

# CARTOGRAFÍA DE HÁBITATS FORESTALES DE ALTO VALOR PARA LA BIODIVERSIDAD EN ARAGÓN

Almudena López Calzado

Rafael Alonso Ponce

Rafael López del Río



# ANTECEDENTES

**Necesidad de herramientas eficaces que permitan identificar, cartografiar y realizar el seguimiento de hábitats forestales de alto valor para la biodiversidad, así como aquellos otros que requieran su restauración.**

Ley 42/2007. Especies catalogadas



**Áreas críticas** de planes de protección y conservación

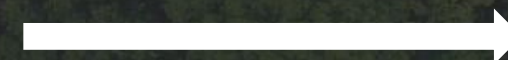
Reglamento UE 2024/1991 de restauración de la Naturaleza



**Hábitat en Buena condición BC**: Conservación.

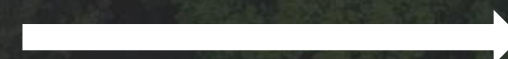
**Hábitat en no Buena condición NBC**: Plan de Restauración de la naturaleza.

Directiva 92/43/CEE



Reporte sexenal: **Estado de conservación favorable (EC)**

“Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad 2030”



Protección estricta de los **bosques primarios y maduros.**

La **integración de criterios de conservación de la biodiversidad en la gestión forestal** requiere **herramientas de identificación y diagnóstico operativas** que faciliten su aplicación por gestores y la zonificación de rodales en función de los servicios para la biodiversidad que presta.



# OBJETIVOS

- Integración de Indicadores indirectos para describir la capacidad de acogida de biodiversidad forestal mediante una metodología reproducible. El **Índice de Interés para la Biodiversidad (IIBIO)** se presenta como una herramienta clave para la planificación y gestión forestal, diseñada para facilitar la integración de criterios de conservación de la biodiversidad en el manejo multifuncional de los bosques.
- **Desarrollo de una cartografía detallada** que integra parámetros clave de biodiversidad de los hábitats forestales de forma sistemática y espacialmente explícita.

1 Analizar indicadores clave a partir del IFN4

2 Modelizar dichos indicadores para generar cartografía continua (integrando sensores remotos activos y pasivos)

3 Evaluar continuidad histórica del bosque

4 Analizar fragmentación

5 Identificar y priorizar áreas de alto valor ecológico



# METODOLOGÍA

2 Líneas de actuación

○ IFN4 → Indicadores → Umbrales

○ LiDAR/S1/S2 → Modelos → Capas 10 m  
 Ortofotos 1956 – hoy → Continuidad  
 Integración → Rodales prioritarios

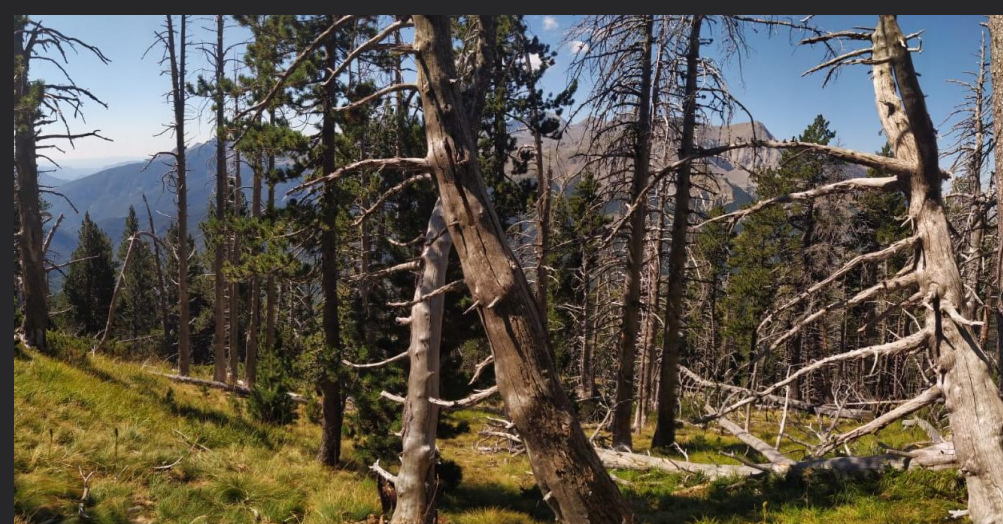


# METODOLOGÍA

## ANÁLISIS IFN4

### INDICADORES

- Composición específica
- Complejidad estructural
- Senectud
- Hábitats y microhábitats
- Dinámica / Funcionalidad



# METODOLOGÍA

## MODELIZACIÓN CARTOGRÁFICA

### Fuentes

- IFN4
- MFE
- 3ª cobertura LiDAR PNOA
- Sentinel-1 y 2
- Ortofotografías (PNOA y Vuelo Americano, serie B)

