



agresta
Forest solutions for the future

Sensores Remotos para Seguimiento de Ecosistemas Forestales

José Luis Tomé

Mas de 20 años innovando para
cuidar nuestros bosques
trabajando bajo los valores del
modelo cooperativo

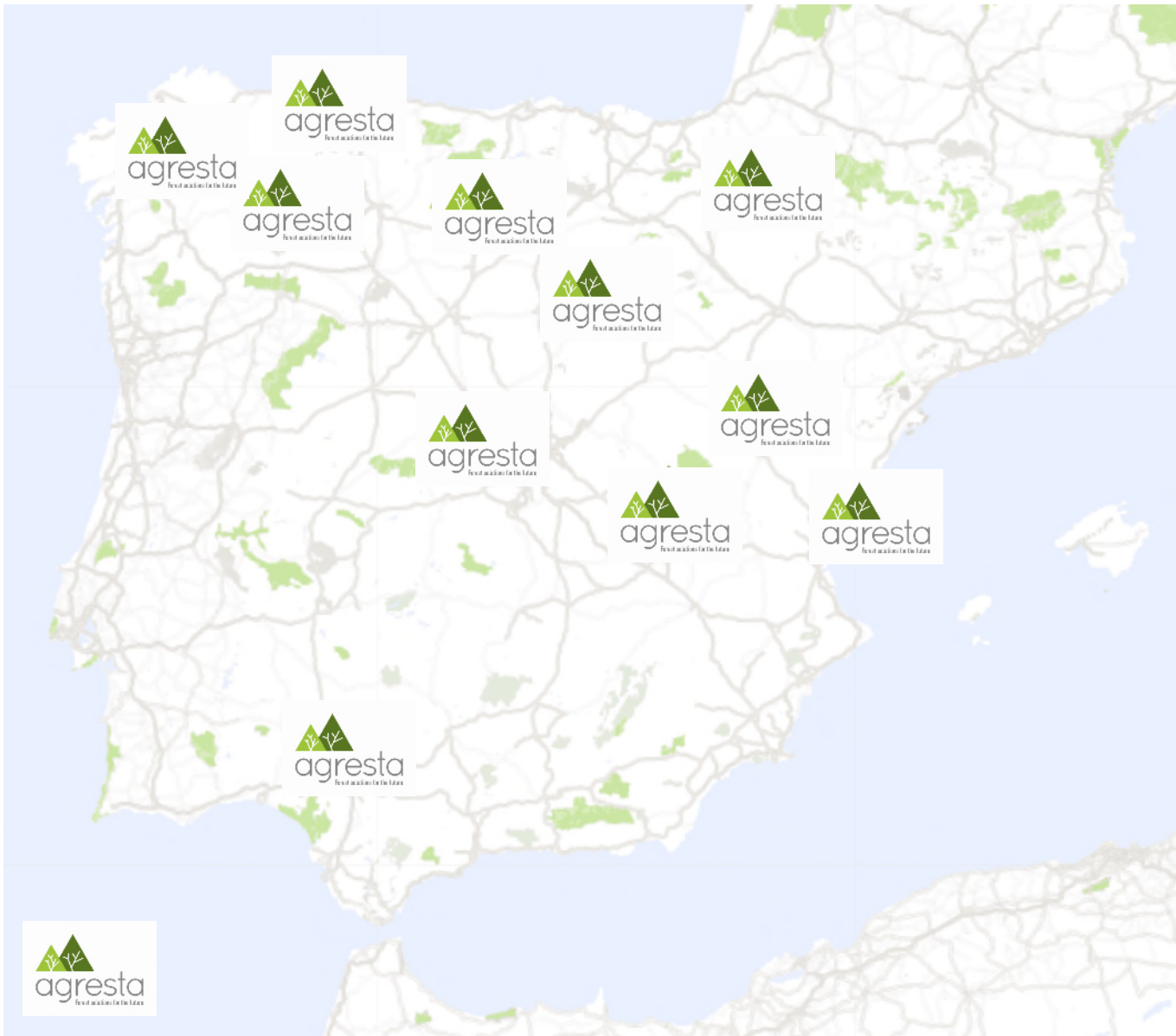


PYME INNOVADORA

Válido hasta el 16 de julio de 2023



Sobre Agresta



Proyecto Cooperativo

Centrados en bosques y desarrollo rural

Creada en 2000

+ 65 empleados

Equipo I&D team: 12 doctores expertos en sensores remotos+ desarrollo de softwares

12 centros de trabajo en España

Proyectos nacionales e internacionales

Oportunidades



SENSORES
REMOTOS

SOFTWARE
LIBRE



**REUTILIZACIÓN
INFORMACIÓN**



*Puesta en Valor
de datos
disponibles
Para el
Seguimiento de
Ecosistemas
Forestales*



CAPACIDAD
COMPUTACIÓN

FORMACION
TRATAMIENTO DE
DATOS

**NUEVOS
PRODUCTOS**



PRIMER CASO DE ESTUDIO: DINAMICA DE SOTOS DE CASTAÑO EN EL BIERZO





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



**ACTIVIDAD 3 del Resultado 1:
Realización de inventarios de las especies objetivo mediante teledetección**

EL USO DE SENSORES REMOTOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE CASTAÑO EN EL BIERZO

Financia



Socios



ASOCIACIÓN PROFESIONAL DE INGENIEROS DE MONTES AL SERVICIO DE LA HACIENDA PÚBLICA

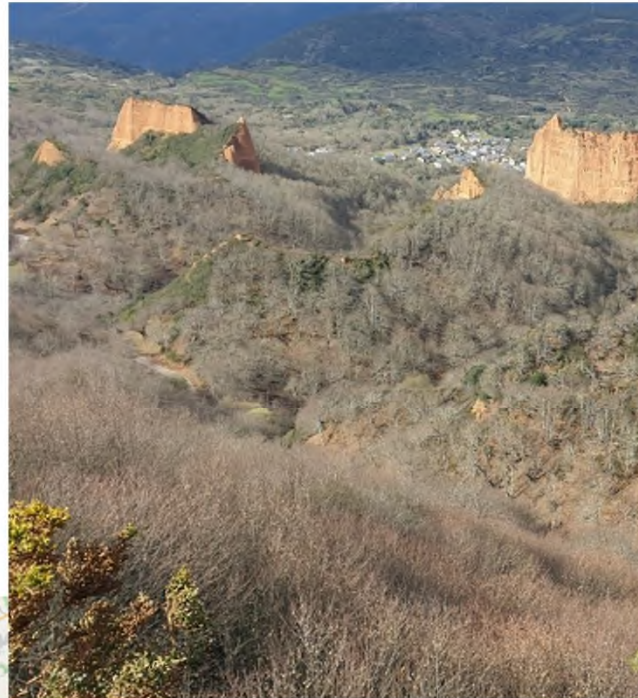


Colaboran

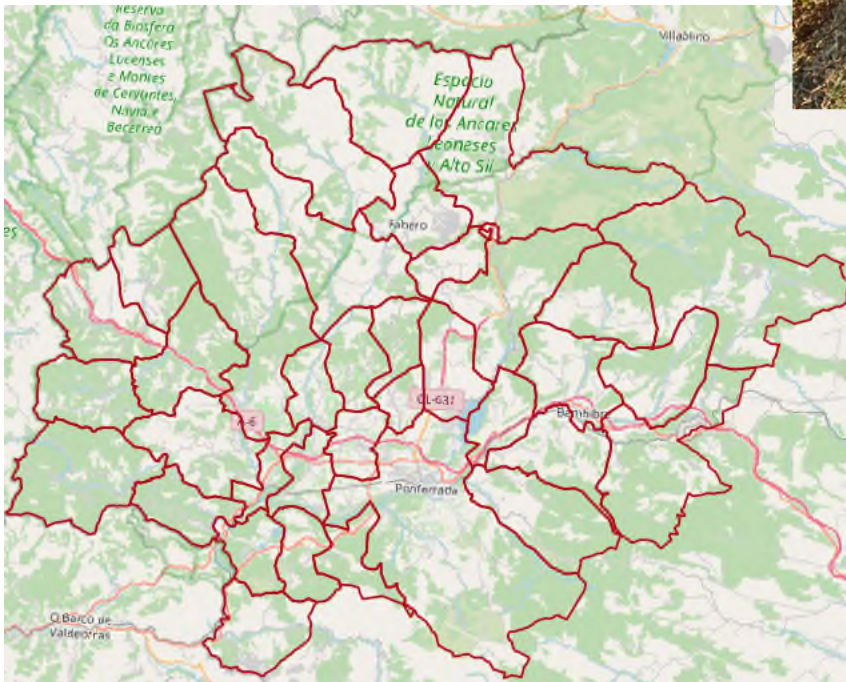


<https://www.minifundio.es/>

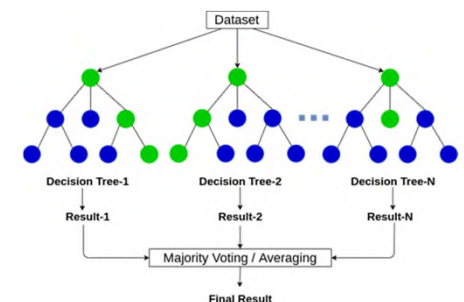
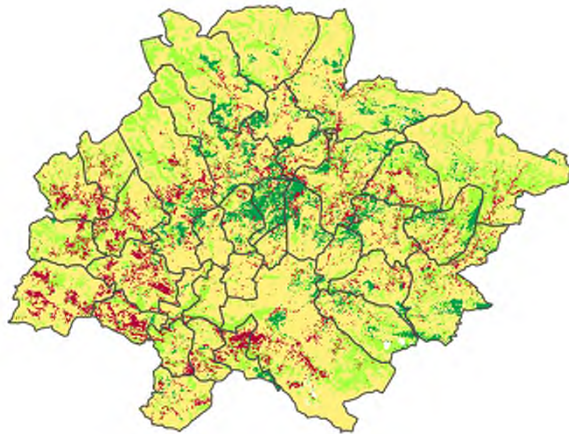
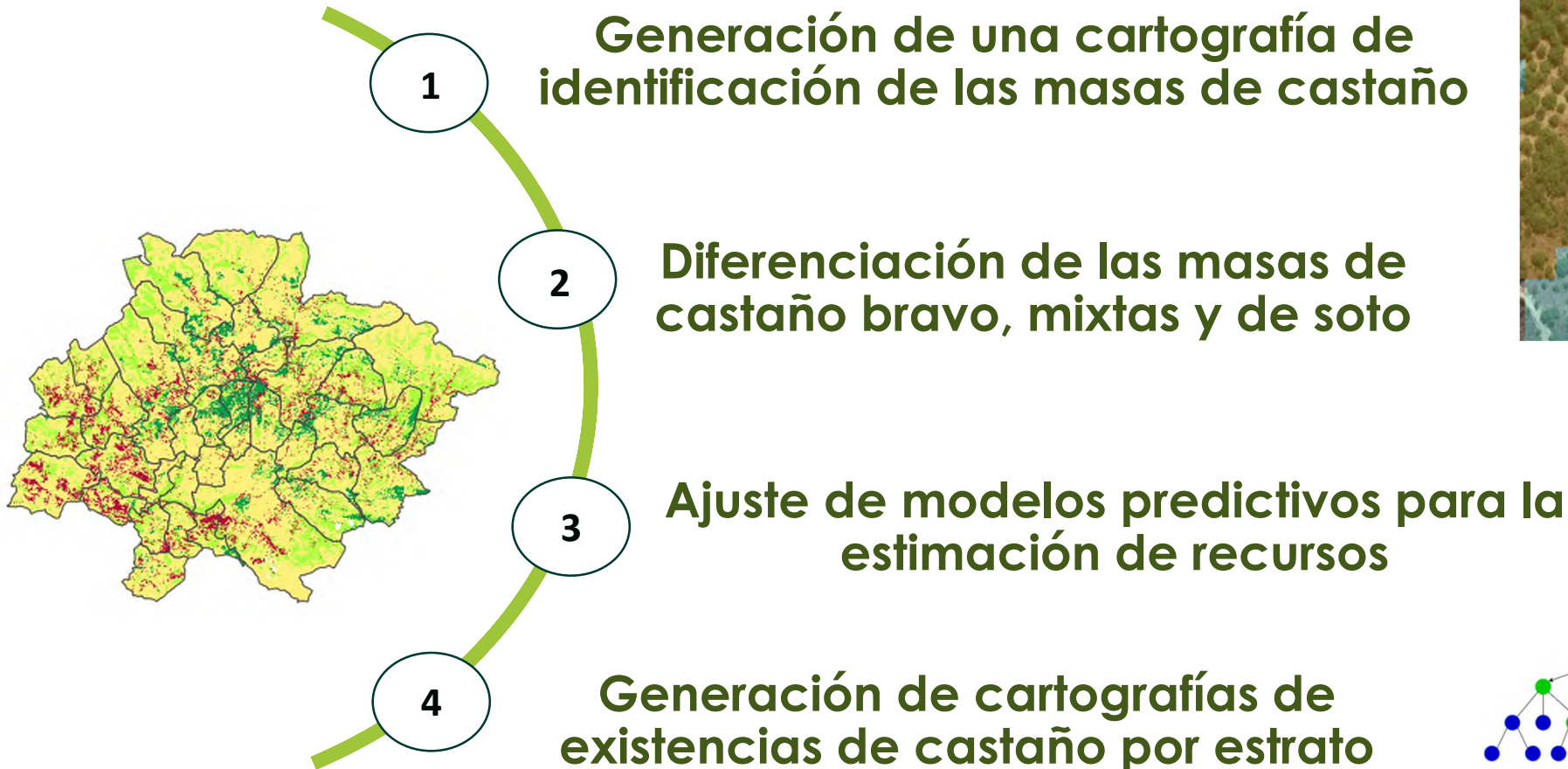
Zona de estudio



