

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA GEODÉSICA  
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



# Riesgos y cartografiado del peligro de incendio en el Parque Natural de Tamadaba



**Autor:** Pablo Ignacio Baragaño Móner

**Tutor:** Ramón Pons Crespo

**Titulación:** Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía

## Compromiso

*"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"*

Pablo Ignacio Baragaño Móner

Septiembre 2020

## Agradecimientos

A pesar de que hay mucha gente que me ha acompañado en este camino, me gustaría agradecer únicamente a mis padres, por la oportunidad que me han brindado al ofrecerme poder estudiar una carrera universitaria, por haberme apoyado sin tregua y por haber escuchado todas esas explicaciones y dudas que me han atormentado durante esta fase de mi vida.

Muchas gracias.

## Índice de tablas

<i>Tabla 2-1 Compuestos y temperatura mínima de inflamación y autoinflamación.</i> .....	21
<i>Tabla 2-2 Relación entre comburente y volumen en el aire necesario para una combustión. ...</i>	22
<i>Tabla 2-3 Relación entre incendios, causantes identificados y vegetación arrasada. ....</i>	33
<i>Tabla 2-4 Relación entre motivación de un incendio, identificación de causantes y vegetación quemada .....</i>	36
<i>Tabla 2-5 Relación entre cantidad de siniestros y superficie quemada) .....</i>	43
<i>Tabla 2-6 Número de siniestros por decenio. ....</i>	44
<i>Tabla 2-7 Cantidad de superficie quemada por decenio. ....</i>	44
<i>Tabla 2-8 Distribución de riesgo de incendio por meses. ....</i>	47
<i>Tabla 2-9 Relación de número de incendios y superficie forestal quemada por año. ....</i>	48
<i>Tabla 2-10 Número de incendios y superficie forestal quemada por año en Gran Canaria.) ....</i>	48
<i>Tabla 2-11 Relación de número de incendios y época del año por año. ....</i>	48
<i>Tabla 2-12 Relación entre tipo de incendio y material usado para su extinción. ....</i>	54
<i>Tabla 3-1 Grandes incendios forestales en España en 2019, localización y extensión. ....</i>	59
<i>Tabla 3-2 Características espectrales de los sensores del Sentinel-2A. ....</i>	67
<i>Tabla 3-3 Relación base meteorológica y velocidad del viento máxima registrada el 17/08/2019. ....</i>	72
<i>Tabla 3-4 Parametrización de las variables temperatura y precipitación .....</i>	80
<i>Tabla 3-5 Parametrización del riesgo que presentan las carreteras. ....</i>	83
<i>Tabla 3-6 Parametrización del riesgo que presentan las vías urbanas .....</i>	83
<i>Tabla 3-7 Parametrización del riesgo que presentan las sendas y caminos. ....</i>	84
<i>Tabla 3-8 Parametrización del riesgo que presentan los núcleos de población. ....</i>	86
<i>Tabla 3-9 Parametrización del riesgo que presentan la orientación de las laderas. ....</i>	88
<i>Tabla 3-10 Parametrización del riesgo que presenta el viento .....</i>	90
<i>Tabla 3-11 Parametrización del riesgo que presentan la combustibilidad dependiendo el tipo de vegetación .....</i>	92
<i>Tabla 3-12 Parametrización del riesgo que presentan la hidrología. ....</i>	93
<i>Tabla 3-13 Parametrización del riesgo que presentan las vías de comunicación como medios de extinción. ....</i>	94
<i>Tabla 3-14 Parametrización del riesgo que presenta la proximidad a un parque de bomberos. ....</i>	95
<i>Tabla 3-15 Parametrización del riesgo que presenta el factor de la humedad .....</i>	97
<i>Tabla 5-1 Sueldo funcionarios por grupo. ....</i>	108
<i>Tabla 5-2 Jornada laboral anual de 2020. ....</i>	109
<i>Tabla 5-3 Cálculo desglosado del sueldo a percibir. ....</i>	109

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 2.1</b> Relación de datos entre Nº de incendios (%) por año y las causas de su origen.....	33
<b>Gráfico 2.2</b> Porcentaje de causalidad de incendios del decenio 2006-2015 .....	34
<b>Gráfico 2.3</b> Porcentaje de causas intencionadas que generaron incendios el decenio 2006-2015. .....	35
<b>Gráfico 2.4</b> Porcentaje de causas de incendios por zonas en España el decenio 2006-2015. .....	35
<b>Gráfico 2.5</b> Relación de Nº de siniestros y Grandes incendios Forestales (GIF) el decenio 2006- 2015 en España .....	45
<b>Gráfico 2.6</b> Porcentaje de causalidad de incendios del decenio 2006-2015 en Gran Canaria. ..	49
<b>Gráfico 2.7</b> Relación de datos entre Nº de incendios por año y las causas de su origen. ....	49
<b>Gráfico 2.8</b> Nº de incendios de causa desconocida por año y la línea evolutiva que presenta esta causa.....	50
<b>Gráfico 2.9</b> Mapa conceptual de las variables necesarias para el cálculo del peligro de ignición .....	73
<b>Gráfico 2.10</b> Mapa conceptual de las variables necesarias para el cálculo del peligro de propagación.....	74
<b>Gráfico 2.11</b> Mapa conceptual de las variables necesarias para el cálculo del riesgo de incendio .....	74
<b>Gráfico 2.12</b> Histograma del NDVI calculado.....	80

## Índice de imágenes

<b>Imagen 2.1.</b> Teoría del triángulo.....	12
<b>Imagen 2.2.</b> Teoría del tetraedro.....	12
<b>Imagen 2.3.</b> Señalización combustibles tipo A.....	13
<b>Imagen 2.4.</b> Señalización combustibles tipo B. ....	14
<b>Imagen 2.5.</b> Señalización combustibles tipo C. ....	14
<b>Imagen 2.6.</b> Señalización Peligro componente eléctrico.....	15
<b>Imagen 2.7.</b> Bosque de pino canario de Tamadaba.....	16
<b>Imagen 2.8.</b> Hojarasca en llamas. ....	16
<b>Imagen 2.9.</b> Señalización peligro agente oxidante. ....	17
<b>Imagen 2.10.</b> Chispa - Activador. ....	17
<b>Imagen 2.11.</b> Fuego Eléctrico.....	18
<b>Imagen 2.12.</b> Fuego generado por fricción.....	19
<b>Imagen 2.13.</b> Fuego generado por elementos químicos. ....	19

<b>Imagen 2.14.</b> Ignición de una cerilla. ....	20
<b>Imagen 2.15.</b> Ejemplo de radiación térmica. ....	23
<b>Imagen 2.16.</b> Ignición de una cerilla. ....	23
<b>Imagen 2.17.</b> Incendio de superficie.....	24
<b>Imagen 2.18.</b> Incendio de copas. ....	25
<b>Imagen 2.19.</b> Incendio de subsuelo. ....	25
<b>Imagen 2.20.</b> Incendio forestal. ....	26
<b>Imagen 2.21.</b> Viento de ladera.....	27
<b>Imagen 2.22.</b> Viento de valle. ....	28
<b>Imagen 2.23.</b> El viento y los incendios. ....	28
<b>Imagen 2.24.</b> Temperatura media del mes de agosto de 2019. ....	29
<b>Imagen 2.25.</b> Bosque húmedo. ....	30
<b>Imagen 2.26.</b> Iluminación en una ladera.....	31
<b>Imagen 2.27.</b> Montaña escarpada. ....	31
<b>Imagen 2.28.</b> Mapa de distribución de los siniestros intencionados.....	37
<b>Imagen 2.29.</b> Mapa de distribución de los siniestros por negligencia y accidentes. ....	38
<b>Imagen 2.30.</b> Mapa de distribución de los siniestros provocados por impacto de rayos. ....	39
<b>Imagen 2.31.</b> Mapa de distribución de los siniestros de causa desconocida. ....	40
<b>Imagen 2.32.</b> Incendio forestal vista aérea.....	42
<b>Imagen 2.33.</b> Recuperación de un bosque tras un incendio.....	42
<b>Imagen 2.34.</b> Mapa de distribución de los siniestros por tamaño. ....	46
<b>Imagen 2.35.</b> Distribución de equipos de prevención de incendios en España, Campaña de invierno. ....	51
<b>Imagen 2.36.</b> Distribución en España de medios de extinción. Campaña de verano. ....	52
<b>Imagen 2.37.</b> Folleto de prevención de incendios. ....	53
<b>Imagen 3.1.</b> Imagen de satélite de Gran Canaria, agosto de 2019.....	58
<b>Imagen 3.2.</b> Localización de la isla de Gran Canaria. ....	59
<b>Imagen 3.3.</b> Disposición geográfica del parque de Tamadaba. ....	60
<b>Imagen 3.4.</b> Pinzón azul canario. ....	61
<b>Imagen 3.5.</b> Picapinos grancanario. ....	61
<b>Imagen 3.6.</b> Busardo ratonero.....	61
<b>Imagen 3.7.</b> Temperatura media del mes de agosto de 2019. ....	62
<b>Imagen 3.8.</b> Temperatura media del mes de agosto de 2019. ....	62
<b>Imagen 3.9.</b> Bosque de pino canario del Parque Natural de Tamadaba. ....	62

<b>Imagen 3.10.</b> Drago del castillo del romeral, Gran Canaria. ....	63
<b>Imagen 3.11.</b> Disposición de las Hojas 1:25000 y 1:50000 de la isla de Gran Canaria. ....	64
<b>Imagen 3.12.</b> Disposición de las Hojas 1:25000 y 1:50000 de la zona de estudio. ....	64
<b>Imagen 3.13.</b> información del Sentinel 2-A. ....	65
<b>Imagen 3.14.</b> Tipo de órbita del satélite Sentinel 2-A. ....	66
<b>Imagen 3.15.</b> Ejemplo de tecnología “Push-broom” ....	66
<b>Imagen 3.16.</b> Imagen satelital de Gran Canaria y el parque de Tamadaba en círculo rojo. ....	68
<b>Imagen 3.17.</b> MDT a escala 1:25000 del norte de la isla de Gran Canaria. ....	69
<b>Imagen 3.18.</b> MDT a escala 1:25000 marcada la zona de estudio. ....	69
<b>Imagen 3.19.</b> Modelización 3D del MDT del Parque Natural de Tamadaba. ....	70
<b>Imagen 3.20.</b> Temperatura media del mes de Julio de 2019. ....	70
<b>Imagen 3.21.</b> Temperatura media del mes de agosto de 2019. ....	71
<b>Imagen 3.22.</b> Precipitación acumulada del mes de agosto de 2019. ....	71
<b>Imagen 3.23.</b> Disposición de las bases meteorológicas en la isla de Gran Canaria ....	72
<b>Imagen 3.24.</b> Fórmula del cálculo del Índice del Nivel de Vegetación Normalizada ....	73
<b>Imagen 3.25.</b> Contorno en rojo del parque natural de Tamadaba. ....	75
<b>Imagen 3.26.</b> Creación de la feature class de núcleos urbanos. ....	76
<b>Imagen 3.27.</b> Ejemplo de buffer. ....	77
<b>Imagen 3.28.</b> Fórmula para el cálculo del riesgo de ignición de incendio. ....	77
<b>Imagen 3.29.</b> Fórmula para el cálculo del riesgo de propagación de incendios. ....	78
<b>Imagen 3.30.</b> Fórmula del cálculo del Índice del Nivel de Vegetación Normalizada ....	78
<b>Imagen 3.31.</b> Visualización del recorte de la banda 8. ....	79
<b>Imagen 3.32.</b> Visualización del NDVI del Parque Natural de Tamadaba. ....	79
<b>Imagen 3.33.</b> Visualización del riesgo de incendio por iluminación solar del Parque Natural de Tamadaba. ....	81
<b>Imagen 3.34.</b> Visualización del riesgo de incendio por altitud del Parque Natural de Tamadaba. ....	82
<b>Imagen 3.35.</b> Visualización del riesgo de incendio por proximidad a carreteras del Parque Natural de Tamadaba. ....	83
<b>Imagen 3.36.</b> Visualización del riesgo de incendio por proximidad a vías urbanas del Parque Natural de Tamadaba. ....	84
<b>Imagen 3.37.</b> Visualización del riesgo de incendio por proximidad a caminos y sendas del Parque Natural de Tamadaba. ....	85
<b>Imagen 3.38.</b> Visualización del riesgo de incendio por proximidad a vías de comunicación del Parque Natural de Tamadaba. ....	85

<b>Imagen 3.39.</b> Visualización del riesgo de incendio por proximidad a núcleos urbanos del Parque Natural de Tamadaba. ....	86
<b>Imagen 3.40.</b> Disposición geográfica de las líneas eléctricas y el parque de Tamadaba (Verde). ....	87
<b>Imagen 3.41.</b> Visualización en un modelo 3D del riesgo de incendio por altitud del Parque Natural de Tamadaba.....	88
<b>Imagen 3.42.</b> Visualización de la orientación de las laderas del parque de Tamadaba. ....	89
<b>Imagen 3.43.</b> Visualización del riesgo de incendio por pendiente en grados del Parque Natural de Tamadaba.....	89
<b>Imagen 3.44.</b> Tabla relacional entre el tipo de combustible en un bosque y el grado de combustibilidad que presenta. ....	91
<b>Imagen 3.45.</b> Visualización la disposición de la ocupación del suelo .....	91
<b>Imagen 3.46.</b> Visualización del riesgo de incendio dependiendo de la ocupación del suelo. ..	92
<b>Imagen 3.47.</b> Visualización la disposición hidrográfica del Parque Natural de Tamadaba. ....	93
<b>Imagen 3.48.</b> Visualización del buffer obtenido parametrizando el riesgo de incendio en la hidrografía.....	94
<b>Imagen 3.48.</b> Visualización del resultado final de las vías como medios de extinción de incendios. ....	95
<b>Imagen 3.49.</b> Visualización de la zona de acción de los distintos parques de bomberos en función del riesgo de incendio. ....	96
<b>Imagen 3.50.</b> Visualización de la Humedad en el observatorio de Gáldar para el día 17/08/2019 .....	96
<b>Imagen 3.51.</b> Uso del Raster Calculator para la obtención del riesgo de ignición del Parque Natural de Tamadaba.....	98
<b>Imagen 3.52.</b> Uso del Raster Calculator para la obtención del riesgo de propagación de incendios en el Parque Natural de Tamadaba .....	100
<b>Imagen 3.53.</b> Uso del Raster Calculator para la obtención del riesgo de incendios en el Parque Natural de Tamadaba.....	102
<b>Imagen 3.54.</b> Formulación para el cálculo del índice de Calcinación Normalizado.....	104
<b>Imagen 3.55.</b> Uso del Raster Calculator para la obtención del NBR en el Parque Natural de Tamadaba.....	104
<b>Imagen 3.56.</b> Comparativa entre NBR(29/08/2019) y el NDVI(14/08/2019) .....	105
<b>Imagen 3.56.</b> Monitorización del incendio por parte del programa Copernicus.....	105
<b>Imagen 3.57.</b> Comparativa entre el Riesgo de incendio calculado y el NBR (29/08/2019) .....	106

## ÍNDICE

Compromiso .....	1
Agradecimientos .....	2
Índice de tablas .....	3
Índice de gráficos .....	4
Índice de imágenes.....	4
1. Introducción .....	10
2. Marco teórico .....	11
2.1 Incendios forestales .....	11
2.1.1 Teoría de incendios .....	11
2.1.2 Componentes que propician un incendio forestal.....	13
2.1.3. Componentes que inician y extienden un fuego.....	18
2.1.4 Tipos de incendios forestales.....	24
2.2 Principios influyentes en incendios forestales. Causas y efectos .....	25
2.2.1 Causas de los incendios forestales .....	26
2.2.2. Efectos de los incendios forestales .....	41
2.3 Incendios forestales en España. Época 2006-2015 .....	43
2.4 Incendios forestales en la comunidad autónoma de Canarias .....	46
2.5 Proyectos y unidades de defensa contra los incendios forestales en Canarias.....	50
2.5.1 Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF) .....	50
2.5.2 INFOCA y los Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF).....	51
2.5.3 Brigada de Refuerzo en Incendios Forestales y de labores preventivas.....	51
2.5.4 Campañas y medios sobre la información y sensibilización del peligro de incendio forestal.....	52
2.5.5 Métodos de extinción de incendios .....	53
2.5.6 Tecnología usada en la prevención y el control de incendios forestales.....	54
2.6 Marco legal.....	54
2.6.1 Normativa comunitaria .....	54
2.6.2 Normativa estatal.....	55
2.6.3 Normativa local .....	56
3. Marco práctico .....	57
3.1 Objetivos .....	57
3.1.1 Incendio real.....	57
3.1.2 Ubicación.....	59

3.1.3 Descripción del lugar .....	60
3.2 Datos .....	63
3.2.1 Hojas MTN .....	63
3.2.2 Imágenes Sentinel .....	64
3.2.3 Cartografía usada .....	67
3.2.4 MDT .....	68
3.2.5 Datos climatológicos .....	70
3.3 Metodología .....	73
3.4 Procedimiento .....	78
3.4.1 Peligro de ignición .....	78
3.4.2 Peligro de propagación .....	87
3.5 Resultados .....	98
3.5.1 Riesgo de ignición .....	98
3.5.2 Riesgo de propagación .....	100
3.5.3 Resultado final .....	102
3.6 Incendio real .....	104
3.7 Análisis de los resultados .....	105
3.7.1 Mejoras en la metodología .....	106
4. Conclusiones .....	107
5. Presupuesto .....	108
6. Bibliografía .....	110
7. Cartografía .....	112

## 1. Introducción

El fuego ha sido un gran aliado para el ser humano. Ha servido para la evolución y adaptación de la especie a lo largo de la historia. Podemos decir que el descubrimiento del fuego supuso un antes y un después en la historia de la humanidad ya que consiguió romper la barrera entre el día y la noche hace ya unos 1,6 millones de años, y posteriormente se ha utilizado en todo tipo actividades para el progreso de la humanidad.

Pero todo hallazgo tiene sus consecuencias y, aun siendo el fuego el gran aliado de la humanidad, es también un elemento destructor si no se usa con cuidado puede ocasionar los desastres naturales más devastadores de la naturaleza.

La siguiente memoria se dividirá en dos partes, una parte práctica y otra teórica. En esta última se intentarán explicar con claridad los factores que intervienen en la aparición de un fuego, características de las distintas llamas que se pueden formar y las variables que influyen en el fuego y permiten que su propagación sea mayor o menor. Además, se estudiarán las características de los incendios forestales, sus causas y efectos sobre la biodiversidad y el ambiente, y sus estadísticas en España, más concretamente en las islas Canarias (y con más detalle en Gran Canaria) para, de esta forma, conocer la casuística de los incendios y poder analizar esos resultados, elaborando para ello un cartografiado del riesgo de incendio que ayudaría a gestionar de forma más efectiva las actividades preventivas de los cuerpos de extinción de incendios que laboran en España.

En el caso práctico se estudiará el parque de Tamadaba, en Gran Canaria, su climatología, su relieve y su flora y fauna, y con estos datos se creará el cartografiado de riesgo de incendio de este parque natural previo al incendio de agosto de 2019 que asoló la zona, pudiendo así sacar unas conclusiones que mejorarán la prevención de incendios en la zona, para que este tipo de desastres naturales creados por el ser humano no se vuelva a repetir.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Incendios forestales

Lo que se entiende por incendio es lo que concebimos como un “Fuego no Controlado”; este puede originarse en multitud de lugares, desde un hogar en una gran ciudad hasta en el bosque más remoto de la tierra.

Cuando uno de estos “Fuegos no Controlados” afecta a la vegetación o a un terreno considerado forestal, entonces lo consideramos como “Incendio forestal”.

Los incendios forestales representan, no solo en España, uno de los problemas ambientales más importantes de las últimas décadas.

Según datos de la F.A.O (*Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*), la superficie forestal de la tierra equivaldría a 4.050 millones de hectáreas, y tan solo en el año 2015, debido a incendios, se perdieron 98 millones de hectáreas de bosque en todo el mundo.

Estos incendios se producen por diversas causas, desde la mano humana por la quema de rastrojos en campos agrícolas que se descontrolan, intencionados, donde existe un afán urbanístico mediante la reclasificación de suelo, o pirómanos, hasta causas naturales como impactos de rayos o erupciones volcánicas.

Con el paso de los años y a consecuencia de eventos medioambientales catastróficos como el cambio climático, el aumento de las temperaturas y la desertificación de ciertas áreas de la tierra, la cantidad de incendios forestales es cada vez mayor, y en los últimos años (recuérdese los de Australia, Amazonía y Siberia) estos incendios han sido de una extensión muy superior suponiendo cerca de 6.5 millones de hectáreas quemadas. Ante estas cifras se ve apremiante preservar y conservar nuestros Parques naturales de la Tierra y su biodiversidad ante el avance del fuego.

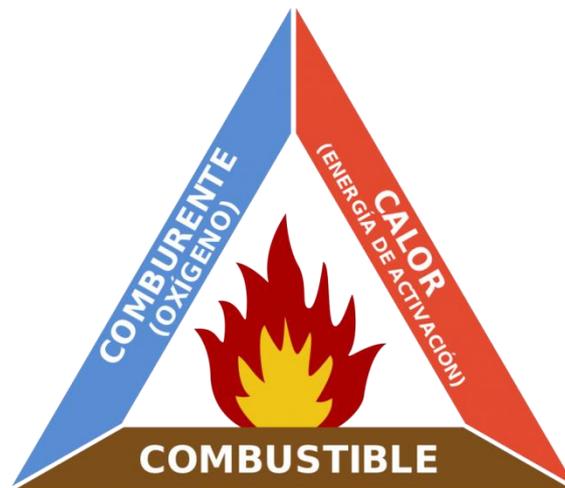
#### 2.1.1 Teoría de incendios

Una vez comprendemos lo que es un incendio forestal y la magnitud de destrucción que puede generar uno, debemos entender cómo se originan estos incendios y qué factores de riesgo facilitan en un bosque la aparición de un fuego y su propagación.

El fuego no es más que una reacción química entre un reactivo y su activador, entre un combustible adecuado y un comburente idóneo. Esta reacción en cadena produce energía en forma de luz y calor.

Según la teoría del fuego, existen dos hipótesis, una para la creación de este, la cual sería la *Teoría del Triángulo* y otra para la propagación y no extinción del mismo una vez esta iniciado, el cual sería la *Teoría del Tetraedro*.

La *Teoría del Triángulo* nos explica que para que un fuego se produzca deben coincidir 3 elementos, combustible, oxígeno que alimenta esa llama y calor:



**Imagen 2.1.** Teoría del triángulo.

Fuente: (Servicio de Formación del Cuerpo de bomberos –Ciudad de Madrid)

En cuanto a la *Teoría del Tetraedro*, a diferencia de la anterior, nos exige un elemento más aparte de combustible, oxígeno y calor, el cual sería una reacción en cadena. Esta reacción en cadena es la que permitiría al fuego mantenerse a lo largo del tiempo una vez ya está iniciado y así extenderse:



**Imagen 2.2.** Teoría del tetraedro.

Fuente: (Servicio de Formación del Cuerpo de bomberos –Ciudad de Madrid)

Para poder apagar el fuego sería necesario eliminar, según la teoría del tetraedro, una de las caras, para así evitar su propagación y extinguir así el fuego.

Puesto que el fuego se retroalimenta de los gases que emanan al consumir el combustible que lo provoca, formando así un círculo imparable hasta que uno de los factores falle, cuanto más gas consume el fuego más grande se hace y, por tanto, más combustible consume y más gases produce, y así consecutivamente.

### 2.1.2 Componentes que propician un incendio forestal

Una vez comprendemos la retroalimentación del fuego y por lo tanto la facilidad que tiene para propagarse, debemos aclarar que el fuego no se genera en cualquier superficie de la misma manera. La forma, el tamaño y el color del fuego dependerán del combustible que este consumiendo, del comburente o gas que lo alimente y del calor o la energía que lo haya activado.

#### **Combustible:**

El combustible se trata de cualquier elemento, en cualquier estado, tanto líquido, gaseoso como sólido, que pueda arder. Dependiendo del tipo de combustible, la llama, el humo y el calor que desprende se comportan de distinta manera diferenciando así los fuegos en niveles:

#### **Clase A:**

Son fuegos que consumen un combustible sólido (como árboles, periódicos, papel... etc.)



**Imagen 2.3.** Señalización combustibles tipo A.  
Fuente: (Extintores.Store)

Este tipo de fuegos arden produciendo una llama amarilla y al consumir combustible vegetal, producen humo blanco; si por el contrario arden sustancias químicas, tales como el azufre, el humo generado será de color amarillo.

**Clase B:**

Este tipo de fuego consume un combustible líquido, en concreto líquidos inflamables, como cualquier tipo de alcohol, gasolina, aceite, gas... etc.



*Imagen 2.4. Señalización combustibles tipo B.  
Fuente: (Extintores.Store)*

En este caso el humo será negro si el combustible es un derivado del petróleo. En cuanto a la llama que produciría, dependiendo del tipo de combustible si es un líquido inflamable o derivados del alcohol, estos combustibles producirán una llama roja o azul respectivamente.

**Clase C:**

El fuego de clase C es un fuego que consume un combustible gaseoso, tal y como gas propano, butano o natural. Genera una llama azul y, dependiendo de su composición si es química, natural o es derivado del petróleo, podrá generar un humo amarillo, blanco o negro.



*Imagen 2.5. Señalización combustibles tipo C.  
Fuente: (Extintores.Store)*

**Clase D:**

Esta clase agrupa todos los incendios que consumen cualquier tipo de metal, tales como el aluminio, acero, potasio... etc.



*Imagen 2.5. Señalización combustibles tipo D.  
Fuente: (Extintores.Store)*

### **Clase E:**

En este grupo entrarían todos aquellos fuegos que consumen cualquier material en cualquier estado físico, con la presencia de elementos eléctricos que participan en esa combustión. Es necesario realizar esta diferencia ya que, en los procedimientos de extinción de incendios, este tipo de fuego se ataca de otra manera y con otros materiales que al resto.



*Imagen 2.6. Señalización peligro componente eléctrico.  
Fuente: (Google imágenes)*

Una vez explicadas las distintas clases de fuegos originados por la alimentación de distintos combustibles, hay que comprender qué en un incendio forestal. Hay distintos tipos de vegetación, y cada una con su composición química y física distinta. Cada cual alimentará el fuego de una manera única, por lo que, en combustibles vegetales, habría que hacer una división aclaratoria, dependiendo si la plana que arde está viva o muerta:

### **Combustibles vegetales:**

*-Combustibles vegetales vivos:*

Hablaríamos de todos los componentes de un bosque forestal que están vivos como árboles, arbustos, trepadoras, matorrales... etc.

Este tipo de combustibles vegetales tardarán más tiempo en arder, pero en algunos casos de vegetación con gran cantidad de resina, pueden resultar volátiles y facilitar la propagación del fuego.



*Imagen 2.7. Bosque de pino canario de Tamadaba.  
Fuente: (barcelo.com)*

*-Combustibles vegetales muertos:*

Combustible vegetal muerto es todo aquel componente vegetal de un bosque que carece de vida, tal y como los tocones, hojarasca, árboles muertos etc...

Son el principal problema en los bosques a la hora de inicio de incendios ya que la vegetación seca, en temporadas de mucho calor, arde con mucha facilidad.



*Imagen 2.8. Hojarasca en llamas.  
Fuente: (elpais.com)*

A la hora de arder cada uno de los combustibles, ya sean vegetales u otro tipo de sólidos, siempre dependerá, además de las características explicadas anteriormente, de la densidad del combustible, de la humedad de este, del grado de combustibilidad que presente en su composición química y física, y de la cantidad y posición en la que este se encuentre.

### Comburente:

Como ya se ha explicado, lo que alimenta el fuego son los gases. Cuantos más gases consume, más calor genera, cuanto más calor genera, más combustible incinera y por lo tanto más gases produce, así retroalimentándose.

En el caso de un incendio el comburente del fuego es el oxígeno. El oxígeno es el elemento de combustión principal en un fuego. Para que el oxígeno origine un fuego debe encontrarse en unas cantidades óptimas en el ambiente que lo rodea, existiendo en el aire en un 21% de su totalidad, lo cual resulta idóneo para un incendio.



*Imagen 2.9. Señalización peligro agente oxidante.  
Fuente: (Google imágenes)*

### Activador:

El activador es cualquier tipo de energía que origine la reacción en cadena. Dependiendo del tipo de combustible y la cantidad de este, la energía tendrá que ser mayor o menor. Así como el fuego necesita mucho calor (energía de activación) para consumir un árbol, la energía de activación para encender los fuegos de los quemadores de la cocina, tan solo necesita de una chispa para prender el gas.



*Imagen 2.10. Chispa - Activador.  
Fuente: (Google imágenes)*

### 2.1.3. Componentes que inician y extienden un fuego

Para que arda un combustible líquido o sólido debe existir un activador externo y llevarlo como mínimo al punto de ignición de ese material, el cual, con la ayuda presente del oxígeno en el aire, emitirá los suficientes gases como para comenzar un fuego ya que, como se ha explicado, los combustibles que arden, siempre lo hacen al entrar en combustión en estado gaseoso. Sin embargo, no siempre es necesario un foco de ignición externo. A veces, por características del material o del ambiente, el mismo material puede producir una llama. Así dividimos los componentes que inician un fuego en dos tipos, *Externos* e *Internos*:

#### EXTERNOS:

Para que se produzca un fuego en un material mediante energía aportada externa a este, debe producirse un intercambio de energía entre el combustible y el activador externo o foco de ignición. Dependiendo de su composición física y química, existen 4 tipos distintos de focos:

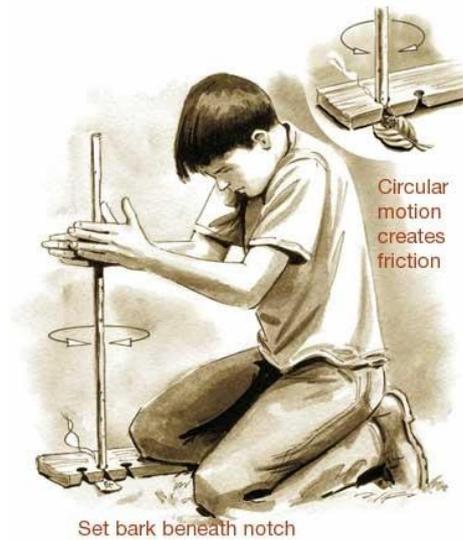
-*Eléctricos*: Son focos de ignición del resultado de componentes eléctricos (baterías eléctricas, cables en mal estado, etc...) o de reacciones eléctricas tales como cargas estáticas, calentamiento por inducción... etc.



**Imagen 2.11.** Fuego eléctrico.

Fuente: (Google imágenes)

-*Mecánicos*: Son el resultado de focos provocados por acciones mecánicas, tales como calor producido por la fricción, por la compresión de materiales, por el impacto de dos materiales... etc.



**Imagen 2.12.** Fuego generado por fricción.  
Fuente: (Blog "Group Scout")

-**Térmicos:** los focos de ignición térmicos reciben la energía de la térmica que se puede encontrar en la radiación solar, chispas producidas por la combustión de algún material, alguna superficie caliente expuesta... etc.

-**Químicos:** este tipo de focos de ignición son el resultado de focos producidos por reacciones químicas que generan una energía capaz de producir una combustión, así como el calor producido por la descomposición de algunos materiales o por la combustión de estos. En general son procesos termodinámicos de transformación de materia.



**Imagen 2.13.** Fuego generado por elementos químicos.  
Fuente: (Instituto Argentino de Seguridad)

## INTERNOS:

Aunque muchas veces sea necesaria la ayuda de activadores externos para la combustión de materia y así generar fuego, muchas veces la materia sufre variaciones en su estado que provocan reacciones exotérmicas en cadena liberando calor y produciendo, en contacto con el aire, fuego.

Los componentes que propician una ignición de un material son dos, dependiendo de la temperatura de este y según las condiciones de concentración en el aire que presente.

### -La temperatura del combustible:

En los materiales combustibles existen tres cotas clave para la ignición de estos:

#### 1.- El punto de ignición:

Es el punto térmico mínimo de un material combustible para que este comience a irradiar gases que, en contacto con el oxígeno del aire u otro comburente externo al combustible y con una fuente de ignición externa, provoquen una combustión del material en forma de llama, pero que se apague al quitar esa fuente externa.



*Imagen 2.14. Ignición de una cerilla.  
Fuente: (Wikipedia/Ignición)*

#### 2.- El punto de inflamación:

Es parecido al punto de ignición, pero el material combustible seguirá ardiendo una vez se haya privado a este de la fuente de ignición externa que lo haya provocado.

#### 3.- El punto de autoinflamación:

Se trata de la temperatura mínima en la cual el material combustible emite ciertos gases que, en contacto con el aire, oxígeno u otro comburente gaseoso sin necesidad de una fuente externa como en los casos anteriores, generan una reacción energética en cadena provocando que el material combustible libere sus electrones, compartiéndolos con el comburente más próximo y originando así un efecto térmico como un foco de ignición sobre el material el cual comenzaría a arder, es decir, el material no necesita de ayuda externa para la inflamación del mismo.

En la siguiente Tabla 2-1, podemos observar distintos puntos de inflexión térmicos que presentan diversos materiales, gaseosos, sólidos y líquidos, para con los puntos de inflamación y autoinflamación:

<i>Compuestos</i>	<i>Punto de inflamación</i>	<i>Compuestos</i>	<i>Punto de autoinflamación</i>
<i>Líquidos</i>		<i>Gases</i>	
Alcohol etílico	18,2° C	Acetileno	305° C
Tolueno	4,4° C	Amoníaco	630° C
Acetona	-18,0° C	Etileno	425° C
Benceno	-11,0° C	Propano	450° C
Aguarras comercial	33,0° C	Metano	530° C
Sulfuro de carbono	-33,0° C	Hidrógeno	595° C
Gasolina	-43,0° C	<i>Líquidos</i>	
Keroseno	37,0° C	Acetona	335° C
Gasóleo	65,0° C	Alcohol etílico	423° C
Gasolina	-39,0° C	Benceno	560° C
<i>Sólidos</i>		Tolueno	480° C
Madera de pino	225° C	Aguarras comercial	232° C
Papel prensado	230° C	Sulfuro de carbono	102° C
Polietileno	340° C	Gasolina	285° C
Poliamida	420° C	<i>Sólidos</i>	
		Madera de pino	280° C

**Tabla 2-1** Compuestos y temperatura mínima de inflamación y autoinflamación.  
Fuente: (Bomberos de Navarra - Nafarroako Suhiltzaileak)

#### -Concentración del combustible:

No todos los materiales son materiales combustibles, tan solo reaccionarán algunos ante una atmosfera oxidante. Esto se debe a las características que presentan los distintos materiales. Así mismo, los materiales combustibles reaccionarán de distinta manera provocando fuegos de distinta forma y magnitud como ya se ha visto anteriormente.

Dentro de las características de los materiales que sí reaccionan como combustibles, existen los llamados Límites de Inflamabilidad, el Inferior (L.I.I.) y el Superior (L.I.S.), los cuales se describen como los límites dentro de los cuales puede ocurrir una combustión en ese material en perfectas condiciones (sin humedad).

Como ya se ha explicado anteriormente, los comburentes (responsables de una combustión) son gases. Ambos límites de inflamabilidad, son los límites que presentan los gases que emanan los materiales que sí presentan características reactivas para producir una combustión con otro gas comburente (oxígeno normalmente).

En la siguiente Tabla 2-2, se puede observar el volumen de concentración mínimo y máximo de ciertos gases y líquidos en el aire que, en combinación con este, provocarían una combustión:

	<i>Substancia</i>	<i>L.L.I. % vol. aire</i>	<i>L.S.I. % vol. aire</i>
<i>Gases</i>	Propano	2,2	9,5
	Cloruro de Vinilo	3,6	33
	Metano	5,0	15,0
	Propileno	2,4	11
	Acetileno	2,5	81
	Monóxido de carbono	12,5	74
	Butano	1,9	8,5
	Etano	3	12,4
	Hidrógeno	4	75
	Gas Natural	4,5	15
<i>Líquidos</i>	Tolueno	1,2	7,1
	Alcohol etílico	4,3	19,0
	Acetona	2,5	12,3
	Benceno	1,4	7,1
	Aguarrás	1,1	6,0
	Amoníaco	16	25
	Gasolina	1,5	7,6
	Pentano	1,5	7,8
	Bisulfuro de carbono	1,3	50
	Decano	0,8	5,4

**Tabla 2-2** Relación entre comburente y volumen en el aire necesario para una combustión.  
Fuente: (Bomberos de Navarra Nafarroako Suhiltzaileak)

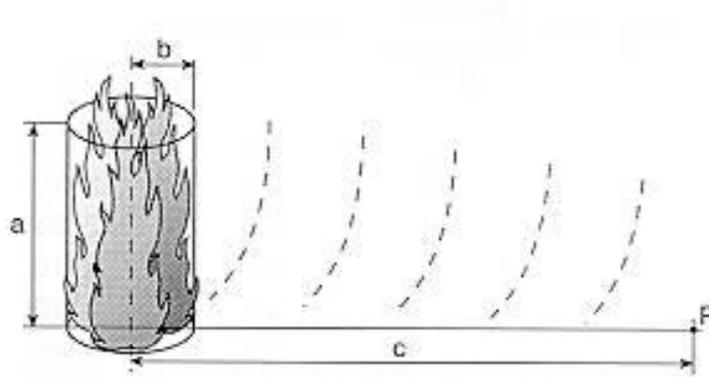
Una vez sabemos cómo se puede originar un fuego y de qué depende la ignición de los materiales que alimentarán ese fuego, hay que entender cómo se puede extender un fuego y de qué manera.

Una vez se inicia el fuego en el foco, aumentará el calor en esa zona debido a la combustión del combustible, ya sea sólido, líquido o gaseoso. El aumento de calor afectará a los materiales próximos, calentándolos hasta el punto incluso de arder, propagando así el fuego a distintas zonas.

Cuando hablamos de propagación de fuegos, físicamente debemos entenderlo como propagación de calor. Una vez reducimos el fuego a la unidad de calor, podemos entender cómo se propaga en el espacio ya que sabemos que existen tres formas físicas de transmisión de calor, la radiación, la convección y la conducción:

*-La radiación térmica:*

Debido al movimiento térmico de las partículas que componen los combustibles que arden en un fuego, se producen una radiación térmica desde ese material ardiendo que viaja por el aire en forma de onda electromagnética, la cual afectará a los materiales que estén en su proximidad sin necesidad de tocarlos, transfiriendo así el calor y el fuego a los combustibles cercanos.



**Imagen 2.15.** Ejemplo de radiación térmica.  
Fuente: (Wikipedia/Radiación Térmica)

-La convección térmica:

Es un método de propagación de calor en el cual el calor se transfiere desde el foco hasta una cota más elevada con temperatura inferior, participando así en el movimiento de masas del aire.

