

SeverityApp-VIS4FIRE: información espacial de severidad potencial de quemado

Daniel Moya (1*), Esther Peña (1), Anabel Morales (1), Alejandro Martínez (1), M. Julia Flores (2), Enrique Arias (2), Asunción Díaz (1), Alvaro Fajardo (1), Marina Riesco (1), Manuel E. Lucas-Borja (1), Fayssal Tsourli (3), Juan J. Pardo (2), J. Antonio Mateo (2), F. Chico (4), Jorge de las Heras (1)

(1) Escuela Técnica Superior Ingeniería Agronómica y de Montes y Biotecnología. UCLM. Albacete, Spain

(2) Instituto de Investigación en Informática de Albacete. UCLM. Albacete, Spain

(3) University of Ain Temouchent, Ain Temouchent, Argelia

(4) Centro Operativo Regional Lucha Contra Incendios Forestales. INFOCAM. Consejería Desarrollo Sostenible Junta Comunidades Castilla-La Mancha. Toledo, Spain.

1. Introduction

FIRE REGIME

- Frequency: NUMBER of disturbances in an area in a period of time (recurrence)
- Seasonality: season of the year
- Extension: Surface burned

-FIRE INTENSITY: energy released from the fire or characteristics of the fire behavior such as flame length and rate of spread (T^a , energy,...)

FIRE SEVERITY: consumption of forest biomass and surface SOM (Keeley, 2009)

BURN SEVERITY: magnitude of the immediate fire impacts on vegetation (above) and soils (belowground) on forest ecosystems (Keeley, 2009)



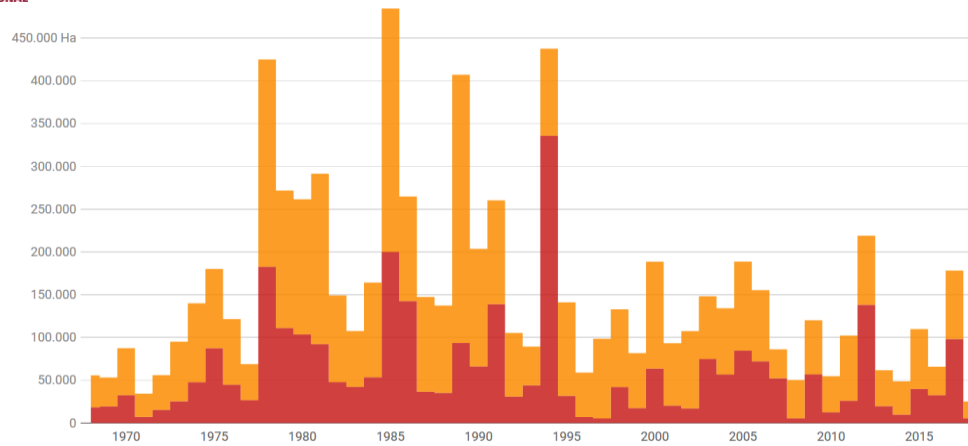
Duane 2018

Fire process	Satellite product	Derived metric
Fire intensity	Fire radiative power dAlbedo dTree	Crown scorch
Fire severity	dNBR dNDVI dLST	Vegetation destruction
Burn severity	dAlbedo _{it} dTree _{it}	Tree mortality

Rogers et al., 2015

1. Introduction

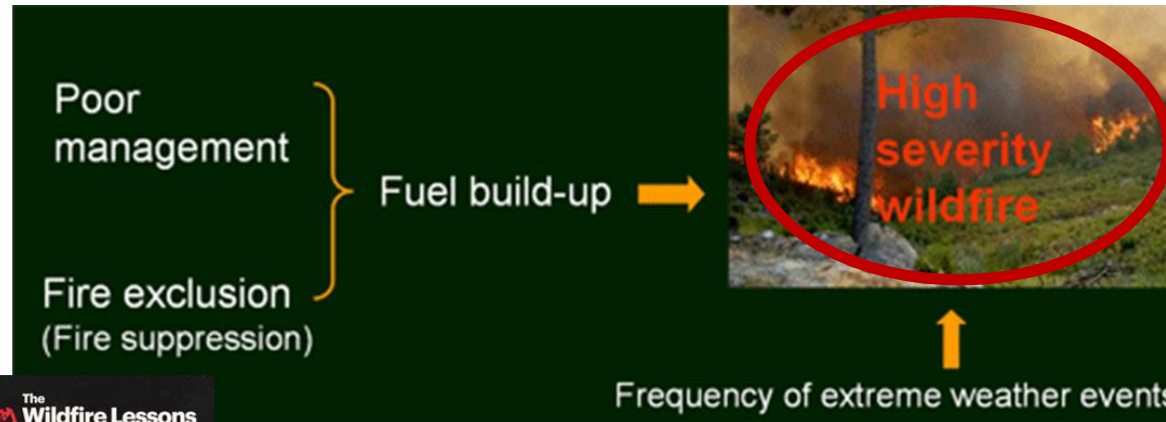
evolución del número de hectáreas quemadas por incendios de menos de 500 hectáreas y grandes fuegos de más de 500 hectáreas desde 1968



Fuente: MAPAMA • Creado con Datawrapper

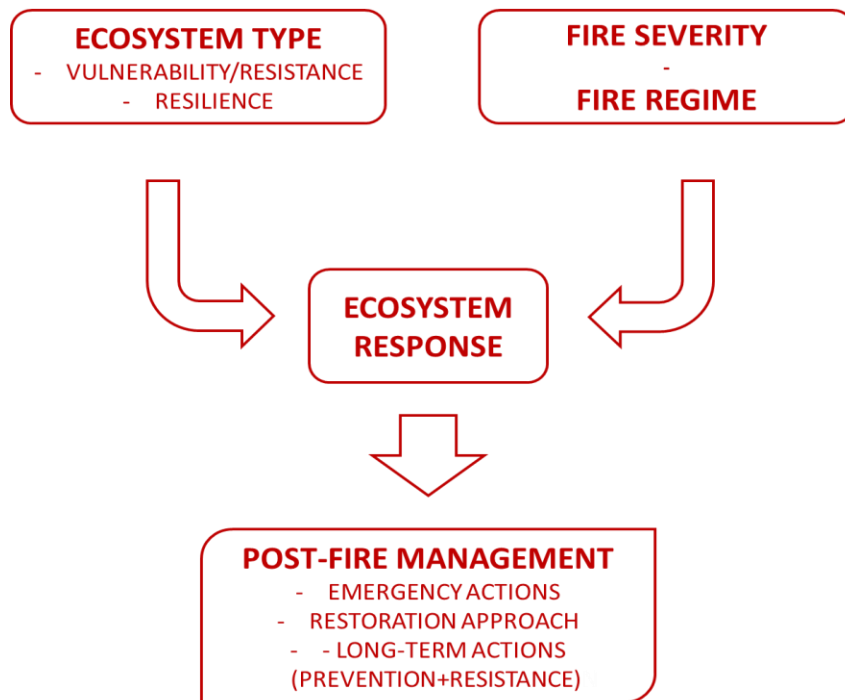
SO, ALL WILDFIRES ARE THE SAME?

<0.5% Large fires (> 500 ha burned)
>40% BURNED SURFACE



SUCESSS IN FIRE SUPRESSION Moreira et al 2011. JEMA

POST-FIRE MANAGEMENT?



OBJECTIVE

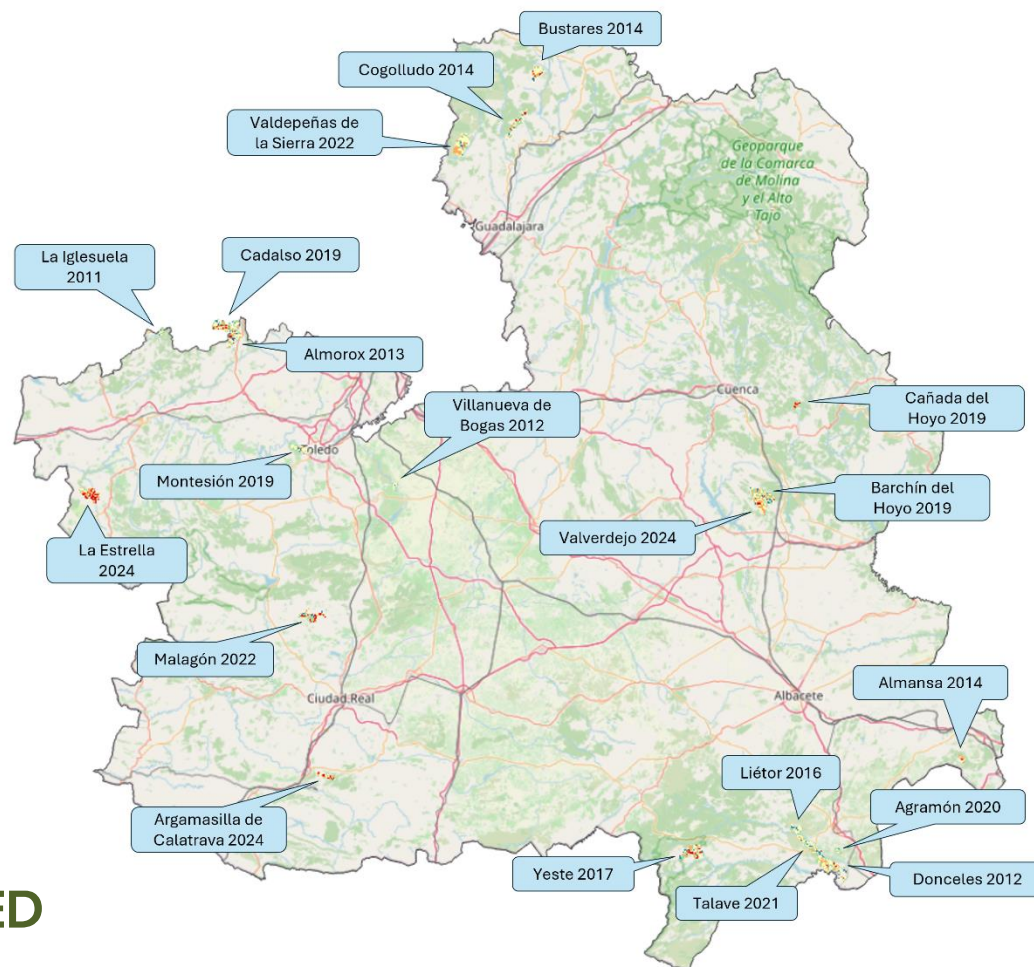
- To generate a digital tool to assess potential burn severity

- a) FIELD DATA (Alloza et al. 2014, Vega et al. 2013)
- b) information from maps and remote sensor of burn severity indices

OBJECTIVES FOR THE BURNED AREA

- **ECOLOGICAL SERVICES:**
 - SOIL LOSS
 - FOREST PRODUCTIVITY
 - BIODIVERSITY
- **SOCIAL VALUES:**
 - RECREATION
 - LANDSCAPE
 - RURAL ABANDONMENT





WILDFIRES INCLUDED

ARCHITECTURE

Machine Learning methods: methodology for generating models with different algorithms (linear models, decision trees, etc.) and different hyper-parameters by grid search

POTENTIAL BURN SEVERITY COMPONENTS

STATIC MODULE

biotic (vegetation-terrain indices)

abiotic (topography and terrain)

DYNAMIC MODULE

Weather prediction

Climate anomalies

FINAL RESULT: calculator for discrete variables + cartographic viewer → Castilla-La Mancha

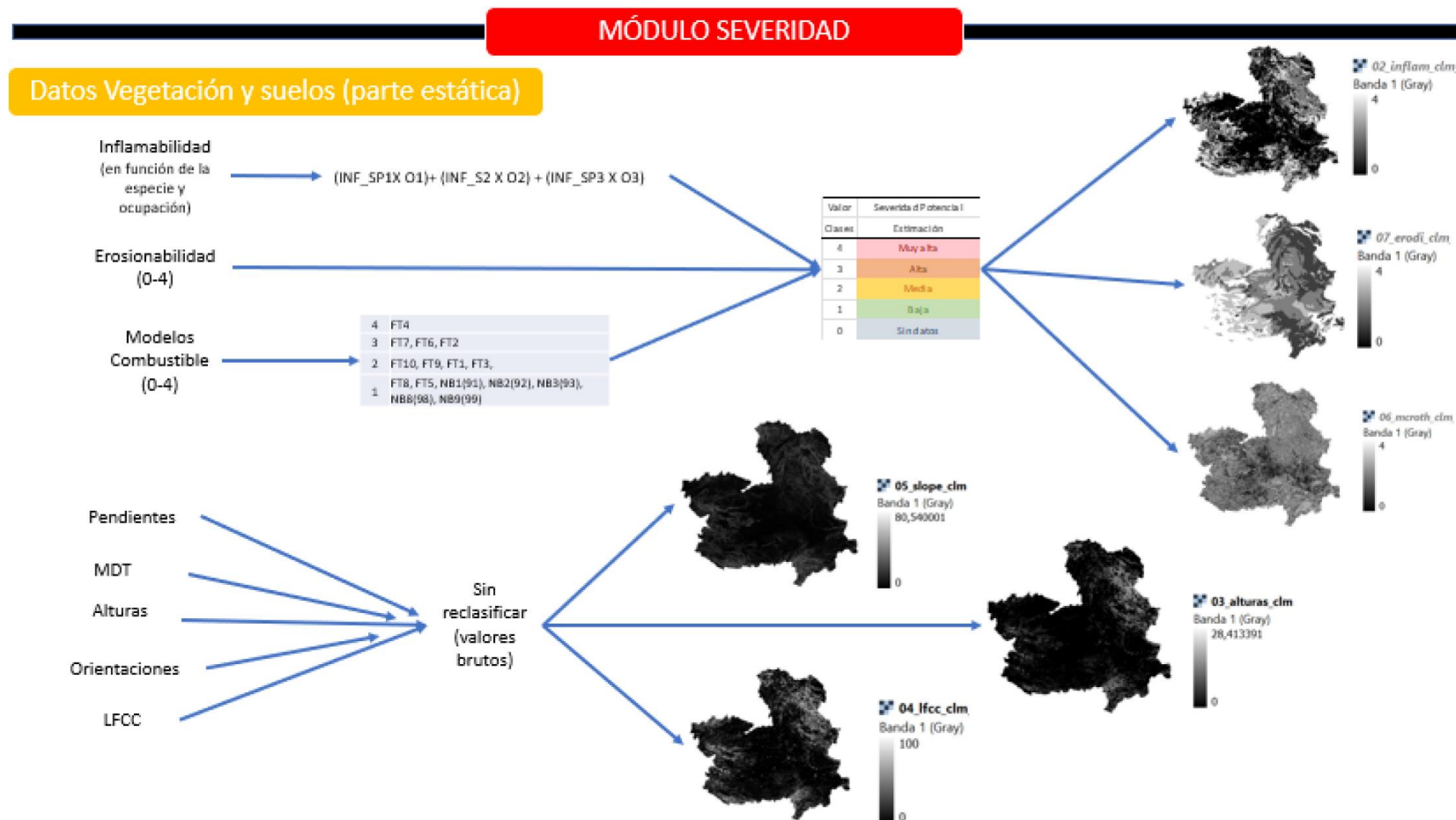
SEVERITY MODULE

STATIC MODULE (VEGETATION+SOIL)

- Elevation of terrain above sea level
- Orientation
- Height of vegetation
- Percentage of slope
- Fraction of covered area
- Erodibility
- Flammability
- Fuel type

DYNAMIC MODULE (WEATHER+ANOMALIES)

- Climate anomaly
- Maximum wind gust
- Vapor pressure deficit

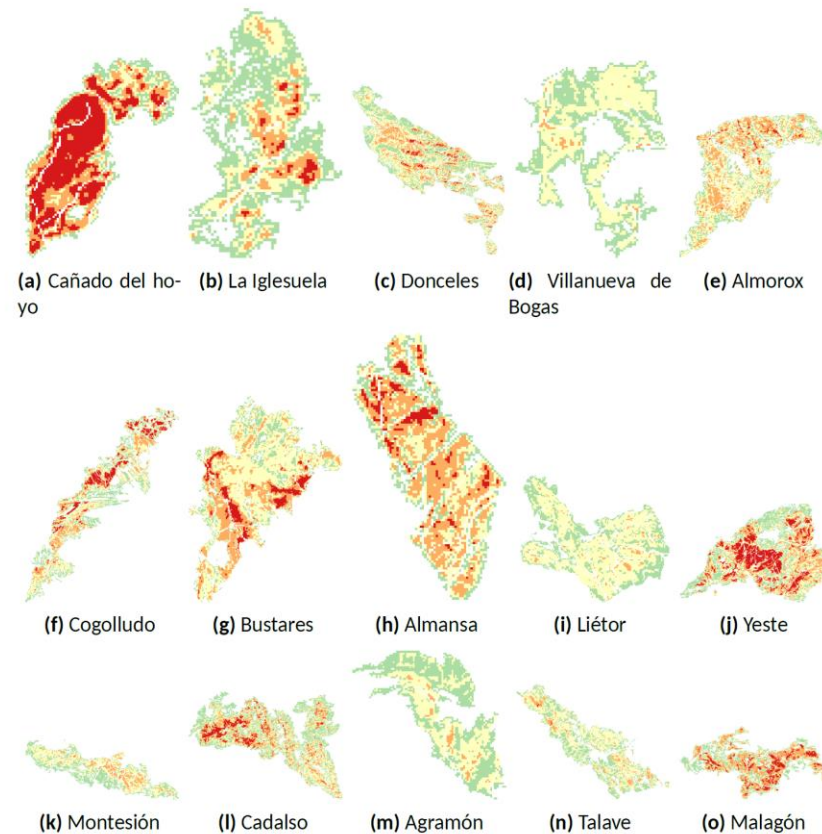


LARGE WILDFIRES TO OBTAIN REAL BURN SEVERITY (GEOSHAPES) → dNBR (Key and Benson 2006)

Severity level	dNBR range
Unburned	-0.100 to 0.99
Low severity	0.100 to 0.269
Moderate-low severity	0.270 to 0.439
Moderate-high severity	0.440 to 0.659
High severity	0.660 to 1.300

Severity Level	dNBR Range (scaled by 10 ³)	dNBR Range (not scaled)
Enhanced Regrowth, high (post-fire)	-500 to -251	-0.500 to -0.251
Enhanced Regrowth, low (post-fire)	-250 to -101	-0.250 to -0.101
Unburned	-100 to +99	-0.100 to +0.99
Low Severity	+100 to +269	+0.100 to +0.269
Moderate-low Severity	+270 to +439	+0.270 to +0.439
Moderate-high Severity	+440 to +659	+0.440 to +0.659
High Severity	+660 to +1300	+0.660 to +1.300