Comarca del Bierzo



Combinación Sensores Satelitales y LIDAR



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*)

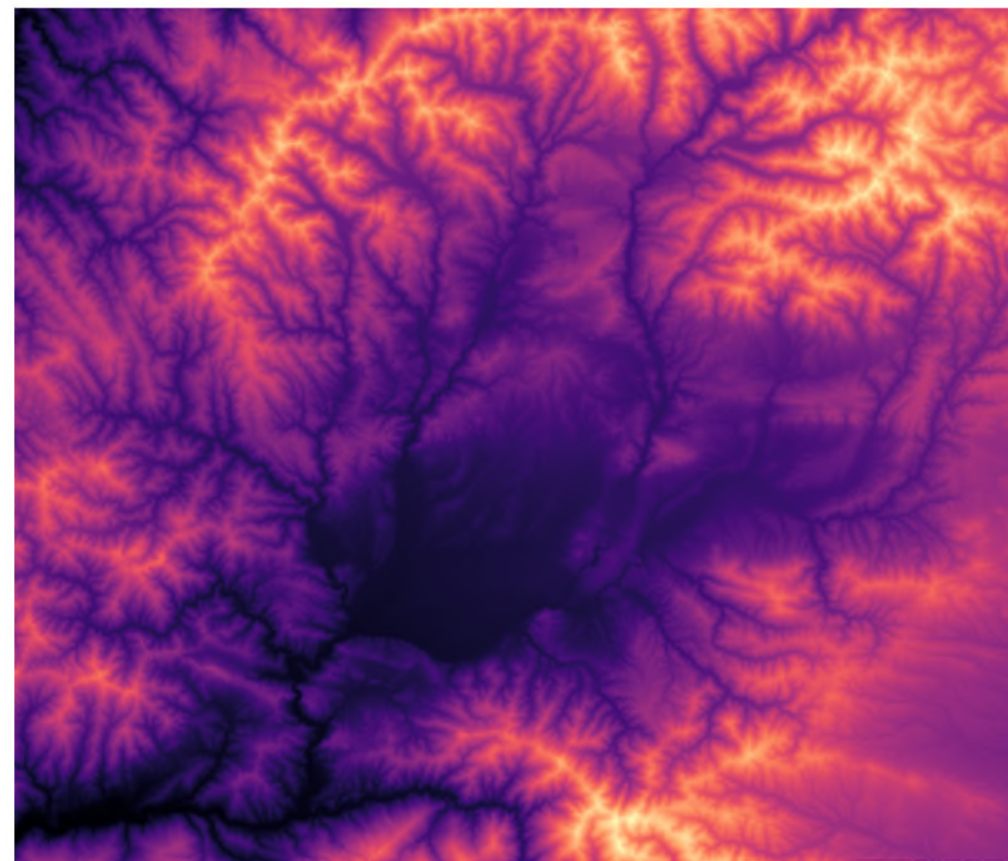
EVI (*Enhanced Vegetation Index*)

NDMI (*Normalized Difference Moisture Index*)

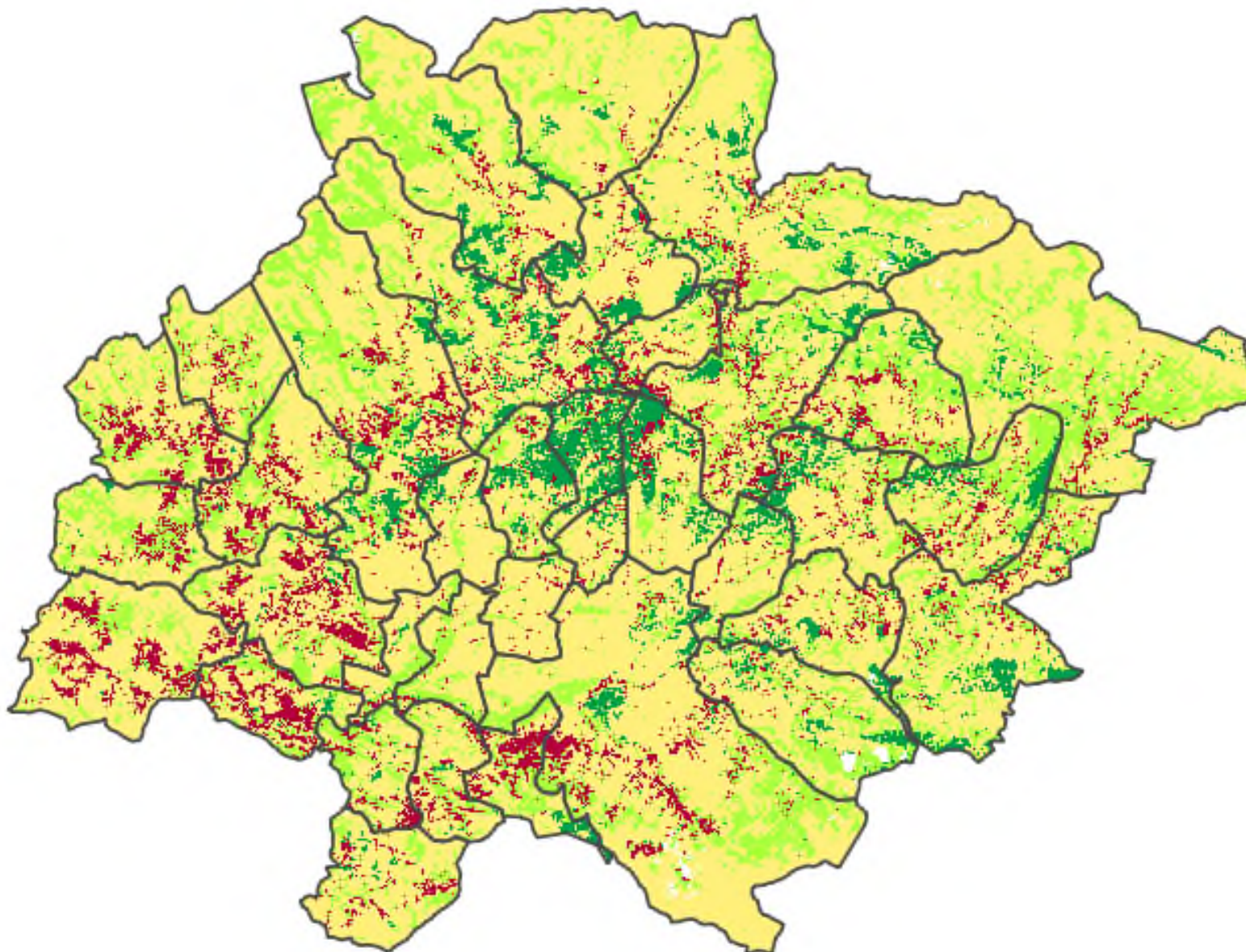
NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*)

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



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.



▶ Castaño de sotos



▶ Masas mixtas

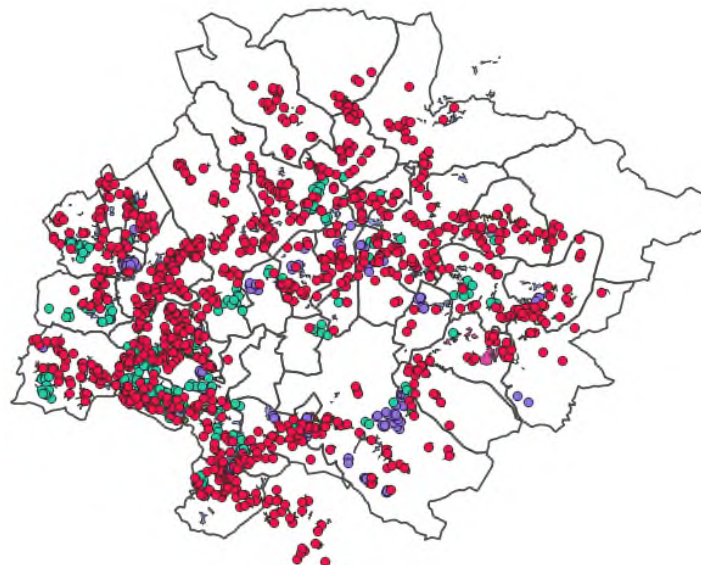


▶ Castaño bravo



Clasificación de Castaño en el Bierzo

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



Importancia de la **calidad de la muestra de entrenamiento**

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 ?



Estructura a partir de análisis LiDAR

Métricas calculadas perfil arbolado (2m a 40m)

➤ FCC/P25/P95/P50/CRR

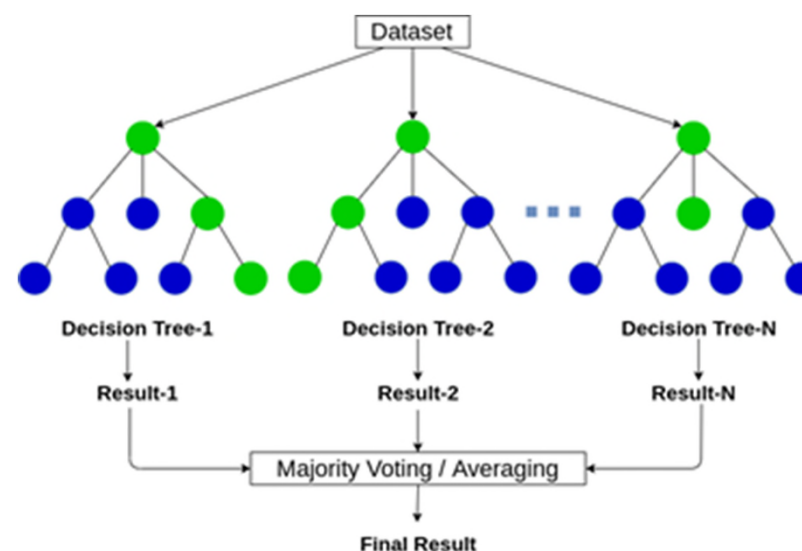
Métricas calculadas perfil matorral (0,5 a 2m)

➤ FCC



Selección de variables. Ajuste modelos
de predicción Random Forests

FCC arbolado
P25 arbolado
CRR arbolado
FCC matorral



Clasificación de Castaño en el Bierzo



Masas clasificadas
como castaños en
soto

Masas clasificadas
como masas
mixtas de castaño



- **Exactitud global: 76 %**

- Errores omisión:
 - 15% masas castaño bravo
 - 34% masas castaño mixtas
 - 22% masas castaño soto

