



UNIVERSIDAD DE LEÓN

Prevención de Megaincendios Forestales mediante
el diseño de Planes de Operaciones de Extinción:
Basados en Nodos de Propagación.

Raúl Quílez Moraga

León 2015

A mis hijos Raúl y Berta, Berta y Raúl que tanta fuerza me dan para seguir adelante.

A mis padres, hermanas, tíos y a aquellos amigos que tanto me han apoyado, especialmente en los momentos difíciles.

Agradecimientos

Este estudio ha podido realizarse por las ganas de aprender y de aportar que siempre me han caracterizado, trabajado con mucha ilusión, dedicación y entrega, y por la gran calidad humana y apoyo de muchas personas que me rodean en diferentes aspectos a lo largo de mi vida.

En primer lugar agradecer a mis directores de tesis Joaquín Ramírez, gran profesional, excelente persona y amigo, que desde el principio me animó a realizar la tesis en esos momentos tan difíciles que yo estaba atravesando, y que sin duda contribuyó de manera definitiva para que pudiera superarlos por su gran apoyo y consejos a la hora de realizar el presente trabajo, y capacidad de ilusionarme. También agradecer a Luz Valbuena, mi otra directora de tesis, ya que desde el primer momento que le planteé que si quería codirigir el presente trabajo, no puso reparos, a la vez que me aportó una gran tranquilidad por su extensa visión investigadora.

Jorge Suarez, Jefe del Servicio de Prevención y Extinción de Incendios de la Conselleria de Governación y Justicia de la Generalitat Valenciana, que siempre vio de buen grado este trabajo, y que nunca escatimó en aportarme cuantos datos o información le solicité.

A José Ángel Núñez de AEMET en la Comunidad Valenciana, que me aportó los registros históricos de AEMET en la Comunidad Valenciana, y que me permitió realizar mis análisis, aun cuando se encontraba con una gran carga de trabajo.

A Adrián Cardil y Domingo Molina, por el apoyo en el análisis de parte de los datos.

Al personal de Tecnosylva, especialmente a Guillermo, Nacho y Santiago por su apoyo técnico a la hora de resolver ciertas dudas de diferente índole que me encontré a lo largo de la realización del trabajo.

A las revisiones hechas por Irene Rodríguez que sin duda han contribuido a perfeccionar el texto.

A Faustino, José Ángel y Robert, compañeros de trabajo y fieles amigos, que con su dedicación y entrega siempre han mantenido la llama de la ilusión por el trabajo bien hecho, apostando por la mejora e innovación constante.

A mi antiguo Jefe Rafael Martínez, por haberme enseñado a no decir nunca NO, por grande que fuese el reto.

A todas aquellas personas que siempre han aceptado de buen grado y con ilusión los diferentes trabajos que he realizado.

“A lo largo de los siglos ha habido hombres que han dado pasos en caminos nuevos sin más armas que su propia visión. Sus fines diferían, pero todos ellos tenían esto en común: su paso fue el primero, su camino fue nuevo, su visión fue trascendente y la respuesta recibida fue el odio (...) Sin embargo, los visionarios siguieron adelante. Lucharon, sufrieron y pagaron por su grandeza. Pero vencieron. (El Manantial, película, guion Ayn Rand)”

*“La peor derrota de una persona,
se da cuando pierde su ilusión”.*

Sumario e Índices.

Sumario

Agradecimientos	3
Sumario e Índices.	4
Sumario	5
Estructura del trabajo.	19
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.	1
I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.	2
I.1. Introducción.	2
I.2. Objetivos.	4
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO ACTUAL Y EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO. MEDIO FÍSICO E INCENDIOS.	6
1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO ACTUAL Y EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO.	7
II.1. Área de Estudio.	7
II.2. Medio Físico	9
II.2.1. Geología y Litología.	9
II.2.2. Topografía.	12
II.2.3. Clima.	15
II.2.4. Vegetación.	33
II.2.5. Espacios protegidos.	41
II.2.6. Usos del suelo	45
II.2.7. Riesgo Poblacional.	49
2.- LOS INCENDIOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. REGIMEN DE INCENDIOS, PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN EN LA ACTUALIDAD	53
II.3. Régimen de fuego.	53
II.3.1. Estadísticas de incendios en la CV	54
II.3.2. Recurrencia de incendios forestales.	59
II.3.3. Tipologías de incendios forestales.	65
II.4. Proyecciones del cambio climático en la Comunidad Valenciana.	70
II.4.1. Efectos sobre las principales especies.	73
II.5. Actuaciones tradicionales en materia de prevención de incendios forestales.	77
II.5.1. Revisión de la legislación en materia de prevención de incendios forestales anterior al año 1996 en España.	77
II.5.2. Plan de selvicultura preventiva Comunitat Valenciana.	84
II.5.3. Infraestructuras de prevención de Incendios Forestales en las zonas de estudio.	88

II.6. Planes de operaciones en extinción de incendios forestales.....	91
II.6.1. El Plan de Operaciones.-.....	93
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE EL SIMULADOR WFA.	98
III. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE EL SIMULADOR WFA.....	99
III.1. Factores implicados en el comportamiento del fuego.	99
III.1.1. Topografía.....	99
III.1.2. Modelos de combustible	102
III.1.3. Régimen de fuego en la zona de estudio	111
III.1.4. Fenología	118
III.1.5. Patrones climatológicos asociados a la incidencia de los incendios forestales en la Comunitat Valenciana.	132
III.2. Validación del simulador WFA en la zona de estudio.	158
III.2.1. Simulación de incendios con el simulador WFA.	159
III.2.2. Simulación del incendio de Cortes de Pallás con WFA.....	163
III.2.3. Simulación del incendio de Andilla con WFA.	169
III.3. Análisis de escenarios en la zona de estudio.	173
III.3.1. Minimun Travel Time.	173
III.3.2. Metodología de análisis de la zona de estudio. Nodos de propagación.....	175
III.4. Validación del Método	7
III.4.1. Incendio de Requena del 5 de julio de 1994.	8
III.4.2. Incendio del 15 de agosto de 1979.	10
III.4.3. Incendio de Loriguilla del 15 de agosto de 1980.....	12
III.4.4. Incendio de Yátova del 28 de julio de 1991.....	13
III.4.5. Incendio de Chiva del 28 de agosto de 2003.....	14
III.5. Determinación de los Nodos de Propagación.....	15
III.5.1. Nodos de propagación en Sot de Chera.....	16
III.5.2. Nodos de propagación en La Calderona.	17
CAPÍTULO IV. ACTUACIONES PREVENTIVAS Y PLANES DE OPERACIONES.	19
IV. ACTUACIONES PREVENTIVAS Y PLANES DE OPERACIONES.	20
IV.1. Diseño detallado de cada uno de los nodos de propagación sobre el plano.	20
IV.1.1 Nodos de propagación en Sot de Chera.....	21
IV.1.2. Zona de La Calderona.	24
IV.2. Métodos de tratamientos selvícolas propuestos.....	28
IV.2.1. Modelos de combustible a tratar en la zona de Sot de Chera.....	29

IV.2.2. Modelos de combustible en La Calderona.....	32
IV.2.3. Comportamiento de los incendios de viento.....	34
IV.2.4. Tratamientos asociados a los diferentes modelos de combustible presentes.	35
IV.2.5. Tratamientos relativos a cada modelo de combustible presente en la zona.	37
IV.2.6. Medidas de mantenimiento de las zonas tratadas.	38
IV.3. Planes de operaciones basados en la determinación de nodos de propagación.	41
IV.3.1. Descripción de las tácticas a emplear.	2
IV.3.2. Zonificación para las operaciones de extinción en la zona de Sot de Chera.	6
IV.3.3. Zonificación para las operaciones de extinción en la zona de La Calderona.....	7
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y EXTENSIONES.	8
V. CONCLUSIONES Y EXTENSIONES.....	9
V.1. Conclusiones.....	9
V.2. Extensiones.....	12
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
Bibliografía.....	14

Tablas y figuras

Tabla 1 Clasificación Köppen de los tipos de clima.	16
Tabla 2 Percentiles y carácter para cada estación del año. Fte. AEMET.	19
Tabla 3 Clasificación del carácter del año. Periodo 1968 – 2013. Fte.- AEMET.....	22
Tabla 4 Número de días en los que se han superado distintos umbrales de viento. Fte. Núñez Mora, 2007.	25
Tabla 5 Superficie ocupada por diferentes formaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Fte.- PATFOR 2011.....	37
Tabla 6 Superficie por tipo de Estrato en Sot de Chera. Fte.- IFN3. Elaboración propia.....	38
Tabla 7 Superficie por tipo de Estrato en La Calderona. Fte.- IFN3. Elaboración propia.....	40
Tabla 8 Relación de espacios protegidos en Sot de Chera. Fte.- MAGRAMA.....	41
Tabla 9 Relación de espacios protegidos en La Calderona. Fte.- MAGRAMA. Elaboración propia.	43
Tabla 10 Tipología de usos del suelo en Sot de Chera. Fte.- CORINE.	45
Tabla 11 Tipología de usos del suelo en La Calderona. Fte.- CORINE.....	47
Tabla 12 Recurrencia de incendios en la CV analizada mediante curvas de incendio.....	60
Tabla 13 Recurrencia de incendios analizada mediante curvas de incendio en Sot de Chera y La Calderona.	64
Tabla 14 Predicciones de la adaptación y tendencia de expansión o reducción de las principales especies forestales en la Comunidad Valenciana (Felicísimo et al. 2011),	75
Tabla 15 Acciones a llevar a cabo en el Plan de Selvicultura Preventiva de la CV.....	85
Tabla 16 Clasificación de la superficie de ruptura diseñada en el Plan de Selvicultura Preventiva de la CV.....	86
Tabla 17 Valores meteorológicos para los cálculos con Behave en el diseño de las infraestructuras preventivas en el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunitat Valenciana.....	86
Tabla 18 Resultados obtenidos por BEHAVE de las longitudes de llama para las diferentes zonas de la Comunitat Valenciana.	87
Tabla 19 Coeficientes de seguridad utilizados en el Plan de Selvicultura Preventiva de la CV para el dimensionamiento de las infraestructuras defensivas.	87
Tabla 20 Infraestructuras de prevención presentes en la zona de Sot de Chera.	88
Tabla 21 Infraestructuras de prevención presentes en la zona de La Calderona.....	89
Tabla 22 Descripción de las fases del Plan de Operaciones. Fte.- Elaboración propia.	95
Tabla 23 Esquema de los procesos de seguimiento de las acciones en el PMA y Centro de Recepción de Medios (CRM). Fte.- Elaboración propia.	96
Tabla 24 Tabla de modelos de combustible en las zonas de estudio.....	110
Tabla 25 Tabla de incendios mayores de 100 ha en Sot de Chera, periodo 1978 2013. Fte. Elaboración propia.....	115

Tabla 26 Tabla de incendios mayores de 100 ha en La Calderona, periodo 1978 - 2013. Fte. Elaboración propia.....	117
Tabla 27 Contenido de la humedad de los combustibles vivos. Fuente: Rothermel, 1983.	120
Tabla 28 Tiempo de retardo. Fuente: Rothermel, 1983.	121
Tabla 29 Humedad del <i>Pinus halepensis</i> en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.....	126
Tabla 30 Humedad del <i>Rosmarinus officinalis</i> en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.....	126
Tabla 31 Humedad de <i>Quercus coccifera</i> en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.....	126
Tabla 32 Cálculo del índice de Haines, 2003.....	145
Tabla 33 Descripción de los grupos sinópticos para la zona de estudio.	147
Tabla 34 Incendios mayores de 100 ha en Sot de Chera, superficie y temperatura a 850 hPa.	147
Tabla 35 Incendios mayores de 100 ha en La Calderona, superficie y temperatura a 850 hPa.	150
Tabla 36 Condiciones meteorológicas más desfavorable para cada zona. Fte. Plan de Selvicultura Preventiva CV.	155
Tabla 37 Variables meteorológicas y humedad del combustible en el escenario de Sot de Chera.	1
Tabla 38 Variables meteorológicas y humedad del combustible en el escenario de La Calderona.	5
Tabla 39 Relación inicial de incendios para realizar la comparativa entre sus carreras principales reales y las mostradas por el simulador.....	8
Tabla 40 Ventana meteorológica del incendio del 15 de agosto de 1979 en la zona de Sot de Chera.....	11
Tabla 41 Ventana meteorológica del incendio del 15 de agosto de 1980 en Loriguilla.	12
Tabla 42 Superficie por modelos de combustible en la zona de Sot de Chera.	30
Tabla 43 Modelos de combustible en tratamientos en Sot de Chera.	31
Tabla 44 Superficie por modelos de combustible en la zona de La Calderona.....	32
Tabla 45 Modelos de combustible en tratamientos en La Calderona.	33
Tabla 46 Tratamientos asociados a cada modelo de combustible.....	38
Tabla 47 Comparativa de tratamientos de mantenimiento para nodos de propagación. Adaptada de Vega Hidalgo, J.A. 2001.	39
Tabla 48 Tipología de tácticas a emplear.	2
Tabla 49 Superficie en cada zona de incendio.....	6
Tabla 50 Superficie de las zonas de incendio.	7

Figura 1 Plano de situación de las zonas de estudio. Fte. Elaboración propia.....	7
Figura 2 Detalle de las zonas de estudio. Fte. Elaboración propia.....	7
Figura 3 Zona de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.....	8
Figura 4 Zona de La Calderona. Fte. Elaboración propia.	8
Figura 5 Mapa geológico de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.....	10
Figura 6 Mapa geológico de La Calderona. Fte. Elaboración propia.	11
Figura 7 Mapa de alturas 3D de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.....	12
Figura 8 Mapa de pendientes de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.....	13
Figura 9 Mapa de exposiciones de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.....	13
Figura 10 Mapa de alturas 3D de La Calderona. Fte. Elaboración propia.	14
Figura 11 Mapa de pendientes de La Calderona. Fte. Elaboración propia.....	14
Figura 12 Mapa de exposiciones de La Calderona. Fte. Elaboración propia.....	14
Figura 13 Clasificación Köppen de la provincia de Valencia. Fte. Núñez Mora, J.A., 2007	15
Figura 14 Clasificación Köppen periodos (1961-1990), (1971-2000), (1981-2010), superior España, inferior provincia de Valencia. Fte. Rodríguez Ballesteros, 2014.	17
Figura 15 Estaciones meteorológicas utilizadas para hacer el estudio climatológico. Fte. Elaboración propia datos AEMET.	18
Figura 16 Precipitación media por estación del año, periodo 1968 2013. Fte. Elaboración propia.	19
Figura 17 Precipitación media por estación del año, periodo 1968 2013. Fte. Elaboración propia, datos AEMET.	20
Figura 18 Precipitación anual media en la provincia de Valencia. Fte. Elaboración propia.	20
Figura 19 Media móvil de 2 años de la pluviometría anual acumulada en el periodo 1968 - 2013 en la CV. Fte. Elaboración propia.	22
Figura 20 Presión media a nivel del mar de febrero de 2012. Fte.- Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo.	23
Figura 21 Rosa de los Vientos de la ciudad de Valencia. Fte.- Nuñez Mora, A., 2007	23
Figura 22 Régimen de vientos en la ciudad de Valencia en diciembre, enero y febrero (Calmas 24%). Fte.- Núñez Mora, A., 2007.....	24
Figura 23 Temperaturas medias en la Comunidad Valenciana, periodo 1960 - 2014. Fte. Elaboración propia.....	30
Figura 24 Temperatura media de las máximas y temperaturas máximas en la Comunidad Valenciana periodo 1960 2014. Fte. Elaboración propia.	31
Figura 25 Acumulación horaria de rayos del día 3 de septiembre de 2004.Fte. Núñez Mora, 2007	32
Figura 26 Densidad de descargas eléctricas verano 2001-2005. Fte. Núñez Mora, 2007.....	32
Figura 27 Zonas de potencialidad bioclimática en la Comunidad Valenciana. Fte.- PATFOR 2011.	33

Figura 28 Clasificación fitoclimática de la Comunidad Valenciana. PATFOR 2011.	35
Figura 29 Relación entre la idoneidad fitoclimática y la distribución actual de las principales especies arbóreas presentes en la Comunidad Valenciana. Fte.- PATFOR 2011.	36
Figura 30 Superficie ocupada por las diferentes formaciones vegetales a lo largo del tiempo en la provincia de Valencia (eje x IFN, eje y superficie ha). Fte.- Inventario Forestal Nacional. Elaboración propia.	37
Figura 31 Superficie ocupada por las distintas formaciones vegetales y por las especies más representativas de la provincia de Valencia (eje x IFN, eje y superficie ha). Fte.- Inventario Forestal Nacional. Elaboración propia.	38
Figura 32 Distribución por tipo de estrato en Sot de Chera. Fte.- IFN3. Elaboración propia.	39
Figura 33 Distribución por tipo de estrato en La Calderona. Fte.- IFN3. Elaboración propia.	40
Figura 34 Distribución de las figuras de espacios protegidos en Sot de Chera. Fte.- MAGRAMA. Elaboración propia.	42
Figura 35 Distribución de las figuras de espacios protegidos en La Calderona. Fte.- MAGRAMA. Elaboración propia.	44
Figura 36 Distribución de los diferentes usos del suelo en Sot de Chera. Fte.- CORINE. Elaboración propia.	46
Figura 37 Distribución de los diferentes usos del suelo en La Calderona. Fte.- CORINE. Elaboración propia.	48
Figura 38 Población de Gestalgar una vez pasado el incendio de Chulilla de septiembre de 2012. Fte.- Propia.	50
Figura 39 Mapa de riesgo poblacional en la zona de Sot de Chera. Fte.- IFN3. Elaboración propia.	51
Figura 40 Mapa de riesgo poblacional en la zona de La Calderona. Fte.- IFN3. Elaboración propia.	52
Figura 41 Troza de secuoya donde se aprecian los efectos de diferentes fuegos sobre su crecimiento. Fte Thomas Swetnam.	53
Figura 42 Imagen satélite de episodio de Chaqueo en Sudamérica. Fte.- NASA.	53
Figura 43 Superficie quemada en la CV entre 1968 y 2013. Fte. Conselleria de Governación y Justicia.	55
Figura 44 Superficie repoblada en la Comunidad Valenciana y en la provincia de Valencia. Fte. Cosellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Elaboración propia.	55
Figura 45 Producción de leñas en la Provincia de Valencia. Periodo 1913 a 1994. Fte. INE Anuario estadístico, elaboración propia.	56
Figura 46 Superficie quemada en la provincia de Valencia periodo 1874 - 1961 (72% de los incendios). Fte.- Fernández Muñoz, S, 1999.	56
Figura 47 Representación gráfica de la superficie anual quemada, repoblada y la acumulada de repoblaciones. Fte. INE y Generalitat Valenciana. Elaboración propia.	57
Figura 48 Número de incendios forestales por año en el periodo 1968 2013. Fte.- Conselleria de Governación y Justicia.	58

Figura 49 Número de incendios forestales por extensión en el periodo 1968 - 2013. Fte.- Conselleria de Governación y Justicia.	58
Figura 50 Número de incendios por causa en el periodo 1990 - 2013 (eje x año y causa; eje y número). Fte.- Conselleria de Governación y Justicia. Elaboración propia.	59
Figura 51 Porcentaje del número de incendios por causa. Fte.- Conselleria de Governación y Justicia. Elaboración propia.....	59
Figura 52 Mapa de recurrencia de incendios en la Comunidad Valenciana. Fte.- Elaboración propia.....	61
Figura 53 Ecorregiones en Valencia frente a recurrencia. Fte.- Modificado a partir de Padilla y Vega-García, 2011.	62
Figura 54 Comparativa entre pisos bioclimáticos y recurrencia de incendios en la provincia de Valencia.	63
Figura 55 Mapa de recurrencia de incendios en la zona de Sot de Chera y La Calderona. Fte.- Elaboración propia.....	64
Figura 56 Incendio conducido por viento. Fte.- UBE.....	65
Figura 57 Desarrollo del pirocúmulo del incendio de Llocnou de Sant Jeroni 2012. Fte.- UBE.....	66
Figura 58 Mecanismo de retroalimentación de la columna, mediante desplome de vientos desde el pirocúmulo. Fte.- Elaboración propia.	67
Figura 59 Incendio Topográfico en Simat de la Valldigna, 2001. Fte.- UBE.	68
Figura 60 Imágenes de los incendios del día 30 de junio de 2012, captada por el satélite Modis Terra. Fte.- Joaquín Ramírez.....	69
Figura 61 Cambio de la precipitación y de la temperatura máxima en la Comunidad Valenciana. Fte.- AEMET 2014.	70
Figura 62 Cambio en días cálidos y de la duración de las olas de calor en la Comunidad Valenciana. Fte.- AEMET 2014.....	71
Figura 63 Ejemplos de seca, disponibilidad de combustible, procesos erosivos por lluvias virulentas, derribos por vendavales, ataque de <i>Tomicus sp.</i> y modificación de la fenología de especies en diferentes zonas de la provincia de Valencia. Fte.- Propia.....	73
Figura 64 Riqueza específica potencial para el periodo actual y los tres horizontes temporales previstos en la combinación A2/CGCM". Los valores representan desde azul (menos de 6 especies) hasta el rojo (más de 40 especies potenciales) (Felicísimo et al. 2011).....	74
Figura 65 Zonas críticas por pérdida de riqueza específica para la combinación A2/CGCM". Pérdida de 9 ó más especies (percentil 0,75); rojo, pérdida de 13 ó más especies (percentil 0,90) (Felicísimo et al. 2011).....	74
Figura 66 Mapa de infraestructuras de prevención en la zona de Sot de Chera.....	89
Figura 67 Mapa de infraestructuras de prevención en la zona de La Calderona.	90
Figura 68 Tres formularios del Plan de Operaciones del Consorcio de Bomberos de Valencia, de un total de 8 formularios que lo componen. Fte.- Elaboración propia.	94
Figura 69 Triángulo del análisis del comportamiento del incendio forestal.	99
Figura 70 Régimen de vientos dominantes anuales en Valencia. Fte Capell Molina, J.J.; Viedma Muñoz, M. 2004.....	100

Figura 71 Mapa topográfico de la zona de Sot de Chera.....	101
Figura 72 Mapa topográfico de la zona de La Calderona.	102
Figura 73 Matorralización del paisaje	103
Figura 74 Ortofoto de una de las zonas de estudio.....	105
Figura 75 Izquierda, mapa según estructuras de vegetación y derecha mapa de modelos de combustible.....	105
Figura 76 Ejemplo de Tabla de información asociada a cada tesela. Fte.- Elaboración propia...106	
Figura 77 Mapa según cargas asociadas a cada modelo de combustible.	106
Figura 78 Clave de identificación de los modelos de combustible en la provincia de Valencia. 107	
Figura 79 Mapa de modelos de combustibles de Sot de Chera.....	108
Figura 80 Mapa de modelos de combustibles en La Calderona.	109
Figura 81 Comparativa de la superficie afectada por incendios entre cada estación para cada año. Fte. Elaboración propia.	112
Figura 82 Detalle del número de hectáreas quemadas por estación /año, periodo 1968-2013 en la Comunidad Valenciana. Fte.- Elaboración propia.	113
Figura 83 Mapa de recurrencia de incendios en la zona de Sot de Chera teniendo en cuenta los modelos de combustible. Fte.- Elaboración propia.....	113
Figura 84 Mapa de recurrencia de incendios en la zona de La Calderona teniendo en cuenta los modelos de combustible. Fte.- Elaboración propia.....	114
Figura 85 Mapa de los incendios mayores de 100 ha en Sot de Chera para el periodo 1978 - 2013.....	116
Figura 86 Mapa de los incendios mayores de 100 ha en La Calderona para el periodo 1978 - 2013.....	117
Figura 87 Gráfica de la evolución del contenido de humedad de las hojas nuevas y viejas a lo largo del año. Fte. Schroeder, M; Buck, C 1970.....	123
Figura 88 Evolución del contenido de humedad en función de la espesura de la masa. Fte. Schroeder, M; Buck, C 1970.....	124
Figura 89 Evolución del contenido de humedad después de la lluvia en función del tamaño del combustible. Fte. Schroeder y Buck, 1970.	124
Figura 90 Registros pluviométricos acumulados estaciones CEAM. Fte. CEAM.....	127
Figura 91 Gráfica de la evolución de la humedad del combustible fino vivo y muerto en romero y en acículas vivas y tallos finos de pino carrasco en un periodo que incluye los días del incendio de Cortes de Pallás. También se presenta la humedad del suelo en los primeros 5 cm. Las medidas fueron tomadas en la comarca del Valle de Ayora, próxima a la zona afectada por el fuego. Fte. CEAM.....	128
Figura 92 Gráfica de la evolución de la humedad de <i>Rosmarinus officinalis</i> en la provincia de Valencia 2014. Fte. Elaboración propia.	129
Figura 93 Gráfica de la evolución de la humedad de <i>Pinus halepensis</i> en la provincia de Valencia 2014. Fte. Elaboración propia.	129

Figura 94 Gráfica de la evolución de la humedad de <i>Quercus coccifera</i> en la provincia de Valencia 2014. Fte. Elaboración propia.	130
Figura 95 Imagen del incendio de Marines a la llegada del helicóptero de extinción en alineación 3 de 3, y humedad del combustible vivo expresado en porcentaje (%).	130
Figura 96 Detalle del incendio de Cofrentes, donde puede apreciarse el comportamiento del fuego, afectando al combustible de superficie y afectando poco a las copas del pino, y humedad del combustible vivo expresado en porcentaje (%).	131
Figura 97 Detalle del incendio de Pedralba donde puede apreciarse el comportamiento del fuego, afectando al combustible de superficie y arbóreo, humedad del combustible vivo expresado en porcentaje (%).	131
Figura 98 Relación entre incendios y pluviometría registrada en invierno para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia.	133
Figura 99 Relación entre incendios y pluviometría registrada en primavera para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia.	134
Figura 100 Relación entre incendios y pluviometría registrada en verano para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia.	134
Figura 101 Relación entre incendios y pluviometría registrada en otoño para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia.	134
Figura 102 Percentiles por estación de superficie quemada en incendios en la Comunidad Valenciana. Fte. Elaboración propia.	135
Figura 103 Media móvil de dos años de la pluviometría anual acumulada en el periodo 1968-2013 en la CV. Fte. Elaboración propia.	135
Figura 104 Anomalía estacional de días de altas temperaturas en altura en el periodo 1978-2013 en la CV. Fte. Elaboración propia.	136
Figura 105 Comparativa de la anomalía de temperatura año con la superficie quemada y el régimen pluviométrico de primavera y verano periodo 1978-2013. Fte. Elaboración propia.	137
Figura 106 Comparativa de la anomalía de temperatura año con la superficie quemada y el régimen pluviométrico de primavera y verano para el periodo 1978 y 1993. Fte. Elaboración propia.	138
Figura 107 Comparativa de la anomalía de temperatura año con la superficie quemada y el régimen pluviométrico de primavera y verano entre 1994 y 2013. Fte. Elaboración propia.	138
Figura 108 Escenarios sinópticos de mayor riesgo de GIF en la Comunidad Valenciana. Fte. CEAM.	140
Figura 109 Oscilación de la NAO. Fte. Martín Vide 2011.	140
Figura 110 Oscilación WEMO. Fte. Martín Vide.	141
Figura 111 Vientos dominantes en Valencia por estación y anuales. Fte Capell Molina y Viedma Muñoz, 2004.	142
Figura 112 Incendio convectivo de Ayora, Julio 2012. Fuente UBE.	144
Figura 113 Número de días de HTD año y tendencia. Fte. Elaboración propia.	146
Figura 114 Porcentaje de incendios para cada tipo sinóptico analizado, y superficie quemada por tipo sinóptico analizado en la zona de Sot de Chera.	149

Figura 115 Clasificación por porcentajes según el valor del índice de Haines de los incendios estudiados en Sot de Chera.....	149
Figura 116 Porcentaje de incendios para cada tipo sinóptico analizado y superficie quemada por tipo sinóptico analizado en la zona de La Calderona.....	151
Figura 117 Clasificación por porcentajes según el valor del índice de Haines de los incendios estudiados en La Calderona.....	152
Figura 118 Configuración atmosférica a 850hPa similar de vaguada ciclónica pronunciada, a la izquierda 4 de julio de 1994 y a la derecha 28 de junio de 2012. Fte. Wetterzentrale.....	153
Figura 119 Temperatura y humedad relativa en la estación de Utiel julio 1994. Fte. AEMET, elaboración propia.....	153
Figura 120 Velocidad y dirección del viento en la estación de Utiel julio 1994. Fte. AEMET, elaboración propia.....	154
Figura 121 Temperatura y humedad relativa en varias estaciones junio-julio 2012. Fte. Datos CEAM, radiosondeos, elaboración propia.....	154
Figura 122 Velocidad y dirección del viento en varias estaciones junio-julio 2012. Fte. Datos CEAM, radiosondeos, elaboración propia.....	155
Figura 123 Zonificación del Plan de Selvicultura preventiva de la Comunidad Valenciana 1996.	156
Figura 124 Distintos gráficos que expresan la tendencia global de las temperaturas máximas (izquierda) y del índice de sequía (P/2T, P: Precipitación (mm), T: Temperatura (°C)) (derecha) de 2011 a 2040 para los meses de junio, julio y agosto. Fte. Fernández Miguelañez, 2013.	157
Figura 125 Diagrama de flujo de WFA. Fte. Tecnosylva.....	161
Figura 126 Pantalla de trabajo de WFA. Fte. Tecnosylva.....	162
Figura 127 Topografía incendio Cortes de Pallás.....	163
Figura 128 Mapa de presión en superficie y altura de 500 hPa el 28 de Junio de 2012.....	164
Figura 129 Inicio del incendio de Cortes de Pallás.....	164
Figura 130 Flanco izquierdo a las 4 horas desde el inicio. Fte. Unidad técnica de la Conselleria de Gobernación y justicia.....	164
Figura 131 Perímetros incendio Cortes de Pallás.....	165
Figura 132 Mapa de modelos de combustible de la zona del incendio de Cortes de Pallás.....	165
Figura 133 Perfil de elevaciones de la carrera principal.....	166
Figura 134 Ubicación de las estaciones meteorológicas de referencia.....	166
Figura 135 Operaciones de extinción en flanco izquierdo mediante quemadas de ensanche.....	167
Figura 136 Operaciones de extinción mediante quemadas de ensanche para defensa de zonas habitadas.....	167
Figura 137 Simulación del incendio de Cortes de Pallás a las 20 horas de su inicio.....	167
Figura 138 Perímetro de Modis del incendio de Cortes de Pallás a la misma hora.....	167
Figura 139 Simulación del incendio de Cortes de Pallás a 48 horas sin operaciones de extinción.	168

Figura 140 Meteodiagrama de la zona del sur de la provincia de Valencia del día 29 de junio a las 18:30 horas.....	169
Figura 141 Gráfica de temperatura y humedad relativa en horario UTC, desde el 29 de junio al 3 de julio de 2012.....	170
Figura 142 Gráfica de velocidad y dirección del viento en horario UTC, desde el 29 de junio al 3 de julio de 2012.....	170
Figura 143 Topografía a la altura de 850 hPa, donde se muestran las anomalías de temperatura en el este peninsular. Fte. Wetterzentrale.	171
Figura 144 Imágenes MODIS del Incendio de Andilla a las 11:10 y 14:25 , hora oficial, respectivamente del día 30 de junio de 2012.....	171
Figura 145 Comparativa entre la simulación con WFA de las 6 primeras horas de propagación del incendio de Andilla. En la parte inferior de la imagen MODIS del día 30 de junio de 2012 a las 11:10 horas.....	172
Figura 146 Comparativa entre la simulación con WFA de las 20 primeras horas de propagación del incendio de Andilla sobre la salida kml para google earth y la parte superior de la imagen MODIS del día 30 de junio de 2012 a las 11:10 horas.	172
Figura 147 Figura del principio de Huygens utilizando elipses. (A) Las condiciones uniformes utilizan ondas de forma y tamaño constante para mantener la forma elíptica del fuego en el tiempo. (B) Las condiciones no uniformes muestran la dependencia del tamaño de la onda del modelo local de combustible, pero la forma y orientación dependen del vector de viento y pendiente locales (Finney, 2004).	174
Figura 148 Obtención de celdas quemadas desde cada punto de inicio. FTE Tecnosylva.	176
Figura 149 Homogeneización de los resultados mediante cálculos logarítmicos. FTE Tecnosylva.	176
Figura 150 Determinación de valores entre cero y uno. FTE Tecnosylva.....	177
Figura 151 Proceso de trabajo para la obtención de datos de entrada con Wildfire Analyst. Fte. Elaboración propia.....	180
Ilustración 152 Proceso de obtención de los nodos de propagación con Wildfire Analyst. Fte. Elaboración propia.....	1
Figura 153 Selección de puntos de inicio con líneas de fuego en plena alineación sobre la zona, línea oeste (izquierda) y línea suroeste (derecha).....	2
Figura 154 Puntos de inicio seleccionados.	2
Figura 155 Acumcost y MTT del punto 1.....	3
Figura 156 MTT del punto 1 recalculado.	4
Figura 157 Mapa de MTT reclasificados y sumados de los 49 puntos.....	4
Figura 158 Puntos de inicio en La Calderona.....	6
Figura 159 Pantalla de salida de WFA de la simulación probabilística del punto de inicio nº 3 (izquierda), y MTT generados por este punto bajo los parámetros meteorológicos definidos (derecha).	6
Figura 160 Suma de los MTT de la zona de La Calderona.....	7

Figura 161 Datos de velocidad y dirección del viento de los días del incendio de Requena en la estación de AEMET de Utiel.....	9
Figura 162 Comparativa de las carreras reales del incendio de Requena del 5 de julio de 1994, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT.	9
Figura 163 Simulación del incendio de Requena del 5 de julio de 1994 con WFA.	10
Figura 164 Comparativa de las carreras reales del incendio del 15 de agosto de 1979, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT.	11
Figura 165 Comparativa de las carreras reales del incendio de Loriguilla del 15 de agosto de 1980 y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT. Ortofoto con el punto de inicio y fotografía realizada desde Villar de Tejas.	13
Figura 166 Comparativa de las carreras reales del incendio de Yátova del 28 de julio de 1991, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT.	14
Figura 167 Comparativa de las carreras reales del incendio de Chiva del 28 de agosto de 2003, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT. Imagen aérea real de ese incendio realizada por el ACO del MAGRAMA desde el este hacia el oeste, donde la carrera principal de propagación se dio durante la noche.	14
Figura 168 Comparativa entre las capas de los valores obtenidos mediante la suma de todos los MTT generados, y la normalizada entre los valores 0 y 1. Fte. Elaboración propia.	15
Figura 169 Comparativa de la resultante de las principales zonas de acumulación de MTT, una vez eliminados los valores no representativos (izquierda), organizados por prioridades, y la misma imagen donde se dejan los valores de las prioridades 1, 2 y 3, que son los que acumulan la mayor cantidad de carreras de propagación, y por tanto por donde se propagarán los GIF en la zona. Fte. Elaboración propia.....	16
Figura 170 Relación de nodos de propagación seleccionados en Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.....	17
Figura 171 Comparativa entre la suma de MTT con todas las prioridades y los MTT resultantes una vez segregados los no representativos (intervalo 0-0,5). Fte. Elaboración propia.	18
Figura 172 Nodos de propagación seleccionados en La Calderona. Fte. Elaboración propia.	18
Figura 173 Efecto del contraviento sobre la cabeza de incendio (derecha) y zona de propagación de focos secundarios (izquierda). Fte. UBE y Elaboración propia.....	20
Figura 174 Selección de la información de cada nodo para su tratamiento detallado. Fte. Elaboración propia.....	22
Figura 175 Tratamientos a realizar en la zona de Sot de Chera para gestión de los nodos de propagación y las fajas auxiliares. Fte. Elaboración propia.	23
Figura 176 Tratamientos a realizar en la zona de Sot de Chera para gestión de los nodos de propagación y las fajas auxiliares sobre hillshade. Fte. Elaboración propia.....	24
Figura 177 Tratamientos planificados en La Calderona. Fte. Elaboración propia.	25
Figura 178 Tratamientos preventivos en relación a la presencia de interfaz en La Calderona. Fte. Elaboración propia.....	26
Figura 179 Tratamientos preventivos en relación a la presencia de interfaz en La Calderona hillshade. Fte. Elaboración propia.....	27

Figura 180 Operaciones de quema en faja auxiliar para control del flanco izquierdo del incendio de Andilla 2012. Fte. UBE.	28
Figura 181 Porcentaje de cobertura sobre el terreno de cada grupo de modelos de combustible en Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.	31
Figura 182 Porcentaje de cobertura sobre el terreno de cada grupo de modelos de combustible en La Calderona. Fte. Elaboración propia.	33
Figura 183 Esquema de actuaciones de prevención para crear zonas de trabajo seguras donde cortar el avance de incendios de viento. Fte. Elaboración propia.	35
Ilustración 184 Procedimiento para el diseño y aplicación de los planes de operaciones preestablecidos. Fte. Elaboración propia.	1
Figura 185 Esquema de plan de operaciones de extinción. Fte. Elaboración propia.	4
Figura 186 Procedimiento de movilización y puesta en marcha de los planes de operaciones preestablecidos. Fte. Elaboración propia.	5
Figura 187 Zonas de incendio en la zona de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.	6
Figura 188 Zonas de incendio en La Calderona. Fte. Elaboración propia.	7

Estructura del trabajo.

El trabajo se ha estructurado en cinco capítulos. En el primer capítulo, se introduce el trabajo y se establecen los objetivos generales y específicos.

En el capítulo segundo se realiza una aproximación a las dos zonas de estudio de la provincia de Valencia en particular, y de la Comunidad Valenciana en general, a través del análisis de su medio físico y su régimen de fuegos, y se analizan los cambios que los diferentes modelos sobre cambio climático prevén sobre la zona. A continuación se revisan las actuaciones en materia de prevención de incendios a nivel nacional, para estudiar de donde proceden y entender cuáles fueron los motivos que las motivaron, para poder compararlos con el problema actual de los incendios forestales. Por último, se analiza la naturaleza de los planes de operaciones que actualmente se realizan, y las principales limitaciones que estos tienen a la hora de llevarlos a cabo.

En el capítulo tercero se realizan los análisis del medio físico desde el punto de vista del comportamiento del fuego, entrando como aspecto novedoso en la fenología de las especies y cómo afecta ésta al comportamiento del fuego. A continuación, se realiza un estudio de los patrones climatológicos y meteorológicos asociados a la incidencia de incendios forestales en la Comunidad Valenciana, para establecer cuáles son los principales patrones de propagación de estos incendios, y sus ventanas meteorológicas asociadas.

También se estudiará el funcionamiento del simulador Wildfire Analyst en la zona de estudio, analizando los escenarios de incendios. Esto permitirá crear un método de trabajo con este simulador con el fin de establecer los Nodos de Propagación de los incendios en estas zonas.

En el capítulo cuarto, a partir de toda la información obtenida en los capítulos anteriores, se establecen los nodos de propagación en las zonas estudiadas. En base a estos nodos se propone un método de diseño de infraestructuras preventivas, y se marcan las líneas en las que deben basarse los planes de operaciones en estas zonas.

En el último capítulo, que es el quinto, se exponen las conclusiones obtenidas y las futuras líneas de trabajos de investigación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

I.1. Introducción.

El fuego es común en los países mediterráneos, y actualmente es la mayor amenaza a los ecosistemas forestales en la región. España es uno de los países europeos más afectados por los incendios forestales. En el período de 10 años entre 1996 y 2005, más de 200.000 incendios quemaron 1,2 millones de hectáreas (2,5% del país), causando grandes daños y, más importante aún, provocaron la pérdida de vidas humanas. Un total de 197.625 (78%) de esos incendios fueron causados por personas, incluidos aquellos de causas desconocidas (Padilla, M; Vega-García, C, 2011).

El problema de los incendios forestales es cada vez más acuciante debido fundamentalmente a los cambios socioeconómicos acaecidos durante los últimos 40 años, que ha conllevado un incremento de la biomasa y un abandono del medio rural (Quílez, 2013), agravado por el efecto del cambio climático (Pausas y Fernández, 2011), que ya está afectando de forma negativa al estado de las masas forestales, especialmente en la zona de la costa mediterránea. Otros factores no menos importantes que inciden de forma negativa son la paradoja de la extinción (Quílez y Calvo, 2010), y la falta de gestión forestal especialmente en los montes protectores de la fachada peninsular mediterránea.

La gestión forestal abordada desde la óptica de la prevención de incendios forestales, continúa realizándose desde una visión clásica, y en lo referente a la gestión de combustibles se limita a la realización de áreas cortafuegos entre términos municipales, o al mantenimiento de las construidas en el pasado, sin entrar a valorar su funcionalidad en el estado actual en que se encuentran las masas forestales (Syphard et al, 2011).

Además, los medios de extinción a veces no son conocedores de cómo se encuentran estas infraestructuras preventivas, y no tienen previsto como utilizarlas en caso de grandes incendios forestales (en adelante GIF), utilizándolas de forma ocasional cuando están presentes en el entorno del incendio, pero sin entrar, en muchas ocasiones, en la planificación a medio plazo de la extinción de un determinado incendio forestal.

Según los sistemas tradicionales de extinción de incendios, bajo determinadas condiciones meteorológicas, el control del incendio se hace muy complicado o imposible, hasta que no varíen los factores que afectan a su propagación, de ahí la expresión de incendios fuera de capacidad de extinción (Costa et al, 2011).

Actualmente, para hacer frente a los GIF, las estrategias, tanto políticas como técnicas, se basan fundamentalmente en la dotación de medios de extinción de todo tipo y tecnología, sin entrar a valorar el comportamiento extremo de incendio a todos los niveles, en la utilidad real de esta tecnología frente a su coste, y en las opciones que estas herramientas aportan a la extinción a lo largo de los días sucesivos en los que se encuentran activos los incendios. Los dispositivos se centran normalmente en una respuesta reactiva frente a una emergencia, que en ocasiones puede suponer un riesgo por la complejidad organizativa y el exceso de recursos.

Normalmente, las respuestas se basan en el envío de un despacho inicial de medios, que va incrementándose a medida que el incendio crece, y en donde se pueden llegar a reunir tal cantidad de medios de extinción, que se complica en extremo la organización logística de los recursos, lo que ocurre frecuentemente con los medios aéreos.

En otras ocasiones estas estrategias se aplican independientemente de la naturaleza del territorio por el que se propaga el incendio, y de las condiciones meteorológicas y climatológicas bajo las que se desarrolla, quedando muchas veces al azar los resultados finales de la extinción.

La defensa de nuestro patrimonio forestal si ya de por si era indispensable para la vida, en el contexto actual se hace mucho más importante, ya que este patrimonio es el adalid que permitirá proteger muchas zonas del planeta, contribuyendo a que la vida sobre ellas sea viable, ejerciendo de freno a la expansión del desierto en general, y a la disponibilidad de agua en particular.

Por todo eso, se hace necesario desarrollar una nueva visión de los incendios forestales, alejada de las pérdidas de beneficios directos, y centrada en la pérdida de los beneficios indirectos, especialmente bajo los escenarios futuros de cambio climático que muchas Agencias auguran para corto, medio y largo plazo, y que serán abordados en el presente estudio.

Esta nueva visión pasa por una ordenación del territorio acorde con la problemática actual que los incendios representan. La tecnología de análisis del territorio en relación con los incendios forestales, ha evolucionado de manera muy rápida durante los últimos años. Conceptos como los caminos de fuego (*Minimum Travel Time*) pueden ser muy útiles para diseñar las infraestructuras a través de los Nodos de Propagación. Los nodos de propagación se pueden definir como las zonas donde se acumulan los *Minimum Travel Time* (Finney,2002) de diferentes simulaciones de incendios en una determinada zona, bajo condiciones meteorológicas distintas, con potencial de generar grandes incendios. Estos nodos de propagación marcarán sobre el territorio las zonas de mayor interés a la hora de realizar diferentes actuaciones preventivas en el territorio.

En definitiva, lo que se propone en este trabajo para evitar en gran medida la incertidumbre que se está presente en la mayoría de las operaciones de extinción de incendios forestales, especialmente durante la dirección de grandes incendios forestales (Simons, 2013) en relación con la dirección de grandes incendios forestales. Para reducir la incertidumbre es necesario abordar el conocimiento aportado por los grandes incendios acaecidos en el pasado sobre el territorio, que apoyado con las nuevas tecnologías de simulación y análisis GIS, permita determinar cuáles serán las zonas por donde propagarán los megaincendios.

Este conocimiento constituirá la base de la elaboración de los planes de extinción preestablecidos, que provea al director de la emergencia, bajo diferentes ventanas meteorológicas, de decisiones operativas preestablecidas, cambiando la respuesta reactiva por la proactiva, dotándole de los elementos de juicio y datos técnicos que le permitan avalar sus acciones, reduciendo la presión sobre sus decisiones, a la vez que se incrementa el grado de seguridad al personal interviniente y a la población afectada, y que implique una reducción de los daños producidos por los incendios sobre una determinada región.

I.2. Objetivos.

El presente trabajo se va a centrar en definir los escenarios meteorológicos que rigen los grandes incendios forestales en el mediterráneo, cómo afecta el estado de la vegetación a su comportamiento, y como se van a comportar estos incendios, todo ello permitirá proponer un nuevo diseño de las infraestructuras preventivas, que se encuentren integrados en los planes de operaciones prestablecidos para cada ventana meteorológica.

El área de estudio se centra en la provincia de Valencia, y más concretamente en dos zonas forestales, una de ellas es la comarca de Requena Utiel, que se denominará Sot de Chera, y la otra es la Sierra Calderona.

Como objetivo principal, se tratará de establecer la metodología más adecuada para definir los Nodos de Propagación en un territorio. Esto permitirá determinar la zona más adecuada para la realización de tratamientos preventivos, en base a los cuales se propondrá la redacción de unos planes de operaciones proactivos, que permitan anticiparse a la propagación del incendio, reduciendo los efectos del mismo sobre el territorio en todos sus aspectos (pérdida de cubierta vegetal, erosión, efectos sobre la captación de agua, emisiones de carbono, liberación del carbono retenido en el suelo, etc.), a la vez que proporcionará un escenario más seguro para las unidades intervinientes en su control.

La esencia de estos planes se basa en la modificación de la expresión “fuera de capacidad de extinción”, reduciendo incertidumbres, y aceptando que los métodos tradicionales de extinción basados en ataque directo no son efectivos para determinados comportamientos del incendio, y que será imposible su control si no se sacrifican un determinado número de hectáreas, para evitar que se queme un número mucho mayor.

Como objetivos concretos de este trabajo cabe destacar:

1. Determinar cuáles son las condiciones que gobiernan el desarrollo de los grandes incendios en el mediterráneo, y en concreto en la Comunidad Valenciana, mediante un análisis climatológico y meteorológico de los incendios históricos.
2. Analizar el comportamiento de la fenología de las principales especies forestales y de los modelos de combustible más importantes en la zona estudiada.
3. Extrapolar el comportamiento de los grandes incendios en la zona a escenarios futuros, de acuerdo con las previsiones que marcan los diferentes escenarios de cambio climático.
4. Explorar los nuevos modos de simulación que el simulador WildFire Analyst ofrece para la obtención de datos.
5. Analizar el comportamiento del incendio en estos escenarios mediante el simulador WildFire Analyst, para determinar cuáles son los principales caminos de fuego, y ver cómo propagarán los incendios futuros.
6. Definir y establecer nodos de propagación en la región mediterránea, por donde propagarán la mayoría de los incendios bajo las peores condiciones meteorológicas.
7. A partir de los nodos de propagación, y seleccionadas las zonas de mayor interés a la hora de confinar los grandes incendios, se diseñarán actuaciones en materia de prevención de incendios que traten de confinar el desarrollo de los grandes incendios,

bajo los parámetros de comportamiento del fuego, y que provean de áreas de seguridad a las unidades intervinientes en su control.

8. Proponer un protocolo de trabajo para establecer los planes de operaciones.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO ACTUAL Y EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO. MEDIO FÍSICO E INCENDIOS.

1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO ACTUAL Y EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO.

II.1. Área de Estudio

El área de estudio se centra en dos zonas forestales diferenciadas de la provincia de Valencia, una al noroeste y la otra al noreste de la provincia (Fig 1 y 2).



Figura 1 Plano de situación de las zonas de estudio. Fte. Elaboración propia.

Por un lado está la zona forestal que denominaremos de Sot de Chera (municipio central del área de estudio), y que se encuentra a caballo entre las comarcas Valencianas de La Plana de Utiel Requena al sur y oeste, Los Serranos al norte y la Hoya de Buñol al sureste, y por otro se encuentra la zona que denominaremos Calderona, que se encuentra entre las comarcas valencianas de El Camp del Turia al sur, El Camp de Morvedre al este y la comarca castellonense de El Alto Palancia al norte.



LEYENDA

- Sot
- Calderona

Figura 2 Detalle de las zonas de estudio. Fte. Elaboración propia.

La zona de Sot de Chera (Fig.3) está dentro de un macizo forestal que separa la plana de Utiel Requena y el cauce del río Turia. Constituye el extremo más meridional de Sistema Ibérico. Este escenario está poco poblado, y existen pocas actividades centradas en el interior de la masa forestal, por lo que incendios antiguos, han contribuido a generar un paisaje continuo y homogéneo, en lo que a vegetación forestal se refiere, constituyendo un escenario muy apropiado para la realización del presente estudio.



Figura 3 Zona de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

El segundo escenario se centra en el límite oriental de La Sierra Calderona (Fig. 4), que ha sido recorrido históricamente por los incendios forestales, dada su orientación, y la gran cantidad de urbanizaciones y municipios que se encuentran en su interior, se ha considerado oportuno incluir en el estudio, para valorar el efecto del riesgo poblacional. A título anecdótico señalar que la Calderona dio nombre a esta sierra, pero fue primero el nombre de pila con que se conoció a María Inés Calderón, la actriz con la que Felipe IV tuvo a su hijo ilegítimo en el siglo XVII. Este fue el paraje donde la dama se refugió para evitar su encierro en un convento el resto de sus días.



Figura 4 Zona de La Calderona. Fte. Elaboración propia.

II.2. Medio Físico

II.2.1. Geología y Litología.

II.2.1.1. Sot de Chera.

La zona de estudio de Sot de Chera (Fig. 5) se encuentra localizada al noroeste de la provincia de Valencia, lindando al oeste con el límite provincial de Cuenca. En el centro de la zona de estudio se encuentra el Parque Geológico de Chera, primero de la Comunidad Valenciana y tercero de este tipo en España.

La diferente naturaleza de las fuerzas que originaron las formaciones geológicas en los dos términos municipales del Parque, forman un conjunto lleno de contrastes: fuerzas de distensión y fallas normales del lado de Chera, contra las fuerzas de compresión, anticlinales y sinclinales del lado de Sot.

Así, la depresión morfológica de Chera, tiene la constitución de una fosa tectónica. Se trata de una estructura alargada, relacionada con el Plegamiento Alpino, limitada por fallas que rompen la cobertera en bloques, de los cuales el central aparece más hundido que los laterales.

En la actualidad, la fosa tiene preservadas muchas de sus características morfológicas originales, desarrolladas entre el Cretácico Superior y el Mioceno, período desde el cual la fosa se ha ido hundiendo una media de 700 metros.

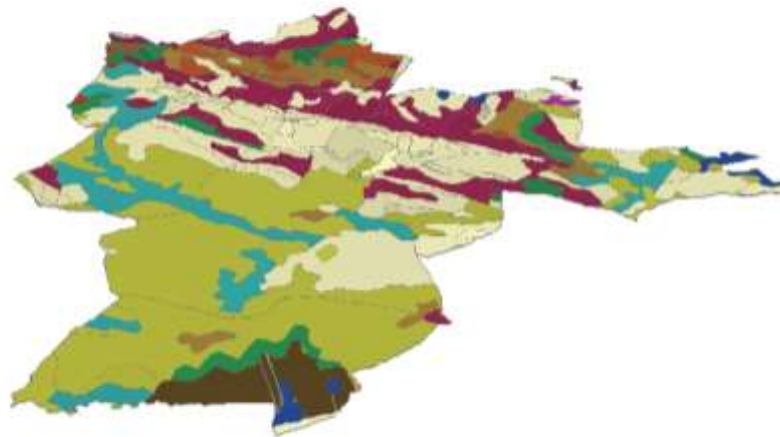
Su relleno sedimentario, formado por depósitos lacustres y fluviales, contiene restos de los últimos dinosaurios que poblaron la actual Península Ibérica.