-La conducción térmica:

En ambos métodos anteriores se describe la propagación del calor (o el fuego) sin contacto alguno. En cambio, en la conducción térmica es necesario el contacto entre ambos cuerpos, el emisor de calor y un material de menor temperatura.



**Imagen 2.16.** Ignición de una cerilla.  
Fuente: (weblab.deusto.es)

### 2.1.4 Tipos de incendios forestales

Ya hemos visto que existen muchos tipos de fuegos, combustibles, activadores y maneras de propagar un fuego, según las características que presenta cada elemento. No es de extrañar que en cuanto a los incendios forestales también exista una variedad de tipos y, ya que en cada uno de los tipos el fuego y su propagación se comportan de manera distinta, debemos estudiarlos por separado.

Así pues, podemos identificar 3 tipos distintos de incendios forestales:

#### **1.- Incendios de superficie:**

Este tipo de incendios es el tipo que ocurre con más frecuencia dado los materiales que se queman. Se trata de incendios a nivel del suelo. Al estar en superficie se encuentra con todo tipo de vegetaciones cortas tales como matorrales, tocones, árboles caídos, hojarasca... etc. Este conjunto de combustibles arde con facilidad, permitiendo así una propagación del fuego con facilidad al subsuelo o a las copas de los árboles, generando así los otros dos tipos de incendio.



*Imagen 2.17. Incendio de superficie.*

*Fuente: (LavozdeGalicia.es)*

#### **2.- Incendios de copas:**

El incendio en las copas de los árboles es de muy rápida propagación debido a que a esas cotas las corrientes de aire son más fuertes y por lo tanto avivan más el fuego, permitiendo una rápida transmisión de este.

Los incendios en las copas de los árboles suelen ser los más difíciles de apagar dada su localización y lo imprevisibles que son debido al viento que los dirige con rapidez.

Normalmente son consecuencia de una propagación de los incendios de superficie a las copas de los árboles.



**Imagen 2.18.** Incendio de copas.

Fuente: (Google Imágenes)

### **3.- Incendios de subsuelo:**

Este último caso es el menos común. Se trata de incendios que consumen la materia biológica que se encuentra por debajo del suelo. Son difíciles de ubicar debido a su localización, además de que no suelen generar llamas y muy poco humo.

Se trata de fuegos muy peculiares, ya que no suelen darse, y de muy lenta propagación debido a la poca combustibilidad de los materiales del subsuelo.



**Imagen 2.19.** Incendio de subsuelo.

Fuente: (infoincendios.blogspot.com)

## **2.2 Principios influyentes en incendios forestales. Causas y efectos**

Como ya hemos visto, existen muchos factores que controlan el fuego, su forma y color. Además, no todos los materiales considerados combustibles arden con la misma fuerza o de la misma manera.



*Imagen 2.20. Incendio forestal.*

*Fuente: (Larazon.es)*

### **2.2.1 Causas de los incendios forestales**

Cuando se trata de incendios forestales, aparte de los factores que deben darse, explicados anteriormente, existen unas variables a tener en cuenta que explicarían el avance del incendio. Entre estos factores está el meteorológico, el cual domina la dirección del fuego con el viento y es el responsable de que las condiciones del ambiente sean las ideales para que se produzca un fuego. También es muy influyente la composición orográfica y el relieve sobre el que se produzca el incendio, además de que cada combustible, como ya hemos visto, tiene unas propiedades de combustibilidad que deben cumplirse, por lo que podemos explicar los principios influyentes en incendios forestales en 3 apartados distintos:

#### **2.2.1.1 Agente meteorológico**

En el agente meteorológico agruparemos todas las variables que dependen de la meteorología y que influyen de alguna manera en un incendio. Dicho esto, podemos identificar 3 factores clave en el control de un incendio forestal, la creación de este y la velocidad de propagación del mismo a la hora de consumir combustible vegetal:

*–El viento:*

El viento es el aire en movimiento. Este movimiento se crea debido a la conducción térmica entre gases (el aire), ya que existe una cota en el que el aire es más cálido y por efecto de la gravedad cae a cotas más bajas empujadas también por la diferencia de presiones entre la temperatura del aire entre cotas altas y bajas, haciendo que el aire más frío suba a cotas más altas, creando un flujo de corriente de aire al que denominamos como viento.

El viento es el factor climatológico más importante de los tres, ya que determina la velocidad y dirección de propagación en muchos de los casos.

Existen dos tipos de vientos, los vientos locales y los generales.

Los vientos generales son vientos de zonas más amplias que lo que hacen es incrementar o rebajar la potencia de los incendios locales.

Los vientos locales son de carácter más autóctono y vienen muy influenciados por la orografía y el clima de la zona en cuestión. Además, la época del año también influye mucho en el tipo de viento. Por ejemplo, si hablamos del mediterráneo, el verano se caracterizaría por tener vientos de gran velocidad y gran poder desecante, dado el calor de veranos prolongados y temperaturas muy altas durante el día y la noche (levante, tramontana, etc...) y, sin embargo, en invierno los vientos se vuelven más fríos y húmedos en las zonas costeras, bajando así el riesgo de incendio en las zonas costeras.

Como hemos visto los vientos locales vienen influenciados por los vientos generales. También hay que destacar que los vientos locales pueden modificar sus características a causa de un incendio, calentando el aire de la superficie y redirigiendo sus corrientes por medio de corrientes ascendentes de aire caliente (conducción térmica).

Aunque existen muchos tipos de relieves en la tierra, se pueden agrupar los vientos locales dependientes de la orografía en dos categorías, los vientos de valle y los vientos de ladera.

Los vientos de ladera vienen condicionados con la forma de la ladera, ya que durante el día se calienta más el aire de la base de la ladera, creando así una corriente ascendente a los lados de la ladera, produciendo aires turbulentos de unos 7km/h. Por la noche ocurre a la inversa, el aire de la cumbre se enfría más rápidamente que el de la base de la ladera, produciendo así por acción de la gravedad corrientes descendentes más suaves (3km/h).

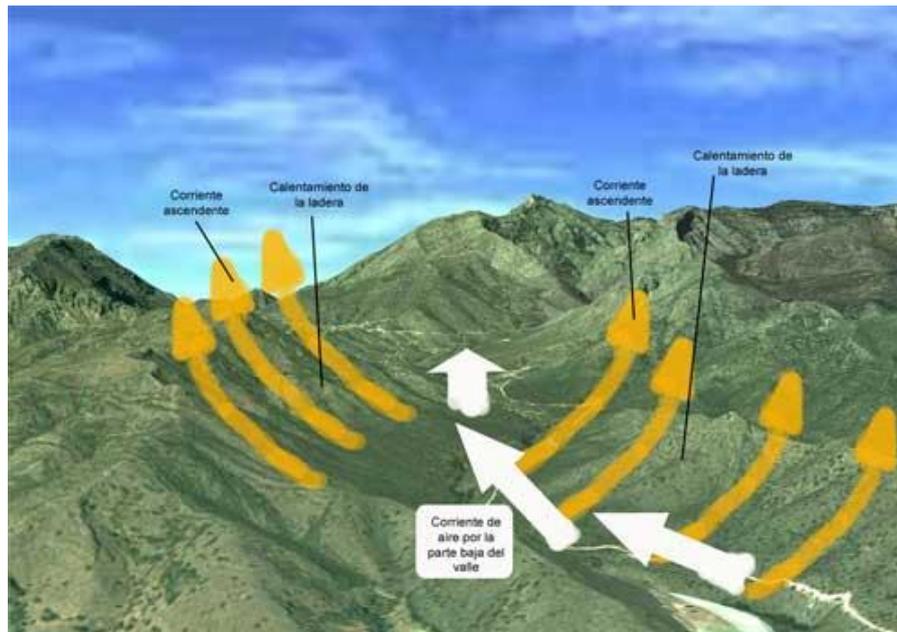


FIG. 1.12 VIENTOS DE LADERA. DÍA

**Imagen 2.21.** Viento de ladera.

Fuente: (gm-incendios.blogspot.com)

Los vientos de valle presentan el mismo comportamiento diurno y nocturno que los vientos de ladera, pero al tratarse de zonas más amplias que encauzan distintas corrientes, las velocidades son superiores a las de los vientos de laderas (diurnos de hasta 30km/h y nocturnos de hasta 25km/h), aunque son vientos más ordenados (sin tanta turbulencia).



**Imagen 2.22.** Viento de valle.

Fuente: (Google Imágenes)

El viento es el factor más importante en un incendio, ya que controla la dirección y el tamaño de las llamas de este en mayor medida, pero no solo afecta a sus llamas sino también a las ascuas incandescentes responsables de originar en zonas no incendiadas fuegos nuevos. El viento también es responsable de reavivar fuegos ya apagados, dada la gran aportación de oxígeno, y de reseca la vegetación, creando así las condiciones ideales para que el fuego se extienda.

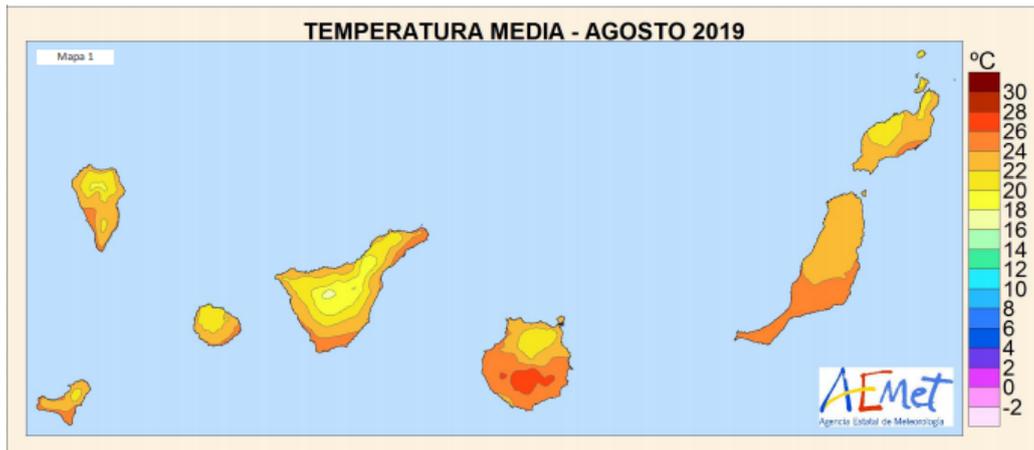


**Imagen 2.23.** El viento y los incendios.

Fuente: (mercortecresa.com)

–La temperatura.

La temperatura es un aspecto muy importante en la aparición y control de incendios, ya que un fuego necesita calor, por lo que es más común en épocas de verano cuando las temperaturas son más altas que haya más probabilidad de incendios forestales, por lo que podemos deducir que cuanto más calor haga, más probabilidades de incendio hay. Sabiendo esto, podemos decir que las cotas bajas son más probables de sufrir un incendio ya que, en ambientes secos y según se puede observar en la tabla, en vertical la temperatura disminuye  $1^{\circ}/100\text{m}$ , mientras que en ambientes más húmedos unos  $0,45^{\circ}/100\text{m}$ .



**Imagen 2.24.** Temperatura media del mes de agosto de 2019.

Fuente: (AEMET)

*–La humedad.*

Entendemos como humedad la condensación de vapor de agua en el aire. Este fenómeno viene relacionado con muchos aspectos, no solo del clima, sino también del relieve de la zona ya que, en zonas cercanas a ríos, lagos o zonas costeras, la humedad será mayor. Además, tiene que ver con la nubosidad y las precipitaciones que ocurren en la zona. Este es un factor muy importante a tener en cuenta cuando se observa el riesgo de incendio de una zona, ya que la materia vegetal tiende a absorber agua que le rodea, es decir es higroscópica, así hasta llegar a un equilibrio con la humedad del ambiente que la rodea. Sabiendo esto, y que el agua es incombustible y no inflamable y que baja la temperatura del combustible en cuestión por debajo de la temperatura mínima de ignición, podemos deducir que cuanto mayor sea la humedad en el ambiente o en la materia que va a ser considerada combustible, menor será la probabilidad de fuego y, por lo tanto, menor el riesgo de incendio.



**Imagen 2.25.** Bosque Húmedo.

Fuente: (somoscanarias.com)

### 2.2.1.2 Componente topográfico

Existen diversas variantes a tener en cuenta cuando se vigila el avance de un incendio y se calculan los riesgos y zonas que puede afectar este. Como ya se ha visto, una de las causas de un foco de incendio puede deberse a la larga exposición solar de la zona en cuestión ya que, en altas temperaturas y ambientes secos, la luz solar puede llegar a recalentar la materia vegetal hasta el punto de ignición. Además, dependiendo de la forma del relieve y de la pendiente del terreno, el fuego avanzará con más o menos rapidez, por lo que son factores que presentan suficientes variaciones a un incendio como para estudiarlas por separado:

#### –La pendiente del terreno:

Las pendientes suponen un aliciente a la propagación de un incendio debido a que la vegetación crece de manera más vertical por lo que es más fácil que un foco afecte a la vegetación de cotas más altas. También a los ya comentados vientos de laderas, los cuales empujarían el fuego ladera arriba, sumadas con las corrientes de convección creadas por el fuego, multiplicando así las probabilidades y la velocidad de propagación de un fuego; ladera abajo también puede avanzar el fuego, pero es una propagación más lenta debido a la física que conlleva la convección térmica del fuego. En este caso solo entra en juego el tipo de vegetación que arde y la gravedad.

#### –La exposición solar:

Dependiendo de la orientación de la zona en riesgo de incendio (si está orientada al sur, al norte, si es una zona umbría... etc.), la prolongada exposición al sol aumenta el riesgo de incendio, debido a las altas temperaturas que se pueden alcanzar muchos meses del año.

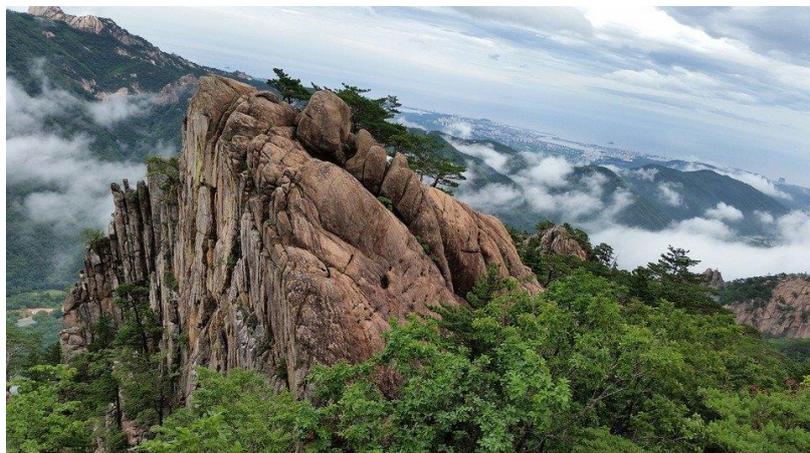


**Imagen 2.26.** Iluminación en una ladera.  
Fuente: ([cabildo.grancanaria.com/tamadaba](http://cabildo.grancanaria.com/tamadaba))

Normalmente en las zonas de más exposición solar la vegetación estará más seca, así que el fuego avanzará con más rapidez por esas zonas que por las zonas de umbría, dada la mayor humedad de estas.

–*La geomorfología:*

La forma del relieve es clave para propagación de un incendio. Ya hemos visto que, cuanto más pendiente, más rápido se propaga un incendio. La forma de un valle, por ejemplo, puede modificar la trayectoria del viento y crear perfectas chimeneas naturales o cortafuegos naturales debido a saltos de cota o acantilados.



**Imagen 2.27.** Montaña escarpada.  
Fuente: (Google imágenes)

### 2.2.1.3 Combustible inflamable

Como combustible inflamable en un parque forestal entendemos toda la materia vegetal susceptible de arder. Estos combustibles ya los dividimos anteriormente en combustibles vivos y muertos, estos últimos con una mayor combustibilidad que otros, pero ¿qué tipos distintos de combustibilidad hay? Pues dependiendo de lo que consuma un incendio en un bosque, este arderá más rápido o más deprisa, por lo que podemos entender la combustibilidad como la velocidad de un fuego en consumir el combustible, en este caso vegetal.

Podemos diferenciar los combustibles vegetales en ligeros y pesados, siendo estos últimos consumidos por el fuego muy lentamente, consumiendo así materiales pequeños muy rápidamente, como hojas, matorrales y hierba, y consumiendo los grandes muy lentamente.

En cuanto a la cantidad y densidad, cuanto más combustible almacenado halla, el fuego será de más intensidad, por lo que una de las actividades básicas de las *Brigadas de Prevención de Incendios Forestales* será la retirada de residuos, hojarasca, despojos y parte de la materia vegetal muerta que se almacenan en el bosque. En cuanto a la densidad, cuanto mayor densidad halla en un bosque, mayor peligro de propagación ya que la vegetación estará muy pegada, por lo que bosques frondosos tienen mayor peligro de propagación rápida de un incendio.

Un incendio forestal como tal, aunque existan las autoinflamaciones como ya hemos visto, en la naturaleza no se dan estos casos dentro de bosques ya que la temperatura que debería alcanzar la madera debería ser muy alta. Por esa razón los incendios forestales tienen diversas causas externas al mismo bosque.

Una vez se ha propagado un fuego por un bosque, a pesar de la gran pérdida que eso supone para la biodiversidad, la flora y la fauna de la zona, tiene otro tipo de consecuencias.

En los siguientes párrafos hablaremos sobre las distintas causas que originan los incendios forestales en España, concretamente en el decenio de 2006 a 2015, y los efectos que este tipo de incendios tiene sobre el ecosistema.

Los inicios de incendios forestales pueden deberse a una gran variedad de situaciones y eventos complejos, tanto naturales como creados por la mano del hombre, pero en España se divide las causas de incendios forestales en 5 grupos distintos. Los incendios pueden deberse al impacto de rayos, negligencias y accidentes, causas intencionadas, incendios reavivados y, por último, a causas desconocidas.

Dentro de las causas negligentes y de accidentes podemos encontrar diversas categorías, desde cigarros y hogueras mal apagadas hasta quemas agrícolas entre otras. Es decir, se contemplan todas las causas originadas por motivos no intencionados. Así mismo, en las causas intencionadas agrupamos venganzas, protestas, motivos económicos e incluso métodos ilegales de caza y pesca que llegan a convertirse en incendios.

En la siguiente tabla (Tabla 2-3), observaremos la relación de causas, nº de causantes identificados y superficies quemadas en España en el decenio 2006-2015 para poder sacar conclusiones de la magnitud de cada una de las causas.

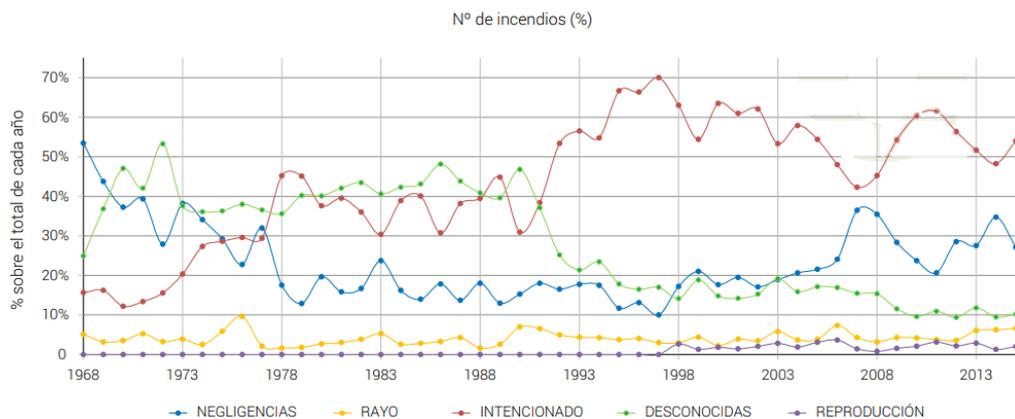
CAUSA	Núm. Siniestros			Núm. Causantes Identificados	Superficies (ha)			
	Tipo de Causa		TOTAL		Vegetación Leñosa		Vegetación Herbácea	TOTAL FORESTAL
	Cierta	Supuesta			Arbolada	No Arbolada		
RAYO	5.854	594	6.448	6.448	19.188,85	23.230,28	3.392,85	45.811,98
NEGLIG. Y ACCIDENTES	20.953	15.856	36.809	11.658	101.175,05	135.376,71	46.818,37	283.370,13
INTENCIONADO	21.256	47.841	69.097	1.372	170.350,32	369.170,91	57.516,12	597.037,35
DESCONOCIDA	15.880	0	15.880	0	19.729,11	29.902,36	5.128,16	54.759,63
REPRODUCCIÓN	1.915	964	2.879	2.834	9.833,80	16.232,52	916,84	26.983,16
<b>TOTALES</b>	<b>65.858</b>	<b>65.255</b>	<b>131.113</b>	<b>22.312</b>	<b>320.277,13</b>	<b>573.912,78</b>	<b>113.772,34</b>	<b>1.007.962,25</b>

**Tabla 2-3** Relación entre incendios, causantes identificados y vegetación arrasada.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

Como podemos observar en la tabla (Tabla 2-3), la relación entre siniestros totales y causantes identificados es muy baja, de poco más del 17% del total, y a pesar de que la causa sea conocida, es muy llamativo que más de la mitad (52,7%) es por causa intencionada, lo que lleva a concluir que muchos de los delitos cometidos al provocar incendios forestales quedan sin sancionar.

Aunque los incendios con causante identificados sea tan bajo, como se puede observar en el gráfico 2-1, desde 1968 hasta 2015 la identificación de la causa de incendio ha bajado de manera muy notable hasta los niveles más bajos registrados en España en la historia.

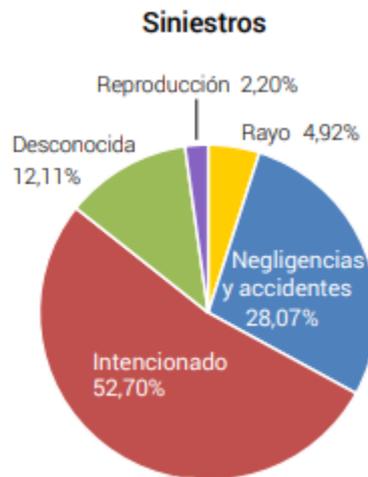


**Gráfico 2.1** Relación de datos entre Nº de incendios (%) por año y las causas de su origen.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

En el caso del último decenio (2006-2015), como se puede observar en el gráfico (Gráfico 2.2), las causas desconocidas se sitúan en un 12.11%, suponiendo así la tercera causa más baja de

incendio, teniendo por detrás a las reproducciones o avivamientos de incendios con un 2.2%, y la incidencia de rayos, con un 4.92%.

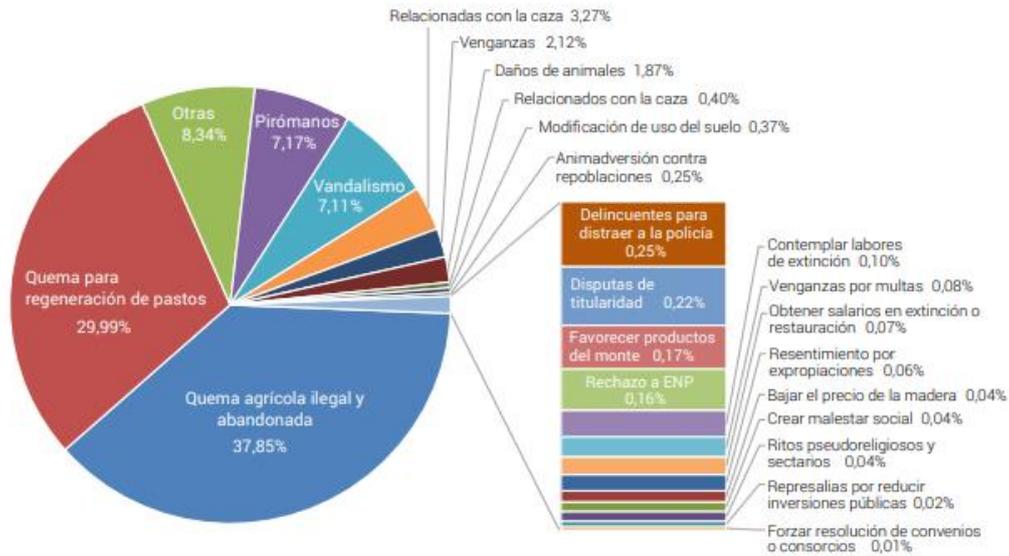


**Gráfico 2.2** Porcentaje de causalidad de incendios del decenio 2006-2015.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

Si ahora nos centramos en los dos grandes causantes de incendios en España, que durante el último decenio representaron el 80.77% del origen de incendios, observamos que son cifras muy altas, pero estos dos grupos, las negligencias y accidentes y los incendios intencionados, tienen muchas subcategorías que habría que estudiar.

En el siguiente gráfico (Gráfico 2.3) podemos observar el desglose de causas de incendios intencionados para así poder sacar alguna conclusión de los datos del último decenio.

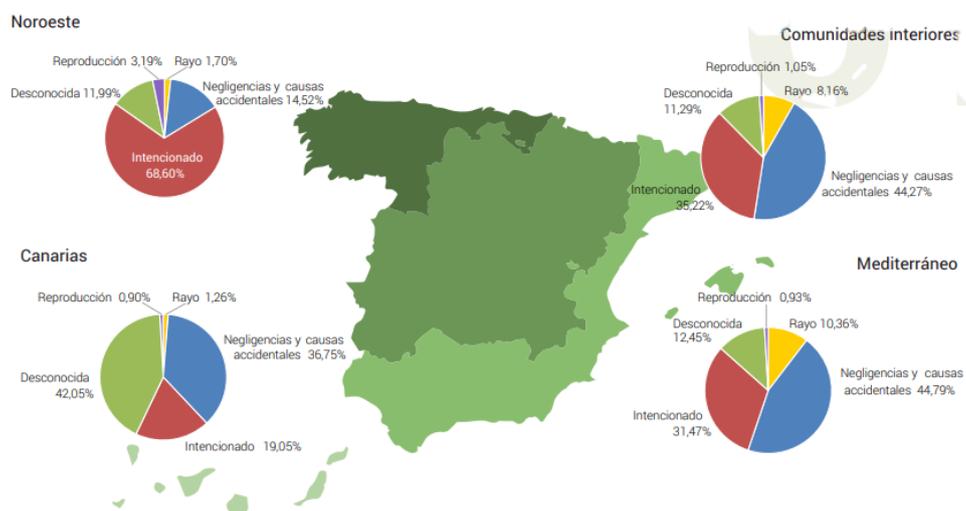


**Gráfico 2.3** Porcentaje de causas intencionadas que generaron incendios el decenio 2006-2015.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

Como podemos observar en el gráfico (Gráfico 2.3) existen dos grandes motivaciones en las causas intencionadas. Existen la quema para regeneración de pastos (29,99%) y la quema agrícola ilegal y abandonada (37,85%).

Una vez ubicamos en el territorio español estos datos de causas intencionadas, con la ayuda del gráfico 2-4, podemos observar un patrón, ya que se siguen manteniendo en las zonas más agrícolas de nuestro país acciones tradicionales como la quema para regeneración de los pastos, sea esta legal o ilegal.



**Gráfico 2.4** Porcentaje de causas de incendios por zonas en España el decenio 2006-2015.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

Podemos observar también un cambio notorio en la incidencia de rayos, ya que las zonas donde más tormentas eléctricas hay son en el centro peninsular, la costa mediterránea y, por último, el noroeste, llegando a superar en muchas ocasiones el 8% de las causas de incendio.

Este tipo de prácticas supone un peligro muy alto que como se puede observar en la tabla (2-4) supone (para el decenio de 2006-2015) unas 270735,6 hectáreas de bosque quemado, siendo las categorías de “Provocados por campesinos para eliminar matorral y residuos agrícolas” y “Provocados por pastores y ganaderos para regenerar el pasto” las causas de 16,566 incendios de los provocados por causas intencionadas.

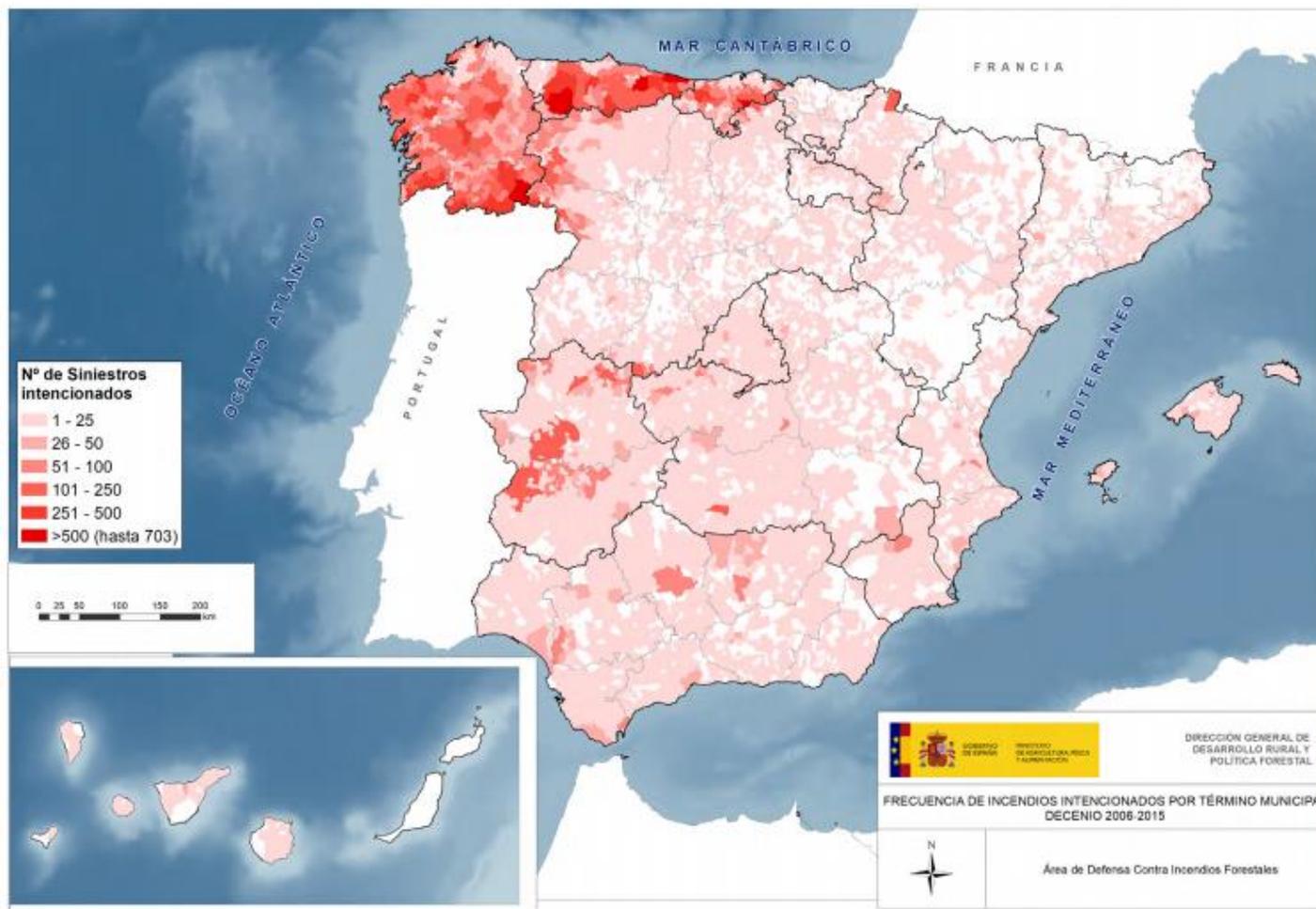
MOTIVACIÓN	Núm. Sinistros		Núm. Causantes	Vegetación Leñosa		Vegetación	Total Forestal
	Conatos	Incendios	Identificados	Arbolada	No Arbolada	Herbácea	
<b>Motivaciones orientadas a la obtención de beneficios directos por el causante</b>							
Provocados por cazadores para facilitar la caza	634	1.065	29	3.273,75	21.702,81	2.850,67	27.827,23
Obtener salarios en la extinción de los mismos o en la restauración	23	12	1	126,97	106,19	11,47	244,63
Para hacer bajar el precio de la madera	15	7	3	58,99	40,88	0,00	99,87
Para obtener modificación en el uso del suelo	140	52	6	126,30	238,87	79,34	444,51
Provocados por delincuentes, etc. para distraer a la G. Civil o Policía	105	24	3	90,25	254,84	56,46	401,55
Para favorecer la producción de productos del monte	50	36	2	27,28	221,46	24,74	273,48
Forzar resoluciones de consorcios o convenios	3	3	0	0,80	4,01	6,30	11,11
<b>Motivaciones orientadas a producir daños a terceros</b>							
Provocados por venganzas	612	488	32	10.898,62	9.805,94	3.924,16	24.628,72
Provocados contra el acotamiento de la caza	72	137	4	652,65	3.193,67	1.039,09	4.885,41
Disensiones en cuanto a la titularidad de los montes públicos o	67	49	3	410,41	269,63	6,04	686,08
Represalia al reducirse las inversiones públicas en los montes	8	3	0	1.301,18	1.408,92	172,33	2.882,43
Provocados por grupos políticos para crear malestar social	12	7	0	21,92	8,43	4,24	34,59
Animadversión contra repoblaciones forestales	74	56	3	299,21	436,73	31,37	767,31
Rechazo a la creación o existencia de espacios naturales protegidos	43	39	1	95,38	429,28	113,72	638,38
Vandalismo	2.841	849	95	4.849,69	5.673,00	1.337,41	11.860,10
Resentimiento por expropiaciones	23	9	0	17,01	32,96	4,16	54,13
Venganzas por multas impuestas	20	20	1	26,31	78,62	150,68	255,61
<b>Motivaciones debidas a prácticas tradicionales inadecuadas</b>							
Provocados por campesinos para eliminar matorral y residuos agrícolas	13.448	6.193	419	24.786,55	63.690,44	6.394,00	94.870,99
Provocados por pastores y ganaderos para regenerar el pasto	5.190	10.373	164	16.930,66	134.796,93	24.137,02	175.864,61
Provocados para ahuyentar animales (lobos, jabalíes)	495	475	17	1.620,87	7.283,80	509,03	9.413,70
<b>Otras motivaciones</b>							
Provocados por pirómanos	2.820	901	195	23.719,30	12.382,92	956,98	37.059,20
Ritos pseudoreligiosos y satanismo	18	1	2	3,62	0,15	0,03	3,80
Para contemplar las labores de extinción	41	11	4	14,63	27,73	15,93	58,29
Otras motivaciones	3.131	1.194	99	20.615,34	23.204,77	4.484,65	48.304,76
<b>Sin datos</b>							
	11.307	5.901	289	60.382,63	83.877,93	11.206,30	155.466,86
<b>TOTALES</b>	<b>41.192</b>	<b>27.905</b>	<b>1.372</b>	<b>170.350,32</b>	<b>369.170,91</b>	<b>57.516,12</b>	<b>597.037,35</b>

**Tabla 2- 4** Relación entre motivación de un incendio, identificación de causantes y vegetación quemada.  
Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

Cabe destacar en este capítulo como conclusión que la causa natural de incendios es muy baja, y que es la mano del hombre empujada por motivaciones sociales, económicas y políticas entre muchas otras la responsable de la gran mayoría de bosque perdido del territorio español.

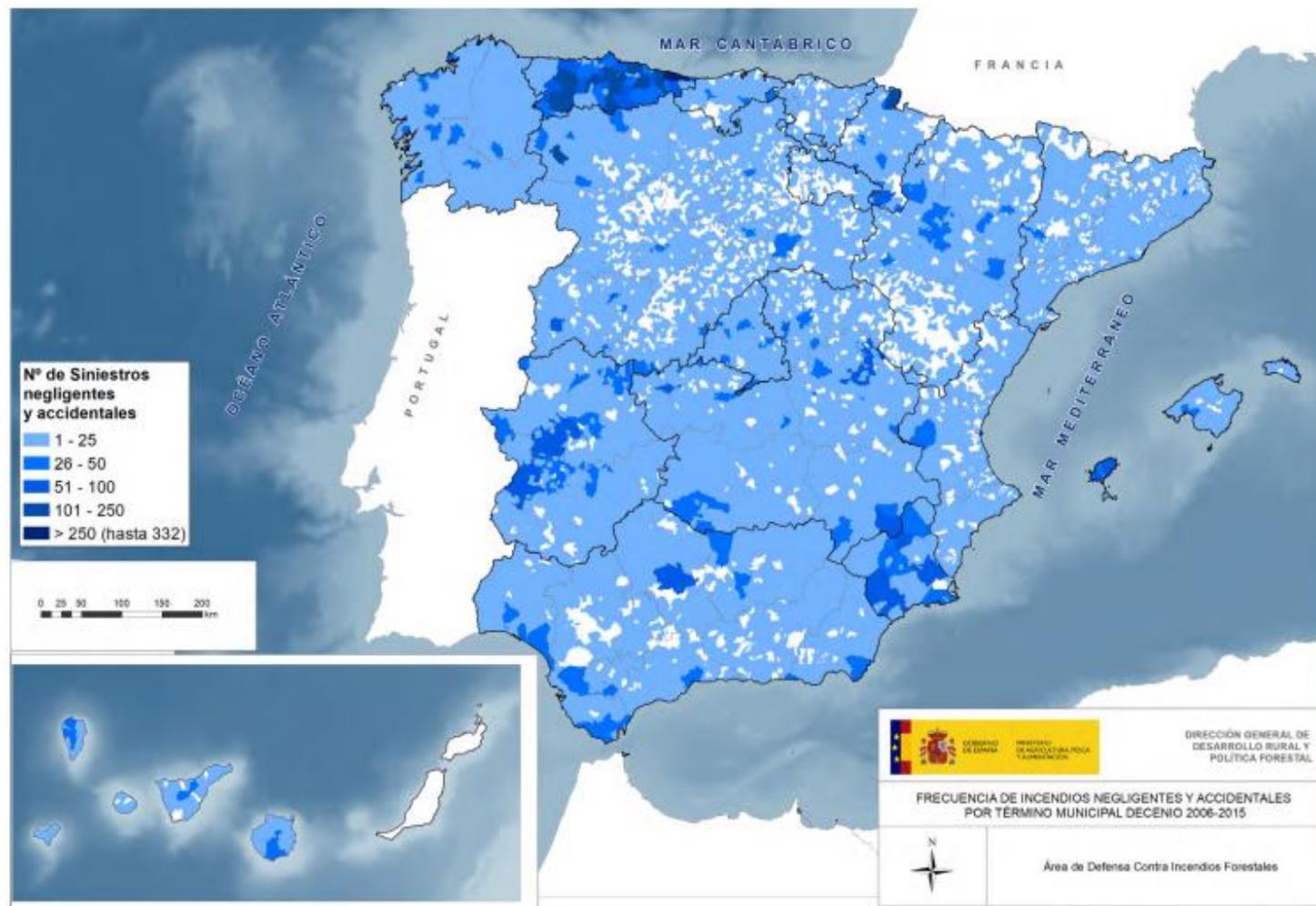
Sin embargo, como ya hemos visto durante todo este punto, es muy destacable la gran cantidad de incendios que, a pesar de conocer la causa de su origen motivacional, se desconoce al causante, un aliciente para que este tipo de crímenes sigan ocurriendo en nuestro territorio.

