



# Evaluación del uso y aplicación de imágenes de satélite y dron para la valoración de daños en áreas quemadas mediante indicadores de severidad del fuego.

## Incendio forestal Sierra Bermeja (2021)

I. Pino, L. Granado, J.J. Vales, E.M. Mendez, R.Prieto, A.M. Pello, J. Venegas., J. Chaves y J.R. Guzman



**Juan José Vales Bravo.**  
juanj.vales@juntadeandalucia.es  
Responsable Observación del Territorio.  
Red de Información Ambiental de Andalucía.  
Área de Tecnologías de la Información.  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.



---

# Índice

## 1. Introducción

Los incendios forestales en Andalucía.

El incendio de Sierra Bermeja.

## 2. Material y método

Las imágenes Sentinel-2 para la valoración de daños

**Severidad del fuego** a partir de imágenes Sentinel-2

Información de Muy Alta Resolución para obtención de **Verdad-Terreno (imágenes Drone y satélite Pleiades)**.

Verificación de imágenes de satélite Pleiades como fuente de Verdad-Terreno.

**Ajustes de severidad del fuego con Verdad-Terreno.**

## 3. Resultados.

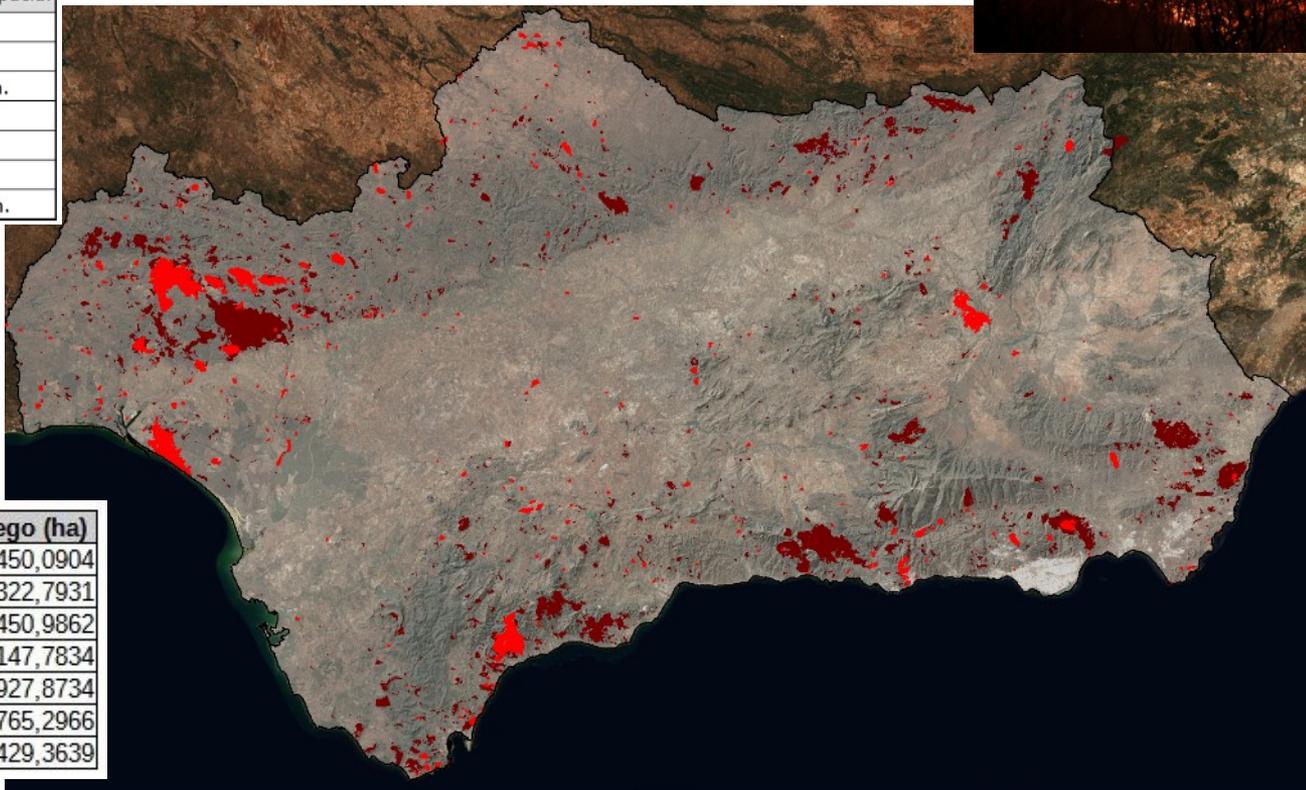
## 4. Discusión.

# 1. Introducción.

## Los incendios forestales de Andalucía.



Período	Imágenes utilizadas	Resolución espacial
1975 - 1986	Landsat MSS	80 m.
1987 - 1996	Landsat 5 TM	30 m.
1997 - 2010	IRS-Wifs / Landsat 5 TM	180/30 m.
2011 - 2013	DEIMOS 1 Slim 6	20 m.
2014 - 2016	Landsat 8 OLI / Pleiades	30 m.
2017 - actualidad	Sentinel 2 A / Pleiades	10 m.
	* Ortofotografías	10/0,5 cm.



