



# Informe técnico incendio forestal de Tornos 20 de junio de 2022



Vista de cola a cabeza tarde 20 junio. Gadex

Noviembre 2023

Dirección General de Gestión Forestal (D.G.G.F.)

Unidad técnica de Apoyo (U.T.A.)





Este informe técnico quiere dar continuidad a la revisión de los grandes incendios forestales acaecidos en Aragón, continuando el trabajo emprendido en el año 2007 por el Grupo de Apoyo a la Dirección de Extinción GADEX en el análisis de los incendios forestales de mayor relevancia en la Comunidad Autónoma, para reforzar la mejora del conocimiento. Este documento sobre el incendio forestal de Tornos se ha podido elaborar con la colaboración de todos los recursos INFOAR: APNs, Técnicos de Gestión de los Servicios Provinciales, Técnicos de Sección de IIFF, Técnicos de Puesto de Mando Avanzado, GADEX, Coordinación aérea, Directores de Extinción, técnicos MITECO y en especial del personal de Centro Provinciales Operativos.

Desde el convencimiento de la utilidad de documentos de estas características, aún a pesar del esfuerzo que suponen y la imposibilidad de realizarlo, de momento, para todos los incendios, se agradecerán todas aportaciones que sirvan para perfeccionar, corregir o mejorar su contenido técnico, estructura y elaboración. A este respecto, para cualquier detalle que quiera comentar, puede dirigirse a <a href="mailto:gadex.aragon@gmail.com">gadex.aragon@gmail.com</a>, <a href="mailto:tocpma@gmail.com">tocpma@gmail.com</a> o <a href="mailto:incendios@aragon.es">incendios@aragon.es</a>.

Gracias.





## Índice

1.	Intr	oducción	1
2.	Ant	ecedentes – Incendios Tipo en la zona Jiloca-Gallocanta (JLC)	2
3.	Dat	os generales del incendio	5
4.	Met	teorología	11
	4.1.	Condiciones climatológicas en los meses anteriores al incidente	11
	4.2.	Condiciones meteorológicas de los días previos al incendio	12
	4.3.	Condiciones meteorológicas días del episodio	14
	4.3	1. Situación Sinóptica	14
	4.3	2. Temperatura y Humedad	15
	4.3	3. Viento	16
5.	Val	ores de Índice de Peligro de incendios forestales	17
6.	Aná	álisis del comportamiento del fuego	18
	6.1.	Propagación del incendio	18
	6.2.	Descripción del comportamiento del combustible al paso del fuego	22
	6.3.	Influencia de la meteorología en el comportamiento del fuego	27
	6.4.	Influencia de la topografía en el comportamiento del fuego	29
	6.5.	Influencias antrópicas en el comportamiento del fuego	31
7.	Tel	edetección, huellas del fuego, severidad	35
8.	Dat	os de la extinción	37
	8.1.	Infraestructura	37
	8.2.	Cronología de medios	39
	8.3.	Tareas de extinción	43
9.		ciones post-incendio	
10	. Bib	liografía y fuentes	49
	10.1.	Metodología seguida para el cálculo de la severidad de incendio	50
Δr	exo 1	Plano evolución del incendio	52



## 1. Introducción

La Ley nacional 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes en su artículo 6 k) define al incendio forestal como aquel fuego que se extiende sin control sobre combustibles forestales situados en el monte. En las últimas décadas con la modificación del paisaje rural y forestal, la variación de costumbres en la sociedad y el cambio climático entre otros factores, los incendios forestales se han convertido en unas emergencias que causan daños cada vez mayores en propiedades, infraestructuras, en la vida silvestre y el medio ambiente en general. Muestra de ello es el año 2022, el cual está caracterizado por calcinar 20.260 hectáreas solamente en Aragón cuando la media se sitúa en (3.980 ha/año). Siendo un año excepcional superando la superficie quemada como el número de incendios, teniendo más de 100 igniciones de lo esperado.

Este informe tiene como objetivo analizar el incendio forestal del día 20 de junio del año 2022 originado en el término municipal de **Tornos**, clasificado como un gran incendio forestal (GIF) al superar las 500 ha. Fue el segundo de los cuatro GIFs del año 2022 en Aragón, iniciándose cuando el primero (Nonaspe 16 de junio) todavía estaba activo. El informe intenta explicar los aspectos principales de la emergencia, revisando incendios históricos de la zona, la meteorología, los factores de propagación, sus afecciones principales, así como la operativa de la emergencia.

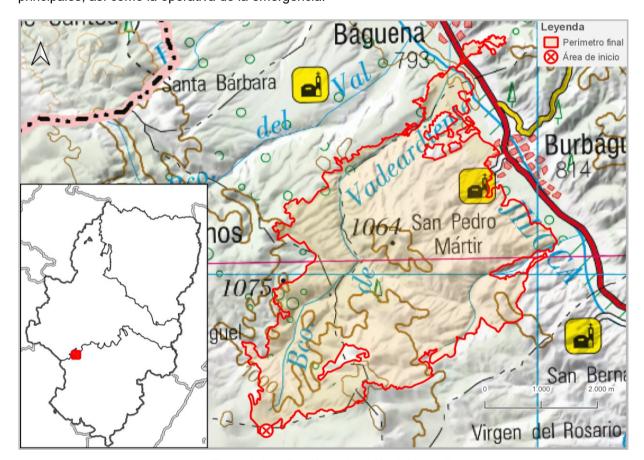


Figura 1: Localización y ubicación del incendio.

El incendio de Tornos es un incendio forestal caracterizado entre otras variables por, tener causa antrópica procedente de las labores de cosecha, así como el **motor de propagación es el fuerte viento**, siendo un incendio de una alta propagación la primera tarde, contenido en menos de 24 horas.





# 2. Antecedentes – Incendios Tipo en la zona Jiloca-Gallocanta (JLC)

Es sabido que el comportamiento del fuego en un incendio forestal está condicionado por la relación de dependencia existente entre meteorología, topografía y combustibles (Aguirre, 2006) entre otros factores.

El departamento de Medio Ambiente y Turismo del Gobierno de Aragón divide Aragón en 26 zonas de meteoalerta. Esta clasificación correlaciona meteorología con el comportamiento de los incendios forestales. La zona correspondiente al incendio forestal de Tornos corresponde a Jiloca-Gallocanta (JLC).

La zona Jiloca-Gallocanta dispone de una superficie forestal de 122.685 ha, lo que representa un 43% de su superficie. De ella, 62.038 ha son arboladas representando un 22% de su superficie. La especie arbórea dominante, de una forma muy notable en la zona, es la encina (*Quercus ilex*), que ocupa como especie principal casi 36.000 ha.

A continuación, se indica el número de incendios y superficie quemada en la zona de Jiloca-Gallocanta durante el periodo 1.967-2.013, tanto en valor absoluto como relativo (respecto al total) según la situación sinóptica (SS) bajo la que se han producido.



Figura 2: Distribución de la Zona de meteoalerta de Jiloca-Gallocanta (JLC).

(Tabla 1). Los datos hacen referencia a incendios con una superficie igual o superior a 50 ha.

Únicamente se tienen datos de incendio en situaciones sinópticas 8, 3 y 1.

Tabla 1: Incendios históricos según clasificación sinóptica (1967-2014). Fuente: Gobierno de Aragón(1) 2015)

JILOCA-GALLOCANTA							
Situación sinóptica Nº % Total inc. Sup. quemada %sup. (ha) total							
1. Situación de masa de aire	2	28,57	173	16,81			
3. Situación SO con difluencia	2	28,57	345	33,53			
8. Situación onda larga NO	3	42,86	511	49,66			

En la Tabla 1 se puede observar que tanto el mayor número de incendios como la mayor superficie quemada corresponden a la situación sinóptica 8 "Situación de onda larga NO". En la situación sinóptica que acaeció esos días, la número 4 Situación del SO sin difluencia, no hay registro histórico de incendios



mayores a 50 ha. Cabe reseñar que la zona de Jiloca Gallocanta **no es una zona con un alto impacto por incendios forestales**, ya que la superficie calcinada en el periodo 1967-2014 es tan solo de 1.029 ha, en 7 incendios. Superficies muy inferiores a la calcinada en el incendio de Tornos. El incendio de este informe va a marcar una gran diferencia en el análisis del comportamiento del fuego con la meteorología sinóptica de la zona.

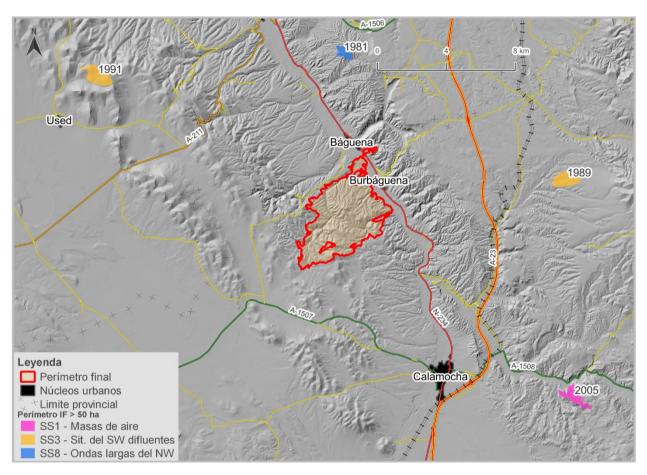


Figura 3: Incendios Forestales Históricos en un radio de 20 Km.

Otro análisis que podemos hacer es analizar los incendios más relevantes de la serie histórica (1967-2020) ubicados en un radio de 20 kilómetros, vemos que tan solo se recogen datos de 4 incendios forestales, pero ninguno de ellos llega a alcanzar la magnitud de GIF. Esto hace que la ocurrencia de este incendio sea una situación anómala.

Uno de los condicionantes circunstanciales, que pudieron convertir el incendio en un GIF fue la simultaneidad de incendios acaecidos esos días en la comunidad autónoma. Otro condicionante directo fueron las condiciones meteorológicas extremas que se dieron en la zona esa tarde, con un fuerte viento que fue el factor determinante.





Tabla 2 Incendios históricos a menos de 20 km del incendio

Denominación	Fecha	Situación sinóptica	Causa	Superficie (ha)
Nombrevilla	11/07/1981	Ondas largas del NW	Desconocida	50
Lagueruela	02/02/1989	Situación del SW difluentes	Quema agrícola	150
Balconchán	21/08/1991	Situación del SW difluentes	Naturales	195
Calamocha	12/03/2005	Masas de aire	Quema agrícola	99,64

Una de las formas de contrastar el potencial de un incendio es mediante las Zonas de Alto Riesgo de incendio forestal (ZAR) definidas mediante la Orden DRS/1521/2017, de 17 de julio, por la que se clasifica el territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón en función del riesgo de incendio forestal.

Como se puede apreciar en la Figura 4, el área inicial del incendio de carácter agrícola está clasificada con un tipo 6, definida como alto peligro y baja Importancia de Protección. La proximidad de los campos de cereal a una masa arbolada identifica el riesgo en esta tipología de zonas 6, siendo este inicio de incendio forestal <u>un claro ejemplo de la rápida propagación del fuego de un cultivo a una masa arbolada</u>. Cabe reseñar la gran zona de Tipo 2 que se encuentra al norte del punto de inicio. Esta zona corresponde con los montes consorciados nº 3041 y 3039.

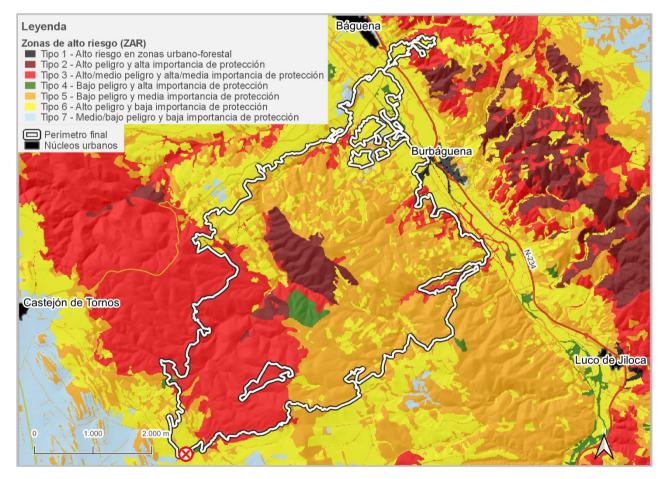


Figura 4: Zonas de alto riesgo de Incendios forestales de Aragón y perímetro del incendio.



## 3. Datos generales del incendio

El día 20 de junio se originó en el término municipal de Tornos, provincia de Teruel, un gran incendio forestal (GIF). Su extensión final afectó además a los términos municipales de **Castejón de Tornos, Báguena y Burbáguena**, calcinando una superficie total de **1.783,68 ha**, en su mayor parte forestal.

