos.

Modelos de árbol individual sensibles a las condiciones climáticas (#82)

1. Crecimiento en diámetro
2. Crecimiento en altura y altura total
3. Supervivencia
4. Incorporación local
5. Incorporación por colonización

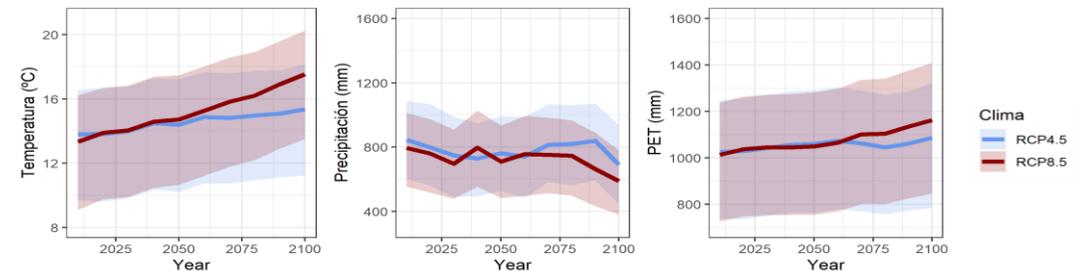


Variables explicativas



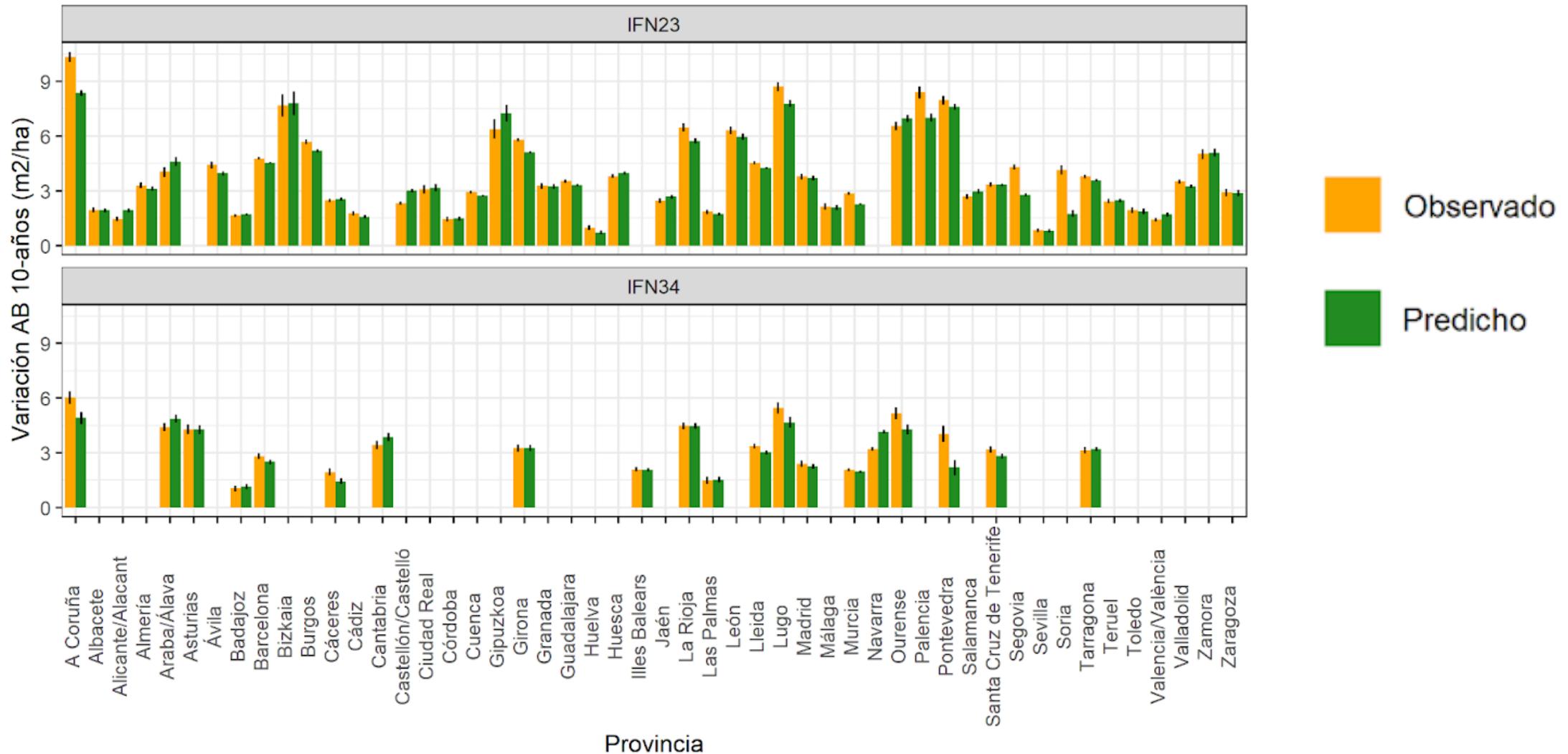
Clases de variables predictoras

- *Tamaño y vitalidad*: diámetro normal, altura, crecimiento en un período de 10 años
- *Competencia*: área basimétrica (AB), densidad de pies mayores, AB árboles mayores que el árbol individual, AB árboles mayores extraídos
- *Topografía*: pendiente, orientación N-S, elevación
- *Estación*: capacidad retención hídrica del suelo (SWHC), humedad (P/PET), temperatura media anual, radiación acumulada anual