Campaña	n.º eventos	Área recorrida por el fuego (ha)
2015	45	14450,0904
2016	38	4322,7931
2017	65	20450,9862
2018	30	4147,7834
2019	63	6927,8734
2020	55	19765,2966
2021	65	15429,3639

# El incendio de Sierra Bermeja, Jubrique (Málaga) 2021



## EMSR545: Wildfire in Andalusia, Spain

**Event Time (UTC):** 2021-09-08 22:30  
**Event Time (LOC):** 2021-09-09 00:30  
**Event Type:** Wildfire (Forest fire)  
**Activation Time (UTC):** 2021-09-09 10:53  
**Activation Status:** Closed  
**Affected Countries/Territories:**  
Kingdom of Spain  
**Service Output:** 5 products (5 maps)  
Fire Estimates: 1 products (1 maps)  
Delimitations: 2 products (2 maps)  
Gridding: 1 products (1 maps)



**Authorized User:**  
Spain (Centro de Coordinación Operativa (CECOP) de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias)

**Activation Reason:**  
On 08/09/2021 a large forest fire started with three outbreaks in the municipalities of Jubrique, Sanlúcar and Estepona (Málaga). It affects the Genal River Special Conservation Area and the Los Reales Natural Area. The first investigations carried out by the SEPROMA de Guardia Civil indicate that could be deliberate. About 400 people have been evacuated as a precautionary measure and several roads have been cut, including the AP 7 motorway towards Algeciras. Due to the violence of fire evolution and adverse weather conditions, Copernicus EMS Rapid Mapping is requested to provide first estimate, delineation and classification products.

**EMSR545 - Activation Extent Map**  
Release: 11 - Version: 02 - Delivered: 2021-09-20 17:38  
View on: [EMSR545-AEM-INFO](#) • [EMSR545-AEM-DEM](#) • [EMSR545-AEM](#)



Localización del incendio forestal de Sierra Bermeja, Jubrique (Málaga) 2021

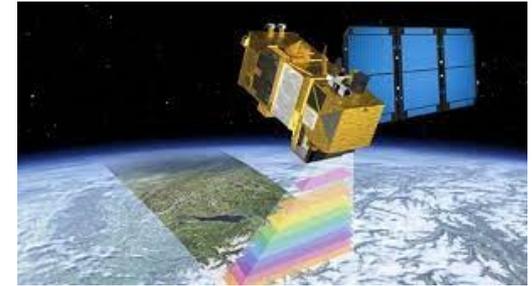
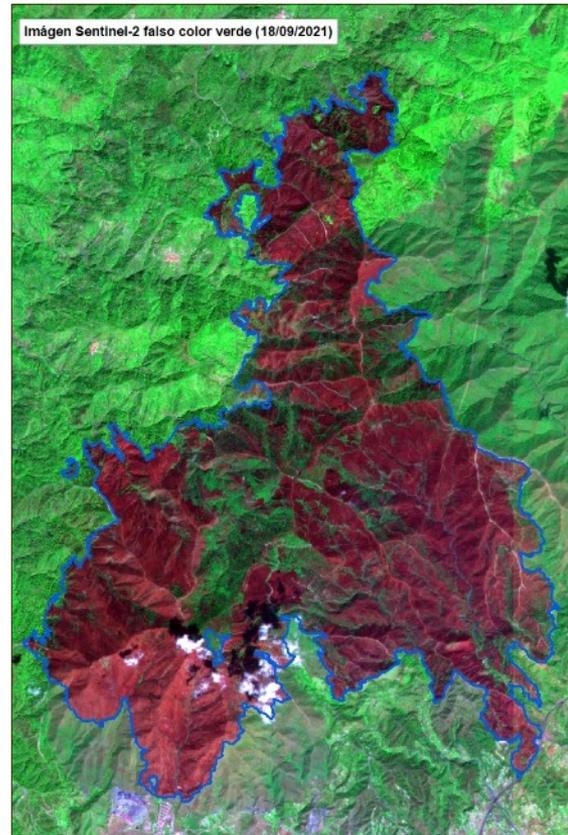
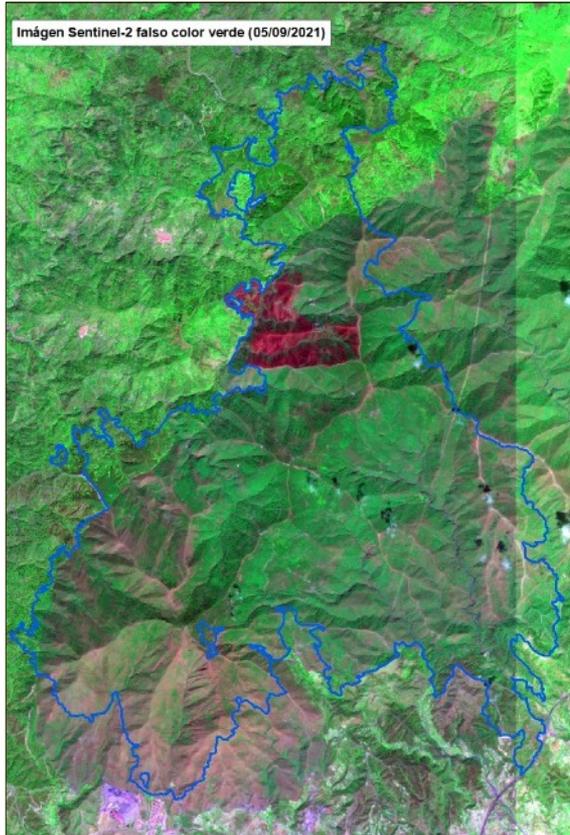
El 8 de septiembre de 2021 se produjo el incendio forestal en Sierra Bermeja, en el sector occidental de la provincia de Málaga. Este incendio afectó a un área de en torno a 9.500 hectáreas, en un perímetro superior a 80 km. Según estas cifras se evidencia la dificultad de evaluar la afección del incendio y de su grado de virulencia a lo largo y ancho del área recorrida por el fuego.