SEGUNDO CASO DE USO: SANIDAD FORESTAL



Objetivos

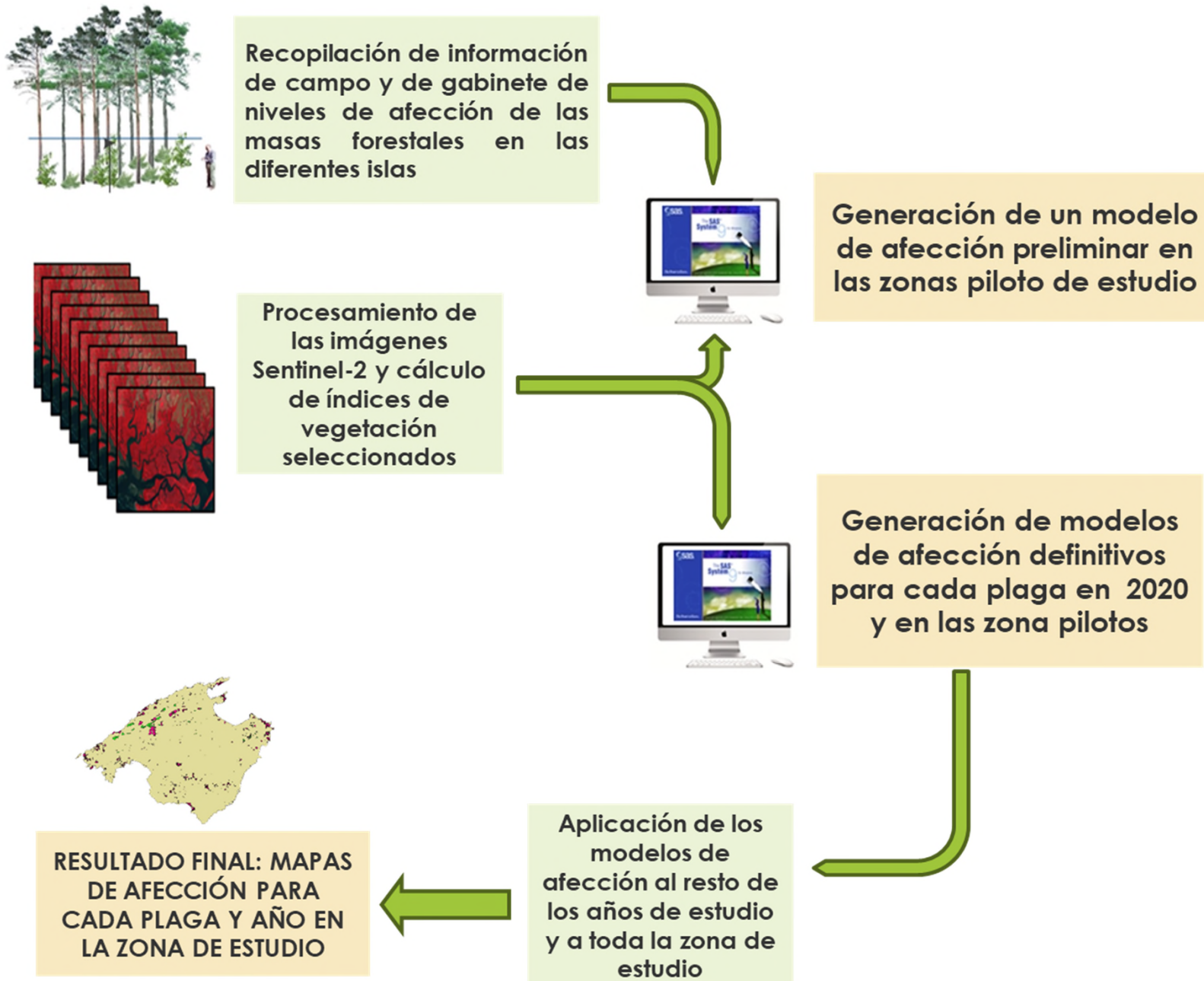
Generar mapas de afectación de la oruga peluda en masas de encinas en Mallorca y Menorca.

Afectación de los últimos cuatro años (2018-2021) y del periodo 2008 – 2010 a partir de la calibración de **modelos basados en datos de sensores remotos y la información de campo** suministrada por el servicio de Sanidad Forestal.

Lymantria dispar u oruga peluda es un insecto defoliador que se alimenta, en estado de oruga, principalmente de hojas y brotes de la encina. Se trata de una especie con explosiones poblacionales repentinas y cíclicas. En Menorca se vivió uno de estos episodios en 2006 y en Mallorca se experimentó un segundo brote en 2018.



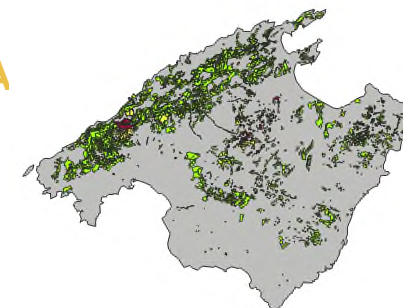
Esquema metodológico



Información de referencia



RECONOCIMIENTO VISUAL
AEROTRANSPORTADO O DESDE TIERRA
CON PRISMATICOS



PLAGA	NIVEL DE AFECTACIÓN MAPAS SERVICIO FORESTAL	NIVEL DE AFECTACIÓN MODELIZADO	LEYENDA
ORUGA	0	0	Sin defoliaciones
	1	1	Defoliaciones parciales
	2	2	Defoliaciones totales constituyendo focos dispersos en la masa
	3	2	Defoliaciones totales continuos en la masa

Datos de teledetección

Se han procesado **imágenes satelitales Landsat e imágenes Sentinel-2**. Se seleccionaron únicamente las imágenes con una cobertura de nubes inferior al 10% para cada escena Sentinel-2 desde 2017 a 2021. En el caso de Landsat las imágenes descargadas eran del año 2005 y desde 2008 a 2010.



Pico de la plaga de oruga peluda: finales de **mayo** a principios de **julio**, imágenes adquiridas en dichos meses.

A partir de ellas, y para cada mes, se creó una **composición temporal** en base al método del píxel más verde. Partiendo de estas composiciones se extrajeron las bandas espectrales del **visible, borde rojo (red-edge), infrarrojo cercano e infrarrojo medio** y se calcularon siete índices de vegetación (IV)

Índices de vegetación



Índice de Vegetación	Cálculo con las bandas de Sentinel-2 ⁽¹⁾	Descripción
NDVI	$(NIR - R) / (NIR + R)$	“Normalized Difference Vegetation Index”
GNDVI	$(NIR - G) / (NIR + G)$	“Green Normalized Difference Vegetation Index”
NBR	$(NIR - SWIR2) / (NIR + SWIR2)$	“Normalized Burnt Ratio”
NDGI	$(G - R) / (G + R)$	“Normalized Difference Green Index”
NDI45	$(RE2 - R) / (RE2 + R)$	“Normalized Difference Index 45”
NDMI	$(NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1)$	“Normalized Difference Moisture Index”
NDWI	$(NIR - SWIR2) / (NIR + SWIR2)$	“Normalized Difference Water Index”
MSI	$SWIR1 / NIR$	“Moisture Stress Index”

⁽¹⁾ Band 3 – Green (G); Band 4 - Red (R); Band 6 - Vegetation Red Edge 2 (RE2); Band 8 – Near Infrared (NIR); Band 11 – Short Wave Infrared 1 (SWIR 1); Band 12 – Short Wave Infrared 2 (SWIR2)

Índices de vegetación



Para el análisis de los brotes de oruga se trabajó con **variables de cambio entre años sin defoliación y años con defoliaciones** debido a la plaga. Para el brote de **2008 a 2010** se fijó **2005** como año base no defoliado (antes de la plaga), mientras que para el **segundo brote** se estableció **2017**.

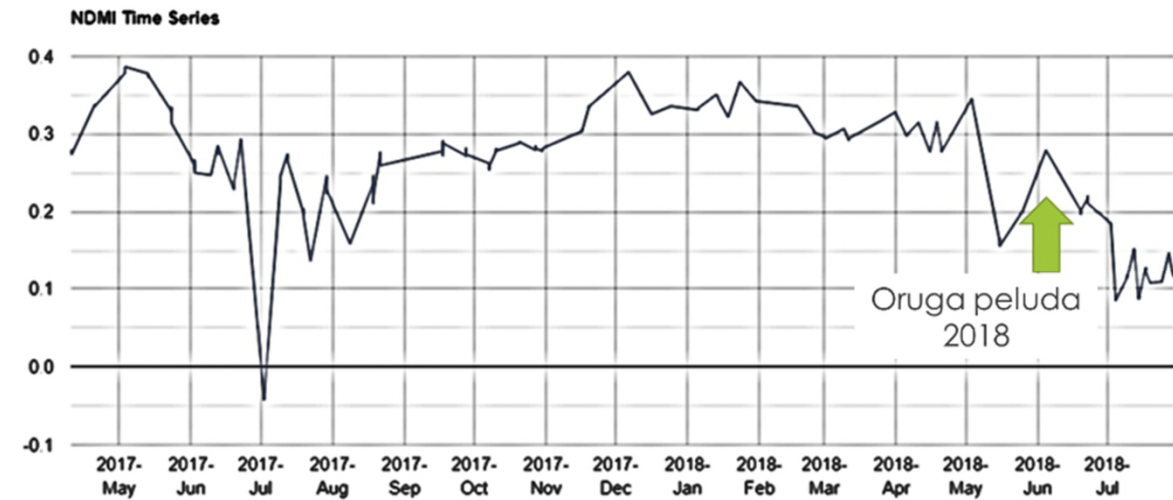
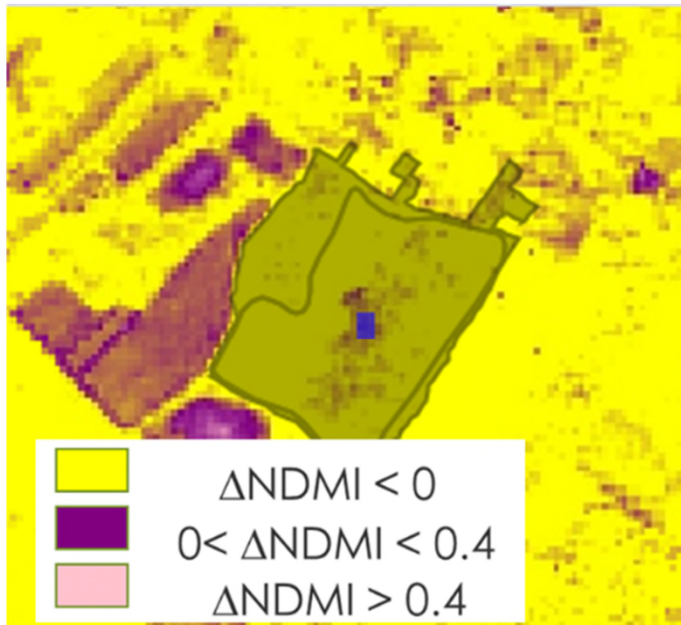
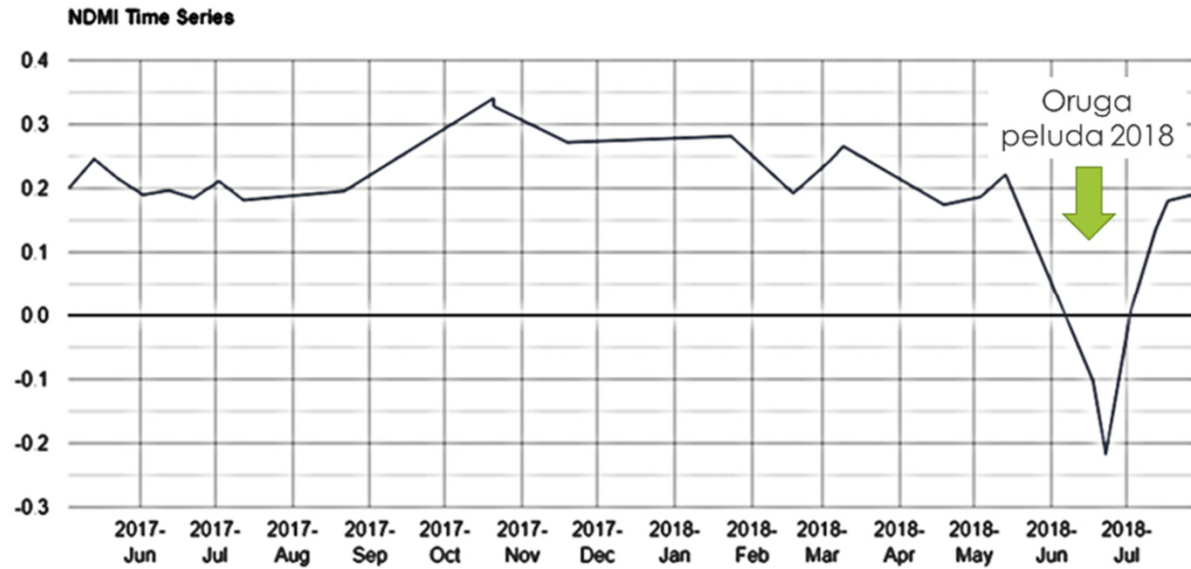
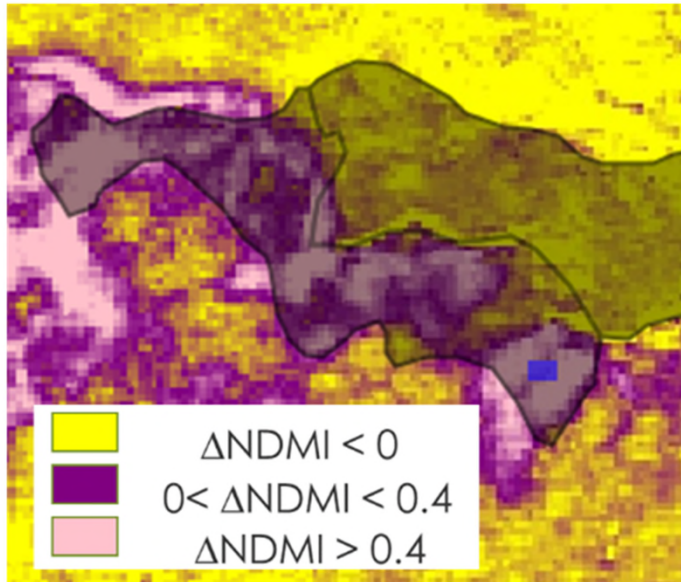
Estas variables de cambio (Δ) se han calculado como la **diferencia entre una banda o IV en el mes del año base no defoliado y el mes del año en el que se analiza la plaga**, siempre comparando el mismo mes para evitar diferencias fenológicas (enero con enero, febrero con febrero...).