### Flujo de modelización

1. Variables LiDAR/S1/S2
2. Ajuste a parcelas IFN4
3. Validación por biorregiones
4. Predicción 10 m
5. Mapas finales



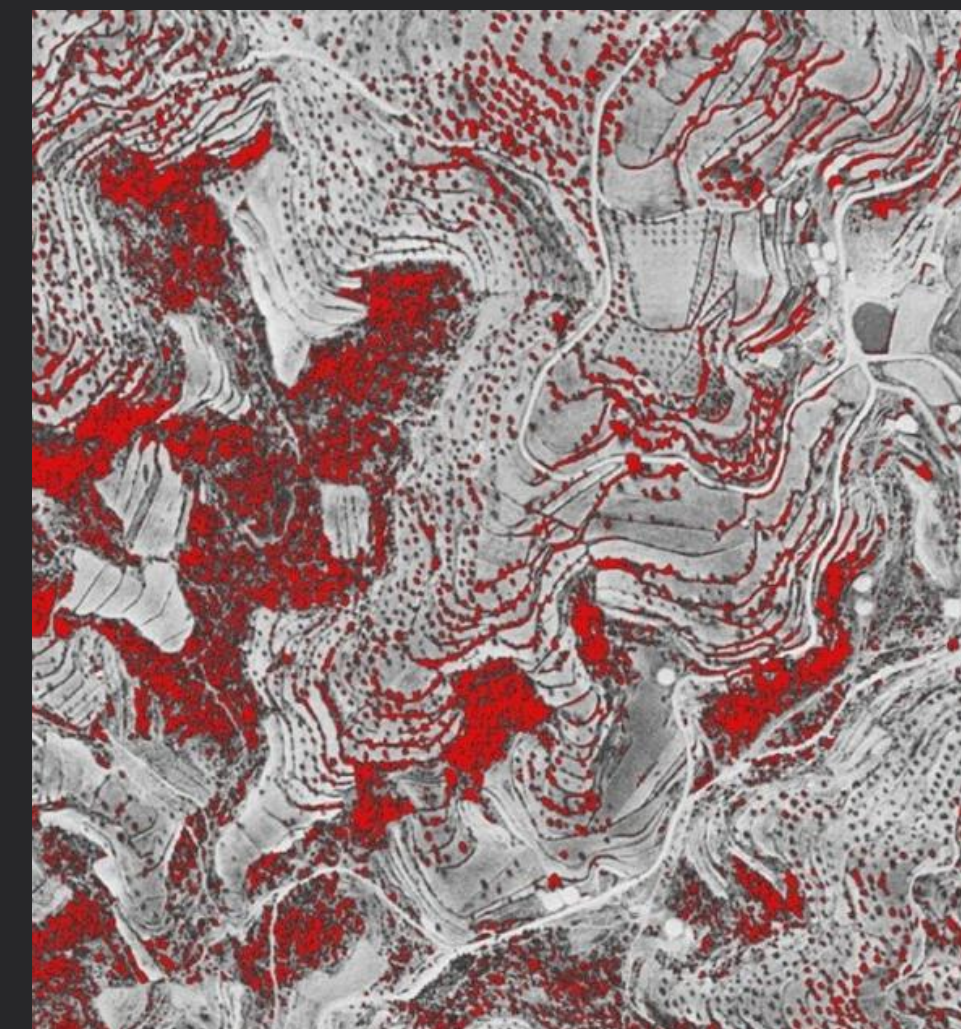
# METODOLOGÍA

## ANÁLISIS DE CONTINUIDAD HISTÓRICA

1956 → 2023

- Bosques estables
- Recolonización
- Cambios estructurales

→ Identificar bosques maduros o de alta continuidad temporal.



# METODOLOGÍA

## PROCESAMIENTO DE GRANDES VOLÚMENES DE INFORMACIÓN

- **DATOS DE PARTIDA**

- Superficie de Aragón: 4,8 M ha
- Datos LiDAR: 3,3 TB

- **SECTORIZACIÓN** (divide y vencerás)

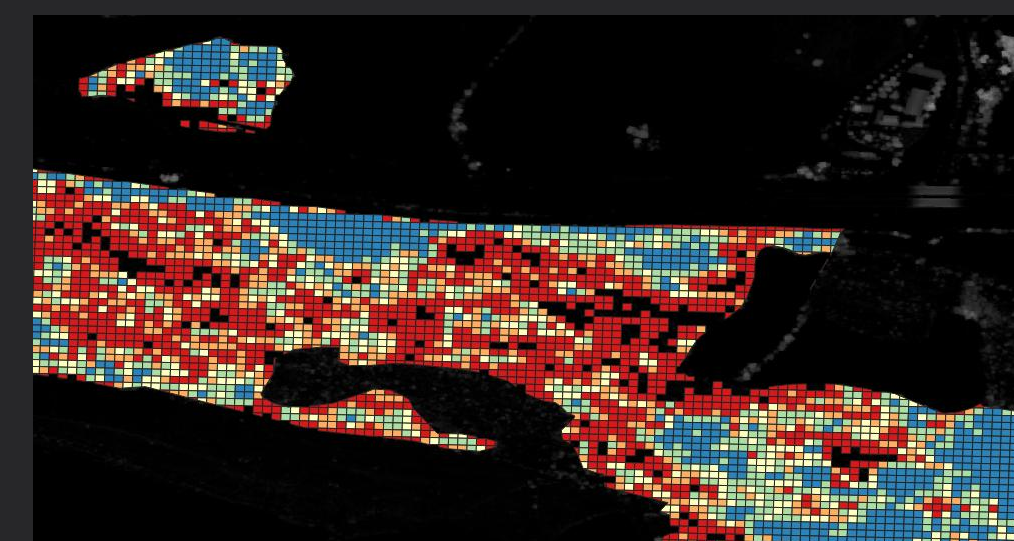
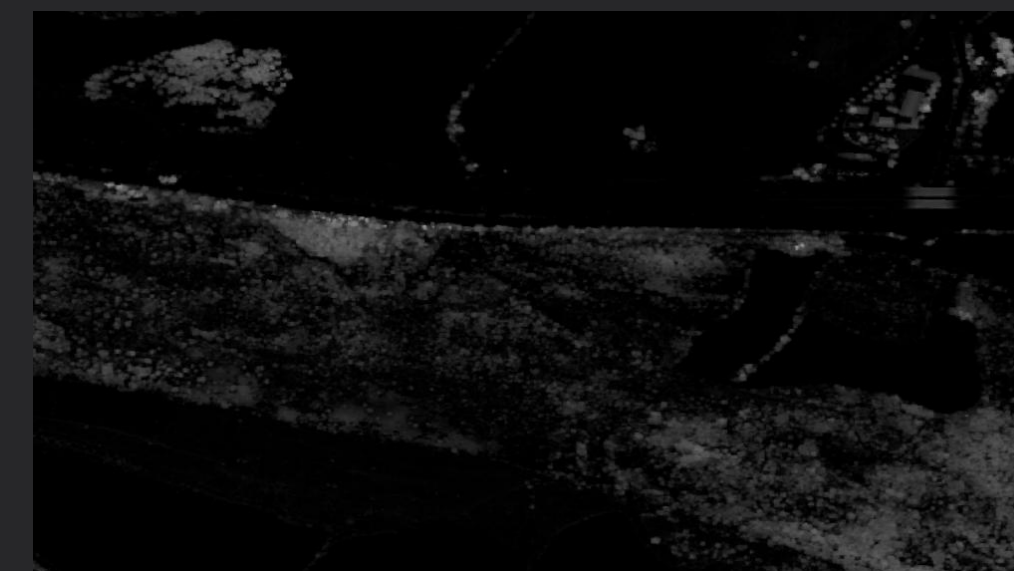
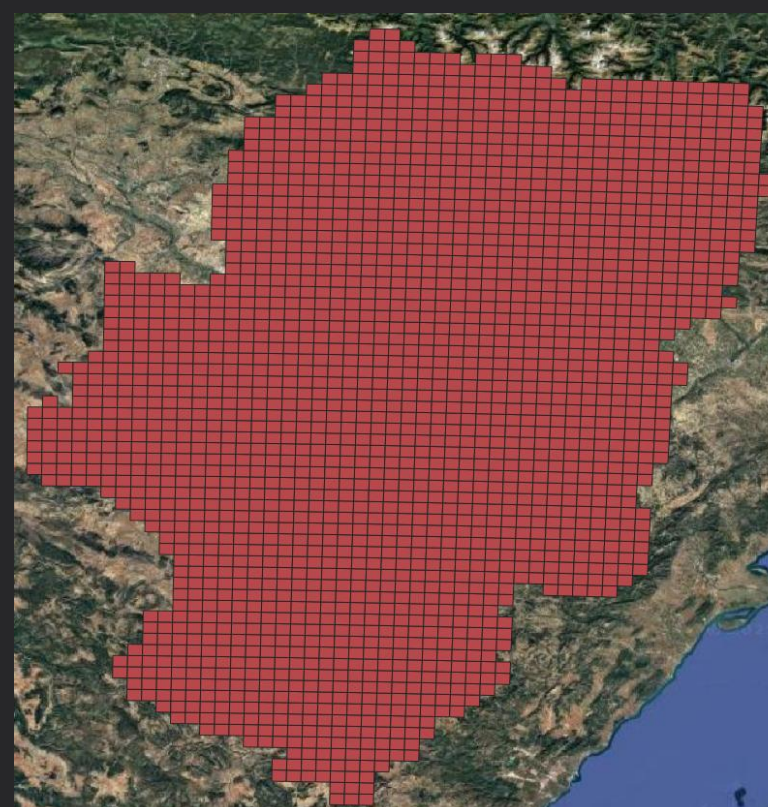
- 2.058 sectores  $\approx$  1.300 ha
- LAZ + vecindad