En el presente trabajo se analiza la potencialidad de las imágenes de muy alta resolución a partir de plataformas aéreas y satelitales para la obtención selección de parcelas de muestreo (verdad terreno) como soporte a la obtención de cartografía de severidad del fuego. <sup>4</sup>

Primeras Imágenes Sentinel-2 (ESA-Copernicus) posteriores al incendio para valoraciones preliminares. Composición de bandas Falso Color Infrarrojo.

## 2. Material y método

## Las imágenes de satélite Sentinel-2 para la valoración de daños.

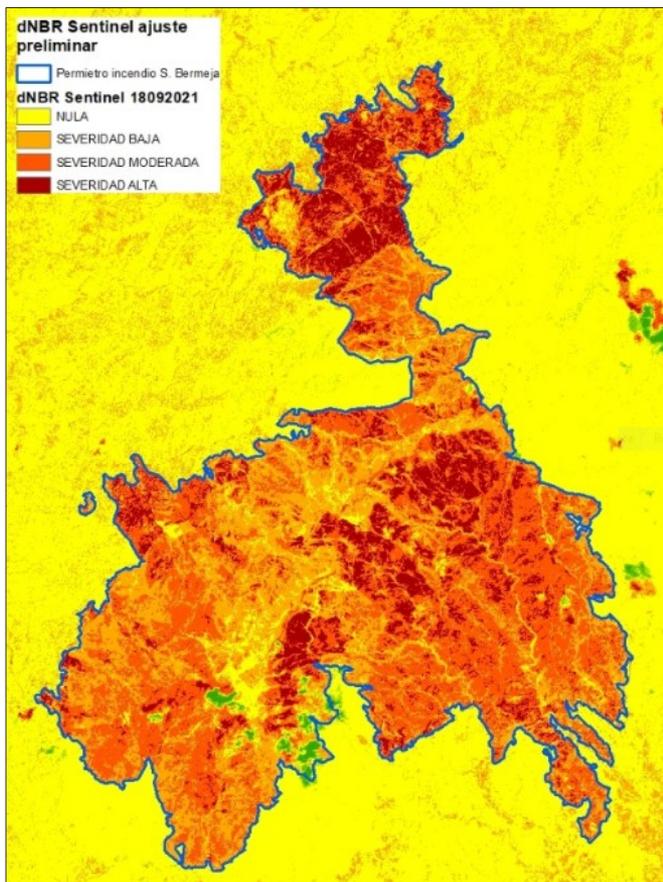


### Especificaciones para Sentinel 2

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	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

Situación previa y posterior con imagen Sentinel-2 (05/09/2022 - 18/09/2021) de 10 m.  
Composición en falso color verde (SWIr, Nlr, G).

## Definición de umbrales de “severidad preliminar” sobre imágenes Sentinel-2



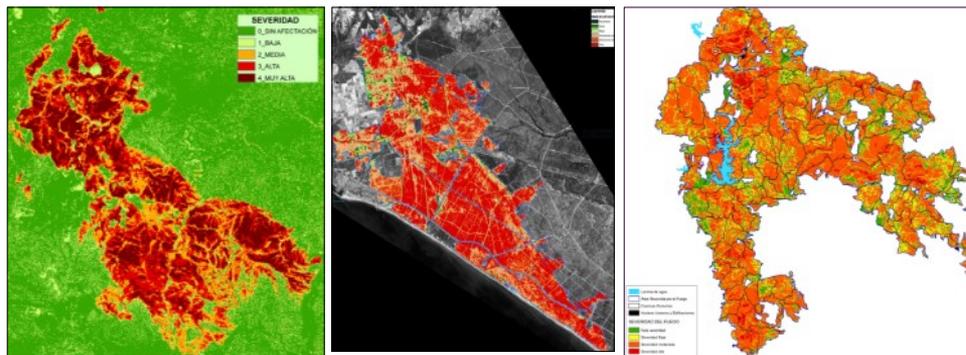
El índice de severidad NBR (Normalized Burn Ratio) es un índice normalizado que remarca la respuesta espectral del territorio afectado por el fuego a partir del infrarrojo cercano (RNIR) y medio (RIR) de onda corta, que corresponden a las bandas 8 (865 nm) y 12 (2190 nm) en las imágenes del satélite SENTINEL-2 (Guerrero et al., 2017). Presenta valores comprendidos entre -1 y +1.

$$NBR=(NIR-SWIR)/(NIR+SWIR)$$

El índice NBR se usa comúnmente a través de una aproximación bi-temporal con datos pre y post incendio, utilizando la siguiente expresión para cuantificar la magnitud del cambio ocasionado en la vegetación por el fuego:

$$dNBR=NBR_{pre-incendio} - NBR_{post-incendio}$$

Los valores continuos resultantes de dNBR fueron clasificados mediante método no supervisado, agrupando en intervalos de severidad siguiendo referencias de las experiencias previas sobre otros grandes incendios sucedidos recientemente en áreas próximas como el de Huesa-Quesada (Jaén) en 2015 (Carpintero I. et al., 2017), Las Peñuelas (Parque Natural de Doñana y Moguer, Huelva) en 2017 (Vales, J.J et al., 2020) o Almonaster la Real (Huelva) de 2020.