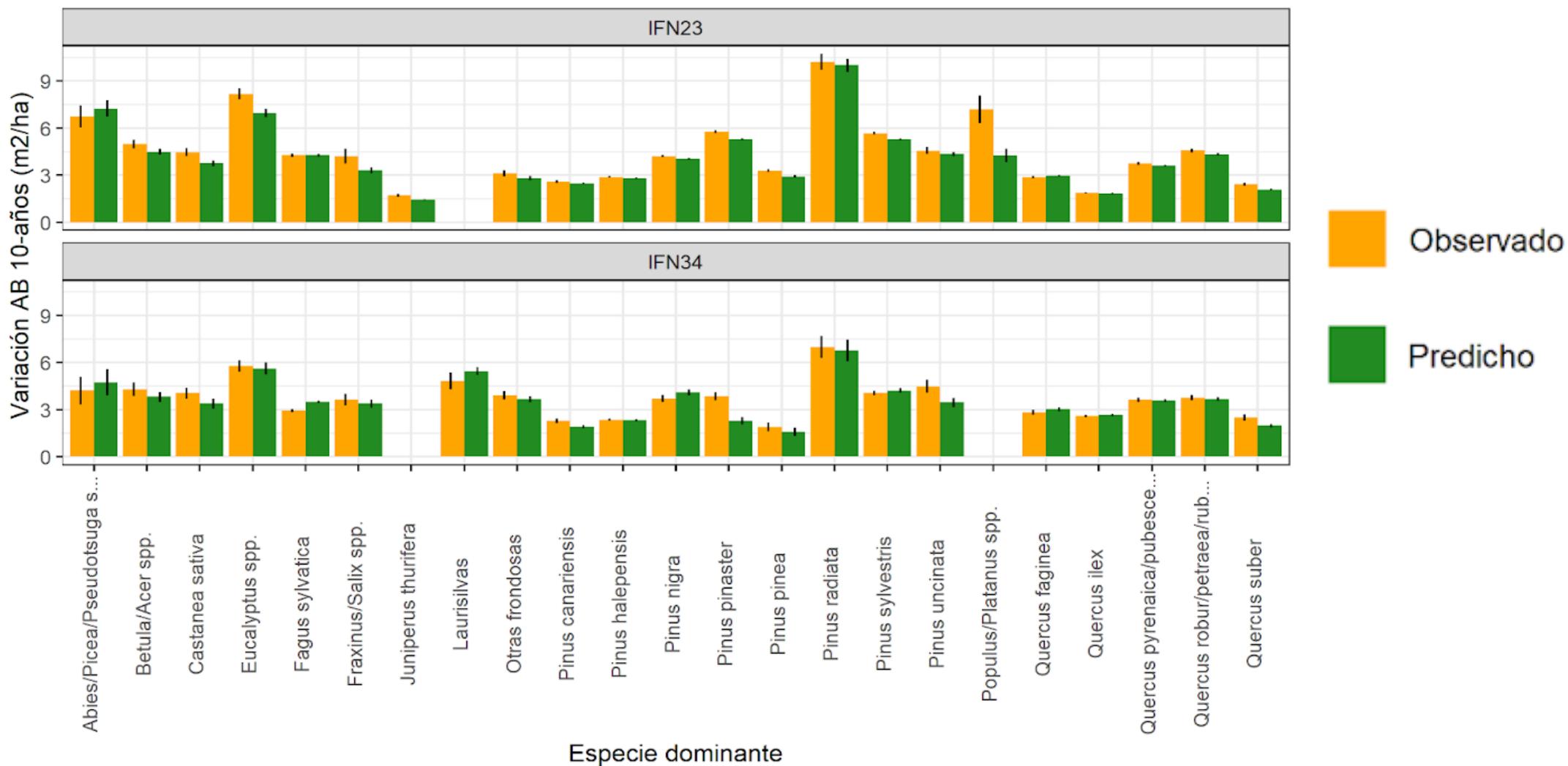


Validación modelos

Se evaluaron los 82 modelos mediante el sesgo medio y el error cuadrático medio.



Validación modelos



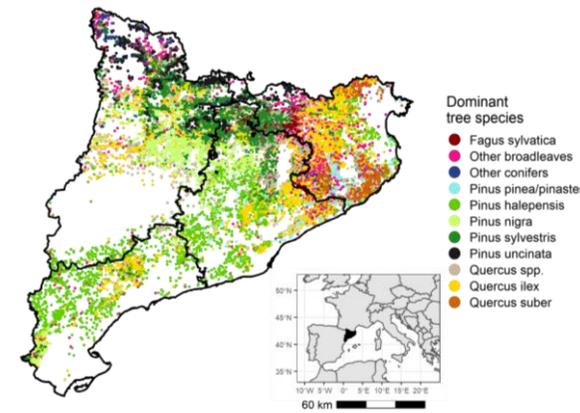
Validación modelos

Variable	Periodo IFN	Promedio Observado	Promedio Predicho
AB final (m ² /ha)	2-3	14.81	14.57
	3-4	19.80	19.64
Variación AB (m ² /ha)	2-3	3.87	3.63
	3-4	3.48	3.32
Biomasa final (Mg CO ₂ /ha)	2-3	108.0	108.2
	3-4	163.8	164.1
Variación biomasa (Mg CO ₂ /ha)	2-3	29.7	29.9
	3-4	34.7	35.0
Volumen final (m ³ /ha)	2-3	81.0	83.6
	3-4	130.7	134.7
Variación volumen (m ³ /ha)	2-3	24.6	27.1
	3-4	28.3	32.3

Variable	Periodo IFN	Promedio Observado	Promedio Predicho
Aumento AB / crecimiento en diámetro (m ² /ha)	2-3	3.40	3.29
	3-4	4.13	4.20
Cambio AB / crecimiento y mortalidad (m ² /ha)	2-3	3.03	2.86
	3-4	2.36	2.24
Aumento AB / incorporación local (m ² /ha)	2-3	0.62	0.64
	3-4	0.91	0.84
Aumento AB / incorporación por colonización (m ² /ha)	2-3	0.13	0.14
	3-4	0.22	0.24

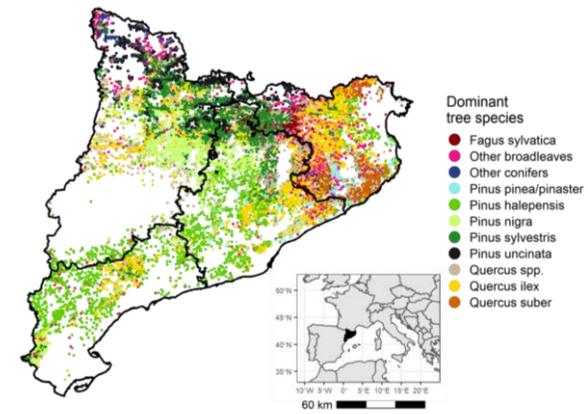
Gestión forestal

1. Tres formas de especificar el aprovechamiento anual ($\text{m}^3 \text{año}^{-1}$):
 - Fijo a nivel de provincia y/o especie
 - Calculado en función del crecimiento forestal (p.ej., en el período anterior)
 - “Bottom-up” emergente de la aplicación de las prescripciones silvícolas
2. Prescripciones silvícolas a nivel de especie, aplicadas
 - En función de la especie dominante del rodal
 - Cualquier división en unidades de gestión (propiedad) para que puedan estar orientadas a un objetivo
3. Especificación de la tipología de área protegida para establecer los planes de gestión en concordancia (la gestión no se excluye por defecto en las áreas protegidas)



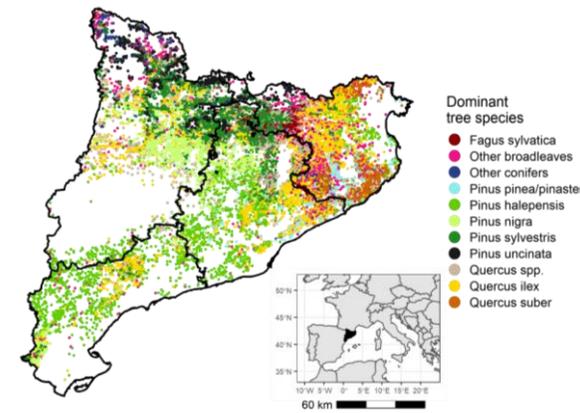
Gestión forestal

1. Tres formas de especificar el aprovechamiento anual ($\text{m}^3 \text{año}^{-1}$):
 - Fijo a nivel de provincia y/o especie
 - Calculado en función del crecimiento forestal (p.ej., en el período anterior)
 - “Bottom-up” emergente de la aplicación de las prescripciones silvícolas
2. Prescripciones silvícolas a nivel de especie, aplicadas
 - En función de la especie dominante del rodal
 - Cualquier división en unidades de gestión (propiedad) para que puedan estar orientadas a un objetivo
3. Especificación de la tipología de área protegida para establecer los planes de gestión en concordancia (la gestión no se excluye por defecto en las áreas protegidas)



Gestión forestal

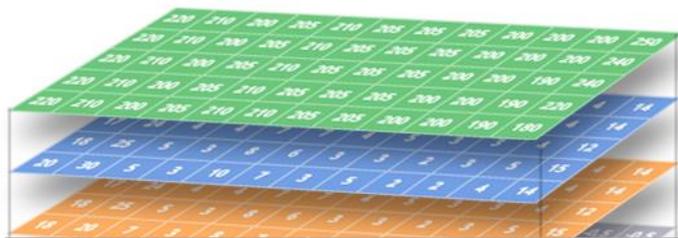
1. Tres formas de especificar el aprovechamiento anual ($\text{m}^3 \text{año}^{-1}$):
 - Fijo a nivel de provincia y/o especie
 - Calculado en función del crecimiento forestal (p.ej., en el período anterior)
 - “Bottom-up” emergente de la aplicación de las prescripciones silvícolas
2. Prescripciones silvícolas a nivel de especie, aplicadas
 - En función de la especie dominante del rodal
 - Cualquier división en unidades de gestión (propiedad) para que puedan estar orientadas a un objetivo
3. Especificación de la tipología de área protegida para establecer los planes de gestión en concordancia (la gestión no se excluye por defecto en las áreas protegidas)