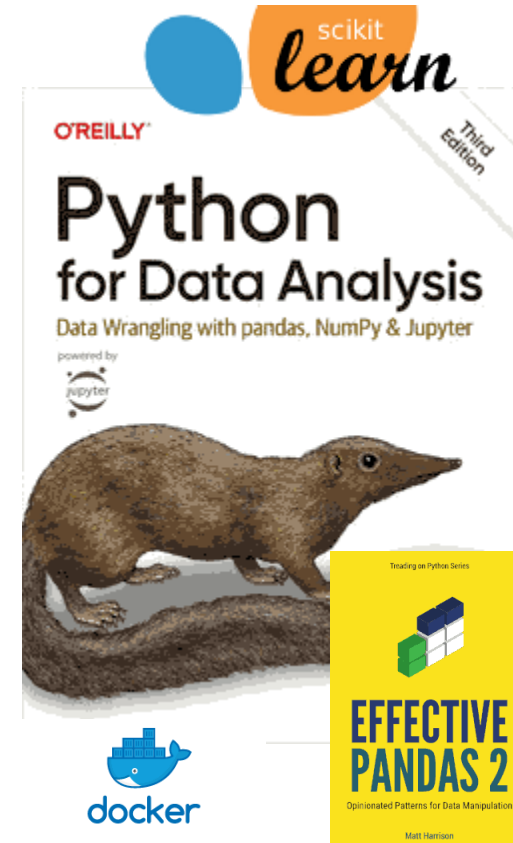
Class	dNBR range (multiplied by 1000)
Unburned or Regrowth	< 100
Low severity	100 - 270
Moderate low severity	270 - 440
Moderate high severity	440 - 660
High severity	>=660



IA Tools used to model severity and relate to proposed variables

Python 3 (Python Software Foundation, 2024) based on libraries for data analysis and machine learning optimized to handle large volumes of data:

- Pandas (pandas develop team, 2024): create, load, clean and transform datasets
- Matplotlib+Seaborn (matplotlib development team, 2024): visualize data (graphs)
- Scikit-learn (scikit-learn development team, 2024): supervised (and unsupervised) learning algorithms to split the dataset into training and testing, standardize variables, cross-validation and model selection.
- OpenMP (OpenMP development team, 2024): optimize time of interpolation of climatic data from the stations of Castilla-La Mancha to the entire region.
- Docker (Docker, 2024): develop, ship, and run applications to eliminate compatibility issues



SEVERITY APP

CLIMATIC DATA (DYNAMIC MODULE)

Climate anomaly

$$CA = \frac{HT + WH}{2}$$

- Heat stress HT ^(CA) → percentile of averaged temperature (last 8 days) for each day of the year
- Water stress WT → percentiles of the Drought Code for each day of the year.

Vapor Pressure Déficit (VPD)

- Vapour pressure of water VPW as function of temperature (hPA)
- Relative humidity RH (%)
- Temperature T obtained from the weather prediction model

$$VPW = 6.11 * EXP[(12.27 * T)/(237.3 + T)]$$

```

1: función IDW((x, y), {(xi, yi, valuei)}i=1N, p)
2:   z ← 0
3:   w ← 0
4:   para i ← 1 to N hacer
5:     di ← √((x - xi)2 + (y - yi)2)
6:     si di ≠ 0 entonces
7:       wi ← 1/dip
8:       z ← z + wi · valuei
9:       w ← w + wi
10:   si no
11:     devolver valuei
12:   devolver z/w

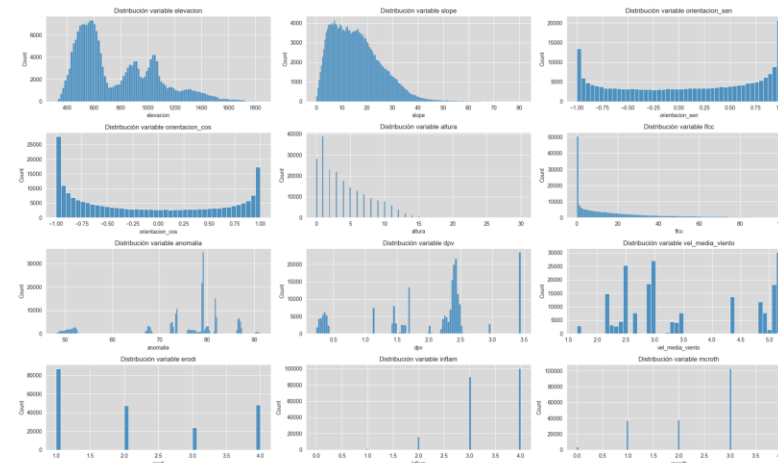
```

▷ Si la distancia es 0, devuelve el valor conocido

Algoritmo 3.1: Algoritmo de interpolación Ponderada Inversa a la Distancia (IDW).

Variable	Descripción	Unidad
elevacion	Elevación sobre el nivel del mar	metros
orientacion	Orientación de la pendiente	grados
altura	Altura de la vegetación	metros
erodi	Erosionabilidad del suelo	[1, 4]
inflam	Inflamabilidad de la vegetación	[1, 4]
mcroth	Modelo de combustible de la vegetación	[1, 4]
slope	Pendiente del suelo	%
lfcc	Fracción de cabida cubierta lidar	%
anomalia	Anomalia climática	-
dpv	Déficit de presión de vapor	hectopascales
vel_media_viento	Velocidad media del viento	metros/segundo
severidad_real	Severidad del incendio según el dNBR	-
coord_x_etr89	Coordenada X del píxel en el sistema de referencia ETRS89	-
coord_y_etr89	Coordenada Y del píxel en el sistema de referencia ETRS89	-
incendio	Nombre del incendio	-
provincia	Provincia donde ocurrió el incendio	-

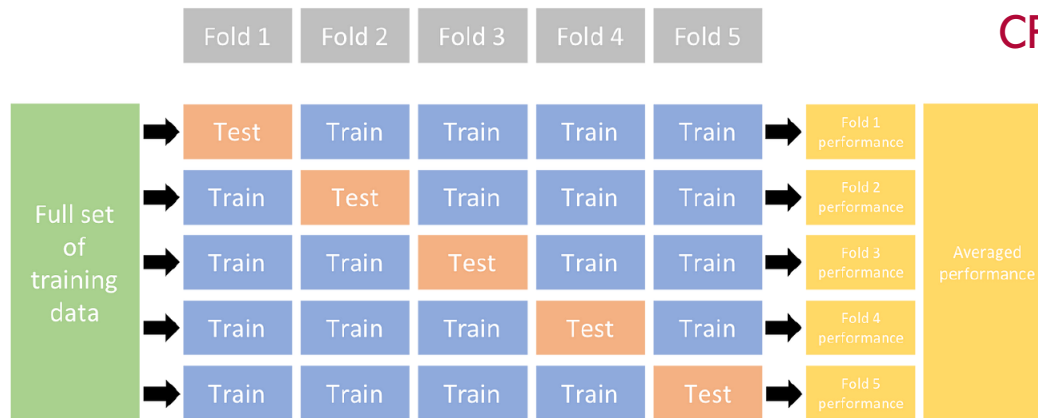
VARIABLES



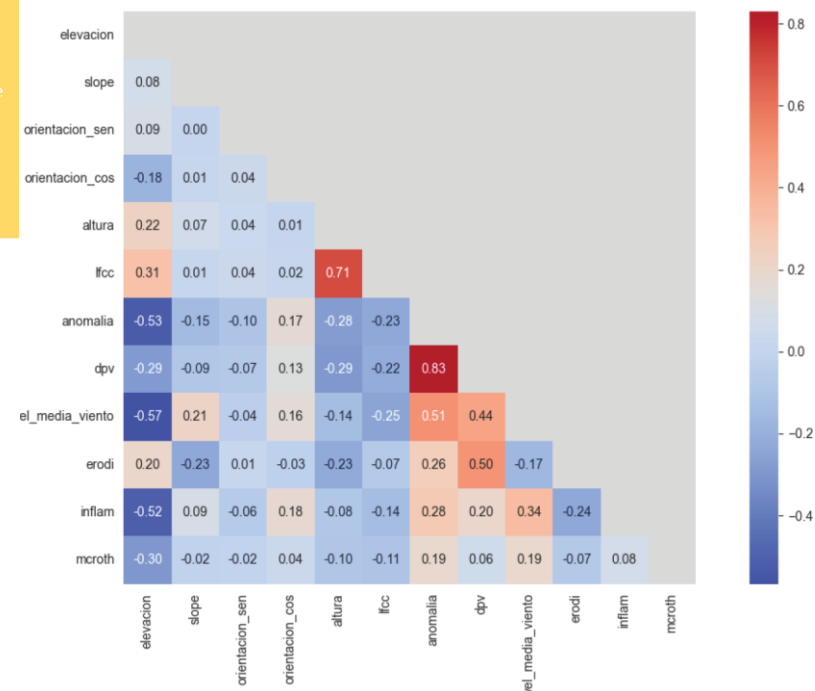
	elevacion	orientacion	altura	erodi	inflam	mcroth	slope	lfcc	anomalia	dpv	vel_media_viento	severidad_real	coord_x_etr89	coord_y_etr89	incendio	provincia
175125	606.047974	285.053741	3.0	2.0	3.0	4.0	4.097000	15.584400	67.784218	1.691194	2.156014	0.448692	378870.000000	4.456710e+06	Almorox	Toledo
66801	790.762024	78.863747	0.0	1.0	3.0	0.0	37.775002	3.331200	86.518700	2.363752	4.850470	0.247743	601140.000000	4.260840e+06	Talave	Albacete
5127	866.635010	270.244507	7.0	1.0	4.0	3.0	6.171000	35.249001	90.445862	2.008246	1.646938	0.283170	664224.843673	4.292922e+06	Almansa	Albacete
141323	1612.354980	318.737183	0.0	4.0	3.0	1.0	20.552000	0.000000	77.778488	2.440382	4.320680	0.301376	496650.000000	4.557600e+06	Bustares	Guadalajara
214826	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	79.800400	1.128929	3.472492	0.136661	376650.000000	4.458600e+06	Cadalso	Toledo
166975	1041.090942	206.420959	3.0	4.0	2.0	3.0	9.552000	4.529600	73.554558	2.288264	2.930897	0.270713	487200.000000	4.535520e+06	Cogolludo	Guadalajara
151361	1257.797974	149.393280	1.0	4.0	3.0	1.0	3.731000	0.000000	76.075317	2.410218	4.327665	0.433782	496920.000000	4.554420e+06	Bustares	Guadalajara
106621	1413.628052	149.773773	13.0	1.0	3.0	2.0	33.714001	55.605400	52.458195	0.366200	2.445904	0.159852	554130.000000	4.253790e+06	Yeste	Albacete
73412	429.359009	357.348083	0.0	1.0	3.0	2.0	3.813000	0.000000	86.949562	2.388251	4.877640	0.175822	603990.000000	4.258740e+06	Talave	Albacete
85601	1201.379028	116.453354	11.0	1.0	3.0	2.0	19.256001	50.355297	51.932129	0.406200	2.463216	0.199727	558420.000000	4.257360e+06	Yeste	Albacete

DATAFRAMES FROM RASTERS

CROSS VALIDATION



GALGO Supercomputer (*Intel Xeon E5450 3.0 GHz* processors)
40 GALGO's processing nodes (320 processing cores)



CORRELATION OF PREDICTOR VARIABLES

1st approach: all data set (cleaned and weighted) randomly divided into training set (75%) and test set (25%)

2nd approach: test set → Agramón, Almansa, Malagón y La Iglesuela + training set → OTHER WILDFIRES

FINAL approach: only INCLUDE classification algorithms and composed values:

A) TERRITORIAL DISTRIBUION: MEDITERRANEAN AREA (CU, AB) – CONTINENTAL AREA (CR, TO, GU)

B) GROUP CLASSES

1. Grouping LOW and MEDIUM-LOW BURN SEVERITY (0 and 1) → class 0
2. Grouping MEDIUM-HIGH and HIGH BURN SEVERITY (2 and 3) → class 1

C) PREDICTION MODEL

Training with binary classification

No weighted variables but inverse frequency in the data set

Modelo	Mejor puntuación
Árbol de decisión	0.3473
SGD	0.2899
Regresión logística	0.2791
KNeighbors	0.2628
XGBoost	0.1102
Random Forest	0.0585

(a) Baja - Alta

Modelo	Mejor puntuación
SGD	0.7352
Árbol de decisión	0.7351
XGBoost	0.7351
Regresión logística	0.7160
Random Forest	0.6878
KNeighbors	0.6564

(b) Baja - Media baja

Modelo	Mejor puntuación
SGD	0.3379
Árbol de decisión	0.3337
Regresión logística	0.1610
XGBoost	0.1050
Random Forest	0.0691
KNeighbors	0.0403

(c) Media alta - Alta

GRID SEARCH RESULTS

MEDITERRANEAN AREA (CU, AB)

F1	0.1901
Recall	0.1343
Precisión	0.3256
Accuracy	0.5984

(a) Baja - Alta

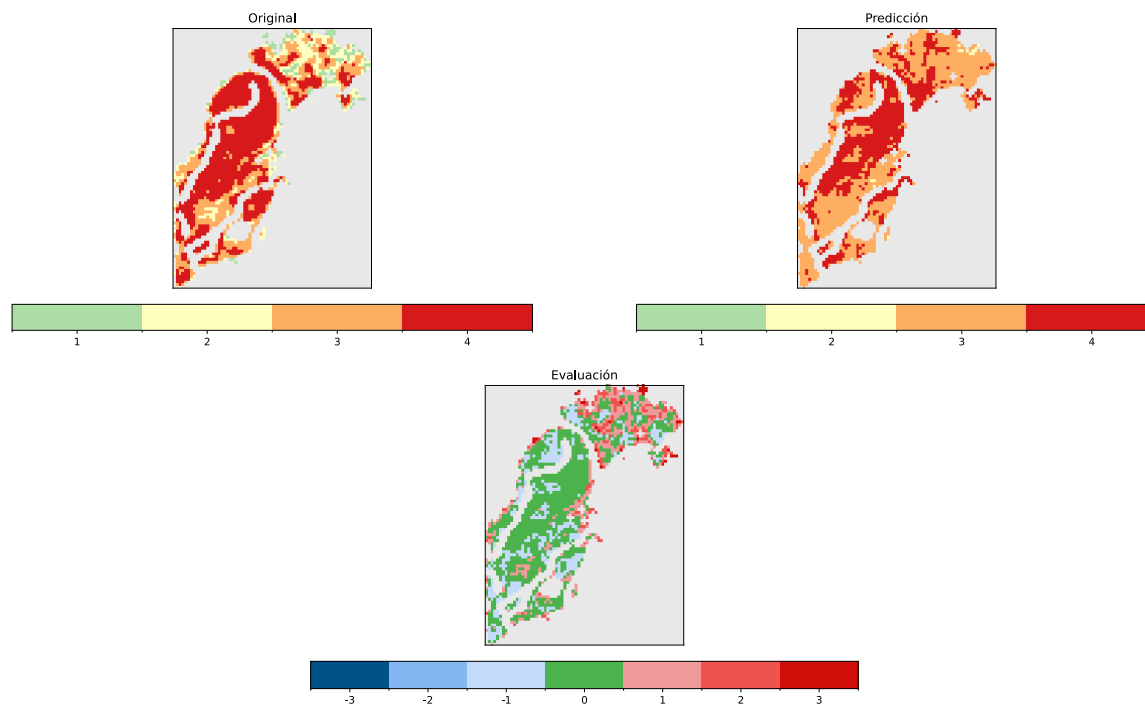
F1	0.7228
Recall	0.8426
Precisión	0.6329
Accuracy	0.6225

(b) Baja - Media baja

F1	0.6170
Recall	0.7964
Precisión	0.5036
Accuracy	0.7054

(c) Media alta - Alta

Cañada_del_Hoyo_2011 (



CONTINENTAL AREA (CR, TO, GU)

Villanueva_de_Bogas_2012 (TO_CR_GU)

F1	0.1901
Recall	0.1343
Precisión	0.3256
Accuracy	0.5984

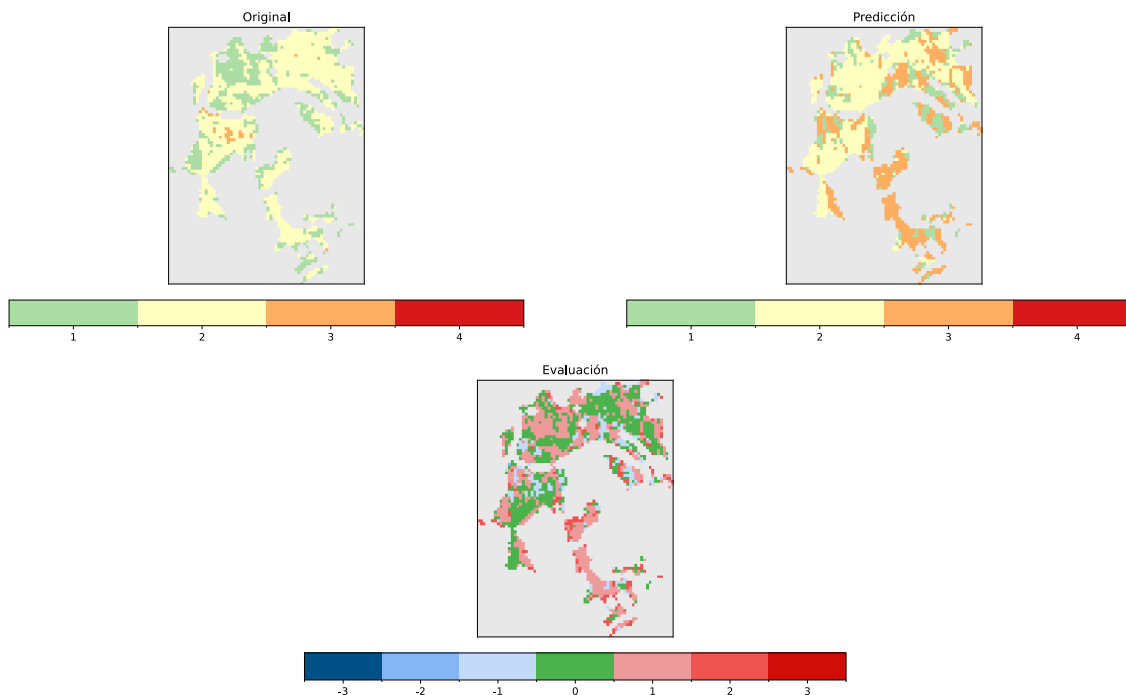
(a) Baja - Alta

F1	0.7228
Recall	0.8426
Precisión	0.6329
Accuracy	0.6225

(b) Baja - Media baja

F1	0.6170
Recall	0.7964
Precisión	0.5036
Accuracy	0.7054

(c) Media alta - Alta



<http://161.67.133.208/incendios/>



The image shows the login interface of the 'Incendios' application. At the top is a red diamond logo with a white stylized figure. Below it are two input fields: 'Nombre Usuario' (Username) and 'Contraseña' (Password). A red 'Acceder' (Access) button is positioned below the password field. At the bottom, there are four logos: the Spanish Ministry of Science and Innovation, the European Union flag, the 'Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia' logo, and the 'Red de Investigación' logo. Below these logos is a block of text in Spanish.