Huesa-Quesada, 2015 (9.777 ha)

Las Peñuelas, 2017 (10.344 ha)

Almonaster la Real, 2020 (15.812 ha)

## Información de Muy Alta Resolución para selección de parcelas Verdad Terreno.

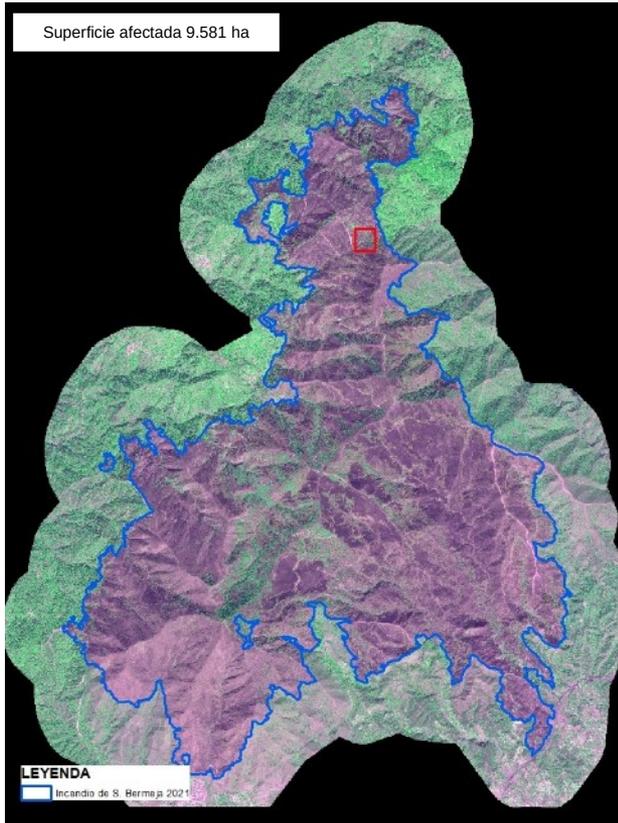


Fig: imagen Pleiades 14/10/2021. Perimetrado a detalle del área recorrida por el fuego  
Junta de Andalucía

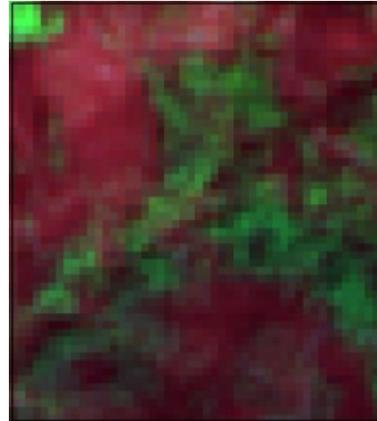
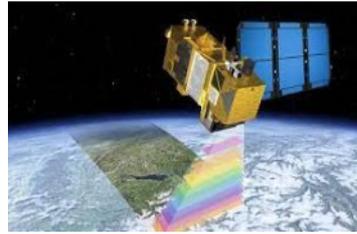
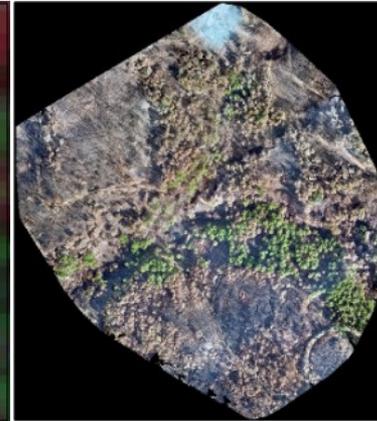


Imagen Sentinel-2  
(18/09/2021) de 10 metros  
de resolución espacial



Ortofotografías Color Natural  
RGB (27/09/2021) de 0,03  
metros de resolución espacial.

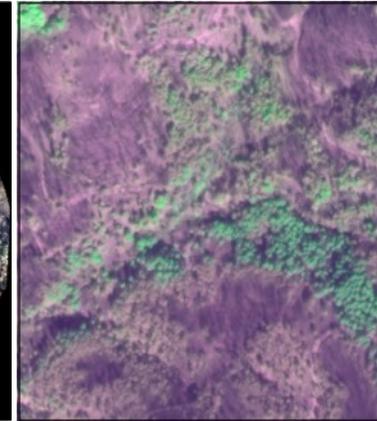
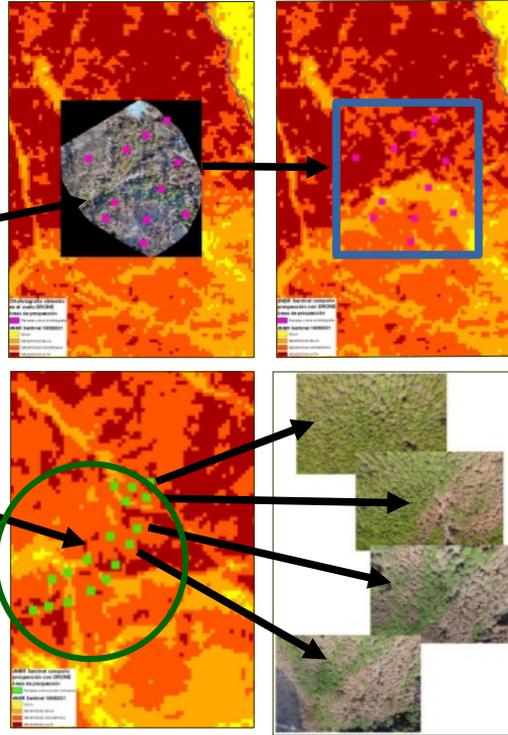
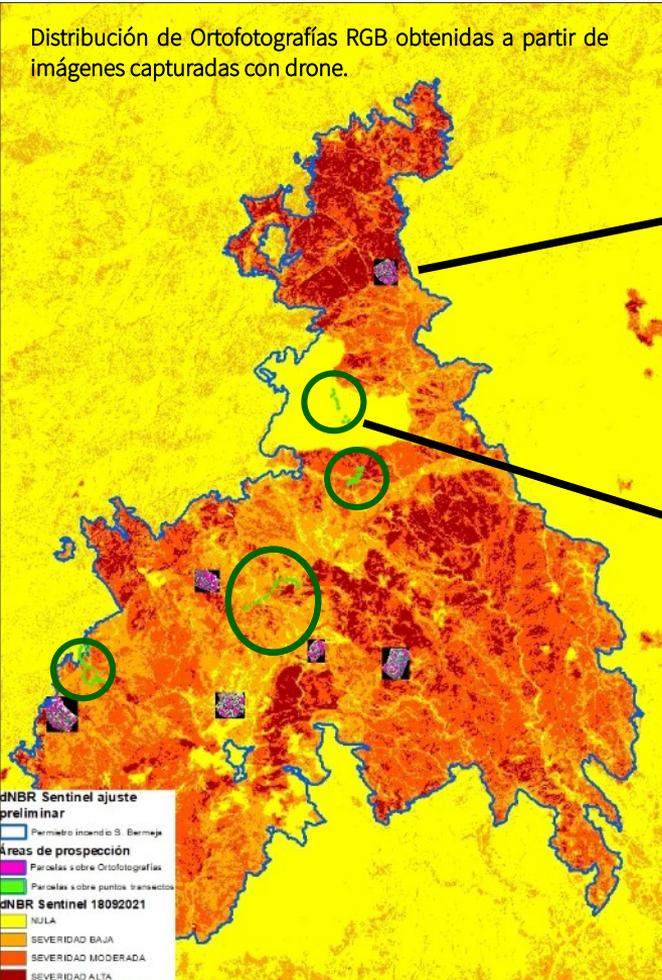


