

INCENDIOS FORESTALES: ESTIMACIÓN DEL PERÍMETRO Y MAPAS DE SEVERIDAD MEDIANTE TELEDETECCIÓN DESDE SATÉLITE



José A. Sobrino¹ sobrino@uv.es

Rafael Llorens¹ rafael.llorens@uv.es

Cristina Fernández² cristina.fernandez.filgueira@xunta.gal

Universitat de València / Global Change Unit ¹ / Centro de Investigación Forestal-Lourizán ²



VALSAÍN, SEGOVIA, 25-27 DE ABRIL DE 2022



INCENDIOS FORESTALES: ESTIMACIÓN DEL PERÍMETRO Y MAPAS DE SEVERIDAD MEDIANTE TELEDETECCIÓN DESDE SATÉLITE

1. BASE DE DATOS COPERNICUS
2. METODOLOGÍA PROYECTO EPyRIS
 - 2.1. SENTINEL-2: DESCARGA Y PRE-PROCESADO
 - 2.2. ÍNDICES ESPECTRALES
 - 2.3. PERÍMETRO
 - 2.4. SEVERIDAD
3. MEDIDAS RADIOMÉTRICAS - SEVERIDAD DEL SUELO
 - 3.1. PROTOCOLO CIF-LOURIZÁN
 - 3.2. MEDIDAS ASD / CIMEL-6
4. RESULTADOS
5. CONCLUSIONES
6. PUBLICACIONES



1. BASE DE DATOS COPERNICUS



¿Qué es Copernicus?

Copernicus es un programa de la UE destinado a desarrollar servicios de información europeos basados en la observación de la Tierra por satélite y en datos in situ.



- La información está a disposición de forma completa, abierta y gratuita.
- Copernicus → Constelación Sentinel (+ **20 satélites 2030**) + otros (TERRA/AQUA, SPOT,)
- Seis servicios de Copernicus transforman los datos en productos (mapas):
 - * Servicio de Vigilancia de la Atmósfera
 - * Servicio de Vigilancia Terrestre
 - * **Servicio de Gestión de Emergencias**
 - * Servicio de Vigilancia del Medio Marino
 - * Servicio de Cambio Climático
 - * Servicio de Seguridad



1. BASE DE DATOS COPERNICUS

European Forest Fire Information System (EFFIS)

Hotspot

Los algoritmos comparan la temperatura de un posible incendio con la temperatura de la cubierta terrestre que lo rodea (anomalía térmica); si la diferencia de temperatura supera un umbral determinado, el posible incendio se confirma como fuego activo o «hotspot».

Perímetro

Los incendios se cartografían mediante una clasificación no supervisada: combinación de bandas, información auxiliar de CORINE Land Cover, hotspots, ...

Posteriormente se verifica y se corrige la cartografía mediante fotointerpretación de imágenes de satélite.

Giglio, L., Schroeder, W., & Justice, C. O. (2016). The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote sensing of environment*, 178, 31-41.

1. BASE DE DATOS COPERNICUS

European Forest Fire Information System (EFFIS)

Sensores

- MODIS (TERRA/AQUA)
Resolución espacial = 250 m - 1 Km
Resolución temporal = 12 horas - 1 día
- VIIRS (Suomi NPP/NOAA)
Resolución espacial = 375 m - 750 m
Resolución temporal = 12 horas - 1 día
- MSI (Sentinel-2)
Resolución espacial = 10 m - 60 m
Resolución temporal = 3-5 días

MODIS (500 m)



Sentinel-2 (10 m)



INCENDIO ESTEPONA , SEPTIEMBRE 2021 (ESPAÑA)



1. BASE DE DATOS COPERNICUS

European Forest Fire Information System (EFFIS)

Current Situation Viewer

The screenshot displays the Copernicus Emergency Management Service (EMS) Current Situation Viewer. The interface is divided into several sections:

- Map Options:** Includes checkboxes for Human Settlement Layer, Protected Areas Layer, and CCI Landcover.
- Forecasts:** Features a FIRE DANGER FORECAST section with a source of ECMWF (8 km res.), an index of Fire Weather Index (FWI), and a date of 20 Mar 2022.
- Rapid Damage Assessment:** Includes a date range selector (From: 01 Jan 2021, To: 20 Mar 2022) and options for ACTIVE FIRES (MODIS, VIIRS) and BURNT AREAS (MODIS/SENTINEL2, VIIRS).
- Map:** Shows a satellite-style map of a region in Spain, with a large green area indicating active fires. Labels on the map include Jímera de Líbar, Cartajima, Alpedreire, Igualeja, Faraján, Pujerra, La Cañada Del Real Tesoro (Estación de Cortes), Benadalid, Benalauría, Algatocín, Jubrique, Benarrabá, Gaiucín, Benahavis, Marbella, San Pedro de Alcántara, Casares, Estepona, and Manilva.
- Active Fires MODIS Legend:** Lists various fire detection categories such as <=6 hours (MODIS Aqua), >6 & <=12 hours (MODIS Aqua), >12 & <=24 hours (MODIS Aqua), Last 7 Days (MODIS Aqua), Last 30 Days (MODIS Aqua), Fire Season (MODIS Aqua), <=6 hours (MODIS Terra), >6 & <=12 hours (MODIS Terra), >12 & <=24 hours (MODIS Terra), Last 7 Days (MODIS Terra), Last 30 Days (MODIS Terra), and Fire Season (MODIS Terra).
- Burnt Areas MODIS Legend:** Lists categories such as Last 1 Day, Last 7 Days, Last 30 Days, and Fire Season.

INCENDIO ESTEPONA, SEPTIEMBRE 2021 (ESPAÑA)



1. BASE DE DATOS COPERNICUS

Emergency Mapping Service (EMS)

Proporciona información geoespacial (mapas), inmediatamente después (horas/días) de una catástrofe.

Existen tres categorías de mapas:

- 1) Mapas de referencia:** Imágenes de satélite adquiridas antes de la catástrofe, cuyo fin es el conocimiento del estado de la zona previo al suceso.
- 2) Mapas de delimitación:** describen la extensión de la zona afectada por la catástrofe.
- 3) Mapas de severidad:** proporcionan una evaluación del impacto causado por la catástrofe.

Además de seleccionar uno de los tipos de mapas estándar, los usuarios pueden solicitar la inclusión de capas de información adicionales (por ejemplo, red de carreteras, hidrología, infraestructuras críticas).

Disaster types



Landslide



Flood



Storm



Volcanic eruption



Technical Accident



Fire



Earthquake

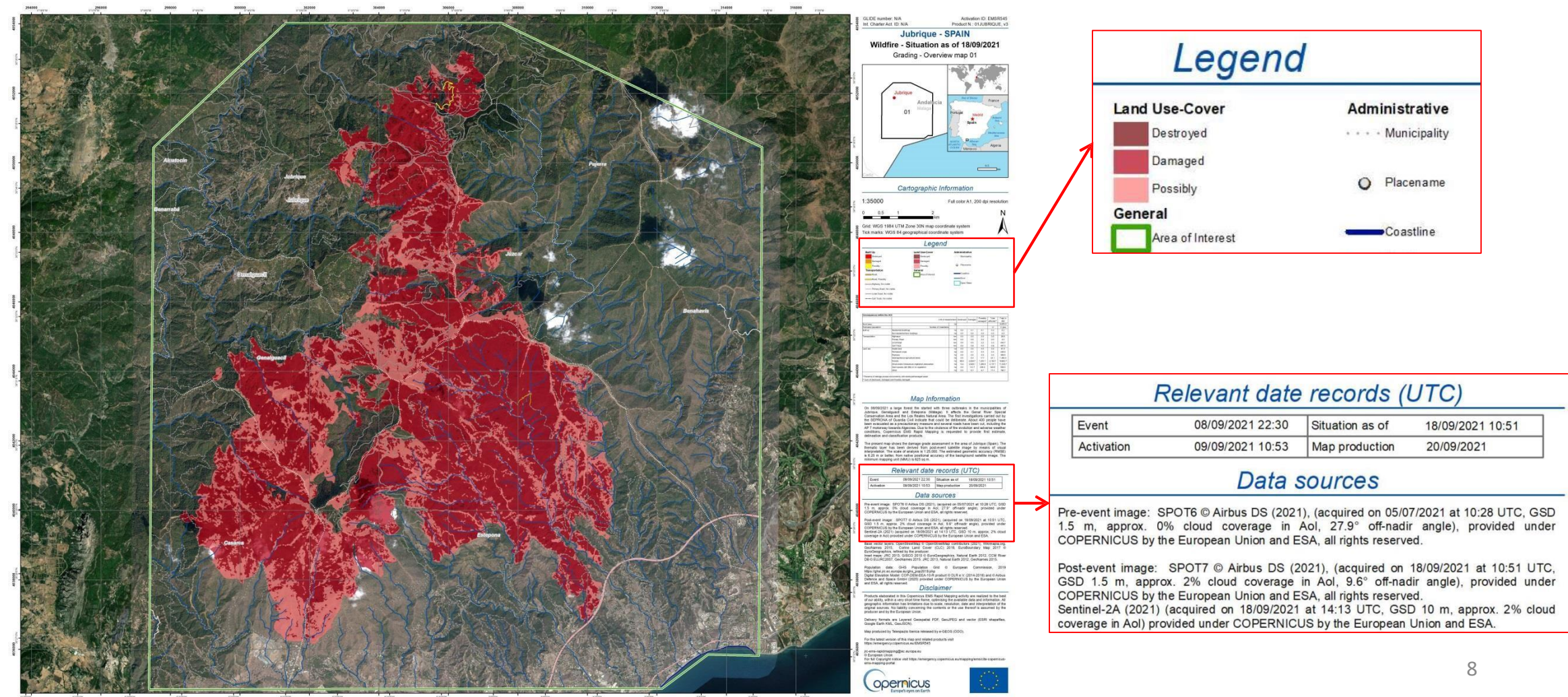


Other

1. BASE DE DATOS COPERNICUS

Emergency Mapping Service (EMS)

INCENDIO ESTEPONA, SEPTIEMBRE 2021 (ESPAÑA)





2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

¿Qué es EPYRIS?

“Estrategia conjunta para la Protección y Restauración de los ecosistemas afectados por Incendios forestales”

Objetivos EPYRIS

Desarrollar procedimientos e instrumentos para minimizar los riesgos de arrastres, pérdidas de suelo y daños derivados tras la ocurrencia de grandes incendios en el área SUDOE.

Interreg



EUROPEAN UNION

Sudoe

EPYRIS

European Regional Development Fund



LOURIZÁN



<https://epyris.es/proyectoepyris/>

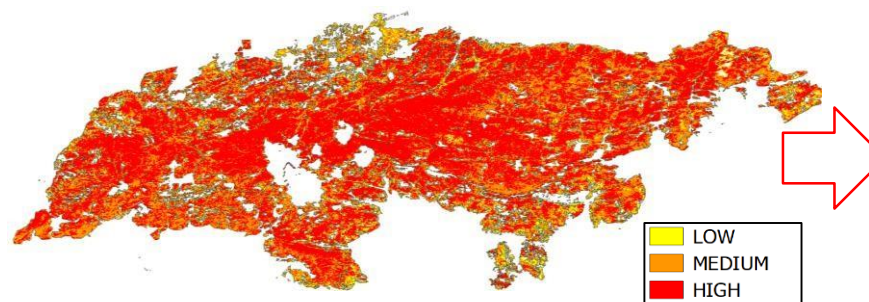
2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS



Incendio Navalacruz (Ávila, España)



Perímetro y severidad



Validación



★ Datos de campo

Crear (y validar) una metodología para delimitar el perímetro del incendio forestal y el mapa de severidad, utilizando índices espectrales de Sentinel-2 y las mediciones de campo (discriminando, según la cantidad de vegetación, a partir del índice NDVI previo al incendio) en el área del SUDOE.

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.1. SENTINEL- 2: DESCARGA Y PRE-PROCESADO

SATÉLITE SENTINEL-2



Los satélites, Sentinel-2A y Sentinel-2B, fueron puestos en órbita el 23 de junio de 2015 y el 7 de marzo de 2017, respectivamente. La órbita es heliosíncrona y la altitud media de la orbita sobre la superficie es de 786 km. Ambos ocupan la misma órbita, con un desfase de 180°.