La zona de Sot de Chera, se asienta prácticamente en su totalidad sobre calizas jurásicas y cretácicas muy fracturadas. El sistema montañoso pertenece al Plegamiento Alpino, el cual origina el valle del río que lleva su nombre, creando una garganta de 400 metros de altura y seccionando el término municipal en dos altiplanos, denominados respectivamente Pera y Plano. A lo largo de la garganta se pueden ver toda clase de accidentes dinamometamórficos de singular belleza, observándose en distintos puntos grandes deformaciones de las capas de piedras, debidas a la formación conocida geológicamente como el Anticlinorio de Sot.

En conjunto, el modelado kárstico de los numerosos roquedos calcáreos ha propiciado la existencia de gran cantidad de cuevas. Unas presentan bellas formaciones de estalactitas y estalagmitas y otras se desarrollan a lo largo de laberínticas galerías.

También hay cuevas que se originan por la formación de toscas y travertinos en manantiales petrificantes, con espectaculares cascadas y numerosas oquedades contiguas, como las Toscas de Cherales o las cuevas de la Garita.

MAPA GEOLÓGICO DE SOT DE CHERA



LEYENDA










-  Arcillas versicolores y yesos
-  Calizas, margas, calizas nodulosas y radiolitas. Rocas volcánicas
-  Conglomerados, arenas, arrecifes, limos amarillos, yesos y sales haloideas. Conglomerados, arenas y calizas lacus
-  Conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y yesos
-  Conglomerados, areniscas, arcillas, dolomías, calizas y margas
-  Conglomerados, areniscas, arenas arcóscicas, arcillas, calizas y yesos
-  Conglomerados, areniscas, arenas y margas
-  Conglomerados, gravas, arenas, areniscas, limos y arcillas. Terrazas fluviales y marinas
-  Dolomías, calizas y calizas nodulosas
-  Gravas, arenas, arcillas y limos. Aluvial, playas, flechas litorales

Figura 5 Mapa geológico de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

II.2.1.1. La Calderona.

La segunda zona de estudio es la Sierra Calderona (Fig. 6), situada entre las provincias de Castellón y Valencia, queda constituida por una alineación montañosa de orientación NW-SE que separa las cuencas de los ríos Palancia y Turia, extendiéndose por las comarcas del Alto Palancia, Camp de Morvedre, Camp de Turia y L´Horta Nord. Forma parte de las últimas estribaciones del Sistema Ibérico, y constituye, con sus casi 60.000 ha. (600 Km²), la barrera natural al desbordamiento de la huerta valenciana por el norte, a la vez que uno de los enclaves naturales más valiosos de la Comunidad Valenciana, cuyas características físico-naturales le otorgan un interés ecológico excepcional, a la vez que paisajístico.

Esta sierra ocupa una vasta superficie que se desarrolla principalmente por debajo de los 1000 m. de altitud, con excepción del Montemayor, en el extremo noroccidental, donde se alcanza una cota de 1.015 metros sobre el nivel del mar. Otras alturas importantes son el Gorgo (907 m.), Rebalsadors(802 m.), Oronet (742 m.) y el Garbí (600 m.).

Como rasgos más sobresalientes de la orografía de la zona, cabe destacar por una parte el núcleo triásico oriental, donde se puede encontrar la presencia de muelas calizas como Mola Segart, Xocainet o la Redona y, sobre todo, una parte del territorio con predominio silíceo en que aparecen espectaculares crestas de areniscas rojas (Gorgo, Garbí, Picayo) que envuelven núcleos

carbonatados como Rebalsadors, Alt del Pí, Oronet y Peñas blancas. Por otra parte, en cuanto al núcleo jurásico occidental, punto de entronque con las estribaciones ibéricas, cuenta con la principal elevación del ámbito del Plan (Montemayor).

Los materiales geológicos dominantes en la zona corresponden al Mesozoico, sobre todo al Triásico, en el sector oriental y al Jurásico en el occidental, quedando el Cretácico escasamente representado en el sector septentrional. Entre los materiales triásicos destacan los afloramientos de areniscas y argilitas del Buntsandstein, de gran importancia en cuanto a la vegetación de carácter silíceola; por su parte, los materiales jurásicos son principalmente carbonatados, con un tramo dolomítico en el Lías y otro margoso, alternante con las calizas, en el Malm. En cuanto al Cenozoico, se halla localizado fundamentalmente en la zona septentrional y entorno de Llíria. Mención aparte merecen, por su rareza, los pequeños afloramientos paleozoicos de pizarras de Marines y Gátova.

La abrupta orografía y los importantes desniveles, junto a la presencia de materiales tanto carbonatados como silíceos, permiten la instalación de una vegetación muy diversa. No obstante, la actividad humana y los incendios forestales, han relegado la vegetación climácica a barrancos y zonas poco accesibles, quedando en la actualidad dominada por pinares, matorrales y herbazales.



Figura 6 Mapa geológico de La Calderona. Fte. Elaboración propia.

II.2.2. Topografía.

II.2.2.1 Sot de Chera.

La topografía del escenario de Sot de Chera es abrupta, oscilando entre las cotas de 74 metros en su extremo más este, y las de 1.305 metros de la zona central del territorio elegido (Fig. 7); en relación con la pendiente, esta oscila entre el 0 y el 318,62 % (Fig. 8). La media de la pendiente es del 19,45 %, con una desviación estándar del 18,03 %.

En las exposiciones (Fig. 9), prevalecen las exposiciones sureste, sur, suroeste oeste con 2.008.771 píxeles frente a las norte, noroeste, noreste y este con un total de 1.859.040 píxeles.

Cabe destacar la orientación de valles de este a oeste en la zona norte, por el modelado ejercido sobre el terreno del río Turia, y la falla longitudinal que transcurre de norte a sur, partiendo la zona prácticamente en dos, por el eje Requena, Chera y Sot de Chera, por donde discurre el río Reatillo, que desemboca en el pantano del Buseo, en el centro mismo de la zona de estudio.

La parte sur de la zona, es más o menos llana, conformando la comarca de La Plana de Utiel Requena, que carece de interés en este estudio, ya que está ocupada fundamentalmente por cultivos de viñedos y cereal.

La parte este, está formada por una terreno más o menos abrupto, a modo de altiplanicie, en las cercanías de Siete Aguas, que termina en unas laderas más o menos escarpadas, conformadas por profundos barrancos, donde se han producido numerosos incendios.



Figura 7 Mapa de alturas 3D de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

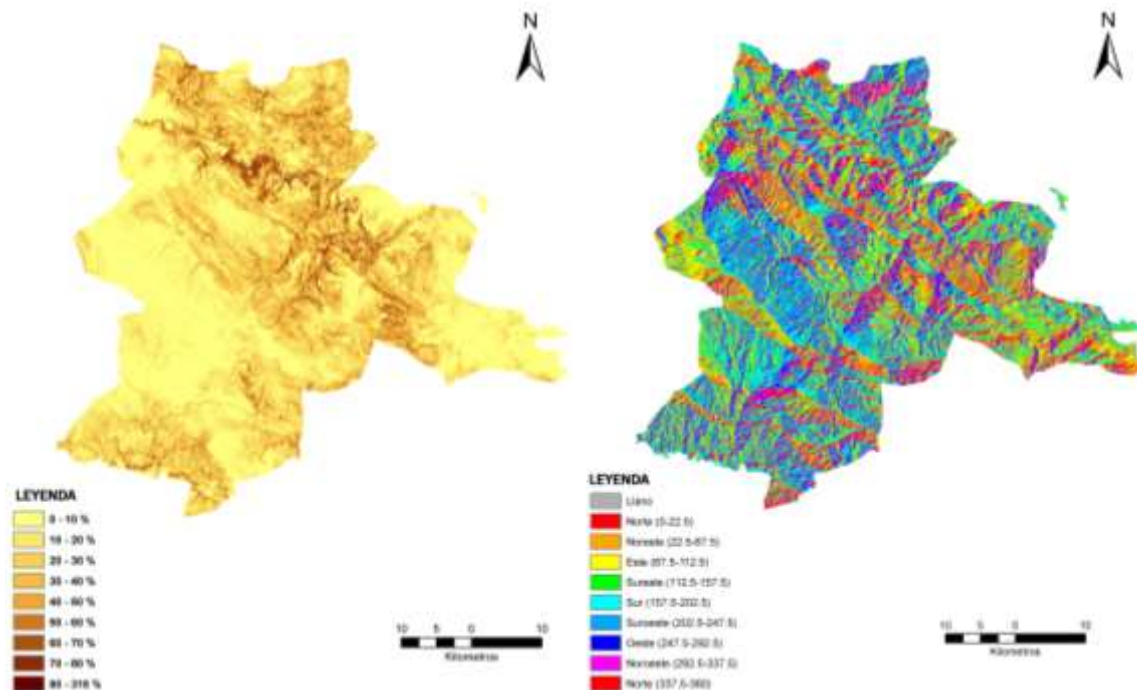


Figura 8 Mapa de pendientes de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

Figura 9 Mapa de exposiciones de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

II.2.2.2. La Calderona.

La Sierra Calderona constituye una cadena montañosa que discurre en dirección sureste noroeste, a caballo entre las provincias de Valencia y Castellón, y está limitada al este por el mar Mediterráneo. Esta orientación le confiere una alineación plena a los vientos dominantes.

Está conformada por una serie de picos montañosos, surcados de forma longitudinal por tres valles principales, uno que discurre por la carretera Olocau, Marines Viejo, Gátova Segorbe, en su extremo oeste, y otro en la parte central, que une algunas de las urbanizaciones cercanas a la Cartuja de Portacoeli, con las zonas de mayor elevación en la zona de Tristán (cuya vegetación principal está constituida por alcornoques) coronada por El Gorgo (pico de mayor altitud en la zona), y que continúa por la cara norte con el valle que baja a Sot de Ferrer y Segorbe. El tercer valle sería el que comienza en Náquera, continúa por Serra, y continúa en dirección a Algimina de Alfara.

La altitud de la zona varía entre los 3 metros bajo el nivel del mar, en las marjales cercanas a la costa, y los 905,78 metros de los picos más altos (Fig. 10).

Las pendientes oscilan entre el 0 y el 65%, con una pendiente media de 11,01%, con una desviación estándar del 9,55 % (Fig. 11).

En la figura 12 se muestran las exposiciones de esta zona.

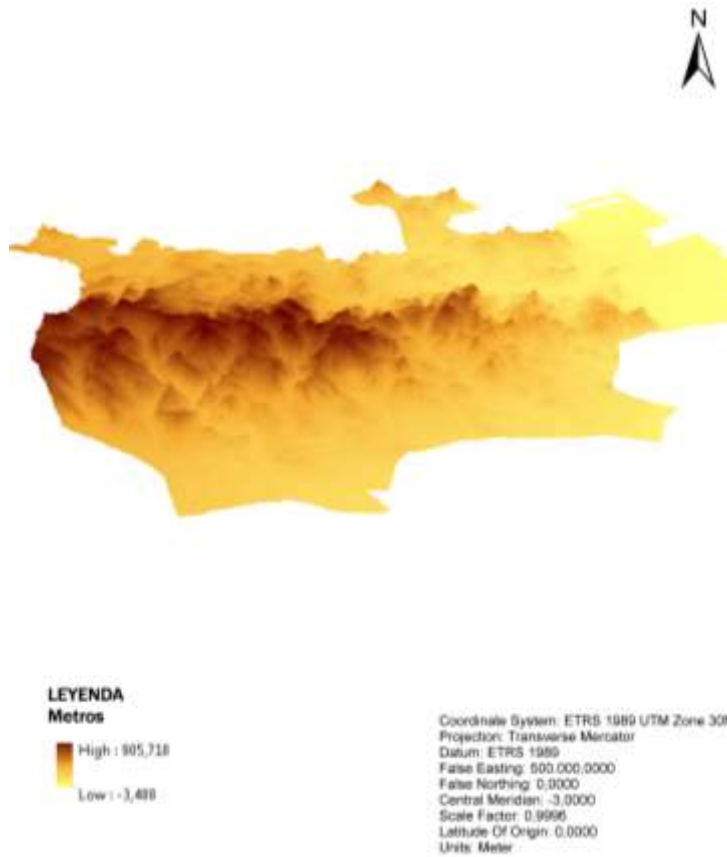


Figura 10 Mapa de alturas 3D de La Calderona. Fte. Elaboración propia.

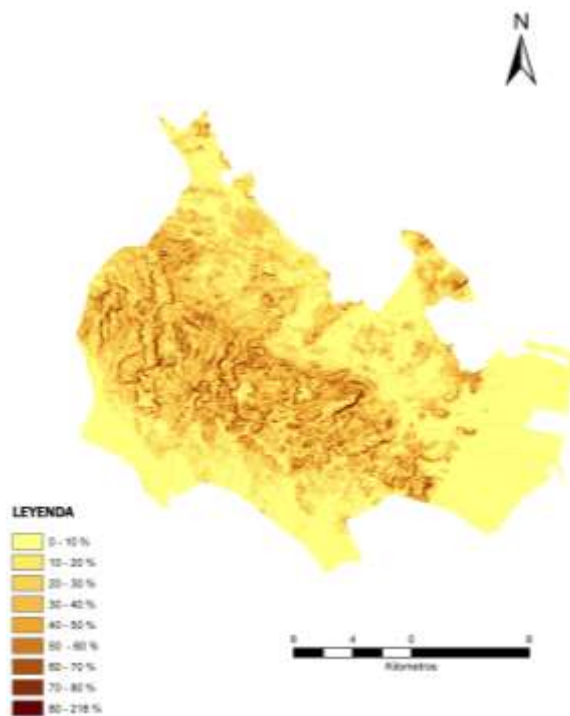


Figura 11 Mapa de pendientes de La Calderona. Fte. Elaboración propia.

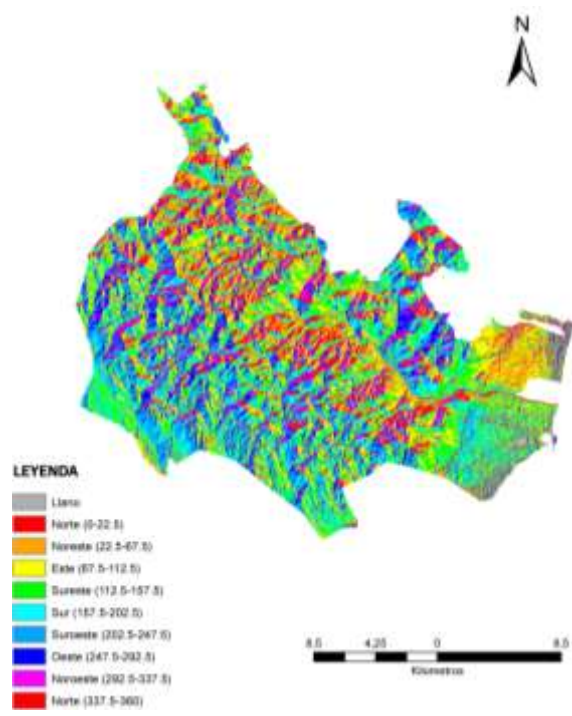


Figura 12 Mapa de exposiciones de La Calderona. Fte. Elaboración propia.

II.2.3. Clima.

La palabra clima procede del griego “klima” que designaba una zona de la tierra delimitada por dos latitudes. El clima corresponde a una síntesis del tiempo atmosférico, en que el estado de tiempo atmosférico se refiere al conjunto de las condiciones meteorológicas, en un momento dado y en un lugar concreto. En la definición más común, el clima se refiere a la “condiciones medias del tiempo” y más concretamente, a la descripción estadística en términos cuantitativos de la media y de la variabilidad de las magnitudes relevantes relativas a periodos de tiempo suficientemente largos.

El periodo clásico de tiempo para cuantificar el clima de un determinado lugar adoptado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) es de 30 años. Los elementos climáticos observados suelen ser variables observadas en la superficie terrestre como la temperatura y la precipitación (Glosary Intergovernmental Panel on Climate Change o IPCC, 2009).

II.2.3.1. Clasificación Köppen de las zonas de estudio.

Esta clasificación fue elaborada hace más de 100 años, pero sigue teniendo plena vigencia, siendo una de las más importantes a la hora de catalogar el clima de las diferentes regiones del mundo.

La clasificación define diferentes tipos de clima a partir de valores medios mensuales de precipitación y temperatura. Para delimitar los diferentes tipos de clima, se establecen intervalos de temperatura y precipitación basados principalmente en su influencia sobre la distribución de la vegetación y de la actividad humana (Essenwanger,2001)

La clasificación de Köppen (Tabla 1) pasó por diferentes revisiones, siendo la utilizada por AEMET para realizar el Atlas Climático Ibérico la clasificación llamada de Köppen Geiger, con la salvedad de que se eligió como límite de temperatura para separar los climas templados C y D los 0°C en vez de los -3°C de la clasificación original (Esseswander, 2001).

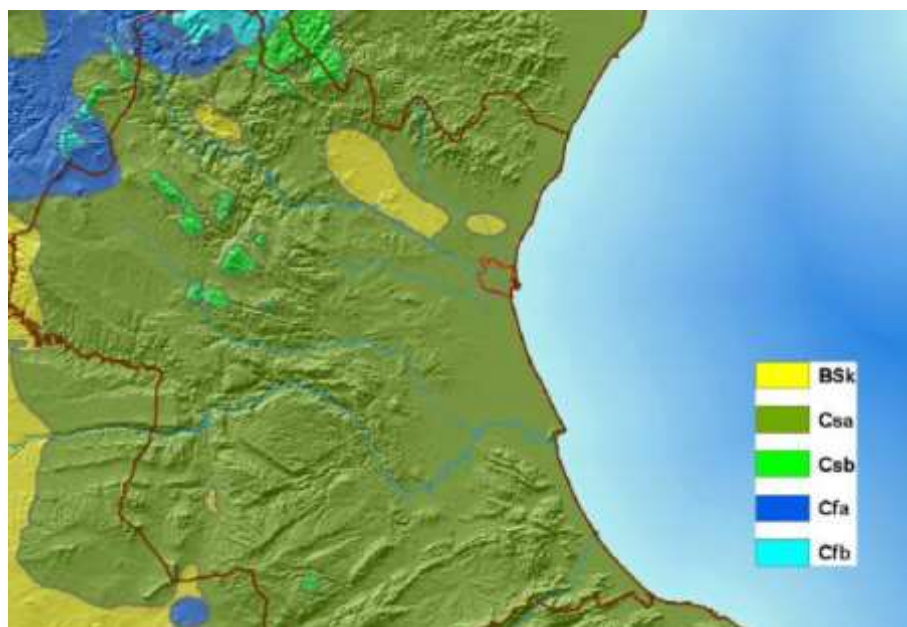


Figura 13 Clasificación Köppen de la provincia de Valencia. Fte. Núñez Mora, J.A., 2007

Como puede apreciarse en el mapa, la provincia de Valencia tiene presentes los climas Cfa, Cfb, Csb, Csa y Bsk. En la zona de estudio se dan los climas **Csa** en la zona de La Calderona y **Csa, Cfa, y Csb** en la zona de Sot de Chera.

Tabla 1 Clasificación Köppen de los tipos de clima.

TIPOS DE CLIMA			
Clima seco Tipo B			
La delimitación de los climas áridos (tipo B), se realiza definiendo 3 intervalos diferentes conforme al régimen anual de precipitación, para tener en cuenta que la precipitación del invierno es más efectiva para el desarrollo de la vegetación que la del verano, al ser menor la evaporación.			
P=20(T+7);precipitación repartida a los largo del año	P= 20T:verano seco (el 70% ó más de la precipitación anual se concentra en el semestre otoño-invierno)	P=20(T+14):invierno seco (el 70% ó más de la precipitación anual seconcentra en el semestre primavera verano)	
Subtipo Estepa BS	La precipitación alcanza la mitad del valor establecido para delimitar el clima tipo B	BSh (cálido)	Tª med anual superior a 18°C
		BSk (frio)	Tª med anual inferior a 18°C
Subtipo BW desierto	La precipitación no alcanza la mitad del valor establecido para delimitar el	BWh (cálido)	Tª med anual superior a 18°C
		BWk (frio)	Tª med anual inferior a 18°C
Clima templado Tipo C			
La temperatura media del mes más frío en los climas tipo C está comprendida entre los 0 y 18°C.			
Subtipo CS	Verano marcadamente seco	Csa caluroso	Tª med del mes más calido superior a 22°C
		Csb templado	Tª med del mes más cálido ≤ 22°C y con 4 meses ó más con Tª med superior a 10°C
		Csc frío	Tª med del mes más cálido ≤ 22°C y con menos de 4 meses con Tª med superior a 10°C
Subtipo Cf	Una estación marcadamente seca	Cfa caluroso	Tª med del mes más calido superior a 22°C
		Cfb templado	Tª med del mes más cálido ≤ 22°C y con 4 meses ó más con Tª med superior a 10°C
		Cfc frío	Tª med del mes más cálido ≤ 22°C y con menos de 4 meses con Tª med superior a 10°C
Subtipo Cw	Invierno marcadamente seco	No existe en la península	

P= precipitación anual en mm

T= temperatura media anual en °C

Recientes estudios llevados a cabo por César Rodríguez Ballesteros de AEMET, muestran una clara modificación del tipo de clima en las zonas de estudio. En concreto, ha preparado tres mapas con cartografías estatales de la clasificación climática de Köppen para tres períodos de referencia distintos (1961-1990, 1971-2000 y 1981-2010), con datos de la Guía Resumida del Clima de España elaborado por AEMET, con datos de 86 estaciones de la red principal de AEMET (Fig. 14).

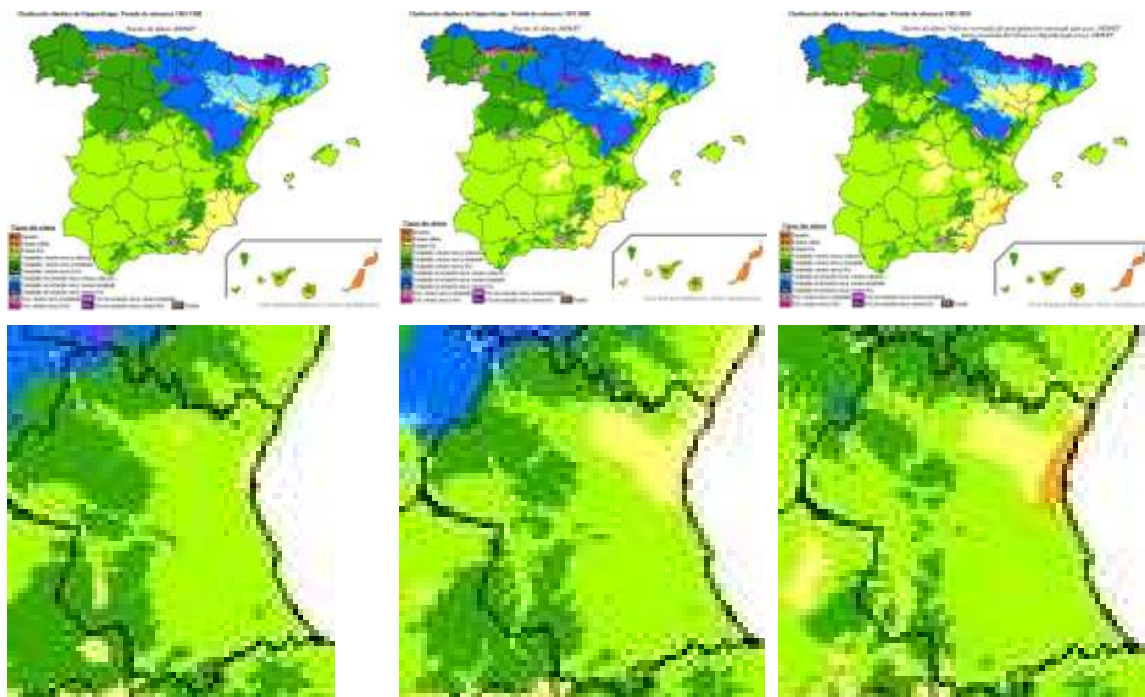


Figura 14 Clasificación Köppen periodos (1961-1990), (1971-2000), (1981-2010), superior España, inferior provincia de Valencia. Fte. Rodríguez Ballesteros, 2014.

Como puede apreciarse en las imágenes, el clima Csb (verde oscuro), verano seco y templado de la parte noroccidental de la provincia, lugar donde se encuentra la zona de Sot de Chera, está en claro retroceso, por la incursión a través del valle del Turia del clima Csa (verde claro) verano seco y caluroso, con temperaturas superiores. A la vez, en la parte nororiental de la provincia, lugar donde se encuentra la zona de La Calderona, se aprecia un retroceso del clima Csa, y una extensión del clima Bsk (color marrón claro) estepa fría, y la aparición del clima Bsh (marrón más oscuro) estepa cálida, lo cual demuestra el calentamiento paulatino que está sufriendo la provincia, y que sin duda afecta a la disponibilidad de los combustibles forestales.

II.2.3.2. Estudio de las variables meteorológicas

El clima mediterráneo se caracteriza por tener lluvia en invierno y sequía en verano. La combinación de los efectos de estos factores hace que las zonas con este tipo de clima sea una de las más propensas para que se propaguen los incendios forestales en el mundo.

La influencia de la costa modera las temperaturas de invierno, y las lluvias coinciden con un incremento agradable de la temperatura.

La combinación de estas condiciones de invierno y primavera favorece el crecimiento de la vegetación en las zonas semiáridas, creando unas estructuras densas, que favorecen la propagación de incendios cuando llega la sequía de verano, y baja el contenido de humedad de estas.

Este clima mediterráneo es el resultado de los patrones de circulación global que genera unas células de altas presiones de aire seco que bloquea la entrada de las tormentas de verano en las latitudes oeste de los continentes, concentrándose entre la latitud 32° y 38° N o S (Keeley, 2012).

Para analizar estos patrones en la Comunidad Valenciana se han utilizado los datos suministrados por AEMET con valores medios para el periodo de estudio 1968-2013 de las 107 estaciones meteorológicas seleccionadas mediante un test de homogeneidad para el periodo 1950-2014 (Fig. 15).

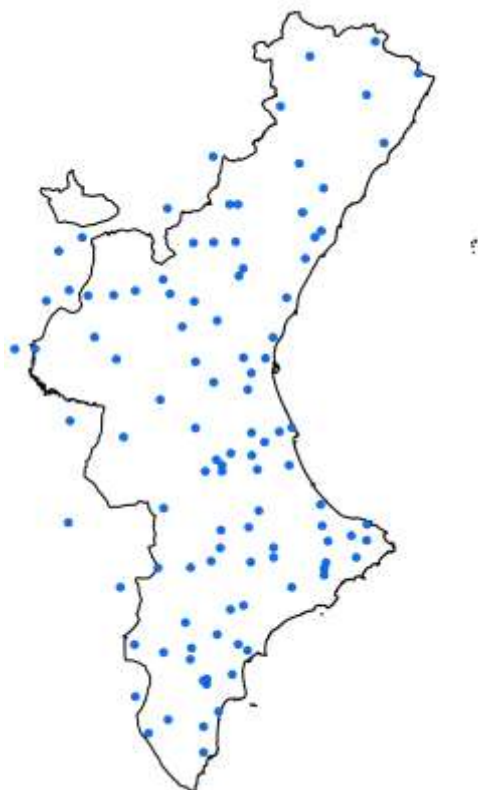


Figura 15 Estaciones meteorológicas utilizadas para hacer el estudio climatológico. Fte. Elaboración propia datos AEMET.

II.2.3.2.1. Precipitación

Los valores medios de precipitación se han obtenido mediante el siguiente método. Primero, con todos los datos de cantidad de precipitación acumulada mensual de la Comunidad Valenciana y las 5 provincias limítrofes, se ha realizado una interpolación mediante método kriging exponencial, y del grid obtenido se ha recortado la superficie la comunidad. La salida es de celdas de 500*500 metros, por lo que se obtienen mensualmente unas 93.000 celdas (superficie de la comunidad multiplicada por 4), cada una con su estimado de precipitación. El promedio de las 93.000 celdas se asimila al promedio de la Comunidad (la suma se podría asimilar al volumen de precipitación). Luego los datos se comparan con los grids de valores normales (media, mediana, máximo, mínimo y quintiles) para obtener un carácter de la precipitación.

En la figura 16 se muestran los valores de precipitación media de las estaciones de AEMET para la Comunidad Valenciana.



Figura 16 Precipitación media por estación del año, periodo 1968 2013. Fte. Elaboración propia.

Hay que decir que AEMET organiza las estaciones de la siguiente manera, invierno comprende los meses de diciembre, enero, febrero, primavera comprende marzo abril, mayo, verano comprende los meses de junio, julio y agosto, y otoño los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Para la clasificación del carácter de cada estación utiliza los quintiles de cada periodo, de tal forma que para el periodo seleccionado se establece la siguiente correspondencia que figura en la tabla 2.

Tabla 2 Percentiles y carácter para cada estación del año. Fte. AEMET.

Percentiles	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Carácter
20	65	84	31	89	Muy seco
40	99	116	44	147	Seco
60	144	155	62	192	Normal
80	187	204	90	254	Húmedo
90	218	225	112	325	Muy Húmedo

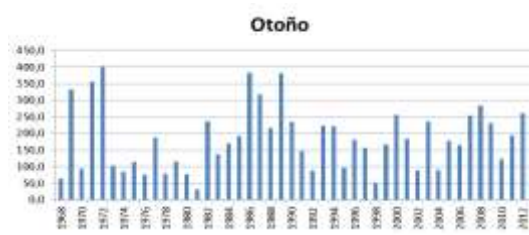


Figura 17 Precipitación media por estación del año, periodo 1968 2013. Fte. Elaboración propia, datos AEMET.

Si nos centramos a la provincia de Valencia, lugar de las zonas de estudio elegidas para el presente trabajo, la distribución media de la pluviometría (Fig. 18) es la siguiente:

- Comarcas más secas del sur de la Comunidad con precipitación anual inferior a los 400 l/m². Este mismo régimen pluviométrico se registra en la zona de Valencia y alguna comarca en la Sierra Calderona.
- Comarcas del interior, alejadas de la influencia del Mediterráneo, también con zonas de precipitación media anual inferior a 500 l/m².
- Comarcas del norte de Castellón, y centro y sur de la provincia de Valencia con precipitaciones de entre 600 y 800 l/m²,
- Zona noreste de Alicante y sureste de la de Valencia, cercanas a la costa, con precipitaciones medias anuales por encima de 800 l/m², pudiendo pasar de los 1000 l/m² en algunas zonas.

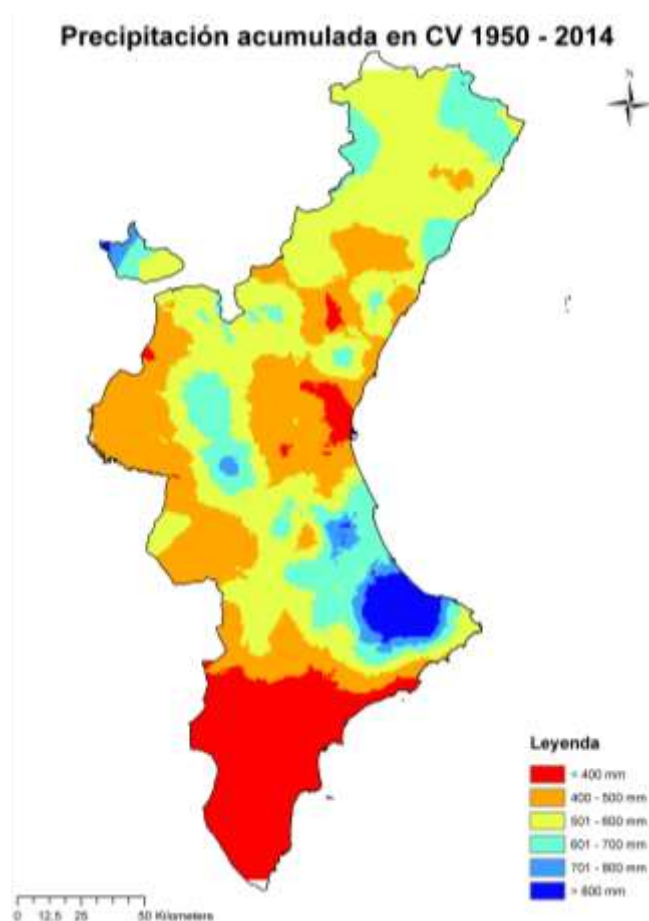


Figura 18 Precipitación anual media en la provincia de Valencia. Fte. Elaboración propia.

La variabilidad de la precipitación a lo largo del año es bastante acusada (Fig. 17), con un mínimo estival, correspondiente normalmente al mes de julio, frente a un máximo otoñal en octubre.

A finales del mes de junio y principios del mes de julio, pueden encontrarse perturbaciones que tienen su reflejo en capas bajas de la atmósfera que generan un flujo de viento húmedo de origen marítimo y pueden provocar lluvias con acumulaciones de precipitación superiores a 100 l/m² en menos de 24 horas, aunque la posibilidad de estos fenómenos a principio de verano es menor que a finales del mes de agosto o principios de septiembre, que es cuando ya se pueden producir precipitaciones importantes asociadas a tormentas con apoyo de vientos marítimos.

Lo más típico del verano es la estabilidad atmosférica, y las escasas precipitaciones que generalmente están asociadas a fenómenos convectivos (Nuñez, 2007).

Los marcos sinópticos más favorables para acumular precipitaciones significativas se producen en primavera y otoño, relacionados con flujos de levante, que arrastran vientos húmedos procedentes del Mediterráneo. En situaciones de levante la configuración sinóptica en capas medias y altas de la atmósfera es de vaguada situada generalmente al suroeste o sur de la península. A veces esta vaguada evoluciona en depresión aislada en niveles altos (DANA), con aire frío asociado a su núcleo. Estas configuraciones dan idea de la importancia que tienen el factor dinámico en las precipitaciones intensas, superior al termodinámico, ya que el núcleo de aire frío se encuentra en general alejado de la vertical de territorio (Armengot, 2002).

En capas bajas, los vientos de origen marítimo se encauzan por un anticiclón situado en el continente europeo, con lo que la advección es relativamente fría, por un centro de bajas presiones en el sur de la península o norte de África, con lo que la advección resulta relativamente cálida; o bien por ambos centros de acción acoplados. A veces es la propia inestabilidad en capas medias y altas la que se refleja en superficie y evoluciona una ciclogénesis mediterránea, que en principio no aparecía en superficie (Nuñez, 2007).

Las advecciones atmosféricas en las que predominan advecciones de poniente asociadas al frente polar tienen cierta importancia en las zonas de interior, siendo marginal en zonas cercanas a la costa, si arrastran vientos de origen terral, ya que a sotavento del Sistema Ibérico llegan con bajo contenido en humedad, y salvo que la perturbación sea muy potente, y el frente llegue muy activo al este de la península, las cantidades de precipitación acumulada no suelen ser muy importantes.

II.2.3.2.2. Sequía

Existen varias configuraciones sinópticas que pueden dar lugar a sequías en la Comunidad Valenciana. Estas configuraciones son aquellas situaciones anticiclónicas en superficie sobre la península, con una potente dorsal en capas altas sobre el suroeste del continente, y por tanto con aire subsidente, que son estacionarias durante un largo periodo de tiempo, y que pueden generar largos periodos secos en gran parte de la península, o bien aquellas situaciones en las que la continua advección de masas de aire con bajo contenido en humedad, procedentes del oeste, generan poca nubosidad y precipitaciones en el sureste (Núñez, 2007).

La ausencia de precipitación es el elemento climatológico más evidente de los periodos secos, pero las altas temperaturas y una circulación constante de vientos con bajo contenido en humedad, pueden agravar los efectos de la sequía. Las situaciones de poniente suelen ir asociadas a altas temperaturas, vientos flojos a moderados y aire con bajo contenido en humedad, por lo que sus efectos son muy acusados sobre la cubierta vegetal y los suelos.

Para evaluar la sequía se presenta la media móvil de 2 años de la precipitación anual acumulada (Fig. 19), para estimar el efecto de esta sobre la vegetación, aunque este factor se analizará de forma estacional y se comparará con la superficie afectada por los incendios en apartados posteriores.

El valor medio de la serie 1968-2013 es de 508 l/m², y se establecen los umbrales del 80% y 120% de la precipitación media, a partir de los cuales se puede clasificar el periodo como seco o húmedo, respectivamente, se pueden observar cuatro periodos secos y tres húmedos.



Figura 19 Media móvil de 2 años de la pluviometría anual acumulada en el periodo 1968 - 2013 en la CV. Fte. Elaboración propia.

Si se ordenan los datos anuales por series de 5 años, y se refieren al periodo 1968 -2013 según la clasificación de AEMET, ordenado por quintiles, el carácter de cada año es el que se muestra en la tabla 3:

Tabla 3 Clasificación del carácter del año. Periodo 1968 - 2013. Fte.- AEMET

Año	Carácter	Año	Carácter	Año	Carácter	Año	Carácter	Año	Carácter
1968	Seco	1977	Muy húmedo	1986	Húmedo	1995	Muy seco	2004	Normal
1969	Muy húmedo	1978	Muy seco	1987	Normal	1996	Normal	2005	Normal
1970	Muy seco	1979	Muy seco	1988	Muy húmedo	1997	Húmedo	2006	Seco
1971	Muy húmedo	1980	Normal	1989	Muy húmedo	1998	Muy seco	2007	Muy húmedo
1972	Muy húmedo	1981	Muy seco	1990	Muy húmedo	1999	Seco	2008	Muy húmedo
1973	Seco	1982	Húmedo	1991	Húmedo	2000	Seco	2009	Normal
1974	Húmedo	1983	Muy seco	1992	Normal	2001	Seco	2010	Húmedo
1975	Normal	1984	Seco	1993	Húmedo	2002	Húmedo	2011	Normal
1976	Normal	1985	Seco	1994	Muy seco	2003	Húmedo	2012	Seco
								2013	Seco

Normalmente las ausencias de precipitaciones en la Comunidad Valenciana tienen que ver con una oscilación de la NAO (Oscilación del Atlántico Norte) positiva, es decir, centro de bajas presiones situado sobre Islandia y centro de altas presiones situado sobre las Azores (Fig. 20).

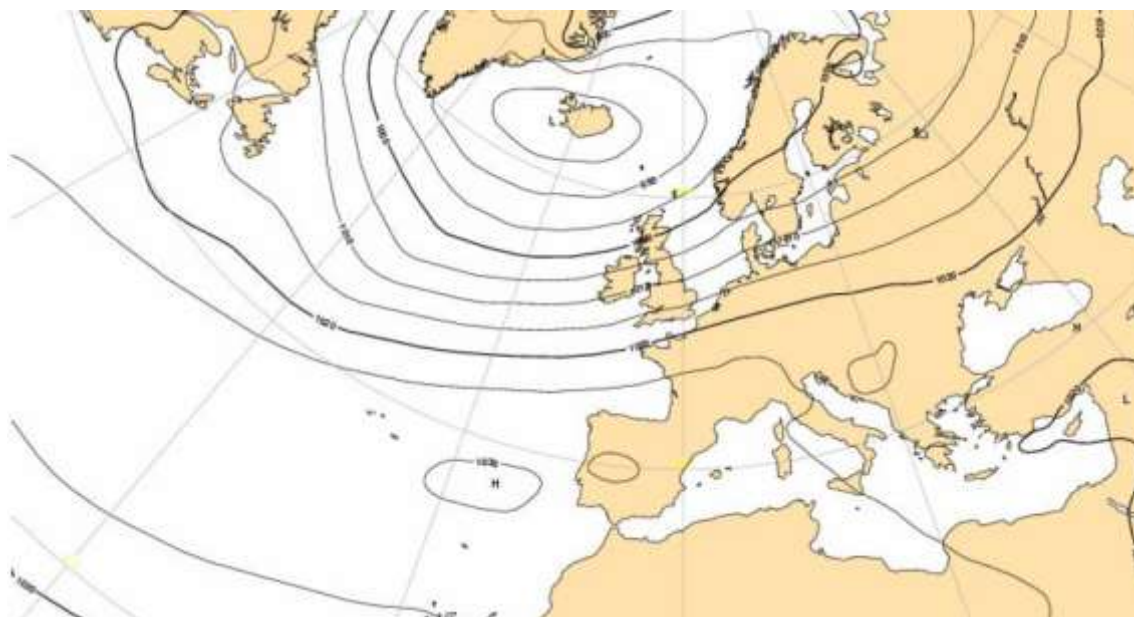


Figura 20 Presión media a nivel del mar de febrero de 2012. Fte.- Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo.

II.2.3.2.3. Viento

La Comunidad Valenciana está situada en latitudes templadas del hemisferio norte, en las cuales los vientos dominantes son del oeste. Habría que esperar por tanto que los vientos predominantes sean los de poniente, sin embargo, la presencia del mediterráneo al este, genera una distorsión mesoescalar en el campo de vientos sinópticos, de forma que el comportamiento térmico desigual de la tierra y el agua, favorece la circulación de vientos locales denominados brisas, producidos por las diferencias térmicas diarias que se desarrollan entre el mar y la costa.

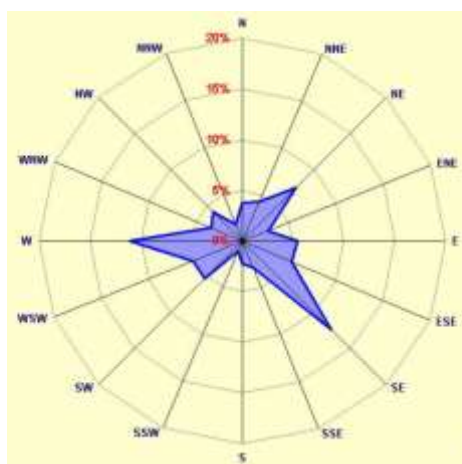


Figura 21 Rosa de los Vientos de la ciudad de Valencia. Fte.- Nuñez Mora, .A., 2007

Si se analiza la rosa de los vientos del Centro Meteorológico de AEMET en la ciudad de Valencia (Fig. 21), se puede comprobar que el viento predominante es el sureste con un 12%, en gran medida correspondiente a brisas, y el segundo máximo correspondería a vientos del oeste con un 11%. Las calmas supondrían un 21,9% de los valores.

Este régimen de vientos presenta una clara estacionalidad, donde los de componente oeste son más frecuentes en otoño e invierno (Fig. 22), motivados fundamentalmente por la circulación general de latitudes medias, aunque también tiene su influencia que el gradiente térmico entre la tierra y el mar sea muy pequeño, por lo que las brisas quedan inhibidas. Otro factor es que en invierno el centro de altas presiones se sitúa en el centro de la península, favoreciendo este régimen de vientos.

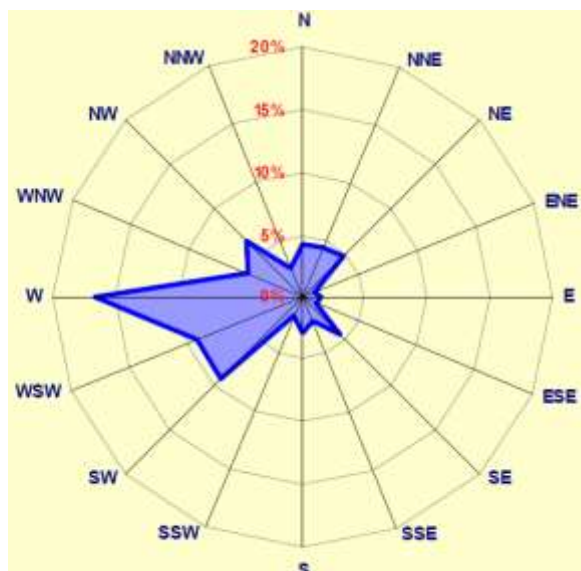


Figura 22 Régimen de vientos en la ciudad de Valencia en diciembre, enero y febrero (Calmas 24%).
Fte.- Núñez Mora, A., 2007.

En verano los vientos terrales tienen una importancia marginal en las zonas costeras, siendo más importantes los de componente este, sobre todo relacionados con las brisas.

Dependiendo de diversos factores como la estación del año, el gradiente de presión, la estabilidad atmosférica, etc., la brisa marítima que sopla en el litoral tiene una penetración variable hacia el interior. La situación más favorable para que la penetración sea máxima (a la vez que las velocidades de la brisa adquieren valores máximos) se observa sobre todo en los meses de primavera y principio del verano, cuando en los días previos, el paso de una depresión típica de latitudes medias ha dejado una masa de aire frío, lo que favorece que, con gran número de horas de sol y calentamiento el estrato atmosférico más bajo, la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra sea máxima (Núñez Mora, A., 2007). En verano y en situaciones típicas de brisa, esta tiene una penetración media de 70 km, favorecida sobre todo por la ausencia de obstáculos orográficos importantes, y favorecida por los valles de los ríos principales

Un viento con gran importancia en el desarrollo de los incendios forestales en la Comunidad Valenciana, es el viento de poniente de componente oeste, que en la zona suele llevar asociados cielos poco nubosos, humedades bajas y temperaturas elevadas en superficie.

Hay que distinguir entre los vientos de poniente de origen sinóptico, que suelen ser moderados o fuertes, y los de origen mesoescalar, que suelen ser flojos o moderados. Los de origen sinóptico se observan con una circulación intensa en todos los niveles de la troposfera, sin embargo los de origen mesoescalar tienen un flujo menos definido, debido fundamentalmente al efecto del sotavento de la cordillera ibérica.

Las masas de aire de poniente suelen encajonarse en los valles fluviales del Júcar o Turia, lo que provoca una aceleración en las zonas bajas cercanas a la costa, inhibiendo las brisas.

La duración de los episodios de poniente suele ser de dos o tres días, incrementando las temperaturas. Los días en los que es más frecuente esta circulación de vientos son los de finales de otoño y principio de invierno. En verano los episodios son menos frecuentes (Núñez, 2007).

En cuanto a la velocidad del viento más elevada, en la ciudad de Valencia se han registrado sólo dos días con racha superior a los 110 km/h en el periodo de 1945 a 2004 (Tabla 4). La hora a la que es más probable de que se produzcan las rachas más fuertes es a mediodía o por la tarde, y generalmente tienen componente oeste (desde suroeste hasta noroeste). Otra situación favorable para que se produzcan estas rachas máximas son los fenómenos convectivos de tipo severo, en donde no presentan dirección prioritaria, pudiendo superar los 100 km/h (Núñez, 2007).

Tabla 4 Número de días en los que se han superado distintos umbrales de viento. Fte. Núñez Mora, 2007.

Valencia (1945 - 2004)					
Mes	V > 110km/h	V > 100km/h	V > 90km/h	V > 80km/h	V > 70km/h
Enero	0 días	2 días	6 días	19 días	57 días
Febrero	1 días	1 días	3 días	14 días	47 días
Marzo	0 días	0 días	3 días	8 días	24 días
Abril	1 días	1 días	3 días	5 días	17 días
Mayo	0 días	0 días	1 días	2 días	10 días
Junio	0 días	0 días	0 días	0 días	6 días
Julio	0 días	0 días	0 días	1 días	2 días
Agosto	0 días	0 días	0 días	0 días	1 días
Septiembre	0 días	0 días	1 días	2 días	6 días
Octubre	0 días	0 días	0 días	3 días	15 días
Noviembre	0 días	0 días	0 días	1 días	7 días
Diciembre	0 días	3 días	4 días	20 días	47 días
Total	2 días	7 días	21 días	75 días	239 días

II.2.3.2.3. 1. Situaciones meteorológicas: tipología e interacciones con el flujo de altura.

Las condiciones meteorológicas en la Península Ibérica y cuenca occidental del Mediterráneo en el verano han demostrado que (Millán et al. 1997):

- Las laderas de las cadenas montañosas orientadas al Este y Sur potencian el desarrollo temprano de los vientos anabáticos, refuerzan la brisa de mar, y actúan como chimeneas

orográficas que conectan directamente los vientos de superficie con el flujo de retorno en altura.

- Bajo estas condiciones, se generan flujos recirculatorios a lo largo de la costa, cuando la brisa de mar se combina con los vientos anabáticos y con los flujos compensatorios que se establecen en altura sobre el mar. Debido a que estos flujos están dirigidos por el calentamiento solar de la superficie, todas estas circulaciones atmosféricas muestran un marcado ciclo diurno, y a últimas horas de la tarde estos flujos pueden dar lugar a una circulación mesometeorológica compleja que, fácilmente puede alcanzar profundidades de 2 a 3 km sobre las áreas costeras y 5 km o más sobre la Meseta.
- Durante la noche, estas circulaciones frecuentemente se relajan o colapsan envolviendo ciclos de acoplamiento o desacoplamiento con el flujo de altura, y rápidos cambios de la dirección del viento de superficie. De esta forma, su evolución diurna e interacciones potenciales con el flujo de altura puede resultar fundamental a la hora de comprender la dinámica de los vientos en esta región.

En la cuenca occidental del Mediterráneo algunos importantes efectos en los flujos atmosféricos están provocados por las cadenas montañosas más elevadas, como por ejemplo el sistema Ibérico, Pirineos, Macizo Central, Alpes, Apeninos y Atlas. Estas pueden actuar como barrera que limitan el movimiento de las masas de aire del Norte-Sur y del Este-Oeste, y pueden generar otros vórtices aerodinámicos potenciados por las montañas, o crear extensos bloqueos, dependiendo de la situación sinóptica general y de la local. Un hecho a destacar en estas regiones es el desarrollo de vientos derivados del efecto chimenea o embudo en las montañas, como resultado de extensas canalizaciones (Scorer, 1952).

Finalmente, la orografía, las propiedades del suelo y su variación anual, también favorecen la formación de extensas y profundas celdas convectivas y/o bajas térmicas sobre las mayores penínsulas y otras masas terrestres importantes. De este modo, los sistemas mesoescales desarrollados durante el día con importantes subsidencias compensatorias, (como por ejemplo los sistemas de baja térmica de la Península Ibérica), pueden llegar a modificar intensamente los flujos regionales durante el día.

II.2.3.2.3.1.1. Ciclos diurnos de brisas de mar y tierra con formación de baja Térmica

Tiene lugar cuando las condiciones sinópticas favorecen el total desarrollo de las circulaciones locales y regionales (mesoescala).

En la costa Este española, las brisas de mar se presentan a lo largo de todo el año. Sin embargo, es durante el verano cuando alcanzan su máxima penetración en el interior al formar parte del sistema de Baja Térmica Ibérica. En años muy secos estos procesos pueden iniciarse a principios de Marzo, llegando a obtenerse las máximas velocidades hacia el final de mayo o principio de junio, cuando el contraste de temperatura entre la tierra y el mar es máximo. Sin embargo, su máxima frecuencia (casi siempre diaria), duración (hasta 12 horas al día) y penetración hacia el interior (hasta aproximadamente 80-100 km) ocurre en pleno verano, debido en parte a las favorables condiciones sinópticas, a la mayor cantidad de horas de sol y a la mayor sequedad del terreno.

La evolución diurna de esta combinación de flujos tiene las siguientes características:

- Están fuertemente canalizados a lo largo de los valles conectando la costa con la Meseta. Se han registrado velocidades de viento de 8 a 10 m/seg durante varias horas.

- En los valles, los vientos más intensos están confinados en un núcleo localizado groseramente a lo largo del centro del eje del valle, con vientos máximos desde aproximadamente 100 a 200 metros sobre el suelo.
- Los vientos anabáticos también se desarrollan a lo largo de muchas de las laderas orientadas al Sur.

Como consecuencia de esto, podría esperarse un flujo en forma de espiral a lo largo de los valles orientados Este-Oeste con subsidencia compensatoria (puede que no muy profunda) en las laderas orientadas al Norte.

