



ANÁLISIS DEL PELIGRO DE INCENDIOS FORESTALES EN LA COMARCA DEL MATARRAÑA (ARAGÓN)

TRABAJO DE FIN DE GRADO



**Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio**
Universidad Zaragoza



AUTOR: Pedro Jiménez Machuca
DIRECTOR: Daniel Ballarín Ferrer
9 de noviembre de 2021

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado muestra un análisis del peligro de incendios forestales en la comarca del Matarraña en el periodo estival, ya que es la época del año en la que se producen una mayor cantidad de incendios forestales. En el trabajo se informa de la situación actual y pasada de España, Aragón y la comarca del Matarraña respecto a los incendios forestales. También se informa del funcionamiento de los incendios forestales, como sus causas, consecuencias, etc. Utilizando la información disponible durante la realización de este trabajo, otoño de 2021, se han elaborado una serie de mapas que contienen información sobre el riesgo de ignición, riesgo de propagación y peligro de incendios forestales de la comarca del Matarraña para el periodo estival. Para la realización de estos mapas se ha utilizado el modelo de Salas y Chuvieco (1994) para el cálculo del Peligro de incendios forestales. A partir de estos mapas se ha realizado el análisis del peligro de incendios forestales. Los resultados muestran que el peligro es alto en la comarca, por lo que hay que llevar a cabo medidas de prevención y mejoras en los servicios de extinción para poder reducirlo. Se concluye que algunas de las razones de que el peligro de incendios forestales sea alto, son la abundante masa forestal del territorio, la ausencia de parques de bomberos en la comarca y que el clima del área de estudio es mediterráneo, caracterizado por altas temperaturas y escasas precipitaciones en el periodo estival.

ABSTRACT

This Final Degree Project shows an analysis of the danger of forest fires in the region of Matarraña in the summer period, because it is the time of the year in which a greater number of forest fires occur. The project review the current and the past of the forest fires in Spain, Aragon and the region of Matarraña. Some aspects of the forest fires are reviewed too, such as their causes, consequences, etc. Using the information available during the realization os this project, autumn 2021, a series of mapas, with information of risk of ignition, risk of spread and danger of forest fires of the región of Matarraña in the summer period, have been created. To create these maps it has been used the working model of Salas and Chuvieco (1994) to calculate the danger of forest fires. The analysis of the danger of forest fires has been made taking information from these maps. The results show a high danger of forest fires in the región, so preventive measures and improvements in extinguishing services must be carried out to be able to reduce it. In conclusion, some reasons of high danger of forest fires are the abundant forest mass of the territory, the absence of fire stations in the region and the mediterranean climate of the study area, characterized by high temperatures and low rainfall in the summer period.

PALABRAS CLAVE (KEYWORDS)

Comarca del Matarraña (*Region of Matarraña*) / Incendios forestales (*Forest fires*) / Peligro (*Danger*) / Periodo estival (*Summer period*) / Riesgo (*Risk*)

Índice

1. Introducción	4
1.1. Estudios y proyectos relacionados	6
2. Antecedentes	8
2.1. Incendios forestales. Comparación de los últimos seis decenios en España	9
2.1.1 Grandes incendios forestales. Historia	14
2.2. Origen y factores que intervienen en los incendios forestales	15
2.2.1. Causas de los incendios forestales en España, 2001-2010	17
2.3. La defensa contra los incendios forestales en España	21
2.3.1. Equipos de prevención integral de incendios forestales (EPRIF)	21
2.3.2. Brigada de labores preventivas (BLP)	22
2.3.3. Campañas de sensibilización	22
2.3.4. Aprovechamiento de la biomasa forestal	23
2.3.5. La tecnología utilizada en la defensa contra los incendios forestales	23
2.4. Los incendios forestales en Aragón	25
2.4.1. Prevención Incendios Forestales	25
2.4.2. Zonas de riesgo de incendio forestal	26
2.4.3. Clasificación del riesgo de incendio en Aragón	26
2.4.4. Campaña actual (2021)	27
2.5. Efectos producidos por los incendios forestales	29
2.5.1. Efecto sobre la atmósfera	29
2.5.2. Efecto sobre la vegetación	31
2.5.3. Efecto sobre la fauna	31
2.5.4. Efecto sobre la erosión y el ciclo hidrológico	32
2.5.5. Efecto sobre el suelo	32
2.5.6. Efecto sobre la salud humana y bienes materiales	33
3. Objetivos del trabajo	34
4. Datos del área de estudio	35
4.1. Ubicación	35
4.1.1. Hojas MTN50	36
4.2. Descripción física	37
4.2.1. Orografía	37

4.2.2. Climatología	38
4.2.3. Flora y fauna	38
4.3. Áreas de interés	39
4.4. Redes de comunicación	39
5. Datos de Partida	40
5.1. Cartografía utilizada	40
5.1.1. Límites comarcales	40
5.1.2. BTN25	40
5.1.3. Modelo Digital de Elevaciones	41
5.1.4. CORINE Land Cover	42
5.1.5. Mapa geológico de Aragón	42
5.2. Imágenes del satélite Landsat 8	42
5.3. Google Earth Pro y Google Maps	43
5.4. Datos climatológicos	43
6. Metodología del trabajo	45
6.1. Modelo propuesto	45
6.2. Procedimiento	49
6.2.1. Elaboración mapa riesgo de ignición	50
6.2.2. Elaboración mapa riesgo de propagación	59
6.2.3. Elaboración mapa peligro de incendios forestales	66
6.2.4. Análisis del peligro de incendios forestales en el periodo estival	67
7. Resultados y análisis	68
7.1. Riesgo de ignición de incendios forestales	68
7.2. Riesgo de propagación de incendios forestales	70
7.3. Peligro de incendios forestales	72
8. Medidas para combatir los incendios forestales	75
8.1. Medidas contra los incendios forestales en la comarca del Matarraña	76
9. Conclusiones	78
10. Agradecimientos	79
Referencias Bibliográficas	80
Anexos	86

1. Introducción

La prevención de los incendios forestales está adquiriendo cada vez más importancia debido a la gran magnitud que están alcanzado hoy en día. Algunos expertos afirman que, aunque el número de incendios forestales ha disminuido mayormente, su intensidad y la superficie a la que afectan han aumentado considerablemente.

Estos grandes incendios forestales fuera de lo normal han llevado a los expertos a definir un nuevo concepto, el de incendios forestales de “Sexta generación”. Según explica Marc Rovira, el máximo responsable del Grupo de Actuaciones Forestales (GRAF) de los Bomberos en Cataluña, en una entrevista para el periódico El País:

Las generaciones fijan la evolución de la tipología de incendios a lo largo de los años y definen con qué problemática nos encontramos en cada caso. Los de primera generación son aquellos fuegos que irrumpen en un paisaje que era agrícola y forestal, pero que ha pasado a ser totalmente forestal. Fuegos típicos de los años sesenta, con un problema de continuidad, porque las llamas no se detienen. En la segunda generación, en los años setenta, ese paisaje continuo se carga de vegetación y el incendio ya tiene velocidad, además de continuidad. La tercera generación, en los años noventa, añade intensidad, con llamas que pueden saltar carreteras y cortafuegos. En la cuarta generación se introduce la interfaz urbano-forestal, el fuego entra en la trama de urbanizaciones y municipios, con lo que pasa a ser un problema de protección civil, porque hay que defender a la gente y las propiedades. La quinta generación es cuando se dan incendios simultáneos con todas las características anteriores.

En 2017 nos dimos cuenta de que hay algunos incendios que queman a mayor velocidad e intensidad. No un poco, sino el doble o el triple. El concepto sexta generación lo acuñamos para identificar aquellos incendios que responden a una dinámica de cambio climático. Vemos incendios en Chile capaces de quemar 8.000 hectáreas a la hora, o en Portugal puntas de hasta 14.000 hectáreas a la hora. Eso va asociado con tormentas de fuego, que se dan cuando el incendio tiene capacidad de generar un pirocúmulo, una nube de fuego que hace crecer el incendio de manera caótica, imprevisible y peligrosa. (Rovira, 2021, entrevista periódico “El País”)

Los incendios forestales suponen un elemento connatural a los paisajes mediterráneos, desempeñando un importante papel de selección que marcó pautas evolutivas en las comunidades vegetales. La actuación del fuego ya sea como elemento natural, ya inducido por el hombre para transformar el uso de la tierra, es multisecular, como lo demuestra la adaptación de la mayor parte de las especies vegetales de nuestro entorno a este fenómeno. (Moreno, 1989)

Sin embargo, aun cuando los incendios sean un hecho natural, con repercusiones incluso benéficas para el ecosistema forestal, la incontrolada proliferación de los mismos en los últimos años ha contribuido a agravar sus efectos. De esta forma, la acción del fuego no se limita a arrasar la vegetación presente, sino que produce un impacto, a veces irreversible, sobre el suelo, que se ve degradado a sus estadios más elementales. Éste es, precisamente, el principal problema de los recientes incendios en los países europeos de clima mediterráneo: los ciclos de ocurrencia se acortan rápidamente en determinados espacios, lo que, combinado con otros factores (climáticos, edafológicos, actividad humana, etc.), conduce a situaciones con peligro muy alto de irreversibilidad. (Vélez, 1986a)

Los incendios forestales constituyen uno de los principales problemas ecológicos planteados en el área mediterránea, debido a la extensión, frecuencia e intensidad que han adquirido en los últimos años. Hay varios elementos estructurales que contribuyen a la ocurrencia de los grandes incendios:

- La creciente acumulación de combustibles en los montes provocada por la falta de rentabilidad de los aprovechamientos forestales y el empleo de combustibles fósiles, el abandono de los cultivos agrícolas que hacen de áreas cortafuegos y la reducción de la ganadería extensiva que contribuye a reducir el combustible favorecen la existencia de grandes espacios continuos de vegetación natural con gran carga de combustible sin elementos de corte necesarios para la frenar el desarrollo de los grandes incendios.
- El envejecimiento de la población rural y despoblamiento de amplias zonas del interior del país reduce la mano de obra cualificada para los trabajos de mantenimiento del espacio forestal y la dotación de personal de las brigadas de extinción.
- La cada vez mayor superficie de la interfaz urbano-forestal y la necesaria obligación de anteponer la defensa de vidas y bienes humanos frente al propio espacio forestal facilitan el desarrollo de los grandes incendios.
- El incremento de las temperaturas provocado por el cambio climático aumenta las condiciones de aridez de la Península Ibérica. La previsión de cada vez más frecuentes episodios de largas sequías y situaciones puntuales de fuertes vientos favorecen las condiciones de propagación del fuego necesarias para la ocurrencia de incendios de grandes dimensiones.

Es por todo esto que este trabajo de fin de grado está centrado en llevar a cabo un análisis del peligro de incendio de una zona del área mediterránea. Los incendios forestales es una problemática que me han causado bastante interés ya que me parece curioso la evolución de las últimas décadas, en las que han pasado de ser cada vez más frecuentes a disminuir dicha frecuencia, pero aumentar en intensidad y velocidad de propagación. Esta disminución en la frecuencia aparición de incendios es debido a las grandes mejoras en la prevención y extinción de los incendios forestales, en cambio, el aumento de intensidad y velocidad es debido a los efectos del cambio climático, que está proporcionando las condiciones necesarias para que se produzcan estos grandes incendios forestales conocidos como de “Sexta generación” o “Superincendios”. De esta forma he elegido este tema de los incendios forestales ya que lo he trabajado algo durante el curso, pero sin llegar a profundizar mucho y me parece un tema importante actualmente como ya he comentado.

La razón de elegir la comarca del Matarraña como área de estudio también se debe a haber trabajado algo con ella durante el curso, pero sin centrarme directamente en dicha comarca ni profundizar en ella, y ya que me parece una comarca interesante y a veces un poco olvidada he decido trabajar con ella.

Otra razón es porque es una zona mediterránea de interior que responde a la problemática que hemos mencionado antes en la que su clima está siendo intensificado por el cambio climático, y en la que además encontramos un desnivel desde la zona montañosa del sur a la zona más deprimida del norte, pudiendo así ver un contraste en el peligro de incendios forestales provocado por la altitud, el cuál es un factor bastante importante como veremos.

Para llevar a cabo dicho análisis se ha decidido elaborar un mapa que represente el peligro de incendios forestales del área de estudio elegida utilizando para ello varias variables relacionadas con el origen y propagación de dichos incendios forestales. Ya elaborado dicho mapa, se ha llevado a cabo el análisis exponiendo que zonas de la comarca del Matarraña tienen mayor peligro y como reducirlo o llevar a cabo medidas para afrontarlo. Además, se ha decidido que dicho análisis se realice solamente del periodo estival, ya que es la época del año en la que aumentan las temperaturas y el clima es más cálido, y por lo tanto el peligro de incendios forestales será mayor.

1.1. Estudios y proyectos relacionados

Por último, me gustaría comentar algunos estudios o publicaciones que tratan de alguna manera el tema en el que está centrado este trabajo y me ha parecido interesante mencionarlos:

- Libro sobre las “Nuevas Tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales” de Emilio Chuvieco y María del Pilar Martín de 2004: dicho libro expone cuáles son las nuevas tecnologías para la estimación de datos relacionados con los incendios forestales y explica cómo funcionan. También presenta y explica varios modelos para el cálculo del riesgo de incendios forestales.
- Publicaciones sobre el Nivel de Alerta de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Aragón: analiza el estado de la vegetación y la situación meteorológica, mostrando la previsión de la precipitación, riesgo de tormenta, temperatura máxima, humedad, viento, disponibilidad del combustible muerto, riesgo de propagación convectiva e incidencias acaecidas en días previos.
El Nivel se da para cada una de las Zonas de Meteocalentamiento de Aragón, pudiendo variar entre cuatro valores: verde, amarillo, naranja y rojo, de menor a mayor riesgo previsto, respectivamente. Se publica diariamente durante la época de máximo riesgo, el resto del año sólo aquellos días en los que el nivel de Alerta aumenta (Gobierno de Aragón).
- Trabajo de Fin de Grado “Cartografiado del peligro de incendios forestales para la comarca de Tafalla (Navarra)” de Francisco Javier Vaquero de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica de la Universidad Politécnica de Valencia: dicho trabajo realiza un cartografiado del peligro de incendios forestales de una zona de comarca navarra de Tafalla en la que sucedió un incendio forestal en 2009.

También me gustaría mencionar al grupo Geoforest (Procesos GEOambientales en Espacios FORESTales) del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza (DGOT-UZ) que forma parte del Grupo de Investigación de Excelencia E-68 en "Geomorfología y Cambio Global" (IPE-CSIC y Universidad de Zaragoza) del Gobierno de Aragón (BOA 54, 15 de mayo de 2006) y del Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA-UZ).

El cual ha trabajado desde la década de los 90 en líneas de investigación enmarcadas en la problemática de los espacios forestales, abarcando la diversidad de procesos ambientales - geomorfológicos, hidrológicos, biogeográficos, edáficos e incluso antrópicos- que confluyen en el ámbito forestal. La aplicación de los resultados de investigación a la gestión del territorio es uno de los objetivos que guía la actividad de este grupo, destacando también en esta línea los trabajos de investigación aplicada sobre paisaje.

Sobre todo, la línea de investigación de “Modelado del riesgo (fuel moisture content, modelos combustibles, ocurrencia, riesgo humano, vulnerabilidad ecológica)”, que tiene actualmente los siguientes cuatro proyectos liderados por E. Chuvieco (Univ. Alcalá):

- FIRERISK - Empleo de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica en la estimación del riesgo de incendios forestales vinculado a la actividad humana. Escala local. Entidad financiadora: MCyT (AGL2000-0842-C04-04). Duración, desde: 2000 hasta: 2003. Investigador responsable: de la Riva, J.R. (subproy. 4).
- FIREMAP-AVEFUEGO (Firemap) - Análisis integrado del riesgo de incendios forestales mediante Teledetección y SIG: Vulnerabilidad de los ecosistemas al fuego. Entidad financiadora: MEC (CGL2001-06049-C04-04/CLI). Duración, desde: 2004 hasta: 2007. Investigador responsable: Baeza (subproy. 4).
- FIREGLOBE - Análisis de escenarios de riesgo a escala nacional y global. Entidad financiadora: MEC (CGL2008-01083/CLI). Duración, desde: 2008 hasta: 2010. Investigador responsable: Chuvieco.
- PYRORAMA Modelado de escenarios futuros de riesgo de incendios y cambios en la ocupación del suelo a escala nacional, subproyecto 1 del proyecto coordinado PYROSKENE Impact of climate change on fire risk scenarios at national and global scales. Entidad financiadora: MEC (CGL2011-29619-C03-01), proyecto coordinado (CGL2011-29619-C03). Duración, desde: 2012 hasta: 2012. Investigador responsable: de la Riva, J.R. (subproy. 1).

2. Antecedentes

Antiguamente los datos estadísticos referentes a los incendios forestales se recogían de forma irregular por los servicios provinciales. A partir de 1955, tras la creación del Servicio de Incendios Forestales, comenzó la sistematización de los datos estadísticos referentes a estos sucesos. En 1967 se confeccionó un modelo de Parte de Incendio (formulario utilizado para la recogida de datos) gracias a que el Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias dispuso de un Gabinete de Cálculo con un computador electrónico. Tras la promulgación de la Ley 81/1968 de 5 de diciembre de 1968, sobre incendios forestales, se comenzó a recoger la información de un modo normalizado.

Durante los años 1984 y 1985 se dio la transferencia de competencias en la gestión de los montes a las Comunidades Autónomas, y en 1992 se creó la Comisión Técnica de Normalización, cuyas funciones posteriormente fueron asumidas por el Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF), con la promulgación del Real Decreto de 1994¹ que creaba la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza. La Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) nos han permitido disponer de la información de los incendios forestales en formato digital desde 1968, lo cuál ha sido disponible gracias a los consensos alcanzados en el seno del Grupo de Trabajo de Estadística de dicho Comité, así como el trabajo de un gran número de personas a lo largo de más de cuatro décadas.

El Área de Defensa contra Incendios Forestales (ADCIF) del actual Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, es el organismo encargado de homogeneizar, mantener, elaborar y publicar esta estadística con carácter nacional, a partir de la información que remiten las Comunidades Autónomas, de cada uno de los siniestros forestales que ocurren en nuestro país.

Desde 1968 se viene editando una publicación anual con la información de los incendios forestales ocurridos durante dicho periodo. En la correspondiente a ese primer año se puede leer el siguiente párrafo que sigue vigente: “Con objeto de dar a conocer a los servicios forestales estos datos, así como a todas las personas interesadas se publica este folleto, con la intención de continuarlo todos los años. En él se recoge una serie de cuadros referidos a 1968. Para enlazar con la información de los años precedentes, se incluyen los datos generales de éstos y unas gráficas, que permiten examinar la evolución del problema de los incendios forestales desde 1961”.

La Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) es la base de datos nacional que recoge todos los incendios que tienen lugar en España. Se elabora en el Centro de Coordinación de la Información Nacional de Incendios Forestales (CCINIF), adscrito al Área de Defensa contra Incendios Forestales (ADCIF), a partir de la información anual suministrada por las comunidades autónomas. Esta base de datos constituye el instrumento básico para la gestión de incendios forestales en España.

¹ Real Decreto 2488/1994, de 23 de diciembre, por el que se determina las funciones de la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza, se dicta las normas que regulan su funcionamiento y se establecen los Comités especializados adscritos a la misma.

EGIF se alimenta a través del denominado Parte de Incendio, un formulario normalizado que se utiliza para la cumplimentación de más de 130 campos de información de cada incendio sucedido anualmente. El Parte es revisado y actualizado periódicamente, por todas las administraciones responsables, a través del Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF). Una vez completada la información de cada año, pasa a formar parte de la Estadística Forestal Española y es asimismo trasladada a la Comisión Europea para formar parte del European Forest Fire Information System (EFFIS). Se han publicado hasta ahora los datos para los decenios de 1996 a 2005 y 2006 a 2015.

2.1. Incendios forestales. Comparación de los últimos seis decenios en España

La tendencia del número de siniestros en el periodo comprendido entre 1961 y 2020 es creciente. En este análisis hay que tener en cuenta la mejora de la recogida de la información a lo largo de los años que ha permitido en la actualidad el registro de todos y cada uno de los siniestros forestales, aunque en ellos no hayan intervenido medios de extinción, mientras que esto no era así en las décadas de los sesenta y setenta.

En el periodo 1991-2000 se dobla el número de siniestros respecto del decenio anterior, alcanzándose una media de 19.097 siniestros al año, disminuyendo ésta hasta 17.127 en el periodo 2001-2010, debido a los años 2007- 2010, periodo en el que se aprecia por primera vez una tendencia decreciente la cual continua en el decenio 2011-2020. El análisis de las superficies afectadas sin embargo ha revelado una evolución diferente, siendo la tendencia creciente hasta mediados de los años 90, y sufriendo posteriormente un notable descenso, debido, no a la disminución en el número de siniestros, si no, a la implementación y constante crecimiento de los dispositivos de extinción de incendios forestales autonómicos tras el traspaso de competencias de los años 80 y el incremento de su eficacia.

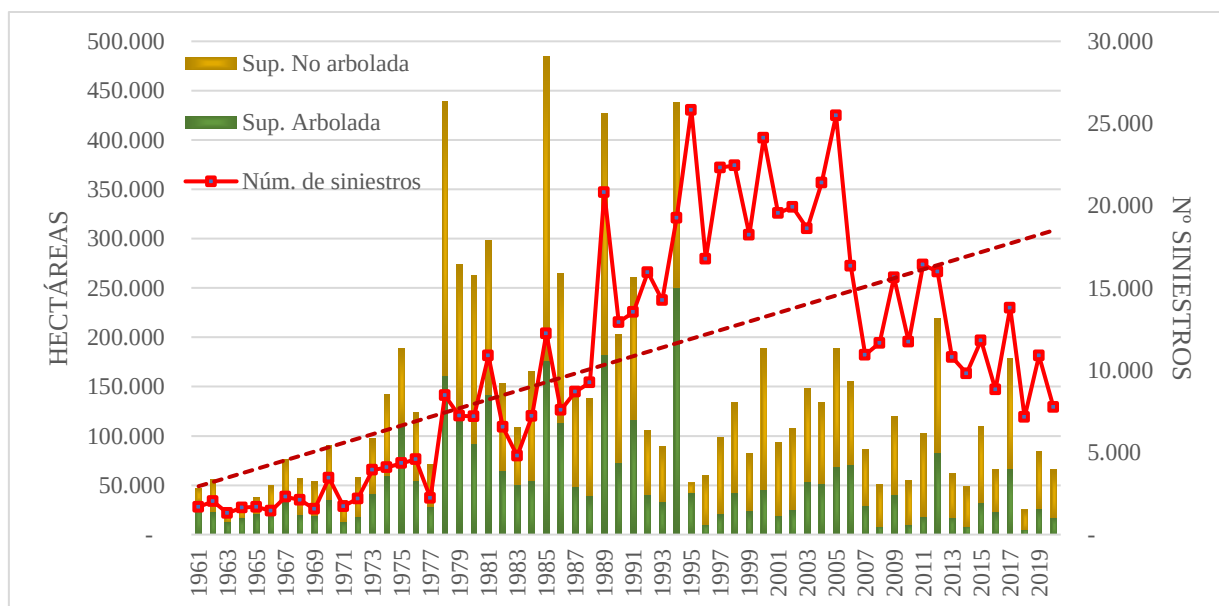


Gráfico 1. Evolución del número de siniestros y superficies afectadas en España, 1961-2020 (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Análisis del peligro de incendios forestales en la comarca del Matarraña (Aragón)

Tabla 1. Número de siniestros y superficies afectadas en España, 1961-2020 (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

AÑO	Núm. de siniestros	SUPERFICIE AFECTADA EN HECTAREAS			AÑO	Núm. de siniestros	SUPERFICIE AFECTADA EN HECTAREAS		
		Arbolada	Desarbolada	Totales			Arbolada	Desarbolada	Totales
1961	1.680	34.056	12.195	46.251	1991	13.531	116.896	143.422	260.318
1962	2.022	23.911	31.571	55.482	1992	15.955	40.438	64.839	105.277
1963	1.302	13.279	9.400	22.679	1993	14.254	33.161	56.106	89.267
1964	1.645	17.671	13.727	31.398	1994	19.263	250.433	187.202	437.635
1965	1.686	21.777	16.241	38.018	1995	25.827	42.389	10.195	52.584
1966	1.443	24.644	24.710	49.354	1996	16.771	10.531	49.283	59.814
1967	2.299	33.930	42.645	76.575	1997	22.320	21.326	77.177	98.503
1968	2.115	20.449	36.048	56.497	1998	22.446	42.959	90.684	133.643
1969	1.558	19.238	34.501	53.739	1999	18.237	24.034	58.183	82.217
1970	3.450	35.723	54.824	90.547	2000	24.118	46.138	142.448	188.586
1971	1.718	13.234	21.810	35.044	2001	19.547	19.363	73.934	93.297
1972	2.194	18.412	39.341	57.753	2002	19.929	25.197	82.267	107.464
1973	3.932	41.233	55.756	96.989	2003	18.616	53.673	94.499	148.172
1974	4.088	59.822	82.293	142.115	2004	21.396	51.732	82.460	134.192
1975	4.340	110.679	77.916	188.595	2005	25.492	69.397	119.301	188.698
1976	4.577	55.308	68.269	123.577	2006	16.334	71.065	84.280	155.345
1977	2.221	28.977	41.772	70.749	2007	10.936	29.409	56.713	86.122
1978	8.471	161.698	277.828	439.526	2008	11.655	8.443	41.879	50.322
1979	7.222	120.153	153.414	273.567	2009	15.643	40.402	79.692	120.094
1980	7.190	92.293	170.724	263.017	2010	11.721	10.185	44.585	54.770
1981	10.878	141.631	156.657	298.288	2011	16.414	18.848	83.314	102.162
1982	6.545	65.326	87.577	152.903	2012	15.997	83.060	135.897	218.957
1983	4.791	50.930	57.170	108.100	2013	10.797	17.704	43.986	61.690
1984	7.203	54.491	110.628	165.119	2014	9.806	8.284	40.434	48.718
1985	12.238	176.266	308.210	484.476	2015	11.810	32.877	76.906	109.783
1986	7.570	113.923	150.964	264.887	2016	8.817	23.174	42.643	65.817
1987	8.679	48.993	97.669	146.662	2017	13.793	66.839	111.395	178.234
1988	9.247	39.521	98.213	137.734	2018	7.143	4.739	20.423	25.162
1989	20.811	182.448	244.245	426.693	2019	10.883	26.252	57.711	83.963
1990	12.913	72.993	130.039	203.032	2020	7.745	17.378	48.545	65.923

Como todo fenómeno dependiente de la meteorología, tanto el número de siniestros como las superficies afectadas presentan años con picos que desestabilizan las tendencias. El mayor número de siniestros se produjo en 1995 con un total de 25.827 y el año de mayor superficie forestal afectada fue 1985 con 484.46 hectáreas.

La tabla 2 muestra la comparación de las principales variables en los distintos decenios. La suma de las superficies de los distintos años no es la superficie total recorrida por el fuego, ni puede ser utilizada para obtener porcentajes respecto a la superficie forestal existente ya que, en ocasiones, una misma área puede haber sido afectada por diferentes siniestros. Por el contrario, el número de siniestros si puede ser objeto de suma. En los Gráficos 2, 3 y 4 se detalla la evolución de las tres variables en los últimos seis decenios. El número de siniestros muestra en los dos últimos decenios una tendencia decreciente.

Tabla 2. Comparación del N.º de siniestros de los últimos seis decenios en España (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

N.º de siniestros											
Decenio 1961-70		Decenio 1971-80		Decenio 1981-90		Decenio 1991-2000		Decenio 2001-2010		Decenio 2011-2020	
Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º
1961	1.680	1971	1.718	1981	10.878	1991	13.531	2001	19.547	2011	16.414
1962	2.022	1972	2.194	1982	6.545	1992	15.955	2002	19.929	2012	15.997
1963	1.302	1973	3.932	1983	4.791	1993	14.254	2003	18.616	2013	10.797
1964	1.645	1974	4.088	1984	7.203	1994	19.263	2004	21.396	2014	9.806
1965	1.686	1975	4.340	1985	12.238	1995	25.827	2005	25.492	2015	11.810
1966	1.443	1976	4.577	1986	7.570	1996	16.771	2006	16.334	2016	8.817
1967	2.299	1977	2.221	1987	8.679	1997	22.320	2007	10.936	2017	13.793
1968	2.115	1978	8.471	1988	9.247	1998	22.446	2008	11.655	2018	7.143
1969	1.558	1979	7.222	1989	20.811	1999	18.237	2009	15.643	2019	10.883
1970	3.450	1980	7.190	1990	12.913	2000	24.118	2010	11.721	2020	7.745
Media	1.920	Media	4.595	Media	10.088	Media	19.272	Media	17.127	Media	11.321

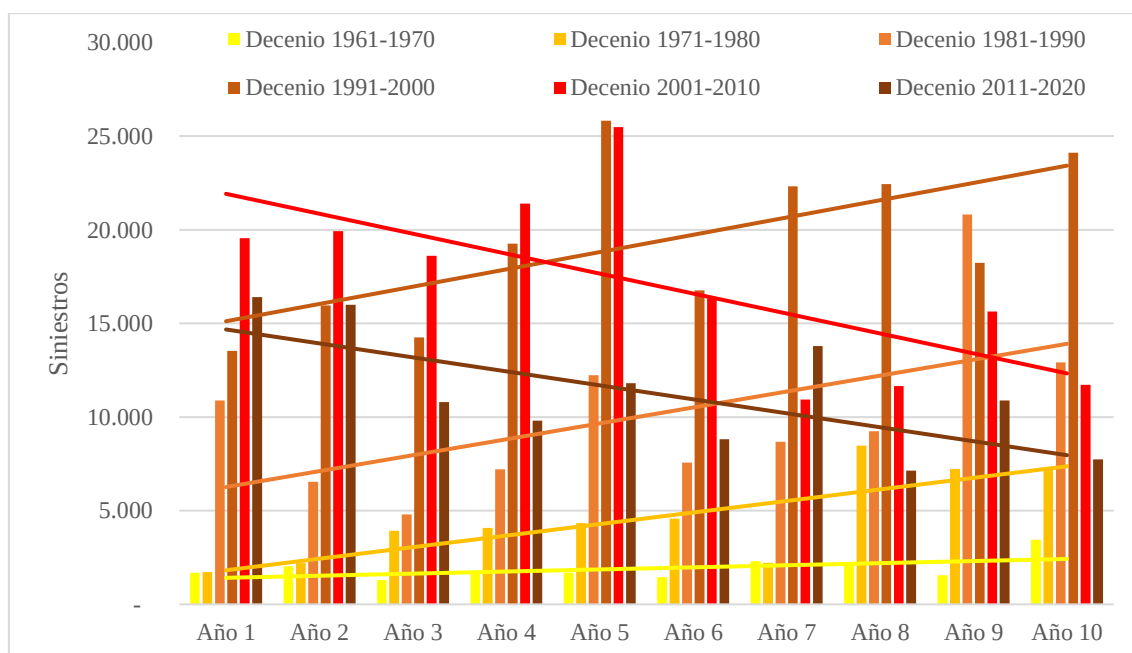


Gráfico 2. Evolución del número de siniestros por decenios en España (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Tabla 3. Comparación de la superficie forestal arbolada quemada de los últimos seis decenios en España (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Superficie forestal arbolada quemada (ha)											
Decenio 1961-70		Decenio 1971-80		Decenio 1981-90		Decenio 1991-2000		Decenio 2001-2010		Decenio 2011-2020	
Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.
1961	34.056	1971	13.234	1981	141.631	1991	116.896	2001	19.363	2011	18.848
1962	23.911	1972	18.412	1982	65.326	1992	40.438	2002	25.197	2012	83.060
1963	13.279	1973	41.233	1983	50.930	1993	33.161	2003	53.673	2013	17.704
1964	17.671	1974	59.822	1984	54.491	1994	250.433	2004	51.732	2014	8.284
1965	21.777	1975	110.679	1985	176.266	1995	42.389	2005	69.397	2015	32.877
1966	24.644	1976	55.308	1986	113.923	1996	10.531	2006	71.065	2016	23.174
1967	33.930	1977	28.977	1987	48.993	1997	21.326	2007	29.409	2017	66.839
1968	20.449	1978	161.698	1988	39.521	1998	42.959	2008	8.443	2018	4.739
1969	19.238	1979	120.153	1989	182.448	1999	24.034	2009	40.402	2019	26.252
1970	35.723	1980	92.293	1990	72.993	2000	46.138	2010	10.185	2020	17.378
Media	24.468	Media	70.181	Media	94.652	Media	62.831	Media	37.887	Media	29.916

En cuanto a superficies arboladas se aprecia una tendencia creciente en la década de los 70, una estabilización en los 80, una tendencia decreciente en los 90 y finalmente de nuevo una tendencia a la estabilización en las dos últimas décadas, con unas cifras inferiores a las de las décadas precedentes.

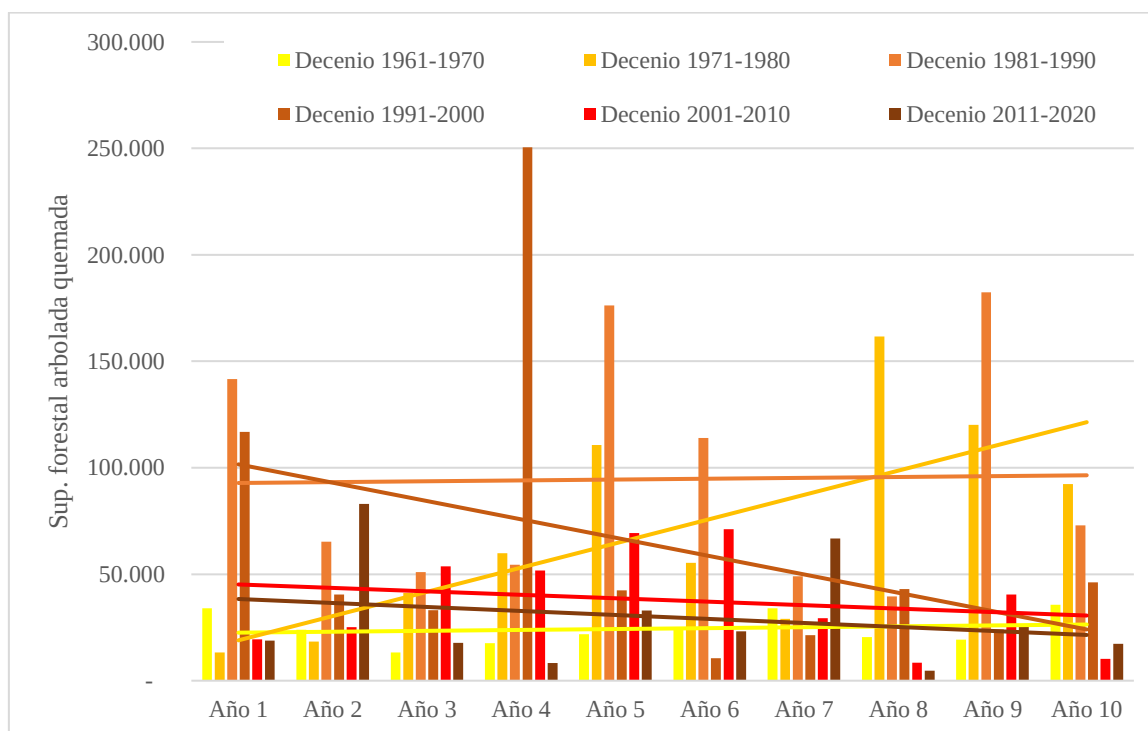


Gráfico 3. Evolución de la superficie forestal arbolada quemada por decenios en España (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Tabla 4. Comparación de la superficie forestal total quemada de los últimos seis decenios en España (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Superficie forestal total quemada (ha)											
Decenio 1961-70		Decenio 1971-80		Decenio 1981-90		Decenio 1991-2000		Decenio 2001-2010		Decenio 2011-2020	
Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.
1961	46.251	1971	35.044	1981	298.288	1991	260.318	2001	93.297	2011	102.162
1962	55.482	1972	57.753	1982	152.903	1992	105.277	2002	107.464	2012	218.957
1963	22.679	1973	96.989	1983	108.100	1993	89.267	2003	148.172	2013	61.690
1964	31.398	1974	142.115	1984	165.119	1994	437.635	2004	134.192	2014	48.718
1965	38.018	1975	188.595	1985	484.476	1995	52.584	2005	188.698	2015	109.783
1966	49.354	1976	123.577	1986	264.887	1996	59.814	2006	155.345	2016	65.817
1967	76.575	1977	70.749	1987	146.662	1997	98.503	2007	86.122	2017	178.234
1968	56.497	1978	439.526	1988	137.734	1998	133.643	2008	50.322	2018	25.162
1969	53.739	1979	273.567	1989	426.693	1999	82.217	2009	120.094	2019	83.963
1970	90.547	1980	263.017	1990	203.032	2000	188.586	2010	54.770	2020	65.923
Media	52.054	Media	169.093	Media	238.789	Media	150.784	Media	113.848	Media	96.041

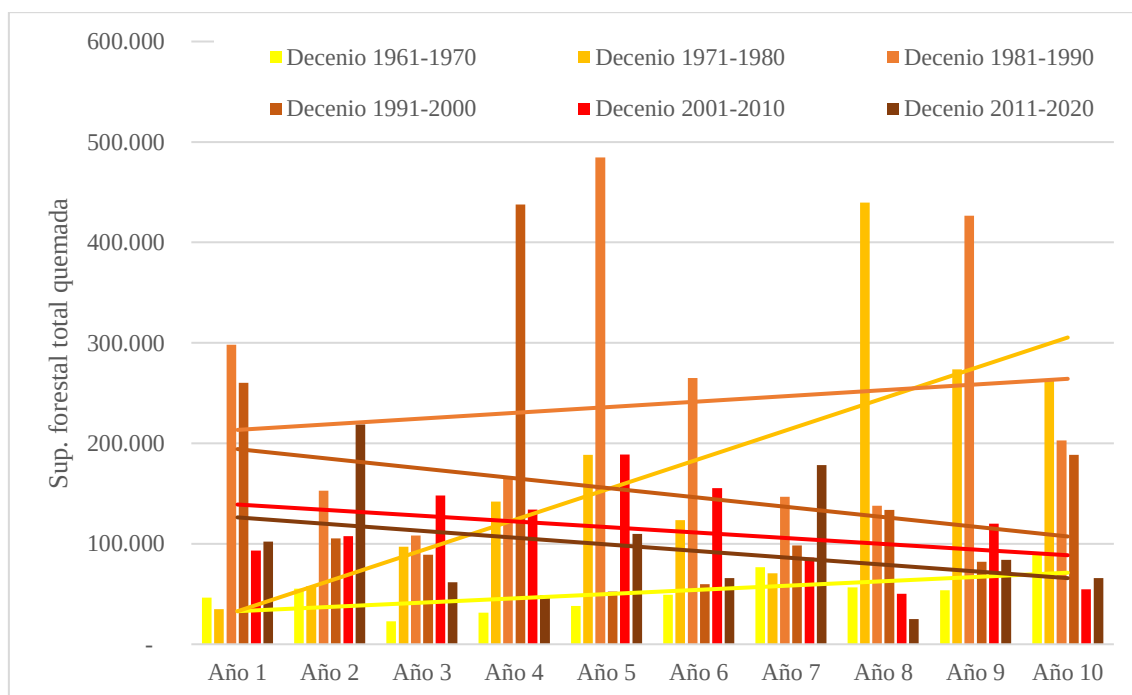


Gráfico 4. Evolución de la superficie forestal total quemada por decenios en España (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Y respecto de las superficies forestales totales quemadas se aprecia en el Gráfico 4 una tendencia decreciente del último decenio, con una pendiente menor que la del decenio anterior de los años 2000, pero con cifras absolutas menores, situándose la media de hectáreas afectadas en el periodo 2011-2020 en 96.041.

2.1.1 Grandes Incendios Forestales. Historia

Un Gran Incendio Forestal (GIF), en España, se considera todo aquel incendio que llega a las 500 ha de superficie forestal quemada, y 250 ha en las islas Canarias.

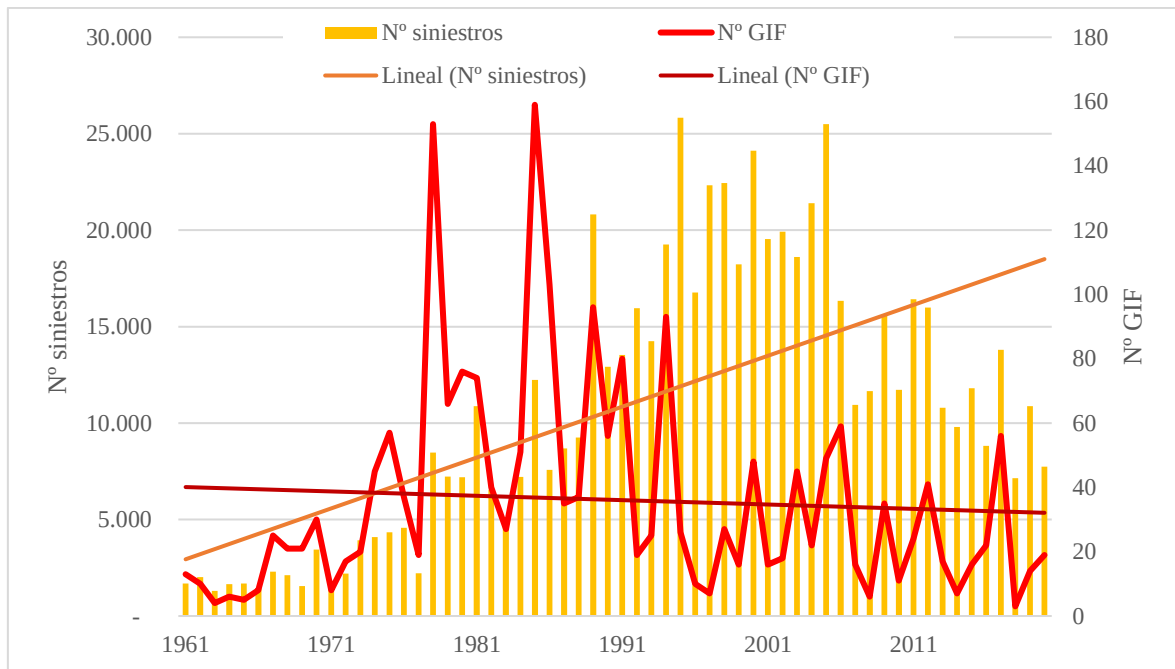


Gráfico 5. Evolución del número total de siniestros y de los grandes incendios forestales en España, 1961-2020 (Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

La década 1980-1989 fue el periodo en el que se registró una mayor incidencia de los grandes incendios forestales, con una media decenal de 70 GIF/año. Una de las causas de esto fue la ocurrencia de un largo periodo de sequía que se prolongó desde 1978 a 1984. 1978, primer año de este periodo seco, registró el segundo valor máximo en número de grandes incendios, 153, 108 incendios más que la media de la década de los 70, que se situó en 45 grandes incendios forestales por año. (Cubo, Enríquez, Gallar, Jemes, López et al, 2012)

A partir de este año 1978, se registra un número de grandes incendios forestales en progresión ascendente que culmina en los 159 grandes incendios ocurridos en 1985, registrándose el máximo número de GIF de este periodo 1970-2020, y superando este valor en 86 unidades el valor medio de la década de los 80, que se sitúa en 70 GIF. Le siguió un año 1986 con 103 GIF, el tercer valor más alto de la serie. Sin embargo, el valor máximo en número total de siniestros, en dicha década, fue 1989 que superó a 1985 en 8.015 siniestros y que, con 96 GIF, fue el cuarto año de mayor número de GIF y el primero en los últimos 31 años. La publicación de estadística de incendios forestales de 1989 señala la mayor sequía de la que se tenía noticia en el norte y oeste del país.

En los años 90, fue 1994, con 93 GIF, el peor año no tanto por número de siniestros sino por las superficies afectadas, que supusieron un 77 % de la superficie forestal total afectada por incendios forestales. Desde 1992 y hasta 1996 en España se vivió otro periodo de intensa sequía. A pesar de ello, la media anual de GIF descendió a 36, aproximadamente la mitad que en la década anterior.

2.2. Origen y factores que intervienen en los incendios forestales

Origen:

Un incendio se puede provocar en cualquier espacio de tiempo a lo largo del año, pero suele ser más común en épocas con estaciones cálidas. Es difícil conocer el origen exacto de un incendio forestal, pero en su mayoría los incendios se provocan por causas humanas, aunque también puede darse de forma natural por la caída de un rayo o la combustión espontánea de biomasa seca, repartiendo sus valores entre un 90 % humanos y 10% naturales. (Adell, De la Fuente, Alonso, Roig & Calvo, 2008)

Factores: Existen tres tipos de factores que afectan a los incendios forestales que pueden ser naturales o humanos:

❖ Factores que favorecen su aparición:

- Naturales:
 - Sequías: provocan la sequedad de la vegetación, disminuyendo su contenido de humedad y de cantidad de vegetación viva, beneficiando su combustión.
 - Temperaturas extremas: las altas temperaturas provocan las sequías y propician el ambiente perfecto para la aparición de incendios y su propagación.
 - Rayos: Existen dos tipos: “fríos” y “calientes”. Los rayos fríos comprenden una corriente eléctrica intensa, pero de duración relativamente corta. Los rayos calientes tienen corrientes con menos voltaje, pero ocurren durante un período de tiempo más largo. En este sentido, y de acuerdo con el Servicio de Parques de los Estados Unidos, los incendios forestales de origen natural, generalmente se inician con rayos calientes inusualmente duraderos. Estos pueden arder por horas antes de ser detectados por las autoridades, lo cual complica su control.
- Humanos:
 - No intencionados:
 - Factores demográficos: Despoblación de las zonas rurales. Abandono de los espacios forestales y la tendencia al abandono de las actividades agrícolas tradicionales.
 - Factores económicos: Actividades económicas en zonas forestales. Usos recreativos en zonas forestales.
 - Intencionado:
 - Factores económicos: especulaciones urbanísticas, obtención de subvenciones, especulaciones en el precio de la madera, tala de bosques, etc.
 - Factores sociales: Pirómanos, vandalismo, delincuencia, etc.

Además, existen otros factores que pueden intensificar la acción de los incendios forestales o en caso contrario atenuarlos:

❖ Factores intensificadores:

- Las sequías y las temperaturas extremas, además de ser factores desencadenantes, también lo son intensificadores ya que ayudan a que los incendios perduren y se propaguen con mayor facilidad.
- El viento es un factor determinante de la intensidad, dirección y velocidad de propagación del fuego y, por tanto, significa un condicionante fundamental en la lucha contra los incendios forestales. Los principales efectos del viento sobre el incendio son los siguientes:
 1. Desecación de la vegetación, que no ha sido afectada por el fuego, adelantando el momento de su quema.
 2. Avivar el fuego mediante la aportación de mayores cantidades de oxígeno a la combustión.
 3. Propagación de las llamas hacia el combustible que está sin arder provocando su ignición.
 4. Desplazamiento de chispas o pavesas a zonas no incendiadas que ocasionarán focos secundarios en el incendio.
 5. Cambios imprevisibles en el avance del fuego como consecuencia de las variaciones en la velocidad y la dirección del viento.En general, cuanto mayor sea la velocidad del viento mayor será la intensidad y velocidad de propagación del fuego.
- La topografía del terreno también es un factor intensificador, que afecta a otros factores intensificadores como el viento y las temperaturas. La topografía puede favorecer la aparición e intensidad de los vientos, así como la disposición de la vegetación. La exposición de una ladera esté, orientada al Sur, solana, o al Norte, umbría, influye, ya que las cantidades de calor del sol que recibe son distintas y como consecuencia también tienen distinta cantidad de combustible. En general las solanas están sometidas a una mayor insolación por lo que tienen menor humedad y menos vegetación que las umbrías favoreciendo la aparición y propagación de incendios.