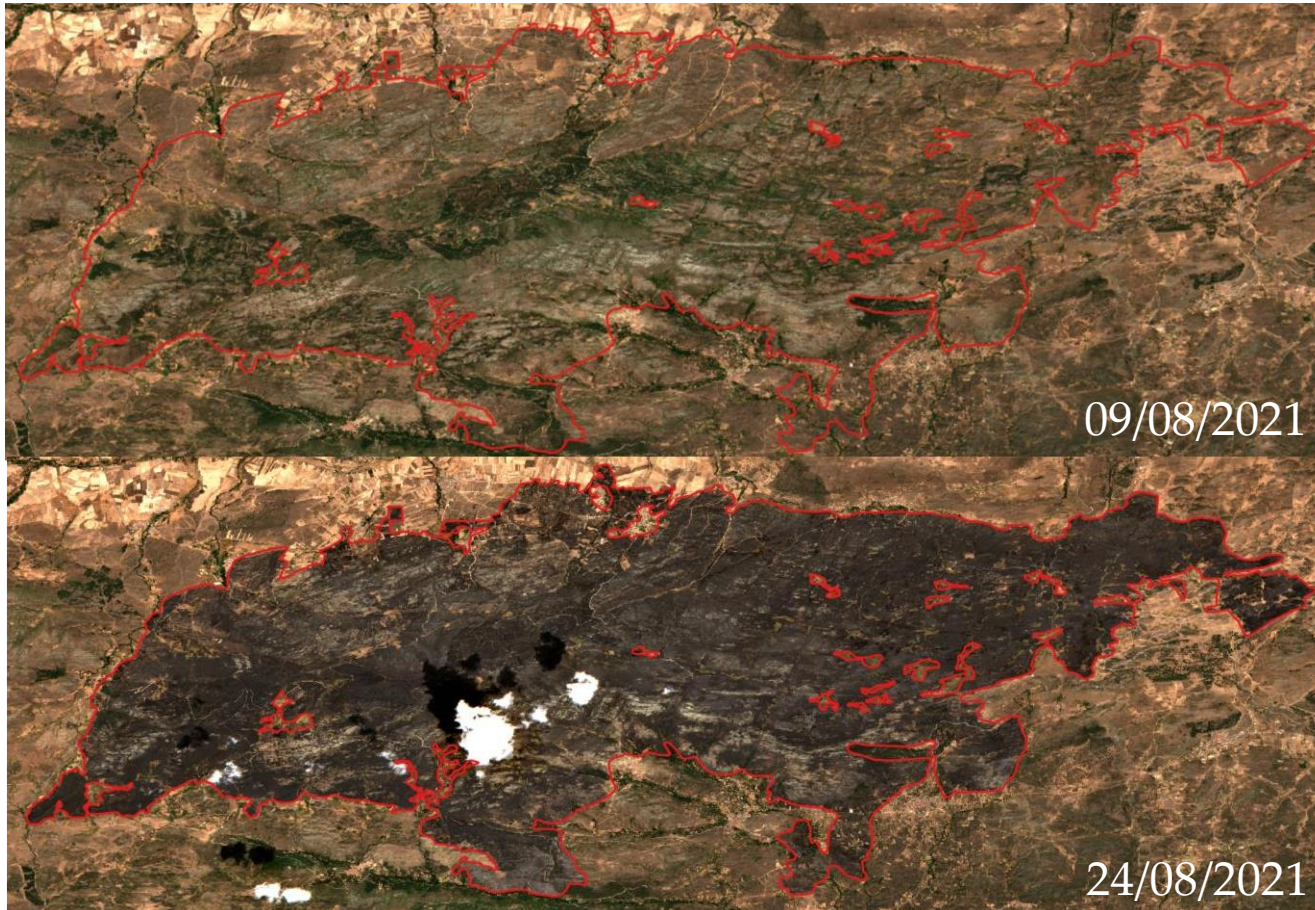
SENSOR MSI:

- RESOLUCIÓN ESPACIAL: 10-60 m
- RESOLUCIÓN ESPECTRAL: 13 bandas (430 – 2200 nm)
- RESOLUCIÓN TEMPORAL: 3-5 días
- RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA: 12 bits (0-4095 valores)

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.1. SENTINEL- 2: DESCARGA Y PRE-PROCESADO

DESCARGA DE IMÁGENES (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)



Ejemplo:

- Incendio de Navalacruz (Ávila, España)
- Fecha de inicio: 14/08/2021
- Fecha de extinción: 20/08/2021
- Área quemada: 23078 Ha
- Espécies: *Juniperus communis*, *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus* and *Pinus sylvestris*.

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.1. SENTINEL- 2: DESCARGA Y PRE-PROCESADO

PRE-PROCESADO DE IMÁGENES

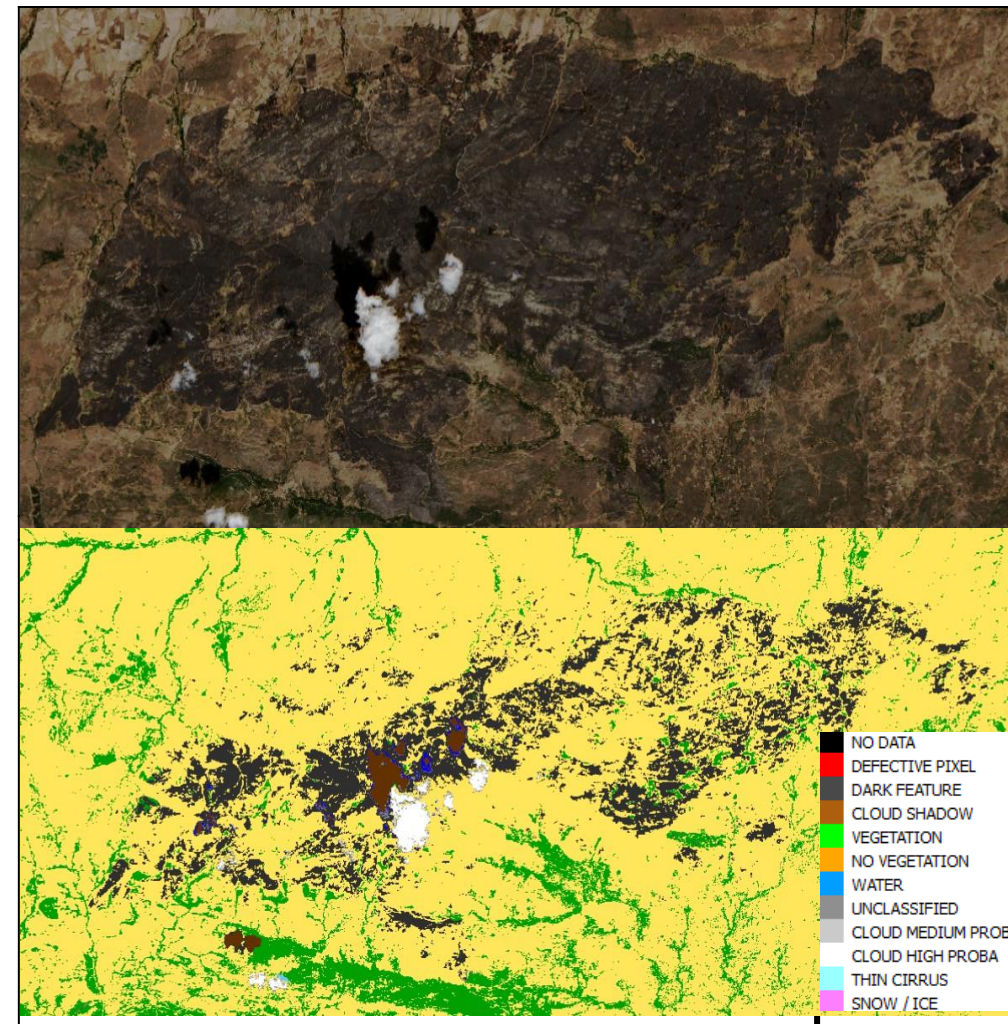
Remuestreos, recortes, máscara de nubes, ...

Máscara de nubes:

El *Scene Classification map (SCL)* tiene como objetivo proporcionar un mapa de clasificación de: nubes, sombras de nubes, vegetación, suelos/desiertos, agua, nieve, ...

SCL se obtiene a partir de un algoritmo basado en los umbrales de bandas e índices de Sentinel-2.

R. Richter and Schläpfer, D.: "Atmospheric/Topographic Correction for Satellite Imagery: ATCOR-2/3 UserGuide", DLR IB 565-01/11, Wessling, Germany, 2011.



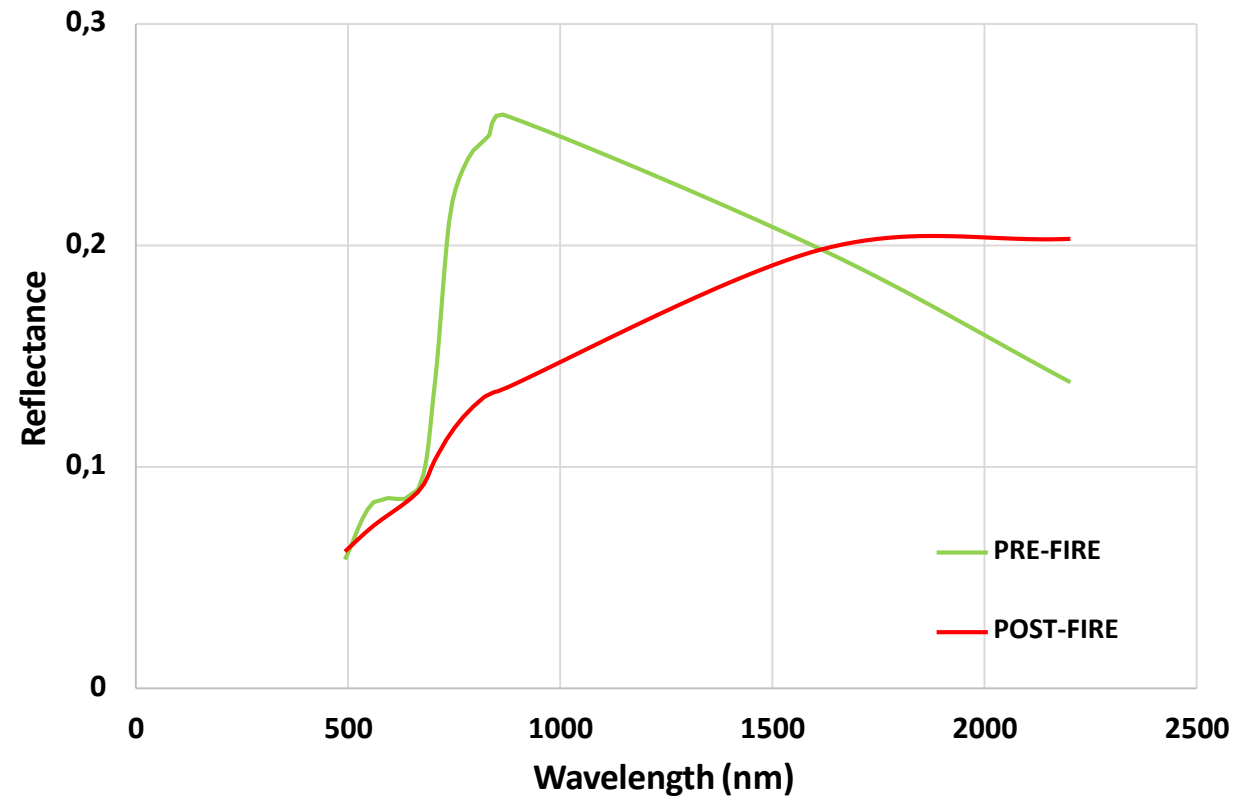
Incendio de Navalacruz (Ávila, España)

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.1. SENTINEL- 2: DESCARGA Y PRE-PROCESADO PRE-PROCESADO DE IMÁGENES

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.433	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water Vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Incendio de Navalacruz (Ávila, España)