Como resultado de lo anterior, alguna de las cumbres de las cadenas montañosas que conforman el valle, pueden estar localizadas en los flujos de retorno de la combinación de brisas de mar y vientos anabáticos durante la totalidad o parte del día. Esta situación puede variar de valle a valle debido a diferencias en el aspecto, altura de las sierras, orientación de las laderas y momento del día.

Con respecto a las interacciones con los incendios, el periodo más peligroso en este ciclo sucede durante las horas diurnas pues las brisas de mar tienden a canalizarse hacia el interior a lo largo de los pasajes naturales (valles) que conectan la costa con la Meseta. En esos valles los núcleos de vientos fuertes del Este se refuerzan con (o refuerzan a) vientos anabáticos a lo largo de la mayor parte de las laderas que están orientadas hacia el Sur, las cuales experimentan vientos que cambian del Este al Sureste a medida que se avanza hacia el interior del valle.

Durante la tarde y noche hay un período de calma antes de que las brisas de tierra y los vientos de drenaje se establezcan. Estos están fundamentalmente confinados en los valles y alcanzan su máxima intensidad antes de la salida del sol, y raramente llegan a profundidades mayores de 150 a 200 m. Además, y debido a que el mar puede estar muy caliente en esta época del año (de 25 a 27 OC), los vientos de drenaje pueden resultar bloqueados al llegar al mar.

II.2.3.2.3.1.2. Ponientes: Vientos del Oeste con sistemas depresionarios migratorios.

Los vientos de poniente representan el caso opuesto a la Baja Térmica, es decir, cuando las condiciones sinópticas anulan la formación de circulaciones regionales, y representan el caso más potente de acoplamiento del flujo sinóptico con la superficie.

Pueden producirse tan pronto como las depresiones atlánticas se mueven hacia latitudes más bajas, y empiezan a migrar a través de un corredor que se extiende aproximadamente desde las Islas Británicas hasta el Golfo de Vizcaya-Sur de Francia.

En la Comunidad Valenciana, el último obstáculo encontrado por las masas de aire antes de llegar al Mar Mediterráneo es el Sistema Ibérico. Esta es la barrera entre la parte más baja de la Meseta Central y los llanos costeros, y potencia la precipitación inducida orográficamente en el lado de barlovento. A sotavento, por otra parte, se produce un efecto Foëhn que provoca vientos fuertes del Oeste (ponientes) sobre la mayor parte de la costa mediterránea. Los ponientes pueden considerarse casi sinópticos y como todos los vientos del tipo Foëhn, son fuertes, racheados, cálidos y muy secos.

El ciclo de vida típico de los ponientes dura lo que los sistemas frontales tardan en cruzar la Península, es decir, entre uno y varios días. Durante este período, la dirección del viento puede cambiar del Sur o Suroeste, al principio del ciclo, hasta Oeste o Noroeste tras el paso del frente frío. Esta última etapa puede venir acompañada también de un aumento significativo de la velocidad del viento. Estos vientos vienen acompañados por convergencia a sotavento de las montañas y una fuerte subsidencia sobre los llanos costeros.

En la franja costera se ha detectado que la llegada de los ponientes sucede preferentemente durante la noche. Esto puede explicarse considerando que las condiciones meteorológicas que conducen a su desarrollo también provocan tiempo soleado sobre la costa mediterránea, y las laderas orientadas al Este potencian el desarrollo temprano de la brisa de mar reforzada por los vientos anabáticos. Así pues, si el ciclo de ponientes comienza durante el día y la celda de la brisa ya está bien establecida, los vientos del Este que soplan hacia el interior tienden a bloquear o desviar los ponientes para que no alcancen la superficie.

Sin embargo, durante la tarde la circulación de brisa de mar termina y los vientos de superficie cambian a flujos de drenaje del Oeste. Este proceso ayuda a acoplar los ponientes cuasi-sinópticos (del Oeste) con el flujo en superficie (también del Oeste). Una vez acoplados a tierra, los ponientes se establecen a todos los niveles y tienden a bloquear la formación de la brisa de mar los días siguientes.

Mientras perdura esta situación, los ponientes normalmente anulan la circulación de todos los vientos mesoescalares, incluyendo brisas de mar y vientos anabáticos, y afectan simultáneamente a las zonas elevadas (cumbre de cadenas montañosas) y a los valles con orientación Este - Oeste, donde pueden estar fuertemente canalizados.

En relación con los grandes incendios forestales, los principales efectos de los vientos de poniente se relacionan con:

- Su capacidad para secar muy rápidamente la superficie y la vegetación;
- Su potencial para activar fuegos latentes.
- Su capacidad para propagar los fuegos gracias a su persistencia e intensidad.

II.2.3.2.3.1.3. Ciclos combinados: brisas de mar seguidas de acoplamiento de ponientes en altura por la noche.

Las condiciones típicas para que se den los ciclos combinados, se basan en que los gradientes de presión desde la superficie hasta los 850 hPa sean débiles y favorezcan el desarrollo de la baja térmica y/o las circulaciones costeras. A la altura de 700 hPa o sobre ella, y asociado con el nivel generalizado de subsidencia anticiclónica en altura, hay un flujo del Oeste bien definido.

Este tipo de situación se desarrolla durante la transición de las condiciones de verano a las de otoño e invierno. Empieza a ocurrir con mayor frecuencia hacia el final del verano, alternando con períodos en que las brisas de mar y las condiciones de baja térmica se desarrollan totalmente o con condiciones que conducen a la formación de ponientes.

En esta situación, las principales circulaciones mesoescalares en la costa Este son las brisas de mar, que todavía pueden alcanzar la cima de las cadenas montañosas costeras y alargarse durante aproximadamente otro mes. Al final de septiembre la frecuencia de aparición y el alcance de las brisas de mar descienden significativamente.

El final de la combinación de las brisas de mar vientos anabáticos y la transición al flujo de drenaje y brisas de tierra pueden verse modificados por la presencia de vientos del Oeste en altura. El acoplamiento con los flujos en superficie está causado porque ambos vientos, es decir, el de superficie y el de altura, tienen la misma dirección,

El inicio de los flujos de drenaje, ayudados por subsidencia, conduce los vientos de altura hacia la superficie, y el inicio de la subsidencia provoca un chorro nocturno, justo por debajo de la nueva inversión, también en la misma dirección general.

Los aspectos principales de estos vientos en relación con los incendios son:

- Los ponientes ayudados por acoplamiento se desarrollan a últimas horas de la tarde alrededor de la puesta de sol, o incluso una o dos horas antes.
- Pueden ser lo suficientemente intensos como para dominar la dinámica del incendio y cambiar la dirección del frente de llamas. En esta región, y antes de la puesta de sol, esto puede inducir un cambio repentino en la dirección del viento que vaya desde un viento anabático débil, y por tanto, con componente Sur, hasta convertirse en un Oeste mucho más fuerte
- La diferencia principal con los ciclos normales de brisas de mar y baja térmica es que la transición del viento del Sur o Sureste y a Oeste es muy rápida, es decir, del orden de media hora o menos, y se han observado cambios totales de dirección en menos de 15 minutos.
- Otra diferencia importante es que, junto al colapso total de la celda de brisa de mar, el cambio en la dirección del viento tiene lugar casi a la vez en toda el área costera, desde las cadenas montañosas hasta el mar.
- Debido a que son el resultado del acoplamiento ayudado por los vientos débiles del Oeste en altura y los flujos de drenaje y brisas de tierra, los vientos en superficie pueden llegar a estar, como en el caso de los ponientes, fuertemente canalizados a lo largo de los valles que fluyen hacia el mar, es decir, los alineados de Este a Oeste en esta región.
- Por otra parte, las zonas más elevadas de los valles pueden no tener vientos tan fuertes como en los ponientes clásicos. De hecho, cerca de las elevaciones, el viento podría ser tan débil que la dinámica del frente de llamas podría quedar dominada por el fuego mismo como en el caso de la baja térmica durante la noche.
- Su duración se limita al período nocturno y de madrugada. Al día siguiente el flujo cambia a brisa de mar y vientos anabáticos como en el caso de la baja térmica. El cambio súbito en la dirección del viento, que puede producirse en cualquier punto del valle, puede ser extremadamente peligroso para las operaciones de extinción.

II.2.3.2.4. Temperatura

En la Comunidad Valenciana, predomina, debido a su situación geográfica el Clima Mediterráneo, pero no en todo el territorio se da el mismo tipo de clima, de forma que se pueden distinguir cuatro tipos:

- **Clima mediterráneo típico:** se extiende por todo el litoral norte y centro de la Comunidad, tiene inviernos no muy fríos debido a la característica suavizadora de temperatura que hace el mar, los veranos son largos, bastante secos y calurosos, con máximas en torno a los 30°C.
- **Clima mediterráneo continentalizado:** es un clima de transición entre el continental y el mediterráneo típico, propio del interior de la Península Ibérica. Los inviernos son fríos, los veranos son más cálidos que en el clima mediterráneo típico con temperaturas máximas superiores a los 40 grados.
- **Clima mediterráneo seco:** se dan desde el norte de la provincia de Alicante hasta el extremo sur limitando con la Región de Murcia, las temperaturas son muy cálidas en verano y en invierno son muy suaves de 10 a 13 °C. Conforme se desplaza hacia el sur de la provincia de Alicante aparece un clima más bien árido con inviernos muy suaves en torno a los 12°C, con veranos muy largos, muy secos y muy calurosos con temperaturas máximas de más de 30°C.

- **Clima de montaña:** se da en las zonas más altas de la provincia de Castellón, junto con el mediterráneo continentalizado. El clima de montaña se rige por la altitud, factor que influye en la temperatura y las precipitaciones.

Del análisis de los datos de temperatura aportados por AEMET mediante la interpolación por kriging exponencial, se han construido los mapas de temperatura de la Comunidad Valenciana (Fig. 23 y 24), de un total de 7.206 registros anuales, para el periodo comprendido entre 1960 y 2014, de diferentes estaciones meteorológicas distribuidas por toda la geografía de la Comunidad.

En los mapas generados se pueden apreciar los diferentes regímenes térmicos de la Comunidad y los de las zonas de estudio.

Sólo se han representado las temperaturas medias, máximas y media de las máximas, ya que son las que más influyen en la composición florística y el contenido de humedad de los combustibles, y por tanto, en el régimen de incendios de la Comunidad.

La temperatura media oscila entre los 10,5 °C y los 19°C, pudiéndose apreciar las diferencias térmicas a medida que se produce un desplazamiento hacia el interior y norte de la comunidad, marcados por la reducción de la influencia marítima y la influencia del Sistema ibérico

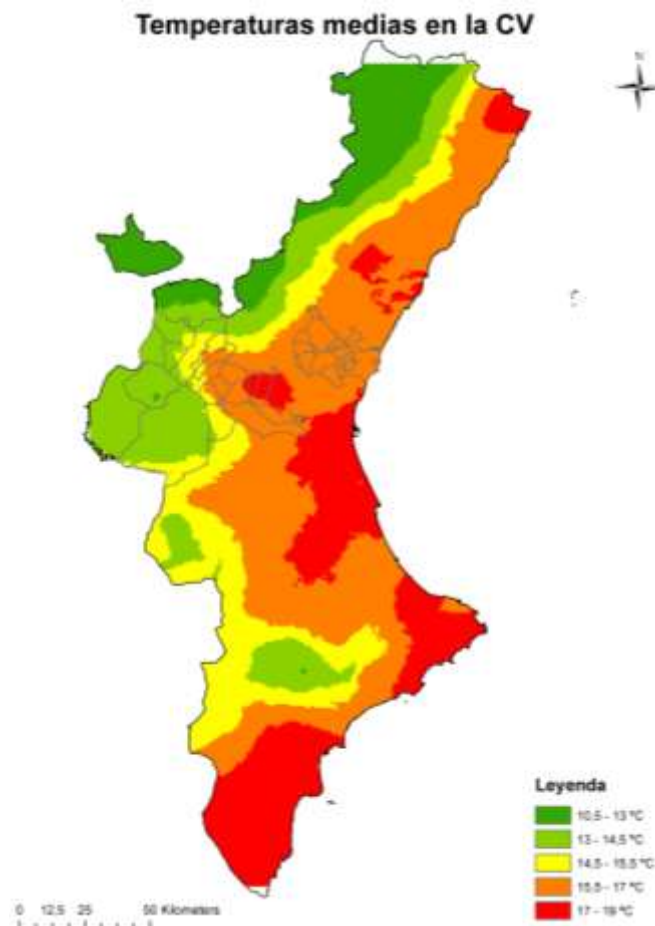


Figura 23 Temperaturas medias en la Comunidad Valenciana, periodo 1960 - 2014. Fte. Elaboración propia.

Sin embargo, las temperaturas máximas medias o absolutas, están muy influenciadas por la continentalidad del interior y la reducción de la influencia marítima, encontrándose los valores más elevados en la franja interior de las provincias de Valencia y Alicante.

Si se atiende a las máximas absolutas existe cierta correlación entre las temperaturas en el centro de la provincia de Valencia y la zona con mayor recurrencia de grandes incendios, como se abordará en capítulos posteriores.

Las temperaturas medias de las máximas oscilan entre los 24 y los 34 °C, mientras que las máximas absolutas oscilan entre los 29,5°C y los 40°C, aunque durante algunos incendios se han registrado temperaturas cercanas a los 48°C, como sucedió el 27 de agosto de 2010 en Torrent.

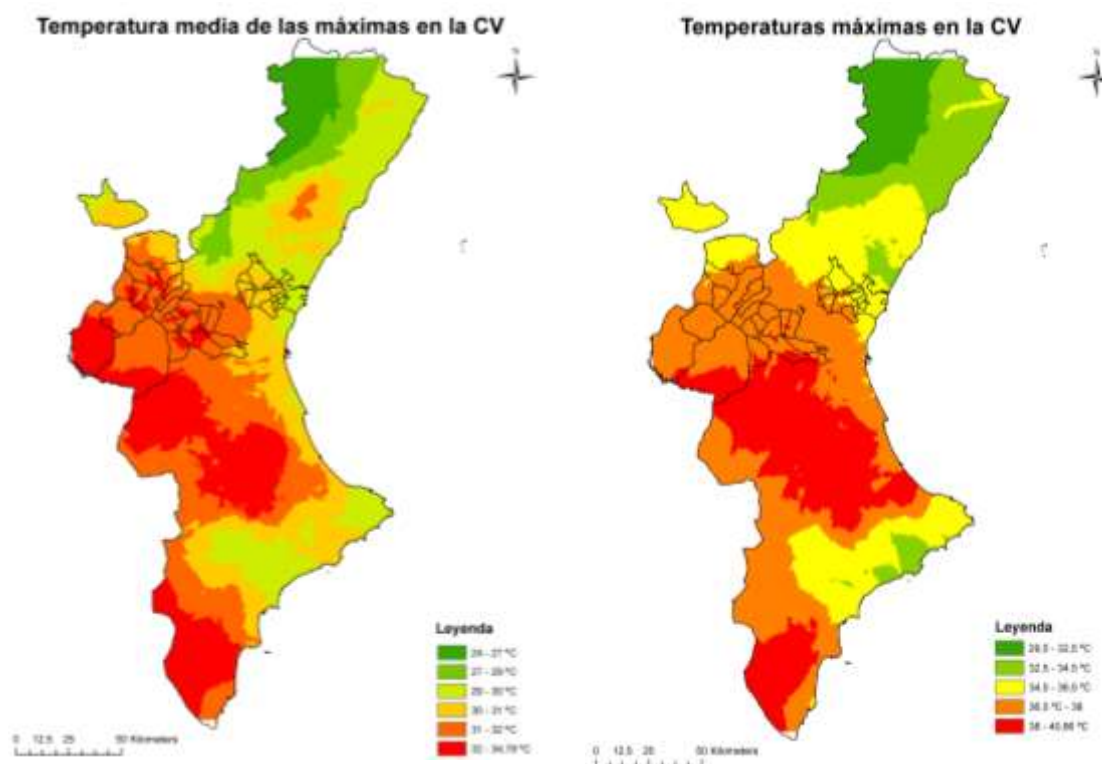


Figura 24 Temperatura media de las máximas y temperaturas máximas en la Comunidad Valenciana periodo 1960 2014. Fte. Elaboración propia.

II.2.3.2.5. Tormentas

Los tipos de tormenta que afectan a la Comunidad Valenciana son fundamentalmente dos en cuanto a su génesis (Núñez, 2007):

1. Las asociadas a un marcado flujo de origen marítimo en capas bajas, que genera sistemas convectivos a mesoescala. Este tipo de tormentas producen precipitaciones intensas y cuantiosas, pudiendo alcanzar más de 100 mm en unas horas. Son típicas de finales de verano o del otoño, debido a la mayor inestabilidad de tipo marítimo y mayor energía de la troposfera.
2. Las tormentas de procedencia terral, sin flujo marítimo, que generan fenómenos muy violentos, aunque normalmente no van acompañadas de grandes precipitaciones, debido a la falta de aporte de humedad y a su rápida circulación.

Según sea su desplazamiento, se pueden dar:

I. Fenómenos tormentosos de origen marítimo y rápido desplazamiento asociado al intenso flujo que las dirige en capas medias.

II. Tormentas con origen y apoyo marítimo y desplazamiento lento, anclaje en una zona determinada o incluso movimiento retrógrado, que producen cantidades de precipitación muy importante.

III. Tormentas de origen terral y desplazamiento rápido, que dependiendo del apoyo o no de flujo marítimo en capas bajas presenta fenómenos más o menos severos.

IV. Tormentas de origen terral y desplazamiento lento.

En el verano climático la situaciones convectivas con apoyo de viento del este son poco frecuentes, la mayor intensidad de descargas eléctricas de registra en las zonas montañosas de las Castellón de Els Ports, L'Alt Maestrat y L'Alcalaten (Fig. 25 y 26)

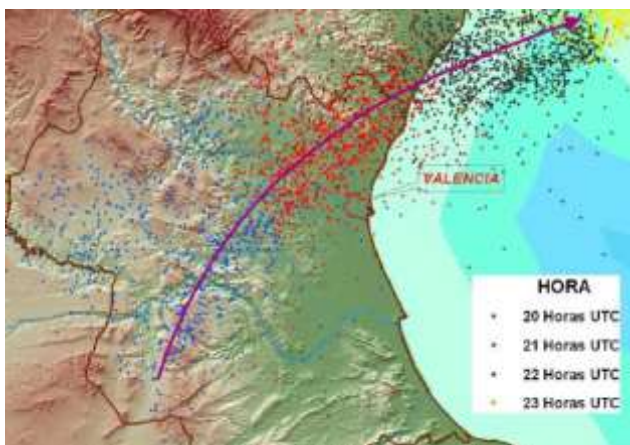


Figura 25 Acumulación horaria de rayos del día 3 de septiembre de 2004. Fte. Núñez Mora, 2007

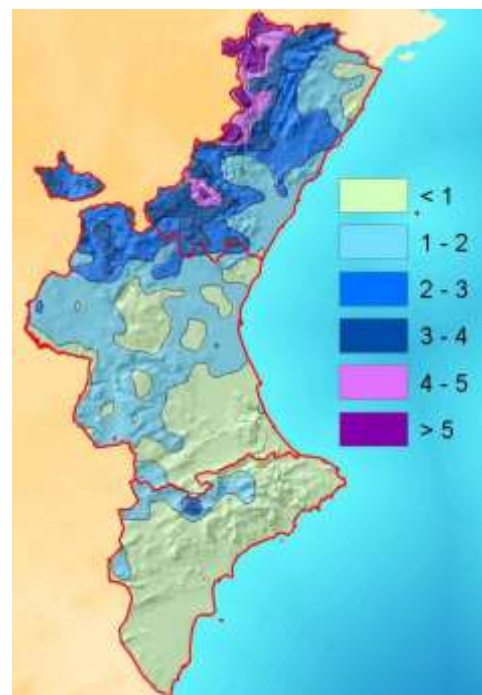


Figura 26 Densidad de descargas eléctricas verano 2001-2005. Fte. Núñez Mora, 2007

En estas zonas los fenómenos de mayor actividad tormentosa, están asociados a inestabilidad termodinámica, cuyo mecanismo de activación suele ser el forzamiento térmico o la convergencia en niveles bajos, pero en zonas cercanas a la costa, la influencia marítima crea una inversión en capas bajas que inhibe el fenómeno convectivo, limitando la formación de tormentas.

II.2.4. Vegetación.

II.2.4.1 Caracterización bioclimática.

Según el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunidad Valenciana (PATFOR, 2011) (Fig. 27), la caracterización bioclimática, basada en el cálculo de los diagramas bioclimáticos de Montero de Burgos y González Rebollar, permite establecer la relación entre el clima y la vegetación, fundamental para explicar la distribución de los ecosistemas forestales en la Comunidad Valenciana y establecer directrices de gestión forestal para mejorar su estado.

En general la Comunidad presenta una productividad climática media (53%) o alta (35%) en la mayor parte del suelo forestal. Las zonas de productividad baja apenas suponen el 12% de la superficie forestal (fundamentalmente en Alicante).

El suelo forestal de la Comunidad Valenciana se ha dividido en cinco grandes zonas de potencialidad bioclimática, en función de la productividad forestal de la estación (IBL), el grado de diversidad florística (CRT) y la intensidad de frío (IBF)

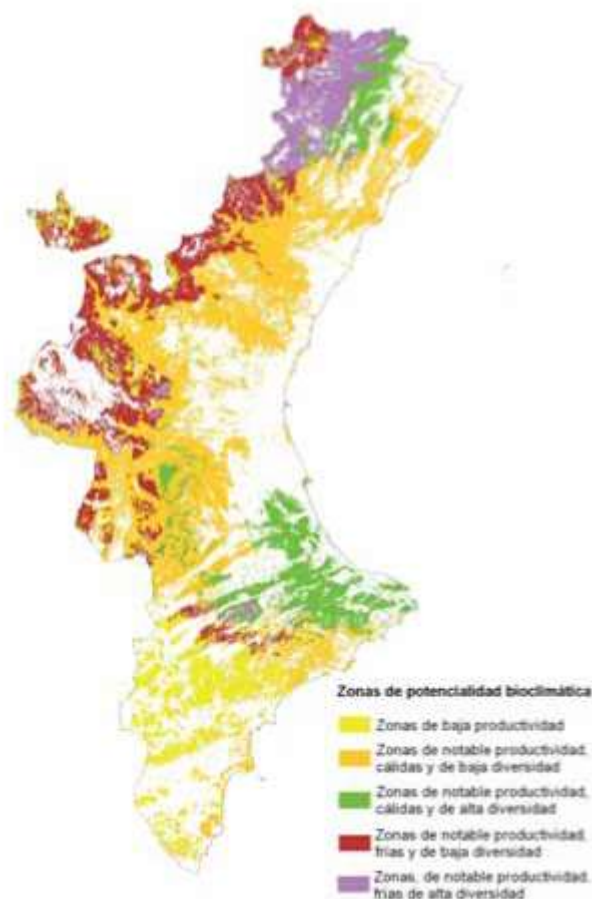


Figura 27 Zonas de potencialidad bioclimática en la Comunidad Valenciana. Fte.- PATFOR 2011.

- La **zona de baja productividad** se caracteriza por presentar valores medios o bajos de productividad ($IBL < 4$ ubc); además, presenta valores de CRT inferiores a 150 mm, por lo que la diversidad botánica será escasa en general. Esta zona ocupa el 12% de la superficie forestal de la Comunidad, presentándose principalmente en la provincia de Alicante (más del 70%).

- La **zona con productividad notable, cálidas y de baja diversidad** se distingue por una productividad notable (IBL > 4 ubc), una CRT baja (valores inferiores a 150) y una IBF baja (valores inferiores a 0,5). Esta es la zona con mayor representación en la Comunidad Valenciana que supone más del 44% de la superficie forestal de la Comunidad, encontrándose más de la mitad de las superficies distribuidas en las comarcas centrales de Valencia y las del sur y este de Castellón.
- **Las zonas de notable productividad, cálidas y de alta diversidad** con una productividad elevada (IBL >4 ubc), CRT alta (mayor de 300 mm) y una IBF baja (valores inferiores a 0,5), representa el 14% de la Comunidad, distribuidas entre el norte de Alicante y sur de Valencia (La Safor, El Comtat y La Marina Alta) y comarcas centrales de Castellón (este de las comarcas de Els Ports y L'Alt Maestrat y oeste de El Baix Maestrat).
- **Las zonas de notable productividad, frías y de baja diversidad**, con productividad potencial alta (IBL superior a 7 ubc), una capacidad de retención típica baja (valores por debajo de 150 mm) y con una IBF alta (valores superiores a 0,5), abarcan una superficie de casi el 20% del suelo forestal de la Comunidad. Al presentar una IBF alta (valores superiores a 0,5), son áreas con una mayor intensidad de frío probablemente aparecerán *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Juniperus thurifera*. Estas zonas se sitúan en las zonas más elevadas de la Comunidad, como son en el interior de Els Ports, Alto Mijares y Alto Palancia, así como en las comarcas más occidentales de la provincia de Valencia y el norte de L'Alcoiá (Alicante).
- **Las zonas de notable productividad, frías y de alta diversidad**, con una productividad potencial alta (IBL superior a 7 ubc), CRT alta (mayor de 300 mm) y con una IBF alta (valores superiores a 0,5), abarcan una superficie del 9% del suelo forestal de la Comunidad. Aparece en zonas dispersas de las comarcas de La Plana Requena-Utiel, el sur de La Vall d'Albaida, pero su máxima representación se da en el oeste de Castellón (L'Alt Maestrat, L'Alcalatén y en la zona más oriental de Els Ports). En principio, una diversidad florística lo suficientemente elevada como para permitir la presencia, junto al pino carrasco, de la encina y otras especies con mayores exigencias hídricas y resistencia al frío.

La zona de Sot de Chera presenta en su mayor extensión una potencialidad bioclimática de notable productividad fría y de baja diversidad, mientras que la zona de La Calderona presenta una potencialidad bioclimática de notable productividad cálida y de baja diversidad.

II.2.4.2. Caracterización fitoclimática.

La caracterización ecológica del ambiente en que vive una especie forestal tiene gran trascendencia desde el punto de vista de la gestión de sus poblaciones naturales. Dentro de esta caracterización, presenta un papel relevante la identificación del ambiente fitoclimático dominante, que delimita la potencialidad que ofrece el medio para albergar distintos tipos de formaciones forestales.

Según el PATFOR 2011, en la Comunidad Valenciana aparecen **11 subtipos fitoclimáticos** del total de 22 existentes (Allúe, 1990), y oscilan desde el Mediterráneo Subsahariano (IV(III)), localizado en el sur de Alicante, hasta el Nemoral subestepario (VI(VII)), concentrado en las zonas más elevadas del interior de Castellón (Fig. 28).

Los subtipos mediterráneos son los de mayor presencia, abarcando más del 75% de la superficie de la región, es decir, casi toda la comunidad autónoma excepto las zonas de mayor influencia del Sistema Ibérico (interior de Castellón y Valencia). Dentro de áreas mediterráneas, el subtipo mediterráneo genuino es el de mayor importancia superficial, superando el 57% de la superficie

total, mientras que el 15% se corresponde con subtipos mediterráneos subnemorales y un 3% del subsahariano.



Figura 28 Clasificación fitoclimática de la Comunidad Valenciana. PATFOR 2011.

En concreto en la zona de Sot de Chera aparece al Oeste el subtipo fitoclimático VI(IV)1 - Nemoromediterráneo subesclerófilo, y al Este el subtipo IV3 - Mediterráneo ilicino típico más seco, mientras que en la zona de La Calderona aparecen el IV3 - Mediterráneo ilicino típico más seco al Suroeste, y el IV2 - Mediterráneo extrailicino o ilicino en la zona Este y Norte.

En relación con el **Modelo Especies**, a través del **índice de idoneidad fitoclimática**, permite conocer qué especies arbóreas tendrían un desarrollo óptimo, serían más competitivas y podrían completar su ciclo vital en cada parte del territorio, sin tener en cuenta aspectos edáficos o de otra índole. En la figura 29 se muestra la relación entre la idoneidad fitoclimática y la distribución actual de las principales especies arbóreas presentes en la Comunidad Valenciana.

En la Comunidad Valenciana destaca el *Pinus pinea*, que presenta una idoneidad fitoclimática elevada sobre casi el 70% del territorio forestal, superando a la del pino carrasco y la encina, aunque la distribución superficial actual es totalmente opuesta. Ante esto hay que recordar que la idoneidad fitoclimática únicamente atiende a factores climáticos, no analizando la litología, lo que también explica la elevada potencialidad del alcornoque y su escasa distribución real.

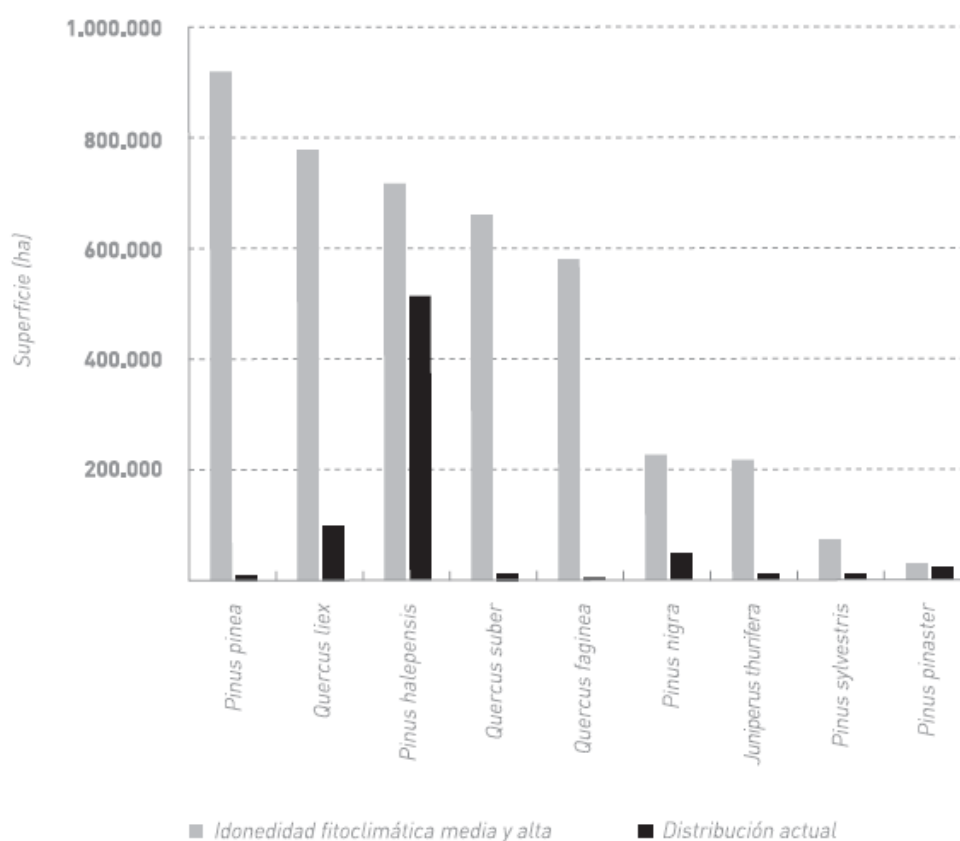


Figura 29 Relación entre la idoneidad fitoclimática y la distribución actual de las principales especies arbóreas presentes en la Comunidad Valenciana. Fte.- PATFOR 2011.

II.2.4.3. Inventario Forestal Nacional (IFN3).

Según el PATFOR, actualmente, el terreno forestal ocupa el 57% del territorio de la Comunidad Valenciana, con una tendencia actual a incrementarse a un ritmo de unas 3.300 ha/año, principalmente por el abandono de superficies de cultivos agrícolas y por la colonización de éstas por especies forestales (Tabla 5). Los montes arbolados ocupan actualmente el 54 % del terreno forestal, también con una propensión al aumento a razón de unas 10.500 ha/año, mientras que los montes no arbolados abarcan el 46 % y, a su vez, disminuyen a ritmo de unas 7.200 ha/año, por el empuje de los bosques.

Tabla 5 Superficie ocupada por diferentes formaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Fte.- PATFOR 2011.

Tipo de formación	Superficie (ha)	Tasa incremento anual (%)
Coníferas	530.428	3,94
Frondosas	71.598	8,93
Mezcla de coníferas y frondosas	152.433	-2,89
Total monte arbolado	754.459	1,67
Monte no arbolado	500.879	-1,22
Total forestal	1.255.338	0,28

Antes de analizar los diferentes tipos de estrato en cada zona de estudio, conviene analizar la tendencia de la cobertura de las principales especies forestales presentes mediante la comparativa de los tres inventarios forestales realizados en la provincia de Valencia (1966, 1994, 2006).

En la figura 30 puede observarse la variación de la superficie de la provincia, la superficie forestal, y la de diferentes formaciones, apreciándose un claro incremento de la superficie forestal, de la superficie de monte arbolado, y una disminución de la superficie de matorral, aun teniendo en cuenta el régimen de incendios tan frecuente presente en la provincia para el periodo indicado.

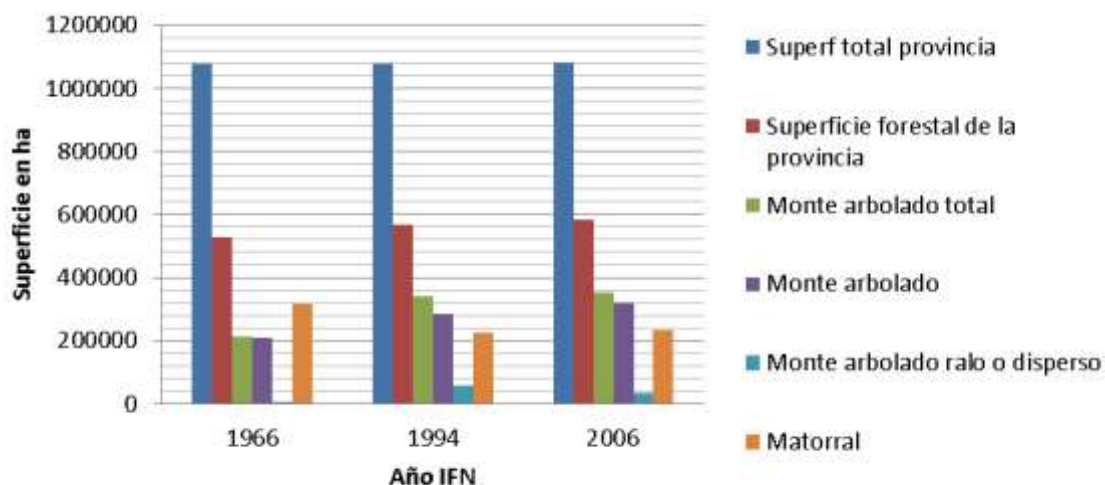


Figura 30 Superficie ocupada por las diferentes formaciones vegetales a lo largo del tiempo en la provincia de Valencia. Fte.- Inventario Forestal Nacional. Elaboración propia.

Si se realiza la comparativa por especies (Fig. 31), puede apreciarse un gran incremento de la superficie ocupada por *P. halepensis*, lo cual indica que está en clara expansión. Por su parte *P. nigra* está en regresión y *P. pinaster* mantiene más o menos la superficie ocupada. Esto podría justificarse por la capacidad que tiene el pino carrasco para colonizar nuevas zonas y su gran adaptación a los incendios de alta intensidad.

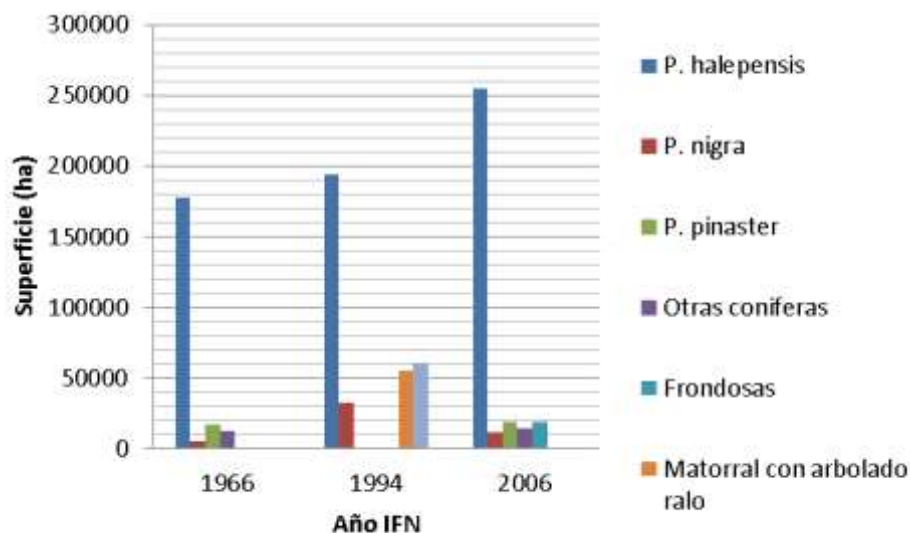


Figura 31 Superficie ocupada por las distintas formaciones vegetales y por las especies más representativas de la provincia de Valencia. Fte.- Inventario Forestal Nacional. Elaboración propia.

Según el 3º Inventario forestal Nacional (IFN3), la zona de Sot de Chera presenta la distribución por Tipo de Estrato que se muestra en la tabla 6 y figura 32.

Tabla 6 Superficie por tipo de Estrato en Sot de Chera. Fte.- IFN3. Elaboración propia.

Tipo Estrato	Superficie (ha)	Tipo Estrato	Superficie (ha)
Bosque	97169,03	Artificial	3406,57
Bosque plantación	8081,29	Agua	1877,54
Complementos del bosque	1812,15	Autopistas y autovías	238,62
Incendio	5411,58	Infraestructuras de conducción	36,64
Matorral	32842,79	Minería, escombreras, vertederos	664,11
Herbazal	26,11	Mosaico arbolado sobre cultivo	216,96
Monte sin vegetación superior	682,18	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	117,07
AFM (Riberas)	782,63	Mosaico desarbolado sobre cultivo	858,34
AFM (Bosquetes)	1212,24	Área recreativa	7,88
Agrícola y praderas artificiales	81837,95	Prado	182,95
		Pastizal matorral	4167,54

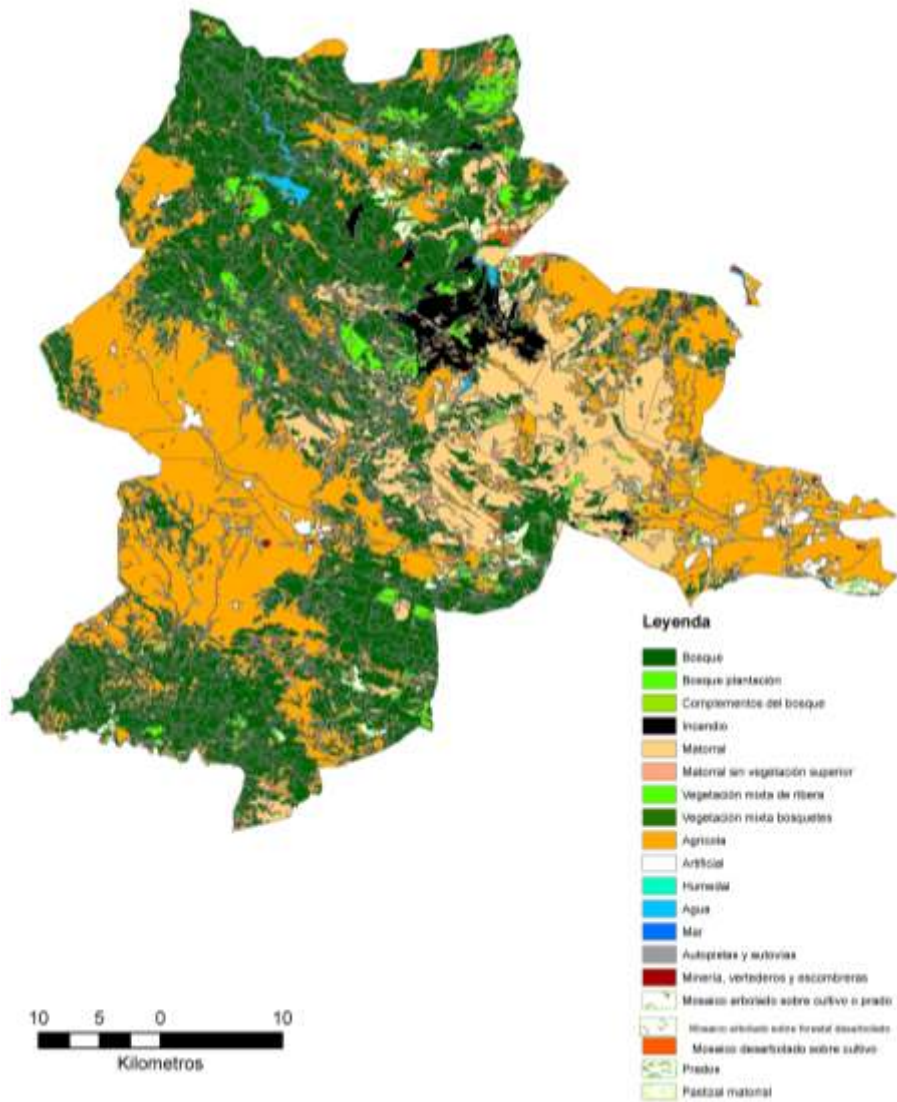


Figura 32 Distribución por tipo de estrato en Sot de Chera. Fte.- IFN3. Elaboración propia.

Según el 3º Inventario forestal Nacional (IFN3), la zona de La Calderona presenta la distribución por Tipo Estrato que se muestra en la tabla 7 y figura 33.

Tabla 7 Superficie por tipo de Estrato en La Calderona. Fte.- IFN3. Elaboración propia.

Tipo Estrato	Superficie(ha)	Tipo Estrato	Superficie(ha)
Bosque	16417,84	Humedal	216,76
Bosque plantación	241,77	Agua	428,69
Complementos del bosque	30,66	Mar	0,19
Incendio	2075,72	Autopistas y autopistas	189,01
Matorral	6445,93	Minería, escombreras, vertederos	342,36
Monte sin vegetación superior	46,58	Mosaico arbolado sobre cultivo	161,98
AFM (Riberas)	116,05	Mosaico arbolado sobre forestal desarbolado	11,60
AFM (Bosquetes)	302,18	Mosaico desarbolado sobre cultivo	173,17
Agrícola y praderas artificiales	19727,33	Prado	12,95
Artificial	3288,28	Pastizal matorral	2400,76

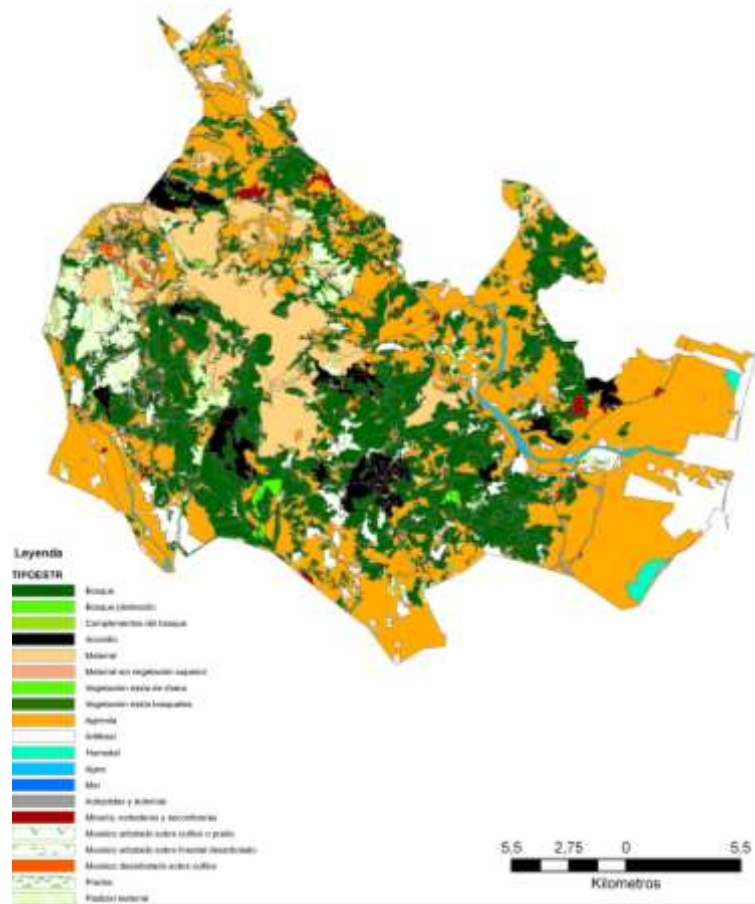


Figura 33 Distribución por tipo de estrato en La Calderona. Fte.- IFN3. Elaboración propia.

II.2.5. Espacios protegidos

La relación de espacios naturales protegidos, obtenidos a través del servidor web del MAGRAMA, actualizados a diciembre de 2013, que existen en la zona denominada Sot de Chera se muestran en la tabla 8 y figura 34.

Tabla 8 Relación de espacios protegidos en Sot de Chera. Fte.- MAGRAMA.

Figura de Protección	Nombre
Parques Naturales	Las Hoces del Cabriel
	Chera – Sot de Chera
	Turia
Parajes Naturales Municipales	Los Calderones
	Sierra Perenxisa
	Villingordo
Microreservas	Barranco de La Fuente de La Gota
	Casa de Puchero
	El Picarcho
	Fuente de La Puerca
	Hoya del Muchacho
	Las Callejuelas
	Las Hoyuelas
	Lavajo de Abajo de Sinarcas
	Lavajo de Arriba de Sinarcas
	Pico Ropé
	Pico La Nevera
	Rambla de Alcotas
	Rambla de las Salinas
	Riberas del Río Tuejar
	Umbría de Las Carrasquillas
Umbría del Rodeno Tormé	
Reservas de Fauna	Las Hoyuelas

FIGURAS DE PROTECCIÓN EN SOT DE CHERA

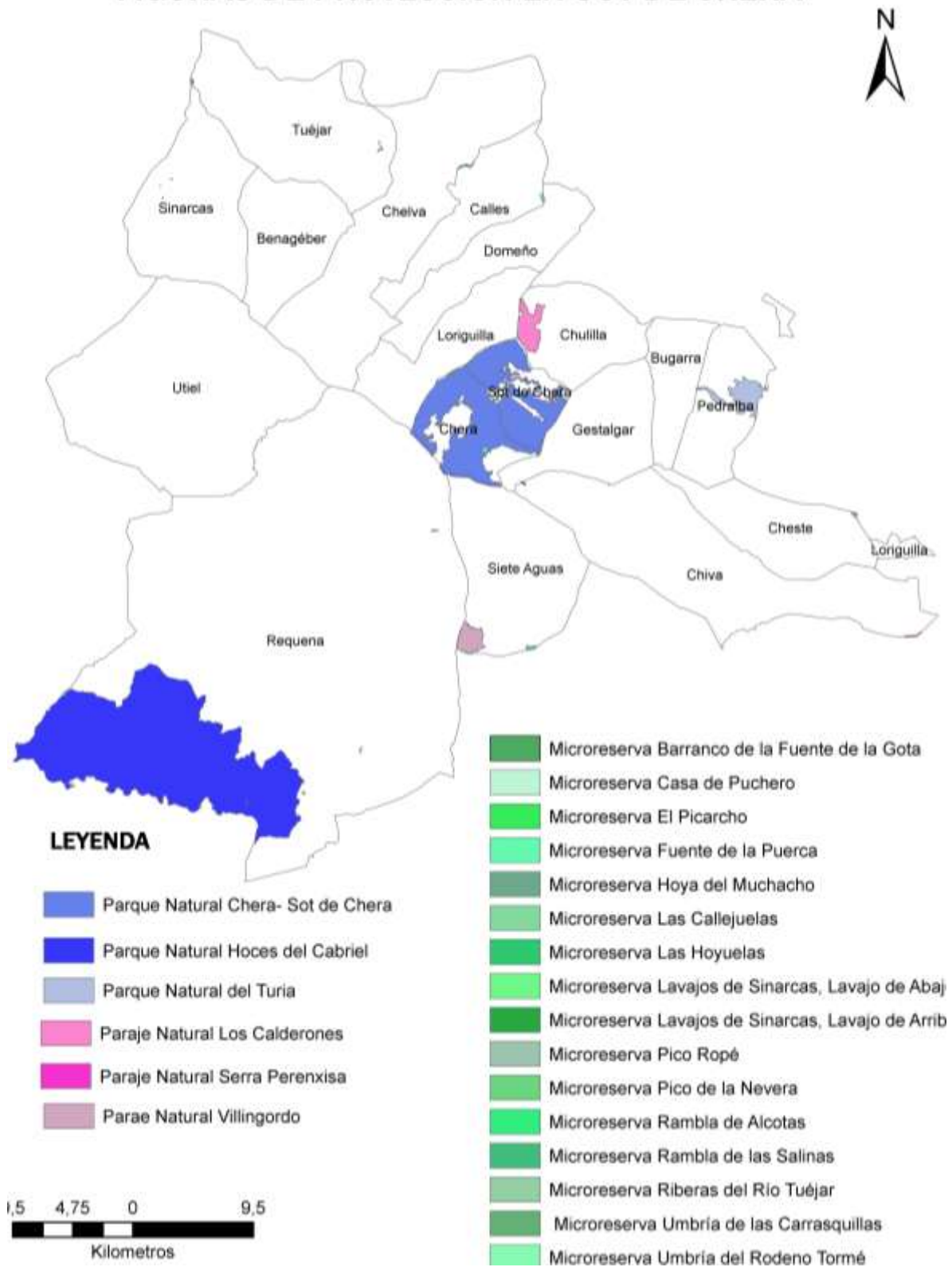


Figura 34 Distribución de las figuras de espacios protegidos en Sot de Chera. Fte.- MAGRAMA. Elaboración propia.

En cuanto a los espacios protegidos en La Calderona, la mayor parte del territorio es un Parque Natural en sí mismo (Tabla 9 y fig. 35).

Tabla 9 Relación de espacios protegidos en La Calderona. Fte.- MAGRAMA. Elaboración propia.