❖ Factores atenuantes:

- Naturales:
 - La humedad ayuda a la extinción de los incendios al igual que las bajas temperaturas.
 - Las precipitaciones son un factor atenuante importante, aunque no extingue los incendios forestales siempre reduce su intensidad.
 - Los cambios de dirección del viento sus efectos no siempre serán negativos, pues un cambio en el sentido contrario al avance del fuego puede contribuir a su extinción.
- Humanos:
 - La acción de los bomberos extinguiendo el fuego y aumentando la humedad relativa de las zonas cercanas al incendio para evitar su propagación creando cortafuegos.

2.2.1. Causas de los incendios forestales en España, 2001-2010

Las causas de los incendios forestales en España se clasifican en cinco grandes grupos:

- Rayo.
- Negligencias y causas accidentales.
- Intencionadas.
- Desconocidas.
- Reproducciones de incendios anteriores.

Las causas accidentales y negligentes se dividen a su vez en diversos grupos de causas recogidas en el parte de incendio (quemas agrícolas, quemas para regeneración de pastos, trabajos forestales, hogueras, fumadores, etc.). Asimismo, en las causas intencionadas se detalla la motivación, desglosadas éstas mediante códigos.

En la tabla 5 se muestra para el decenio las causas para el total nacional, detallando para cada tipo de causa el número de siniestros y la superficie afectada.

El porcentaje de siniestros con causa conocida para el conjunto del decenio supera el 84,62 % del total.

El 78 % del total de los siniestros tienen origen antrópico, bien sean debidos a negligencias y causas accidentales, bien sean intencionados, afectando éstos al 82,6 % de la superficie total forestal.

Tabla 5. Análisis de causas de incendios en España: total de montes, 2001-2010 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Causa	Nº de siniestros			Nº de causantes identificados	Superficies			
	Tipo de causa		Total		Vegetación leñosa		Vegetación herbácea	Total forestal
	Cierta	Supuesta			Arbolada	No Arbolada		
Rayo	6.576	923	7.499	7.499	37.175,67	35.377,12	10.762,15	83.314,94
Quema agrícola	4.972	3.810	8.782	2.658	11.100,24	11.252,31	5.821,67	28.174,22
Quema para reg. pastos	2.066	3.168	5.234	428	2.854,00	20.742,89	7.082,97	30.679,86
Trabajos forestales	1.434	532	1.966	1.158	3.844,68	3.822,31	883,27	8.550,26
Hogueras	1.019	700	1.719	418	14.364,77	6.390,61	2.014,35	22.769,73
Fumadores	979	2.277	3.256	140	6.645,37	7.838,85	2.848,50	17.332,72
Quema de basuras	864	841	1.705	278	2.902,06	5.041,83	1.814,32	9.758,21
Escape de vertedero	732	407	1.139	1.073	1.733,66	3.905,45	1.903,13	7.542,24
Quema de matorral	1.298	1.576	2.874	308	1.507,73	5.198,96	528,52	7.235,21
Ferrocarril	603	368	971	971	3.721,84	3.323,67	2.159,31	9.204,82
Líneas eléctricas	1.616	559	2.175	2.175	9.144,87	9.234,21	4.763,20	23.142,28
Motores y máquinas	2.773	1.022	3.795	2.132	12.833,54	19.749,02	10.973,56	43.556,12
Maniobras militares	72	11	83	68	3.649,79	4.356,69	2.990,49	10.996,97
Otras	2.592	3.534	6.126	1.056	12.307,83	19.352,26	12.729,98	44.390,07
Neglig. y causas accidentales	21.020	18.805	39.825	12.863	86.610,38	120.209,06	56.513,27	263.332,71
Intencionado	17.167	76.322	93.489	1.428	222.724,80	388.198,07	65.544,92	676.467,79
Desconocida	26.267	0	26.267	1	26.060,04	54.112,49	18.001,87	98.174,40
Reproducción	1.584	2.158	3.742	3.703	6.102,12	8.915,34	1.258,40	16.275,86
TOTALES	72.614	98.208	170.822*	25.494	378.673,01	606.812,08	152.080,61	1.137.565,70*

* No incluye los datos de Navarra para el año 2001 (448 siniestros y 911,53 ha de superficie total afectada) por no disponer de ellos desglosados por causa y tipo de vegetación afectada.

Los incendios intencionados son los más numerosos, representan más de la mitad del total y el 60% de la superficie afectada. Dado que la intencionalidad incluye tanto acción dolosa como culposa del causante, se incluyen en este apartado las quemas agrícolas, de eliminación de matorral y de regeneración de pastos que se dejan arder de forma incontrolada, afectando al monte.

Dentro de las negligencias y accidentes, responsables del 23,31 % de los siniestros y del 23,15 % de la superficie afectada, las quemas agrícolas junto con las quemas para regeneración de pastos son las que mayor porcentaje suponen tanto en número de siniestros (8,21 %) como en superficie afectada (5,17 %), a excepción de la tipología “otras”.

En el Gráfico 6 se representan según estos cinco grupos de causas el número de siniestros y las superficies afectadas arbolada y forestal para el conjunto nacional y para el decenio.

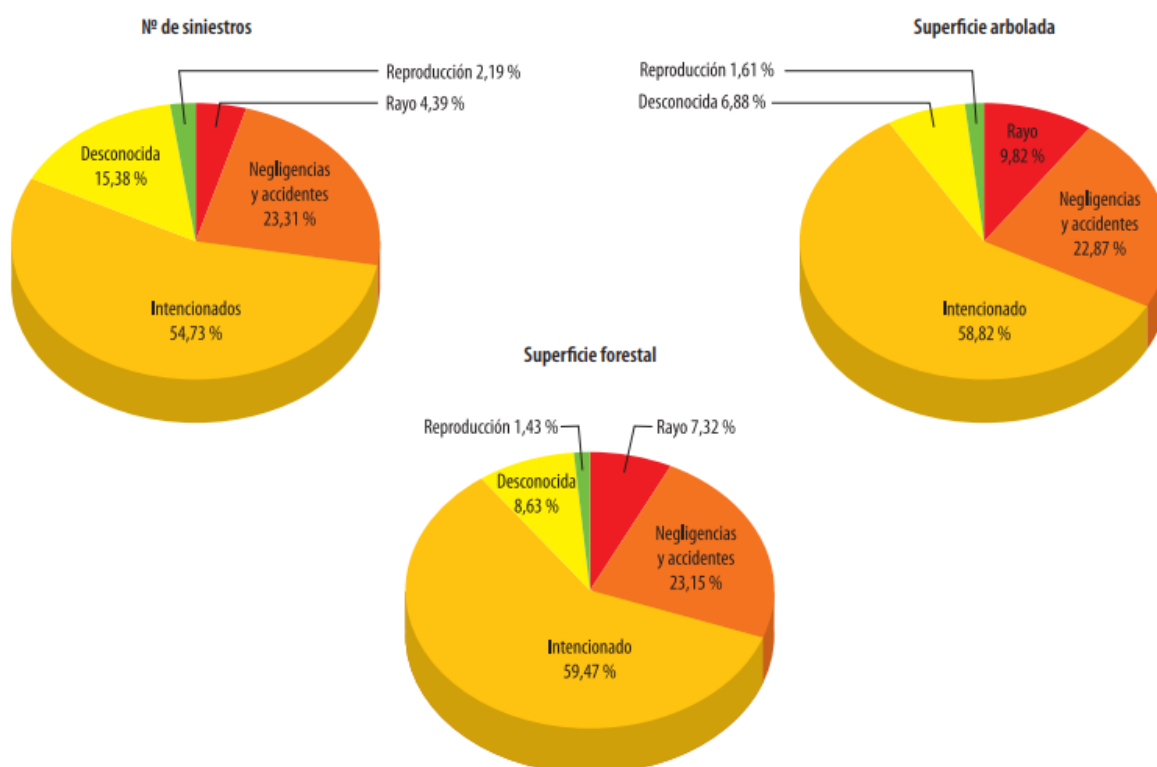


Gráfico 6. Número de siniestros y superficies afectadas por grupos de causas en España, 2001-2010 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Debido a las grandes diferencias de causas existentes entre las diferentes zonas de la geografía española, los Gráficos 7, 8 y 9 muestran el número de siniestros y las superficies afectadas por áreas geográficas. Cabe destacar los altos porcentajes, tanto en número de siniestros como en superficies afectadas, de la intencionalidad en el Noroeste. También en Canarias la superficie forestal afectada corresponde en su mayoría a incendios intencionados, si bien el porcentaje de éstos, en relación con el número total de siniestros se sitúa en torno a un tercio del total, igual que para las Comunidades Interiores y el Mediterráneo. En éstas últimas tienen un peso importante en número los siniestros debidos a negligencias y causas accidentales, que suponen en las Comunidades Interiores el 43 % y en el Mediterráneo el 46 % respecto al total. La mayoría de los incendios producidos por rayo se concentran en las Comunidades Interiores y en el área del Mediterráneo.

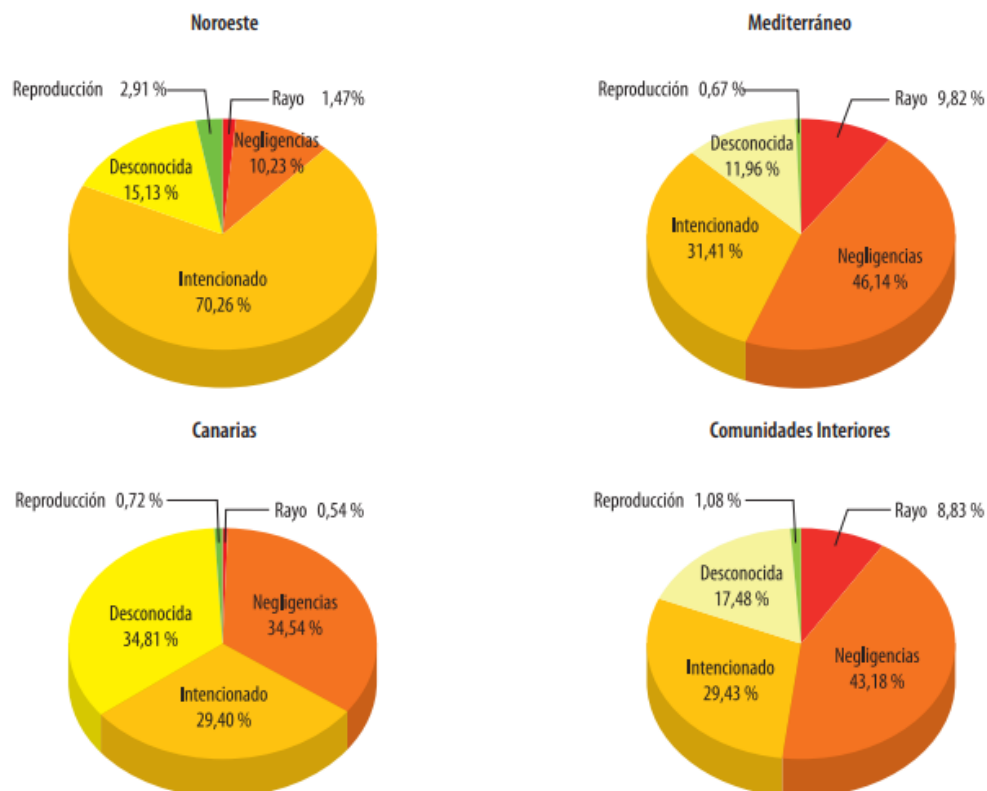


Gráfico 7. Número de siniestros por áreas geográficas y grupos de causas en España, 2001-2010 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

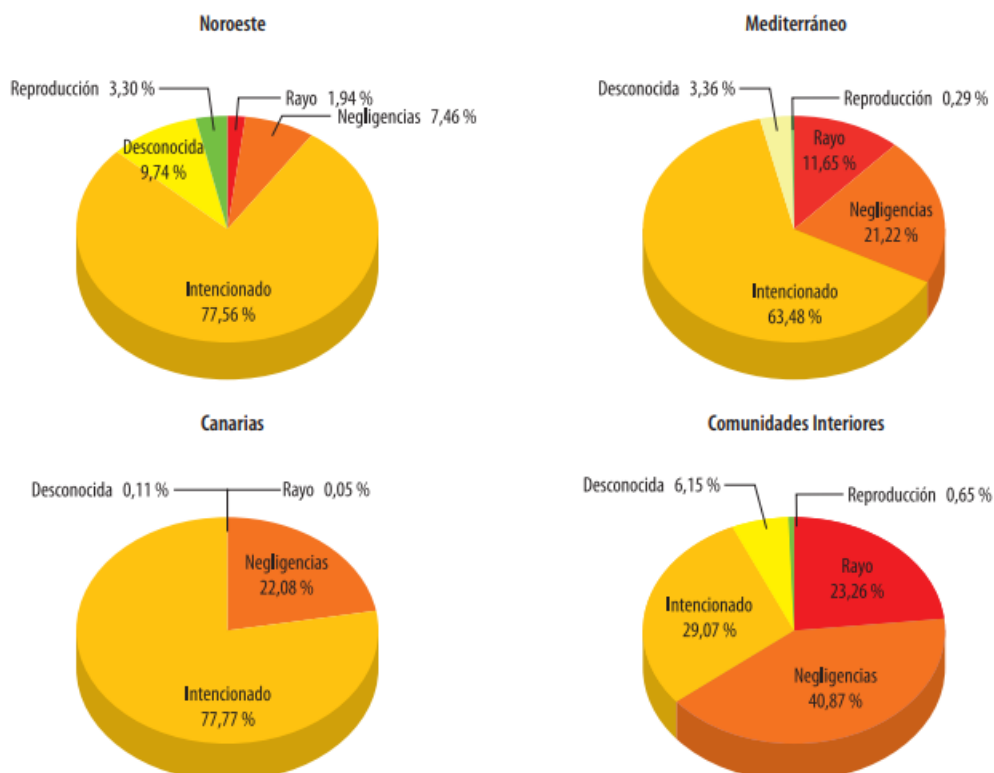


Gráfico 8. Superficie arbolada afectada por áreas geográficas y grupos de causas en España, 2001-2010 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

Análisis del peligro de incendios forestales en la comarca del Matarraña (Aragón)

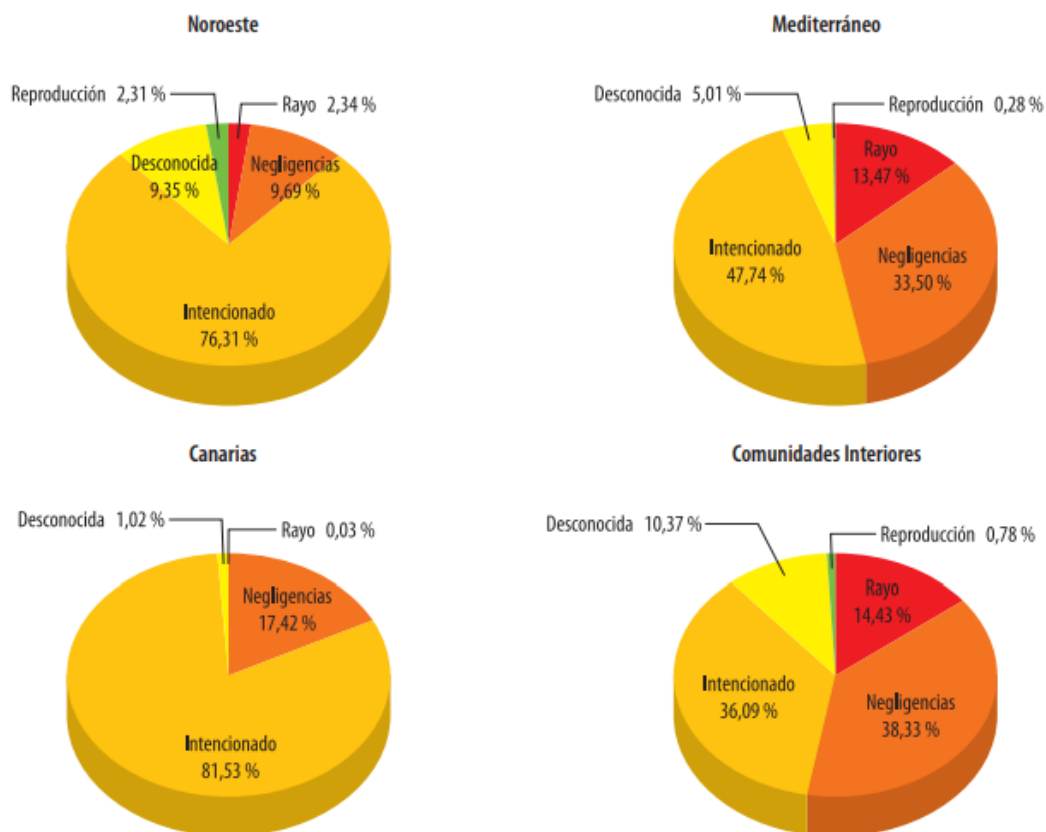


Gráfico 9. Superficie forestal afectada por áreas geográficas y grupos de causas en España, 2001-2010 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

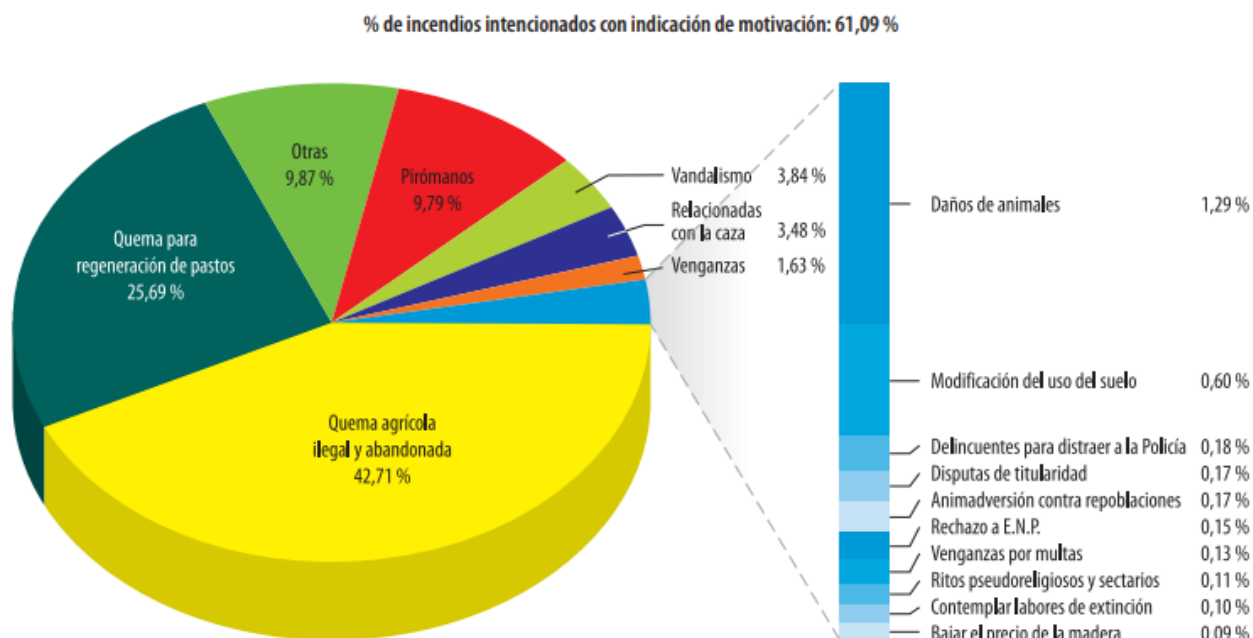


Gráfico 10. Motivaciones de incendios intencionados en España, 2001-2010 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España).

2.3. La defensa contra los incendios forestales en España

En el último decenio 2011-2020 se observa una tendencia decreciente tanto en el número de incendios forestales como en la superficie afectada, pero debido al cambio climático algunos de estos pocos incendios forestales adquieren una gran magnitud en cuanto a superficie afectada e intensidad, nunca vistas anteriormente. Es por ello que se debe tener un buen sistema de defensa contra los incendios forestales, tanto en prevención, la cuál es muy importante, como en extinción.

2.3.1. Equipos de prevención integral de incendios forestales (EPRIF)

En 1998 se crearon los Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF) para intervenir en el territorio sobre las causas que generan los incendios forestales, incidiendo de forma directa sobre la población adulta.

Los EPRIF realizan su trabajo colaborando con los servicios forestales de las comunidades autónomas entre los meses de noviembre y mayo.

El método de trabajo se basa en la conciliación de intereses de los distintos colectivos presentes en el territorio, proponiendo y aplicando medidas específicas y equilibradas que sirvan de control y mejora de la vegetación y contribuyan a mantener los usos tradicionales de la población rural. Para ello los EPRIF valoran y consensuan las acciones a adoptar, de acuerdo con las necesidades detectadas y en el marco de la normativa vigente en cada comunidad autónoma.

Los EPRIF son equipos formados por dos técnicos y dos capataces, cuando actúan en un ámbito comarcal, o dos técnicos cuando actúan a nivel provincial. Se trata de personal experimentado que en época estival trabaja en extinción.

En las zonas donde los incendios forestales tienen relación con diversas actividades humanas los EPRIF desarrollan sus trabajos, en coordinación con los servicios forestales de las comunidades autónomas, programando y ejecutando intervenciones.

Las actuaciones más significativas de los EPRIF incluyen quemas prescritas, desbroces, roturaciones, acciones de sensibilización, actividades y trabajos de prevención de diversa índole y asesoramiento técnico.

Las acciones de los EPRIF son planificadas y desarrolladas atendiendo a la singularidad de cada zona y en coordinación con otros medios de las comunidades o del Estado.

En zonas del norte y noroeste peninsular adquiere una especial relevancia la realización de quemas prescritas, siempre a demanda de la población rural y los servicios de prevención de incendios, buscando la compatibilidad entre la protección de los montes y su aprovechamiento. Con las quemas se busca modificar la estructura de la vegetación para mejorar los pastos, facilitar el tránsito y acceso al monte, mejorar hábitats para determinadas especies silvestres o crear discontinuidades protectoras frente a incendios.

En otras zonas las prioridades de los EPRIF están relacionadas con el asesoramiento sobre planes de prevención a los municipios o la realización de trabajos de selvicultura preventiva que contribuyan a disminuir el riesgo de incendios.

En todas las zonas la sensibilización de la población rural representa la estrategia clave de integración de los EPRIF con la sociedad y la mejor forma de conocer los problemas existentes en el territorio. Se persigue así que los colectivos rurales sean conscientes de las consecuencias negativas de las malas prácticas, como el empleo indebido del fuego, y cómo mediante un manejo adecuado se puede conseguir los objetivos perseguidos de manera sostenible y respetuosa con el patrimonio natural. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España, 2021)

2.3.2. Brigada de labores preventivas (BLP)

Las BLP realizan labores selvícolas de prevención de incendios forestales, fuera de la campaña de extinción, en el entorno de las 10 bases donde se ubican.

El servicio de Brigadas de Labores Preventivas está formado por personal BRIF que trabaja fuera de las campañas de extinción. Su trabajo consiste en la reducción y control de combustibles forestales, haciendo más resistentes los montes al inicio y propagación del fuego y facilitando la extinción en caso de producirse un incendio. El control del combustible se consigue por la ruptura de la continuidad espacial de vegetación, mediante desbroces, podas, aclareos, etc., en especial en zonas de difícil mecanización.

El servicio tiene la suficiente flexibilidad como para movilizarse a cualquier zona cuando circunstancias sobrevenidas así lo requieren y se desarrolla mediante acuerdos entre las comunidades autónomas implicadas y el Ministerio, quien cubre los costes de personal y medios auxiliares necesarios. Las BLP se ponen a disposición de administraciones públicas y propietarios forestales.

El personal de las brigadas domina todo tipo de herramientas forestales y técnicas de manejo de la vegetación. Está coordinado por un técnico con formación forestal universitaria y se organizan en cuadrillas dirigidas por un capataz, encargado de supervisar la ejecución de los trabajos. El colectivo de trabajadores ocupado en los servicios de BLP y de BRIF está compuesto directamente por cerca de 500 personas entre técnicos, capataces, especialistas y preparadores físicos.

El objetivo perseguido con este servicio es doble. Por un lado, se favorece ejecución de trabajos selvícolas preventivos frente al riesgo de incendios, en colaboración con las administraciones autonómicas competentes. Al mismo tiempo se facilita la continuidad de los especialistas durante todo el año, lo que les permite adquirir destrezas y conocimientos que incrementan su propia seguridad y eficiencia en las acciones de combate contra incendios forestales.

Durante el servicio también se realizan actividades específicas de formación (seguridad, labores de extinción, maniobras de autoprotección, etc.) que junto con la preparación física continuada contribuyen a la profesionalización de los trabajadores. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España, 2021)

2.3.3. Campañas de sensibilización

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico continúa desarrollando las campañas de sensibilización para la prevención de incendios forestales. Anualmente se realiza una campaña dirigida a la población en general, para recordar en la época estival el elevado riesgo de incendios que amenazan los montes y la necesidad de que todos extremen las precauciones y contribuyan a prevenir los incendios forestales. La herramienta utilizada ha seguido siendo la publicidad en medios de comunicación tradicionales, televisión, prensa y radio, y en otros soportes como vallas y cartelería.

En el caso de la población escolar, anualmente se han realizado visitas a más de mil centros escolares de toda España con propuestas didácticas de educación ambiental, para sensibilizarles frente a la amenaza de los incendios forestales, de forma lúdica y participativa.

2.3.4. Aprovechamiento de la biomasa forestal

España debe reforzar su marco jurídico para garantizar que el aumento de la demanda de biomasa forestal para aprovechamiento energético que prevé el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) se realice bajo estrictos criterios de sostenibilidad, evitar deficiencias en el régimen de control de los aprovechamientos de biomasa forestal residual a nivel autonómico, y aumentar la transparencia y el acceso a la información sobre el abastecimiento sostenible de la biomasa y su uso energético en el sector eléctrico.

El Instituto Internacional de Derecho y Medio Ambiente (IIDMA) ha presentado su informe “Biomasa forestal: Régimen jurídico de su aprovechamiento energético en España”, en el que analiza el contexto de la biomasa en el sector eléctrico español y el marco normativo europeo que rige su desarrollo, así como la legislación forestal que regula los aprovechamientos maderables y leñosos de biomasa forestal a nivel estatal y en 11 CC. AA con presencia de plantas de generación eléctrica, y proporciona una serie de recomendaciones.

La descarbonización del sistema energético a través del abastecimiento sostenible de energías renovables es fundamental para alcanzar la neutralidad climática en 2050. No obstante, el informe incide en que el aprovechamiento energético de la biomasa forestal solo debe permitirse bajo estrictos criterios de gestión forestal sostenible que garanticen el correcto manejo y protección de los bosques; un ecosistema terrestre de crucial importancia en la lucha contra dos de las principales amenazas del siglo XXI: el cambio climático y la pérdida de biodiversidad.

Para alcanzar este objetivo en España, IIDMA destaca el papel fundamental de las CC. AA al ser las competentes y principales responsables de regular y controlar, en montes de su territorio, los aprovechamientos forestales maderables y leñosos entre los que se incluye la biomasa forestal, debiendo asegurar su producción sostenible bien sea a través de cortas de arbolado como del aprovechamiento de biomasa residual (restos de cortas, podas, desbroces y otros trabajos silvícolas sobre terreno forestal). (Iidma, 2021)

2.3.5. La tecnología utilizada en la defensa contra los incendios forestales

Hay avances en el apartado de tecnología para hacer frente a los incendios. La I+D de la industria española en la materia contribuye con sus investigaciones y desarrollos a que las administraciones públicas y los ciudadanos dispongan de las medidas adecuadas para la conservación y protección de sus urbanizaciones, viviendas, y, por supuesto, los bosques y sus ecosistemas.

1. Redes de hidrantes: Los servicios de extinción en un incendio forestal necesitan disponer de agua en la zona del incendio para que puedan recargar sus equipos. Por ello, se recomienda la instalación de redes de hidrantes en las urbanizaciones y zonas habitadas colindantes con masas forestales, permiten proteger adecuadamente estas zonas de alto riesgo. Una alternativa es usar agua reutilizada. De esta forma, la reserva disponible para extinción de incendios será menos dependiente de los otros consumos circunstanciales.

2. Mangueras y lanzas: La evolución de las mangueras y lanzas para uso profesional se realiza codo con codo con los servicios de emergencias. Las necesidades del personal en los momentos de la extinción son la clave para desarrollar mangueras que resistan el calor y que aporten más caudal de agua, que sean flexibles y manejables. Igualmente, las lanzas han evolucionado en la distribución del agua, lo que aporta mayor eficacia en la extinción.

3. Técnicas de simulación: A través de la que se denomina Simulación Dinámica de Incendios, FDS, se pueden utilizar las técnicas y herramientas de simulación de incendios más avanzadas, para investigar incendios producidos; analizar y verificar riesgos de zonas concretas; incluso estudiar cual es la efectividad de los medios de protección en caso de un incendio forestal.

4. Nuevos vehículos contra incendios: Camiones de última generación con categoría G (todo terreno), que permiten a los cuerpos de bomberos llegar y transportar sus equipos y reservas de agua por zonas de difícil acceso.

5. Estos vehículos están equipados entre otros elementos, con potentes bombas capaces de alcanzar presiones de agua de hasta 25 bares en media presión y 40 bares en alta presión. Cuentan entre su material de mangueras de incendios de alta presión para uso profesional, de elevada resistencia a las duras condiciones de este tipo de incendios, y lanzas de caudal regulable, con posibilidad de bajos caudales y monitores telemandos desde interior de cabina para el ahorro de agua.

Nuevos retardantes/aditivos para evitar la propagación: Los retardantes son productos aditivos que, mediante mecanismos químico-físicos, pueden retardar el avance del fuego y, si su intensidad lo permite, incluso llegar a pararlo. Se han realizado avances con la optimización de espumógenos y aditivos para agua, que optimizan la capacidad enfriadora de la misma, consiguiendo unos tiempos de extinción muy notables, dificultando la reignición y el avance del incendio en las áreas tratadas durante un corto período de tiempo.

Se pueden aplicar con medios manuales, terrestres y aéreos, sin necesidad de cambiar de producto, sólo el elemento de aplicación. La realización de cortafuegos es otra posibilidad, así como la creación de escudos de refrigeración y protección a las brigadas de intervención.

Los aditivos retardantes de largo plazo terrestre pueden ser aplicados por medios terrestres y aéreos. La aplicación mediante medios terrestres (autobombas y cisternas) ha supuesto una nueva técnica en las operaciones de ataque indirecto: la creación de cortafuegos químicos, con el objeto de facilitar el control del incendio, mediante la disminución de la energía/longitud de llama.

El desarrollo de nuevas herramientas y medios, diseñados específicamente para la prevención y extinción de incendios forestales, actualmente se encuentra en un nivel avanzado y es uno de los puntos fuertes de las empresas asociadas a TECNIFUEGO (Asociación Española de Sociedades de Protección contra Incendios). (María, 2019)

2.4. Los incendios forestales en Aragón

Los incendios forestales en Aragón han sufrido un importante incremento en los dos últimos decenios, tanto en el número como en la superficie total recorrida por los mismos.

En este sentido, la Dirección General de Medio Natural y Gestión Forestal del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, competente entre otras funciones, en la defensa contra incendios forestales, pone toda la atención en la prevención y extinción de los mismos, dirigiéndose tanto a las causas naturales como a las antrópicas.

La gestión en esta materia abarca una superficie forestal total de 2,5 millones de hectáreas, lo que supone el 53% de la superficie de la Comunidad Autónoma de Aragón. (Gobierno de Aragón, 2021)

2.4.1. Prevención Incendios Forestales

El [Decreto Legislativo 1/2017, de 20 de junio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Montes de Aragón](#), determina, en su Título VI, las competencias en materia de prevención y extinción de incendios forestales, sus medidas preventivas y las referentes a la restauración de zonas incendiadas. Además, consolida un modelo organizativo para su extinción basado en las competencias forestales autonómicas, que incluyen la dirección de extinción sobre un operativo que englobe medios pertenecientes a otras Administraciones, siempre y cuando los incendios afecten exclusivamente a bienes de naturaleza forestal.

Por su carácter básico, debe mencionarse también la estatal [Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes](#) (art. 43 a 50), modificada por la Ley 10/2006, de 28 de abril, y el Reglamento dictado en aplicación de la derogada Ley de Incendios de 1968, ([Decreto 3769/1972, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 81/1968 sobre Incendios Forestales](#)) que se mantiene vigente en todo lo que no se oponga a aquella.

A nivel autonómico existe un marco legal específico que regula la actuación coordinada de los medios de las diferentes instituciones ante una emergencia por incendio forestal, que se recoge en el [Decreto 167/2018, de 9 de octubre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales \(PROCINFO\)](#).

En el aspecto propiamente preventivo, anualmente el Departamento aprueba la Orden de prevención y lucha contra incendios, en la que se detallan aspectos concretos de aplicación para toda la Comunidad Autónoma de Aragón. (Gobierno de Aragón, 2021)

2.4.2. Zonas de riesgo de incendio forestal

El Decreto Legislativo 1/2017, de 20 de junio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Montes de Aragón, determina en su artículo 103.1 que el departamento competente en materia de medio ambiente puede declarar de alto riesgo aquellas zonas que por sus características muestren una mayor incidencia y peligro en el inicio y propagación de los incendios o que por la importancia de los valores amenazados precisen de medidas especiales de protección. Sobre estas zonas de alto riesgo el citado artículo indica, además:

“

2. *Dicha declaración conllevará la aprobación de un plan de defensa, que contenga la delimitación de dichas zonas y las medidas a aplicar, así como el restante contenido que prevea la legislación básica estatal, y que se incluirá en el apartado de prevención contra incendios forestales del plan de ordenación de los recursos forestales correspondiente a la comarca donde se ubiquen.*

3. *Los propietarios de los montes incluidos en zonas de alto riesgo o en zonas de protección preferente que cuenten con plan de defensa aprobado estarán obligados a realizar, o a permitir realizar, las medidas de prevención de incendios forestales que estén contempladas en dicho plan y su posterior mantenimiento.*

”

- [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 y se declaran zonas de alto y de medio riesgo de incendio forestal \(BOA, de 17 de octubre de 2017\)](#)
- [Zonas de riesgo de incendio forestal \(PDF\)](#) (Gobierno de Aragón, 2021)

2.4.3. Clasificación del riesgo de incendio en Aragón

El territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón se clasifica en función del riesgo de incendio forestal en base a la combinación del peligro e importancia de protección, en los tipos que muestra la tabla siguiente:

Tabla 6. Tipos de zonas de alto riesgo de incendio forestal. Clasificado según el grado de peligrosidad y la importancia de la protección (Fuente: Gobierno de Aragón).

Importancia de la protección	Peligrosidad - Baja	Peligrosidad- Media	Peligrosidad - Alta
Extremo	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1
Alto	Tipo 4	Tipo 3	Tipo 2
Medio	Tipo 5	Tipo 3	Tipo 3
Bajo	Tipo 7	Tipo 7	Tipo 7

Clasificación del riesgo de incendio a efectos del Reglamento (UE) nº 1305/2013

- Se declaran zonas de alto riesgo de incendio forestal en el territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón, a los efectos indicados en el artículo 24.2 del Reglamento (UE) nº 1305/2013, los terrenos clasificados como tipos 1, 2 y 3 en la tabla anterior
- Se declaran zonas de riesgo medio de incendio forestal en el territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón, a los efectos indicados en el artículo 24.2 del Reglamento (UE) nº 1305/2013, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de diciembre de 2013, los terrenos clasificados como tipos 4, 5 y 6 en la tabla anterior. (Gobierno de Aragón, 2021)

2.4.4. Campaña actual (2021)

Normativa

- AGM/112/2021, de 1 de febrero, por la que [se prorroga la Orden de 20 de febrero de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2015/2016](#). (BOA nº 52, 10 de marzo de 2021)
- Orden de 20 de febrero de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre [prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2015/2016](#) (BOA nº 50, 13 marzo de 2015)

Ámbito de aplicación

La presente normativa es de aplicación a todos los terrenos definidos como monte por el artículo 6 del Decreto Legislativo 1/2017, de 20 de junio del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Montes de Aragón, así como los destinados a cualquier uso que estén incluidos en la franja de 400 metros alrededor de aquellos últimos, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 20 del Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Incendios Forestales. Se excluye de esta franja a los terrenos de los núcleos de población y de instalaciones industriales o de otra índole que queden aislados por una línea de edificación suficiente que garantice la imposibilidad de propagación del fuego a áreas adyacentes.

Época de peligro

Se establece la época de peligro de incendios forestales durante el período comprendido entre el 1 de abril y el 15 de octubre, ambos incluidos.

Prohibiciones

- El uso del fuego en terrenos al aire libre mediante combustibles sólidos que generen residuos en forma de brasa o cenizas, fuera de los lugares en que se autorice o infraestructuras de carácter fijo y permanente especialmente habilitadas para ello.
- Arrojar o depositar materiales en ignición, como fósforos, puntas de cigarros o cigarrillos, brasas o cenizas.
- Utilizar cartuchos de caza con tacos de papel u otros materiales combustibles.
- Arrojar fuera de contenedores o vertederos habilitados a tal efecto residuos tales como vidrios, botellas, papeles, plásticos, materias orgánicas u otros elementos similares.
- Disparar o prender cohetes o explosivos similares.
- Evitar globos o artefactos incontrolados que produzcan o contengan fuego.
- La circulación de vehículos campo a través.

Uso del fuego en áreas recreativas

El uso del fuego en instalaciones de carácter recreativo, cultural y similares está permitido siempre que se cumpla alguna de estas condiciones:

- Fuera de la época de peligro, se permite el uso del fuego en los lugares que existan infraestructuras especialmente habilitadas para ello o que expresamente se autorice, que deberán ser de obra fija y de carácter permanente, cerradas por al menos tres costados y techo con chimenea provista de matachispas, y que alrededor de las cuales exista una discontinuidad suficiente de material no combustible. la utilización de estas infraestructuras queda supeditada a la disposición de medios de extinción.
- En la época de peligro, se permite el uso del fuego únicamente en infraestructuras de carácter fijo y permanente, cerrados por los cuatro costados y bajo un techo con chimenea provista de matachispas, de tal modo que se configure un interior perfectamente definido en el que sea posible la estancia de personas.

Uso del fuego en quemas agrícolas y forestales

1. Requiere Autorización (Anexos II, III, o V) cuando
 - Quemar restos vegetales con continuidad fuera de época de peligro (Anexo II)
 - Quemar restos para prevenir daños por plagas o evitar otros riesgos de mayor gravedad en época de peligro (Anexo III)
 - Realicen actividades con uso del fuego en instalaciones de carácter recreativo, cultural y similares, así como otros usos del fuego (Anexo V)
2. Requiere Notificación (Anexos I o IV) cuando:
 - Quemar restos vegetales sin continuidad espacial fuera de época de peligro (Anexo I)
 - Quemar restos de poda de olivo, hasta el 31 de mayo (Anexo IV)
3. Precauciones a adoptar al realizar las quemas:
 - Atender al Índice de riesgo por uso del fuego en Aragón que indica si está permitido (verde) o prohibido (rojo) la realización de los usos del fuego contemplados en la Orden anual de incendios, dicho índice se basa en las condiciones meteorológicas y del combustible. Además del índice se deberá atender también a las fechas habilitadas para realizar cada tipo de uso del fuego.
 - Adecuar faja sin combustible alrededor de la zona a quemar
 - Días sin viento. Suspender inmediatamente si empeoran las condiciones.
 - Vigilar la zona hasta que el fuego esté totalmente apagado.
 - Adoptar medidas oportunas para evitar la propagación.
 - Poseer y llevar autorización. (Gobierno de Aragón, 2021)

2.5. Efectos producidos por los incendios forestales

La persistencia de los incendios forestales incontrolados, que progresivamente están destruyendo ecosistemas mediterráneos y atlánticos, constituye un serio problema medioambiental, no sólo por las grandes pérdidas económicas que producen debido a la destrucción de las masas forestales, sino también por la degradación que pueden inducir en los suelos; es este efecto es particularmente importante desde el punto de vista de la conservación del suelo, la regeneración de la vegetación y la recuperación del paisaje. Los incendios incontrolados también destruyen la fauna, aumentan el riesgo de erosión, causan la movilidad de material orgánico y de nutrientes del suelo, producen cambios en la calidad del agua y en el régimen hídrico, y aumentan la contaminación del aire. Por consiguiente, los incendios incontrolados afectan a todos los componentes del medio ambiente. Además, muchas zonas son afectadas por estos incendios reiteradamente y, de esta forma, los efectos negativos se acumulan. Al hablar de los efectos de los incendios, es necesario distinguir entre los efectos inmediatos y directos del fuego (destrucción de plantas y seres vivos, por ejemplo) y los efectos a largo plazo, cuando los efectos a corto plazo son modificados por las variaciones estacionales e intervienen los agentes climáticos; estos últimos efectos pueden conducir a una mayor degradación del suelo, como cuando actúa la erosión, por ejemplo, o, por el contrario, favorecer su regeneración, como cuando interviene la revegetación. También es necesario distinguir entre el impacto sobre el área forestal quemada y los efectos originados por los materiales arrastrados desde la zona afectada por el incendio, que pueden causar desequilibrios en aquellos ecosistemas terrestres y acuáticos que reciben los materiales (ríos, lagos, embalses, estuarios), localizados lejos de la zona forestal quemada. Los efectos ecológicos y biológicos de los incendios forestales incontrolados dependen de las condiciones del área quemada (cantidad y tipo de vegetación, humedad del combustible y del suelo, tipo de suelo, pendiente y microclima) y de la intensidad del fuego, que está condicionada, a su vez, por las condiciones del área afectada. (Carballas, 2010)

2.5.1. Efecto sobre la atmósfera

Con respecto a la atmósfera, los incendios forestales causan los siguientes efectos:

- a) Aumentan la contaminación del aire.
- b) Contribuyen, aunque temporalmente, a aumentar el efecto invernadero debido a las grandes cantidades de dióxido de carbono que se liberan.
- c) En general, se cree que no tienen influencia sobre el cambio climático global, debido a que las sustancias absorbentes no alcanzan la estratosfera, aunque sobre esto hay cierta controversia.
- d) Producen variaciones térmicas en la atmósfera.

La contaminación se debe a la emisión de un gran número de sustancias en forma de aerosoles y pequeñas partículas, aunque no todos los numerosos productos de la combustión de la vegetación están identificados. Aparte del CO₂ y del vapor de agua, el penacho de humo de los incendios forestales contiene una gran variedad de sustancias: gases como NH₃, N₂O, NO y NO_x, hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos, aldehídos como formaldehído y acroleína, y ácido fórmico, entre otras. Todos estos compuestos son poderosos irritantes de las mucosas, alergógenos o tienen otras propiedades tóxicas. El monóxido de carbono fue detectado, pero su presencia es rara. También se observaron precursores de radicales libres, productos muy peligrosos, porque pueden afectar a moléculas esenciales dentro de las células, tales como las proteínas y los ácidos nucleicos. El ozono no es un producto directo del fuego, pero se forma en el humo disperso; su papel aquí es como contaminante, ya que su función como escudo en las partes altas de la atmósfera, contra la radiación ultravioleta, no tiene ninguna relación con el producido en los incendios. Los hidrocarburos presentes en la atmósfera dan lugar a reacciones que impiden que se elimine el ozono, de tal forma que, en general, el aumento de hidrocarburos en la atmósfera, como consecuencia de los incendios, va acompañada de un aumento de ozono. Finalmente, los incendios forestales son fuentes naturales de elementos traza. (Carballas, 2010)

Cuando se queman grandes extensiones de bosque se producen gran cantidad de humo que puede afectar a la visibilidad de los transportes aéreos y llegar a poblaciones causando problemas de salud. Además, que el humo provocado por los incendios forestales puede provocar la aparición de otros incendios forestales como se explica en la imagen 1.

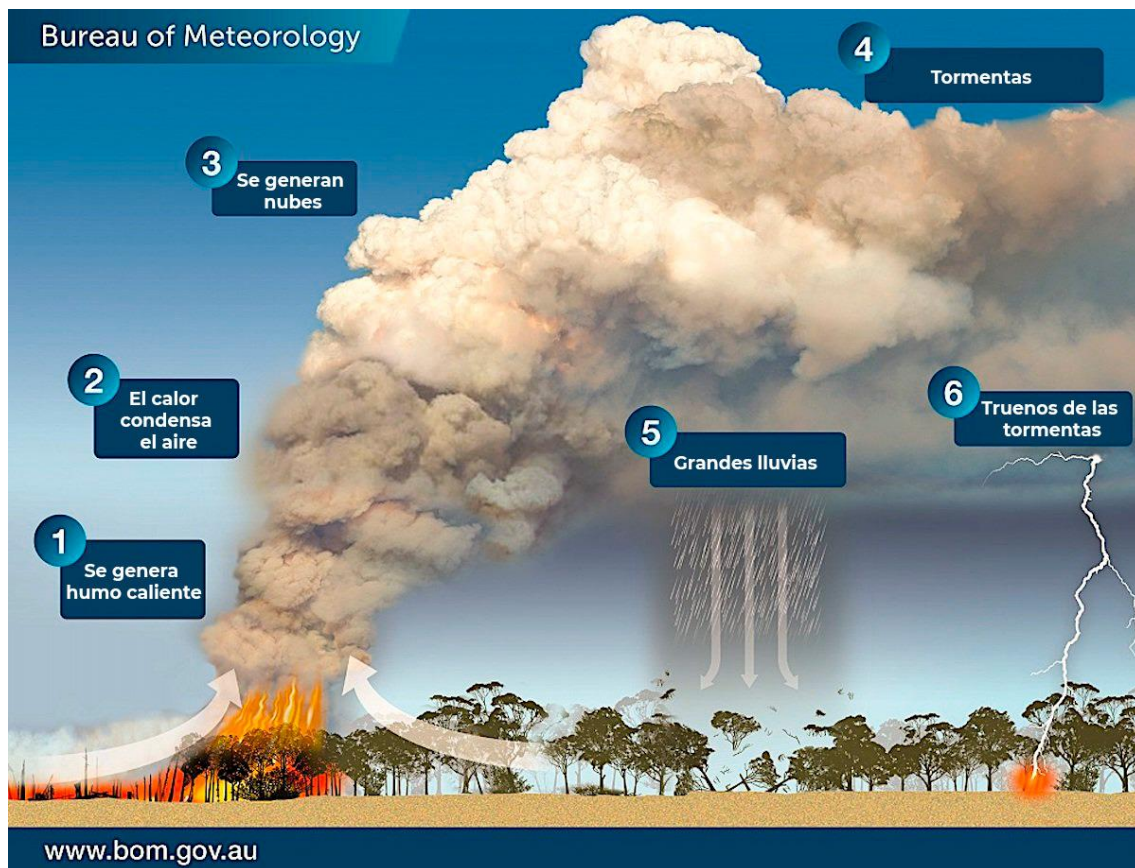


Imagen 1. Gráfico que representa el origen de los cumulonimbos por los incendios (Fuente: Oficina de Meteorología de Australia / El Ágora).