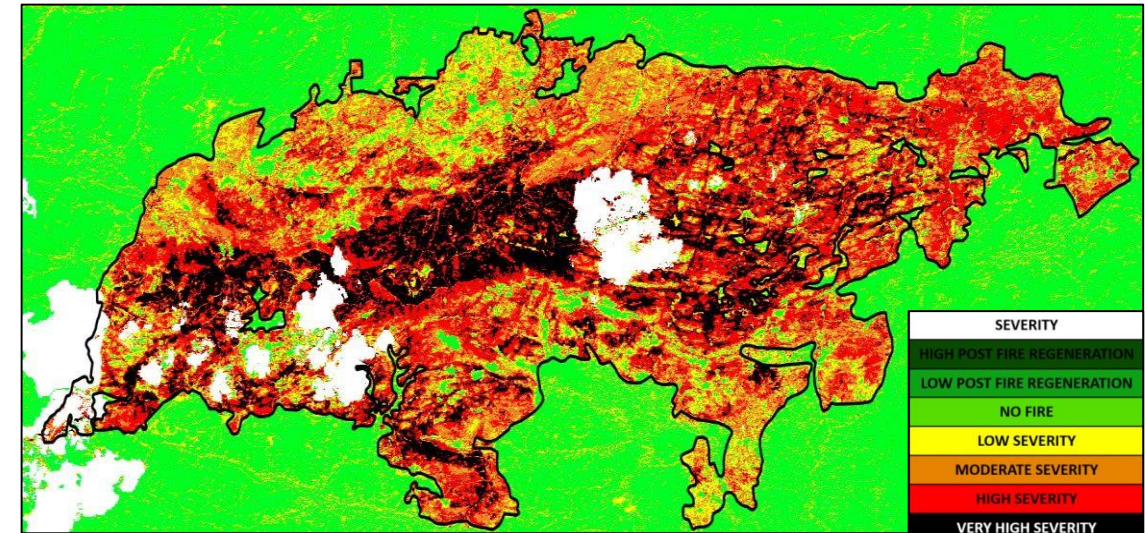


2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.2. ÍNDICES ESPECTRALES

Indices	Description	Algorithm
NBR	Normalized Burn ratio	$(B8-B12)/(B8+12)$
BAI	Burn Area Index	$(1/((0.1-B4)^2+(0.06-B8)^2))$
BAIM	Burn Area Index Modified	$(1/((0.06-B8A)^2+(0.215-B12)^2))$
BAIS2	Burn Area Index S2	$(1-\text{sqrt}((B6*B7*B8A/B4))*((B12-B8A)/\text{sqrt}(B12+B8A)+1))$
MIRBI	Mid-Infrared Burnt Index	$10*B12-9.8*B11+2$
dNBR	Differenced NBR	$NBR_{PRE} - NBR_{POST}$
dBAI	Differenced BAI	$BAI_{PRE} - BAI_{POST}$
dBAIM	Differenced BAIM	$BAIM_{PRE} - BAIM_{POST}$
dBAIS2	Differenced BAIS2	$BAIS2_{PRE} - BAIS2_{POST}$
dMIRBI	Differenced MIRBI	$MIRBI_{PRE} - MIRBI_{POST}$
RdNBR	Relativized dNBR	$dNBR/\text{abs}(NBR_{PRE})^{0.5}$
RBR	Relativized Burn Ratio	$dNBR/(NBR_{PRE}+1.001)$
MULTIINDEX	Combination of NBR, SWIR and MIRBI	$((1-NBR) * SWIR * MIRBI)_{PRE} - ((1-NBR) * SWIR * MIRBI)_{POST}$

Incendio de Navalacruz (Ávila, España)



$$dINDEX = INDEX_{PRE-FIRE} - INDEX_{POST-FIRE}$$

Miller, J. D., & Thode, A. E. (2007). Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment*, 109, 66–80



2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.3. PERÍMETRO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se calculó el *Separability Index* (SI) para cada índice espectral con el fin de evaluar la relación entre los índices espectrales y las áreas quemadas.

$$SI = \frac{|\mu_b - \mu_{ub}|}{(\sigma_b + \sigma_{ub})} \quad SI \geq 1 \rightarrow \text{buena separabilidad}$$

μ_b y μ_{ub} son los valores medios de cada índice para los puntos medidos in situ en las zonas quemadas y no quemadas, respectivamente, mientras que σ_b y σ_{ub} son los valores de las desviaciones estándar de estos puntos.

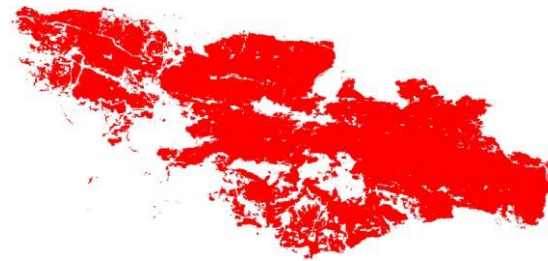
INDICES	BURN THRESHOLD
NBR	≤ -0.200
BAI	≥ 125
BAIM	≥ 80
BAIS2	≥ 0.850
MIRBI	≥ 2.020
dNBR	≥ 0.180
dBAI	≤ -45
dBAIM	≤ -25
dBAIS2	≤ -0.190
dMIRBI	≤ -0.005
RdNBR	≥ 0.500
RBR	≥ 0.200
MULTIINDEX	≤ -0.350

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.3. PERÍMETRO

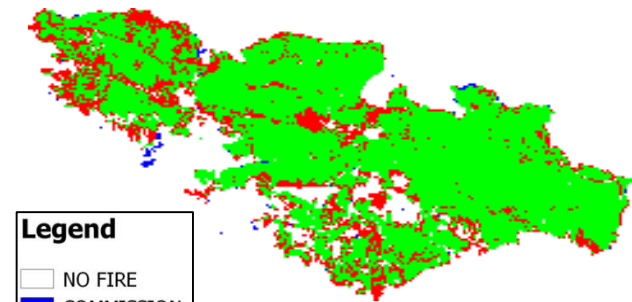


MAPA REFERENCIA
(Pixel value = 2)



ÍNDICE ESPECTRAL
(Pixel value = 1)

INCENDIO DE NERVA



MAPA DE VALIDACIÓN

Pixel values	Interpretation
Mapa de referencia + Índice espectral = 0	No Fire Pixels (NF)
Mapa de referencia + Índice espectral = 1	Commission Pixels (CP)
Mapa de referencia + Índice espectral = 2	Omission Pixels (OP)
Mapa de referencia + Índice espectral = 3	Coincidence Pixels (COIP)

$$Coincidence\ Area\ (COI) = \frac{COIP}{COIP + OP} * 100$$

$$Omission\ Area\ (OM) = \frac{OP}{COIP + OP} * 100$$

$$Commission\ Area\ (COM) = \frac{CP}{COIP + CP} * 100$$

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.4. SEVERIDAD

DATOS DE REFERENCIA (TRABAJO DE CAMPO)



INCENDIO ESTEPONA (ESPAÑA), 21/10/2021

UNBURNT / NO FIRE

•NO EFFECTS

LOW

- 50% ≥ VEGETATION
- 30% ≥ TREE CANOPY

MODERATE

- 90% ≥ VEGETATION
- 75% ≥ TREE CANOPY

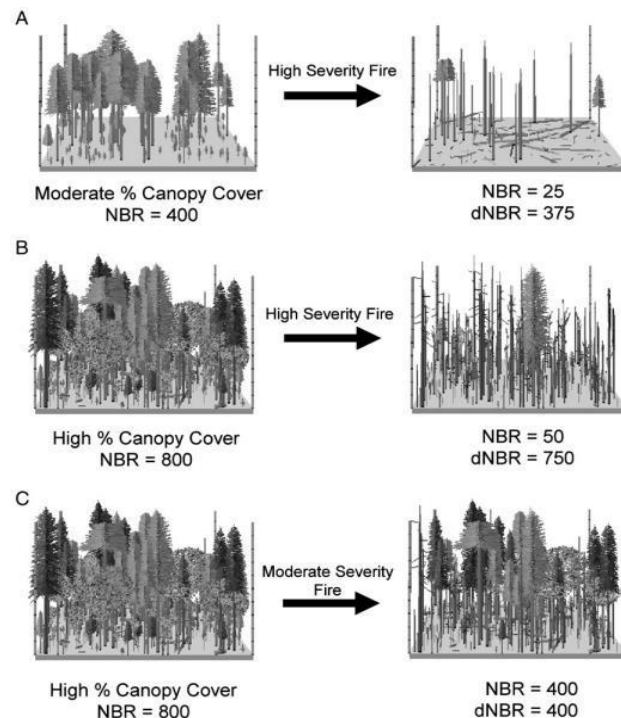
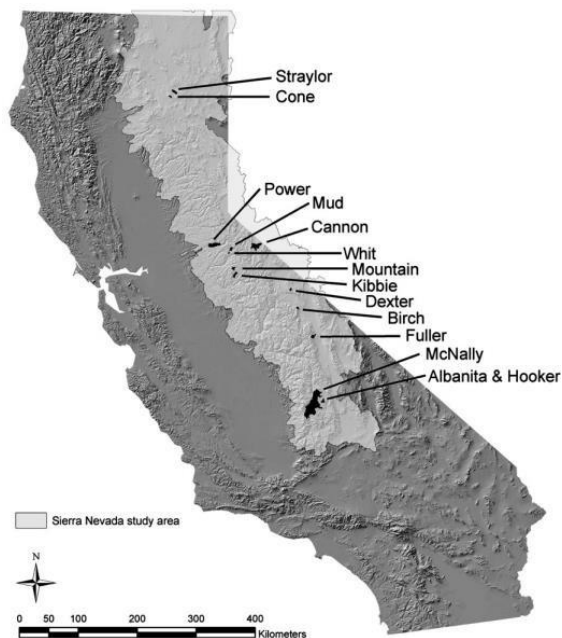
HIGH

- 90% < VEGETATION

Ruiz-Gallardo, J. R., Castaño, S., & Calera, A. (2004). Application of remote sensing and GIS to locate priority intervention areas after wildland fires in Mediterranean systems: a case study from south-eastern Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 13(3), 241-252.

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.4. SEVERIDAD



Miller, J. D., & Thode, A. E. (2007). Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment*, 109(1), 66-80.

Importancia vegetación pre-incendio

- La gravedad del incendio depende de la topografía, el clima y la cantidad de vegetación previa al incendio (entre otros).
- El *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) se utiliza como indicador de la cantidad de vegetación.

$$\text{NDVI} = (B8 - B4) / (B8 + B4)$$

Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., & Harlan, J. C. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation* (No. E75-10354).

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

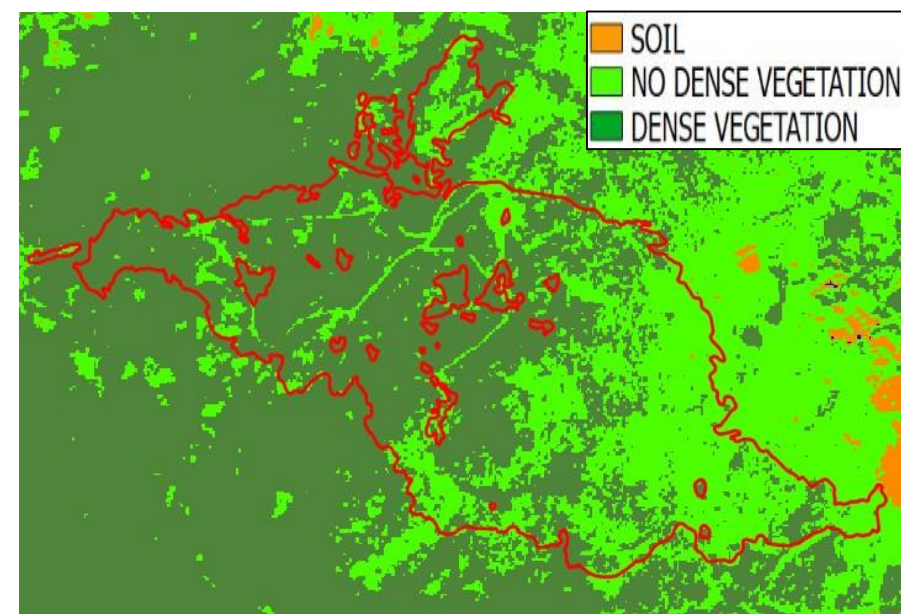
2.4. SEVERIDAD

CLASIFICACIÓN NDVI PRE-FIRE

CLASS	THRESHOLD
DENSE VEGETATION	$NDVI \geq 0.5$
NON-DENSE VEGETATION	$0.15 \leq NDVI < 0.5$
SOIL	$NDVI < 0.15$

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)$$

GUADARRAMA, MADRID (7/08/2019)



Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.4. SEVERIDAD

ANÁLISIS ESTADÍSTICO (Separability Index, SI)