Figura de Protección	Nombre
Parques Naturales	Sierra Calderona
Parajes Naturales Municipales	La Esperanza
Microreservas	Barranc del Saragatillo
	Camino Rampete
	Castell de Serra
	El Picaio
	Llacuna del Fartet
	Marjal dels Moros A
	Marjal dels Moros B
	Muntanya del Cavall
	Peñas Altas
	Puntal de l'Abella
	Tancat de Portacoeli
	Torberes de l'Almardá
	Torberes de l'Almardá B
Reservas de Fauna	Balsa Rampetes
	El Cucs

FIGURAS DE PROTECCIÓN EN LA CALDERONA

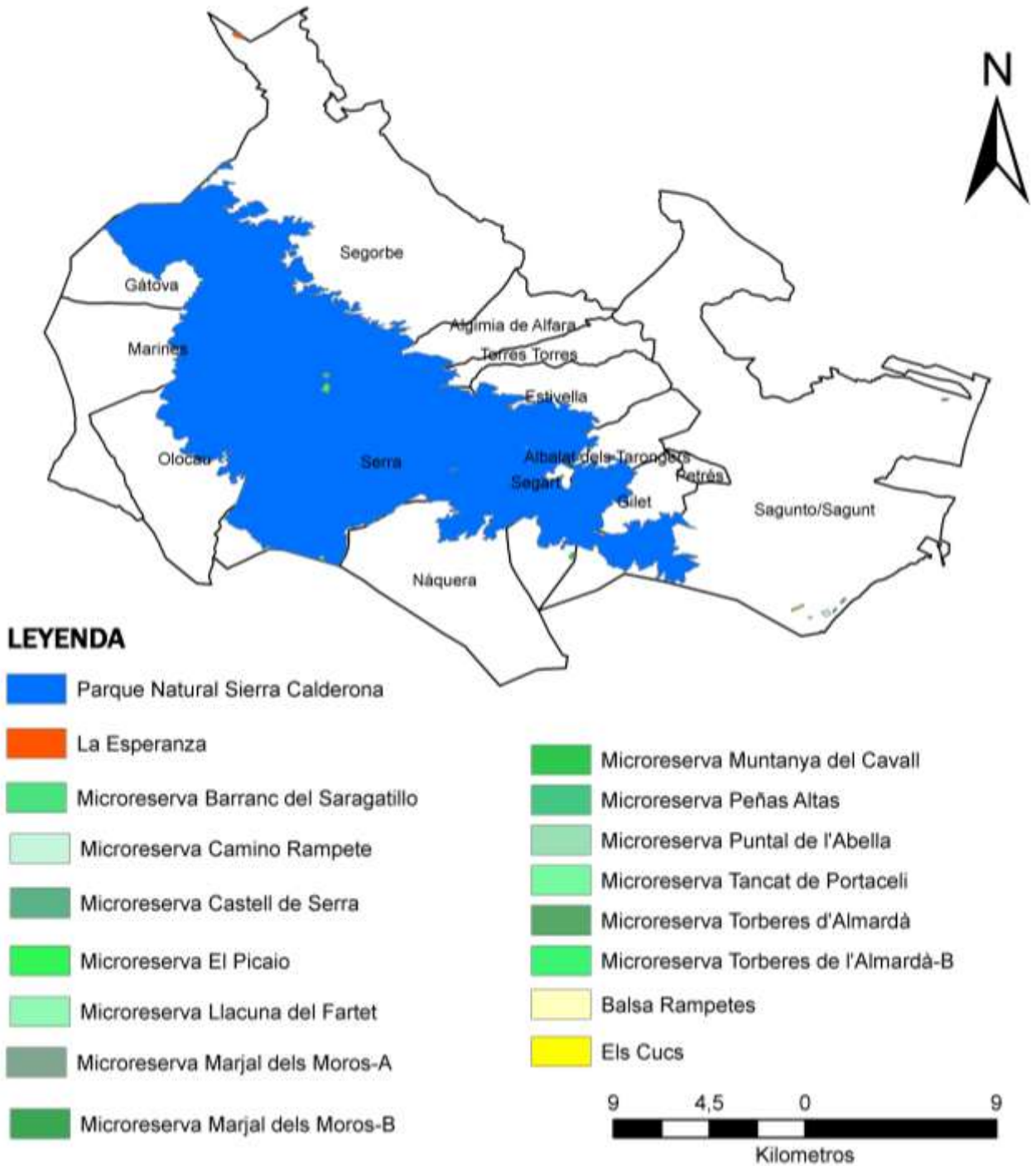


Figura 35 Distribución de las figuras de espacios protegidos en La Calderona. Fte.- MAGRAMA. Elaboración propia.

II.2.6. Usos del suelo

La cartografía disponible de la ocupación de suelos se corresponde con el inventario realizado por los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente a través del Instituto Geográfico Nacional que en 2006 realizó el llamado proyecto CORINE (Coordination of Information of Environment).

En la tabla 10 y figura 36 se muestra la distribución de la superficie por usos del suelo para la zona de Sot de Chera.

Tabla 10 Tipología de usos del suelo en Sot de Chera. Fte.- CORINE.

Cod Corine 06	Tipología de Uso del Suelo	Superficie (ha)
111	Tejido Urbano Continuo	852,65
112	Tejido Urbano Discontinuo	945,47
121	Zonas Industriales o Comerciales	312,16
131	Redes viarias, ferroviarias y asociadas	202,79
133	Zonas en Construcción	184,62
142	Instalaciones Deportivas y Recreativas	175,88
211	Tierras de Labor en Secano	3820,12
212	Terrenos Regados Permanentemente	1624,48
221	Viñedos	27952,24
222	Frutales	7415,57
223	Olivares	596,60
241	Cultivos Anuales Asociados con Cultivos Permanentes	93,81
242	Mosaicos de Cultivos	40582,39
243	Terrenos Principalmente Agrícolas, pero con Importantes Espacios de Vegetación Natural o Seminatural	13979,69
311	Bosques de Frondosas	376,09
312	Bosques de Coníferas	53493,23
323	Matorrales Esclerófilos	50146,98
324	Matorral Boscoso de Transición	38417,95
331	Playas, Dunas y Arenales	7,48
333	Espacios con Vegetación Escasa	242,53
334	Zonas Quemadas	74,28
512	Láminas de Agua	633,50

MAPA DE USOS DEL SUELO DE SOT DE CHERA

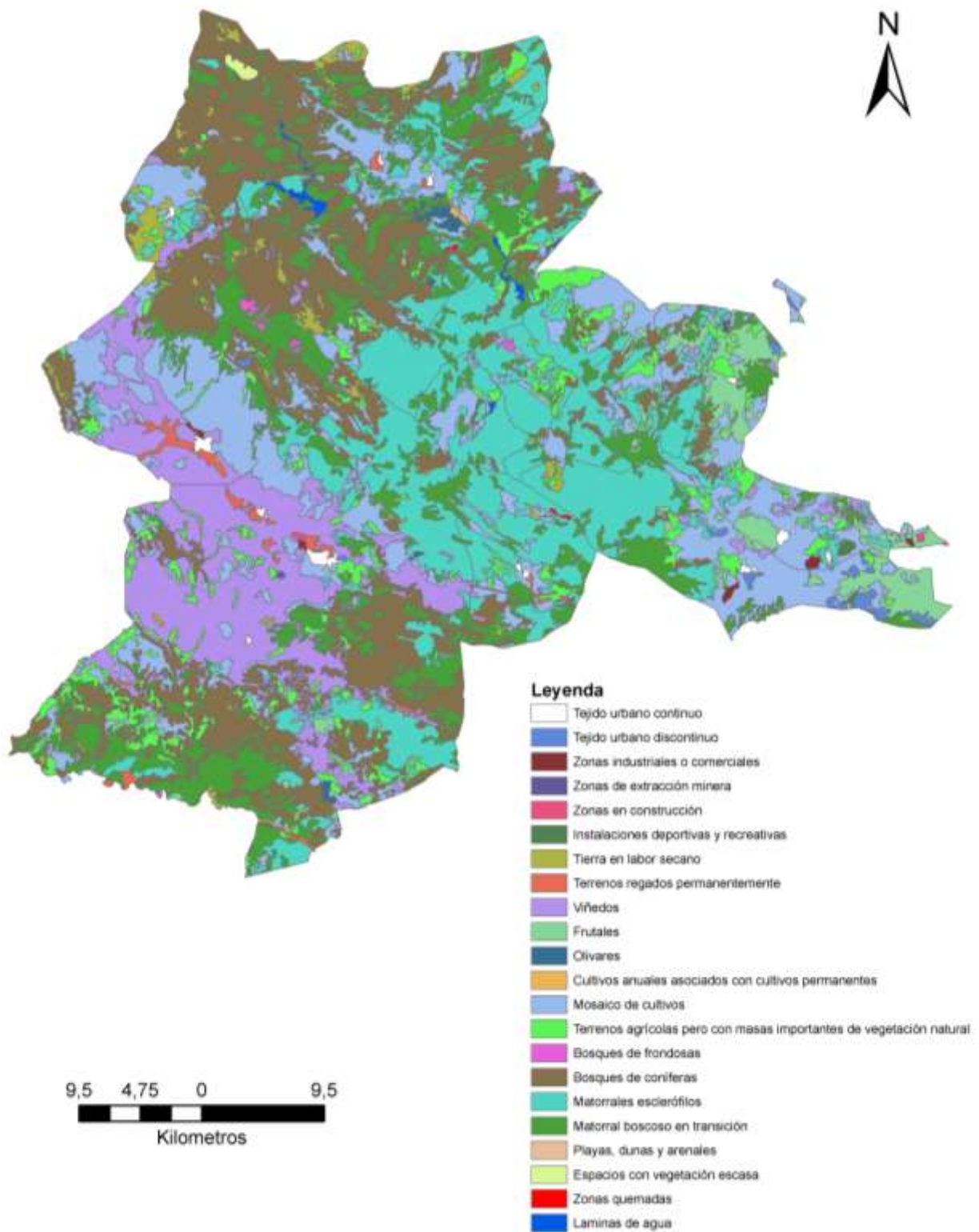


Figura 36 Distribución de los diferentes usos del suelo en Sot de Chera. Fte.- CORINE. Elaboración propia.

Según el mismo inventario de CORINE 2006, se ha obtenido la distribución de usos del suelo en La Calderona que se muestra en la tabla 11 y figura 37.

Tabla 11 Tipología de usos del suelo en La Calderona. Fte.- CORINE.

Cod Corine 06	Tipología de Uso del Suelo	Superficie (ha)
111	Tejido Urbano Continuo	618,55
112	Tejido Urbano Discontinuo	2061,39
121	Zonas Industriales o Comerciales	778,15
122	Redes viarias, ferroviarias y asociadas	1,35
123	Zonas Portuarias	92,81
131	Zonas de Extracción Mineras	167,65
133	Zonas en Construcción	461,29
212	Terrenos Regados Permanentemente	510,50
213	Arrozales	36,48
222	Frutales	12333,43
223	Olivares	1217,37
242	Mosaicos de Cultivos	5670,82
243	Terrenos Principalmente Agrícolas, pero con Importantes Espacios de Vegetación Natural o Seminatural	2884,22
312	Bosques de Coníferas	4925,42
321	Pastizales Naturales	48,47
323	Matorrales Esclerófilos	10400,94
324	Matorral Boscoso de Transición	9928,81
331	Playas, Dunas y Arenales	322,93
421	Marismas	180,64
523	Mares y Océanos	38,93

MAPA DE USOS DEL SUELO DE LA CALDERONA

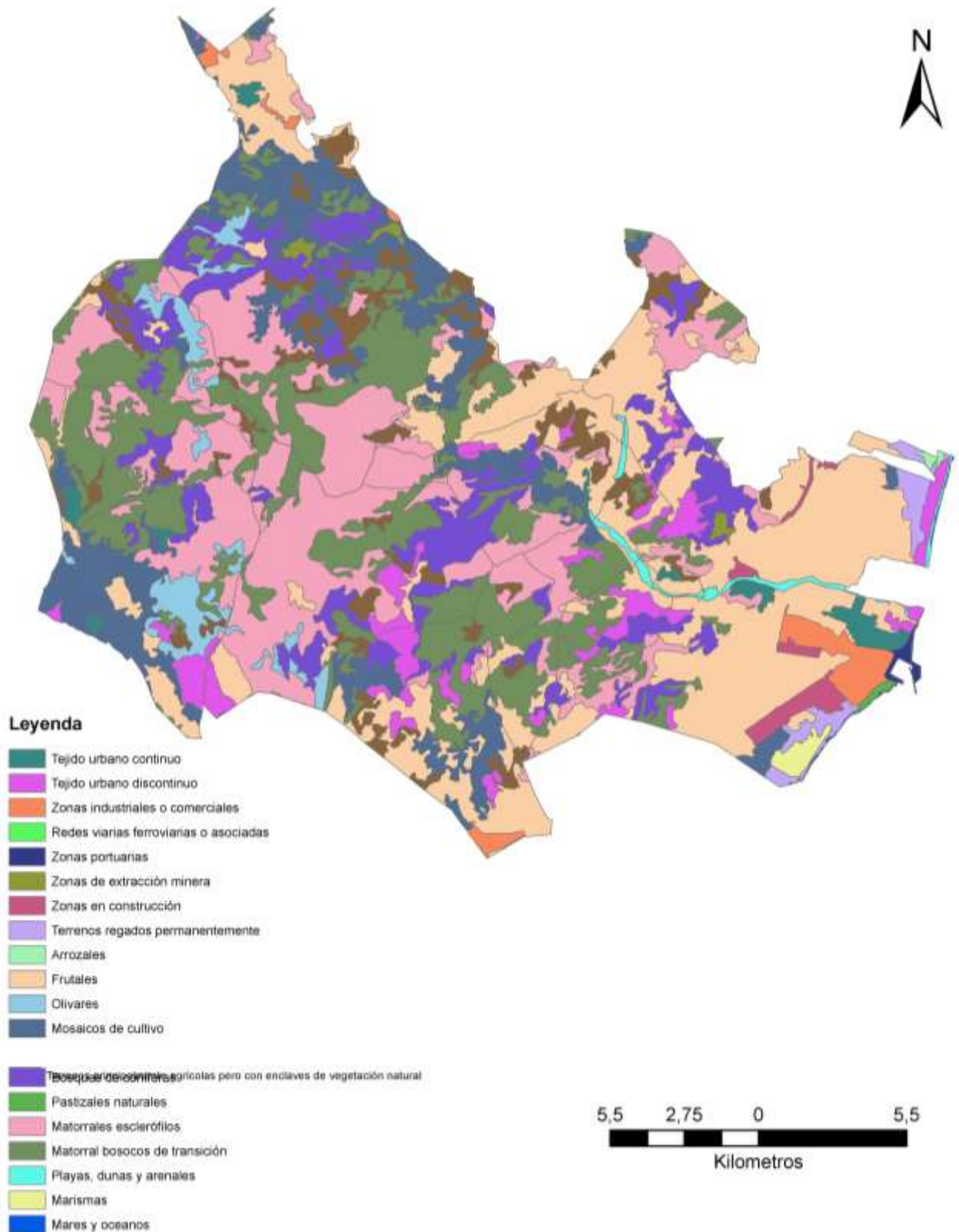


Figura 37 Distribución de los diferentes usos del suelo en La Calderona. Fte.- CORINE. Elaboración propia.

II.2.7. Riesgo Poblacional.

El Riesgo Poblacional se puede definir como el riesgo para personas y bienes que los incendios forestales tienen en una determinada zona, aunque también está muy relacionado con la expresión interfaz urbano forestal, o más ampliamente como interfaz urbano rural forestal.

El término interfaz en el mundo de incendios forestales hace referencia a aquellas zonas en donde la vegetación forestal tiene contacto con las construcciones, bien sean viviendas, zonas industriales, de producción agrícola ganadera, etc.

En el proyecto FIRESMART aparecen varias definiciones de diferentes autores u Organismos:

- FAO: Zona de transición entre ciudades y zonas 'salvajes', y estructuras y otros desarrollos humanos que coinciden con áreas salvajes o con combustible vegetal.
- Departamento de Interior EE.UU. (1995, 2001): La línea, área o zona donde estructuras u otras instalaciones hechas por el hombre coinciden o se mezclan con zonas de vegetación salvaje,
- ...con paisajes rurales (Vince et al, 2005),
- ...con bosques situados cercanos a grandes o pequeñas concentraciones urbanas, (Alavalapati et al, 2005; McGee 2005; Caballero et al, 2004)
- (Pyne et al, 1996): Zonas donde estructuras hechas por el hombre (mayormente casas) coinciden o se mezclan con bosques, zonas con vegetación.

Aunque también se puede utilizar este término en relación con el mismo problema surgido del abandono de los terrenos de cultivo, en donde la vegetación que lo está colonizando por su abandono, tiene contacto con las construcciones, y existe el riesgo de incendio de vegetación, y por tanto de afección a las zonas de construcciones, a esto se denomina interfaz rural (Quílez y Calvo, 2010).

La problemática de la interfaz está presente en gran parte de los incendios forestales y prácticamente en todos los grandes incendios, influyendo y condicionando de manera desigual las estrategias y tácticas de extinción planteadas en cada uno de ellos, debido, fundamentalmente, a las diferentes densidades de edificaciones que amenace en cada incendio.

La escala de prioridades a defender en el caso de emergencias, según la Norma Básica de Protección Civil por Incendios Forestales, es siempre en primer lugar la vida de las personas, en segundo lugar sus bienes, y como tercer punto estaría la defensa del monte.

Así pues, aplicando esta escala de prioridades a defender durante la extinción de incendios forestales, a medida que la densidad de construcciones en una determinada zona es mayor, la demanda de recursos de extinción (autobombas, brigadas, apoyo con medios aéreos, etc.) va en aumento, detrayendo muchos recursos del combate del motor del problema, que no es otro que la propagación del incendio y su potencialidad.

Cuando una zona habitada, o con construcciones presentes en su entorno se ve amenazada por un incendio forestal, la primera decisión que hay que tomar es si se realiza su evacuación o su confinamiento, normalmente la evacuación se realiza siempre que haya tiempo suficiente para hacerlo, mientras que el confinamiento se suele realizar cuando la evacuación no es factible, o no existe continuidad entre combustible forestal o rural y las construcciones.

Cuando se realiza el confinamiento de una determinada zona, esta demandará mayor número de recursos de extinción por la escala de valores a defender, en donde hay vidas de personas en riesgo, caso de no haber sido factible su evacuación.

Otro elemento a reseñar, y que está relacionado con las decisiones de evacuación o confinamiento, es que la mayoría de estas zonas de interfaz, carecen de cualquier infraestructura de defensa contra incendios forestales, y de sus correspondientes planes de autoprotección, lo que les confiere un riesgo muy elevado para las personas que allí se encuentran, y para la defensa de sus bienes.

II.2.7.1. Riesgo Poblacional en Sot de Chera.

Los principales núcleos que presentan riesgo poblacional en la zona de estudio de Sot de Chera, son los pueblos de interior rodeados por la masa forestal, así como las pedanías de Utiel y Requena inmersas en su interior. En relación con la presencia de urbanizaciones, estas corresponden a los municipios de Cheste y Chiva, se encuentran fuera de la zona de estudio, aunque presentan también un grave riesgo poblacional como el vivido durante el incendio de abril de 2014 en Perechiza (Fig. 39).

Las operaciones de evacuación de la mayoría de estas poblaciones se hacen muy complicadas frente a incendios de viento, muy rápidos y virulentos, ya que casi todas las carreteras atraviesan masas forestales, por lo que es deseable establecer perímetros que las hagan “confinables”. De esta manera se podría evitar situaciones como las vividas en los incendios que padeció la Comunitat Valenciana en 2012 cuando debido a la velocidad de avance del fuego hubo que tomar decisiones de evacuación muy rápidas incrementando o suponiendo un riesgo adicional para las personas. En la figura 38 se muestra el pueblo de Gestalgar después del incendio de Chulilla 2012.



Figura 38 Población de Gestalgar una vez pasado el incendio de Chulilla de septiembre de 2012. Fte.- Propia.

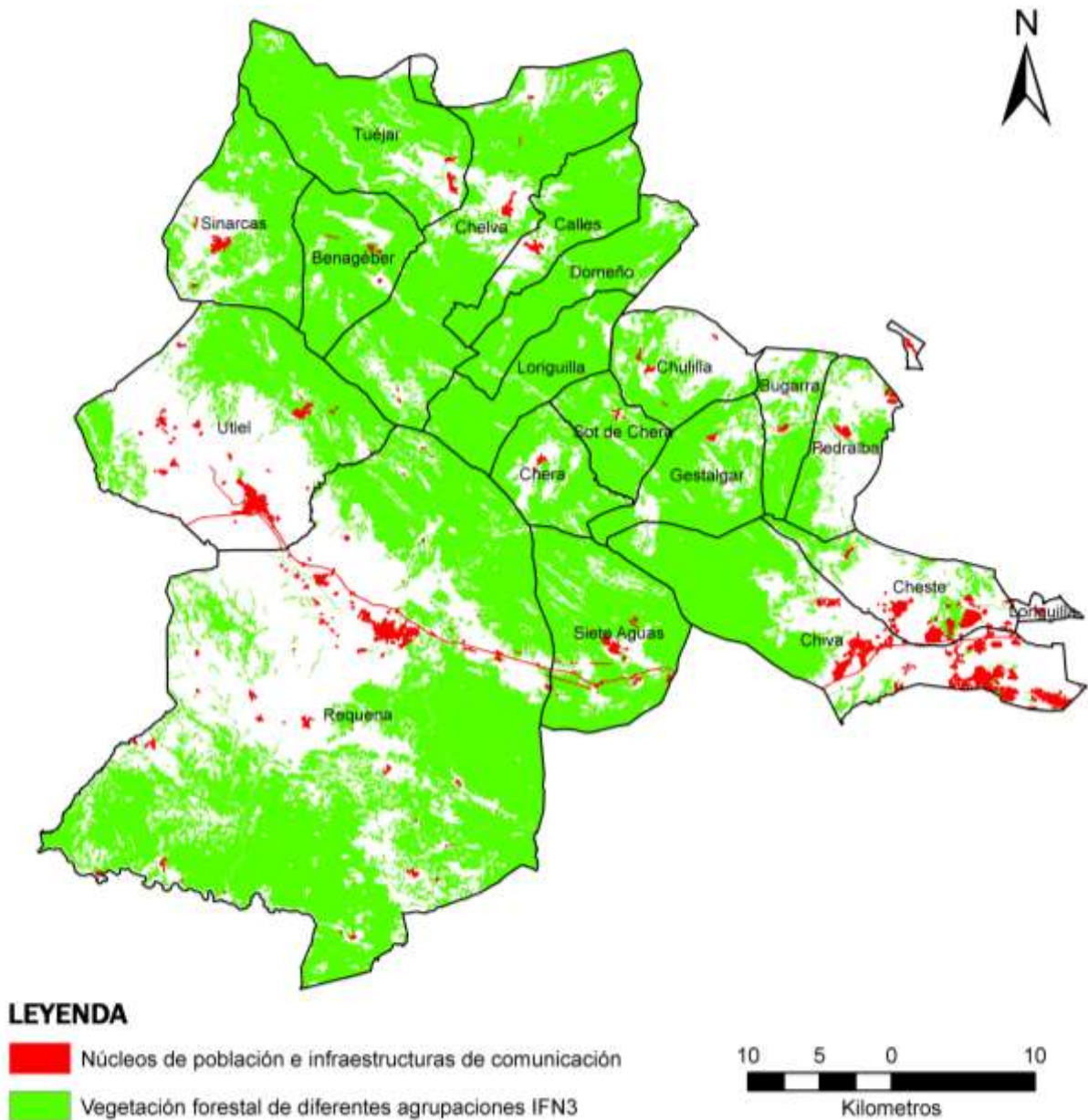


Figura 39 Mapa de riesgo poblacional en la zona de Sot de Chera. Fte.- IFN3. Elaboración propia.

II.2.7.2. Riesgo Poblacional en La Calderona.

La Calderona presenta una realidad parecida, con poblaciones en su interior, cuyas vías de comunicación están totalmente rodeadas por masa forestal (Fig. 40). En la zona hay grandes urbanizaciones dentro de los términos municipales de Serra, Náquera, Albalat dels Tarongers, Gilet, Petrés, entre otros, lo cual añade un factor de riesgo adicional, ya que las personas que en ellas habitan, las tienen como vivienda o segundas residencias, desarrollando toda su actividad en zonas urbanas, por lo que su contacto con el medio forestal se reduce al esparcimiento, no conociendo el monte como las poblaciones rurales de la zona de Sot de Chera.

A esto hay que añadir, que su cercanía a Valencia, Sagunto, y otras poblaciones del cinturón industrial de Valencia, hacen que se llene de personas disfrutando de diferentes deportes en la

montaña, y que la presencia de visitantes sea muy elevada, por lo que al riesgo poblacional antes comentado. Así pues, al riesgo poblacional derivado de la existencia de zonas habitadas hay que añadir el de un gran número de personas dispersas por el monte de las cuales se desconoce cuántas son, dónde se encuentran, ni tan siquiera si disponen de medios para abandonar la zona en caso de emergencia

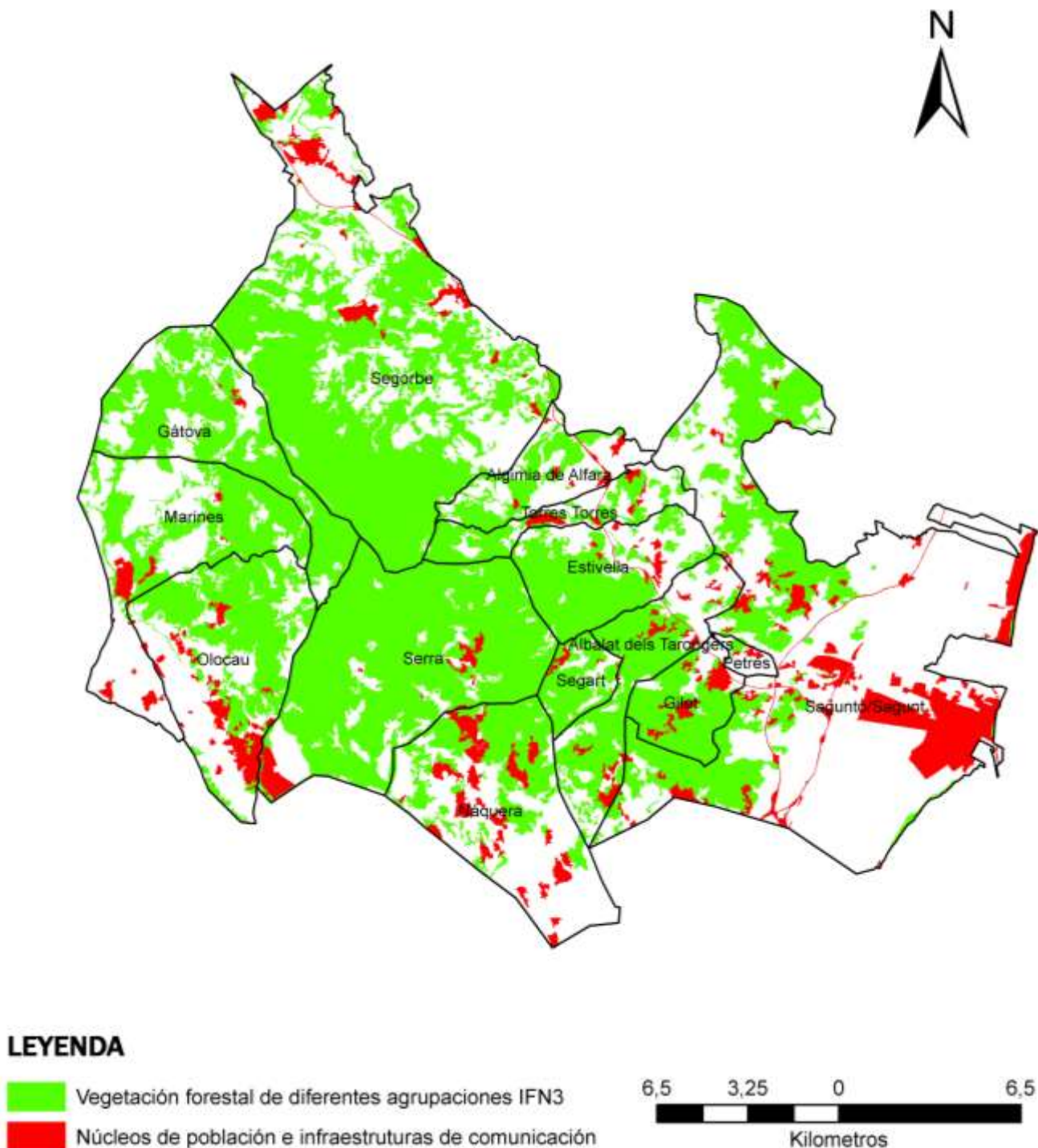


Figura 40 Mapa de riesgo poblacional en la zona de La Calderona. Fte.- IFN3. Elaboración propia.

2.- LOS INCENDIOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. REGIMEN DE INCENDIOS, PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN EN LA ACTUALIDAD

II.3. Régimen de fuego.

Una visión global de la vegetación actual frente a la vegetación potencial que debería albergar un determinado lugar, sitúa al fuego como el mayor “gestor” de la distribución de biomasa, responsabilizándolo de la estructura de la comunidad (Bond y Keeley, 2005).

En términos ecológicos, el fuego actúa mucho más como un herbívoro, consumiendo biomasa y compitiendo por los recursos con los consumidores bióticos, siendo un factor muy importante parte de la ecología trófica (Bond y Keeley, 2005).

Muchos territorios están dominados por ecosistemas donde el fuego es un proceso natural y necesario para una sostenibilidad de largo término. A pesar de la resiliencia de muchos ecosistemas con incendios periódicos (Fig. 41), es engañoso pensar que las especies están adaptadas al fuego, en vez de que están adaptadas a una frecuencia temporal y un patrón espacial de quema. De aquí se desprende el concepto de Régimen de Fuego, el cual incluye los tipos de combustible consumidos, la frecuencia, la época de quema, la intensidad de quema, y la distribución espacial de los eventos de incendios individuales (Keeley, et al. 2009).

Un régimen de fuego alterado es aquel en el que la ecología de un determinado lugar ha sido modificada por la influencia de las actividades humanas (Fig. 42), debido fundamentalmente a:

- Prevención excesiva y gran efectividad de extinción.
- Por utilización y/o aparición de fuego excesivo.

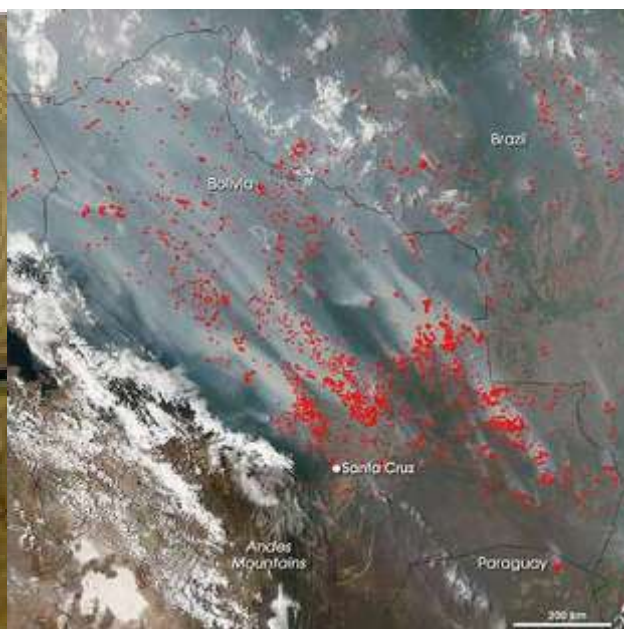
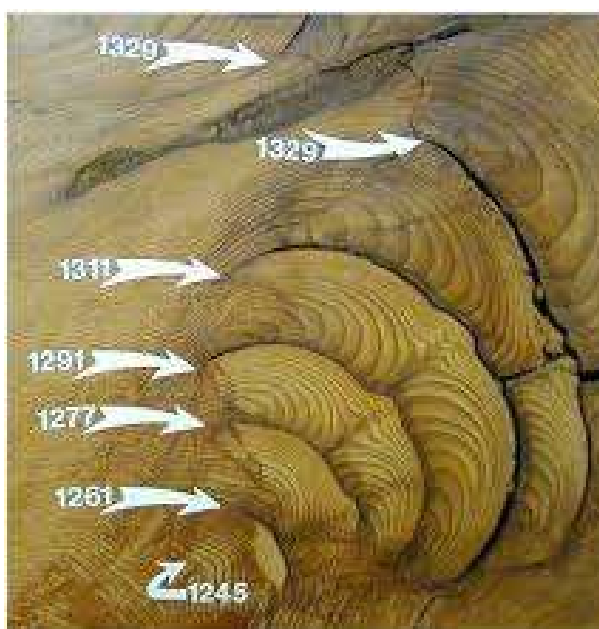


Figura 41 Troza de secuoya donde se aprecian los efectos de diferentes fuegos sobre su crecimiento. Fte Thomas Swetnam.

Figura 42 Imagen satélite de episodio de Chaqueo en Sudamérica. Fte.- NASA.

Según algunos autores, estos regímenes de fuego tienen tres modelos (Rodríguez, 1996):

- **Masas reemplazadas por incendios muy intensos y poco frecuentes.**

Este caso se refiere a incendios catastróficos de copas, que acontecen con una frecuencia de entre 50 a 500 años. Su baja frecuencia se debe a las condiciones húmedas propias del hábitat de la vegetación, que corresponde a etapas de regresión próximas a la etapa clímax.

Así pues, la coincidencia de la aparición de una causa de ignición con un periodo de sequía, origina un incendio de grandes dimensiones, que destruye toda la vegetación, que por su naturaleza, será muy complicado que aparezca de nuevo.

- **Masas mantenidas por incendios poco intensos y frecuentes:**

En este otro caso, se presentan incendios de baja o moderada intensidad, con una recurrencia que oscila entre 5 a 25 años. La falta de continuidad vertical entre los combustibles, dificulta que se originen los incendios de copas, por lo que la vegetación se mantiene.

Este es el caso de muchos pinares, con sotobosque rico en gramíneas, y buena poda natural. Por tanto, se dice que tiene un clímax pírico, es decir, mantenido por el fuego.

- **Masas reemplazadas por incendios muy intensos y frecuentes:**

En este modelo se encuentran enmarcados los montes de vegetación arbustiva, en los cuales, y dada su estructura, se desarrollan graves incendios, pero que se rehacen rápidamente bien por el poder que tienen estas especies para rebrotar, o bien, porque la germinación de sus semillas se ve favorecida por el fuego. La frecuencia de aparición del fuego oscila entre 25 y 50 años.

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, podemos darnos cuenta de la frecuencia con la que se dan incendios en las diferentes zonas que nos rodean, viendo su composición vegetal.

En este sentido, las zonas donde predomina el matorral, son zonas con una frecuencia de incendios alta, y que en muchas ocasiones son incendios de alta intensidad, lo que impide llegar a la edad de madurez sexual a las especies que se reproducen por semilla, por tanto, se eliminan las especies arbóreas de reclutamiento, y las rebrotadoras no llegan a porte arbóreo.

II.3.1. Estadísticas de incendios en la CV

La Comunidad Valenciana tiene actualmente 1.323.465 ha forestales y 52.489 ha de mosaico (aquellos terrenos en los que se dan varios usos y el forestal, ocupando este último entre el 10 % y el 90 % de la parcela), correspondiendo a la provincia de Valencia 610.508 ha forestales y 21.095 ha de mosaico (PATFOR), por lo que si se compara la superficie forestal actual de la provincia de Valencia con la del IFN del año 1966 en la que se refería a 528.772 ha, se ha registrado un incremento de la superficie forestal de 81.736 ha en el periodo 1966 - 2011, sin tener en cuenta la superficie catalogada en el PATFOR como mosaico, que supondría otras 52.489 ha adicionales, susceptibles de sufrir un incendio forestal.

En relación con los municipios y su población, los municipios rurales de la Comunidad Valenciana ocupan el 61,85 % del total de la superficie de la Comunidad, albergando el 6,82 % de la población, lo que supone un total de 347.940 personas, población que en muchos casos presenta un alto porcentaje de mayores de 65 años (PATFOR, 2011).

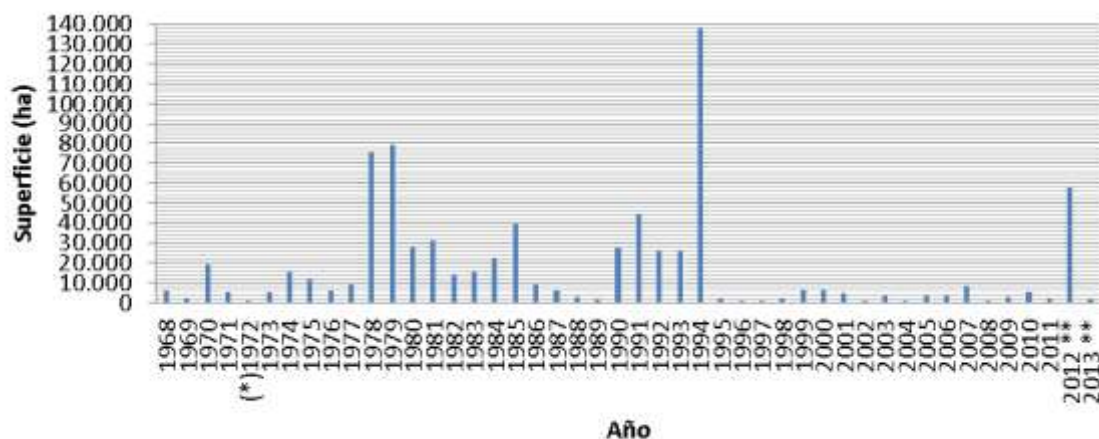


Figura 43 Superficie quemada en la CV entre 1968 y 2013. Fte. Conselleria de Governación y Justicia.

El estudio histórico de los incendios en la Comunidad Valenciana (Fig. 43) muestra que entre el año 1968 y el 2012 se han quemado un total de 760.273 ha, número absoluto de superficie forestal afectada por el fuego.

Las acciones tradicionales para la recuperación de la cubierta arbolada se han basado principalmente en la repoblación con especies arbóreas, sin tener en cuenta el régimen de fuego y la naturaleza de la vegetación mediterránea que se estaba regenerando, que es una vegetación, que por otro lado, está adaptada a un régimen de incendios frecuentes, dada su resistencia y resiliencia al paso del fuego.

Entre 1943 y 2010 se han repoblado en la Comunidad Valenciana un total de 166.146,42 ha, de las que 109.552,31 ha corresponden a la provincia de Valencia (Figura 44).

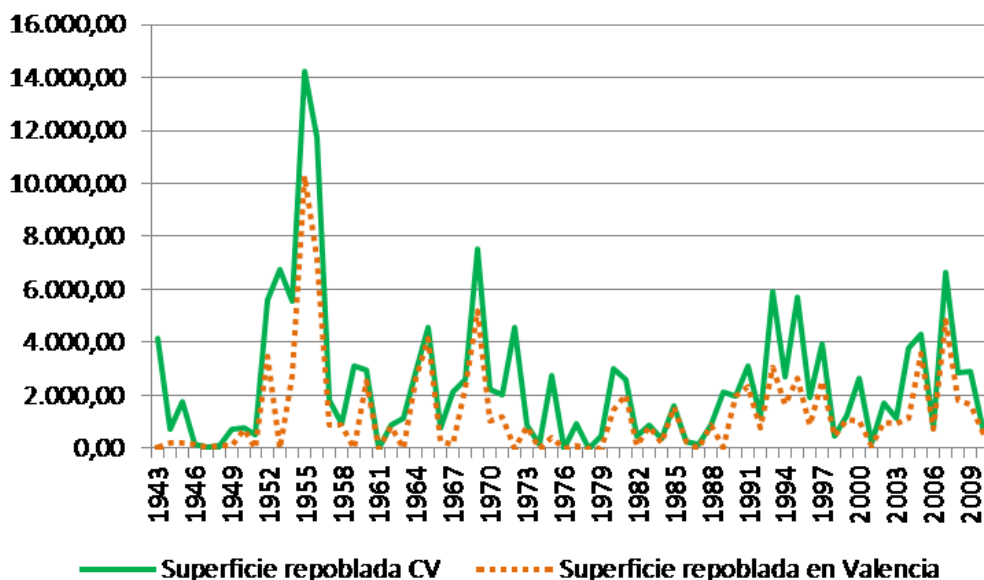


Figura 44 Superficie repoblada en la Comunidad Valenciana y en la provincia de Valencia. Fte. Cosellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Elaboración propia.

Por otra parte, si se analizan otros aprovechamientos como la extracción de leñas, a partir de los años 70 se produjo un fuerte descenso de este aprovechamiento motivado por lo cambios

socioeconómicos, y por el cambio de modelo energético que sin duda contribuyó a incrementar la biomasa disponible para los incendios en todo el territorio (figura 45).

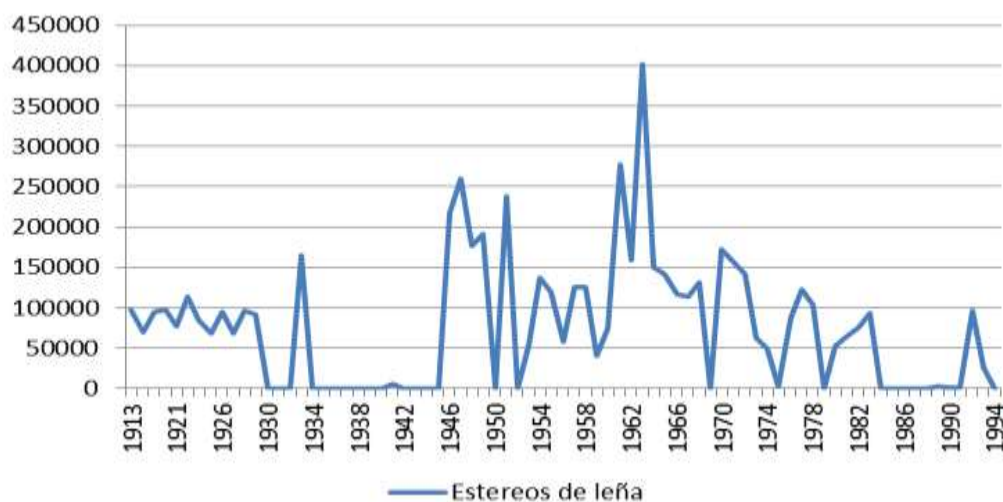


Figura 45 Producción de leñas en la Provincia de Valencia. Periodo 1913 a 1994. Fte. INE Anuario estadístico, elaboración propia.

La demanda de leñas era tan grande, que en el año 1963 se llegaron a contabilizar de manera oficial 402.000 estereos de leña extraída en montes públicos en su mayor parte, lo cual da una idea de la cantidad de madera extraída, si además se tiene en cuenta que la propiedad forestal en la Comunidad Valenciana en su mayor parte es de titularidad privada.

De acuerdo con los datos antes descritos, se observa un fuerte cambio en el régimen de incendios a finales de los años 60 en comparación con las estadísticas del periodo 1873 a 1961, en donde la superficie máxima año no excedía de las 8.000 ha (Fig. 46).

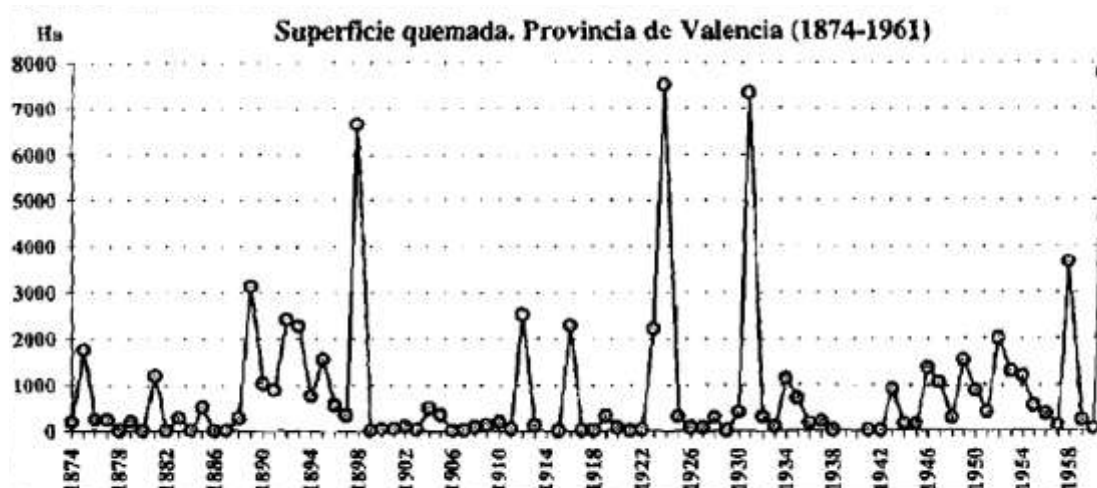


Figura 46 Superficie quemada en la provincia de Valencia periodo 1874 - 1961 (72% de los incendios). Fte.- Fernández Muñoz, S, 1999.

A mediados de los años 70 se detecta el primer incremento importante de la superficie forestal afectada por incendios forestales (Fig. 47), suponiendo los años 1978 y 1979 la segunda y tercera campaña con más superficie afectada para el periodo estudiado, y consolidándose un régimen de fuegos de alta intensidad que sin duda quemó gran parte de las zonas restauradas entre 1943 y 1977.

En la provincia de Valencia la recurrencia de este tipo de incendios afectó a gran parte de las masas procedentes de antiguas repoblaciones. Del análisis de estos datos se desprende que la superficie repoblada durante los años 1943 a 1978 es de 48.620 ha, mientras que la superficie arbolada quemada en el periodo 1968 a 1978 es de 57.787 ha, si a esto añadimos las 33.174 ha quemadas durante el año 1979, la comparativa arroja un balance muy negativo en relación con la superficie repoblada en este periodo (Figura 47).

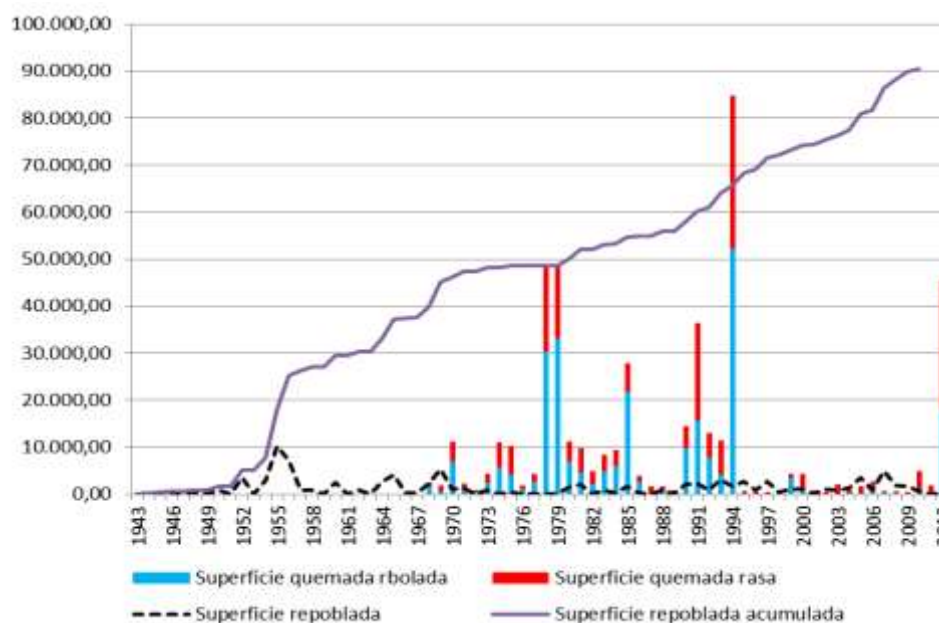


Figura 47 Representación gráfica de la superficie anual quemada, repoblada y la acumulada de repoblaciones. Fte. INE y Generalitat Valenciana. Elaboración propia.

En el periodo 1980 a 1994, cabría esperar una fuerte regeneración natural por semilla de estas masas, apoyadas con la repoblación de 16.996 ha, mayoritariamente con especies del genero *Pinus* sp., y especialmente de *P. halepensis*. Sin embargo, el régimen de incendios registrado en el mismo periodo, tampoco permitió la restauración de una cubierta arbolada en la zona afectada por incendios de alta intensidad vista en el mapa de recurrencia, ya que se vieron afectadas 140.565 ha de arbolado y 97.324 ha de matorral, en parte regenerado de los incendios de finales de los 70.

Por tanto, se hace evidente que el balance de recuperación de la superficie arbolada en aquellas zonas donde la recurrencia de incendios es alta, se hace inviable mediante repoblaciones forestales bajo el régimen de fuegos descrito.

A partir de 1994, con el cambio de las políticas de prevención y extinción en la Comunidad Valenciana, se consigue reducir el número de igniciones (Fig. 48). A la vez se profesionaliza y potencia el dispositivo de extinción de incendios, obteniendo unas cuotas de eficacia muy altas (políticas de supresión total de incendios), lo cual permite al monte regenerarse e incluso llegar al estrato arbóreo sobre el matorral en algunas zonas de la provincia.

La tendencia actual de abandono de tierras de cultivo, favorecida por las políticas de la PAC, junto con el “éxito en las políticas de erradicación del fuego” desde el año 1995 hasta el 2009, y la inviabilidad económica de la gestión forestal (biomasa generada), ha puesto a merced del clima y las igniciones un paisaje forestal que se ha desarrollado durante los últimos 13 años, potenciado por la bondad del clima mediterráneo en relación con el crecimiento vegetal. Las principales características de la cubierta forestal en la Comunitat Valenciana la constituyen su continuidad, coetaneidad, predominio de especies altamente inflamables durante gran parte del

año, con continuidad total vertical y horizontal, y con una enorme carga de combustibles muertos, especialmente de 1 h y 10 h, lo que sin duda lo convierte en una zona con enorme potencial de sufrir muy grandes incendios forestales o megaincendios forestales, especialmente en las zonas de interior, donde la característica principal del paisaje es su continuidad y lo abrupto del terreno. En la figura 49 se muestra el número de incendios por superficie.

Número de incendios Forestales

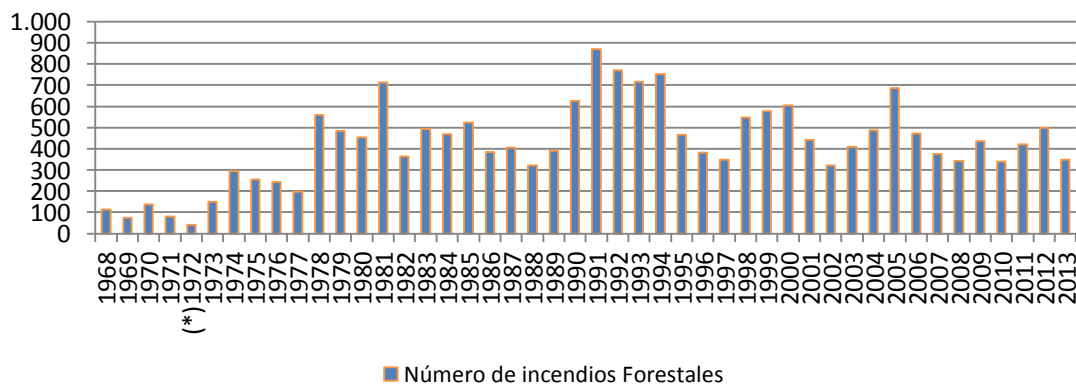


Figura 48 Número de incendios forestales por año en el periodo 1968 2013. Fte.- Conselleria de Governación y Justicia.

Número de incendios por extensión

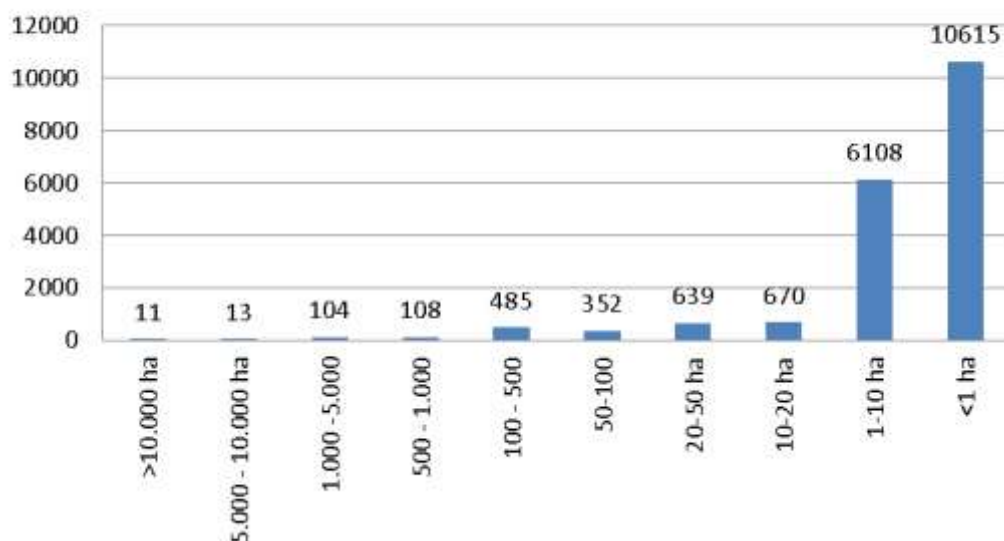


Figura 49 Número de incendios forestales por extensión en el periodo 1968 - 2013. Fte.- Conselleria de Governación y Justicia.