2.5.2. Efecto sobre la vegetación

El aparente vacío biológico que queda tras un incendio es fugaz. Es frecuente observar una gran actividad biológica posterior y plantas simbiontes con algas tras las primeras lluvias. Además, hay especies vegetales que presentan adaptaciones encaminadas a resistir y propagar el fuego, algunas incluso han desarrollado mecanismos reproductivos y ciclos vitales que dan ventaja a la especie cuando el fuego está presente. Todos estos signos denotan cierta compatibilidad y facilidad de recolonización.

Está comprobado que los ecosistemas vegetales más próximos a la madurez ecológica arden con más dificultad que otras formaciones vegetales y después del incendio la regeneración de la cubierta original, con igual composición y estructura, es más rápida. El éxito en la recuperación de las diferentes especies vegetales afectadas por el incendio depende, por un lado, de la adaptación de éstas al fuego - este hecho favorece el desarrollo de estas especies llamadas pirófitas- y de las condiciones ambientales posteriores al incendio: fertilidad, iluminación, oscilaciones térmicas. En los momentos iniciales después del incendio empiezan a recuperarse las especies dotadas de mecanismos de resistencia al fuego, así como las plantas herbáceas -muy frugales- que se ven favorecidas por el momentáneo aumento de la fertilidad y por la ausencia de competidores. Posteriormente se inicia la regeneración de las especies antes existentes que van desplazando a las especies oportunistas, dominantes en el momento inicial. Sin embargo, la recurrencia de los incendios en un mismo lugar favorece que las especies mejor adaptadas al fuego se conviertan en dominantes y que la vegetación instalada sea cada vez más pirófitas. (Bodi, Cerdá, Mataix-Solera & Doerr, 2012)

2.5.3. Efecto sobre la fauna

Lógicamente, la fauna que sufre más directamente los efectos negativos de un incendio en los momentos iniciales es aquella que presenta menor movilidad, de manera que se ve afectada por el fuego, por la onda de calor o por procesos de asfixia. Por ejemplo, la fauna de invertebrados que ocupa el mantillo superficial del suelo disminuye drásticamente tras el incendio. La destrucción de los ecosistemas y las cadenas tróficas dificulta la regeneración de la fauna preexistente antes del incendio, fundamentalmente por la ausencia de estrato vegetal que aporte alimento y por las condiciones extremas que presenta el suelo. Otras especies, como aves y otros vertebrados de mayor movilidad, pueden huir hacia zonas limítrofes con las áreas incendiadas e irá recolonizando la zona a medida que se va regenerando la cubierta vegetal. Pero las poblaciones faunísticas se van afectadas por la pérdida de hábitat, de recursos tróficos, de lugares de nidificación o refugio y, en general, la drástica pérdida de calidad de los ecosistemas. Por otro lado, la repetición de incendios en una determinada zona boscosa provoca el abandono definitivo de las especies más exclusivas, por ejemplo, del bosque interior, que son sustituidas por otras más generalistas, mejor adaptadas a los espacios despejados (sin cubierta arbórea). (Greenpeace, 2010)

2.5.4. Efecto sobre la erosión y el ciclo hidrológico

Los escenarios de sequías frecuentes, lluvias concentradas en el tiempo y aumento del peligro de incendios hacen que la conservación de los suelos adquiera una importancia capital, dado que, en tanto en cuanto la fertilidad del suelo lo permita, es predecible un desarrollo de la vegetación que en pocos años puede adquirir una gran peligrosidad, pudiendo así incrementar la incidencia de incendios. Consecuentemente, en aquellas zonas con mayor riesgo de erosión es prioritario establecer planes de forestación que, en el caso de un incendio, permitan una recuperación de la cubierta vegetal suficiente como para disminuir dicho riesgo. Habida cuenta que ciertas especies forestales afectan negativamente a algunas especies rebrotadoras (Bellot et al. 2004), es preciso desarrollar técnicas que permitan la presencia de estas especies para que, tras un incendio, puedan producir una cubierta vegetal mínima (Vallejo y Alloza 1998, Maestre et al. 2001, Pausas et al. 2004) y aumentar la resiliencia al fuego.

Como consecuencia de los incendios, los balances hidrológicos en el bosque resultan profundamente alterados. Por un lado, se reduce la cubierta vegetal que hacía de paraguas respecto al agua de lluvia (evitando la escorrentía superficial), y que permitía el retorno de ésta a la atmósfera mediante la transpiración de las plantas. Por otro lado, el incendio incrementa la impermeabilidad del suelo, sobre todo de aquellos más orgánicos, ya de por sí muy impermeables cuando están excesivamente secos, impidiendo la penetración del agua en el suelo, y reduciendo así la humidificación de éste. Complementariamente, la infiltración del agua de lluvia se ve dificultada por la destrucción de la estructura superficial del suelo (arrastre de las cenizas, y otras partículas finas) que origina una compactación del suelo al quedar los poros obturados impidiendo la penetración del agua. Como consecuencia de estos procesos, aumenta considerablemente la escorrentía superficial, duplicándose los valores habituales. Con las primeras lluvias tras el incendio se originan las mayores escorrentías de agua superficial, hasta un 20% de la precipitación, cuando lo normal es que no supere el 5% de la lluvia caída.

Las aguas que drenan rápidamente los suelos quemados apenas penetran en el suelo y no se ven frenadas por la vegetación por lo que presentan un elevado potencial erosivo. Son aguas muy turbias debido a la elevada presencia de partículas y cenizas en suspensión. El material en suspensión que portan, así como los nutrientes que llevan en disolución, afecta a la calidad de las aguas contaminándolas. Además, la posterior sedimentación de estos materiales va colmatando los fondos de los ríos, estuarios, embalses y rías. (Greenpeace, 2010)

2.5.5. Efecto sobre el suelo

La pérdida de suelo por erosión es el daño ecológico más grave ocasionado por los incendios. El suelo, además de ser el soporte y la fuente de nutrientes de la vegetación y la fauna, es un bien escaso, sobre todo en los terrenos forestales, donde los suelos por lo general tienen muy reducida su fertilidad. El suelo es un bien difícilmente recuperable, de modo que la degradación de sus características iniciales -físicas, químicas y biológicas-, y sobre todo la pérdida de sus partículas más finas y de los nutrientes por la erosión hacen que tenga un proceso de regeneración extremadamente lento. Después del incendio la cobertura normal del suelo, que a veces supone la existencia de varios estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo...), queda drásticamente reducida, apareciendo el suelo ligeramente cubierto por cenizas y restos calcinados que desaparecen rápidamente con el viento y las primeras lluvias. El flujo de agua sobre el terreno incendiado llega a duplicar, como consecuencia de la pérdida de cubierta vegetal, la impermeabilidad de la superficie del suelo. Este flujo es laminar en las partes elevadas de las laderas y canalizado en las zonas más bajas, dando lugar a cárcavas de erosión. La erosión en los terrenos incendiados aparece fundamentalmente con las primeras lluvias y, en el clima mediterráneo, en los dos primeros meses después del incendio. No sólo existe erosión física,

también aparece erosión química debido a la pérdida de nutrientes y a la disminución con el tiempo de la fertilidad.

Tras la combustión, la materia orgánica vegetal se puede mineralizar o pasar a enriquecer momentáneamente el suelo en forma de nutrientes. Sin embargo, una buena parte de los elementos nutritivos se pierden en la atmósfera, contaminándola, debido a la volatilización que sufren en el momento del incendio. Otros nutrientes se pierden disueltos en las aguas de escorrentía. El incremento de la fertilidad del suelo después del incendio llega a ser de 2 a 10 veces su valor inicial en los primeros momentos. Pero esta fertilidad es efímera ya que la mayor parte de los nutrientes incorporados tras el incendio se pierden en un año. Los nutrientes más solubles contenidos en las cenizas son lavados rápidamente del suelo, desapareciendo con las primeras lluvias. La pérdida de nutrientes es mayor cuanto más intenso sea el incendio. En los primeros momentos tras el incendio, se produce un mayor aporte de nutrientes por la muerte de raíces y por el menor consumo de la vegetación superviviente. Desgraciadamente los nutrientes liberados son arrastrados por la escorrentía ocasionada por las primeras lluvias. (Greenpeace, 2010)

2.5.6. Efecto sobre la salud humana y bienes materiales

Los incendios forestales cuando llegan a poblaciones tienen la capacidad de arrasar con estas llevándose por delante edificios y vidas humanas. Además, la contaminación de los incendios forestales provoca 234 muertes al año en España y 33.500 en el mundo según un estudio global, de The Lancet Planetary Health, sobre el efecto de las partículas que genera el fuego, capaces de viajar cientos de kilómetros. Que también predice que el daño a la salud irá en aumento debido al cambio climático.

3. Objetivos del Trabajo

El objetivo de este trabajo de fin de grado es calcular y analizar el peligro de incendios forestales en la comarca del Matarraña de la Comunidad Autónoma de Aragón en el periodo estival.

También se plantea, como objetivos que son necesarios para llevar a cabo el objetivo principal, tanto la elaboración de un mapa de peligro de incendios forestales de dicha área de estudio en dicha época del año como encontrar un método para calcular el peligro representándolo en un mapa.

El mapa principal que se quiere elaborar va a cuantificar y localizar los riesgos de incendios forestales mediante las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para ello, será necesario adaptar algún modelo que calcule dicho peligro de incendio. Dicho modelo elegido es el planteado por Salas y Chuvieco para determinar el peligro de incendios forestales en base a la determinación del riesgo de ignición y el riesgo de propagación.

Con la obtención del mapa principal de peligro de incendios forestales y los dos mapas de riesgo de ignición y propagación se quiere llevar a cabo el análisis sobre el peligro de incendios forestales de zona estudiada en el periodo estival descubriendo que zonas son las que tiene mayor peligro y por qué, así como posibles soluciones que disminuyan dicho peligro.

Para esto será necesario la integración de variables geográficas e información de diferentes fuentes y características con los que elaborar los tres mapas con la información cuantificada del peligro de incendios forestales, riesgo de ignición y propagación.

4. Datos del área de estudio

En este punto se da a conocer brevemente diferentes ámbitos generales del área de estudio, la comarca del Matarraña.

4.1. Ubicación

El área de estudio es la comarca del Matarraña, la cual pertenece a la provincia de Teruel de la Comunidad Autónoma de Aragón. Dicha comarca está situada en la zona más oriental de la provincia de Teruel como podemos ver en la imagen 2, en la cual está el área de estudio coloreada de rojo.

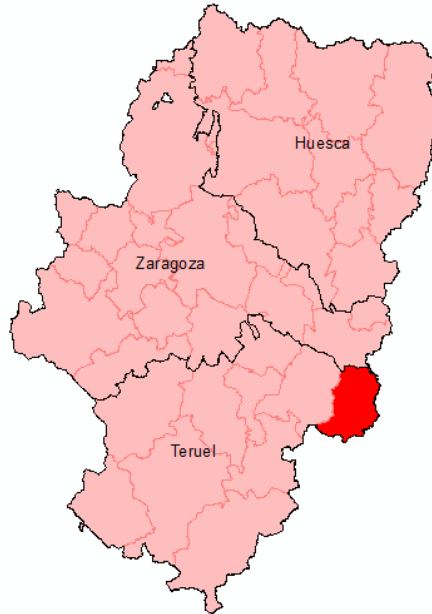


Imagen 2. Localización del área de estudio (Comarca del Matarraña). (Elaboración propia. Fuente: Idearagon).

La Comunidad Autónoma de Aragón se encuentra al noreste de la península ibérica limitando al norte con Francia mediante la Cordillera de los Pirineos, al este con Cataluña, al sureste con la Comunidad Valenciana, al suroeste con Castilla – La Mancha y al oeste con Castilla y León, La Rioja y la Comunidad Foral de Navarra. La provincia de Teruel se encuentra al sur de la Comunidad Autónoma de Aragón y su capital es la localidad de Teruel.

La comarca del Matarraña corresponde aproximadamente con la Cuenca del río del Matarraña más la parte aragonesa de la Cuenca del río Algars. La comarca tiene una extensión de 933 km² y una población de 8151 habitantes (en el año 2020). Su capital administrativa es Valderrobres y está compuesta por 18 municipios distribuidos como podemos ver en la imagen 3.

Tabla 6. Municipios de la comarca del Matarraña. (Elaboración propia. Fuente: Idearagon).

MUNICIPIOS
Arens de Lledó
Beceite
Calaceite
Cretas
Fórnoles
Fuentespalda
La Fresneda
La Portellada
Lledó
Mazaleón
Monroyo
Peñarroya de Tastavins
Ráfales
Torre de Arcas
Torre del Compte
Valdeltormo
Valderrobres
Valjunquera

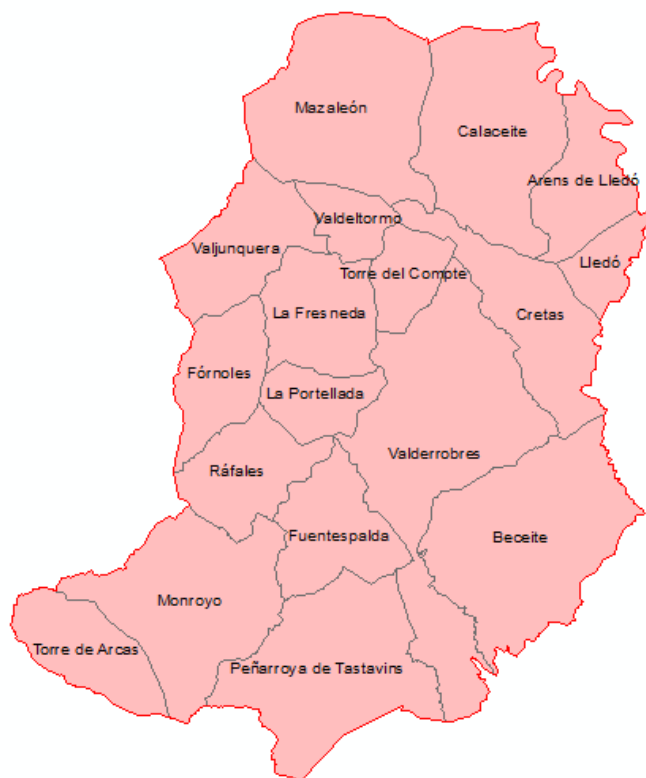


Imagen 3. Municipios de la Comarca del Matarraña. (Elaboración propia. Fuente: Idearagon).

4.1.1. Hojas MTN50

El sistema de referencia de todo el trabajo es la proyección UTM ETRS89, Zona 30. Las hojas utilizadas de la cuadrícula cartográfica oficial del MTN50 obtenido del CNIG son las 469, 470, 495, 496, 520 y 521.

4.2. Descripción física

4.2.1. Orografía

La comarca del Matarraña se encuentra al sur del río Ebro, teniendo en su territorio parte de la Depresión del Ebro. Descendiendo hacia el sur se encuentra parte del piedemonte ibérico, y al sur del todo una pequeña parte del Sistema Ibérico.

El territorio es eminentemente montañoso, ya que se unen las estribaciones del Sistema Ibérico con las Cordilleras Costero-Catalanas, aunque dentro de la comarca hay diferentes áreas más o menos homogéneas. El relieve más accidentado es la zona de los Puertos de Beceite, con alturas próximas a los 1.400 metros. Esta zona, en la que también están incluidas las Rocas del Masmút, se configura como uno de los lugares con mayor atractivo paisajístico de la comarca.

En lo que a ríos se refiere, la comarca del Matarraña está bañada por varios ríos: el Matarraña, que es el que da nombre al territorio, el Algars, el Ulldemó y el Tastavins. Todos ellos son de carácter irregular, y su estado de conservación es bueno. (Matarranya Turismo, 2021)

En cuanto a la litología se hayan principalmente areniscas, arcillas y margas, pero en las zonas más montañosas del sur de la comarca se hayan áreas de rocas calcáreas mesozoicas y eocenas.

4.2.2. Climatología

El territorio posee un clima mediterráneo continentalizado con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 12 y 13°C, aunque se acercan a los 17°C en el sector bajo de la cuenca. En cuanto a las temperaturas del mes más frío se sitúan entre los 3 y 6°C, mientras que en los meses más cálidos alcanzan los 27°C. Por lo que respecta a las precipitaciones están en los 700 mm. Sin embargo, este clima se caracteriza por la irregularidad de las lluvias y la alta frecuencia y duración de los períodos de sequía. (Gran Enciclopedia Aragonesa, 2011)

4.2.3. Flora y Fauna

La comarca del Matarraña cuenta con cuatro Lugares de Importancia Comunitaria: Puertos de Beceite, els Ports de Beseit, río Matarraña y río Algars. Además, también posee dos Zonas de Especial Protección para las Aves en los Puertos de Beceite y Matarranya-Aiguabarreix.

En este espacio relativamente pequeño se encuentra representados elementos vegetales pertenecientes a mundos distintos que van desde las especies de origen eurosiberiano, pasando por otras típicamente litorales hasta zonas semidesérticas. De esta manera, en las zonas altas del macizo de los Puertos podemos observar ejemplares de encinas y robles acompañados de otras especies como la gayuba, el boj, la rubia peregrina, la zarzaparrilla o la madreselva. El pinar que se ubica en este lugar es el pino carrasco salpicado de arces tejos o acebos. En los angostos valles que forman ríos y barrascos conviven el chopo negro junto a los sauces y con algún ejemplar de fresno. En las zonas rocosas y roquedos donde una rendija lo permite se van a desarrollar toda una serie de plantas que van desde retorcidos pinos pasando por sabinas, guillomos o encinas. Los cultivos abandonados son en su mayoría pastizales donde conviven especies como la satureja montana, arenaria apregata... y arbustos como endrinos, enebros, rosales o espinos.



Imagen 4. Encina (*Quercus ilex*). (Fuente: Vivers Carex)

Las sierras están compuestas por pequeñas masas de encinas y robledales dispersos por los fondos de barrancos. El bosque predominante de esta zona es el pino negral con algún ejemplar de arce y acebo muy aislados y salpicados por guillomos, espino albar, madreselvas y alguna sabina. A medida que se va cogiendo altura aparecen ejemplares de pino carrasco que conviven junto a enebros y coscojas. Además, también podemos divisar alguna mancha de pino piñonero. La vegetación de la ribera está formada por sauces, chopos y fresnos, en su mayoría mientras que en los roquedos abundan plantas como el guillomo o el espino blanco.



Imagen 5. Pino carrasco (*Pinus halepensis*). (Fuente: Flora de iberia)

En la parte más baja de la comarca abundan en sus pinares el pino carrasco acompañado por la coscoja, el enebro, la aliaga, el tomillo o el romero. En esta zona encontramos una gran superficie considerada como ribera donde predominan los fresnos, sauces y grandes plantaciones de chopos. Los romeros, tomillos, coscojas las encontramos en los roquedos donde también conviven con otras más adaptadas a la aridez como son: la coronilla de fraile o el escambrón.



Imagen 6. Cabra montesa (*Capra pirenaica*) (Fuente: CurioSfera).

Por lo que respecta a la fauna, podemos encontrar especies corrientes como el jabalí, la ardilla o la ginetá y otras especies más peculiares como el gato montés y la reina de estos puertos: la cabra montesa. En los ríos abundan especies como la trucha común o el cangrejo de río, y también se puede observar algún ejemplar de nutria. Sin embargo, donde hay más variedad de especies es en la categoría de las aves rapaces donde destacan el buitre, el alimoche, el águila real, el búho real o el halcón peregrino. (Gran Enciclopedia Aragonesa, 2011)



Imagen 7. Alimoche (*Neophron percnopterus*) (Fuente: Life Egyptian vulture).

4.3. Áreas de interés

Lugares de Importancia Comunitaria (LIC):

- Río Matarraña: da nombre a dicha comarca y la recorre de sur a norte. Nace en los denominados Puertos de Beceite, en lugar denominado El Parrizal; y desemboca en el río Ebro en Fayón, ubicado en la provincia de Zaragoza. Su longitud es de 97 km, y abarca una cuenca que posee una superficie de 1.730 km². Su régimen fluvial es mediterráneo, con grandes crecidas en la temporada de lluvias y en verano sus aguas disminuyen de manera considerable.

El Río Matarraña está considerado como el de la mejor conservación del planeta. Dado que en su transcurrir no hay presa artificial ninguna. En los barrancos laterales, han sido las últimas actuaciones de regulación y siendo para la construcción de balsas sin que eso haya afectado el cauce. De la pureza de las aguas es considerada como de las más puras. Al igual cuenta con especies y hábitat de singular belleza una joya. (Ríos del Planeta)

Hay un tramo de dicho río que no es considerado como LIC, dicho tramo es el que va pasado la localidad de Valderrobres hasta la localidad de Torre del Compte donde vuelve a ser LIC.

- Río Algars:
es la frontera natural entre Cataluña y Aragón y es donde se ubican varias pozas, desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Matarraña cerca de Nonaspe en la provincia de Zaragoza. (Matarranya Turismo, 2021)
Indica el límite de la comarca del Matarraña por el este.
- Puertos de Beceite:
situados al sureste de la comarca del Matarraña, son un macizo montañoso que separa el valle del Ebro del Mediterráneo y se extiende entre las provincias de Tarragona, Castellón y Teruel. Sus abruptas montañas, horadadas por numerosos ríos y barrancos, esconden impactantes parajes como el Parrizal de Beceite, Las Rocas del Masmút, la Pesquera y el Salt de la Portellada. (Turismo de Aragón, 2021)

Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA):

- Matarraña-Aiguabarreix (norte).
- Puertos de Beceite (sureste).

4.4. Redes de comunicación

En el área de estudio no se encuentra ninguna autovía ni autopista. Las carreteras más importantes son la carrera nacional N-420 que recorre la comarca de oeste a este por la zona norte y la N-232 que recorre el límite occidental de norte a sur. El resto del territorio está unido por carreteras convencionales y una gran red de sendas y caminos. Por lo que este puede llegar a ser un tema importante a la hora de que los servicios de extinción tarden más o menos en llegar al lugar en que se produzca un incendio forestal.

5. Datos de partida

Para la elaboración de los mapas de riesgo de incendios forestales se ha utilizado información de diversos tipos como imágenes, cartografías, datos climáticos, etc. que se van a explicar a continuación y que también serán utilizados para llevar a cabo el análisis final a través de los mapas elaborados y dicha información utilizada.

5.1. Cartografía utilizada

5.1.1. Límites comarcales

La información sobre los límites de la comarca del Matarraña y sus municipios se ha obtenido de la capa de comarcas y municipios respectivamente disponible en el apartado de descargas del IDEAragon.

La Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón (IDEAragon) es la solución tecnológica desarrollada para la gestión del amplio territorio de Aragón a través de las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) por parte del Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR), servicio de la Dirección General de Ordenación del Territorio del Departamento de Política Territorial e Interior del Gobierno de Aragón. El IGEAR se dedica a organizar la producción, obtención y tratamiento de la documentación territorial, además de difundir la información relacionada con el espacio geográfico aragonés en materia de Ordenación del Territorio. (IDEAragon, 2021)

5.1.2. BTN25

Gran parte de la cartografía utilizada corresponde a las capas presente en el BTN25 del centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) el cual permite su utilización (Disponible en: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>).

El BTN 25 es una base de datos tridimensional en formato shapefile (SHP) correspondiente a la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000, en su primera versión (BTN25v1) y con cobertura completa para España. Contiene 88 capas de información geográfica que abarcan datos topográficos y temáticos, concebidos para su explotación y consulta mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y capaces de servir de soporte tanto a consultas geográficas, como a la producción de productos cartográficos. La versión1 de BTN25, contiene información geográfica continua e integra Información Geográfica de Referencia en materia de transporte e hidrografía con estructura de red, conforme a los requisitos de estos productos del IGN, así como los que establece la Directiva Inspire. La resolución de los datos depende de la temática tratada, pero puede asegurarse que de forma global la exactitud posicional es mejor de 3 metros en X, Y, Z. En la actualidad BTN25v1 se encuentra inmersa en un proceso de actualización continua de la información de edificaciones y construcciones, partiendo, fundamentalmente, de los datos proporcionados por la Dirección General de Catastro, teniendo prevista la cobertura nacional a finales de 2018. La unidad de descarga es un archivo ZIP por cada hoja de distribución del MTN25, en formato shapefile, en la que se suministra la información de todas las capas de la que dispone BTN25 en ese ámbito. En la información auxiliar se ofrecen dos ficheros KML (uno para Canarias y otro para la Península, Illes Balears, Ceuta y Melilla) en el que se detalla para cada unidad de distribución, el año de vuelo PNOA y el de formación de la primera edición digital, así como las fechas de otras actuaciones que se hayan realizado. El SGR es ETRS89 en Península, Illes Balears, Ceuta y Melilla y REGCAN95 en las Islas Canarias, ambos sistemas compatibles con WGS84 y coordenadas geográficas longitud, latitud. (CNIG, 2017)

Las capas utilizadas del BTN25 son las siguientes:

- BCN0507S_EDIFIC de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza. Es una capa de polígonos que contiene el contorno de las edificaciones. La comarca del Matarraña se encuentra en la provincia de Teruel, pero también se han utilizados las capas de las provincias limítrofes ya que las edificaciones cercanas al límite de la comarca podrían llegar a influenciar como podremos ver más adelante con la metodología utilizada.
- BCN0710L_LIN_ELEC de la provincia de Teruel. Es una capa de líneas que contiene los tramos de las líneas eléctricas.
- BCN0605L_CARRETERA de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza. Es una capa de líneas que contiene los tramos de las carreteras.
- BCN0623L_CAMINO de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza. Es una capa de líneas que contiene los tramos de los caminos.
- BCN0626L_SENDA de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza. Es una capa de líneas que contiene los tramos de las sendas.
- BCN0325S_EMBALSE de las provincias de Teruel y Zaragoza. Es una capa de polígonos que contiene el contorno de los embalses.
- BCN0328S_ALM_AGU de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza. Es una capa de polígonos que contiene el contorno de los almacenamientos de agua artificiales como piscinas, balsas, etc.
- BCN0401L_CORTAF de la provincia de Teruel. Es una capa de líneas que contiene los tramos de los cortafuegos artificiales.

5.1.3. Modelo Digital de Elevaciones

Se han utilizado las capas PNOA_MDT25_ETRS89_HU30 de las hojas 469, 470, 495, 496, 520 y 521.

El Modelo Digital de Elevaciones es una capa de elevaciones de la cual se obtienen las capas (generalmente ráster) del Modelo Digital del Terreno (MDT) que representan distintas características de la superficie terrestre.

Modelo digital del Terreno con paso de malla de 25 m, con la misma distribución de hojas que el MTN50. Con formato de archivo ASCII matriz ESRI (asc). Su sistema geodésico de referencia ETRS89 (en Canarias REGCAN95, compatible con ETRS89) y proyección UTM en el huso correspondiente a cada hoja y también en el huso 30 extendido (para hojas situadas en los husos 29 y 31). En Canarias el huso UTM es el 28.

El MDT25 se ha obtenido por interpolación de modelos digitales del terreno de 5 m de paso de malla procedentes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

Gracias a este modelo podremos obtener las siguientes capas con las que se ha trabajado:

- Capa de altitudes
- Capa de iluminación
- Capa de pendientes
- Capa de orientaciones

5.1.4. CORINE Land Cover

Mapa de ocupación del suelo en España correspondiente al proyecto europeo CORINE Land Cover (CLC) con una nomenclatura de 44 clases, versión del año de referencia 2018. En España el Sistema geodésico de referencia utilizado es ETRS89 (en Canarias, WGS84/REGCAN95) y proyección UTM huso 30 (en Canarias, huso 28). El proyecto CORINE Land Cover (CLC) es responsabilidad desde 1995 de la Agencia Europea del Medio Ambiente con el objetivo fundamental de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000, útil para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas. En la actualidad este proyecto está incluido en el Programa «Copernicus», cuyo principal objetivo es establecer un Sistema de Observación de la Tierra bajo el mandato de la Comisión Europea. (CNIG, 2018)

Se ha utilizado la capa CLC18_ES del CORINE LAND COVER la cual contiene la información sobre la ocupación del suelo de España en su última actualización de 2018.

5.1.5. Mapa geológico de Aragón

La información sobre la litología de la comarca del Matarraña se ha obtenido de la capa de geología de Aragón (Sistema de Información de Medio Ambiente (1993). Mapa geológico) disponible en el apartado de descargas del IDEAragón.

5.2. Imágenes del satélite Landsat 8

Se han utilizado las imágenes tomadas por el satélite Landsat 8 del área de estudio del día 27 de septiembre de 2021 correspondientes a las bandas 4 y 5 presentes en el Landsat Collection 2 Level-2 descargados del EarthExplorer del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, siglas en inglés).

El 11 de febrero de 2013, el vehículo Atlas-V que transporta el satélite LDCM (Landsat Data Continuity Mission) fue lanzado desde el buque USS Vandenberg. La nave fue diseñada para continuar el programa de captura global de imágenes espaciales que los Estados Unidos han estado implementando desde 1972 con la ayuda de la serie Landsat.

El equipo de detección remota instalado en la LDCM incluye un radiómetro de barrido multicanal OLI (Operational Land Imager) y un radiómetro infrarrojo de dos canales TIRS (Thermal Infrared Sensor). El instrumento OLI, desarrollado por Ball Aerospace & Technologies, opera en nueve longitudes de onda en el rango de 0.433-2.300µm y proporciona imágenes con una resolución máxima de 15m utilizando avanzadas tecnologías de imágenes espaciales. Para su desarrollo se utilizó el satélite experimental EO-1 (lanzado en el año 2000 y equipado con el radiómetro Advanced Land Imager, un prototipo del radiómetro OLI).

La carga útil del satélite utiliza un nuevo diseño compuesto de menos elementos móviles, lo que aumentará su fiabilidad y vida útil en al menos 5 años. La precisión cartográfica de las imágenes resultantes es de 12m o superior. Gracias a OLI, por primera vez en la serie de satélites Landsat, es posible realizar observaciones a través de dos nuevos rangos de longitud de onda, que son cruciales para el estudio de cirros y la evaluación de la calidad de las aguas de lagos y zonas costeras.

La resolución espacial de las imágenes obtenidas con el instrumento TIRS es de 100m. Su objetivo principal es obtener las características de temperatura de la superficie y estudiar el proceso de transferencia de calor y humedad en el ámbito de la agricultura, la gestión del agua, etc.

En contraste con el equipo instalado en satélites Landsat anteriores, TIRS proporciona la capacidad de realizar observaciones no sólo en una, sino en dos combinaciones de 8 bandas de longitud de onda infrarroja. Ambos instrumentos fotografían en modo de barrido a lo largo de la trayectoria de la nave, lo que reduce el nivel de distorsión radiométrica en comparación con los instrumentos de barrido transversal utilizados en satélites Landsat anteriores. (Earth Observing System, 2013)

5.3. Google Earth Pro y Google Maps

Se ha utilizado el programa Google Earth Pro y la aplicación Maps de Google para localizar los parques de bomberos cercanos a la comarca del Matarraña y poder elaborar una capa con la localización de dichos parques de bomberos.

Google Earth es un programa que permite viajar por todo el planeta a través de imágenes satelitales, planos, mapas y fotografías en 3D. Permite introducir el nombre de un hotel, colegio o calle y obtener la dirección exacta, un plano o vista del lugar. También se pueden visualizar imágenes vía satélite del planeta. También ofrece características 3D como dar volumen a valles y montañas, y en algunas ciudades incluso se han modelado los edificios. Además, es posible compartir con otros usuarios enlaces, medir distancias geográficas, ver la altura de las montañas, ver fallas o volcanes y cambiar la vista tanto en horizontal como en vertical. Google Earth también dispone de conexión con GPS (Sistema de Posicionamiento Global). (EcuRed, 2021)

Google Earth Pro amplía el poder de Google Earth con funciones adicionales diseñadas específicamente para los usuarios comerciales. Permite imprimir imágenes en alta resolución para usarlas en sus presentaciones, afiches e informes. Importe los datos del sistema de información geográfica (GIS) y cree mapas de calor. (Google, 2021)

Google Maps es un servicio desarrollado por Google con el cual se puede encontrar la ubicación exacta de ciudades, negocios, hoteles o atracciones en Internet o a través de aplicaciones en smartphone. Para la visualización se utilizan tanto datos de satélite como imágenes aéreas. (RYTE WIKI, 2021)

5.4. Datos climatológicos

Para la elaboración de los mapas se ha utilizado datos de temperatura, precipitación y viento del período estival.

Los datos de temperatura y precipitación se han obtenido de los mapas temáticos del Atlas Nacional de España del centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional (IGN):

- Mapa de Precipitación media de verano
- Mapa de Temperatura media de las máximas de verano

También se ha utilizado información sobre temperatura y precipitación presente en el Atlas Geográfico de Aragón:

- Temperaturas medias de las máximas estacionales
- Precipitación estacional

Los datos obtenidos del viento han sido la dirección y velocidad medias. La velocidad media del viento se ha obtenido de la página web de “datosclima.es”, la cual proporciona información climática procedente de la Agencia Estatal de Meteorología. Se ha utilizado la información de la velocidad media diaria del viento de los meses de verano en kilómetros por hora.

La dirección media del viento se ha obtenido de la información que proporciona por la empresa Windfinder, la cual ofrece previsiones del viento y meteorológicas para más de 45000 emplazamientos ("lugares") de todo el mundo que tienen especial relevancia para los kitesurfistas, windsurfistas, surfistas, navegantes y parapentistas. Los datos proporcionados proceden de la estación meteorológica de Alcañiz.

6. Metodología del trabajo

En primer lugar, se explica el modelo elegido para la elaboración del mapa de peligro de incendios forestales el cuál se ha utilizado para llevar a cabo el análisis. Seguidamente se explica el procedimiento seguido para la realización de este trabajo.

6.1. Modelo propuesto

La elaboración de los mapas de riesgo de incendios forestales se ha basado en la información presente en el libro “Nuevas Tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales” de Emilio Chuvieco Salinero y María del Pilar Martín Isabel. En dicho libro se encuentra el modelo que se ha considerado adecuado para llevar a cabo la representación de los mapas de riesgo de incendios forestales mediante la combinación de varias variables.

Considerando los incendios forestales en el contexto de los riesgos naturales y tecnológicos, el análisis integral del riesgo de incendios ha de tratar, al mismo tiempo, aquellos factores que explican la aparición de un incendio determinado (así como su desarrollo), por un lado, y los impactos que éste puede causar sobre las personas, los bienes materiales y los recursos naturales, por otro. En el ámbito de la ocurrencia, el riesgo también debe hacer referencia a los componentes básicos que la explican: la ignición y la propagación de incendios.

Los trabajos realizados de esta línea han desarrollado una terminología propia que difiere, en parte, de la utilizada tradicionalmente en la bibliografía sobre riesgos naturales y tecnológicos. Éste es el caso de la distinción que entre “riesgo” y “peligro” de incendio puede establecerse en castellano, reflejo de la que, en lengua inglés –dominante en este campo- se establece entre risk, danger y hazard.

Según la terminología de la FAO (1986), ampliamente aceptada por la comunidad científica dedicada a temas forestales, peligro de incendios (fire danger) se define como “el resultado, a veces expresado mediante un índice, de los factores constantes y variables que afectan a la ignición, a la propagación y a la dificultad de controlar los fuegos y los daños que éstos generan”. El término inglés fire hazard, de traducción casi sinónima, se reserva, según la misma fuente, para la “medida de la parte del peligro [fire danger] explicada por la presencia de combustibles disponibles para ser quemados”. Finalmente, riesgo de incendio (fire risk) expresa la probabilidad de que un fuego se inicie bajo la presencia y la actividad de agente causante, un agente detonante y la cantidad de hojarasca potencial a la cual un área dada estará expuesta en un periodo determinado. El concepto de peligro de incendio –fire danger- tiene, en este contexto, un significado amplio puesto que implica la integración de todos aquellos factores –de naturaleza muy diversa- susceptibles de generar un incendio.

Desde posiciones conceptualmente muy próximas, Lynham y Martell (1985) resumen en tres las dimensiones necesarias para comprender la ocurrencia de incendios forestales: risk, hazard y medidas de prevención. Entienden así por “forest fire severity” la medida del nivel de actividad del fuego en un área determinada, explicada como función de dos factores principales: el número de fuentes potenciales de ignición (risk); y las fuentes de peligro, entendidas en términos de combustible disponible para arder (hazard).

En la bibliografía sobre riesgos naturales todos estos términos son tratados con un significado diferente. Los dos primeros –danger y hazard- son utilizados casi indistintamente, mientras que el tercero –risk- se emplea cuando se hace referencia tanto a la probabilidad de que un evento no deseado ocurra como a los daños potenciales que éste puede causar (Allen, 1992). Es decir, el riesgo –risk- se define como producto de un “peligro relativo previsto” y la “exposición a tal peligro”. En definitiva, su valoración atiende a dos vertientes distintas: la probabilidad de que suceda (terremoto, tornado, incendio, erupción volcánica, etc.) y la

vulnerabilidad de las áreas potencialmente afectadas. La probabilidad de ocurrencia se expresa como combinación de los factores que pueden causar el evento (unas condiciones atmosféricas específicas, un tipo de combustible, una situación socioeconómica determinada...), mientras que la vulnerabilidad refiere al grado de preparación de las zonas afectadas ante el desastre (fragilidad del ecosistema afectado, valor intrínseco de los recursos, nivel de severidad, etc.).

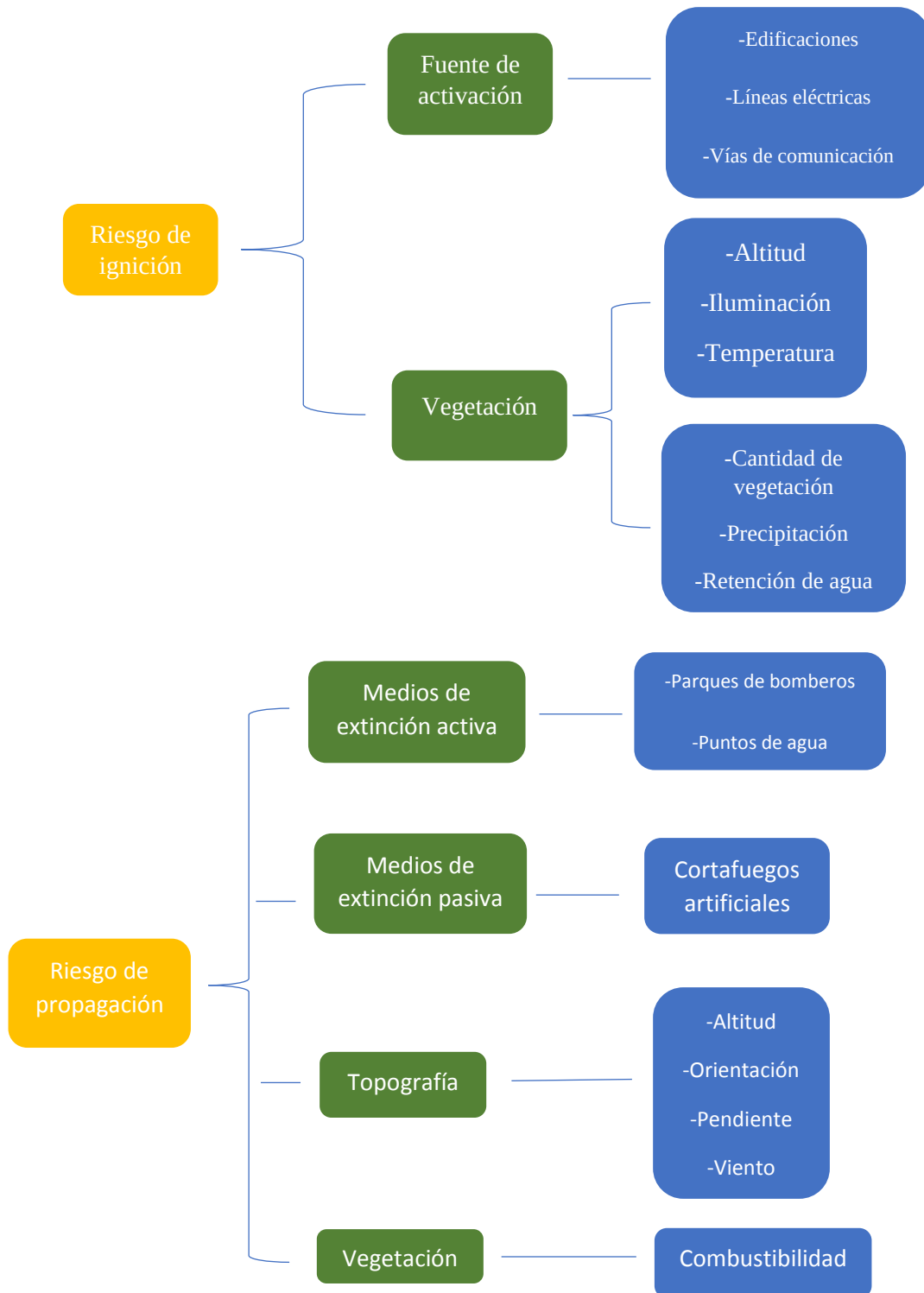
En este contexto, el análisis del riesgo de incendio forestal –fire risk- debe contemplar tanto el grado de peligro –danger- o probabilidad de que ocurra el fuego y se desarrolle (probabilidad de ignición y de propagación), como la vulnerabilidad de las áreas afectadas, relación con los daños que puedan ocasionarse. (Chuvieco, Salas, De la Riva, Pérez y Lana-Renault, 2004)

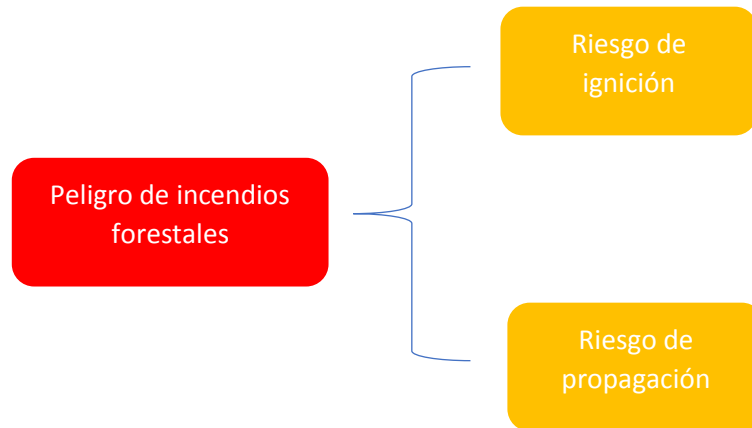
En nuestro caso, se ha tratado el concepto de peligro de incendios forestales como la combinación de los riesgos de ignición y propagación, tratando estos como la probabilidad de que ocurra un incendio forestal y se desarrolle respectivamente.

El análisis del primero de ellos – la Ignición – se centra en el estudio de las condiciones de aparición del fuego. Teóricamente, un fuego puede iniciarse en cualquier punto del espacio que esté cubierto por material combustible, aunque solo tendrá lugar si un agente causante lo provoca, y sea de forma natural (por rayos o erupciones volcánicas), o artificial (por el ser humano, directa o indirectamente). Por lo tanto, el riesgo de ignición hace referencia exclusivamente a la probabilidad de ocurrencia del incendio, estimada a partir del análisis de los factores causantes y de la disponibilidad e inflamabilidad de los combustibles. En este sentido, en el análisis de ignición se contempla la presencia de los agentes causantes, pero también las características del combustible (tanto vivo como muerto) y, en particular, su estado de humedad.

El análisis de riesgo de propagación se centra en el estudio del comportamiento del fuego, es decir, en la estimación de su recorrido y de sus características (velocidad, intensidad, áreas afectadas...). Esta componente del riesgo de incendios ha sido la más estudiada, siendo muy numerosos los modelos de simulación que se han propuesto a efecto. La velocidad del fuego está relacionada con el concepto de probabilidad de propagación y se estima mediante el análisis de las características del combustible (cantidad, estructura...), las condiciones meteorológicas (patrones de viento, temperatura, humedad...) y la topografía. Aunque difíciles de predecir también intervienen los recursos utilizados en la supresión del fuego, cuanto modifican la propagación natural del mismo. (Chuvieco, Salas, De la Riva, Pérez y Lana-Renault, 2004)

En los siguientes esquemas se puede ver los pasos que se han seguido para calcular el riesgo de ignición, el riesgo de propagación y el peligro de incendios forestales:





Una aproximación cuantitativa para el análisis de riesgo consiste en la definición de un índice basado en la ponderación selectiva de las variables de riesgo. Las ponderaciones se establecen, tal y como ocurre en el caso de los modelos cualitativos, a partir del conocimiento de los expertos, pero, en este caso, sí se define un gradiente de riesgo a partir de la aplicación de una formula-índice. El nivel de riesgo se corresponde con el valor numérico del índice, que también puede clasificarse en diferentes categorías de riesgo. (Chuvieco, Salas, De la Riva, Pérez y Lana-Renault, 2004)

Por lo tanto, siguiendo el modelo elegido, los índices utilizados son los propuestos por Salas y Chuvieco (1994a):

- Riesgo de Ignición (IR):

$$IR = 4 * H + 3 * V + 2 * I - E$$

donde H representa el factor humano (la resultante de la proporción de las variables de edificaciones, vías de comunicación y de líneas eléctricas), V la vegetación (la resultante de los valores de temperatura, precipitación, retención de agua, altitud y NDVI), I el factor de iluminación y E la altitud.

- Riesgo de propagación (BR):

$$BR = 5 * V + 4 * S + 3 * A - E - FB$$

donde V indica el tipo de combustible, S la pendiente, A la orientación, E la altitud y FB la existencia de cortafuegos (aunque además de los cortafuegos hemos añadido los parques de bomberos y los puntos de abastecimiento de agua para incendios).

Tras el cálculo de ambos riesgos, se procede a su combinación según como se puede ver en la tabla 7.

Tabla 7. Índice de peligro de incendio propuesto por Salas y Chuvieco (1994b) en un trabajo en el centro de la Península Ibérica (Sierra de Gredos).

		Riesgo de propagación			
		Muy alto	Alto	Moderado	Bajo
Riesgo de ignición	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Moderado	Moderado
	Alto	Muy alto	Alto	Moderado	Moderado
	Moderado	Alto	Alto	Moderado	Bajo
	Bajo	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo

La elaboración de estos índices requiere el establecimiento de niveles cuantitativos de riesgo para cada una de las variables. Por ejemplo, el tipo de modelo de combustible deberá reclasificarse en función del riesgo que presenta –tanto en la ignición como en la propagación.; para ello, podrán utilizarse los valores de propagación derivados del modelo BEHAVE o de otras simulaciones por ordenador. Estos índices de tipo cuantitativo resultan más objetivos que los modelos cualitativos, aunque tampoco deben interpretarse en términos absolutos. Es decir, definen niveles de riesgo alto o bajos, pero no pueden utilizarse para definir probabilidades de ignición o propagación. Existen alternativas para atenuar el grado de subjetividad en la ponderación de las variables. (Chuvieco, Salas, De la Riva, Pérez y Lana-Renault, 2004)

6.2. Procedimiento

La información inicial mencionada en el apartado de datos de partida ha sido tratada y utilizada para la elaboración de las distintas capas que se han utilizado para crear el mapa de peligro de incendios forestales a partir del cual se ha realizado el análisis. La información utilizada dicho mapa y para el análisis del peligro de incendios forestales ha sido la más actualizada posible y limitándose solo al periodo estival en variables relacionadas con el clima.

Como ya se ha mencionado, para elaborar el mapa de peligro de incendios forestales, según el modelo elegido de Salas y Chuvieco, primero es necesario calcular el riesgo de ignición y el riesgo de propagación de incendios forestales, y de la combinación de ambos se obtiene el peligro de incendios forestales.

Para la elaboración de dichos mapas y las capas necesarias se ha utilizado la versión 10.7.1. de la aplicación ArcMap del programa ArcGIS de ESRI.