A continuación, se muestran diversos mapas con división municipal con la información de la causalidad de los incendios, con el fin de aclarar las distribuciones territoriales de las causas de incendios explicados ya anteriormente.

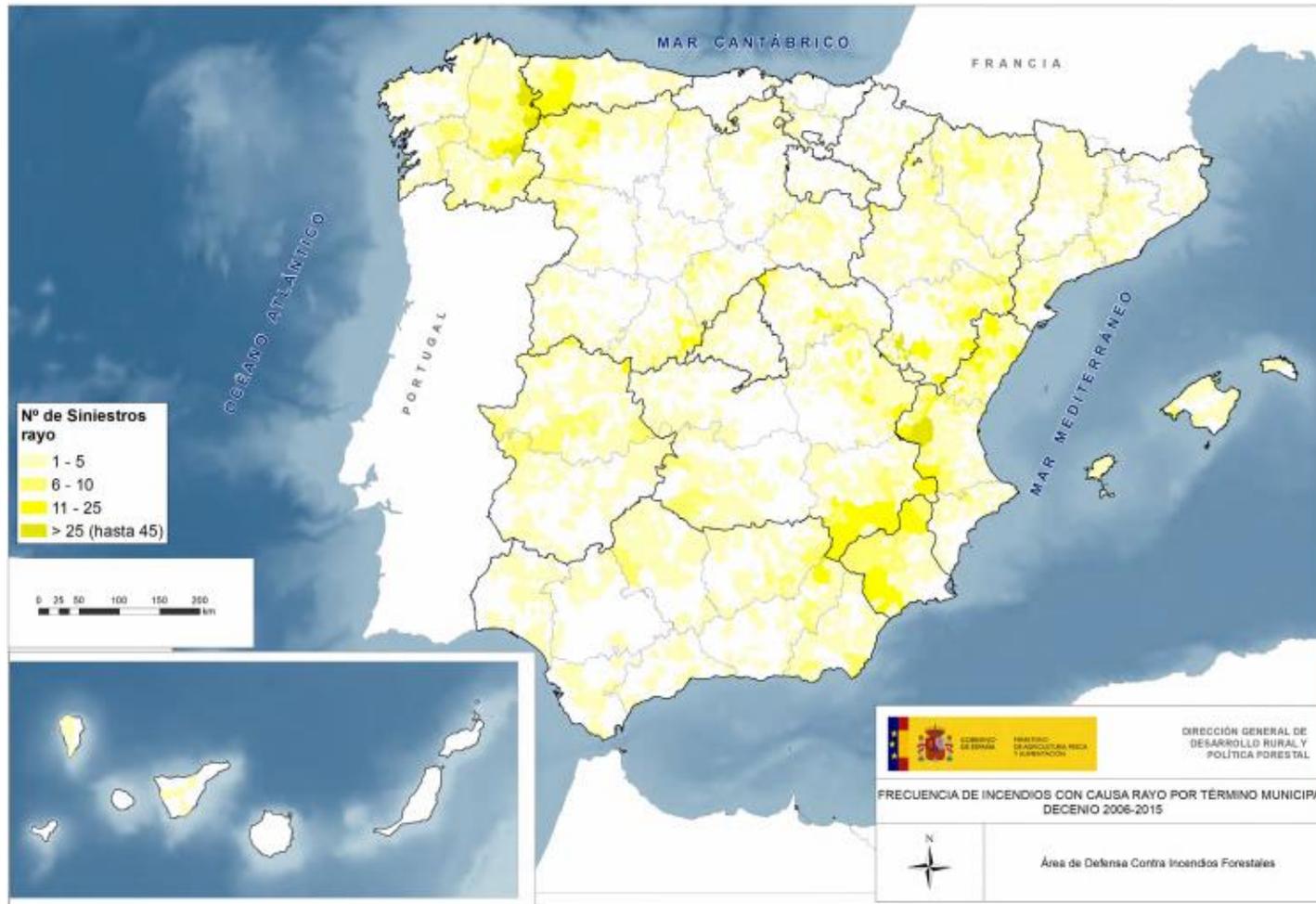


**Imagen 2.28.** Mapa de distribución de los siniestros intencionados.

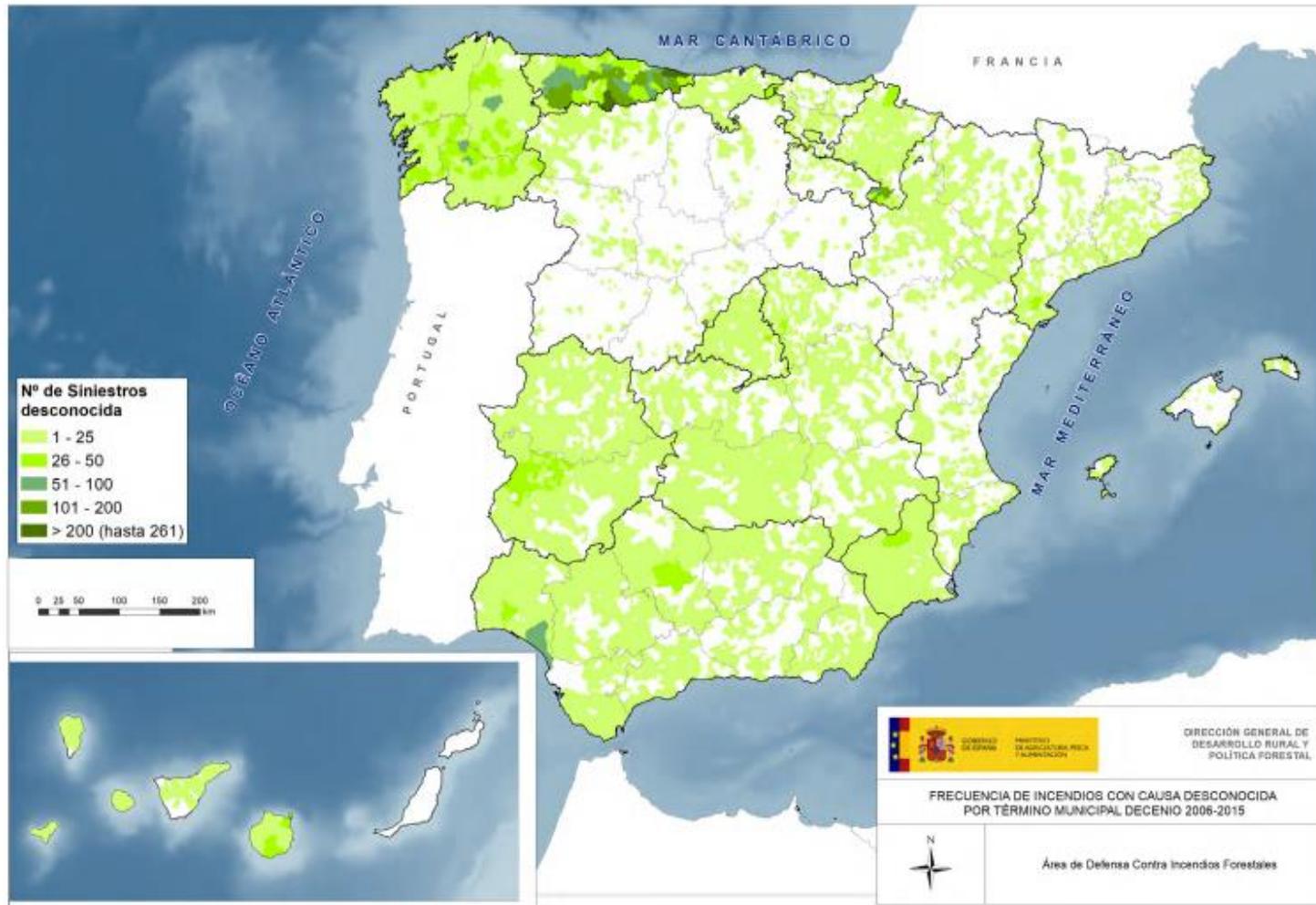
Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)



**Imagen 2.29.** Mapa de distribución de los siniestros por negligencia y accidentes.  
Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)



**Imagen 2.30.** Mapa de distribución de los siniestros provocados por impacto de rayos.  
Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)



**Imagen 2.31.** Mapa de distribución de los siniestros de causa desconocida.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)

## 2.2.2. Efectos de los incendios forestales

Ya hemos visto las causas y motivaciones que originan un incendio, pero una vez se produce el incendio ¿qué consecuencias tiene sobre el ecosistema? En este punto intentaremos explicar qué efecto tiene sobre la fauna y la vegetación, sobre el suelo y sobre la atmosfera.

Estos efectos se verán influenciados por la duración del incendio, la intensidad de este, y si ha habido numerosas replicas. Las consecuencias que puede generar un incendio pueden ser de dos tipos, directas como la muerte de multitud de ecosistemas (animales, vegetales... etc.) e indirectas, tales y como la modificación de la hidrología del terreno, el desvío de la fauna a otras zonas, desertificación por falta de vegetación... etc. A continuación, se verán algunos aspectos de causas indirectas producidas por los incendios.

### ***-Efectos sobre el suelo***

Un incendio forestal provocará una degradación del suelo, en mayor o menor medida dependiendo de la gravedad e intensidad de este. Perderá nutrientes esenciales, disminuirá notablemente la materia orgánica que lo compone y, como consecuencia al no tener una vegetación que lo proteja y encontrarse en malas condiciones, se verá afectado en mayor medida por la erosión del viento, el calor y la lluvia, pudiendo incluso en climas más cálidos llegar a la desertificación de la zona.

Es necesario tratar el suelo de una zona removiendo tierra y con metodologías propias de la agricultura para que el suelo posteriormente a un incendio forestal pueda recuperar los nutrientes necesarios para arraigar vida, y no tan solo en los primeros centímetros de su superficie por la acumulación de cenizas, la cual supone un aporte de nutrientes esencial, aunque esto es solo momentáneamente, ya que estos nutrientes en forma de ceniza se verán desperdigados con las primeras lluvias o con el viento .

Para que un bosque vuelva a renacer tras un incendio es necesario que su suelo recobre la materia orgánica y los nutrientes que sufrieron una desestabilización y que se encuentran ahora a merced de la erosión física y química.

### ***-Efectos sobre la atmosfera***

Los incendios representan un foco de contaminación por los gases y humos que exhalan. En el proceso de combustión de un bosque se pueden emitir una gran cantidad distinta de sustancias tales como CO<sub>2</sub>, hidrocarburos, compuestos tóxicos tales como N<sub>2</sub>O, formaldehído, ácido fórmico, NH<sub>3</sub> y, en contadas ocasiones, monóxido de carbono.

La emisión de estas partículas y gases a la atmosfera tiene un impacto a corto y largo plazo, ya que en el momento del incendio y posterior todas las sustancias que irradia son tóxicas o irritables para los seres vivos, además que contaminan los embalses de agua cercanos y el aire de la zona que rodee el incendio. En cuanto a los de largo plazo, tendrá más o menos influencia dependiendo de la magnitud del incendio, pero contribuyen al efecto invernadero del planeta, a modificaciones térmicas de la atmósfera y, por lo tanto, en menor medida al cambio climático del planeta.

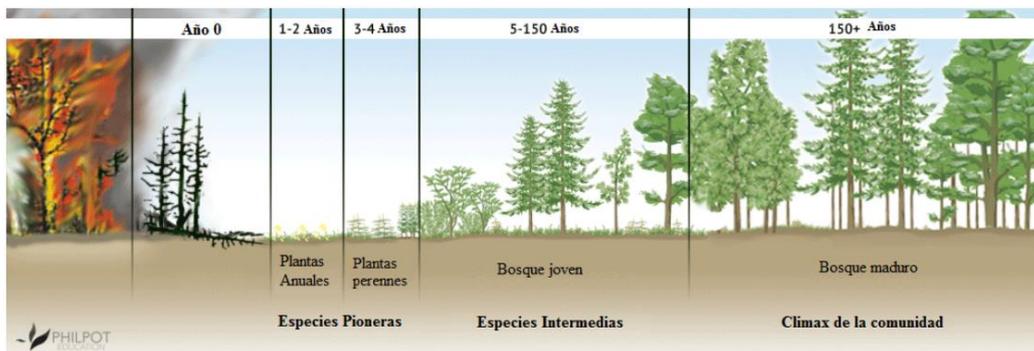


**Imagen 2.32.** Incendio Forestal vista aérea.  
Fuente: (Noticias.canal1.com)

### **-Efectos sobre la fauna y la vegetación**

Para entender correctamente los efectos de un incendio sobre la vegetación debemos saber que existen algunas especies que a lo largo de su evolución se han conseguido adaptar para un incendio (pirofitas), es decir, hay ciertas especies que una vez comienza la repoblación, con las primeras lluvias, consiguen una adaptación muy buena dada por el momentáneo auge de la fertilidad debido a las cenizas superficiales y la materia muerta y por la falta de competidores vegetales y de “depredadores” que acaben con ellas.

Pero a pesar de este tipo de plantas, son solo un número muy reducido, y como se muestra en la imagen(2-33) la recuperación total de un bosque después de un incendio, sin sufrir posteriores desastres, es de más de 150 años, por lo que una recuperación completa será lenta, y dependerá de la total recuperación de los nutrientes y la materia orgánica del suelo que conforma ese bosque.



**Imagen 2.33.** Recuperación de un bosque tras un incendio.  
Fuente: (Philpoteducation. Communities and ecosystems)

En cuanto a la fauna, podemos diferenciar dos tipos, las de gran movilidad, que serán especies grandes así como aves, mamíferos y reptiles que sufrirán el calor, la asfixia y el sofoco del incendio, lo cual les obligara a trasladarse a los espacios no afectados, en muchos casos perdiendo la vida de millares de ejemplares por el camino, y una vez alcanzado nuevos

hábitats se encontrarán en la situación de recolonizarlos, teniendo un problema añadido ya que los ecosistemas son conceptos muy frágiles y, si se desplazan en multitud distintas especies, estas se tendrá que reorganizar, suponiendo un problema para la especies del ecosistema autóctono.

Luego están las especies de menor movilidad, animales pequeños, insectos e invertebrados, los cuales se verán afectados en mayor medida por el incendio, ya que seguramente no podrán escapar de el, suponiendo así una pérdida para la cadena trófica de la zona y dificultando en mayor medida la regeneración del ecosistema local pre-incendio.

### 2.3 Incendios forestales en España. Época 2006-2015

A continuación, observaremos los datos del decenio 2006-2015 sobre los incendios en España. Anteriormente vimos los datos de las distintas causas. En este punto intentaremos esclarecer el tamaño de estos incendios, su magnitud y su distribución territorial.

En el siguiente tabla (2-5) podemos observar un resumen de los incendios ocurridos en España en el periodo de tiempo especificado, además de una relación de superficie forestal total en hectáreas quemada en esos incendios.

Año	Total de siniestros			Superficies afectadas (hectáreas)				
	Conatos < 1 ha	Incendios ≥ 1 ha	Total	Superficie arbolada (ha)	Superficie no arbolada leñosa (ha)	Superficie herbácea (ha)	Superficie no arbolada (ha)	Superficie forestal total (ha)
2006	10.741	5.593	16.334	71.064,87	72.053,29	12.226,67	84.279,96	155.344,83
2007	7.523	3.413	10.936	29.408,86	42.394,77	14.318,40	56.713,17	86.122,03
2008	7.300	4.355	11.655	8.443,49	32.847,01	9.031,59	41.878,60	50.322,09
2009	9.866	5.777	15.643	40.402,48	67.495,97	12.195,76	79.691,73	120.094,21
2010	7.811	3.910	11.721	10.184,91	39.279,26	5.305,71	44.584,97	54.769,88
2011	10.815	5.599	16.414	18.847,52	72.387,82	10.925,99	83.313,81	102.161,33
2012	10.455	5.542	15.997	83.059,85	117.118,93	18.777,81	135.896,74	218.956,59
2013	7.708	3.089	10.797	17.704,26	33.086,49	10.899,86	43.986,35	61.690,61
2014	6.610	3.196	9.806	8.283,80	32.359,33	8.074,70	40.434,03	48.717,83
2015	7.685	4.125	11.810	32.877,09	64.889,91	12.015,85	76.905,76	109.782,85
<b>Total</b>	<b>86.514</b>	<b>44.599</b>	<b>131.113</b>	<b>320.277,13</b>	<b>573.912,78</b>	<b>113.772,34</b>	<b>687.685,12</b>	<b>1.007.962,25</b>
<b>Media</b>	<b>8.651</b>	<b>4.460</b>	<b>13.111</b>	<b>32.027,71</b>	<b>57.391,28</b>	<b>11.377,23</b>	<b>68.768,51</b>	<b>100.796,23</b>

**Tabla 2-5** Relación entre cantidad de siniestros y superficie quemada

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)

Como podemos observar en la tabla 2-6, el número total de incendios en España durante este decenio es de 131.113 siniestros, suponiendo eso una superficie forestal quemada total de 1.007.962,25 hectáreas de bosque, siendo los años de 2006, 2009, 2011, 2012 y 2015 los años con mayor afección, y aunque estas cifras nos parezcan abismales, como se puede observar en la tabla (2-6) que recoge los datos totales de España por años y decenios desde 1986, aún estas últimas cifras se encuentran en la media de lo acontecido.

Decenio 86-95		Decenio 91-00		Decenio 96-05		Decenio 01-10		Decenio 06-15	
Año	Num								
1986	7.514	1991	13.529	1996	16.586	2001	19.547	2006	16.334
1987	8.816	1992	15.956	1997	22.320	2002	19.929	2007	10.936
1988	9.440	1993	14.253	1998	22.003	2003	18.616	2008	11.655
1989	20.250	1994	19.249	1999	17.943	2004	21.396	2009	15.643
1990	12.914	1995	25.557	2000	24.118	2005	25.492	2010	11.721
1991	13.529	1996	16.586	2001	19.547	2006	16.334	2011	16.414
1992	15.956	1997	22.320	2002	19.929	2007	10.936	2012	15.997
1993	14.253	1998	22.003	2003	18.616	2008	11.655	2013	10.797
1994	19.249	1999	17.943	2004	21.396	2009	15.643	2014	9.806
1995	25.557	2000	24.118	2005	25.492	2010	11.721	2015	11.810
Media	14.748	Media	19.151	Media	20.795	Media	17.127	Media	13.111

**Tabla 2-6** Número de siniestros por decenio.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)

En la tabla anterior podemos apreciar que los años 1995 y 2005 se sobrepasó el límite que marcarían los 25.000 sucesos, sin embargo, si la comparamos con la tabla (2-7) sobre superficie forestal arrasada por las llamas, podemos ver que muchos años, con inferior número de incendios, la superficie forestal es mucho mayor (ejemplo: 2006):

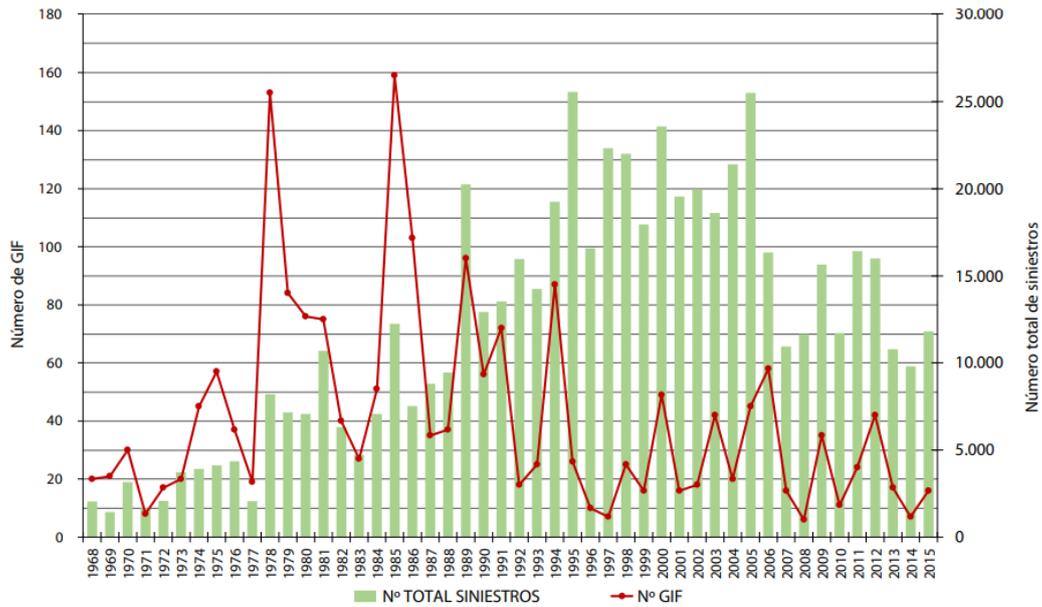
Decenio 86-95		Decenio 91-00		Decenio 96-05		Decenio 01-10		Decenio 06-15	
Año	Sup.								
1986	264.787	1991	260.303	1996	58.919	2001	93.298	2006	155.345
1987	147.340	1992	105.278	1997	98.503	2002	107.464	2007	86.122
1988	137.273	1993	89.331	1998	132.892	2003	148.172	2008	50.322
1989	407.122	1994	437.603	1999	81.681	2004	134.193	2009	120.094
1990	203.641	1995	141.082	2000	188.586	2005	188.697	2010	54.770
1991	260.303	1996	58.919	2001	93.298	2006	155.345	2011	102.161
1992	105.278	1997	98.503	2002	107.464	2007	86.122	2012	218.957
1993	89.331	1998	132.892	2003	148.172	2008	50.322	2013	61.691
1994	437.603	1999	81.681	2004	134.193	2009	120.094	2014	48.718
1995	141.082	2000	188.586	2005	188.697	2010	54.770	2015	109.783
Media	219.376	Media	159.418	Media	123.241	Media	113.848	Media	100.796

**Tabla 2-7** Cantidad de superficie quemada por decenio.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)

Si recabamos más información mediante la relación cantidad de incendios/magnitud del incendio podemos detectar si en esos años ocurrió lo que se llama GIF o Gran Incendio Forestal. Estos son incendios que superan las 500ha de bosque quemado.

Si nos remontamos a los datos totales, como podemos ver en el grafico (2-5), es cierto que en el año 2006 hubo un GIF. A pesar de que estos fenómenos destructivos de gran magnitud están a la baja gracias a la precoz actuación de los servicios de emergencia, siempre existe la posibilidad, como los es el incendio del que es objeto de estudio este trabajo (Gran Canaria-2019) sobre el que más adelante hablaremos.



**Gráfico 2.5** Relación de Nº de siniestros y Grandes incendios Forestales (GIF) el decenio 2006-2015 en España.  
 Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

En cuanto a su disposición geográfica, como podemos observar en la imagen 2-34, podemos identificar ciertos patrones de incidencia, ya que se reparten por zonas del territorio español, destacando así una gran incidencia de pequeños y medianos incendios en la parte noroeste y central de España, y en cuanto a los GIF, podemos atisbar una mayor concurrencia en zonas más costeras, como toda la costa del Mediterráneo, y Canarias. Como ya hemos comentado anteriormente, puede deberse al clima típico de esas zonas (muy caluroso en verano, pocas lluvias, muchas horas de sol... etc.) lo cual sería un aliciente para que estas zonas se encuentren en grave peligro de incendio.

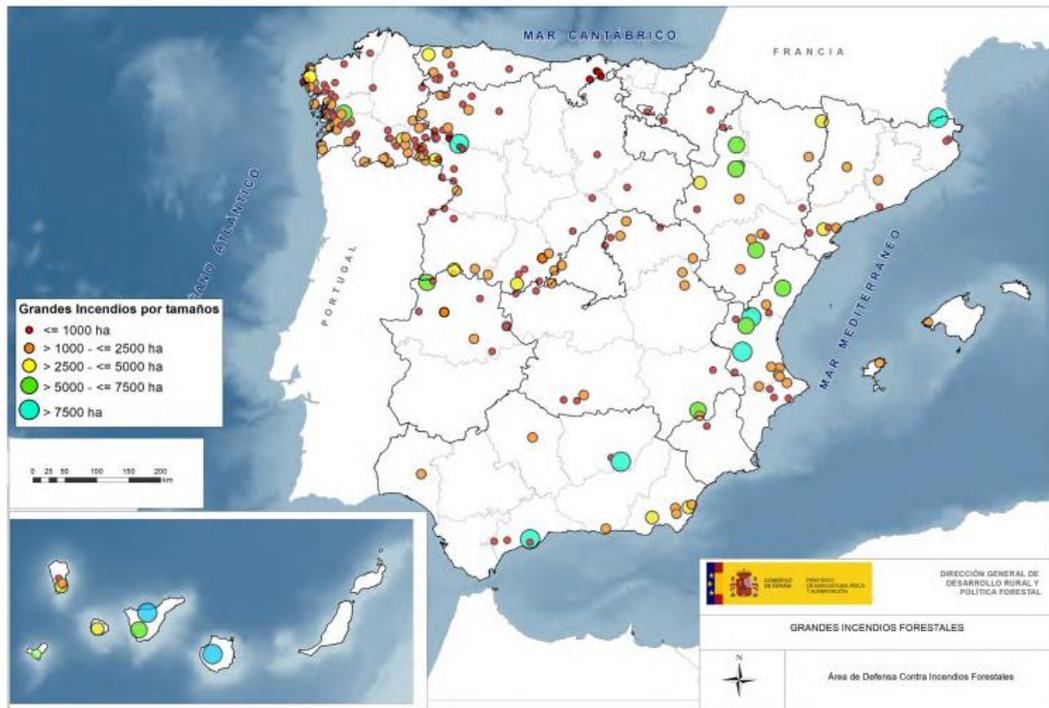


Imagen 2.34. Mapa de distribución de los siniestros por tamaño.

Fuente: (Los incendios forestales en España, Decenio 2006-2015 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)

## 2.4 Incendios forestales en la comunidad autónoma de Canarias

Dado que este estudio va a tratar sobre el incendio ocurrido en Gran Canaria en el parque de Tamadaba, es lógico remitirse ahora a los datos de Canarias ya que, para una vez establecida la idea general de la situación de los incendios en España, ahora debemos esclarecer la situación más local de las islas canarias y en concreto los datos históricos que presenta Gran Canaria.

En canarias existe un llamado “Plan especial de prevención y protección contra incendios forestales en la comunidad autónoma de canarias (INFOCA)”, en el cual vienen recogidas las estadísticas de incendios por isla. Este plan presenta una diferencia temporal a la hora de calcular riesgos de incendios en las islas. Divide las épocas en riesgo alto, medio y bajo, siendo esta primera del 1 de julio al 30 de septiembre, la segunda comprende los meses de junio y octubre, y el resto de épocas serían de riesgo bajo como se muestra en la tabla (2-8).

	RIESGO
Enero	BAJO
Febrero	BAJO
Marzo	BAJO
Abril	BAJO
Mayo	BAJO
Junio	MEDIO
Julio	ALTO

agosto	<b>ALTO</b>
Septiembre	<b>ALTO</b>
Octubre	<b>MEDIO</b>
Noviembre	<b>BAJO</b>
Diciembre	<b>BAJO</b>

**Tabla 2-8** Distribución de riesgo de incendio por meses. Fuente: (INFOCA)

En cada una de estas situaciones se adopta unas medidas de prevención distintas. Como ya hemos visto anteriormente a nivel nacional, el riesgo alto se centra en los meses de verano, siendo estos los meses con mayor incidencia de fuegos en España. Esto se debe a muchos factores que no podemos controlar, tales como el clima, las precipitaciones, etc...

Si nos remitimos a los datos proporcionados por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de datos de la Viceconsejería de Medio Ambiente, podemos sacar ciertas conclusiones de la frecuencia de incidencias y de la causa de estas.

Como se muestra en la tabla (2-9), el mayor número de sucesos se sitúa en los años del 2004 al 2012.

	<b>Nº de incendios</b>	<b>Sup. forestal (ha)</b>		<b>Nº de incendios</b>	<b>Sup. forestal (ha)</b>
2015	89	107,05	1991	79	184,50
2014	60	40,22	1990	31	2.789,70
2013	101	219,88	1989	43	213,40
2012	128	12.399,27	1988	86	1.325,60
2011	99	59,17	1987	58	100,10
2010	111	198,68	1986	73	176,40
2009	122	3.613,85	1985	50	135,30
2008	133	426,05	1984	71	1.336,60
2007	139	35.758,62	1983	99	7.267,20
2006	123	1.612,65	1982	45	82,70
2005	145	2.143,89	1981	83	4.319,60
2004	137	328,64	1980	39	2.119,10
2003	74	428,69	1979	12	547,00
2002	56	121,35	1978	56	6.753,70
2001	69	284,88	1977	28	351,00
2000	83	4.351,68	1976	25	46,60
1999	61	149,23	1975	71	6.430,50
1998	80	3.895,74	1974	53	684,20
1997	55	288,68	1973	37	1.700,10
1996	13	107,50	1972	29	1.263,80
1995	56	3.630,80	1971	20	241,90
1994	94	4.747,40	1970	45	3.446,80
1993	56	186,50	1969	20	547,80

1992	65	688,50	1968	13	93,10
------	----	--------	------	----	-------

**Tabla 2-9** Relación de número de incendios y superficie forestal quemada por año.  
Fuente: (Instituto Canario de Estadística – ISTAC)

Siendo también esos años de mayor número de siniestros, el año de mayor pérdida de superficie forestal de Gran Canaria, al ser el objeto de nuestro estudio, según la tabla (2-10) sobre el número de incidencia.

Gran Canaria	Nº de incendios	Sup. forestal (Ha)		Nº de incendios	Sup. forestal (Ha)
2015	53	75,42	2007	59	18.701,10
2014	25	13,20	2006	69	84,66
2013	62	199,74	2005	61	210,40
2012	51	25,07	2004	65	226,19
2011	45	15,21	2003	44	50,12
2010	60	80,24	2002	35	28,88
2009	62	28,06	2001	29	112,11
2008	51	9,58	2000	35	426,66

**Tabla 2-10** Número de incendios y superficie forestal quemada por año en Gran Canaria.  
Fuente: (Instituto Canario de Estadística – ISTAC)

Si ahora observamos los valores de gran canaria para su distribución temporal, observamos que ciertamente los meses considerados de medio y alto riesgo presentan una mayor incidencia de siniestros (Tabla (2-11)).

Gran Canaria	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
TOTAL	53	25	62	51	45	60	62	51	59	69	61	65	44	35	29	35
Enero	3	2	3	1	3	3	0	6	7	0	1	2	0	0	2	0
Febrero	2	0	1	3	2	4	0	5	4	0	0	1	0	0	1	0
Marzo	0	0	3	2	2	0	1	4	5	3	2	3	0	0	2	2
Abril	3	0	1	2	0	3	1	10	4	1	0	0	0	0	0	0
Mayo	7	7	3	11	3	3	1	2	2	0	2	1	4	1	0	3
Junio	7	3	7	4	7	9	9	7	5	2	3	7	2	4	7	6
Julio	13	4	19	6	7	16	23	6	18	14	15	14	10	8	4	9
agosto	7	7	16	13	11	12	8	4	3	19	16	14	21	4	6	9
Septiembre	5	1	2	4	4	6	7	3	2	19	17	16	5	15	7	2
Octubre	3	1	5	3	1	3	4	1	4	6	2	6	2	2	0	0
Noviembre	2	0	1	1	0	1	8	3	5	5	0	1	0	1	0	0
Diciembre	1	0	1	1	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4

**Tabla 2-11** Relación de número de incendios y época del año por año.

En cuanto a las causas, como ya hemos comentado en el apartado de “**2.2.1. Causas de los incendios forestales**”, existen 6 tipos de causas de incendios en España. Su distribución la podemos observar con la ayuda del gráfico 2-6. Podemos ver que el comportamiento según las causas en Gran canaria es el mismo que en la media española, aunque en este caso los incendios por causas desconocidas desde el año 2000 al año 2015 supone más del 50% de los incendios

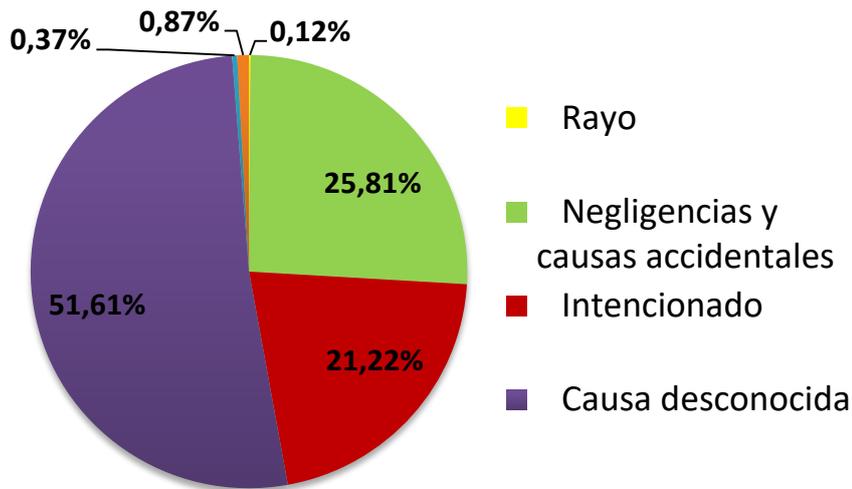


Gráfico 2.6 Porcentaje de causalidad de incendios del decenio 2006-2015 en Gran Canaria.

Es muy llamativo ver los gráficos y cómo se comportan los datos a lo largo del tiempo como se muestra en la siguiente imagen:

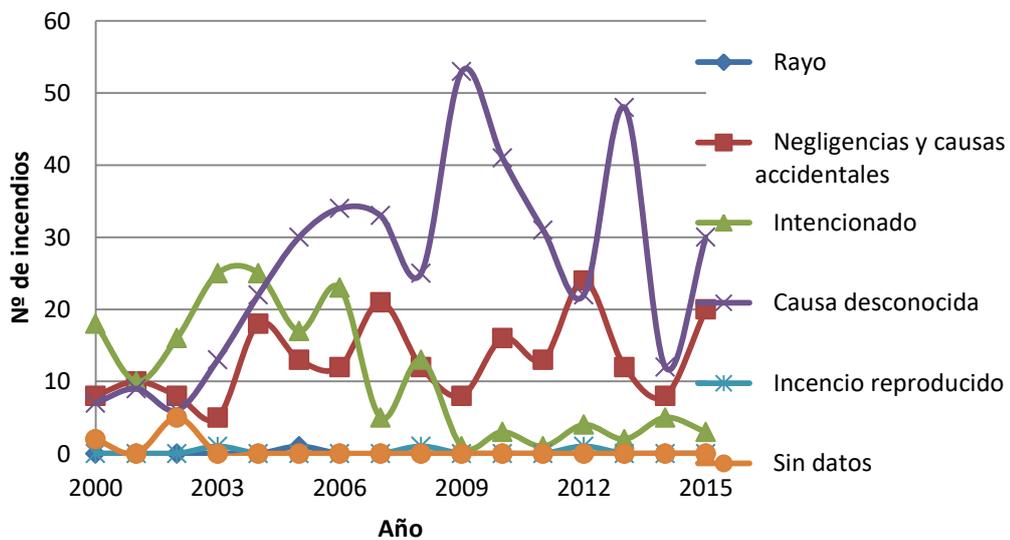


Gráfico 2.7 Relación de datos entre Nº de incendios por año y las causas de su origen.

Podemos observar que la incidencia de siniestros por causa desconocida no es un valor arrastrado del pasado, sino que incluso presenta una curva ascendente en caso (gráfico (2-8)). Este es un dato muy preocupante para la lucha contra los incendios, ya que el desconocimiento de la causa genera incertidumbre a la hora de planificar medidas contra los incendios, y sin una buena planificación y organización seguirán ocurriendo estos desastres medioambientales.

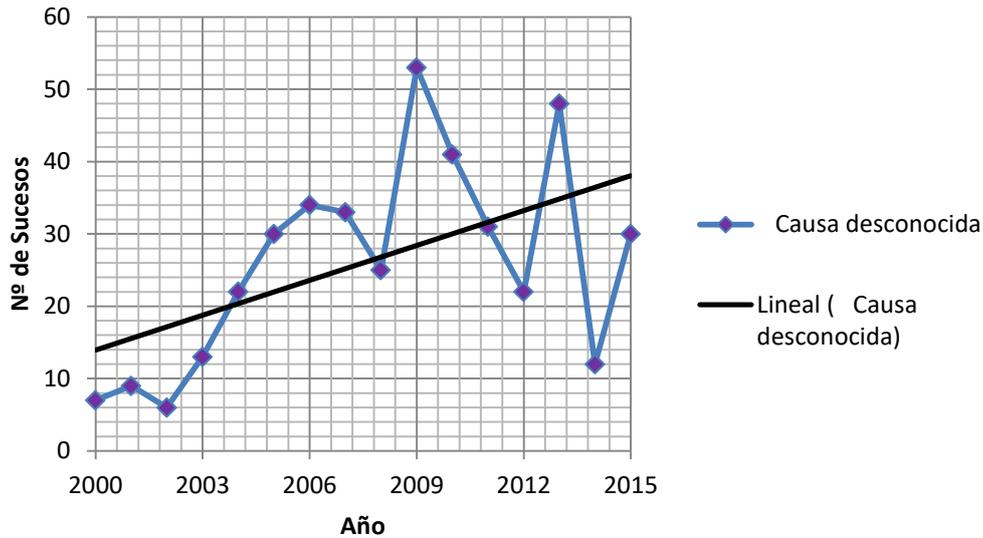


Gráfico 2.8 Nº de incendios de causa desconocida por año y la línea evolutiva que presenta esta causa.

## 2.5 Proyectos y unidades de defensa contra los incendios forestales en Canarias.

Ante el avance de los incendios existen muchos tipos de grupos y unidades de contingencia de incendios, tanto estatales como vecinales, civiles como militares. Son las instituciones y los propios ciudadanos los que debemos velar por el mantenimiento de los bosques y su limpieza para así evitar futuros incendios.

En este apartado explicaremos las distintas unidades de prevención de incendios que existen en España y su labor.

### 2.5.1 Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF)

Este comité, formado por distintos grupos de trabajo, es dependiente del “Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación” y está adscrito a la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Se compone de un “Grupo de Información”, encargado de recoger los datos estadísticos y realizar los partes de incendio y colocar ambos a disposición del ciudadano, ya que se trata de datos de índole pública. También está el “Grupo de Coordinación de Medios Aéreos”, el cual es el encargado de crear los protocolos y las competencias en la coordinación de los medios aéreos en la extinción de un incendio desde 2009. También perteneciente a este grupo el “Grupo de Trabajo de Prevención”, constituido en el 2009 y que se encarga de reducir ciertos impactos que provocan los incendios forestales mediante orientaciones de gestión. Por último, están el “Grupo de Trabajo de Seguridad” y el “Grupo de Trabajo de Sistema de Mando de Incidentes y acreditación de la formación”, encargados de la

formación de personal, de la colaboración con distintas instituciones y de la seguridad ante la extinción de un incendio forestal.