En las figuras 50 y 51 se muestra el número de incendios por causas desde el año 1990, constituyendo los principales grupos las negligencias, ligadas a la agricultura de leñosos (naranjos, frutales de otros tipos, olivo, almendros y vid) y la eliminación de restos de poda. En segundo lugar siguen los intencionados. Estos datos muestran que la mayoría no son incendios que se producen en masas forestales propiamente dichas, sino en cauces sobre vegetación de cañares y zarzales, catalogados en la legislación valenciana como terrenos forestales, y que la

falta de gestión por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar, hace que sean cobijo de plagas agrícolas, que el agricultor intenta eliminar quemando estos espacios a la caída de la tarde, bajo las condiciones propicias para generar grandes incendios (Quílez, Calvo, 2010). Por último, el tercer gran grupo sería el de origen natural producido por rayo. La incidencia en el extremo más meridional del sistema Ibérico de tormentas es muy elevada, teniendo su epicentro en la parte central de la provincia de Castellón, aunque ambas zonas de estudio son muy propensas a sufrir incendios de este tipo.

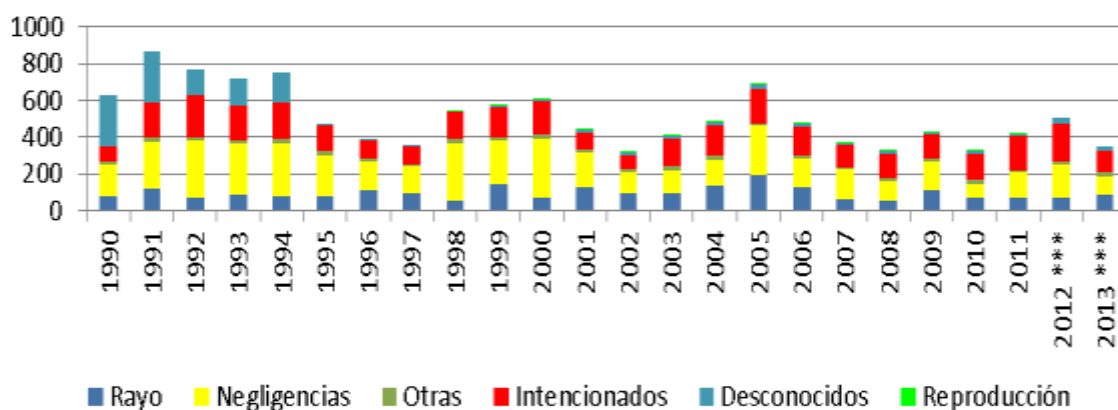


Figura 50 Número de incendios por causa en el periodo 1990 - 2013 (eje x año y causa; eje y número). Fte.- Conselleria de Governación y Justicia. Elaboración propia.

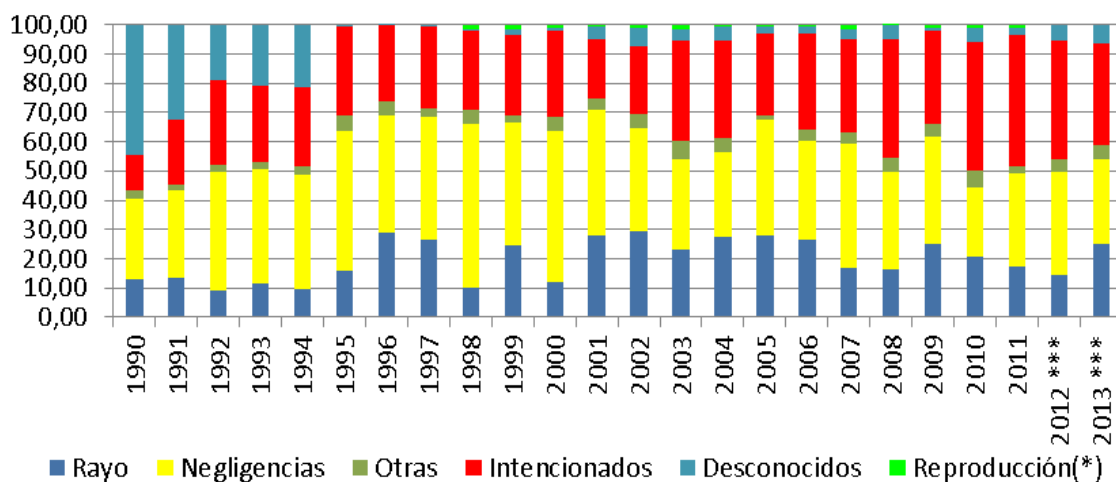


Figura 51 Porcentaje del número de incendios por causa. Fte.- Conselleria de Governación y Justicia. Elaboración propia.

II.3.2. Recurrencia de incendios forestales.

El estudio de la recurrencia mediante aplicaciones SIG, queda un poco sesgado en relación a la superficie afectada por el fuego, ya que la base de información cartográfica referente a los perímetros de incendios es dispar. Para la provincia de Valencia la base abarca desde el año 1978 hasta el 2012 (los años 2013 y 2014 están pendientes de validación), y para las provincias de Alicante y Castellón, están disponibles las curvas de incendio desde el año 1993 hasta la actualidad.

En el siguiente mapa (Fig. 52) se muestra la distribución de la recurrencia de incendios por toda la Comunidad Valenciana. Del análisis del gráfico, teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente

para los años de información disponible, se ha estimado la superficie recorrida por el fuego en la Comunidad, que se expresa en la tabla 12.

Tabla 12 Recurrencia de incendios en la CV analizada mediante curvas de incendio.

Datos de la recurrencia de incendios en la Comunidad Valenciana, procedente del análisis de datos cartográficos de curvas de incendio.			
Recurrencia	Superficie (ha)	Recurrencia	Superficie (ha)
Quemada 1 vez	314.142,45	Quemada 4 veces	3225,14
Quemada 2 veces	87.671,44	Quemada 5 veces	691,39
Quemada 3 veces	23.783,29	Quemada 6 veces	3,10

Del estudio de esta recurrencia de incendios en la Comunidad Valenciana se puede establecer que es muy elevada, especialmente en la provincia de Valencia, aunque esta diferencia sin duda tenga más que ver con la falta de datos gráficos de años anteriores al 1993 para las provincias de Alicante y Castellón. No obstante, estos datos dan una idea de la capacidad de regeneración del monte, y de un régimen de incendios frecuente.

El Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wide Fund for Nature o WWF) define una ecorregión como un área extensa de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, comparten condiciones medioambientales similares e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo. Las ecorregiones más conocidas son las del WWF, sin embargo, la delimitación de las mismas puede variar según los autores y las instituciones ambientales gubernamentales.

Si comparamos la distribución de la recurrencia de incendios con las ecorregiones presentes en la provincia de Valencia (Fig. 53), en donde existen 53 ecorregiones (Padilla y Vega-García, 2011), se puede observar que en la provincia de Valencia se dan las ecorregiones 28, 30 y 31, que se corresponden con Sistema Ibérico Oriental (28), Litoral Levantino Meridional (30), y Sistema Ibérico Meridional (31), y que la zona con mayor recurrencia de incendios coincide con la zona 30, y el límite con la 31 en el centro de la provincia, muy influenciada por el valle del río Júcar.

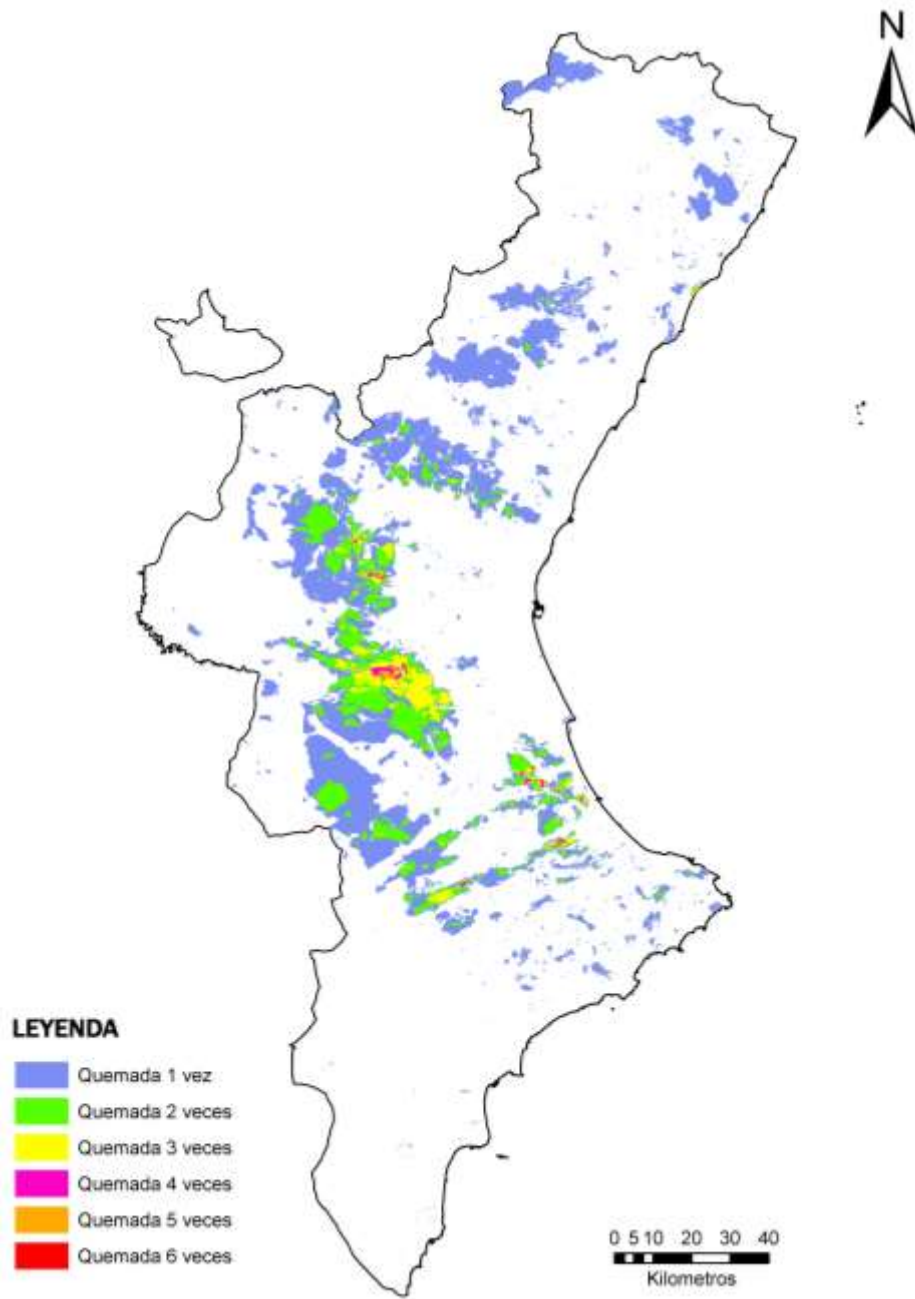


Figura 52 Mapa de recurrencia de incendios en la Comunidad Valenciana. Fte.- Elaboración propia.

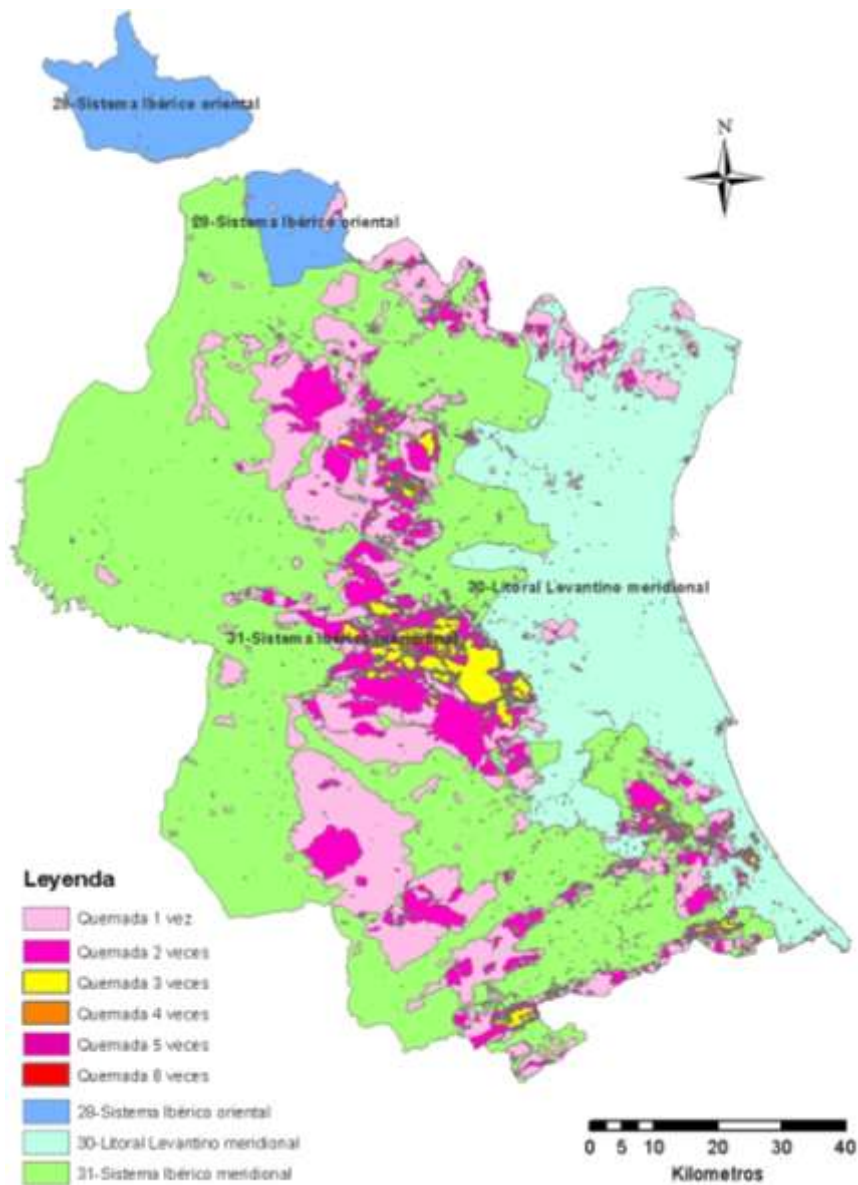


Figura 53 Ecorregiones en Valencia frente a recurrencia. Fte.- Modificado a partir de Padilla y Vega-García, 2011.

Así mismo, si comparamos la recurrencia de incendios con las regiones bioclimáticas de la provincia de Valencia (Fig. 54), se puede observar una clara correspondencia con el piso mesomediterráneo, lo cual puede ser debido a la mayor superficie forestal que se da en este piso. Sin embargo, en los pisos supramediterráneo y oromediterráneo la recurrencia de incendios de dimensiones medias o grandes es casi nula, aunque si se producen muchos incendios de rayo que apenas queman superficie.

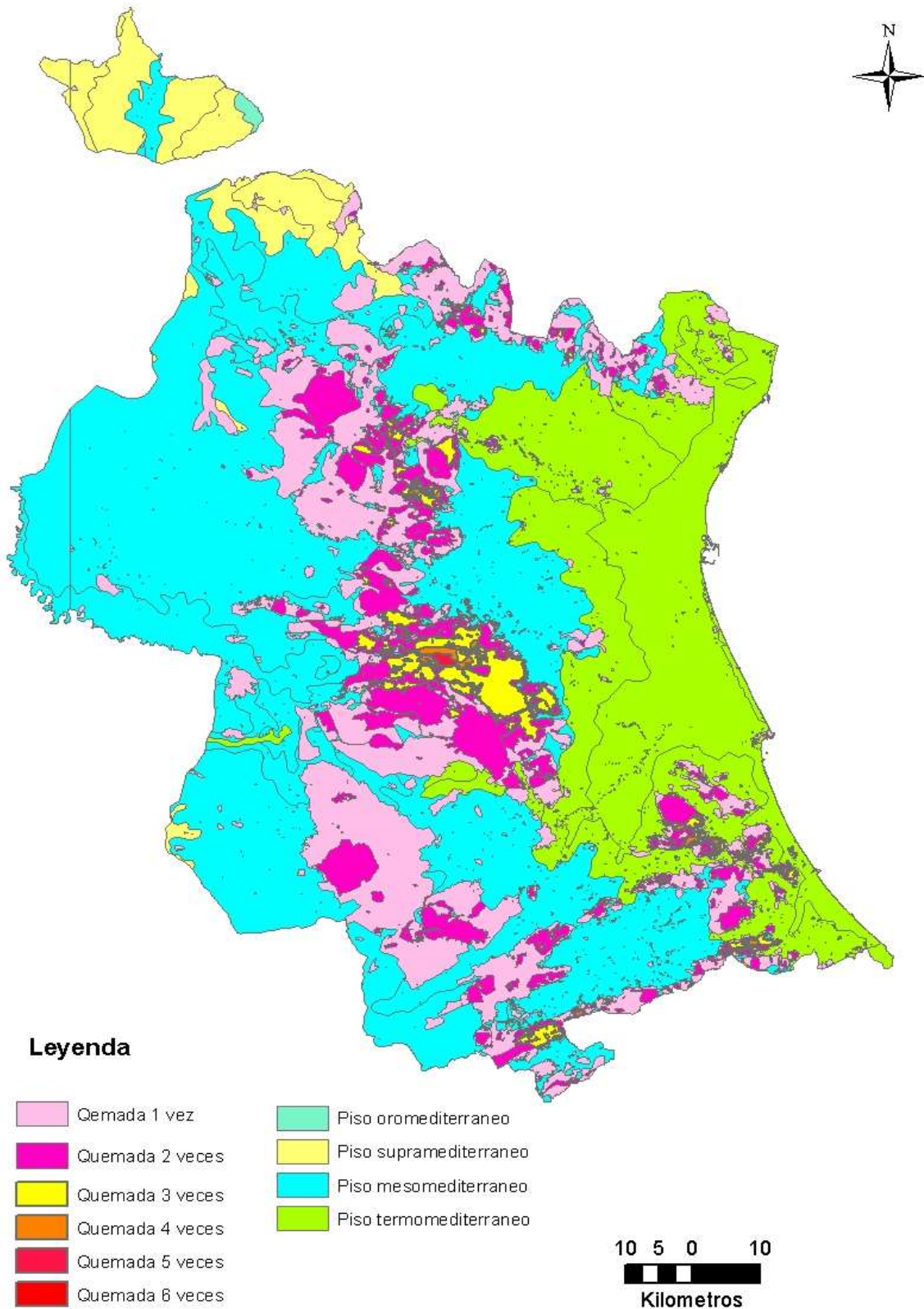


Figura 54 Comparativa entre pisos bioclimáticos y recurrencia de incendios en la provincia de Valencia.

En la tabla 13 y figura 55 se muestra la recurrencia de incendios en las dos zonas de estudio, Sot de Chera y La Calderona, desde 1978 hasta el año 2012.

Tabla 13 Recurrencia de incendios analizada mediante curvas de incendio en Sot de Chera y La Calderona.

Datos de la recurrencia de incendios en Sot de Chera, procedente del análisis de datos cartográficos de curvas de incendio.			
Recurrencia	Superficie (ha)	Recurrencia	Superficie (ha)
Quemada 1 vez	62.552,81	Quemada 4 veces	509,76
Quemada 2 veces	28.599,90	Quemada 5 veces	20,46
Quemada 3 veces	2.884,83	Quemada 6 veces	0
Datos de la recurrencia de incendios en La Calderona, procedente del análisis de datos cartográficos de curvas de incendio.			
Quemada 1 vez	43.807,55	Quemada 4 veces	14,38
Quemada 2 veces	2151,86	Quemada 5 veces	0,04
Quemada 3 veces	176,73	Quemada 6 veces	0

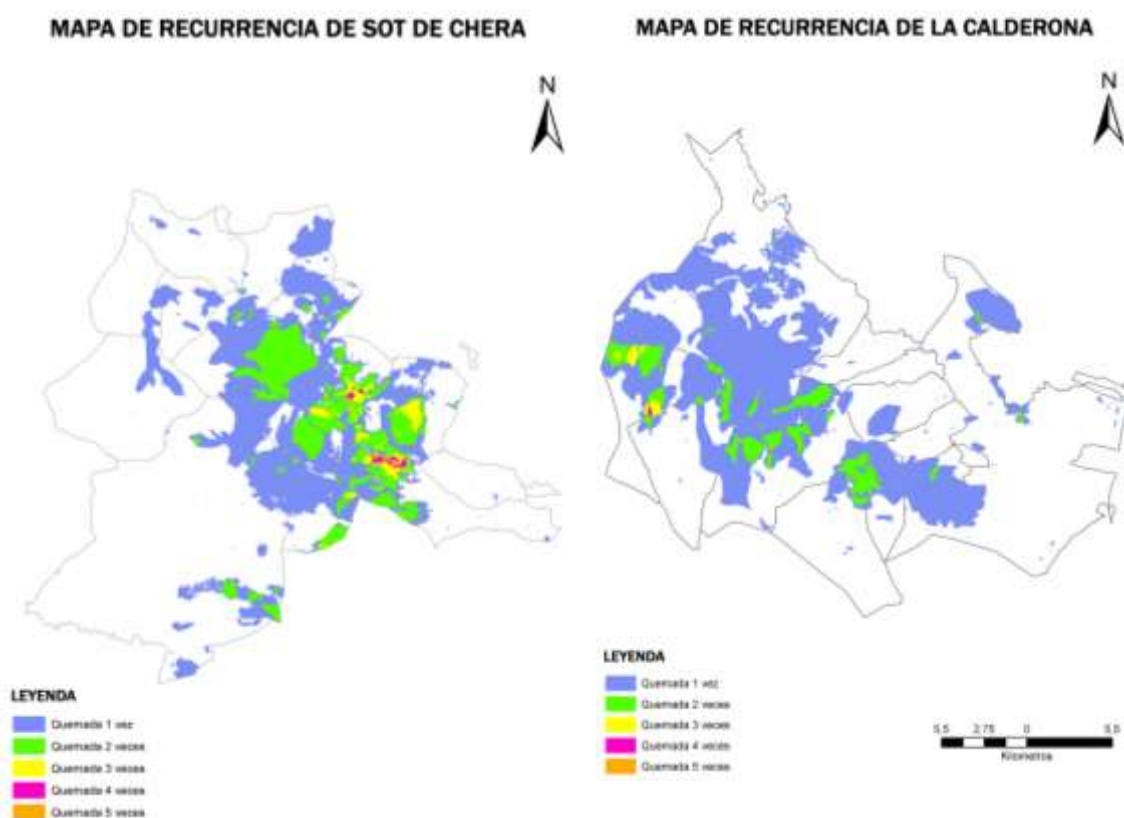


Figura 55 Mapa de recurrencia de incendios en la zona de Sot de Chera y La Calderona. Fte.- Elaboración propia.

II.3.3. Tipologías de incendios forestales.

Los incendios que están mostrando un comportamiento extremo se pueden clasificar en incendio dominados por viento e incendios dominados por columna (convectivos), dependiendo del fenómeno que prevalezca frente al otro. También se dan de forma muy frecuente los incendios topográficos.

II.3.3.1. Incendios dominados por viento.

En los incendios dominados por viento (Fig. 56) la fuerza dominante es el viento y suelen ser los incendios de mayor extensión. En estos incendios se puede predecir más o menos la dirección de avance. La columna de convección está tumbada por su efecto, conduciendo la cabeza del incendio a los combustibles que permanecen sin arder. Los saltos de fuego son normales e influyen mucho en su propagación, pudiendo darse a grandes distancias.

Es bastante frecuente que se produzcan incendios de copas si existe estrato arbóreo y estructura en escalera. Si el incendio tiene una gran intensidad de combustión, puede convertirse en un incendio dominado por columna en caso de que la fuerza de convección llegue a prevalecer frente a la velocidad del viento.

Si la intensidad de combustión es muy elevada, pueden desembocar en incendios convectivos.



Figura 56 Incendio conducido por viento. Fte.- UBE.

Las principales características de los incendios dominados por viento son:

- La velocidad de propagación es muy rápida.
- Pueden darse muchos saltos de fuego y algunos pueden producirse a grandes distancias.
- La dirección de propagación es predecible.
- Los flancos del incendio suelen ser zonas seguras para realizar los ataques.
- Los cambios de viento son la principal preocupación y amenaza para los equipos de extinción.
- Suelen ser los que queman mayor cantidad de superficie, por su rápida velocidad de propagación.

II.3.3.2. Incendios convectivos.

Están dominados por la columna de convección (Fig. 57), es decir, por la inestabilidad atmosférica y disponibilidad de combustibles. La dirección de avance y la velocidad de propagación son difíciles de predecir y pueden tener repentinos incrementos de la intensidad de fuego. Los saltos de fuego no suelen darse a grandes distancias, pero pueden ocurrir en cualquier dirección. El desplome de la columna puede suponer el mayor riesgo de este tipo de incendios. Los vientos en superficie son absorbidos hacia la base del fuego desde todas las direcciones para reemplazar al aire caliente que la columna de convección desplaza hacia arriba. Estos vientos alimentan con oxígeno al frente de fuego, incrementan la actividad del incendio que, a su vez, deseca los combustibles adyacentes favoreciendo la propagación.

Hay dos tipos de vientos que pueden acompañar a los incendios dominados por columna, las corrientes de aire caliente ascendente que desplazan la columna convectiva hacia arriba y las corrientes de aire descendente que pueden producirse por el colapso de la columna de convección.



Figura 57 Desarrollo del pirocúmulo del incendio de Llocnou de Sant Jeroni 2012. Fte.- UBE.

En ocasiones se pueden producir vientos descendentes debajo de la columna de convección, que se producen cuando el aire caliente sube en la atmósfera, llegando a capas de aire frío en donde se enfrían, condensando su humedad, y cuando esta adquiere un peso superior al que es capaz de sustentar la columna de aire caliente ascendente, precipitan sobre la base de la columna, arrastrando aire caliente seco con pavesas, que cuando llega al suelo se propaga en todas las direcciones. A este fenómeno se le denomina **“Desplome de la Columna de Convección”** (Fig. 58).

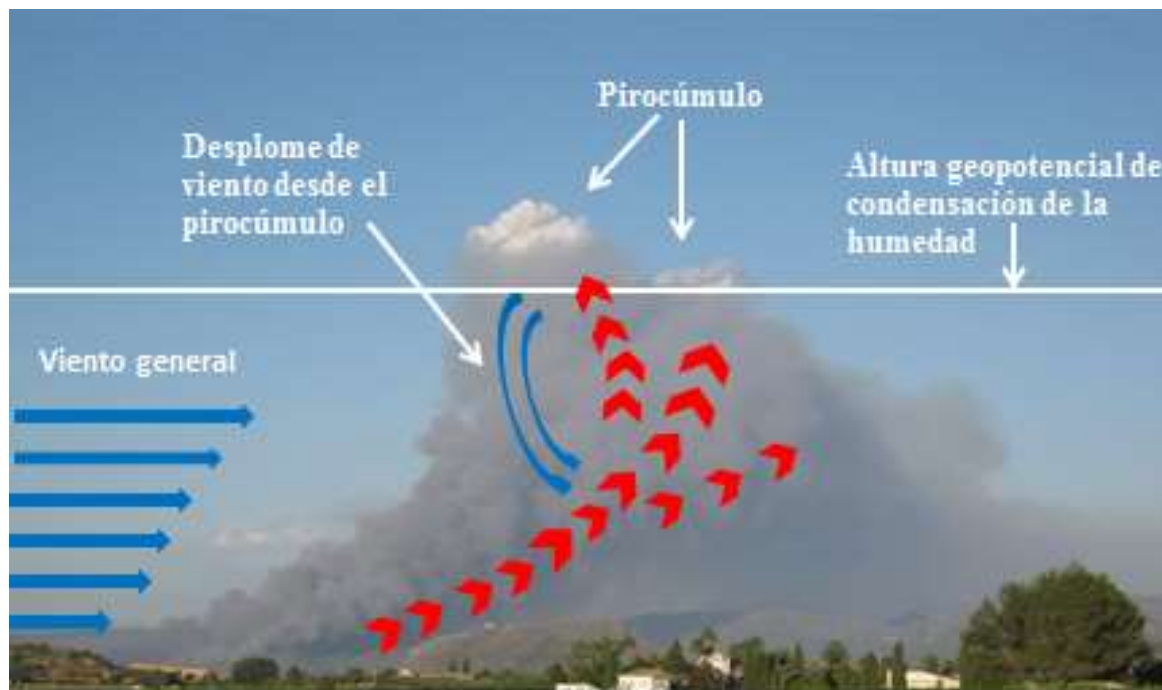


Figura 58 Mecanismo de retroalimentación de la columna, mediante desplome de vientos desde el pirocúmulo. Fte.- Elaboración propia.

Este efecto puede llegar a inhibir el viento general por fuerte que este sea, como sucedió en la zona de la cabeza del incendio de La Junquera, de 2012, donde en la cola los vientos eran superiores a los 50 km/h hora, y en la cabeza los anemómetros marcaban viento en calma.

En sus fases incipientes, son relativamente fáciles de controlar, si se entiende bien su mecanismo, pero si llegan a desarrollar todo su potencial, pueden tener comportamientos repentinos muy virulentos, muy difíciles de atacar, suponiendo un gran riesgo para el personal de extinción.

II.3.3.3. Incendios topográficos.

Los incendios topográficos (Fig. 59) son aquellos cuyos principales factores de propagación son la pendiente y la interacción de la configuración topográfica con la circulación de vientos en la zona, pero donde los vientos dominantes o el potencial convectivo de la atmósfera no interactúan de forma notable con el comportamiento del incendio. Constituyen el mayor número de incendios, o etapas de otros incendios.

Pueden darse en laderas, condicionados por la interacción del viento y la pendiente, en barrancos, vaguadas y cañones, que conducirán los vientos en una determinada dirección. También pueden darse en laderas adyacentes a valles principales, donde la circulación del viento por estos últimos modificará la circulación de viento en las laderas donde se encuentra el incendio.

Normalmente, son los incendios más frecuentes y sencillos de controlar.



Figura 59 Incendio Topográfico en Simat de la Valldigna, 2001. Fte.- UBE.

II.3.3.4. Megaincendios.

En los últimos años ha surgido la expresión "megaincendios" para describir la aparición de incendios de grandes dimensiones, particularmente en el oeste de USA, y por analogía, se ha exportado a otras regiones del mundo. Estos episodios se deben a un gran abanico de factores, que engloban desde la meteorología, pasando por la ordenación del territorio, y que incluyen la utilización del fuego por parte de la sociedad vinculada a ese territorio (Pyne, 2007).

Sintetizando, la principal causa es el cambio socioeconómico de estas sociedades, que ha modificado los usos del territorio y su relación con la naturaleza. Hasta la actualidad los incendios han sido considerados como eventos físicos, pero tiene más sentido asimilarlos a acontecimientos biológicos y sucesos culturales, ligados al desarrollo de una determinada región.

En los últimos 20 años se han dado una serie de grandes incendios por todas las regiones del planeta. Las políticas de exclusión del fuego, que se creía habían dado sus resultados conteniendo o eliminado el incendio de sus ecosistemas, han visto como estos han vuelto con mayor virulencia, lo que ha motivado que se reflexione en profundidad sobre este fenómeno, asociándolo al cambio climático, que afecta a grandes acumulaciones de combustible, relacionadas con lo que se denomina "Paradoja de la Extinción" derivada fundamentalmente de las mencionadas políticas de la exclusión del fuego.

Como se ha comentado, la expresión "megaincendios" fue acuñada para describir la reciente concentración de grandes incendios en los terrenos públicos del oeste americano. En cierta forma, es un nombre nuevo para un fenómeno renovado, recordando los grandes incendios que asolaron el oeste de USA en las primeras décadas del siglo XX.

Los Organismos de protección de la naturaleza han sido testigos de un renacimiento no deseado de incendios forestales a gran escala, que abarcan los enormes incendios que han destruido

gran parte de Kalimantan, Mongolia, la Amazonia, Galicia, Grecia, el este Español, Portugal, la taiga en Siberia y el extremo Oriente ruso, etc.

El uso de la palabra “megaincendio” tiene que ver más que con un incendio, con un episodio de incendios de grandes dimensiones que afectan a gran parte de un determinado territorio, y no están centrados sólo en la pérdida de bienes naturales, sino que lleva implícito un enorme riesgo poblacional, especialmente para personas y bienes, y los graves daños que provocan en las diferentes infraestructuras de comunicaciones y servicios.

Como ejemplos de megaincendios en la zona objeto de estudio, cabe destacar el episodio de incendios de 1994 con 138.000 ha quemadas y 18 fallecidos, o los del año 2012, con 59.000 ha afectadas y tres fallecidos (Fig. 60).



Figura 60 Imágenes de los incendios del día 30 de junio de 2012, captada por el satélite Modis Terra. Fte.- Joaquín Ramírez.

II.4. Proyecciones del cambio climático en la Comunidad Valenciana.

El cambio climático es un factor muy importante a tener en cuenta por las repercusiones sobre el comportamiento de la vegetación, de plagas, funcionamiento del propio ecosistema y aspectos relacionados con los incendios forestales.

El año más cálido desde que hay registros históricos ha sido 2014 según la Organización Meteorológica Mundial, y 14 de los últimos 15 años más calurosos desde 1880 han tenido lugar en el siglo XXI (OMM, 2015).

Además, una investigación llevada a cabo por el Instituto de Ciencias del Clima y la Atmósfera de Suiza, ha tratado de ver en qué medida ese aumento de la temperatura global del Planeta está propiciando la aparición de más fenómenos meteorológicos extremos, desarrollando un modelo capaz analizar la ocurrencia de las olas de calor y de las lluvias torrenciales.

Esta nueva investigación dirigida por el prestigioso científico de del Instituto de Ciencias del Clima y la Atmósfera de Suiza, Reto Knutti, ha desarrollado un modelo capaz de evaluar hasta qué punto está aumentando el cambio climático la ocurrencia de las olas de calor y de las lluvias torrenciales.

Según este modelo el 75% de los eventos de temperaturas extremas y el 18% de los episodios de lluvias intensas son atribuibles al denominado 'cambio climático' o calentamiento global el Planeta registrado en las últimas décadas (Fischer y Knutti, 2015).

Los estudios sobre cambio climático deben estar presentes en cualquier estudio sobre el medio ambiente que se realice actualmente y en el futuro.

AEMET dispone de estudios de cambio climático para cada una de las Comunidades Autónomas de España. En los estudios referentes a los análisis de cambio climático para la Comunidad Valenciana, los gráficos expuestos a continuación muestran, una reducción de las precipitaciones junto con un aumento de las temperaturas (Fig. 61).

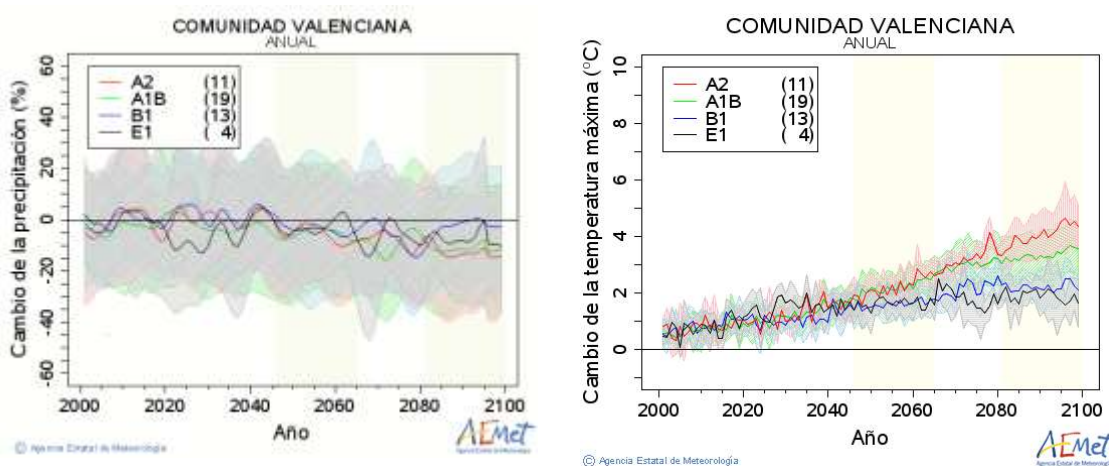


Figura 61 Cambio de la precipitación y de la temperatura máxima en la Comunidad Valenciana. Fte.- AEMET 2014.

Según los distintos modelos de predicción de las variables sobre cambio climático utilizados por AEMET, la variación de la cantidad y de la estacionalidad de las precipitaciones y de la temperatura en la zona de estudio es clara, y sin duda tendrán un efecto sobre la disponibilidad del combustible, elevándola durante la mayor parte del año, y las ventanas meteorológicas de grandes incendios serán más intensas y prolongadas.

Los modelos de la gráfica (Fig. 61) están expresados en forma de nube para los diferentes modelos de emisiones, donde hay cuatro conjuntos de escenarios denominados “familias”: A1, A2, B1 y B2. El conjunto de escenarios se compone de seis grupos de escenarios tomados de las cuatro familias: un grupo de cada una de las familias A1, B1 y B2, y tres grupos de la familia A1, que caracterizan el desarrollo alternativo de tecnologías de energía: A1FI (utilización intensiva de combustibles de origen fósil), A1B (equilibrado) y A1T (predominantemente con combustibles de origen distinto al fósil). Dentro de cada familia y grupo de escenarios, algunos de ellos comparten supuestos “armonizados” sobre la población mundial, el Producto Interior Bruto y la energía final. Éstos están marcados con los grupos de letras “HS”, en el caso de los escenarios armonizados, y con “OS” para los escenarios que exploran las incertidumbres asociadas a las fuerzas determinantes más allá de los escenarios armonizados. Se indica también el número de escenarios desarrollados en cada categoría. Para cada uno de los seis grupos de escenarios se ofrece un escenario ilustrativo (que será siempre armonizado). En el proceso abierto del IE-EE de 1998 se utilizaron cuatro proyectos de escenario indicativos, uno para cada familia.

Estos gráficos expresan cambios en el clima que conducen a ambientes desertificados. La reducción de las precipitaciones es alarmante en un futuro cercano, en tan solo 30 años se espera una reducción variable según los diferentes modelos, pero en todos casos significativa. Los gráficos del número de días de lluvia, duración del periodo seco y cambio en las precipitaciones intensas, muestran una reducción de los días de lluvia, que conducirá a periodos más largos de sequía y periodos marcados de lluvias muy intensas.

Los cambios esperados en la temperatura también muestran la tendencia a un aumento de las temperaturas máximas de dos grados sobre la media en 30 años. Del mismo modo, las gráficas de cambio de los días de calor, y cambio en duración de olas de calor (Fig. 62), muestran un aumento de los días de calor y una mayor duración de las olas de calor.

Estos cambios cercanos hacen presagiar un ambiente con una mayor cantidad de días en los que el combustible estará disponible, con unas situaciones meteorológicas que faciliten la propagación de un incendio, por lo que es de esperar un aumento en la duración de la época de mayor riesgo de incendio, a la vez que del comportamiento extremo de estos.

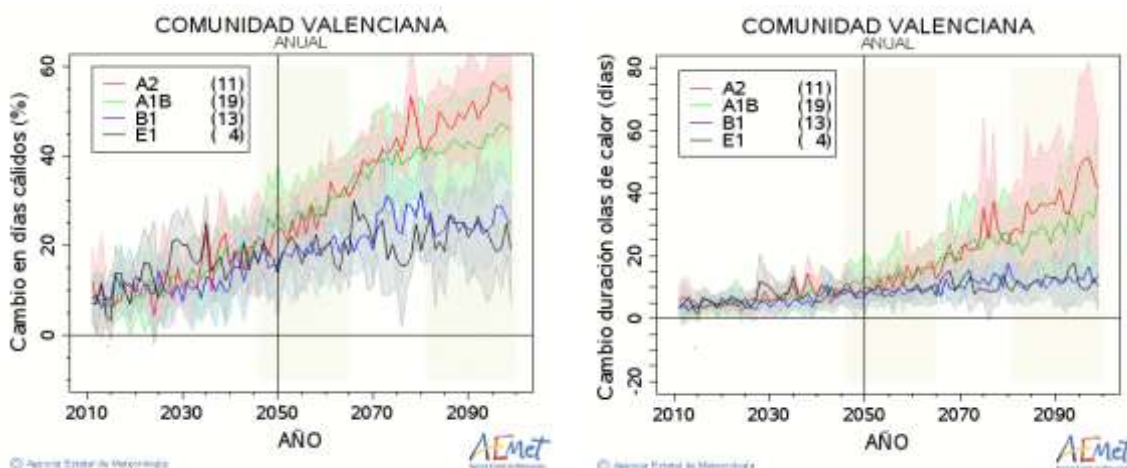


Figura 62 Cambio en días cálidos y de la duración de las olas de calor en la Comunidad Valenciana. Fte.- AEMET 2014.

Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas forestales en nuestro país son ya evidentes en muchos aspectos, cambios en la distribución de las formaciones forestales

arbóreas, modificaciones estructurales y funcionales, alteraciones en determinados parámetros de la sanidad forestal, mayor vulnerabilidad a eventos extremos meteorológicos e incendios, modificación del flujo de bienes y servicios ambientales que proporcionan los bosques, y los impactos que se proyectan , de acuerdo con los futuros escenarios climáticos, señalan una intensificación progresiva de estos efectos a medida que avance el siglo XXI (Serrada Hierro, et al 2011).

Entre los impactos que prevén los expertos en los ecosistemas forestales (Serrada Hierro, et al 2011), se relacionan:

- Reducción de la disponibilidad hídrica como consecuencia del incremento de la evaporación por aumento de la temperatura.
- Aumento de la virulencia de los incendios forestales a causa de la reducción de la humedad relativa del aire por incremento térmico y del aumento de la velocidad del viento.
- Aumento de la intensidad de los aguaceros, con efectos sobre la torrencialidad y los procesos erosivos.
- Mayor frecuencia de vendavales en los que la velocidad del viento sea capaz de causar daños mecánicos al arbolado.
- Expansión del área de actuación de plagas y enfermedades limitadas por frío o de sus periodos de actividad.
- Modificación de la fenología y de la fisiología de las especies arbóreas, con efectos de diferente signo sobre su productividad.

Parte de estos efectos previstos por los efectos del cambio climático sobre las masas forestales, ya se encuentran presentes en la Comunitat Valenciana (Fig. 63), según se puede apreciar en las siguientes imágenes.





Figura 63 Ejemplos de seca, disponibilidad de combustible, procesos erosivos por lluvias virulentas, derribos por vendavales, ataque de *Tomicus sp.* y modificación de la fenología de especies en diferentes zonas de la provincia de Valencia. Fte.- Propia.

Efectos similares a los que se encuentran ya presentes en la Comunidad Valenciana han sido descritos recientemente por diferentes autores (Hicke y Zeppel, 2013 ; McDowell y Levanic, 2014.; Kolb, 2015; Park Williams et al, 2013). En estos estudios se apunta a las sequías severas, como causantes del estrés hídrico presente en las masas de coníferas que favorece la mortalidad de estas mediante la entrada de plagas de forma masiva y el incremento en la severidad y frecuencia de incendios, que al final repercute en la fijación de CO₂.

II.4.1. Efectos sobre las principales especies.

En el trabajo realizado por el MAGRAMA, la Universidad de Extremadura y el CSIC, sobre los impactos, la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española (Felicísimo et al. 2011), en el apartado de Flora, se incluyen las proyecciones a medio y largo plazo para la península Ibérica.

A partir de los taxones del Mapa Forestal de España, se elaboraron los mapas de riqueza específica, potencial actual y futuro, para diferentes combinaciones de escenarios y modelos. La figura 64 es la correspondiente a la combinación de A2/CGCM2, que son respectivamente los modelos de emisiones A2 y el Coupled Global Climate Model, elaborado por el Canadian Centre for the Climatic Modelling and Analysis.

En la figura 65 se muestra la delimitación de las zonas críticas en función de la pérdida de riqueza específica, para la misma combinación de modelos.

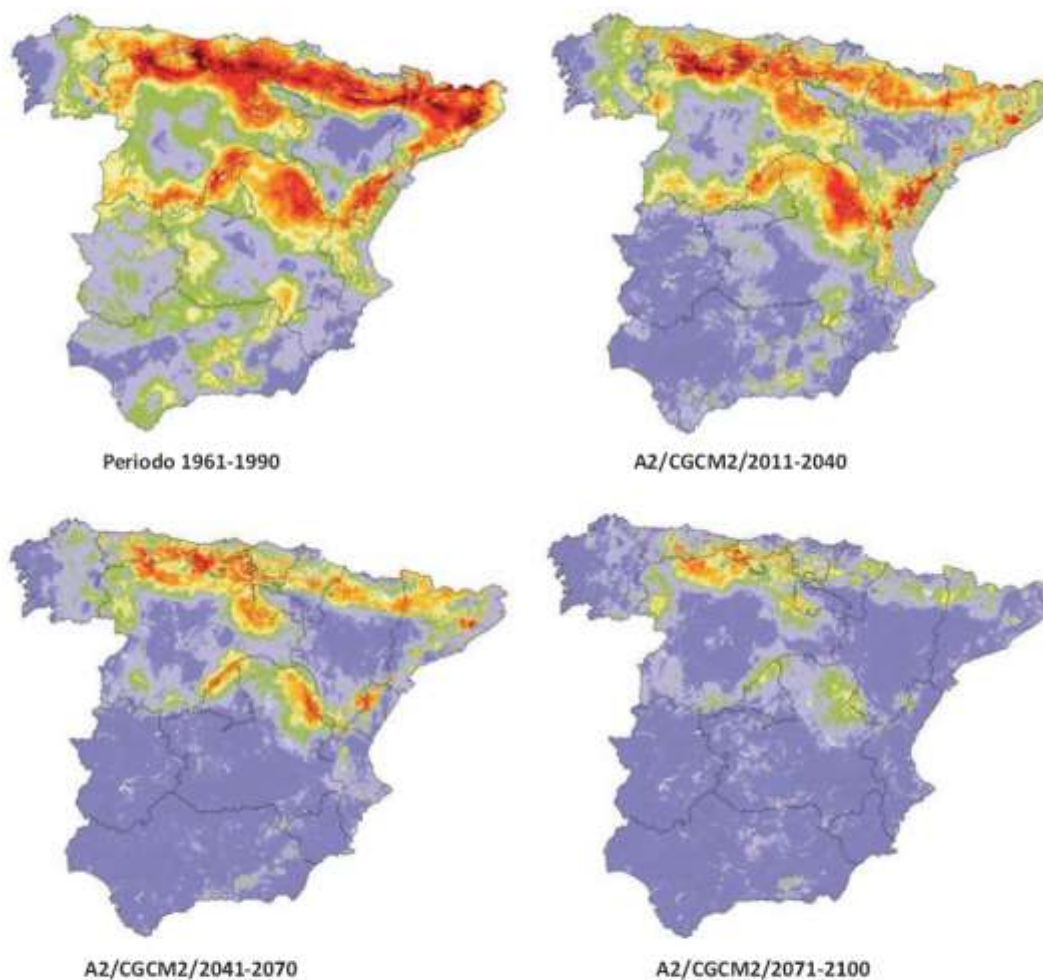


Figura 64 Riqueza específica potencial para el periodo actual y los tres horizontes temporales previstos en la combinación A2/CGCM". Los valores representan desde azul (menos de 6 especies) hasta el rojo (más de 40 especies potenciales) (Felicísimo et al. 2011).

La siguiente figura muestra la delimitación de las zonas críticas en función de la pérdida de riqueza específica, para la misma combinación de modelos,

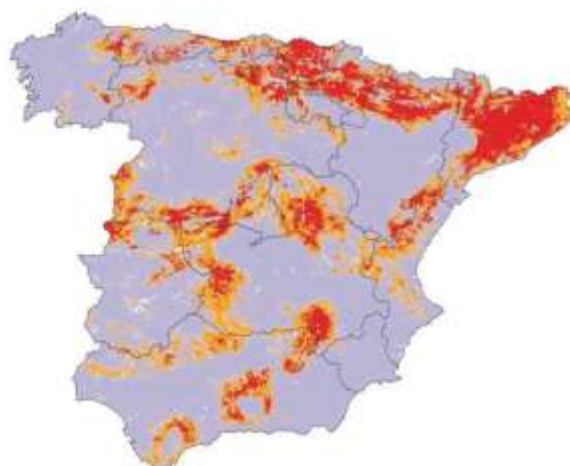


Figura 65 Zonas críticas por pérdida de riqueza específica para la combinación A2/CGCM". Pérdida de 9 ó más especies (percentil 0,75); rojo, pérdida de 13 ó más especies (percentil 0,90) (Felicísimo et al. 2011).

En relación con las especies más importantes en la Comunidad Valenciana, las principales variaciones que muestra el estudio de Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Biodiversidad Española (Felicísimo, A.M. et al. 2011), se resume en la tabla 14.

Tabla 14 Predicciones de la adaptación y tendencia de expansión o reducción de las principales especies forestales en la Comunidad Valenciana (Felicísimo et al. 2011),

Especie	Evolución prevista
<i>Arbutus Unedo</i>	Ocupa sólo el 5% de su área potencial actualmente, y aunque su área potencial disminuye un poco, se superpone con la actual. La capacidad de mantenimiento y recuperación es alta.
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Ocupa sólo el 7% de su área potencial actualmente, y aunque su área potencial disminuye un poco, se superpone con la actual. La capacidad de mantenimiento y recuperación es alta.
<i>Buxus sempervirens</i>	Ocupa sólo el 9% de su área potencial actualmente, y aunque su área potencial disminuye un poco, se superpone con la actual. La capacidad de mantenimiento y recuperación es alta.
<i>Chamerops humilis</i>	El palmito puede verse favorecido en los dos primeros periodos (2011-2040, 2041-2070) por el crecimiento de su área potencial, pero esta expansión se vería reducida en el periodo 2071 – 2100.
<i>Crataegus monogyna</i>	Ocupa sólo el 5% de su área potencial actualmente, y aunque su área potencial disminuye un poco, se superpone con la actual. La capacidad de mantenimiento y recuperación es alta.
<i>Fraxinus angustifolia</i>	De forma general no se prevén problemas derivados del cambio climático para esta especie, pero particularmente en la Comunidad Valenciana, llega casi a desaparecer su área potencial de distribución para el final del periodo.
<i>Juniperus communis</i>	Se prevé un declive progresivo significativo en las zonas actuales de distribución, migrando hacia zonas más elevadas del norte de la Comunidad, para desaparecer casi por completo al final del periodo.
<i>Juniperus oxycedrus</i>	No presenta problemas graves salvo en la parte centro interior de la provincia de Valencia.
<i>Juniperus phoenicea</i>	Se prevé una reducción muy significativa de su presencia en la Comunidad Valenciana para el final del periodo.
<i>Juniperus sabina</i>	Se prevé una reducción muy significativa de su presencia en la Comunidad Valenciana para el final del periodo.
<i>Juniperus thurifera</i>	Se prevé una reducción muy significativa de su presencia en la Comunidad Valenciana para el final del periodo.
<i>Pinus halepensis</i>	Se prevé una reducción moderada en la Comunidad Valenciana
<i>Pinus nigra</i>	Se prevé una reducción amplia de su área de distribución actual en la Comunidad Valenciana
<i>Pinus pinaster</i>	Como el resto de los pinos, se prevé una disminución muy acusada en la Comunidad Valenciana
<i>Pinus pinea</i>	Su presencia es escasa en la Comunidad Valenciana, y presenta una reducción en sus áreas potenciales en toda ella.

Especie	Evolución prevista
<i>Pistacia lentiscus</i>	Se prevé una reducción moderada en la Comunidad.
<i>Populus alba</i>	Sin problemas en su distribución.
<i>Quercus coccifera</i>	Se mantiene su área de distribución actual sin mucha reducción.
<i>Quercus faginea</i>	Desaparece de la Comunidad.
<i>Quercus rotundifolia</i>	Se mantiene su área de distribución actual a casi toda la Comunidad Valenciana.
<i>Quercus suber</i>	Desaparece de su área de distribución actual en la Comunidad.
<i>Salix alba</i>	No se prevé ningún problema para esta especie.
<i>Tamarix africana</i>	Se prevé que sea favorecido por el cambio climático, y se extienda de forma amplia por la Comunidad.
<i>Tamarix gallica</i>	Se prevé que sea favorecido por el cambio climático, y se extienda de forma amplia por la Comunidad.