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es la plataforma líder mundial para crear y utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. (SIGSA, 2021)

ArcMap es el lugar donde se visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde asigna símbolos y donde crea los diseños de mapa para imprimir o publicar. Es también la aplicación que se utiliza para crear y editar los dataset. (ArcGIS, 2021)

Tanto la capa con los límites de la comarca del Matarraña como sus municipios se han obtenido del centro de descargas del IDE Aragón. La capa de los límites de la comarca es una de las más importantes ya que es la que ha ayudado a comprimir la información a el área de estudio.

Toda la información utilizada se ha depositado en una misma geodatabase para facilitar el manejo de los datos. El sistema de referencia establecido para la elaboración de los mapas ha sido ETRS_1989_UTM_Zone_30, por lo que todas las capas que se utilizan deben de tener dicho sistema de referencia.

Antes de proceder con la explicación de la elaboración de los distintos mapas se explican algunas situaciones que se repiten en varios procesos de la elaboración de las distintas capas:

- En aquellas capas de las variables que se calculen usando anillos de proximidad, aparte de utilizar la información correspondiente a la comarca del Matarraña, también se ha utilizado las entidades de fuera del área de estudio que puedan llegar a tener impacto dentro de esta. En el resto de las capas de las variables en las que no se usen dichos anillos, se ha utilizado solamente la información correspondiente a el área de estudio establecida.
- Todas las capas han sido convertidas a formato ráster y posteriormente reclasificadas según los valores asignados de peligro. En dicha reclasificación, a los valores “No Data” se les ha asignado valor cero para que no haya problemas en las operaciones realizadas.
- Se ha establecido el mismo tamaño de píxel para todas las capas ráster creadas, el cuál es de 30x30 metros.

A partir del Modelo Digital de Elevaciones se ha obtenido el Modelo Digital del Terreno fusionando las imágenes PNOA de las hojas 469, 470, 495, 496, 520 y 521 y posteriormente recortado dicha fusión para obtener el MDT de nuestra área de estudio. Dicha capa del Modelo Digital del Terreno se ha utilizado para el cálculo de unas cuantas variables.

6.2.1. Elaboración mapa riesgo de ignición

El mapa de riesgo de ignición es resultado de la combinación de varias capas mediante la fórmula propuesta por Salas y Chuvieco en 1994 para el cálculo del riesgo de ignición de incendios forestales:

$$IR = 4 * H + 3 * V + 2 * I - E$$

La fórmula utilizada después de elegir las variables y la importancia que se les da respeto a las demás ha sido la siguiente:

$$RI = 4 * ((\text{“Líneas Eléctricas”} + \text{“Edificaciones”} + (0,4 * \text{“Carreteras Convencionales”} + 0,6 * \text{“Sendas y Caminos”})) / 3) + 3 * ((\text{“NDVI”} + 0,2 * \text{“Retención de agua”} + \text{“Temperatura”} + \text{“Precipitaciones”}) / 4) + 2 * \text{“Iluminación”} - \text{“Altitud”}.$$

Con esta fórmula, a partir de las diferentes capas con la información de las distintas variables, se ha obtenido una capa con la información sobre el riesgo de ignición. Para realizar el cálculo, todas las capas deben estar en formato ráster ya que se ha utilizado la herramienta “Spatial Analyst Tools / Map Algebra / Raster Calculator” aplicando dicha fórmula.

Las diferentes capas necesarias para la fórmula se han realizado de la siguiente manera:

- Factor humano (H): las capas de las variables del factor humano se han realizado creando varios anillos o áreas de proximidad alrededor de las distintas entidades asignando un diferente nivel de peligro según dicha proximidad. Para ello, en todas se ha utilizado la herramienta Analysis Tools / Proximity / Multiple Ring Buffer, pero para cada variable se han asignado unos valores de proximidad distintos. Para cada variable se ha realizado lo siguiente:
 - Líneas eléctricas: el riesgo eléctrico se produce en toda tarea que implique actuaciones sobre instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión, utilización, manipulación y reparación del equipo eléctrico de las máquinas, así como utilización de aparatos eléctricos en entornos para los cuales no han sido diseñados.

La normativa a nivel nacional que hay que tener en cuenta es el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, en concreto el apartado del Reglamento 5.- Distancias mínimas de seguridad, subapartado 5.12.-Pasos por zonas.

Cuando una línea eléctrica pasa por una zona de bosque, árboles y masas de arbolado las distancias de seguridad que deben establecerse en la zona de servidumbre de vuelo de la línea correspondiente, siempre con un mínimo de 2 metros a cada lado de la proyección de la línea, es el resultado de sumar 1,5 metros más la distancia indicada en función de la tensión más elevada (desde 0,08 metros con una tensión de 3,6 kV hasta los 2,8 metros con una tensión de 420 kV).

Se ha utilizado la capa de líneas BCN0710L_LIN_ELEC de la provincia de Teruel del BTN25 (ver anexos). Aquí solo se recogen las líneas eléctricas de mayor tensión, en nuestro caso solo encontramos de 150-220 kV y 400 kV.

Al ser esa distancia mínima y al tener un tamaño de píxel de 30 metros se ha adaptado la mínima distancia que se puede coger para la clasificación del riesgo de incendio.

En la tabla 8 se muestran los intervalos de proximidad y el nivel de riesgo que se ha dado a cada intervalo, tanto de manera cualitativa como cuantitativa.

Tabla 8. Niveles de riesgo de ignición de la variable “Líneas eléctricas” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Distancia (metros)	Riesgo	Valor
0 – 30	Muy alto	5
30 – 60	Alto	4
60 – 90	Medio	3
90 – 120	Bajo	2
120 – 150	Muy bajo	1

- **Edificaciones:** Las zonas más cercanas a las edificaciones son propias de que se frecuente por personas, por lo que es susceptible a que se lleve a cabo un incendio intencionadamente.

Se ha utilizado las capas de polígonos BCN0507S_EDIFIC de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza del BTN25.

Se considera una distancia de 300 metros en el buffer para que el riesgo de ignición se produzca, ya que en esas inmediaciones habrá más tráfico de personas y más continuo que en 1500 metros donde se aleja de las edificaciones.

Tabla 9. Niveles de riesgo de ignición de la variable “Edificaciones” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Distancia (metros)	Riesgo	Valor
0 – 300	Muy alto	5
300 – 600	Alto	4
600 – 900	Medio	3
900 – 1200	Bajo	2
1200 – 1500	Muy bajo	1

- **Vías de comunicación** (carreteras, sendas y caminos): se ha tomado esta variable de vías de comunicación en el mapa de riesgo de ignición ya que es una vía de accesibilidad para la población hacia terreno forestal. A la hora de analizar estas vías se decide que las zonas más próximas a estas tienen un riesgo mayor de ignición simplemente por lanzamiento de objetos, colarse en zonas colindantes... etc. Causas humanas voluntarias. Para estas variables, se han destacado 4 grandes grupos:

Autopistas y Autovías: la vía de comunicación más grande. Pistas de circulación para automóviles y vehículos terrestres de carga (categóricamente los vehículos de motor) y de pasajeros. Debe ser rápida, segura, y admitir un volumen de tráfico considerable, dispone de más de un carril para cada sentido con calzadas separadas. Estas vías son más controladas por la policía debido a la influencia de tráfico que puede pasar por ellas.

En este tipo de vías es muy poco probable la influencia de personas sin su vehículo, por ello, es muy poco probable que personas pirómanas inicien un incendio intencionado cerca de estas vías.

En el área de estudio no se encuentra ningún tramo, pero si hubiera habría que tenerlas en cuenta. Para está se asignaría también como distancia mínima los 30 metros al igual que con las líneas eléctricas.

Carreteras convencionales: son aquellas que no reúnen las características propias de las autopistas, autovías y vías rápidas, es decir, poseen calzada única, no tienen limitación de accesos a propiedades colindantes y los cruces se pueden efectuar a nivel. También se permite en estas carreteras estacionar en el arcén de las carreteras por lo que el peligro de que personas lleven a cabo un incendio intencionado es mayor.

Se ha utilizado las capas de líneas BCN0605L_CARRETERA de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza del BTN25 (ver anexos).

Como el riesgo es mayor que las autovías y autopistas se ha establecido una distancia de 60 metros dentro la cual el riesgo es extremo, por causas humanas intencionadas.

Tabla 10. Niveles de riesgo de ignición de la variable “Carreteras convencionales” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Distancia (metros)	Riesgo	Valor
0 – 60	Muy alto	5
60 – 120	Alto	4
120 – 180	Medio	3
180 – 240	Bajo	2
240 – 300	Muy bajo	1

Sendas y caminos: es de las vías menos utilizadas y por ello alejadas de las zonas pobladas en su mayoría, son el campo perfecto para provocar un incendio intencionadamente. Es la variable a la que se le ha dado mayor importancia en lo que se refiere a vías de comunicación.

Se han utilizado las capas de líneas BCN0626L_SENDA y BCN0623L_CAMINO de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza del BTN25.

Se han tomado los mayores valores de peligrosidad en vías para este caso, siendo de 90 metros.

Tabla 11. Niveles de riesgo de ignición de la variable “Sendas y caminos” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Distancia (metros)	Riesgo	Valor
0 – 90	Muy alto	5
90 – 180	Alto	4
180 – 270	Medio	3
270 – 360	Bajo	2
360 – 450	Muy bajo	1

Vías de ferrocarril: vías de comunicación no muy anchas por las que únicamente circulan ferrocarriles. En este tipo de vías es muy poco probable la afluencia de personas, por ello, es muy poco probable que personas pirómanas inicien un incendio intencionado cerca de estas vías. Únicamente hay afluencia de personas cuando se suceden averías o tareas de mantenimiento.

Aunque haya afluencia de gente hay bastante peligro de que se inicie un incendio si hay vegetación propensa para ella en las cercanías, ya que los ferrocarriles es frecuente que se produzcan chispas en los pasos por las vías además que suelen estar acompañadas de postes y líneas eléctricas. Es por ello que la distancia de ignición es mínima.

En el área de estudio no se encuentra ningún tramo, pero si hubiera habría que tenerlas en cuenta. Para está se asignaría también como distancia mínima los 30 metros al igual que con las líneas eléctricas.

- Vegetación (V): este factor recoge varias características de la vegetación del área de estudio teniendo en cuenta que solo se está analizando el periodo estival. En este caso se han elegido cuatro variables diferentes que se han representado de la siguiente manera:

- NDVI:

Los índices de vegetación son combinaciones de las bandas espectrales registradas por los satélites de Teledetección, cuya función es realzar la vegetación en función de su respuesta espectral y atenuar los detalles de otros elementos como el suelo, la iluminación, el agua, etc. Se trata de imágenes calculadas a partir de operaciones algebraicas entre distintas bandas espectrales.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. (José C., 2016)

Para el cálculo de los índices de vegetación es necesaria la información que se encuentra en las bandas roja e infrarroja de ese espectro electromagnético. El cálculo del NDVI se hace mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{(IRCercano - ROJO)}{(IRCercano + ROJO)}$$

Es decir, mediante la diferencia entre la reflectancia de las bandas 5 (infrarrojo cercano) y 4 (visible – rojo) dividido por la suma de estas dos bandas de reflectancia. En nuestro caso, utilizamos imágenes del satélite Landsat 8, por lo que dichas bandas roja e infrarroja se encuentra en la 4 y en la 5. Si utilizáramos imágenes del satélite Landsat 7 habría que utilizar las bandas 3 y 4, ya que el satélite Landsat 8 difiere del satélite Landsat 7 en sus bandas como se muestra a continuación:

Tabla 13. Comparación bandas satélites Landsat 7 y 8. (Fuente: Montoya, S., Gidahatari)

Landsat 7			Landsat 8		
Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)	Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
Band 1 Blue	0.45 – 0.52	30	Band 1 Coastal	0.43 – 0.45	30
Band 2 Green	0.52 – 0.60	30	Band 2 Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 Red	0.63 – 0.69	30	Band 3 Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 NIR	0.77 – 0.90	30	Band 4 Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 SWIR1	1.55 – 1.75	30	Band 5 NIR	0.85 – 0.88	30
Band 7 SWIR2	2.09 – 2.35	30	Band 6 SWIR1	1.57 – 1.65	30
Band 8 Pan	0.52 – 0.90	15	Band 7 SWIR2	2.11 – 2.29	30
			Band 8 Pan	0.50 – 0.68	15
			Band 9 Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 6 TIR	10.40 – 12.50	30/60	Band 10 TIRS1	10.6 – 11.19	100
			Band 11 TIRS2	11.5 – 12.51	100

En nuestro caso, se han utilizado imágenes del área de estudio del satélite Landsat 8 del día 27 de septiembre de 2021 disponibles en la página web <https://earthexplorer.usgs.gov/> del Servicio Geológico de Estados Unidos.

El resultado de las operaciones mencionadas anteriormente usando las imágenes correspondientes a las bandas 4 y 5 nos da una nueva imagen donde se destacan gráficamente determinados píxeles relacionados con parámetros de las coberturas vegetales (ver anexos).

Para obtener el NDVI se ha usado la herramienta “Spatial Analyst Tools / Map Algebra / Raster Calculator”, aquí se puede realizar la operación:

$$\text{NDVI} = \text{float}(\text{banda } 5 - \text{banda } 4) / \text{float}(\text{banda } 5 + \text{banda } 4)$$
 donde el NDVI generado está comprendido entre -1 y 1 (ver anexos).

Una de las principales aplicaciones del NDVI es la vigilancia de las áreas forestales a partir del estudio de su evolución. Su medición permite el análisis de las variaciones temporales y espaciales de la vegetación.

El agua tiene reflectancia $R > \text{IRC}$, por lo tanto, valores negativos de NDVI. Las nubes presentan valores similares de R e IRC, por lo que su NDVI es cercano a 0. El suelo descubierto y con vegetación rala presenta valores positivos, aunque no muy elevados. La vegetación densa, húmeda y bien desarrollada presenta los mayores valores de NDVI. (Portillo, Delpino y Mora, 2019)

Todo esto se ha utilizado para la elección de los intervalos de la clasificación de los valores de riesgo mediante una reclasificación, aunque en nuestra área de estudio no se encuentran valores entre algunos intervalos ya que el valor mínimo es -0,07 y el máximo 0,42. Los intervalos definidos y su riesgo son los siguientes:

Tabla 14. Niveles de riesgo de ignición de la variable “NDVI” (Elaboración propia. Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos).

Valor NDVI	Riesgo	Valor
-1 - -0,36	Muy bajo	1
-0,36 - -0,11	Bajo	2
-0,11 - 0,12	Medio	3
0,12 - 0,62	Alto	4
0,62 - 1	Muy alto	5

- Retención de agua:

La cantidad de agua presente en un suelo experimenta variaciones de forma continua a lo largo del tiempo con entradas por lluvias, riego y/o infiltraciones laterales y salidas por escorrentías o drenajes.

La mayor o menor fuerza con la que el agua está retenida en el suelo determina la disponibilidad de esta para las plantas. Si el agua está fuertemente adherida a las partículas del suelo no puede ser absorbida, y por el contrario si el flujo es muy rápido tampoco. Por tanto, solo una fracción del agua total que presenta el suelo es verdaderamente útil para las plantas.

El suelo es un sistema poroso formado de partículas sólidas y agregados de diferentes tamaños y composición química. Entre estas partículas del suelo van apareciendo espacios vacíos (poros) que son ocupados por agua o por aire. Estos espacios presentan mucha variabilidad en cuanto a tamaño y forma; el rango de tamaño de poros varía desde diámetros inferiores a 0.0002 mm (microporos) hasta 50 mm (macroporos). (Pachés, 2019)

La propiedad del suelo directamente relacionada con el área superficial de las partículas es la textura o distribución de las partículas minerales según su tamaño. Conociendo la textura se puede conocer muchas de las propiedades hídricas de los suelos. Además, la textura es una propiedad muy estable en los suelos, mientras que la estructura y la cantidad y tipo de materia orgánica, que también influyen en las propiedades hídricas, son propiedades que pueden variar a corto y medio plazo (lluvias intensas, cambios en la vegetación, puesta en cultivo de los suelos...).

Se puede afirmar que:

1. Cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápida es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos (los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos).
2. Los suelos con buena estructura tienen mayor velocidad de infiltración que los compactados.
3. El mayor contenido en materia orgánica aumenta el agua retenida por el suelo.
4. A mayor espesor del suelo mayor capacidad de retener agua.

La textura y las propiedades hídricas de un suelo están muy relacionadas, por lo que se puede atribuir a cada tipo de textura un determinado comportamiento hídrico.

Para calcular el nivel de riesgo según la retención de agua se necesita información sobre la litología de los suelos del área de estudio. Dicha información se ha obtenido del mapa geológico de Aragón de 1993 del Sistema de Información de Medio Ambiente disponible en el centro de descargas del IDEAragón. Utilizando los datos sobre la litología presentes en la capa de dicho mapa geológico y limitándose a nuestra área de estudio se han encontrado las siguientes litologías:

- a) Aluviales y fondos de valle. Gravas, arenas y arcillas
- b) Arcillas o margas y areniscas
- c) Arcillas y areniscas. Niveles calizos
- d) Arcillas y limolitas. Niveles de yesos y calizas
- e) Arcillas y yesos
- f) Arcillas, areniscas y conglomerados
- g) Areniscas
- h) Areniscas y arcillas
- i) Areniscas y arcillas. Niveles conglomeráticos
- j) Calizas
- k) Calizas y dolomías
- l) Calizas y margas
- m) Calizas, margas y dolomías
- n) Conglomerados y arcillas
- o) Conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas
- p) Dolomías
- q) Dolomías y margas
- r) Dolomías, calizas y margas
- s) Indiferenciado. Cantos, arenas y arcillas
- t) Terrazas. Gravas, arenas y arcillas

Se ha decidido agrupar toda la litología en 2 grandes grupos, el primero es de arcillas, limos y areniscas, compuesto por los grupos b, c, d, e, f, g, h, i, n, o, s y t. El segundo de calizas, arenas, gravas, etc. que son el resto de los grupos: a, j, k, l, m, o, p, q y r (ver anexos). Finalmente se obtiene un ráster bastante reducido y fácil de analizar (ver anexos).

En cuanto a los valores adoptados, el suelo perteneciente a calizas es un suelo que absorbe poco el agua debido al tamaño de las partículas y escasa capacidad de retener agua, por lo tanto, tiene un peligro considerable al ser suelo seco. Y el otro grupo de arcillas al ser un suelo más compactado, mayor retención de agua y con un peligro bajo al mantener húmedo el suelo. En la fórmula del riesgo de ignición se le ha aplicado un multiplicador de 0,2 ya que al ser el cálculo en el período estival la presencia de agua es mínima y esta variable pierde importancia.

Tabla 15. Niveles de riesgo de ignición de la variable “Retención de agua” (Elaboración propia. Fuente: IDEAragón).

Litología	Riesgo	Valor
Calizas, arenas, gravas, etc.	Alto	4
Arcillas, limos, areniscas	Bajo	2

- Temperatura: las altas temperaturas provocan la sequedad de la vegetación y propician el ambiente perfecto para la aparición de incendios.

Gracias al Mapa de Temperaturas medias de las máximas de verano de los mapas temáticos del Atlas Nacional de España del centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se ha dispuesto de la capa base y utilizando la información más precisa en el Atlas Geográfico de Aragón sobre las temperaturas medias de las máximas de verano se ha podido elaborar una capa que muestra los intervalos de temperatura medias máximas de verano del área de estudio (ver anexos).

Finalmente, a cada intervalo se le ha asignado un nivel de riesgo como se puede ver en la tabla 16.

Tabla 16. Niveles de riesgo de ignición de la variable “Temperatura” (Elaboración propia. Fuente: CNIG y Atlas Geográfico de Aragón).

Temperatura (°C)	Riesgo	Valor
20 – 25	Medio	3
25 – 30	Alto	4
>30	Muy alto	5

- **Precipitaciones:** la influencia de la precipitación sobre el contenido de humedad del combustible es evidente, si bien no es fácil determinar la respuesta de la vegetación a distintas cantidades de precipitación. Cuanta menos precipitaciones más seco estará el combustible por tanto mayor riesgo. Gracias al Mapa de Precipitación media de verano de los mapas temáticos del Atlas Nacional de España del centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se ha dispuesto de la capa base y utilizando la información más precisa en el Atlas Geográfico de Aragón sobre precipitaciones de verano se ha podido elaborar una capa que muestra los intervalos de precipitaciones media de verano del área de estudio. Aunque en el área de estudio, las precipitaciones medias de verano son tan escasas que todo el territorio tiene el mayor nivel de riesgo en lo que a esta variable. Se le ha dado un nivel de riesgo 5 (muy alto) a todo el territorio ya que las precipitaciones en el periodo estival no pasan de los 200 mm.

- **Iluminación (I):** la iluminación de las diferentes laderas de las montañas tiene un efecto muy importante sobre la temperatura que se va a registrar y sobre el estado hídrico de los combustibles vegetales muertos. La iluminación de la zona se ha obtenido de la capa del Modelo Digital del Terreno de nuestra área de estudio utilizando la herramienta “Spatial Analyst Tools / Surface / Hillshade” (azimut 315, altitud 45) (ver anexos). Los valores van de 0 a 255 lúmenes que indica el nivel más alto de iluminación en esa zona. En la tabla se muestra como se ha decidido valorarlo.

Tabla 17. Niveles de riesgo de ignición de la variable “Iluminación” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Valor iluminación	Riesgo	Valor
254 - 194	Alto	5
194 - 155	Medio	4
155 - 0	Bajo	3

- **Altitud (E):** este factor se aplica tanto en la fórmula de riesgo de ignición como del riesgo de propagación con los mismos valores de peligro elegidos.

La altitud influye en el comportamiento del incendio. Normalmente se esperan menores temperaturas a mayor altitud. Con esta menor temperatura del aire, es mayor el contenido de humedad del combustible. Por ello, se puede esperar que los combustibles, a mayor altitud, tarden más tiempo en alcanzar la temperatura de ignición. Además, normalmente, cuanto mayor es la altitud mayor es la precipitación y, por tanto, se encuentran combustibles con el comportamiento que acabamos de mencionar. Con todas estas características en mente, se puede deducir que a mayor altitud la incidencia de incendios es menor, y, de hecho, es lo que ocurre.

Como se ha podido ver en la fórmula de Salas y Chuvieco (1994a), la altitud es un factor mitigador del riesgo de ignición y propagación de los incendios forestales. Se ha establecido los 300 metros como la altitud a la cual se empieza a notar esta mitigación, y a partir de los 750 metros la mitigación es ya máxima.

La capa del Modelo Digital del Terreno de nuestra zona de estudio dispone de la información con la altitud siendo en este caso el mínimo de 260 metros y el máximo de 1388 metros de altitud (ver anexos).

Finalmente, se ha reclasificado dicha altitud mediante los siguientes intervalos a los que se les ha asignado estos valores de mitigación:

Tabla 18. Niveles de mitigación del riesgo de ignición de la variable “Altitud” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Altitud (metros)	Mitigación	Valor
< 300	Muy bajo	1
300 - 450	Bajo	2
450 - 600	Medio	3
600 - 750	Alto	4
>750	Muy alto	5

6.2.2. Elaboración mapa riesgo de propagación

El mapa de riesgo de propagación es resultado de la combinación de varias capas mediante la fórmula propuesta por Salas y Chuvieco en 1994 para el cálculo del riesgo de propagación de incendios forestales:

$$BR = 5 * V + 4 * S + 3 * A - E - FB$$

La fórmula utilizada después de elegir las variables y la importancia que se les ha dado respeto a las demás ha sido la siguiente:

$RP = 5 * \text{“Combustibilidad”} + 4 * ((\text{“Pendiente”} + (0,2 * \text{“Dirección del Viento”} + 0,8 * \text{Velocidad del viento}))) / 2] + 3 * \text{“Orientación”} - \text{“Altitud”} - (\text{“Cortafuegos”} + (0,8 * \text{Embalses} + 0,2 * \text{“Piscinas y otros”}) + \text{“Parques de bomberos”})$.

Con esta fórmula, a partir de las diferentes capas con la información de las distintas variables, se obtiene una capa con la información sobre el riesgo de propagación. Para realizar el cálculo, todas las capas deben estar en formato ráster ya que se ha utilizado la herramienta “Spatial Analyst Tools / Map Algebra / Raster Calculator” aplicando dicha fórmula.

Las diferentes capas necesarias para la fórmula se han realizado de la siguiente manera:

- Tipo de modelo de combustible (V):

Los modelos de combustible son representaciones de las distintas estructuras de vegetación que podemos encontrar en la naturaleza y que son susceptibles de propagar un fuego.

Para cada uno de estos modelos de combustible se realiza una descripción de la vegetación que lo compone y se le asocian los valores medios que alcanzarían determinados parámetros de un incendio, por ejemplo, velocidad de propagación, altura de llama, etc. De esta forma, eligiendo el modelo de combustible que le corresponde a una determinada zona, podemos tener una predicción del comportamiento del fuego en ese lugar.

Uno de los modelos más utilizado es el desarrollado por Rothermel y cols. para Estados Unidos, en la versión adaptada por el Icona para España. Como podemos ver en las siguientes tablas, se establecen trece modelos de combustible, divididos en cuatro grupos: pastos, matorral, hojarasca bajo arbolado y restos de corta y operaciones silvícolas. (Garrido, R., Carreira, R. & Iglesias, R., 2016)

Tabla 19. Modelos de combustible de Rothermel y cols. (Fuente: Garrido, R., Carreira, R. y Iglesias, R., Defensa y prevención de incendios forestales, 2016).

Grupo	Modelo	Descripción
1. Pastos	1	Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo. Pueden aparecer algunas plantas leñosas dispersas, de matorral o arbolado, ocupando menos de un tercio de la superficie. Cantidad de combustible (materia seca): 1-2 tm/ha
	2	Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo. La vegetación leñosa dispersa, de matorral o arbolado, cubre de uno a dos tercios de la superficie. La propagación del fuego se realiza por el pasto. Cantidad de combustible (materia seca): 5-10 tm/ha.
	3	Pasto grueso, denso, seco y alto (más de un metro). Es el modelo típico de las sabanas y de las zonas pantanosas con clima templado-cálido. Los campos de cereales son representativos de este modelo. Puede haber algunas plantas leñosas dispersas. Son incendios rápidos y de gran intensidad. Cantidad de combustible (materia seca): 4-6 tm/ha
2. Matorral	4	Matorral o plantación joven muy densa; más de 2 m de altura, con ramas muertas en su interior (continuidad horizontal y vertical). Propagación rápida del fuego por las copas de las plantas, con grandes llamas e intensidad elevada. Cantidad de combustible (materia seca): 25-35 tm/ha
	5	Matorral denso y verde, de pequeña estatura (< 1 m de altura). Propagación del fuego por la hojarasca del propio matorral y el pasto. Fuegos de intensidad moderada. Cantidad de combustible (materia seca): 5-8 tm/ha
	6	Es un modelo similar al anterior, pero con presencia de especies de mayor inflamabilidad, o con restos de corta y plantas de mayor talla. La propagación del fuego tiene lugar con vientos moderados a fuertes. Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 tm/ha
	7	Sotobosque de matorral formado por especies muy inflamables, de 0,5 a 2 m de altura, en masas de coníferas. Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 tm/ha
3. Hojarasca bajo arbolado	8	Bosque denso, sin matorral. Propagación del fuego por la hojarasca muy compacta, formada por acículas cortas u hojas planas de pequeño tamaño. Podrían servir como ejemplo los bosques densos de <i>Pinus sylvestris</i> o de <i>Fagus sylvatica</i> . Los fuegos, salvo condiciones meteorológicas muy desfavorables, se desarrollan con poca intensidad, con llamas cortas y velocidades de avance suaves. Cantidad de combustible (materia seca): 10-12 tm/ha
	9	Este modelo se diferencia del anterior en la menor compacidad de la hojarasca, formada en este caso por acículas largas y rígidas o follaje de frondosas de hojas grandes. Los fuegos son, por lo tanto, más rápidos y con llamas más largas que en el modelo anterior. Son ejemplos las masas de <i>Pinus pinaster</i> , <i>Castanea sativa</i> o <i>Quercus pyrenaica</i> . Cantidad de combustible (materia seca): 7-9 tm/ha
	10	Montes con gran cantidad de restos leñosos, o incluso árboles, caídos como consecuencia de vendavales, plagas intensas, etc., con presencia de vegetación herbácea y matorral que crece entre los restos. Cantidad de combustible (materia seca): 30-35 tm/ha
4. Restos de corta y operaciones silvícolas	11	Bosque con capa poco compacta de restos ligeros dispersos, procedentes de tratamientos silvícolas de mejora (poda) o de regeneración, con presencia de plantas herbáceas rebrotando. Incendios de intensidad alta y riesgo de pavesas. Cantidad de combustible (materia seca): 25-30 tm/ha
	12	Bosque con una capa de restos mayor que en el caso anterior, procedentes de tratamientos silvícolas de mejora (poda) o de regeneración, siendo estos más pesados. y cubriendo todo el suelo. Al igual que en el modelo 11, los incendios serán de intensidad alta y con riesgo de pavesas. Cantidad de combustible (materia seca): 50-80 tm/ha
	13	Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados, cubriendo todo el suelo. Carga de combustible: 100-150 tm/ha

Se ha utilizado la información que proporciona el CORINE Land Cover sobre las cubiertas de suelo para crear la capa con la información del riesgo de propagación dependiendo del tipo de combustible que se encuentre. También puede servir la información proporcionada por el SIOSE, pero se ha elegido el CORINE ya que su información está más actualizada, siendo la última actualización la de 2018 y la cuál se ha utilizado.

Finalmente, tras agrupar algunas cubiertas con características similares en el mismo modelo, se dispone de 15 tipos diferentes de modelo de combustible (ver anexos) asignado su valor de riesgo de propagación correspondiente como se puede ver en la tabla 20.

Tabla 20. Niveles de riesgo de propagación de la variable “Tipo de modelo de combustible” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Cubierta	Peligro	Valor
Tejido urbano, edificaciones y vías de comunicación	Nulo	0
Tierras de labor en secano	Alto	4
Terrenos regados permanentemente	Medio	3
Cultivos arbóreos (frutales, olivares y viñedos)	Alto	4
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Alto	4
Mosaico de cultivos	Alto	4
Terrenos agrícolas con vegetación natural	Medio	3
Bosques (frondosas, coníferas o mixtos)	Muy alto	5
Pastizales naturales	Alto	4
Vegetación esclerófila	Alto	4
Matorral boscoso de transición	Muy alto	5
Playas, dunas y arenales	Muy bajo	1
Roquedo	Nulo	0
Espacios con vegetación escasa	Muy bajo	1
Láminas de agua	Nulo	0

- Pendiente (S): el principal factor.

Con pendiente fuerte se acelera la propagación, ya que:

- Los combustibles están más cerca de las llamas.
- El precalentamiento del combustible es más rápido.
- La velocidad del viento aumenta.
- Se desarrolla rápidamente la columna de convección. (Bomberos de Navarra)

Los terrenos en pendiente favorecen la continuidad vertical de la vegetación y la aparición de los vientos de ladera, por tanto, facilitarán la propagación del incendio. Cuando el fuego avanza ascendiendo por una ladera, su velocidad aumenta al aumentar la pendiente debido a que: los combustibles están más próximos, el viento ascendente va desecando la vegetación antes de que llegue el fuego, aumenta la velocidad del viento y se forman corrientes de convección. Se ha estimado que la velocidad de propagación se duplica en una pendiente del 10% y se cuadruplica en una del 20%. (Ayuntamiento de Dúrcal, 2021)

Por todo ello, en el factor de la pendiente se ha incluido, aparte de la pendiente del terreno, la variable del viento, teniendo en cuenta su dirección y velocidad media en todo el territorio.

- Pendiente del terreno: cabe destacar que a mayor pendiente la vegetación será menor ya que no se puede desarrollar con tanta facilidad por la escasez de suelo, es por eso que a pesar de que a mayor pendiente el riesgo de propagación es mayor, en una pendiente muy pronunciada la vegetación deja de existir y el riesgo será cada vez menor.

En este caso se ha obtenido de la capa del Modelo Digital del Terreno de la zona de estudio utilizando la herramienta “Spatial Analyst Tools / Surface / Slope” (ver anexos).

En la zona de estudio se han encontrado valores que van desde el 0% de pendiente, totalmente llano, hasta el 76% como la pendiente máxima. Finalmente, se ha decidido que los intervalos con su correspondiente valor de riesgo sean los siguientes:

Tabla 21. Niveles de riesgo de propagación de la variable “Pendiente del terreno” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Pendiente (%)	Riesgo	Valor
0 - 5	Muy bajo	1
5 - 20	Bajo	2
20 - 40	Medio	3
>40	Alto	4

- Viento: la acción del viento se manifiesta en tres formas diferentes:
 - o Aportando oxígeno a la combustión en cuantía tanto mayor cuanto más fuerte es, intensificándose aquélla en consecuencia.
 - o Aproximando las llamas a los árboles que aún no arden, adelantando así su quema.
 - o Desplazando chispas y pavesas a zonas del monte aún no incendiadas dando origen a nuevos focos.

La influencia del viento en la propagación es muy intensa porque activa la combustión al renovar más frecuentemente el aire, adelanta la ignición al aproximar las llamas a la vegetación aún no quemada y lanza chispas más allá de los bordes del incendio.

Utilizando la estación meteorológica más cercana, en este caso la de Alcañiz, se ha calculado una media de la velocidad y dirección del viento en verano y la hemos aplicado para todo el territorio de la comarca del Matarraña. Dichas medias nos dan unos valores de 9,71 km/h y dirección Oeste-Sureste. Los datos se han obtenido de la Agencia Estatal de Meteorología y de una empresa llamada Windfinder que se encarga de tomar datos y realizar predicciones del viento y meteorológicas. Se ha decidido aplicar los siguientes valores de riesgo:

Tabla 22. Niveles de riesgo de propagación de las variables “Velocidad y dirección del viento” (Elaboración propia. Fuente: Windfinder).

Viento (km/h)	Riesgo	Valor
9,71	Bajo	2
Viento (Dirección)	Riesgo	Valor
Oeste - Suroeste	Bajo	2

- **Orientación (A):** es la dirección hacia la que mira una pendiente. Si la pendiente mira directamente al sur, se dice que tiene exposición solana, si mira al norte, se dice que es umbría.

Los rayos de sol afectan más a las exposiciones sur. Sin embargo, las caras que miran al Suroeste son bastante parecidas, porque están expuestas a los rayos directamente durante la parte más caliente del día. Debemos concluir que las caras sur tienen características distintivas, y está probado que las mayores temperaturas y los vientos del Sureste secan las exposiciones sur en una mayor profundidad e intensidad.

Las solanas suelen tener diferentes tipos de combustibles y densidades que las exposiciones norte. En las solanas normalmente encontramos combustibles más ligeros y rápidos, la continuidad del combustible puede ser bastante desigual (por zonas), pero no siempre es así. Con estos combustibles más secos y fácilmente incendiables las exposiciones sur son más sensibles a los incendios y tienen un potencial mayor para incendios fuertes. Además, los vientos locales ascendentes de día aparecen antes en las exposiciones este y sur (solanas) que en las umbrías. (Bomberos de Navarra)

La capa con la información de la orientación de nuestra zona de estudio se ha obtenido aplicado la herramienta “Spatial Analyst Tools / Surface / Aspect” a la capa del Modelo Digital del Terreno (ver anexos). En la tabla 23 se puede ver los grados a los que corresponde cada tipo de orientación y el nivel de riesgo que se le ha asignado.

Tabla 23. Niveles de riesgo de propagación de la variable “Orientación” (Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Intervalo (°)	Orientación	Riesgo	Valor
-1	Plana	Alto	4
0 - 22,5	Norte	Medio	3
22,5 – 67,5	Nordeste	Medio	3
67,5 – 112,5	Este	Alto	4
112,5 – 157,5	Sudeste	Muy alto	5
157,5 – 202,5	Sur	Muy alto	5
202,5 – 247,5	Sudoeste	Muy alto	5
247,5 – 292,5	Oeste	Alto	4
292,5 – 337,5	Noroeste	Medio	3
337,5 – 360	Norte	Alto	4

- **Cortafuegos (FB):** en este factor mitigador del riesgo de propagación se deberían incluir las siguientes tres variables que mitigan los incendios forestales de una forma u otra:
 - **Cortafuegos artificiales:** un cortafuego es una faja de terreno que no tiene combustible o donde éste no está en condiciones de arder. De esta forma los cortafuegos cortan la continuidad de la vegetación, impidiendo así que el fuego se propague al carecer de combustible.

Hay varios tipos de cortafuegos:

- Cortafuegos naturales: zonas despobladas de vegetación de forma natural, zonas de agua, etc. que impiden que el fuego de un incendio forestal se propague.
- Cortafuegos artificiales: en donde se pueden diferenciar dos tipos, los que actúan como cortafuegos como carreteras y edificaciones, pero no han sido construidos para hacer esa función de cortafuegos, y los que si han sido hechos para frenar la propagación de los incendios forestales.

Estos últimos suelen ser una faja de terreno, de la longitud que sea necesaria y de varios metros de ancho, donde se ha cortado y extraído toda la vegetación y se ha raspado y cavado el terreno hasta el suelo mineral.

En este estudio no se han tenido en cuenta los cortafuegos naturales ya que solo se encuentran tramos de río de no mucha anchura y que tienen bastante vegetación asociada. Tampoco se ha tenido en cuenta las carreteras ya que no se encuentran tramos de la amplitud suficiente, como autovías y autopistas, para actuar de cortafuegos.

Se ha utilizado la capa BCN0401L_CORTAF de la provincia de Teruel del BTN25 (ver anexos). Se ha aplicado el valor máximo de mitigación, el cuál es 5 (muy alto), a aquellas zonas en las que se ha encontrado un cortafuego.

- Puntos de agua: el agua es un elemento fundamental para la extinción de un incendio forestal. Por tanto, la disponibilidad de agua en las zonas cercanas al incendio facilitará las labores de la detención del mismo.

Repartidos por el territorio existen diferentes puntos de agua donde se deposita el agua, tanto naturales como superficiales, todos ellos son susceptibles de integrarse o formar parte de la red óptima de puntos de agua, siempre que los medios de extinción puedan hacer uso de ellos en condiciones de seguridad.

En nuestro caso se han utilizado las capas que contienen información de los embalses y almacenamientos de agua que pueden ser utilizados por los servicios de extinción para tomar agua para extinguir los incendios forestales:

- o Capa BCN0325S_EMBALSE de las provincias de Teruel y Zaragoza. Es una capa de polígonos que contiene el contorno de los embalses (ver anexos).
- o Capa BCN0328S_ALM_AGU de las provincias de Castellón, Tarragona, Teruel y Zaragoza. Es una capa de polígonos que contiene el contorno de los almacenamientos de agua artificiales como piscinas, balsas, etc.

Se ha dado una mayor importancia a los embalses que a los almacenamientos de agua ya que suelen disponer de mayor cantidad de agua, multiplicándolos por 0,8 y 0,2 respectivamente.

Se ha utilizado el mismo método de anillos de proximidad utilizado en el factor humano del riesgo de ignición. Se han considerado los 2 kilómetros como el área en el que se da el máximo de mitigación, así como la distancia de los intervalos, siendo los 10 kilómetros como la distancia en la que puede llegar a hacer efecto el mínimo de mitigación. En la tabla 24 se pueden ver dichos intervalos con su nivel de mitigación correspondiente tanto para embalses como almacenamientos de agua.

Tabla 24. Niveles de mitigación del riesgo de propagación de la variable “Embalses y almacenamientos de agua”
(Elaboración propia. Fuente: CNIG).

Distancia (km)	Mitigación	Valor
0 – 2	Muy alto	5
2 – 4	Alto	4
4 – 6	Medio	3
6 – 8	Bajo	2
8 – 10	Muy bajo	1

- Parques de bomberos: es conveniente incluir esta variable ya que los bomberos son los profesionales encargados de extinguir los incendios forestales.

En la comarca del Matarraña no se ha encontrado ningún parque de bomberos por lo que los servicios de extinción tienen que acudir en caso de que se produzca un incendio forestal desde los parques de bomberos más cercanos ubicados fuera de dicha comarca.

Debido a esto se ha decidido localizar aquellos parques de bomberos que estén a la distancia máxima a la que los bomberos puedan hacer el mínimo de mitigación establecido, actuando con sus servicios de extinción en la zona de estudio. Al tratarse de una mitigación del riesgo, el valor es más alto al estar más cerca del parque de bomberos ya que tardarían menos en llegar y empezar a extinguirlo. Cuanto más lejos esté el parque de bomberos menos mitigación por el tiempo que puede pasar hasta que aparezcan.

Se ha decidido que los 25 kilómetros sea la distancia máxima a la que los bomberos puedan hacer un mínimo de mitigación sobre la propagación de los incendios forestales desplazándose desde sus parques de bomberos correspondientes, siendo los 5 kilómetros como el máximo de mitigación.

Se deduce que se ha vuelto a utilizar el mismo método de anillos de proximidad utilizado en el factor humano del riesgo de ignición y en la variable de puntos de agua del riesgo de propagación.

Al no encontrar ningún mapa ni capa con información sobre la ubicación de dichos parques de bomberos se ha procedido a crear una nueva capa con la ubicación de los parques de bomberos que se encuentre a un máximo de 25 kilómetros de la comarca del Matarraña. Dicha información se ha obtenido de Google Earth y Google Maps, en la que se han buscado los parques de bomberos cercanos a la zona de estudio y se han situado en su lugar correspondiente en la capa creada. Ya con la capa elaborada con la situación de dichos parques de bomberos (ver anexos) se puede realizar el cálculo del nivel de mitigación del riesgo con el método mencionado de los anillos de proximidad como se puede ver en la tabla 25.

Tabla 25. Niveles de mitigación del riesgo de propagación de la variable “Parques de bomberos” (Elaboración propia. Fuente: Google Earth Pro y Google Maps).

Distancia (km)	Mitigación	Valor
0 - 5	Muy alto	5
5 - 10	Alto	4
10 - 15	Medio	3
15 - 20	Bajo	2
20 - 25	Muy bajo	1

6.2.3. Elaboración mapa peligro de incendios forestales

Una vez obtenidas las capas de los mapas de riesgo de ignición y propagación (ver anexos), se han creado los intervalos de los diferentes niveles de riesgo de ignición y propagación. Como proponen Salas y Chuvieco en su índice de peligro de incendio (1994b), los niveles de riesgo de ignición y propagación han sido 4: bajo, moderado, alto y muy alto.

Los intervalos de los niveles del riesgo de ignición y propagación se han calculado utilizando el mismo método. Dicho método consiste en calcular dichos riesgos utilizando sus fórmulas correspondientes, dando a todas las variables el mismo nivel de riesgo. De esta forma se pueden calcular ambos riesgos si todas las variables tuviesen el mismo valor. Por ejemplo, si todas las variables tuviesen nivel de riesgo de ignición moderado, al cual se le ha asignado el número 3, obtenemos un valor de 17,8 de riesgo de ignición.

Una vez obtenidos todos los resultados de riesgo para todos los niveles, se han podido calcular los valores medios entre cada uno para aplicarlos como los límites entre los 4 niveles de riesgo de ignición y propagación mencionados anteriormente. Tras reclasificar ambas capas de los mapas de riesgo de ignición y propagación con los niveles de riesgo que se acaban de mencionar tenemos dichas capas listas para calcular el peligro de incendios forestales.

Hay que destacar dos puntos:

- Se han calculado dichos riesgos para los siguientes valores de las variables correspondientes: 0 (nulo), 1 (muy bajo), 2 (bajo), 3 (moderado), 4 (alto) y 5 (muy alto).
- Los resultados de los riesgos calculados con los valores correspondientes a nivel de riesgo nulo, muy bajo y bajo se han agrupado en el nivel de riesgo bajo propuesto por Salas y Chuvieco.

Tras haber cálculo, creado y reclasificado las dos capas con los mapas con la información sobre el riesgo de ignición y propagación de la comarca del Matarraña, se han combinado para crear el mapa del peligro de incendios forestales de dicha comarca. Para dicho proceso se ha utilizado el índice de peligro de incendio propuesto por Salas y Chuvieco (1994b) mencionado anteriormente, el cual se calcula con la tabla 7.

Tabla 7. Índice de peligro de incendio propuesto por Salas y Chuvieco (1994b) en un trabajo en el centro de la Península Ibérica (Sierra de Gredos).

		Riesgo de propagación			
		Muy alto	Alto	Moderado	Bajo
Riesgo de ignición	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Moderado	Moderado
	Alto	Muy alto	Alto	Moderado	Moderado
	Moderado	Alto	Alto	Moderado	Bajo
	Bajo	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo

Para realizar dicho cálculo, se ha reclasificado la capa de riesgo de propagación asignándoles valores de decenas en vez de unidades. De esta forma, el nivel bajo, en vez de ser 1 es 10, y así con los demás.

Una vez reclasificada la capa del riesgo de propagación se han sumado las dos capas de riesgos utilizando la herramienta “Spatial Analyst Tools / Map Algebra / Raster Calculator”. Así se ha obtenido una capa con valores de decenas, en los que el primer dígito de decenas representa el riesgo de propagación y el dígito de unidades el riesgo de ignición. Sabiendo esto, y aplicando la tabla del índice de peligro de Salas y Chuvieco se ha podido calcular que nivel de peligro de incendios forestales le corresponde a cada valor obtenido en la operación anterior, y mediante una reclasificación obtener la capa final con el peligro de incendios forestales.

6.2.4. Análisis del peligro de incendios forestales en el periodo estival

Tras haber elaborado los tres mapas anteriores, utilizando la información que nos proporcionan, se han analizado tanto el peligro de incendios forestales, viendo que zonas son las más afectadas, como las zonas son más propensas a iniciar el incendio o a propagarlo viendo dichos riesgos.

Para ello, viendo la tabla de tributos de dichas capas en ArcMap, se pueden conocer los píxeles que tienen cada nivel de peligro o riesgo y sabiendo que cada pixel mide 30x30 metros, se puede calcular tanto el porcentaje como la superficie del territorio que tiene cada nivel de peligro y riesgo.

También se ha tratado de averiguar cuáles pueden ser las causas de que una zona tenga un peligro tan alto como la forma de solucionarlo teniendo en cuenta todas las variables calculadas.

Finalmente, se ha hecho un diagnóstico general de la situación de la comarca del Matarraña respecto a los incendios forestales en el periodo estival.

7. Resultados y análisis

Se han elaborado un total de seis mapas diferentes de la comarca del Matarraña y del periodo estival con información sobre:

- Riesgo de ignición de incendios forestales.
- Riesgo de propagación de incendios forestales.
- Peligro de incendios forestales.

Todos estos mapas calculados mediante el método de Salas y Chuvieco para los índices de riesgo de ignición y propagación (1994a) y el índice de peligro de incendios forestales (199b). Cada tipo representado de dos maneras distintas:

- Tipo “stretched” que muestran cuáles son el máximo y mínimo de la zona de estudio.
- Intervalos propuestos por Salas y Chuvieco (1994b).

De esta forma se puede extraer la siguiente información de dichos mapas:

- Donde se encuentran los valores más altos y bajos de cada tipo de riesgo y peligro.
- Porcentaje de la superficie del territorio en los que se encuentran cada uno de los intervalos de riesgo y peligro propuestos por Salas y Chuvieco (1994b).
- Superficie en los que se encuentran cada uno de los intervalos de riesgo y peligro propuestos por Salas y Chuvieco (1994b).

En los siguientes apartados se han analizado dichos mapas para conocer dicha información de la comarca del Matarraña, averiguando que zonas son las más afectadas y en las que habría que llevar a cabo medidas para reducir dichos riesgos y peligros.