Gestión forestal

Especie	Tipo gestión	Tipo clareo	Umbral AB clareo	Umbral HB clareo	%AB extraer en clareo	AB objetivo	DBH corta final	%AB extraer en cortas
Pinus sylvestris	Regular	Mixto	30 m ² /ha	.	35%	.	45 cm	45% - 55% - 100%
Pinus nigra	Regular	Por lo bajo	30 m ² /ha	.	35%	.	45 cm	45% - 55% - 100%
Pinus uncinata	Irregular	Selectivo	33 m ² /ha	.	30% CD<15: 20% CD 15-25: 40% CD>25: 40%	.		
Quercus spp.	Irregular	Por lo alto	27 m ² /ha	.	35%	.		

Estimación servicios ecosistémicos forestales



Habitats & Biodiversity

Blue water

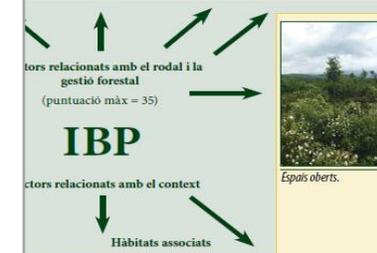
Surface fuel

MEDFATE package

<https://emf-creaf.github.io/medfate/>

P evapotranspiration = transpiration + evaporation

P = precipitation



Stocks: Madera en pie



Madera muerta



Productos



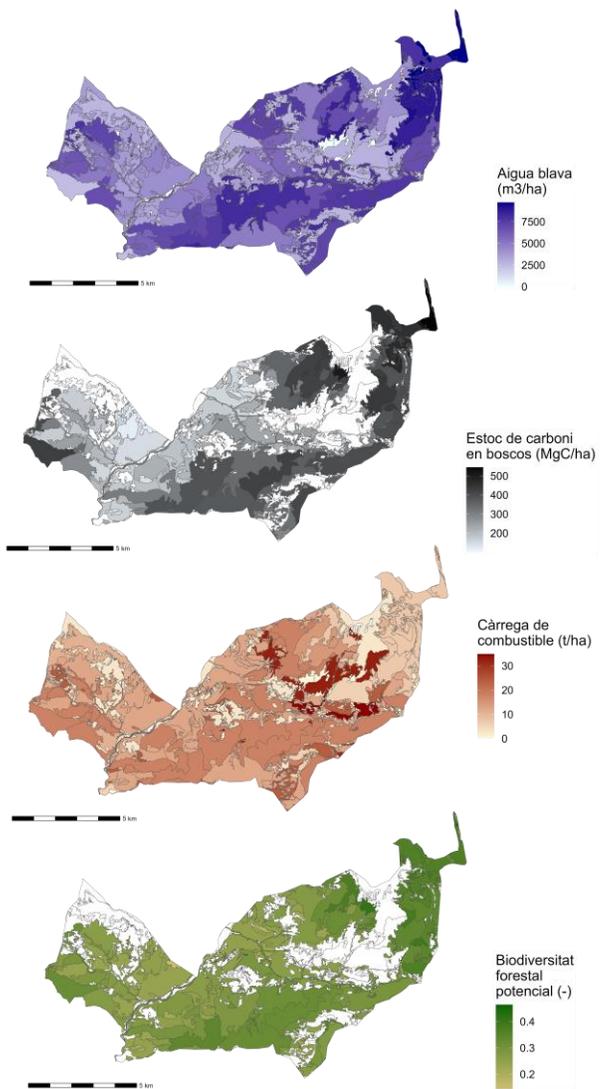
Emisiones: Descomposició de la madera muerta + Fin de la vida útil de los productos forestales