 Estado
 Fecha
 Hora

 Detección
 20/06/2022
 15:00

 En extinción
 20/06/2022
 15:54

 Controlado
 21/06/2022
 17:18

 Extinguido
 25/06/2022
 19:50

Tabla 3: Fechas de los estados del incendio

La detección del fuego se realizó desde el puesto fijo de vigilancia del *Alto de la Cruz* a las 15:00 horas. El incendio estuvo activo a lo largo de 5 días, dándose por extinguido el 25 de junio.

Tabla 4: Área de inicio del incendio

Área de inicio	0
40° 58' 29" N ; 1° 23' 36" O	635.171 m; 4.537.195 m USO 30T

La causa apunta a ser antrópica, estableciéndose como origen una cosechadora que se encontraba trabajando en terrenos agrícolas del término municipal de Tornos, en el *Paraje del Villar*, zona agrícola cerealista. La hora de inicio es decisiva en la evolución del incendio, correspondiendo con las horas de máxima insolación, quedando mucha tarde con altas temperaturas y bajas humedades relativas que permitieron rápida propagación del incendio. Al situarnos al final de la primavera, la mayoría de los campos agrícolas de cereal estaban agostados pero en su mayoría sin cosechar (en pleno inicio de la temporada de cosecha), por lo que la velocidad de propagación y la longitud de llama dentro de los campos agrícolas condicionó la rápida propagación del fuego.

#### Descripción meteorológica

En cuanto a la situación meteorológica general, nos encontrábamos desde cinco días anteriores al incendio con una situación sinóptica **suroeste sin difluencia**. Situación que marcó las condiciones meteorológicas el día del episodio, tal y como se indica posteriormente.

#### Superficie afectada

La superficie total del incendio de Tornos ascendió a **1.783,68 ha,** de las cuales el 80,94 % (1.443,74 ha) tienen la condición de forestales. El incendio tuvo una carrera muy rápida durante la tarde del día 20 amparada en las condiciones meteorológicas reinantes, creciendo en las <u>primeras 6 horas a los 30 km de</u>





<u>perímetro</u> y generando casi en su totalidad el área calcina final, dándose por controlado el 21 de junio a las 17:18 horas y por extinguido el día 25 de junio a las 19:50 horas.

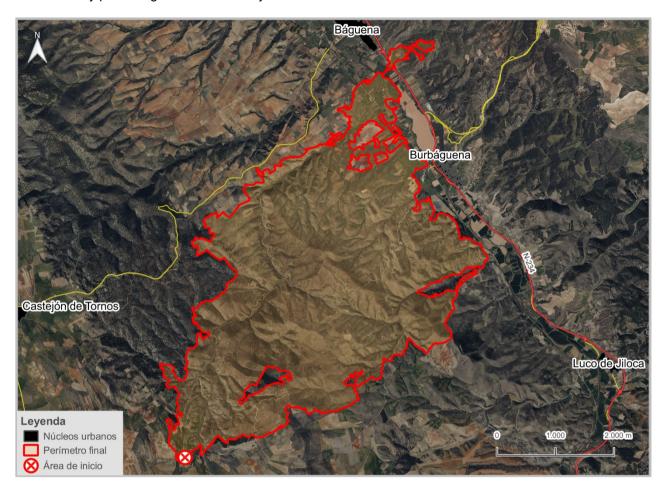


Figura 5: Extensión del Incendio sobre Ortofoto 2023 PNOA máxima actualidad.

Unos de los factores reseñables de este incendio, a pesar de ser una zona en su mayor parte forestal, fueron las <u>afecciones a bienes de carácter no forestal.</u> A las pocas horas de su inicio, debido a la evolución rápida del incendio y su dirección, fue necesario desalojar la residencia geriátrica de Burbáguena, ubicada en la vega del río. Esto, junto a que las condiciones meteorológicas previstas para esa tarde no eran favorables hizo que se activase la **Situación Operativa 2, nivel 2 de Protección Civil** de acuerdo al Plan Especial de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Aragón (PROCINFO).

Tabla 5: Situaciones operativas y niveles de Protección Civil durante el incendio

Situación Operativa	Fecha	Hora
SO 0 Nivel 0 (Detección)	20/06/2022	15:01
SO 2 Nivel 2	20/06/2022	17:42
SO 1 Nivel 1	21/06/2022	20:00
SO 0 Nivel 0	22/06/2022	20:00



El incendio afectó a un total de cuatro términos municipales: Tornos, Castejón de Tornos, Báguena y Burbáguena. Empezó en el término municipal de Tornos, en una zona muy cerca del límite municipal de Castejón de Tornos. Rápidamente se extendió por el municipio de Castejón de Tornos, esto hizo que durante la operativa de extinción se denominara al incendio como Castejón de Tornos. Finalmente, conocida el área de inicio, esta se ubica en el término municipal de Tornos, el cual da nombre al incendio forestal. En cuanto a superficie calcinada el término más afectado, con diferencia, fue Burbáguena, donde calcino más de un 30% de la superficie del término municipal, representando un 68,26% de la superficie del incendio.

Término Municipal	Superficie afectada (ha)	Superficie quemada respecto al IF(%)	Superficie quemada respecto al total (%)
Burbáguena	1.217,62	68,26	31,22%
Báguena	206,87	11,60	8,22%
Castejón de Tornos	352,97	19,79	11,43%
Tornos	6,21	0,35	0,13%

Tabla 6: Términos municipales afectados

El paisaje de la zona es diverso, se diferencia claramente las zonas agrícolas, donde empezó y finalizó el incendio y las zonas forestales, las cuales representan un 80,94% de la superficie quemada según el Mapa Forestal de España (MAGRAMA 2009). Esta zona forestal la dividimos a su vez en dos tipologías. Zona forestal arbolada (33,29%) dentro de la cual se vieron afectados principalmente encinares (*Quercus ilex*), bosques mixtos de frondosas autóctonas, pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*), mezclas de coníferas autóctonas y pinares de pino rodeno (*Pinus pinaster*).



Fotografía 1 Trabajos realizados en zonas agrícolas para detener la propagación del incendio.



Fotografía 2: Día 25, zonas quemadas tras el paso del incendio.





Por último, la zona afectada más grande con 849,88 ha (47,65%) fue zona forestal desarbolada. Esta zona está conformada principalmente por estepa, provenientes de antiguos pastos y cultivos abandonados, un modelo de combustible que genera velocidades de propagación elevadas.

El incendio alcanzo **la vega del río Jiloca**, zona de huertos, campos de frutales y choperas en torno al cauce del río. Este cambio en la estructura en la vegetación, más húmeda y aún gestionada por las poblaciones, **favoreció la contención del incendio**.

Tabla 7: Superficies afectadas por el incendio. Fuente: foto fija del INF3

U	Jso	Superficie (ha)	Superficie (%)
	Forestal arbolado	593,86	33,29%
Forestal	Forestal no arbolado	849,88	47,65%
	Total	1443,74	80,94%
No F	orestal	339,94	19,06%
Т	otal	1783,68	100,0%

El incendio afectó a cinco montes gestionados por el Gobierno de Aragón, con una superficie total de 463,58 ha. De estos cinco montes afectados uno está clasificado como monte de utilidad pública (MUP), mientras los otros cuatro son montes consorciados de titularidad privada. Las superficies afectadas por cada uno se pueden ver en la Tabla 8. Cabe reseñar que en tres de los cuatro montes consorciados la afección fue plena, es decir el incendio afectó a toda su superficie.

Tabla 8 Montes gestionado por el Gobierno de Aragón y su grado de afectación

Matricula	Denominación	Titular	Tipo	Sup (ha)	Sup respecto monte (%)	Sup respecto incendio (%)
44000089	Picazo	Ayto. Castejón de Tornos	MUP	198,81	18,9%	11,1%
44003039	El Gallego	Privado	Consorcio	43,88	100,0%	2,5%
44003040	La Cirujeda	Privado	Consorcio	36,46	100,0%	2,0%
44003041	Los Solanos	Privado	Consorcio	67,85	100,0%	3,8%
44003056	Fuente del Villar	Privado	Consorcio	116,58	86,4%	6,5%
		463,58		26,0%		



El incendio no afectó a ninguna figura de protección de la Red Natura 2000, aunque el punto de inicio del incendio se situó a unos escasos 400 metros al norte de una Zona de Especial Conservación (ZEC) "Montes de la Cuenca del Gallocanta".

También cabe reseñar que el incendio afectó a la zona de ámbito de protección del cangrejo de río ibérico (*Austropotamobius pallipes*). Prácticamente la totalidad de la superficie del incendio afectó a esta figura de protección, pero si la comparamos con su magnitud sólo representa un 0,11 % de esa zona de protección.

Tabla 9: Zonas de ámbito de protección

Zona de protección	Superficie (ha)	Superficie (%) respecto al total del elemento.
Ámbito de Protección del Austropotamobius pallipes	1.747,55	0,11%

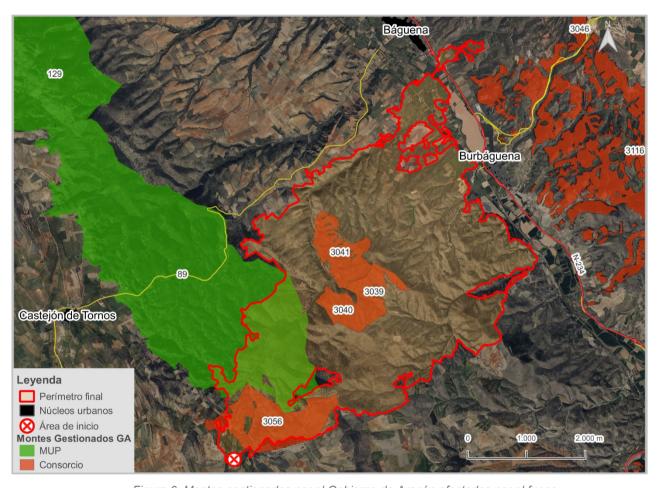


Figura 6: Montes gestionados por el Gobierno de Aragón afectados por el fuego.





#### Movilización de recursos

La movilización de medios de INFOAR y otras agencias participantes en la emergencia, como bomberos de Diputación de Teruel o medios del Ministerio, se vio influenciada por la simultaneidad de incendios forestales en Aragón y en el resto de España, al verse tensionados los operativos de extinción durante varias jornadas seguidas. Aun así la respuesta fue rápida y contundente. En la Tabla 10 se detallan el número de personas y de recursos que actuaron en la emergencia.

Tabla 10: Resumen de medios intervinientes

Recursos Humanos	Número
Técnicos	12
Agentes de Protección de la Naturaleza (APNs)	28
Brigadistas Terrestres	65
Brigadistas Helitransportadas	56
Conductores Autobombas	12
Conductores	2
Maquinista Bulldozer	2
Unidad Militar de Emergencias	48
Tripulaciones aéreas	15
SPEIS Diputación provincial Teruel (DPT)	10
Logística	14
Otros (G. Civil, P. Civil, Voluntarios)	28
Total	292
Recursos	Número
Medios Aéreos (ala fija y rotatoria)	9
Bulldozer	2
Autobombas INFOAR	5
Autobombas UME	6
Autobombas DPT	2
Tractores agrícolas	10
Puesto de Mando y UMAP	2



## 4. Meteorología

Los factores de propagación de un incendio forestal vienen determinados por diversos agentes como la meteorología durante el incendio, la topografía, la tipología de combustible y la incidencia de los factores antrópicos. Entre los factores que marcan la disponibilidad del combustible de un lugar podemos citar la precipitación y meteorología previa y durante el incendio en la zona. En este apartado se repasa como han sido los meses anteriores, la semana previa y los días que se produjo la emergencia.

## 4.1. Condiciones climatológicas en los meses anteriores al incidente

El periodo invernal e inicio de la primavera en la Comarca del Jiloca y limítrofes fue algo más seco que las series históricas. Esto se ve vio agravado sobre todo por la falta de precipitación durante los meses de mayo y junio, **reduciéndose las precipitaciones en torno a un 60** % respecto a la media histórica en esos meses.

Periodo	Estación	Precipitación acumulada	Precipitación Histórica	Diferencia (%)
1/1 - 20/6	Calamocha	170,0	229,7	- 26%
	Montalban	220,4	230,6	- 4,4%
1/5 - 20/6	Calamocha	35,2	84,8	- 58,5%
	Montalban	27,0	66,6	- 59,4%

Tabla 11: Comparativa de precipitación histórica últimos 10 años estaciones

Para este análisis se han escogido las estaciones meteorológicas de Calamocha y Montalbán, puesto que son las más cercanas y representativas de las que disponen una serie histórica de datos para poder realizar las comparaciones.



Fotografía 3: Avance del incendio día 20 al caer la noche, flanco derecho al fondo.