### 2.5.2 INFOCA y los Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF)

El INFOCA es un plan de actuación creado en 1992 mediante un Real Decreto (407/1992) en el cual se crea este equipo para mejorar la coordinación entre administraciones públicas, ejército y población civil ante un incendio forestal, estableciendo perímetros, zonas de peligro, previsiones de avance, desarrollando planes de autoprotección y recogiendo un catálogo de zonas en riesgo y elementos perdidos por el fuego con el fin de garantizar una rápida y adecuada actuación ante el incendio.

Dentro de los equipos que participan en el plan INFOCA existen los EPRIF o Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales. Son bomberos profesionales en la prevención de incendios forestales que durante las épocas de bajo riesgo distribuyen la información entre las poblaciones rurales para así minimizar los incendios producidos por quemas legales o ilegales de los campos agrícolas.



*Imagen 2.35. Distribución de equipos de prevención de incendios en España, Campaña de invierno.*  
Fuente: (INFOCA)

### 2.5.3 Brigada de Refuerzo en Incendios Forestales y de labores preventivas

Como ya hemos visto, España por desgracia tiene una gran historia de incendios forestales. En 1992 necesitaba una solución, de ahí el ICONA (Instituto para la Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Agricultura) decidiese crear este tipo de cuerpo helitransportado con bomberos profesionales en la extinción de incendios forestales, los BRIF o Brigada de Refuerzo en Incendios Forestales, tomando como referencia a las brigadas helitransportadas estadounidenses (USFS). Como se puede observar, las bases no son muy numerosas, pero están localizadas en los puntos estratégicos de las zonas “rojas” o de alto riesgo (imagen (2-

36)). Tienen distinta actividad dependiendo en la época del año que se encuentren (verano-invierno), aun así el INFOCA ya prevé que incluso en circunstancias de baja operatividad (invierno), las brigadas activas sean las suficientes como para actuar en un tiempo aceptable.



*Imagen 2.36. Distribución en España de medios de extinción. Campaña de verano.*

*Fuente: (INFOCA)*

#### 2.5.4 Campañas y medios sobre la información y sensibilización del peligro de incendio forestal

Existen muchos tipos de campañas, sobre todo publicitarias, por parte del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y por parte de concesiones con empresas privadas tales como AtresMedia© o por medio de RTVE©. La campaña de prevención comienza intentando hacer llegar la idea a todos los ciudadanos. Dejando a un lado la parte visual, las Brigadas de Refuerzo en Incendios Forestales y de labores preventivas llevan a cabo una importante misión junto con las organizaciones civiles de cada ayuntamiento para la concienciación del peligro de incendio en las zonas rurales y apoyando las actividades de limpieza de montes y la quema controlada de campos agrícolas junto con las fuerzas de Vigilancia y Protección del Medio Natural.

## ¿Qué podemos hacer?



## Tú puedes ayudarnos

### Colaboración Ciudadana ¡No bajes la guardia!

El 54% de los avisos de incendio forestal se registran gracias a la colaboración ciudadana.

*Imagen 2.37. Folleto de prevención de incendios.*

*Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)*

### 2.5.5 Métodos de extinción de incendios

Existen multitud de métodos de extinción de incendios, pero el material usado siempre debe escogerse con cautela, ya que puede llegar a ser peligroso si lo usamos de forma incorrecta. En la tabla 2-12 podemos entender la complicación que supone este tipo de situaciones, siendo las de la tabla tan solo un pequeño ejemplo de la gran variedad de fuegos que pueden llegar a ocurrir.

AGENTE EXTINTOR	CLASES DE FUEGOS					MÉTODO DE EXTINCIÓN
AGUA PULVERIZADA						ENFRIAMIENTO Y SOFOCACIÓN
AGUA A CHORRO						
ESPUMA						SOFOCACIÓN Y ENFRIAMIENTO

POLVO BC Convencional						INHIBICIÓN Y SOFOCACIÓN
POLVO ABC Polivalente						
POLV. ESPECIAL						INHIBICIÓN Y SOFOCACIÓN
CO2 Anhídrido Carbónico						
MUY ADECUADO		ADECUADO		ACEPTABLE		ERRÓNEO

**Tabla 2-12** Relación entre tipo de incendio y material usado para su extinción.  
Fuente: (MANUAL BASICO DE ACTUACIÓN – Junta de Andalucía)

### 2.5.6 Tecnología usada en la prevención y el control de incendios forestales

En cuanto a la tecnología, en los últimos años se han perfeccionado distintas técnicas para la evaluación de la progresión de incendios, vigilancia activa de zonas muy extensas a donde las brigadas y distintos cuerpos de defensa no pueden llegar y a la prevención mediante distintas técnicas fundamentadas en la teledetección como la que va a tratar la parte práctica de este trabajo.

Este tipo de nuevas herramientas son tecnologías basadas en la imagen, por ejemplo con la vigilancia de drones que hacen barridos en el aire inspeccionando áreas de bosque de difícil acceso, con cámaras térmicas situadas en puntos estratégicos mediante las cuales identificar un foco de calor o el inicio de un fuego y así poder extinguirlo con la mayor brevedad, o las más usadas que son el uso de distintas imágenes de satélite proporcionadas por distintas instituciones tales como CNIG (centro nacional de información geográfica) o AEMET (Agencia Española de Meteorología) mediante los cuales y distintos procesos de imágenes tomadas por estos satélites se puede mantener una vigilancia activa de una zona en riesgo de incendio, o incluso valorar los daños de un incendio e incluso permiten crear predicciones de comportamiento y avance de los incendios activos.

## 2.6 Marco legal

Todos estos protocolos, actuaciones y equipos de prevención de incendios y conservación del medio natural no son arbitrarios. Existe una normativa muy amplia tanto comunitaria de la Unión Europea como estatal y regional dependiente a las necesidades locales.

### 2.6.1 Normativa comunitaria

- *Reglamento (CE) No 2121/2004 de la Comisión de 13 de diciembre de 2004 que modifica el Reglamento (CE) no 1727/1999 por el que se establecen determinadas disposiciones de aplicación del Reglamento (CEE) no 2158/92 del Consejo, relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios, y el Reglamento (CE) no 2278/1999, por el que se establecen determinadas disposiciones de aplicación del Reglamento*

*(CEE) no 3528/86 del Consejo relativo a la protección de los bosques en la Comunidad contra la contaminación atmosférica*

- *Reglamento (CE) Nº 1485/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2001 por el que se modifica el Reglamento (CEE) en 2158/92 del Consejo relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (DOCE núm. L 196, de 20 de julio de 2001)*
- *Reglamento (CE) n.º 1727/1999, de la Comisión, de 28 de julio de 1999, por el que se establecen determinadas disposiciones de aplicación del Reglamento (CEE) n.º 2158/92, del Consejo, relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (DOCE núm. L 203, de 3 de agosto de 1999)*
- *Reglamento (CE) nº 308/97 del Consejo de 17 de febrero de 1997 por el que se modifica el Reglamento (CEE) nº 2158/92 relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios. (DOCE núm. L 051 de 21 de febrero de 1997)*
- *Reglamento (CEE) n.º 2158/92 del Consejo, de 23 de julio de 1992, relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (DOCE núm. L 217, de 31 de julio de 1992)*
- *Reglamento (CEE) n° 3529/86 del Consejo de 17 de noviembre de 1986 relativo a la protección de los bosques en la Comunidad contra los incendios*

### **2.6.2 Normativa estatal**

- *Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de incendios forestales.*
- *Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil.*
- *Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases de Régimen Local.*
- *Real Decreto 875/1988, de 29 de julio, por el que se regula la compensación de gastos derivados de la extinción de incendios forestales.*
- *Resolución del Consejo, de 23 de noviembre de 1990, relativa a la cooperación en materia de Protección Civil.*
- *Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la norma básica de Protección Civil.*
- *Acuerdo del Consejo de Ministros de 31 de marzo de 1995 por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales.*

- *Real Decreto 1193/1998 de 12 de junio, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.*
- *Real Decreto-Ley 11/2005, de 22 de julio, por el que se aprueban medidas urgentes en materia de incendios forestales.*
- *Ley 10/2006, de 28 de abril, de Montes.*
- *Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.*
- *Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional.*
- *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.*
- *Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural.*
- *Real Decreto 1097/2011 de 22 de julio por el que se aprueba el Protocolo de intervención de la Unidad Militar de emergencias.*
- *2013 Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales.*
- *Ley 5/2007, de 3 de abril, de la Red de Parques Nacionales.*

### **2.6.3 Normativa local**

- *Decreto 161/1997, de 11 de Julio, por el que se delega en los Cabildos Insulares las funciones en materia de servicios forestales, protección del medio ambiente y la gestión y conservación de Espacios Naturales Protegidos.*
- *Decreto 119/2007, de 15 de mayo, por el que se crea y regula el Grupo de Emergencias y Salvamento (G.E.S.) de la Comunidad Autónoma de Canarias.*
- *Ley 9/2007, de 13 de abril, del Sistema Canario de Seguridad y Emergencias y de modificación de la Ley 6/1997, de 4 de julio, de Coordinación de las Policías Locales de Canarias.*
- *Orden de 22 de abril de 2009, que declara las zonas de alto riesgo de incendios forestales en Canarias.*

- Decreto 70/2011, de 11 de marzo, por el que se crea la Red Canaria de Parques Nacionales.

## 3. Marco práctico

### 3.1 Objetivos

Los objetivos del trabajo son explicar detalladamente la formación de fuegos, haciendo incisos en su comportamiento en la naturaleza y en los bosques forestales, estudiar las estadísticas anuales y llegar a ciertas conclusiones de la concurrencia de estos incendios en España y Canarias, centrando la atención en el historial de incendios ocurridos en Gran Canaria.

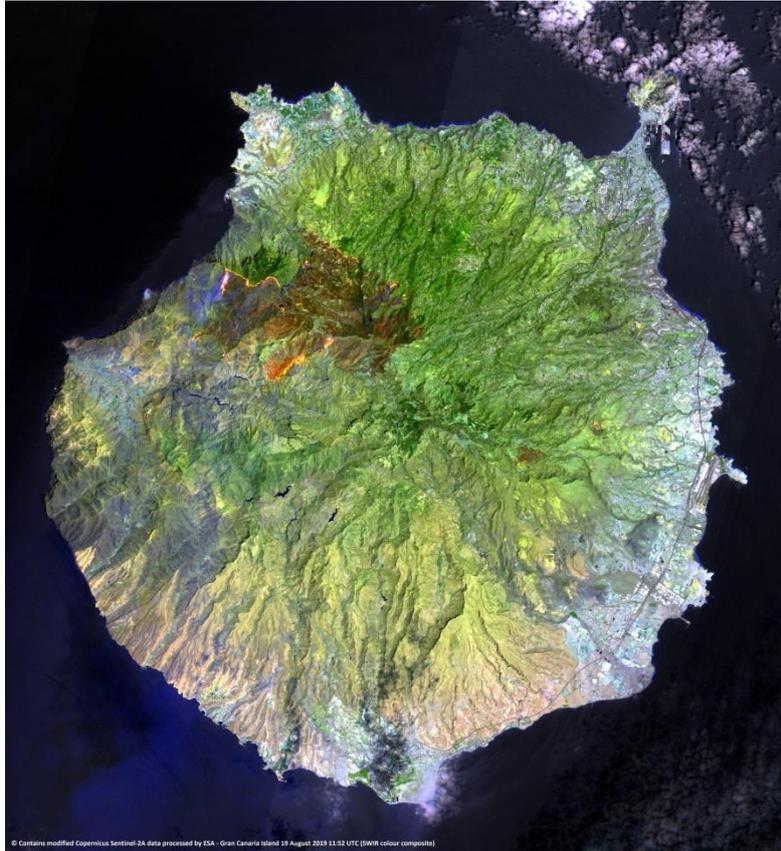
Una vez se han dejado claro las causas, efectos y comportamientos de los incendios en España y en Canarias, pasaremos al objetivo principal del trabajo, el cual será realizar un cartografiado del riesgo de incendio del parque de Tamadaba en Gran Canaria (Islas Canarias), previo al gran incendio de agosto de 2019, el cual arrasó parte de la zona, para poder así sacar conclusiones sobre la eficacia de estos modelos de predicción de riesgo y poder llegar a mejorarlos en su defecto en el futuro comparando los resultados con el incendio ocurrido en la zona.

#### 3.1.1 Incendio real

El 17 de mayo de 2019, en Gran canaria (Islas Canarias), en el municipio de Arucas, en las proximidades de Valsendeo, en el Barranco de Crespo, se origina un pequeño incendio generado por el contacto entre una línea eléctrica de 20 mil voltios de potencia y vegetación, propiedad de la *Heredad de Aguas de Arucas y Firgas*.

Este incendio venía ya advertido de su riesgo de ocurrir por Endesa y el Gobierno de Canarias a la empresa de Aguas de Arucas y Firgas desde 2013, informando a la heredad del incumplimiento de la normativa del mantenimiento de la mínima distancia entre líneas eléctricas y vegetación.

Esta pasividad con el cumplimiento de la normativa de prevención de incendios forestales por parte de la empresa de Aguas de Arucas y Firgas y la falta de insistencia y sanciones impuestas por el gobierno canario y por Endesa originó el desastre del 17 de agosto de 2019, en el cual, a las 15:45 de la tarde, las copas de los arboles entraron en contacto con los conductores de la línea eléctrica provocando así un incendio que arrasó un total de 8.498,80ha, el cual se prolongó durante 40 días con llamas de más de 50m de altura y consumió parte del Parque natural de Tamadaba, perdiendo así una reserva de la biosfera única para la isla.



**Imagen 3.1.** Imagen de satélite de Gran Canaria, agosto de 2019.

Fuente: (Sentinel-2A- Proyecto Copernicus)

Ese verano ocurrieron en la isla otros incendios, algunos de gran magnitud, como el siniestro de Artenara, el cual consumió 1.137,60ha, por lo que con estos datos catastróficos, 2019 se sitúa a la cabeza de los peores años para la isla y ese mismo año tiene las peores cifras en cuanto a GIF (Grades Incendios Forestales) de toda España.

Provincia	Municipio	Fecha (día/mes)	Superficie Forestal (ha)
Asturias	Salas	06/03	770,22
A Coruña	Dodro	25/03	1.192,71
Huelva	Beas	01/06	1.483,10
Tarragona	La Torre d'í Espanyol	26/06	4.072,24
Ávila	Gavilanes	28/06	1.414,86
Toledo	Almorox	28/06	3.014,48
Toledo	Toledo	28/06	1.017,67
Almería	Terque	13/07	900,47
Alicante	Beneixama	15/07	861,97
Zaragoza	Perdiguera	23/07	599,98
Cuenca	Barchín del Hoyo	30/07	2.591,00
Las Palmas	Artenara	10/08	1.137,60
Las Palmas	Valleseco	17/08	8.498,80
Huelva	Paterna del Campo	12/09	996,35
<b>SUPERFICIE FORESTAL AFECTADA</b>			<b>28.551,42</b>

Tabla 3-1 Grandes incendios forestales en España en 2019, localización y extensión.

Fuente: (Los incendios forestales en España - 1 enero / 31 diciembre 2019 Avance Informativo - Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

### 3.1.2 Ubicación

Como ya se ha comentado anteriormente, el objetivo principal es obtener un cartografiado del riesgo de incendio del parque de Tamadaba para comprender si las alertas en cuanto a modelización de predicciones de riesgo estaban realizadas previamente al incendio y conocer la peligrosidad real del parque de Tamadaba para aquella época, por lo que primero debemos localizar la zona de estudio.

El parque de Tamadaba se encuentra en la isla de Gran Canaria, en la comunidad autónoma de Canarias islas Canarias, España.

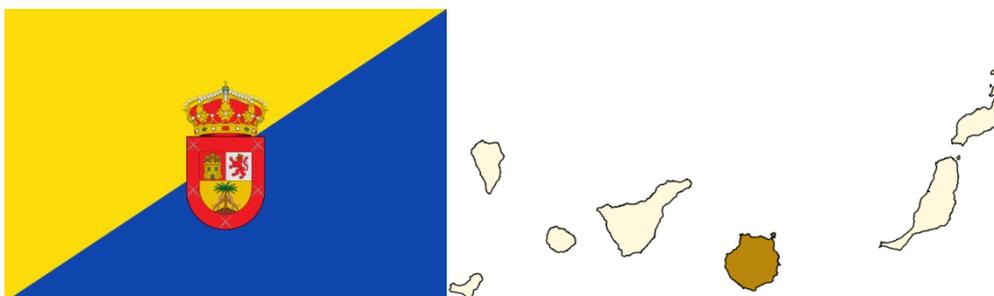


Imagen 3.2. Localización de la isla de Gran Canaria.  
Fuente: (Wikipedia)

En la isla de Gran Canaria existen tan solo 2 parques naturales, el Parque Natural de Pílancones y al noroeste, el Parque Natural de Tamadaba, este último el objeto de nuestro estudio. Este parque se encuentra en las coordenadas 28°02'06"N 15°43'28"O (28.034964°, -15.724483°),

ocupa una extensión de 7538,6 ha, lo que supone un 4,83% de la superficie total de la isla, se encuentra dentro de la provincia de Las Palmas, pero se distribuye por distintos municipios, que son el de Agaete, Artenara y San Nicolás.



*Imagen 3.3. Disposición geográfica del parque de Tamadaba.  
Fuente: (Google maps)*

### 3.1.3 Descripción del lugar

El parque natural se extiende desde la costa a unos kilómetros al interior, con una extensión de más de 7500 ha. Tiene una gran variedad orográfica, compuesta por un conjunto de valles y barrancos, formado por risco y macizos capaces de redistribuir el agua con precisión provocando erosión en la tierra y así facilitando la construcción de presas y el arraigue de la vida en la zona.

El Parque Natural de Tamadaba es el hogar de muchas especies, muchas de las cuales, en peligro de extinción, así como el pinzón azul (*Fringilla polatzeki*), natural de la isla el cual no se conoce en otro lugar del mundo. Esta ave anida en el bosque de pinos que compone el parque natural, por eso es muy importante mantener la biosfera de este parque en perfectas condiciones para la recuperación total de esta especie.



**Imagen 3.4.** Pinzón azul canario.  
Fuente: (Google Imágenes)

Otra ave notable de la zona sería el picapinos grancanario (*Dendrocopos major*). Incluso el bosque es el hábitat de ciertas aves rapaces y cernícalos tales como el busardo ratonero (*Buteo buteo sbsp. insularum*) o el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) entre otros.

Así como también existen otro gran número de aves distintas de diversos tamaños, cabe destacar la familia de cuervos autóctona de la zona que en las últimas décadas ha ido decreciendo (*Corvus corax*).



**Imagen 3.5.** Picapinos grancanario.



**Imagen 3.6.** Busardo ratonero.

Fuente: (cabildo.grancanaria.com)

Aparte de aves, existe un gran número distinto de reptiles en la zona, los cuales se reparten en el parque dependiendo de dos zonas, o el bosque o los acantilados de la costa.

Los reptiles ubicados en las zonas costeras sería el lagarto gigante grancanario (*Gallotia stehlini*), y en las zonas altas de montaña, encontraríamos a la lisa de cola verde o azul (*Chalcides sexlineatus*).



**Imagen 3.7.** Temperatura media del mes de agosto de 2019.

Fuente: (AEMET)



**Imagen 3.8.** Temperatura media del mes de agosto de 2019.

Fuente: (AEMET)

Si observamos la flora de la zona, encontramos un gran número de especies. El Parque Natural de Tamadaba es un bosque principalmente de pino canario (*Pinus canariensis*), el mejor conservado que existe. Este bosque da hogar a muchas especies vegetales. Al ser un pinar húmedo, podemos encontrar laurel (*Laurus novocanariensis*), brezo (*Erica arborea*) y madroño canario (*Arbutus canariensis*) entre otros, y en el sotobosque podemos encontrar más de 150 especies distintas de hongos.



**Imagen 3.9.** Bosque de pino canario del Parque Natural de Tamadaba.

Fuente: ([cabildo.grancanaria.com](http://cabildo.grancanaria.com))

En las zonas secas y cálidas del parque natural podemos encontrar otro tipo de árboles tales como *Phoenix canariensis* o palmera canaria. Junto a estos palmerales podemos encontrar subespecies autóctonas como el drago (*Dracaena draco*) y el balo (*Plocama pendula*), y sabinas (*Juniperus turbinata*) entre otras.

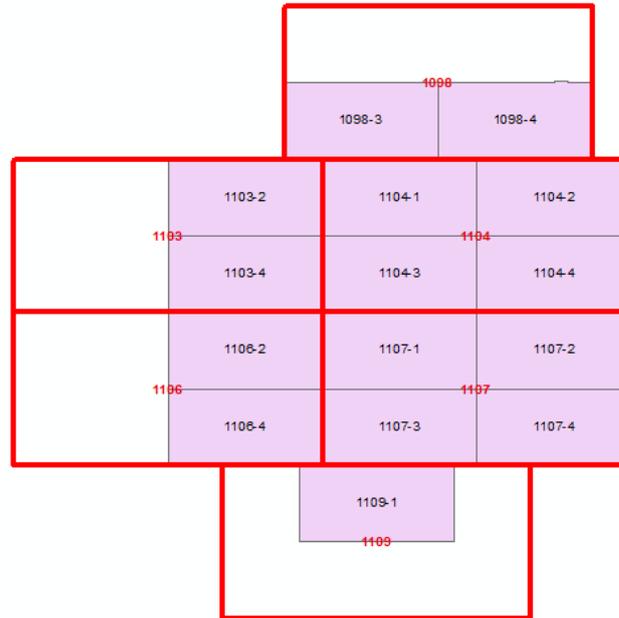


**Imagen 3.10.** Drago del castillo del romeral, Gran Canaria.  
Fuente: (cabildo.grancanaria.com)

## 3.2 Datos

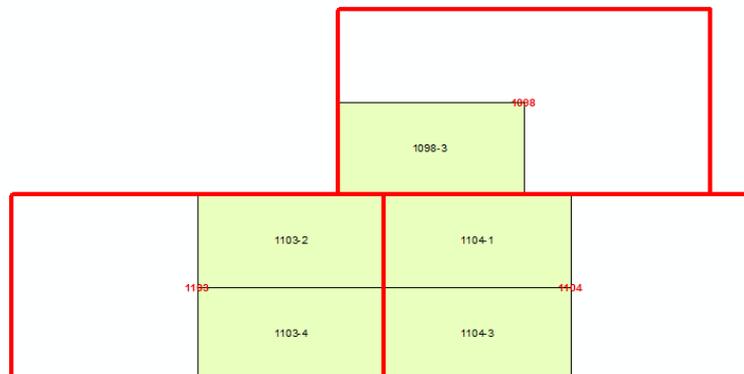
### 3.2.1 Hojas MTN

De los datos obtenidos para realizar la cartografía hemos descargado del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) un conjunto de Mapas tanto vectoriales como ráster para la posterior realización del sistema de información georeferenciado y la cartografía de riesgo de incendio. Para ello descargamos las hojas a las que pertenece Gran canarias y así podemos observar qué datos entran en nuestra zona de estudio, dependiendo de la hoja, gracias a las cuadrículas 1:50000 y 1:25000 (imagen (3-11)).



**Imagen 3.11.** Disposición de las Hojas 1:25000 y 1:50000 de la isla de Gran Canaria.

Dado el orden de las hojas, nuestro proyecto se centrara en la información raster y vectorial que nos faciliten las hojas MTN25 10983, 11032, 11034, 11041 y 11043.

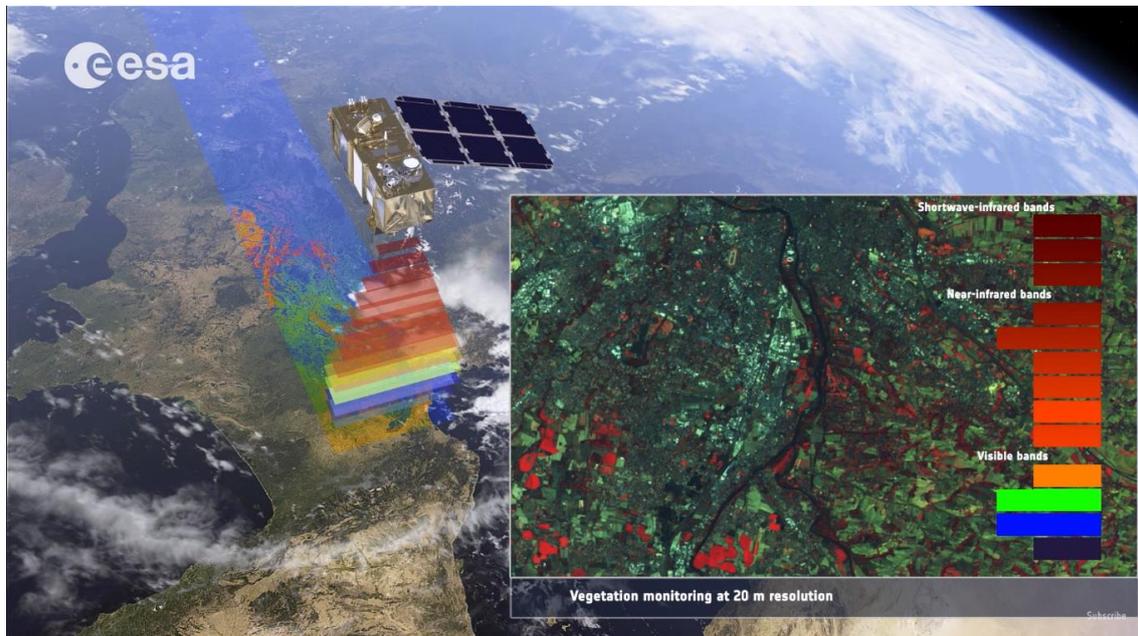


**Imagen 3.12.** Disposición de las Hojas 1:25000 y 1:50000 de la zona de estudio.

### 3.2.2 Imágenes Sentinel

Muchas de las imágenes obtenidas para el trabajo son imágenes procedentes del Sentinel-2A desde la página <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Este satélite pertenece a la familia de satélites Sentinel, satélites lanzados al espacio bajo la supervisión de la ESA y dentro del programa Copérnico, el cual se formó en 1998 con la finalidad de mantener una activa vigilancia medioambiental de manera autónoma y cuyos productos sean gratuitos para su aprovechamiento científico.

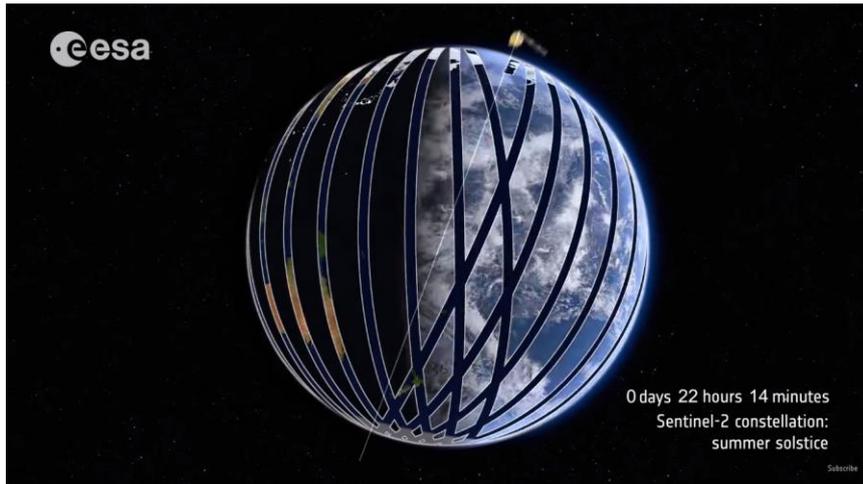
Desde su inauguración el 19 de mayo de 1998 hasta hoy el programa Copérnico (Copernicus) ha tenido multitud en misiones de observación, lanzando la primera misión con el Sentinel-1 en 2014, seguido del Sentinel 1-B en 2016 y así hasta 6 misiones distintas, proporcionando una multitud de servicios, desde datos altimétricos, monitorización atmosférica a distintas imágenes obtenidas bandas del espectro visible, infrarrojo cercano para la obtención de distintos tipos de datos (imágenes satélite, radiación ultravioleta, monitorización de la vegetación... etc.).



**Imagen 3.13.** información del Sentinel 2-A.

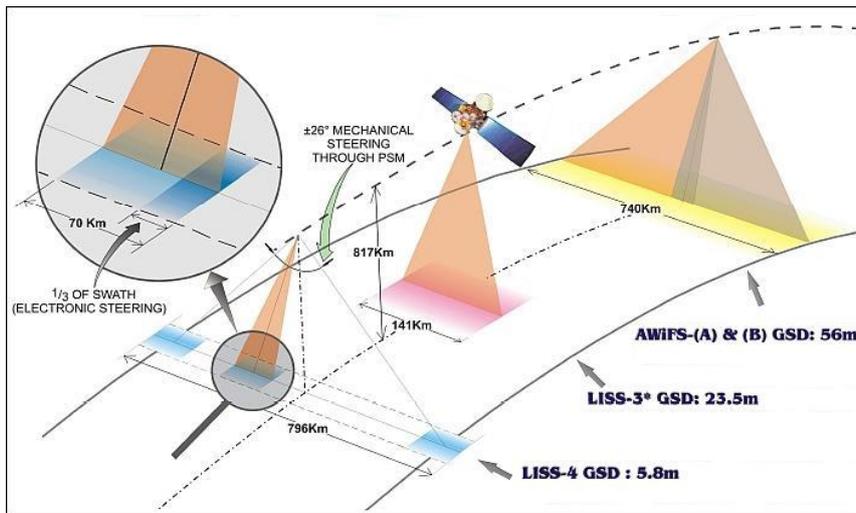
Fuente: (ESA.int/Sentinel2 )

El satélite del cual hemos obtenido las distintas imágenes es el Sentinel-2A, lanzado al espacio el 23 de Junio de 2015, con su posterior gemelo el 2B lanzado al espacio en 2016. La diferencia entre este satélite 2A y el 2B es la que se muestra en la imagen 3-14. Se trata del ángulo de barrido que proyecta, debido a la forma de la tierra y la órbita del satélite, para que realice vistas de una misma zona con más frecuencia y así obtener imágenes del mismo grupo de satélites (Sentinel 2) en menos de 5 días (actualmente la revista completa es cada 10 días desde un solo satélite).



**Imagen 3.14.** Tipo de órbita del satélite Sentinel 2-A.  
Fuente: ( [ESA.int/Sentinel2](http://ESA.int/Sentinel2) )

El Sentinel-2A orbita a una altura de 786 Km desde el 23 de Junio de 2015, portando consigo una cámara multispectral de distintas resoluciones, de 10 a 60 metros, siguiendo una trayectoria Push-broom (imagen 3-15) de 290km de ancho con 12 detectores integrados, obteniendo imágenes en las bandas visibles y del infrarrojo próximo.



**Imagen 3.15.** Ejemplo de tecnología "Push-broom".  
Fuente: ( [ESA.int/Sentinel2](http://ESA.int/Sentinel2) )

Los datos técnicos de las bandas que capta la cámara multispectral que porta el satélite están mostrados en la tabla 3-2.

Sensor	Intervalos de longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	Tamaño Pixel	Espectro
Sentinel-2A: 10 metros			
Banda 2	490 nm	10 m	Azul
Banda 3	560 nm	10 m	Verde
Banda 4	665 nm	10 m	Rojo
Banda 8	842 nm	10 m	Infrarrojo Cercano

Sentinel-2A: 20 metros			
Banda 5	705 nm	20 m	Borde Rojo
Banda 6	740 nm	20 m	Borde Rojo
Banda 7	783 nm	20 m	Borde Rojo
Banda 8A	865 nm	20 m	Borde Rojo
Banda 11	1610 nm	20 m	Imagen infrarroja de onda corta
Banda 12	2190 nm	20 m	Imagen infrarroja de onda corta
Sentinel-2A: 60 metros			
Banda 1	443 nm	60 m	Borde Azul
Banda 9	940 nm	60 m	Vapor de agua
Banda 10	1375 nm	60 m	Imagen infrarroja de onda corta

**Tabla 3-2** Características espectrales de los sensores del Sentinel-2A.

### 3.2.3 Cartografía usada

Como ya hemos comentado, se han usado imágenes del Sentinel de fechas concretas de antes y después del incendio, pero la gran mayoría de datos se han descargado de la aplicación de descarga de información geográfica que proporciona el mismo CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica). Estos datos vienen en formato SHP para su posterior manipulación mediante el software de Arcgis. Los archivos descargados son BTN25, lo que indica que, dependiendo el archivo de descarga (vectoriales o raster), su escala es 1:25000 y son cedidos por la Base Topográfica Nacional, una base de datos perteneciente al IGN (Instituto Geográfico Nacional), la cual describe la geografía española a escala 1:25000. Un inciso sobre esta base de datos es que, dado que España pertenece a la Unión Europea, este participa en la iniciativa INSPIRE, lo cual permite una interoperabilidad y descarga de estos datos dentro de los países participantes de esta iniciativa.



**Imagen 3.16.** Imagen satelital de Gran Canaria y el parque de Tamadaba en círculo rojo.

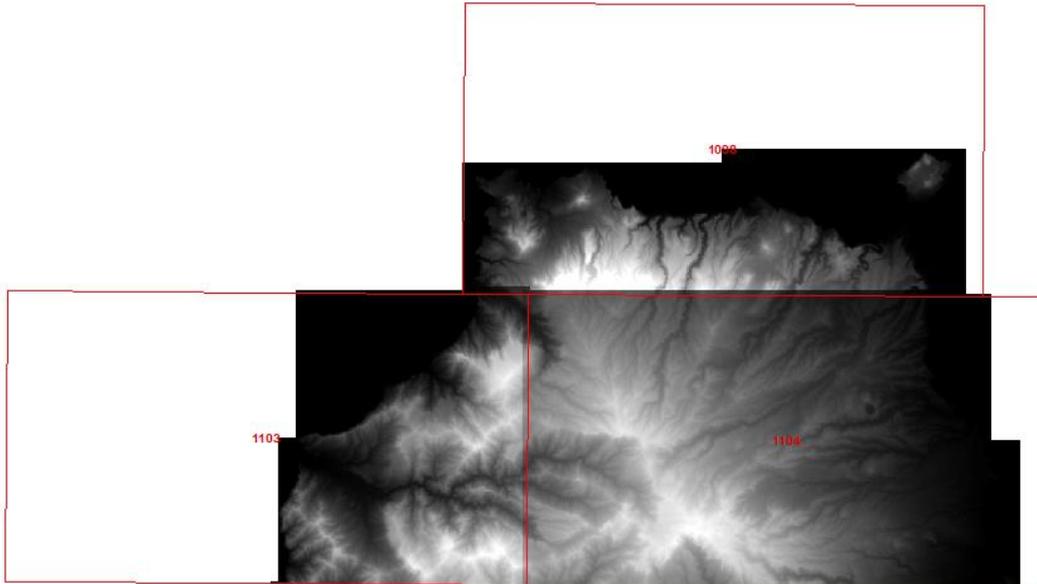
Fuente: (Sentinel 2A – Proyecto Copernicus )

Como se observa en la imagen 3-16 (podemos apreciar la zona de estudio marcada por un círculo rojo), los datos descargados de Canarias, al no estar en la península ibérica, no usan el mismo Sistema Geodésico de Referencia ya que, en la península, Baleares y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla se usa el ETRS89 y la proyección UTM en su huso 30, sin embargo en las Islas Canarias se usa la REGCAN95, ambos compatibles con el sistema Geodésico de Referencia WGS84. Además, en Canarias se usa el UTM huso 28, distinto en la proyección UTM de la península.

Dentro de los ZIP descargados de la zona, podemos obtener mucha información para el futuro Sistema de Información Georeferenciado (GIS) que nos ayudará a la creación de los mapas de riesgo de incendio. Dentro de estos archivos comprimidos podemos sacar información de los núcleos urbanos y su localización, las carreteras y demás vías de comunicación, las líneas eléctricas, muy importantes debido que el incendio se originó por una de estas, la hidrología y embalses de la zona que permitirán a los bomberos realizar las acciones de extinción con más brevedad, por lo que son factores a tener en cuenta en la generación de mapas de riesgo y propagación de incendios forestales.

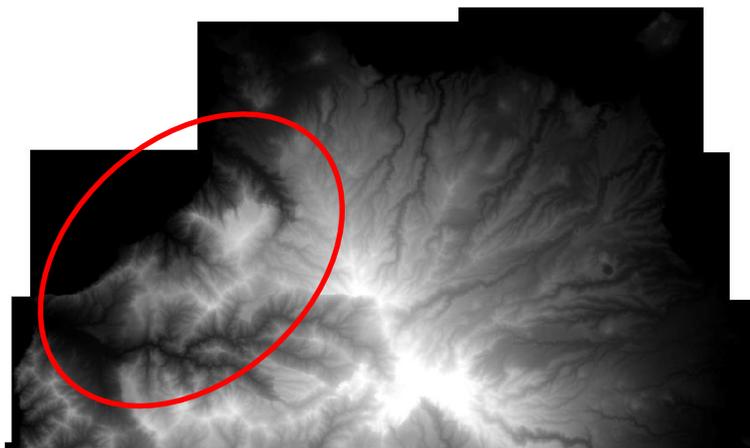
#### 3.2.4 MDT

El MDT o modelo digital de elevaciones, es un mapa con los valores altimétricos. En nuestro caso, la zona de estudio es una zona muy extensa ocupando terreno en 3 hojas distintas, la 1104, la 1103 y en menor medida, pero para situarnos geográficamente, también la hoja 1098 como se muestra en la imagen 3-17. Su sistema geodésico de referencia es el REGCAN95, su proyección es la UTM huso 28 y el tamaño de la malla de paso es de 25m.