Efecto substitución

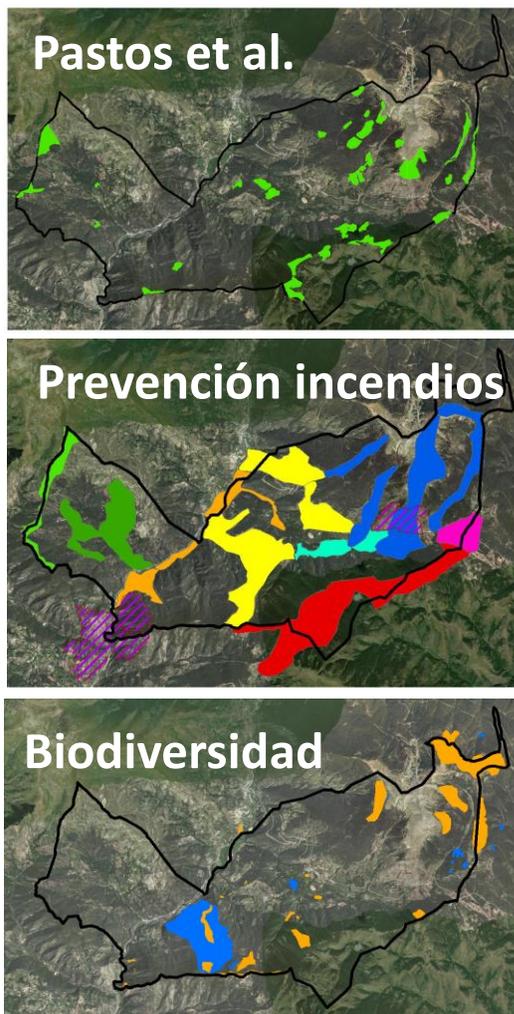


Planificació del paisatge

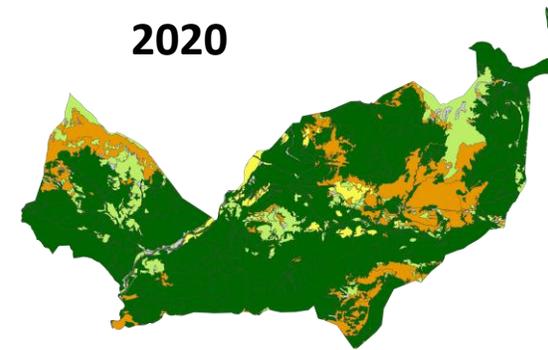
Servicios ecosistémicos



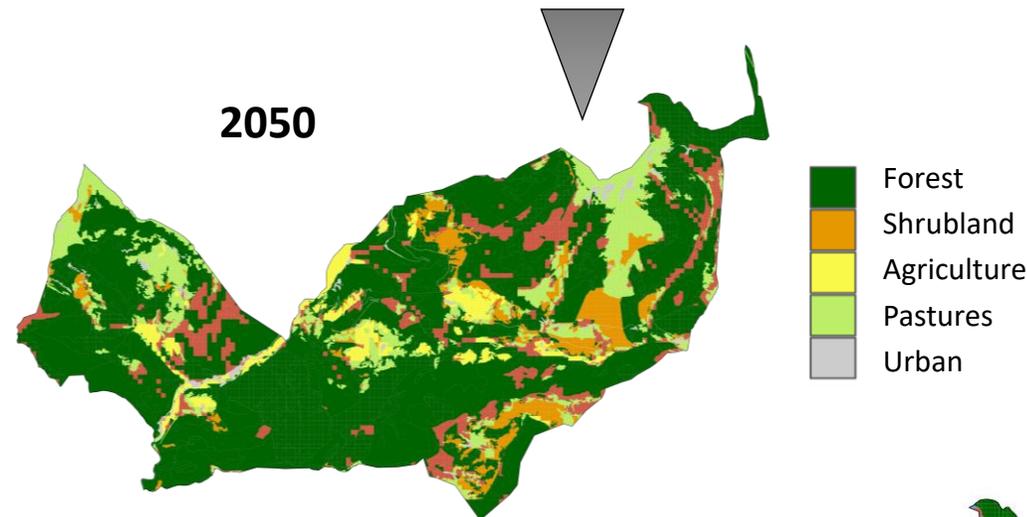
Criterio expert para áreas específicas



2020



2050



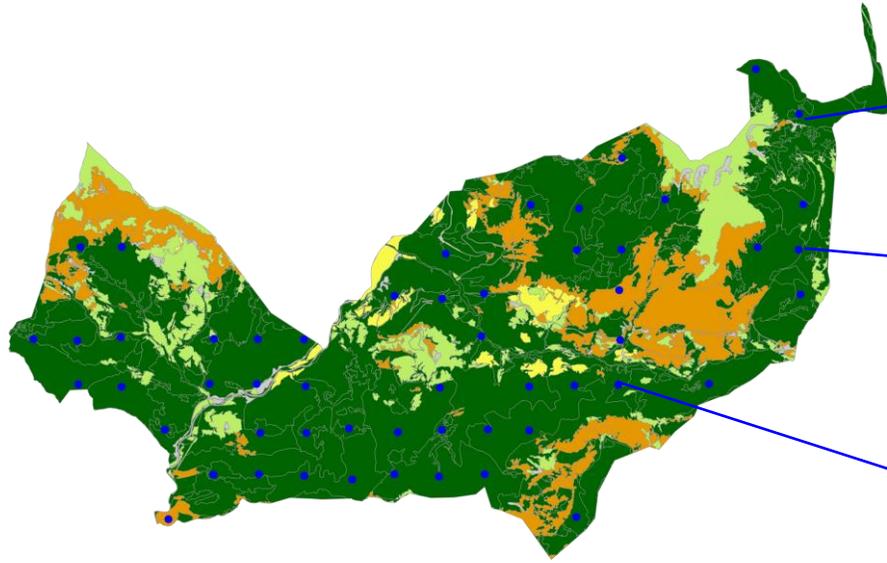
5 km

02 /

Imputación y segmentación forestal con datos LiDAR y de IFN

Imputación forestal

Objetivo: para cada rodal forestal, obtener la distribución de clases diamétricas por especie



LiDARCAT2
2016 -2017
0.5 puntos / m²
Métricas en ráster 20m

Determinar la similitud de una localización cualquiera con una parcela INF4

Entrenar una métrica de similitud forestal con las parcelas del IFN4 → óptima

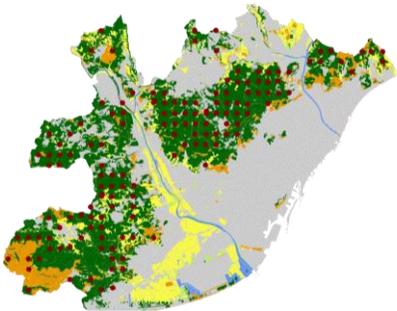
En base a:

- Coordenadas (X, Y)
- 4 variables topográficas: elevación, pendiente, orientación respecto N, orientación respecto E
- 99 métricas LiDAR (derivadas de la nube de retornos)

Imputación forestal

Método: algoritmo *k-nearest neighbours* (k-NN)

Datos en parcelas IFN en el área de estudio + 20 km buffer:

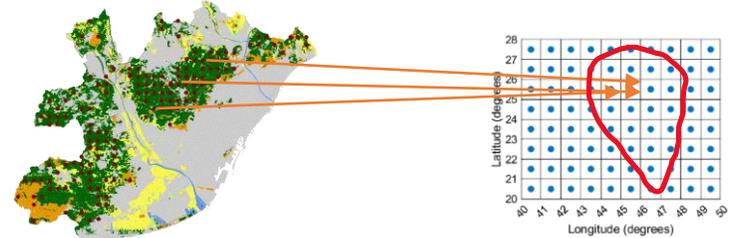


- 2 coordenadas (X, Y)
- 4 topográficas
- 99 LiDAR métricas

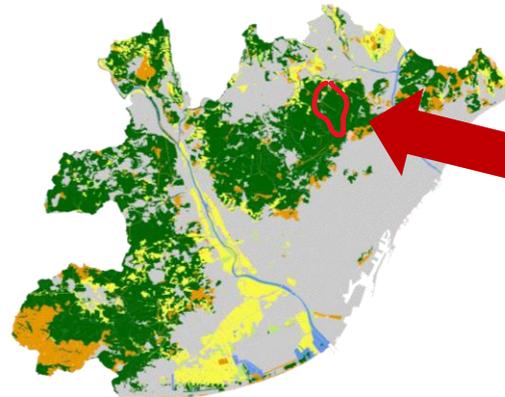
Simulated annealing & differential evolution para entrenar i construir la métrica óptima de similitud forestal

$$D_{ij} = \left[\sum_{n=1}^N w_n (x_{ni} - x_{nj})^2 \right]^{0.5}$$

Aplicarla a las 105 variables en la malla raster de 20 x 20 m → para cada celda raster, se obtienen los k = 3 vecinos más similares = 3 parcelas IFN más similares forestalmente