$$\Delta IV = IV_m (\text{año base}) - IV_m (\text{año defoliado})$$

$$\Delta B = B_m (\text{año base}) - B_m (\text{año defoliado})$$

donde m hace referencia a cada mes analizado, mayo a junio, y b a la banda espectral

Datos de referencia

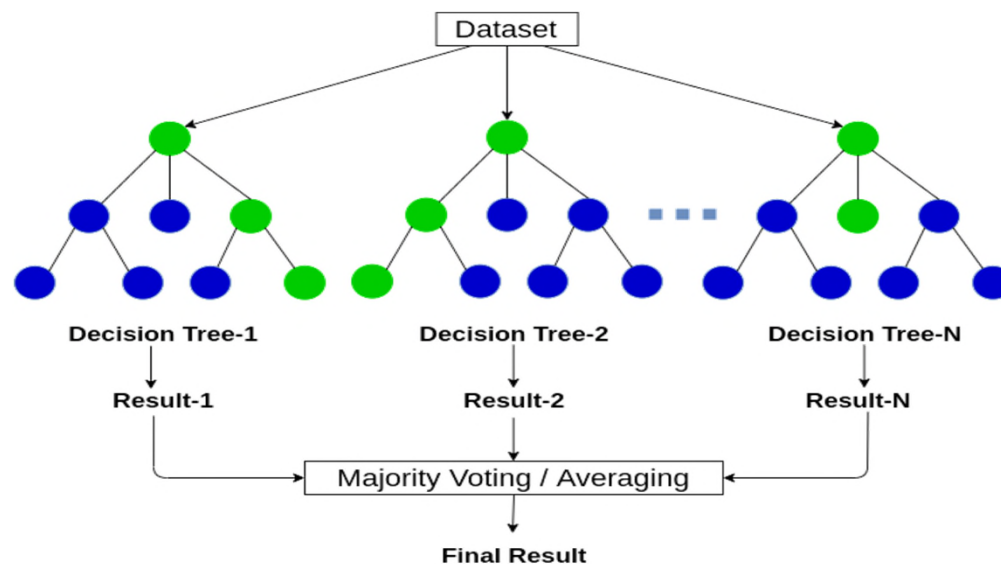


Modelos de clasificación

Para la **calibración de los modelos RF** se utilizaron los datos de calibración y los datos espectrales de los años base antes de la plaga (2005 para el primer brote y 2017 para el segundo) y del año en cuestión en el que se analiza la plaga. Se utilizaron tanto las **variables de cambio como las bandas espectrales e índices de vegetación de cada año y mes.**

El ajuste de los modelos de afectación se realizó con las **variables predictoras más óptimas seleccionadas** según la metodología desarrollada en el paquete de R VSURF.

Las defoliaciones del **primer brote (2008-2010)** se examinaron con datos Landsat, de aquí en adelante **“modelo Landsat”**, y el segundo brote con datos Sentinel (2018-2021) por ello **“modelo Sentinel”**.



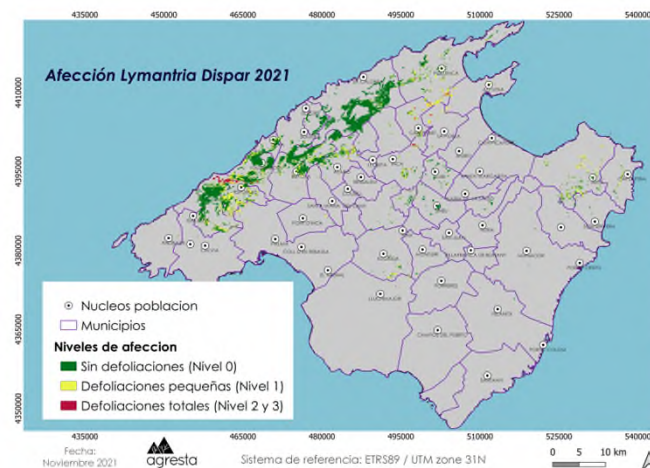
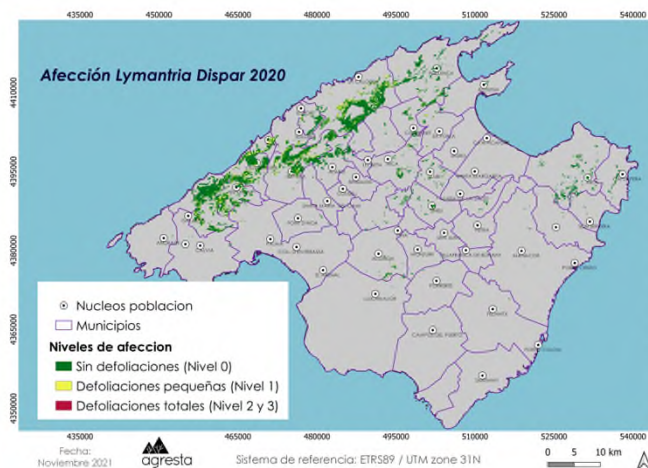
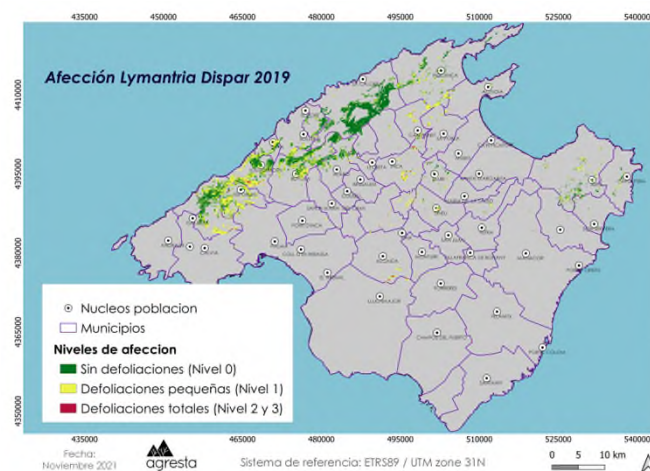
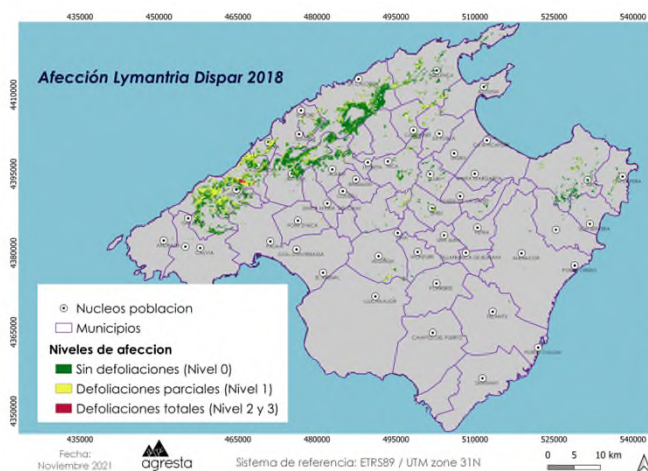
Modelo RandomForests (Breiman, 2001)

Resultados

Horizonte temporal 2018-2021. "Modelo Sentinel"

Las variables con mayor poder explicativo con las que se ha calibrado el modelo Sentinel de afectación han sido:

Δ NDMI junio,
 Δ NDMI julio, Δ NBR junio,
 Δ NDVI junio,
 Δ red-edge3 junio y
 Δ red-edge2 junio.