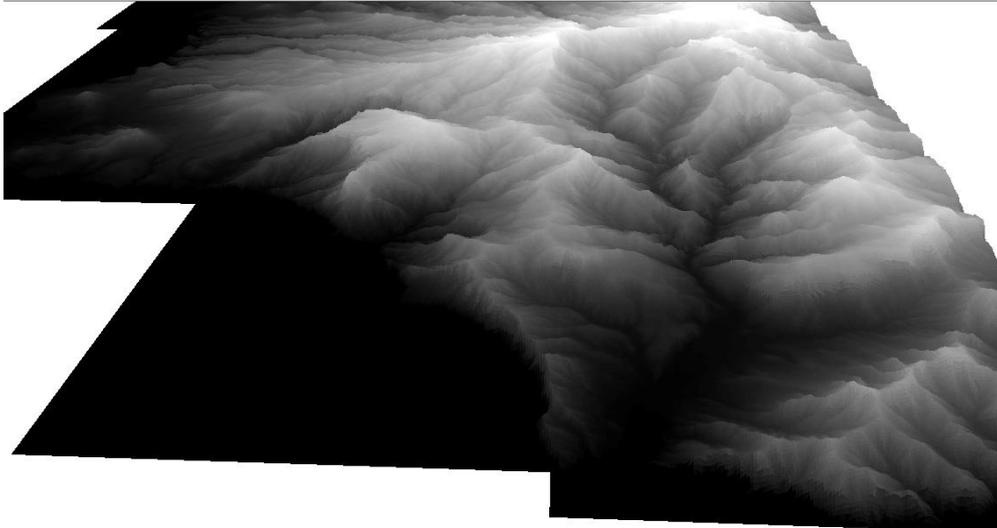
**Imagen 3.17.** MDT a escala 1:25000 del norte de la isla de Gran Canaria.

Para descargarlas, mediante la herramienta de localización del CNIG elegimos los productos, los cuales están en formato ASCII. Al tener archivos de distintas hojas, nos interesa tener el MDT en un solo archivo así que, para unirlos, primero debemos convertir el ASCII a ráster, y luego fusionarlos. Para ello haremos uso del software Arcmap, en el cual cargamos los archivos ASCII, estos los convertimos con la herramienta “From ASCII to Raster”, y una vez están en formato ráster, mediante el “Data Management Tools”, haremos uso de la herramienta “Raster” y “Mosaic to New Raster”, obteniendo así un solo archivo con todos los datos de elevación del terreno (Imagen 3-18).



**Imagen 3.18.** MDT a escala 1:25000 marcada la zona de estudio.

Y una vez obtenido este MDT, mediante el software ArcScene, podemos generar un modelo en 3D para poder obtener una idea más clara de la forma del terreno explicada anteriormente (Imagen 3-19).



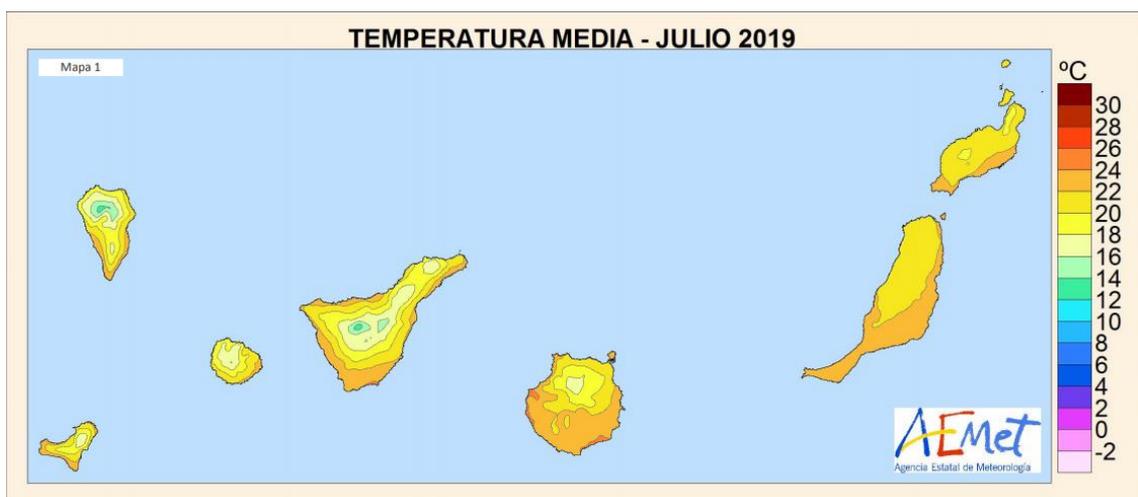
*Imagen 3.19. Modelización 3D del MDT del Parque Natural de Tamadaba.*

### 3.2.5 Datos climatológicos

En cuanto a los datos climatológicos, debemos tener en cuenta varios aspectos como ya hemos visto en el apartado que explico los factores atmosféricos que influyen en un incendio, que son el viento, la temperatura y la humedad, ya sea en forma de lluvia. Dependiendo de los valores de los factores anteriores, la zona presentara mayor o menor riesgo de incendio.

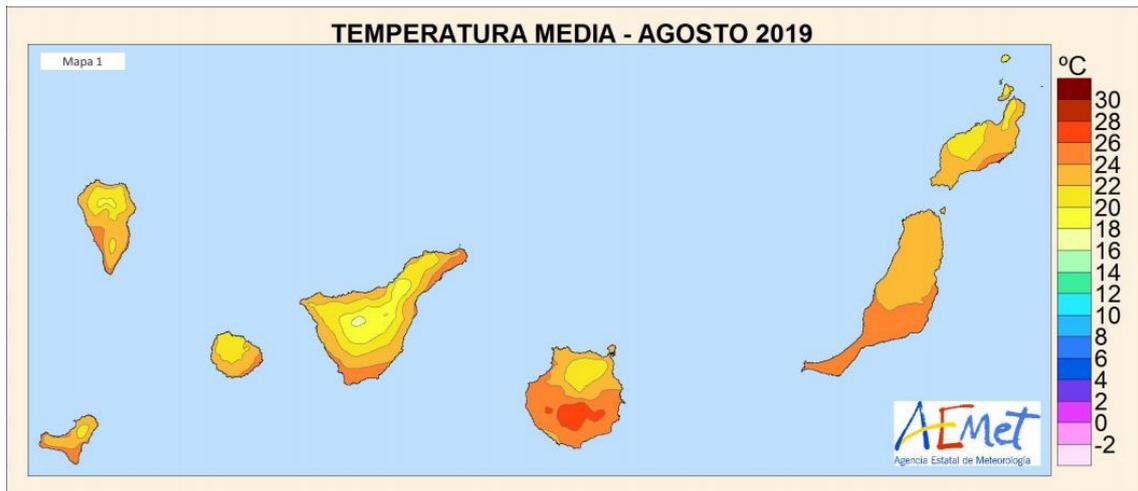
#### **-La temperatura**

En cuanto a los datos de temperatura, AEMET facilita un estudio mensual con la media de los datos obtenidos durante el mes, para hacernos a la idea del clima de las islas. A continuación se adjuntan dos imágenes (3-20 y 3-21) con la temperatura media de junio y agosto del 2019:



*Imagen 3.20. Temperatura media del mes de Julio de 2019.*

Fuente: (AEMET)



**Imagen 3.21.** Temperatura media del mes de agosto de 2019.

Fuente: (AEMET)

Si ponemos la atención en la isla de Gran Canaria, más concretamente la parte noroeste, que es donde se encuentra el bosque de Tamadaba, vemos que en ambos meses, las temperaturas son muy altas, llegando en agosto a valores por encima de los 25 grados y nunca inferiores a los 20 grados.

**-Las precipitaciones**

En cuanto a las precipitaciones, la imagen 3-21, nos indica que durante el mes de agosto llovió una media de entre 0.1 y 1mm en la zona del Parque Natural de Tamadaba, se ubicaron en la parte norte de la isla, alejada de la zona de estudio, creando así las condiciones perfectas entre temperatura y falta de precipitaciones para la aparición y propagación de un fuego.



**Imagen 3.22.** Precipitación acumulada del mes de agosto de 2019.

Fuente: (AEMET)

**-El viento**

En cuanto al viento, al ser valores más cambiantes con los días y con las horas no tiene sentido obtener los valores medios del mes, por lo que contactando con AEMET y solicitando los datos día a día de la isla de Gran Canaria obtenemos el siguiente mapa (imagen 3-23) de localización de cada una de las bases meteorológicas de Gran Canaria cercanas al Parque Natural de Tamadaba, y la tabla (3-3) con los datos de esas bases del día que se produjo el incendio (17 de agosto), donde N.I es el numero identificativo de la base meteorológica y la hora es el momento en el cual se captaron las rachas de viento más fuertes de ese día. Así podemos saber que en el momento de originarse el fuego, en el parque de Tamadaba hacía rachas de viento superiores a 55km/h:



**Imagen 3.23.** Disposición de las bases meteorológicas en la isla de Gran Canaria.

Fuente: (Google Earth y AEMET)

N.I	AÑO	ME S	DI A	NOMBRE	AL T.	LONG	LAT	Vel_MAX Km/h	HOR A
C6 19 D	2019	8	17	AGAETE-PUERTO DE LAS NIEVES	10	15423 72	2805 50	68	4:00
C6 19 X	2019	8	17	AGAETE-CASCO	5	15424 62	2806 04	55	10:0 0
C6 19 Y	2019	8	17	LA ALDEA DE SAN NICOLAS	13	15482 72	2800 04	72	16:3 5

**Tabla 3-3** Relación base meteorológica y velocidad del viento máxima registrada el 17/08/2019.

### 3.3 Metodología

Como ya hemos visto, existen dos variables fundamentales en la formación y evolución de un incendio forestal, por lo que podemos decir que el riesgo de un incendio forestal depende así mismo de la ignición o peligro de ignición, lo cual explica la probabilidad de que suceda un fuego, y la otra variable que es el peligro de propagación de ese fuego, cada una de ellas depende de distintas variables como se puede observar en el gráfico (Gráfico 2.9).



**Gráfico 2.9** Mapa conceptual de las variables necesarias para el cálculo del peligro de ignición

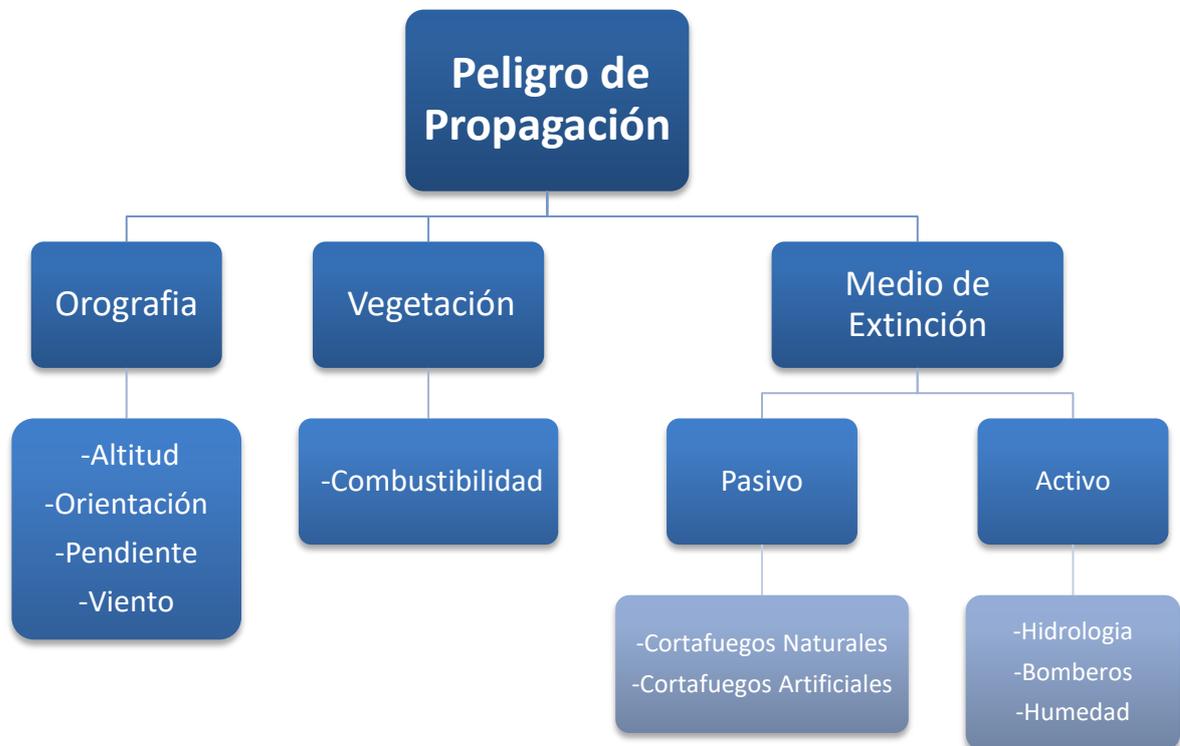
El peligro de ignición viene influenciado por las características del combustible (vegetación en el caso de nuestro estudio), el cual así mismo dependerá de las variables de iluminación, ya que dependiendo si son zonas que les da mucho el sol, pueden ser más propensas a incendiarse, así como la altitud como ya se ha explicado, es otro factor a tener en cuenta en la formación de fuegos, ya que a cuanto más altitud, menor la temperatura, y por lo tanto menor probabilidad de incendio. Por otro lado está el concepto de NDVI, el cual indica la cantidad de vegetación, en concreto *Índice del Nivel de Vegetación Normalizada*, cuyos valores varían entre -1 y 1 debido al resultado obtenido por la fórmula de la imagen 3-24, donde los valores negativos serán zonas de suelo, agua etc... y los valores positivos vegetación. Estos valores juntos supondrán el factor de *Vegetación*, el cual obtendremos con el manejo de distintos software.

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

**Imagen 3.24.** Fórmula del cálculo del Índice del Nivel de Vegetación Normalizada

En cuanto a la otra parte de nuestra metodología de obtención del peligro de ignición será necesario conocer los posibles activadores, de los cuales consideraremos como activadores a las zonas más próximas a vías de comunicación como carreteras, sendas y caminos, las líneas eléctricas y los núcleos urbanos. Estas variables se consideran activadores r que son zonas concurridas por el ser humano, causante de la mayoría de los incendios producidos.

Como ya se ha explicado, para obtener el mapa de riesgo de incendio, debemos obtener antes dos mapas, el de peligro de ignición explicado anteriormente, y el de peligro de propagación, este último también dependerá de diversos factores como se muestra en el gráfico (Gráfico 2.10).



**Gráfico 2.10** Mapa conceptual de las variables necesarias para el cálculo del peligro de propagación

Para el estudio del cartografiado del riesgo de la propagación, debemos tener en cuenta 3 factores, la orografía, la vegetación y los medios de extinción. En la orografía o características del relieve, deberemos calcular ciertas variables, como la altitud, que a diferencia que en el peligro de ignición, tan solo dirigirá la orientación de las llamas. En cuanto a la vegetación, trataremos de calcular la combustibilidad de los materiales que componen la zona de estudio y los medios de extinción, naturales como artificiales, que su existencia supondrá trabas al avance del fuego.

Una vez obtenidos ambos cartografiados de peligros, deberemos unirlos para obtener el resultado final de riesgo de incendio que presentará el Parque Natural de Tamadaba (gráfico (2-11)).



**Gráfico 2.11** Mapa conceptual de las variables necesarias para el cálculo del riesgo de incendio

Aunque la zona de estudio no sea muy amplia se compone de 4 hojas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:25000, por lo que todos los datos descargados, que vienen en formato ZIP ordenados por hojas, habrá que unirlos para luego de toda la información que nos ofrece, tan solo usar la que nos interesa para el cálculo de las variables que afectarían a un incendio en el Parque Natural de Tamadaba.

Para ello, se ha introducido los datos de las zonas protegidas con la capa de nombre "BCN0107S\_ZON\_PR" en el software Arcmap, una vez introducidas las 4 capas distintas, una de cada hoja, procedemos a unir las con la herramienta "Union", la cual unirá la geometría de los polígonos que componen la capa, creando una sola capa. Pero dado que tenemos trozos del Parque Natural de Tamadaba en distintas hojas, nos interesa que el parque este entero representado como un solo polígono, por lo tanto, haciendo uso de la herramienta "Merge", podremos seleccionar que una los polígonos con el mismo atributo de "ETIQUETA" y así obtener un polígono único correspondiente al parque natural para poder delimitar la zona de estudio como se muestra en la imagen 3-25.



*Imagen 3.25. Contorno en rojo del parque natural de Tamadaba.*

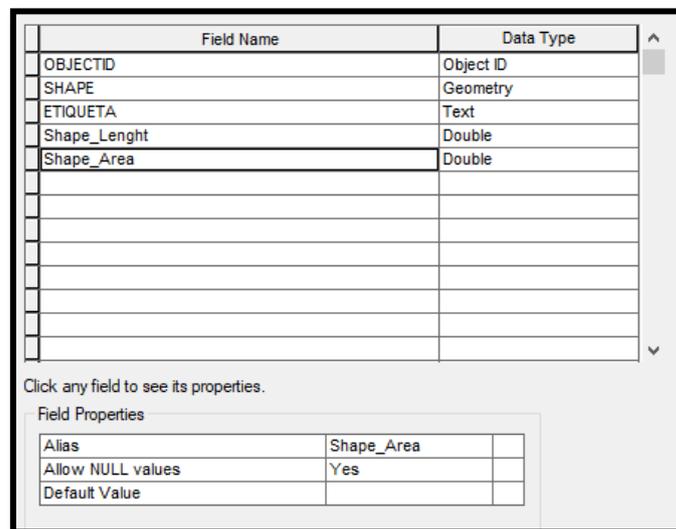
Una vez tenemos delimitada la zona de estudio, ahora haciendo uso de la familia de programas que ofrece Arcgis 10.1 (ArcMap, ArcCatalog y ArcScene), procederemos a la configuración del proyecto, ya que los datos que se van a introducir a continuación presentan distintas características.

Para ello el primer paso será definir el sistema de referencia de nuestro proyecto, dado que se trata de canarias deberemos usar su sistema de referencia propio, el REGCAN95\_UTM\_Zone\_28N, el cual es compatible con el sistema que se emplea en el resto de España, el ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_28 (En España es huso 30, pero en Canarias no, es huso 28 de la proyección UTM).

Mediante la herramienta del Arcmap “*Define Projection*” dentro de los comandos de “*Data Management Tools*” podremos estipular o corregir ese sistema de referencia.

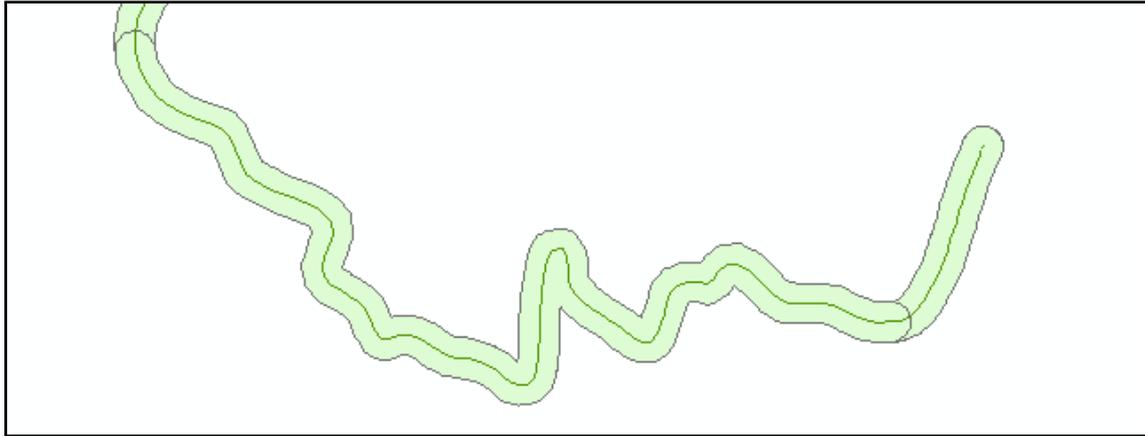
Una vez definido el sistema de referencia, procedemos a la configuración de los datos extraídos de la BTN25 necesarios para el cartografiado de riesgo de incendio para que estos correspondan a la zona de estudio.

Una vez tengamos todos los datos dispuestos, al tener demasiada información las capas descargadas de la BTN25, debemos crear nuevas “*feature class*”, dentro de la geodatabase de nuestro proyecto, para cada una de las variables (líneas eléctricas, Núcleos urbanos, vías de comunicación...etc.) que precisamos para la creación de las distintas cartografías. Para que estos datos no vengán sobrecargados de información a la nueva “*feature class*”, previamente al crearla especificaremos los campos que consideramos precisos que debe llevar esa información para el trabajo (Imagen 3-26).



**Imagen 3.26.** Creación de la *feature class* de núcleos urbanos.

Una vez estén todos los datos cargados en las correspondientes “*featured class*” mediante la herramienta de “*Load data*”, procedemos a la configuración de parámetros que puedan darnos valores cuantitativos de riesgo. En los casos de las vías de comunicación, mediante la herramienta “*Buffer*”, crearemos mapas que nos darán valores de riesgo cuantitativos dependiendo de la proximidad a las vías, ya que cuanto más cerca de las vías más peligro de ignición existe, esto mismo ocurre con las líneas eléctricas, haremos uso de la herramienta “*Buffer*” con el mismo fin que con las vías de comunicación, como se muestra en la imagen 3-27.



**Imagen 3.27.** Ejemplo de buffer.

Por el contrario, la hidrología presenta cualidades que mitigan los incendios, por lo que en los ríos, embalses, presas o piscinas, se creara un “buffer” de proximidad en el cual los valores más cercanos al foco del “buffer” serán valores de riesgo bajo o nulo, y los más alejados presentaran más riesgo de incendio. De esta misma manera configuraremos todos los datos correspondientes a la prevención de incendios, como seria toda la hidrología o los parques de bomberos.

Una vez tenemos todos los datos necesarios, y todas las configuraciones de representación terminadas, iremos juntado los distintos resultados como se ha visto en las imagenes 3-28 y 3-29. Para la creación del Riesgo de ignición y del Riesgo de propagación nos apoyaremos de la formulación propuesta por D. Francisco Javier Salas Rey y D. David Cocero Matesanz en su libro “El concepto del peligro de incendio. Sistemas actuales de estimación del peligro. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales”.(2004.), donde establecen la obtención de los índices de riesgo de ignición (RI) y riesgo de propagación (RP) por medio de las formulas (a) y (b).

$$RI = 4 * H + 3 * V + 2 * I - E \quad (a)$$

**Imagen 3.28.** Fórmula para el cálculo del riesgo de ignición de incendio.

Dónde:

**H=** Es la acción humana, estará formada por las variables que componen el activador, tales como los núcleos urbanos, las vías y centrales eléctricas y toda clase de vía de comunicación.

**V=** Tratara de los valores cuantitativos proporcionados por el *Índice del Nivel de Vegetación Normalizada* (NDVI), el cual nos indicará la cantidad y calidad de la vegetación de la zona de estudio.

**I=** Sera la variable que considera la iluminación solar de la zona.

**E=** La variable que contempla la altitud.

$$RP = 5 * V + 4 * S + 3 * A - E - FB - H \quad (b)$$

*Imagen 3.29. Fórmula para el cálculo del riesgo de propagación de incendios.*

Dónde:

**V**= Sera el grado de combustibilidad de la vegetación presente.

**S**= En esta variable estableceremos los valores cuantitativos de la pendiente que intervienen en la propagación de incendios y la velocidad del viento.

**A**= Se tratara del valor cuantitativo que nos presentara la orientación (Norte, Sur, Este u Oeste) de la zona de estudio.

**E**= La variable que contempla la altitud

**FB**= Tratará de la variable que contempla los valores cuantitativos que producen los medios pasivos y activos de extinción de incendios.

**H**= La variable sobre la humedad relativa del ambiente

Una vez obtenidos ambos mapas de riesgo, procederemos a la suma de los dos usando la herramienta de cálculo que nos ofrece el software de ArcMap, el cual sería la “*Raster Calculator*”, así obtenido el cartografiado de riesgo de incendio, podremos sacar conclusiones comparándolo con el incendio real ocurrido en agosto de 2019 y pudiendo comprobar así la idoneidad de nuestra metodología.

### 3.4 Procedimiento

#### 3.4.1 Peligro de ignición

##### NDVI

Para la obtención del índice de *Índice del Nivel de Vegetación Normalizada (NDVI)*, necesitaremos los datos descargados del Sentinel-2A, dado que la fórmula es la que se muestra en la imagen 3-30, haremos uso tan solo, de los 13 archivos que se descargan del “.ZIP”, de 2 archivos, los correspondientes a la banda del Infrarrojo Cercano (Banda 8) y el correspondiente a la banda que represente el Rojo, en este caso la Banda 4.

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

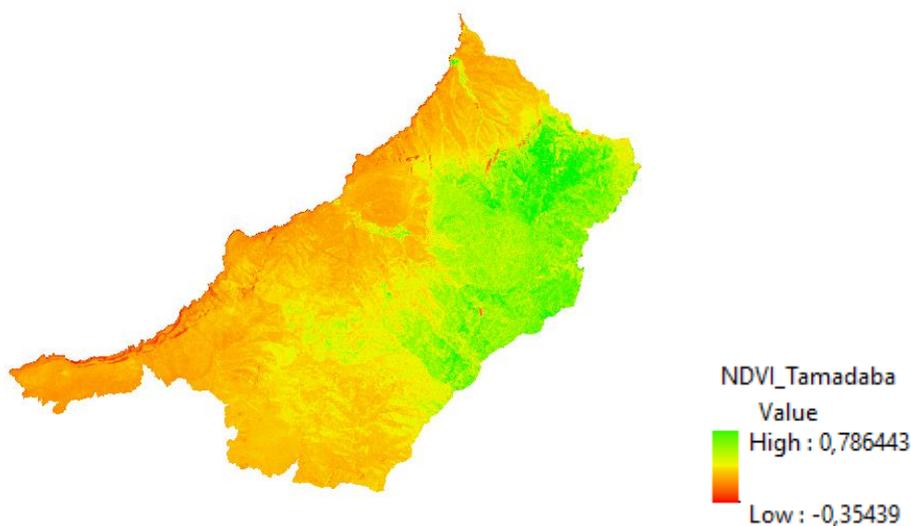
*Imagen 3.30. Fórmula del cálculo del Índice del Nivel de Vegetación Normalizada*

Una vez tenemos cargadas las imágenes, al representar tanto terreno, resultan complicadas de trabajar, por lo que las recortaremos para facilitar su uso. Dentro de Arcmap, en las herramientas que te ofrece la opción de "Arctoolbox" encontraremos en "Data Management Tools" la opción de "Raster -> Raster Processing -> Clip", con la opción Clip y un polígono que represente la zona de estudio, es posible recortar el raster descargado para así tener una mejor maniobrabilidad de datos obteniendo un resultado como el de la imagen 3-31.



**Imagen 3.31.** Visualización del recorte de la banda 8.

Este proceso lo repetiremos con ambas capas, la representante de la banda 8 y la de la banda 4, una vez tenemos ambas bandas recortadas aplicaremos la fórmula, mediante haremos uso de la herramienta "Band Math", la cual nos permite realizar operaciones como la mostrada en la imagen 3-32, con las capas cargadas en el proyecto. El Resultado obtenido será por tanto el NDVI, donde los valores siempre oscilarán entre 1 y -1, siendo los valores positivos más cercanos a 1 el valor para la vegetación y los negativos cercanos a -1 para el suelo desnudo o zonas sin nada de vegetación.



**Imagen 3.32.** Visualización del NDVI del Parque Natural de Tamadaba.

Para poder entender mejor los datos, a continuación se muestran los valores del histograma del NDV en el Gráfico 2.12, que nos mostrará lo repartidos que están los valores por el Parque Natural de Tamadaba.

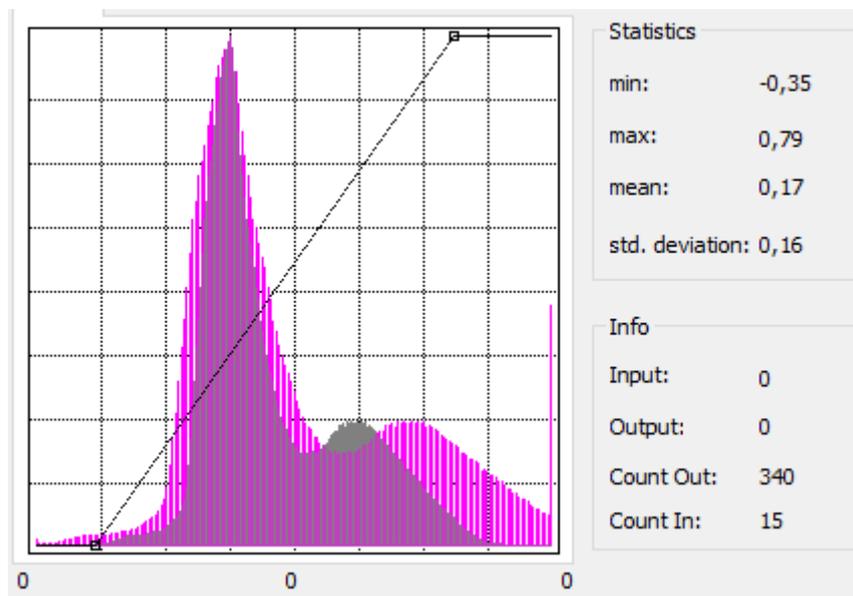


Gráfico 2.12 Histograma del NDVI calculado

Podemos observar dos acumulaciones de datos que junto con la imagen 3-32 podemos afirmar que existe una gran parte del parque natural con escasa vegetación y bastante suelo desnudo que correspondería a la zona costera donde se localizan los riscos y acantilados, y luego el otro gran cumulo de datos sería el bosque de pino canario del Parque Natural de Tamadaba,

### Temperatura y Precipitación

La temperatura de la isla se mantiene dentro de unos rangos constantes dado la latitud a la que se encuentra. Durante el mes de agosto de 2019 la temperatura media de la zona fue de 25 grados centígrados, esta temperatura cálida supone un riesgo alto en la aparición de incendios, ya que ni por la noche se enfría la zona, esto junto a las escasas precipitaciones que acontecieron en julio y junio (menos de 1mm/m<sup>2</sup>) mantiene la categoría de riesgo en "Alto".

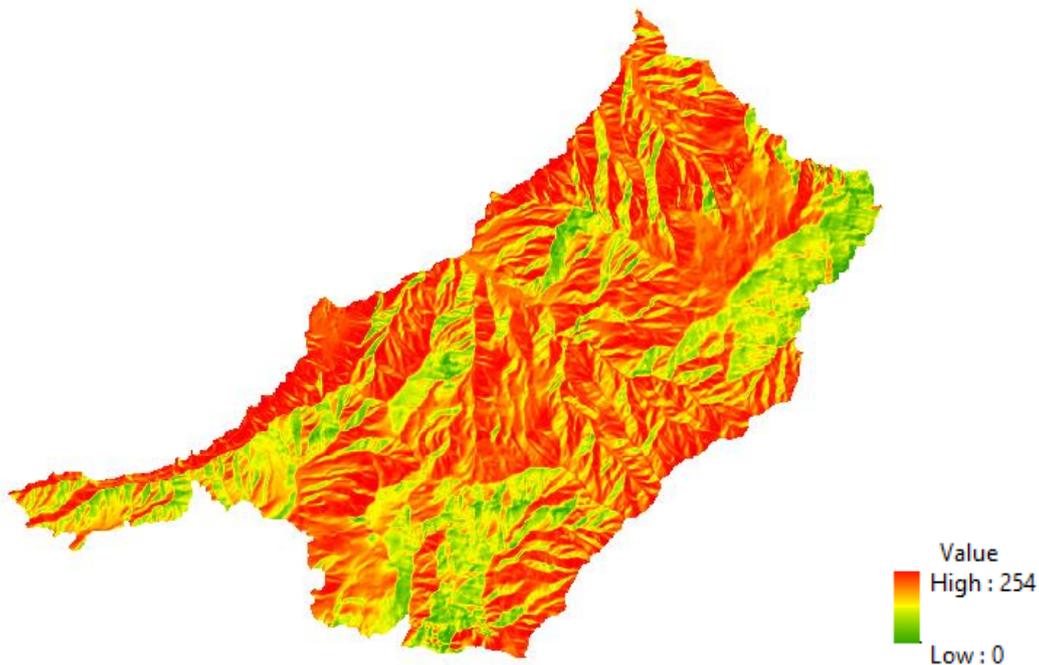
	Precipitación	Temperatura
Cantidad	< 1mm/m <sup>2</sup>	25°
Riesgo	Alto	Alto
Valor	4	4

Tabla 3-4 Parametrización de las variables temperatura y precipitación

### Iluminación solar

Para calcular la iluminación solar haremos uso de la herramienta “*Spatial Analyst Tools*” dentro de la cual encontraremos la opción de “*Surface -> HillShade*”, gracias a esta herramienta podremos calcular las zonas donde la iluminación solar es mayor y que zonas se quedan en penumbra o menos iluminadas.

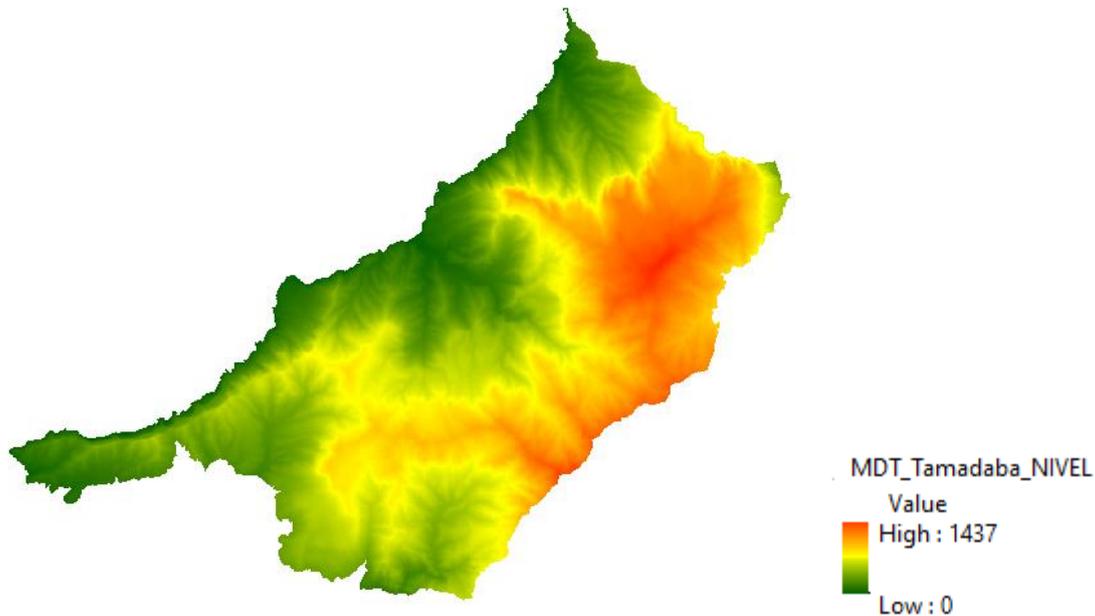
Para ello necesitaremos el MDT recortado que muestre tan solo el MDT del Parque Natural de Tamadaba, una vez tenemos esa capa siguiendo el mismo procedimiento que para el recorte del NDVI, procedemos a retocarla con la opción “*HillShade*”, obteniendo un resultado como el mostrado en la imagen 3-33, donde cuanto más rojo más tiempo estará iluminado, y cuanto más verde más en penumbra, estos valores vienen representados de 0 (Verde) a 254 (Rojo).



**Imagen 3.33.** Visualización del riesgo de incendio por iluminación solar del Parque Natural de Tamadaba.

### Altitud

Para obtener los datos altimétricos de no tener el MDT, deberíamos crearlo a partir de los datos que nos ofrece la BCN25 en la capa de “*BCN0201L\_CUR\_NIV*”, pero dado que tenemos al MDT ya no es necesario, puesto que aporta datos altimétricos de la zona a esa capa llamada “*MDT\_Tamadaba*” la modificaremos mediante la herramienta “*Contour*” que se encuentra dentro del menú “*Spatial Analyst Tools -> Surface*”, obteniendo un resultado que nos mostrara la altitud de la zona de estudio.



**Imagen 3.34.** Visualización del riesgo de incendio por altitud del Parque Natural de Tamadaba.

Donde la representación varía de puntos que se encuentran a una cota de 0m, hasta el punto más alto del parque de Tamadaba que se encuentra a 1437 m.

### Vías de comunicación

Para el cálculo de las vías de comunicación, insertaremos en el programa ArcMap todas las capas descargadas de la BTN25 correspondientes a vías, desde carreteras a sendas y caminos de tierra. Las vías de comunicación presentan un peligro de proximidad en cuanto a la ignición de incendios se trata, pues cuanto más cerca de una vía, mayor es la probabilidad de que se inicie un fuego, ya que son zonas concurridas que aumentan la posibilidad de que ocurra un suceso que termine en un fuego. Dado que la proximidad a estos elementos es la variable que debemos estudiar, habrá que crear mapas de proximidad, por lo que mediante “*Analysis Tools -> Proximity*” haremos uso de la herramienta “*Multiple ring buffer*” que nos facilitara este tipo de mapas de proximidad de riesgo. Dado que no todas las carreteras suponen el mismo riesgo, la distancia máxima y mínima del “*Buffer*” dependerá del tipo de vía y su afluencia, ya sea carretera (Muy concurridas) o caminos y sendas (Poco concurridas).

#### Carreteras

Uno de los archivos descargables del BTN25 son las carreteras, bajo el nombre de *BCN0605L\_CARRETERA*, se almacenan en esta capa todo tipo de carreteras, desde autovías, autopistas, hasta carreteras nacionales o autonómicas. En nuestro caso, después de haber juntado todas las capas de carreteras correspondientes a cada hoja (el trabajo presenta datos de 5 hojas distintas), el resultado lo recortaremos para que solo sean visibles las carreteras del parque de Tamadaba, tarea sencilla con el uso de la herramienta “*Clip*” dentro del menú de “*Geoprocessing*”.

Una vez teniendo solo los datos de las vías del parque de Tamadaba, en su tabla de atributos observamos que solo existe un tipo de carretera en esa zona, la carretera GC-200 y la GC-216, las cuales son carreteras autonómicas ambas, por lo que tan solo tendremos que realizar una configuración de “Buffer” para los datos de la zona.

Para ello consideramos 5 zonas distintas de riesgo dependiendo de su proximidad para con la carretera junto con el valor de riesgo cuantificable que se le asigna como se muestra en la tabla 3-5.

CARRETERA					
<b>Distancia (m)</b>	30	60	90	120	150
<b>Riesgo</b>	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
<b>Valor</b>	5	4	3	2	1

Tabla 3-5 Parametrización del riesgo que presentan las carreteras

Una vez configurados las distancias para los “Buffers” tal y como se muestra en la tabla anterior obtendremos un resultado como el de la imagen 3-35.