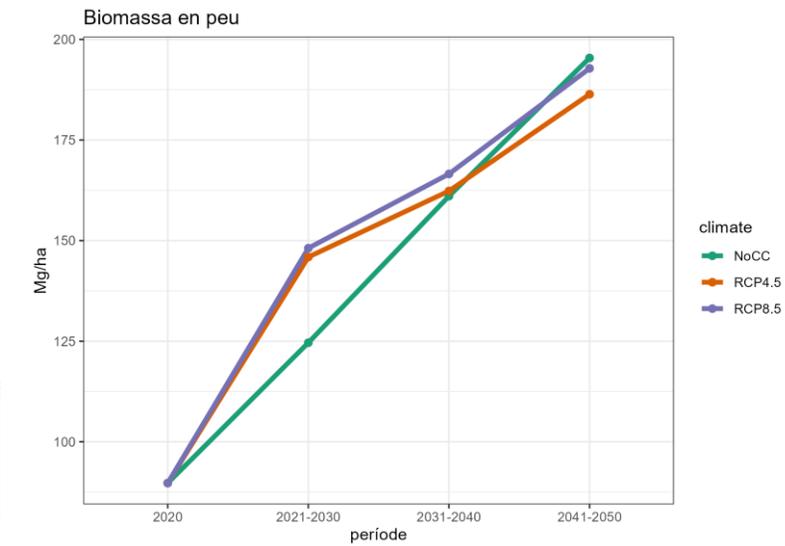
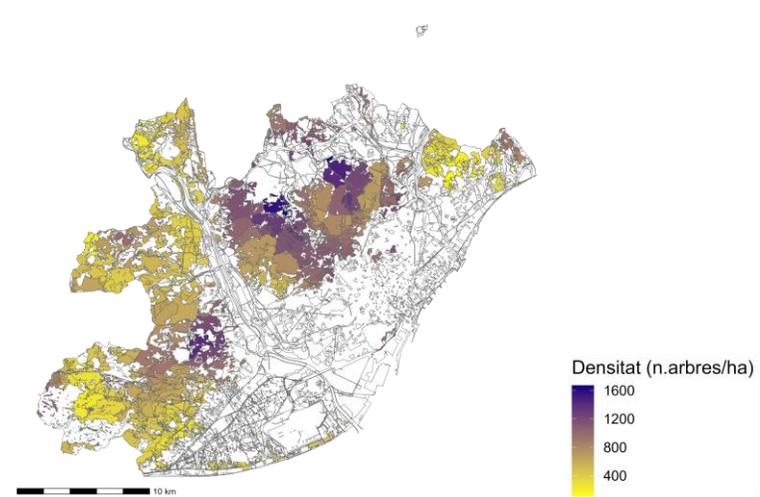
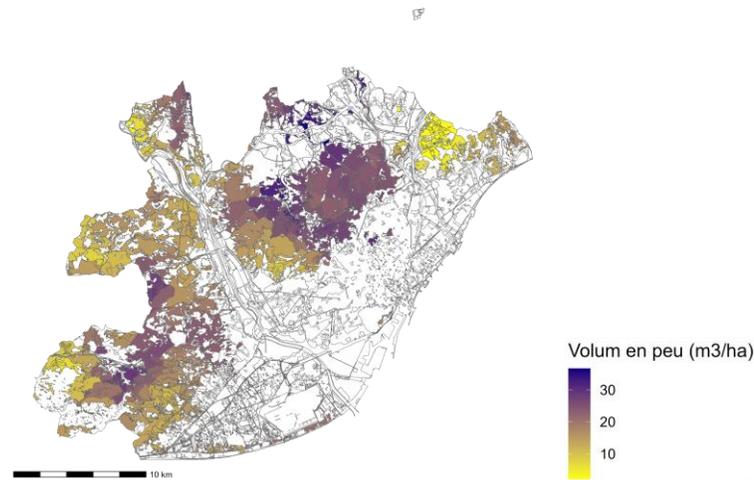
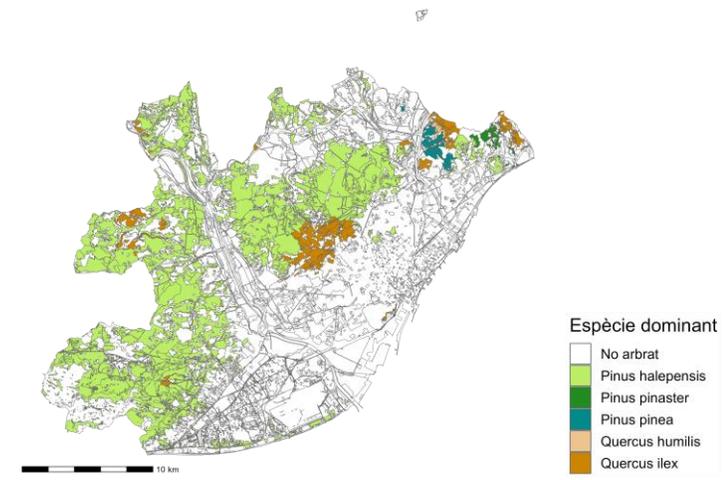
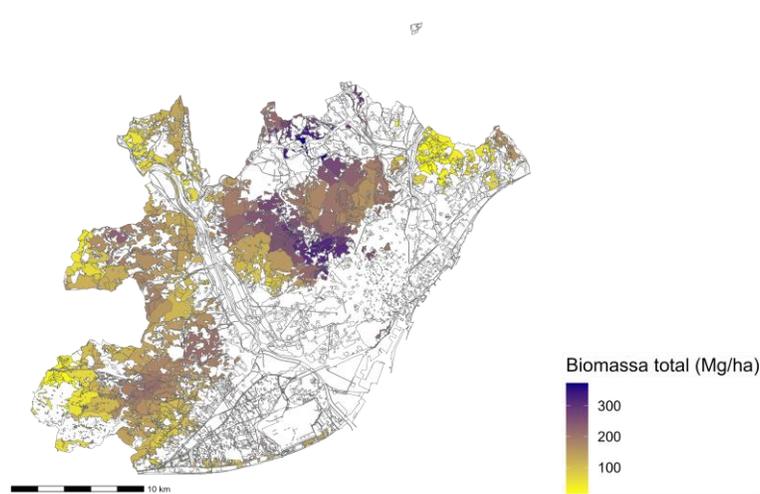
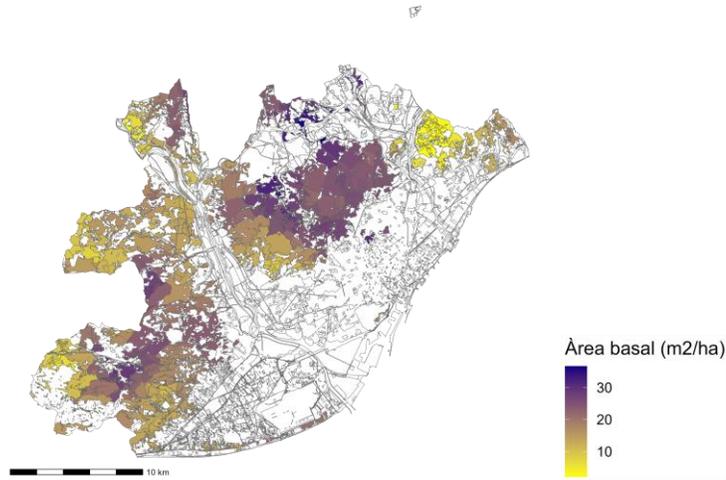


Agregar la distribución de clases diamétricas de las celdas ráster para obtener la del rodal