- **PROCESAMIENTO**

- Inventario, MDT, MDAV y 15 métricas para los indicadores
- Píxeles de 10 m
- 5 servidores procesando sin parar

- **RENDIMIENTO**

- 65 sectores/día  $\approx$  90.000 ha/día



# RESULTADOS

## TIIFICACIÓN IFN4 POR REGIONES

### IBÉRICO

STAT	AUT	ALO	INV	SHA_EV	VP_T	ARB_MG	SQRI	GR
Max	10	3	2	1,59	46,68	122,23	20,22	65
Mean	3,88	0,06	0,03	1,02	0,88	0,83	6,47	2,88
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
SD	1,75	0,27	0,17	0,32	2,78	4,96	2,77	6,10
CV	0,45	4,67	6,1	0,32	3,16	5,98	0,43	2,12
P25	3	0	0	0,84	0	0	5,07	0
P50	4	0	0	1,06	0	0	6,61	0
P75	5	0	0	1,26	0,40	0	8,03	3
Count	2145	2145	2145	2145	2145	2145	1896	1608

### PIRINEO

STAT	AUT	ALO	INV	SHA_EV	VP_T	ARB_MG	SQRI	GR
Max	16	4	2	1,60	153,52	66,21	19,43	80
Mean	6,01	0,06	0,01	1,11	2,94	1,43	7,09	1,70
Min	1	0	0	0	0	0	0	0
SD	2,28	0,27	0,10	0,25	8,70	4,77	2,44	5,73
CV	0,38	4,50	10,95	0,23	2,96	3,34	0,34	3,38
P25	4	0	0	0,99	0	0	5,69	0
P50	6	0	0	1,15	0,06	0	6,95	0
P75	7	0	0	1,29	1,74	0	8,40	0
Count	2076	2076	2076	2076	2076	2076	1997	1570

### VALLE DEL EBRO

STAT	AUT	ALO	INV	SHA_EV	VP_T	ARB_MG	SQRI	GR
Max	9	2	2	1,54	66,28	76,39	21,37	65
Mean	3,20	0,17	0,13	0,90	1,01	0,79	5,76	1,64
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
SD	1,53	0,45	0,36	0,35	3,80	4,80	2,88	5,65
CV	0,48	2,60	2,86	0,39	3,76	6,08	0,50	3,45
P25	2	0	0	0,68	0	0	4,48	0
P50	3	0	0	0,96	0	0	5,80	0
P75	4	0	0	1,17	0,23	0	7,16	0
Count	742	742	742	742	742	742	608	557