## 4.2. Condiciones meteorológicas de los días previos al incendio

La meteorología de los días previos a un incendio pueden influir en el comportamiento del mismo. Los datos que recogen las condiciones meteorológicas de los días previos al incendio forestal de Tornos provienen de la estación meteorológica de Calamocha. Como dato reseñable se puede ver en la Tabla 12 que las temperaturas tanto máximas como mínimas en la zona son bastante superiores a lo esperado en la época estival. Entre el 11 y el 18 de junio AEMET declaró la primera ola de calor del mes de junio, todavía en primavera, siendo intensa, extensa y extraordinaria, señalada como la de ocurrencia más temprana de la serie histórica.

Fecha	T máx.	T min	Hr máx.	Hr min
16/6/2022	36,4	15,9	63	20
17/6/2022	38,7	16,9	75	15
18/6/2022	37,6	17,8	53	7
19/6/2022	32,1	19,8	43	15
20/6/2022	32,11	11,7	72	15
Mediana mes junio	28,00			30

Tabla 12: Temperatura y humedad relativa máximas y mínimas en Calamocha

Los días anteriores al episodio vienen marcados por temperaturas elevadas y sobre todo por <u>humedades muy bajas</u>. Las dos noches previas al incendio no se dio recuperación nocturna de la vegetación, llegando incluso el día anterior del incendio a una humedad nocturna muy baja (Hmáx 43 %) lo que hizo que los c<u>ombustibles ligeros continuaran disponibles durante un largo periodo</u>.

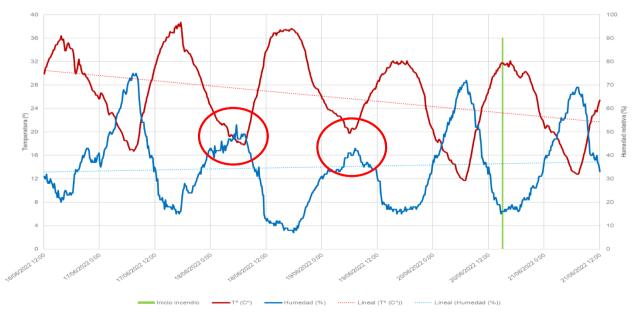


Figura :7 Gráfica temperatura y humedad relativa en Calamocha los días anteriores al incendio.



Las temperaturas y humedades relativas, de los 10 días previos al incendio están muy por encima de la mediana habitual en la serie 2010-2021 para el mes de junio en la zona del Jiloca. Llegando a registrarse los 5 días previos al incendio (del 16 al 20 junio) humedades relativas mínimas incluso del 7 % (siendo la mediana 30%), o temperaturas registradas de 38,7° C (siendo la mediana 28°C) lo que nos sitúa en el escenario más extremo de Temperatura máxima y Humedad relativa mínima en la serie 2010-2021.

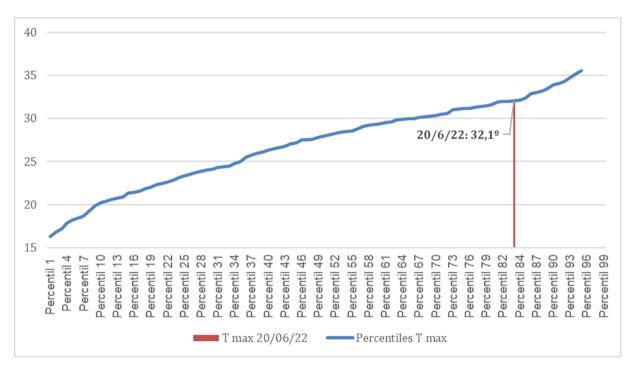


Figura 8: Percentiles temperatura máxima Calamocha en el mes de junio 2010-2021

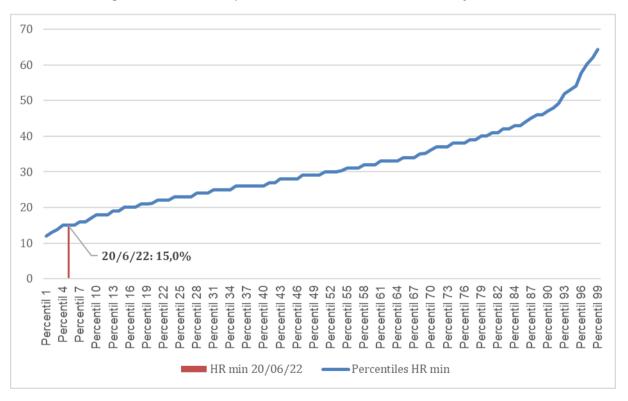


Figura 9: Percentiles Humedad Relativa mínima Calamocha en el mes de junio 2010-2021





## 4.3. Condiciones meteorológicas días del episodio

### 4.3.1. Situación Sinóptica

La situación sinóptica para los días en los que sucedió el incendio forestal se encuentra definida como **Suroeste sin difluencia**. Esta se mantuvo constante en Aragón desde el día 19 hasta el día 25 de junio.

Con esta situación sinóptica se puede esperar en superficie, gran recorrido del viento "terral" o "fagüeño", con humedades relativas bajas y que no se recuperan en horas nocturnas cuando la situación es mantenida en el tiempo (Gobierno de Aragón (1), 2015).

En cuanto a condiciones meteorológicas la situación sinóptica de Suroeste sin difluencia nos genera en la zona vientos dominantes con componente Suroeste muy marcado, con un módulo de 27,5 km/h en su percentil 90. La temperatura máxima esperada en la zona de meteoalerta es de 25,8-33,4°.

Se pueden esperar incendios guiados por el viento apoyados por la topografía, donde con el combustible suficientemente disponible podrían existir comportamientos de tipo convectivo, especialmente en las ubicaciones más cálidas y secas, (Gobierno de Aragón (1), 2015).

El incendio de Tornos por tanto <u>se ajustó bastante a los parámetros arriba expuestos de una situación típica</u> <u>de suroeste sin difluencia</u>, con viento de componente SW alto, continuo y marcado, temperaturas moderadamente elevadas y sin recuperación de la humedad nocturna.



Fotografía 4: Columna tumbada en cola desde Mike 2.



#### 4.3.2. Temperatura y Humedad

El incendio, tanto meteorológicamente como por su comportamiento (debido al viento) se ha clasificado en dos periodos. Una primera tarde, donde tuvo un comportamiento vertiginoso y el resto del periodo donde el incendio se contuvo con facilidad. Esta estructuración es clave para comprender como se comportó en incendio forestal y como se realizaron las labores de contención por parte de los intervinientes.

La primera tarde, desde que se detectó el incendio sobre la 15:00 h del día 20 de junio, las condiciones de los combustibles estaban muy condicionadas por la sequía acumulada y meteorología de los días previos. La humedad relativa por debajo del 20 %, sin recuperación nocturna en las 48 horas previas, Temperaturas de 32 ° C y viento fuerte de SW, favorecieron la rápida propagación del incendio forestal.

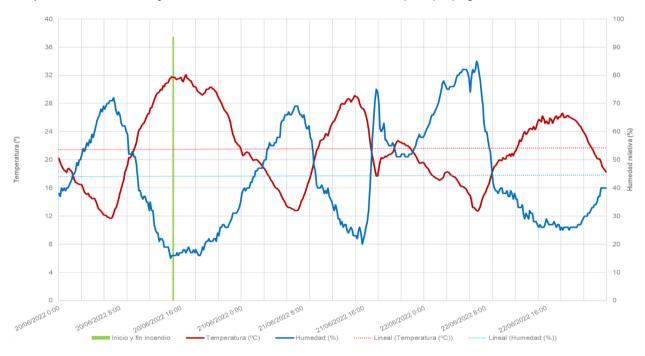


Figura 10: Gráfica temperatura y humedad relativa en Calamocha los días del incendio

Por el contrario, con <u>la llegada de la noche del día 20 de junio se observa el cambio de tendencia en humedad y temperaturas</u>, con una recuperación de ambas, que incluso se vio reforzada con una pequeña precipitación (0,8 l/m²) a primera hora de la tarde del día 21 de junio, favoreciendo los trabajos de contención del incendio.

Tabla 13: Temperatura y humedad relativa máximas y mínimas en Calamocha durante los días del incendio

Fecha	T máx. (cº)	T min (c°)	Hr máx. (%)	Hr min (%)
20/06/2022	32,11	11,7	72	15
21/06/2022	28,9	12,8	75	20
22/06/2022	26,6	12,7	85	23
23/06/2022	25,7	11,6	68	29
Mediana Junio	28,00			30





#### 4.3.3. Viento

El viento fue **el factor determinante en la evolución de este incendio**. Como se puede observar en la gráfica, durante la tarde del día 20 se observó un fuerte viento del **Suroeste**, con una velocidad <u>media entre 20 y 33 km/h, con rachas de hasta 60 km/h</u>. Este factor fue clave en la evolución tan frenética del incendio durante las 6 primeras horas posteriores al inicio del incendio, siendo el viento del Suroeste el principal motor del incendio forestal.

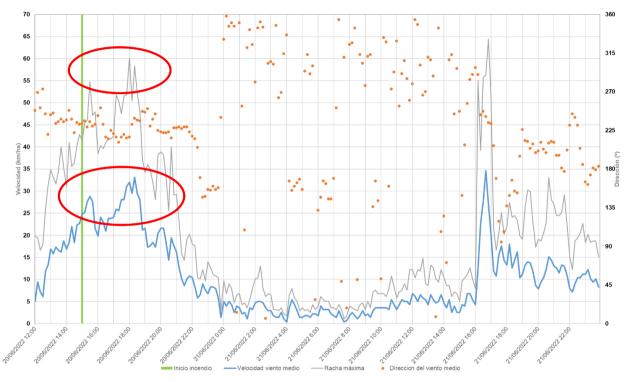


Figura 11: Velocidad y dirección del viento medio observados en Calamocha para los días 20, 21 de junio.

A partir de las 20:00 del día 20 la velocidad del viento comienza a disminuir progresivamente, situándose en valores por debajo de los 10 km/h durante toda la noche y las primeras horas del día 21. Esta disminución de la intensidad del viento fue decisiva tanto en la evolución del incendio como en las labores de contención. El día 21 hubo un repunte en la fuerza del viento sobre las cuatro de la tarde, pero este no generó ninguna reactivación del perímetro, al estar ya contenido.



Fotografía 5: Columna de humo tumbada por el viento. Foto tomada a la llegada del Director Técnico Extinción.



# 5. Valores de Índice de Peligro de incendios forestales

El día del siniestro coincidieron varios factores meteorológicos que provocaron la rápida dispersión

del fuego. Está potencialidad ya venía marcada por la publicación del Nivel de Alerta de Incendios Forestales (NAPIF) que elaboró y difundió la Dirección General de Medio de Medio Natural y Gestión Forestal del Gobierno de Aragón para el día en concreto. Para la zona del siniestro, Jiloca-Gallocanta, se le asignó el mayor nivel de Riesgo posible, el nivel de Alerta Roja, el cual era para el año 2022 el mayor Nivel de riesgo.

Más en detalle el NAPIF nos indicó que la disponibilidad del combustible muerto fino era muy alta, los combustibles muertos medios estaban totalmente disponibles, y los gruesos no alcanzaban los valores de riesgo.

La atmósfera se encontraba seca o muy seca e inestable, con alto riesgo de propagación convectiva. Además, en el día anterior se ocasionaron 8 incendios, en su mayoría de escasa entidad. Pero cabe destacar que continuaba activo uno de los grandes incendios del año 2022, el incendio de Nonaspe del día 16 de junio, en el cual se quemaron 2036.22 ha.

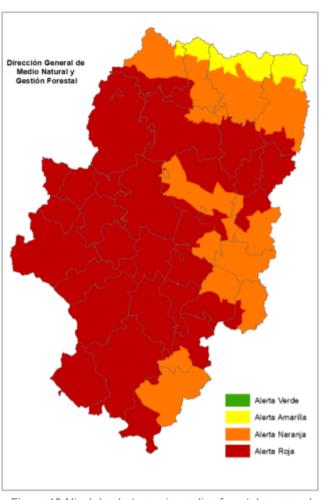
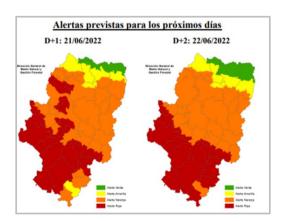


Figura 12 Nivel de alerta por incendios forestales para el

Las predicciones para los días posteriores, mejoraron la situación actual a nivel de comunidad autónoma, pero se mantenían en los niveles más alto en la zona de meteoalerta.







## 6. Análisis del comportamiento del fuego

## 6.1. Propagación del incendio.

Según el factor predominante en la propagación de un incendio, podemos hablar de incendios que se propagan por la topografía, el viento, o la convección (Castellnou et al., 2009). Estos factores no actúan solos, sino que en conjunto marcan el avance del fuego. A lo largo de la evolución del incendio podemos encontrar diferentes factores predominantes de propagación.

El incendio de Tornos tiene como **motor principal de propagación el viento**, predominando sobre el factor topográfico. La disponibilidad y tipología de los combustibles, las altas temperaturas diurnas, las bajas humedades nocturnas, junto con las rachas de viento descritas con anterioridad, fueron entre otros, los factores determinantes para la rápida expansión del incendio.