Esta publicación es parte del/proyecto de I+D+i / ayuda Referencia del proyecto "Aplicación informática APP apoyo a gestión forestal mediante reducción de vulnerabilidad integral de sistemas forestales frente a incendios (PDC2021-120845-C53)" financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR

SEVERITY MODULE

Web APP

 **UCLM**

demo ▾

HERRAMIENTAS DE GESTIÓN



VISOR



CALCULADORA



ESTADÍSTICAS



EXPORTAR

SEVERITY MODULE

EXPORT DATA

 **UCLM**

< Volver



Exportación de Datos

Se exportará en formato .xlsx (Microsoft Excel)



[Prueba Algoritmo Datos Reales Sobre Yeste](#)

Utilizado para comprobación de severidad 2017 junto con los datos reales de las tablas estáticas



[Estaciones AEMET](#)

Se obtiene las estaciones AEMET, como puntos.



[Drought Code](#)

Se obtiene el Drought Code de todas las estaciones.



[Drought Code por estación](#)

Utilizado para sacar el Drought Code por Estación AEMET.



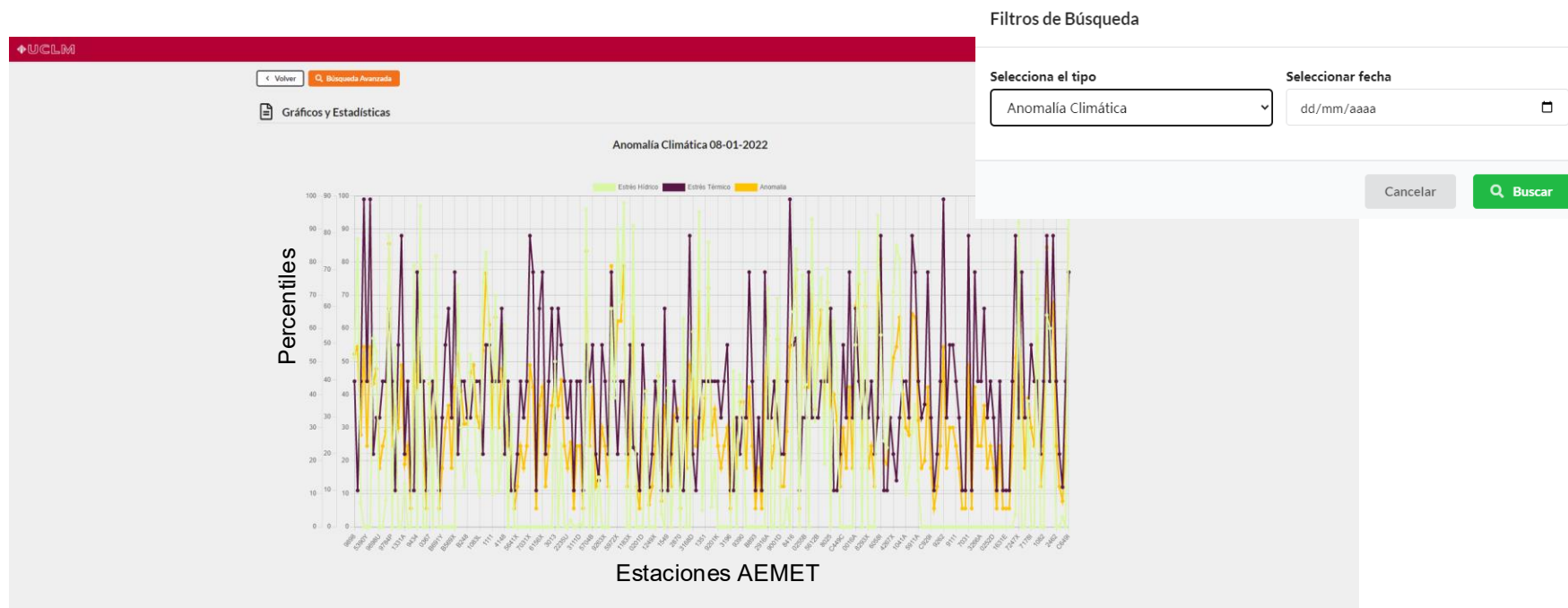
Selecciona la estación

ASTURIAS/AVILÉS

 Descargar

SEVERITY MODULE

CLIMATIC ANOMALY



SEVERITY MODULE

CALCULATOR

3. Results

UCLM | Gestión Incendios Forestales

161.67.133.208/incendios/dashboard/calculadora

[Volver](#)

Calculadora

Datos Vegetación

Inflamabilidad	Pendientes	Alturas
2	11	6
Fracción de Cobertura	Modelos Combustible	Erosionabilidad
22	2	1
Elevación	Orientación	Modelo
740	39	Albacete-Cuenca
Anomalia Climática	Deficit de Presión de Vapor	Velocidad Media Viento (m/s)
75	2	3

[Restablecer](#) [Calcular Severidad](#)

 La severidad es media-alta

UCLM | Gestión Incendios Forestales

161.67.133.208/incendios/dashboard/calculadora

[Volver](#)

Calculadora

Datos Vegetación

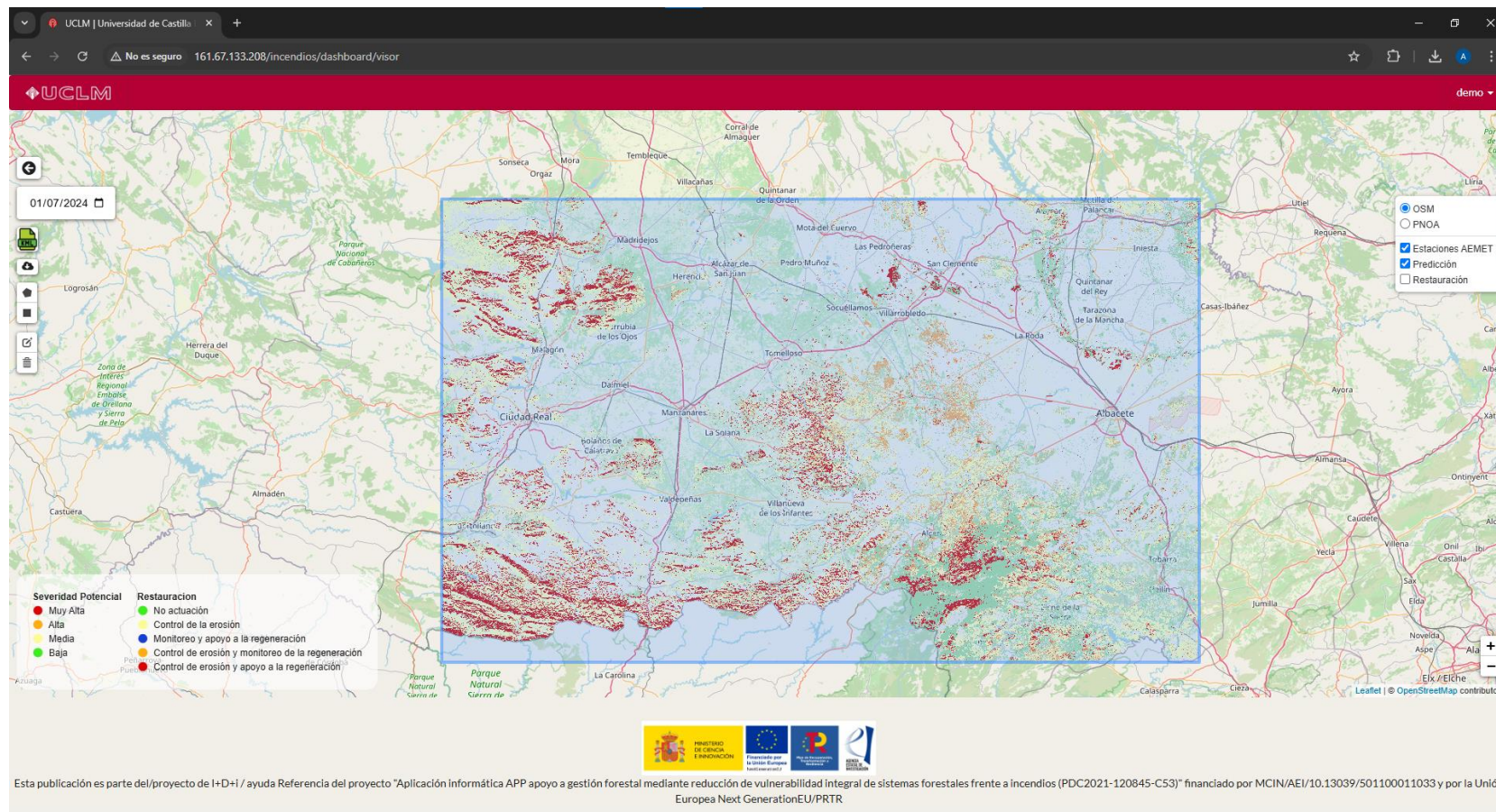
Inflamabilidad	Pendientes	Alturas
2	11	6
Fracción de Cobertura	Modelos Combustible	Erosionabilidad
22	2	1
Elevación	Orientación	Modelo
740	39	Toledo-Ciudad Real-Guadalajara
Anomalia Climática	Deficit de Presión de Vapor	Velocidad Media Viento (m/s)
75	2	3

[Restablecer](#) [Calcular Severidad](#)