Imagen Pleiades  
(14/10/2021) de 0,50 metros  
de resolución espacial

PLATAFORMAS	RGB	NIR	SWIR
Sentinel-2	10 m	10 m	20 m
Drone	0,03 m		
Pleiades	0,5 m	0,5 m	

## Selección de parcelas Verdad-Terreno a partir de drone.

Distribución de Ortofotografías RGB obtenidas a partir de imágenes capturadas con drone.



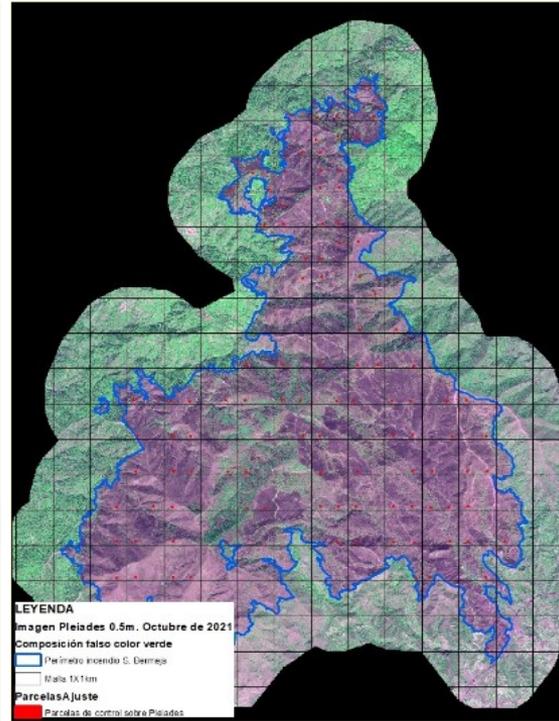
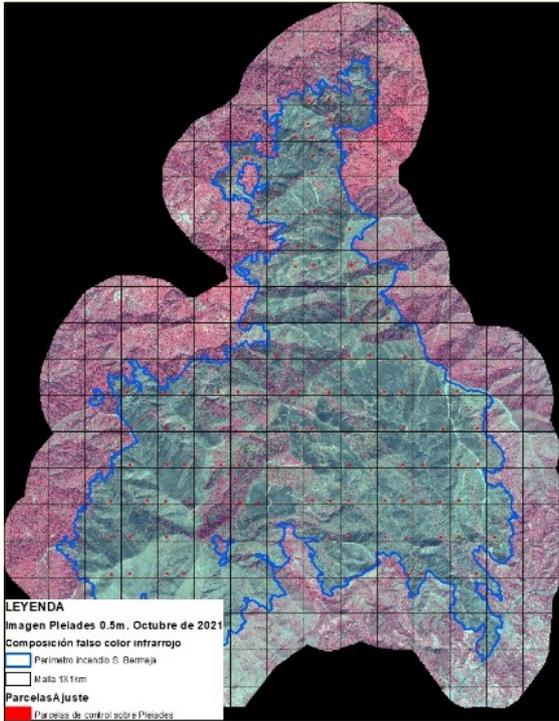
Sistema RPAS de Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.

Operativa	Ruta predefinida (transectos)	Barrido (ortofotografías)
Aeronave	Mavic 2 Enterprise Dual	Dronetools CONDOR
Fabricante	DJI	Dronetools
Performance	Multirrotor cuadricoptero	Multirrotor hexacóptero
Peso máximo al despegue	1.100 g	14.900 g
Autonomía máxima	31 min	70 min
Sensónica	RGB (12 MP)	cámara simple RGB (DJI Zammuse X5 de 16 MP y objetivo 24 mm)
Posicionamiento	GNSS multiconstelación (GPS + GLONASS) e IMU	Triple GNSS redundante y multiconstelación (GPS + GLONASS + BEIDOU + Galileo) e IMU

Se han aplicado dos métodos para la captura, el barrido de zonas para obtención de ámbitos para selección de parcelas sobre 6 Ortofotografías y 4 transectos sobre una ruta predefinida con captura simultanea de fotos.