Podemos estructuras las fases de propagación en:

- Primera etapa. Una primera etapa inicial dominada por el fuerte viento y la rápida propagación del incendio, en la que se quemó más del 50% de la superficie total del incendio llegando hasta las cercanías de los núcleos de población.
- Segunda etapa. En la que se produce el salto de fuego sobre la carretera N-234. El factor dominante sigue siendo el viento, pero la extinción se ve condicionada por la cercanía a bienes y personas y al salto de la carretera nacional.
- Tercera etapa. Desde la caída de la noche del día 20 de junio hasta su control. Con la bajada del módulo del viento y las temperaturas nocturnas el incendio cayó y se pudo contener.

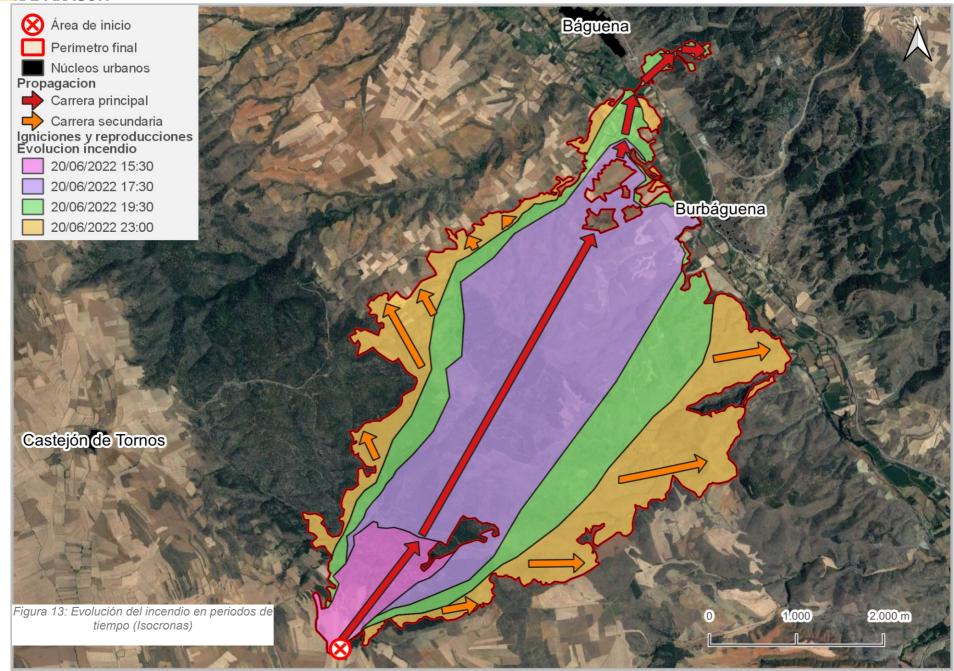


Fotografía 6: Primera etapa de evolución día 20. Fuente: Mike 2.

Otro de los <u>condicionantes en la propagación del incendio forestal de Tornos fue el río Jiloca y las infraestructuras humanas</u> mantenidas, huertos, campos, acequias. etc.











El cálculo de la evolución del incendio (isocronas) se ha llevado a cabo con un minucioso estudio de las fotografías y videos georreferenciados, ubicación de medios, testimonios de intervinientes e imágenes satelitales.

Como se puede ver en las isocronas y en el perímetro, el incendio propaga <u>fuera de control y con unas velocidades elevadas</u> hasta que choca de frente contra la vega del río Jiloca, donde a parte de la diferencia de temperatura, humedad y vegetación por el propio río, la modificación paisajística creada por las poblaciones limítrofes (huertos, vía verde, barbechos, caminos) construyen un mosaico no combustible difícil de atravesar por el fuego, <u>disminuyendo el avance del incendio y generando una oportunidad de</u> contención para los recursos de extinción.

A pesar de todo lo anterior, en la cabeza flanco izquierdo, el fuego <u>pudo sobrepasar la N-234</u>, por debajo de una alcantarilla (Fotografía 7), aunque finalmente se logró su contención.



Fotografía 7: Segunda etapa día 20, el incendio salta la Nacional N-234.

Las mayores carreras que genera el incendio son en su primera etapa, impulsadas por las rachas más fuertes de viento, llegando a una <u>propagación lineal de hasta 56,83 m/min</u>. La velocidad media de propagación del incendio, desde el inicio (día 20 a las 15:00) hasta que se da por controlado (el día 21) es de 17,70 m/min y 222,87 ha/h. En los tramos más agresivos del incendio la tasa de crecimiento llegó hasta las **396 ha/hora**, cubriendo una distancia de 6 km en dos horas y media.

Τá	abla 14:	Tramos	de la	a evolución	de	incendio.	superficie	calcinada	v ratios	de dispers	ión 1	v avance.

Etapa	Fecha	Tramo (min)	Sup en tramo (ha)	Sup acumulada (ha)	Carrera máxima (m)	V media carrera máxima (m/min)	Tasa de crecimiento (ha/hora)
	20/06/2022 15:00	00	0	0	0	0	0
Etapa 1	20/06/2022 15:30	30	108	108	1.705	56,83	216,00
	20/06/2022 17:30	120	792	900	5.200	43,33	396,00
Etapa 2	20/06/2022 19:30	120	407	1.307	1.590	13,25	203,50
Etapa 3	20/06/2022 23:00	210	476	1.783	1.495	7,11	136,00
	Media	480		1.783	8.495	17,70	222,87





La velocidad de propagación máxima del incendio de Tornos es muy parecida a la del incendio Calcena 2012, aunque inferior a las velocidades de los otros dos grandes incendios de Aragón (Luna 2015 y Zuera 2008). Respecto a la tasa de crecimiento máxima es (396 ha/h), muy inferior a los incendios mencionados anteriormente de Luna, Zuera y Calcena, pero superior a la del incendio de Perdiguera 2019 (Gobierno de Aragón, 2019). La diferencia y similitudes en las tasas de propagación y tasas de crecimiento se debe a que en el incendio de Tornos no hubo columna convectiva predominante, como en los incendios de Luna, Zuera o Calcena. La velocidad de propagación fue alta debido al fuerte viento que tumbaba la columna del incendio, que pudo transportar pavesa acelerando la dispersión en una zona de topografía descendente.

Tabla 15: Tabla resumen tasas de propagación incendios de Aragón

Incendio	Fecha	Superficie quemada (ha)	V media carrera máxima	Tasa de crecimiento máxima
Luna	04/07/2015	13.889 ha	83,3 m/min	2.000 ha/h
Zuera	05/08/2008	2.513,60 ha	118 m/min	1.934,4 ha/h
Calcena	27/08/2012	4.674,11 ha	56,70 m/min	1.408,8 ha/h
Perdiguera	23/07/2019	868,55 ha	18,83 m/min	130 ha/h





# 6.2. Descripción del comportamiento del combustible al paso del fuego

Para comprender el comportamiento de un eventual incendio se hace imprescindible un amplio conocimiento de los combustibles existentes. Para poder sintetizar esta información, los combustibles se agrupan en "modelos", definidos como "la caracterización de la vegetación bajo las pautas del comportamiento de la misma ante el fuego" (Rothermel, 1972).

En el año 2015 Aragón crea y caracteriza su propia clasificación (Gobierno de Aragón (2) 2015), consistente en 21 modelos de combustible, agrupados en las categorías forestal, agrícola e incombustible. En la siguiente imagen se puede observar los distintos modelos de combustibles dentro de la zona del incendio.

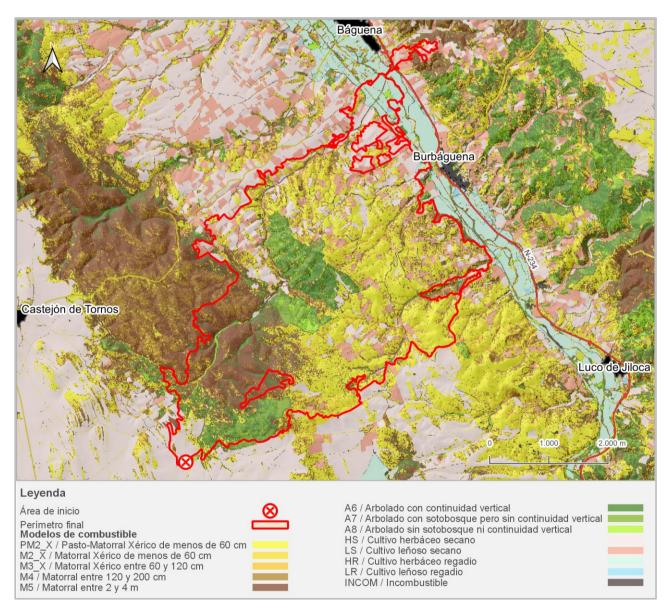


Figura 14: Modelos de combustible afectados por el incendio.

Más de la mitad de la superficie afectada corresponde a zonas de arbustos matorrales y zona agrícola, existiendo bastante dispersión en cuanto a los modelos de combustible.





Tabla 16: Superficie afectada por modelo de combustible

	Superficie (ha)	Superficie (%)	
Pasto matorral	PM2_X-Pasto-Matorral Xérico de menos de 60 cm	547,81	30,71%
Matorrales bajos	M2_X-Matorral Xérico de menos de 60 cm	12,86	0,72%
(85,29 ha; 4,78%)	M3_X-Matorral Xérico entre 60 y 120 cm	72,43	4,06%
Arbustos y	M4-Matorral entre 120 y 200 cm	205,82	11,54%
matorrales altos (492,56 ha; 27,62%)	M5-Matorral entre 2 y 4 m	286,74	16,08%
	A6-Arbolado con continuidad vertical	154,40	8,66%
Arbolado (263,67 ha; 14,79%)	A7-Arbolado con sotobosque pero sin continuidad vertical	90,23	5,06%
	A8-Arbolado sin sotobosque ni continuidad vertical	19,04	1,07%
Agrícola (371,01 ha; 20,80%)	HS-Cultivo herbáceo secano	201,36	11,29%
	LS-Cultivo leñoso secano	141,84	7,95%
	HR-Cultivo herbáceo regadío	25,82	1,45%
	LR-Cultivo leñoso regadío	1,99	0,11%
Incombustible	INCOM- Incombustible	23,47	1,32%

El modelo de combustible más afectado fue el **Pasto-Matorral Xérico de menos de 60 cm con una totalidad de 547,81 ha (30,71%)**. Modelo que representa la zona esteparia formada por vegetación herbácea anual. Otros modelos muy presentes en el incendio fueron el M4 y M5, correspondido a matorrales altos, las superficies fueron 205,82 y 286,74 ha respectivamente (un total de 27,62%).

El Modelo M5 es el más desfavorable en cuanto a carga de combustible y capacidad de extinción. Gracias a su continuidad vertical y horizontal, así como a la distribución de cargas, el fuego corre por igual por todos los estratos, pero especialmente en los combustibles más gruesos. Tiene la más elevada ignitabilidad de todos los modelos, por la elevada carga de combustible fino muerto presente, y los combustibles medios y gruesos lo dotan de elevada combustibilidad. Con vientos moderados, en torno a 15 km/h, ya entraría fuera de capacidad de extinción. Este modelo en el incendio de Tornos está formado principalmente por encinares (*Quercus ilex*) que no sobrepasan los 4 metros de altura.







Fotografía 8: M5/Matorral entre 2 y 4 metros tras el paso del fuego.

El Modelo PM 2 - X / Pasto-Matorral Xérico tiene el condicionante de que la peligrosidad aumenta en estos modelos de combustible, pues una mayor distribución de cargas favorece mayores velocidades de propagación y longitudes de llama. Para vientos de 15 km/h la velocidad de propagación se espera de 7 m/min, con llamas que apenas superan el metro y medio; siendo los valores para vientos de 30 km/h de 20 m/min de velocidad de propagación y de casi 3 metros de longitud de llama (límite de capacidad de extinción). El calor por unidad de área de este combustible alcanza valores de 7.000 kJ/m² superiores al de los modelos M2.



Fotografía 9: PM 2 \_X Pasto matorral xérico de menos de 60 cm.





Este modelo está formado principalmente por aliaga (*Genista scorpius*), jara blanca (*Cistus albidus*), lastonar (*Brachypodium retusum*) y gran variedad de *Helianthemum sp, Thymus sp*. Estas especies constituyen modelos peligrosos con viento por la elevada velocidad de propagación y por tener una intensidad al límite de la capacidad de extinción, sólo abordable si hay accesos suficientes.



Fotografía 10: PM2\_X Pasto-matorral xérico de menos de 60 cm. Flanco derecho.



Fotografía 11: A6/ Arbolado con continuidad vertical.