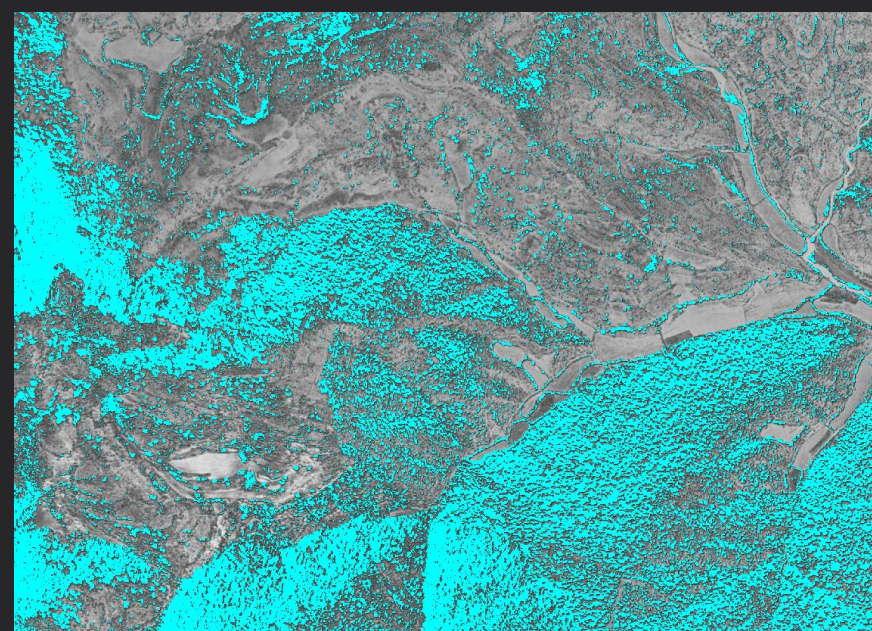
# RESULTADOS

## CONTINUIDAD TEMPORAL

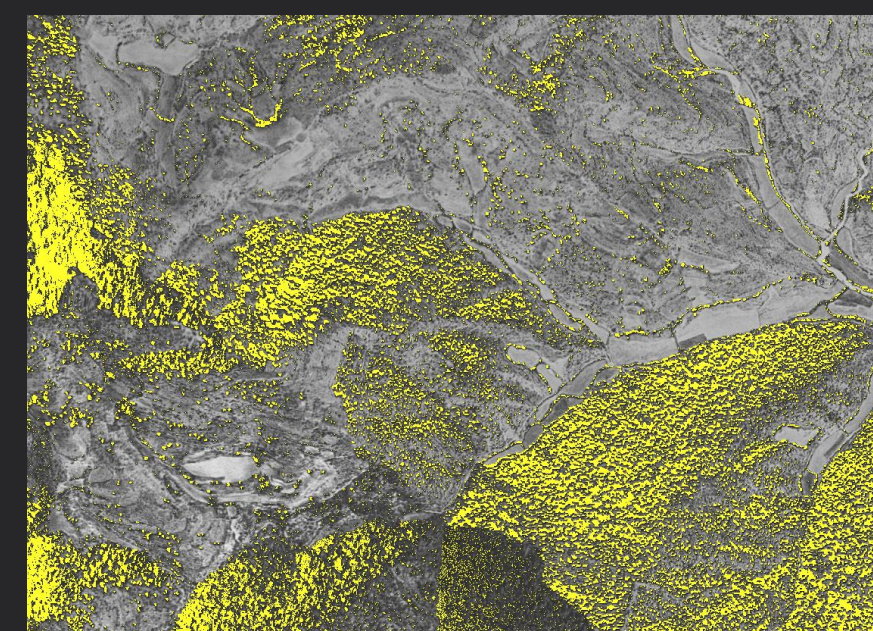
Ortofoto 56



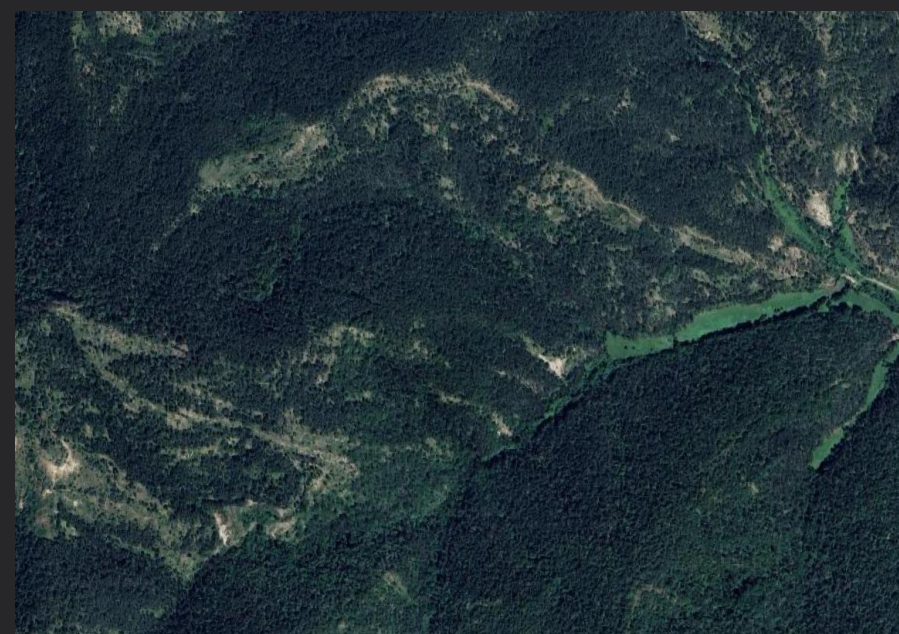
Modelo 1



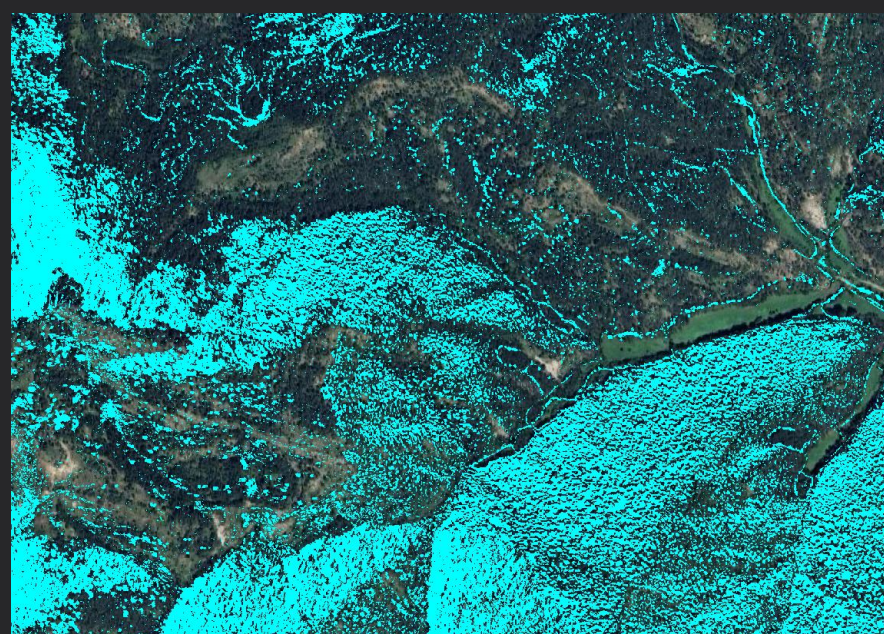
Modelo 2



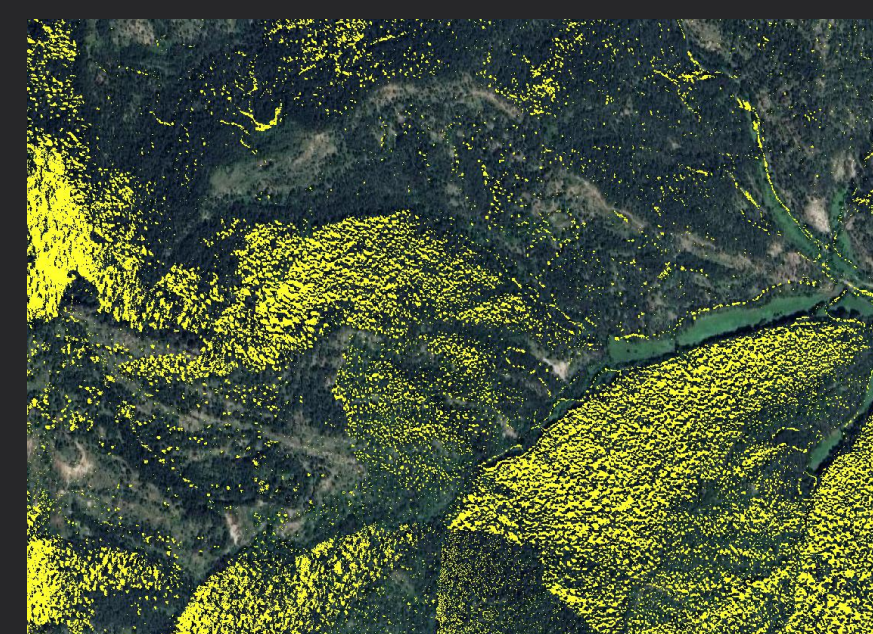
Ortofoto MA



Modelo 1



Modelo 2



# RESULTADOS

## CONTINUIDAD TEMPORAL

Modelo 1

	Precision	Recall	f1-score	Support
Non-tree	0,97	0,99	0,98	349590373
Tree	0,87	0,74	0,80	42409627
Accuracy			0,96	392000000
Macro avg	0,92	0,86	0,89	392000000
Weighted avg	0,96	0,96	0,96	392000000

Modelo 2

	Precision	Recall	f1-score	Support
Non-tree	0,96	0,98	0,97	353120164
Tree	0,79	0,67	0,72	42879836
Accuracy			0,94	396000000
Macro avg	0,87	0,82	0,85	396000000
Weighted avg	0,94	0,94	0,94	396000000



# RESULTADOS

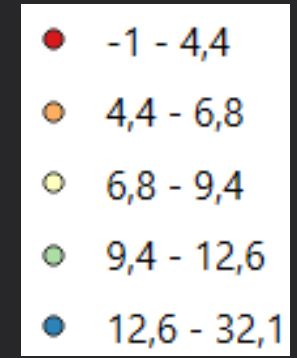
## INTEGRACIÓN DE INDICADORES (ÍNDICE IIBIO)