Con las ortofotografías RGB obtenidas en los vuelos drone, se llevó a cabo en gabinete la selección de 154 parcelas con un tamaño de 2 x 2 pixeles Sentinel-2 (20 x 20 m), procediendo a la asignación visual mediante fotointerpretación de los grados de severidad en la imagen capturada utilizando para ello la recomendaciones indicadas por Montorio Llovería et al. (2014)

## Selección de parcelas Verdad-Terreno a partir de Ortoimágenes Pleiades.



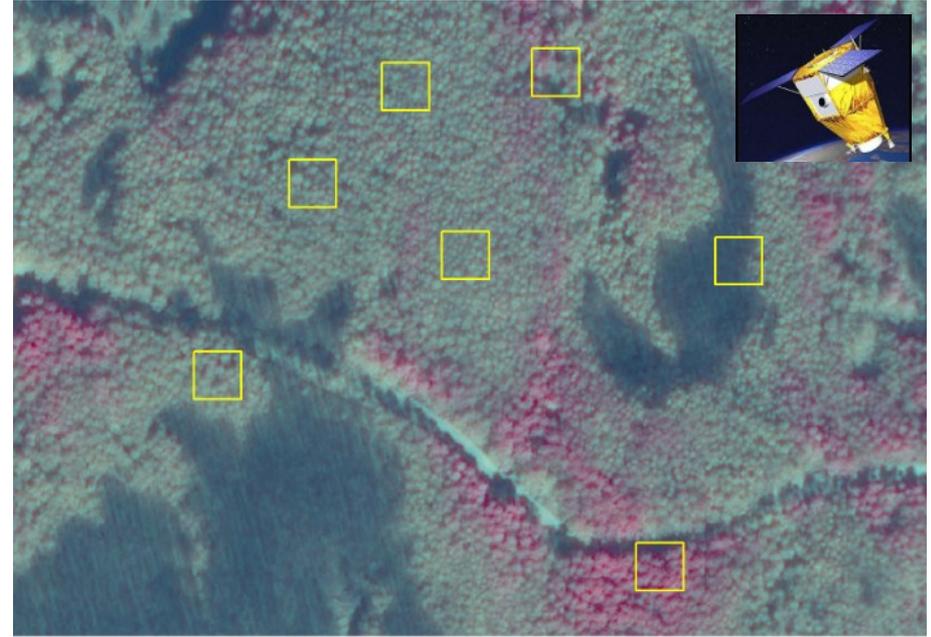
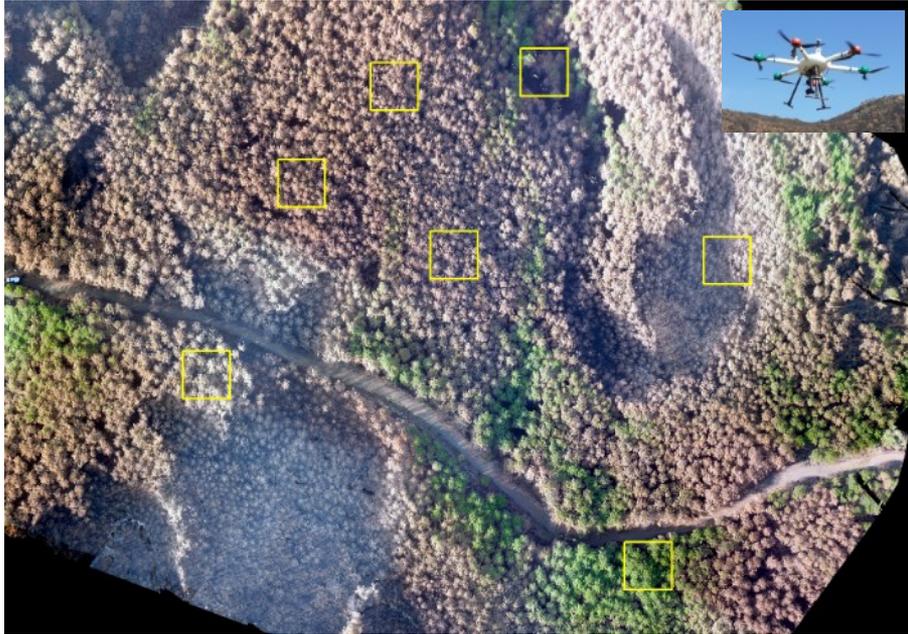
Satélite Pleiades. Airbus Defence & Space

<b>GSD nominal de los productos en el nadir</b>	Panorámico 0.5m
<b>Altura orbital</b>	694km
<b>Tipo de órbita Helio-sincrónica</b>	Con el nodo descendente a las 10:30 AM UTC
<b>Sistema óptico</b>	Telescopio tipo Korsch con un diámetro de apertura 65cm, longitud de focal 12,905m, f/20, óptica TMA
<b>Bandas espectrales</b>	Pan: 0.47-0.83 $\mu\text{m}$ ; Azul = 0.43-0.55 $\mu\text{m}$ , Verde = 0.50-0.62 $\mu\text{m}$ , Rojo = 0.59-0.71 $\mu\text{m}$ , Infrarrojo cercano = 0.74-0.94 $\mu\text{m}$ (NIR)

Con el uso de imágenes de alta resolución Pleiades se pretende dar respuesta a las limitaciones encontradas con el uso de drone referidas a la dificultad radiométrica asociada al momento de captura de las imágenes o una cobertura espacial limitada por la autonomía de vuelo y el acceso a zonas de difícil orografía, haciendo imposible recoger la mayor variabilidad de muestras en la zona. Además se evita el desarrollo de trabajos de campo, realizándose todo el proceso en gabinete.

El muestreo se ha completado con la selección de 275 parcelas distribuidas considerando una malla de 1X1 km diseñada a tal efecto sobre la zona incendiada (según recomendación de Guía de Gestión de Montes Quemados), en las que se recoge toda la variabilidad de niveles de severidad obtenidos preliminarmente.