Se aplica a todos los índices de imágenes post-incendio y a los índices de diferencia temporal.

$$SI = \frac{|\mu_{sa} - \mu_{sb}|}{(\sigma_{sa} + \sigma_{sb})}$$

a & b = diferentes grados de severidad



$SI \geq 1 \rightarrow$ buena separabilidad

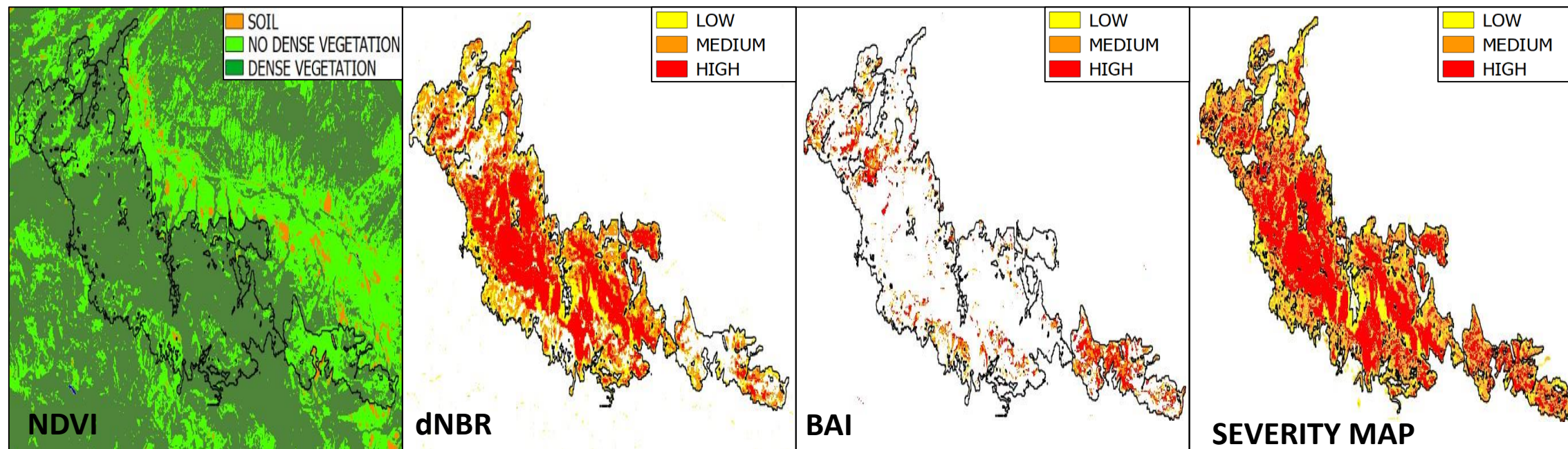
CLASES	dNBR (Dense vegetation)			BAI (Non-dense vegetation)		
	Nº Points	μ	σ	Nº Points	μ	σ
LOW	0	-	-	0	-	-
MEDIUM	13	0.6	0.05	15	300	110
HIGH	6	0.85	0.1	6	550	50

SI	Dense vegetation	Non-dense vegetation
	dNBR	BAI
	1.65	1.55

2. METODOLOGÍA PROYECTO EPYRIS

2.4. SEVERIDAD

MONTIRAT FIRE (2019)



CLASS	THRESHOLD
DENSE VEGETATION	$NDVI \geq 0.5$
NON-DENSE VEGETATION	$0.15 \leq NDVI < 0.5$
SOIL	$NDVI < 0.15$

	dNBR (DENSE)	BAI (NON DENSE)
LOW	$0.15 \leq dNBR < 0.5$	$150 \leq BAI < 200$
MEDIUM	$0.5 \leq dNBR < 0.7$	$200 \leq BAI < 350$
HIGH	$dNBR \geq 0.7$	$BAI \geq 350$

Los valores se han obtenido con las medias y desviaciones típicas de cada grado de severidad utilizando la expresión $\mu \pm \sigma$.

3. MEDIDAS RADIOMÉTRICAS – SEVERIDAD DEL SUELO

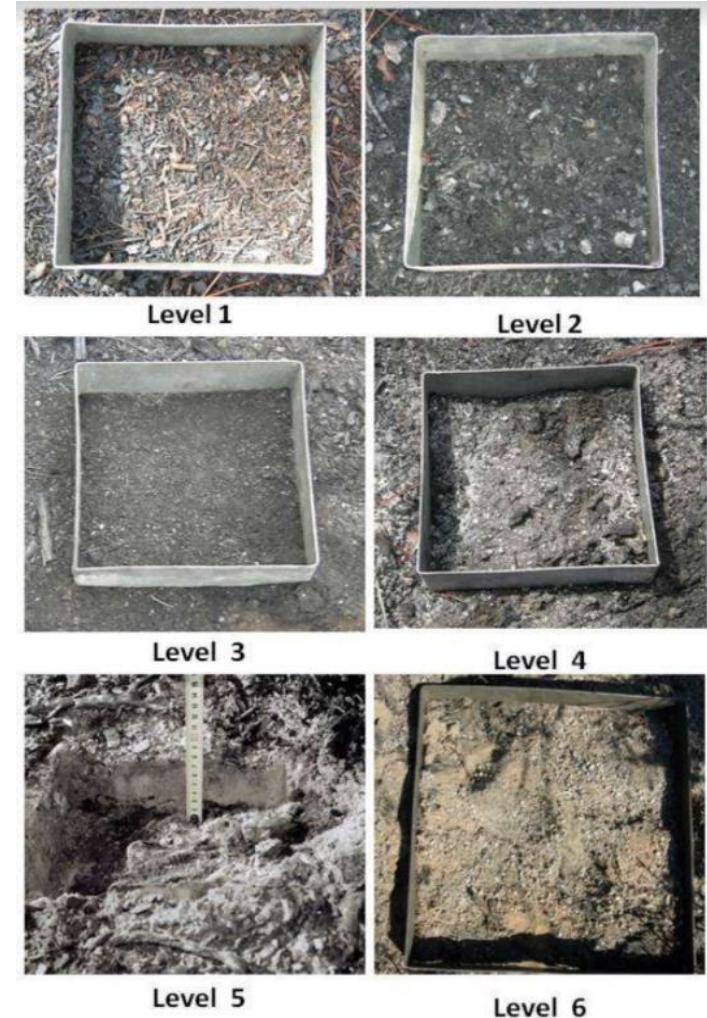
3.1. PROTOCOLO CIF-LOURIZÁN

CLASIFICACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL SUELO BASADA EN:

- Temperatura del superficie durante el incendio
- Cambios en la cantidad de materia orgánica
- Cambios en las propiedades químicas del suelo
- Repelencia al agua
- Pérdidas de suelo debidas a la erosion post-incendio

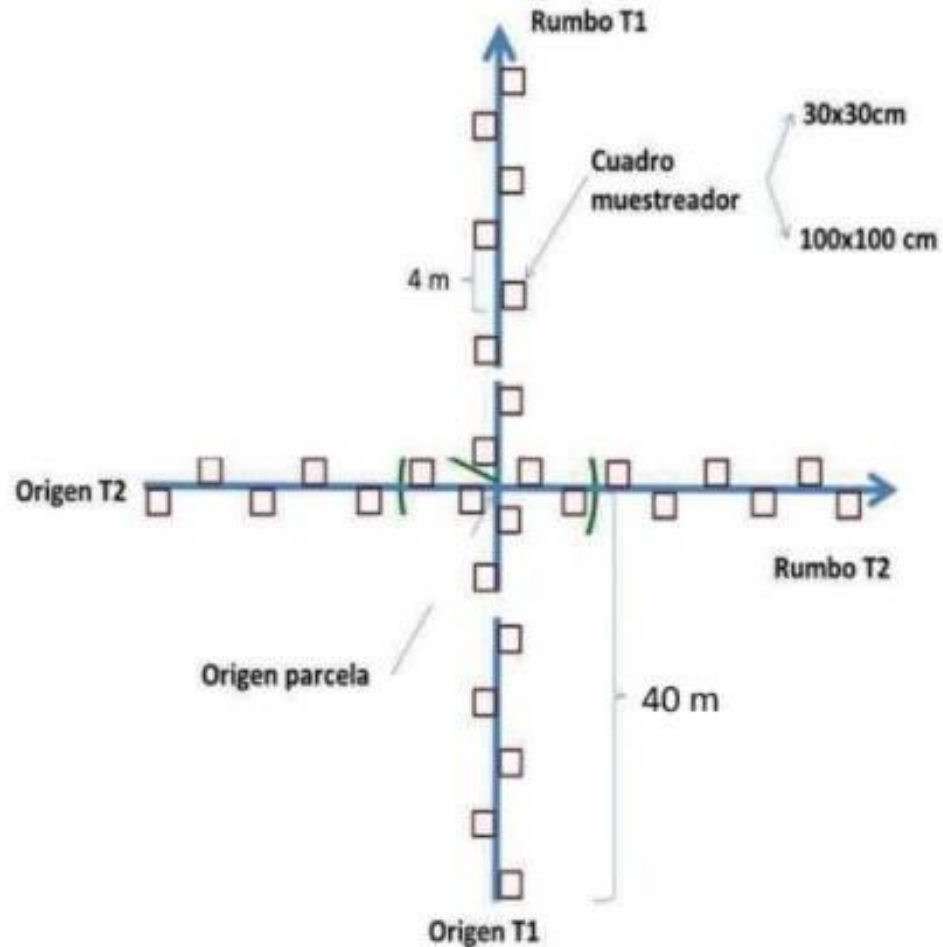
Fernández, C. & Vega, J.A.; 2016. Modelling the effect of soil burn severity on soil erosion at hillslope scale in the first year following wildfire in NW Spain. *Earth Surf. Process. Landf.*, 41, 928–935.

Vega, J. A., Fontúrbel, T., Merino, A., Fernández, C., Ferreiro, A., & Jiménez, E. (2013). Testing the ability of visual indicators of soil burn severity to reflect changes in soil chemical and microbial properties in pine forests and shrubland. *Plant and Soil*, 369(1), 73-91.



3. MEDIDAS RADIOMÉTRICAS – SEVERIDAD DEL SUELO

3.1. PROTOCOLO CIF-LOURIZÁN



TRABAJO DE CAMPO EN EL INCENDIO DE ESTEPONA, ESPAÑA (22/10/2021)

3. MEDIDAS RADIOMÉTRICAS – SEVERIDAD DEL SUELO

3.2. MEDIDAS ASD / CIMEL-6



3. MEDIDAS RADIOMÉTRICAS – SEVERIDAD DEL SUELO

3.2. MEDIDAS ASD / CIMEL-6

GUADARRAMA (2019)



NAVALACRUZ (2021)



3. MEDIDAS RADIOMÉTRICAS – SEVERIDAD DEL SUELO

3.2. MEDIDAS ASD / CIMEL-6

ESTEPONA (2021)