TIPO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	AGREGACIÓN Y PONDERACIÓN DE PARÁMETROS	Rango
Composición	Composición del arbolado / matorral	Riqueza y equilibrio de especies	$(CAB \times R\_SHAN\_G1\_9) + R\_N\_SP\_AU$	0 - 4
		Presencia de especies alóctonas e invasoras	$R\_N\_SP\_AL + R\_N\_SP\_IN$	-2 - 2
		Singularidad	$R\_SP\_RA\_G + R\_SP\_RA\_P + R\_N\_RARAS$	0 - 4
	Diversidad de hábitats	Diversidad de hábitats	$R\_ROCA\_SUE + R\_AGUA + R\_LIQ\_MUSG + R\_V\_HERBAC + R\_MATORRAL$	0 - 5
	Microhábitats	Presencia de microhábitats y elementos singulares	$R\_CAV\_TRONCO + R\_NIDO + R\_HORMIG + R\_TOP\_MAD\_CU + R\_RAMA\_LE + R\_MURO + R\_TERRAZA$	0 - 7
Estructura	Estructura vertical	Diversidad de estructura vertical	$CAB \times (H\_SHANNON + R\_HO\_SD + SHANNON\_EV)$	0 - 6
	Árboles vivos grandes	Presencia de árboles de grandes dimensiones	$2 \times (R\_N\_ARB\_G + R\_N\_ARB\_MG) + R\_DG$	0 - 6
	Estructura de clases de edad	Diversidad y equilibrio de clases de edad	$CAB \times (SHANNON\_PG + R\_JOST\_G + R\_DV + R\_FPMasa + R\_N\_REG)$	0 - 5
Madurez	Madera muerta	Presencia de madera muerta en pie / suelo	$R\_V\_MG\_19 + R\_V\_G\_1\_9 + R\_V\_T\_1\_9 + R\_V\_MG\_46 + R\_V\_G\_4\_6 + R\_V\_T\_4\_6$	0 - 17
Funcionalidad	Ramoneo	Grado de ramoneo	$GR\_2\_5$	-1 - 0
Continuidad	Continuidad temporal	Análisis de la continuidad temporal de los bosques	En proceso	-
<b>IIBIO</b>		<b>Índice de Importancia de Biodiversidad</b>	$[COM\_ARB] + [COM\_MAT] + [COM\_HAB]/2 + [MICROHAB]/2 + [EST\_VERT] + [ARB\_GRANDE] + [EST\_CLASDI] + [MAD\_MUERTA]/2 + [GR\_2\_5]$	<b>-5 - 51,5</b>