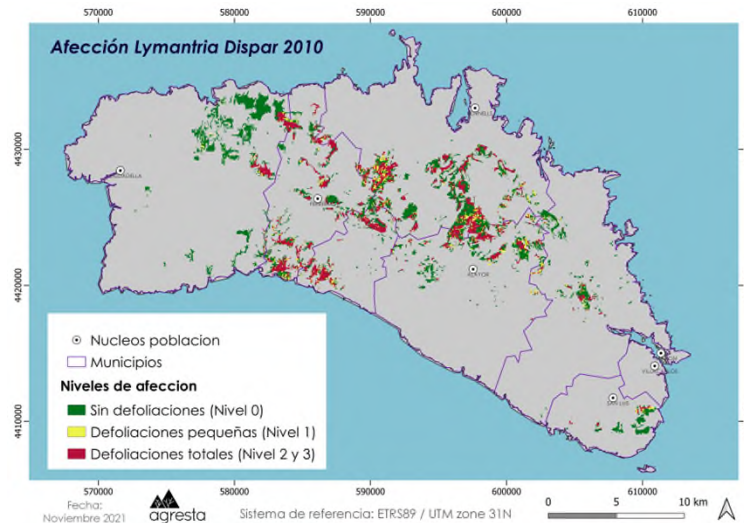
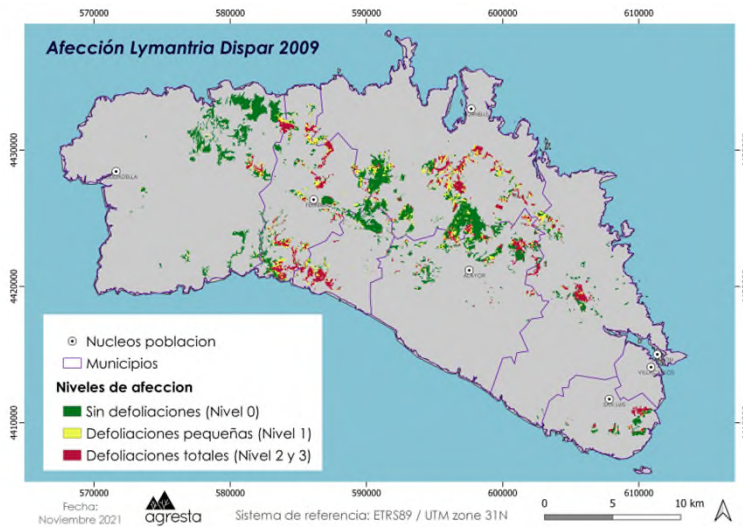
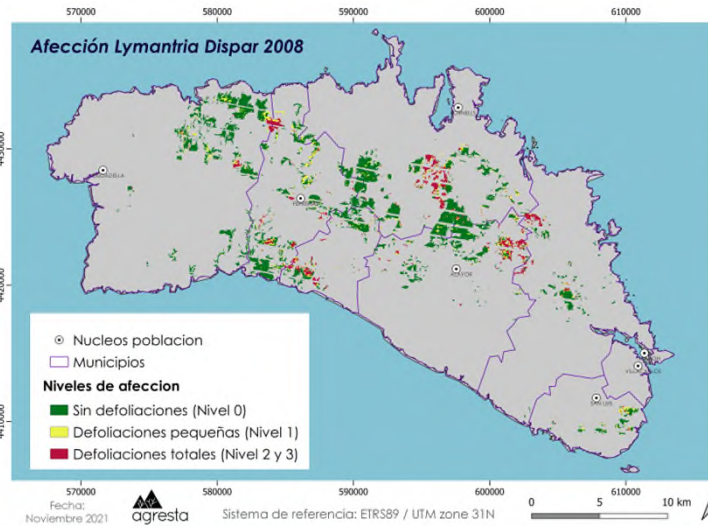


Resultados

Horizonte temporal 2008-2010. "Modelo Landsat"

Las variables con mayor poder explicativo con las que se ha calibrado el modelo Landsat de afectación han sido:

Δ NDMI junio,
 Δ NDMI julio, Δ NBR junio,
 Δ NDVI junio, Δ NDVI julio,
 Δ GNDVI junio, Δ GNDVI julio y
 Δ banda del infrarrojo cercano de junio y julio.



Resultados

- ❑ Los resultados muestran que los modelos de afectación generan resultados más satisfactorios en **Mallorca** que en Menorca, **con porcentajes de coincidencia superiores al 70%**.
- ❑ De entre los dos mapas de Mallorca el **año 2020 presenta una mayor coincidencia** probablemente porque se trata un año en el que hubo menor variabilidad de los niveles de afectación.
- ❑ Las **diferencias entre los modelos de Mallorca y Menorca** responden **probablemente** a las **diferencias existentes entre Landsat y Sentinel-2**. **Sentinel-2** capta información con una **mayor resolución espacial y espectral** que contribuya a una diferenciación más óptima de los niveles de defoliación. Además, se detectaron mayores incoherencias entre los niveles observados en campo y la respuesta espectral de las imágenes que justificarían también las coincidencias inferiores.

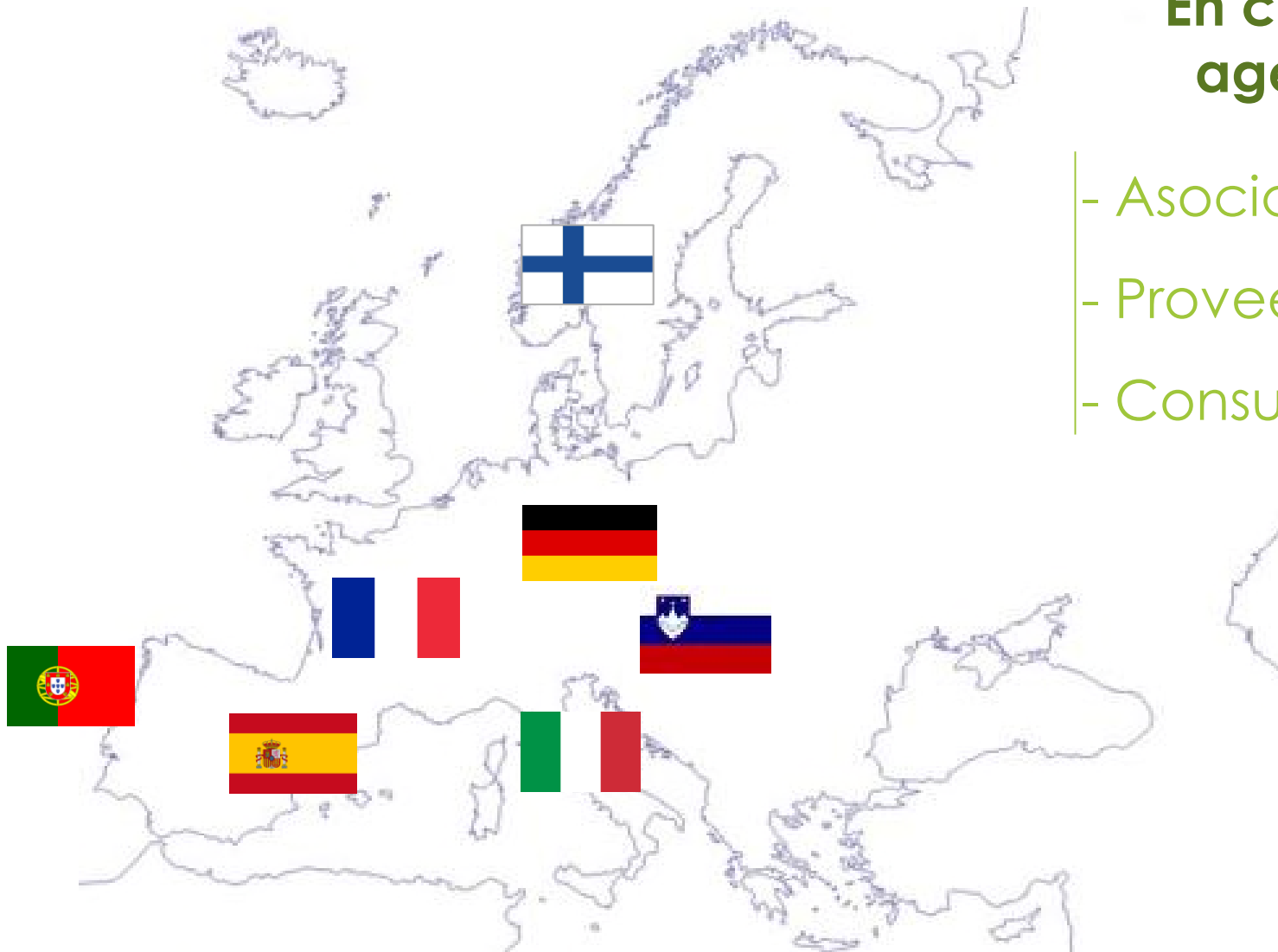
Producto generado	Porcentaje de teselas en las que coincide el nivel de afectación observado y clasificado
Nivel afectación 2018 Mallorca	70 %
Nivel afectación 2020 Mallorca	83 %
Nivel afectación 2008 Menorca	51 %
Nivel afectación 2010 Menorca	59 %

TERCER CASO DE USO: DIAGNOSTICO FORESTAL COMARCAL



**En colaboración con
agentes del sector**

- Asociaciones forestales
- Proveedores de datos
- Consultoras locales



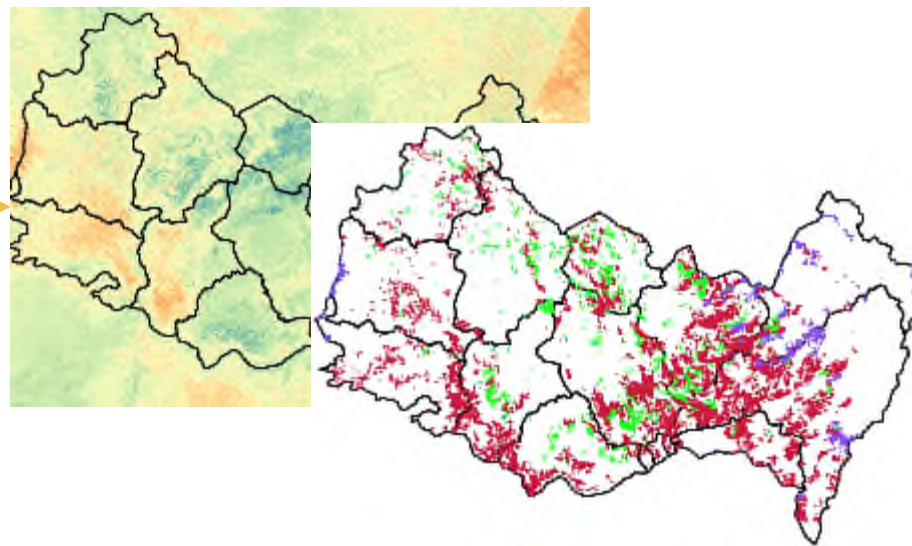
**Combinación
de Tecnologías
LiDAR
Satélite
Fotogrametría**

DIAGNOSTICO FORESTAL EN MONFORTE DE LEMOS

Generar datos de **diagnóstico de existencias forestales útiles para la planificación y gestión del DF o región**

Generar datos de **diagnóstico de existencias forestales y recomendaciones de gestión útiles para el propietario, gestor o rematante en una parcela cualquiera**

Diagnóstico regional
(escala DF)



2 escalas de trabajo

Diagnóstico detalle
(escala parcela o rodal)



Zonas muy Productivas en Galicia (NW de España)

Los usuarios demandan una
gran precisión en la estimación
del volumen y el número de pies
Mercado muy dinámico

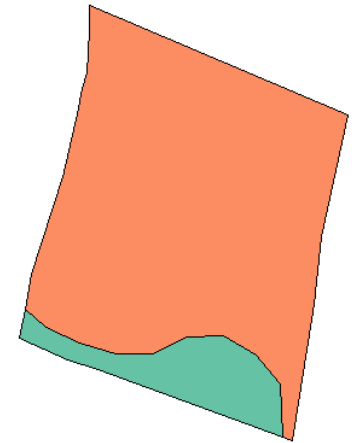
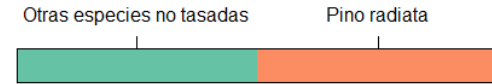