7.1. Riesgo de ignición de incendios forestales

Se han elaborado dos mapas que contienen información sobre el riesgo de ignición de incendios forestales de la comarca del Matarraña en el periodo estival pero que representan la información de las dos formas mencionadas anteriormente (stretched e intervalos) (ver anexos).

Del mapa tipo stretched se puede sacar que zonas de nuestra área de estudio presentan los valores más altos y bajos de dicho riesgo, aunque los que interesan son los más altos.

Analizando el mapa tipo stretched se puede ver que las zonas con los valores más altos son aquellos en las que líneas eléctricas pasan por núcleos urbanos o cerca de ellos (imagen 8). Ya que estas dos variables son a las que más importancia se le ha dado en el riesgo de ignición, por lo que cuando coinciden, dicho riesgo es mayor. Esta importancia se puede ver en que, en todas aquellas zonas donde se encuentran líneas eléctricas y núcleos urbanos, se encuentran los valores más altos de todo el territorio.

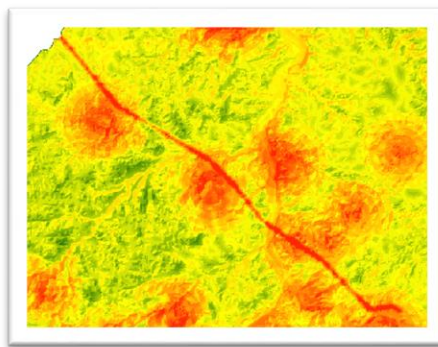
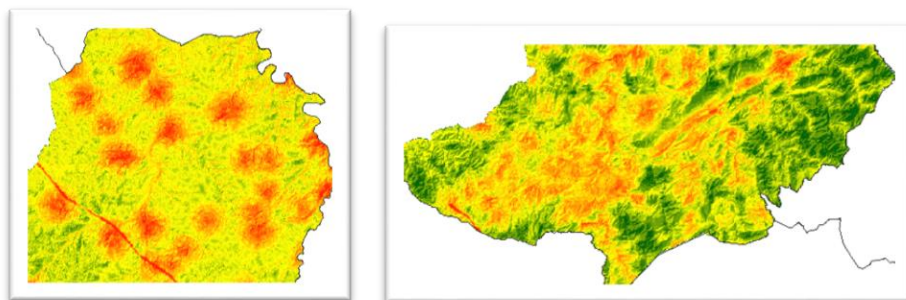


Imagen 8. Captura del Mapa de Riesgo de ignición de incendios forestales (stretched).

Analizando el mapa por partes, se puede diferenciar la zona norte (imagen 9) con valores medios y zonas puntuales con alto riesgo, y la zona sur (imagen 10) con valores medios y los más bajos del territorio, exceptuando al suroeste donde se encuentra un pequeño tramo de línea eléctrica.



Imágenes 9 y 10. Capturas del Mapa de Riesgo de ignición (stretched) (zona Norte y Sur).

Del mapa de intervalos, en el que se utilizan los intervalos de riesgo propuestos por Salas y Chuvieco, se puede conocer qué porcentaje y superficie tiene cada nivel de riesgo como se puede ver en la tabla 26.

Tabla 26. Datos mapa 2. (Elaboración propia. Fuente: ArcGIS)

VALOR	RIESGO	PÍXELES	SUP KM2	PORCENTAJE
1	Bajo	231848	208,6632	22,00%
2	Medio	761209	685,0881	73,00%
3	Alto	43990	39,591	4,00%
4	Muy alto	12	0,0108	0,00%

Como se puede ver en el mapa y la tabla, la comarca del Matarraña tiene un riesgo de ignición medio, ya que el 73% del territorio tiene este valor, unos 685 km² de los 933 km² que ocupa el territorio. Aunque en un 4% del territorio tenemos riesgo alto y en sitios puntuales llegamos a tener riesgo muy alto, que como se ha comentado en el anterior mapa esto se debe a que en estas zonas se encuentran núcleos urbanos y líneas eléctricas juntas.

Solo se encuentra una zona con valores muy altos de riesgo como se puede ver en la imagen 11, esta zona está situada en la parte central de la comarca, al noroeste del municipio de Valderrobres. Esta tiene tanto riesgo ya que se encuentra una línea eléctrica cercana a un edificio y a un camino, y en donde la iluminación es favorable para que se inicie, por lo que las probabilidades de ignición, en este caso por causas humanas, son mayores.

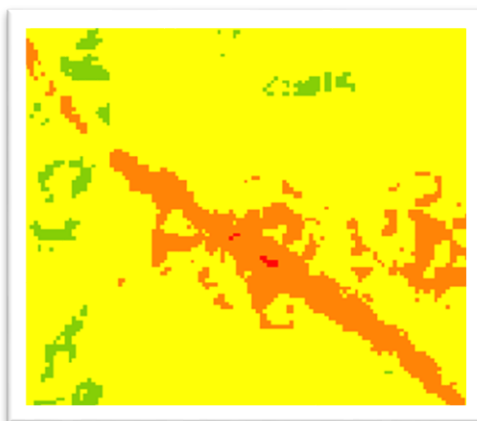
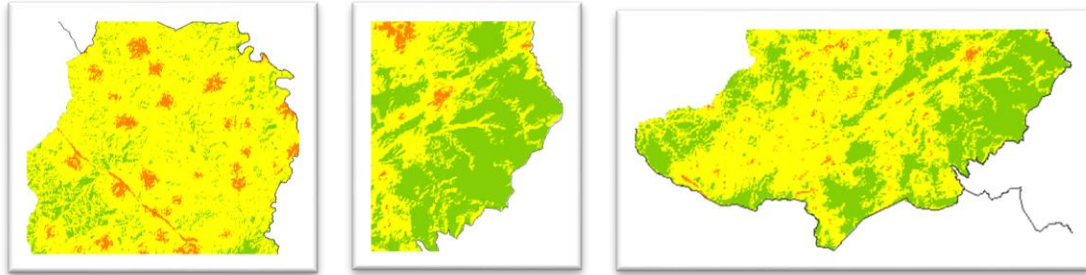


Imagen 11. Captura del Mapa de Riesgo de ignición (intervalos).

Analizando el mapa por zonas, el centro y la parte norte (imagen 12) es donde se encuentran la mayoría de las áreas con riesgo alto. La zona sureste (imagen 13) se observa que tiene un área extensa con valores bajos debido a que se encuentra en una zona montañosa con las mayores altitudes de la comarca. En la zona sur (imagen 14) se puede observar una mezcla entre valores medios y bajos, pero en la zona norte prácticamente no hay valores bajos de riesgo, por lo que es ahí donde habría que priorizar las medidas.



Imágenes 12, 13 y 14. Capturas del Mapa de Riesgo de ignición (intervalos) (Norte, Sureste, Sur).

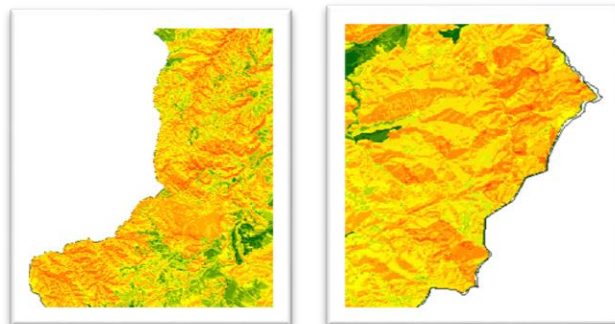
El riesgo de ignición de la comarca del Matarraña hay que reducirlo, ya que tres cuartas partes del territorio tienen valores medios o superiores. Lo idóneo es tener prácticamente todo el territorio con riesgo bajo. Hay que aplicar medidas con prioridad en aquellas zonas donde el riesgo es alto, sobre todo con riesgo muy alto como la zona comentada en el apartado anterior.

7.2. Riesgo de propagación de incendios forestales

Se han elaborado dos mapas que contienen información sobre el riesgo de propagación de incendios forestales de la comarca del Matarraña en el periodo estival presentando la información de la siguiente forma comentada anteriormente (stretched e intervalos) (ver anexos).

Del mapa tipo stretched se puede conocer que zonas del área de estudio presentan los valores más altos y bajos de dicho riesgo, aunque los que interesan son los más altos.

Analizando el mapa tipo stretched se puede ver que las zonas con mayor riesgo de propagación de la comarca del Matarraña en el periodo estival se encuentran en los extensos bosques presentes en las zonas oeste, suroeste y sureste como se puede ver en las imágenes 15 y 16. Los valores más bajos se encuentran en zonas cercanas a las láminas de agua como el Embalse de Pena y el cauce del Río Matarraña, así como las zonas donde se encuentran grandes núcleos de población como Valderrobres y Beceite, por ejemplo. También se observan valores bajos en zonas donde la ocupación principal del suelo son los cultivos.



Imágenes 15 y 16. Capturas del Mapa de Riesgo de propagación (stretched) (Oeste y Suroeste, Sureste).

Del mapa de intervalos, en el que se utilizan los intervalos de riesgo propuestos por Salas y Chuvieco, se puede saber qué porcentaje y superficie tiene cada nivel de riesgo como se puede ver en la tabla 27.

Tabla 27. Datos mapa 4. (Elaboración propia. Fuente: ArcGIS)

VALUE	COUNT	SUP KM2	PORCENTAJE
1	21357	19,2213	1,43%
2	505838	455,2542	33,85%
3	965576	869,0184	64,62%
4	1465	1,3185	0,10%

Como se observa en el mapa y la tabla, la comarca del Matarraña tiene un riesgo de propagación alto, ya que el 64,62% del territorio tiene este valor, unos 869 km² de los 933 km² que ocupa el territorio. Se observan muy pocas zonas con valores bajos de riesgo, no llega ni al 1,5% del territorio. Esto es un problema bastante grave, ya que en el momento que se inicie un incendio tiene bastantes probabilidades, y al parecer facilidades, para que propagarse por el territorio de la comarca.

Las zonas con riesgo muy alto de propagación son muy reducidas. Se encuentran de forma puntual, aunque hay dos zonas en las que se encuentran un conjunto de áreas con riesgo muy alto que habría que comentar:

- Al Oeste de la comarca, como se puede ver en la imagen 17, se observa una fila de píxeles con valores de riesgo muy altos. Más específicamente se encuentran en la parte norte de los municipios de La Fresneda y Fórnoles. Es una zona de bosque con grandes pendientes y altitud media, algo alejada de parques de bomberos y almacenamientos de agua que puedan ser utilizados por los bomberos para extinguir incendios.

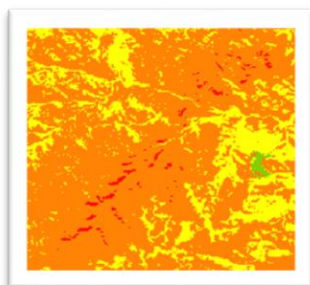


Imagen 17. Captura del Mapa de Riesgo de propagación (intervalos).

- Al Sureste de la comarca, más específicamente al Este del municipio de Beceite, se observa también un conjunto de píxeles con valores muy altos. Esta es también una zona de bosque con grandes pendientes, pero de gran altitud, en donde los almacenamientos de agua también están alejados pero los parques de bomberos no tanto.



Imagen 18. Captura del Mapa de Riesgo de propagación (intervalos).

Analizando el mapa por zonas, los valores más bajos se sitúan, al igual que en el mapa tipo stretched, en donde se encuentran láminas de agua. También se observan valores bajos en zonas con muy poca pendiente, el cuál es un factor muy importante en el riesgo de propagación. En la zona Este y Noreste se encuentran la mayoría de los valores medios de riesgo de propagación, y destacar algunas manchas en la zona Sur. El resto del territorio tiene prácticamente valores altos con las excepciones ya mencionadas.

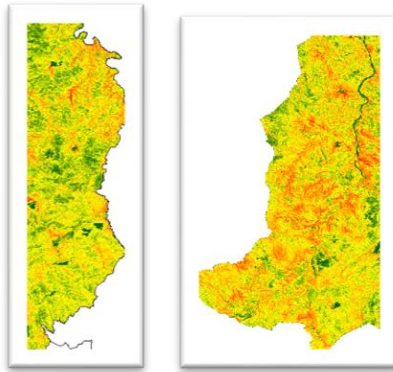
Hay que priorizar la reducción del riesgo de propagación antes que el de ignición en la comarca del Matarraña, ya que los valores que se han encontrado son alarmantes teniendo prácticamente todo el territorio valores altos. Pueden provocar que los incendios forestales que se produzcan arrasen grandes extensiones de terreno con mucha rapidez y siendo difíciles de extinguir. Aplicar medidas en todo el territorio para reducir el riesgo de propagación es una prioridad, hasta conseguir que más del 50% del territorio tenga riesgo medio como primer objetivo, y más del 50% con riesgo bajo como objetivo final.

7.3. Peligro de incendios forestales

Se han elaborado dos mapas que contienen información sobre el peligro de incendios forestales de la comarca del Matarraña en el periodo estival, el cuál es resultado de la combinación de los dos anteriores riesgos de ignición y propagación, presentando la información de la siguiente forma comentada anteriormente (stretched e intervalos) (ver anexos).

Del mapa tipo stretched se pueden sacar que zonas del área de estudio presentan los valores más altos y bajos de peligro, aunque los que interesan son los más altos.

Analizando el mapa tipo stretched se puede diferenciar entre dos zonas, la zona central-Oeste y la zona Este. En la zona Este, como se puede ver en la imagen 19, se encuentran los valores más bajos de peligro con manchas más o menos homogéneas. En la otra zona, la cual corresponde al centro de la comarca y el Oeste, como se puede ver en la imagen 20, se sitúan los valores más altos con manchas no tan homogéneas como la de los valores más bajos. Estas manchas de los valores más altos coinciden con las zonas de riesgo muy alto de ignición y propagación comentadas en los apartados 7.1 y 7.2.



Imágenes 19 y 20. Capturas del Mapa de Peligro de incendios forestales (stretched) (Este, Oeste y centro).

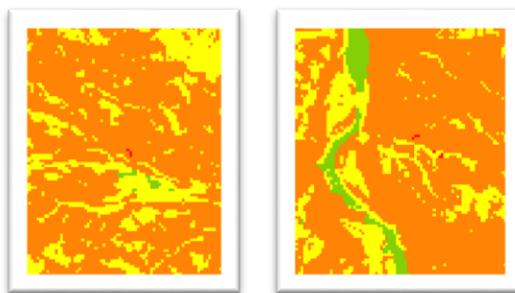
Del mapa de intervalos, en el que se utilizan los intervalos de peligro propuestos por Salas y Chuvieco, se puede conocer qué porcentaje y superficie tiene cada nivel de peligro como se puede ver en la tabla 28.

Tabla 28. Datos mapa 4. (Elaboración propia. Fuente: ArcGIS)

VALOR	PÍXELES	SUP KM2	PORCENTAJE
1	34489	31,0401	3,326%
2	535894	482,3046	51,674%
3	466666	419,9994	44,999%
4	10	0,009	0,001%

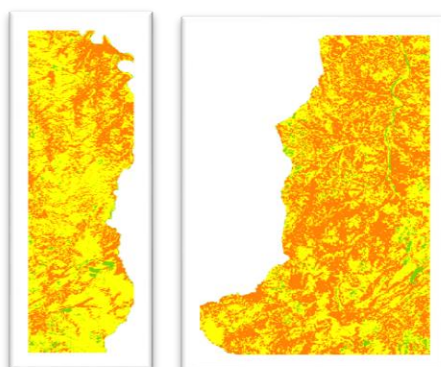
Como se ve en el mapa y la tabla, la comarca del Matarraña tiene peligro medio-alto de que se produzcan incendios forestales, ya que representan el 51% y 45% respectivamente. Observamos muy pocas zonas con valores bajos de peligro, tan solo un 3,3% del territorio.

Prácticamente no se observan zonas con peligro muy alto. Tan solo dos áreas puntuales, una al Norte del municipio de Valdeltormo (imagen 21), y otra ya mencionada en el apartado de riesgo de ignición, al Noroeste del municipio de Valderrobres (imagen 22).



Imágenes 21 y 22. Capturas del Mapa de Peligro de incendios forestales (intervalos) (Valdeltormo, Valderrobres).

Analizando el mapa por zonas, se encuentra en la zona Este una mancha grande de niveles medios de peligro, exceptuando el extremo Noreste con niveles altos como se puede ver en la imagen 23. En el resto, la zona central y Oeste (imagen 24), niveles altos de peligro de incendios forestales con pequeñas manchas de valores medios al Norte y más grandes al Sur. Los valores bajos y muy altos, como ya se ha comentado, aparecen de forma escasa y puntual, siendo bastante más abundantes los niveles bajos que los altos.



Imágenes 23 y 24. Capturas del Mapa de Peligro de incendios forestales (intervalos) (Este, Oeste y centro).

En definitiva, la comarca del Matarraña tiene un peligro de incendios forestales elevado. Por ello es importante llevar a cabo medidas para reducir este peligro, sobre todo en aquellas zonas en las que es alto y prestando mucha atención en los dos puntos donde el peligro es muy alto. Hay que priorizar las medidas en estas dos zonas, y a partir de ahí actuar en el resto. Para ello, hay que analizar en cada zona que variables son las que aumentan cada riesgo y por lo tanto el peligro de que se vea afectado por un incendio forestal, y aplicar las medidas correspondientes. El objetivo final de reducir el peligro de incendios forestales debería ser tener prácticamente todo el terreno con niveles bajos y sin ningún nivel de peligro muy alto, siempre dentro de lo posible.

8. Medidas para combatir los incendios forestales

La mejor manera de combatir los incendios forestales es la prevención. Entre todas las posibles estrategias de prevención para evitar los incendios forestales, la más eficaz es no dejar que se produzcan. La prevención y el control de los incendios forestales son posibles con planes eficaces de gestión agrícola y forestal, junto con concienciación, responsabilidad y preocupación por parte de la población.

La importancia de la prevención de los incendios forestales se ilustra mejor con estadísticas. En agosto de 2020 hubo un 130% más de incendios que ese mismo mes el año anterior, siendo este el mes en el que anualmente se producen más. Por desgracia, en la mayoría de los casos se producen por acción del hombre, por lo que conviene pensar en estrategias de prevención contra los incendios forestales. (Earth Observing System, 2021)

Esto demuestra que es necesaria la aplicación inmediata de medidas que prevengan los incendios forestales en cualquier rincón del planeta. Buscar soluciones no es solo una tarea de las autoridades, sino que todos podemos aportar nuestro grano de arena para prevenir los incendios forestales. (Fundación Aquae, 2021)

Las mejores medidas para prevenir los incendios forestales en la actualidad, según la Fundación Aquae (2021), son las siguientes:

- **No abandonar residuos que puedan provocar un incendio.** Abandonar residuos como botellas y objetos de cristal –que actúan como una lupa–, papeles u otro material combustible puede acabar provocar un incendio. Fumar en el bosque o en sus alrededores es especialmente peligroso: no se deben arrojar colillas o cerillas, ni siquiera a la carretera por la ventanilla del coche. El viento puede transportarlas y activarlas.
- **No hacer fuego en época de incendios.** El 95% de los incendios forestales son provocados por el ser humano, en su gran mayoría por negligencias. Entre el 1 de junio y el 1 de noviembre es la época de mayor riesgo de incendios y, sobre todo, el mediodía y el atardecer y los fines de semana de julio y agosto. Cualquier pequeña chispa o llama pueden causar un desastre. Por ello, no hay que hacer fogatas o barbacoas ni quemar rastrojos o demás restos agroforestales.
- **Prevenir incendios forestales desde la precaución.** En las zonas de riesgo de incendio hay que ser muy precavido. Es recomendable que en las viviendas de dichos lugares no se pongan setos de especies que ardan con facilidad (arizónicas, cipreses, etc.), no se construyan barbacoas en sus límites o no utilizarlas en los días de viento y de mayor riesgo, y depositar los residuos en los contenedores o vertederos habilitados. Los propietarios de las viviendas que se encuentren en zona de riesgo deberían aprobar un plan de autodefensa. Esto consistiría en instalar depósitos de agua e hidrantes en las calles, mantener los caminos alledaños despejados de vehículos y vegetación, etc. Las personas que salgan a la naturaleza deberían conocer bien el entorno y los diferentes caminos, no salirse de los lugares señalizados e intentar ir por zonas con visibilidad.
- **Evitar el uso del coche o aparatos mecánicos.** Los coches o cualquier otro vehículo de combustión deberían aparcarse en aparcamientos habilitados. O, al menos, en zonas despejadas de pastos o matorral. El tubo de escape en contacto con matorrales secos podría generar un incendio. Y no hay que utilizar desbrozadoras, motosierras o cualquier otro aparato mecánico que pueda provocar chispas o calor intenso.

- **Invertir en gestión forestal.** La prevención mediante una correcta gestión forestal evitaría los grandes incendios forestales. Es imprescindible actuar de manera directa sobre las causas que los provocan y evitar que se repitan año tras año. Es necesario una mayor inversión en silvicultura preventiva. La reducción de los incendios forestales pasa por el tratamiento y la gestión de nuestros bosques y paisajes naturales. Los trabajos de prevención, planificación y preservación resultan fundamentales para reducir el número de incendios forestales y, por tanto, su impacto en el entorno.
- **Aumentar la concienciación ambiental.** Como hemos dicho anteriormente, las negligencias por parte del ser humano son una de las principales causas de los incendios forestales. Por tanto, concienciarse de los riesgos y las consecuencias de un incendio forestal puede ser la mejor forma de acabar con ellos. También es importante asumir una actitud activa: compartir con las personas cercanas los consejos para evitar un incendio, avisar a las autoridades de vertidos en el monte y retirar residuos susceptibles de provocar un fuego, apagar bien fogatas abandonadas, etc.
- **Aplicar la ley y aumentar los controles.** La normativa medioambiental se debería aplicar en todo su rigor contra quienes provocan incendios forestales. Asimismo, se necesitan más medios humanos y técnicos para impedir estos delitos. O al menos que no queden impunes. Además, hay que buscar maneras de extinguir este tipo de incendios con el menor impacto posible.
- **Saber reaccionar ante un incendio.** Si se ve un incendio o una columna de humo, el tiempo es vital: hay que telefonear de inmediato al 112 de Emergencias o al 062 de la Guardia Civil. Imprescindible dar el mayor número de datos posible. Para que el incendio no nos dañe, es esencial huir lo más deprisa posible en contra de la dirección del viento o por un lateral. Nunca ladera arriba ni hacia barrancos u hondonadas, sino buscar un claro. Si se va en coche, lo mejor es cerrar las ventanillas. Si se colabora en las labores de extinción, no hay que quedarse solo y hacer siempre caso a los expertos o personal autorizado.

8.1. Medidas contra los incendios forestales en la comarca del Matarraña

La comarca del Matarraña, en el ámbito de su territorio, es competente en distintas funciones y servicios en materia de Protección civil y prevención y extinción de incendios, en los que destaca:

- Realización de infraestructuras de prevención de incendios forestales entre los que destacan la realización de Fajas Auxiliares Cortafuegos, adecuación de caminos, construcción de infraestructuras para la acumulación de agua, equipos de extinción (autobombas forestales), recuperación de antiguas vales de cultivo como cortafuegos naturales.
- Comunicación de alertas.
- Elaboración de un Plan comarcal de Protección civil en coordinación con la Diputación General de Aragón donde quede constancia de los recursos movilizables del Plan comarcal de Protección civil, así como determinar la estructura organizativa comarcal de Protección civil y de los grupos permanentes de intervención en emergencias.
- Recoger y transmitir datos relevantes para la Protección civil.
- Prestar apoyo, asistencia y cooperación a los municipios en materia de Protección civil.
- Elaborar y ejecutar programas comarcales de previsión y prevención, promoviendo campañas de concienciación y sensibilización de la población, divulgando las medidas de autoprotección y realizando prácticas y simulacros de Protección civil.
- Promover la creación de organizaciones de voluntariado en el territorio comarcal y crear un registro de las mismas.

En la comarca del Matarraña/Matarranya existe una asociación de carácter altruista y humanitario, integrada por la vinculación voluntaria y desinteresada de los ciudadanos de los municipios de esta comarca (<http://proteccioncivilmatarranya.webnode.es/>). (Comarca del Matarraña, 2021)

Tras haberse realizado el análisis del peligro de incendios forestales y los riesgos de ignición y propagación, se sabe con cierta certeza en que variables o factores hay que priorizar las medidas de prevención. Teniéndose en cuenta las medidas que ya se aplican en la comarca y dicho análisis se han propuesto las siguientes medidas adicionales:

- Construir un parque de bomberos dentro de la comarca del Matarraña. Como se ha podido ver no hay ninguno en la comarca, teniéndose que desplazarse desde los parques más cercanos situados fuera de esta para extinguir los incendios de cualquier tipo. Esto es algo que llevan tiempo pidiendo los municipios de la comarca del Matarraña como se puede ver en la siguiente noticia del Heraldo de Aragón:

TERUEL

Los municipios de la comarca del Matarraña reclaman un parque de bomberos profesional

Vecinos e instituciones alertan de que los pueblos están lejos de Alcañiz, donde hay una base de extinción de incendios

NOTICIA ACTUALIZADA 26/1/2020 A LAS 02:00
MARÍA ÁNGELES MORENO



Imagen 8. Noticia Heraldo de Aragón sobre los parques de bomberos. (Fuente: Moreno, M. A., Heraldo de Aragón, 2020).

- Creación de nuevos cortafuegos. La comarca del Matarraña es un territorio con mucha masa forestal, una de las principales razones por la que el riesgo de propagación es tan alto. Por ello hay que crear nuevos cortafuegos en sitios estratégicos ya que he podido saber de su ausencia en algunas zonas con alto riesgo de propagación.
- Aumentar el pastoreo en las zonas con mayores riesgos de propagación. Mediante el pastoreo se logra que parte de la vegetación, como pastizales, hojarasca, etc., que sirve como combustible para los incendios forestales desaparezca.
- Aumentar la vigilancia en los lugares de mayor peligro. Ha de tenerse especial atención en aquellos lugares en donde se ha podido ver que el peligro es mayor, para que cuando se produzca un incendio se actúe con rapidez antes de que este se agrave, ya que también se ha sabido de la ausencia de puestos de vigilancia de dichos lugares.
- Mejorar las infraestructuras de transporte de la comarca en aquellas zonas más propensas a que se produzca un incendio, para que los servicios de extinción puedan acudir con rapidez y facilidad para llevar a cabo su labor en el caso que tengan que actuar. O al menos construir una autovía que una Alcañiz con Valderrobres, la capital de la comarca del Matarraña, para que los servicios de extinción que acudan desde el Parque de Bomberos de Alcañiz lo puedan hacer con mayor rapidez en caso de que se produzca un incendio forestal.

9. Conclusiones

La comarca del Matarraña es un territorio con un alto peligro de incendios forestales en el periodo estival. Derivado principalmente de la gran masa forestal presente en el territorio y a la llamativa ausencia de parques de bomberos, ya que no hay ninguno en toda la comarca. A esto hay que sumarle las altas temperaturas y escasas precipitaciones que se dan en dicho periodo al encontrarnos en una zona de clima mediterráneo, que aumenta el riesgo de propagación. Hay que destacar también la poca presencia de cortafuegos tanto naturales como artificiales en aquellas zonas con mayor riesgo de propagación.

Llevar a cabo las medidas de prevención propuestas debe ser una prioridad para esta comarca para prevenir los incendios forestales en verano, ya que con estos altos niveles de peligro es muy probable que se produzcan incendios forestales que acarreen terribles consecuencias en su mayoría, que además se pueden agravar debido al cambio climático que se está produciendo desde hace ya dos décadas aumentando las temperaturas de todo el planeta.

Este análisis se ha elaborado con los datos disponibles en otoño de 2021, por lo que será necesario actualizarlo conforme se disponga de datos actualizados de las variables del área de estudio, ya que algunas de estas varían con el tiempo. Este trabajo también puede ser mejorado si en algunas variables tenemos en cuenta más entidades, como por ejemplo en las líneas eléctricas donde podemos añadir al estudio las líneas de menor tensión, las cuales no han sido utilizadas en este trabajo.

Este método de análisis del peligro de incendios forestales puede ser realizado en cualquier área de estudio y para cualquier periodo. El análisis realizado en este trabajo puede servir como base, pero será conveniente aplicar algunos cambios dependiendo de la zona en la que lo llevemos a cabo y del periodo que se elija (estacional, mensual, anual, etc.). Dichos cambios consisten en modificar las variables utilizadas, así como su peso, pudiéndose incluir nuevas variables no utilizadas en este trabajo.

Este método también puede ser mejorado tanto para nuestra zona de estudio o cualquier otra si tenemos en cuenta más variables, que harán el análisis más exhaustivo y detallado.

10. Agradecimientos

Agradecer en primer lugar la labor de mi Director del TFG don Daniel Ballarín Ferrer, por los consejos proporcionados tanto para la realización de este trabajo como para su mejora.

A mis padres por la educación que me han proporcionado, que ha hecho que llegue hasta donde estoy ahora.

A mi hermana Marina, estudiante del Grado de Periodismo en la Universidad de Zaragoza, por los consejos proporcionados en la redacción de este trabajo.

A mis amigos Gonzalo y David, licenciados en el “Grado de Medicina” y el “Grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos” de la Universidad de Zaragoza respectivamente, quiénes me han dado varios consejos sobre la elaboración del TFG y como organizarme el tiempo para su realización.

Referencias Bibliográficas

- Adell, P., De la Fuente, Á., Alonso, F., Roig, J. & Calvo, R. (2008). Desastres naturales. Incendios forestales. Disponible en: <https://sites.google.com/site/desastresnaturalesnazaret/incendios-forestales> (Consultado 13/09/2021)
- Aguado, I., Cocero, D., Lana-Renault, N., Martínez, J., Meza, E., Pérez, F. et al (2004). Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid: Chuvieco, E. & Martín M. P.. CSIC. Colección de Estudios Ambientales y Socioeconómicos.
- ArcGIS for Desktop (2021). *Qué es ArcMap*. ESRI. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/main/map/what-is-arcmap-.htm> (Consultado 26/10/2021)
- Atienza, L. M. (1994). *Real Decreto 2488/1994, de 23 de diciembre, por el que se determina las funciones de la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza, se dicta las normas que regulan su funcionamiento y se establecen los Comités especializados adscritos a la misma*. Boletín Oficial del Estado. Ministro de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1994/12/23/2488> (Consultado 02/09/2021)
- Ayuntamiento de Dúrcal (2021). *Incendios*. Disponible en: <http://adurcal.com/enlaces/mancomunidad/viabilidad/80.htm> (Consultado 28/10/2021)
- Bellot J., Maestre F. T., Chirino E., Hernández N. & de Urbina J. O. (2004). *Afforestation with Pinus halepensis reduces native shrub performance in a Mediterranean semiarid area*. Acta Oecologica- International Journal of Ecology 25: 7-15.
- Bomberos de Navarra (2021). *Extinción de incendios. Incendios forestales. 10.3. Comportamiento del fuego forestal*. Disponible en: http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros_documentos/forestal2.pdf (Consultado 28/10/2021)
- Bodi, M. B., Cerdá, A., Mataix-Solera, J. & Doerr, S. H. (2012). *Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la Cuenca Mediterránea: revisión bibliográfica*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, abril de 2012, núm. 58, pp. 33-55. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/229163582_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_la_vegetacion_y_el_suelo_en_la_cuenca_mediterranea_revision_bibliografica (Consultado 20/09/2021)
- Carballas, T. (2010). *Los incendios forestales*. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Disponible en: https://docplayer.es/16269633-T-carballas-fernandez-los-incendios-forestales.html#show_full_text (Consultado 20/09/2021)
- Centro Nacional de Información Geográfica (2021). *Centro de descargas*. Instituto Geográfico Nacional. Gobierno de España. Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> (Consultado 18/10/2021)
- Cubo, J. E., Enríquez, E., Gallar, J. J., Jemes, V. López, M., Mateo, M. L. et al (ADCIF, 2012). *Los incendios Forestales en España. Decenios 2001 – 2010*. Madrid: Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones. Disponible en: <https://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=a318783c-223d-4540-86ed-3837e0841679> (Consultado 13/09/2021)

CurioSfera (2021). *Cabra Montés (Capra pyrenaica) – Características*. Disponible en: <https://curiosfera-animales.com/la-cabra-montes/> (Consultado 13/10/2021)

Datosclima.es -Base de datos Meteorológica- (2021). *DATOS AEMET - Open Data - / Viento. Estación Meteorológica de Alcañiz*. Disponible en: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Vientostad.php> (Consultado 19/10/2021)

Datos.gob.es (2017). *Base Topográfica Nacional 1:25000*. Gobierno de España. Disponible en: <https://datos.gob.es/es/catalogo/e00125901-spaigbtn25serie> (Consultado 18/10/2021)

Datos.gob.es (2018). *CORINE Land Cover 2018 (España)*. Gobierno de España. Disponible en: <https://datos.gob.es/es/catalogo/e00125901-spaignc1c2018> (Consultado 19/10/2021)

Datos.gob.es (2021). *Modelo Digital del Terreno de España (5, 25 y 200 metros)*. Gobierno de España. Disponible en: <https://datos.gob.es/es/catalogo/e00125901-spaigndt> (Consultado 19/10/2021)

Decreto 167/2018, de 9 de octubre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales (PROCINFO). *Boletín Oficial de Aragón*. Aragón, 23 de octubre de 2018, núm. 205, pp. 34848-35067. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VERDOC&BASE=BOLE&PIECE=BOLE&DOCS=1-22&DOCR=1&SEC=FIRMA&RNG=200&SEPARADOR=&&PUBL=20181023> (Consultado 16/09/2021)

Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 81/1968, de 5 de diciembre, sobre Incendios Forestales. *Boletín Oficial del Estado*. Madrid, 13 de febrero de 1973, núm. 38, pp. 1-44. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2003/11/21/43/con> (Consultado 16/09/2021)

Decreto Legislativo 1/2017, de 20 de junio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Montes de Aragón. *Boletín Oficial de Aragón*. Aragón, 30 de junio de 2017, núm. 124, pp. 15492-15541. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VERDOC&BASE=BOLE&PIECE=BOLE&DOCS=1-25&DOCR=4&SEC=FIRMA&RNG=200&SEPARADOR=&&PUBL=20170630> (Consultado 16/09/2021)

Dpto. desarrollo rural y sostenibilidad (2017). *Zonas de Riesgo de Incendio Forestal. Orden DRS 1521/2017*. Gobierno de Aragón. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/ZONAS_RIESGO_INCENDIO_FORESTAL.pdf/de7b666b-64b3-912e-5bbc-da426708a9e5 (Consultado 16/09/2021)

Earth Observing System (2013). *LANDSAT 8*. Disponible en: <https://eos.com/es/find-satellite/landsat-8/> (Consultado 19/10/2021)

Earth Observing System (2021). *Prevención De Incendios Forestales: Cómo Lograrlo*. Disponible en: <https://eos.com/es/blog/prevencion-de-incendios-forestales/> (Consultado 02/11/2021)

Ecoticias (2021). *España, puede y debe garantizar el aprovechamiento sostenible de la biomasa forestal*. Disponible en: <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/208448/Espana-puede-debe-garantizar-aprovechamiento-sostenible-biomasa-forestal> (Consultado 14/09/2021)

Ecovive (2018). *Factores que Influyen en los Incendios Forestales y su Propagación*. Disponible en: <https://ecovive.com/factores-que-influyen-en-los-incendios-forestales-y-su-propagacion/> (Consultado 07/11/2020)

EcuRed (2021). *Google Earth*. Disponible en: https://www.ecured.cu/Google_Earth (Consultado 19/10/2021)

El Ágora (2020). *Los grandes incendios de Australia generan su propio microclima*. Disponible en: <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/cambio-climatico/nuevo-clima-australia-incendios/> (Consultado 20/09/2021)

El País (2021). *Entrevista a Marc Rovira. Incendios forestales. “El problema es considerar el bosque como un decorado que hay que mantener. Hay que empezar a pensar creativamente”*. Sección de Clima y Medio Ambiente. Disponible en: <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-10-03/el-problema-es-que-nuestra-sociedad-considera-que-el-bosque-es-un-decorado-y-que-hay-que-mantenerlo-asi.html> (Consultado 22/10/2021)

Fundación Aquae (2021). *Cómo prevenir los incendios forestales*. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/evitar-incendios-forestales/> (Consultado 02/11/2021)

Geoforest (2021). *A. Análisis Prefuego*. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. Disponible en: <http://geoforest.unizar.es/es/proyectosA.php> (Consultado 02/11/2021)

Geoforest (2021). *Presentación del grupo Geoforest*. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. Disponible en: <http://geoforest.unizar.es/es/index.php> (Consultado 02/11/2021)

Gobierno de Aragón (2021). *Incendios forestales*. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/incendios-forestales> (Consultado 23/09/2021)

Gobierno de Aragón (2021). *Incendios forestales. Normativa*. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/normativa-7> (Consultado 16/09/2021)

Gobierno de Aragón (2021). *Nivel de Alerta de Peligro de Incendios Forestales*. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/nivel-de-alerta-de-peligro-de-incendios-forestales> (Consultado 23/10/2021)

Google (2009). *Google Earth Pro*. Disponible en: https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/es//intl/es_ar/enterprise/earthmaps/pdf/earth_pro_ds.pdf (Consultado 19/10/2021)

Gran Enciclopedia Aragonesa (2011). *Comarca del Matarraña*. El Periódico de Aragón. Disponible en: http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz_id=8636 (Consultado 13/10/2021)

Greenpeace (2010). *Incendios Forestales ¿Qué perdemos?* Disponible en: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/incendios-forestales-que-per.pdf> (Consultado 20/09/2021)

Herrero J. (2011). «*Pinus halepensis*» (*Pino carrasco, pino de Alepo*). Flora de Iberia. Disponible en: <https://floradeiberia.com/405/pinus-halepensis-pino-carrasco-pino-de-alepo/> (Consultado 13/10/2021)

IDEAragon (2021). *Descargas*. Gobierno de Aragón. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/descargas> (Consultado 19/10/2021)

IDEAragon (2021). *Descargas. Comarcas y Municipios de Aragón*. Gobierno de Aragón. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/descargas.jsp> (Consultado 13/10/2021)

IDEAragon (2021). *Descargas. Lugares de Importancia Comunitario en Aragón*. Gobierno de Aragón. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/descargas.jsp> (Consultado 14/10/2021)

IDEAragon (2021). *Descargas. Zonas de Especial Protección para las aves en Aragón*. Gobierno de Aragón. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/descargas.jsp> (Consultado 14/10/2021)

IDEAragon (2021). *Presentación*. Gobierno de Aragón. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/portal/presentacion.jsp> (Consultado 18/10/2021)

Instituto internacional de derecho y medio ambiente (Iidma) (2021). *España debe reforzar su marco jurídico para garantizar el aprovechamiento sostenible de la biomasa forestal con destino energético en el marco del PNIEC*. Disponible en: <https://iidma.org/index.php/es/espana-debe-reforzar-su-marco-juridico-para-garantizar-el-aprovechamiento-sostenible-de-la-biomasa-forestal/> (Consultado 14/09/2021)

José C. (2016). *NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS*. MappingGIS. Disponible en: <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/> (Consultado 27/10/2021)

Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes. *Boletín Oficial del Estado*. Madrid, 22 de noviembre de 2003, núm. 280, pp. 1-40. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2003/11/21/43/con> (Consultado 16/09/2021)

Life Egyptian Vulture (2021). *El alimoche*. Disponible en: <https://www.lifeegyptianvulture.it/es/el-alimoche/> (Consultado 13/10/2021)

Maestre F. T., Bautista S., Cortina J. & Bellot J. (2001). *Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe*. *Ecological Applications* 11: 1641-1655.

María, R. (2019). *Tecnología para la defensa contra incendios forestales*. TECNIFUEGO, Asociación Española de Sociedades de Protección contra Incendios. Disponible en: <https://osbodigital.es/2019/03/04/tecnologia-para-ganar-seguridad-y-eficacia-en-la-extincion/> (Consultado 14/09/2021)

Matarranya Turismo (2021). *Matarraña*. Disponible en: <http://matarranyaturismo.es/matarranya/> (Consultado 13/10/2021)

Matarranya Turismo (2021). *Río Algars*. Disponible en: <http://matarranyaturismo.es/turismo-familiar/lugares-para-banarse/rio-algars/> (Consultado 14/10/2021)

Montoya, S. (2016). *Cálculo del Índice de Vegetación NDVI de Imágenes Landsat 8 con QGIS*. Gidahatari. Disponible en: <https://gidahatari.com/ih-es/calculo-del-indice-de-vegetacion-ndvi-de-imagenes-landsat-8-con-qgis> (Consultado 27/10/2021)

Moreno, J. M. (2005). *12. Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático. C. Riesgo de incendios forestales*. En Moreno, J. M., Aguiló E., Alonso S., Álvarez M., Anadón R., Ballester F. et al (Eds.), *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE – Informe final* (pp. 581-615). Universidad de Castilla-La Mancha y Ministerio de Medio Ambiente. Gobierno de España. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/en/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/12_3_riesgos_naturales_2_tcm38-178505.pdf (Consultado 20/09/2021)

Moreno, M. A. (2020). *Los municipios de la comarca del Matarraña reclaman un parque de bomberos profesional*. Heraldo de Aragón. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/teruel/2020/01/26/los-municipios-de-la-comarca-del-matarrana-reclaman-un-parque-de-bomberos-profesional-1355353.html> (Consultado 02/11/2021)

Orden AGM/112/2021, de 1 de febrero, por la que se prorroga la Orden de 20 de febrero de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2015/2016. *Boletín Oficial de Aragón*. Aragón, 10 de marzo de 2021, núm. 52, pp. 10443-10444. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=1152836245353&type=pdf> (Consultado 16/09/2021)

Orden de 20 de febrero de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2015/2016. *Boletín Oficial de Aragón*. Aragón, 13 de marzo de 2015, núm. 50, pp. 8620-8632. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=842831924646> (Consultado 16/09/2021)

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 y se declaran zonas de alto y de medio riesgo de incendio forestal. *Boletín Oficial de Aragón*. Aragón, 17 de octubre de 2017, núm. 199, pp. 27661-27714. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VERDOC&BASE=BOLE&PIECE=BOLE&DOCS=1-41&DOCR=25&SEC=FIRMA&RNG=200&SEPARADOR=&&PUBL=20171017> (Consultado 16/09/2021)

Pachés, M. (2019). *El agua en el suelo: fuerzas de retención*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universitat Politècnica de València. Disponible en: <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/121154/Pach%C3%A9s%20-%20El%20agua%20en%20el%20suelo.%20Fuerzas%20de%20retenci%C3%B3n.pdf?sequence=1> (Consultado 27/10/2021)

Pausas J. G., Bladé C., Valdecantos A., Seva J. P., Fuentes D., Alloza J. A., et al (2004). *Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes in Spain: New perspectives for an old practice - a review*. *Plant Ecology* 171: 209-220.

Penta 3 Consultores (2020). *Incendios forestales, ¿cómo son?, ¿cómo se comportan? (II)*. Disponible en: <http://p3consultores.com/incendios-forestales-como-son-como-se-comportan-2/> (Consultado 13/09/2021)

Peña J. L. & Lozano M. V. (2004). *Las unidades del relieve aragonés*. En J. L. Peña, L. A. Longares & M. Sánchez (Eds.), *Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos* (pp. 3-14). Zaragoza: Universidad de Zaragoza e Instituto Fernando el Católico.

Portillo, V. M., Delpino, M. A. & Mora, C. R. (2019). *Aplicación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada a la identificación de unidades florísticas y seguimiento de la fenología en humedales*. Disponible en: <https://1library.co/document/qodxp8kz-aplicacion-vegetacion-diferencia-normalizada-identificacion-floristicas-seguimiento-fenologia.html> (Consultado 27/10/2021)

Reglamento (UE) no 1305/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de diciembre de 2013. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Unión Europea, 20 de diciembre de 2013, núm. 347, pp. 347-548. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2013/347/L00487-00548.pdf> (Consultado 16/09/2021)

Ríos del Planeta (2021). *Río Matarraña: mapa, nacimiento y todo lo que desconoce*. Disponible en: <https://riosdelplaneta.com/rio-matarrana/> (Consultado 14/10/2021)

RYTE WIKI (2021). *Google Maps*. Disponible en: https://es.ryte.com/wiki/Google_Maps (Consultado 19/10/2021)

SIGSA (2021). *Plataforma ArcGIS. ¿Qué es ArcGIS?* ESRI. Disponible en: <https://www.sigsa.info/productos/esri/plataforma-arcgis> (Consultado 26/10/2021)

Turismo de Aragón (2021). *Puertos de Beceite*. Disponible en: <https://www.turismodearagon.com/ficha/los-puertos-de-beceite/> (Consultado 14/10/2021)

USGS (2021). *EarthExplorer*. U.S. Department of the Interior. Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Consultado 19/10/2021)

Vallejo R. V. y Alloza J. A. (1998). *The restoration of burned lands: the case of eastern Spain*. En: Moreno J. M. (Ed.). *Large Forest Fires*. Backhuys Publishers, Leiden, NL. pgs. 91-108.