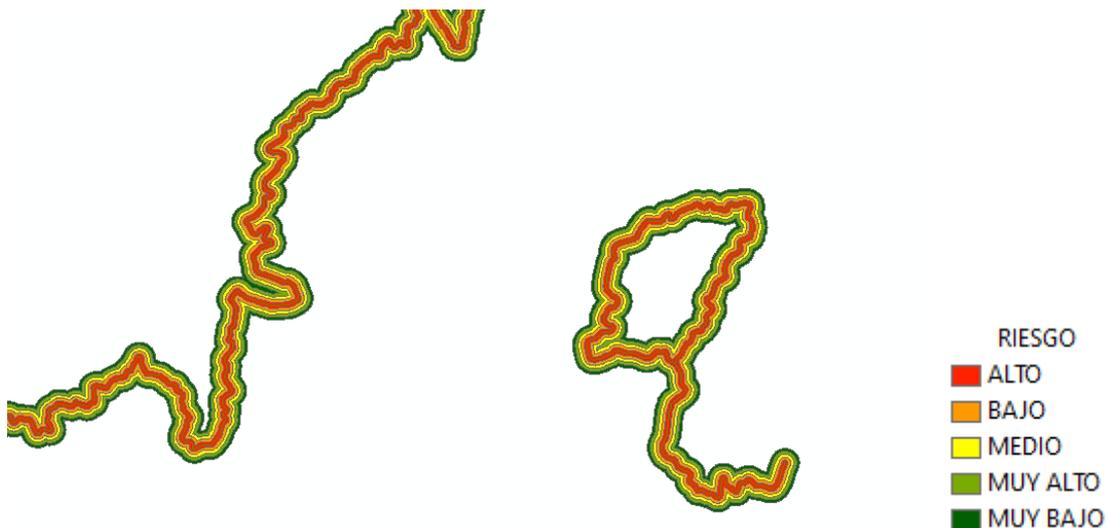


Imagen 3.35. Visualización del riesgo de incendio por proximidad a carreteras del Parque Natural de Tamadaba.

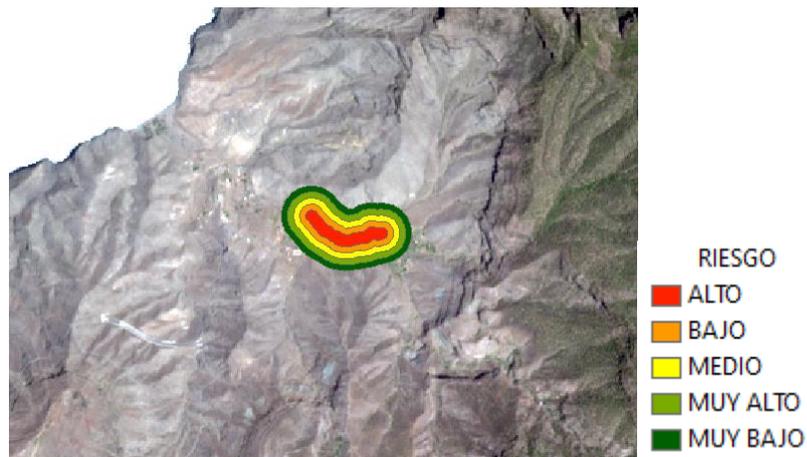
### Urbanas

Para vías urbanas Seguiremos el mismo proceso que el explicado anteriormente, aunque como son vías donde el transito humano es libre, la distancia de riesgo aumentara de 30m a 40m como se puede apreciar en la tabla 3-6.

Urbanas					
<b>Distancia (m)</b>	40	80	120	150	200
<b>Riesgo</b>	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
<b>Valor</b>	5	4	3	2	1

Tabla 3-6 Parametrización del riesgo que presentan las vías urbanas

En cuanto a su representación, la podemos observar en la imagen 3-36.



*Imagen 3.36.* Visualización del riesgo de incendio por proximidad a vías urbanas del Parque Natural de Tamadaba.

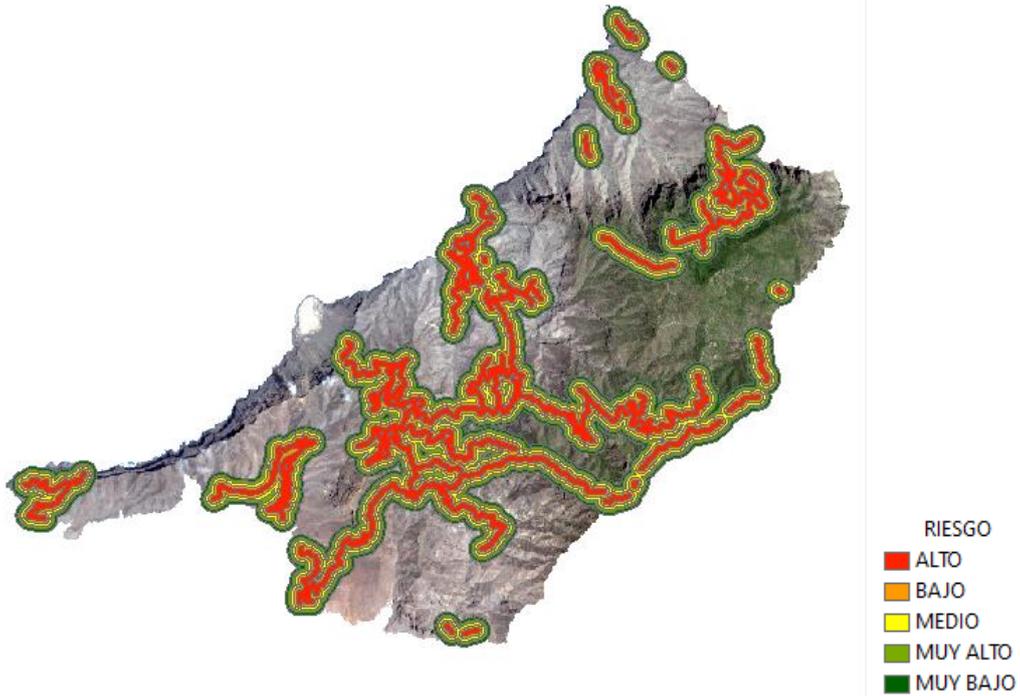
### Caminos y sendas

En cuanto a los caminos y sendas, dado que son paseos que atraviesan el bosque, aumentaremos la distancia mínima hasta los 50m, ampliando así la zona de riesgo.

Caminos y sendas					
Distancia (m)	50	100	150	200	250
Riesgo	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Valor	5	4	3	2	1

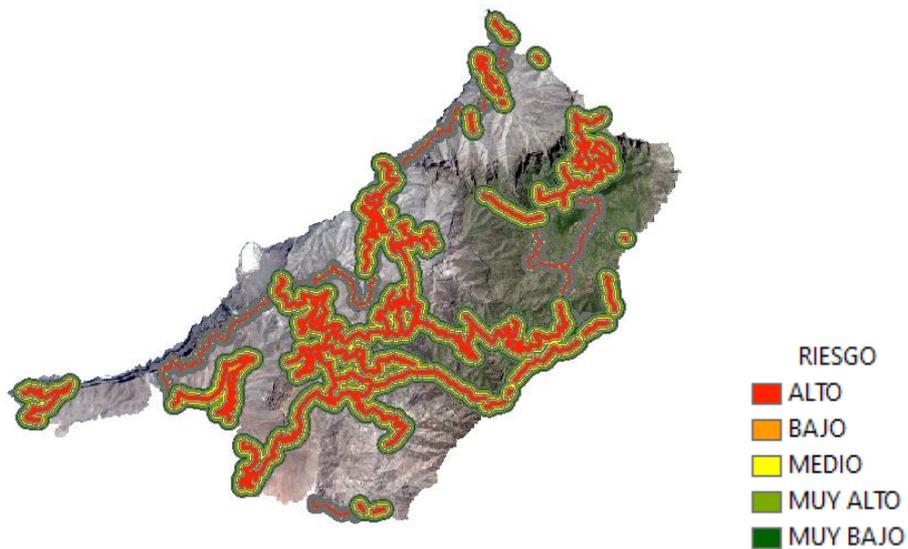
*Tabla 3-7* Parametrización del riesgo que presentan las sendas y caminos.

Obteniendo un resultado final como el mostrado en la imagen 3-37.



**Imagen 3.37.** Visualización del riesgo de incendio por proximidad a caminos y sendas del Parque Natural de Tamadaba.

Al juntar las 3 vías diferentes en una sola, obtenemos el siguiente resultado (Imagen 3-38):



**Imagen 3.38.** Visualización del riesgo de incendio por proximidad a vías de comunicación del Parque Natural de Tamadaba.

### Núcleos urbanos

De la misma manera que en los caso de las vías de comunicación, en los núcleos urbanos primero uniremos toda la geometría correspondiente a cada hoja mediante la herramienta “Merge”, una vez tenemos toda unida, usando la herramienta “Clip” y el polígono que representa el límite del Parque Natural de Tamadaba podemos obtener los datos de núcleos de población que se encuentran dentro de nuestra zona de estudio.

Al tener los datos ya preparados les damos valores cuantitativos y cualitativos de riesgo (Tabla 3-8), e ideamos las distancias máximas de riesgo para posteriormente usar la herramienta “Multiple ring buffer”.

Núcleos de Población					
<b>Distancia (m)</b>	40	80	120	150	200
<b>Riesgo</b>	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
<b>Valor</b>	5	4	3	2	1

Tabla 3-8 Parametrización del riesgo que presentan los núcleos de población.

Al modificar la capa de núcleos urbanos pertenecientes al Parque Natural de Tamadaba mediante “buffers” obtenemos el resultado de la imagen 3-39.

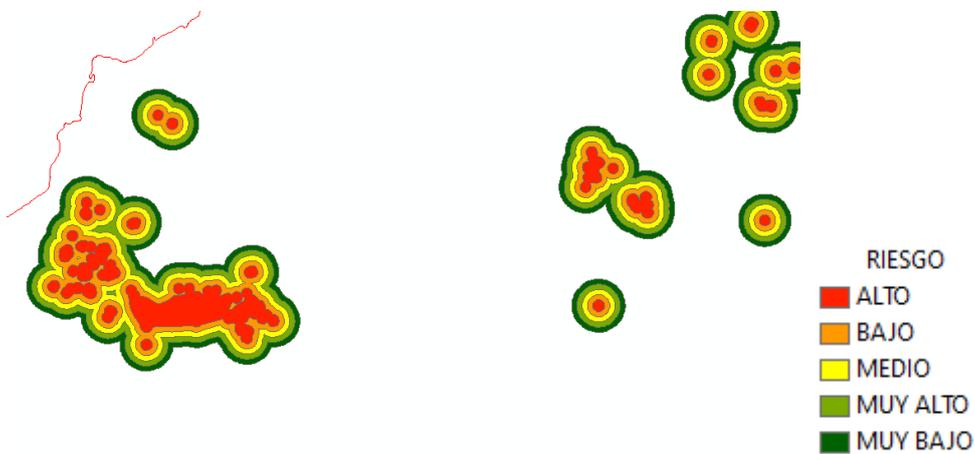
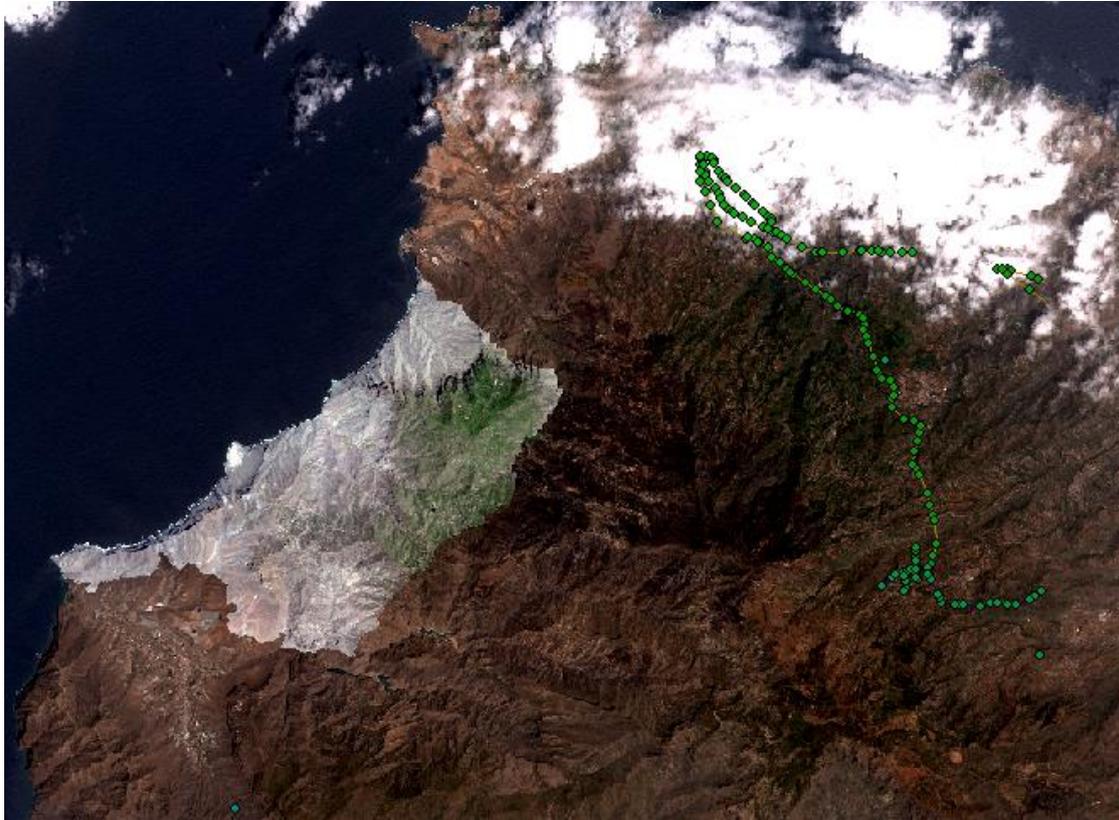


Imagen 3.39. Visualización del riesgo de incendio por proximidad a núcleos urbanos del Parque Natural de Tamadaba.

### Líneas eléctricas

En cuanto a las líneas eléctricas, a pesar de que el incendio de agosto de 2019 se originase por un tendido eléctrico en contacto con la vegetación de la zona, no existe dentro del límite que marca el Parque Natural de Tamadaba ningún elemento eléctrico de alta tensión, así como

torres eléctricas, cable de alto voltaje o centrales eléctricas, la más cercana se encuentra a más de 2km de distancia como se muestra en la imagen 3-40, por lo que el riesgo de un incendio con un foco en el parque de Tamadaba por causas eléctricas (sean torres eléctricas, cable de alto voltaje o centrales eléctricas) es nulo.



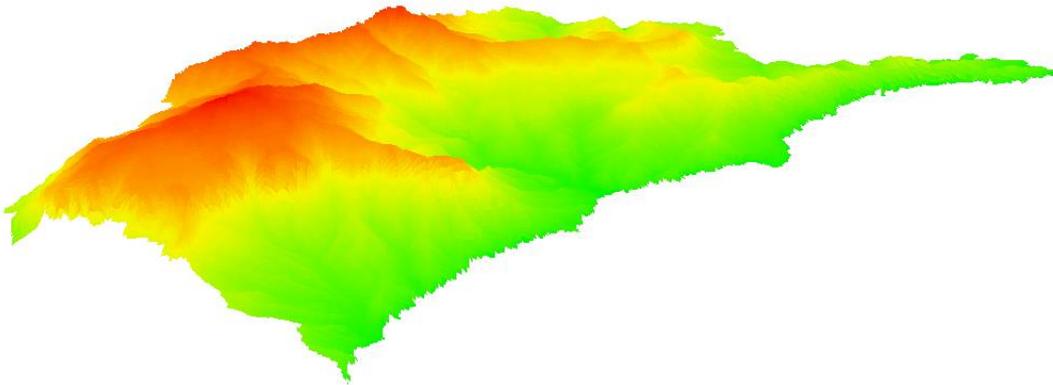
*Imagen 3.40. Disposición geográfica de las líneas eléctricas y el parque de Tamadaba (Verde).*

### 3.4.2 Peligro de propagación

#### OROGRAFIA

##### Altitud

El cálculo de la altitud en el punto anterior ya la tenemos solucionada, por lo que tan solo debemos usar los datos obtenidos anteriormente para suplir esta variable.



**Imagen 3.41.** Visualización en un modelo 3D del riesgo de incendio por altitud del Parque Natural de Tamadaba.

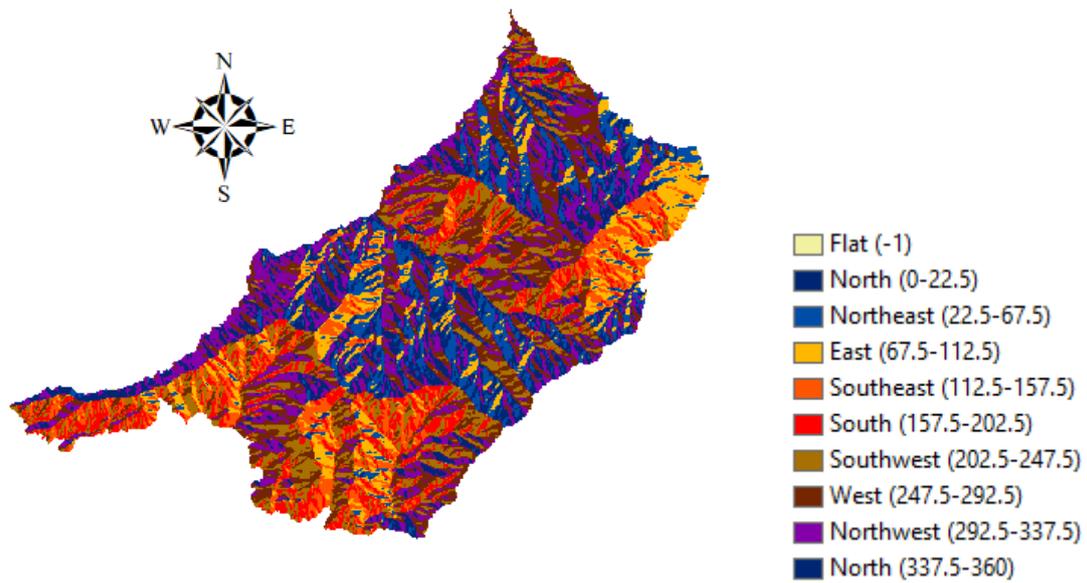
### Orientación

Para el cálculo de la orientación, debemos hacernos con el MDT de la zona, como en el caso de la altitud, una vez obtenido el MDT del Parque Natural de Tamadaba, mediante la herramienta localizada en “ArcToolBox -> Spatial Analyst Tools -> Surface” llamada “Aspect”, podremos diferenciar las zonas dependiendo de la orientación geográfica que disponga su naturaleza, siguiendo las direcciones de la rosa de los vientos. Con valores de 0 a 360 grados nos indicaran la orientación de las laderas, y un valor de -1 para las zonas planas.

Como se puede ver en la siguiente tabla 3-9, asignaremos valores cuantitativos a las direcciones para poder sacar un modelo con índices de riesgo.

ORIENTACIÓN	RIESGO	VALOR
NORTE	MUY BAJO	1
NOROESTE	BAJO	2
OESTE	MEDIO	3
SUROESTE	ALTO	4
SUR	MUY ALTO	5
SURESTE	ALTO	4
ESTE	MEDIO	3
NORESTE	BAJO	2
PLANO	MUY BAJO	1

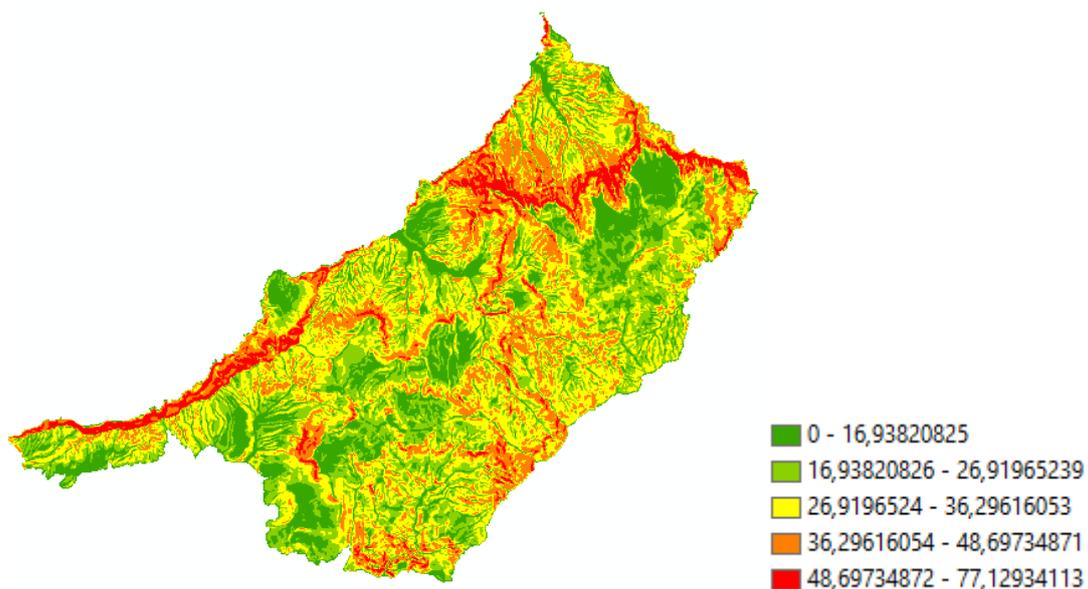
**Tabla 3-9** Parametrización del riesgo que presentan la orientación de las laderas.



**Imagen 3.42.** Visualización de la orientación de las laderas del parque de Tamadaba.

### Pendiente

En cuanto a la pendiente, seguirá el mismo proceso que los casos anteriores. Por medio del MDT del Parque Natural de Tamadaba y con la herramienta “ArcToolBox -> Spatial Analyst Tools -> Surface -> Slope”, podremos calcular en porcentaje y en grados la pendiente de las laderas que ocupan el terreno de nuestro estudio, en nuestro proyecto hemos decidido por el resultado en grados (Imagen 3-43).



**Imagen 3.43.** Visualización del riesgo de incendio por pendiente en grados del Parque Natural de Tamadaba.

## Viento

Para calcular la variable del viento, a pesar de que el viento no es homogéneo en toda la zona dado que al ser un parque escarpado tendrá muchos tipos de vientos distintos, tan solo tenemos datos de estaciones meteorológicas en ciudades cercanas, como la de Agaete, por lo que tendremos que trasladar esa cifra a todo el territorio de nuestro estudio.

Viento-17/08/2019	Velocidad(Km/h)	Riesgo	Valor
	55	Alto	4

*Tabla 3-10* Parametrización del riesgo que presenta el viento

## VEGETACIÓN

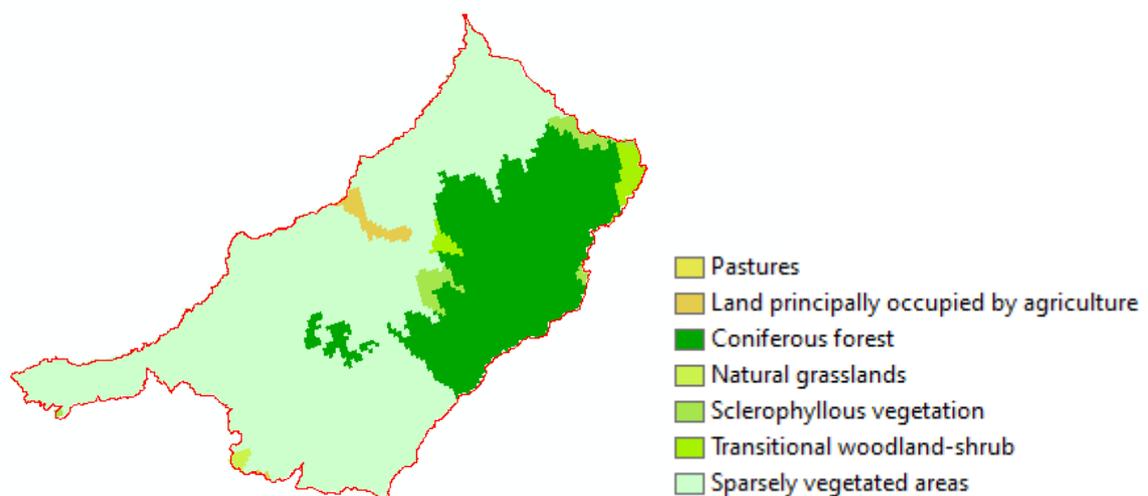
### Combustibilidad

Para comprobar la combustibilidad de los materiales vegetales de la zona, haremos uso de la información descargada del CORINE LAND COVER, en la herramienta del programa de monitorización de COPERNICUS (<https://land.copernicus.eu/>), en el cual nos descargaremos los datos de la ocupación del suelo, y dependiendo del material que ocupa la zona del Parque Natural de Tamadaba, existirá un grado de combustibilidad u otro como se muestra en la imagen 3-44.

GRUPO	MODELO DE COMBUSTIBLE	DESCRIPCIÓN
Pasto	1	Pasto fino y seco, cubre todo el suelo. Puede haber presencia de plantas leñosas ocupando < 1/3 superficie.
	2	Pasto fino y seco, cubre todo el suelo. Puede haber presencia de plantas leñosas ocupando entre 1/3 y 2/3 superficie.
	3	Pasto grueso, denso, seco y alto (> 1 m). Puede haber algunas plantas leñosas dispersas.
Matorral	4	Matorral o plantación joven muy densa; de más de 2 m de altura; con ramas muertas en su interior. Propagación del fuego por las copas de las plantas.
	5	Matorral denso y verde, de menos de 1 m de altura. Propagación del fuego por la hojarasca y el pasto.
	6	Parecido al modelo 5, pero con especies más inflamables o con restos de corta y plantas de mayor talla. Propagación del fuego con vientos moderados a fuertes.
	7	Matorral de especies muy inflamables; de 0,5 a 2 m. de altura, situado como sotobosque en masas de coníferas.
Hojarasca bajo arbolado	8	Bosque denso, sin matorral. Propagación del fuego por la hojarasca muy compacta
	9	Parecido al modelo 8, pero con hojarasca menos compacta, formada por acículas largas y rígidas o follaje de frondosas de hojas grandes.
Restos de Podas y operaciones Silvícolas	10	Bosque con gran cantidad de leña y árboles caídos, como consecuencia de vendavales, plagas intensas, etc.
	11	Bosque claro y fuertemente aclarado. Restos de poda o aclarado.
	12	Predominio de los restos sobre el arbolado. Restos de poda o aclareo cubriendo todo el suelo.
	13	Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados, cubriendo todo el suelo

**Imagen 3.44.** Tabla relacional entre el tipo de combustible en un bosque y el grado de combustibilidad que presenta.

Una vez cargados y recortados los datos con la herramienta “Clip” y el polígono de representación del parque de Tamadaba, podemos visualizar la ocupación del suelo en dicho parque natural y así poder asignarle valores cuantitativos para nuestro análisis.



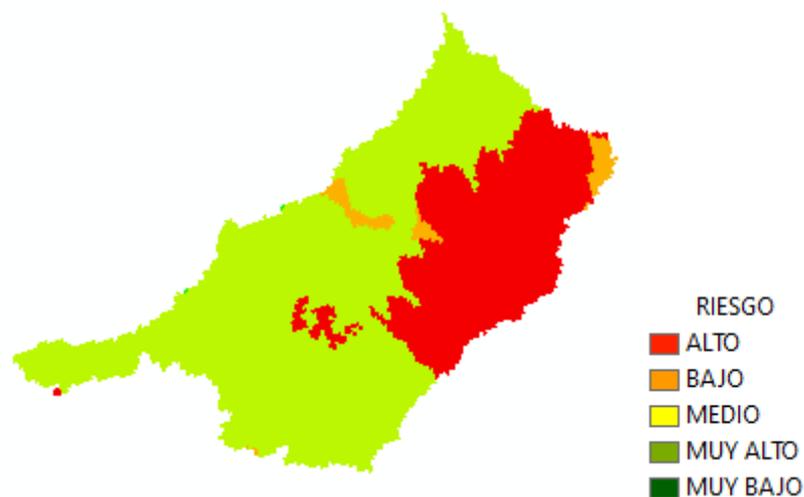
**Imagen 3.45.** Visualización la disposición de la ocupación del suelo.  
Fuente: (Corine Land Cover)

Una vez modificados los datos, los reclasificamos para que den valores que luego podamos entender y cuantificar en un mapa de riesgos.

TIPO	RIESGO	VALOR
Pastures	MUY ALTO	5
Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	ALTO	4
Coniferous forest	MUY ALTO	5
Natural grasslands	MEDIO	3
Sclerophyllous vegetation	MUY ALTO	5
Transitional woodland-shrub	ALTO	4
Sparsely vegetated areas	MEDIO	3

*Tabla 3-11* Parametrización del riesgo que presentan la combustibilidad dependiendo el tipo de vegetación

Por lo que nos quedara al final un mapa de riesgos como el de la imagen 3-46:



*Imagen 3.46.* Visualización del riesgo de incendio dependiendo de la ocupación del suelo.

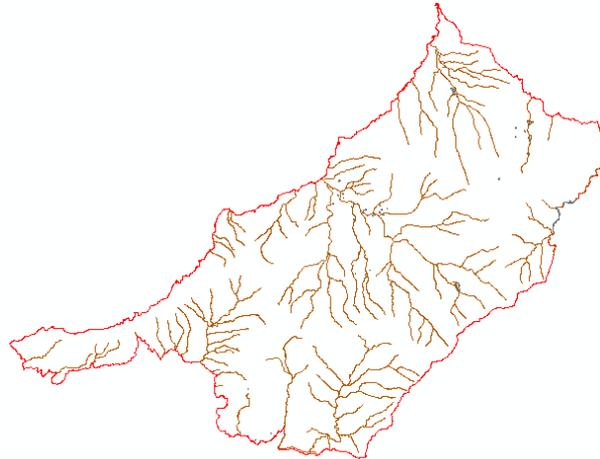
## MEDIOS DE EXTINCION

En los medios de extinción, como ya hemos comentado, contemplamos dos tipos, los creados naturalmente, así sean ríos, lagos y todo tipo de hidrología presente, y los medios de extinción artificiales, como serían los parques de bomberos, y las vías de comunicación, que a pesar de ser variables en la posible ignición de un incendio, también son cortafuegos creados artificialmente, por lo que ralentizan el paso del fuego al no existir vegetación alguna y ser suelo desnudo o asfalto.

### Naturales

En el caso de los medios de extinción naturales, contemplaremos todos los elementos hidrológicos de la zona que nos ofrecen los datos descargados de la BTN25.

Una vez descargados los datos e incorporados a nuestro proyecto de Arcmap, procedemos a unirlos con la herramienta “Merge”, y con la ayuda del polígono que representa el Parque Natural de Tamadaba y la función “Clip” recortaremos todos los elementos Hidrográficos de nuestra zona de estudio como se ve en la imagen 3-47.



**Imagen 3.47.** Visualización la disposición hidrográfica del Parque Natural de Tamadaba.

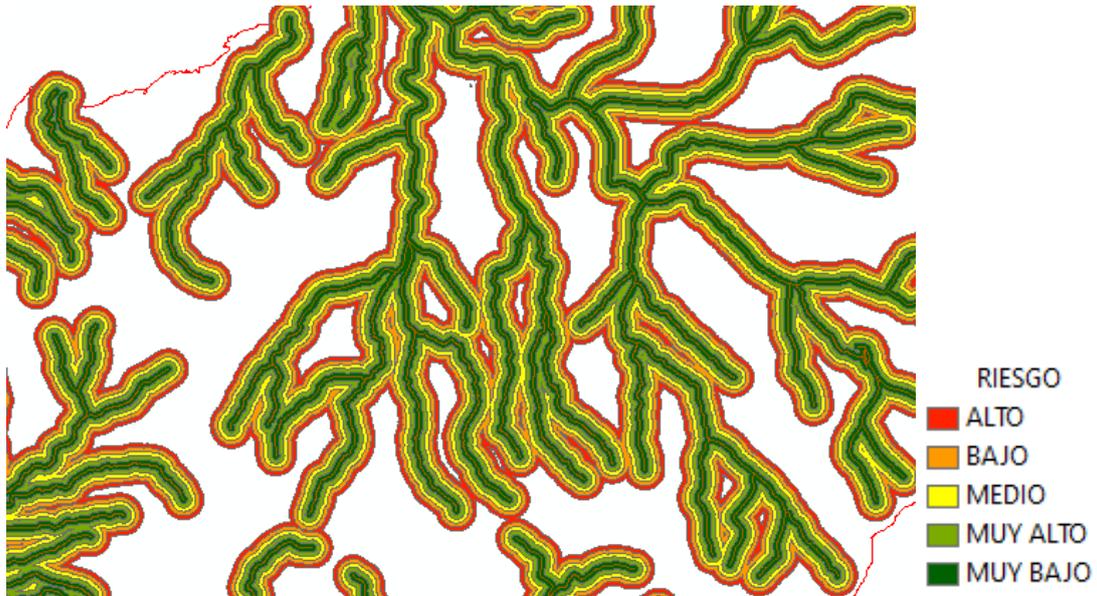
Una vez tenemos ordenados los datos, procederemos a crear un “buffer” de los elementos hidrográficos, siguiendo las pautas establecidas en la tabla 3-12, la cual nos indica que cuanto mayor proximidad a un punto hidrológico del mapa, mayor mitigación del incendio y por lo tanto menor/peor será su propagación.

Medios de Extinción – Hidrología					
Distancia (m)	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150
Riesgo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Valor	5	4	3	2	1

**Tabla 3-12** Parametrización del riesgo que presentan la hidrología.

Los valores de la tabla 3-12 son de esas magnitudes porque la zona al ser muy escarpada y de difícil acceso, será difícil transportar esa agua a zonas más alejadas de 150m para la extinción del incendio, por lo que solo podrá ser de aprovechamiento cercano.

Una vez aplicamos los valores necesarios al buffer mediante la herramienta “Analysis Tools -> Proximity -> Multiple ring buffer” obtendremos la relación entre proximidad a una fuente de hidrología del terreno, y el valor que presenta para la propagación de un incendio (Imagen 3-48)).



*Imagen 3.48. Visualización del buffer obtenido parametrizando el riesgo de incendio en la hidrografía.*

### Artificiales

En el caso de los elementos de extinción artificiales, como ya hemos comentado son 2, las vías de comunicación y los parques de bomberos encargados de apagar los incendios.

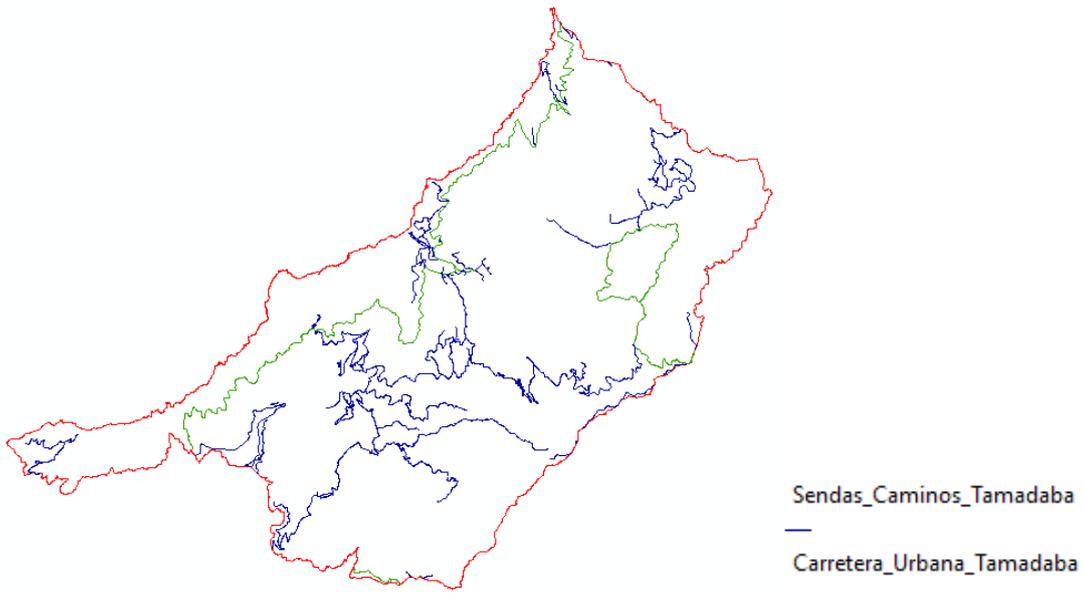
En el caso de las vías de comunicación reusaremos los datos calculados anteriormente. La capa de vías de comunicación del parque de Tamadaba se compone de dos tipos distintos de vías, las urbanas y carreteras, vías de una anchura de 3m sin arcén con el suelo de asfalto, y las sendas o caminos, con el suelo de tierra y de una anchura menor, de 2m.

Realizaremos los dos grupos, y les aplicaremos un “buffer” a las dos, la primera (carreteras y urbanas) con una anchura de 3m donde el riesgo será bajo, y un “buffer” a los caminos de tierra de anchura 2m y con un riesgo de propagación medio, ya que al no tener una capa aislante como el asfalto puede existir vegetación que sirva como combustible y facilite la propagación.

Medios de Extinción - Vías de Comunicación		
Tipo	Carreteras y Urbanas	Sendas y Caminos
Riesgo	Bajo	Medio
Valor	4	3

*Tabla 3-13 Parametrización del riesgo que presentan las vías de comunicación como medios de extinción.*

Obteniendo un resultado así:



**Imagen 3.48.** Visualización del resultado final de las vías como medios de extinción de incendios.

En cuanto a los parques de bomberos, al no tener datos extraíbles de la BTN25 procedemos a localizarlos en el *Google Earth*®, una vez localizados ,los marcamos con etiquetas y los exportamos como un KML. Una vez insertados en el proyecto de Arcmap podemos modificarlos para obtener un mapa de proximidad de los parques de bomberos al parque Natural, y así evaluar el riesgo de la propagación por la distancia a la que se encuentran.

Medios de Extinción – Parque de Bomberos					
Distancia (km)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Riesgo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Valor	5	4	3	2	1

**Tabla 3-14** Parametrización del riesgo que presenta la proximidad a un parque de bomberos.

Una vez tenemos los datos exportados de *Google Earth*® los importaremos mediante la transformación que genera la herramienta “*From KML to Layer*” en el menú de “*Conversion Tools*”. Una vez insertados, como ya hemos comentado, procederemos a la creación de los buffers múltiples y recortaremos la capa para que solo se muestren los resultados finales del parque natural de Tamadaba como se muestra en la imagen 3-49.