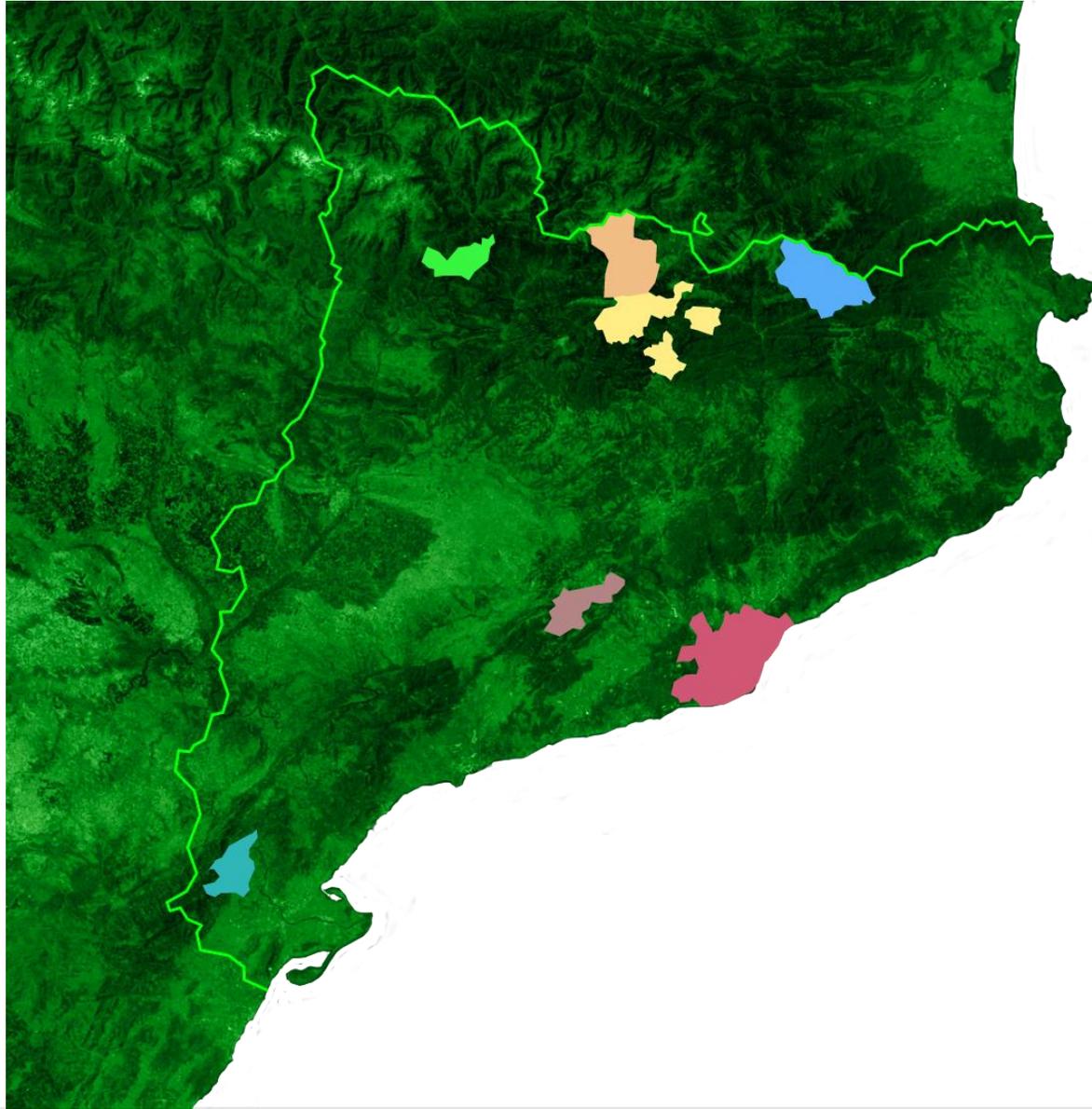


ID rodal	Espècie	Narbres/ha	Diàmetre (cm)	Alçada (m)
1	22	14.15	27.95	10.0
1	22	14.15	23.80	9.5
1	22	31.83	14.00	6.5
1	76	14.15	32.45	8.0
1	24	31.83	13.15	5.0
1	24	14.15	27.70	5.5
1	24	31.83	16.95	5.5
1	21	31.83	13.50	3.0
1	24	31.83	18.10	10.0

Variables forestales



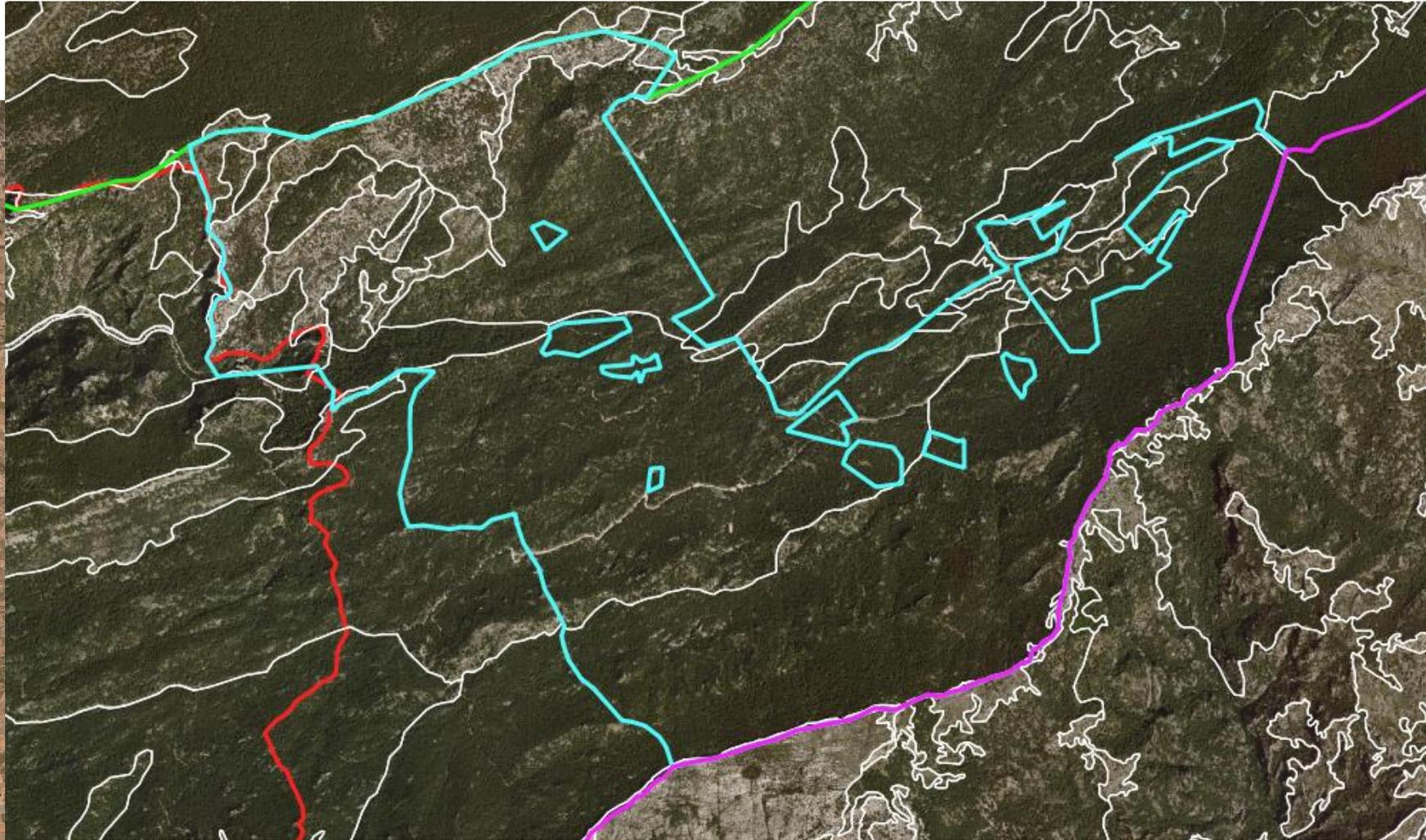
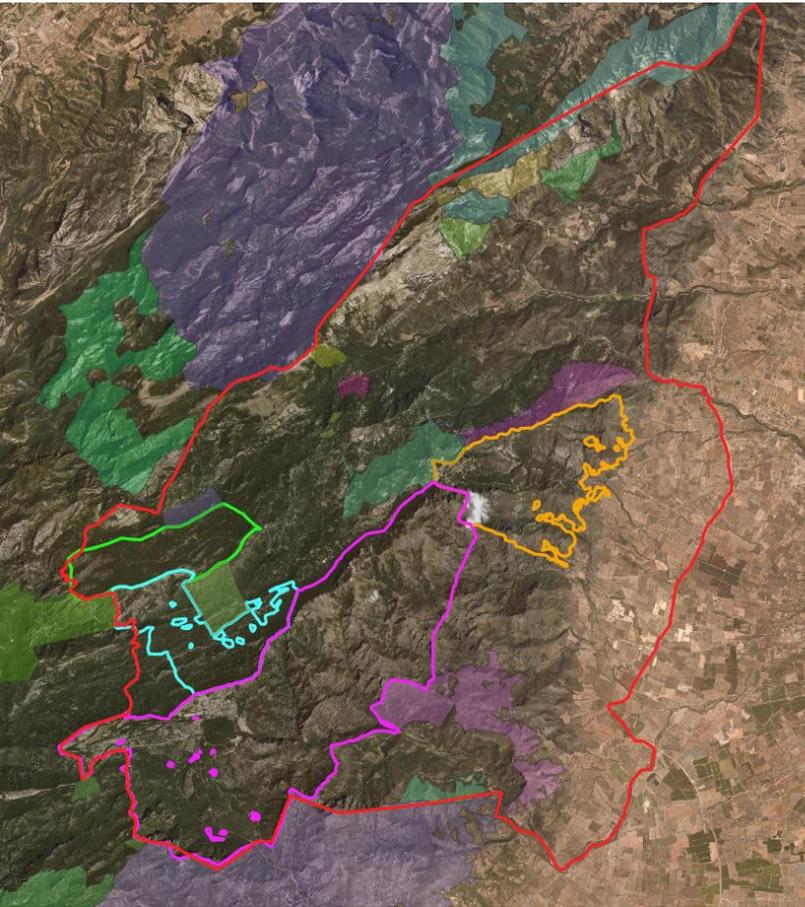
Àrees piloto