Por tanto, además de otras especies no recogidas en el informe como *Rosmarinus officinalis*, *Ulex*, *sp.*, *Timus sp.*, *Stipa tenacissima*, *Cistus sp.*, las principales especies presentes en la Comunidad Valenciana presentan una franca disminución en su áreas potenciales de distribución. El género *Pinus* retrocede en casi todas sus especies, aunque el *Pinus halepensis* seguiría ocupando una gran parte del territorio, ya que las condiciones climáticas y el régimen de incendios le favorecerán para consolidarse en los lugares donde ya está presente, a la vez que podrá colonizar otras nuevas por el desplazamiento de las especies actuales.

Sin embargo, la encina y coscoja seguirían ocupando una amplia zona dentro de la Comunidad, con lo que unido a su gran adaptación a los incendios forestales, por su capacidad de regeneración por rebrote tras el incendio, las hace idóneas para tenerlas en cuenta como especies de especial interés para la lucha contra el cambio climático y la protección de suelos.

En relación con estudios recientes (Taïbi et al. 2014), es interesante el estudio de genotipos con los del *Pinus halepensis*, para estudiar su capacidad de adaptación a los diferentes escenarios previstos de cambio climático en la zona. Como conclusiones se obtienen que los materiales genéticos de esta especie de la zona Bética Septentrional y La Mancha se adaptan mejor a ambiente secos, los procedentes de Maestrazgo Los Serranos, se adaptan mejor en condiciones locales más frescas, y el procedente de Levante Interior, se adapta bien a ambas derivas. Esto constituye una excelente línea de programación para repoblaciones futuras en función de los escenarios climáticos previstos para una determinada zona, con tolerancia al estrés abiótico, y potencial para su migración hacia otras zonas.

II.5. Actuaciones tradicionales en materia de prevención de incendios forestales.

El concepto de prevención de incendios forestales es muy amplio en relación con las actuaciones a llevar a cabo en el monte para evitar o reducir los efectos de los incendios forestales sobre este. Abarcan actuaciones muy diversas que van desde la construcción o mejora de accesos para facilitar la entrada de los medios de extinción, la ubicación de bases aéreas de forma estratégica, la construcción de puntos de agua, la vigilancia fija mediante torres de vigilancia o instalación de cámaras térmicas y de imagen real, la vigilancia móvil con vigilantes equipados o no con medios de extinción, o la creación de áreas cortafuegos, fajas auxiliares, o tratamiento de los modelos de combustibles en puntos críticos, entre otras.

También se podría incluir dentro de este apartado la explotación forestal como base de la gestión de combustibles mediante el pastoreo, aprovechamientos de biomasa, el mantenimiento de los cultivos de interior en zonas estratégicas para el control de los incendios forestales, entre otras.

II.5.1. Revisión de la legislación en materia de prevención de incendios forestales anterior al año 1996 en España.

II.5.1.1. Ordenanzas Generales de Montes de 1833.

El origen de la regulación legislativa de las actuaciones de prevención de incendios se recoge de forma general en lo relación con la utilización del fuego y auxilio, en las Ordenanzas Generales de Montes de 1833, concretamente en los artículos:

93. El comisionado de la comarca señalará por escrito a los rematantes el sitio o sitios donde podrán hacerse los hoyos u hornos para carboneo, y las chozas o talleres para sus operaciones de saca. En una clara alusión al control del aprovechamiento de la madera sacada del monte y el uso del fuego para carboneo.

97. Ni el rematante ni sus factores u operarios podrán encender fuego sino en sus chozas o talleres....

149. Se prohíbe llevar o encender fuego, así dentro del monte como en el espacio alrededor hasta doscientas varas de sus lindes; so pena de una multa desde sesenta a trescientos reales de vellón con resarcimiento de daño y perjuicios si resultase incendio, y sin perjuicio de las penas de incendiario público si se probase delito. Doscientas varas castellanas o de Burgos equivalen a 161,181 metros. Esta norma constituye el inicio de las prohibiciones de encender fuego en las inmediaciones del monte a menos de una determinada distancia, como es el caso de la Comunidad Valenciana, en donde para los días de riesgo máximo o campaña de verano, se prohíbe el uso del fuego a menos de 500 metros de los terrenos forestales.

150. Las personas que habiendo tenido algún uso o aprovechamiento en un monte no acudiesen, siendo avisados, a ayudar a apagar el incendio, serán castigados con la privación por un año a lo menos, y a cinco a lo más, de los usos o aprovechamientos que en el monte tuvieren.

Un año después, la Real Orden de 20 de Enero de 1847, estableció varias resoluciones para evitar los estragos de los incendios. La Real Orden trató de poner fin a las quemas a través de la colaboración directa de las autoridades locales y funcionarios del ramo en la lucha contra el fuego. Para ello, se endurecieron las normas a aplicar atribuyendo a los “Jefes Políticos” las siguientes facultades:

“1º - Que las disposiciones adoptadas con arreglo a sus facultades considere necesario adoptar, se cumplan y ejecuten con el mayor rigor en el concepto de provisionales mientras se publica la Ordenanza general de montes, en cuyo importante trabajo se ocupa la comisión nombrada al efecto.

2º - Que V. S. haga entender a todos los Alcaldes, empleados del ramo, guardia civil y demás autoridades o personas que directa o indirectamente puedan contribuir al fin que se desea, que la terminante voluntad de S. M., es que se observen con todo rigor y severidad las leyes y disposiciones vigentes relativas al cuidado y disfrute de los montes del Estado, de los de propios, comunes y establecimientos públicos, que se protejan con toda eficacia a los particulares dueños de las fincas de esta clase en cuantas ocasiones puedan ser objeto de la malevolencia de los incendiarios y que se persiga a estos en todos los casos con inflexible rigor [...].”

Así mismo, mediante esta Real Orden se estableció el acotamiento de los terrenos incendiados al pastoreo y al cultivo por un periodo de 6 años, debiéndose ejecutar posteriormente su repoblación:

“... sin permitir en el transcurso de 6 años el aprovechamiento de las yerbas ni de los terrenos que por medio tan ilícito quieren procurarse los causadores de tan graves daños, encargando S. M. que él en cumplimiento de esta disposición se proceda sin el menor disimulo ni tolerancia.”

Los Alcaldes de los pueblos y los funcionarios públicos quedaron obligados a velar por el desempeño de lo decretado, debiendo responder con sus propios bienes en caso de desobediencia:

“... bajo la más estrecha responsabilidad de los Alcaldes de los pueblos y demás funcionarios públicos, todos los cuales responderán con sus bienes y personas, con arreglo a las leyes de la menor tolerancia que dispersasen acerca de este asunto.”

II.5.1.2. Real Orden de 24 de Julio de 1848.

El seguimiento de la eficacia de las normas aplicadas llevó a exigir, mediante la Real Orden de 24 de Julio de 1848, que en las relaciones de cortas, plantaciones, aprovechamientos y siembras, se incluyera también la información sobre los incendios acaecidos en los montes:

“1º - Que los Alcaldes y empleados del ramo den conocimiento a V. S. de todos los incendios de dicha clase que ocurriesen en sus respectivas jurisdicciones y distritos, con expresión de sus respectivas circunstancias.

2º - Que al transmitir V. S. a éste Ministerio el aviso del suceso, manifieste su extensión, origen, perjuicios aproximados, disposiciones adoptadas por la autoridad respectiva y empleados del distrito y por último el cumplimiento de todos en el desempeño de los deberes que les incumben para atajar la propagación de los incendios y reparar los daños.”

Algunas de las demandas trasladadas a los municipios, resultaban de difícil o imposible cumplimiento, como fue el caso de: la obligación de aumentar el número de guardas municipales a cargo de unos presupuestos municipales exiguos, la necesidad de remitir al Gobierno completos partes del origen y evolución de los fuegos, o la persecución de los causantes de los siniestros, que en la mayoría de los casos eran los propios residentes de la localidad. Incluso, el Gobierno llegó al absurdo de obligar a los ayuntamientos a identificar aquellos pastores o trabajadores que hubiesen encendido fogatas en el monte:

“Todos los Ayuntamientos en cuyas jurisdicciones haya montes o pinares, que reciban esta circular, aumentarán inmediatamente el número de guardas suficientes a vigilar su extensión, por el tiempo que dure la actual sequía pagándoseles de la partida de imprevistos o de la de calamidades públicas, del presupuesto municipal y cuando estas partidas no lo permitan y se careciese de fondos se cubrirá este servicio por turno vecinal.

Cuando ocurra un incendio el Alcalde del distrito municipal me dará aviso inmediatamente manifestando el punto donde haya dado principio, la causa o motivo de su origen y luego que se corte y apague el fuego hará que dos o más vecinos vigilen para que no se reproduzca,

permaneciendo a la vista del sitio quemado el tiempo que considere necesario, comunicándome otro parte oficial de la extensión que abrace, valor del daño causado y el de las maderas que puedan aprovecharse, expresando las medidas adoptadas para cortarlo o extinguirlo, debiendo ponerse en el momento en comunicación con los Alcaldes colindantes para que auxilien, instruyendo además las primeras diligencias en averiguación de su autor o autores, que remitirán sin demora al tribunal correspondiente, dándome, mientras el fuego permanezca, parte diario del estado de su aumento o disminución [...] encargando a dichos empleados del ramo y Alcaldes me den aviso de los rastros de las hogueras que encontraren, nombre de los pastores y trabajadores que se hubiesen hallado en el sitio donde apareciesen aquellas para adoptar contra ellos las medidas convenientes.”

II.5.1.3. Real Orden del 12 de julio de 1858

En la Real Orden del 12 de julio de 1858, donde se dictan disposiciones para *precaer los incendios de los montes, para reparar los estragos de los que ocurrieren y para perseguir a los incendiarios*, ya se hace referencia a que uno de los principales elementos destructores del monte son los incendios forestales, atribuyendo el origen de sus causas a *“intereses bastardos, arraigadas preocupaciones, perniciosas costumbres de antiguo introducidas en el cultivo agrario, la apatía y la ignorancia”*.

Las medidas de prevención de incendios habían sido abordadas muy someramente en la normativa dictada hasta la fecha, los avances que la ciencia forestal, bajo la influencia francesa y alemana, estaban aportando al país, se vieron reflejados en esta Real Orden al incorporar actuaciones directamente encaminadas a la prevención de los incendios:

“Artículo 16°. No permitirá cazar en los bosques con armas de fuego a no emplear tacos de lana o los llamados incombustibles.

Artículo 17°. Se inspeccionarán en los términos prevenidos en el artículo 161 de las ordenanzas las casas, chozas y edificios establecidos dentro de los montes o en el radio señalado en las mismas, obligando a sus dueños a que sus chimeneas estén bien construidas y se deshollinen con frecuencia y a que adopten las precauciones indispensables para evitar todo peligro de incendio.

Artículo 18°. En los pueblos situados dentro de las zonas a que se refiere el artículo se pondrán además en ejecución las disposiciones de policía urbana que tienen por objeto evitar la propagación del fuego, cuidando muy especialmente de designar parajes seguros para depósito de las cenizas de los hogares y basureros públicos, así como de impedir amontonar en ellos jergones, pedazos de estera y otras materias inflamables.

Artículo 19°. Establecerán los Ayuntamientos en los puntos donde se conceptúen más necesarios depósitos de hachas, podones, espuertas terreras, segaderas y demás útiles propios para cortar los incendios.

Artículo 20°. Se practicarán rayas o cortafuegos con la correspondiente anchura en los sitios más convenientes para evitar la propagación de los fuegos.

Artículo 21°. No se permitirá ejecutar quema alguna de rastrojera o monte con el objeto de preparar o abonar terrenos de propiedad particular ni otro ninguno, cuando no disten de los lindes de los montes las 200 varas señaladas en el artículo 149 de las ordenanzas.”

Otra gran novedad consistió en la concreción de las operaciones y documentación a llevar a cabo en la extinción de los fuegos. Con arreglo al art. 22 de la Real orden de 12 de Julio de 1858, el Ingeniero de Montes quedó encargado de dirigir las operaciones facultativas para apagar los incendios, sus órdenes tenían que ser obedecidas por todas las personas que acudieran a la extinción mientras, los Alcaldes constitucionales eran los responsables de mantener el orden y

obligar al trabajo de los lugareños contra el fuego. A través de la organización de los recursos humanos en las labores de extinción, se dio otro gran paso hacia el control efectivo del fuego:

“Artículo 22°. Se designará en todas las localidades la autoridad, funcionario o persona que en caso de declararse un incendio ha de dirigir las operaciones facultativas necesarias para apagarlo debiendo recaer el nombramiento en un Ingeniero en los puntos donde los haya.

Los empleados del ramo dependientes públicos y cuantos concurran a practicar dichas operaciones estarán subordinados al que se elija con este objeto y cumplirán exactamente las ordenes que dicte.

Artículo 23°. Cualquiera persona que note un incendio dará inmediatamente parte al guarda funcionario o autoridad más próxima y en el acto se avisará por medio de las señales de costumbre o anunciadas de antemano a todos los que tengan obligación de incurrir a extinguirlo.

Artículo 24°. En las operaciones necesarias para apagar los incendios, deberá procederse con el mayor orden y concierto posibles de modo que cada uno llene su puesto sin confusión y sin estorbarse mutuamente para que todos los esfuerzos conduzcan a un mismo fin.

Artículo 25°. Se procurará muy particularmente localizar el fuego, aislándolo en determinados espacios por medio de rayas o cortafuegos. Tanto para esto como para su completa extinción se adoptarán los medios más eficaces y expeditos según la extensión e intensidad del incendio, la fuerza y dirección de los vientos, circunstancias del terreno y el número de trabajadores y naturaleza de los recursos de que pueda disponer.

Artículo 26°. Después de extinguirlo, el fuego se vigilará con mucho cuidado para evitar que se renueve o para apagar si rehace en cualquier punto.

Artículo 27°. El encargado de dirigir las operaciones para sofocar un incendio luego que se hallen todas terminadas, extenderá una relación circunstanciada de todo lo ocurrido, expresando las causas del fuego, los medios empleados para extinguirlos y el comportamiento de los que hayan tenido obligación de contribuir a ello, en especial de los empleados del ramo. Se remitirá esta relación al Gobernador de la provincia por conducto y con informe del Delegado, Ordenador o Comisario.”

II.5.1.4. Noticias sobre los incendios en los pinares de la Ciudad y Tierra de Soria. F. García Martino, 1869.

El 15 de junio de 1869, ante la gravedad que estaban alcanzando los incendios del monte Pinar Grande de Soria, el Ingeniero Jefe, alarmado por los estragos causados, decidió adoptar nuevas medidas para atenuar el desastre. Para ello, solicitó al Gobierno del Estado, con carácter de urgencia, el establecimiento de campamentos forestales en las zonas más importantes de la comarca serrana, dotados de empleados del ramo y peones asalariados, que vigilaran día y noche su respectiva circunscripción de monte, acudiendo a solicitar apoyo y sofocar cualquier fuego. El 4 de julio de ese mismo año se aprobó la Real Orden aprobatoria del proyecto de campamentos forestales propuesto por el Distrito de Soria, y el 24 de julio ya estaban en funcionamiento los campamentos distribuidos según la siguiente relación:

a) Tres campamentos en la zona de pinares: uno, en las alturas de Vocalprado desde donde se vigilaba Santa Inés, Vinuesa, Molinos de Duero, Salduero, y la parte oriental del pinar de Covalada; el segundo, en el alto del Resomo, desde donde se domina el pinar de Covalada, el de Duruelo, una parte de Pinar Grande, y los montes de Abejar y Cabrejas; el tercero, en el cerro de Valdehornos, desde donde se vigilaban los pinares de Muriel, Cubilla, Los Comuneros, Talveila, Vadillo, Navaleno y San Leonardo.

b) Dos campamentos para vigilar los pinares del centro de la provincia: uno, en el pinar de Bayubas de Abajo atendiendo los pinares de Tajuco, Valderodilla, Bayubas, Valdenebro, Gormaz y Quintanas de Gormaz; y el otro, en el monte Rivacho para custodiar los montes de Quintana Redonda, Tardelcuende, Cascajosa, Matamala, Matute, Fuentelcarro y Almazán.

Los resultados obtenidos por esta medida fueron prometedores, pero la escasez de medios económicos disponible limitó su aplicación en años posteriores a pesar de ser requerida por los ingenieros:

“Mientras estuvieron establecidos en los pinares, ocurrieron pocos incendios que no tomaron incremento de consideración por la prontitud con que a aquellos se acudió. En 16 de septiembre, a consecuencia de las abundantes lluvias con que dio principio el otoño, y no temiendo ya el que los fuegos se reprodujeran, se dio la orden para el levantamiento de los campamentos. Han ascendido los gastos de su entretenimiento a 2,132 escudos; cantidad que si a primera vista y considerada en absoluto, parece grande, no lo es en realidad si se atiende a los inmensos daños que con su oportuna aplicación se han evitado.” (García Martino, F.: noticias sobre los incendios en los pinares de la Ciudad y Tierra de Soria, Madrid, 1869).

Sin duda, este documento constituye una de las primeras citas de la creación de **Brigadas Forestales** específicas para la prevención y extinción de incendios en España.

II.5.1.5. Real Orden de 5 de Mayo de 1881.

El fuego continuaba consumiendo la riqueza forestal, las normas establecidas hasta la fecha apenas habían logrado pequeños avances en tan dramática lucha. La Real Orden de 5 de Mayo de 1881 comenzó su enunciado reconociendo el lastimoso estado en que se encontraban los montes, apuntando las causas que los habían llevado a tal situación:

“Una de las causas que han contribuido más poderosamente a destruir nuestros montes, son los incendios. Causales algunas veces o resultado involuntario de las quemas desordenadas o hechas con punible descuido de los rastrojos, pastos de tierras calmas o rozas de los montes, en otros muchos casos son efecto de perversos intentos, dirigidos a aprovechar en beneficio de unos pocos la tierra, los retoños y los pastos de los montes incendiados, convirtiendo en yermos estériles grandes extensiones, en otro tiempo fértiles y abundantes, llenas de vegetación y de vida.

Tan deplorables abusos exigen con urgencia el más eficaz y ejecutivo remedio para poner término a los inmensos y trascendentales daños que ocasiona la destrucción de nuestra riqueza forestal, tanto más hoy que una triste experiencia ha hecho reconocer los beneficios del arbolado.”

Los avances de la ciencia forestal, transmitidos a través de los ingenieros de montes, tuvieron su reflejo en los contenidos de la Real Orden, se normalizaron los recursos de lucha contra el fuego, concretándose medidas preventivas, de extinción, y sancionadoras:

“Preciso es, pues, que se redoble la vigilancia, que se acuda prontamente al lugar de la catástrofe y se persiga con autoridad, castigando con mano fuerte a los autores de semejantes daños.”

El solo hecho de situar convenientemente atalayas de observación en los puntos más elevados, desde donde pueda registrarse bien toda o gran parte de los montes, con personal dispuesto a acudir prontamente a la extinción del fuego, puede ser suficiente en la mayoría de los casos a impedir que se produzcan dichos males, pues la más fácil e importante es extinguir o cortar el fuego en su comienzo.”

La estructura de defensa contra el fuego en materia de prevención, se basó en la implantación de puntos de vigilancia ubicados en las áreas más elevadas de los montes, dotados de medios humanos y de comunicación. Este último aspecto, era de vital importancia, el éxito en la lucha contra el fuego no residía únicamente en la detección rápida, sino en la intervención inmediata tras la señal de alarma:

“Es cierto que la vigilancia más exquisita no basta algunas veces a evitar un mal que con tanta facilidad se produce, pues cuando las condiciones de la localidad y del tiempo favorecen, no es raro ver como se originan los fuegos a la vista y a corta distancia de los mismos encargados de vigilarlos, sin que basten sus escasas fuerzas a dominar el mal, en cuyo caso no queda otro remedio que acudir prontamente con auxilios numerosos, para lo cual es preciso que con la mayor rapidez se reclame el servicio.

Diferentes medios se pueden emplear para conseguirlo, sin que sea posible decidirse en absoluto por uno determinado, dependiendo aquellos de las circunstancias.

La distribución de nuestros montes, distantes casi siempre de poblaciones de mediana importancia y hasta las condiciones orográficas del país, su red telegráfica por regla general al establecimiento de una red telegráfica tan económica como fuera necesario aunque para ello se empleasen los aparatos más sencillos y rudimentarios, sin embargo, en aquellas localidades que reúnan las condiciones apropiadas, como sucede en Sierra Bermeja y la Torrecilla, provincia de Málaga, centro de las grandes masas forestales, en los montes de Zuera de Zaragoza, en varios puntos de Castellón, Soria, Cuenca, Cádiz, Granada, Navarra, Valencia y Segovia, es conveniente y factible adoptar el sistema, ya óptico, ya eléctrico de señales, combinando siempre con el de personal vigilante que acuda desde los primeros instantes a la extinción del fuego.

Afortunadamente, dentro del presupuesto vigente tiene el Gobierno recursos con que satisfacer tan importante mejora.

Y con el objeto que las medidas que al efecto se adopten concurren todas a un mismo fin y tengan el mejor éxito, S. M. el Rey (Q. D. G.) se ha servido resolver lo siguiente:

Artículo 1º. La Dirección general de Agricultura, Industria y Comercio, previa propuesta de los distritos forestales, fijará el número de vigilantes temporeros de incendios que sea preciso nombrados durante los meses de julio, agosto y septiembre.

Artículo 2º. El nombramiento de los vigilantes se hará por los Ingenieros Jefes de los distritos, prefiriéndose, siempre que sea posible, a los individuos aprobados para capataces de cultivos

Artículo 3º. Se establecerán atalayas de observación en los puntos más elevados, desde donde pueda registrarse bien todo o gran parte de la superficie.

Artículo 4º. Se destinará mayor número de vigilantes a los montes donde sea mayor el peligro de incendio.”

El nuevo sistema de vigilancia no implicó la desaparición de los métodos seguidos hasta el momento, cuantos más ojos estuvieran pendientes de los montes, menores serían las posibilidades de éxito de los incendiarios:

“Artículo 5º. Los Gobernadores encargarán muy especialmente a las Autoridades locales, Guardia civil, guardas de campo y dependientes de seguridad pública, que procuren atender a los sitios más expuestos.

Artículo 6º. La Guardia civil, en las estaciones de verano y otoño, vigilarán con más esmero y frecuencia los puntos de estancia y tránsito de los pastores, hacheros y aserradores y demás que pasen por los montes, trabajen y permanezcan en ellos.

Artículo 7º. Los capataces de cultivos se situarán de modo que inspeccionen fácilmente los montes, recorriendo incesantemente su comarca, atendiendo con más cuidado a los sitios donde se tema que estallen incendios. Inmediatamente que ocurra cualquier novedad, adoptarán las medidas que el caso requiera, poniéndolo sin pérdida de tiempo en conocimiento de quien corresponda.

Artículo 8º. Los Ingenieros y Ayudantes girarán a las localidades todas las visitas que sean precisas e inspeccionarán debidamente el servicio.

Artículo 9º. Tanto los Ayuntamientos como la Guardia civil y todos los empleados del ramo de montes, cuidarán bajo su más estrecha responsabilidad, de que cumplan exactamente todas las disposiciones vigentes de policía forestal dictadas con el objeto de evitar los incendios, especialmente el Art. 149 de las ordenanzas, que prohíbe llevar o encender fuego dentro de los montes y a la distancia de 180 metros de sus límites, bajo la pena que el mismo señala.”

Las tareas de prevención quedaron detalladas en aspectos tan novedosos como la disponibilidad de materiales a utilizar en la extinción, o la realización de labores de selvicultura preventiva:

“Artículo 10º. Cuando haya una necesidad absoluta de encender fuego en los montes, se hará en los sitios que designen los capataces y en hoyas de medio a un metro de profundidad, apagándolo así que se hubiere usado.

Artículo 11º. Establecerán los Ingenieros y Ayuntamientos, en los puntos donde se conceptúa más necesario, depósito de hachas, podones, espuelas terreras y demás útiles propios para cortar los incendios.

Artículo 12º. Se practicarán rayas o cortafuegos con la correspondiente anchura en los sitios más convenientes, para evitar la propagación de los fuegos.”

La figura del Ingeniero de Montes continuó teniendo un papel predominante en la extinción, continuaron bajo su mandato, si bien, se concretaron las técnicas operativas a seguir:

“Artículo 13º. En todos los puntos donde se declaren incendios, dirigirá las operaciones facultativas para apagarlos el Ingeniero o en su defecto el Ayudante, los capataces y la Guardia civil.

Todos los empleados del ramo, dependientes públicos y cuantos concurren a practicar dichas operaciones, estarán subordinados a las que dirija las operaciones y cumplirá exactamente las ordenes que dicte.

Artículo 14º. Cualquiera persona que note un incendio dará inmediatamente parte a los empleados del ramo, Guardia civil y autoridades locales y en el acto se avisará, por medio de las señales de costumbre o anunciadas de antemano, a todas las que tengan obligación de concurrir a extinguirle.

Artículo 15º. Se procurará muy particularmente localizar el fuego, aislándolo en determinados espacios, por medio de rayas o cortafuegos, adoptando los medios más eficaces y expeditos para su completa extinción, teniendo presente la fuerza y dirección de los vientos.”

Una vez apagado el fuego era obligada la vigilancia del área quemada:

“Artículo 16º. Después de extinguirlo el fuego, se vigilará el monte con mucho cuidado para evitar que se renueve o apagarle si renace en cualquier punto.”

No se olvidó el Decreto de los posibles causantes de los incendios, la ausencia de participación los lugareños en la extinción quedó penalizada, y los ganaderos vieron acotados los terrenos recorridos por el fuego:

“Artículo 19°. A los que teniendo algún uso o aprovechamiento en un monte incendiado no acudiesen, siendo avisados, a apagar el fuego, se les privará de ellos por el tiempo señalado en el art. 150 de las ordenanzas.

Artículo 20°. Los montes que se incendien serán rigurosamente acotados, con arreglo a lo prevenido en la Real orden circular de 20 de enero de 1847, que se observará con exactitud en todas sus partes.”

Se ultimaron los trámites a seguir en la regeneración de los montes quemados, consistentes en la venta de la madera aprovechable y su posterior repoblación:

“Artículo 21°. Apagado el incendio de un monte, se instruirá por separado el oportuno expediente para el aprovechamiento que deba verificarse de los árboles y leñas atacados por el fuego, procurando sacar de ellos el mejor partido posible.

Artículo 22°. Se instruirá asimismo otro expediente para la repoblación de los montes destruidos por los incendios.”

II.5.2. Plan de selvicultura preventiva Comunitat Valenciana.

El Plan de Selvicultura Preventiva de incendios en los Sistemas Forestales de la Comunidad Valenciana, es el Plan que rige actualmente las actuaciones en materia de prevención de incendios forestales en dicha Autonomía desde 1996.

La idea inicial en la que se basa este Plan es la siguiente:

“Un monte tiene más o menos resistencia al incendio en base a la presencia y proporción de los grandes elementos que lo caracterizan: prevención y extinción. La extinción aporta bomberos y zapadores forestales, cuyo nivel de eficiencia sólo puede ser exigible en el marco de determinados niveles de reacción, superados los cuales el control supera sus capacidades y queda en manos de la prevención, de la autoresistencia del monte. La cuantía de esta autoresistencia o autocontrol se apoya, básicamente, en el tipo y estado de conservación de la selvicultura preventiva (áreas cortafuegos, clareos, claras y desbroces).

La cantidad y calidad de la prevención se muestra, inequívocamente, antes y durante el incendio. Antes a través de la concienciación ciudadana y vigilancia. Durante a través del estado de la selvicultura preventiva y de las infraestructura viaria e hídrica, quienes representan y materializan las aptitudes de autoresistencia.

El plan aborda con carácter general, un aspecto parcial, pero muy importante de la prevención: el tipo y cuantía de la selvicultura preventiva” (Plan de Selvicultura Preventiva de la CV, 1996).

Así pues, a lo largo del Plan se realiza el estudio y análisis de cuestiones fundamentales para determinar las actuaciones a realizar como son:

- Revisión de las series históricas de incendios y Grandes Incendios desde 1984 a 1994, para apoyar decisiones en relación con el comportamiento del fuego.
- Identificación y delimitación de las áreas incendiadas 1989 – 1994.
- Clasificación de los Sistemas forestales de los montes valencianos por calidades al objeto de establecer actuaciones selvícolas encuadradas en el binomio calidad riesgo.
- Clasificación de los espacios forestales en función del riesgo de incendio, al objeto de movilizar los planes sectoriales y locales de prevención y priorizar actuaciones.

- Se establece una zonificación forestal en base a la calidad forestal y el riesgo de incendio.
- Se establecen áreas, a nivel provincial, que permitan actuaciones selvícolas piloto y proyectar la cuantía de las mismas a nivel provincial y comunitario.
- Se propone una programación periódica de la inversión propuesta y traducirla en términos de empleo.
- Se establece el sistema normativo, compatible con el nacional y europeo, que ordene la captación de recursos financieros y su distribución sobre la propiedad afectada.

En el Plan se desarrollan una serie de acciones que se muestran en la tabla 15.

Tabla 15 Acciones a llevar a cabo en el Plan de Selvicultura Preventiva de la CV.

Acción	Objetivos
Mapa de modelos de combustible	Incorporar la realidad del estado de la vegetación en ese año, y de los perímetros de incendio de los años 1994. Permite utilizar simuladores tipo BEHAVE para cálculo de infraestructuras preventivas.
Riesgo potencial de incendio	Permite la zonificación territorial calidad riesgo mediante la determinación del riesgo estadístico y peligrosidad.
Diseño de la Selvicultura preventiva	Establecimiento de los elementos de ruptura, orientación de los elementos de ruptura (establece un ángulo de 45°), compartimentación del territorio en función de la calidad y la peligrosidad, estableciendo tres órdenes en los elementos de ruptura

El plan establece que la prevención, además de a través de la selvicultura preventiva, debería estructurarse también mediante infraestructuras viarias e hidráulicas, concienciación de la población, restricción de accesos a zonas vulnerables, ordenación de los aprovechamientos agrícolas y forestales, vigilancia fija y móvil disuasoria y establecimiento de una red meteorológica.

En lo que se refiere a los elementos de ruptura, el Plan clasifica estos en tres órdenes:

1º Orden: son las líneas que separan las grandes porciones de territorio que se quieren aislar.

2º Orden: son los elementos lineales de ruptura interiores en las grandes porciones y están ubicados, por regla general, de tal manera, que aíslan zonas de mayor calidad con otras de menos.

3º Orden: son los elementos casi perimetrales a las manchas de vegetación de alta calidad y riesgo potencial muy alto que las aíslan de incendios exteriores.

En la tabla 16 se muestra la clasificación de la superficie de ruptura diseñada en el Plan de Selvicultura Preventiva de la CV.

Tabla 16 Clasificación de la superficie de ruptura diseñada en el Plan de Selvicultura Preventiva de la CV.

CALIDAD					
ORDEN	1	2	3	4	5
1°	2.000 ha	3.000 ha	4.000 ha	5.000 ha	6.000 ha
2°	500 ha	750 ha	1.000 ha	1.250 ha	1.500 ha
3°	100 ha	150 ha	200 ha	250 ha	300 ha

La anchura de los elementos de ruptura se determinó a través del programa BEHAVE, con el mapa de modelos de combustible elaborado, la topografía de la zona extraída de los MDT de la Comunidad, y la meteorología (tabla 17) se obtuvo de siete unidades territoriales con meteorología homogénea, realizadas por el Instituto Meteorológico Zonal de Valencia (actualmente AEMET), considerando dos alternativas, la primera consideraba unas condiciones meteorológicas similares a las acontecidas en el verano de 1994, y la segunda, las condiciones de vientos de poniente, es la más peligrosa ya que las humedades relativas bajan del 15%, las temperaturas alcanzan los 40°C y los vientos llegan a ser de 80 km/h, dependiendo de las zonas.

En la elaboración del Plan se utilizó la segunda alternativa, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 17 Valores meteorológicos para los cálculos con Behave en el diseño de las infraestructuras preventivas en el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunitat Valenciana.

ZONA	Hr (%)	Tª (°C)	VELOCIDAD VIENTO (Km/h)
1	20	33	70
2	15	39	60
3	15	35	70
4	15	40	80
5	15	40	70
6	20	38	70
7	25	34	60

En la elaboración del Plan se utilizó la segunda alternativa, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 18 para la longitud de la llama, calculada por BEHAVE para estas situaciones, en función del modelo de combustible presente en la Comunidad Valenciana.

Tabla 18 Resultados obtenidos por BEHAVE de las longitudes de llama para las diferentes zonas de la Comunitat Valenciana.

MODELO	LONGITUDES DE LLAMA						
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
1	2,5	3,2	2,8	3,2	3,1	2,7	2,4
2	5,8	5,7	5,7	7,2	5,9	6,0	4,6
4	18,3	18,0	19,3	21,5	19,9	18,8	16,3
5	4,4	4,4	4,6	5,2	4,8	4,5	3,8
6	4,5	4,8	4,9	5,6	5,2	4,8	4,0
7	4,2	4,2	4,4	4,9	4,6	4,4	3,8
8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5

En este sentido, la anchura que deben tener los elementos lineales de ruptura, viene determinada por la longitud de llama (L_{llama}) que posea el elemento a aislar, mayorado con coeficientes de seguridad que dependen de la categoría u orden que se le hubiese asignado a la zona ($K_{categoría}$) de tal forma que:

$$\text{Anchura} = L_{llama} \times K_{categoría}$$

Los valores de los coeficientes de seguridad (tabla 19), se han asignado en relación a los órdenes establecidos, siendo mayor para los de 1º Orden.

Tabla 19 Coeficientes de seguridad utilizados en el Plan de Selvicultura Preventiva de la CV para el dimensionamiento de las infraestructuras defensivas.

ORDEN	COEFICIENTE
1	10
2	4
3	2

El Propio Plan de Selvicultura reconoce el enorme impacto visual y ambiental de los cortafuegos existentes hasta el momento de redacción del Plan, así como la dudosa eficacia frente a los incendios acaecidos que habían tenido hasta la fecha. De ahí que se cambiara en este Plan la filosofía de los “cortafuegos” por la de “áreas cortafuegos”.

Esta nueva filosofía establece tres elementos dentro del área cortafuegos:

- Banda de decapado: constituida por una banda de anchura fija para cada orden donde se eliminará completamente la vegetación llegando a suelo mineral, con el objeto de favorecer las operaciones de extinción.

- Banda de desbroce total: situada a ambos lados de la banda de decapado, y constituida por dos bandas desbrozadas totalmente, y sin vegetación arbórea, cuya anchura está en función del orden del elemento.
- Banda auxiliar: donde se realizarán bandas de desbroce total de matorral hasta FCC del 10%, conservando los árboles mejor conformados, dominantes y mejor situados para disminuir el impacto visual .

II.5.3. Infraestructuras de prevención de Incendios Forestales en las zonas de estudio.

Siguiendo con lo establecido en el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunitat Valenciana, podemos encontrar diferentes infraestructuras preventivas en las zonas objeto de estudio, condicionadas por la dotación presupuestaria para su creación y su mantenimiento.

En las infraestructuras de prevención de cada zona reflejadas en el presente estudio, no se han incorporado los puestos de vigilancia, ya que hay muchos puntos de vigilancia que las cubren y que no están ubicados en el interior de las mismas.

En el caso de Sot de Chera, podemos encontrar la siguiente relación de infraestructuras preventivas, en diferente estado de conservación (Tabla 20 y Fig. 66).

Tabla 20 Infraestructuras de prevención presentes en la zona de Sot de Chera.

Infraestructura	Unidades
Depósitos de extinción	137 depósitos
Áreas cortafuegos de 1º orden	634,445 Km
Áreas cortafuegos de 2º orden	304,559 Km

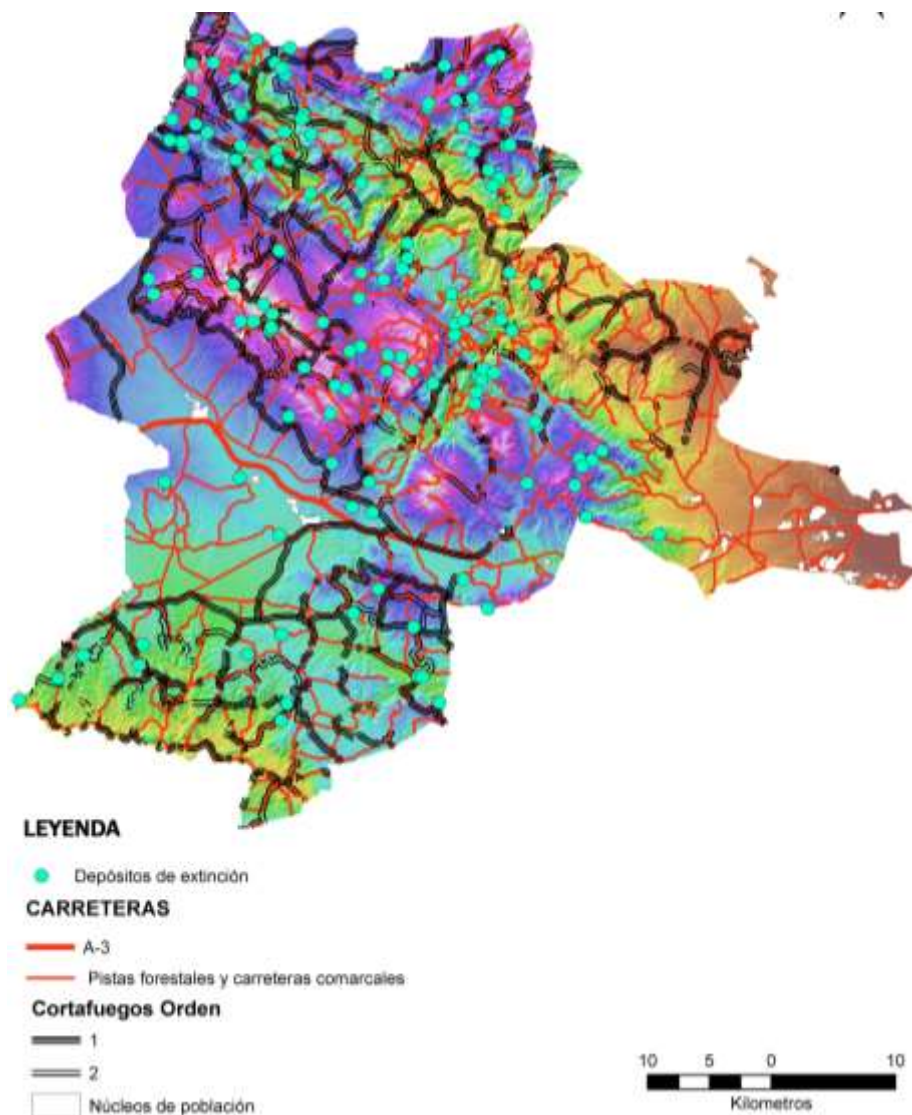
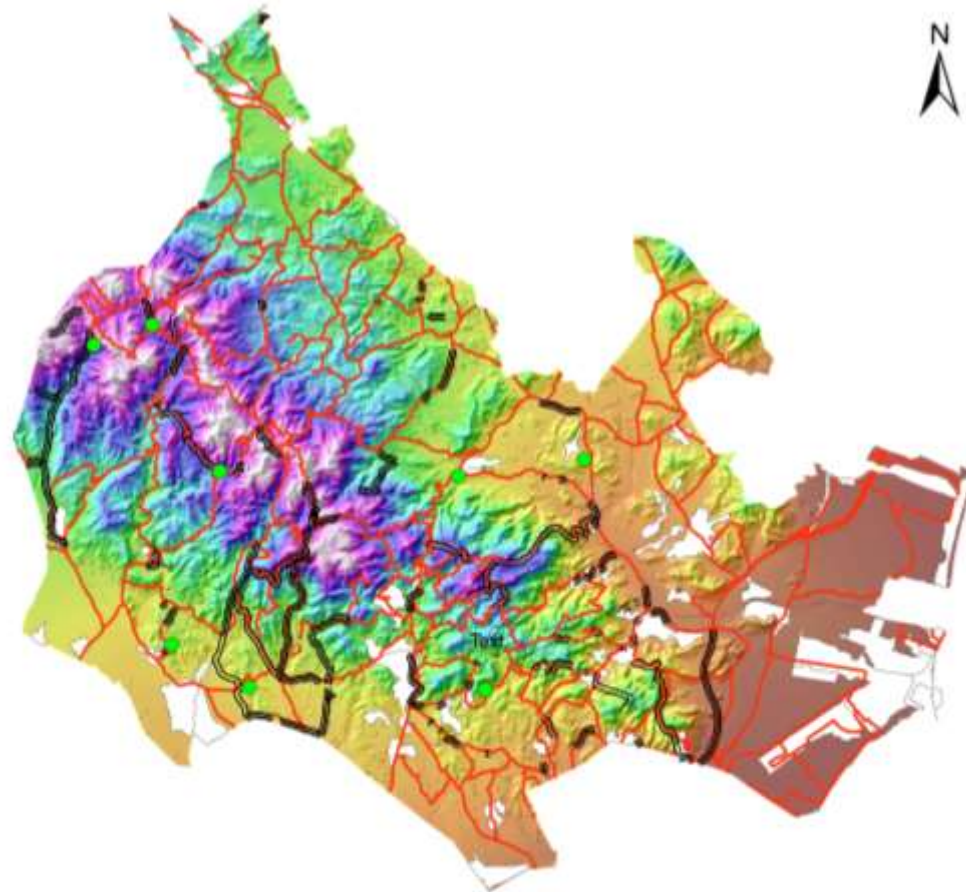


Figura 66 Mapa de infraestructuras de prevención en la zona de Sot de Chera.

En la zona de La Calderona, la dotación actual de infraestructuras de prevención se muestran en la tabla 21 y figura 67.

Tabla 21 Infraestructuras de prevención presentes en la zona de La Calderona.

Infraestructura	Unidades
Depósitos de extinción	8 depósitos
Áreas cortafuegos de 1º orden	74,643 Km
Áreas cortafuegos de 2º orden	41,262 Km



LEYENDA

● Depósitos de extinción

CARRETERAS

— A-7

— Pistas forestales y carreteras comarcales

Cortafuegos Orden

— 1

— 2

□ Núcleos de población

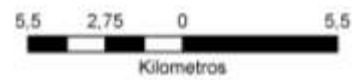


Figura 67 Mapa de infraestructuras de prevención en la zona de La Calderona.

II.6. Planes de operaciones en extinción de incendios forestales.

Desde principios de los años 60, la toma de decisiones se ha visto más como un proceso que como una actividad improvisada. Este proceso se compone de tres fases bien diferenciadas: inteligencia, diseño y elección. La fase de la inteligencia concentra el desarrollo del proceso de decisión mediante la determinación de qué circunstancias han generado el problema. Una vez que los motivos han sido definidos, la persona que toma las decisiones pasa a la fase de diseño, proponiendo y evaluando alternativas múltiples que puedan solucionar o minimizar el problema. Finalmente, de acuerdo con este modelo, el gestor del problema selecciona la decisión o decisiones más apropiadas para solucionarlo (Simons, 2013).

El estudio realizado por Sinha (2005) en el que se llevaron a cabo entrevistas con jefes de bomberos urbanos veteranos, reveló que la experiencia juega un papel vital en la respuesta y toma de decisiones que influirán en los resultados de las emergencias.

McClenan et al (2004) completó un estudio similar explorando las competencias en el proceso de información de los jefes de emergencia, encontrando que esa efectividad en el control del incidente y la toma de decisiones competentes tienden a basarse en la experiencia anterior y en un proceso analítico, basado en el conocimiento previo. En un estudio posterior con los equipos de dirección de emergencias, McClenan et al., (2006) encontró una mayor evidencia que apoya las conclusiones de su estudio previo con los jefes de emergencia de forma individual.

Cantón-Thompson et al (2008), realizaron una serie de entrevistas con bomberos forestales, que habían trabajado en grandes incendios forestales, para averiguar cuáles son los principales factores externos que contribuyen a la falta de control en la toma de decisiones. Algunos de los factores externos que determinaron fueron la legislación (reglamentos y normas), la disponibilidad de recursos, la presión social y política, y las interacciones entre el personal de las diferentes Agencias.

En la tesis doctoral de Simons (2013), se cita que, aunque muchos estudios han investigado cómo se lleva a cabo el proceso de toma de decisiones el personal veterano de forma individual y en grupos, y qué características personales y factores externos influyen en esas decisiones, pocos se han concentrado en el aspecto de la tecnología y cómo su utilización influye y ayuda a la toma de decisiones en su conjunto, especialmente para aquellos que trabajan en incendios. Una de las principales motivaciones en el uso de tecnología en la gestión de emergencias proviene de un cambio generacional en el personal de dirección de emergencias, ya que los veteranos van jubilándose, y el personal de nuevo ingreso, que aunque tiene menos experiencia que sus antecesores, está más familiarizado con la utilización de tecnología de apoyo a decisiones.

Los problemas estructurados son relativamente fáciles de resolver porque ocurren con frecuencia y las circunstancias y variables internas dentro de ellos rara vez cambian. Con este tipo de problemas, los gestores pueden identificar todos los elementos que definen el problema y desarrollar programa informático que permita resolver la emergencia sin la ayuda directa de los gestores (Malczewski 1999). En los problemas no estructurados no hay elementos que sean fácilmente identificables, lo que significa que su estructura, representación y por lo tanto las soluciones no son conocidas ni fácilmente identificables.

Los problemas asociados a la gestión de desastres, específicamente los relacionados con la gestión y la extinción de los incendios forestales son incuestionablemente semiestructurados. Estos problemas se caracterizan por:

- 1) Variables desconocidas, que están relacionadas con cuestiones de cuándo, dónde y qué dimensiones tendrá el incendio forestal, y cuáles serán las condiciones meteorológicas a corto y largo plazo.
- 2) Conocidas las variables cuantificables, como las inherentes al paisaje (pendiente, elevación y exposición) y las condiciones meteorológicas actuales. A partir de ellas se pueden realizar

simulaciones para identificar las variables desconocidas, pero desgraciadamente son sólo estimaciones que aún contienen un importante grado de incertidumbre asociado. Las variables conocidas, es decir, la densidad de población, estructura demográfica y distribución, tipo de vegetación, humedades de combustible, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y dirección, y ubicación de los recursos disponibles, pueden conocerse, pero sigue existiendo cierta incertidumbre asociada a ellos. Estos tipos de incertidumbres son difíciles de solucionar y, por lo tanto, influyen mucho en la fiabilidad de la respuesta a la emergencia propuesta por un sistema informático.

Las emergencias por incendios forestales son únicas y diferentes de otros desastres naturales, ya que son dinámicas en el espacio y en el tiempo, a veces motivadas por cambios drásticos en las condiciones ambientales, como la velocidad y dirección del viento, temperatura del aire y humedad relativa, aunque su influencia es conocida en el comportamiento del fuego.

En su tesis doctoral, Simons (2013), realizó entrevistas individuales a 33 personas con diferentes posiciones dentro del Sistema de Manejo de Emergencias (ICS), concluyendo que los principales problemas en la gestión de los incendios en el sur de California se podían agrupar en 4 temas:

1. Toma de decisiones
2. Información y datos
3. Tecnología
4. Extinción

El primer tema extraído de las entrevistas proporcionó información sobre las circunstancias que describen el entorno de toma de decisiones para el personal que debe dirigir la extinción de los incendios forestales. El periodo de la toma de decisiones dentro de cualquier emergencia es intenso, pero en los incendios forestales es particularmente difícil y estresante para el personal de mando. Dos factores primarios que hacen los incendios impredecibles son la meteorología y el combustible. La vegetación en las diferentes regiones tiende a ser heterogénea y cada combustible tiene la capacidad de quemar a una intensidad única. Mientras que las condiciones meteorológicas cambian con frecuencia durante el transcurso del día. Algunos de estos cambios se producen muy rápidamente y en ocasiones inesperadamente, sobre todo por la influencia de la topografía en los microclimas, modificando de forma radical el comportamiento de un incendio que casi estaba a punto de ser controlado, en otro fuera de capacidad de control o viceversa. Estas variaciones de las condiciones presentes junto a la naturaleza inestable de fuego, son responsables en gran medida de un entorno que cambia rápidamente, lo que implica que las decisiones deban también ir adaptándose. Estas circunstancias son resueltas mediante una formación y entrenamiento intenso.

Otro factor detectado en las entrevistas y observación de los participantes fueron las presiones que provienen de fuentes internas y externas. Estas presiones se originan desde el público, funcionarios del gobierno, los interesados, propietarios y organismos encargados de la gestión de ese territorio. Los directores de extinción deben tomar decisiones que sean tácticamente aceptables, que reduzcan las pérdidas en la propiedad y que mantengan la seguridad de los bomberos, mientras satisfacen también las presiones internas y externas. Muchas veces los incendios ocurren en zonas deshabitadas donde diferentes organismos públicos, por ejemplo Bureau of Land Management, Servicio Forestal de Estados Unidos, Parques Nacionales y Parques Estatales, son responsables de la zona y tienen restricciones sobre cómo y dónde llevar a cabo las operaciones de supresión del fuego dentro de su jurisdicción. Debido a esto, representantes de cada Agencia deben asesorar a los directores de extinción sobre dónde atacar el incendio, aunque no tengan conocimientos sobre el comportamiento del fuego.

El último factor que caracteriza el ambiente de toma de decisiones que se mencionó frecuentemente durante las entrevistas, fue la conexión entre las preocupaciones sobre los recursos y el pago de los gastos, así como la convivencia con un ambiente estresante durante la toma de decisiones, que requiere flexibilidad y adaptación a las condiciones cambiantes.

Los resultados de las entrevistas y de la observación de los participantes demostraron que el ambiente de toma de decisiones es muy fluctuante y estresante, a la vez que las decisiones, datos e información deben generarse rápidamente y con confianza, teniendo en cuenta a todas las partes implicadas y sus intereses. El personal de mando debe tener la capacidad de responder rápidamente en este tipo de ambiente y ser capaz de adaptarse a nuevas situaciones.

Por lo tanto, de las conclusiones de la Tesis de Simons (2013) se extrae que es fundamental reducir al máximo la **incertidumbre** y ese es el objetivo de este trabajo: a través del conocimiento de los grandes incendios que han sucedido y con el apoyo de las nuevas tecnologías, elaborar planes de extinción preestablecidos que permitan al director de la emergencia, teniendo en cuenta las diferentes ventanas meteorológicas, disponer de un abanico de decisiones predeterminadas. Es decir, cambiar la, hasta ahora, respuesta reactiva por una respuesta proactiva y contar de antemano con los elementos de juicio y datos técnicos que permitan avalar sus decisiones, reduciendo las diferentes presiones y, lo que es más importante, contar con un mayor grado de seguridad tanto para el personal interviniente como para las personas del lugar.

II.6.1. El Plan de Operaciones.-

El Plan de Operaciones es el documento de trabajo básico en donde se recoge el proceso de toma de decisiones para hacer frente a un incendio forestal. Este Plan contiene la información necesaria sobre la situación del incendio en cada marco temporal, definiendo las estrategias y tácticas de extinción que se llevarán a cabo para su contención, en base a otro tipo de información (meteorología, accesos, riesgos, etc) también recogida en él.

El director de extinción es el responsable de su elaboración, lo que no implica que sea él quien lo tenga que redactar, pudiendo redactarlo otras personas, siguiendo sus indicaciones, y que en todo caso, debe validarlo mediante firma, para el espacio temporal en el que se encuentre como responsable del incendio.

El Plan de Operaciones se compone fundamentalmente de los siguientes documentos e información:

- Formularios con los datos de identificación del incendio (nombre, coordenadas, fecha...), del Plan de Operaciones (Fig. 68) (número, vigencia, responsable..), de los datos meteorológicos y cartográficos, de la organización de las comunicaciones, organización del incendio por sectores, responsables, medios asignados a cada sector, organización de operaciones aéreas, identificación de riesgos para vida y bienes de personas, etc.
- Mapa del incendio, con su sectorización, simbología de operaciones sobre este, y ubicación de recursos.
- Estrategia general y tácticas a emplear en cada sector, con la asignación de recursos necesarios.