En cuanto al arbolado que nos encontramos correspondiente al modelo de combustible A8. Combustible bajo arbolado, sin continuidad con dosel de copas. Es el modelo más favorable en cuanto a comportamiento del fuego, es este incendio nos lo encontramos en el monte de utilidad pública, nº 3040





denominado La Cirujeda. También encontramos modelos de combustibles correspondientes a los modelos A6 combustible bajo arbolado con continuidad y A7 combustible bajo arbolado de sotobosque, pero sin continuidad. Estos están formados por un 15,16% encina (*Quercus ilex*), 0,92% roble (*Quercus faginea*), 20% pino laricio (*Pinus nigra*), 21,94% pino rodeno (*Pinus pinaster*) y 41,98% pino carrasco (*Pinus halepensis*) según el parte de incendio forestal.

#### Modificación de los combustibles

La diferente gestión de los montes y terrenos agrícolas a lo largo de las décadas también ha provocado una modificación del mosaico de vegetación sobre el terreno y de tipologías de combustibles. La propia inercia de las masas o nuestra injerencia llevan a estos cambios. En la zona del incendio el bosque de carrasca se expandió y las repoblaciones de pino en consorciados aparecieron. Además en la zona del incendio se han ido abandonando paulatinamente zonas pastos y tierras de labor no mecanizarles.(Figura 15)

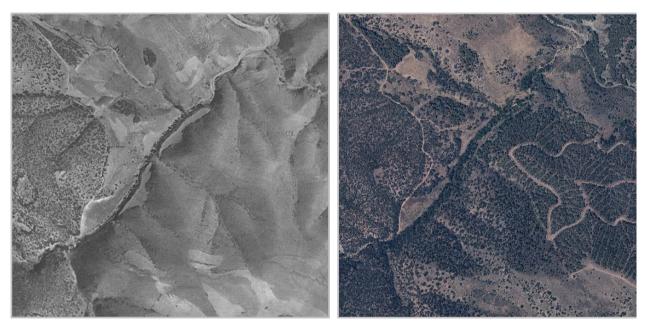


Figura 15: Comparativa ortofotos vuelo americano 1956 y PNOA 2018 en la zona del incendio.





# 6.3. Influencia de la meteorología en el comportamiento del fuego

Como se ha indicado anteriormente las condiciones climáticas y meteorológicas son factores clave para la propagación de los incendios. En este caso, la falta de precipitación de los meses anteriores afectó negativamente a la humedad de los combustibles vivos, así como las altas temperaturas y bajas humedades de los días anteriores predispusieron a los combustibles.

Además tenemos que añadir que el día del inicio del incendio el **módulo de viento era muy elevado, en torno a los 30 km/h alcanzando rachas de 60 km/h,** lo que hizo que el incendio corriese a gran velocidad llegando a quemar la totalidad de la zona esa misma tarde, generando una gran carrera central. **Al llegar la noche el viento descendió muy significativamente**, haciendo que la propagación del incendio se detuviera y pudiera ser controlado durante las siguientes horas.

Por esto, podemos afirmar que este incendio forestal, y el resto que sucederían a lo largo del verano de 2022 en Aragón, se vieron condicionados por la sequía de los meses anteriores y por la meteorología extrema en la que sucedieron, en este caso un viento de SW desecante que focalizó el incendio.

Los radiosondeos obtenidos del NOOA muestran una inestabilidad atmosférica a la hora de inicio del incendio. La columna de humo pudo llegar con facilidad a los 2750 msnm y existiendo la posibilidad de convertirse en incendio convectivo al llegar la tarde, pero el fuerte viento predominó teniendo la columna muy tumbada y no creciendo en altura. No hubo cambio de viento, siempre suroeste con módulos de 16 nudos (30 km/h), con rachas de 50-55 km/h. Las gráficas muestran cuál era el comportamiento atmosférico una hora antes de producirse el incendio, la primera muestra se toma a las 14:00 horas locales.

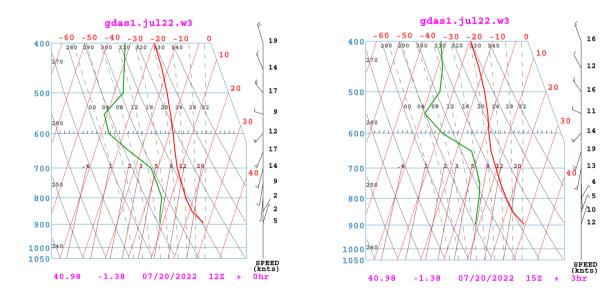
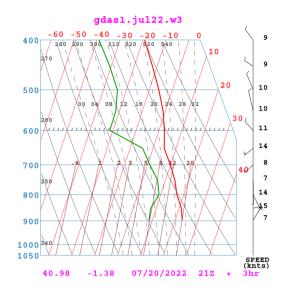


Figura 16: Radiosondeo de la primera tarde del incendio. Fuente NOAA.

En la noche se produce un descenso en la intensidad de viento llegando a los 6-7 km/h.







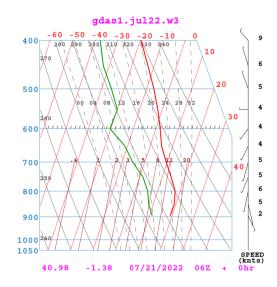


Figura 17: Radiosondeo de la primera noche del incendio. Fuente NOAA.

Estos factores son los que hicieron que el incendio se comportase de forma muy incisiva durante el día y se adormeciera durante la noche llegando a estabilizarse.



Fotografía 12: Situación del Incendio el día 20 a las 22:00 horas. Vista de cabeza y flanco derecho al fondo.

La afección de esta meteorología agravada durante esa semana se manifestó provocando incendios forestales por todo Aragón en esos días, llegando <u>a tensionar el sistema de extinción con simultaneidad</u>, siendo el primero de los ciclos de incendios que asoló el verano de 2022.

- Rueda de Jalón. 25 ha, 14 junio
- Sierra de Luna. 44 ha, 14 junio
- Valderrobres. 16 ha, 15 junio
- Nonaspe. 2.036.22 ha, 16 junio
- Castelserás. 43 ha, 18 junio
- Pradilla. 55 ha día, 18 junio





# 6.4. Influencia de la topografía en el comportamiento del fuego

En la zona incendiada los rangos de altitud varían de 795 a 1150 metros sobre el nivel del mar, siendo la altitud media de la zona de 944 metros. La orografía de la zona es de media montaña, caracterizándose por ser ondulada, pero con presencia de barrancos profundos. En cuanto a la orientación, el territorio está casi dividido en su totalidad en umbrías y solanas, siendo algo más abundantes las zonas de umbría (en torno a un 56%).

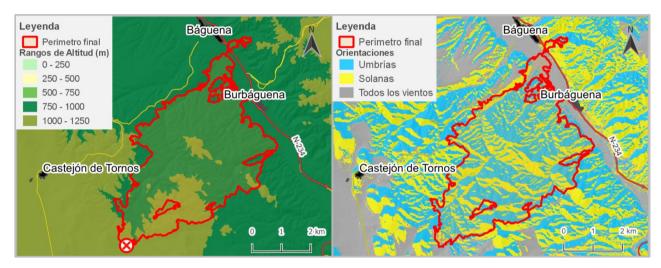


Figura 18: Rangos de altitud y de orientaciones.

La <u>dispersión general del incendio fue en descendente</u>, debido a que el fuerte viento era el motor principal de propagación y predominaba sobre la topografía y la orientación.

El efecto de la pendiente pudo ayudar a la rápida dispersión por el viento, ya que las pavesas alcanzarían mayor longitud en terrenos descendentes.



Figura 19: Detalle de la orografía de la zona del incendio.





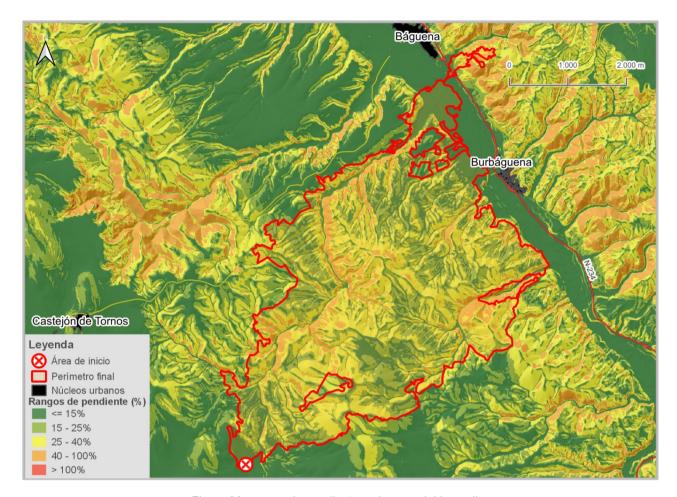


Figura 20: rangos de pendiente en la zona del incendio.

En cuanto a la pendiente, en la mayor parte de la superficie se observan pendientes inferiores al 40%, siendo la pendiente media de la zona del 24,70%. Las zonas más llanas corresponden generalmente con las áreas de cultivo. Mientras que las zonas más escarpadas están ubicadas en zonas de barrancos, producidos por la tipología de suelos. El más reseñable es la rambla de Valdeardiente que se sitúa al norte del incendio y que lo vertebra de sur a norte.





# 6.5. Influencias antrópicas en el comportamiento del fuego

El incendio de Tornos estuvo marcado por la interacción entre la zona forestal, la zona agrícola, la vega del río Jiloca, las infraestructuras, los núcleos urbanos y la localización de la emergencia.

#### Interfaz agrícola-forestal

La constante interacción de campos agrícolas, trabajados o abandonados, con terrenos forestales en Aragón y concretamente en la zona de Jiloca-Gallocanta, es un punto a tener en cuenta en la propagación de los incendios forestales o en la contención de estos. Los incendios achacados a labores con fines agrícolas (quemas o uso de maquinaria) en Aragón suponen un 39 % en la serie 2005-2020 sobre las causas totales, lo que sumado a la predisposición del combustible vegetal fino o medio de los terrenos agrícolas hace su fácil propagación y una dispersión al monte más cercano, iniciando un incendio forestal, que acaba afectando a bienes y personas. Ejemplos de este tipo de incendios vividos en años anteriores son *Peralta de Calasanz 2006* (1.435 ha), *Sos del Rey Católico 2010* (795 ha), *Montanuy 2012* (2.730 ha), *Luna 2015* (7.160 ha) y *Villanueva de Huerva 2019* (207 ha), entre los de mayor envergadura.



Fotografía 13: Zona de cola-flanco izquierdo, cereal sin cosechar limítrofe con el monte.

El incendio de Tornos <u>es otro claro ejemplo de esta tipología de incendio</u>, al **iniciarse en un campo agrícola**, **continuar por el monte y acabando afectando a bienes y personas**. Comenzó en una zona agrícola, donde la disponibilidad del cereal sin cosechar y el viento, se propagó al monte lindante, continuó su expansión por la zona de matorral y arbolada hasta que chocó contra la vega e infraestructuras humanas que permitieron su contención.





La parte positiva de estos interfaz de cultivos y monte, es que los campos si están debidamente mantenidos, labrados o en cierta época del año (barbecho, rastrojo) <u>se pueden convertir en zonas de oportunidad en las labores de extinción</u>.



Fotografía 14: Flanco derecho, zona agrícola que sirvió para la contención del incendio.

Otro punto no menos importante es la ubicación del lugar de inicio del incendio. Al ser una zona con una densidad de población de 7 hab/km², mucha de ella envejecida, hace que el apoyo a una primera contención a la extinción agrícola pueda ser menor debido a la no hay disponibilidad de recursos tan necesarios y prácticos para atajar fuegos agrícolas-forestales como pueden ser los tractores.

A pesar de esto, en la contención del incendio, los vecinos de todos los municipios afectados se volcaron en las tareas de contención, desalojo y logística con sus recursos y aportaciones.



Fotografía 15: Flanco derecho, tractor cortando la continuidad combustible.





#### Infraestructuras

Las influencias antrópicas provenientes de la infraestructura en este incendio se encuentran en la parte noreste del mismo, a las orillas del río Jiloca.

En esta zona nos encontramos la carretera nacional N-234, situada perpendicular al eje de propagación del incendio que ayudó a <u>una rápida distribución de medios</u> en cabeza y sirvió de zona de oportunidad para su extinción. Aun así, en el punto kilométrico 208 el incendio sobrepasó por debajo de una alcantarilla la carretera, momento que supuso la concentración de recursos en ese salto para evitar nuevas carreras hacia el NE.

Sobre las 19:30 horas de la tarde del día 20, con el salto de la carretera nacional N-234 fue necesario cortar dicha carretera entre las localidades de Báguena y Burbáguena. Abriéndose de nuevo al tráfico a las 22:30 horas de ese mismo día.

También, paralela al eje del río Jiloca estaba la línea eléctrica de media tensión CIRC-SUR. Esta línea suministra electricidad a los núcleos de Báguena, Burbáguena y Anento. La línea eléctrica dificultó las labores de extinción en la zona de actuación. Para unas labores de extinción seguras se solicitó el corte de la misma. Las horas de corte de suministro las situamos sobre las 19:45 horas, reestableciéndose la misma a las 23:34 horas.