Vicepresidencia Tercera del Gobierno (2021). *Brigadas de labores preventivas*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/prevencion/brigadas_labores_preventivas.aspx (Consultado 14/09/2021)

Vicepresidencia Tercera del Gobierno (2021). *Equipos de prevención integral de incendios forestales (EPRIF)*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/prevencion/eprif.aspx> (Consultado 14/09/2021)

Vicepresidencia Tercera del Gobierno (2021). *Estadísticas de Incendios Forestales*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/Incendios_default.aspx (Consultado 02/09/2021)

Vicepresidencia Tercera del Gobierno (2021). *Incendios Forestales. Frecuencia de Incendios Forestales por Término Municipal*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/incendios-forestales.aspx> (Consultado 02/09/2021)

Vivers Carex (2021). *Quercus ilex subsp. rotundifolia*. Disponible en: <http://www.carex.cat/es/vivers-carex/catalogo/quercus-ilex-rotundifolia.aspx> (Consultado 13/10/2021)

Windfinder (2021). *Información sobre Windfinder*. Disponible en: <https://es.windfinder.com/about/> (Consultado 19/10/2021)

Ye, T., Guo, Y., Chen, G., Yue, X., Xu, R., de Sousa, M. et al (2021). *Risk and burden of hospital admissions associated with wildfire-related PM_{2.5} in Brazil, 2000–15: a nationwide time-series study*. The Lancet Planetary Health. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(21\)00173-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(21)00173-X/fulltext) (Consultado 20/09/2021)

Anexos

Mapas:

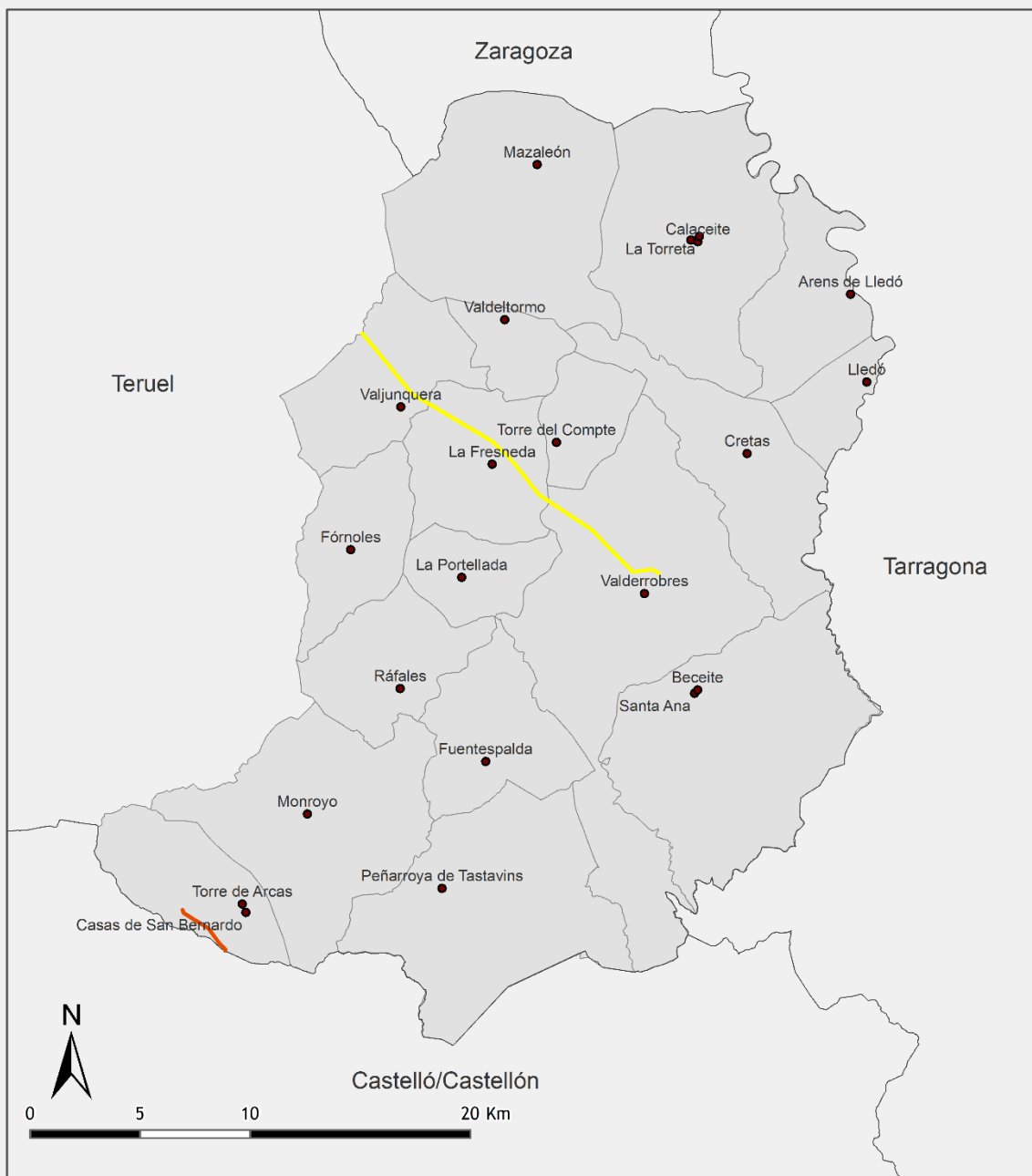
➤ Líneas eléctricas de la comarca del Matarraña	87
➤ Vías de comunicación de la comarca del Matarraña	88
➤ Banda 4 (roja) satélite Landsat 8 de la comarca del Matarraña	89
➤ Banda 5 (infrarroja) satélite Landsat 8 de la comarca del Matarraña	90
➤ Índice de vegetación normalizada (NDVI) de la comarca del Matarraña	91
➤ Litología reclasificada de la comarca del Matarraña	92
➤ Temperatura media del periodo estival de la comarca del Matarraña	93
➤ Iluminación del terreno de la comarca del Matarraña	94
➤ Altitud del terreno de la comarca del Matarraña	95
➤ Tipos de modelo de combustible de la comarca del Matarraña	96
➤ Pendiente del terreno de la comarca del Matarraña	97
➤ Orientación del terreno de la comarca del Matarraña	98
➤ Cortafuegos y embalses de la comarca del Matarraña	99
➤ Parques de bomberos cercanos de la comarca del Matarraña	100
➤ Riesgo de ignición por líneas eléctricas. Comarca del Matarraña	101
➤ Riesgo de ignición por edificaciones. Comarca del Matarraña	102
➤ Riesgo de ignición por carreteras. Comarca del Matarraña	103
➤ Riesgo de ignición por sendas y caminos. Comarca del Matarraña	104
➤ Riesgo de ignición por NDVI. Comarca del Matarraña	105
➤ Riesgo de ignición por retención de agua. Comarca del Matarraña	106
➤ Riesgo de ignición por temperatura media del periodo estival. Comarca del Matarraña	107
➤ Riesgo de ignición por iluminación del terreno. Comarca del Matarraña	108
➤ Mitigación del riesgo de ignición y propagación por altitud del terreno. Comarca del Matarraña	109
➤ Riesgo de propagación por tipo de modelo de combustible. Comarca del Matarraña	110
➤ Riesgo de propagación por pendiente del terreno. Comarca del Matarraña	111
➤ Riesgo de propagación por orientación del terreno. Comarca del Matarraña	112
➤ Mitigación del riesgo de propagación por embalses. Comarca del Matarraña	113
➤ Mitigación del riesgo de propagación por almacenamientos de agua. Comarca del Matarraña	114
➤ Mitigación del riesgo de propagación por parques de bomberos. Comarca del Matarraña	115
➤ Riesgo de ignición de incendios forestales de la Comarca del Matarraña en el periodo estival (representación de datos por tipo Stretched)	116
➤ Riesgo de ignición de incendios forestales de la Comarca del Matarraña en el periodo estival (representación de datos por intervalos de Salas y Chuvieco (1994b))	117
➤ Riesgo de propagación de incendios forestales de la Comarca del Matarraña en el periodo estival (representación de datos por tipo Stretched)	118
➤ Riesgo de propagación de incendios forestales de la Comarca del Matarraña en el periodo estival (representación de datos por intervalos de Salas y Chuvieco (1994b))	119
➤ Peligro de incendios forestales de la Comarca del Matarraña en el periodo estival (representación de datos por tipo Stretched)	120
➤ Peligro de incendios forestales de la Comarca del Matarraña en el periodo estival (representación de datos por intervalos de Salas y Chuvieco (1994b))	121



LÍNEAS ELÉCTRICAS DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Líneas eléctricas

— 150-220 kV

— 400 kV

• Núcleos de población

■ Municipios

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N

Fuentes de la información: BTN25 - CNIG

Fecha del dato: 14/05/2021

Fecha de creación: 05/11/2021

Elaboración: Pedro Jiménez Machuca

Formato original de diseño e impresión: A4

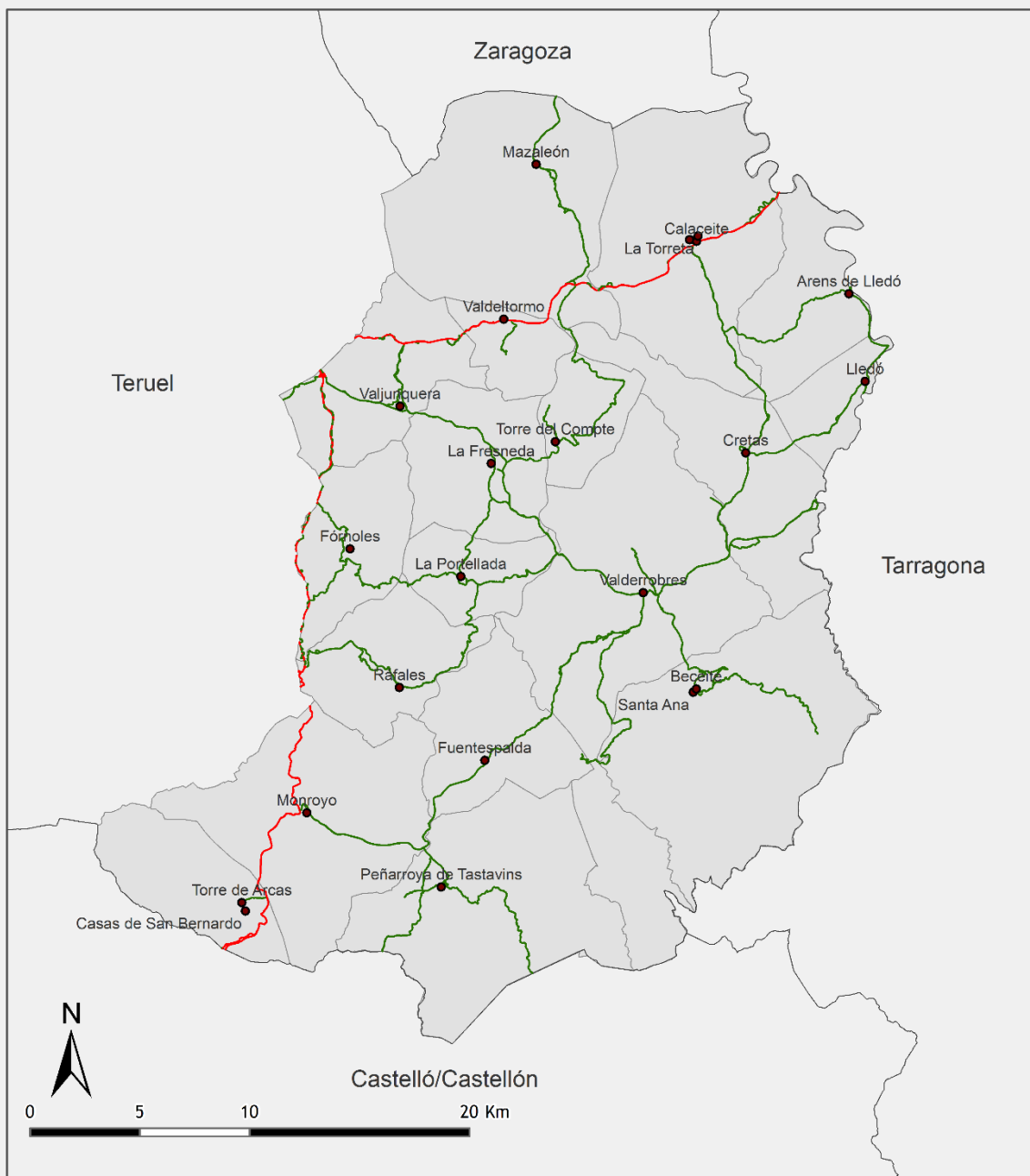




VÍAS DE COMUNICACIÓN DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Vías de comunicación

- Carretera nacional
- Carretera regional

- Núcleos de población
- Municipios

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 14/05/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

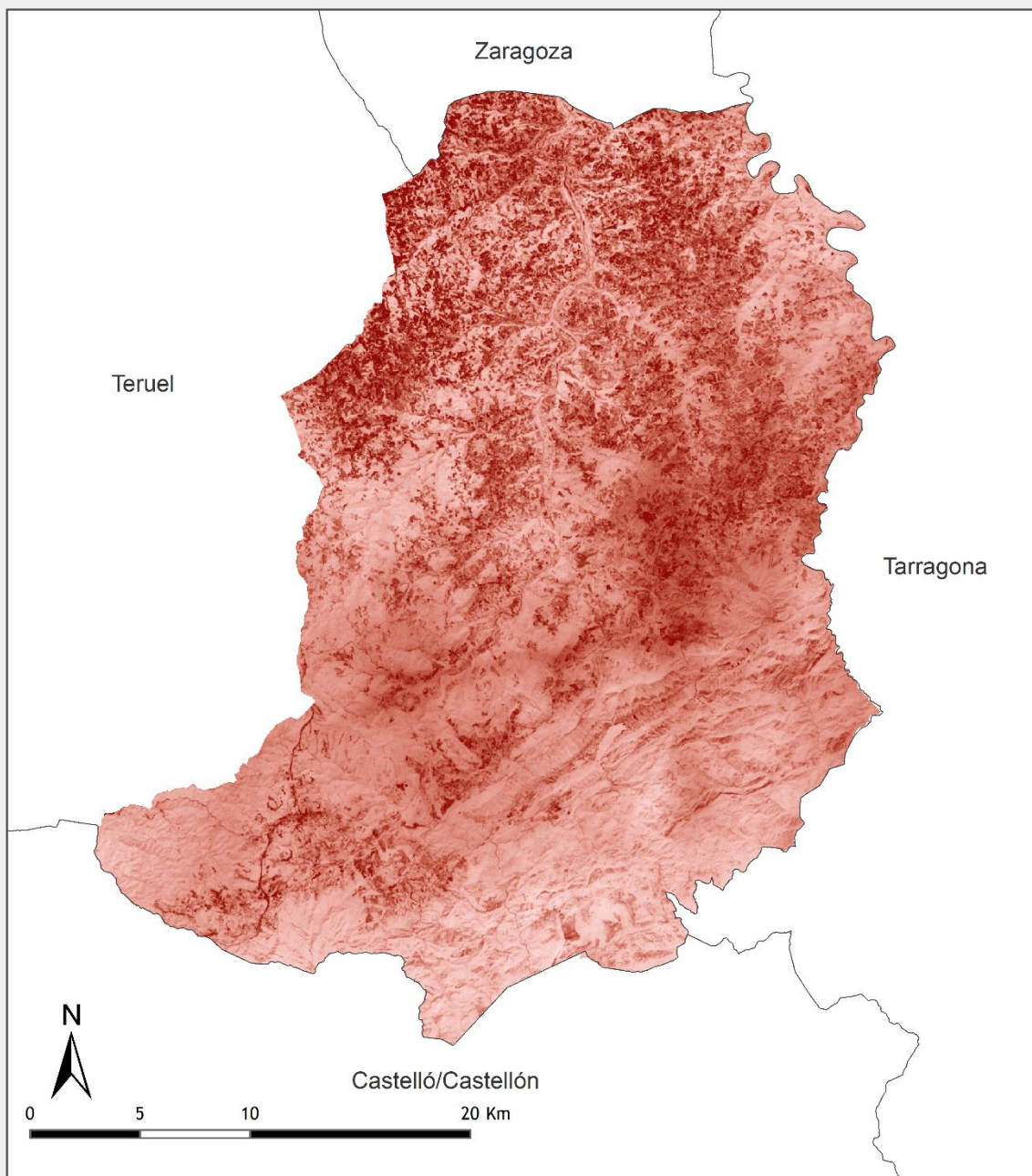




BANDA 4 (ROJA) SATÉLITE LANDSAT 8 DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Valores Banda 4 (Roja)



Máximo: 16135

Mínimo: 7165

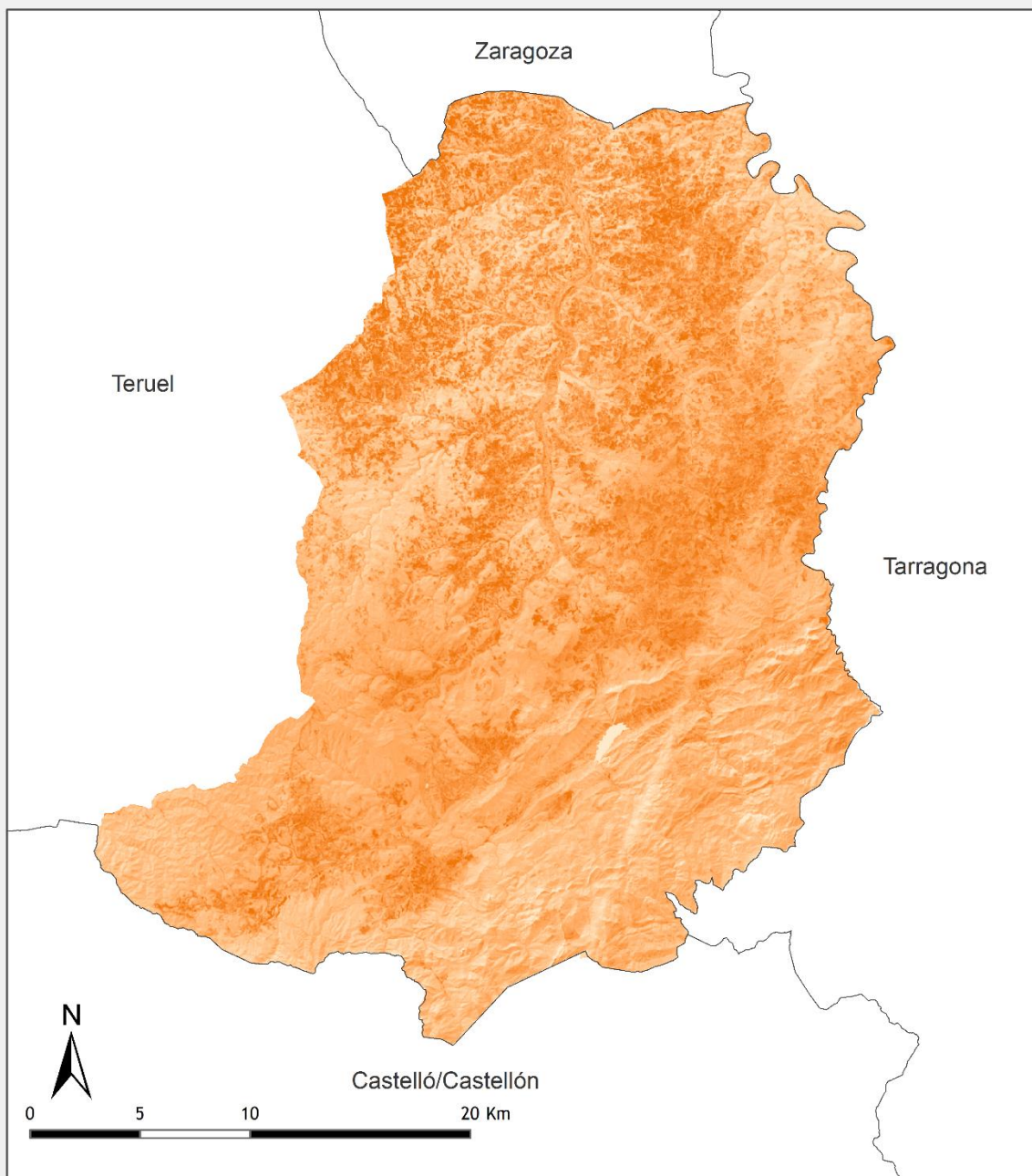
OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: EarthExplorer - USGS
Fecha del dato: 27/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4





BANDA 5 (INFRARROJA) SATÉLITE LANDSAT 8 DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Valores Banda 5 (Infrarroja)

Máximo: 20705
Mínimo: 7428

OBSERVACIONES

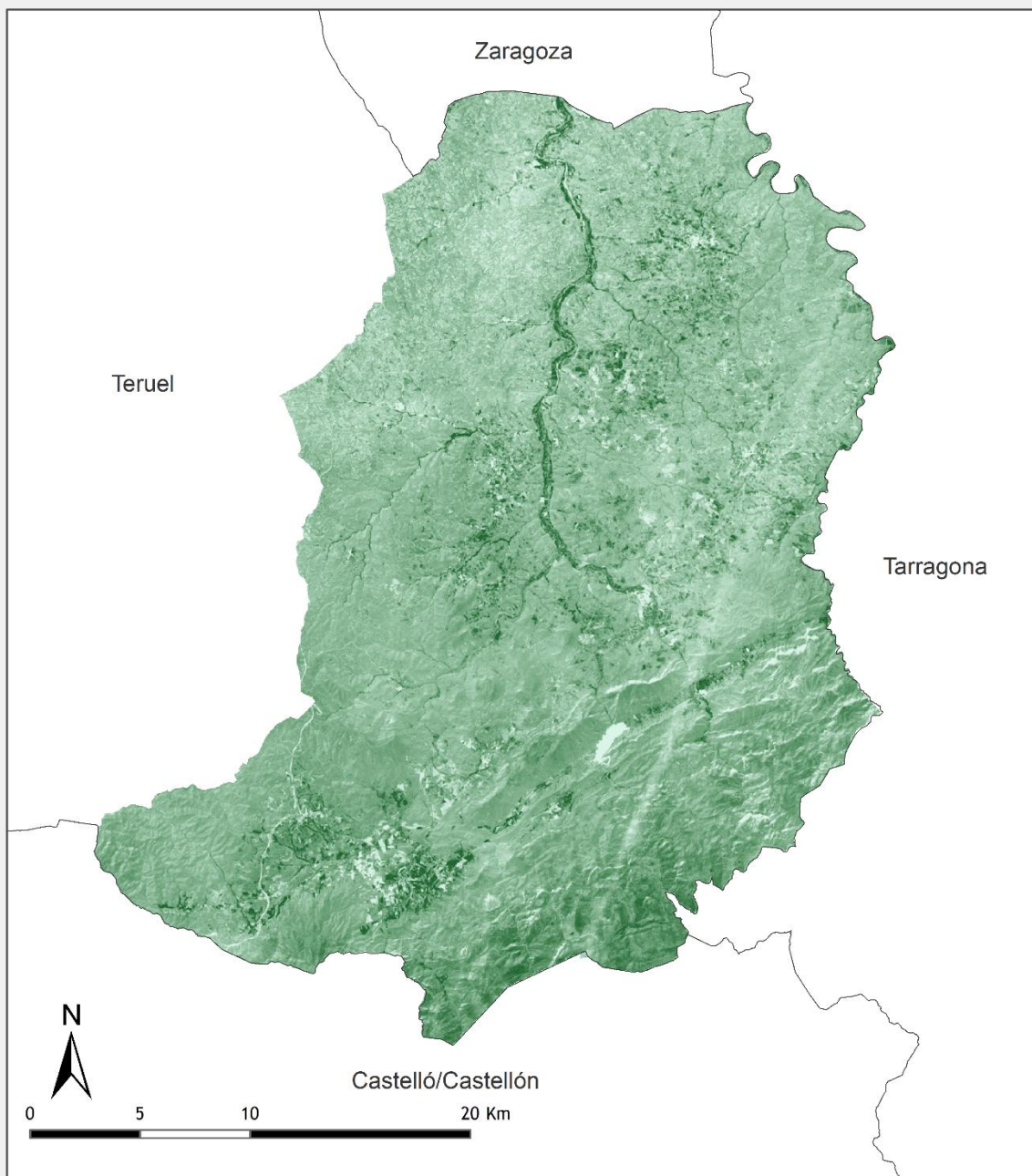
Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: EarthExplorer - USGS
Fecha del dato: 27/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4





ÍNDICE DE VEGETACIÓN NORMALIZADA (NDVI) DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA

Universidad
Zaragoza



Valores NDVI



Máximo: 0,42

Mínimo: -0,079

OBSERVACIONES

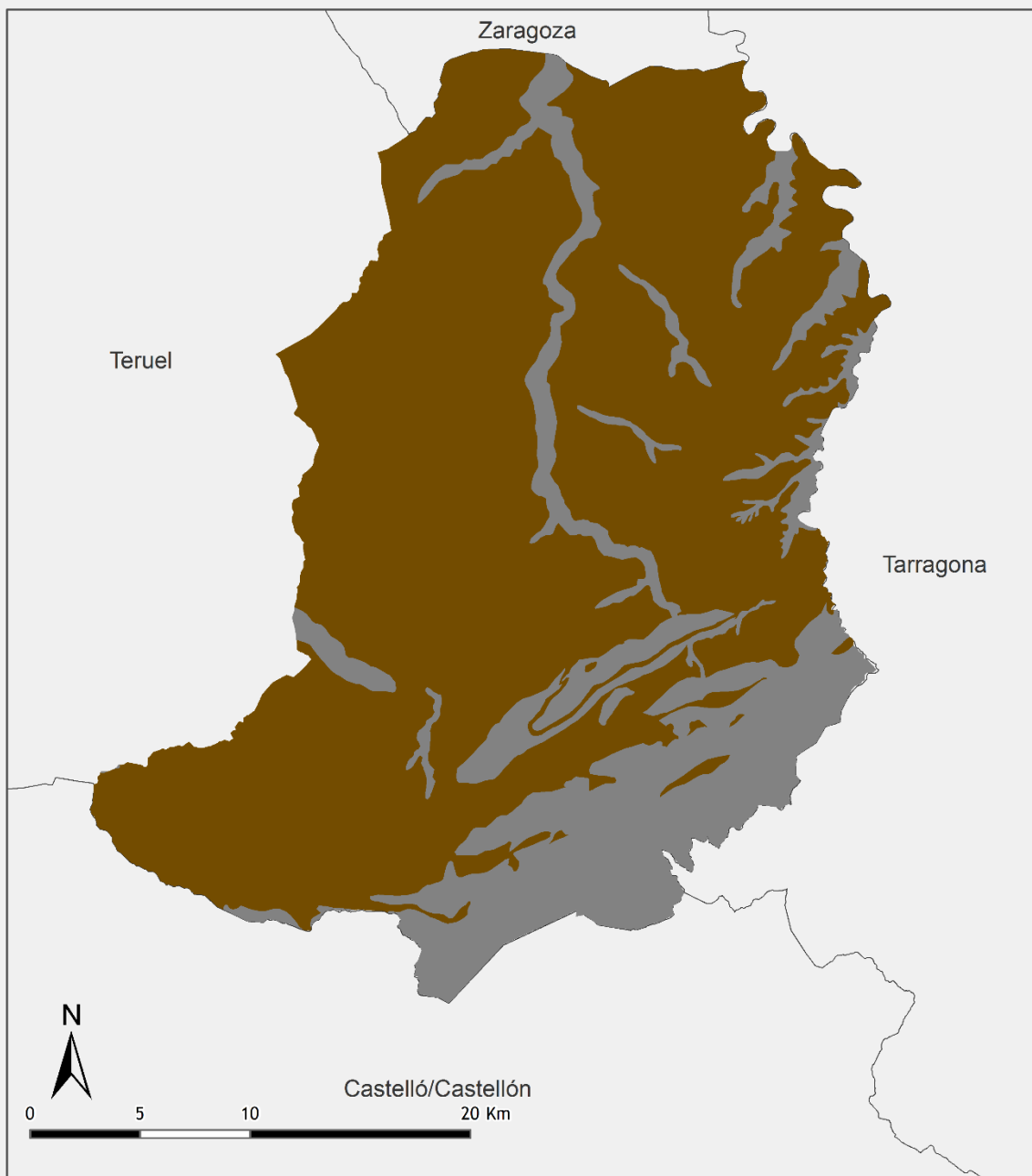
Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: EarthExplorer - USGS
Fecha del dato: 27/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4





LITOLOGÍA RECLASIFICADA DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA

Universidad
Zaragoza



Litología

-  Arcillas, limos y areniscas
-  Calizas, gravas, arenas, etc.

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: Mapa Geológico - IDE Aragón
Fecha del dato: 01/01/1993
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

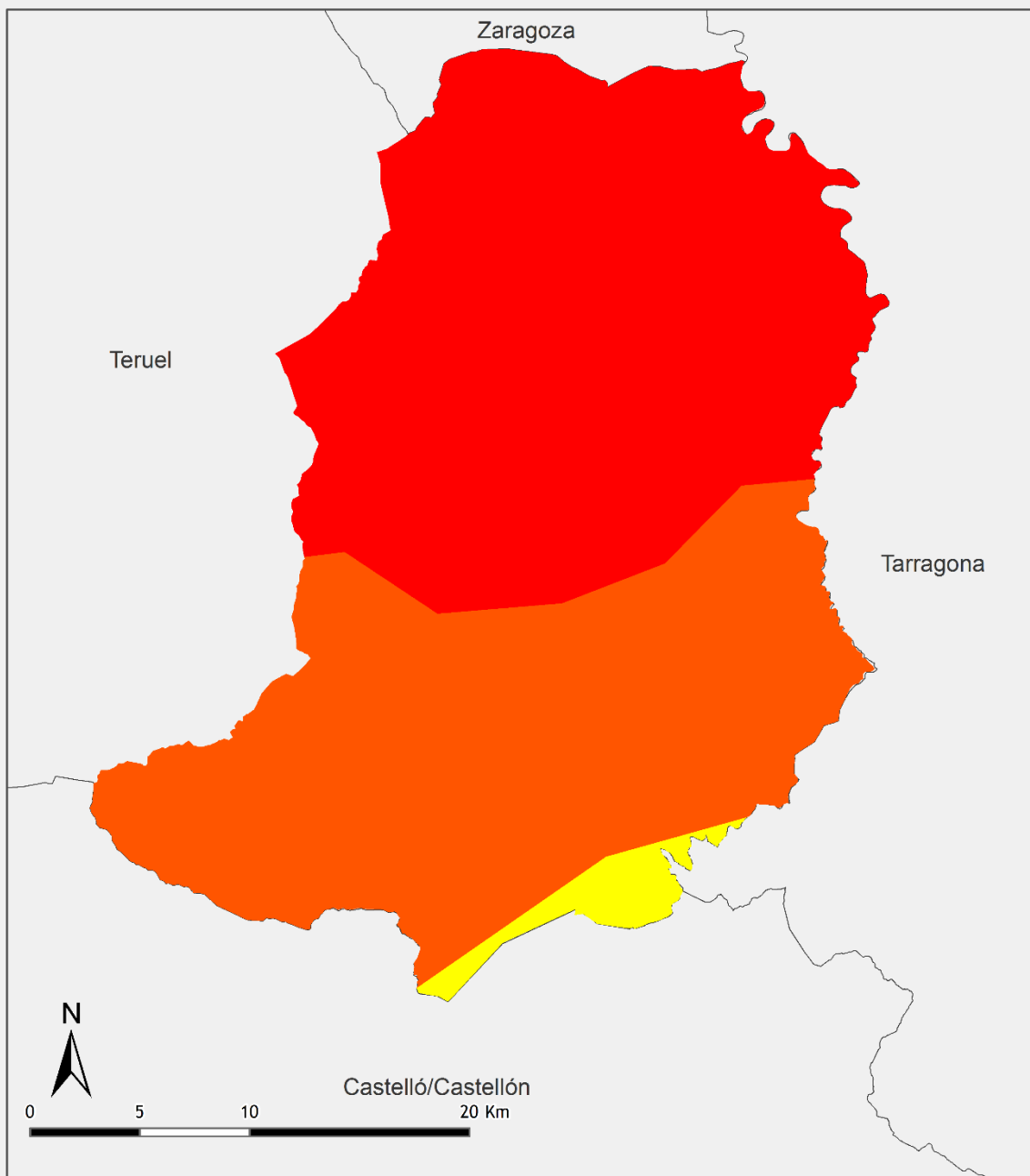




TEMPERATURA MEDIA DEL PERIODO ESTIVAL DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Intervalos de temperatura (°C)

20 - 25	>30
25 - 30	

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: Atlas Climático de Aragón/CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

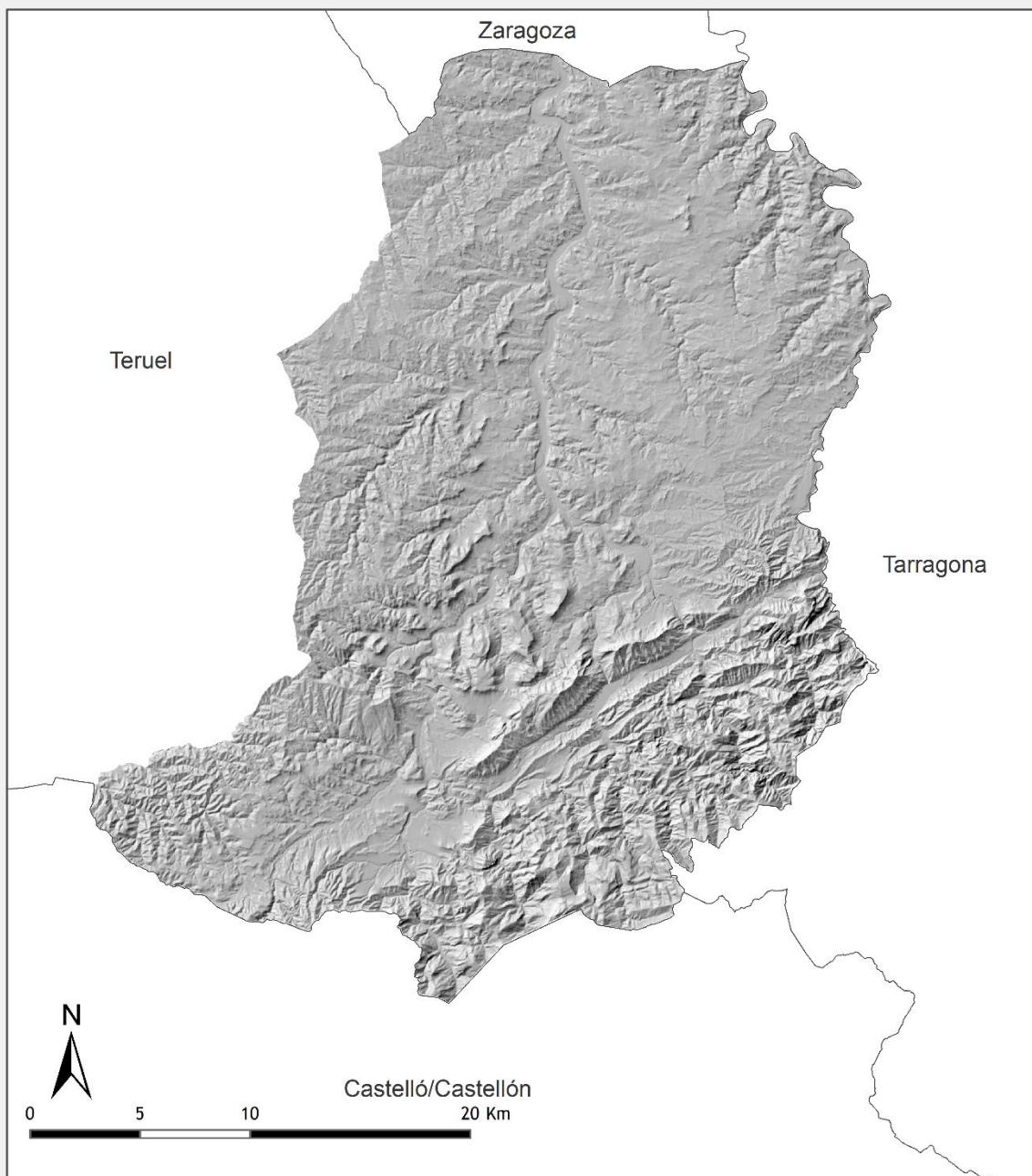




ILUMINACIÓN DEL TERRENO DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Lúmenes

Máximo: 254
Mínimo: 0

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: PNOA MDT25 - CNIG
Fecha del dato: 01/01/2011
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

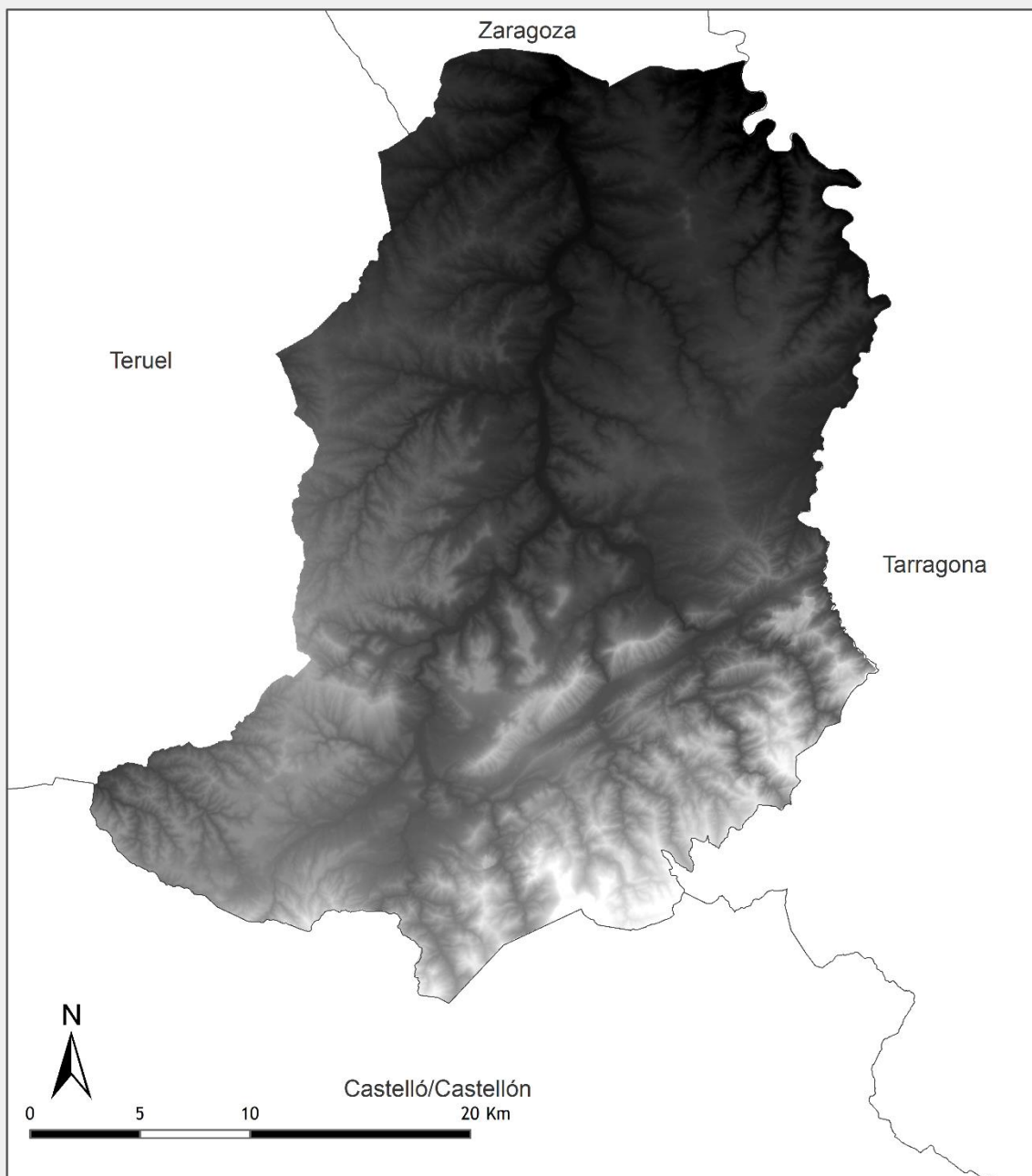




ALTITUD DEL TERRENO DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Altitud (metros)



Máximo: 1389 m

Mínimo: 260 m

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: PNOA MDT25 - CNIG
Fecha del dato: 01/01/2011
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

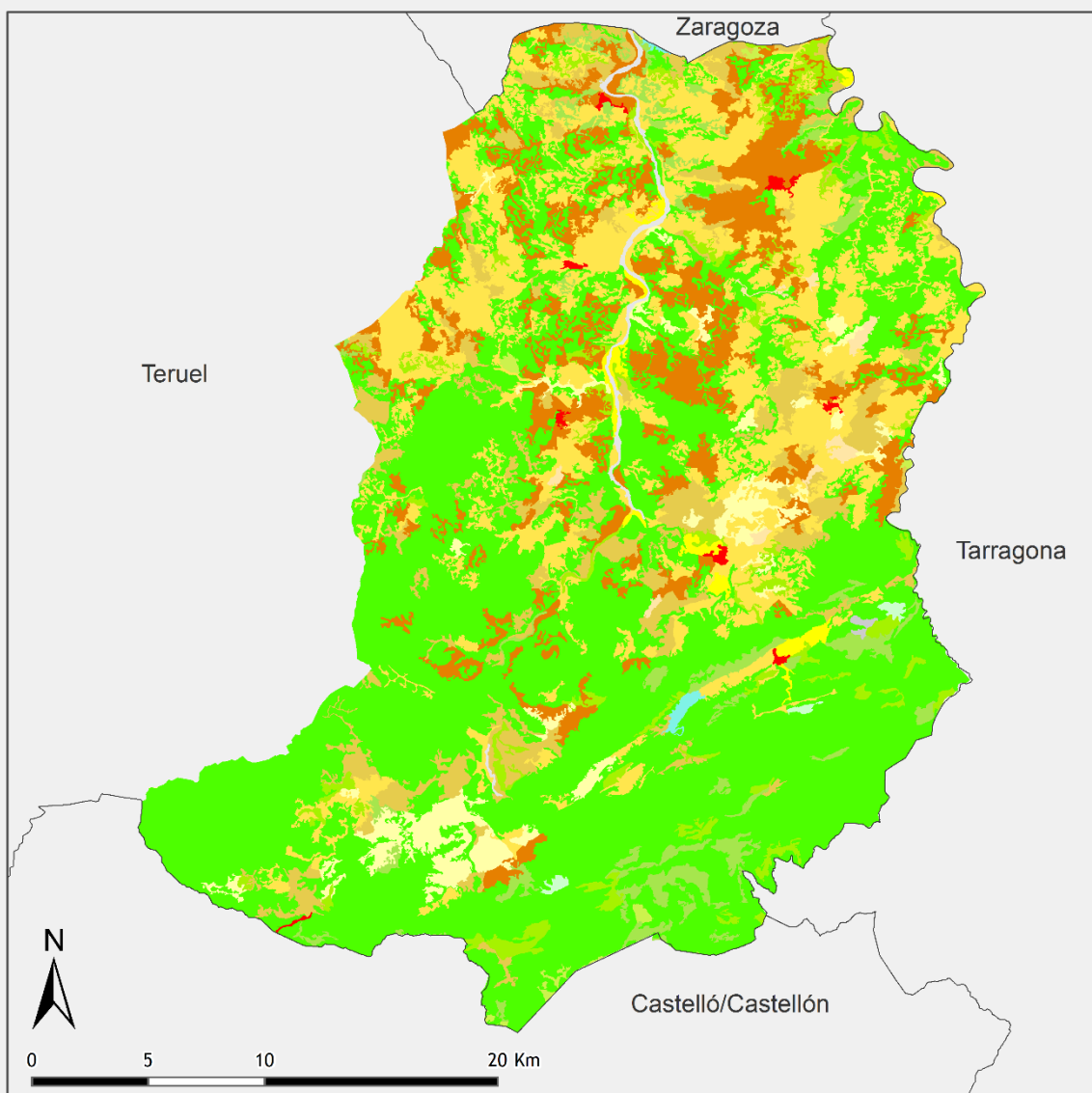




TIPOS DE MODELO DE COMBUSTIBLE DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Tipos de modelo de combustible

- Bosques
- Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes
- Cultivos arbóreos
- Espacios con vegetación escasa
- Láminas de agua
- Matorral boscoso de transición
- Mosaico de cultivos
- Pastizales naturales
- Playas, dunas y arenales
- Roquedo
- Tejido urbano y vías de comunicación
- Terrenos agrícolas con vegetación natural
- Terrenos regados permanentemente
- Tierras de labor en secano
- Vegetación esclerófila

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: CORINE Land Cover - CNIG
Fecha del dato: 01/01/2018
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

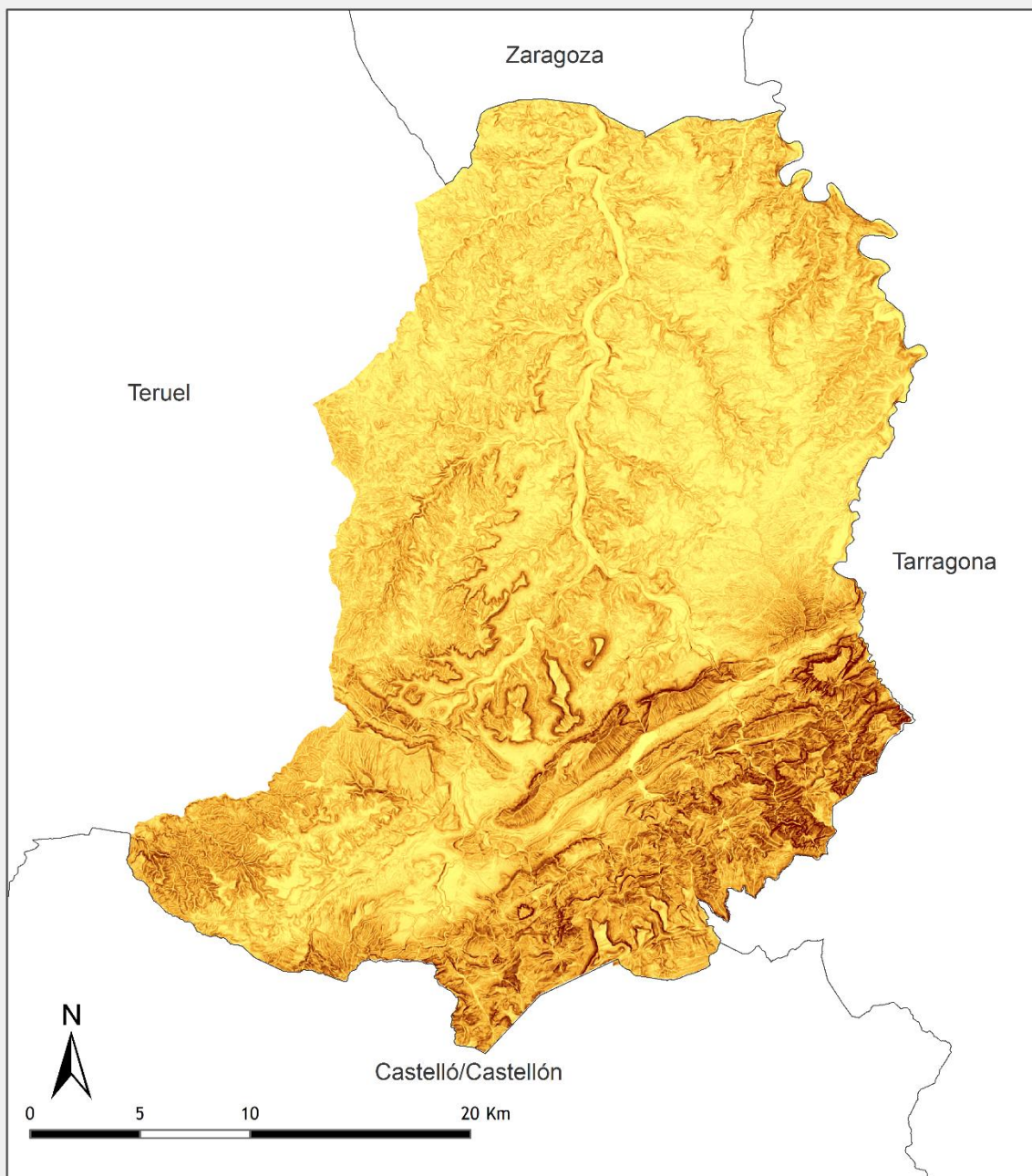




PENDIENTE DEL TERRENO DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Pendiente (%)



Máximo: 75,8%

Mínimo: 0%

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: PNOA MDT25 - CNIG
Fecha del dato: 01/01/2011
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