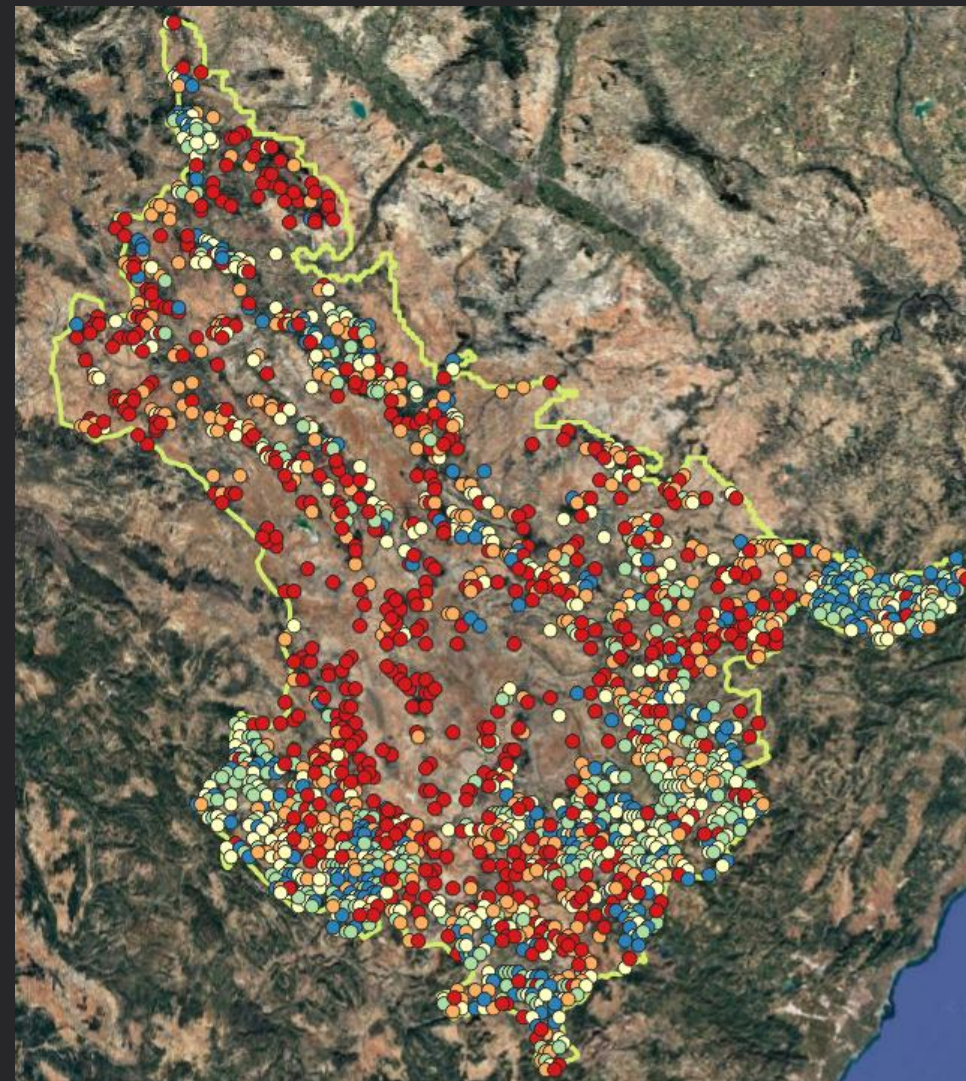


# RESULTADOS

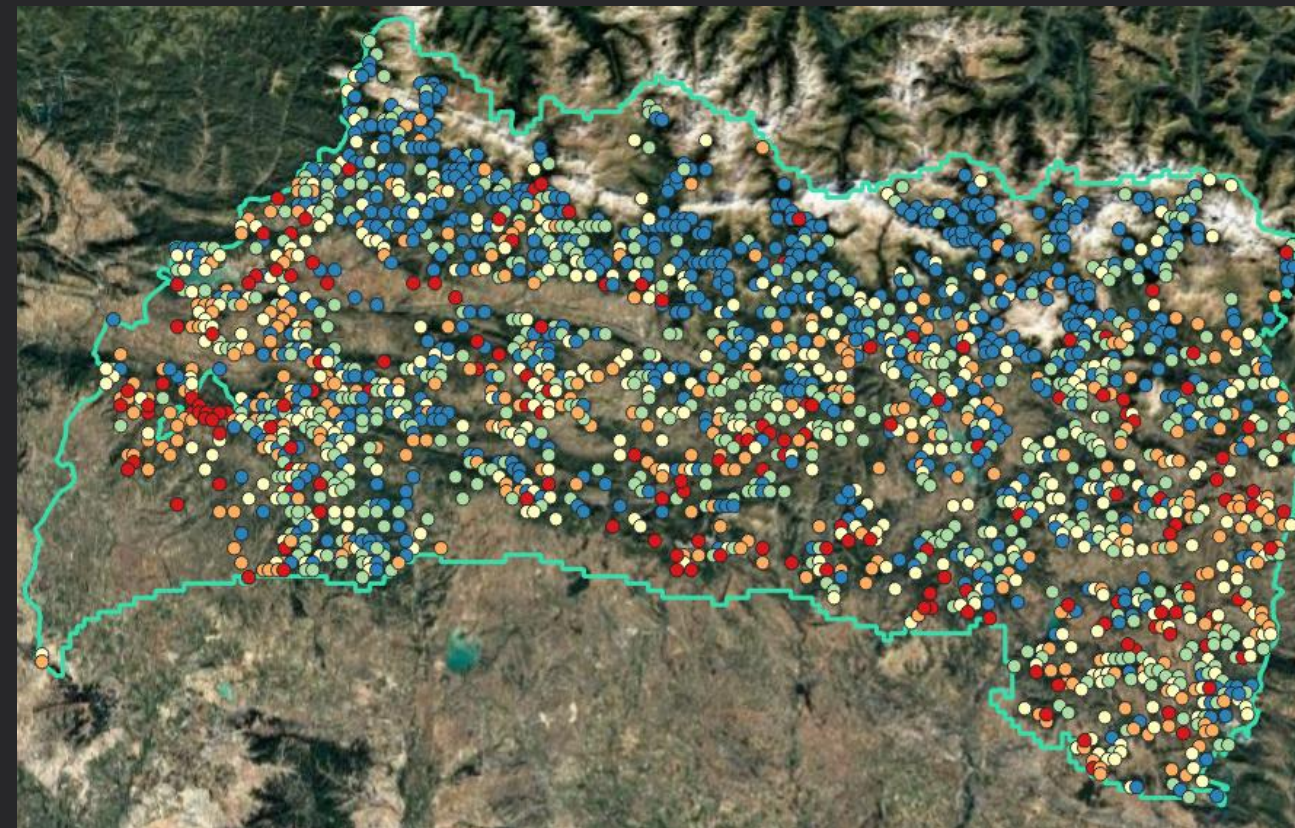
## INTEGRACIÓN DE INDICADORES (ÍNDICE IIBIO)