 La severidad es media-baja

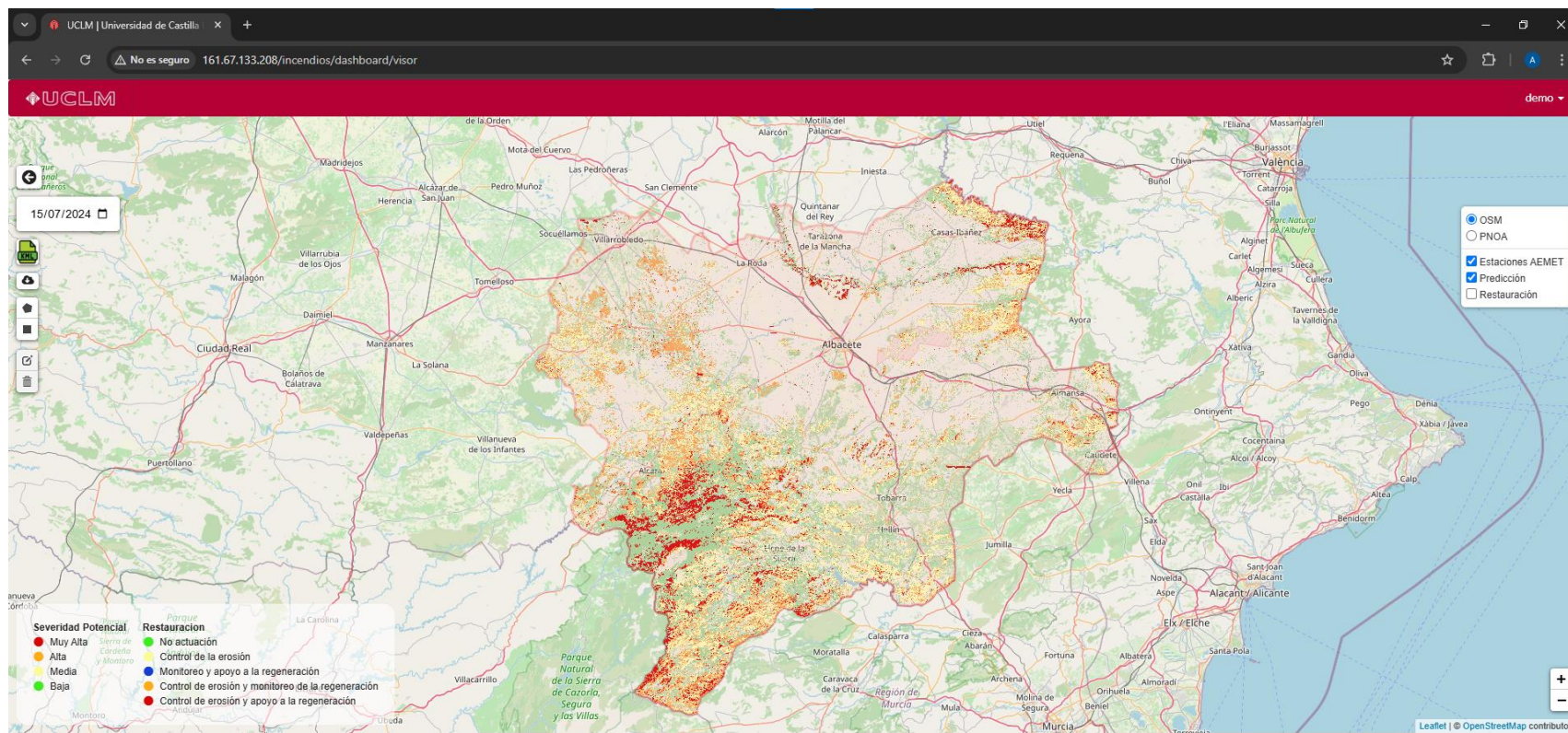
SEVERITY MODULE

VISOR



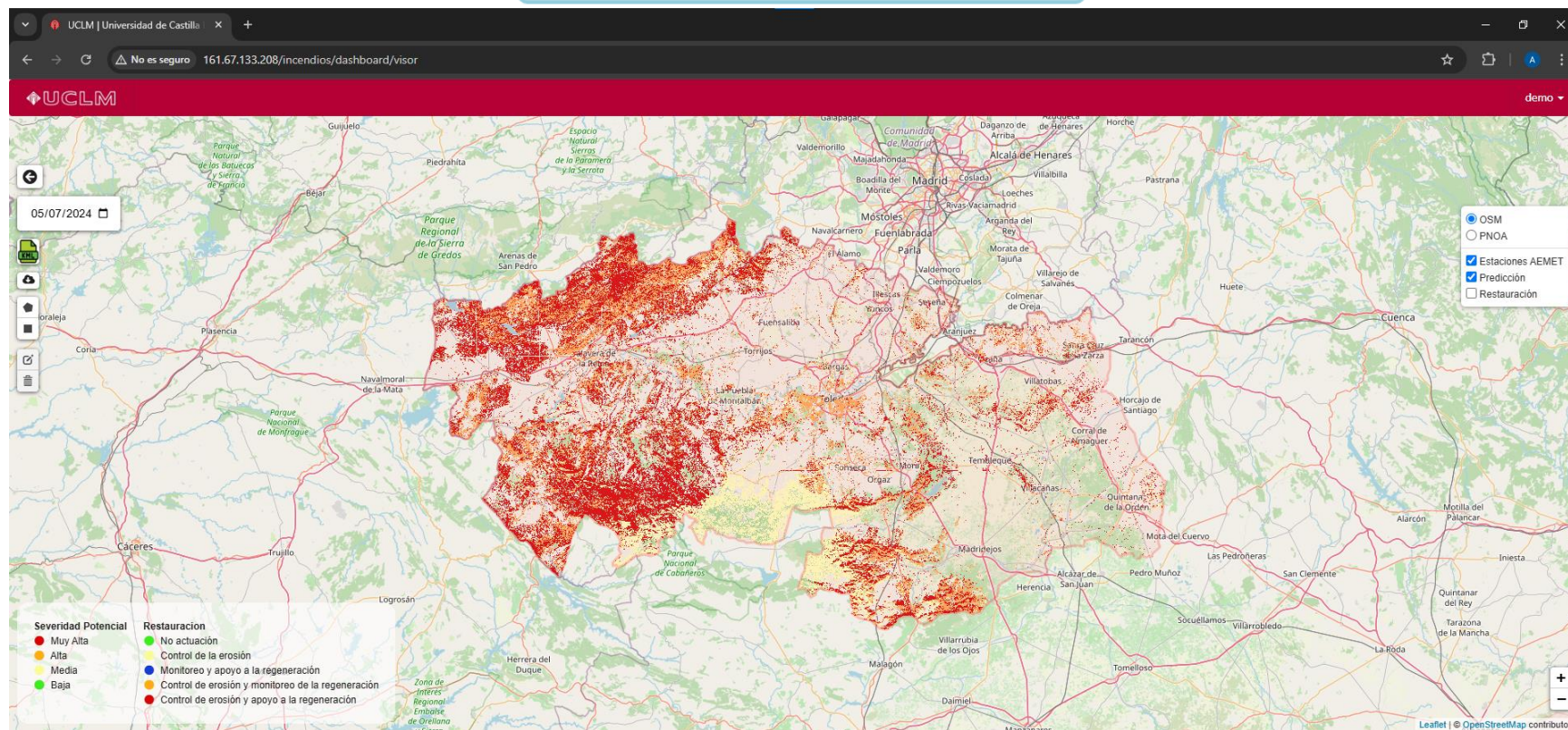
SEVERITY MODULE

VISOR

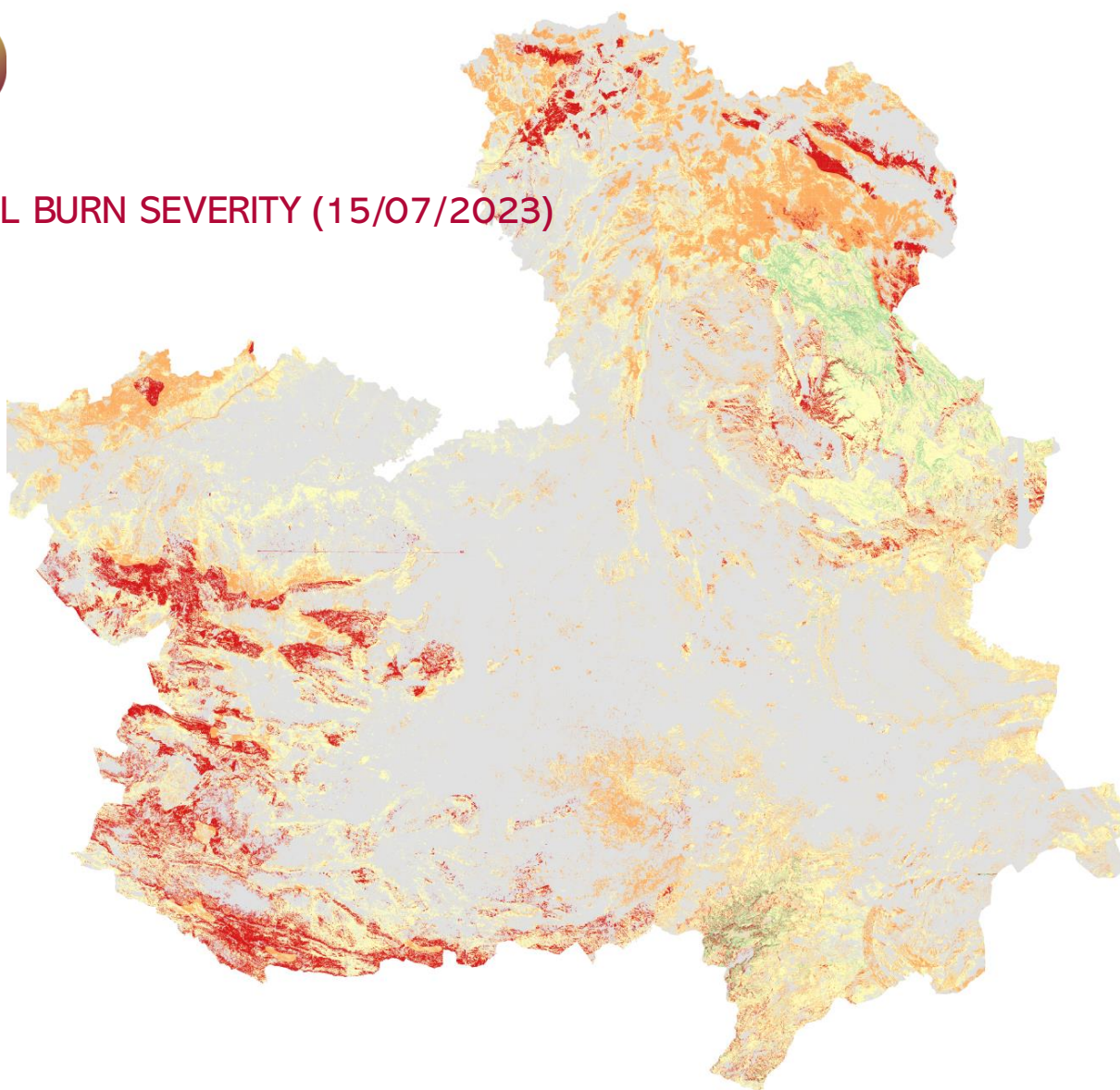


SEVERITY MODULE

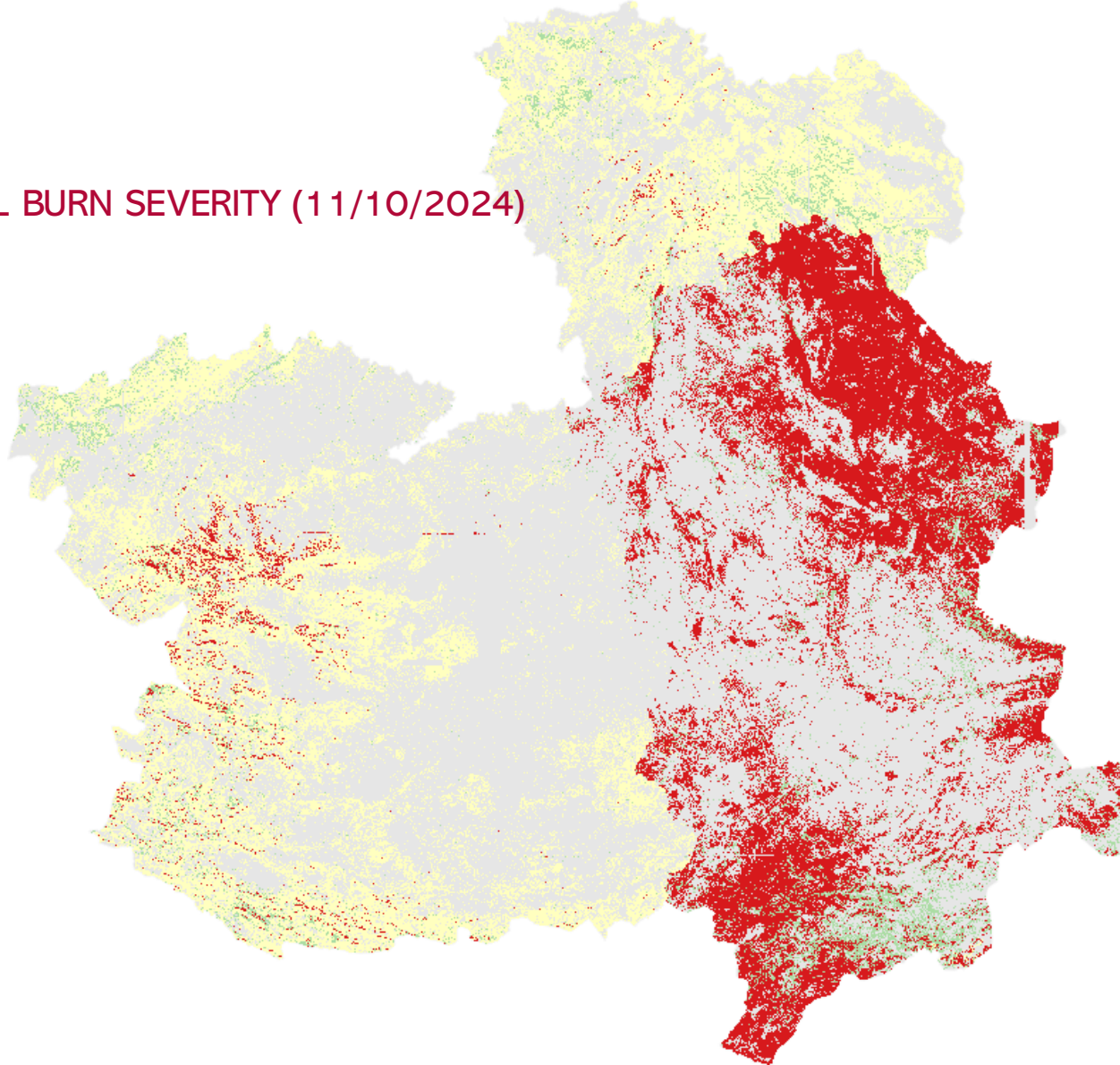
VISOR



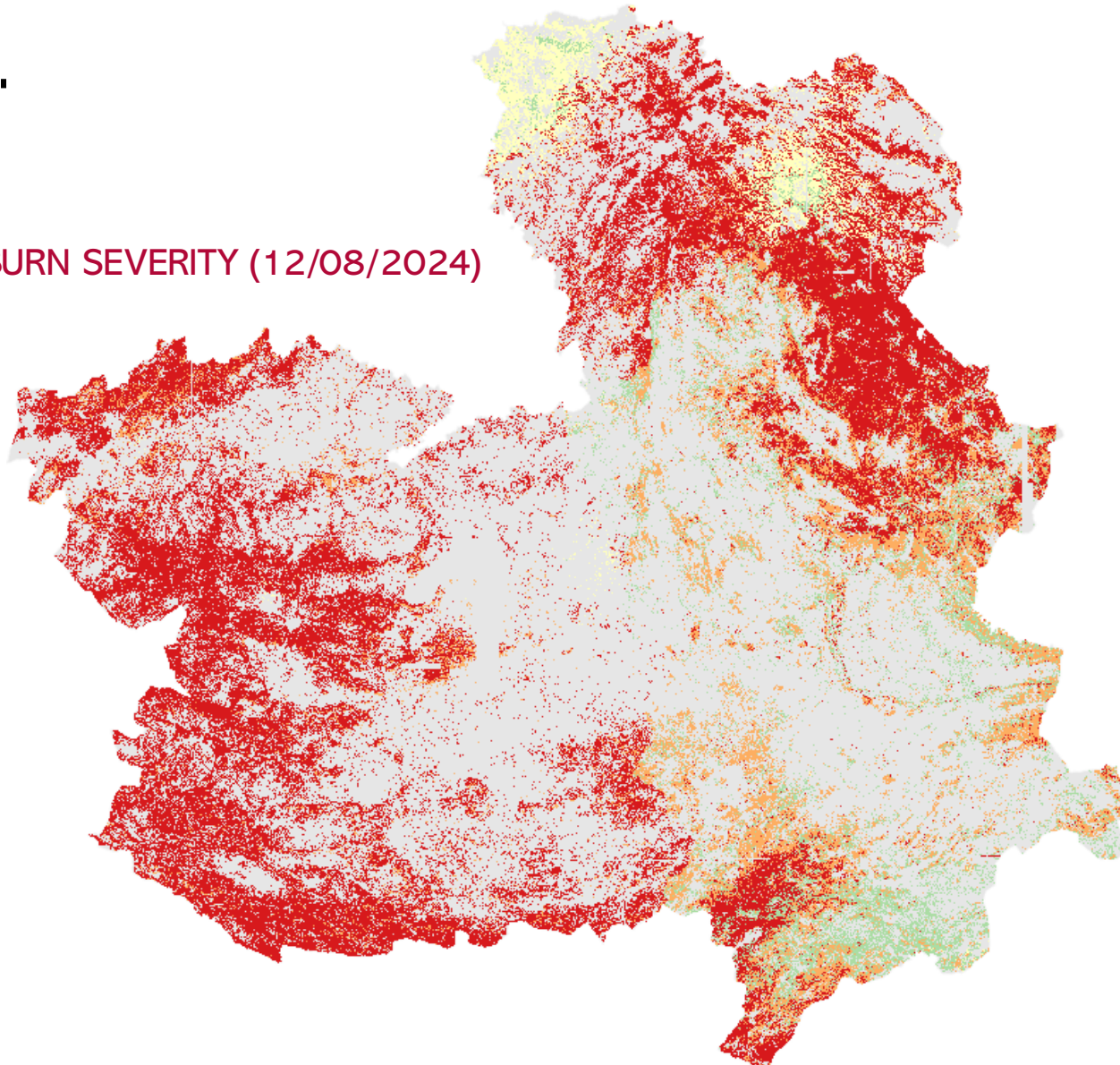
POTENTIAL BURN SEVERITY (15/07/2023)



POTENTIAL BURN SEVERITY (11/10/2024)



POTENTIAL BURN SEVERITY (12/08/2024)



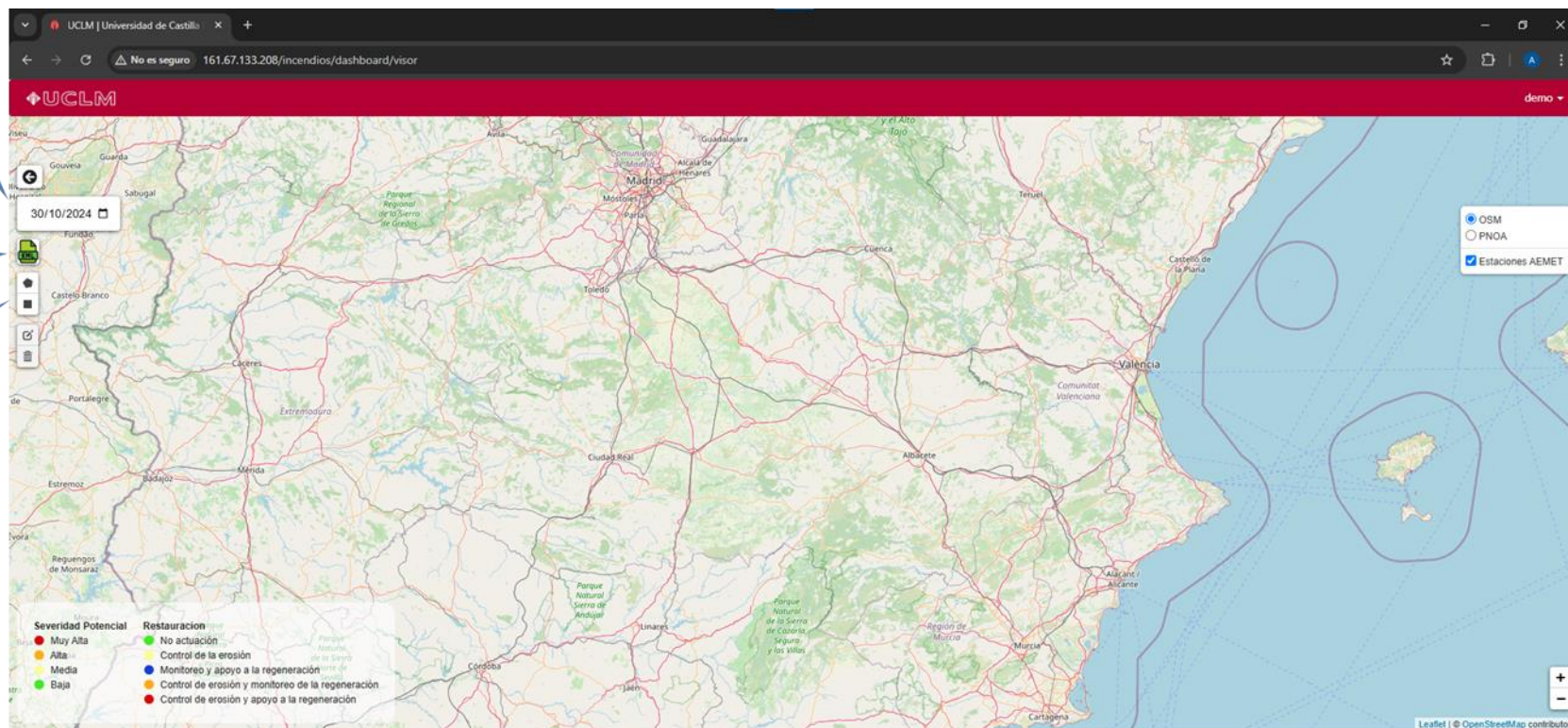
SEVERITY MODULE

VISOR

Fecha

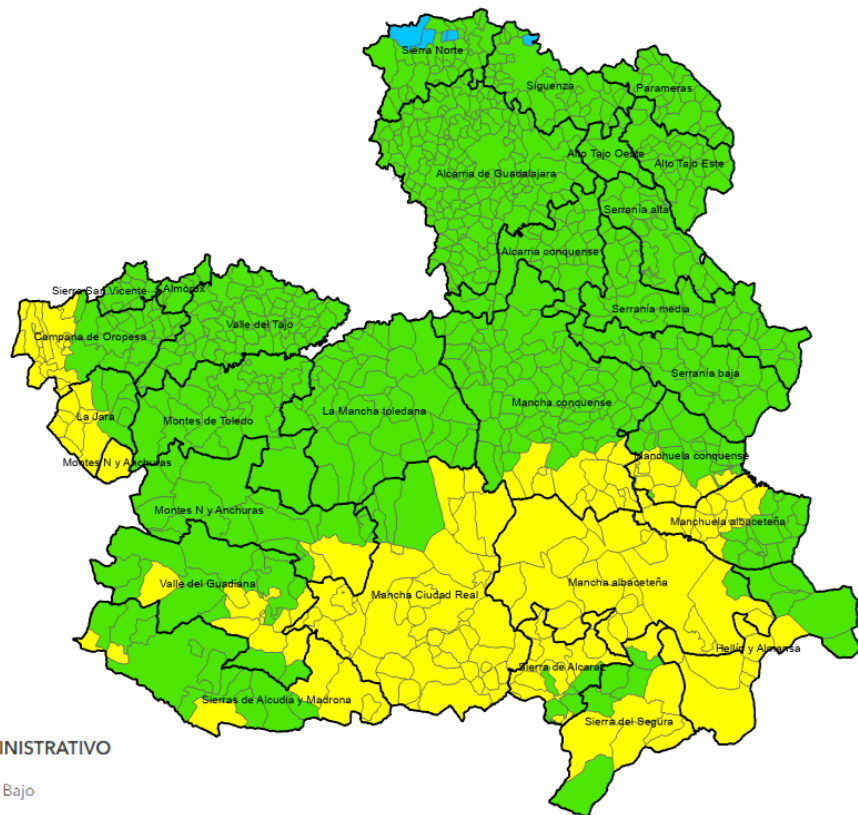
Subir
archivo
KML

Dibujar
polígonos

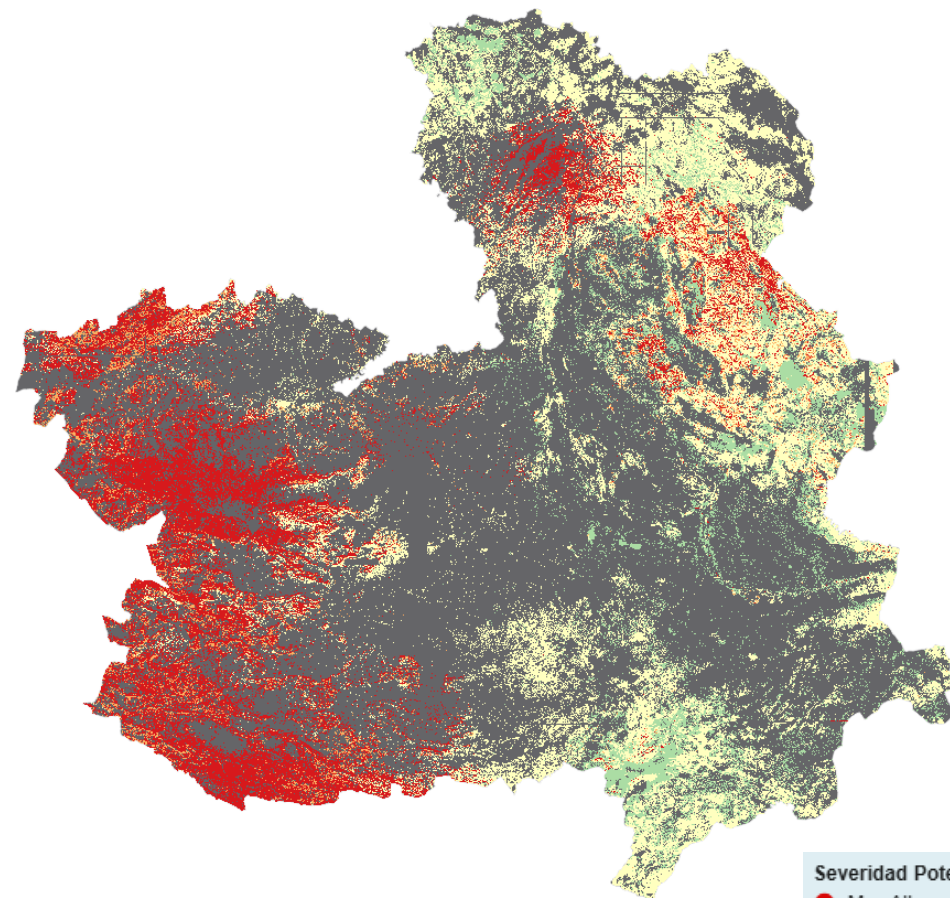
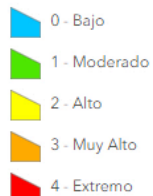