***Masas productoras desde latizales a fustales de
pino marítimo, pino radiata y pino silvestre***

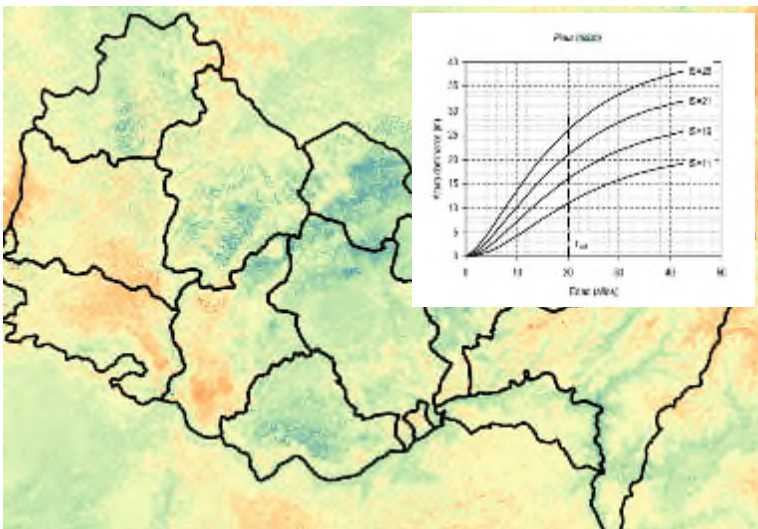
1. Indicación de parcela



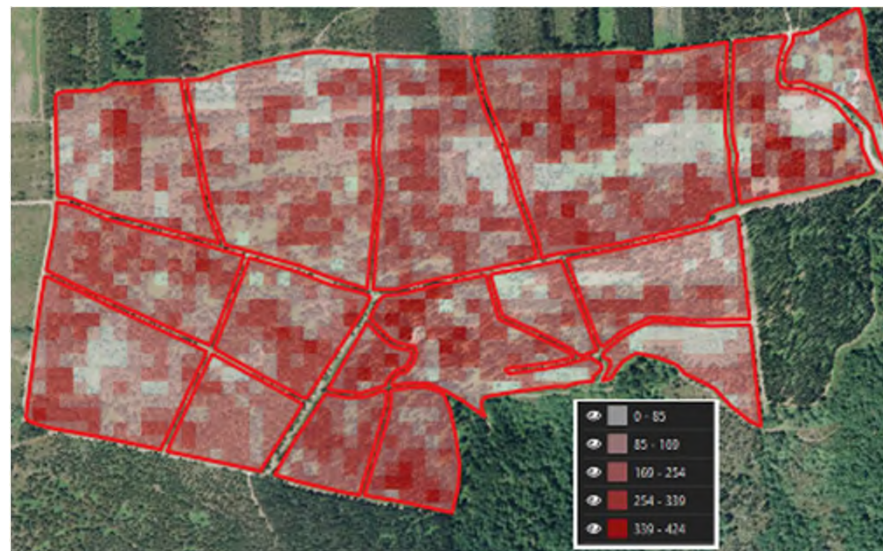
2. Consulta estado actual, cambios y rodalización automática



3. Asignación de calidad de estación (IS)



4. Calculo existencias y diagnóstico selvícola



- Altura, diámetro, densidad, volumen, etc.
- Tipo de masa
- Tipo selvícola
- Tipo corta
- Urgencia
- Posibilidad
- Mecanización

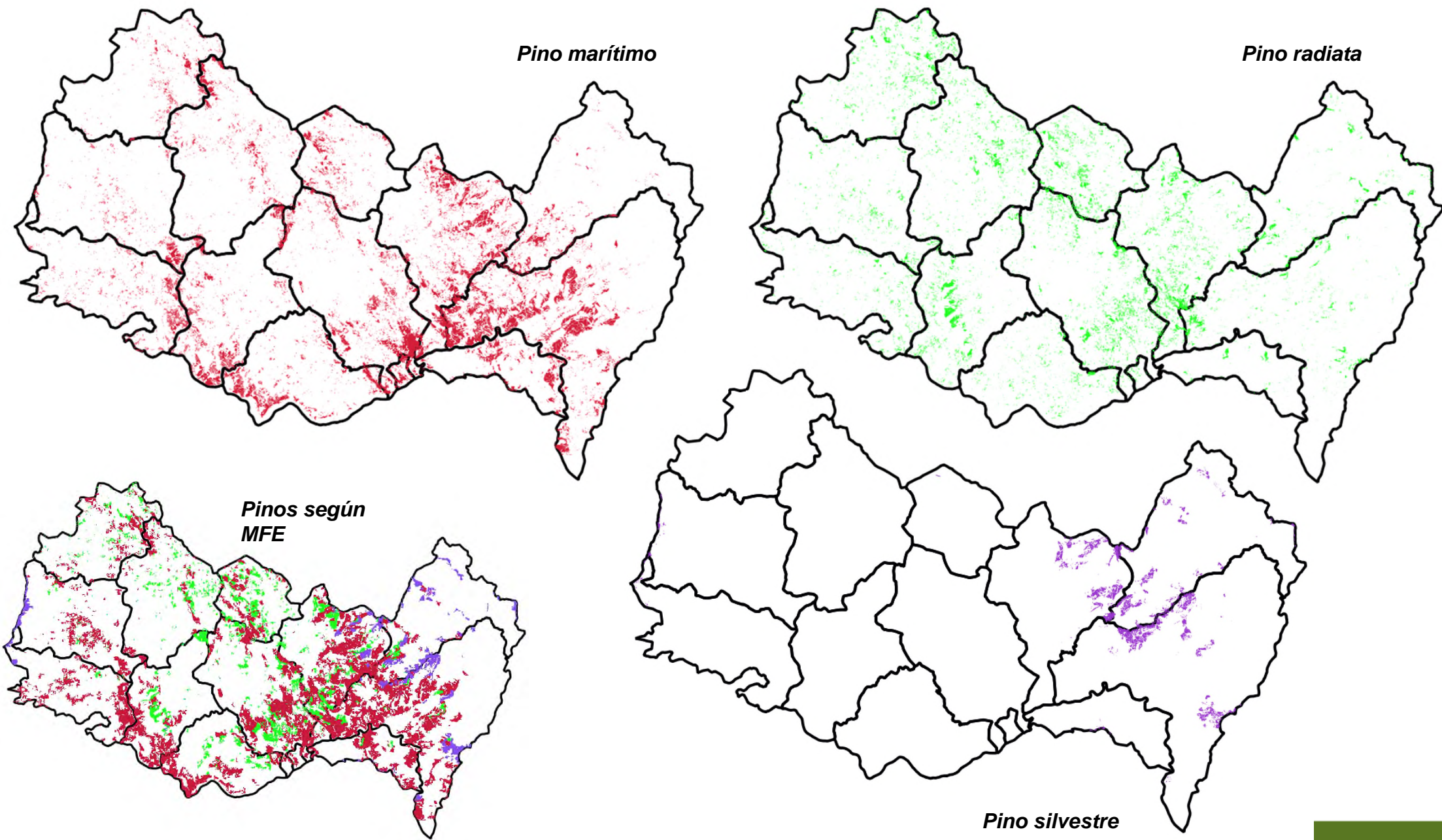
DATOS A NIVEL DISTRITO: Rodales puros arbolados *

Pino marítimo

Pino radiata

*Pinos según
MFE*

Pino silvestre



DATOS A NIVEL DISTRITO: Existencias y posibilidad

Especie	Tipo silvícola	Tipo corta	Urgencia	Superficie (ha)	Dg (cm)	Ho (m)	Posibilidad (m3)
Pino silvestre	Rodal joven en crecimiento	Primeras claras	Baja/Media	407.5	24.9	14.9	13,020.4
	Rodal joven en crecimiento	Ninguna	-	39.2	24.2	15.6	0.0
	Rodal joven susceptible de primeras claras	Primeras claras	Media/Alta	454.7	22.2	14.3	16,757.1
	Rodal susceptible de segundas claras	Segundas claras	Media/Alta	234.6	25.7	17.5	4,340.0
	Rodal adulto en crecimiento	Corta final	Baja/Media	1,115.3	24.9	16.4	258,727.5
	Rodal susceptible de corta final	Corta final	Media/Alta	214.2	28.7	21.3	78,715.8
Pino marítimo	Rodal joven en crecimiento	Primeras claras	Baja/Media	2,196.2	17.7	14.6	53,760.9
	Rodal joven en crecimiento	Ninguna	-	532.0	18.7	15.2	0.0
	Rodal joven susceptible de primeras claras	Primeras claras	Media/Alta	2,609.7	21.8	18.1	100,422.4
	Rodal susceptible de segundas claras	Segundas claras	Media/Alta	1,421.1	23.4	19.4	23,481.4
	Rodal adulto en crecimiento	Corta final	Baja/Media	9,880.8	22.4	20.0	1,883,258.9
	Rodal susceptible de corta final	Corta final	Media/Alta	923.4	24.8	24.8	298,479.9
Pino radiata	Rodal joven en crecimiento	Primeras claras	Baja/Media	472.8	19.9	18.3	16,175.7
	Rodal joven en crecimiento	Ninguna	-	398.9	18.2	16.7	0.0
	Rodal joven susceptible de primeras claras	Primeras claras	Media/Alta	1,635.0	20.3	19.2	63,486.4
	Rodal susceptible de segundas claras	Segundas claras	Media/Alta	25.3	21.3	21.0	1,195.5
	Rodal adulto en crecimiento	Corta final	Baja/Media	4,635.0	23.3	23.7	1,386,580.9
	Rodal susceptible de corta final	Corta final	Media/Alta	995.8	25.1	28.5	373,951.0

FOREST LIDARIOJA

CUARTO CASO DE USO: DETECCIÓN DE CORTAS EN CHOPERAS



Estudio de la evolución de las choperas y el potencial de abastecimiento



Identificar las zonas de **cambio** en las masas de chopos en la provincia de La Rioja desde el año **2000 a 2017** analizando series temporales Landsat con el algoritmo de tendencia **BFAST**.



Caracterizar dichos cambios identificando zonas de **cortas a hecho**

HIPOTESIS GARNICA:
Disminución de la superficie de choperas productivas en La Rioja



¿Podemos conocer el grado de disminución?



Fuentes de Datos Utilizadas

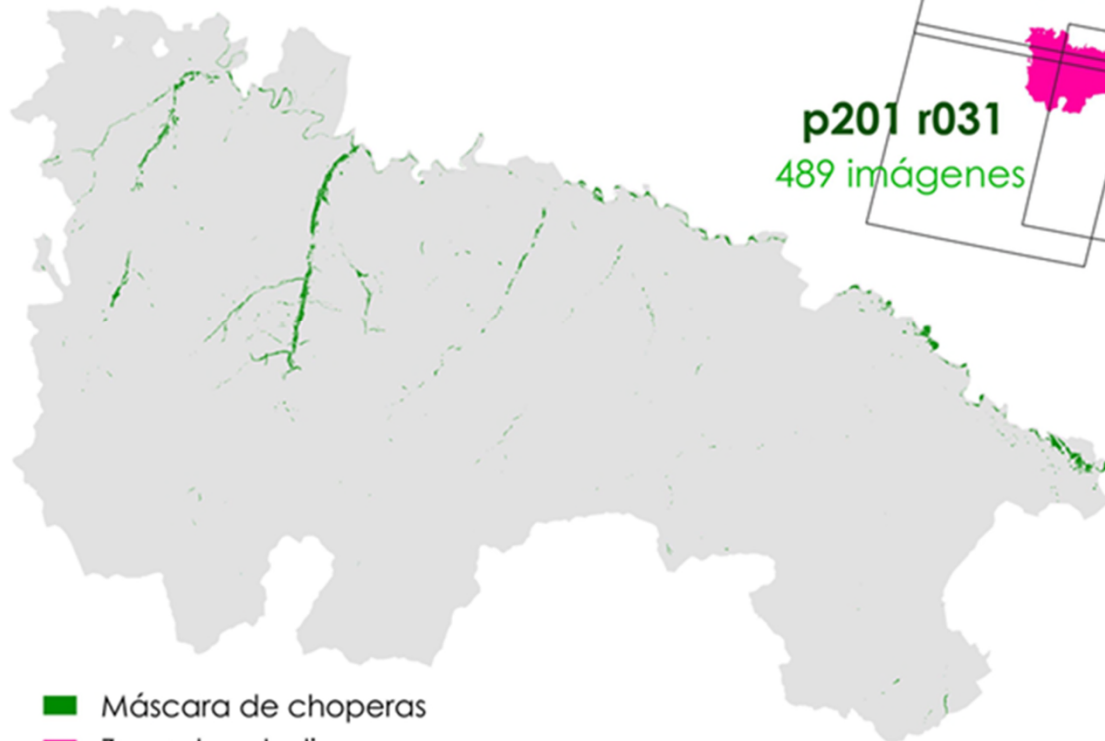
Fuentes

Máscara de choperas:

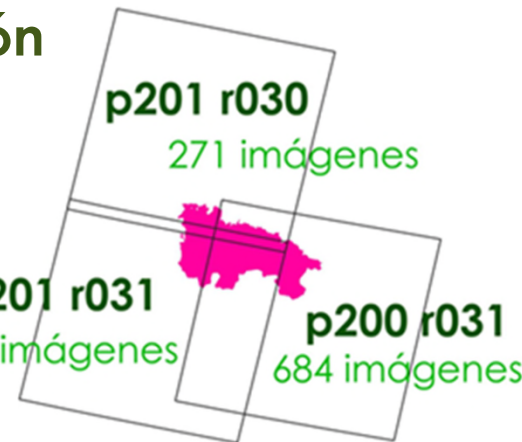
Mapa Forestal + Máscara Garnica

1444 imágenes Landsat

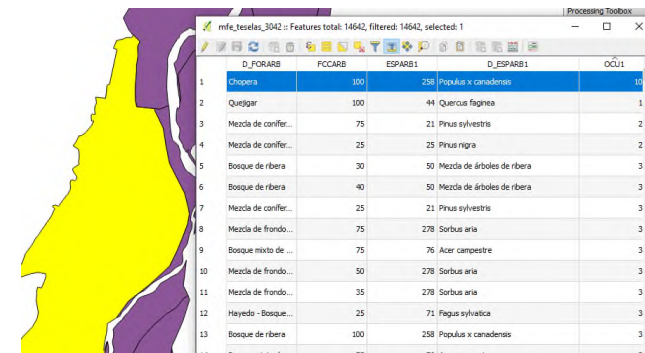
Puntos de validación



- Máscara de choperas
- Zona de estudio
- Escena Landsat

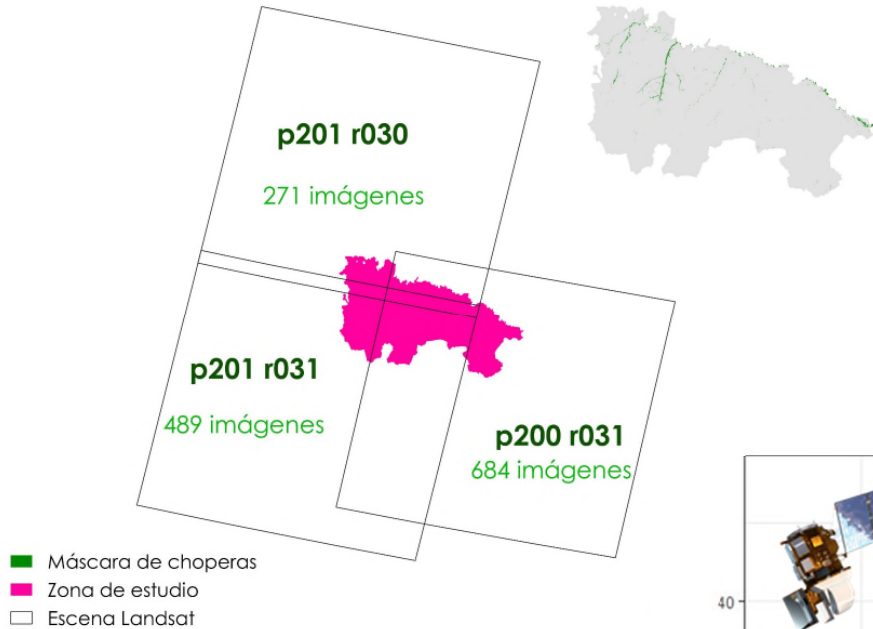


0 5 10 km

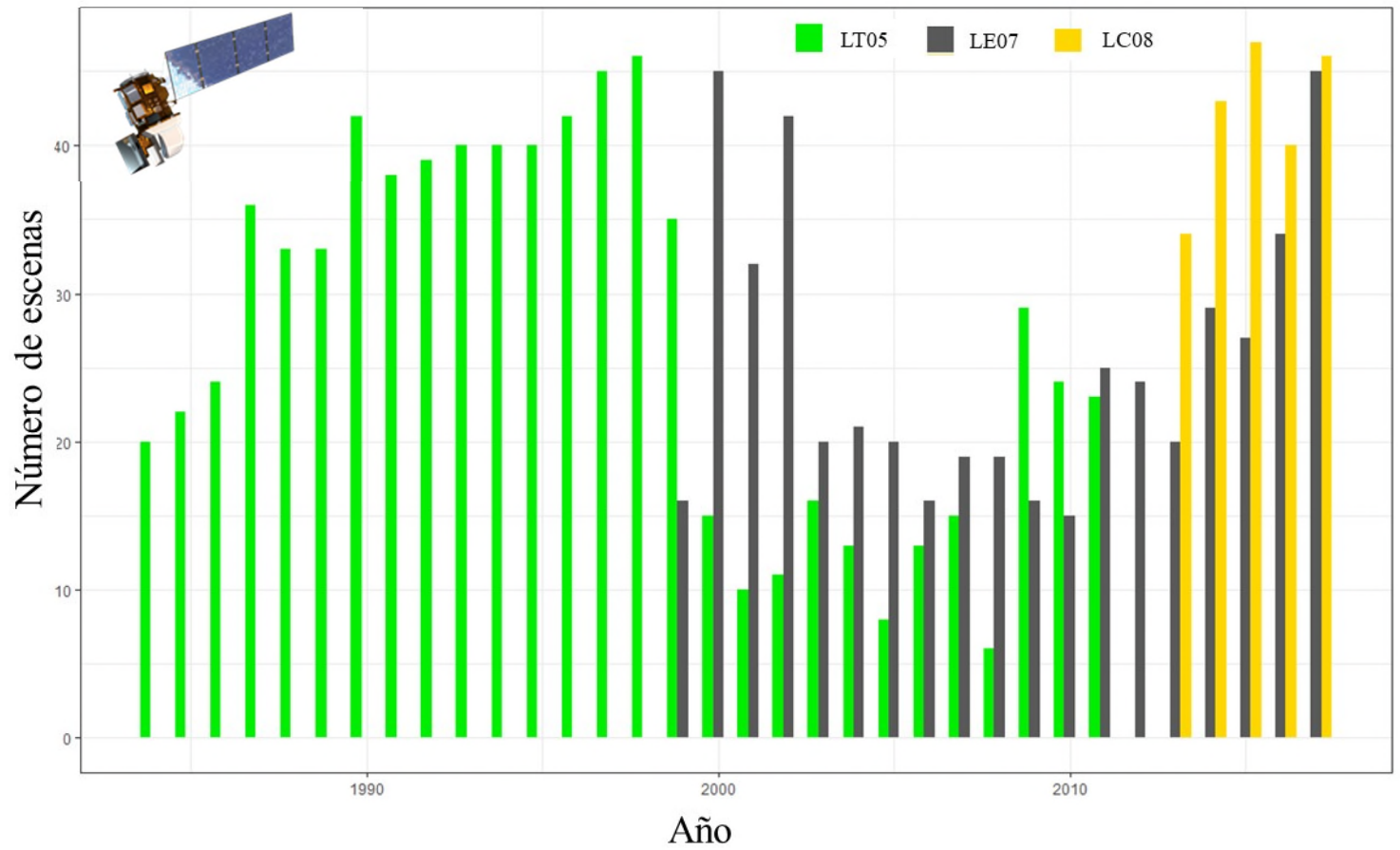


	D_FORARB	FCCARB	ESPARB1	D_ESPARB1	OCU1
1	Chopera	100	258	Populus x canadensis	10
2	Quercar	100	44	Quercus faginea	1
3	Mezcla de conifer...	75	21	Pinus sylvestris	2
4	Mezcla de conifer...	25	25	Pinus nigra	2
5	Bosque de ribera	30	50	Mezcla de árboles de ribera	3
6	Bosque de ribera	40	50	Mezcla de árboles de ribera	3
7	Mezcla de conifer...	25	21	Pinus sylvestris	3
8	Mezcla de frondo...	75	278	Sorbus aria	3
9	Bosque mixto de ...	75	76	Acer campestre	3
10	Mezcla de frondo...	50	278	Sorbus aria	3
11	Mezcla de frondo...	35	278	Sorbus aria	3
12	Hayedo - Bosque...	25	71	Fagus sylvatica	3
13	Bosque de ribera	100	258	Populus x canadensis	3
14	Bosque mixto de ...	76	76	Acer campestre	3

Fuentes de Datos Utilizadas



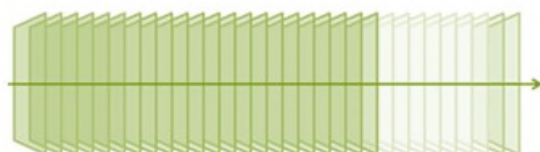
1444 Imágenes Landsat



Detección de cortas a hecho mediante el algoritmo BFAST

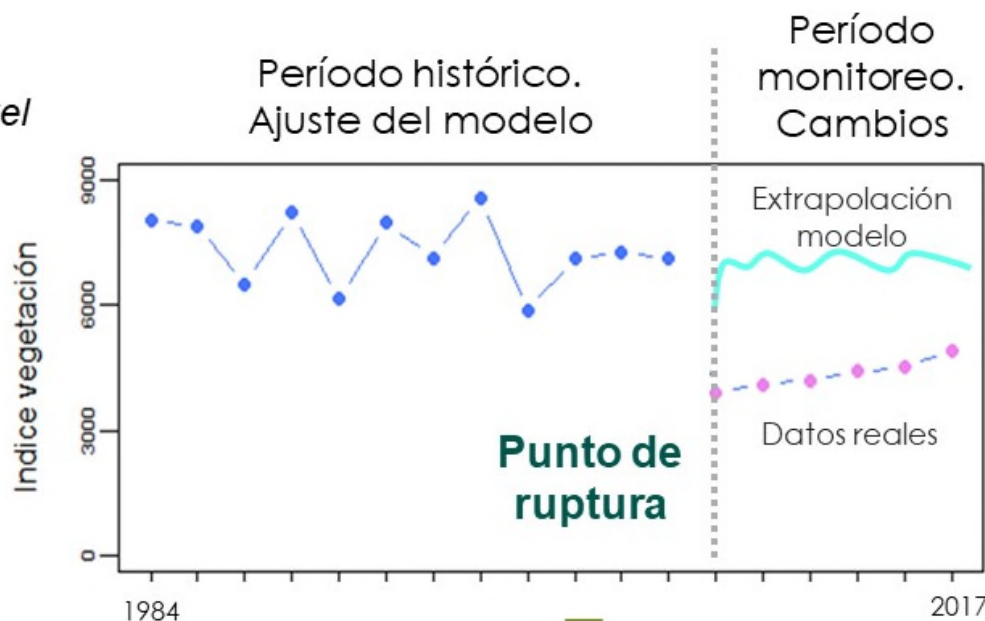
(De Vries et al. 2015, Dutrieux et al. 2015, Verbesselt et al. 2010 and 2012)