- SORIGUERA** / 10.598 ha
Risks: forest fires, drought and soil degradation
- TERRES DE L'EBRE** / 14.002 ha
Risks: forest fires, water quality and biodiversity loss
- VALL DE CAMPRODON** / 29.323 ha
Risks: forest fires and water quality (agricultural and livestock activity)
- VALL DEL CARME** / 13.776 ha
Risks: drought, forest fires, depopulation
- CERDANYA** / 27.697 ha
Risks: forest fires
- BERGUEDA** / 32.358 ha
Risks: forest fires
- Metropolitan Area of Barcelona** / 63.800 ha
Risks: forest fires, drought

Segmentación

15.435 ha



Segmentación

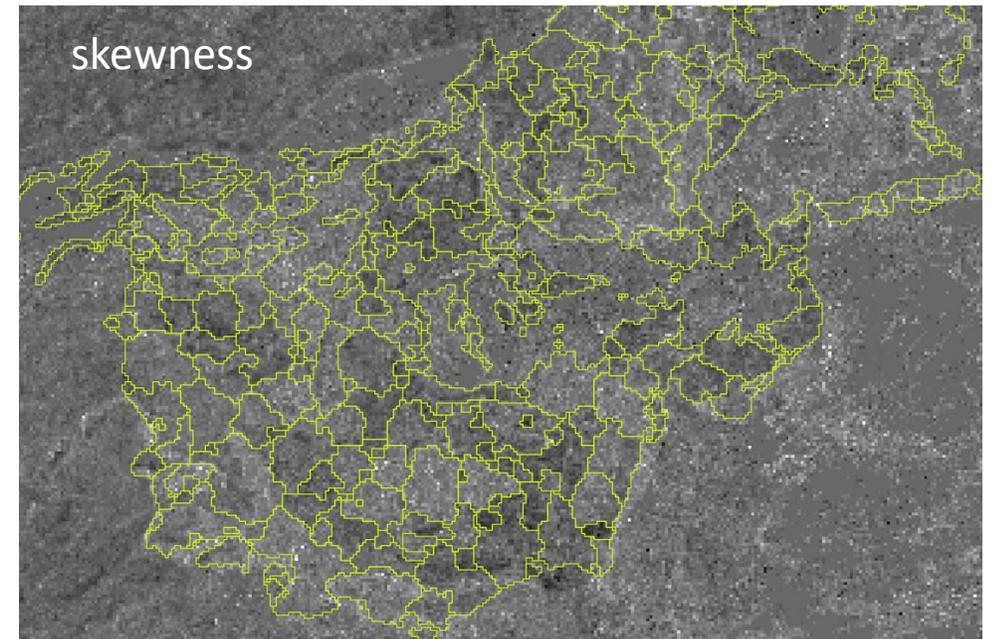
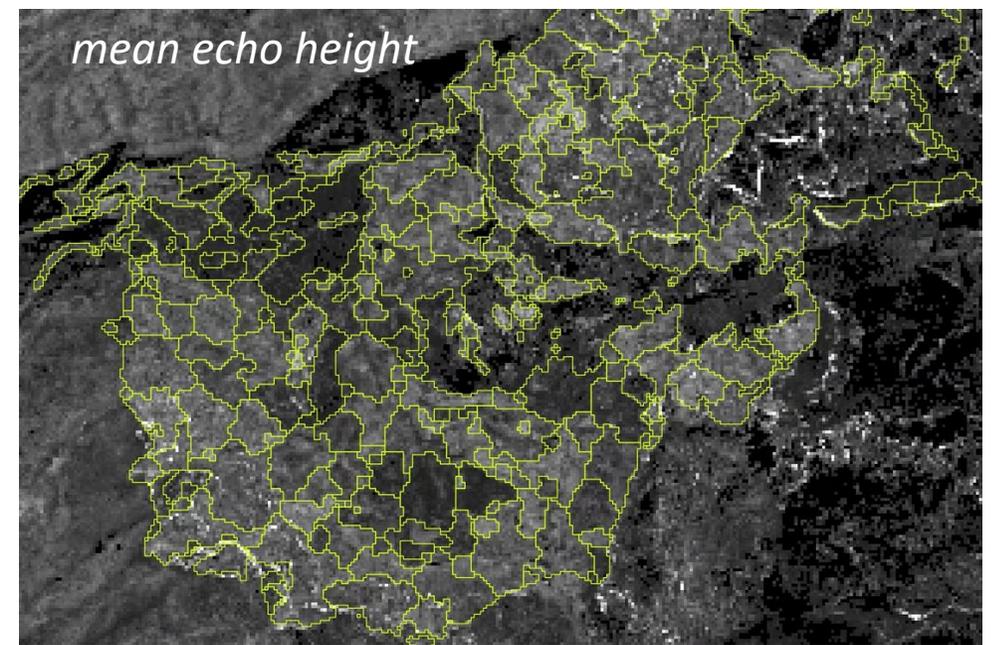
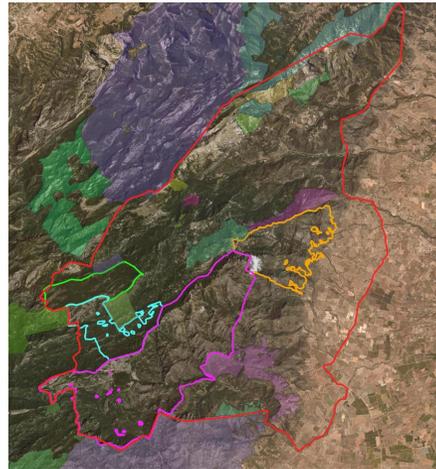
Aproximación clásica:

- *Segmentation by applying SOM, CA or knnCA*
- *Mode filtering (MF)*
- *Renumbering*
- *Cleaning*

Aproximación híbrida:

- *Segmentation by applying SOM, CA or knnCA*
- *Renumbering*
- *Border smoothing by applying CA'*
- *Cleaning*