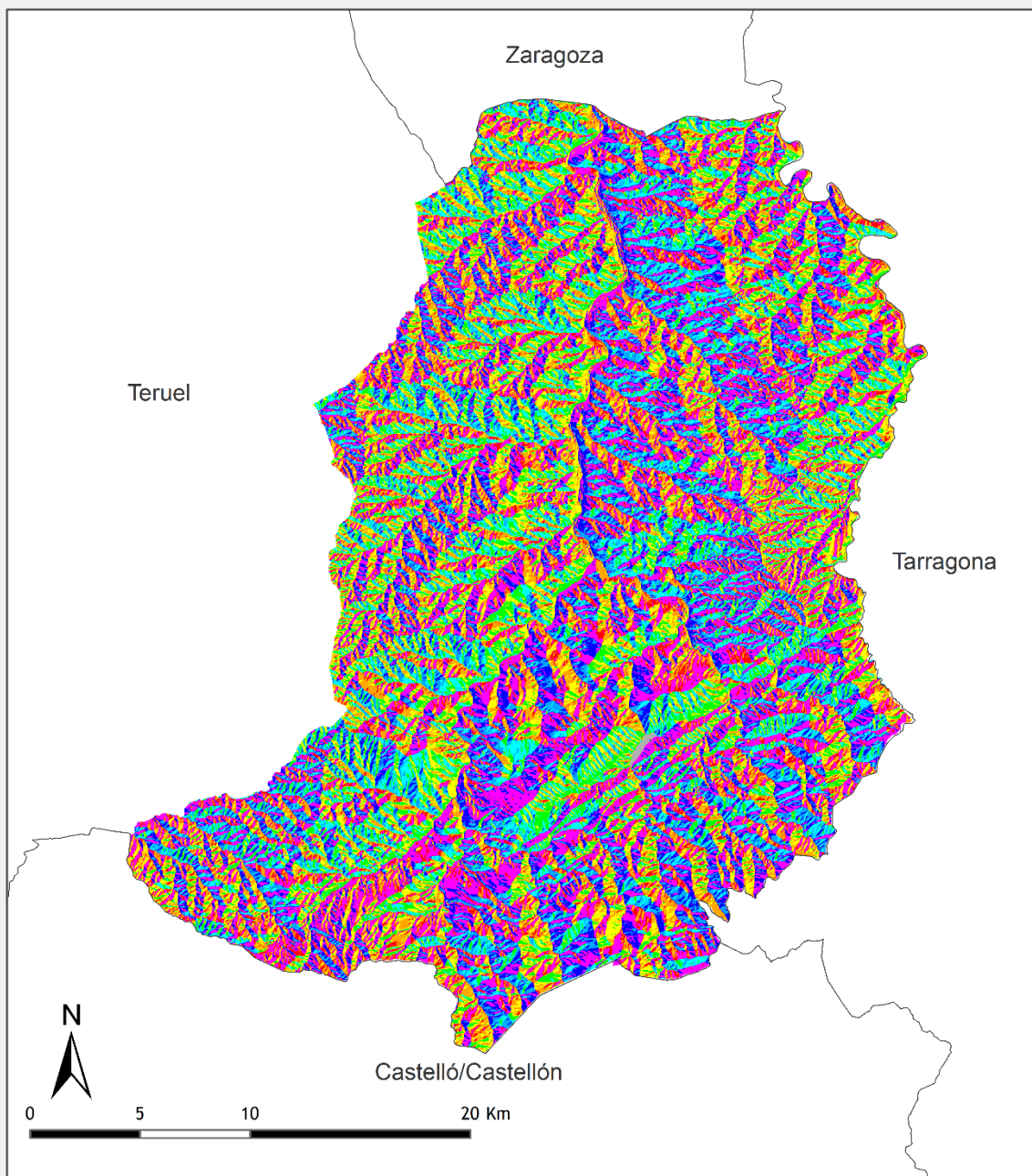




ORIENTACIÓN DEL TERRENO DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Orientación

	Llano		Este		Suroeste
	Norte		Sureste		Oeste
	Noreste		Sur		Noroeste

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: PNOA MDT25 - CNIG
Fecha del dato: 01/01/2011
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

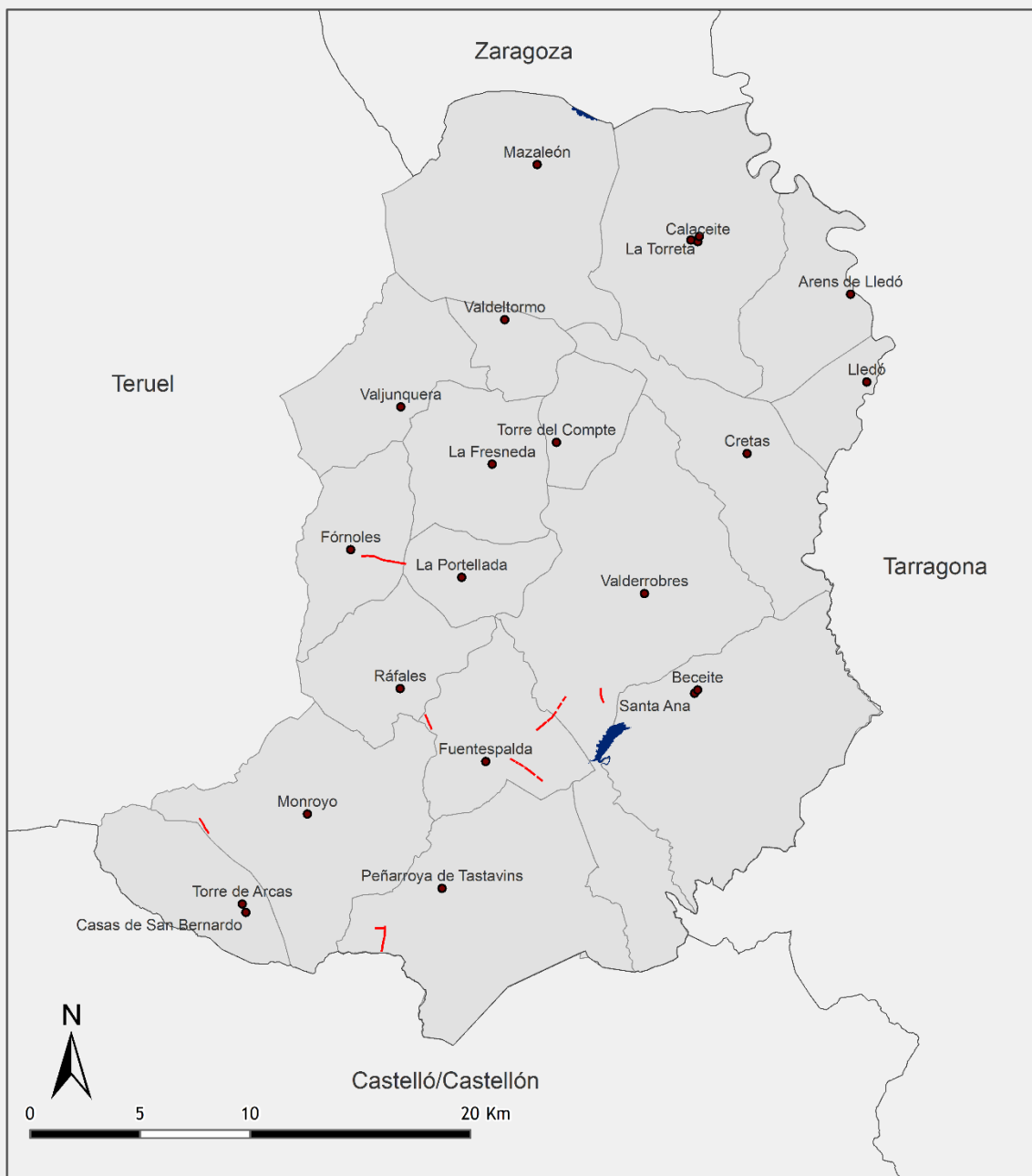




CORTAFUEGOS Y EMBALSES DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



LEYENDA

- Cortafuegos
- Embalses
- Núcleos de población
- Municipios

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 17/05/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

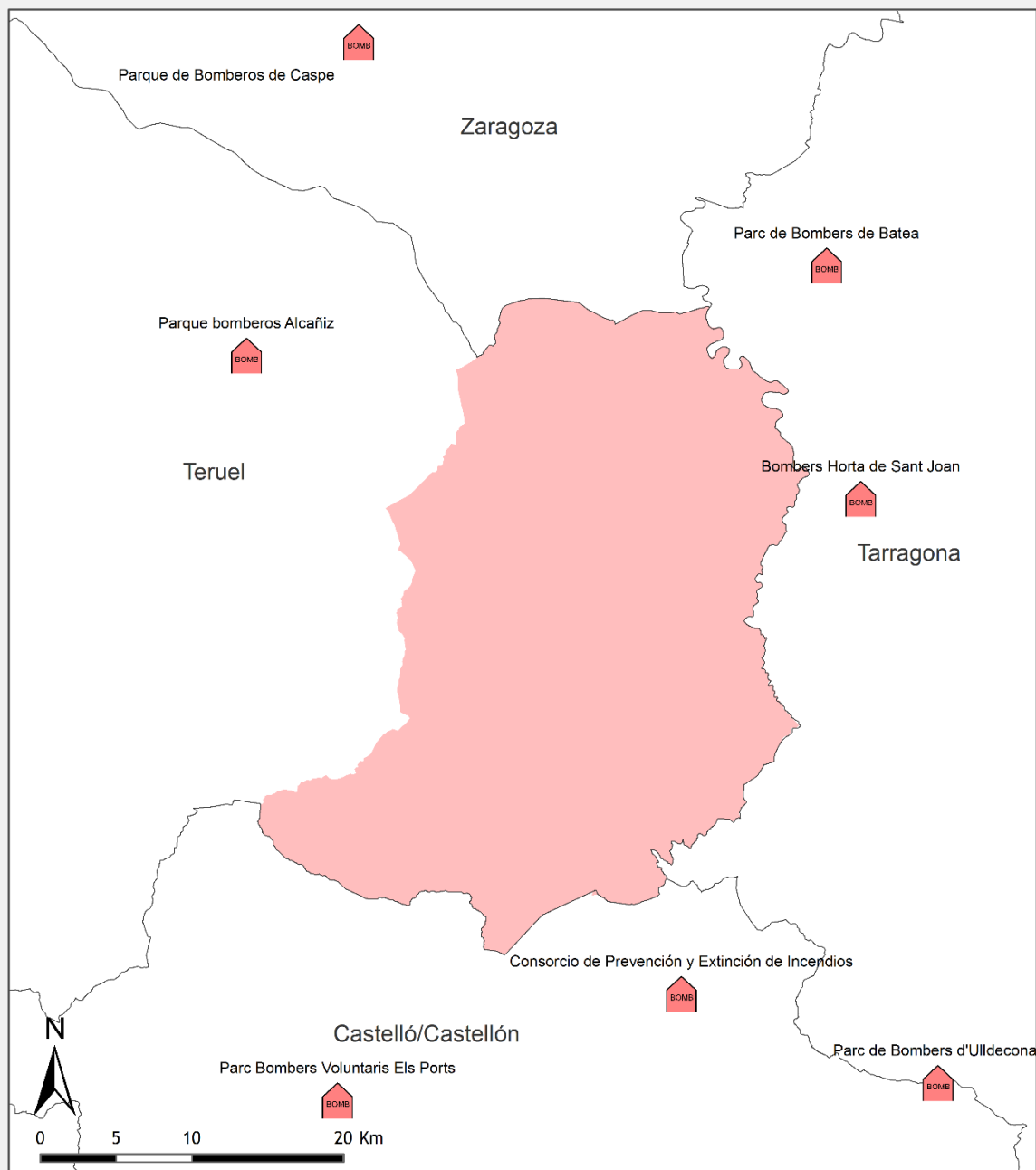




PARQUES DE BOMBEROS CERCANOS A LA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



LEYENDA



Parques de bomberos



Comarca del Matarraña

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: GOOGLE EARTH/GOOGLE MAPS
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

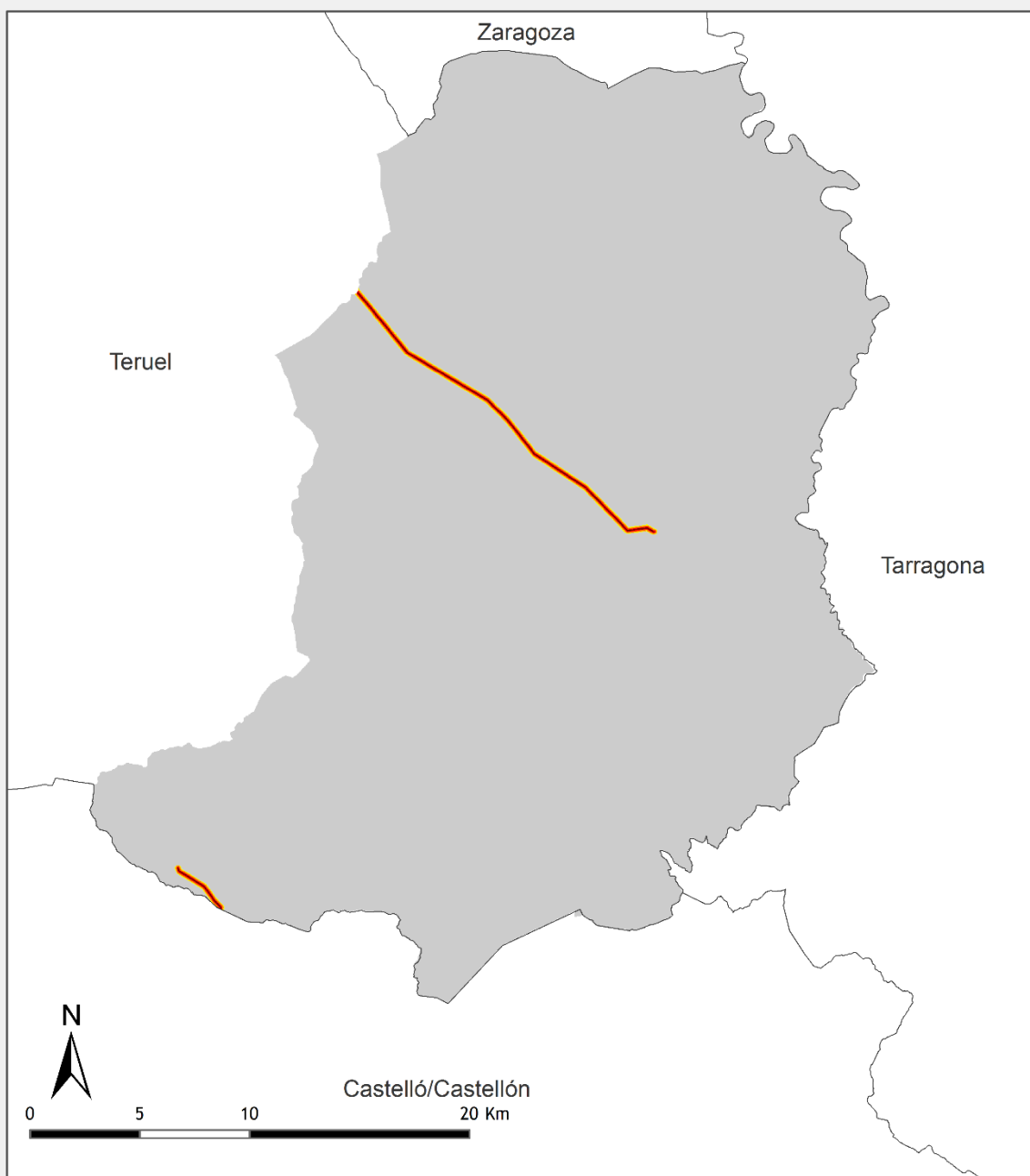




RIESGO DE IGNICIÓN POR LÍNEAS ELÉCTRICAS COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

	Nulo		Bajo		Alto
	Muy bajo		Medio		Muy alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 28/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

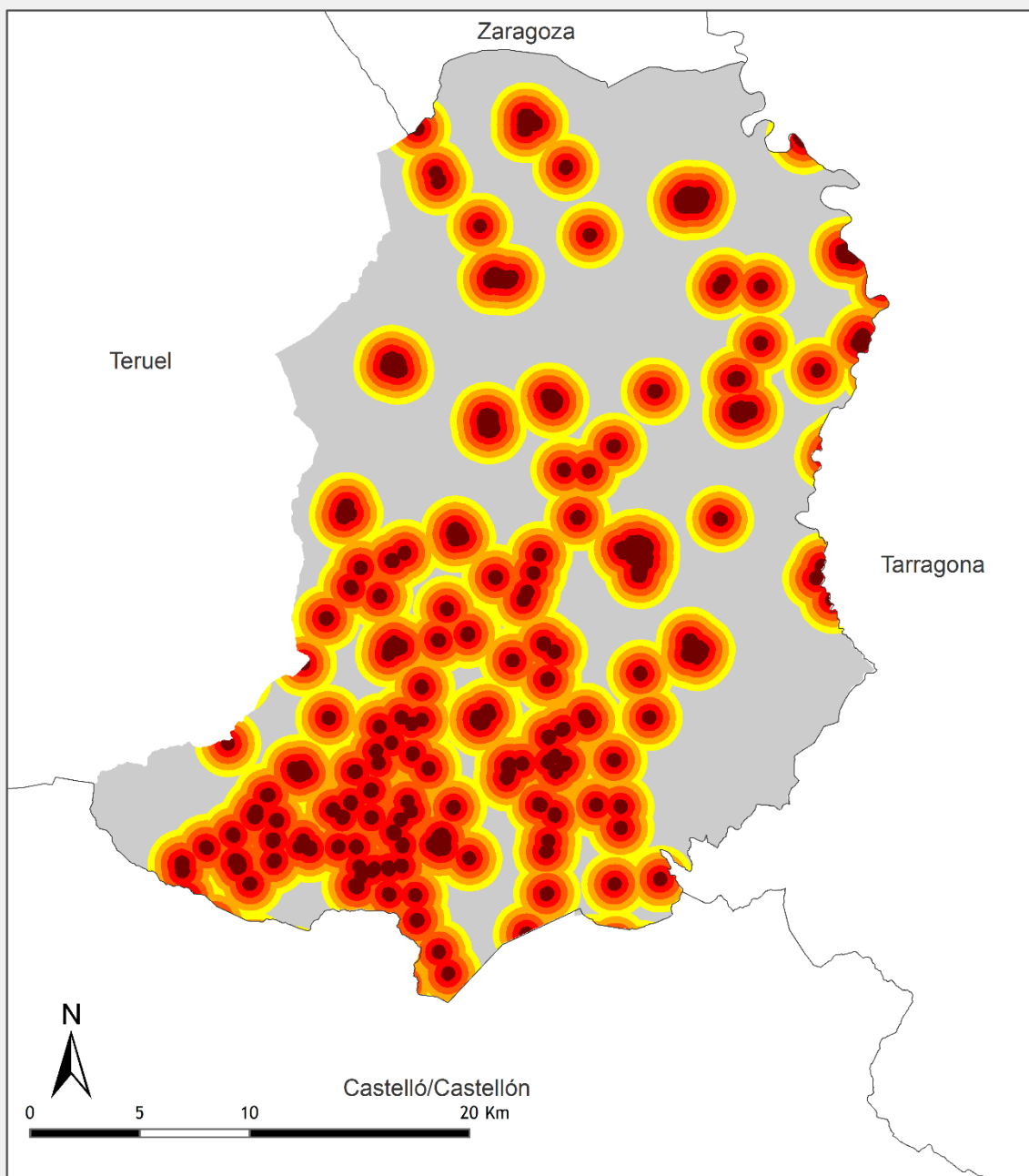




RIESGO DE IGNICIÓN POR EDIFICACIONES COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

	Nulo		Bajo		Alto
	Muy bajo		Medio		Muy alto

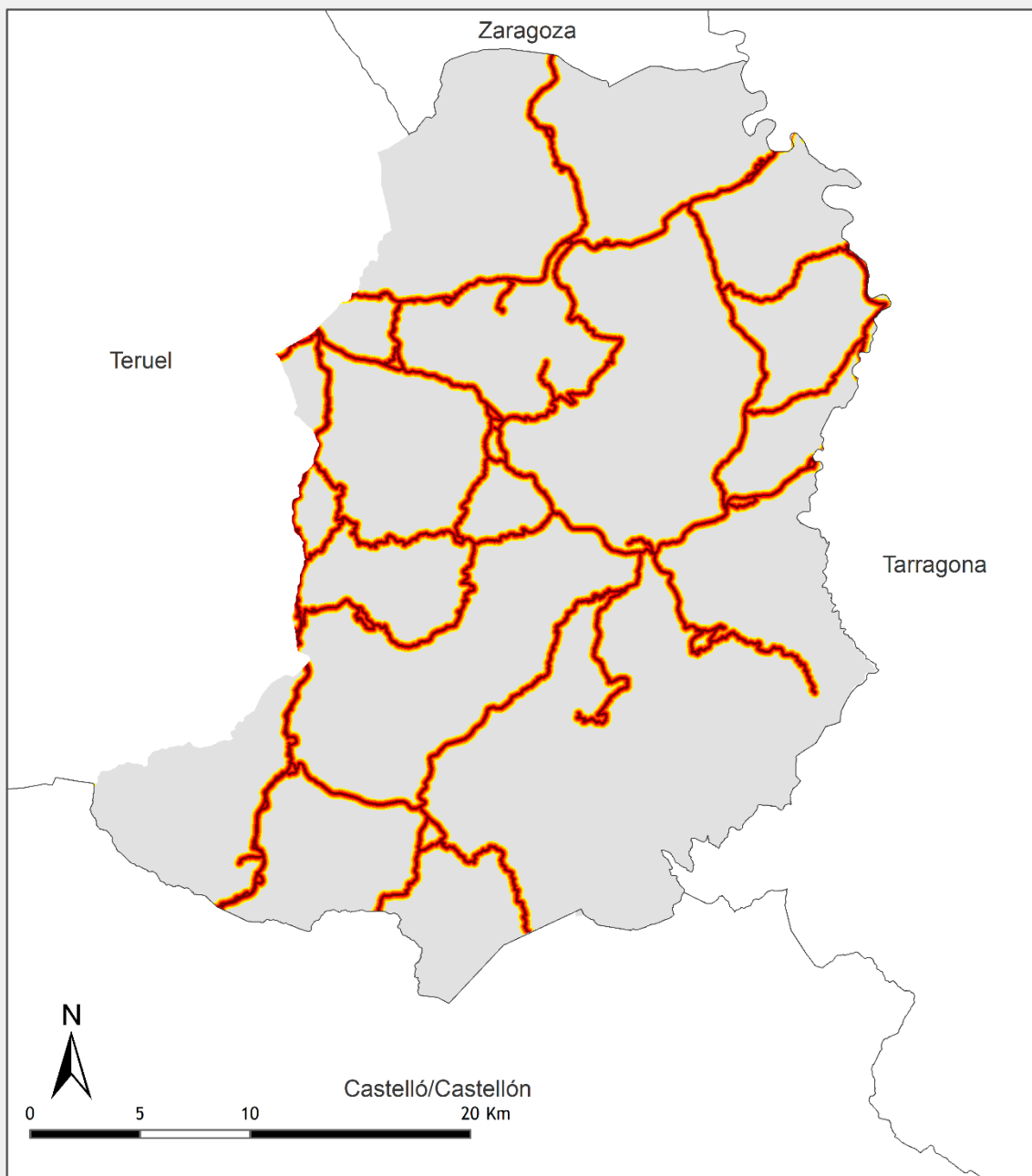
OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 28/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4





RIESGO DE IGNICIÓN POR CARRETERAS COMARCA DEL MATARRAÑA



Riesgo de ignición

	Nulo		Bajo		Alto
	Muy bajo		Medio		Muy alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 28/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

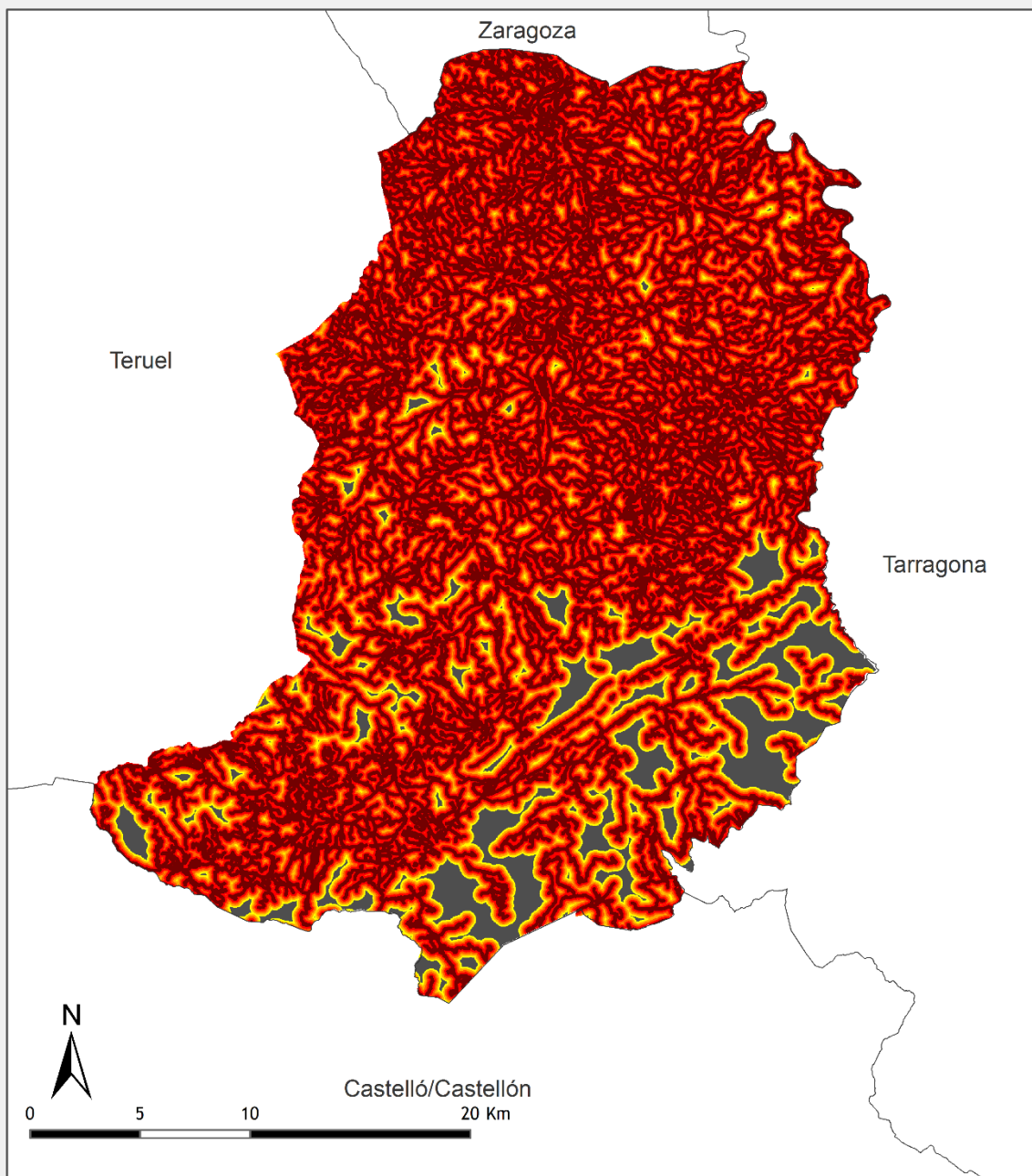




RIESGO DE IGNICIÓN POR SENDAS Y CAMINOS COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

	Nulo		Bajo		Alto
	Muy bajo		Medio		Muy alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 28/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

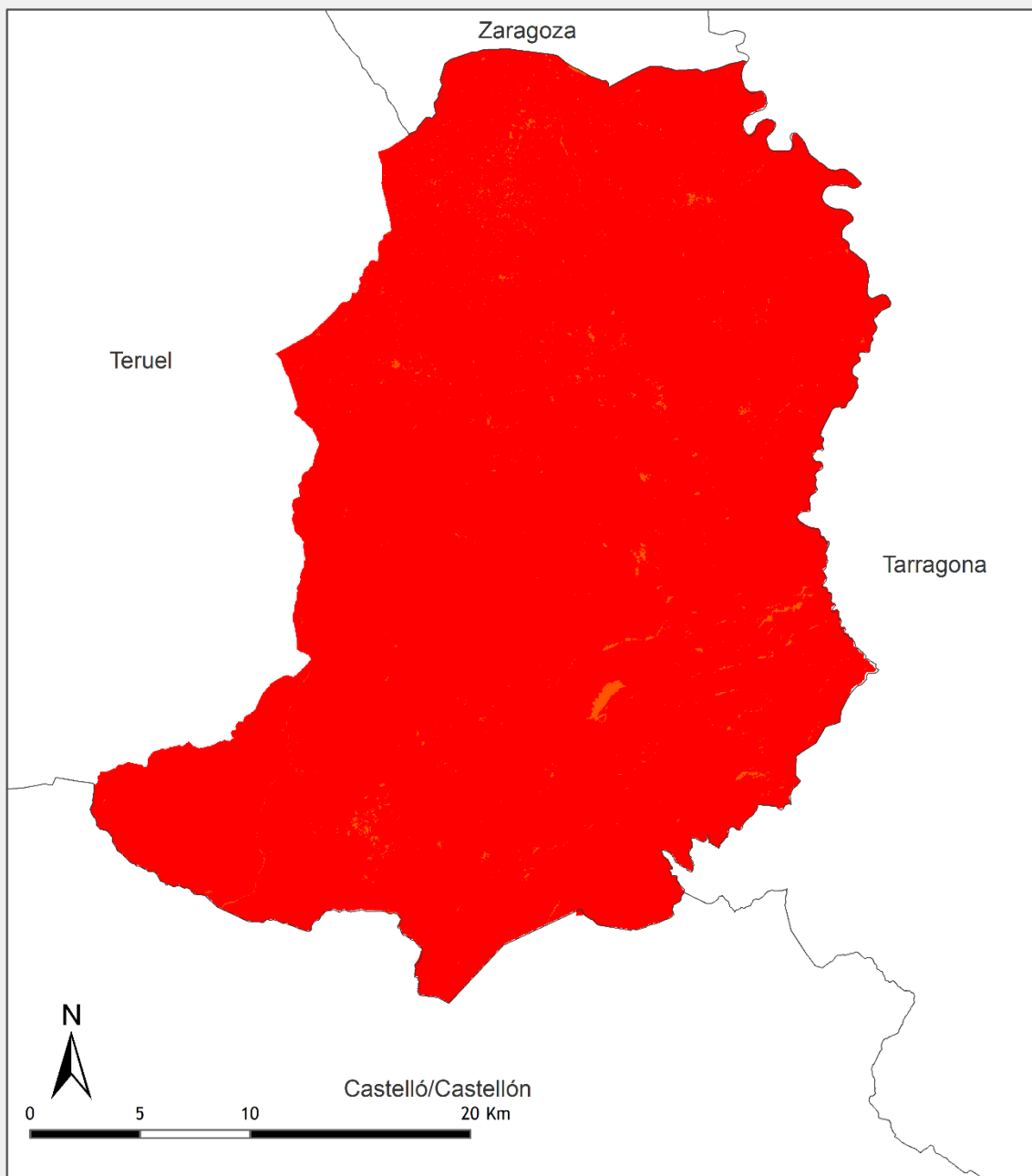




RIESGO DE IGNICIÓN POR NDVI COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

-  Medio
-  Alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 28/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

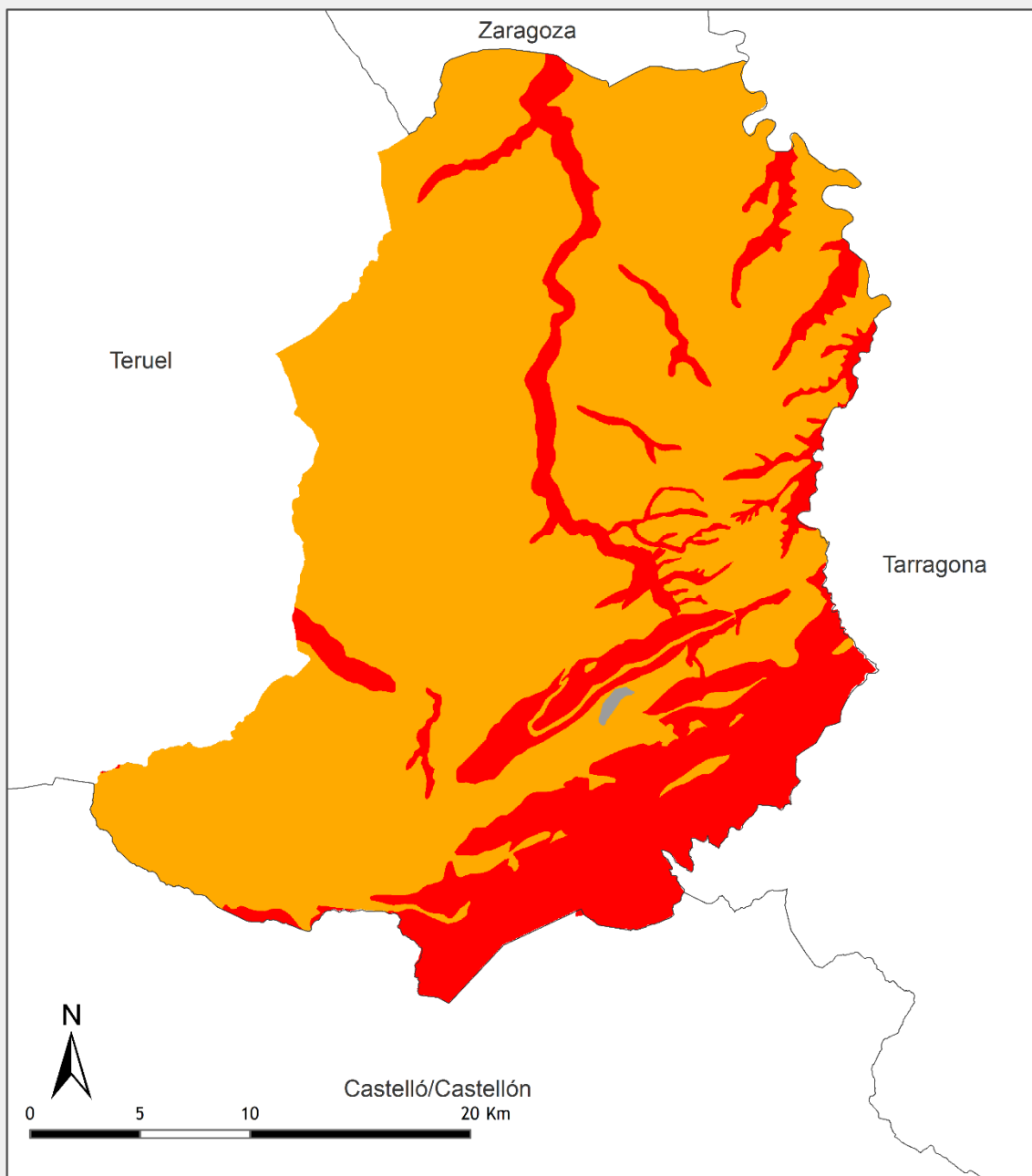




RIESGO DE IGNICIÓN POR RETENCIÓN DE AGUA COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

 Nulo  Alto
 Bajo

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: Mapa Geológico - IDE Aragón
Fecha del dato: 28/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

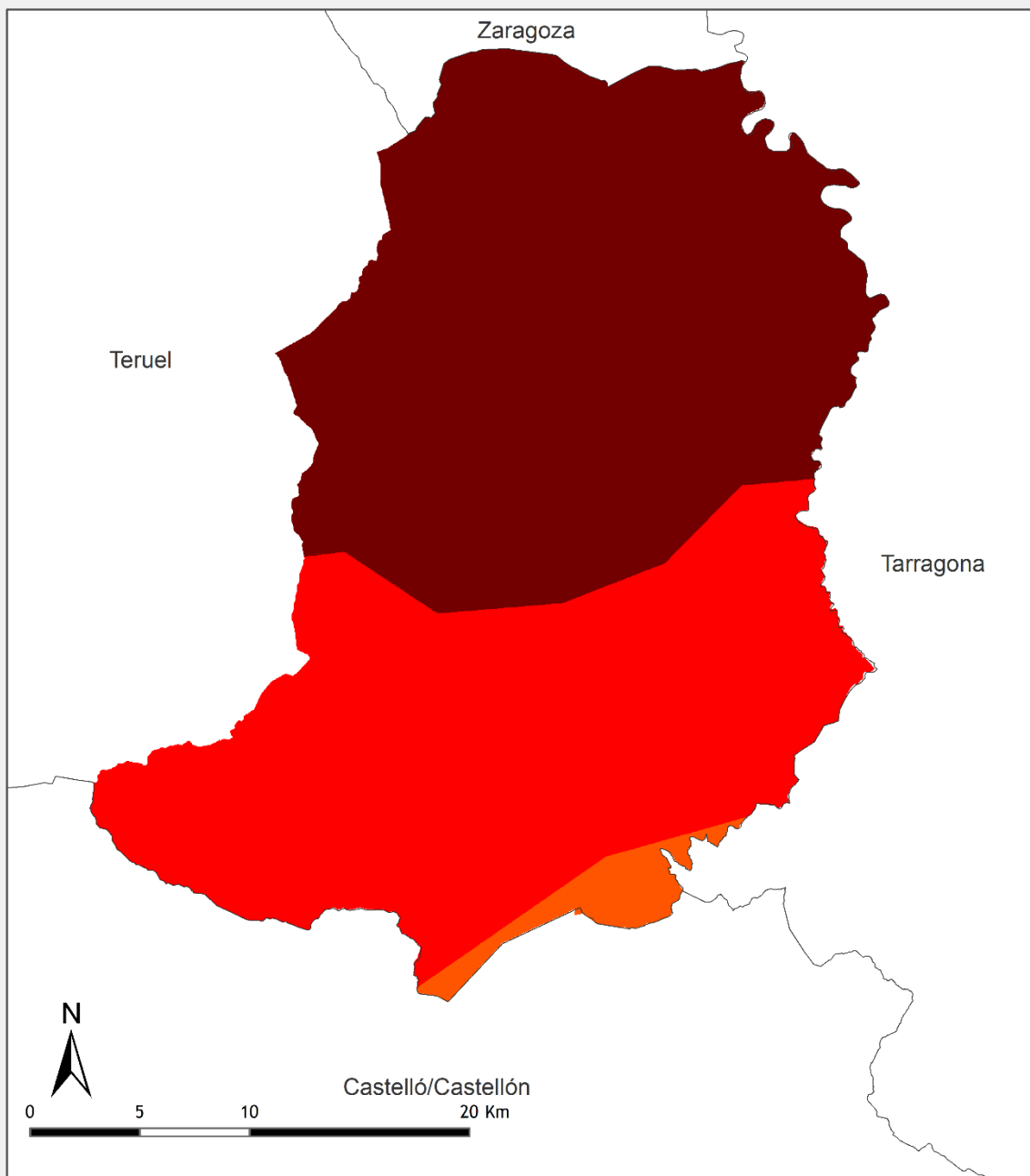




**RIESGO DE IGNICIÓN POR
TEMPERATURA MEDIA DEL PERIODO ESTIVAL
COMARCA DEL MATARRAÑA**



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

 Medio  Muy alto
 Alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: Atlas Climático de Aragón/CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

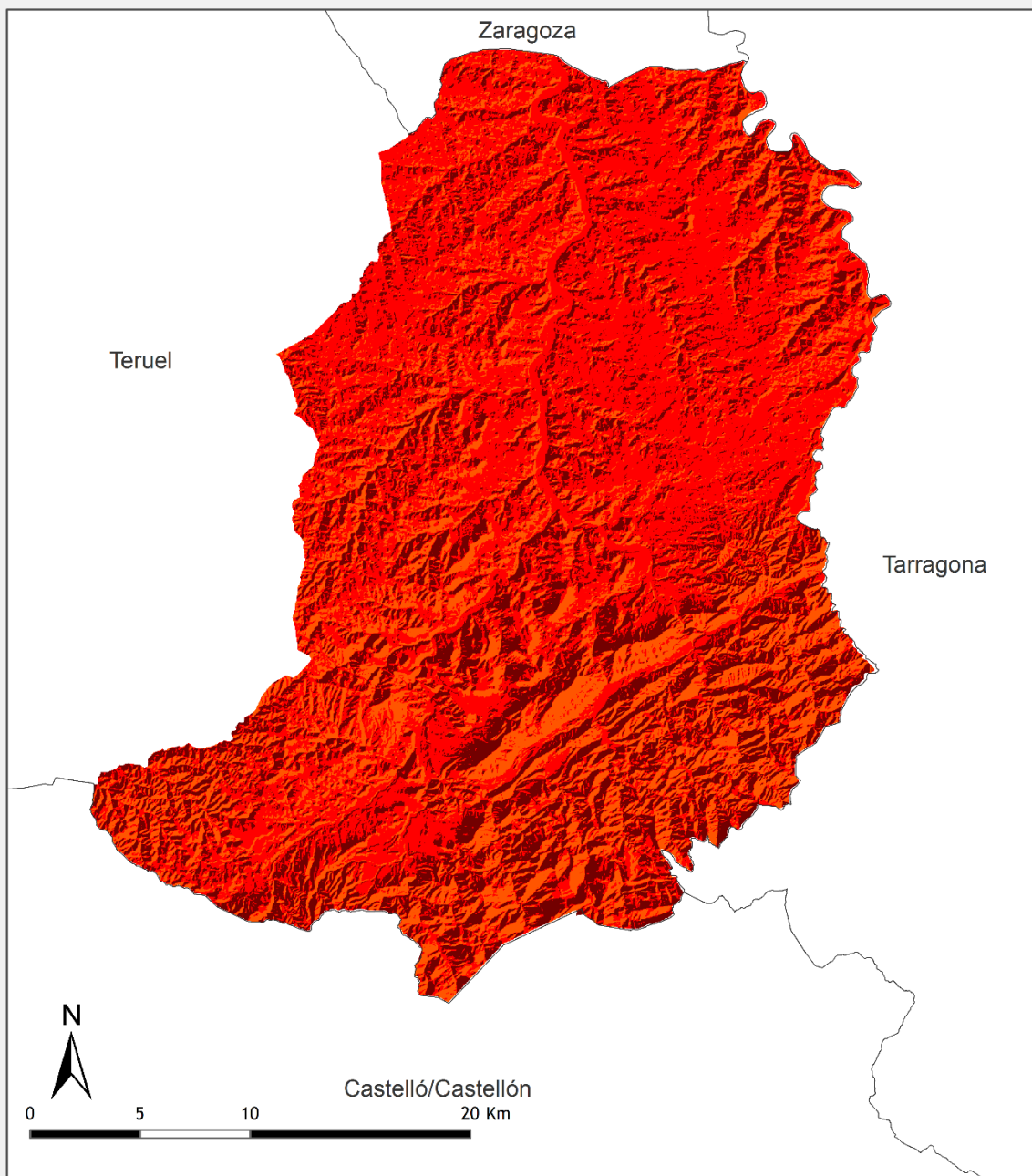




**RIESGO DE IGNICIÓN POR ILUMINACIÓN
DEL TERRENO
COMARCA DEL MATARRAÑA**



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

Medio Muy alto
Alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: Atlas Climático de Aragón/CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

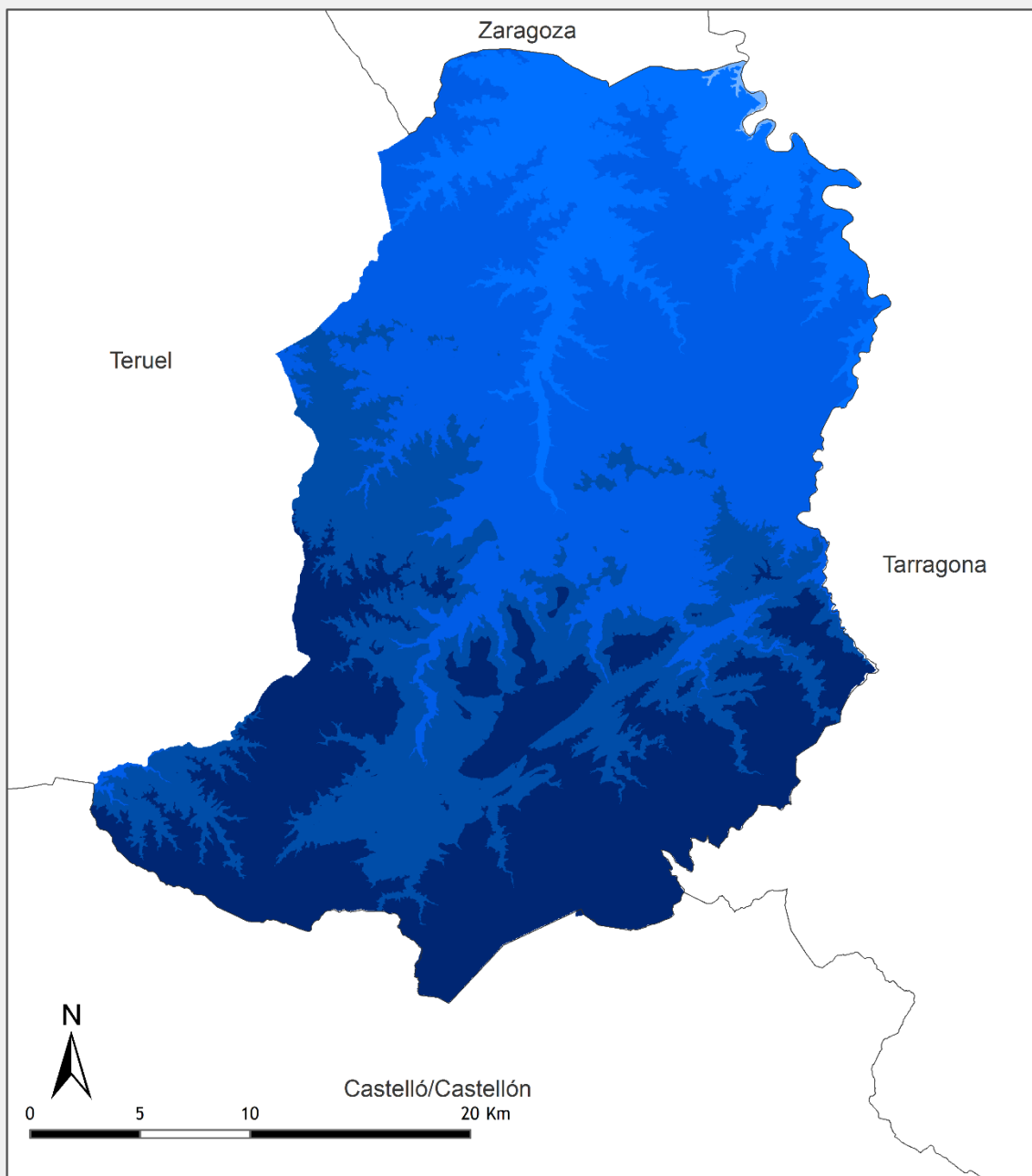




**MITIGACIÓN DEL RIESGO DE IGNICIÓN
Y PROPAGACIÓN POR ALTITUD DEL TERRENO
COMARCA DEL MATARRAÑA**



Universidad
Zaragoza



Mitigación

 Muy baja	 Media	 Muy alta
 Baja	 Alta	

OBSERVACIONES

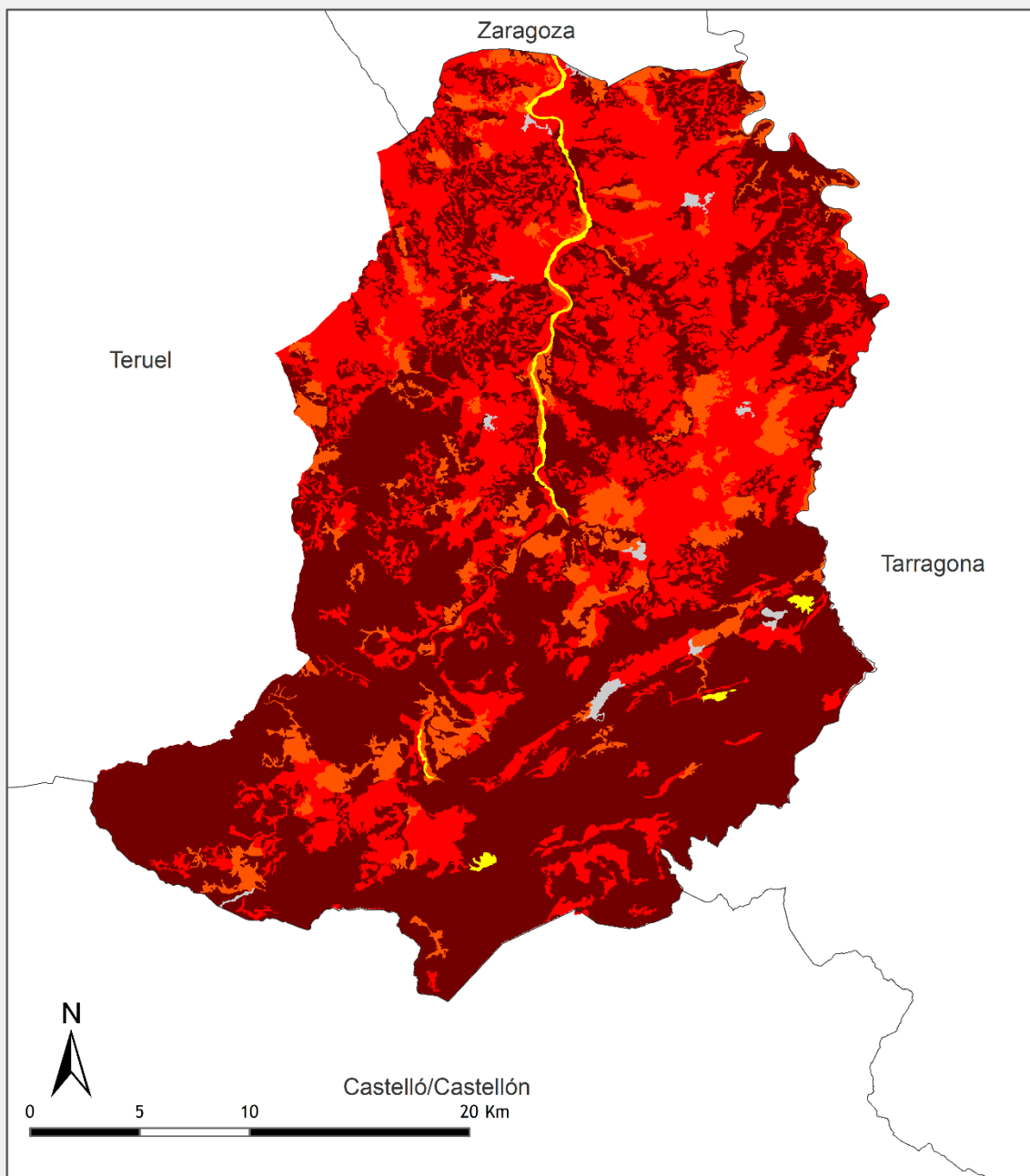
Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: PNOA MDT25 - CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4