01/06/2024

3. Results

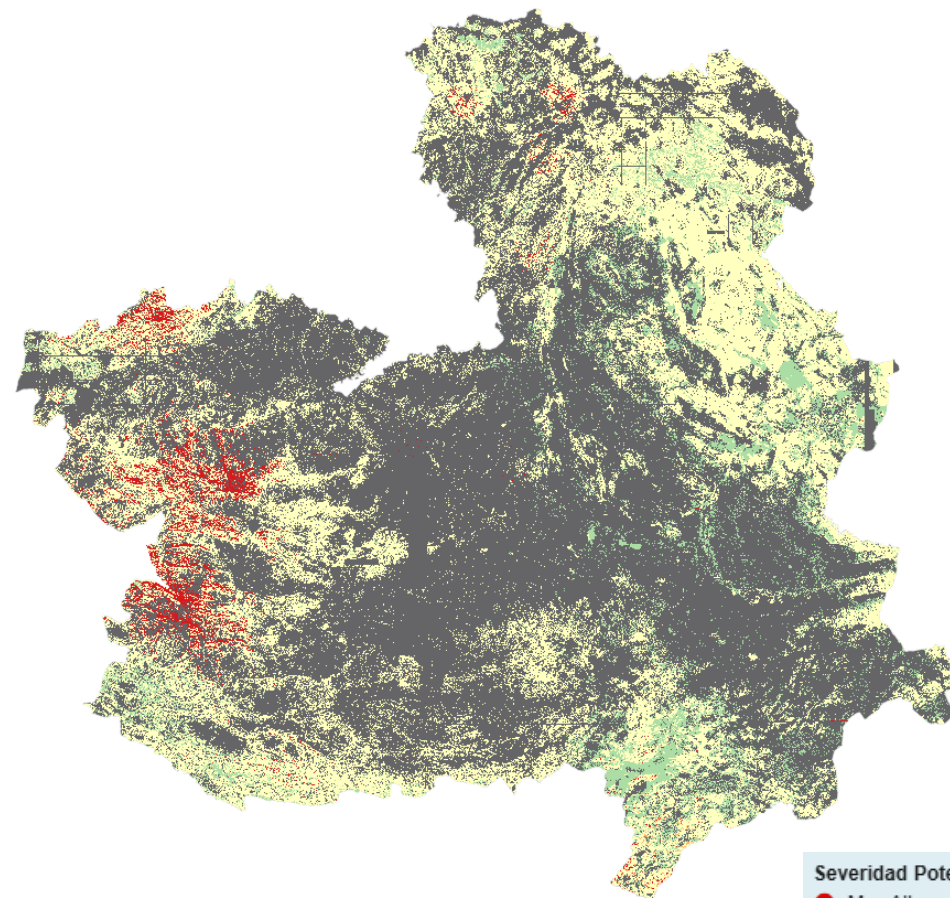
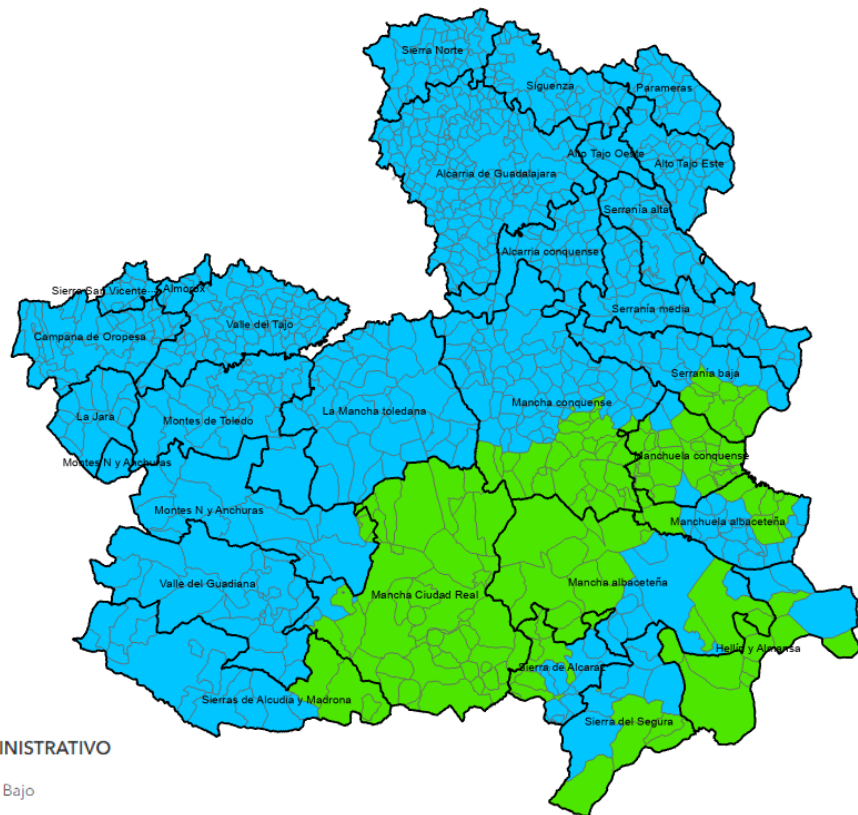


IPP ADMINISTRATIVO



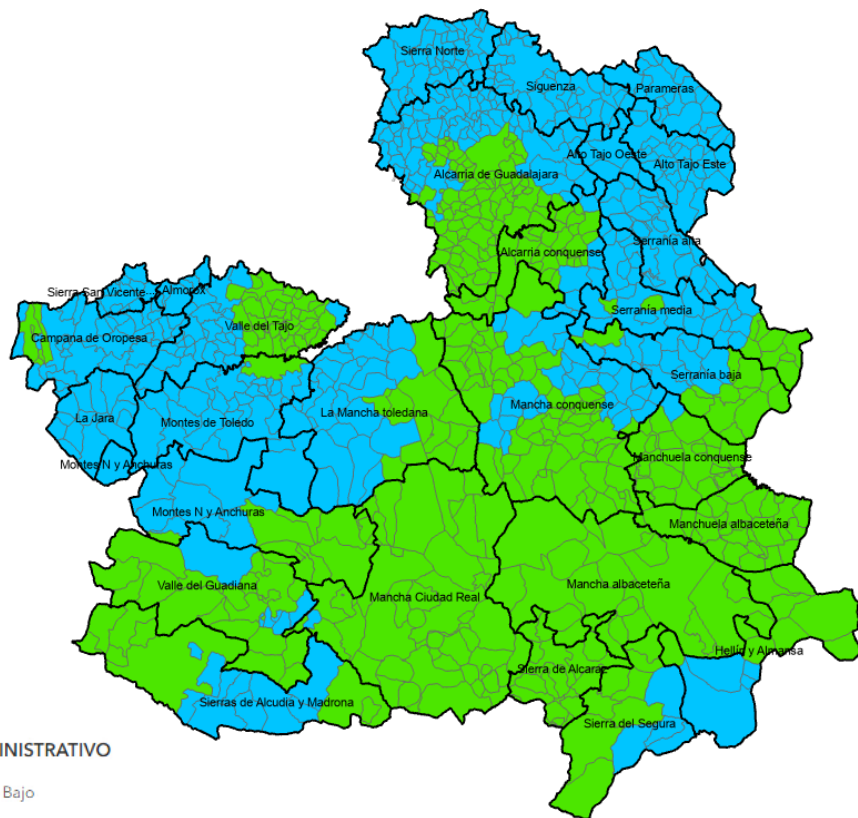
10/06/2024

3. Results

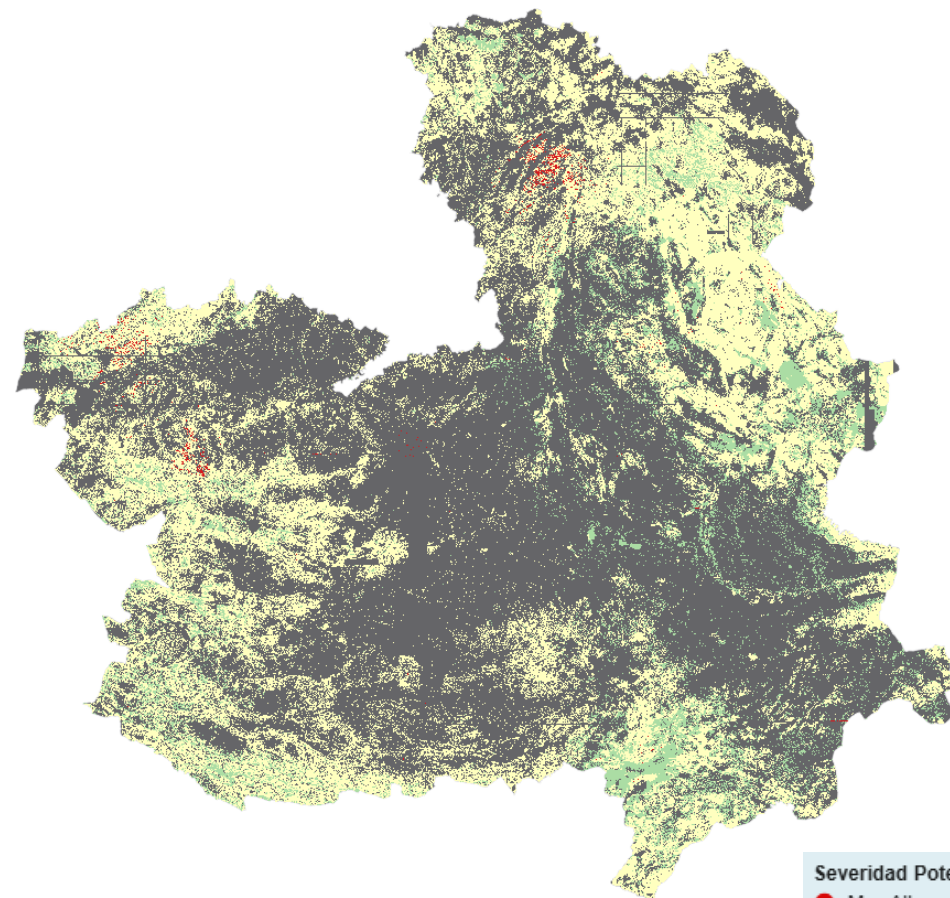
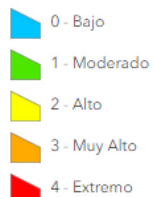


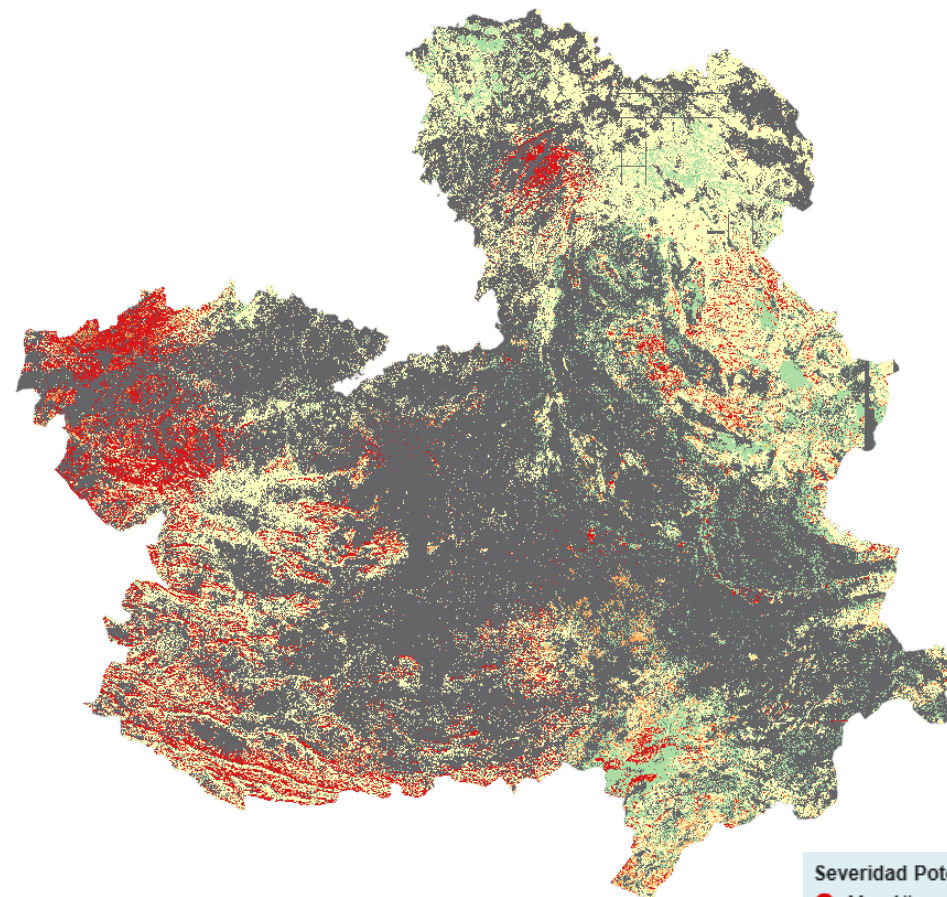
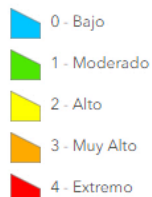
20/06/2024

3. Results



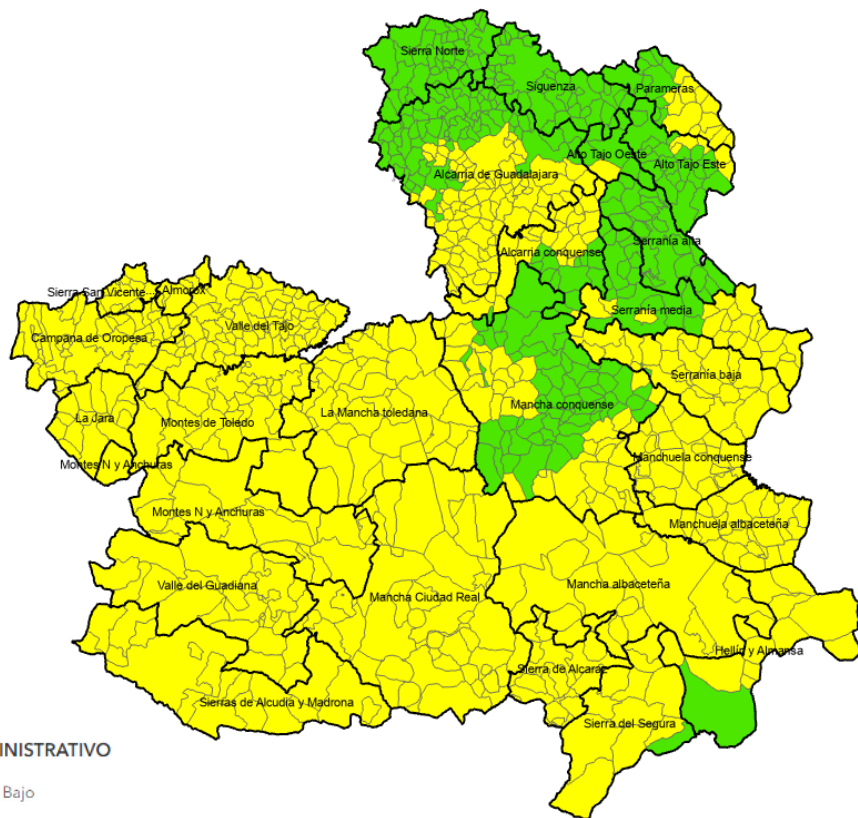
IPP ADMINISTRATIVO



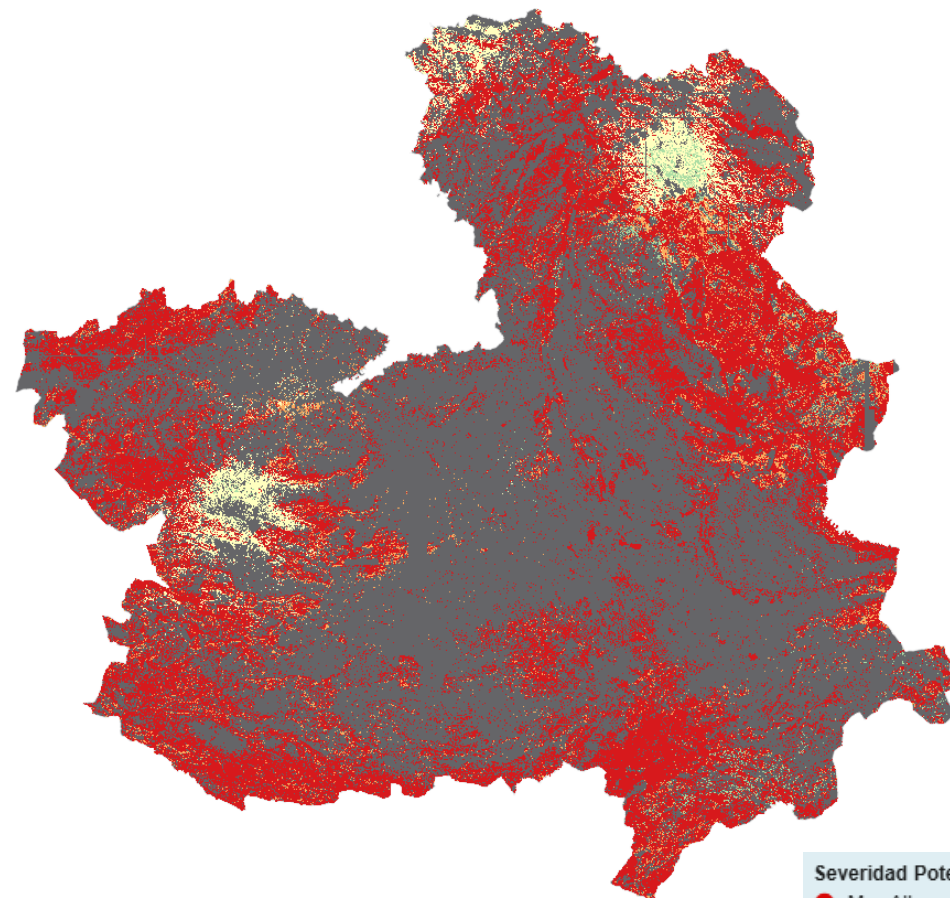
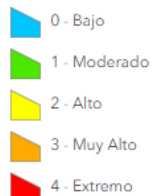