## Verificación de imágenes de satélite Pleiades como fuente de Verdad-Terreno.



Ejemplos de parcelas de 20x20m seleccionadas sobre Ortofotos a partir de Drone y sobre Ortoimagen Pleiades

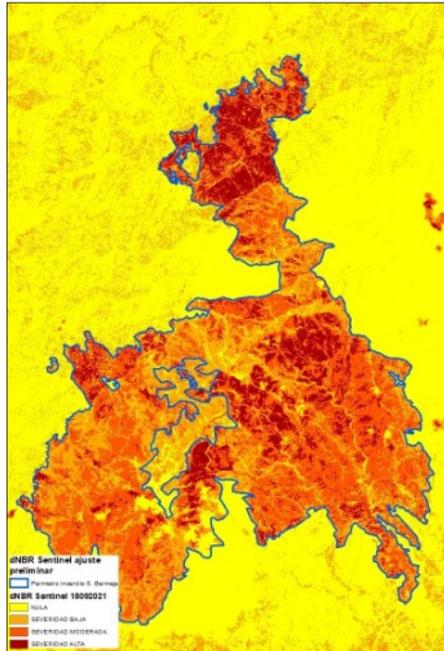
SEVERIDAD		Verdad-Terreno (Muestras Drone)			
		Nula	Baja	Moderada	Alta
Verdad-Terreno (Muestras Pleiades)	Nula	100,00	9,09	0,00	0,00
	Baja	0,00	81,82	3,51	0,00
	Moderada	0,00	9,09	92,98	10,42
	Alta	0,00	0,00	3,51	89,58

La matriz de confusión muestra el grado de concordancia entre ambas asignaciones de severidad de fuego en base a interpretación de expertos (de forma independiente sobre ambas fuentes de información (Ortofotografía drone) y Ortoimagen Pleiades sobre las 154 parcelas comunes a ambos conjuntos de datos..

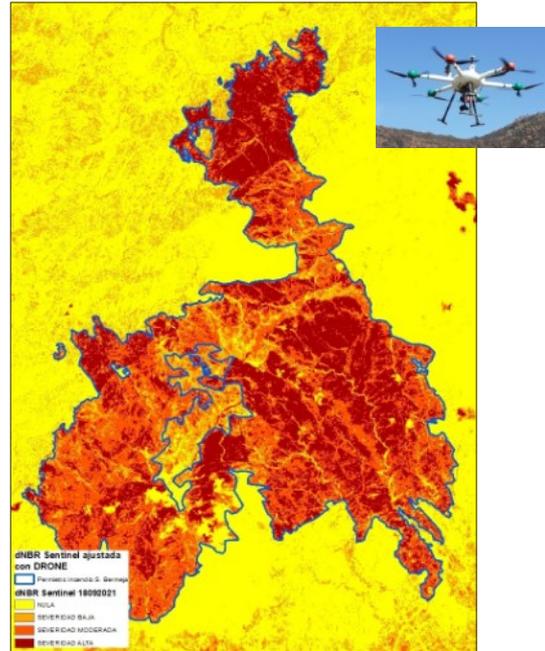
Se observa una exactitud general del 90%, asegurando un alto grado de similitud en la asignación por fotointerpretación de ambas fuentes.

# Ajustes de severidad del fuego.

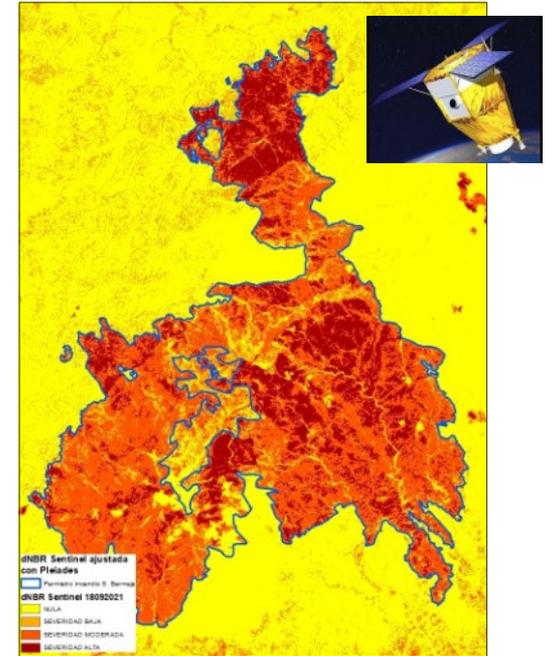
## Ajuste preliminar



## Ajuste con verdad terreno (basado en Drone)



## Ajuste con verdad terreno (basado en Pleiades)

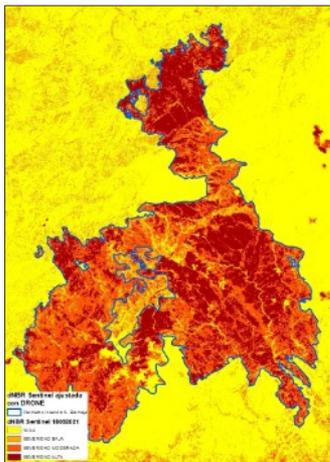


Severidad	Ajuste Preliminar	Ajuste drone	Ajuste Pleiades
	rango dNBR		
<b>Nula</b>	-0,470 - 0,050	-0,470 - 0,048	-0,893 - 0,052
<b>Baja</b>	0,050 - 0,100	0,048 - 0,080	0,052 - 0,080
<b>Moderada</b>	0,100 - 0,150	0,080 - 0,120	0,080 - 0,134
<b>Alta</b>	0,150 - 1,000	0,120 - 1,000	0,134 - 1,000

La información recabada con imágenes de Muy Alta Resolución (drone, satélite Pleiades), analizada parcela a parcela y comparada con los valores de dNBR, ha sido utilizada para el ajuste del Mapa de Severidad, determinándose los umbrales (dNBR) que definen la leyenda de niveles de afección (4 clases: Nula, Baja, Moderada, Alta).