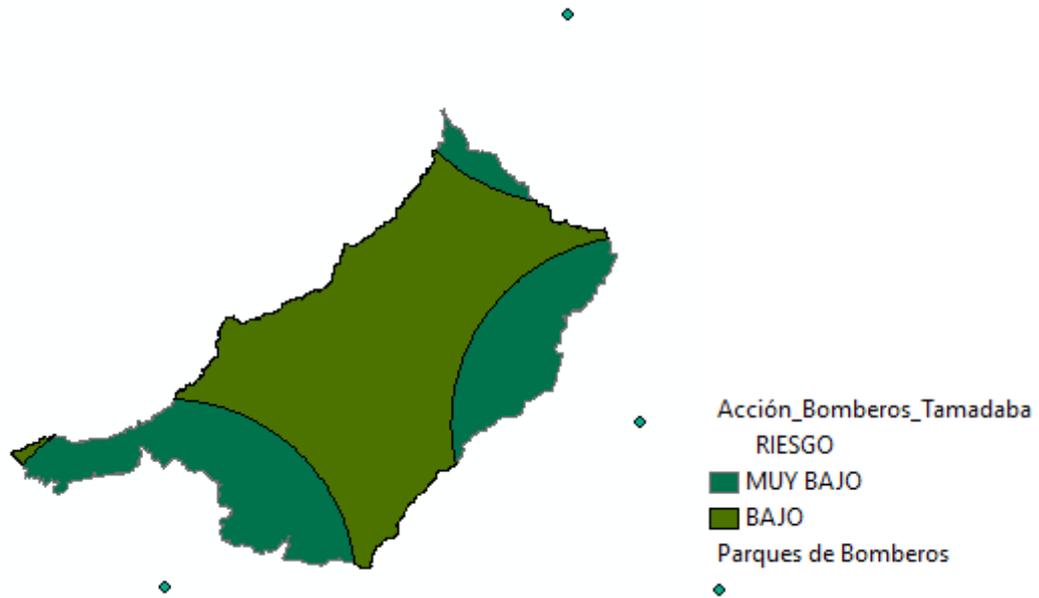


Imagen 3.49. Visualización de la zona de acción de los distintos parques de bomberos en función del riesgo de incendio.

### Humedad

Para el 17 de agosto de 2019 en el observatorio meteorológico de Gáldar, se registraron los siguientes valores referentes a la humedad del ambiente:

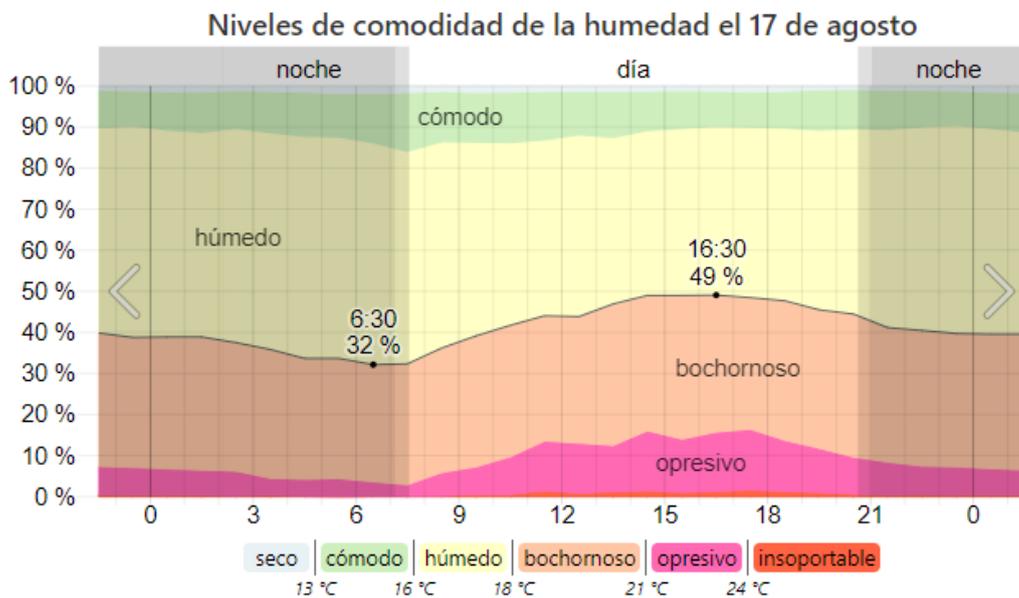


Imagen 3.50. Visualización de la Humedad en el observatorio de Gáldar para el día 17/08/2019

Para ese día, presenta como máximo 49% de humedad relativa en el ambiente, escogeremos este dato y lo supondremos como general para toda la zona, dándole un valor de riesgo "MEDIO" para nuestro estudio.

Humedad	Cantidad	Riesgo	Valor
	49%	Medio	3

*Tabla 3-15 Parametrización del riesgo que presenta el factor de la humedad*

### 3.5 Resultados

Una vez tenemos todos los datos necesarios para calcular los riesgos procedemos primero a transformar los datos en raster, para que así la suma de las variables pueda cuantificarse de la misma manera, pixel a pixel, ya que los valores que calculamos no definirán probabilidades ni predicciones, si no que representan valores de un índice de riesgo (Muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo). El raster proporciona valores al pixel, por lo que las operaciones con raster resultan idóneas para obtener los resultados que queremos

#### 3.5.1 Riesgo de ignición

Al tener distintos elementos que definen una variable (ejemplo: el riesgo de ignición en la vegetación depende del índice NDVI, la altitud, la iluminación...etc.), debemos ponderarlos de distinta forma, ya que el peso de cada uno es distinto en la fórmula total. Así pues recordando la fórmula del cálculo del peligro de ignición:

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

Al desglosarla para incluir todos los datos que hemos procesado, obtendrá el siguiente aspecto:

$$RI = 4 * [(\text{"Núcleos Urbanos"} + (0,2 * \text{"Carreteras"} + 0,2 * \text{"Carreteras Urbanas"} + 0,6 * \text{"Sendas y Caminos"})) / 2] + 3 * [(\text{"NDVI"} + \text{"Temperatura"} + \text{"Precipitación"}) / 3] + 2 * [\text{"Iluminación Solar"}] - [\text{"Altitud"}].$$

Previamente a juntarlos todos las capas deben ser raster, por lo que las transformaremos si es necesario, y todas deben presentar el mismo rango de valores (VALOR = 1, 2, 3,4 o 5) dependiendo de su peso en la capa en función del riesgo que presentan (Riesgo= Muy alto, Alto, Medio, Bajo o Muy bajo), para reclasificar estos raster usaremos la herramienta "Reclass -> Reclassify", la cual nos permite cambiar los valores de las capas raster. Mediante el uso de la herramienta "Raster calculator" que se encuentra en el menú "Spatyal analyst Tools -> Map Algebra", introduciremos la fórmula como se muestra en la imagen 3-51. Obteniendo así el mapa de riesgo de ignición del Parque Natural de Tamadaba para antes del incendio de agosto de 2019.

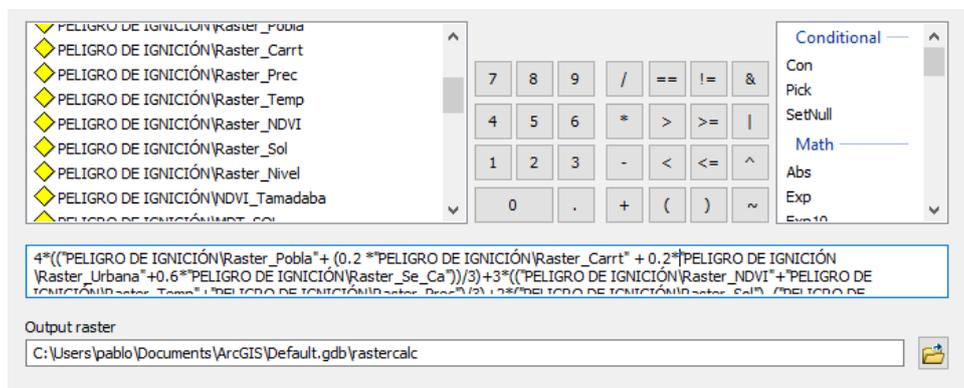
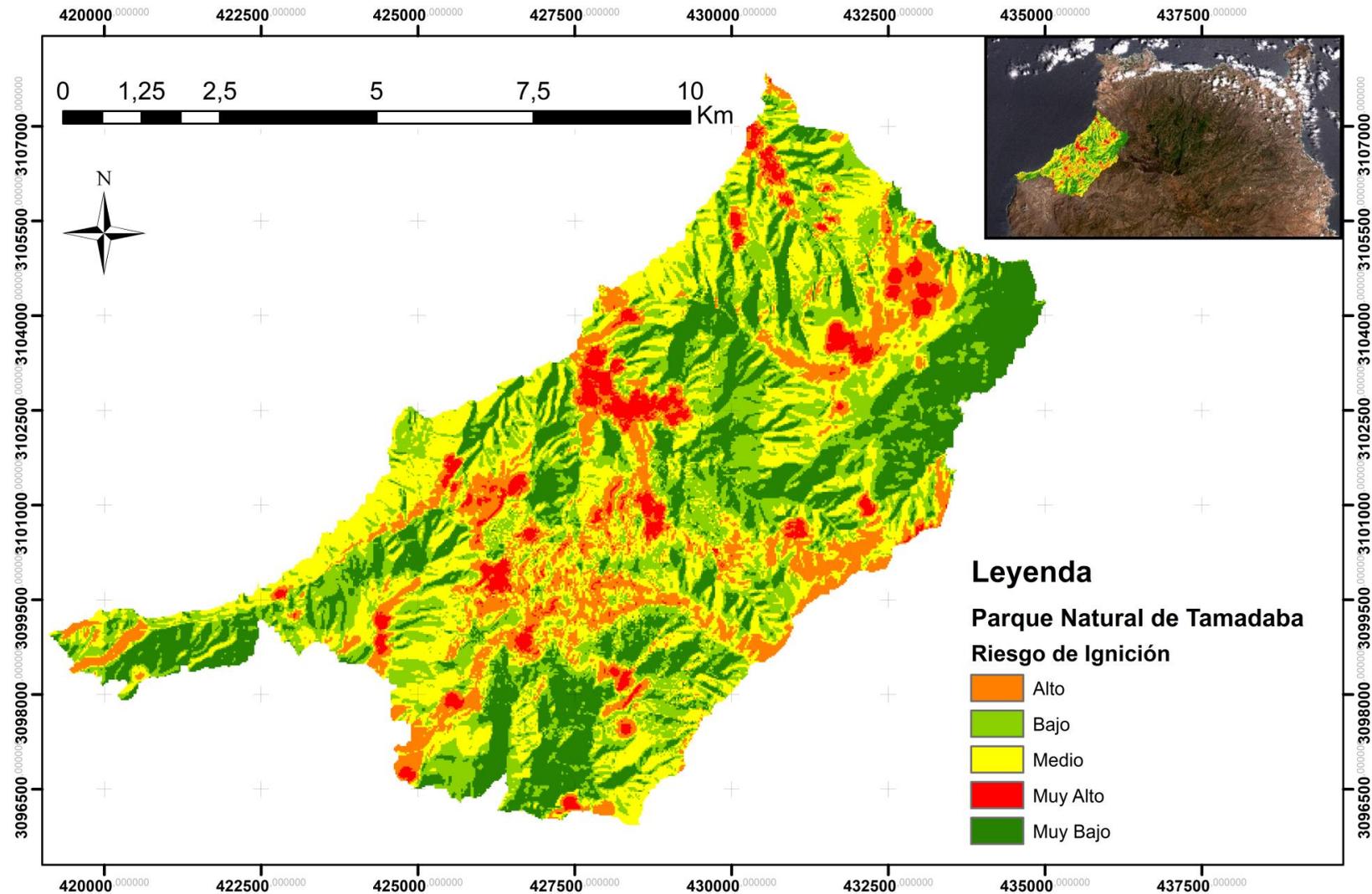


Imagen 3.51. Uso del Raster Calculator para la obtención del riesgo de ignición del Parque Natural de Tamadaba

## Riesgo de Ignición del parque natural de Tamadaba



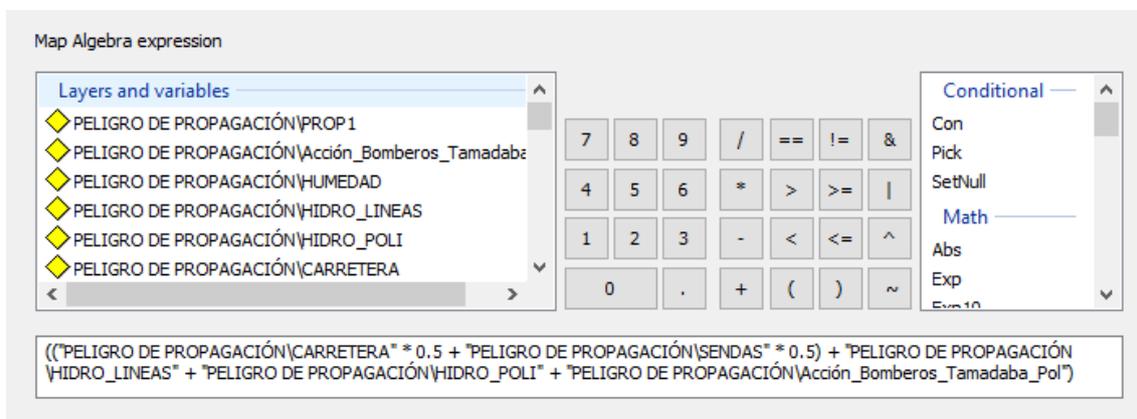
### 3.5.2 Riesgo de propagación

El riesgo de la propagación de un incendio en el Parque Natural de Tamadaba se calculara siguiendo el mismo procedimiento que en el cálculo del riesgo de ignición, por lo que recordando la fórmula del cálculo del peligro de propagación:

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

Al desglosarla para incluir todos los datos que hemos procesado, obtendrá e siguiente aspecto:

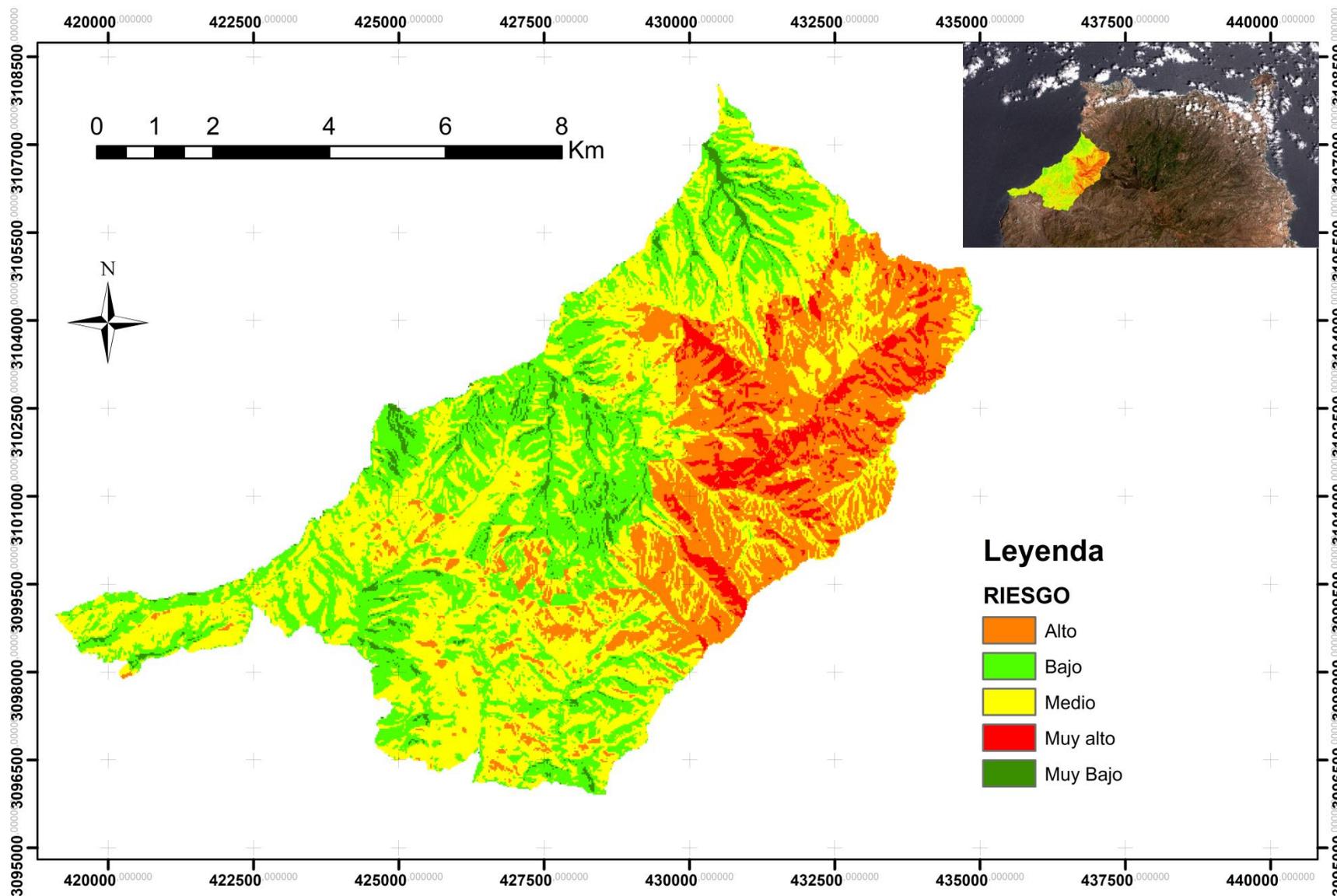
$$RP = 5 * ["Combustibilidad"] + 4 * [ ("Pendiente" + Velocidad del viento) / 2 ] + 3 * ["Orientación"] - ["Altitud"] - [ ("Vías de comunicación" + "Hidrología Lineal" + "Hidrología poligonal" + "Parques de bomberos") ] - [Humedad].$$



*Imagen 3.52. Uso del Raster Calculator para la obtención del riesgo de propagación de incendios en el Parque Natural de Tamadaba*

Una vez realizada la operación anterior, obtendremos el mapa en el cual podemos ver las zonas de riesgo de propagación de incendio del Parque Natural de Tamadaba calculado en los días anteriores al incendio de agosto de 2019.

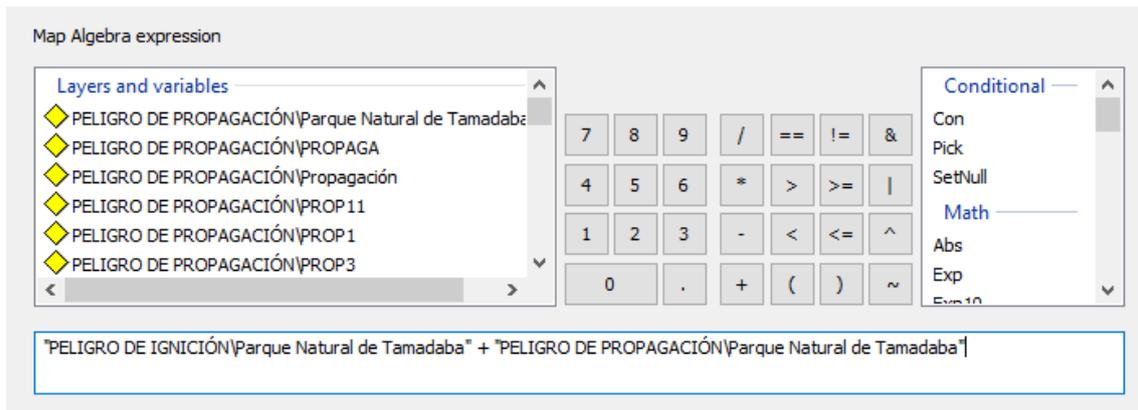
# Riesgo de Propagación de incendios en el parque natural de Tamadaba



### 3.5.3 Resultado final

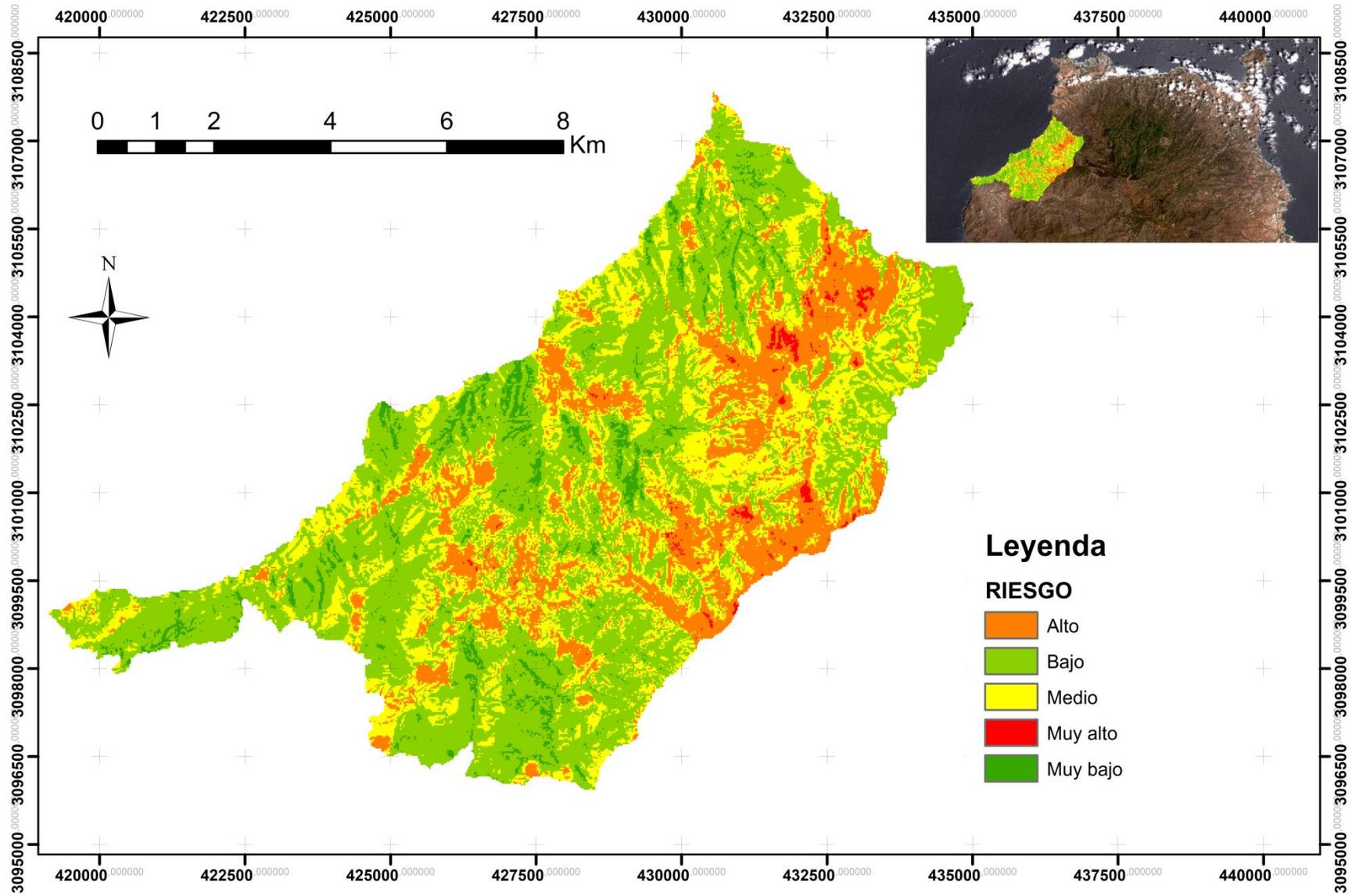
Para obtener un resultado final, deberemos hacer uso de la herramienta “Raster Calculator” para poder sumar los dos mapas de riesgo anteriores, y así obtener un mapa final de peligro de incendio en el Parque Natural de Tamadaba.

**Peligro incendio forestal = Riesgo de ignición + Riesgo de propagación**



**Imagen 3.53.** Uso del Raster Calculator para la obtención del riesgo de incendios en el Parque Natural de Tamadaba

# Peligro de incendio del parque natural de Tamadaba



### 3.6 Incendio real

Por último, para poder comparar los resultados obtenidos de riesgo de incendio en la zona con el incendio real que ocurrió en agosto de 2019.

Para ello, procedemos a calcular el NBR (Normalized Burn Ratio) de la zona, el cual nos mostrara con un valor alto la vegetación sana y densa, y con el valor bajo, las zonas afectadas por el fuego y las de terreno desnudo.

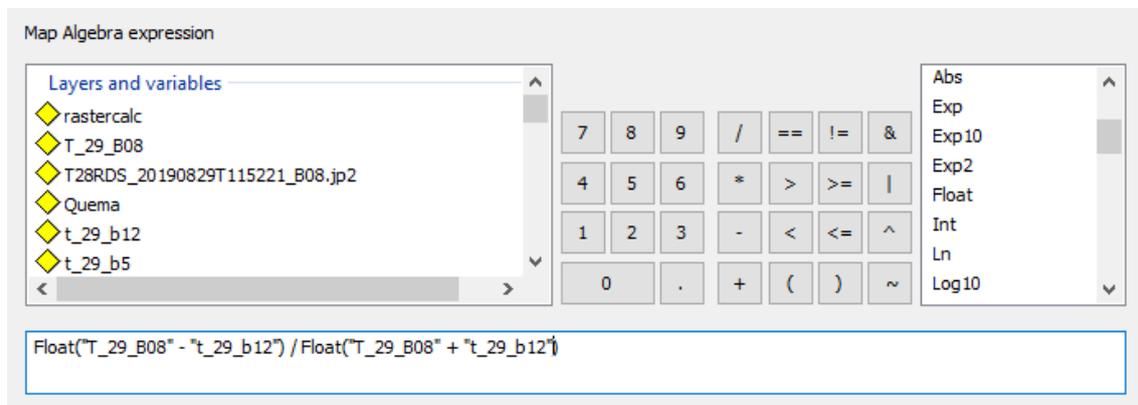
Para obtener el índice de Calcinación Normalizado, debemos hacer uso de ciertas bandas descargadas del satélite Sentinel 2-A. Para que el cálculo se ajuste a las fechas, descargaremos otro archivo, correspondiente a finales de agosto (29 de agosto de 2019), en el cual ya se podrá identificar el avance del fuego en el Parque Natural de Tamadaba.

Una vez descargados los datos, procedemos a calcular el NBR con la siguiente fórmula:

$$(IC - IOC)/(IC + IOC) \quad (c)$$

*Imagen 3.54. Formulación para el cálculo del índice de Calcinación Normalizado*

Donde necesitaremos de todos los datos las bandas del Infrarrojo Cercano y la del Infrarrojo de Onda Corta, siendo en Sentinel 2-A la banda 8 y la banda 12 respectivamente.



*Imagen 3.55. Uso del Raster Calculator para la obtención del NBR en el Parque Natural de Tamadaba*

Una vez calculado, procedemos al análisis del incendio, comprobando el cambio entre el cálculo del índice de vegetación y el del índice de vegetación calcinada. Haciendo evidente que efectivamente, un tercio del bosque de pino canario del Parque Natural de Tamadaba fue pasto de las llamas.

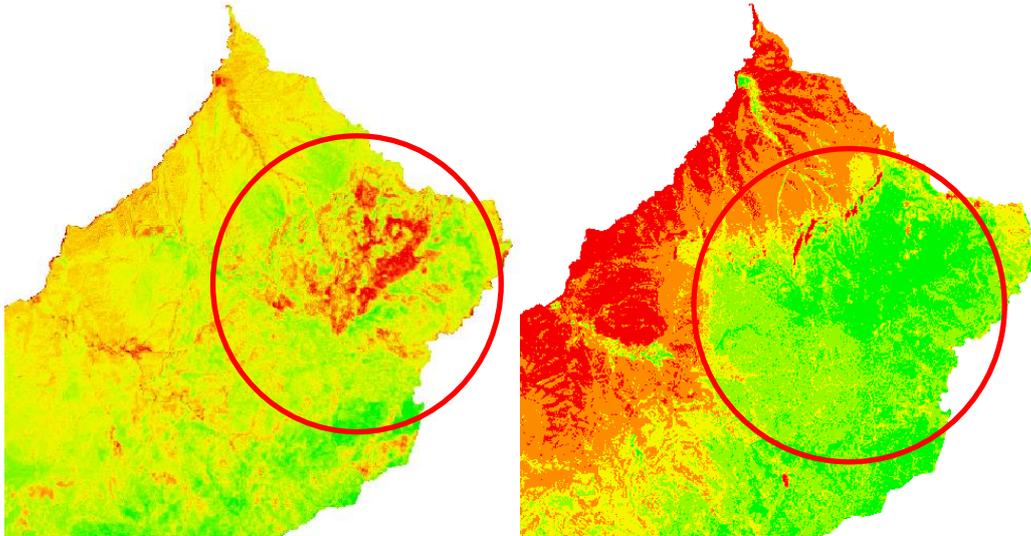


Imagen 3.56. Comparativa entre NBR(29/08/2019) y el NDVI(14/08/2019)

Los valores del NBR nos muestran que una gran parte del bosque quedo calcinado, suponiendo un gran impacto para el ecosistema autóctono, pero que tan solo la zona marcada con el círculo rojo es una zona de difícil recuperación de la vegetación.

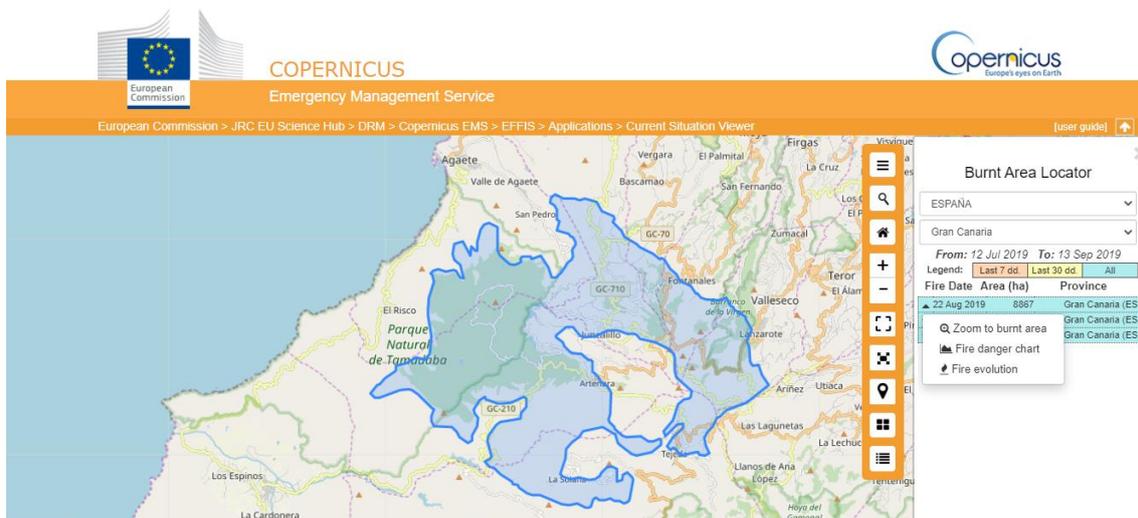


Imagen 3.56. Monitorización del incendio por parte del programa Copernicus  
Fuente: (Proyecto Copernicus)

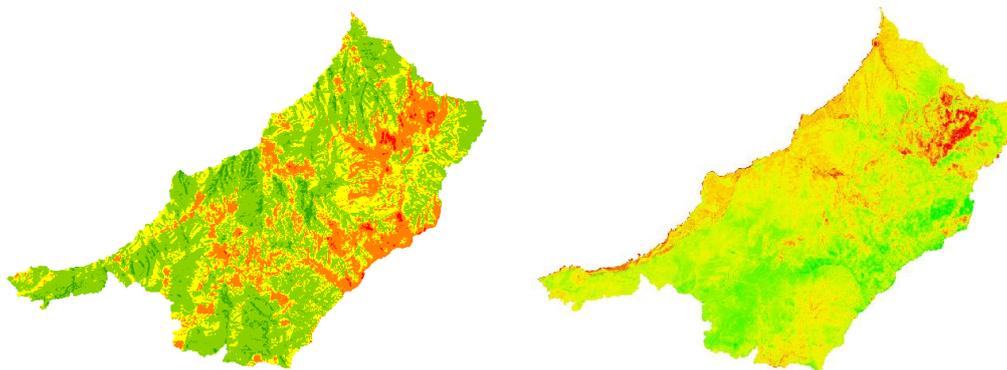
### 3.7 Análisis de los resultados

A pesar de la complicación que es trabajar con información de distintas hojas, dada la cantidad de información que se debe procesar y filtrar para luego poder ser analizada, los resultados en general han salido aceptables. En algunos casos como en el estudio de la combustibilidad, los datos descargados del CORINE LAND COVER, venían en un formato de pixel tan grande que a la hora de calcular ciertos índices nos distorsionaban los resultados, teniendo que

posteriormente repetir el cálculo con los datos modificados, y generando un resultado aceptable.

En cuanto a los resultados obtenidos, tanto el modelo de riesgo de ignición como el de propagación de incendios se ven generados correctamente, ya que es fácil apreciar en cada uno de los resultados, las variables que han condicionado el modelo, por lo que no se ven errores aparentes. Sí que surgieron errores con la formulación de las ecuaciones, dado que el programa exigía un específico lenguaje sintáctico de programación y que los datos raster deben cumplir ciertas normas de comportamiento a la hora de someterlos a cálculos entre ellos.

Si observamos los histogramas alcanzados, empezando con el NDVI, podemos observar que solo una porción del Parque Natural de Tamadaba existe una vegetación frondosa, correspondiente al bosque, si comparamos los resultados del NDVI y el riesgo de incendio, podemos apreciar esa similitud de valores, ya que existirá más riesgo de incendio y propagación de este en aquellas zonas que exista una vegetación más presente. Incluso si comparamos los datos obtenidos en el cartografiado de riesgo de incendio con el cartografiado de zonas calcinadas por el fuego podemos ver comprobar la similitud de la imagen (3-57), que demuestra la correcta ejecución del modelo.



*Imagen 3.57. Comparativa entre el Riesgo de incendio calculado y el NBR (29/08/2019)*

El modelo final de riesgo de incendio del parque de Tamadaba responde a las incógnitas que se han planteado en este proyecto, y a pesar de eso el modelo es mejorable por diversas razones, considero que el modelo está bien ejecutado y puede servir como un perfecto apoyo al estudio de la prevención de incendios.

### **3.7.1 Mejoras en la metodología**

Al no disponer de datos concretos por zonas de precipitaciones y de viento, uno de las posibles mejoras sería la obtención de los datos, de pago, de AEMET por día, pudiendo así ajustar los valores de las variables que suponen el viento y las precipitaciones, ya que el viento es una de las variables más importantes a tener en cuenta la evolución de un incendio.

La calidad de los datos con los que trabajamos sería otra perfeccionamiento de la metodología, ya que hemos estado usando datos que como mínimo tenían una resolución de 25m por pixel,

en futuros casos y con el avance de las tecnologías será posible aumentar la calidad de las imágenes y los datos obtenidos, y así poder alcanzar modelos de riesgo mucho más detallados.

## 4. Conclusiones

Al analizar los resultados finales y compararlos con el incendio real ocurrido en agosto de 2019, puedo comprobar que los modelos de riesgo son muy acertados, lo cual indica que las tecnologías en teledetección suponen ser un gran aliado en la lucha contra los incendios.

Aun siendo de gran utilidad, y a pesar de sufrir en España más de 10.000 incendios anuales de media, esta tecnología no está tan extendida. Ya sea por la inacción de las autoridades competentes o por la inacción ciudadana ante las medidas de prevención de incendios, todos los años sufrimos el mismo acontecimiento en los meses de riesgo elevado, y que como se ha evidenciado en el proyecto, en el caso del incendio de Gran Canaria, fue consecuencia de la pasividad del cumplimiento de la normativa por parte de una empresa pública ante las alarmas reiteradas de riesgo de incendio en la zona generadas por actuaciones suyas.

Otra de las conclusiones que he llegado al realizar el proyecto es que, a pesar de la existencia de distintos cuerpos de extinción de incendios en España, su localización es puntual, dejando zonas muy desprotegidas. Además, los recursos que disponen para la extinción de incendios son muy escasos, impidiendo controlar en muchas ocasiones incendios a tiempo provocando así los grandes incendios forestales que todos los años asolan alguna región de nuestro país.

Por suerte, a día de hoy el bosque de Tamadaba está presentando muy buenos signos de recuperación, por lo que es más preciso invertir todos los recursos necesarios, por parte del gobierno autonómico, el cabildo o la población civil, en la prevención de incendios en la zona para evitar que la actual fragilidad del parque posibilite la generación de nuevos fuegos.

## 5. Presupuesto

Una vez terminada la parte teórica y la parte práctica de nuestra memoria, debemos calcular el presupuesto de los servicios prestados con este trabajo.

En primer lugar, deberemos calcular las horas de trabajo. Cada día se trabajó 3h en el proyecto durante una extensión de 68 días, para lo cual asemejaré el sueldo de un funcionario del Estado para al sueldo esperado, ya que este trabajo anualmente lo ejerce el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Nuestra posición sería la de un funcionario tipo B, los cuales deben tener una titulación universitaria. Si nos remitimos a la tabla 5-1 de los Presupuestos Generales del Estado (BOE 21 de enero 2020) podemos observar que el sueldo anual de los funcionarios tipo B es de 27.970,91€, correspondiente a 12 pagas y 2 extra:

Sueldo funcionario	Anual 14 pagas
Subgrupo A1	40.586,49
Subgrupo A2	31.942,59
Grupo B	27.970,91
Subgrupo C1	24.532,45
Subgrupo C2	19.409,24
Agrup. Profes. E	16.547,91

**Tabla 5-1** Sueldo funcionarios por grupo.

Fuente: (Presupuestos Generales del Estado - BOE 21 de enero 2020)

Suponiendo jornadas laborales de 35h semanales, según el convenio de funcionarios del Estado, según la Administración General de la Comunidad Autónoma de Canarias la jornada anual máxima será de 1.526h para el año 2020(Tabla 5-2).

Concepto	Personal funcionario	Personal laboral
Días año 2020	366	366
Sábados	52	52
Domingos	52	52
Festivos autonómicos e insulares no coincidentes en sábado	10	10
Festivos autonómicos coincidentes en sábado*	2	2
Festivos de ámbito municipal	2	2
Dispensa 24 y 31 de diciembre	2	2
Vacaciones anuales mínimas	22	22
Asuntos particulares	6	7
Días hábiles laborables	218	217
Horas máximo año (7 horas promedio)	1.526	1.519

\* 30 de mayo y 15 de agosto de 2020

**Tabla 5-2** Jornada laboral anual de 2020.

Fuente: (Administración General de la Comunidad Autónoma de Canarias)

Por lo tanto, sabiendo que para 1.526h se cobra un total de 27.970,91€, para un total de 204h se cobrara 3739.23€, sumando así a los datos obtenidos teniendo un coste de 15€ los datos climáticos de Canarias y sabiendo que la licencia de Arcgis al año cuesta 4.200 euros, suponiendo que ese es el valor para 1.526h de trabajo, debemos calcular las horas de trabajo con el programa Arcgis, ya que la división del trabajo se hace en dos partes, teórica y práctica. Podemos afirmar que tan solo se usó el programa para la parte práctica por lo que si el total de horas trabajadas fue de 204, el total de horas trabajadas con el programa serán de 102h, y su precio será de 208,73€.