Procesado de Series Temporales

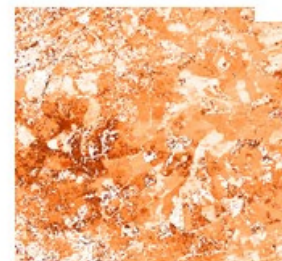


1444 NDVI Landsat imágenes (Landsat 5,7,8)

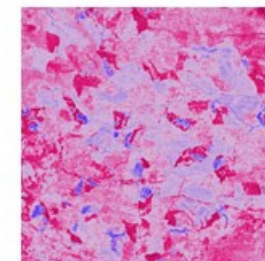
BfastSpatial aplicado para cada píxel



Momento detección puntos de ruptura



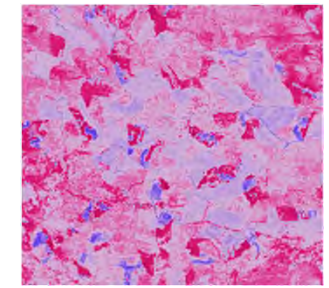
Magnitud año a año



Clasificación de los cambios detectados mediante el algoritmo BFAST

CORTAS A HECHO

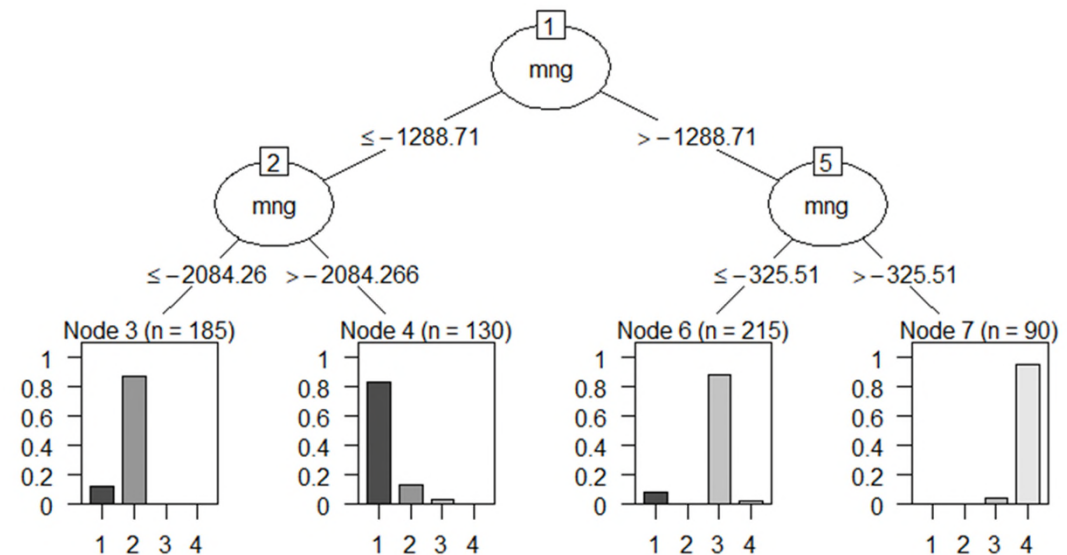
Magnitud de los cambios detectados



Árboles de decisión

C.50 package

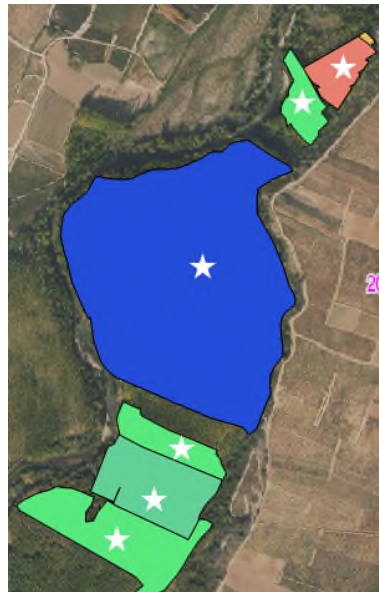
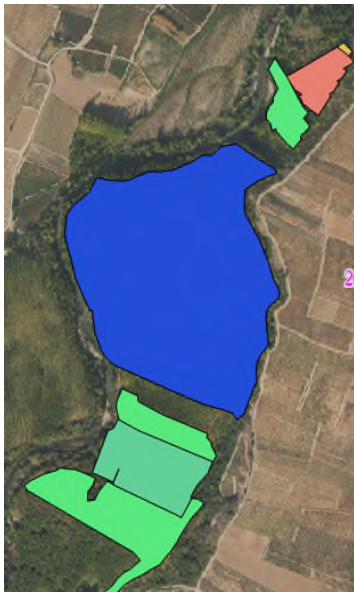
Umbral de magnitud para clasificar



122 Puntos de validación con Año de corta

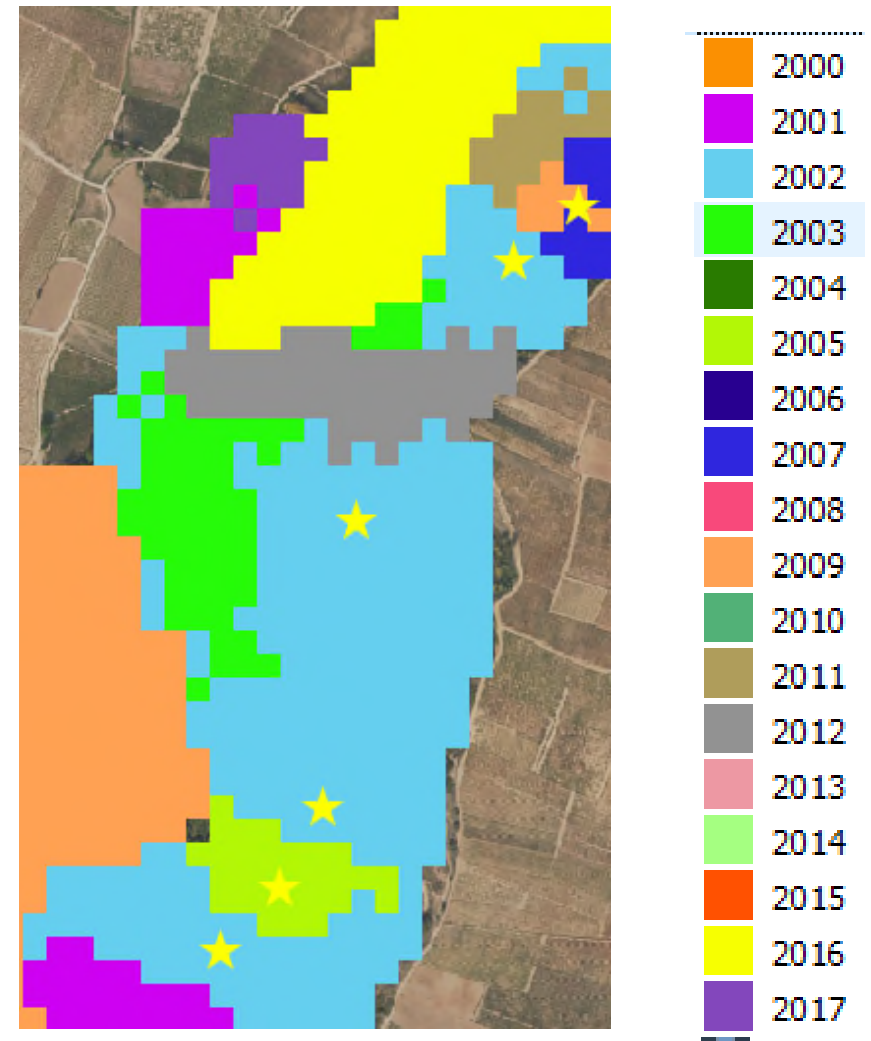
Choperas
DGMN

Choperas
Garnica



- Generación de los centroides para cada una de las cortas proporcionadas en la cartografía. Un punto por cada corta única

Validación



Extracción del año
según la metodología
BFAST

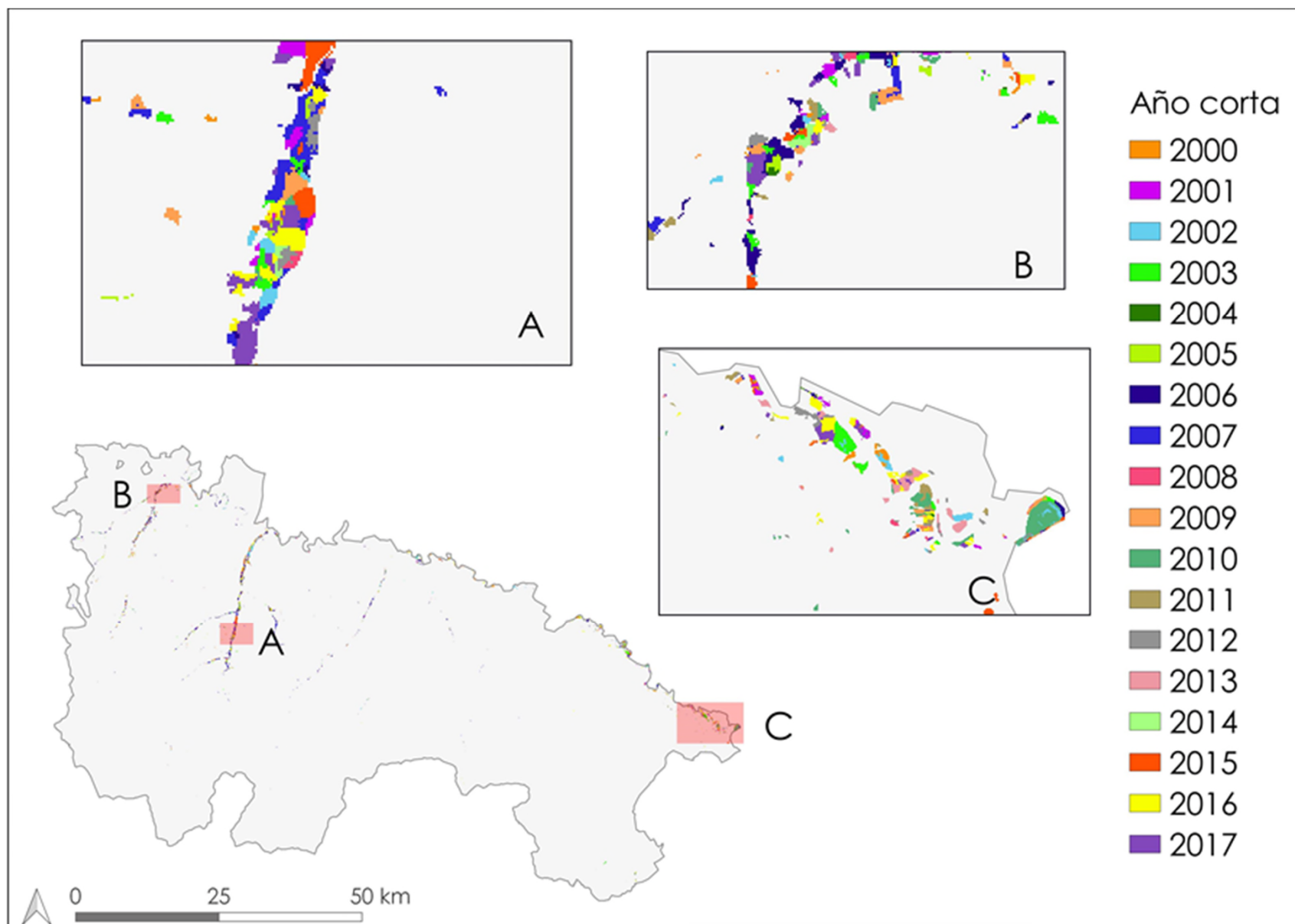
Matriz de Confusión en el Año de Corta

Exactitud general corta/no corta
89.51 %



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015	2016	2017	Total general	Exact. Usuario	Error comisión
2000	3					1		3										7	42.86	57.14
2001		2																2	100.00	0.00
2002			8						1									9	88.89	11.11
2003				14						1								15	93.33	6.67
2004					1													1	100.00	0.00
2005						18												18	100.00	0.00
2006					1		7		3	1				2		1		15	46.67	53.33
2007								5										5	100.00	0.00
2008					1				6									7	85.71	14.29
2009								1		5								6	83.33	16.67
2010											9							9	100.00	0.00
2011		1										3						4	75.00	25.00
2012						1							1					2	50.00	50.00
2014														0				0	100.00	
2015															5			5	100.00	0.00
2016																10		10	100.00	0.00
2017																	6	6	100.00	0.00
Total general	3	3	8	14	3	20	7	9	10	7	9	3	1	2	5	11	6	121		
Exact. Productor	100.0	66.7	100.0	100.0	33.3	90.0	100.0	55.6	60.0	71.4	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0	90.9	100.0			
Error omisión	0.0	33.3	0.0	0.0	66.7	10.0	0.0	44.4	40.0	28.6	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	9.1	0.0			

Cartografía del Año de Corta



**Choperas en
producción**

2.100 ha
Garnica

2.245 ha
Agresta

2.305,56 ha
MFE_CH2020



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



EIKOS

SISTEMA DE SEGUIMIENTO TERRITORIAL DE LOS ECOSISTEMAS

iepnb

Inventario Español de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad



Ofrecemos soluciones forestales avanzadas para un futuro mejor

¿Quieres conocer nuestra propuesta? ¡Contáctanos!

✉ jltome@agresta.org

🐦 [@agrestascoop](https://twitter.com/agrestascoop)

☎ +34 678 51 43 80

📘 [/AgrestaSCoop](https://www.facebook.com/AgrestaSCoop)



¡ Muchas Gracias !