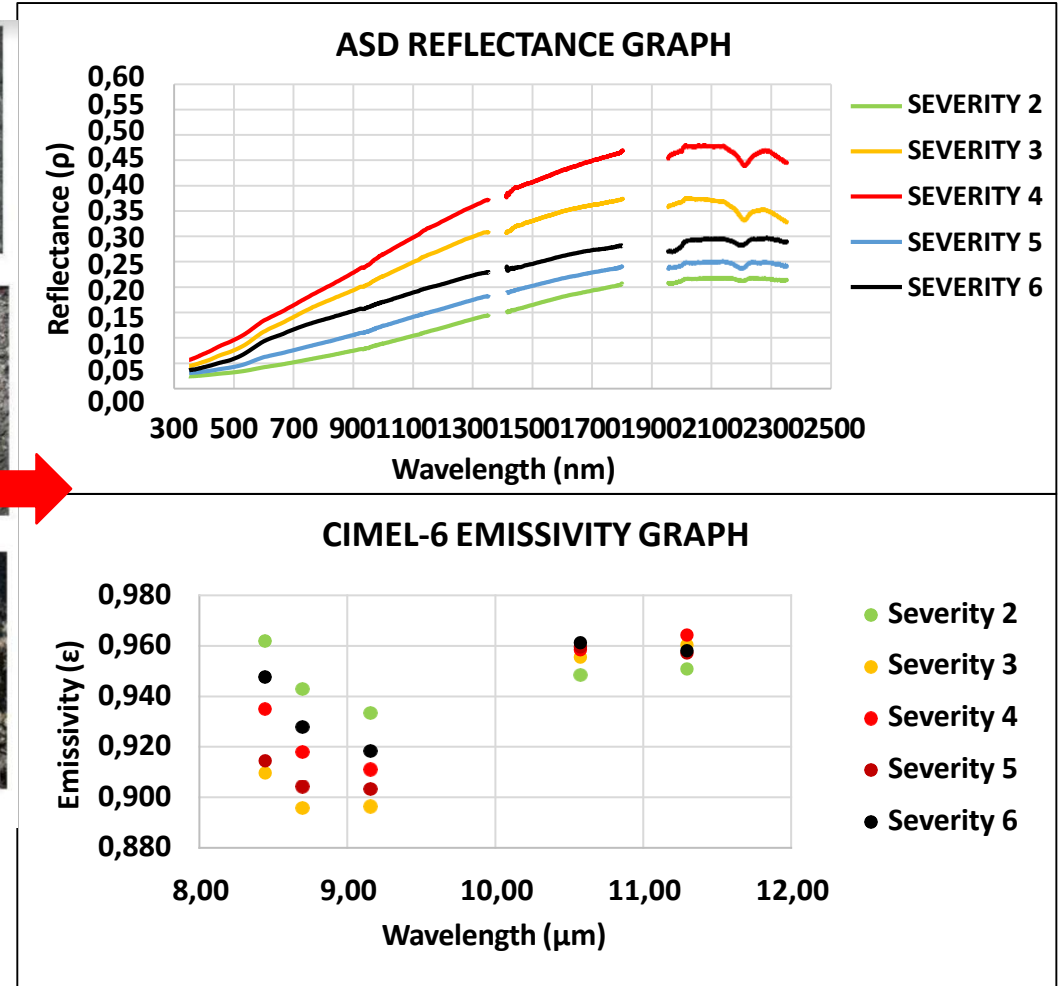
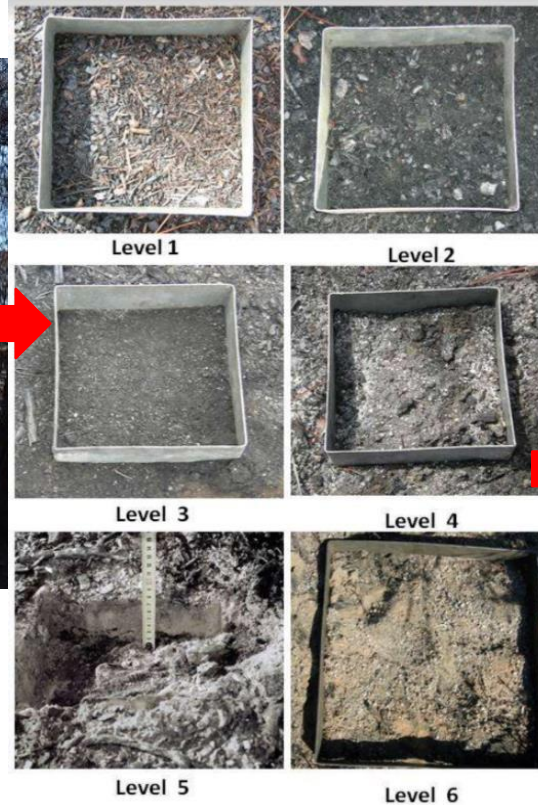


3. MEDIDAS RADIOMÉTRICAS – SEVERIDAD DEL SUELO

3.2. MEDIDAS ASD / CIMEL-6



INCENDIO DE NERVA,
ESPAÑA (2018)





4. RESULTADOS

INCENDIOS ANALIZADOS (2019-2021)

Year	Number of fires	Burned area (Ha)
2019	4	4.648,41
2020	9	7.653,22
2021	3	24.507,53
GLOBAL	16	36.809,16

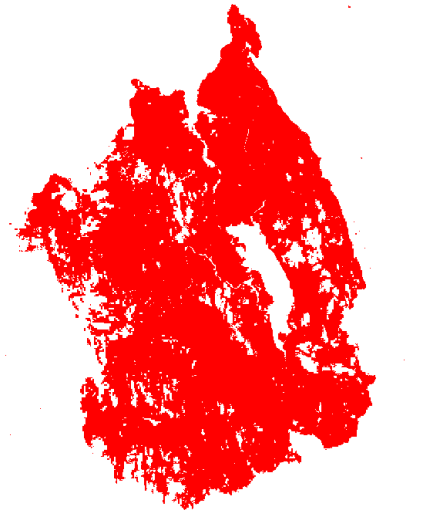
4. RESULTADOS

RESULTADOS PERÍMETRO 2019 -2021

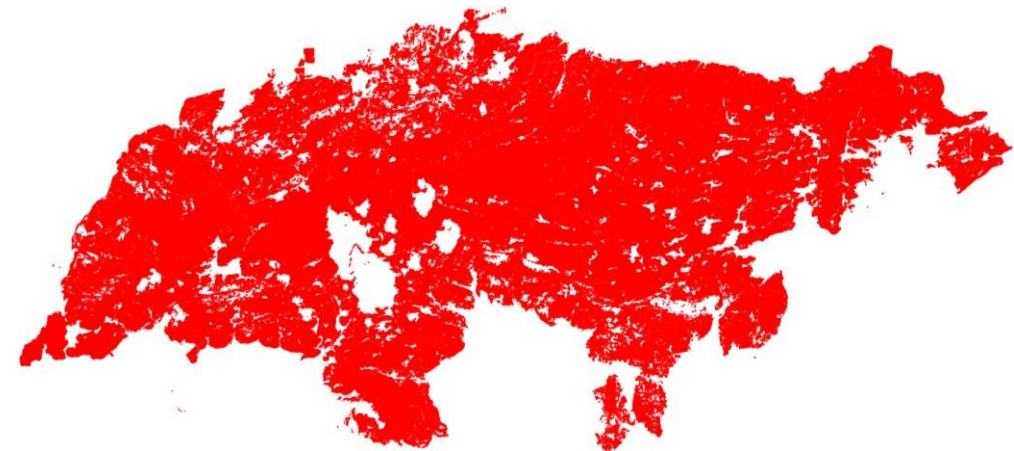
GUADARRAMA (12/08/2019)



LOBIOS (29/09/2020)



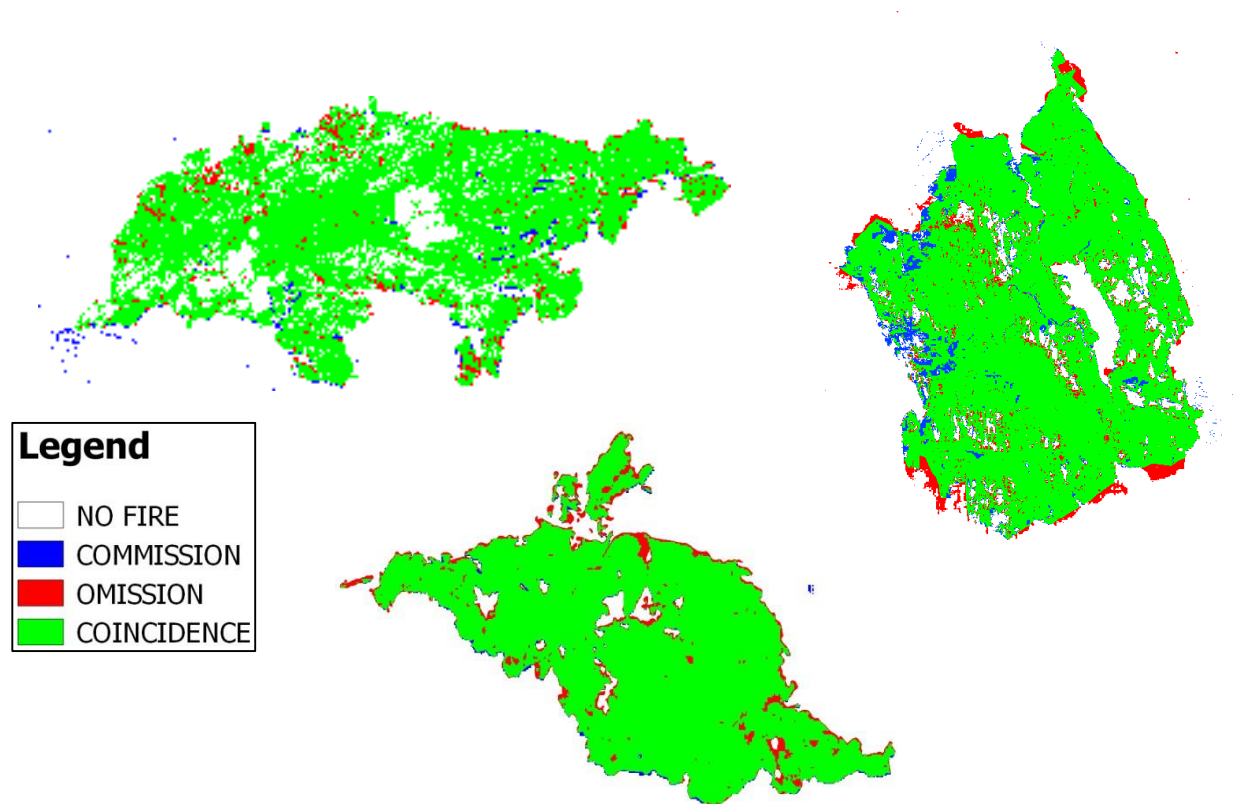
NAVALACRUZ
(24/08/2021)



$$\text{PERÍMETRO} \rightarrow 3dBAIs = dBAI + dBAIM + dBAIS2$$

4. RESULTADOS

RESULTADOS PERÍMETRO 2019-2021



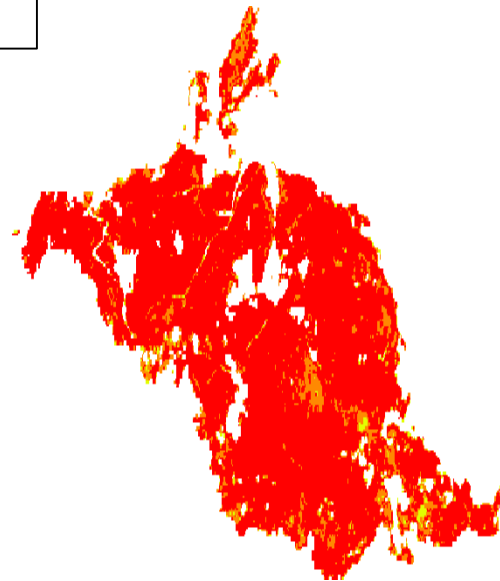
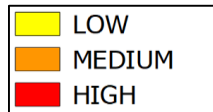
Legend	
	NO FIRE
	COMMISSION
	OMISSION
	COINCIDENCE

BURNED SURFACE 2021 (%)	
COI	33664,88 Ha (91%)
OM	3144,28 Ha (9%)
COM	1884,12 Ha (5%)

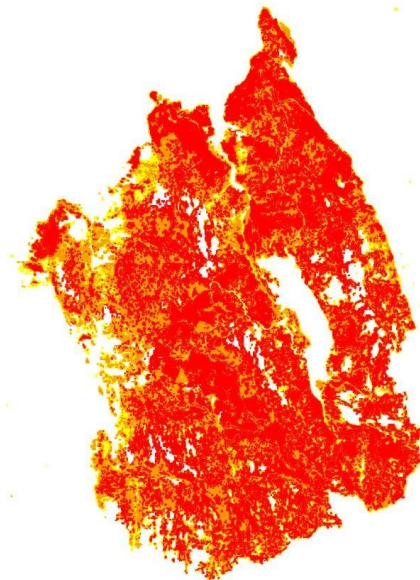
$$PERÍMETRO \rightarrow 3dBAIs = dBAI + dBAIM + dBAIS2$$