Una vez tenemos los datos necesarios para calcular el total los ordenamos en la tabla 5-3:

	GASTO ANUAL	GASTO REAL	
<b>Sueldo Tipo B</b>	27.970,91 €	3.739,23 €	
<b>Datos</b>	- €	15,00 €	
<b>Licencia de Software</b>	4.200,00 €	208,73 €	
		<b>4.034,96 €</b>	<b>TOTAL</b>

**Tabla 5-3** Cálculo desglosado del sueldo a percibir.

Obteniendo así un precio **TOTAL** de los servicios prestados de **4.034,96€**

## 6. Bibliografía

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

[https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios\\_default.aspx#prettyPhoto](https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx#prettyPhoto)

<https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/incendios-forestales/prevencion/eprif.aspx>

<https://www.elmundo.es/espana/2019/08/21/5d5c110e21efa0c6428b45cb.html>

<https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/incendios-forestales/Coordinacion-institucional/default.aspx>

[https://elpais.com/politica/2019/08/19/actualidad/1566197494\\_086472.html](https://elpais.com/politica/2019/08/19/actualidad/1566197494_086472.html)

<http://www.jardincanario.org/tamadaba>

<https://cabildo.grancanaria.com/tamadaba>

<https://www.aytoagaete.es/lugares/parque-natural-de-tamadaba>

[https://www.eldiario.es/canariasahora/sociedad/Parque-Natural-Tamadaba-Gran-Canaria-incendio-Pinar-pulmon-verde\\_0\\_932656988.html](https://www.eldiario.es/canariasahora/sociedad/Parque-Natural-Tamadaba-Gran-Canaria-incendio-Pinar-pulmon-verde_0_932656988.html)

[http://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Spain/Las\\_misiones\\_Sentinel](http://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Las_misiones_Sentinel)

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Parque\\_natural\\_de\\_Tamadaba](https://es.wikipedia.org/wiki/Parque_natural_de_Tamadaba)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Unión\\_Internacional\\_para\\_la\\_Conservación\\_de\\_la\\_Naturaleza](https://es.wikipedia.org/wiki/Unión_Internacional_para_la_Conservación_de_la_Naturaleza)

<https://web.archive.org/web/20090804170907/http://www.wdpa.org/>

[https://web.archive.org/web/20130424121334/https://cmsdata.iucn.org/downloads/programa\\_de\\_la\\_uicn\\_2013\\_2016\\_final\\_29\\_nov\\_12.pdf](https://web.archive.org/web/20130424121334/https://cmsdata.iucn.org/downloads/programa_de_la_uicn_2013_2016_final_29_nov_12.pdf)

<https://apalmet.es/>

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=C649I&k=353>

[http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/detalles/segundo\\_Atlas\\_climatologic](http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/segundo_Atlas_climatologic)

<https://foro.tiempo.com/islas-canarias-agosto-de-2019-t149955.0.html>

[https://www.youtube.com/watch?v=pl7WkG\\_T3M4](https://www.youtube.com/watch?v=pl7WkG_T3M4)

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos#tab2>

<https://apalmet.es/>

<https://appliin.com/incendios-forestales-efectos-y-consecuencias/>

<https://www.ecologiaverde.com/consecuencias-de-un-incendio-forestal-234.html>

<http://www.fao.org/statistics/es/>

<http://www.fao.org/forestry/95632/es/>

<https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100DetalleFeed/1246988359553/Normativa/1175259787466/Redaccion>

[https://www.uv.es/sfpenlinia/cas/214\\_los\\_incendios.html](https://www.uv.es/sfpenlinia/cas/214_los_incendios.html)

<https://www.cuestioneslaborales.es/jornada-trabajo-descansos-segun-estatuto-los-trabajadores/>

<https://icadministraciongeneral.com/resolucion-no-80-2020-de-jornada-maxima-anual-y-credito-horario-para-conciliacion/>

<https://mercortecresa.com/blog/tipos-de-incendios-forestales-y-consecuencias>

<http://almazcara.forestry.es/2017/07/indice-de-calcinacion-normalizada-nbr.html>

<http://zientziajoleak.pbworks.com/w/page/128089962/Sentinel>

<https://es.weatherspark.com/d/31716/8/17/Tiempo-promedio-el-17-de-agosto-en-Las-Palmas-de-Gran-Canaria-Espa%C3%B1a#Sections-Humidity>

[https://land.copernicus.eu/pwreset\\_finish](https://land.copernicus.eu/pwreset_finish)

<http://www.gisandbeers.com/lo-deberias-saber-imagenes-sentinel-2/>

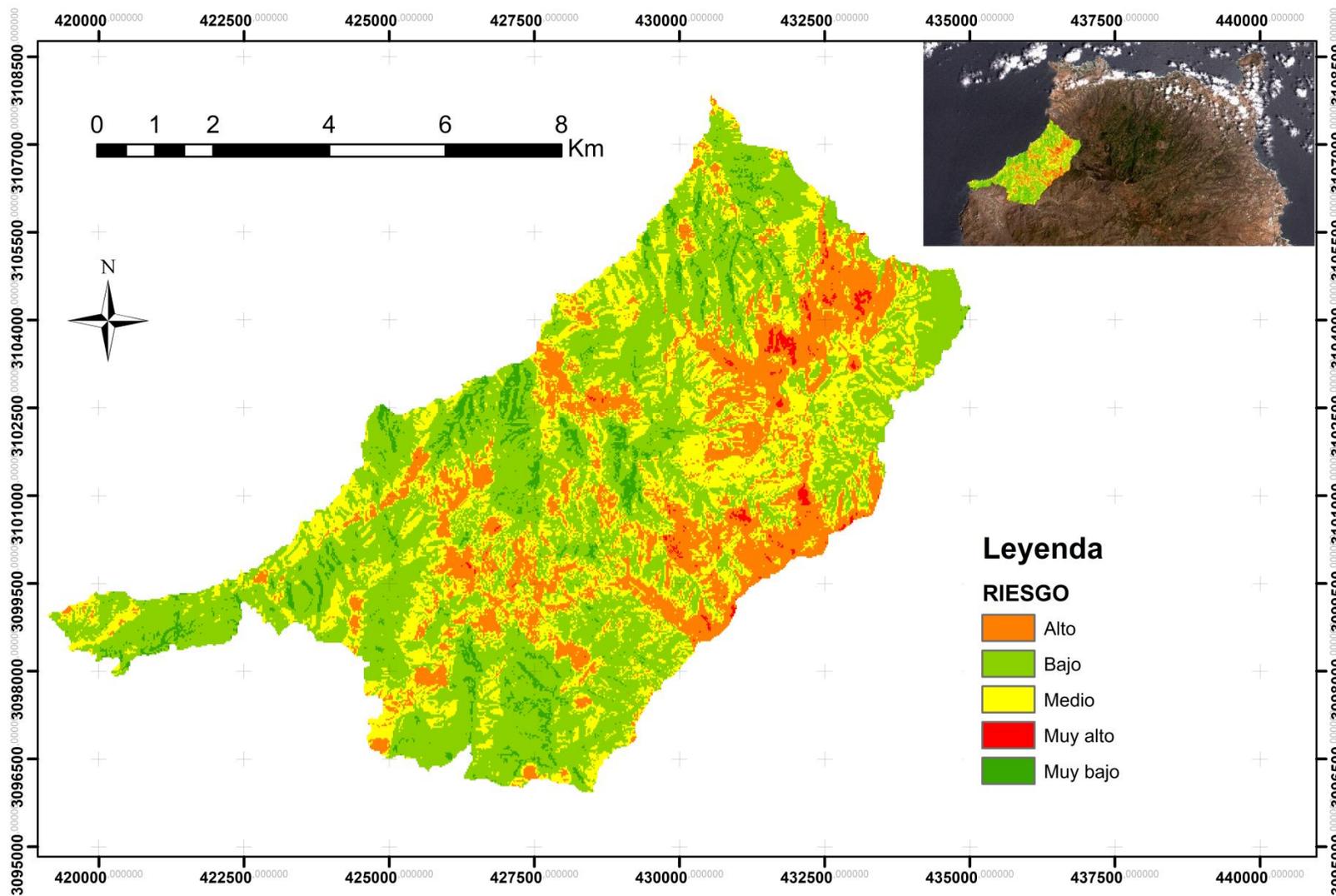
*PDF del Servicio de Formación del Cuerpo de bomberos –Ciudad de Madrid*

*“El concepto del peligro de incendio. Sistemas actuales de estimación del peligro. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales”. (2004.),- D. Francisco Javier Salas Rey y D. David Cocero Matesanz*

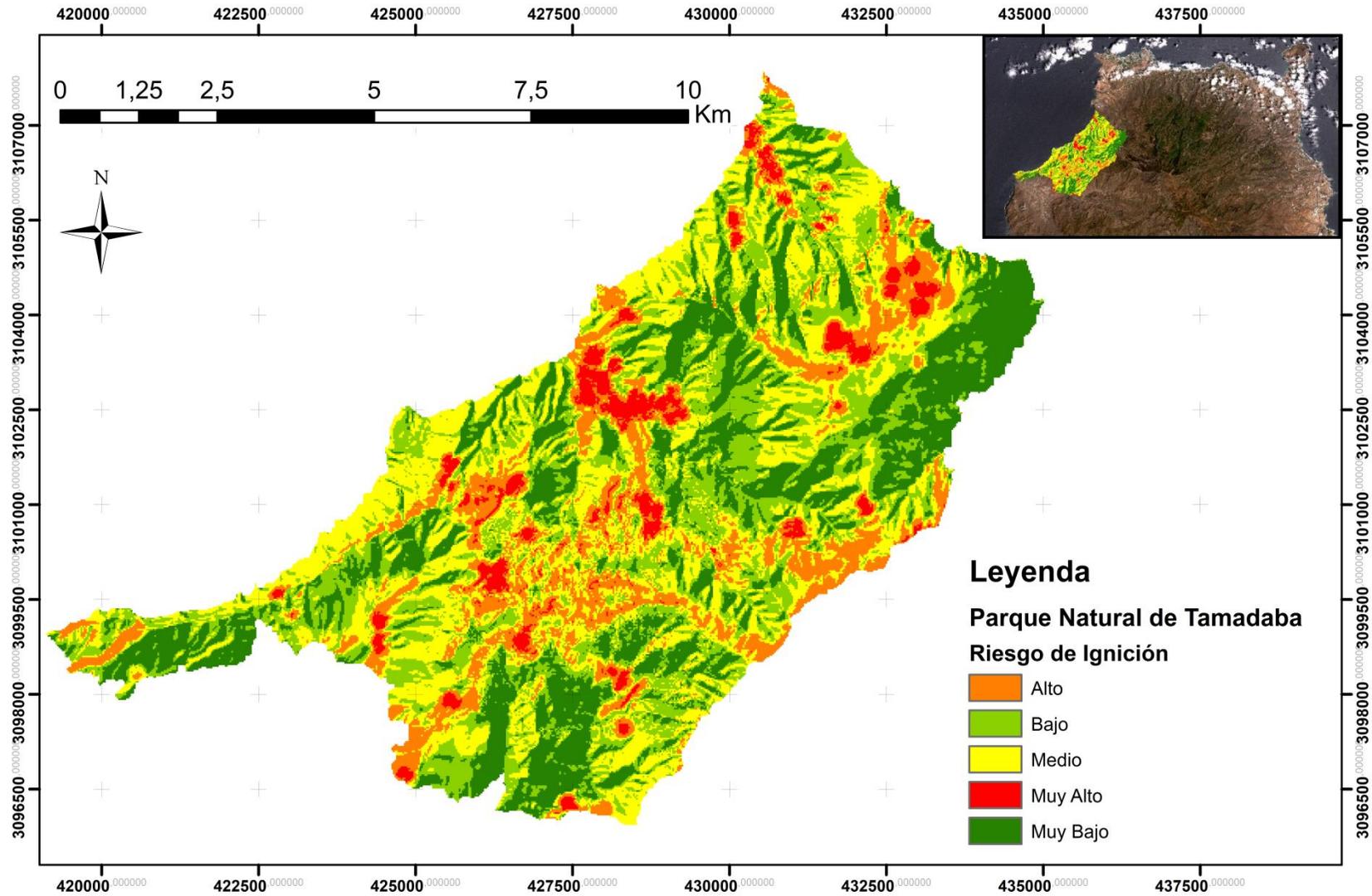
*Boletín de Asociados de Geógrafos Españoles Nº 58 (2012)*

# 7. Cartografía

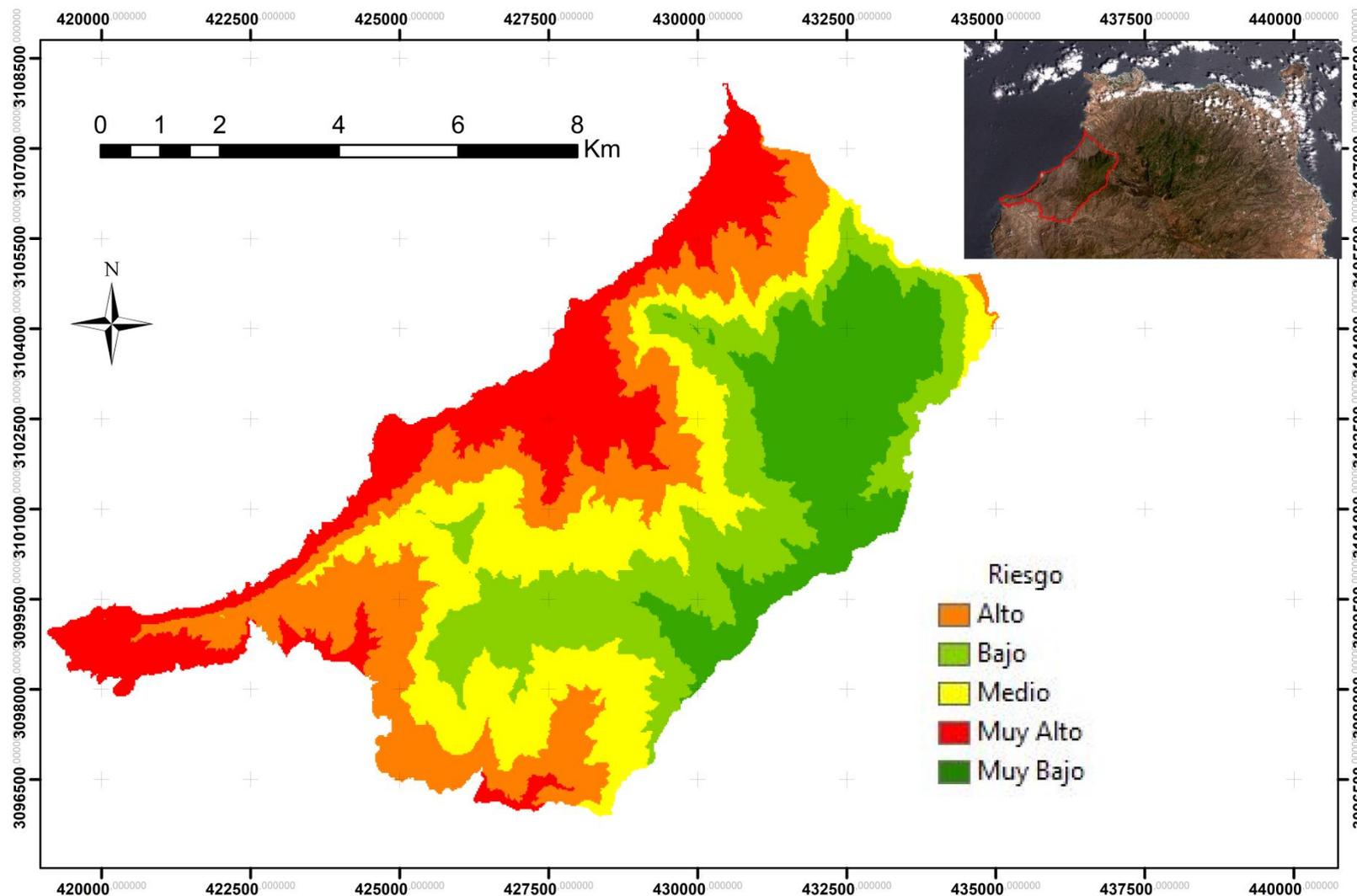
### Peligro de incendio del parque natural de Tamadaba



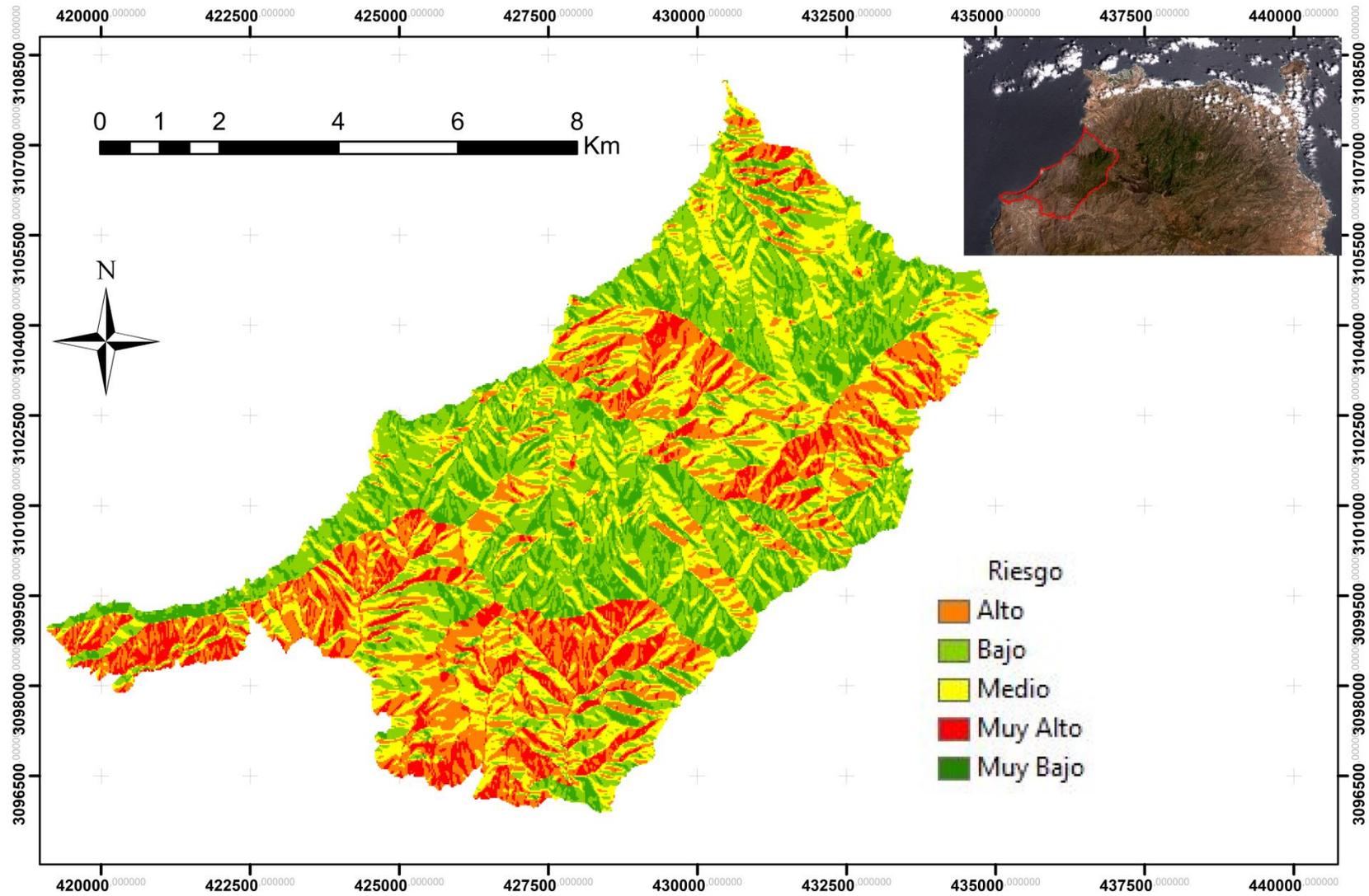
# Riesgo de Ignición del parque natural de Tamadaba



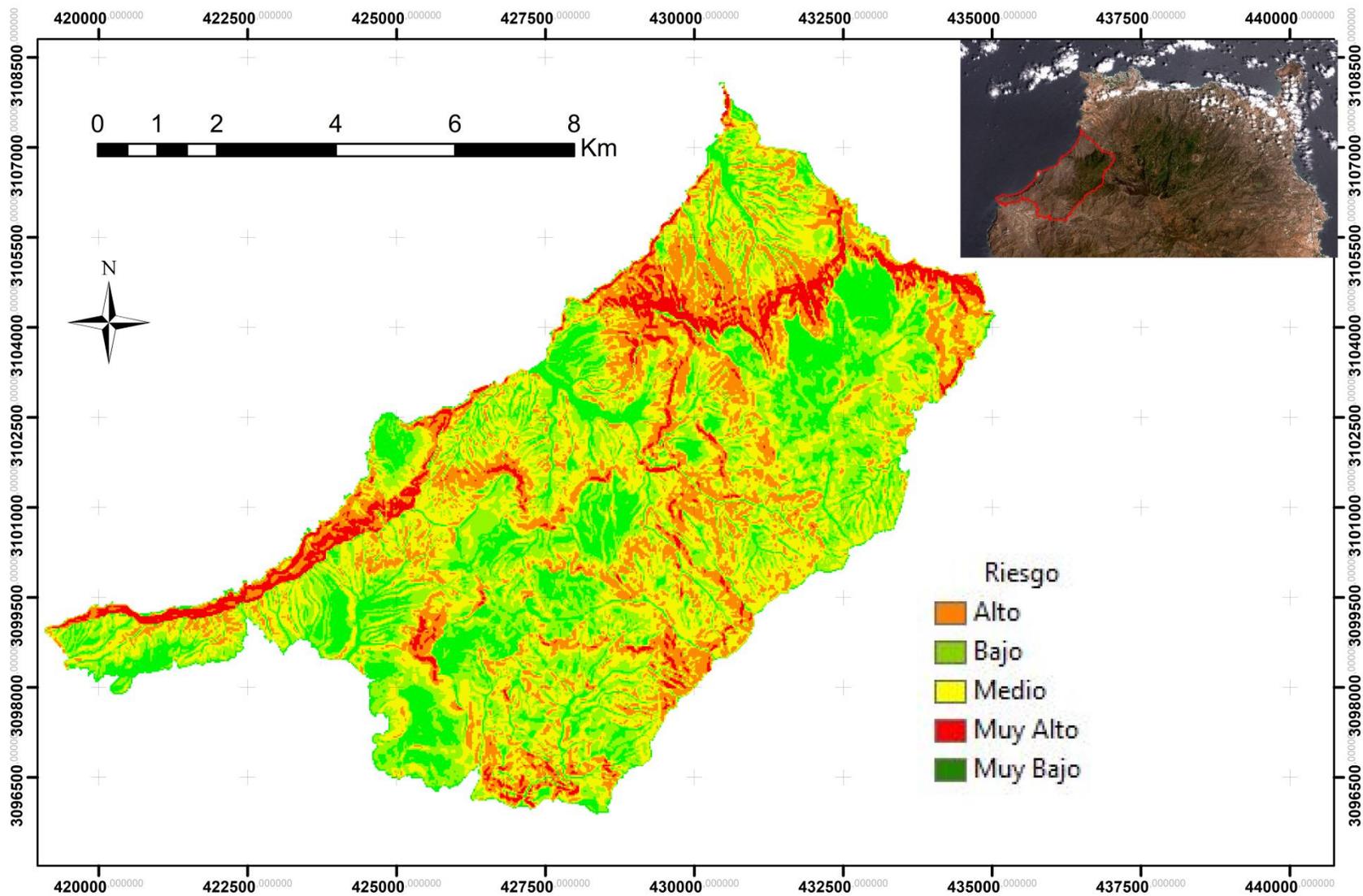
### Riesgo delgnición en función de la altitud



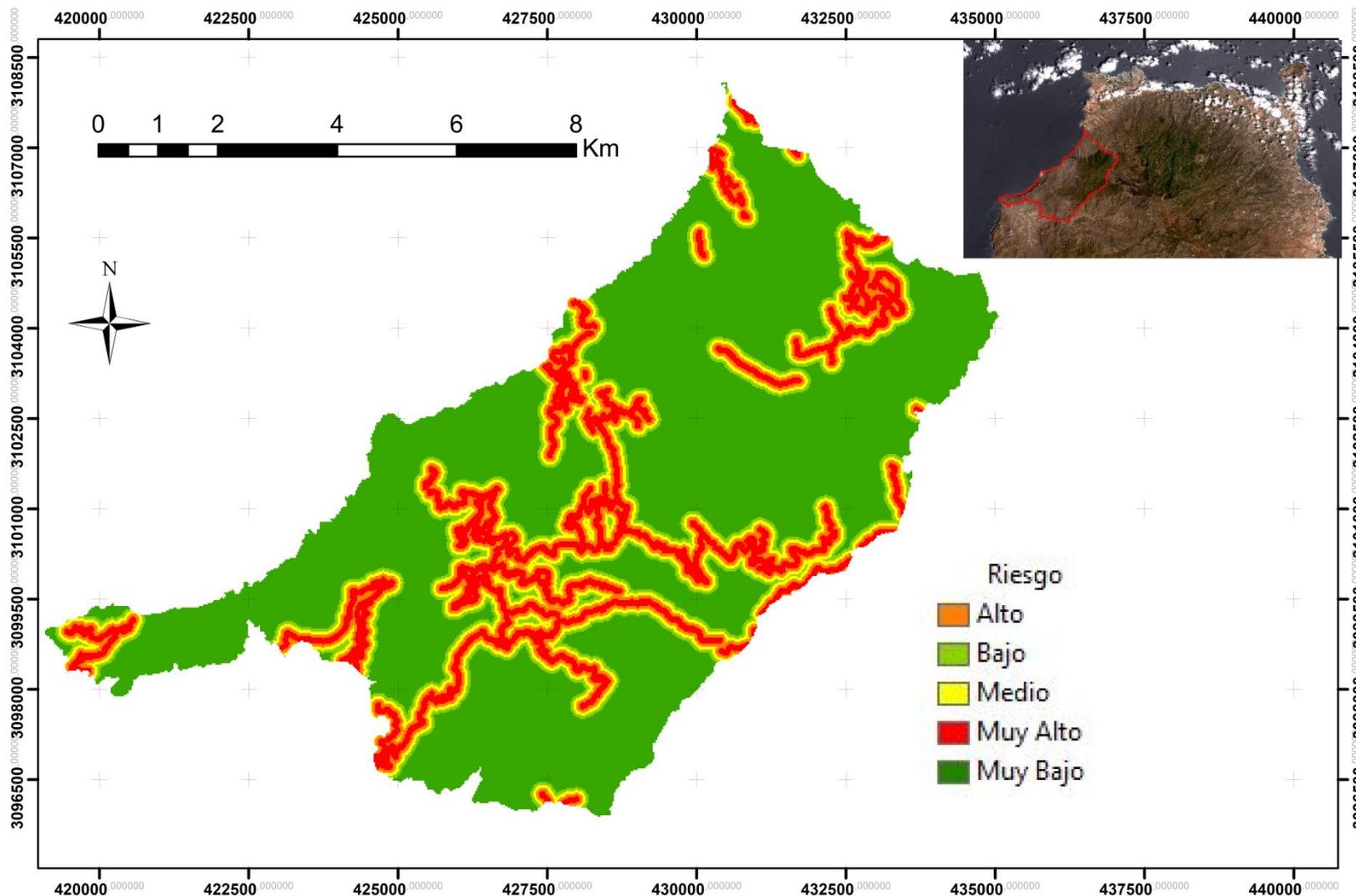
## Riesgo de propagación de incendios en función de la orientación



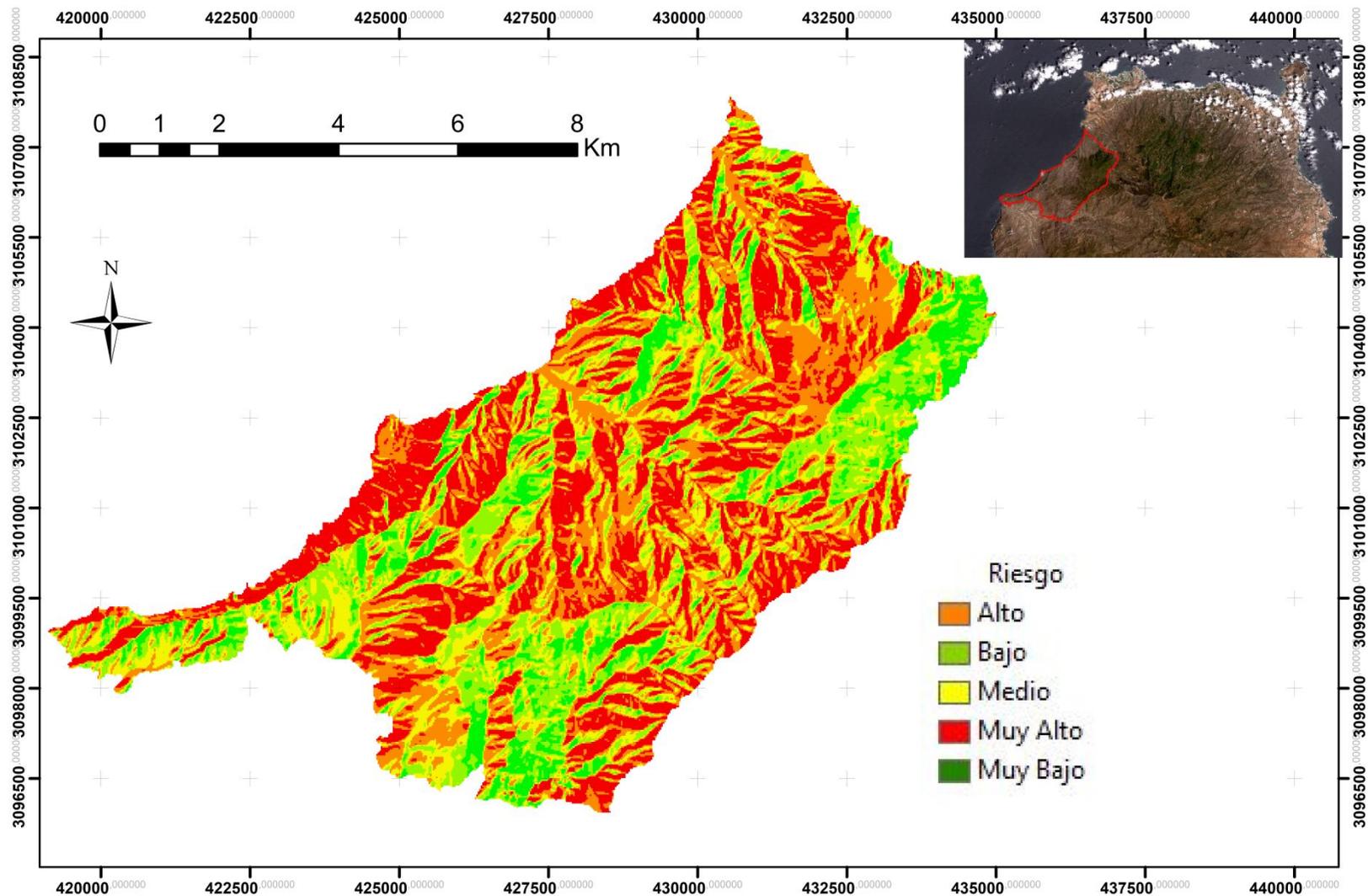
### Riesgo de Ignición en función de la pendiente



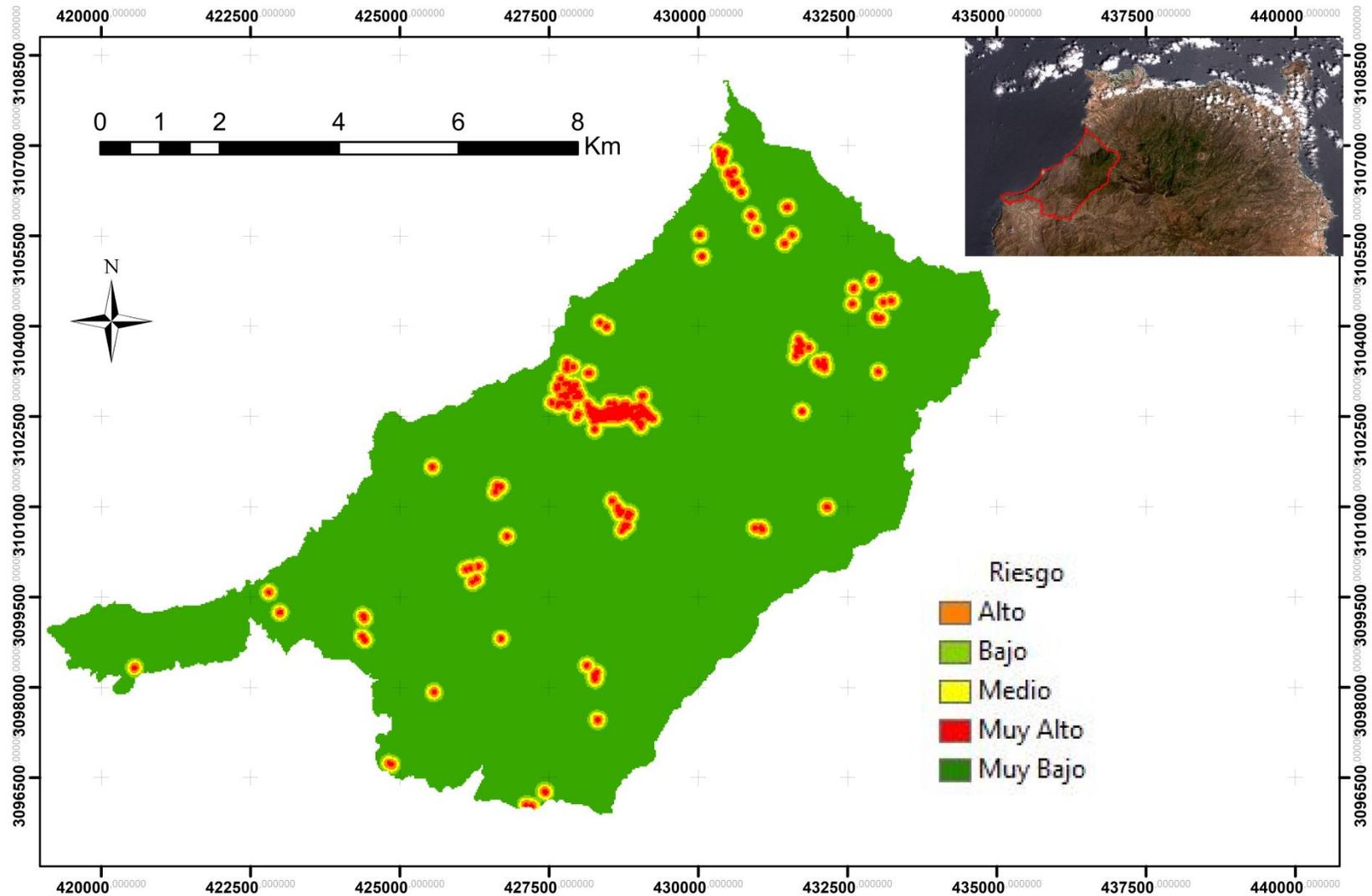
### Riesgo de Ignición en función de las sendas



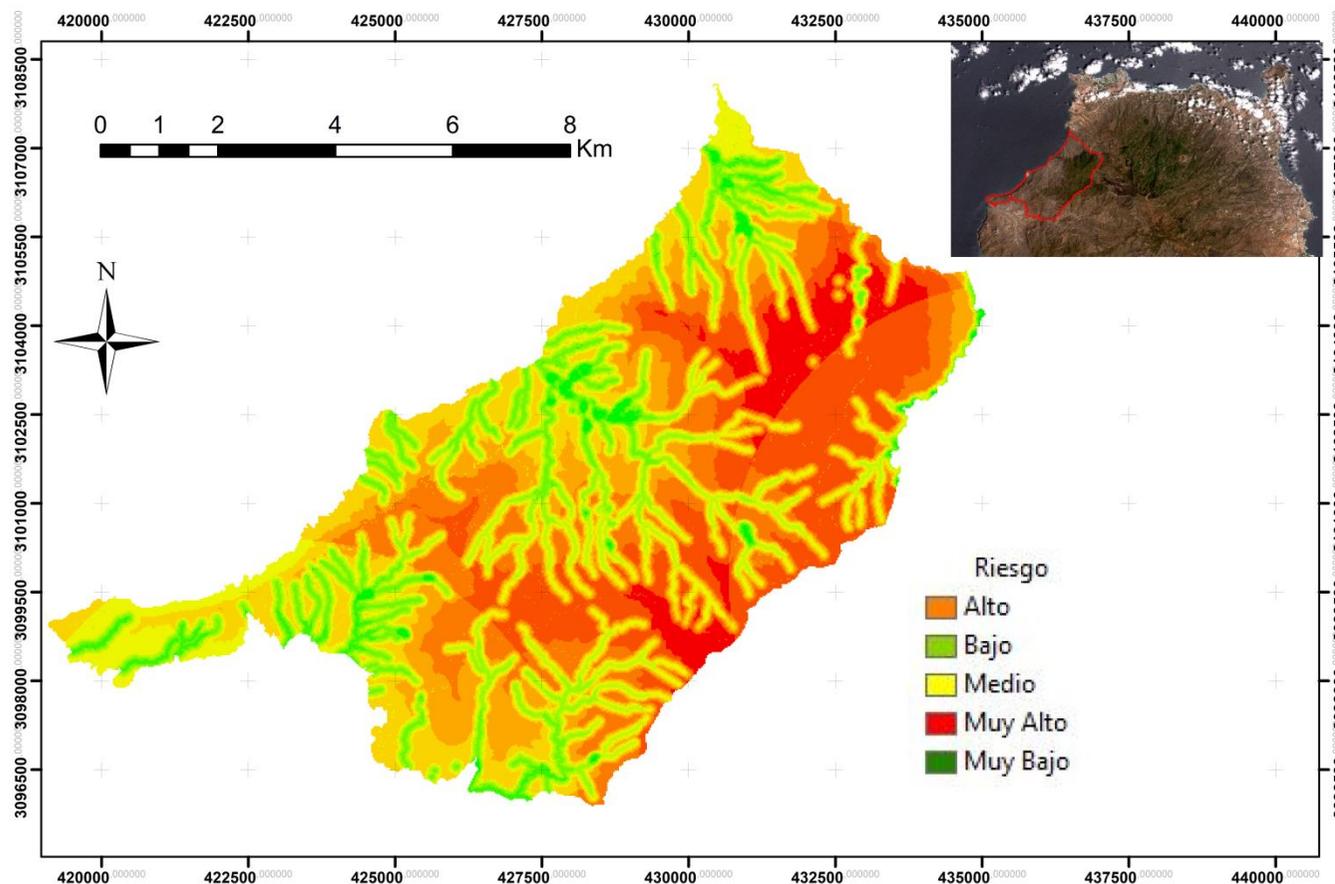
# Iluminación Solar



### Peligro de ignición en Núcleos Urbanos



### Riesgo de propagación de incendios en función de la hidrología



### NBR-Índice de Calcinación Normalizada (29/08/2019)