The image displays three forms from the Valencia Fire Consortium's operational plan. The first form, 'PLAN DE DIRECCIÓN TÉCNICA DE EXTINCIÓN', includes fields for plan number, date, location, and start time, along with a table for 'DATOS GENERALES DEL INCENDIO' and 'MESES DE MANEJO RÁPIDO'. The second form, 'DATOS DE ARRIBA EN EL MOMENTO DEL INCENDIO', contains sections for 'MEDIDAS DE ARRIBA', 'MEDIDAS DE BARRERA', and 'MEDIDAS DE TRAZADO'. The third form, 'CROQUIS DE EVOLUCIÓN DEL INCENDIO Y SITUACIÓN DE MEDIOS', features a large blank area for a map and a legend at the bottom.

Figura 68 Tres formularios del Plan de Operaciones del Consorcio de Bomberos de Valencia, de un total de 8 formularios que lo componen. Fte.- Elaboración propia.

Como marco de referencia legislativa, la Ley 43 de Montes de 2003, en su artículo 47 referente a los trabajos de extinción, establece que *El director o responsable de la extinción tiene la condición de Agente de la Autoridad y podrá movilizar todos aquellos medios públicos o privados para actuar en la extinción de acuerdo a un plan de operaciones.*

De esta forma la Ley de Montes establece como instrumento de trabajo para el Director de Extinción el Plan de Operaciones. Su función más importante es la de informar, siendo tan importante su elaboración como su difusión. Este proceso de información debe ser continuo, desde que comienza el incendio hasta que finaliza, recogiendo todos los pormenores de las operaciones de extinción, así como cualquier otro que de las mismas pudiera derivarse.

El proceso para su elaboración consta de los siguientes pasos (Tabla 22).

- Reconocimiento y toma de datos
- Evaluación de la situación y determinación del grado y nivel de la emergencia
- Planificación
- Seguimiento

Tabla 22 Descripción de las fases del Plan de Operaciones. Fte.- Elaboración propia.

Fase	Acciones
Reconocimiento y toma de datos (fase previa a la toma de decisiones)	Ubicación exacta del lugar Naturaleza y tipo de bienes amenazados Tipo de incendio, magnitud, velocidad de propagación, motor del incendio Combustibles, meteorología, topografía Infraestructuras de comunicaciones Infraestructuras de prevención
Evaluación de la situación y determinación del grado y nivel de la emergencia	Bienes a defender y prelación de importancia Cantidad y tipología de medios de extinción Seguridad para unidades de extinción y habitantes del lugar. Control de previsiones meteorológicas
Planificación (Prioridades, Estrategia, tácticas y espacio temporal)	Establecimiento de las líneas de control Sectorización, dimensionamiento de la estructura de mando y ubicación de PMA Decisiones sobre evacuación, confinamiento o defensa de puntos sensibles Control y liquidación de incendio
Seguimiento	Plan temporal de comprobación de objetivos, y validación mediante reevaluación de la situación

En la tabla 23 se muestra un esquema de los procesos de seguimiento de las acciones en el PMA y Centro de Recepción de Medios (CRM)

Tabla 23 Esquema de los procesos de seguimiento de las acciones en el PMA y Centro de Recepción de Medios (CRM). Fte.- Elaboración propia.

<i>PMA</i>	<i>HORA</i>	<i>CRM</i>
Relevo mandos incendio y reunión	08:00-09:00	Relevo mandos incendio y reunión. Relevo de unidades de primera y segunda intervención
Implantación sobre el incendio Plan de operaciones día	09:00-10:00	
Supervisión de consecución de objetivos	10:00-11:00	Petición de avituallamiento comida
	11:00-12:00	Organización de relevos de las 20:00 y puesta al día de partes de medios y ubicación de unidades
	12:00-13:00	
Control de datos climatológicos y comparación con las previsiones.	13:00-14:00	Organización de reparto de víveres por tierra y aire
Elaboración Plan de operaciones para la tarde	14:00-15:00	
Reunión con cada jefe de sector sobre el terreno, explicando las modificaciones al Plan	15:00-16:00	Actualización de mapas topográficos en CRM para información unidades
Supervisión de consecución de objetivos	16:00-17:00	
	17:00-18:00	Petición de avituallamiento cena
Control de datos climatológicos y comparación con las previsiones.	18:00-19:00	Visita del JUB Logística a Director PMA puesta al día
Elaboración del Plan de operaciones para la noche	19:00-20:00	Organización de relevos de las 08:00 y puesta al día de partes de medios y ubicación de unidades
Implantación sobre el incendio de Plan de operaciones noche, reunión con cada jefe de sector sobre el terreno, explicando el Plan operaciones noche	20:00-21:00	Relevo de unidades de primera y segunda intervención
	21:00-22:00	
	22:00-23:00	Organización de reparto de víveres por tierra
Control de datos climatológicos y comparación con las previsiones.	23:00-24:00	
Supervisión de consecución de objetivos	00:00-04:00	Petición de café y bebida caliente
Control de datos climatológicos	04:00-05:00	Actualización de mapas topográficos en CRM para información unidades
Elaboración Plan operaciones aéreas	05:00-06:00	
Elaboración Plan operaciones terrestres	06:00-07:00	Reparto de desayuno
Implantación Plan operaciones aéreas	07:00-08:00	Preparación de los partes y mapas para relevo.

Como ha podido observarse de todo lo expuesto con anterioridad, la inmensa mayoría de Planes de Operaciones son reactivos, es decir, se preparan una vez que el incendio se ha declarado, lo que sin duda implica una pérdida de tiempo capital.

Las emergencias relacionadas con incendios forestales se caracterizan por ser dinámicas en el espacio y el tiempo, sobre todo teniendo en cuenta que la propagación de incendios de viento, en días con condiciones propicias para el comportamiento extremo de incendios, hacen muy complicado saber dónde se encuentra el incendio en un momento determinado y conducir a las unidades de extinción a los puntos concretos, antes de que estas posiciones sean superadas por el avance del propio incendio como ocurrió por poner algunos ejemplos en los incendios de Guadalajara (2005) y Cortes de Pallás (2012). En el primer caso la carrera principal de propagación alcanzó los 10,5 kilómetros y el perímetro era de más de 30 kilómetros en 2:40 horas. En cuanto al incendio de Cortes de Pallás en 12 horas la carrera principal de propagación fue de más de 26 kilómetros.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE EL SIMULADOR WFA.

III. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE EL SIMULADOR WFA.

III.1. Factores implicados en el comportamiento del fuego.

El comportamiento de un incendio forestal, es el resultado de la combinación de las condiciones meteorológicas y topográficas con el estado y tipo de combustible forestal sobre el que se desarrolla (Fig. 69).

Cada uno de estos factores y sus diferentes combinaciones tienen una influencia directa sobre el incendio, y sobre cada una de sus variables y características.

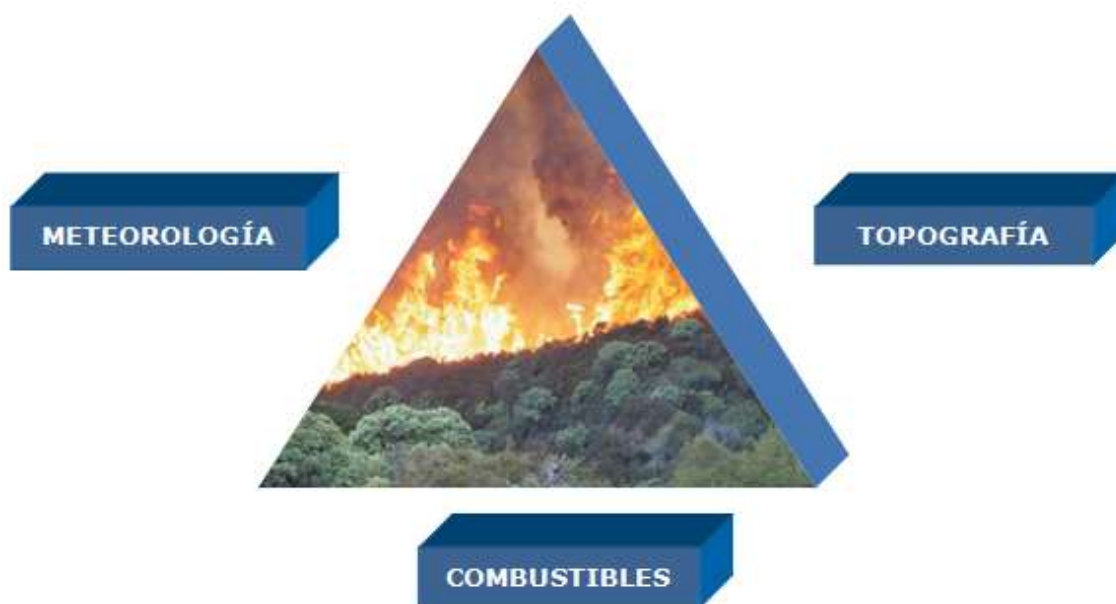


Figura 69 Triángulo del análisis del comportamiento del incendio forestal.

Como factores a incluir en la influencia sobre el comportamiento final del incendio se deben incluir la humedad relativa, la estabilidad o inestabilidad atmosférica, la disposición de los combustibles, la inflamabilidad, la combustibilidad, el desarrollo de las tormentas, además de otros factores intrínsecos a la dinámica del fuego, como son la retroalimentación, los saltos de fuego, la lluvia de pavesas, las deflagraciones, la zona de colapso de una columna de convección, etc.

Con el fin de facilitar las operaciones de simulación de los incendios, se va a restringir la zona de estudio de Sot de Chera al macizo central que queda al norte de la A3, ya que la continuidad de la masa forestal hacia el sur se ve interrumpida por la discontinuidad que suponen los cultivos agrícolas de la plana Utiel Requena. Para el estudio de la zona de La Calderona, se eliminará la discontinuidad de vegetación que suponen los cultivos junto a la A7 hasta el mar.

III.1.1. Topografía.

La pendiente y exposición ya se ha analizado en el apartado II.2.2 topografía, sin embargo, el análisis de este factor en relación con el comportamiento del fuego tiene que tener en cuenta

también la orientación de las cordilleras y valles en relación con los vientos dominantes, y por tanto de la interacción de viento y topografía con el comportamiento del fuego esperado.

Así, cuando un régimen de vientos se encañona en un valle en el cual disminuye su sección, este incrementa su velocidad, aumentando la velocidad de propagación del incendio en ese lugar.

También es muy interesante en relación con el comportamiento del fuego, analizar aquellas zonas en donde los vientos pierden su alineación con la topografía de la zona (Campbell, 1995), ya que pierden el efecto de desecamiento que el calor convectivo ejerce sobre los combustibles que hay por delante de este, entrando incluso en zonas de contravientos, lo cual frenará en primera instancia su velocidad de propagación, aunque la zona de proyección de focos secundarios puede suponer la propagación del incendio fuera de esta zona de interacción.

Aquí es donde aparece el concepto de piromorfología, que podría definirse como el efecto que las formas del terreno ejercen sobre el comportamiento del fuego (Castellnou et al, 2009).

El régimen de vientos anual en la provincia de Valencia anual es el que se muestra en la figura 70. En él se puede apreciar un claro predominio de los vientos de componente este y oeste, así como las combinaciones SW, NW y SE especialmente, que serán analizados más en profundidad en el capítulo III.3. Patrones meteorológicos asociados a la incidencia de incendios forestales en la Comunitat Valenciana, por lo que este capítulo se centrará en las posibles alineaciones de viento y distribución topográfica de las zonas de estudio.

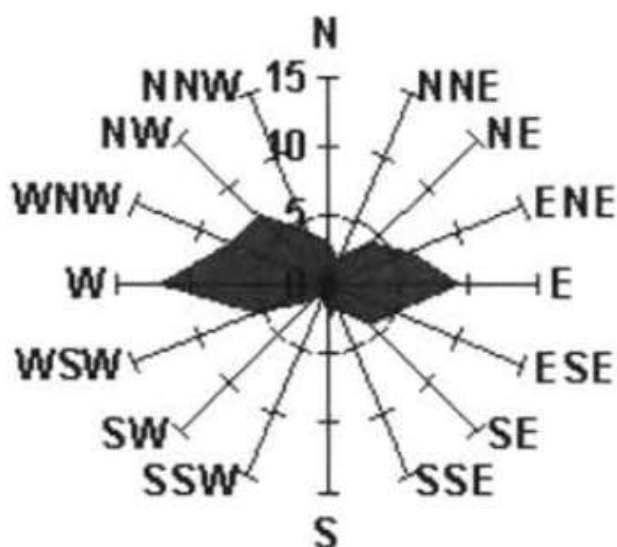


Figura 70 Régimen de vientos dominantes anuales en Valencia. Fte Capell Molina, J.J.; Viedma Muñoz, M. 2004.

Si analizamos el escenario de Sot de Chera (Fig. 71), los valles principales con orientación Este-Oeste, y por lo tanto alineados con vientos dominantes en la zona, son los del río Cabriel al Sur, el del río Magro y el Reatillo en el centro, el del cauce del río Turia al Norte y la cadena montañosa de El Remedio que discurre por el Norte de Utiel y Requena. Con orientación Sureste Norte está la depresión del valle de Chera - Sot de Chera, en la parte central de la zona de estudio, que sin duda supone una buena zona para planificar operaciones de control de cabezas de grandes incendios que se iniciasen en el área Oeste de la zona de estudio.

La parte Este de la zona de estudio está recorrida por cadenas montañosas que comienzan a descender hacia el Este, terminando en el Barranco del Gallego, el Barranco de Chiva y el Barranco Grande.

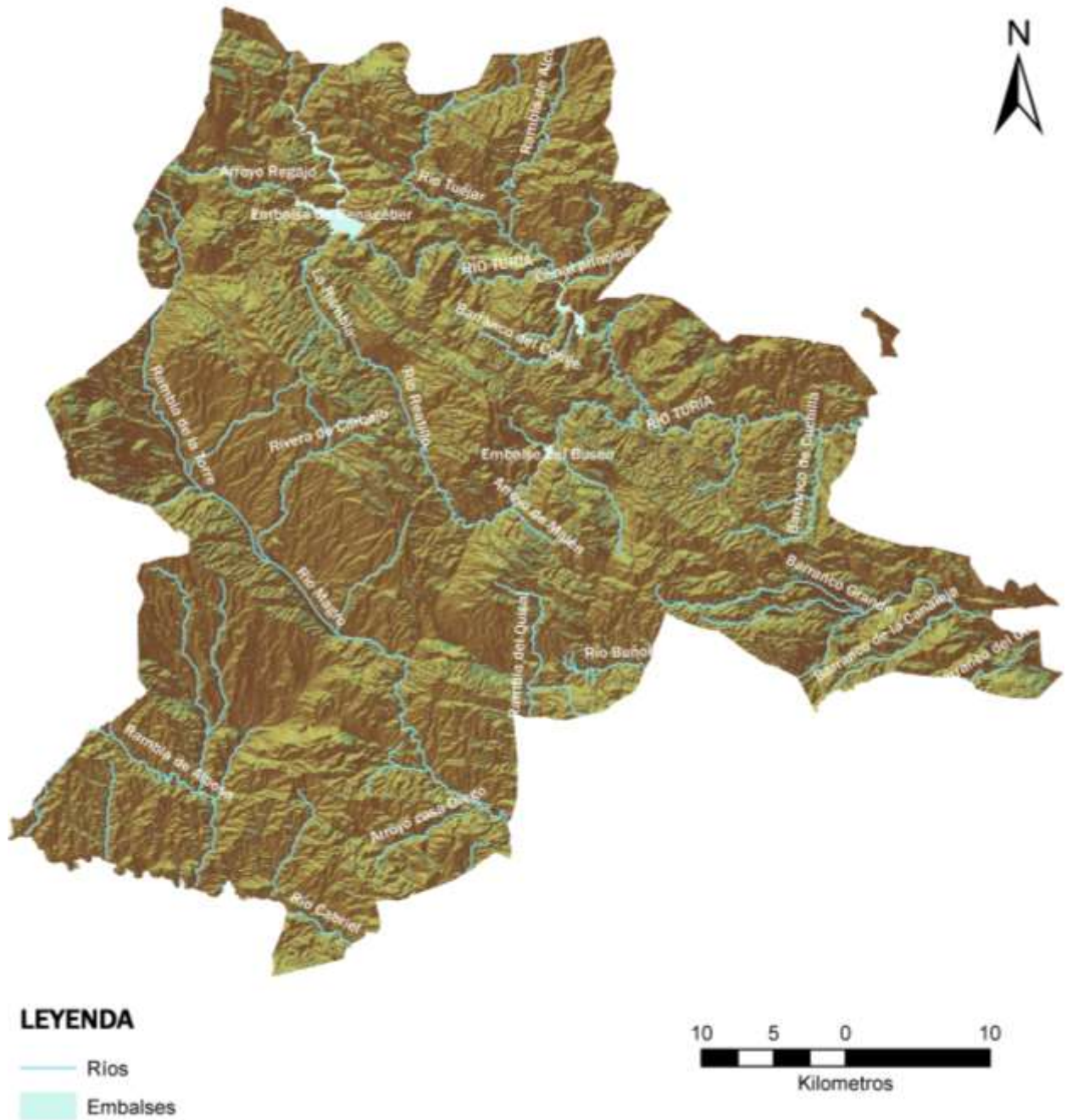


Figura 71 Mapa topográfico de la zona de Sot de Chera.

Si lo analizamos de forma inversa, las principales cadenas montañosas discurren en la misma dirección que los vientos predominantes, favoreciendo de forma clara la propagación de incendios, los días en los que el combustible está disponible.

Por tanto, la mayoría de los valles tienen una distribución Este – Oeste, lo cual acentúa la velocidad de los vientos dominantes en la zona, y especialmente los del Oeste, que por su característica de terrenal llega a la zona muy seco y caliente en la época de mayor riesgo de grandes incendios.

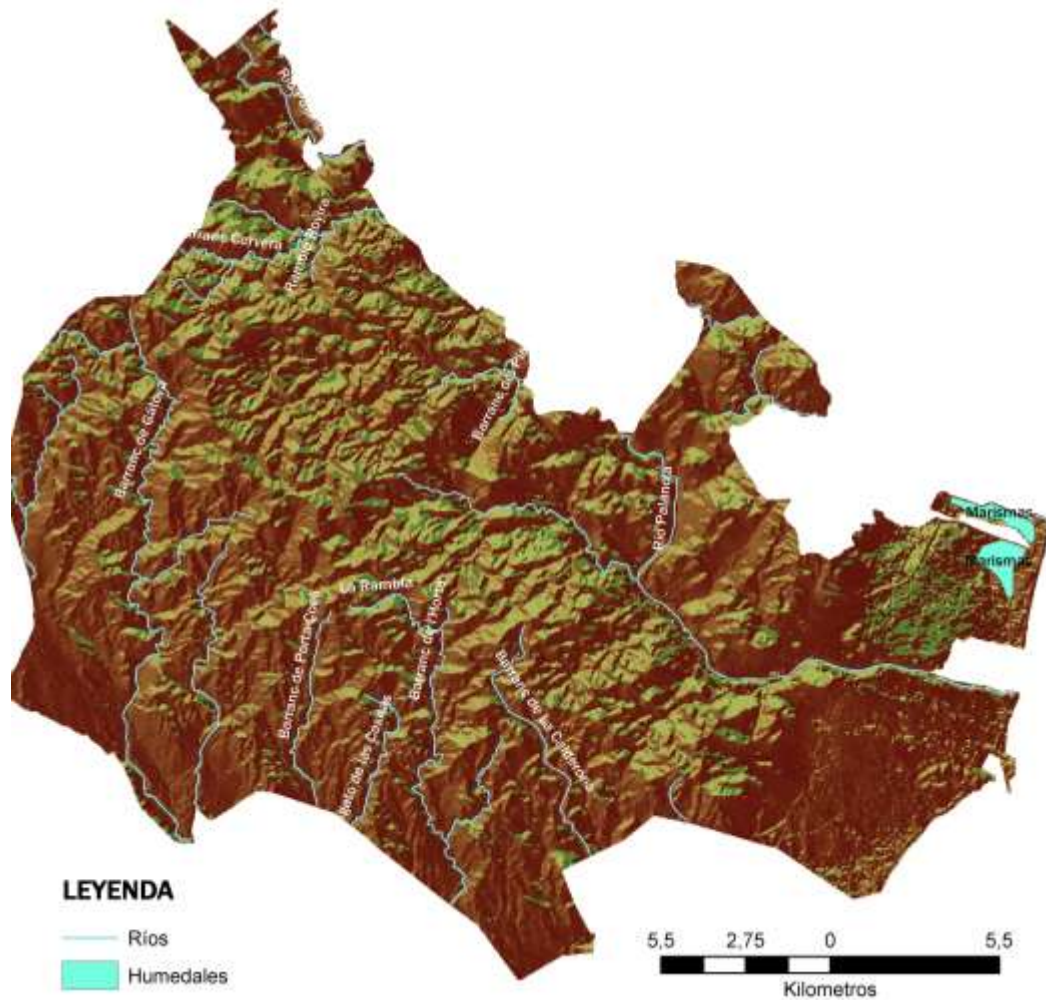


Figura 72 Mapa topográfico de la zona de La Calderona.

La zona de La Calderona (Fig. 72) sigue el mismo patrón que la de Sot de Chera, con orientaciones de valles alineadas Este Oeste, delimitada al Norte por el río Palancia, por la parte central de la zona discurre el Barranco de la Sarva, que desemboca en el río Palancia, mientras que al Sur las ramblas tienen orientación Norte Sur, como el Barranco del Oro, el de Portacoeli, el de Pedralvilla, el de los Ladrones y el de Gátova. Al Oeste la zona está delimitada por el Barranco del Carraixet, que enmarca la parte Oeste de la zona de estudio recorriéndola de Norte a Sur.

De la misma forma que en Sot de Chera, la distribución de las cadenas montañosas principales también se ve favorecida por la distribución Este Oeste, aunque existen una serie de barrancos en la parte Oeste, o en la cara Sur de la cadena montañosas, donde existen valles con orientación Norte - Sur, que sin duda pueden suponer un puntos de oportunidad de extinción, al generarse el efecto de contravientos para incendios empujados por vientos con componente Este - Oeste.

III.1.2. Modelos de combustible

La relación entre el hombre y la naturaleza en el pasado, son la causa principal del paisaje que tenemos hoy en día. Los grandes incendios ocurridos en Valencia en las décadas de los 70, 80 y 90 modificaron seriamente la fisonomía del paisaje, con el efecto principal, en muchos casos, de la destrucción del estrato arbóreo. Las asociaciones vegetales que normalmente acompañan

como sotobosque al pino, tras un incendio suelen mantener su misma composición una vez regenerada aunque éste falte. El estrato arbustivo sólo merma en densidad y altura de forma proporcional a la distancia temporal del incendio (Fig. 73).

Pero el efecto paisajístico es considerable cuando desaparecen los pinos o quedan unos cuantos aislados y deteriorados. Incluso cuando se ha regenerado el matorral, permanecen en el terreno los troncos muertos que atestiguan el paso del fuego tiempo atrás y que los arbustos casi han borrado su huella.



Figura 73 Matorralización del paisaje

La identificación de la vegetación que está siendo afectada por un incendio ayuda a comprender el comportamiento de este. Pero realizar una evaluación de todos los combustibles presentes en cada incendio necesitaría mucho tiempo. Por eso se ha ideado el concepto de "modelos de combustible", que nos ayuda a predecir el comportamiento de un incendio de una forma rápida y lógica. Un modelo de combustible nos da información de las características de una estructura de vegetación y de su comportamiento ante un incendio.

La modelización del fuego requiere información específica de los combustibles forestales definida en términos numéricos. Esta definición incluye: carga de combustible, relación entre la superficie y volumen en cada tamaño de clase, profundidad del combustible, densidad de las partículas de combustibles, capacidad calorífica de cada combustible, y humedad de extinción (Rothermel, 1983). Así, los modelos de combustible surgen como un método alternativo para predescribir combustibles, de manera que no haya que tomar todos los datos antes comentados. Para cada modelo de combustible, se describen los valores numéricos necesarios para definir el modelo de propagación del fuego.

Los sistemas de información geográfica suponen una nueva herramienta que nos dota de la posibilidad de generar una cartografía específica de los modelos de combustible. Pero debe partir de una metodología que evite en la medida de lo posible fallos de interpretación, y que provea de una información contrastada de la vegetación presente.

Para la creación del mapa de modelos de combustible en la provincia de Valencia, se ha tomado como punto de partida el III Inventario forestal realizado en la Comunidad Valenciana en el año 2006. Esta capa nos da información en base a la estructura de vegetación presente en cada

tesela, así como de su fracción de cabida cubierta. Pero se debe definir a una escala aún más precisa qué vegetación está presente y en qué modelo de combustible queda enmarcada. Para ello se ha combinado el trabajo de campo con la aplicación de las nuevas tecnologías bajo la supervisión de personal con formación y experiencia en el campo de los incendios forestal.

Para cada zona de estudio se ha empleado un mapa con la Ortofoto del terreno (Fig. 74), con una escala 1:25000 (PNOA 2007) que permite una mejor ubicación y un segundo mapa de este mismo terreno a la misma escala pero con la caracterización empleada según el inventario forestal del tipo estructural de vegetación. En este mapa se elaboró el trabajo de campo, detallándose los modelos de combustible, incluyéndose los diferentes parámetros con influencia en el comportamiento de un incendio. Para evitar errores en la confección del trabajo de campo ha sido necesario tratar de homogeneizar la realización del mismo por las personas encargadas de su elaboración. Para ello se creó un guía de campo en la que se detallaban los modelos de combustible, así como los parámetros que debían anotarse en función del modelo de combustible presente.

Para la identificación de los diferentes modelos de combustible presentes en la provincia de Valencia se estableció como punto de partida los modelos de combustibles empleados por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos - USDA. El sistema de predicción del comportamiento del fuego (Fire Behavior Prediction System) empleado en EE.UU. incluye 53 modelos de combustible predefinidos. Trece de estos modelos se crearon en la década de 1970 (Rothermel) y en el año 2005 (Scott y Burgan, 2005) agregaron las definiciones de los 40 modelos adicionales. Los 13 modelos de combustible originales fueron diseñados para describir el comportamiento del fuego en las condiciones de quema durante el período más severo de la temporada de incendios forestales, cuando controlarlos resulta más problemático. Los nuevos modelos mejoran la exactitud de las predicciones de comportamiento del fuego fuera del período severo de la temporada de incendios, aumentando el número de modelos a aplicar, y mejorando la capacidad de entender el comportamiento del incendio al ofrecer más opciones de modelos de combustible.

La aplicación de los modelos de Scott y Burgan en la provincia de Valencia requiere de una síntesis, reduciendo el número de modelos a tratar, ya que no están todos presentes en el territorio. Estos modelos deben ser lo suficientemente representativos de la vegetación presente, pero sin excederse en el número de modelos, dado que el territorio a tratar y su biodiversidad es mucho menor. El resultado final incluye 15 modelos de combustible que son representativos de las diferentes estructuras de vegetación que conforman el paisaje actual en la provincia de Valencia.



Figura 74 Ortofoto de una de las zonas de estudio



Figura 75 Izquierda, mapa según estructuras de vegetación y derecha mapa de modelos de combustible.

Los resultados de la combinación del trabajo de campo con la información suministrada por la capa del III Inventario Forestal se revisaron y modificaron para poder delimitar de forma correcta el modelo de combustible presente en cada tesela (Fig. 75), especificando además para cada parcela los parámetros de interés para poder estimar el comportamiento de un incendio.

La tabla asociada a la capa de modelos de combustible (Fig. 76) nos da información detallada de los parámetros de interés en cada tesela. Estos parámetros ayudan a estimar el comportamiento de un incendio. Para todos los modelos se incluyen una valoración del grado de cobertura de la tesela y de las especies vegetales que fundamentalmente componen el modelo. Esta información permite un mejor entendimiento del comportamiento del incendio, además de facilitar una mejor comprensión de las diferentes etapas de sucesión y de las especies que predominan el paisaje forestal valenciano.

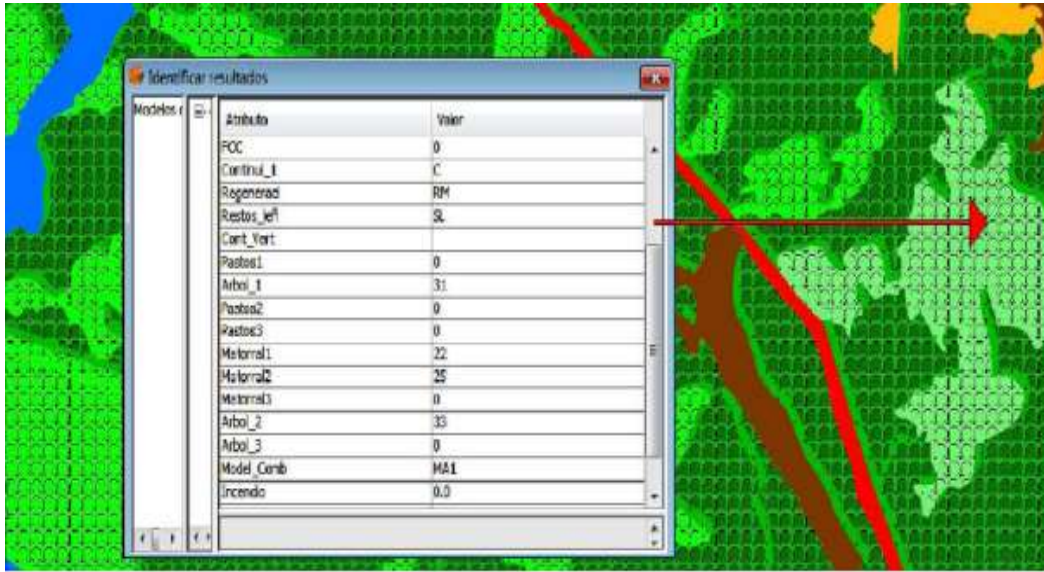


Figura 76 Ejemplo de Tabla de información asociada a cada tesela. Fte.- Elaboración propia.

Para la concreción de la carga de combustible de cada estructura, se realizó un Convenio con la Universidad de Alicante para la realización de un trabajo de campo en donde se estableció la carga asociada a cada estructura de vegetación para poder definir el modelo de combustible. Estas cargas varían en función del modelo, y presentan variaciones como puede apreciarse en la mapa adjunto de cargas para una de las zonas de estudio en el Valle de Ayora en Valencia.

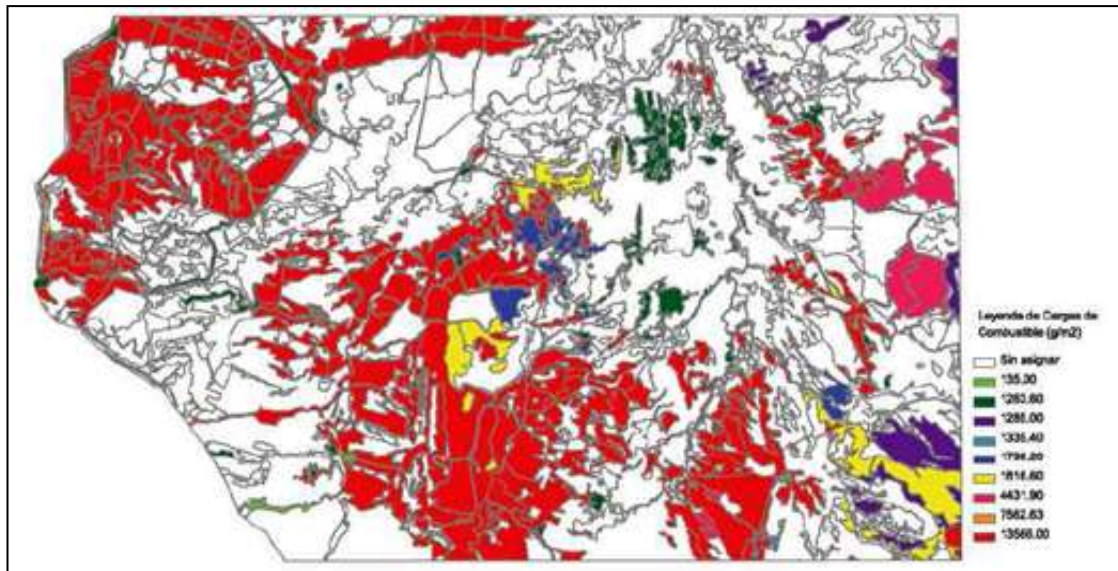


Figura 77 Mapa según cargas asociadas a cada modelo de combustible.

Como resultado de este trabajo se ha obtenido una capa de información geográfica (Fig. 77) de la provincia de Valencia donde se definen los modelos de combustible presentes (Fig. 78). Esta

capa, además, nos permite consultar diferentes parámetros de cada tesela incluyéndose la fracción de cabida cubierta (fcc), la continuidad horizontal y vertical del combustible, la presencia de restos leñosos, el tipo de regeneración presente y el nombre de la principal vegetación que compone la tesela.



Figura 78 Clave de identificación de los modelos de combustible en la provincia de Valencia.

Actualmente disponemos de una capa de modelos de combustible real en la que se ha tratado de evitar al máximo las interpretaciones subjetivas a través de la dirección de los trabajos de campo por las mismas personas y de la elaboración de una guía de apoyo al efecto.

El mapa generado se adapta muy bien a la realidad meteorológica, de recurrencia de incendios y composiciones florísticas existentes en la provincia, por lo que se entiende muy apropiada como base de trabajo de diferentes estudios, incluyendo el efecto de dinamismo en la vegetación, en función del periodo de lluvias.

Analizando los modelos presentes se puede observar la superficie ocupada por cada modelo de combustible para las zonas de estudio (Fig. 79 y 80, Tabla 24).

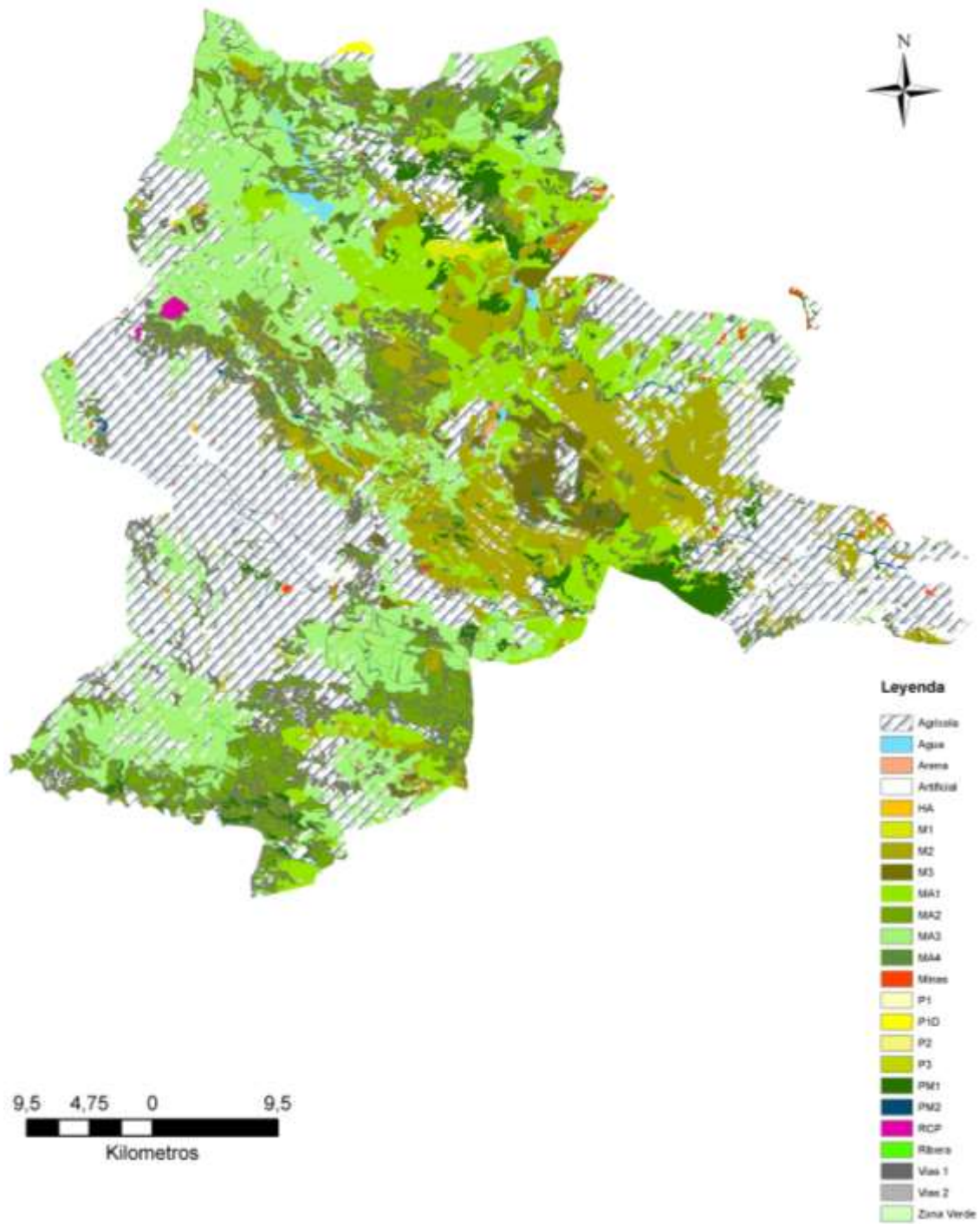


Figura 79 Mapa de modelos de combustibles de Sot de Chera.

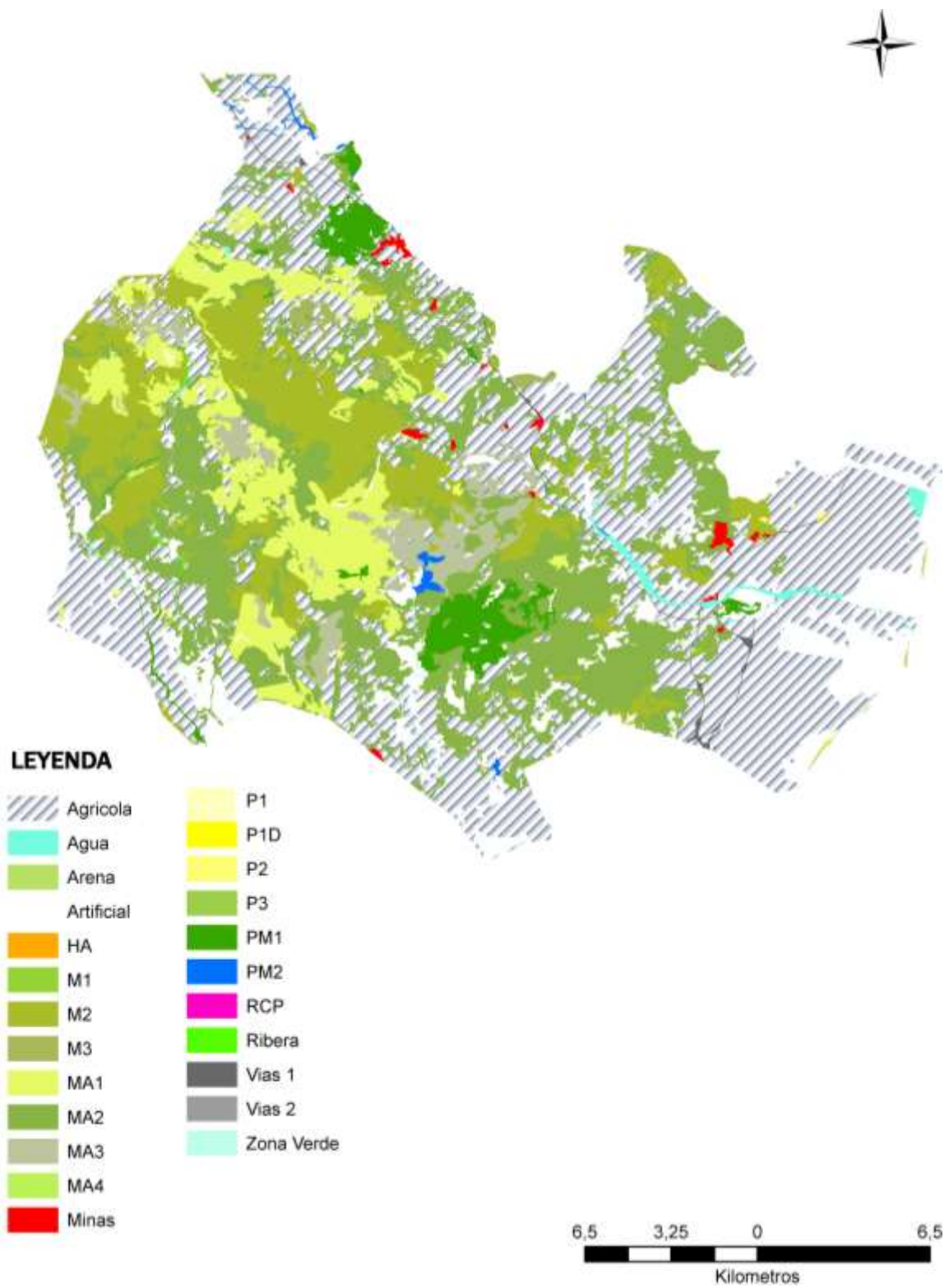


Figura 80 Mapa de modelos de combustibles en La Calderona.

Tabla 24 Tabla de modelos de combustible en las zonas de estudio.

Grupo	Modelo Combustible	Modelo Scott y Burgam (2005)	Sot de Chera (ha)	La Calderona (ha)
Pastizal	1.- P1 Pasto \leq 0,5 metros	GR 2(102) Baja carga de hierba en clima seco (Dinámico)	276,63	44,91
	2.- P2 Pasto \geq 0,5 metros y \leq 1,5 metros	GR 4(107) Carga moderada de hierba en clima seco. (Dinámico) La altura se sitúa en torno a 70 centímetros.	188,40	66,18
	3.- P3 Pasto \geq 1,5 metros	GR 7(109) Carga muy alta carga de hierba en clima húmedo. (Dinámico) La altura se sitúa en torno a 1 metros.	619,77	72,40
Pastizal Matorral	4.- PM 1: Pasto y matorral \leq 1,20 metros	GS 2 (122) Carga moderada de hierba y matorral en clima seco (Dinámico). El matorral tiene entre 30 cm y 1 metro y la carga de hierba es moderada.	9.374,41	1.540,48
	5.- PM 2: Pasto y matorral \geq 1,20 metros	GS 4 (124) Alta carga de hierba y matorral en clima húmedo (Dinámico). La altura del combustible es superior a 60 cm	957,23	148,69
Matorral	6.- M1 Matorral \leq 0,30 metros	SH 2 (142) Carga moderada de matorral en clima seco. La altura del matorral es de 30 cm.	792,00	6,25
	7.- M2 Matorral \geq 0,30 metros y \leq 1,20 metros	Interpolar entre SH 2 y SH 5	31.842,69	6.947,81
	8.- M3 Matorral \geq 1,20 metros	SH 5 (145) Carga alta de matorral en clima seco. La altura del matorral está entre 1,2 y 2 metros. (SH 7 Carga muy alta).	4.948,95	257,94
Matorral arbolado bajo	9.- MA1 Matorral con regeneración de arbolado.	TU 4 (164) Coníferas pequeñas con restos. La propagación principal es por la hojarasca con pasto presente y pies pequeños de pinos.	20.902,32	4.515,11
	10.- MA2 Matorral \leq 1,20 metros bajo arbolado adulto	Interpolar entre TU 1 (161) Baja carga de combustible de madera, pasto y matorral en clima seco bajo dosel arbóreo y TU 5 (165) Carga muy alta de madera y matorral en clima seco bajo dosel arbóreo.	32.070,66	13.365,28
	11.- MA3 Matorral \geq 1,20 metros bajo arbolado adulto	TU 5 (165) Carga muy alta de madera y matorral en clima seco bajo dosel arbóreo.	50.742,09	1.876,46

	12.-	MA4	TL 5 (185) Carga elevada de coníferas caídas.	788,45	0
	Restos leñosos junto con arbolado adulto				
Hojarasca bajo arbolado	13.-	HA	TL 1 (181) Pequeña carga de ramillas de coníferas. El fuego es propagado por la hojarasca presente, situándose la profundidad del combustible entre 2,5 y 5 cm. Modelo de Pinus Pinaster TL 8 (188) Mantillo de acículas largas.	62,47	0
	Hojarasca bajo arbolado.				
Restos de corta	14.-	RC	Restos ligeros de corta bajo arbolado. SB 1 (201) Baja carga de restos de corta.	266,33	0
	15.-	RC	Restos pesados de corta bajo arbolado. SB2 (202) Carga moderada de restos de corta.		0
Ribera				64,70	48,98
Agrícola				81.778,72	19.188,57
Agua				1.043,71	301,38
Arena				209,53	42,91
Artificial				3.352,17	3.581,44
Minas				643,32	213,46
Vías				539,51	191,19
Zonas verdes				82,48	0

III.1.3. Régimen de fuego en la zona de estudio.

Como ha podido apreciarse en la tabla 24 de modelos de combustible en las dos zonas de estudio, resulta clara la matorralización asociada fundamentalmente a los procesos de abandono de cultivos y muy especialmente, al régimen e incendios que ambas zonas han sufrido en el pasado.

Si atendemos a la recurrencia de incendios en la Comunidad Valenciana por época del año y año, podemos ver que la mayor parte de la superficie forestal se quema en verano (Fig. 81 y 82), aunque no son desdeñables los incendios de primavera, especialmente en el mes de marzo, asociados a inviernos secos y fuertes vientos, y los de otoño, asociados a otoños secos, donde la vegetación no ha recuperado su humedad después del periodo estival, con efectos de los

vendavales de origen terral, asociados a la entrada de borrascas por el la fachada occidental de la península Ibérica, que llegan secos al Mediterráneo.

Superficie afectada por los incendios por estación y año

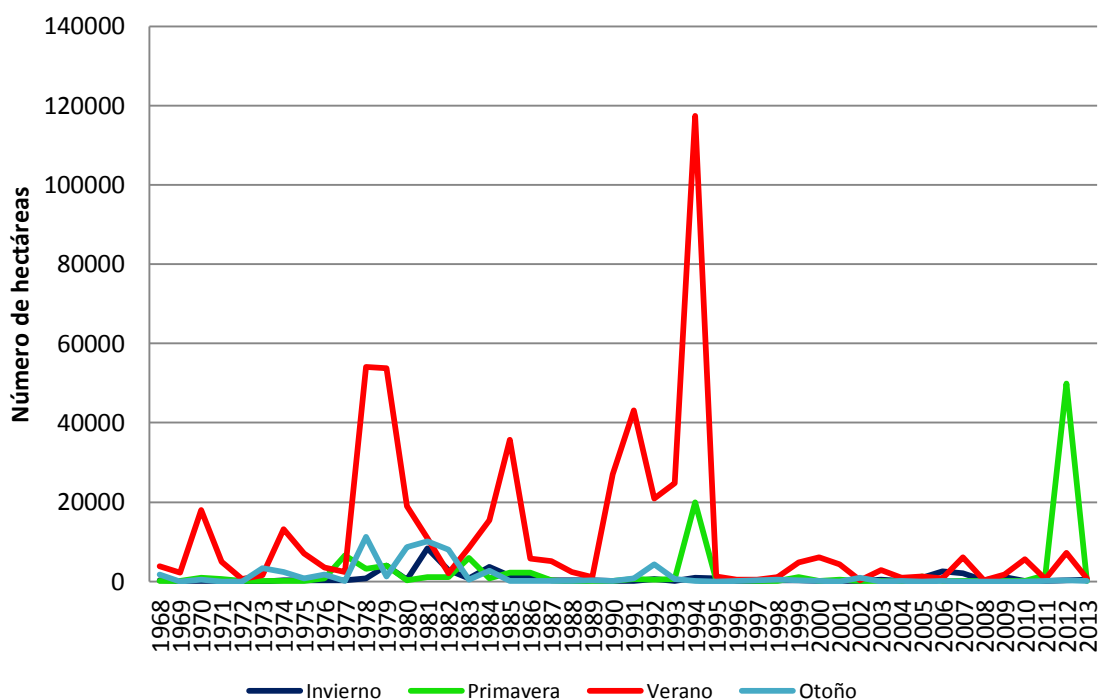


Figura 81 Comparativa de la superficie afectada por incendios entre cada estación para cada año. Fte. Elaboración propia.

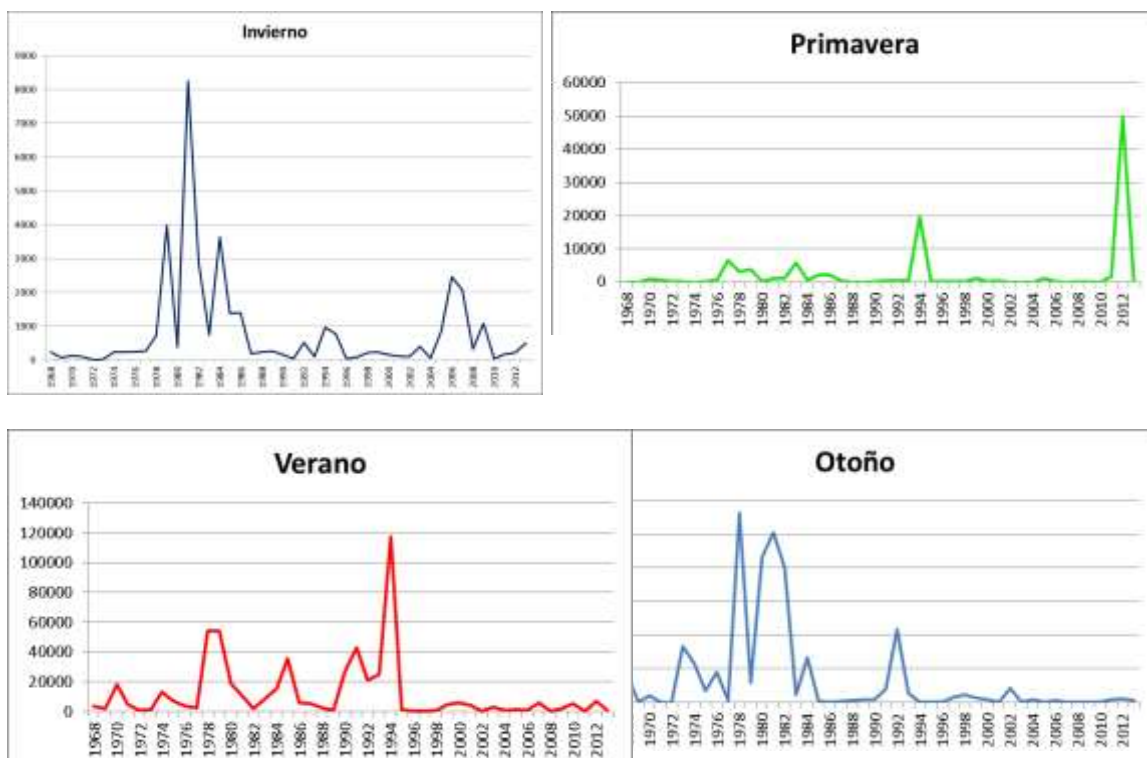


Figura 82 Detalle del número de hectáreas quemadas por estación /año, periodo 1968-2013 en la Comunidad Valenciana. Fte.- Elaboración propia.

III.1.3.1 Recurrencia de incendios en las zonas de estudio.

Del estudio realizado en el capítulo II.3.2. se ha sacado la recurrencia en las zonas de estudio, y en este capítulo esta recurrencia se cruzará con los modelos de combustible presentes en cada zona de estudio.

Según se puede apreciar en la tabla 13, de las 154.540,41 hectáreas que aglutinan los diferentes modelos de combustible forestal de la zona de Sot de Chera, 94.567,76 ha se han quemado al menos una vez en el periodo 1978 - 2013, incluso hay una recurrencia de 5 veces afectando a una superficie de 20,46 ha (Fig. 83).