4. RESULTADOS

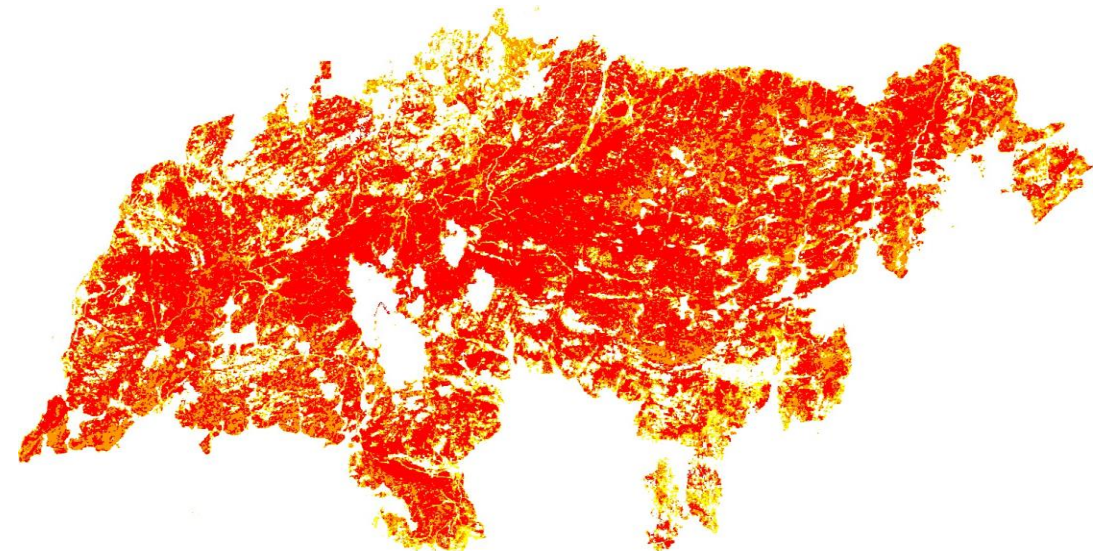
RESULTADOS SEVERIDAD 2019



GUADARRAMA (12/08/2019)



LOBIOS(29/09/2020)



NAVALACRUZ (08/09/2021)

4. RESULTADOS

VALIDACIÓN RESULTADOS DE SEVERIDAD



INCENDIO DE ESTEPOÑA , 22/10/2021

UNBURNT / NO FIRE

•NO EFFECTS

LOW

- 50% ≥ VEGETATION
- 30% ≥ TREE CANOPY

MODERATE

- 90% ≥ VEGETATION
- 75% ≥ TREE CANOPY

HIGH

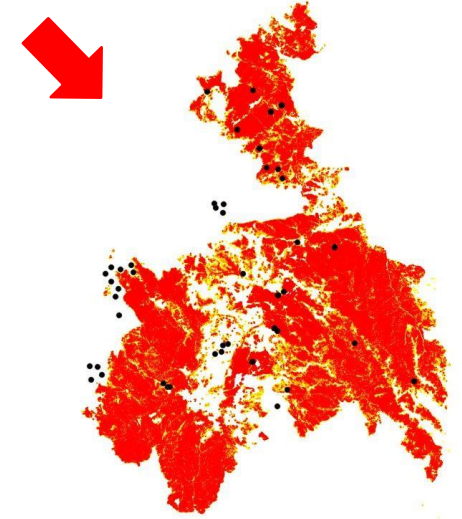
- 90% < VEGETATION

Ruiz-Gallardo, J. R., Castaño, S., & Calera, A. (2004). Application of remote sensing and GIS to locate priority intervention areas after wildland fires in Mediterranean systems: a case study from south-eastern Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 13(3), 241-252.

VALIDACIÓN

- MEDIDAS GPS

Lugar	ϕ	λ	Severidad
Estepona	36,51	-5,18	High
...





4. RESULTADOS

VALIDACIÓN RESULTADOS DE SEVERIDAD (EJEMPLO)

		IN SITU DATA						USER	COMMISSION
		NO FIRE	LOW	MEDIUM	HIGH	TOTAL			
SENTINEL-2	NO FIRE	12	0	1	2	15	80,00	20,00	
	LOW	3	13	9	2	27	48,15	51,85	
	MEDIUM	0	3	23	5	31	74,19	25,81	
	HIGH	0	0	2	43	45	95,56	4,44	
	TOTAL	15	16	35	52	118			
	PRODUCTOR	80,00	81,25	65,71	82,69				
	OMISSION	20,00	18,75	34,29	17,31				

COMMISSION ERROR → represent the fraction of values that were predicted to be in a class but do not belong to that class (false positives). Example of high severity: $(2+2+5)/52 = 0,1731 = 17,31 \%$

OMISSION ERROR (HIGH SEVERITY) → represent the fraction of values that belong to a class but were predicted to be in a different class (false negatives). Example of high severity: $(0+0+2)/45 = 0,0444 = 4,44 \%$

Congalton, R. G., & Green, K. (1999). Assessing of remotely sensed data: Principles and practices. *Boca Rotan, Florida: Lewis Publishers*, 34-46.



4. RESULTADOS

VALIDACIÓN RESULTADOS DE SEVERIDAD (EJEMPLO)

		IN SITU DATA						
		NO FIRE	LOW	MEDIUM	HIGH	TOTAL	USER	COMMISSION
SENTINEL-2	NO FIRE	12	0	1	2	15	80,00	20,00
	LOW	3	13	9	2	27	48,15	51,85
	MEDIUM	0	3	23	5	31	74,19	25,81
	HIGH	0	0	2	43	45	95,56	4,44
	TOTAL	15	16	35	52	118		
	PRODUCTOR	80,00	81,25	65,71	82,69			
	OMISSION	20,00	18,75	34,29	17,31			

OVERALL ACCURACY (CORRECTLY CLASSIFIED VALUES) $\rightarrow (12+13+23+43)/118 = 0,77$

Congalton, R. G., & Green, K. (1999). Assessing of remotely sensed data: Principles and practices. *Boca Rotan, Florida: Lewis Publishers*, 34-46.



4. RESULTADOS

VALIDACIÓN RESULTADOS DE SEVERIDAD (EJEMPLO)

COHEN'S KAPPA COEFFICIENT

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^n m_{i,i} - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}$$

COHEN'S KAPPA INDEX → **0,68**

Where :

- i is the class number
- N is the total number of classified values compared to truth values
- m_{ij} is the number of values belonging to the truth class i that have also been classified as class i (i.e., values found along the diagonal of the confusion matrix)
- C_i is the total number of predicted values belonging to class i
- G_i is the total number of truth values belonging to class i

Values of kappa	Interpretation
< 0	No agreement
0-0.19	Poor agreement
0.20-0.39	Fair agreement
0.40-0.59	Moderate agreement
0.60-0.79	Substantial agreement
0.80-1.00	Almost perfect agreement

Congalton, R. G., & Green, K. (1999). Assessing of remotely sensed data: Principles and practices. *Boca Ratón, Florida: Lewis Publishers*, 34-46.



4. RESULTADOS

VALIDACIÓN RESULTADOS DE SEVERIDAD (2019-2021)

		IN SITU DATA						
		NO FIRE	LOW	MEDIUM	HIGH	TOTAL	USER	COMMISSION
SENTINEL-2	NO FIRE	36	0	1	2	39	92,31	7,69
	LOW	5	17	13	2	37	45,95	54,05
	MEDIUM	0	4	51	11	66	77,27	22,73
	HIGH	1	0	7	127	135	94,07	5,93
	TOTAL	42	21	72	142	277		
	PRODUCTOR	85,71	80,95	70,83	89,44			
	OMISSION	14,29	19,05	29,17	10,56			

OA	0,83
KAPPA	0,75

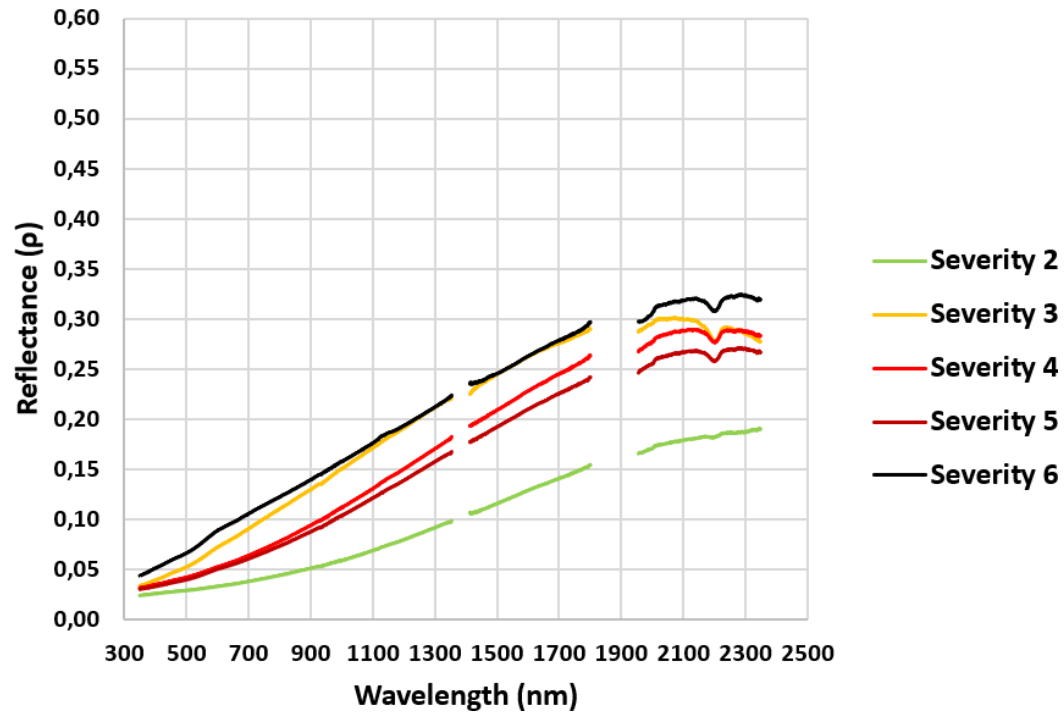
Values of kappa	Interpretation
< 0	No agreement
0-0.19	Poor agreement
0.20-0.39	Fair agreement
0.40-0.59	Moderate agreement
0.60-0.79	Substantial agreement
0.80-1.00	Almost perfect agreement