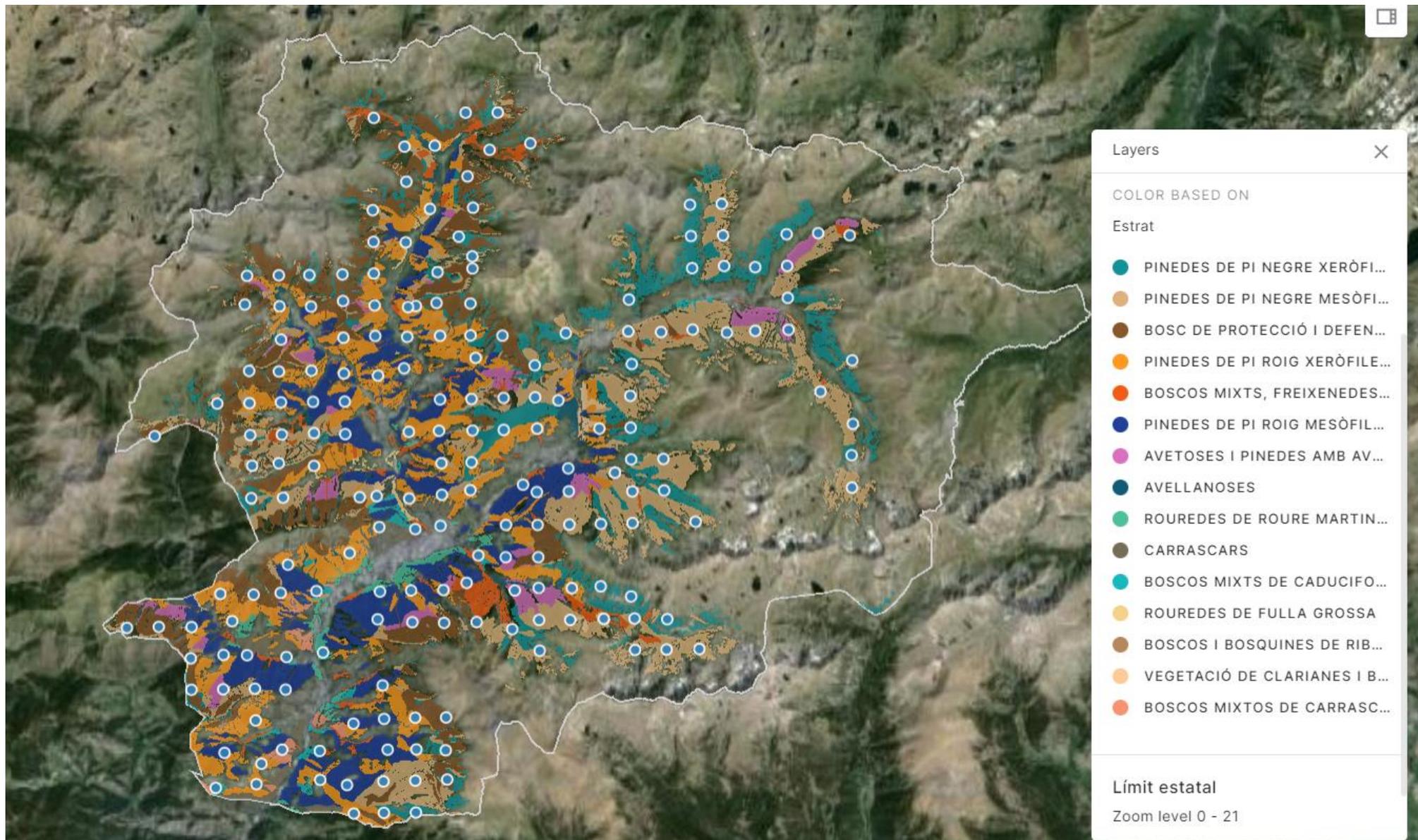
Híbrida
CA – CA'



03 /

Elementos de discusión para el IFN5

1er Inventario Nacional Forestal (INF1) del Principado de Andorra



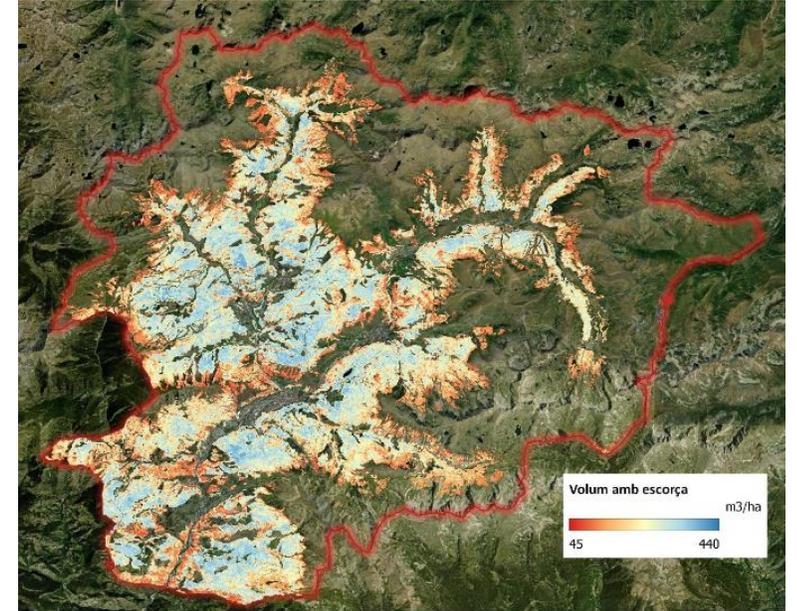
1er Inventario Nacional Forestal (INF1) del Principado de Andorra

1. Diseño y realización del muestreo de campo → 9.901 pies

- Parcelas
- Arbolado
- Sotobosque
- Madera muerta

2. Mapa de variables biofísicas del bosque

- Datos INF1 (2022) y LiDAR (2018)
- Àrea Basal (AB, m²/ha), el Diàmetre mig quadràtic (Dg, cm), la Fracció de Cabuda Coberta (FCC, %), l'Alçada mitjana (Hm, m), el Volum amb Escorça de la fusta viva (VAE, m³/ha), la Densitat de peus vius inventariables (N, peus/ha), la Biomassa Aèria Total de l'arbrat (BAT, t/ha), la Biomassa Subterrània Total de l'arbrat (BST, t/ha), el Carboni Aeri Total de l'arbrat (CAT, t/ha), el Carboni Subterrani Total de l'arbrat (CST, t/ha), el Carboni de la Matèria Orgànica del Sòl (CMO, t/ha), l'Increment Anual de Volum amb Escorça de fusta viva (IAVC m³/ha·any), l'Increment Anual de Carboni Aeri Total de l'arbrat (ICAT, t/ha·any) i l'increment Anual de Carboni Subterrani Total de l'arbrat (ICST, t/ha·any).



3. Estimación del stock y el sumidero de carbono total en los bosques de Andorra

Elementos de discusión para el IFN5

1. Ampliar/mejorar las variables a muestrear
 - Biodiversidad (medida indirecta tipo Índice de Biodiversidad Potencial)
 - Suelo
 - Altura 1er rama viva
 - Ancho copas (canopy bulk density)
 - Sotobosque (matorrales y herbazales)

→ Modelos de combustibles

→ Balance hídrico, stocks carbono, combustibles
2. Árboles pequeños x 3 (más en mayor radio) → Mejor estimación desarrollo futuro de la masa
3. Radio fijo vs. variable
4. En Cataluña, recuperar parcelas del IFN3 que no se muestrearon en el IFN4 (~50%)
5. Red 16 x 16 km y 8 x 8 km para el muestreo anual del estado sanitario del bosque
6. Uso de teledetección (satélite & LiDAR) y modelos de dinámica para actualizar IFN
7. Muestreo estratificado
8. LiDAR terrestre, fotos, ... <https://www.katam.se/> <https://www.trestima.com/w/en/>

Gracias por su atención

nuria.aquilue@ctfc.cat

CTFC



SCIENCE FOR FOREST MANAGEMENT,
BIODIVERSITY & BIOECONOMY

Change the future, today