#### Núcleos urbanos

Otro factor antrópico importante fue la evacuación de forma preventiva de la residencia geriátrica de Burbáguena ante una posible evolución negativa del incendio y el confinamiento de Luco de Jiloca debido a la gran cantidad de humo. Los evacuados fueron trasladados a otras residencias ubicadas en Calamocha, Olmos y Gea de Albarracín.

Estos factores determinaron la declaración del Nivel 2 de Protección Civil.



Fotografía 16: Residencia desalojada de Burbáguena afectada por humo la tarde 20 junio.

Un condicionante a la hora de la extinción del incendio se ocasionó debido a unos bolardos de hormigón situados en Camino natural vía verde FC.Santander-Mediterráneo. La vía verde está pensada para el tránsito de bicicletas y senderistas, impidiendo el paso de vehículos a motor mediante bolardos de





hormigón. Para las labores de extinción, fue necesario su uso con autobombas y todo terreno. Al no tener alternativa de paso se decidió eliminarlos para poder acceder. En la Figura 21 se marca la zona de la vía verde en color verde y el tramo donde estaban situados los bolardos en color naranja.

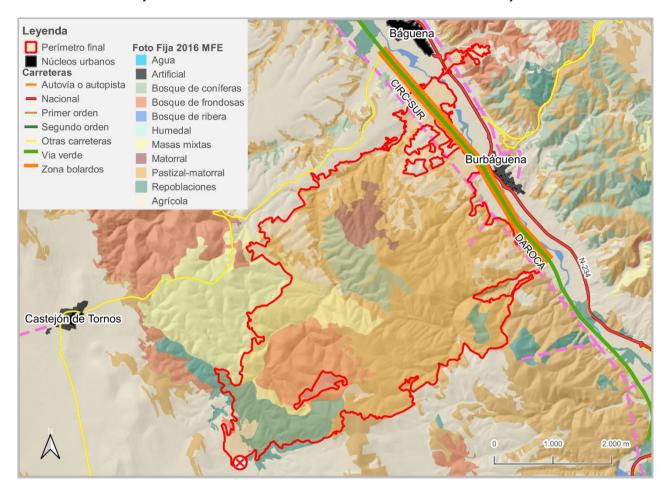


Figura 21: Infraestructura antrópica del incendio.

#### Vega del río Jiloca

La vega del río Jiloca, terreno llano y fértil cercano al cauce, genera en la comarca que haya una variedad de campos de cultivo trabajados en las cercanías de los núcleos habitados de Burbáguena, Báguena y Luco de Jiloca.

También añadiremos la presencia del cauce del río Jiloca, aunque de pequeño caudal, las riberas de los ríos son apaciguadores del calor, suavizando las temperaturas, siendo lugares más frescos que los terrenos de alrededor.

Y sumaremos la vegetación de ribera del propio cauce del río Jiloca, crecida en acequias o cultivos en verde, con mayor humedad del combustible vivo que la vegetación presente en el monte.

Cuando la cabeza del incendio forestal se topó con esta nueva estructura de vegetación, estos tres factores favorecieron a <u>que disminuyera su velocidad de progresión y facilitaron las tareas de contención</u> por parte de los recursos movilizados.





## 7. Teledetección, huellas del fuego, severidad

El mapa de severidad de incendio (grado de daño sobre la vegetación) ha sido calculado a partir de imágenes del satélite Sentinel-2 de la UE. Se utilizaron imágenes del día 19/06/2022 y del 29/06/2022 como pre y post incendio. El índice de severidad representado es el RdNBR.

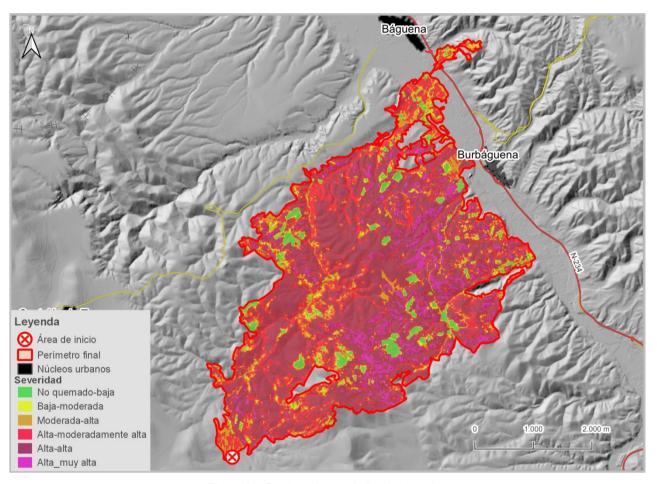


Figura 22: Grados de severidad del incendio.

Como se puede apreciar en la Figura 22 y en la Tabla 17, la mayor parte del incendio quemó en severidad Alta-alta y alta-moderadamente alta, esto se corresponde principalmente en la zona descrita con los modelos de combustible M5 y PM2.

Tabla 17: Superficie por grados de la Severidad del Incendio

Categoría de Severidad (RdNBR)	Superficie (ha)	Superficie (%)
No quemado – Baja	73,51	4,12%
Baja- Moderada	69,17	3,88%
Moderada- Alta	195,74	10,97%
Alta-moderadamente-alta	433,36	24,30%
Alta-alta	907,62	50,88%
Alta-Muy alta	104,25	5,85%





La totalidad del perímetro se quemó con esta severidad <u>debido a las fuertes rachas de viento</u> que se originaron en las primeras horas del incendio, conforme avanza el mismo, se aprecian zonas con severidad no quemado-baja, ya que el incendio realiza una gran carrera central a su paso y los flancos continúan quemándose con menor virulencia una vez que la cabeza había alcanzado el punto final.

Una zona reseñable que se quemó con una alta severidad fue el Monte consorciado nº 3040. En el mismo se había realizado un aprovechamiento forestal en el año 2018 de árbol entero, se puede observar en las ortofotos de la Figura 23, lo que no impidió que <u>se calcinara en su totalidad</u>. El encontrarse el pinar en una ladera descendente, en orientación NE y el haber sido procesado no fueron suficiente para disminuir el impacto con en el eje de propagación del incendio.



Figura 23: Monte nº 3040 La Cirujeda antes y después del incendio. Fuente Google Earth.





## 8. Datos de la extinción

Desde el instante que el Gobierno de Aragón a través de INFOAR tuvo conocimiento del incendio, dada la importancia forestal, las condiciones meteorológicas reinantes y la época de máximo peligro en la que sucedieron los hechos, se movilizaron los recursos tanto terrestres como aéreos más cercanos a la zona del incendio, para realizar un primer ataque y tratar de contener la propagación del mismo (Gobierno de Aragón 2014).

A la llegada de los primeros medios aéreos tras el intento de contener el incendio en un primer ataque y ver que no era posible, se ejecutó un ataque ampliado con más medios y recursos, de tal modo que permitiera el control del incendio.

#### 8.1. Infraestructura

En cuanto a las infraestructuras para la extinción de incendios la dividimos en tres grupos. Disponibilidad de agua, accesibilidad y zonas de oportunidad.

#### Disponibilidad de agua

Respecto a la disponibilidad de agua, no son muchos los puntos para la carga de helicópteros en la zona, pero si están bien distribuidos. Durante las labores de extinción los medios aéreos de ala rotatoria cargaron en cinco puntos de agua, uno pegado a la zona de inicio del fuego (ver Figura 24). Además, el punto de agua más reseñable fue el embalse de Lechago que se encuentra a 8 km del punto de inicio del incendio con facilidad de toma y caudal constante.

Aunque la *Laguna de Gallocanta* se encuentra próxima al incendio, no se puede utilizar como carga de agua para los medios aéreos de ala fija al ser un Espacio Natural Protegido, una Reserva Natural Dirigida. Los Airtractors movilizados al incendio no realizaran ninguna carga en las proximidades del incendio.

#### Accesibilidad

Respecto a las vías de comunicación, la zona está bien comunicada por todas las vertientes con la carretera ya que se encuentran multitud de caminos agrícolas para el acceso a las fincas por las cuales pudieron transitar las autobombas en el incendio. Por otro lado, la transitabilidad a pie o con vehículo todoterreno por zonas de estepa monte a través son una opción, que dio versatilidad y seguridad en este incendio.

El acceso de las cuadrillas helitransportadas no tuvo una dificultad elevada, al encontrarse con zonas de estacionamiento y recogida de las cuadrillas amplias en las cercanías de la línea de fuego, lo que facilitó un acceso sencillo al frente de llama.







Fotografía 17: Labores de Brif Daroca día 20 a las 19:22, zona transitable, vehículos estacionados en zona segura.

#### Zonas de oportunidad

Con esta denominación se pretende describir aquellas localizaciones del perímetro del incendio que tras ver el comportamiento del mismo y las tareas de extinción que se realizaron, podrían haber supuesto una posibilidad para la contención del mismo, sin entrar a valorar las variables espacio-temporales o los recursos necesarios:

- Campos agrícolas. El cambio en la estructura del combustible puede ser una oportunidad, siendo el caso de las tierras de labor. El flanco derecho del incendio propagaba hacia un área de fincas agrícolas, las cuales se utilizaron como línea de oportunidad, como una zona de fácil acceso de los recursos, un área de inicio de maniobras o una línea de defensa natural al no tener combustible por el que propagar (barbecho).
- Vega del río e infraestructuras humanas. Como ya hemos comentado anteriormente en el punto 6.5, la vega del río (con sus campos y caminos), el río y la nacional <u>se utilizaron como</u> <u>zona de oportunidad</u>, al disminuir la velocidad e intensidad de propagación del incendio y posibilitar el ataque directo por parte de los recursos.
- MUP y los 4 Consorcios han sido montes donde se han realizado aprovechamientos forestales y trabajos selvícolas por las cuadrillas de SARGA. En los años 2006 y 2018 se realizaron sendos aprovechamientos forestales, disminuyendo la densidad de pies/ha y bajando la carga de combustible. En el año 2020 se trabajó en una faja auxiliar de unos 15 metros de ancho en los montes número 3041 y 3039 apoyada en una pista de acceso. Estos tratamientos se situaban de forma perpendicular a la carrera principal del incendio no pudiéndose considerarse como una zona de oportunidad ni siendo efectiva para su extinción al no disminuir la velocidad ni la intensidad de la propagación del mismo (ver Figura 24). En el año 2020 también se trabajó en un tratamiento silvícola (inferior a 2 ha) en los alrededores de la ermita de San Pedro el Mártir cerca de la localidad de Burbáguena, el incendio no llegó a la ermita, deteniendo su avance en los tratamientos silvícolas realizados por la cuadrilla R-05.





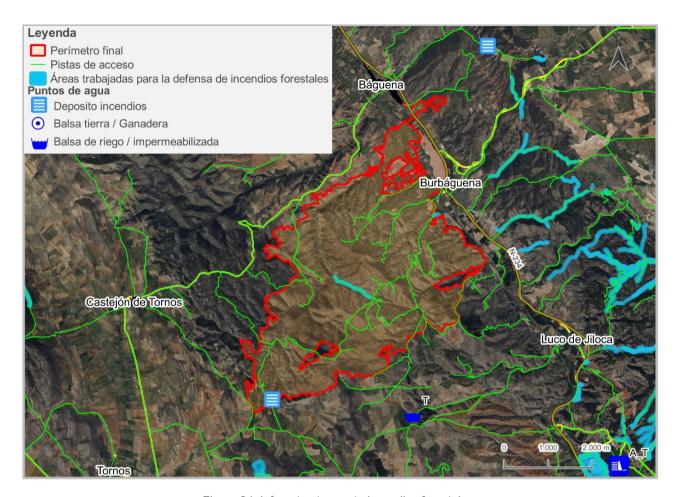


Figura 24: Infraestructura ante incendios forestales.

## 8.2. Cronología de medios

Durante las labores de extinción se contó con la participación de un total de 50 recursos distribuidos durante los 5 días que estuvo activo el incendio, incluyendo medios propios de INFOAR, MITECO, Diputación de Teruel, Diputación de Zaragoza, 112-SOS Aragón y la colaboración de todos los vecinos de la zona.

Desde el momento del aviso se activaron los medios de extinción, consistiendo en la cuadrilla terrestre (R-6) y Autobomba (B-5) ubicadas ambas en Calamocha. Debido a las condiciones, seguidamente se activó el helicóptero de extinción con base en Teruel (Mike 2) con R-23. A los pocos minutos de llegar los primeros medios, se tuvo constancia en el Centro Provincial Operativo de Teruel (CPO) y en la Centro Regional Operativo (CRO) de Zaragoza de la potencialidad del incendio, por lo que se realizó el ataque ampliado con el aporte de más medios y personal.