4. RESULTADOS

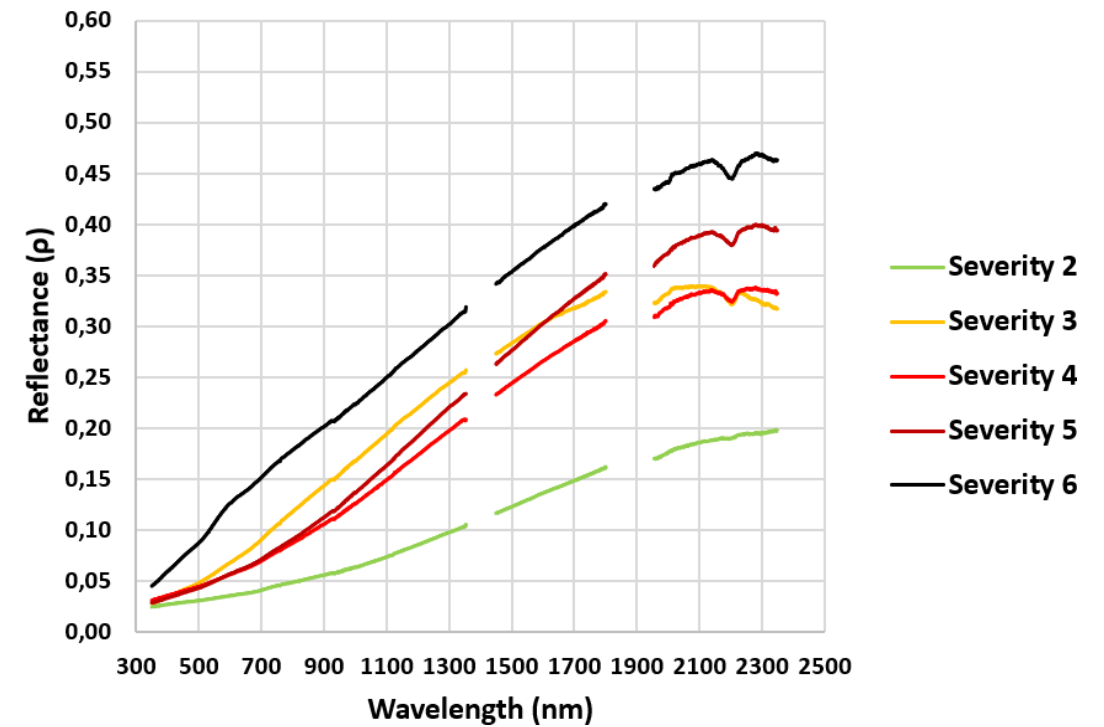
RESULTADOS MEDIDAS RADIOMÉTRICAS

MEDIDAS ASD

GLOBAL FIELD MEASUREMENTS



GLOBAL LABORATORY MEASUREMENTS

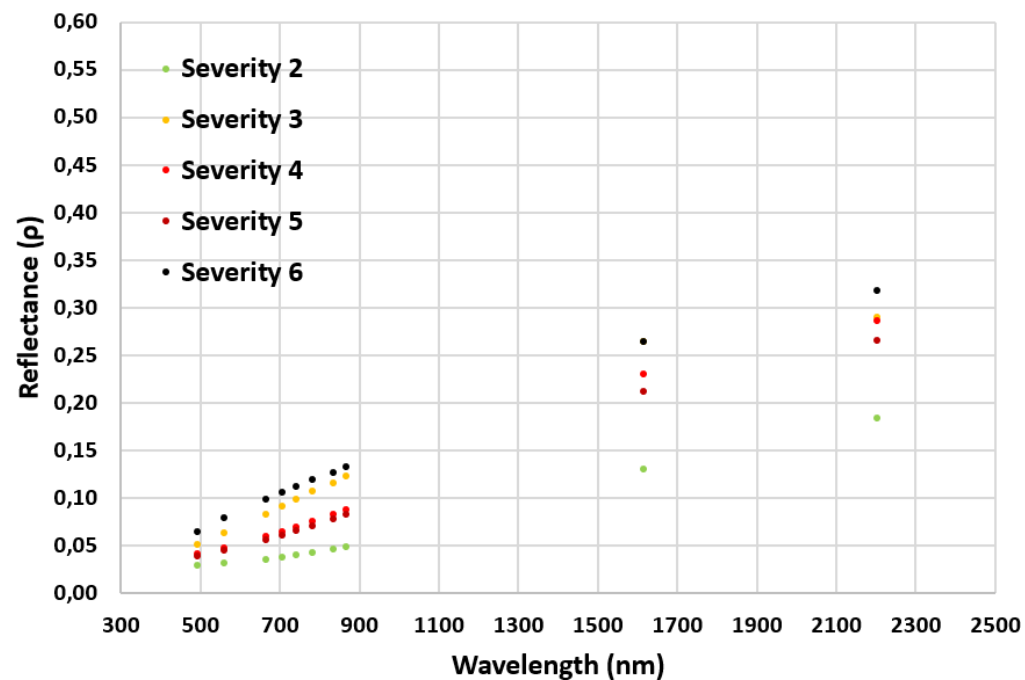


4. RESULTADOS

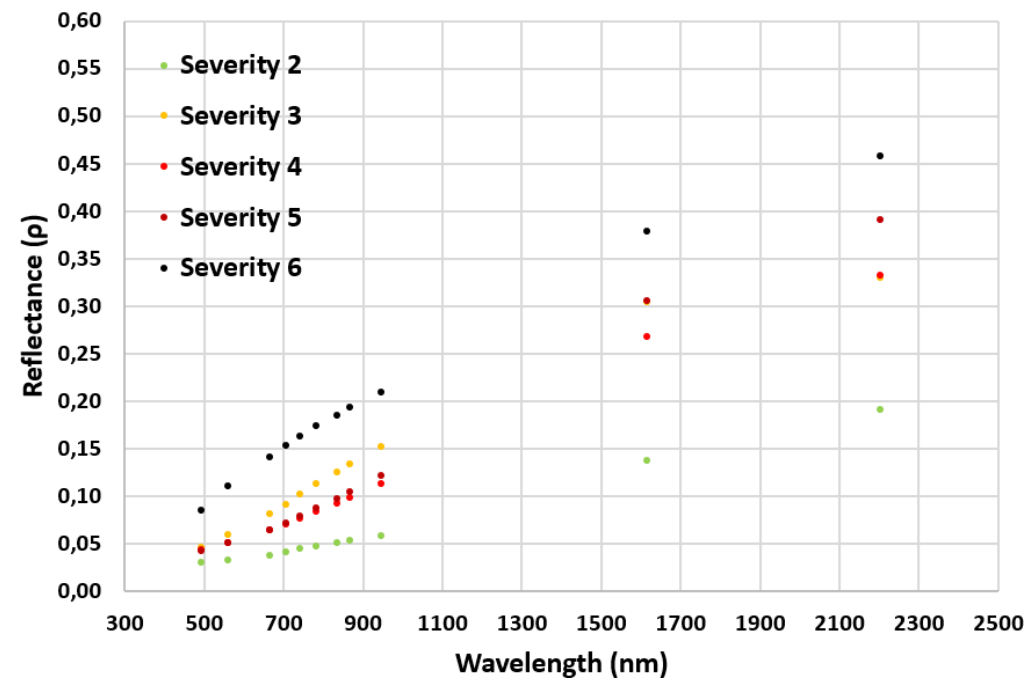
RESULTADOS MEDIDAS RADIOMÉTRICAS

REFLECTIVIDAD SENTINEL-2

SENTINEL-2 FIELD MEASUREMENTS



SENTINEL-2 LABORATORY MEASUREMENTS

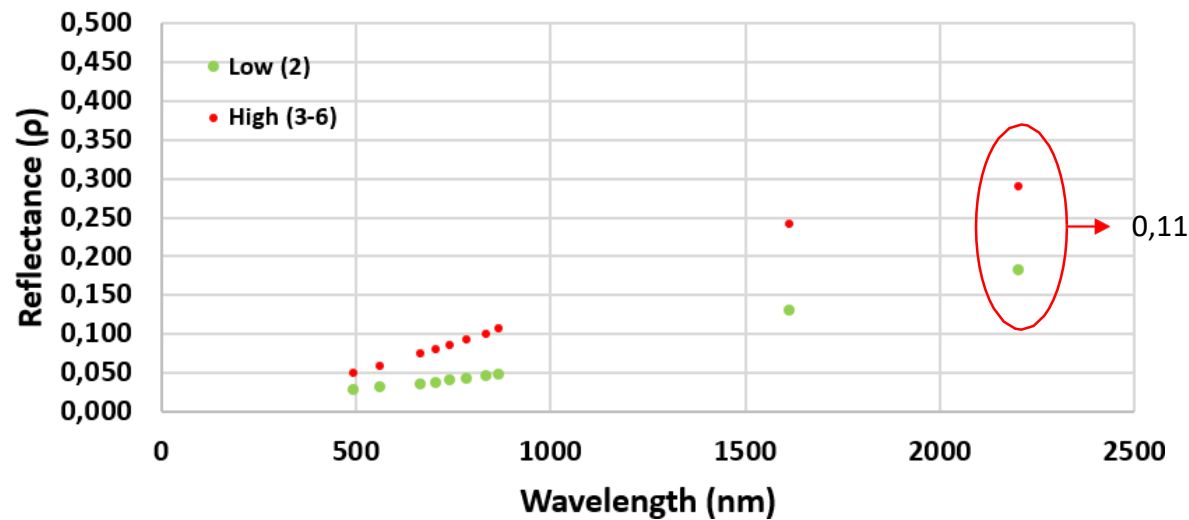


4. RESULTADOS

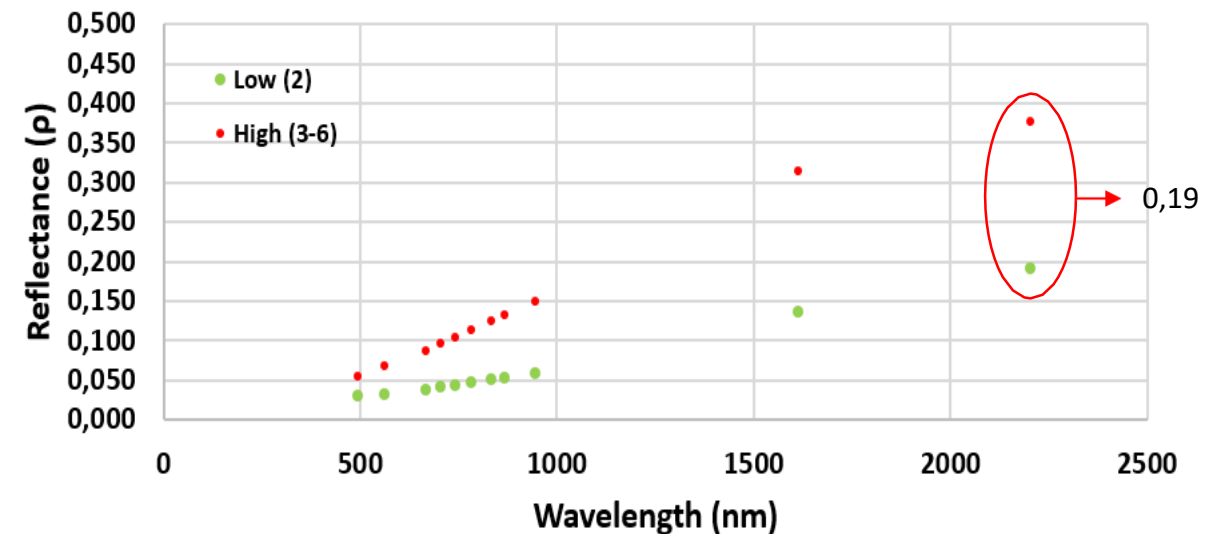
RESULTADOS MEDIDAS RADIOMÉTRICAS

REFLECTIVIDAD SENTINEL-2

SENTINEL-2 FIELD MEASUREMENTS



SENTINEL-2 LABORATORY MEASUREMENTS

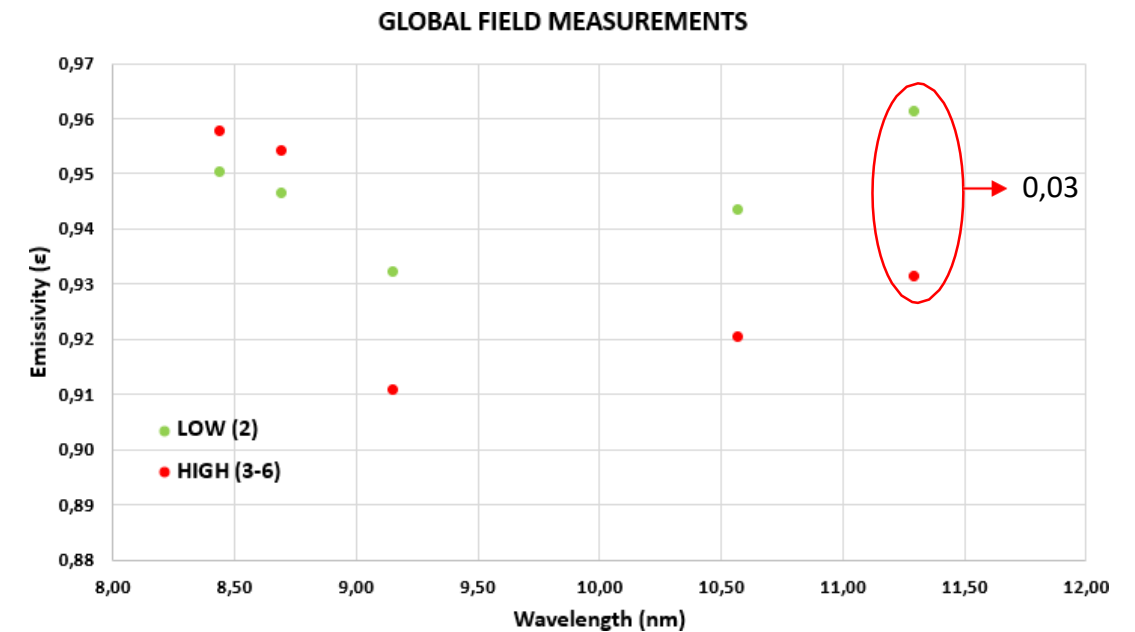
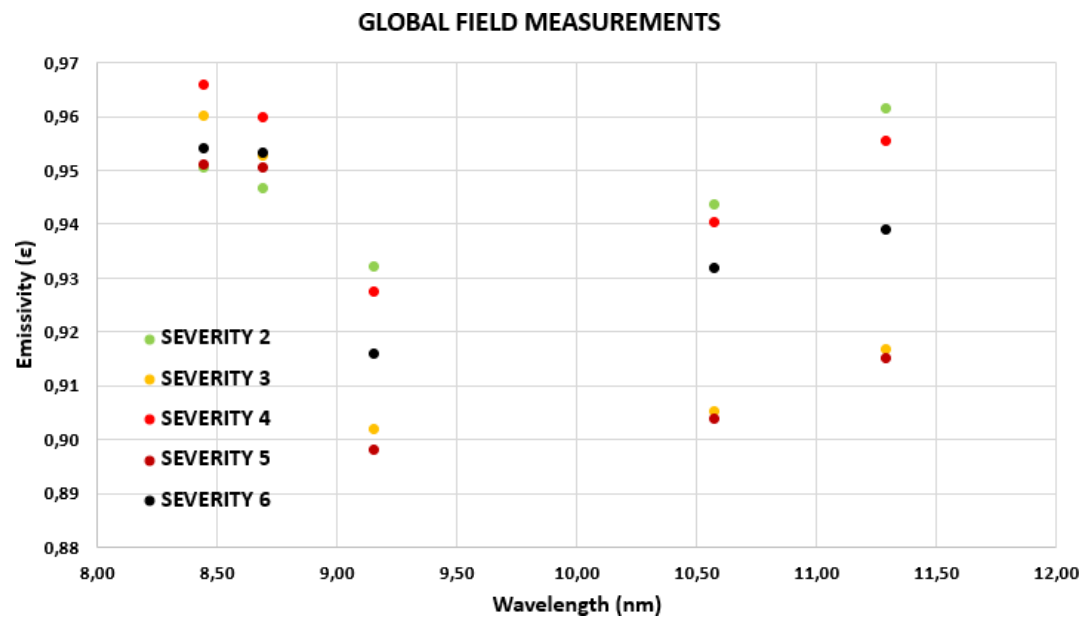