Según experiencias anteriores, los muestreos sobre las imágenes de Muy Alta Resolución ofrecen resultados similares a los muestreos de campo clásicos. [< Volver al índice](#) 11

### 3. Resultados. Comparación de los ajustes con ambas fuentes de Verdad-Terreno.



SEVERIDAD		Asignación dNBR imagen Sentinel-2			
		Nula	Baja	Moderada	Alta
Verdad-Terreno (Muestreo Drone)	Nula	100,00	0,00	0,00	0,00
	Baja	0,00	94,74	0,00	0,00
	Moderada	0,00	5,26	89,66	0,00
	Alta	0,00	0,00	10,34	100,00

#### Ajuste Severidad con Verdad-Terreno basada en imágenes drone.

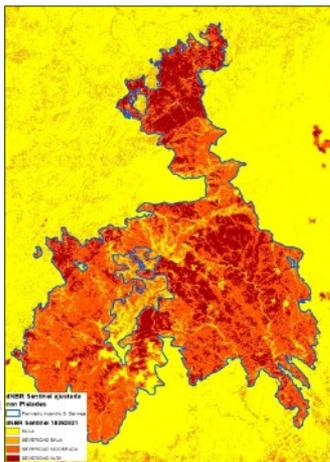
La matriz de confusión muestra el grado de concordancia entre la clasificación previa (dNBR) y los datos medidos en los muestreos de campo a partir de los vuelos drone (referencia verdad-terreno).

**N.º de parcelas de muestreo = 134**

**Exactitud general de 94,29%**

**Coficiente Kappa de 0,92** (por encima de 0,60 se considera un buen resultado)

Se aprecia un menor acierto en las clases de severidad baja y moderada, que como se observa en la tabla, se confunden con las clases posteriores. Los valores resultantes de la matriz de confusión son del 100% para las clases "nula" y "alta", alcanzando un valor de 94,74% para la clase "baja" y 89,66% para la clase "moderada".



SEVERIDAD		Asignación dNBR imagen Sentinel-2			
		Nula	Baja	Moderada	Alta
Verdad-Terreno (Muestreo Pleiades)	Nula	94,74	0,00	0,00	0,00
	Baja	0,00	70,00	0,00	0,00
	Moderada	0,00	26,67	91,43	9,52
	Alta	5,26	3,33	8,57	90,48

#### Ajuste Severidad con Verdad-Terreno basada en imágenes de alta resolución Pleiades.

La matriz de confusión muestra el grado de concordancia entre la clasificación previa (dNBR) y los datos obtenidos del muestreo por fotointerpretación a partir de las imágenes de alta resolución PLEIADES (referencia verdad-terreno).

**N.º de parcelas de muestreo = 275.**

**Exactitud general del 87,58%**

**coeficiente Kappa de 0,82** (por debajo de 0,60 no se considera un buen resultado)

Se aprecia un menor acierto en las clases de severidad baja que como se observa en la tabla, se confunde con las clases posteriores. Aun así, los valores resultantes de la matriz de confusión están por encima del 90,00% para las clases "baja", "moderada" y "alta".

## 4. Discusión.

**Con objeto de mejorar los análisis de afección de Grandes Incendios Forestales de Andalucía se ha procedido a utilizar imágenes de Muy Alta Resolución para obtener Verdad-Terreno:** Dron equipado con cámara RGB e imágenes de alta resolución Pleiades. La información recabada con ambas fuentes, analizada parcela a parcela y comparada con los valores de dNBR, ha sido utilizada para el ajuste del Mapa de Severidad, determinándose los umbrales (dNBR) que definen los 4 niveles de afección.

**El reto es perseguir eficacia y eficiencia en los procesos de respuesta, evitando o reduciendo los trabajos de campo para lo cual se seguirán utilizando estos muestreos Verdad-Terreno.**

**Ambas fuentes** de información ofrecen información de Verdad-Terreno de **similares características** (a pesar de las diferencias en la resolución espacial) permitiendo el ajuste de la cartografía de severidad del fuego ajustada a la realidad.

En el caso de imágenes de satélite de **Pleiades proporciona una mayor representatividad** de zonas dentro del perímetro del incendio e incorporar información para definir un gradiente de severidad más amplio en la calibración, permitiendo obtener unos umbrales de clasificación propios de cada zona sin los costes asociados a un trabajo de campo más intenso. **Con estas imágenes se evita el trabajo de campo y además pueden utilizarse en otras aplicaciones.**

A la vista de los resultados, se considera que **ambas fuentes de información** (drone, satélite de alta resolución) **son útiles** para la selección de parcelas de muestreo (referencia Verdad-Terreno) para el ajuste de severidad, **y potencialmente útiles para otros análisis** como el análisis de la recuperación del entorno afectado. **El uso de una u otra fuente de datos dependerá de las condiciones y características de cada incendio, y de las circunstancias a la hora de abordar los trabajos.**

**Disponer de sistemas RPAS** (drones y sistemas auxiliares) en la propia organización (ya sea mediante medios propios o servicios contratados) **puede considerarse una buena apuesta en favor de la agilidad de los trabajos.**





Evaluación del uso y aplicación de imágenes de satélite y dron para la valoración de daños en áreas quemadas mediante indicadores de severidad del fuego.  
**Incendio forestal Sierra Bermeja (2021)**

# MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN



**Juan José Vales Bravo.**  
*juanj.vales@juntadeandalucia.es*  
Responsable Observación del Territorio.  
Red de Información Ambiental de Andalucía.  
Área de Tecnologías de la Información.  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.