RIESGO DE PROPAGACIÓN POR TIPO DE MODELO DE COMBUSTIBLE COMARCA DEL MATARRAÑA

Universidad
Zaragoza



Riesgo de propagación

	Nulo		Medio		Muy alto
	Muy bajo		Alto		

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: CORINE Land Cover - CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

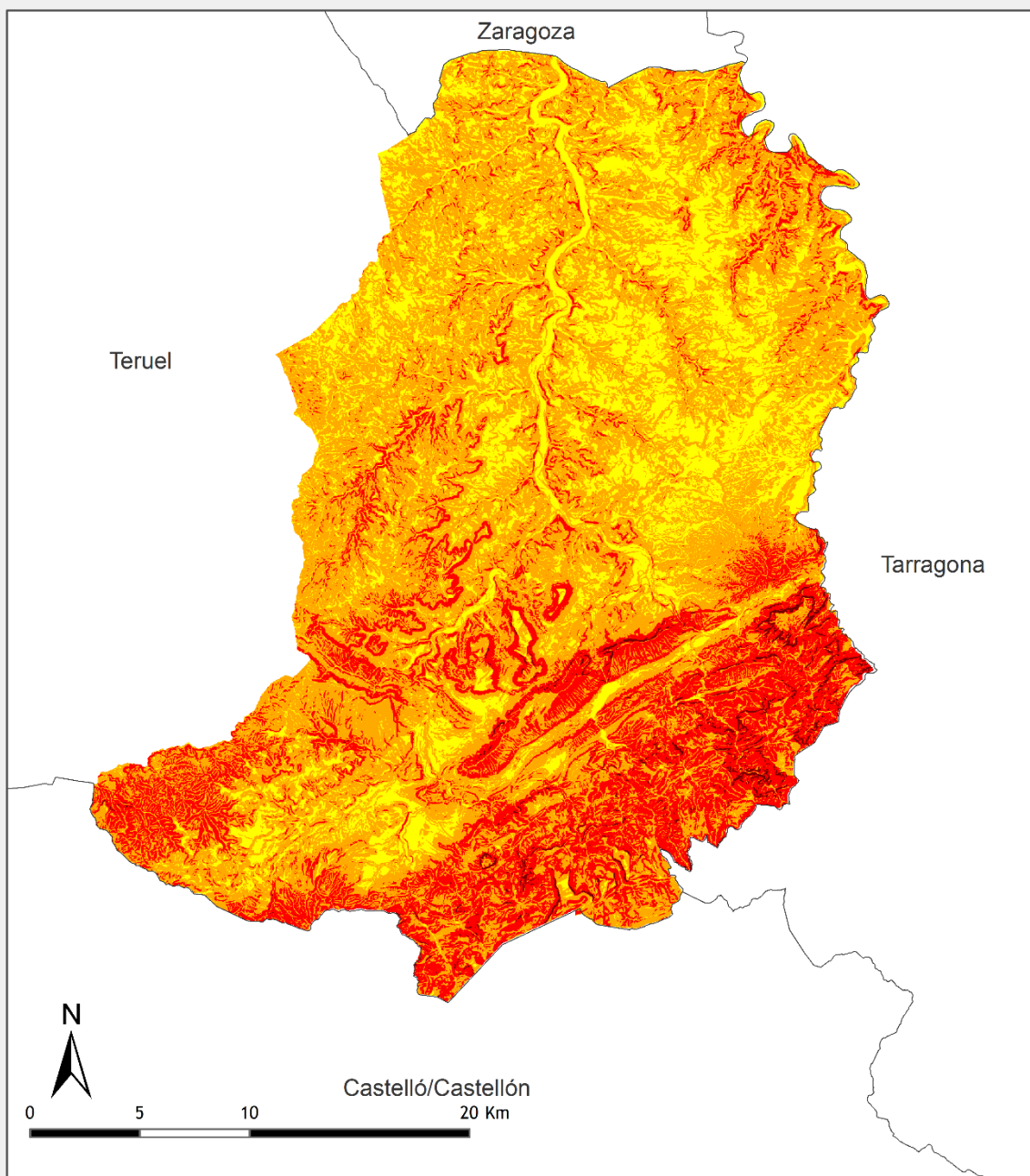




RIESGO DE PROPAGACIÓN POR PENDIENTE DEL TERRENO COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Riesgo de propagación

	Muy bajo		Medio
	Bajo		Alto

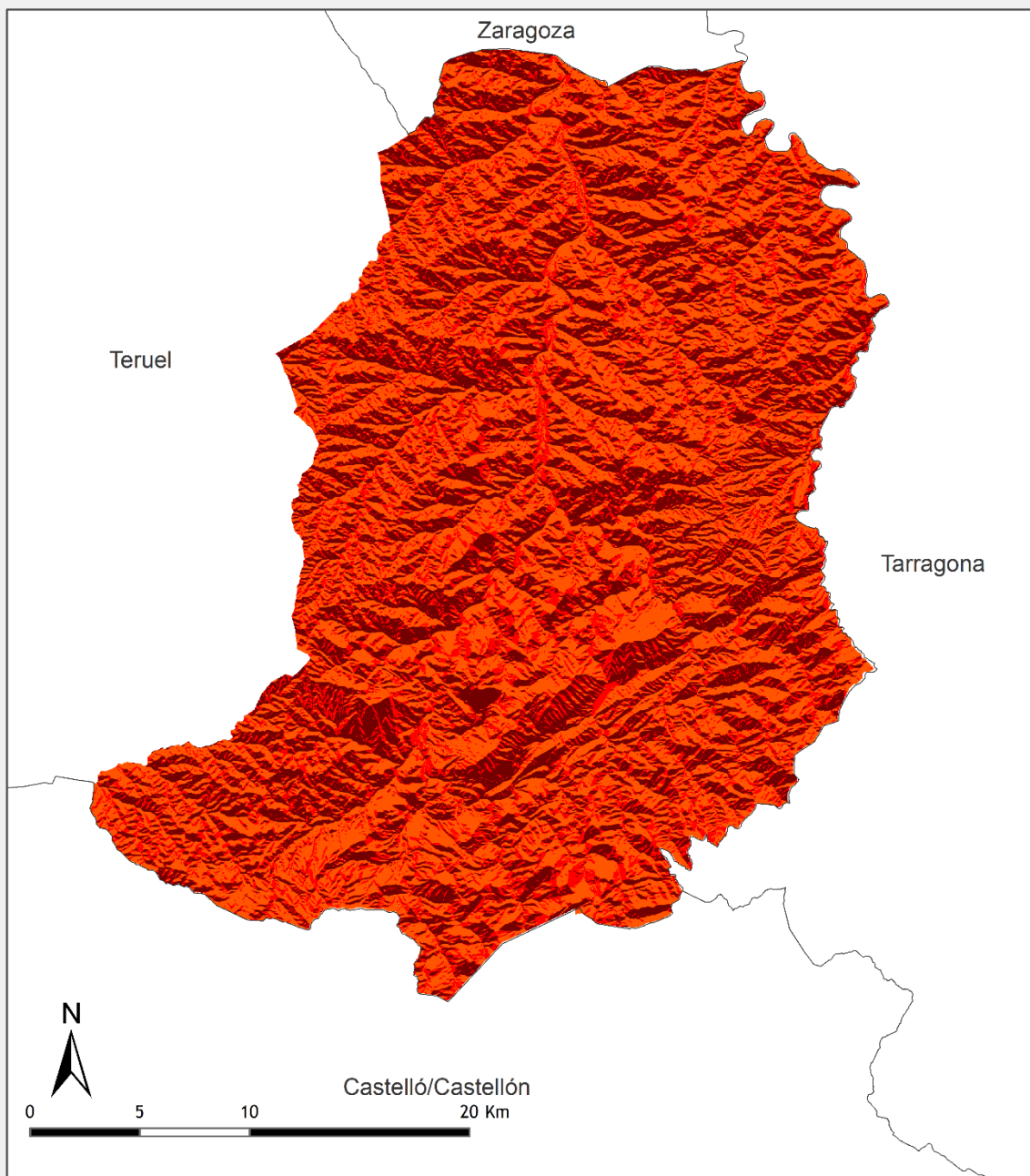
OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: PNOA MDT25 - CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

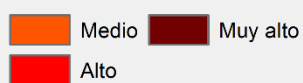




RIESGO DE PROPAGACIÓN POR ORIENTACIÓN DEL TERRENO COMARCA DEL MATARRAÑA



Riesgo de propagación



OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: PNOA MDT25 - CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

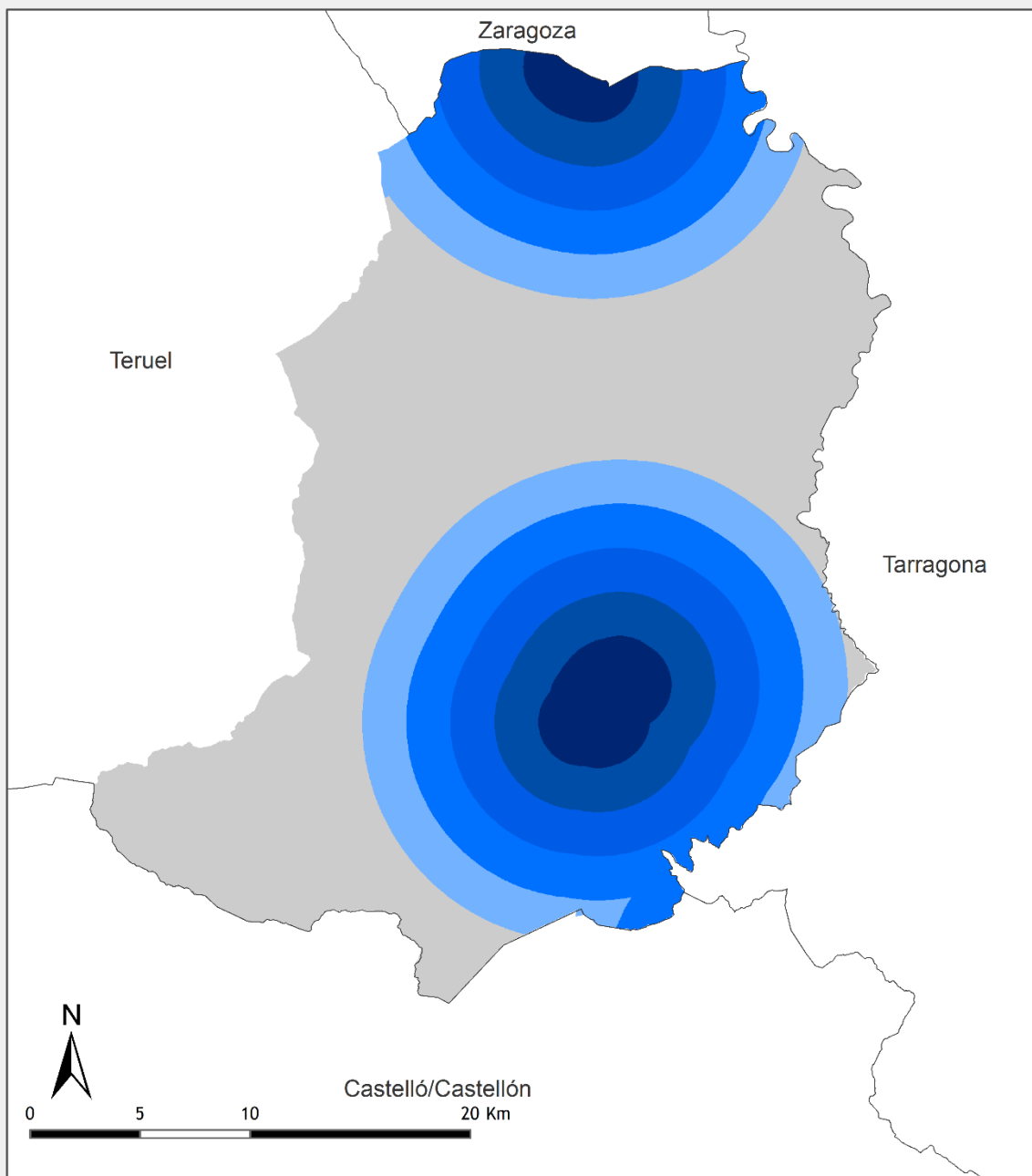




MITIGACIÓN DEL RIESGO DE PROPAGACIÓN POR EMBALSES COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Mitigación

	Nula		Baja		Alta
	Muy baja		Media		Muy alta

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

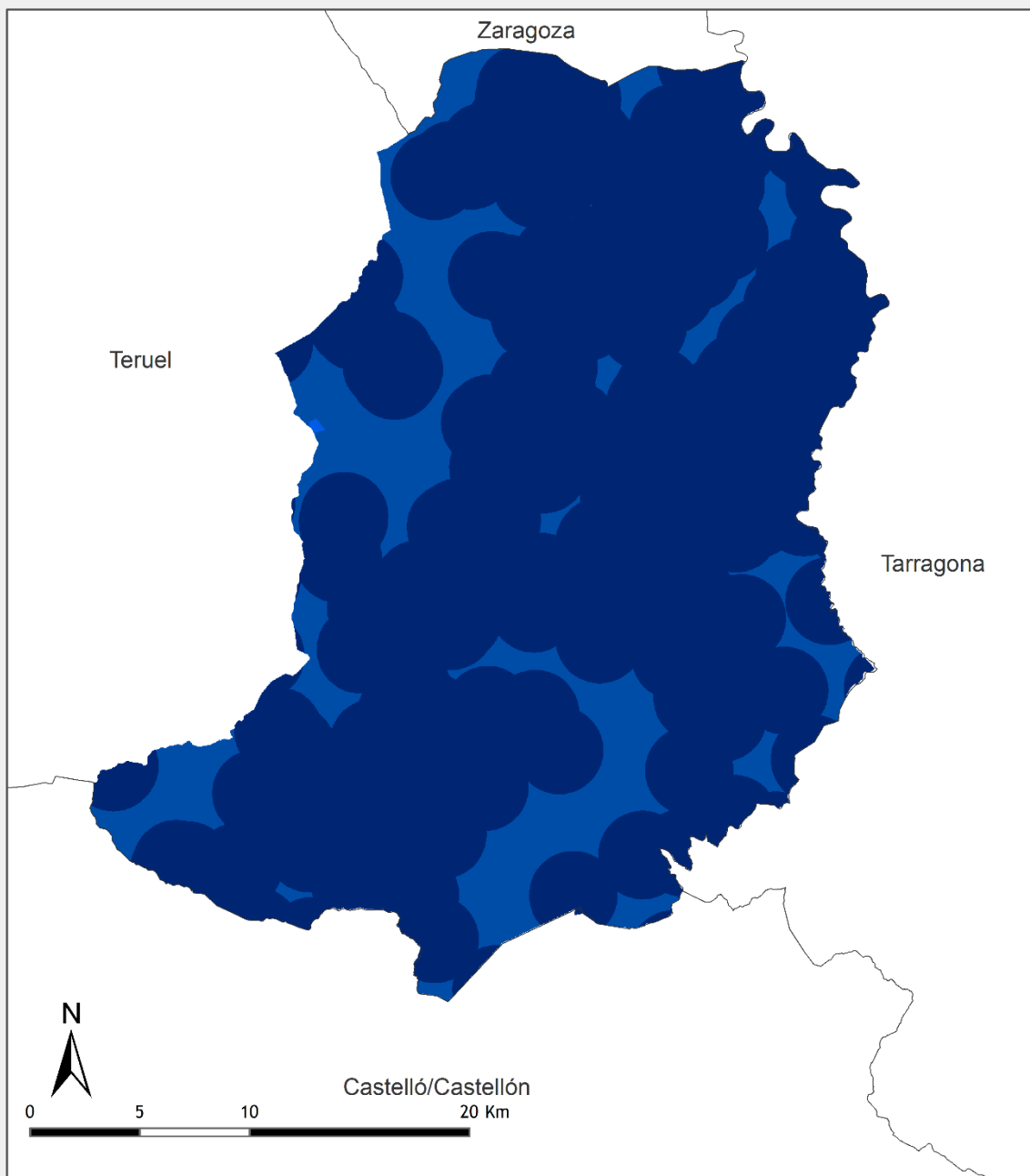




**MITIGACIÓN DEL RIESGO DE PROPAGACIÓN
POR ALMACENAMIENTOS DE AGUA
COMARCA DEL MATARRAÑA**



Universidad
Zaragoza



Mitigación



OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: BTN25 - CNIG
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

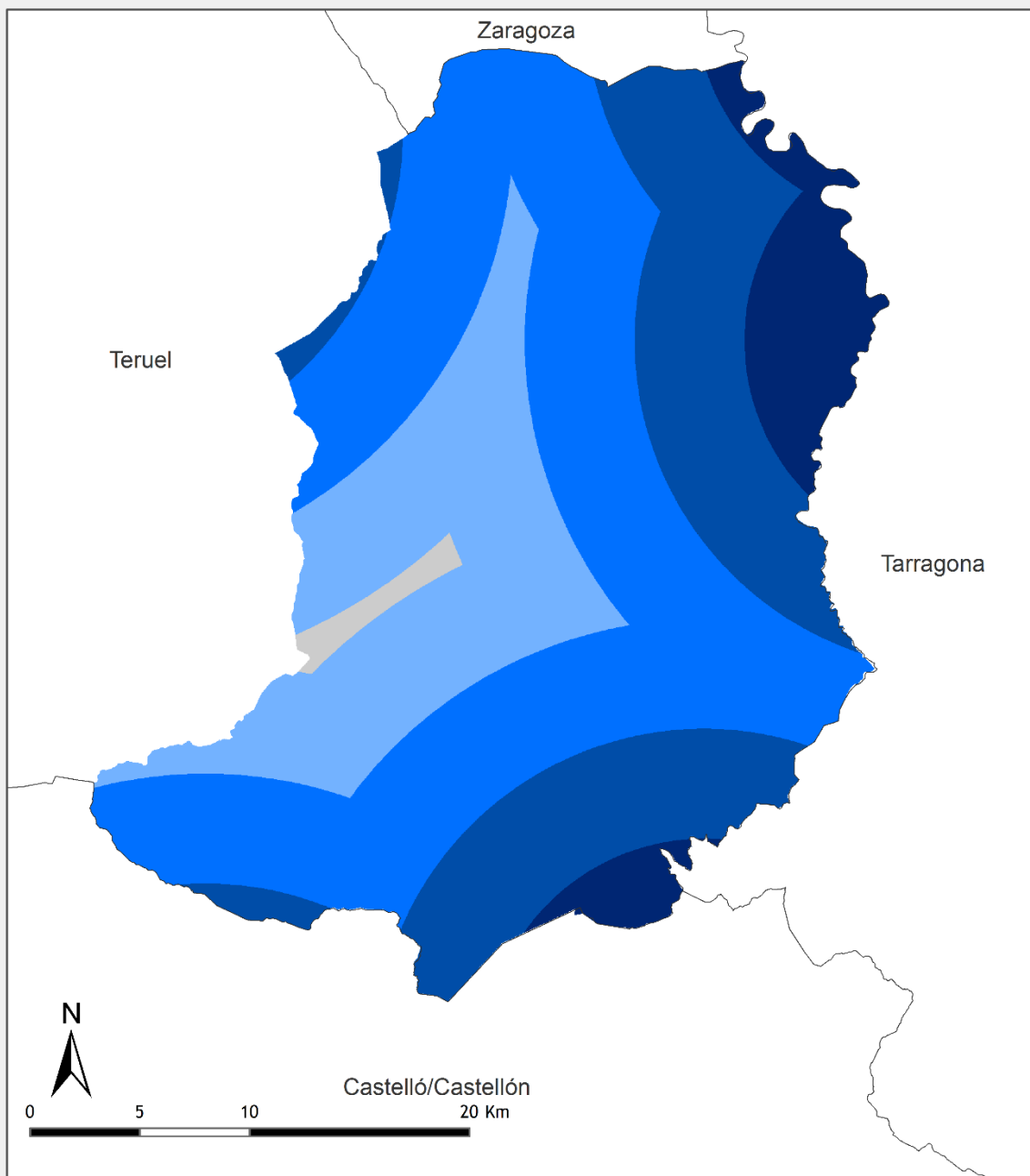




MITIGACIÓN DEL RIESGO DE PROPAGACIÓN POR PARQUES DE BOMBEROS COMARCA DEL MATARRAÑA



Universidad
Zaragoza



Mitigación

Nula	Baja	Alta
Muy baja	Media	

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información: GOOGLE EARTH/GOOGLE MAPS
Fecha del dato: 30/09/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

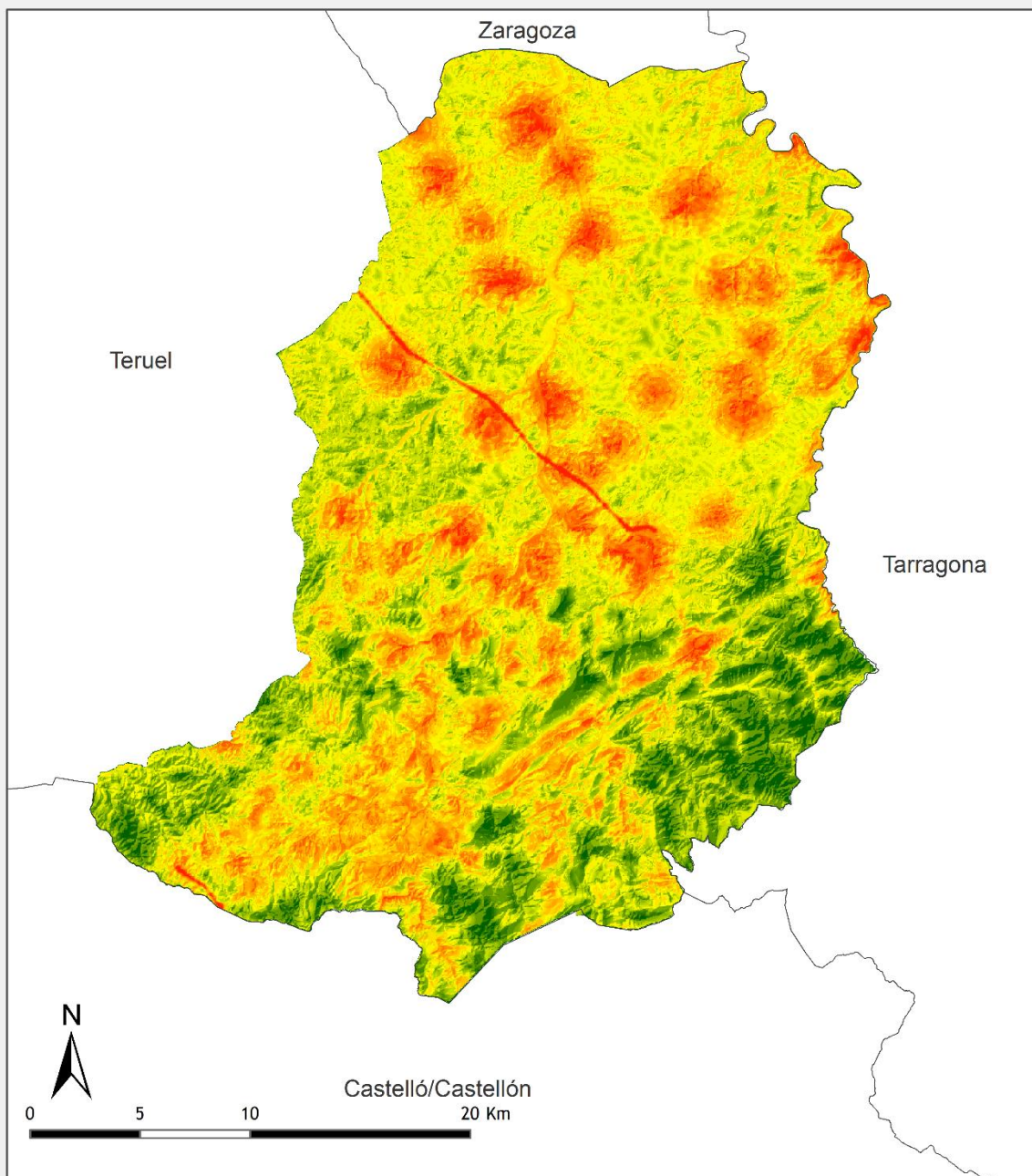




RIESGO DE IGNICIÓN DE INCENDIOS FORESTALES DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA EN EL PERIODO ESTIVAL



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición



Máximo: 35,1333

Mínimo: 1,6

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información:
CNIG/IDEAragon/EarthExplorer/Atlas Climático de Aragón
Fecha del dato: 04/10/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

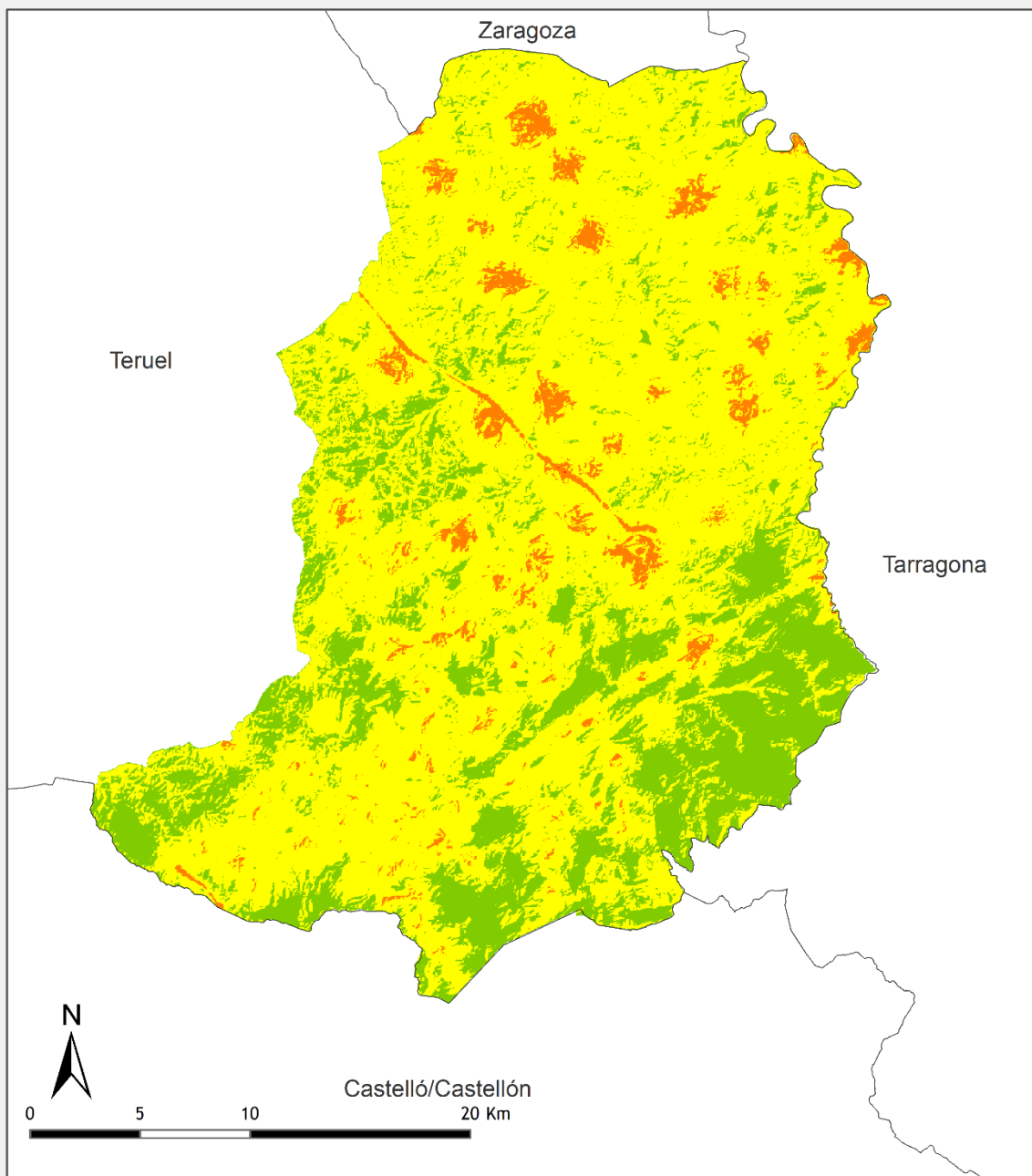




RIESGO DE IGNICIÓN DE INCENDIOS FORESTALES DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA EN EL PERIODO ESTIVAL



Universidad
Zaragoza



Riesgo de ignición

	Bajo		Alto
	Medio		Muy alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información:
CNIG/IDEAragon/EarthExplorer/Atlas Climático de Aragón
Fecha del dato: 01/11/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

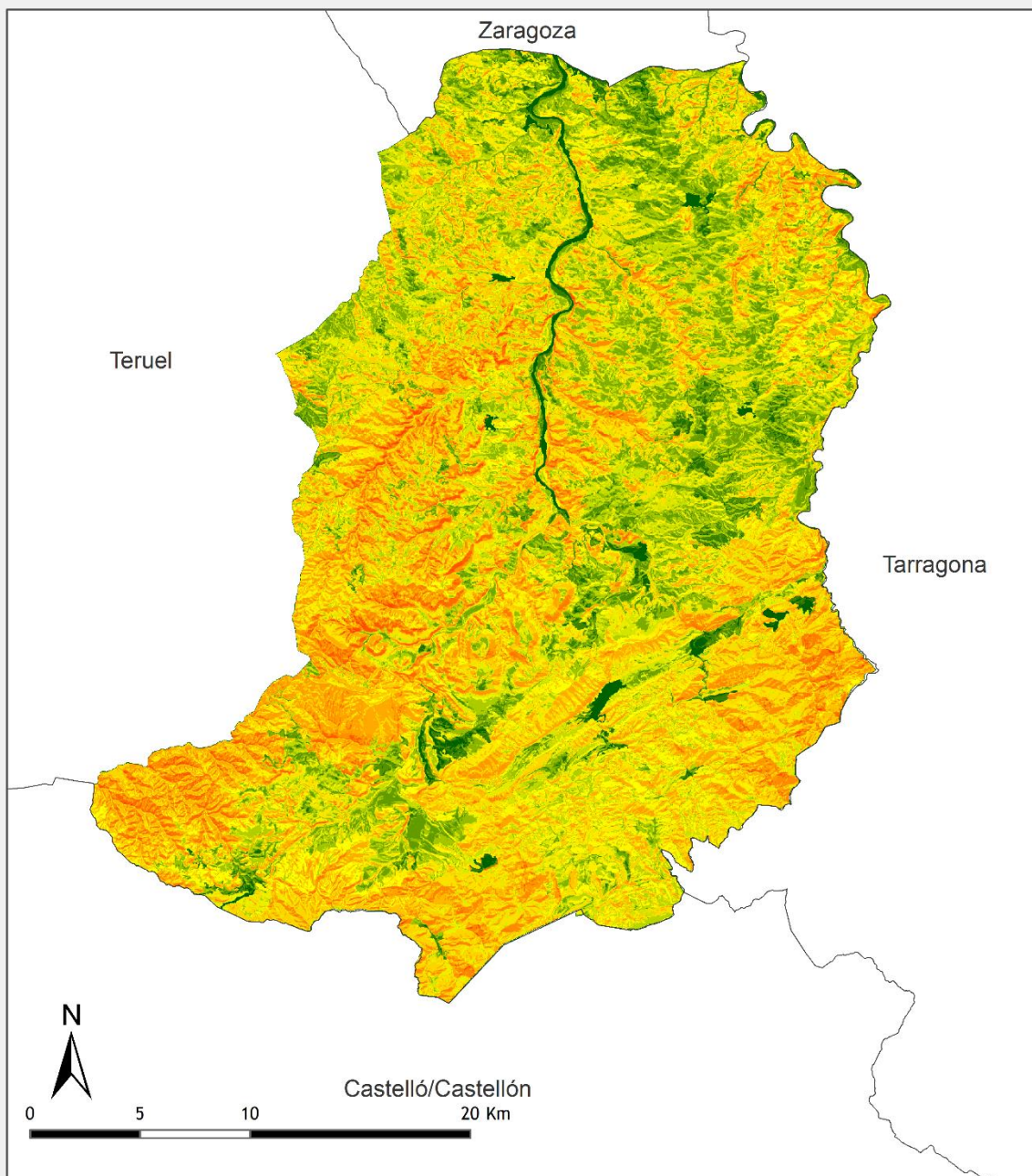




RIESGO DE PROPAGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA EN EL PERIODO ESTIVAL



Universidad
Zaragoza



Riesgo de propagación



Máximo: 54,2

Mínimo: -5

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N

Fuentes de la información:

CNIG/IDEAragon/EarthExplorer/Atlas Climático de Aragón

Fecha del dato: 01/11/2021

Fecha de creación: 05/11/2021

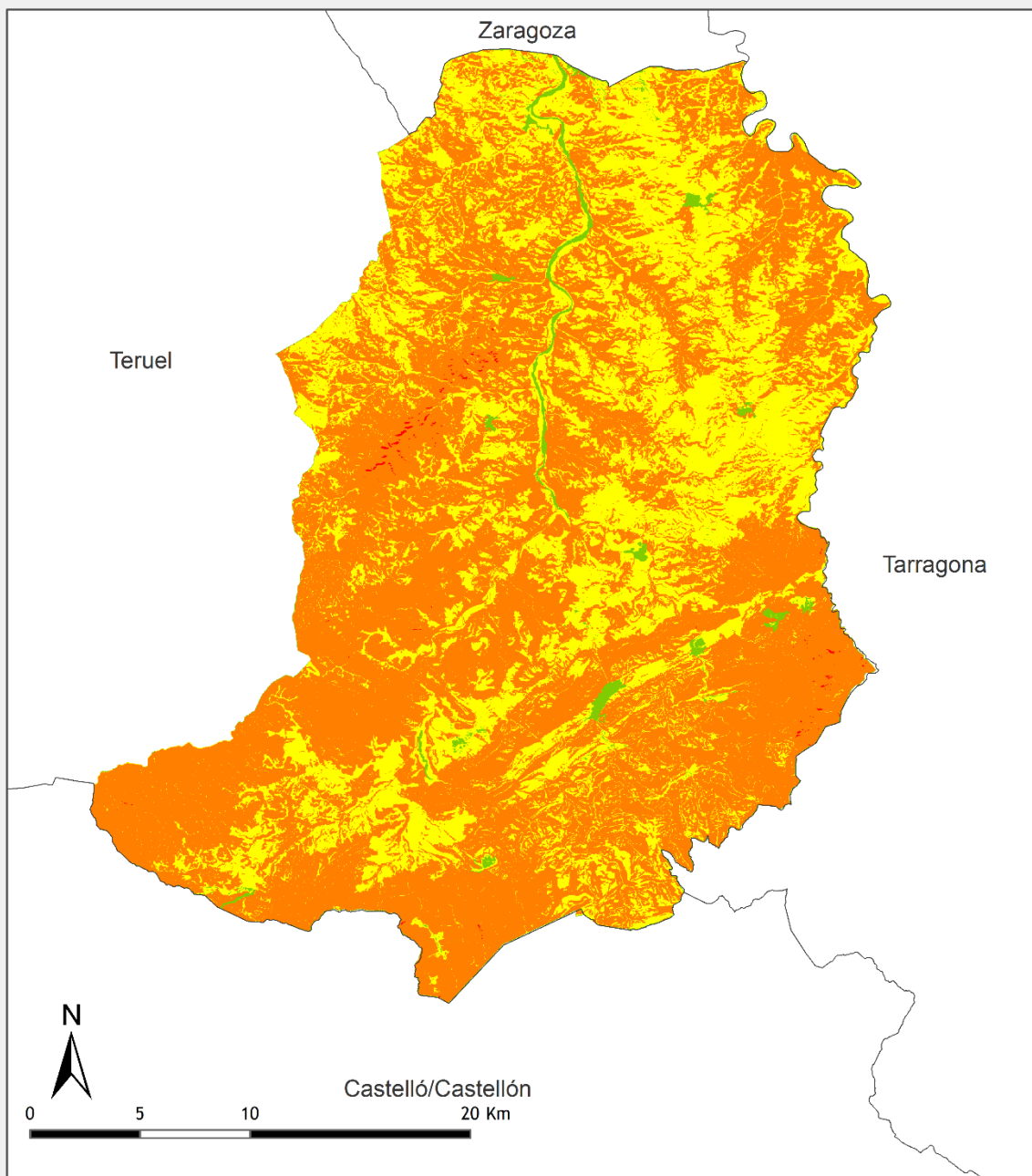
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca

Formato original de diseño e impresión: A4





RIESGO DE PROPAGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA EN EL PERIODO ESTIVAL



Riesgo de propagación

	Bajo		Alto
	Medio		Muy alto

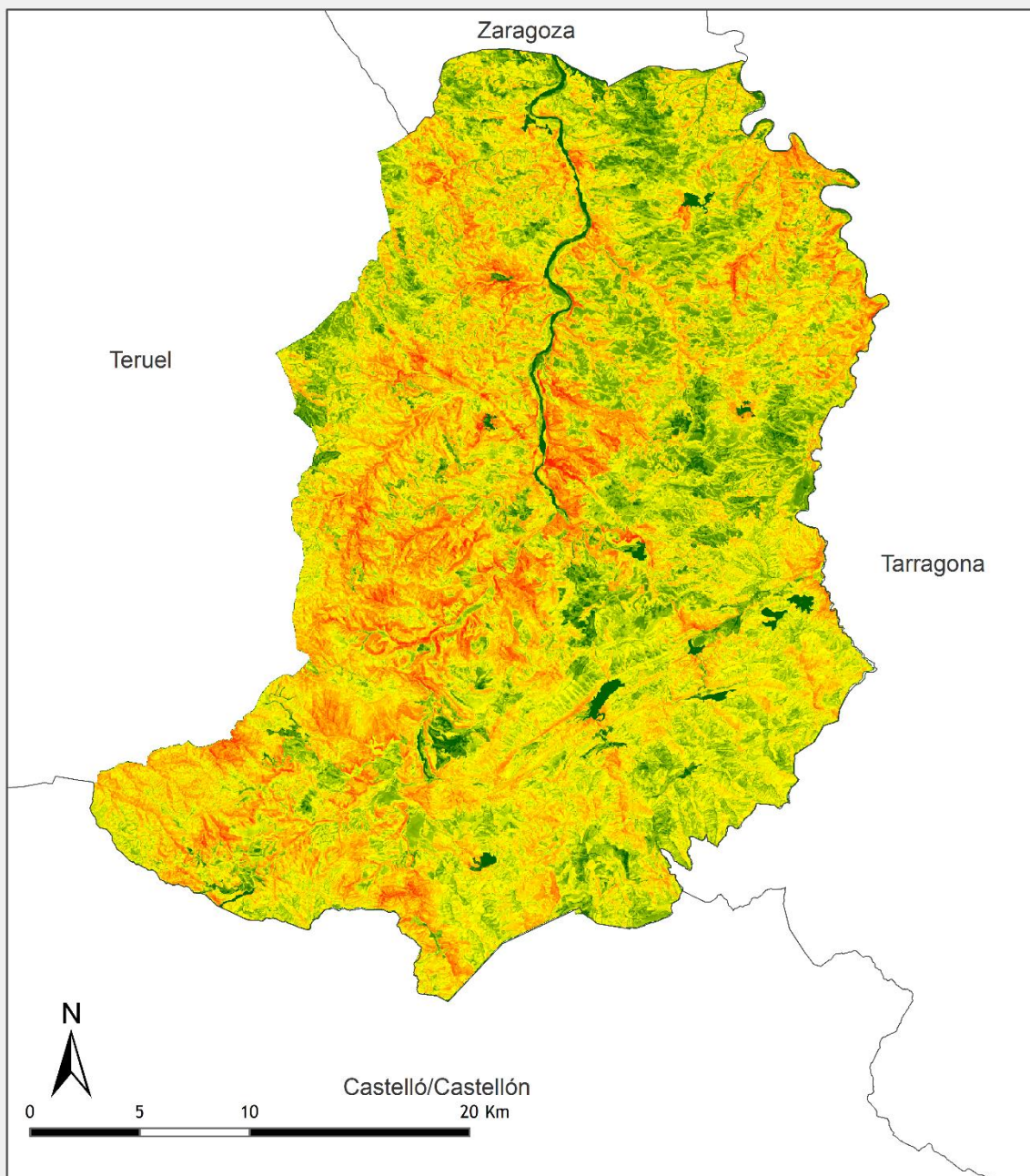
OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información:
CNIG/IDEAragon/Windfinder/Google Earth/Google Maps
Fecha del dato: 01/11/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4





PELIGRO DE INCENDIOS FORESTALES DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA EN EL PERIODO ESTIVAL



Peligro



Máximo: 80,4333

Mínimo: 5,45

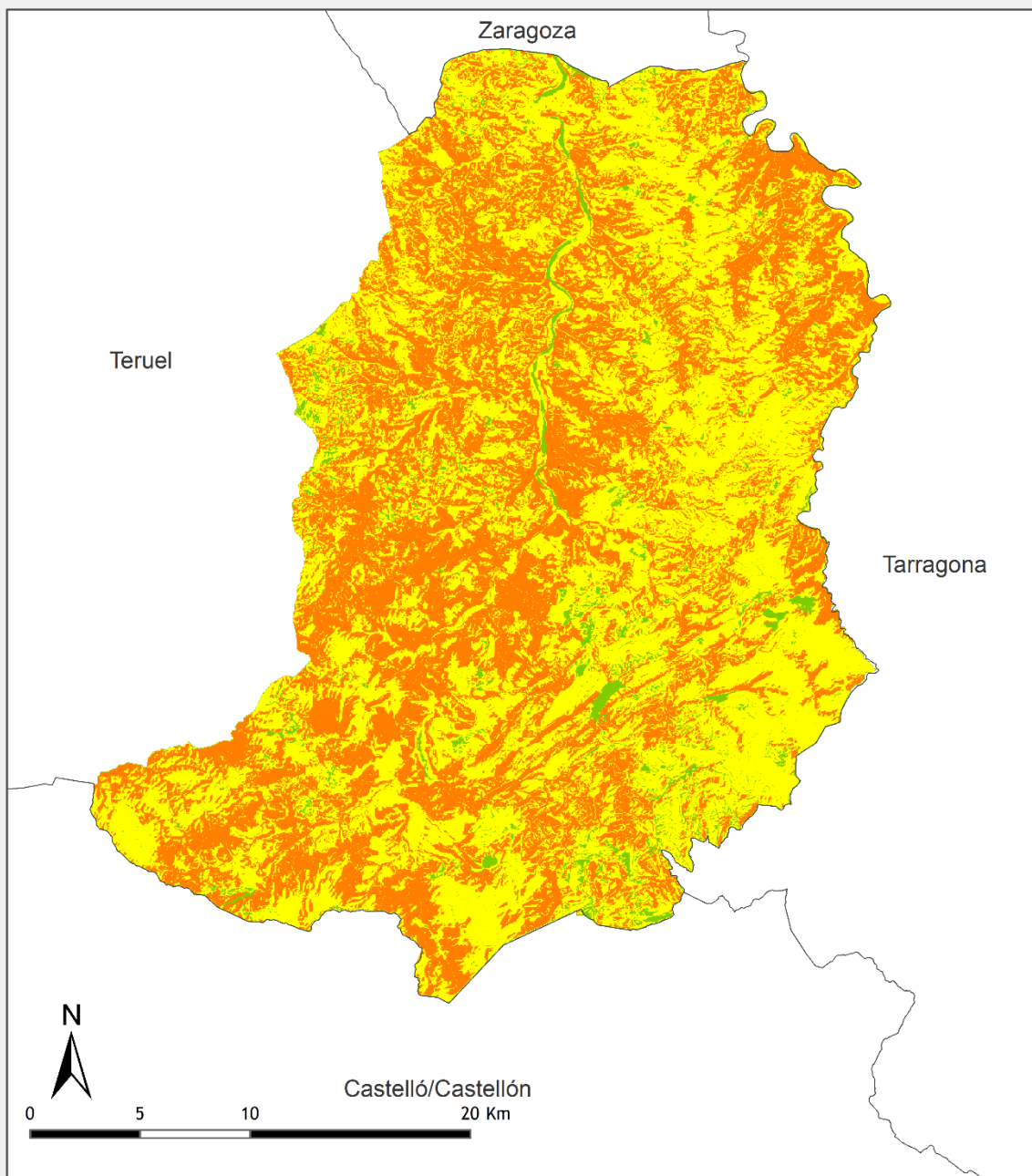
OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información:
CNIG/IDEAragon/Atlas Climático de Aragón/
Windfinder/Google Earth/Google Maps
Fecha del dato: 01/11/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4





PELIGRO DE INCENDIOS FORESTALES DE LA COMARCA DEL MATARRAÑA EN EL PERIODO ESTIVAL



Peligro

	Bajo		Alto
	Medio		Muy alto

OBSERVACIONES

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30N
Fuentes de la información:
CNIG/IDEAragon/Atlas Climático de Aragón/
Windfinder/Google Earth/Google Maps
Fecha del dato: 01/11/2021
Fecha de creación: 05/11/2021
Elaboración: Pedro Jiménez Machuca
Formato original de diseño e impresión: A4