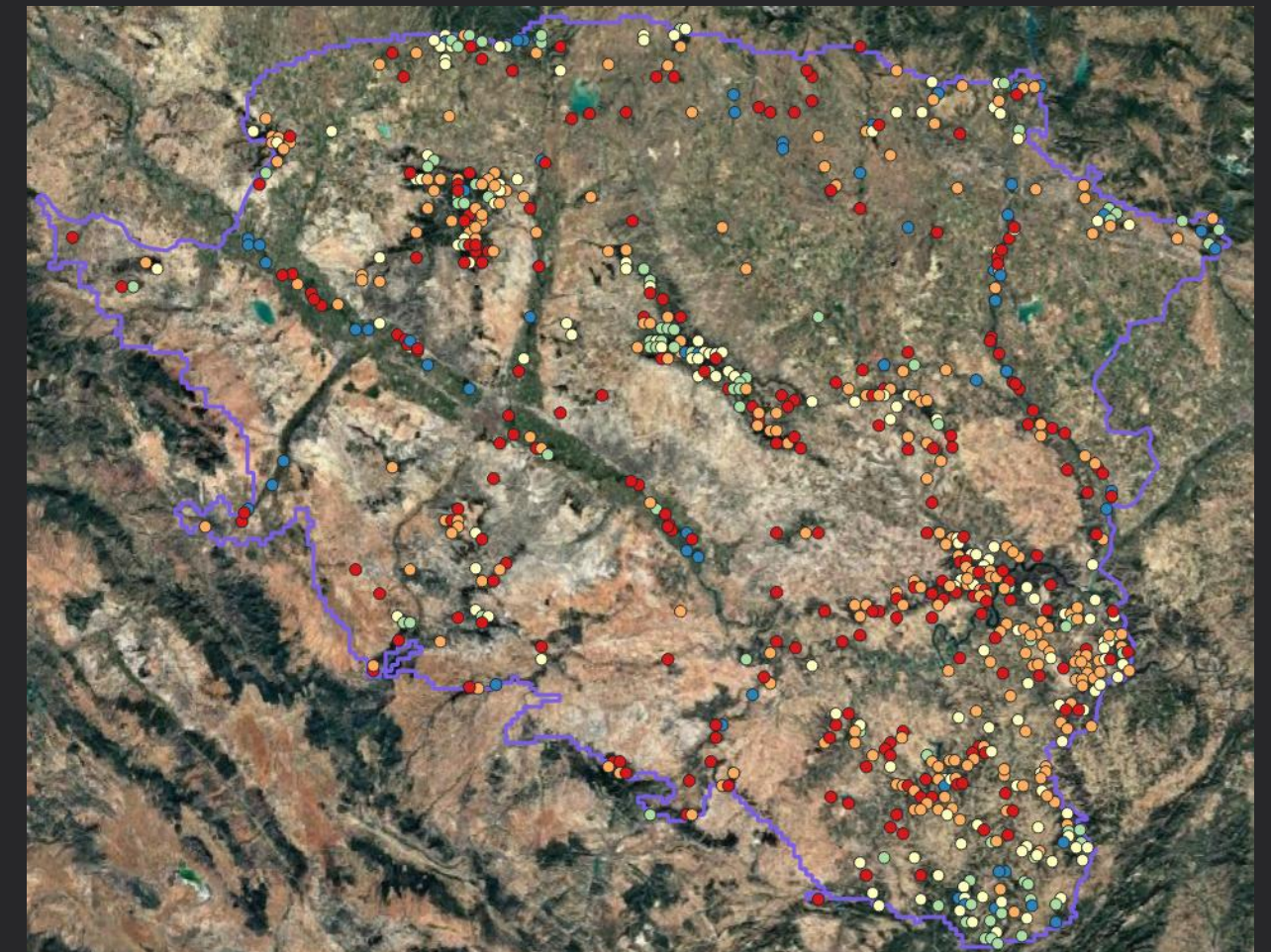
IBÉRICO



PIRINEO



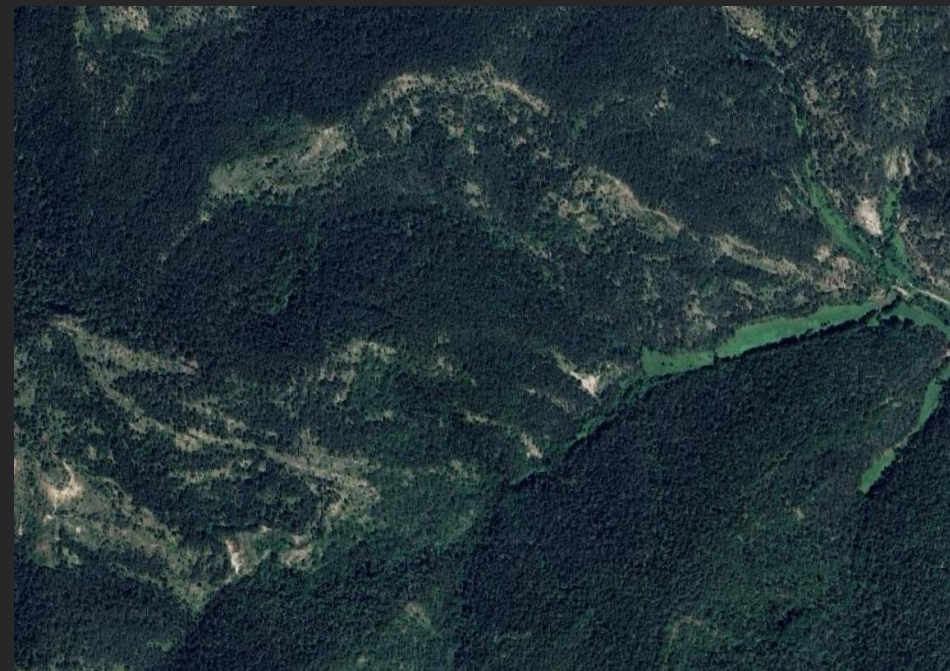
VALLE DEL EBRO



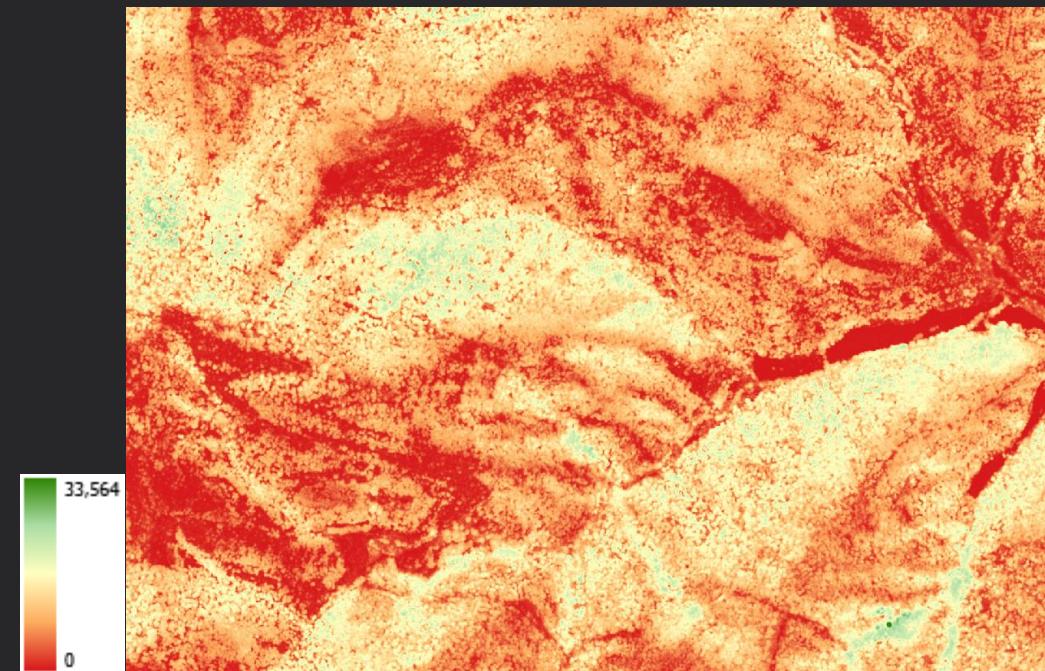
# RESULTADOS

## AVANCES CARTOGRÁFICOS

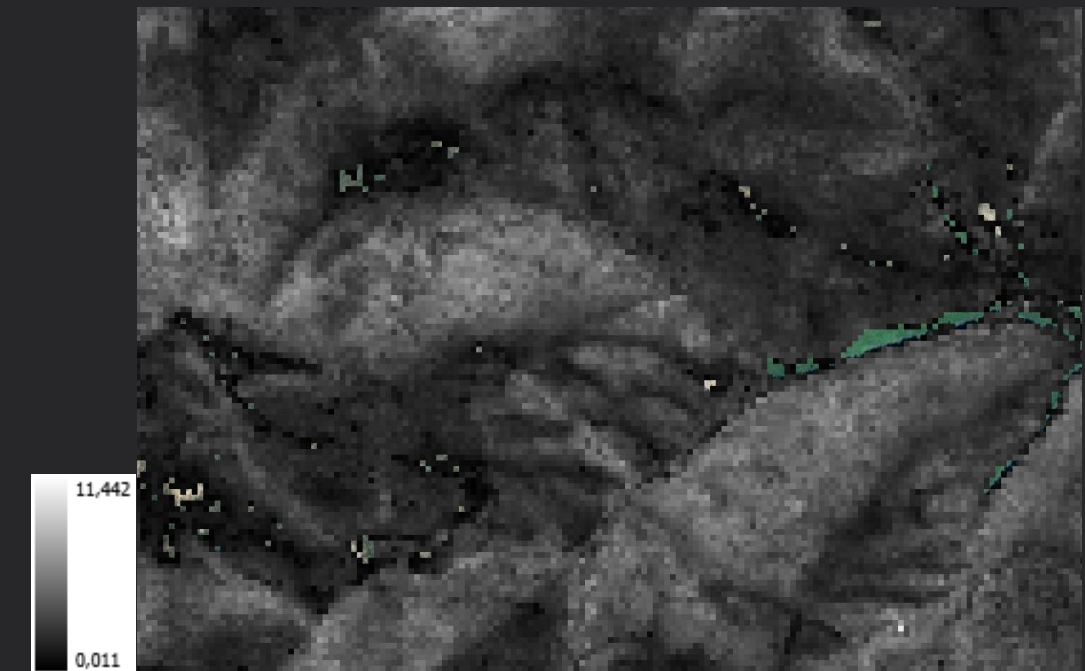
Ortofoto MA



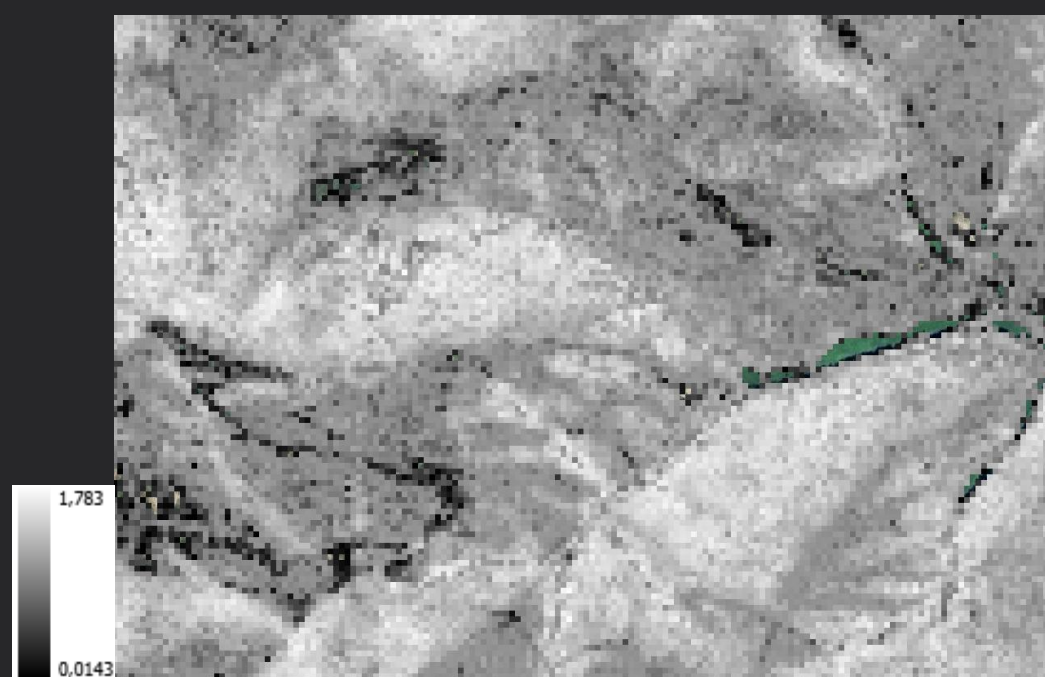
MDAV 1 m



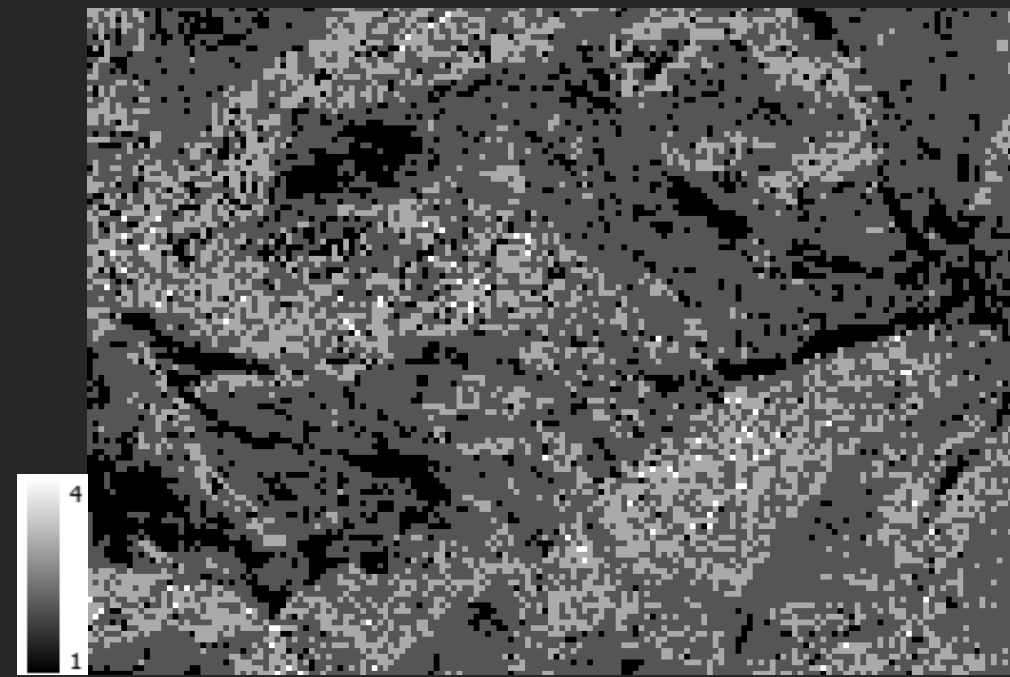
Desviación estándar de la altura



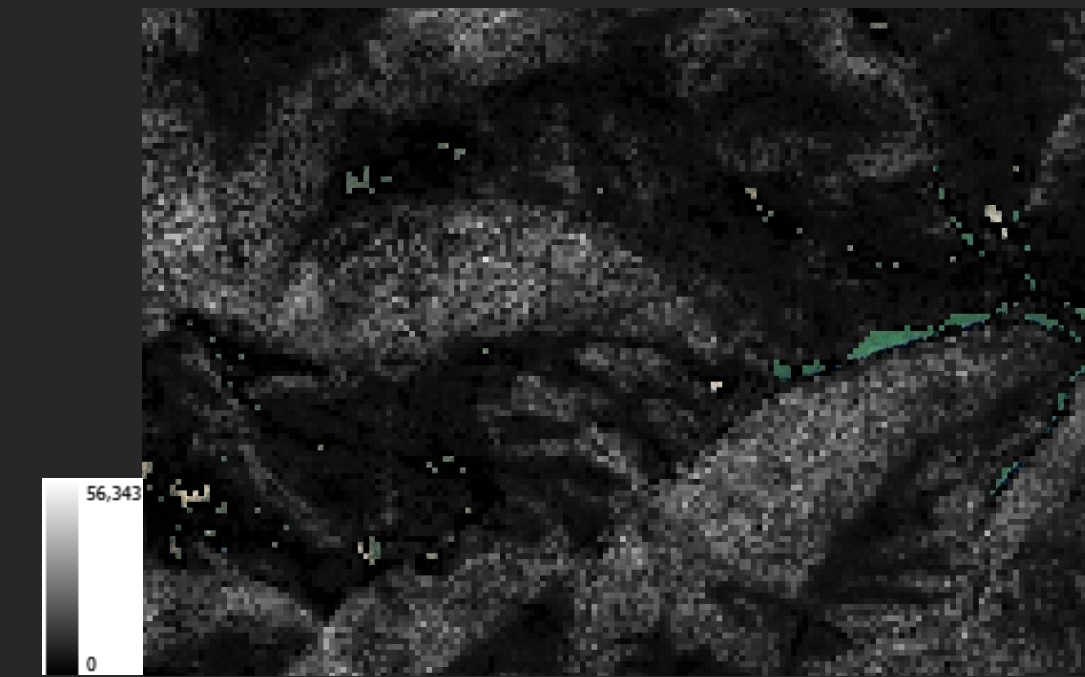
Índice de Shannon de los estratos



Presencia de estratos (> 20%)



Estructura vertical



# ÚLTIMOS PASOS

VALIDACIÓN DE MODELOS

---

PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN

---

MAPAS INTEGRADOS

---

EVALUACIÓN PERIÓDICA

---



# CONCLUSIONES

## UNA METODOLOGÍA REPRODUCIBLE PARA IDENTIFICAR HÁBITATS FORESTALES DE ALTO VALOR EN ARAGÓN.

Primera cartografía sistemática de biodiversidad forestal de Aragón a 10 m.

Integra estructura, composición, funcionamiento y antigüedad.

Es reproducible, escalable y alineada con la política europea.





**föra**  
bosques. datos. futuro



**GOBIERNO  
DE ARAGON**  
Departamento de Medio Ambiente  
y Turismo



**GOBIERNO  
DE ESPAÑA**

**MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES**



**CSIC**  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Almudena López Calzado  
Rafael Alonso Ponce  
Rafael López del Río