10/07/2024

3. Results

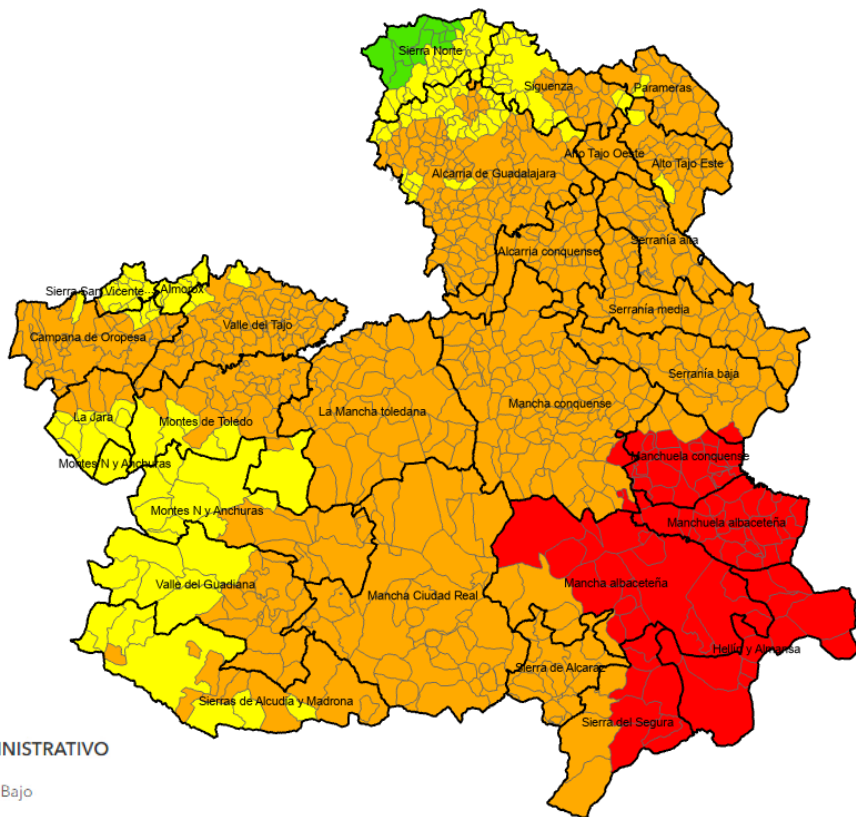


IPP ADMINISTRATIVO

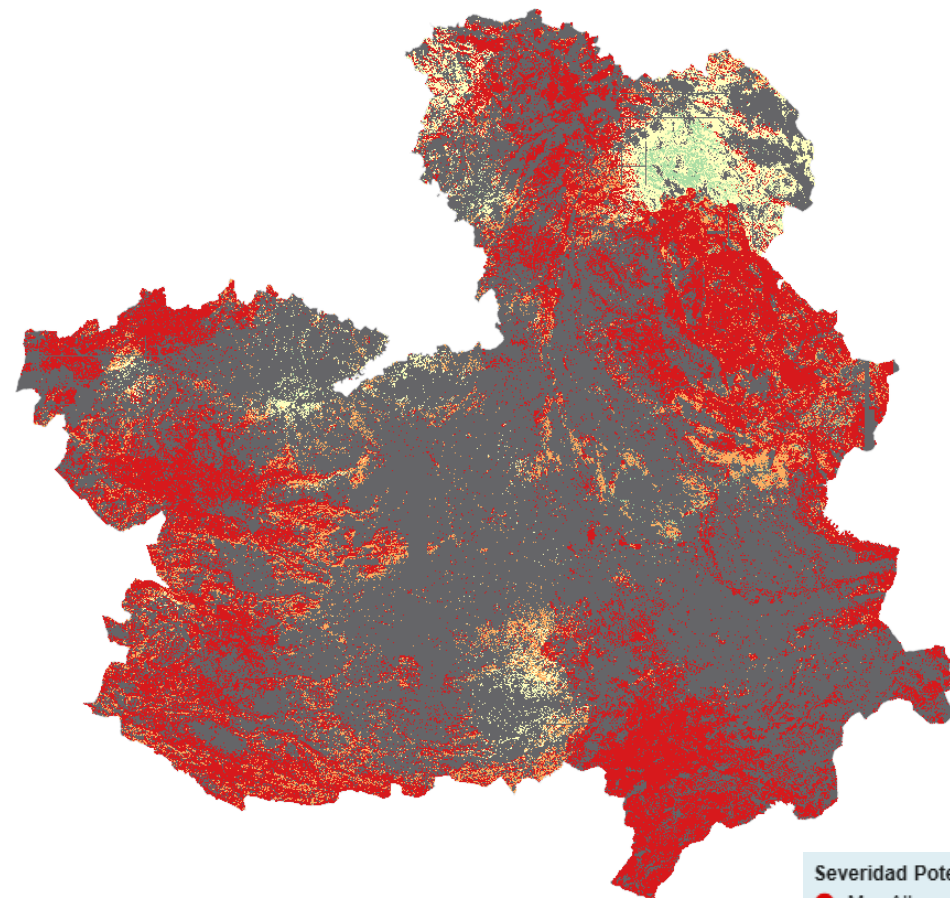
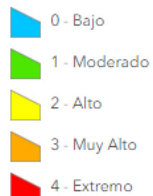


20/07/2024

3. Results

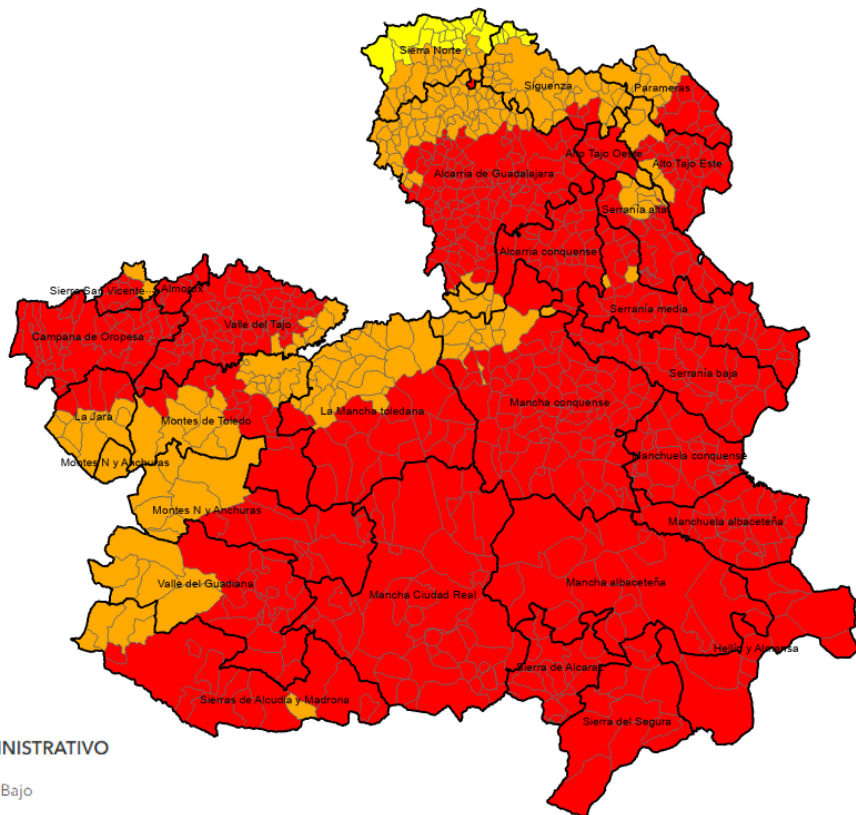


IPP ADMINISTRATIVO

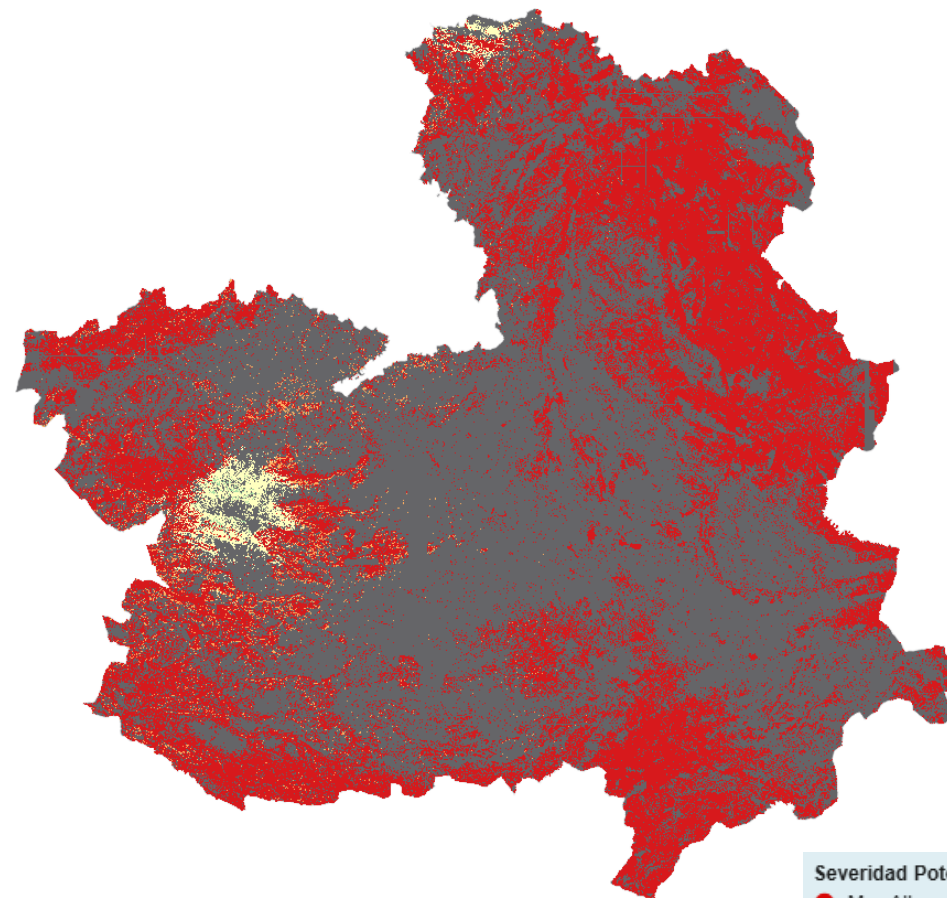
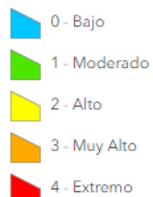


01/08/2024

3. Results

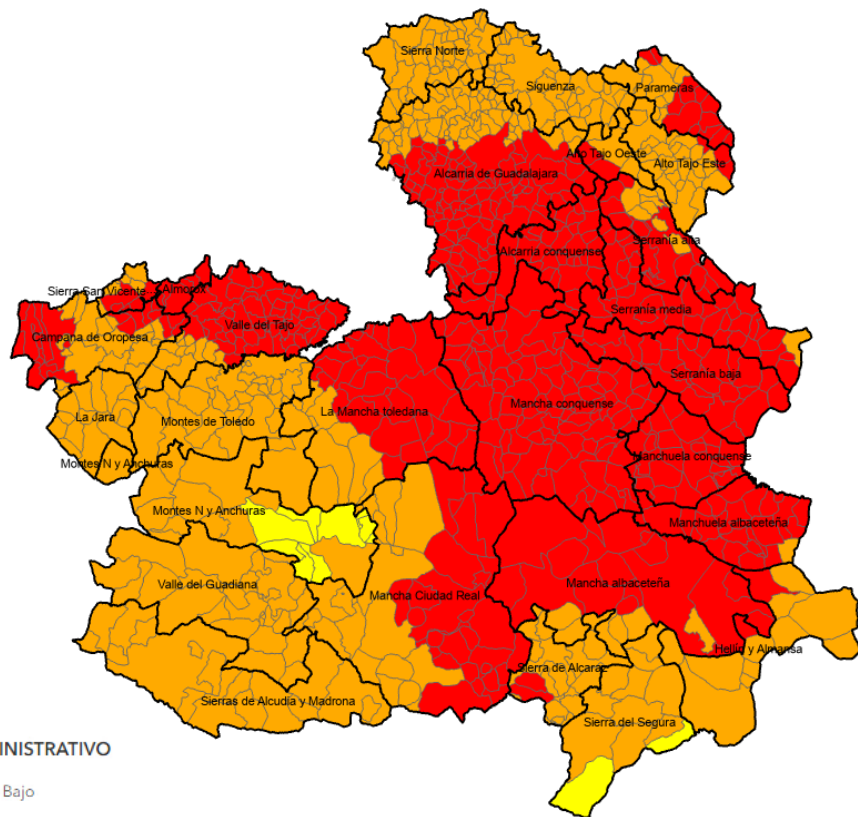


IPP ADMINISTRATIVO

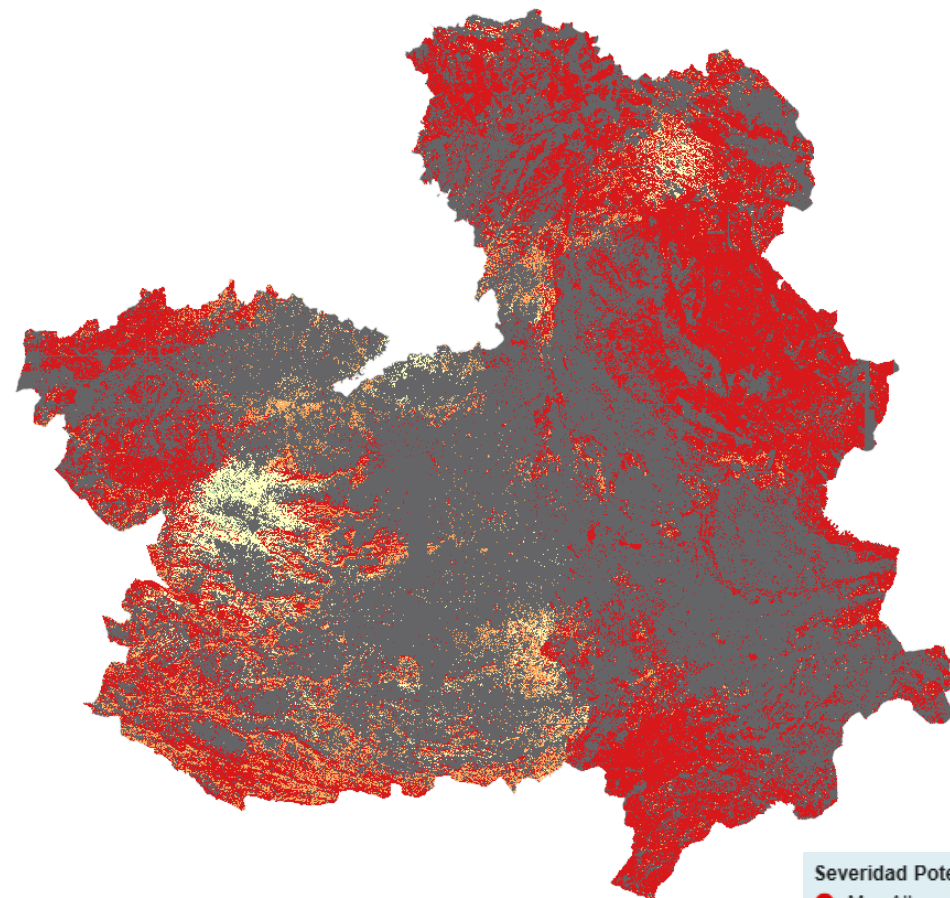
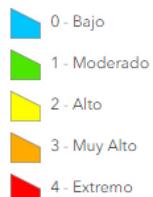


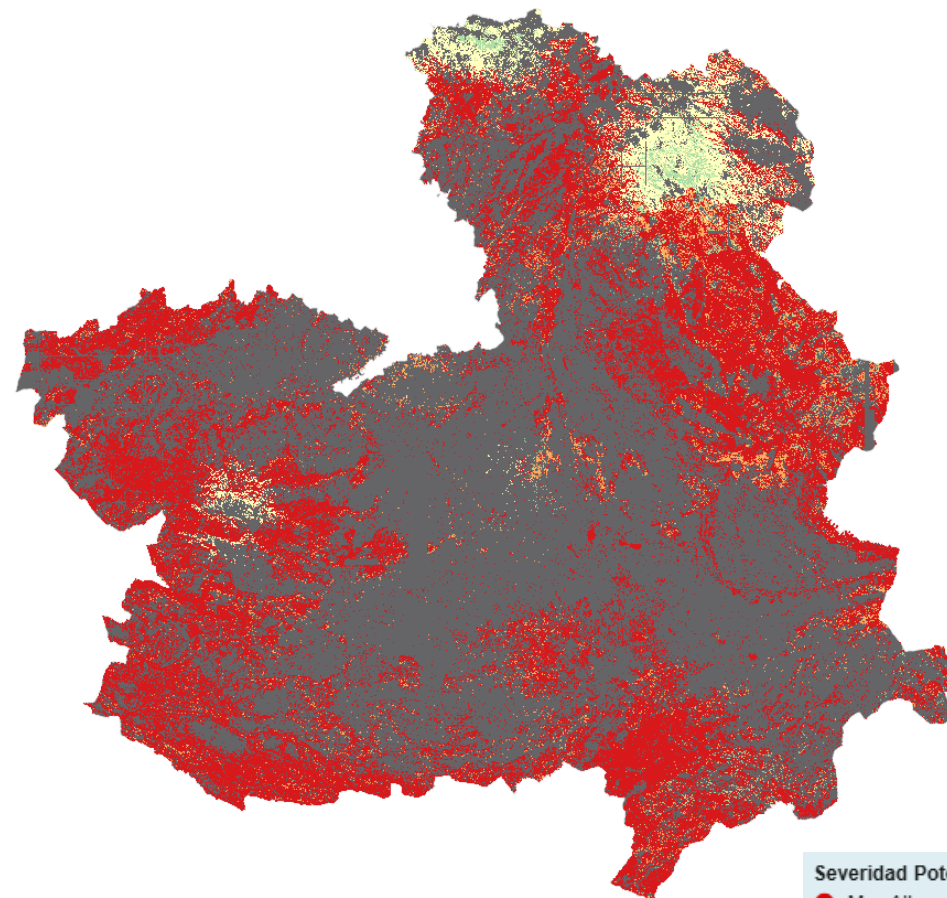
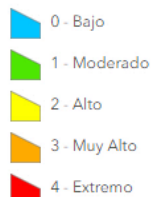
10/08/2024