- BANDA 12 (SWIR) ES LA BANDA ESPECTRAL QUE MEJOR DISCRIMINA ENTRE GRADOS DE SEVERIDAD.
- LAS MEDIDAS DE LABORATORIO MOSTRARON MAYORES DIFERENCIAS QUE LAS MEDIDAS EN CAMPO.

4. RESULTADOS

RESULTADOS MEDIDAS RADIOMÉTRICAS

CIMEL-6 VALORES EMISIVIDAD

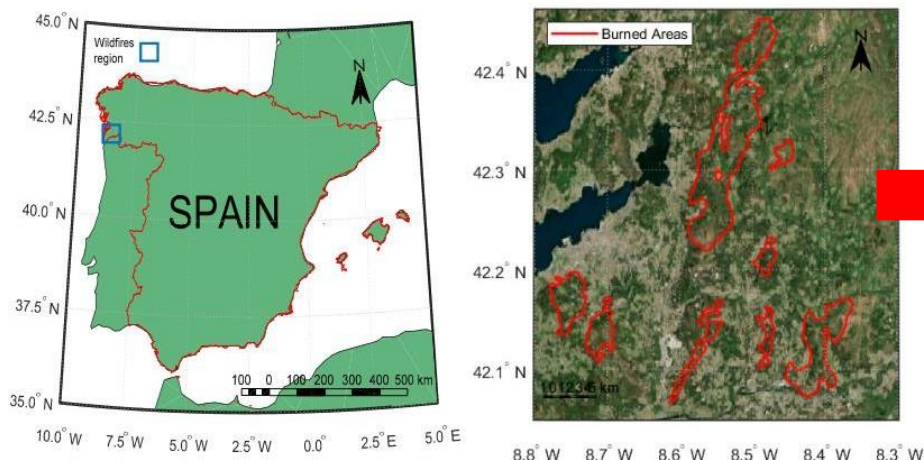


- 11,29 μm ES LA BANDA ESPECTRAL QUE MEJOR DISCRIMINA ENTRE GRADOS DE SEVERIDAD.
- LAS MEDIDAS DE LABORATORIO ESTÁN EN PROCESO.

4. RESULTADOS

RESULTADOS SEVERIDAD DEL SUELO – SENTINEL-2

INCENDIOS GALICIA 2017



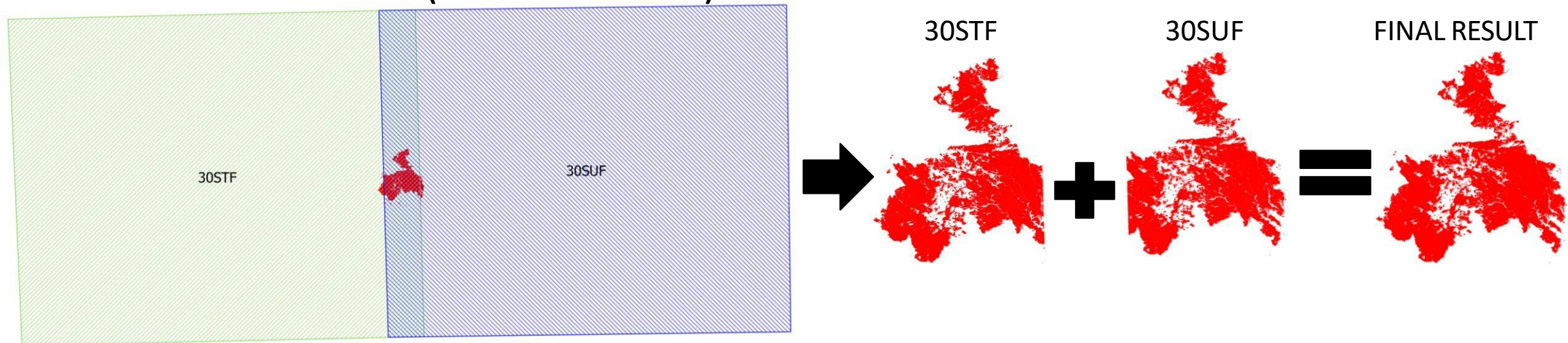
Satellites	Indices	Burn Severity Degrees Classification	Equations	R^2	RMSE
Sentinel-2	dNBR	Five burn severity degrees	$0.357 \times (FS^{0.861})$	0.72	0.08
		Six burn severity degrees	$0.411 \times (FS^{0.693})$	0.71	0.08
	dNDVI	Five burn severity degrees	$0.095 \times (FS^{1.450})$	0.54	0.09
		Six burn severity degrees	$0.119 \times (FS^{1.175})$	0.56	0.09
Landsat-8	dNBR	Five burn severity degrees	$0.506 \times (FS^{0.512})$	0.61	0.06
		Six burn severity degrees	$0.548 \times (FS^{0.417})$	0.56	0.06
	dNDVI	Five burn severity degrees	$0.231 \times (FS^{0.515})$	0.45	0.12
		Six burn severity degrees	$0.237 \times (FS^{0.466})$	0.47	0.12

- Las imágenes de satélite que mejor discriminan entre los distintos grados de severidad son los datos de Sentinel-2 (con la misma resolución espacial que la zona de medición del campo).
- La fuerte relación entre el índice dNBR y los incendios forestales mejora los resultados del índice dNDVI.
- La clasificación de 5 grados de severidad del fuego proporciona, en general, resultados ligeramente mejores en R^2 que la clasificación de 6 grados de severidad del fuego.

5. CONCLUSIONES

- **OBJETIVO:** Optimizar una metodología para delimitar el perímetro de los incendios forestales y mejorar los mapas de severidad sobre las zonas SUDOE.
- Tareas de descarga y procesado de imágenes Sentinel-2: remuestreo, recortes, máscara de nubes, filtros espaciales, **mosaicos**, ...

SENTINEL-2 TILES (INCENDIO ESTEPONA)





5. CONCLUSIONES

- Resultados perímetro: **3dBAIS**
 - 91% coincidencia and 5 % errores (comisión y omisión) → incendios 2019
 - 90% coincidencia and 9 % errores (comisión y omisión) → incendios 2020
 - 92% coincidencia and 7 % errores (comisión y omisión) → incendios 2021

91% coincidencia and 7 % errores (comisión y omisión) → Incendios globales

Errores de omisión (áreas internas sin quemar)

Incendios en climas Mediterráneos y Atlánticos



5. CONCLUSIONES

- Resultados severidad: **dNBR (dense vegetation), BAI (no dense vegetation)**
 - kappa index = 0.68 → Incendios 2019
 - kappa index = 0.79 → Incendios 2020
 - kappa index = 0.82 → Incendios 2021

kappa index = 0.75 → Incendios globales
Low severity (21 parcelas) → 54% comisión
Incendios en climas Mediterráneos y Atlánticos



5. CONCLUSIONES

- El trabajo de campo desarrollado por el CIF Lourizán (centrado en la severidad del suelo) es esencial para las tareas de prevención de la erosión del suelo.
- Se demostró el potencial de las imágenes de Sentinel-2 para estudiar la severidad del suelo (específicamente las bandas NIR y SWIR). Se obtuvieron mapas de severidad del suelo para los incendios forestales de Galicia en 2017 y 2020. Para los incendios de 2017, se realizó una regresión potencial siendo el índice dNBR el mejor resultado ($R^2=0,72$).
- Las mediciones de radiometría presentaron diferencias significativas en términos de reflectancia y emisividad. En ambos casos, la gravedad moderada se consideró como gravedad alta debido a su similitud.



5. CONCLUSIONES

- Las mediciones de radiometría presentaron diferencias significativas en términos de reflectividad y emisividad. En ambos casos, la gravedad moderada se consideró como gravedad alta debido a su similitud.
- En términos de reflectividad, la región SWIR fue la mejor para discriminar entre severidad baja y alta. Las mediciones de laboratorio mostraron más diferencias entre las severidades que las mediciones de campo (menos alteraciones en el laboratorio). En términos de emisividad, la mayor diferencia entre severidades se encontró en $11,21 \mu\text{m}$. Sólo hay una fuente de información que cumpla este requisito (ASTER, resolución espacial = 90 m).



6. PUBLICACIONES

-Internacional:

Sobrino, J. A., Llorens, R., Fernández, C., Fernández-Alonso, J. M., & Vega, J. A. (2019). Relationship between soil burn severity in forest fires measured in situ and through spectral indices of remote detection. *Forests*, 10(5), 457.

Fernández, C., Fernández-Alonso, J. M., Vega, J. A., Fontúrbel, T., Llorens, R., & Sobrino, J. A. (2021). Exploring the use of spectral indices to assess alterations in soil properties in pine stands affected by crown fire in Spain. *Fire Ecology*, 17(1), 1-11.

Llorens, R., Sobrino, J. A., Fernández, C., Fernández-Alonso, J. M., & Vega, J. A. (2021). A methodology to estimate forest fires burned areas and burn severity degrees using Sentinel-2 data. Application to the October 2017 fires in the Iberian Peninsula. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 95, 102243.

Llorens, R., Sobrino, J. A. (2019). Wildfires severity degrees using Sentinel-2 data. A comparison with the EFFIS estimate for the October 2017 fires in the Iberian Peninsula. *Living Plante Symposium 2019*.



6. PUBLICACIONES

-Nacional:

Llorens, R., Sobrino, J. A. (2019). Delimitación del área quemada y su comparativa con el servicio EMS en el incendio de Luchente (España) en 2018 utilizando Sentinel-2. Congreso AET 2019.



6. PUBLICACIONES (EN PROCESO)

-Internacional:

Sobrino et al., 2022. Methodology for burned areas delimitation and fire severity assessment using Sentinel-2 burn spectral indices in Spain wildfires. ***To be submitted.***

Fernández et al., 2022. Modeling the post-fire structural characteristics of Atlantic gorse shrublands using LiDAR and Sentinel-2 data. ***To be submitted.***

Sobrino et al., 2022. Methodology for burned areas delimitation and fire severity assessment using Sentinel-2 burn spectral indices in Spain wildfires. *Living Plante Symposium 2022.* ***Submitted.***



6. PUBLICACIONES (EN PROCESO)

-Nacional:

Llorens et al., 2022. Aplicación de los índices dNBR y RdNBR en la estimación de áreas quemadas durante incendios ocurridos entre 2020 y 2021 en España . *Congreso AET 2022. Submitted.*

Hacia una estrategia conjunta para la protección y restauración de los ecosistemas afectados por Incendios forestales. Proyecto EPyRIS. *QUERCUS MAGAZINE. Contribution.*

Llorens et al., 2022. Análisis de la severidad en el suelo provocada por los incendios forestales de Galicia en 2020 mediante el uso de la Teledetección. *VII Congreso Forestal Español 2022. Submitted.*

**GRACIAS POR VUESTRA
ATENCIÓN**