La movilización de recursos hay que englobarla en la <u>situación a nivel de Regional que se estaba</u> <u>dando esa semana en Aragón</u>, con un GIF todavía activo en Nonaspe y con dos incendios con potencial activos la mañana del 20 de junio (Bubierca 22,5 ha y Sigüés 50 ha). Esta simultaneidad de incendios hace que algunos recursos estén actuando en otros incendios cuando comienza el incendio de Tornos, como la helitransportada de Calamocha o Brea, las más cercanas al incendio, pero actuando en otros siniestros. Más tarde se incorporaron a las labores de extinción.





Como consecuencia de las condiciones iniciales desfavorables con un módulo elevado de viento de SW, en menos de 4 horas ya se contaba con 24 medios trabajando en las labores de extinción, de los cuales 14 continuaron trabajando durante la noche. A las 17:30 se solicitó la activación del vehículo de puesto avanzado del 112, ubicándose en Báguena desde donde se dirigieron las labores de extinción.



Fotografía 18: Puesto de Mando Avanzado del Gobierno de Aragón.

Durante esta misma tarde-noche, debido a la fuerte disminución de la velocidad del viento, los medios consiguieron estabilizar el perímetro. Como consecuencia de la buena evolución, a partir del día 21 empieza una desescalada progresiva de medios de extinción hasta el día 23. Durante los 3 últimos días se realizaron únicamente labores de vigilancia diurnas mediante la asignación de una cuadrilla terrestre y una autobomba.

La gráfica de evolución de medios nos muestra la **alta concentración de recursos de la primera tarde** y noche cuando el incendio estaba activo, y la rápida desescalada al controlarse el incendio. Los días 23, 24 y 25, las cuadrillas iban en su horario ordinario de trabajo a realizar tareas de vigilancia.





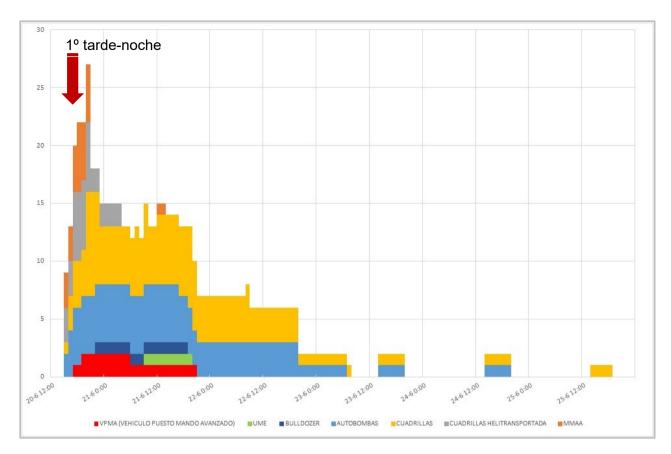


Figura 25: Gráfica de evolución horaria de medios de extinción.

La afección a núcleos urbanos y la elevación a situación operativa 2 hizo que se activara a la Unidad Militar de Emergencias para las labores de apoyo a la extinción, la cual estuvo trabajando con una sección el día 21 desde las 9:00 hasta las 18:45. Esta sección contiene 6 autobombas y una nodriza. La unidad procedía del BIEM IV, batallón ubicado en Zaragoza.

Además de los medios de extinción nombrados anteriormente también se activaron 2 bulldozers que se incorporaron al incendio el día 20 a las 20:00 horas y que apoyaron las labores de extinción durante la noche de ese mismo día, abandonando el incendio el día 21 a las 15:55 horas.

Así mismo, también se contó con la participación de bomberos de la Diputación de Teruel, siendo uno de los primeros medios en llegar al incendio. Estos proporcionaron tres dotaciones autobomba y de vehículo nodriza para la recarga de autobombas. Se retiraron de las labores de extinción durante la madrugada del día 21. Del mismo modo los bomberos de la Diputación de Zaragoza ayudando con dos dotaciones en las labores de extinción.





Tabla 18: Turnos y número de recursos por tipo de medios en la operativa de la extinción

Recurso	Tipo de medio Turno		/ Horas	
Director de Extinción	APN/Técnico Servicio Provincial Teruel	10 turnos		
GADEX	Técnicos de SP de Teruel y Dirección General	7 turnos		
ТСОРМА	Técnicos Apoyo PMA	5 turnos		
APN (sin cuadrilla)	GLB, PMA o APN	23 turnos		
Medios Aéreos	LIMA. Helicóptero tipo 3 ( bambi < 1000 l)	3 ud	12:35	
	MIKE. Helicóptero tipo 2 ( bambi 1000 a 3000 l )	1 ud	05:05	
	HOTEL. Helicóptero Coordinación ( 2 técnicos CMA)	1 ud	02:55	
	ALFA. Avión anfibio tipo 2 (< 3.500 l). Requena	2 ud	05:09	
	FOCA: Avión anfibio tipo 1 (> 3.500 l). Málaga	1 ud	08:05	
	ACO. Avión de coordinación Zaragoza. Talavera la Real	1 ud	06:14	
Medios Terrestres	R3. Brigada terrestre tipo 3 (5 ud + APN)		24 turnos	
	B1. Brigada helitransportada tipo 1 (16 ud + Tec) BRIF Daroca y Prado		2 turnos	
	B2. Brigada helitransportada tipo 2 (9 ud + APN)		1 turnos	
	B3. Brigada helitransportada tipo 3 (5 ud + APN)		3 turnos	
	Vehículo Puesto de Mando Avanzado (VPMA)		2 ud	
	Sección Logística 16 turnos		ırnos	
Autobombas	C2. Dotación autobomba tipo 2 (1.000 -5.000 l)	20 turnos		
	C2 Dotación autobomba tipo 2 DPT		2 ud	
	C1.Dotación autobomba tipo 1 (>5.000 I) Nodriza DPT	oo 1 (>5.000 I) Nodriza DPT 1 ud		
Maquinaria Pesada	P. Equipo de maquinaria pesada	2 ud		
UME	1 sección del IV batallón	46 ud 6 ATBs 1 bulldozer 1 nodriza		
Otros	Personal y vehículos ligeros y de mando de Bomberos de DPZ, Protección civil, Guardia Civil y Voluntarios.			





#### 8.3. Tareas de extinción

Cada incendio forestal depende de uno o varios factores (meteorología, orografía, combustibles, fecha u horario, recursos actuantes, combinación de varios, etc..) para poder contenerlo en tiempo y forma y así evitar una extensa propagación.

En el incendio forestal de Tornos los recursos vieron condicionada su extinción debido a la velocidad del viento SW (media de 20 a 30 km/h con rachas de incluso 60 km/h), lo que hizo que durante toda la tarde la **velocidad de avance del fuego fuera mucho mayor que la velocidad de contención**, es decir se iba por detrás del incendio. Al atardecer, las rachas de viento disminuyeron llegando incluso a pararse en torno a las 22.00 horas, lo que ayudó a notablemente a igualar las velocidades de avance y contención.

Un ejemplo de las dificultades en las labores de extinción de la tarde del día 20 de junio fue la actuación de los medios aéreos, donde bajo unas <u>condiciones de vuelo muy dificultosas</u> tanto para el pilotaje como para acertar con las descargas, continuaron trabajando. La columna tumbada dificultaba la visibilidad en la zona de cabeza, aun así los helicópteros ayudaron a contener el avance en sector 7 y la propagación cercana a los núcleos habitados.

Para una mejor gestión de las emergencias, INFOAR, promueve la sectorización de los incendios forestales de cierta entidad, para compartimentar la extinción por tramos más homogéneos y manejables para los jefes de sector, bajo el mando único del Director de Extinción. Para la gestión de este incendio la dirección de extinción decidió dividir el mismo en cinco sectores (Figura 26).

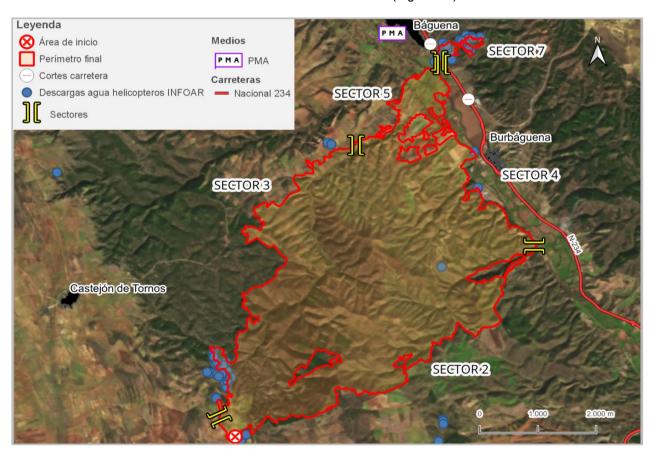


Figura 26: Zonificación del incendio sectorización del incendio.





Podemos estructuras las fases de trabajo en la extinción en:

#### Primera etapa.

Etapa inicial del incendio forestal dominada por el fuerte viento y la rápida propagación del incendio, desde la detección del incendio a las 15:00 a las 17:30 aproximadamente cuando el fuego llega a la vega del río Jiloca. En este primer periodo de extinción, los recursos se ven sobrepasados por el rápido crecimiento del incendio, que llega a consumir 900 ha.

La estrategia se basará en la consolidación de ambos flancos de cola a cabeza para evitar reposicionamientos. Con la velocidad de propagación tan veloz, esta estrategia inicial exigirá un rápido replanteo en la dirección de extinción, pasando a priorizar la protección de bienes (segunda etapa).

#### Segunda etapa.

En la que se produce el salto de fuego sobre la carretera N-234. El factor dominante sigue siendo el viento, pero la extinción se ve condicionada por la cercanía a bienes y personas y al salto de la nacional. Ahora la estrategia se reajustada a la cercanía de las llamas a los núcleos urbanos y al salto del fuego de la nacional, centrándose en evitar que alcance bienes personales e impedir la propagación hacia Anento. Como táctica de contención se utilizan a los recursos terrestres y aéreos concentrados en ataque directo en sector 7 y a lo largo de la vega del Jiloca. El intenso humo condicionó las actuaciones de los recursos y los intervinientes.



Fotografía 19:Tercera etapa. Flanco derecho día 20. Contrafuego para consolidad flanco.

#### Tercera etapa

La llegada de la noche del día 20 trajo el cambio de las condiciones meteorológicas y el éxito de las tareas de extinción, pudiendo continuar con ataque directo efectivo, quemas para la consolidación y el comienzo del perimetraje.





A partir del día 21 los planes de operaciones se basaron en identificar rápidamente reproducciones en el perímetro y valorar la necesidad de apoyo de medios aéreos.

#### Puntos críticos

Se pueden identificar entre otros tres puntos conflictivos que pudieron condicionar en la contención del incendio forestal:

- Interfaz urbano-forestal. La afección por humo y la cercanía de las llamas a los núcleos urbanos hizo que los recursos de extinción se tuvieran que destinar a esa zona, siendo las labores de extinción complicadas por la exposición al humo, la rapidez de la propagación y el estrés en la intervención. En muchos casos los vecinos colaboraron activamente.
- La zona denominada como sector 7, englobaba la parte del incendio que consiguió traspasar la carretera N-234. Después de la carretera podría tener una gran dispersión ya que le favorecen dos factores de propagación: viento y topografía. Ese punto marcaba una zona de entrada a una masa forestal donde la extinción podía ser más compleja.
- La otra zona crítica del incendio fue la parte sur del sector 3, siendo una masa forestal poco accesible y que por factores topográficos el incendio podría tener bastante recorrido.



Fotografía 20: Báguena día 20, momento fuego salta la N-234.





## 9. Acciones post-incendio

Los incendios forestales como el acaecido en Tornos originan inmediatos efectos negativos en el ecosistema, que se traducen en: pérdida de cubierta vegetal, riesgo de erosión, efectos en la vida silvestre, alteración del paisaje o pérdidas económicas a las poblaciones próximas.

Estos efectos recomiendan concretar prioritariamente acciones de restauración forestal y medioambiental, siendo necesario que la Administración actúe urgentemente mediante actuaciones dirigidas principalmente a evitar pérdidas de suelo por escorrentía y a facilitar la regeneración natural.

Desde el Servicio Provincial de Medio Ambiente y Turismo de Teruel, se han dirigido y gestionado una serie de trabajos, actuaciones y aprovechamientos para lograr estos fines. En los siguientes párrafos expones los trabajos realizados a fecha de la realización del informe. Actuaciones:

#### Dique de cierre de la Rambla de Valdeardiente

Obra de emergencia por Encargo a TRAGSA. Presupuesto ejecutado 91.616,93 €

Las obras de reparación se centraron en la reconstrucción de la solera y del muro de cierre del cuenco amortiguador, rebajando su cota y ampliándolo aguas abajo para garantizar que el vertido de la tronera, mechinales y vertedero no lo rebasaba. La obra se completó con un rastrillo bajo el cuenco amortiguador y un dique de mampostería gavionada para la consolidación del cauce aguas abajo de la intervención.

#### Fajinas en barrancos

 Ejecutadas hasta la fecha: La cuadrilla R-06 (MRR) ha ejecutado fajinas en barrancos de los consorcios 3056 y 3039. 5,64 ha.