3. Results



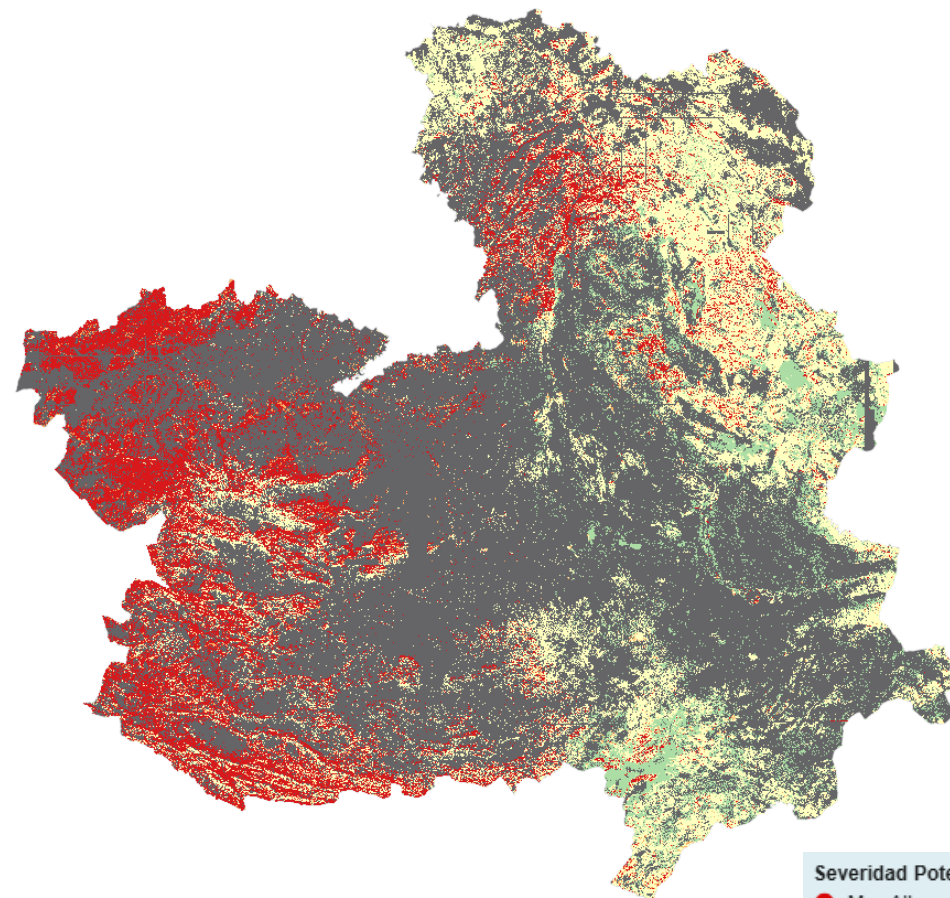
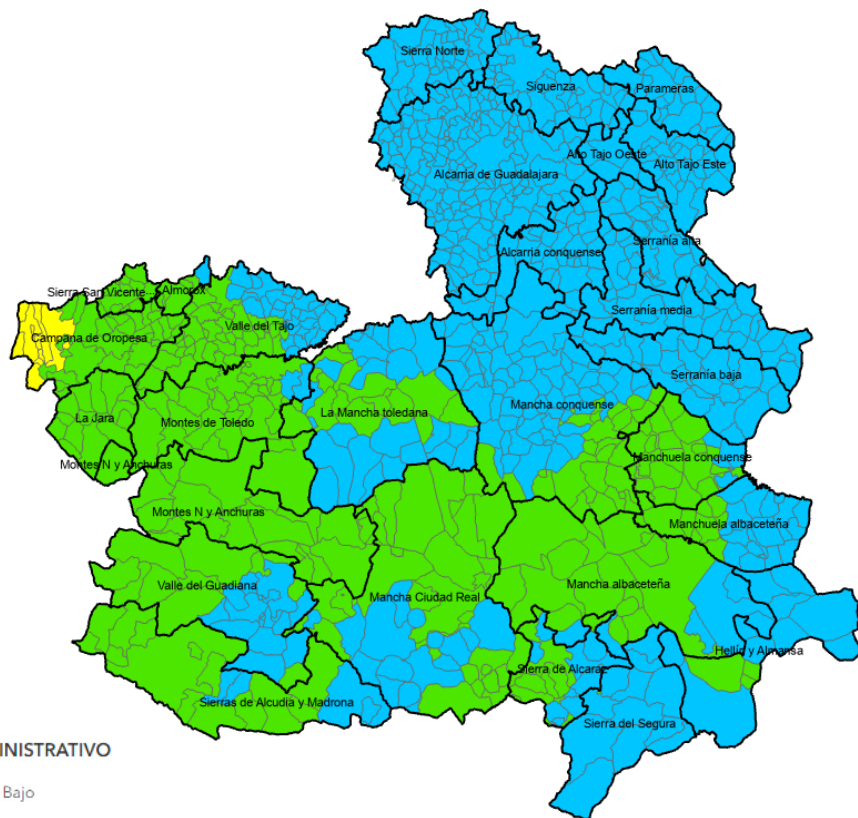
IPP ADMINISTRATIVO





01/09/2024

3. Results

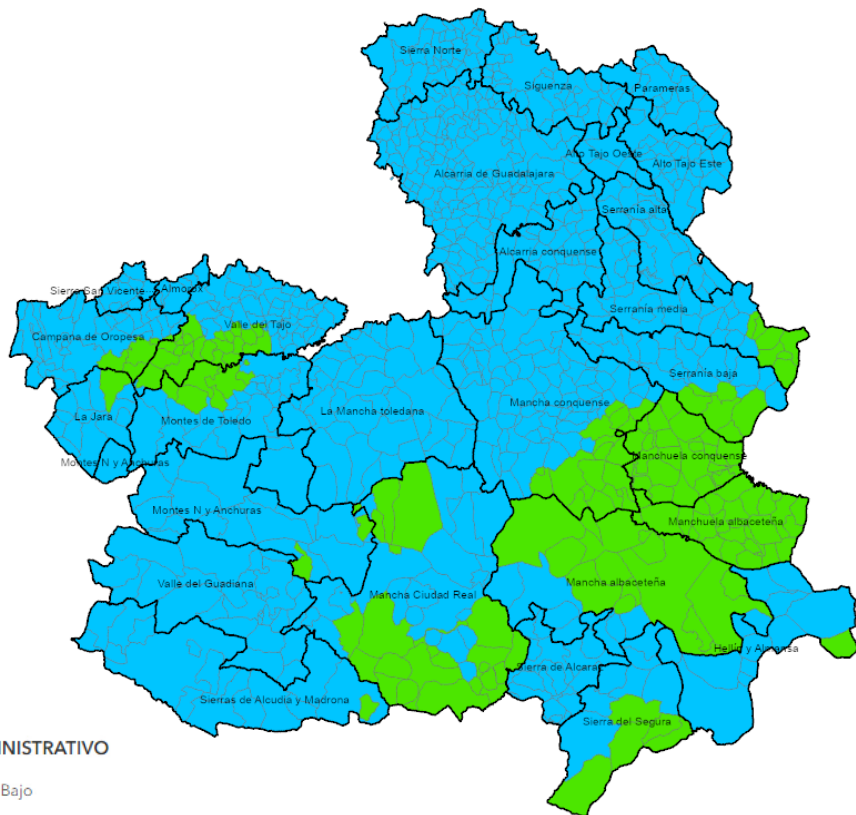


IPP ADMINISTRATIVO

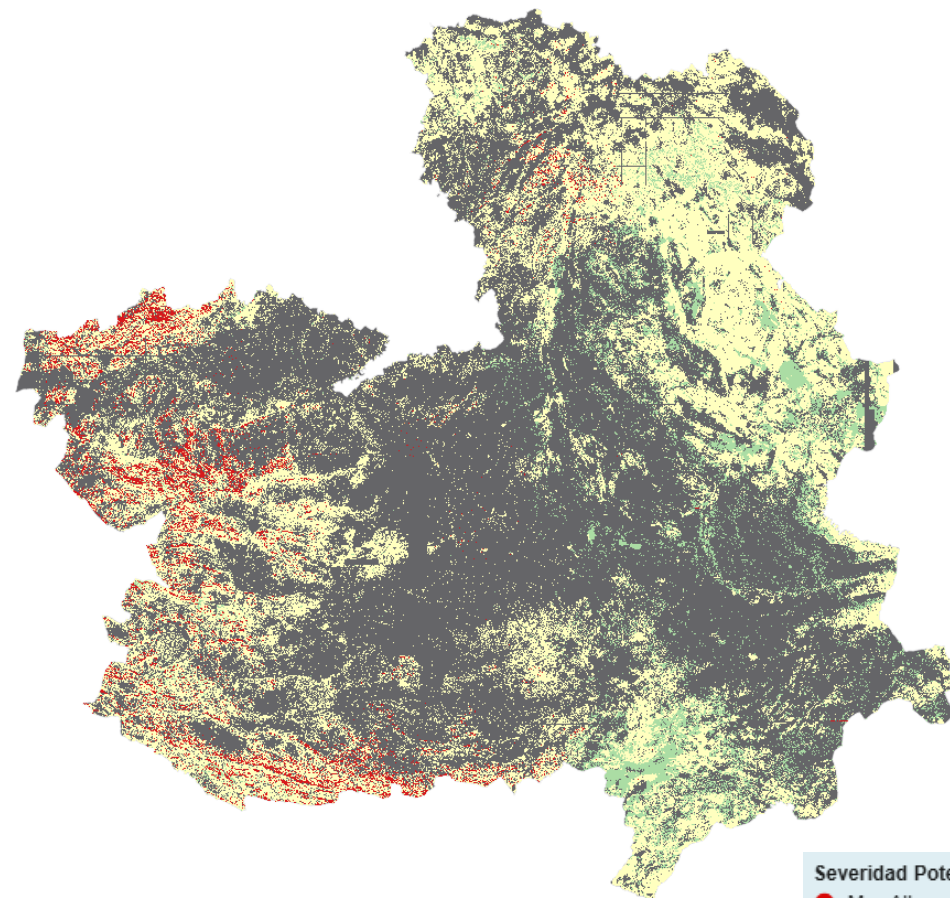
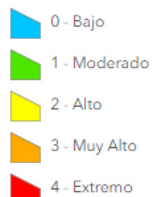
Severidad Potencial

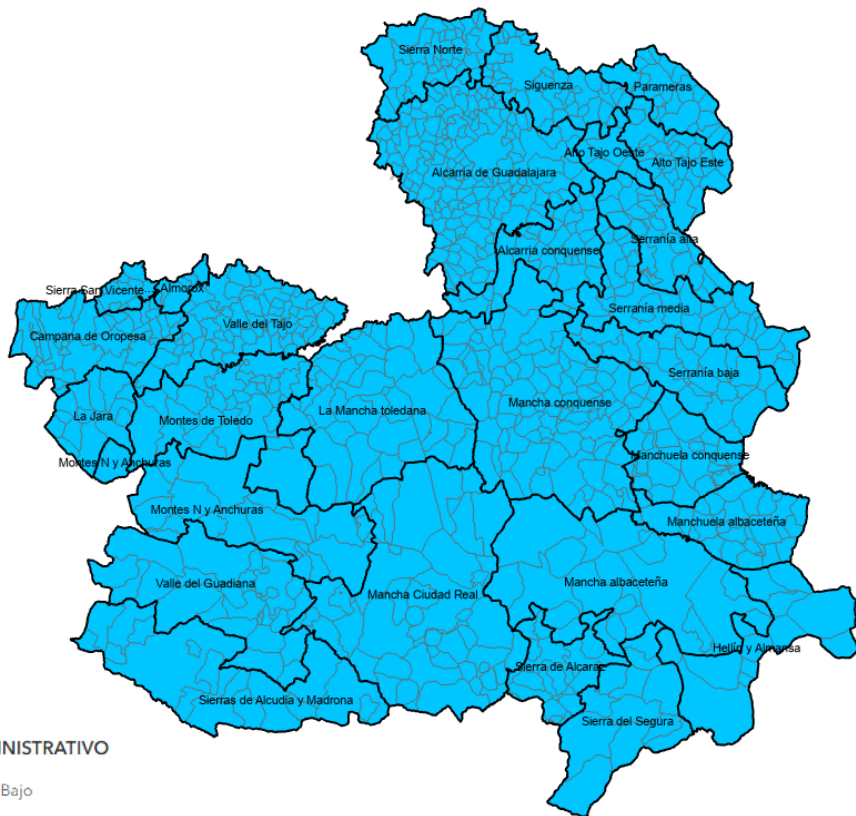
05/10/2024

3. Results

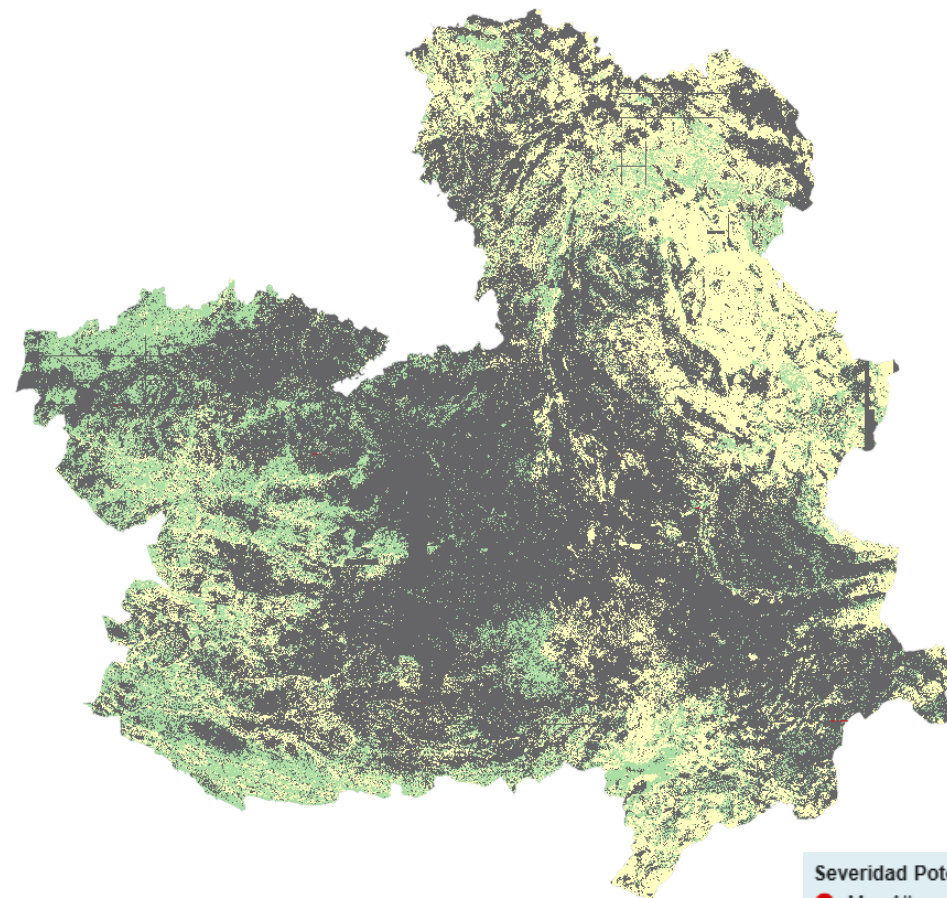
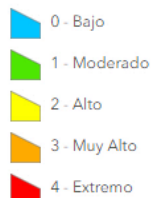