Fotografía 21: . Retención de arrastre con fuste atravesado en monte Protector a septiembre 2022.

#### **Barreras Robychaud**

- o Ejecutado hasta la fecha del informe: 10,13 ha por la cuadrilla R06 (MRR), consorcio 3039.
- Pendientes de ejecución (encargo a Tragsa): 65,79 ha en 24,9 ha además se realizará astillado (mulching)





#### Corrección de cárcavas

Ejecutadas mediante retroexcavadora: Barranco de 3,5 ha en el consorcio 3040.

#### Resalveo orla e islas no calcinadas

- o Laderas y barrancos de carrascal-quejigar
- Ejecutado hasta la fecha: 11,59 ha por la cuadrilla R05 (FEADER), MUP 89.
- Pendientes de ejecución: Sin previsión.

#### Fajinas y albarradas en barrancos

- o Ejecutado hasta la fecha: 10,94 ha por R06 en MUP 89.
- o Pendientes de ejecución: No hay previstas más fajinas

#### Recepado y cordones de restos

Ejecutado hasta la fecha: 8,31 ha por R06 en MUP 89.

#### Pendientes de ejecución:

- Lotes gratuitos de leñas quemadas en pie para vecinos del municipio y de la comarca. Se han demarcado más de 20 lotes de leñas, ejecutándose menos de un 20%. Superficie aproximada 3 ha.
- Lote a enajenar de leñas quemadas en pie. Adjudicado, pero renuncia al aprovechamiento.
- Lote a enajenar de leñas del tajo de la cuadrilla R06, apiladas en calle. Adjudicado pendiente de licencia. 10 ha.
- o Encargo a Tragsa (MRR): 42,15 ha.



Fotografía 22: Recepado y acordonado en MUP 89 como tajo de brigada R06





#### Aprovechamiento de madera quemada

Pinares de repoblación (Consorcios 3039, 3040, 3056).

Se han realizado 4 aprovechamientos de madera quemada mediante procesadora en un total de **149 ha**. Los pliegos de condiciones no permitían la extracción de árbol completo debiendo depositar los restos del desramado sobre la calle. También se ha exigido la reserva de fustes como material para la construcción de barreras tipo Robychaud en las calles (60 pies/ha):

- 3056: 94,60 ha. Pendiente de liquidación.
- o 3039: 11,25 ha. 1.223,94 Toneladas de madera extraídas.
- o 3040: 30,80 ha. Pendiente de liquidación.
- 89 (consorcio 3073): 12,52 ha de pinar afectado por el incendio. También se han incluido en el aprovechamiento 22,08 ha de pinar con daños ocasionados por la borrasca Gloria. Pendiente de liquidación

Los aprovechamientos se ejecutaron entre diciembre de 2022 y mayo de 2023.

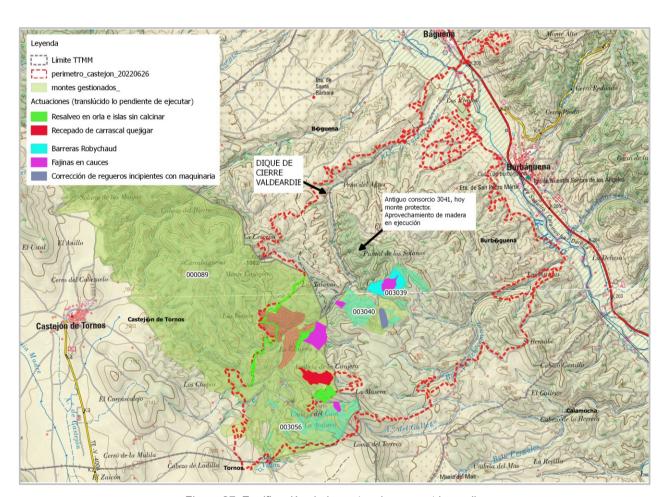


Figura 27: Zonificación de las actuaciones post incendio.





## 10. Bibliografía y fuentes

ÁLVAREZ LAMATA, E., ESPEJO GIL, F., CORTÉS RABINAD, J.C., LAFRAGÜETA PÉREZ, C. y SERRANO NOTIVOLI, R., 2011. Caracterización sinóptica de los procesos convectivos en el interior del nordeste peninsular. Nota técnica nº3 de AEMET [En línea]. s.l.: Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. pág. 150. NIPO: 784-11-008-8. Disponible en: <a href="http://www.aemet.es/es/conocermas/recursos\_en\_linea/publicaciones\_y\_estudios/publicaciones/detalles/sinoptica">http://www.aemet.es/es/conocermas/recursos\_en\_linea/publicaciones\_y\_estudios/publicaciones/detalles/sinoptica.</a>

CACHO NERÍN, C., SENDRA FERRER, J., SANZ ARAUZ, G, BUISÁN SANZ, S., CANTÓN TOBAJAS, D., JULVE DEL VAL, J., MIRALLES FRANCÉS, F., CORTÉS RABINAD, F., LAFRAGÜETA PÉREZ, C., (2009) Análisis meteorológico y del comportamiento del fuego del gran incendio forestal de Zuera (Zaragoza) de 5 de agosto de 2008. In: "5º Congreso Forestal Español", 21 a 25 de septiembre de 2009, Ávila (España). ISBN 978-84-936854-6-1.

CASTELLNOU, M; PAGÉS, J; MIRALLES, M y PIQUÉ, M. (2009). Tipificación de los incendios forestales de Cataluña. Elaboración del mapa de incendios de diseño como herramienta para la gestión forestal.In: "5º Congreso Forestal Español", 21 a 25 de septiembre de 2009, Ávila (España). ISBN 978-84-936854-6-1

Gobierno de Aragón (1), Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, 2015. ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE INCENDIOS Y ELABORACIÓN DE LOS ESCENARIOS METEOROLÓGICOS POR ZONA DE METEOALERTA DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN. [En línea] [ [Consulta: 2023]] <a href="https://www.aragon.es/documents/20127/674325/2015\_ANALISIS\_REGIMEN\_INCENDIOS.pdf/8919acc0-c7f5-cda8-07a4-9bafdfbd26bf">https://www.aragon.es/documents/20127/674325/2015\_ANALISIS\_REGIMEN\_INCENDIOS.pdf/8919acc0-c7f5-cda8-07a4-9bafdfbd26bf</a>.

Gobierno de Aragón (2)Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, 2015. Cartografía de modelos de combustible de Aragón [raster y shapefile]. Gobierno de Aragón.

Gobierno de Aragón, Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, Gobierno de Aragón, 2020. Catálogo de Montes de Utilidad Pública (INAMUP), 2022. Versión 1.2.8. [En línea] https://aplicaciones.aragon.es/inamup/.

Gobierno de Aragón, Departamento de Política Territorial e Interior, 2014. Plan de protección Civil de Aragón (PLATEAR) [en línea]. Zaragoza : Gobierno de Aragón. pág. 111. [Consulta: 2023]. Disponible en: <a href="https://www.aragon.es/-/planes-de-proteccion-civil-en-aragon">https://www.aragon.es/-/planes-de-proteccion-civil-en-aragon</a>

Aguirre Briones, Felipe, Gobierno de Aragón, Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón,2006, manual de formación de incendios forestales para cuadrillas. [Consulta: 2023]. Disponible en: <a href="https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL INCENDIOS CUADRILLAS.pdf/7a477952-318e-3110-a2df-94692725ab98">https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL INCENDIOS CUADRILLAS.pdf/7a477952-318e-3110-a2df-94692725ab98</a>

Gobierno de Aragón, Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón. INFORME PRELIMINAR DEL INCENDIO DE PERDIGUERA DEL 23 DE JULIO DE 2019.





septiembre 2019. [Consulta: 2023]. Disponible en: <a href="https://www.aragon.es/documents/20127/2556250/Informe+incendio+forestal+Perdiguera+23.07.2019+%2">https://www.aragon.es/documents/20127/2556250/Informe+incendio+forestal+Perdiguera+23.07.2019+%2</a>
8preliminar%29.pdf/397a8996-e40a-eaf8-7f0d-1e248a561196?t=1571317544553

Gobierno de Aragón (3), Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, Gobierno de Aragón. Informe técnico incendio de Luna de 04/07/2015, 2015. [Consulta: 2023]. Disponible en: <a href="https://www.aragon.es/documents/20127/674325/INFORME\_INCENDIO\_LUNA-2015.pdf/d2a4f6ca-d012-6fec-bc77-f6b3d04eb1d8">https://www.aragon.es/documents/20127/674325/INFORME\_INCENDIO\_LUNA-2015.pdf/d2a4f6ca-d012-6fec-bc77-f6b3d04eb1d8</a>

Gobierno de Aragón, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y MEDIO AMBIENTE, Gobierno de Aragón, INFORME TÉCNICO DEL INCENDIO FORESTAL DE CALCENA DE 27 DE AGOSTO DE 2012 (4.674,11 has), 2012. [Consulta: 2023]. Disponible en: <a href="https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Calcena">https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Calcena</a> 27 08 2012 v12.pdf/3f055b0a-567a-10fd-a871-f44ddedec658

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), 2009. Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50) (1997-2006) [cartografía en línea]. [Consulta: 2023]. Disponible en: <a href="https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50.aspx">https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50.aspx</a>.

LÁZARO PALACIOS, M.A., CORTÉS RABINAD, F.J., HERNÁNDEZ VILLAMALLOR, R., LÓPEZ DEL RÍO, R. y MARTÍN MARTÍN, V., 2016. METEOROLOGÍA SINÓPTICA Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN ARAGÓN. Guía metodológica para la compresión de la meteorología sinóptica y el comportamiento de incendios forestales los en Aragón. [En línea] Consulta: 2023] Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/METEOROLOGIA SINOPTICA FUEGO.PDF/baa45b79 -7d23-9995-3fe2-6263ef78d014.

**LÓPEZ MARTÍN, F., M., CABRERA MILLET, M. y CUADRAT PRATS, J., 2007.** Atlas Climático de Aragón [en línea]. Zaragoza: Servicio de Información y Educación Ambiental, Dir. Gral. de Calidad Ambiental y Cambio Climático, Dpto. de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón, pp. 222. [Consulta: 2023]. ISBN: 978-84-8380-071-3. Disponible en: <a href="https://www.aragon.es/-/atlas-climatico-de-aragon">https://www.aragon.es/-/atlas-climatico-de-aragon</a>.

**Rothermel, R.C.,1972**. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA Forest Serv. Res. Pap. INT-115.

# 10.1. Metodología seguida para el cálculo de la severidad de incendio

El mapa de severidad para este incendio (grado de daño sobre la vegetación) se ha calculado a partir de imágenes del satélite Sentinel 2 de la ESA, utilizando las bandas B08 (10 m de resolución de píxel) y B12 (de 20m, resampleada a 10 m), corregidas atmosféricamente con el software SNAP de la ESA, mediante el plug-in Sen2Cor. El índice de severidad representado es el RdNBR, reclasificado a partir de umbrales calibrados para evaluación inicial de la severidad en monte mediterráneo. La formulación matemática del RdNBR es la siguiente:





Siendo el NBR =  $(\rho NIR - \rho SWIR) / (\rho NIR + \rho SWIR)$ .

NIR: (Infrarrojo Cercano).

SWIR: (Infrarrojo Onda Corta).

Descripción de las distintas categorías de severidad calculadas:

Severidad baja: en el caso del arbolado, las copas han quedado inalteradas en su mayor parte, y por tanto permanecen verdes casi en su totalidad. El dosel arbustivo presenta signos de chamuscado, pero las manchas de quemado no son predominantes.

Severidad moderada: en el arbolado, más de la mitad del área cubierta por las copas está chamuscada, pero se conservan las hojas o acículas, por lo que predomina el color marrón. El matorral aparece calcinado en su mayor parte, pero la ceniza que se observa es predominantemente de color negro.

Severidad alta: en el arbolado, las copas están completamente consumidas en más del 50% del área cubierta, sin que queden hojas o acículas ni elementos finos, por lo que predomina el color negro. El matorral se observa completamente carbonizado, quedando solamente los elementos más gruesos. La ceniza presenta tonos grises o blanquecinos de forma predominante.

En el caso particular de este incendio, el porcentaje de superficie con severidad alta era tan elevado, que se decidió reclasificar esta categoría en 3 estratos para evitar la saturación, moderada-alta, alta, y muy alta. Para esta estratificación, se distribuyó la población de píxeles de alta severidad en 5 partes de menor a mayor valor del índice, asignando la primera parte a la categoría de "moderada-alta", las tres siguientes a la categoría de "alta" y la última parte a la de "muy alta", generando así una distribución en "campana de Gauss".

Categoría de Severidad (RdNBR)	Rango
No quemado- Baja	<230
Baja - Moderada	230-475
Moderada - Alta	475-835
Alta - Moderadamente Alta	835-1268
Alta - Alta	1268 - 2567
Alta - Muy Alta	>2567





# Anexo 1 Plano evolución del incendio