IPP ADMINISTRATIVO

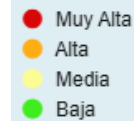


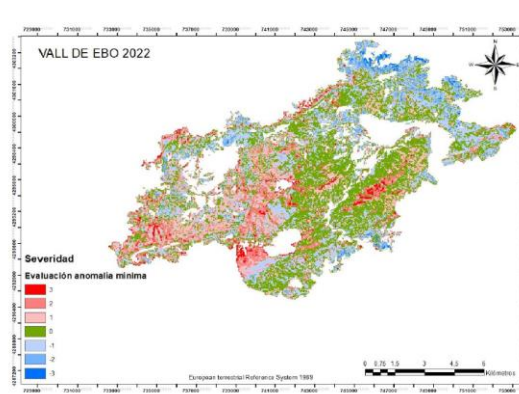
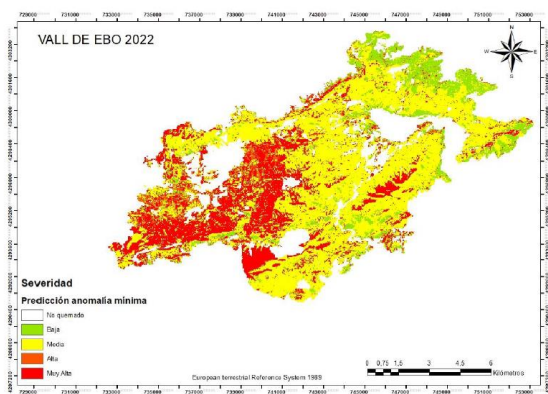
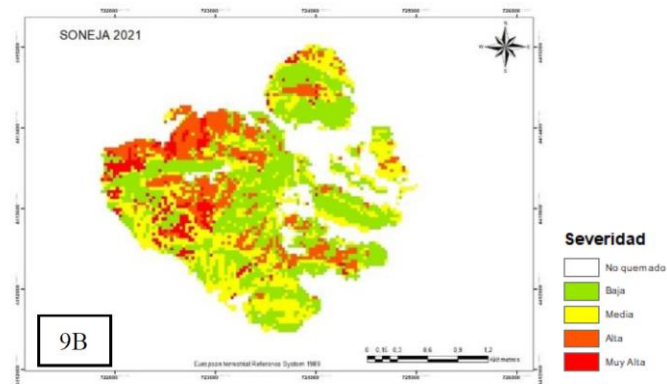
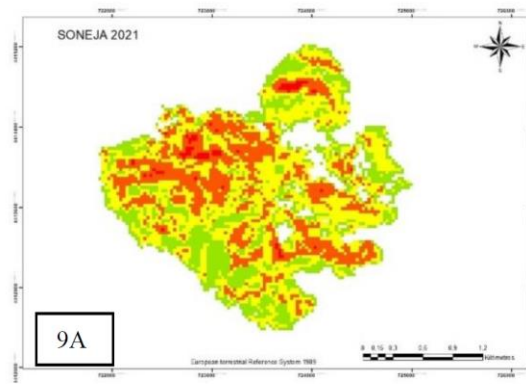
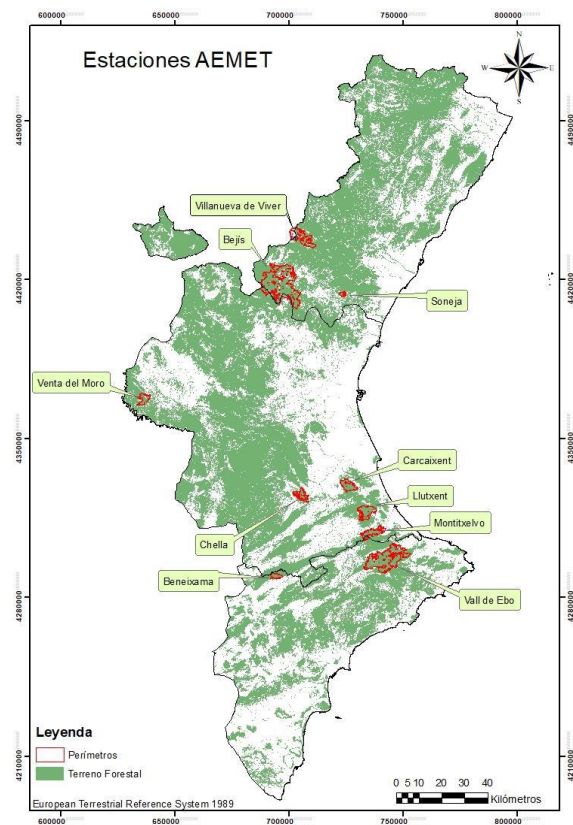


IPP ADMINISTRATIVO

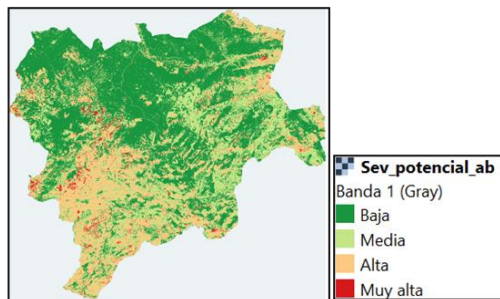
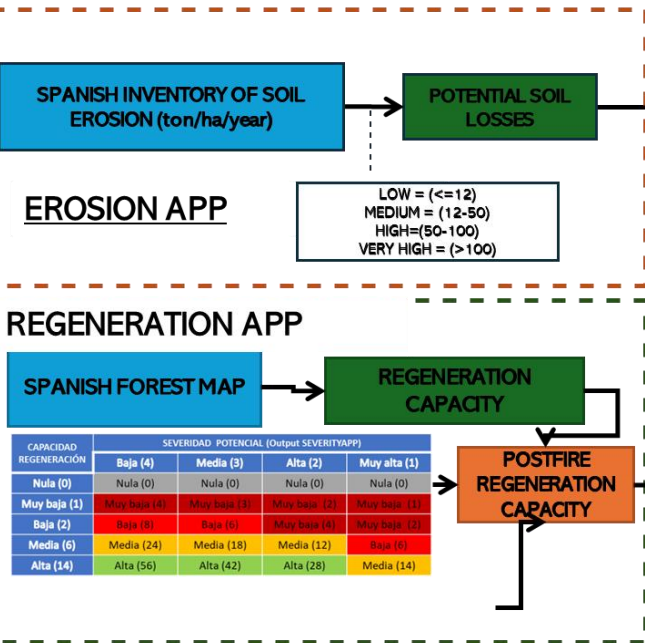


Severidad Potencial

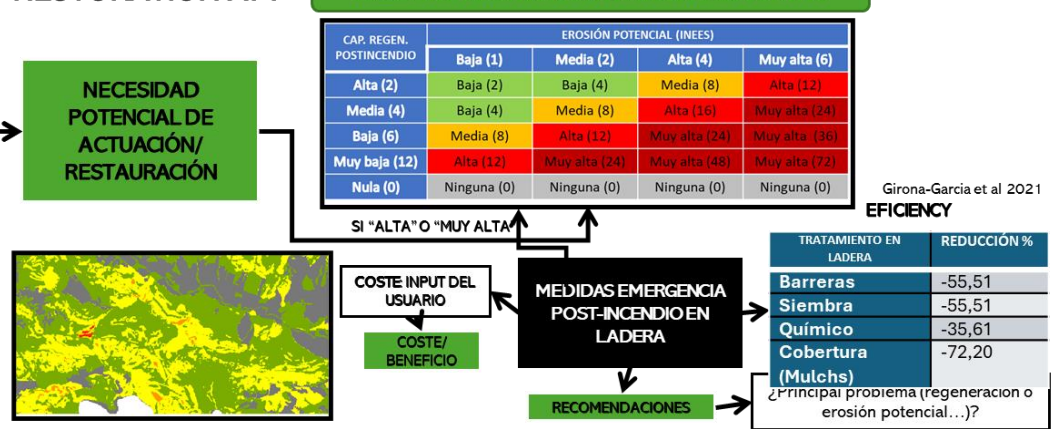




VIS4FIREAPP



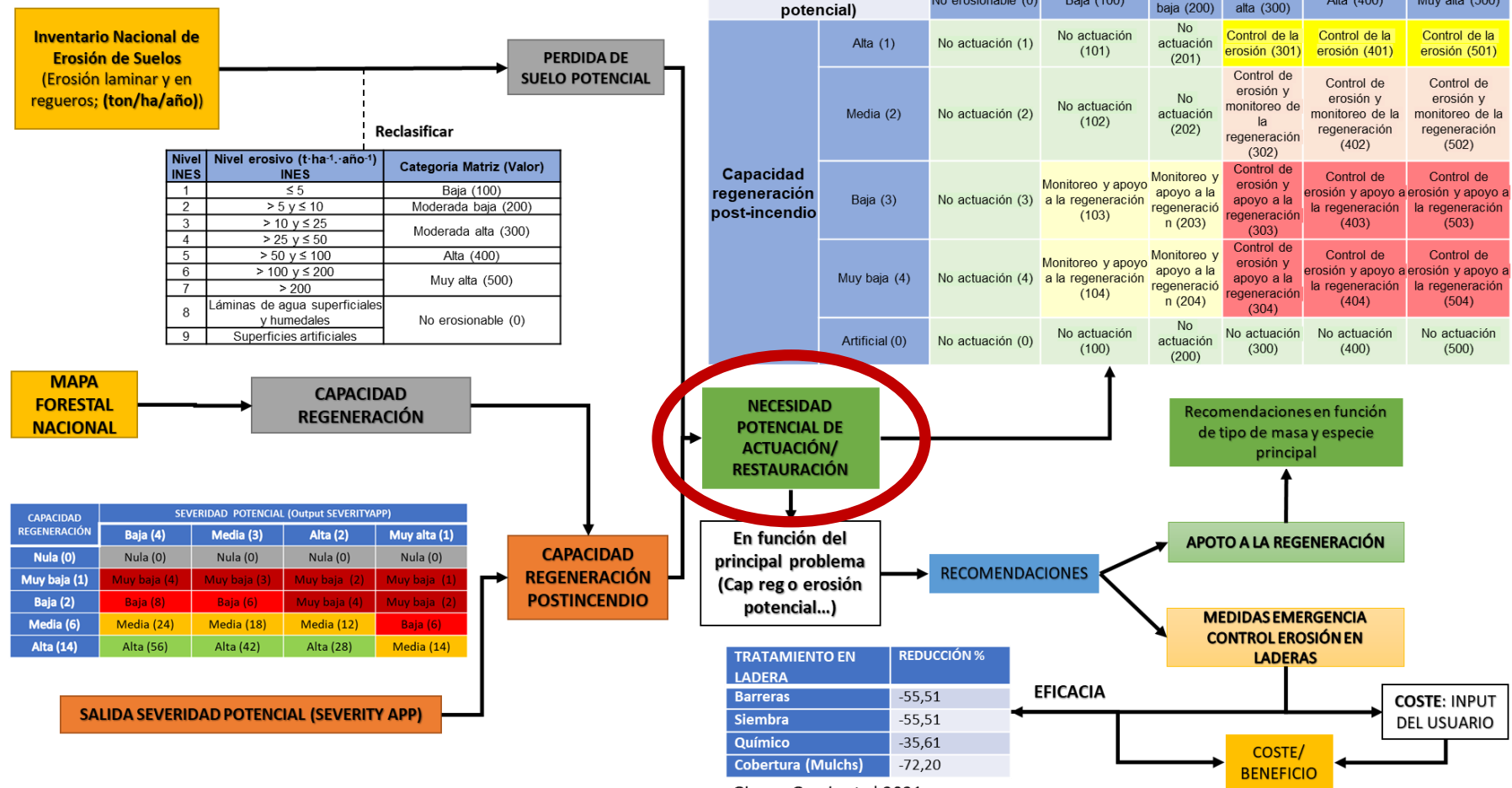
RESTORATION APP

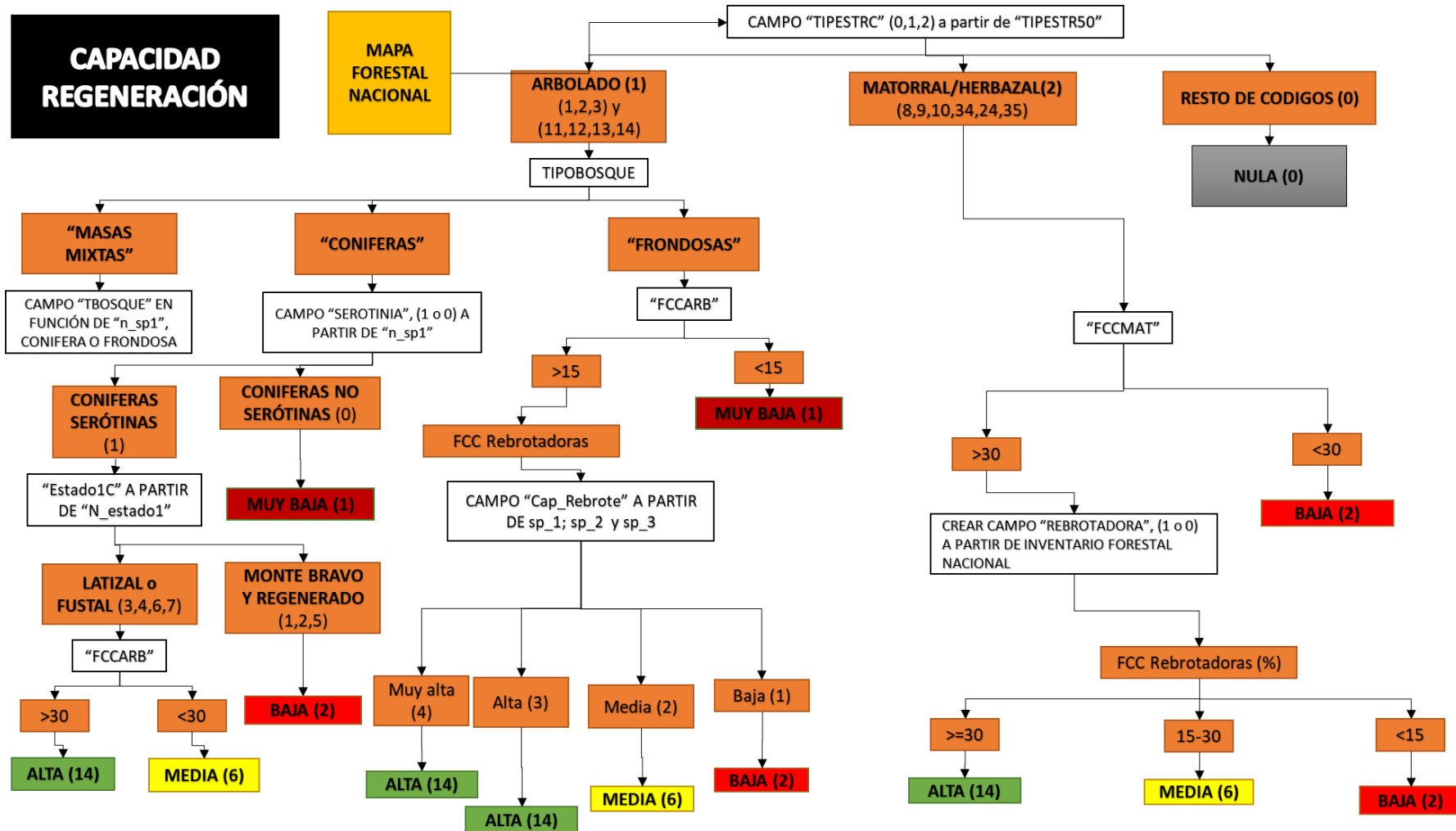


SEVERITYAPP



RESTORATION APP ESQUEMA GENERAL





**CAPACIDAD
REGENERACIÓN
POSTINCENDIO**

**CAPACIDAD
REGENERACIÓN**

X

**SEVERIDAD
POTENCIAL**



RECLASIFICAR RESULTADO
0=0
4=(1≤6)
3=(≥6 ≤12)
5=(≥12 ≤24)
1=(≥24)



CAPACIDAD REGENERACIÓN	SEVERIDAD POTENCIAL (Output SEVERITYAPP)				
	No quem (0)	Baja (4)	Media (3)	Alta (2)	Muy alta (1)
Nula (0)	Nula (0)	Nula (0)	Nula (0)	Nula (0)	Nula (0)
Muy baja (1)	Nula (0)	Muy baja (4)	Muy baja (3)	Muy baja (2)	Muy baja (1)
Baja (2)	Nula (0)	Baja (8)	Baja (6)	Muy baja (4)	Muy baja (2)
Media (6)	Nula (0)	Media (24)	Media (18)	Media (12)	Baja (6)
Alta (14)	Nula (0)	Alta (56)	Alta (42)	Alta (28)	Media (14)

EROSIÓN POTENCIAL

Nivel INES	Nivel erosivo (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹) INES	Categoría Matriz (Valor)
1	≤ 5	Baja (100)
2	> 5 y ≤ 10	Moderada baja (200)
3	> 10 y ≤ 25	Moderada alta (300)
4	> 25 y ≤ 50	
5	> 50 y ≤ 100	Alta (400)
6	> 100 y ≤ 200	Muy alta (500)
7	> 200	
8	Láminas de agua superficiales y humedales	No erosionable (0)
9	Superficies artificiales	

ACTUACIÓN POST-INCENDIO

Categoría	Valores
No actuación	0,1,2,3,4,100,101,102,200,201,202
Control de la erosión	301,401,501
Monitoreo y apoyo a la regeneración	103,104,203,204
Control de la erosión y monitoreo de la regeneración	302,402,502
Control de la erosión y apoyo a la regeneración	303,304,403,,404,503,504

Actuación post-incendio (capacidad regen + Erosión potencial)		Erosión potencial INES					
		No erosionable (0)	Baja (100)	Moderada-baja (200)	Moderada-alta (300)	Alta (400)	Muy alta (500)
Capacidad regeneración post-incendio	Alta (1)	No actuación (1)	No actuación (101)	No actuación (201)	Control de la erosión (301)	Control de la erosión (401)	Control de la erosión (501)
	Media (2)	No actuación (2)	No actuación (102)	No actuación (202)	Control de erosión y monitoreo de la regeneración (302)	Control de erosión y monitoreo de la regeneración (402)	Control de erosión y monitoreo de la regeneración (502)
	Baja (3)	No actuación (3)	Monitoreo y apoyo a la regeneración (103)	Monitoreo y apoyo a la regeneración (203)	Control de erosión y apoyo a la regeneración (303)	Control de erosión y apoyo a la regeneración (403)	Control de erosión y apoyo a la regeneración (503)
	Muy baja (4)	No actuación (4)	Monitoreo y apoyo a la regeneración (104)	Monitoreo y apoyo a la regeneración (204)	Control de erosión y apoyo a la regeneración (304)	Control de erosión y apoyo a la regeneración (404)	Control de erosión y apoyo a la regeneración (504)
	Artificial (0)	No actuación (0)	No actuación (100)	No actuación (200)	No actuación (300)	No actuación (400)	No actuación (500)

Categoría	Valores
No actuación	0,1,2,3,4,100,101,102,200,201,202
Control de la erosión	301,401,501
Monitoreo y apoyo la regeneración	103,104,203,204
Control de la erosión y monitoreo de la regeneración	302,402,502
Control de la erosión y apoyo a la regeneración	303,304,403,,404,503,504



Categoría	Valores
No actuación	0
Control de la erosión	1
Monitoreo y apoyo la regeneración	2
Control de la erosión y monitoreo de la regeneración	3
Control de la erosión y apoyo a la regeneración	4

RECOMENDACIONES

Esta publicación es parte del/proyecto de I+D+i / ayuda Referencia del proyecto "Aplicación informática APP apoyo a gestión forestal mediante reducción de vulnerabilidad integral de sistemas forestales frente a incendios (PDC2021-120845-C53)" financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR

GRACIAS POR SU ATENCION

SEVERITY

VEGETATION structure,
cover, flammability, fire
propagation

SOIL & RELIEF
Erodibility, slope,
orientation

- CLIMATE & METEO
Climate anomaly,
Maximum wind gust,
Vapor pressure deficit

IPP

Exposed values
Hazard Magnitude
Susceptibility
Lack of adaptive capacity of vegetation
(germination, resprout)
Lack of capacity of soil response
(physical, biological)

Fire recurrence