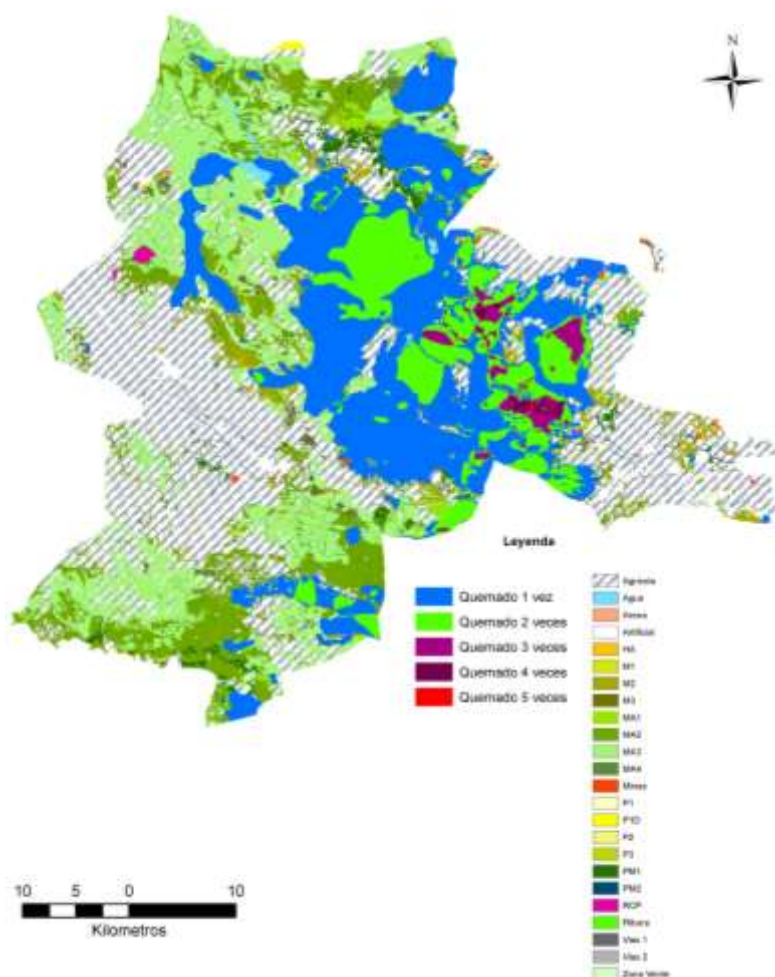


Figura 83 Mapa de recurrencia de incendios en la zona de Sot de Chera teniendo en cuenta los modelos de combustible. Fte.- Elaboración propia.

En la zona de La Calderona de las 28.890,51 ha (Tabla 13) que presentan los modelos de combustible en la zona, el fuego ha recorrido 18.255,55 ha al menos una vez. Teniendo en cuenta que la cartografía de terrenos incendiados está disponible desde el año 1978 en la provincia de Valencia y desde el año 1993 en la de Castellón, por lo que es de suponer que la recurrencia sobre la zona de Castellón será mayor (Fig. 84).

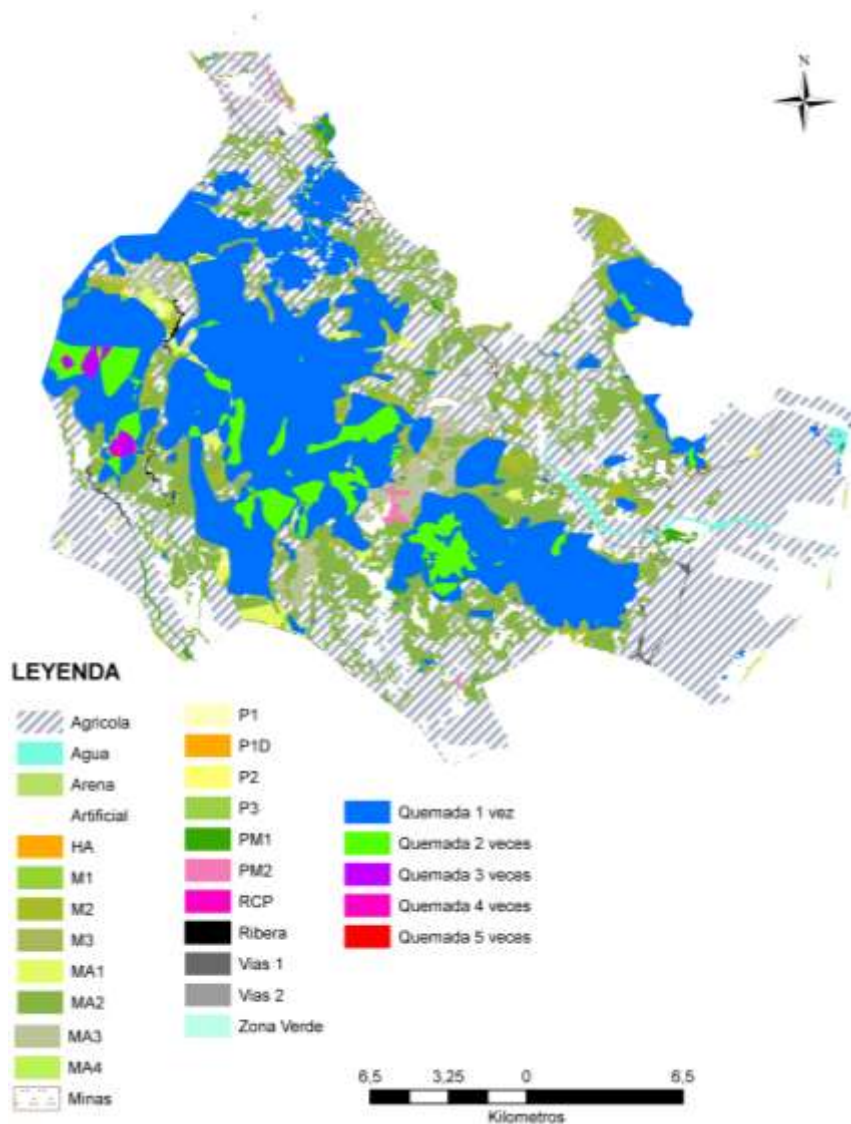


Figura 84 Mapa de recurrencia de incendios en la zona de La Calderona teniendo en cuenta los modelos de combustible. Fte.- Elaboración propia.

Para conocer el régimen de incendios, también es necesario conocer qué tipología de incendios es la que afecta en mayor medida a cada zona de estudio, o lo que es lo mismo, cuál es el motor principal de incendio que quema la mayor cantidad de superficie, lo que sin duda también está íntimamente relacionado con la intensidad de combustión, por la disponibilidad del combustible, y por tanto con la severidad a la que afecta a la vegetación.

Como bien es sabido, la mayor superficie quemada cada año se debe a los GIF, y en concreto en la Comunidad Valenciana, el número de incendios registrados en la Comunidad Valenciana mayores de 500 ha es de 236 para el periodo 1968 2013 (Fig. 49), constituyendo el 1,24 % del total de los 19.105 incendios registrados para ese periodo.

En relación con la superficie afectada, los GIF han afectado a 581.975,63 ha en el periodo estudiado, mientras que los 18.869 incendios menores a 500 ha han afectado a 174.994,94 ha, lo que sin duda viene a reflejar un dato clave, y es que el 1,24 % de los incendios afectan al 84,57 % de la superficie quemada en la Comunidad Valenciana, mientras que el 98,76 % afectan al 15,43 %.

Por tanto, resulta de capital importancia conocer cuales son las tipologías de incendios que queman la mayor parte del territorio, y en especial aquellas que generan los megaincendios. Para ello se analizarán los incendios mayores de 100 ha en cada zona, para poder obtener la meteorología que los condujo, cuestión que será abordada en el apartado III.1.5. Patrones climatológicos asociados a la incidencia de los incendios forestales en la CV.

Partiendo de la premisa de que el siguiente análisis es sagado, ya que sin duda hay una pérdida de información en relación con los incendios pequeños, existe la seguridad de que están reflejados los incendios grandes, que son los que interesan por ser los que más superficie queman.

Cómo no existe información referente a los principales parámetros que han conducido estos incendios, lo que se propone es realizar un análisis de su forma, y condiciones meteorológicas vinculadas a la fecha de inicio, para ver cuáles son las variables que los han podido conducir, y para ello se extrae la información de la base cartográfica de incendios de la Conselleria de Governación y Justicia.

De los 574 incendios recogidos en la base cartográfica en la zona de Sot de Chera, lo mayores de 100 hectáreas desde 1978 son los que se muestran en la tabla 25 y figura 85.

Tabla 25 Tabla de incendios mayores de 100 ha en Sot de Chera, periodo 1978 2013. Fte. Elaboración propia.

Fecha	Superficie (ha)	Fecha	Superficie (ha)	Fecha	Superficie (ha)
05/07/1994	24064,00	14/08/1980	901,12	17/08/1992	232,51
25/07/1990	7635,59	22/04/1984	751,02	05/02/1981	211,71
15/08/1980	7412,05	04/10/1978	707,96	02/08/1993	202,00
22/06/1994	5264,00	13/10/1981	669,86	11/6/1999	194,00
19/07/1979	4889,00	27/04/1982	660,19	20/07/2006	194,00
31/08/1992	4174,60	19/07/1984	641,83	3/8/2000	190,00
15/08/1979	2485,84	15/03/1979	622,40	29/8/2001	174,90
28/07/1991	2415,35	25/03/1986	605,69	02/04/1985	170,39
01/09/1978	2194,92	14/08/1984	538,06	22/08/1978	157,12
07/08/1993	2183,00	15/06/1979	448,54	29/03/1987	143,61
15/08/1981	2024,62	16/07/1992	321,84	23/06/1979	138,26
16/9/2000	1900,00	05/04/1979	318,80	15/07/2007	136,51
31/07/1994	1650,00	02/08/1985	314,17	23/09/1984	106,30
28/07/1991	1788,17	19/09/1978	282,02	29/03/1986	105,94
28/08/2003	1707,00	12/10/1984	265,27	22/04/1984	104,33
18/09/1978	1622,45	29/07/1979	259,97	19/11/1979	103,93
18/05/1986	1387,37	19/07/1979	259,97	05/09/1981	101,87
31/08/1992	1067,53	18/09/1978	252,21	21/01/1986	100,72
02/09/1978	1002,70	03/08/1979	250,74		

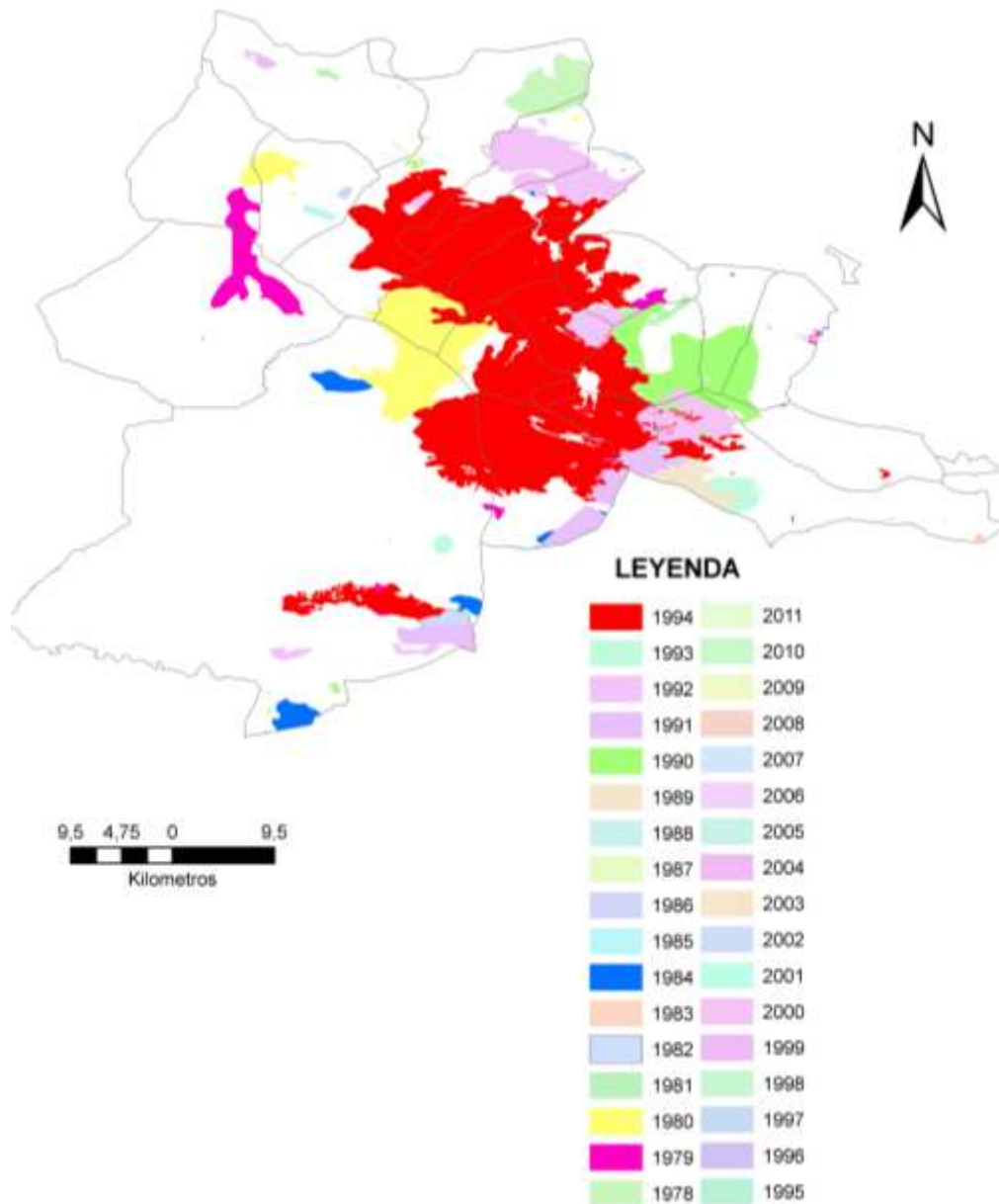


Figura 85 Mapa de los incendios mayores de 100 ha en Sot de Chera para el periodo 1978 - 2013.

En relación a La Calderona, hay registrados 315 incendios (tabla 26), y además de las premisas comentadas para el caso de Sot de Chera, en relación con la pérdida de información, también hay que tener en cuenta que los datos de curvas de incendio están disponibles en la provincia de Valencia desde 1978, mientras que los de la provincia de Castellón sólo lo están desde el año 1993, por lo que es posible que haya habido otros incendios que no salgan registrados en el mapa (Fig. 86).

Tabla 26 Tabla de incendios mayores de 100 ha en La Calderona, periodo 1978 - 2013. Fte. Elaboración propia.

Fecha	Superficie (ha)	Fecha	Superficie (ha)	Fecha	Superficie (ha)
10/08/1994	6717,96	12/08/2004	624,38	06/08/1993	201,00
30/08/1992	6270,80	06/07/1986	624,05	46157-93*	204,73
18/08/1979	2991,87	13/12/1981	359,31	06/06/1983	182,48
30/08/1992	2170,82	23/09/1984	320,03	01/02/1983	136,37
07/08/1978	1293,70	01/09/1978	275,90	20/02/1994	113,49
07/03/2007	1182,40	17/07/1987	275,44	01/05/1978	112,86
26/08/2009	1013,02	13/10/1982	262,35	19/03/1985	111,72
12/05/1979	762,37	03/10/1991	231,28	21/03/1981	101,41

* De este incendio se sabe que existió, pero se ha perdido la información de fecha.

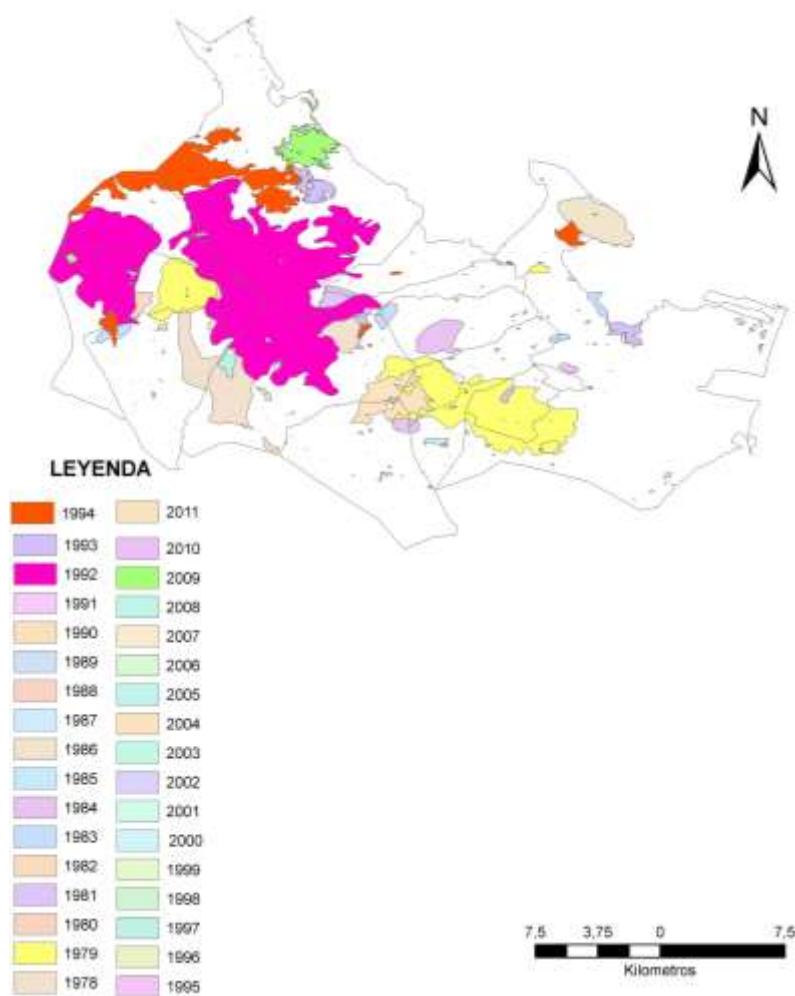


Figura 86 Mapa de los incendios mayores de 100 ha en La Calderona para el periodo 1978 - 2013.

III.1.4.Fenología

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, se puede definir fenología como “Parte de la meteorología que investiga las variaciones atmosféricas en su relación con la vida de animales y plantas”.

El ajuste entre los ciclos de actividad de las plantas y la estacionalidad del ambiente en el que viven, es un aspecto fundamental de la estrategia ecológica de los organismos vegetales. Por tanto, sería esperable que las posibilidades fenológicas estuvieran limitadas por las condiciones climáticas particulares de cada lugar del mundo. De este modo, la diversidad fenológica local sería escasa. Sin embargo, climas de marcada estacionalidad, como son los mediterráneos, presentan una elevada diversidad de patrones de organización estacional de las actividades vegetativas y reproductivas (Milla Gutiérrez, 2005).

Por su relación con el clima y su gran influencia sobre el estado de los combustibles se requiere en este trabajo un análisis de la fenología de las especies de la zona. La fenología de las especies mediterráneas viene marcada por la existencia de dos estaciones de elevado estrés climático, el invierno y el verano, que dividen el periodo adecuado para el crecimiento vegetal (Mitakos, 1980). Además, la característica variabilidad interanual de este clima limita la regularidad y duración de los periodos favorables (Mooney y Dunn, 1970).

Estas características del clima mediterráneo producen un crecimiento vegetal ligado a la duración de las primaveras que se está viendo condicionada por la ocurrencia del cambio climático, que está dando lugar a un periodo de altas temperaturas más largo y con una reducción de las precipitaciones en primavera por lo que genera una estación de primavera más seca y cálida, propiciando un nuevo periodo de condiciones óptimas para los incendios forestales. Estos cambios en dicha estación producirían una época de estrés superior ofreciendo una menor oportunidad de crecimientos a las masas forestales pero generando unas masas más envejecidas y al mismo tiempo presentarían un menor contenido de humedad, en las que las especies leñosas dominan sobre las especies herbáceas fruto del abandono de las actividades agroforestales. Las especies leñosas producen incendios de mayor intensidad, por lo que se conduce hacia masas más disponibles y con incendios más frecuentes e intensos.

Resulta complicado predecir a largo plazo los cambios en la vegetación producidos por cambios en la recurrencia de incendios. Los modelos de simulación utilizados hasta épocas recientes en el ámbito mediterráneo han sido el BROLLA, FATE, SIERRA, MELCA y FATELAN. BROLLA y FATE son modelos no espaciales, mientras que SIERRA, MELCA y FATELAND simulan la dinámica de la vegetación a escala de paisaje (Pausas. 2004).

Simulaciones con diferentes regímenes de incendios (sin incendios, cada 100, 40, 20, 10 y 5 años) permiten analizar las consecuencias de posibles cambios en el régimen de perturbaciones, así como entender la variabilidad del paisaje (Pausas. 2004).

Así, para las simulaciones en el Este Ibérico se han utilizado cuatro tipos fundamentales de plantas, en función del género más significativo y el tipo de respuesta al fuego:

- *Pinus*: árboles aciculifolios no rebrotadores con piñas serótinas.
- *Quercus*: árboles perenifolios rebrotadores
- *Erica*: arbustos rebrotadores
- *Cistus*: arbustos no rebrotadores con banco de semillas en el suelo

En estas condiciones BROLLA predice que sin incendios o recurrencias muy bajas la comunidad vegetal predominante sería un bosque de *Quercus* (dominante) con *Pinus*. Con elevadas recurrencias, el modelo predice comunidades arbustivas dominadas con plantas tipo *Cistus* (*Cistus sp*, *Ulex parviflorus*) con arbustos rebrotadores de tipo *Erica* y muy poca presencia o ausencia de *Quercus* y *Pinus*, algunos inmaduros. A recurrencias intermedias, parece que predominaría la comunidad mixta *Quercus Pinus* con más o menos abundancia de los arbustos dependiendo de la recurrencia (Pausas, 2004).

III.1.4.1. Humedad del combustible.

En relación con el clima, es muy importante conocer los escenarios futuros, pero no menos importante es conocer cómo afectan los escenarios climatológicos pasados, para poder predecir los futuros.

Así como la climatología previa tanto de meses o incluso años previos a los incendios, afectan al comportamiento del fuego alterando el contenido en agua de los combustibles vivos y su carga. El contenido en humedad es fundamental para el desarrollo del incendio y la cantidad de combustible consumida.

La humedad del combustible se puede definir como “el contenido de agua que tiene la vegetación, independientemente de que esté viva o muerta”.

De esta definición se pueden extraer los conceptos de humedad del combustible vivo y la humedad del combustible muerto. La humedad del combustible viene expresada en tanto por ciento, e indica la cantidad de agua total que contiene la vegetación en relación a su peso de materia seca.

III.1.4.1.1. Humedad del combustible vivo.

La humedad del combustible vivo depende de la época del año y de su estado vegetativo. Existen cinco estadios distintos del crecimiento de la vegetación y a cada uno de ellos le corresponde un contenido de humedad. Esta escala (Tabla 27) fue elaborada por Rothermel (1983) para poder realizar una valoración visual del contenido de la humedad del combustible. No obstante, los datos obtenidos en mediciones realizadas en España revelan unos resultados para las principales especies mediterráneas que difieren mucho de esta escala. Así, se pueden encontrar especies como *Pinus halepensis* en la que su variación puede oscilar entre 130% y 80% de forma habitual para las épocas de mayor y menor contenido en humedad, pudiendo bajar en años secos al 50% de contenido de humedad del combustible vivo medido en acícula.

Normalmente, el contenido de humedad de las especies forestales es mayor en primavera, cuando la vegetación finaliza su parón vegetativo, iniciando el crecimiento de las partes jóvenes de las plantas, más ricas en agua. El contenido de humedad va descendiendo a lo largo del verano, motivado por el estrés hídrico y las altas temperaturas, aunque puede que no sea así si el verano es húmedo. Con las lluvias de otoño la vegetación vuelve a recobrar su turgencia, para posteriormente iniciar el parón vegetativo a finales de otoño con las primeras heladas.

Tabla 27 Contenido de la humedad de los combustibles vivos. Fuente: Rothermel, 1983.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS COMBUSTIBLES VIVOS	
Estadios de Desarrollo de la Vegetación.	% Humedad del Combustible
Hojas jóvenes. Herbáceas anuales en crecimiento. Primeros estadios de desarrollo del crecimiento. Color muy verde.	300
Hojas maduras, pero todavía en desarrollo. Las células están saturadas de agua.	200
Hojas maduras en donde ha finalizado el crecimiento. Hojas perennes viejas. El color es verde muy oscuro.	100
Vegetación que está iniciando el parón vegetativo. El color comienza a cambiar. Algunas hojas se han caído de los tallos.	50
Hojas completamente maduras. Se decoloran totalmente, tornándose marrones o pardos.	Menos del 30. Se tratan como si fuesen combustibles muertos

En zonas cercanas a la costa puede que las plantas no tengan parón vegetativo durante el invierno si no se producen heladas. En determinadas zonas, la vegetación puede tener dos parones vegetativos provocados por las heladas de invierno y por el estrés hídrico en verano, especialmente, en años con primaveras secas.

Así, la humedad del combustible vivo varía fundamentalmente en función de las condiciones climatológicas estacionales a las que esté sometida la vegetación, además de otras circunstancias como:

- Naturaleza del sustrato sobre el que se desarrolla.
- Largos periodos secos o épocas de sequía.
- Enfermedades y plagas.
- Maduración temprana del follaje por una llegada temprana del verano.
- Por cortas de madera, en donde los árboles que quedan en pie reciben más cantidad de luz y calor.
- Derribos y roturas por tormentas, vendavales y nevadas.

III.1.4.1.2. Humedad del combustible muerto.

La humedad del combustible muerto está directamente influenciada por algunos factores ambientales como son:

- Humedad relativa.
- Precipitación.
- Temperatura.
- Viento.

Otros factores que inciden en la humedad de forma indirecta son:

- Hora del día.
- Cobertura de nubes.
- Sombreado.

- Estructura de la vegetación.
- Orientación.
- Pendiente.
- Elevación.

El **tiempo de retardo** se puede definir como el tiempo que necesita la vegetación para absorber o perder la humedad, en función de la variación que presenten las condiciones ambientales, y equilibrar su contenido en humedad con la atmósfera hasta un 65% aproximadamente (Rothermel, 1983).

El tiempo de retardo (Tabla 28) varía en función del diámetro de la vegetación y se expresa en función de las horas de exposición que el combustible necesita para alcanzar el equilibrio con el contenido de humedad de la atmósfera.

La más utilizada de todas es la Humedad del Combustible Fino Muerto (Hcfm), correspondiente a la humedad de la vegetación muerta, con un tiempo de retardo de 1 hora, es decir, de aquellos elementos que tienen menos de medio centímetro de diámetro. La Humedad del Combustible Fino Muerto se utiliza para calcular la probabilidad de ignición. La humedad de los combustibles con un tiempo de retardo de 10 y 100 horas está relacionada con la facilidad o dificultad de propagación que el incendio encontrará una vez comenzado.

Si la humedad relativa sube por encima del 60% entre las 4.00 y las 6.00 horas de la madrugada, los combustibles de 10 horas recuperan su humedad y por lo tanto, no están disponibles.

Para realizar el cálculo de la humedad del combustible fino muerto, se utilizan los nomogramas y tablas elaboradas por Rothermel (1983).

Tabla 28 Tiempo de retardo. Fuente: Rothermel, 1983.

TIEMPO DE RETARDO DE LA HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE MUERTO Y SU RELACIÓN CON EL TAMAÑO DE LA VEGETACIÓN.	
Tiempo de retardo	Diámetro del combustible
1 hora	Hasta 0,5 cm.
10 horas	> 0,5 cm – 2,5 cm.
100 horas	>2,5 cm – 7,5 cm.
1000 horas	>7,5 cm – 20,5 cm.

III.1.4.2. Inflamabilidad.

La materia vegetal es siempre combustible, sin embargo, la inflamabilidad de una determinada especie varía en función de su contenido en humedad.

La inflamabilidad se puede definir como **el tiempo transcurrido hasta que se emiten gases inflamables bajo un foco de calor constante**. Teniendo en cuenta las fases de propagación del calor, precalentamiento (deseccación y volatilización de gases inflamables), inflamación de gases y combustión del carbón, cuanto menor sea el contenido de agua, más rápidamente se producirá la inflamación de gases, ya que el foco de calor tendrá que evaporar menor cantidad de agua.

El proceso de la combustión de la materia vegetal consta de las siguientes fases (Vélez, 1995):

- Fase de precalentamiento: El calor exterior eleva la temperatura del combustible hasta algo más de 100°C, lo que produce la pérdida de vapor de agua. La temperatura continúa subiendo hasta unos 200°C, eliminándose toda el agua y comenzando a destilar las resinas.
- Fase de combustión de gases: La temperatura se sitúa entre 300°C y 400°C. Se desprenden gases inflamables que forman las llamas. La temperatura continúa subiendo hasta los 600°C a 1000°C. Además de los gases se desprende calor que mantiene la combustión.
- Fase de combustión del carbón: Se consume el carbono combinado con el oxígeno, quedando las cenizas formadas por materiales que no arden.

Así, hasta que no se desprende toda el agua que contiene la sustancia vegetal no se inicia la combustión, por tanto conocer el contenido de humedad de la vegetación es determinante para saber como estos combustibles se van a comportar frente a un incendio forestal.

Diferentes autores han descrito el concepto de inflamabilidad, Anderson propuso que la inflamabilidad consistía en la ignitabilidad (facilidad de ignición), sostenibilidad (como es de buena la combustión) y combustibilidad (velocidad o intensidad de combustión) (Anderson, 1970), y más tarde se incluyó el concepto de consumibilidad (cantidad de combustible consumido) (Martin et al. 1994).

Para entender mejor el proceso de propagación del incendio forestal, se diferencia el apartado de combustibilidad, parámetro que resulta clave para las operaciones de extinción.

III.1.4.3. Combustibilidad.

La combustibilidad se refiere a la propagación del fuego dentro de una estructura de vegetación, con una determinada velocidad e intensidad, es decir, no basta con que se inicie el fuego, sino que tiene que propagarse para que sea considerado como incendio.

Así, primaveras húmedas suelen disparar el crecimiento de la vegetación, acumulándose gran cantidad de herbáceas anuales, combustible fino, que al agostarse con la llegada del verano, dan lugar a innumerables conatos de incendio, o incendios de pastos o cosechas. Por el contrario, el contenido de humedad del combustible vivo será elevado, lo que dificultará la transmisión del calor a través de la estructura de vegetación, ya que tendrá que evacuar mayor cantidad de agua, haciendo relativamente sencillo el control de posibles incendios.

Lo contrario pasará en las primaveras secas, ya que aunque se produzca una cantidad de herbáceas relativamente baja, el contenido de humedad de los combustibles vivos será muy bajo, y en caso de incendio, la transmisión del fuego a lo largo de la estructura de vegetación será mucho más rápida, ya que la cantidad de agua a evaporar por el calor será menor.

Otra de las claves de cómo transcurrirá la época de mayor riesgo de incendios (verano / otoño), depende de si el verano es seco o húmedo. En el caso de veranos húmedos, aunque haya gran cantidad de vegetación herbácea seca en determinados días, el contenido en agua de la vegetación viva y la cantidad de humedad del combustible muerto mediano y grueso será alta, por lo que los incendios se propagarán con dificultad, es decir tendrán una baja combustibilidad, y serán mucho más fáciles de extinguir.

Si por el contrario, el verano es seco, habrá gran cantidad de conatos que podrán evolucionar rápidamente hacia la vegetación adyacente.

Largos periodos de sequía hacen que la combustibilidad de las especies se incremente mucho, incluso en otoño o invierno, pudiendo dar lugar a grandes velocidades de propagación en épocas de “relativo” bajo riesgo.

Lo mismo puede ocurrir en invierno, en situaciones de sequía, con la aparición de intensas heladas, la vegetación pierde el agua que tiene por congelación, pudiendo presentar humedades muy bajas, tanto los combustibles vivos como los muertos, por lo que los incendios pueden desarrollarse con gran rapidez.

Por otro lado, en relación con la combustibilidad, hay que tener presente que cuando se declara un incendio forestal, la velocidad de propagación es la propia de los combustibles finos, que puede llegar a centenares de metros por minuto, siendo muy fácil que el incendio evolucione por saltos de fuego si hay gran disponibilidad de los combustibles finos muertos. La intensidad del incendio es la propia de los combustibles pesados por los que evoluciona, que marcan la dificultad de las operaciones de combate del incendio.

III.1.4.4. Contenido de la humedad de los combustibles vivos.

El contenido de la humedad de la vegetación varía a lo largo del año (Fig. 87). Así, el contenido de humedad de las hojas viejas varía poco, mientras el contenido de las hojas nuevas tiene una gran variabilidad a lo largo del año (Schroeder y Buck, 1970).

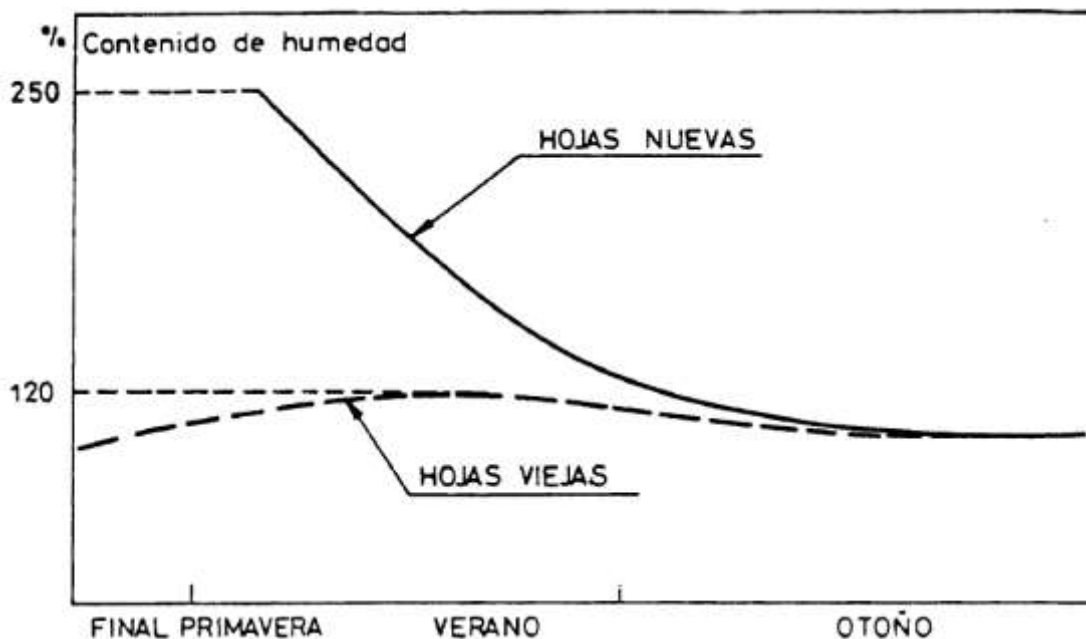


Figura 87 Gráfica de la evolución del contenido de humedad de las hojas nuevas y viejas a lo largo del año. Fte. Schroeder, M; Buck, C 1970.

En relación a su grado de espesura (Fig. 88), el contenido de humedad del combustible pesado y muerto (troncos y ramas gruesas de 15 a 45 cm. de diámetro) situado sobre el suelo del monte también varía a lo largo del año. Bajo cubierta, la humedad puede ser hasta un 10% mayor que en un claro expuesto al sol y al viento, siendo más alto para masas densas que en masas aclaradas (Schroeder y Buck, 1970).

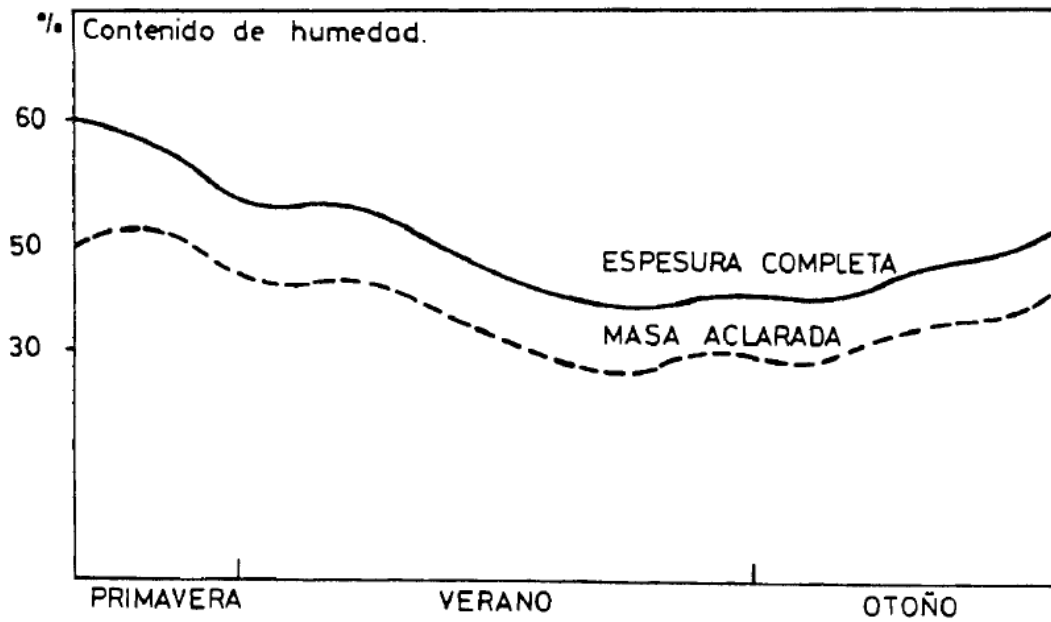


Figura 88 Evolución del contenido de humedad en función de la espesura de la masa. Fte. Schroeder, M; Buck, C 1970.

En la figura 89 se muestra como varía la humedad de los combustibles después de la lluvia. La variación en los pesados es más amortiguada, mientras que en el combustible ligero (hojas, ramillas) el descenso del contenido de humedad después de la lluvia es muy rápido. (Schroeder y Buck, 1970).

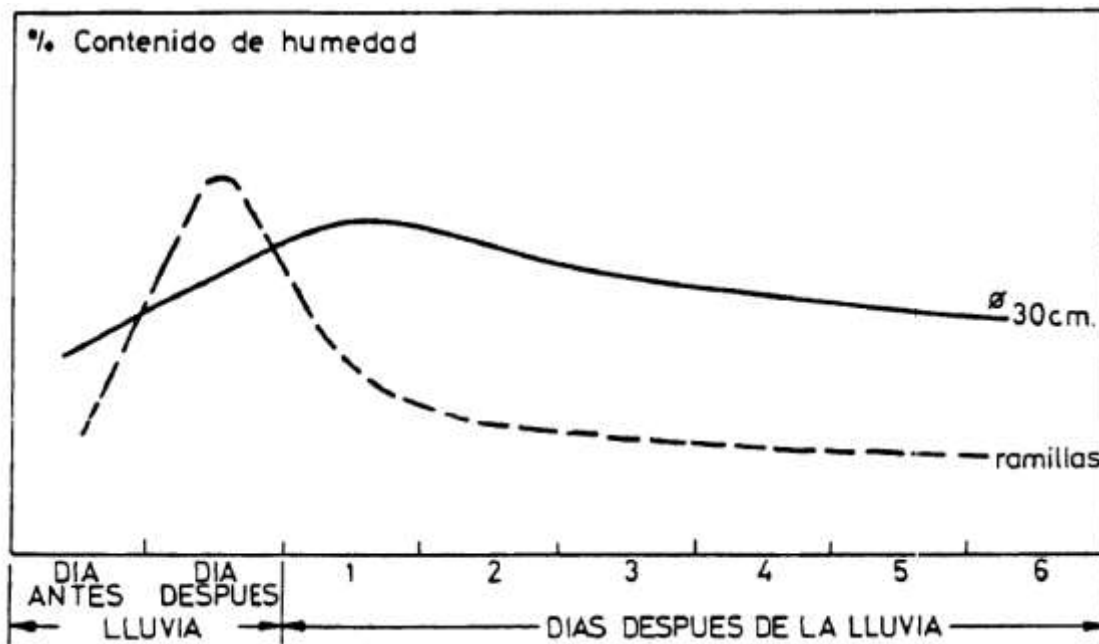


Figura 89 Evolución del contenido de humedad después de la lluvia en función del tamaño del combustible. Fte. Schroeder y Buck, 1970.

De todo lo anterior se deduce que cuanto más largo sea el período seco más puede descender la humedad del combustible forestal. El peligro de ignición crecerá a medida que se prolonga la sequía, ya que los combustibles ligeros, en los que se inicia el fuego, tendrán cada vez menor

contenido de humedad. Con cierto retraso se irán secando también los combustibles pesados que, una vez iniciado el fuego, lo alimentarán aportando su gran reserva de energía, convirtiéndolo en un incendio más o menos difícil de controlar.

Además de esto, hay que tener en cuenta que la cubierta vegetal ejerce un efecto pantalla sobre la lluvia que cae, reduciendo su efecto en el suelo. Según diferentes estudios se estima que entre un 10 y un 20% la lluvia es interceptada por el dosel arbóreo, si bien en bosques mediterráneos se han obtenido valores de entre 23–47% dependiendo del momento del año (Roy et al, 1985). La interceptación es mayor en lluvias débiles que en aguaceros intensos. En general las especies frondosas interceptan menos agua que las de hoja acicular (Chuvieco Salinero et al, 2004).

El incremento del contenido de humedad de la vegetación viva, como respuesta a la precipitación, no se efectúa de forma inmediata, así experiencias en matorrales californianos mostraron un retraso de entre 3 y 5 días dependiendo de la época del año (Chuvieco Salinero et al, 2004).

Por todo esto resulta capital conocer cómo evoluciona el contenido de humedad de las principales especies presentes en cada entorno forestal y cómo están adaptadas a su singularidad climática, es decir, no es igual la respuesta de un determinada especie adaptada a un clima continental que a otro mediterráneo.

Para ello se han tenido en cuenta en el presente trabajo las principales especies que pueblan los montes de la provincia de Valencia. También hay que tener en cuenta, que en la mayoría de las ocasiones, el motor del incendio se encuentra en la gran continuidad estructural de los combustibles de superficie, o en la predominancia de especies arbóreas como *Pinus halepensis*, *Quercus ilex* que, por su adaptación al clima mediterráneo y la recurrencia de incendios, hacen que tengan portes semiarborescentes o presenten una configuración estructural donde las ramas llegan al suelo, lo que en la práctica implica que el incendio se comporte de forma similar a la de un incendio de superficie.

Para conocer la variabilidad del contenido de humedad de estas especies en el clima mediterráneo, se han tenido en cuenta los trabajos de Xabier Castro en la zona de Cataluña (Castro et al. 2007), en los que vienen recogiendo muestras periódicas de la humedad de los combustibles forestales, lo cual ha permitido elaborar unas gráficas de evolución por percentiles del contenido de humedad de diferentes especies vegetales (Tablas 29, 30 y 31). Estas especies son las más comunes en los entornos forestales en la provincia de Valencia, y en concreto son *Rosmarinus officinalis*, *Quercus coccifera*, *Pinus halepensis*.

De los estudios realizados por el departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Cataluña (Castro et al. 2007) y en base a la propia experiencia en el combate de incendios forestales, habiendo analizado ininidad de estos, se ha aceptado la clasificación propuesta por Castro:

- Grupo1. El ciclo anual de estas plantas presenta los máximos niveles de humedad en la estación lluviosa. La variación anual de su contenido de agua es muy grande (100-150% de peso seco). El contenido de agua de estas plantas reacciona de forma significativa a las variaciones de cantidad de agua en el suelo.
- Grupo2. El ciclo anual de estas plantas presenta su máximo contenido en la época de floración, y se dan pequeñas variaciones en episodios de lluvia. La variación anual de su contenido en agua es inferior al del primer grupo (50-100%).
- Grupo3. El ciclo anual de estas plantas presenta pequeñas variaciones en el contenido en agua. La variación anual del contenido en agua es menor (20-50%).

Como ejemplos de plantas del grupo 1 se pueden citar el *Cistus monspeliensis* y el *Rosmarinus officinalis* del grupo 2 *Quercus coccifera* y *Arbutus unedo*, y del grupo 3 *Pinus halepensis*.

Tabla 29 Humedad del *Pinus halepensis* en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.

Percentiles *Pinus halepensis*

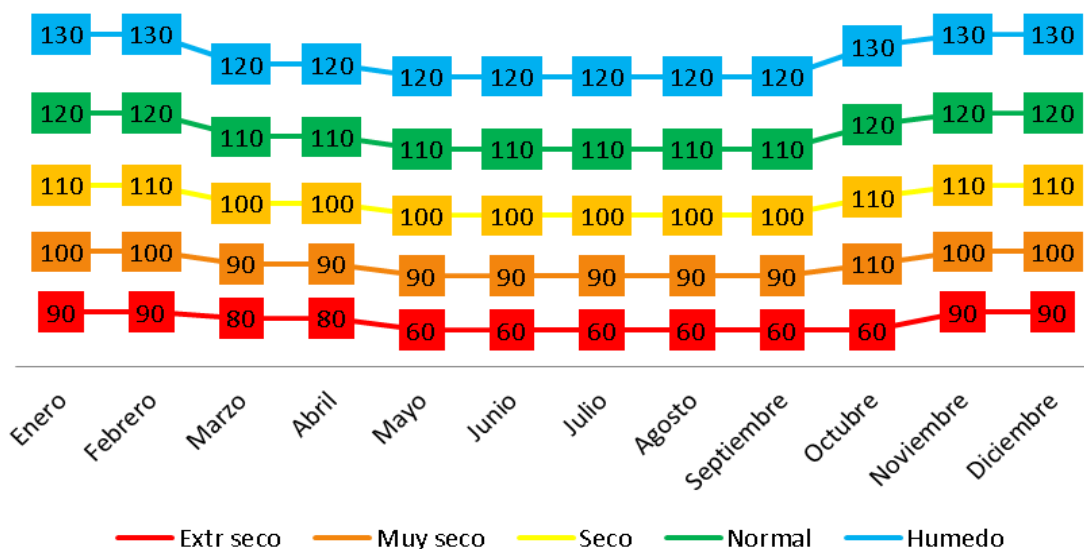


Tabla 30 Humedad del *Rosmarinus officinalis* en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.

Percentiles *Rosmarinus officinalis*

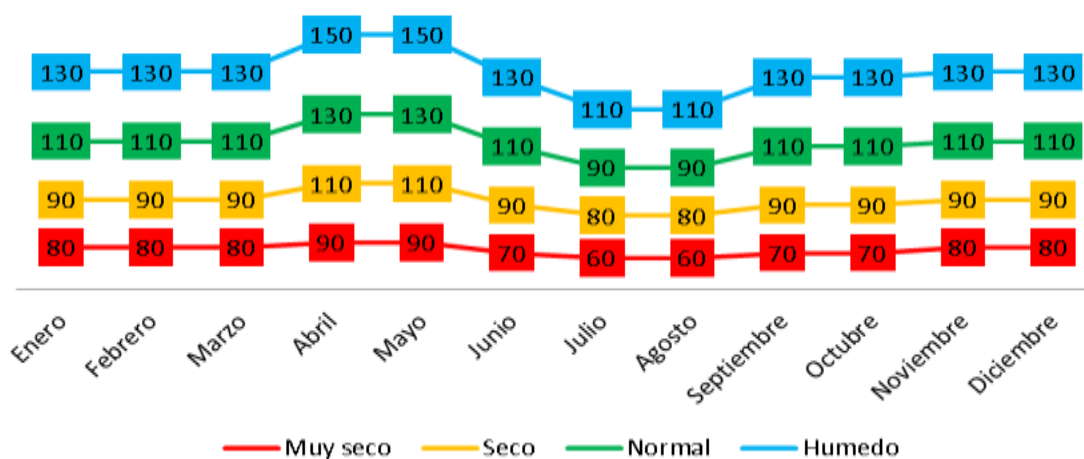
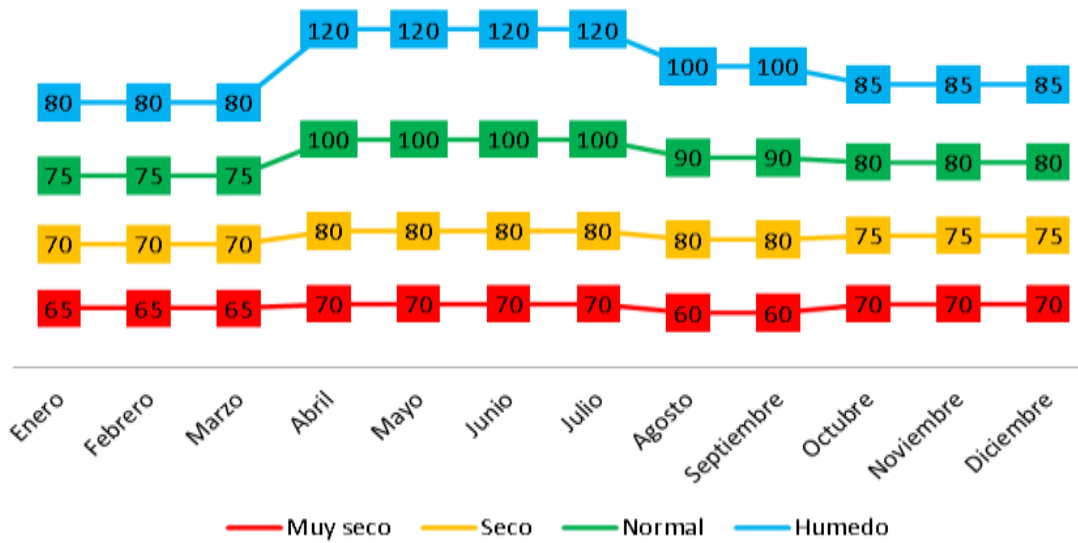


Tabla 31 Humedad de *Quercus coccifera* en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.

Percentiles *Quercus coccifera*



Estos datos, sin duda, contrastan con los datos de humedad de combustible vivo tomados por CEAM en las parcelas de experimentación del Caroché entre los días 19 de junio y 27 de julio de 2012 (Fig. 91), en donde las condiciones extremadamente adversas, marcadas por la climatología recogida en el invierno, primavera y comienzos de verano de 2012 (Fig. 90), condicionaron el comportamiento extremo del incendio de Cortes de Pallás del 28 de junio de 2012, afectando de forma muy marcada a la humedad de los combustibles vivos, que son los que determinan la combustibilidad de una estructura forestal y por tanto su velocidad de propagación y la intensidad de combustión.

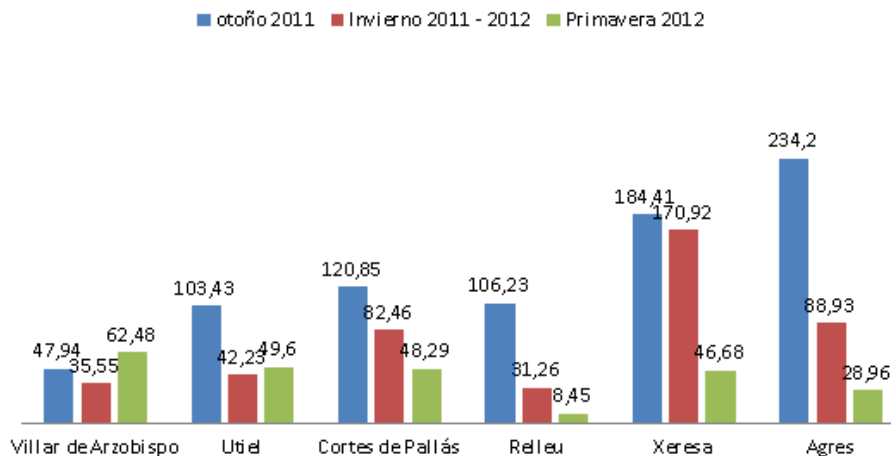


Figura 90 Registros pluviométricos acumulados estaciones CEAM. Fte. CEAM.

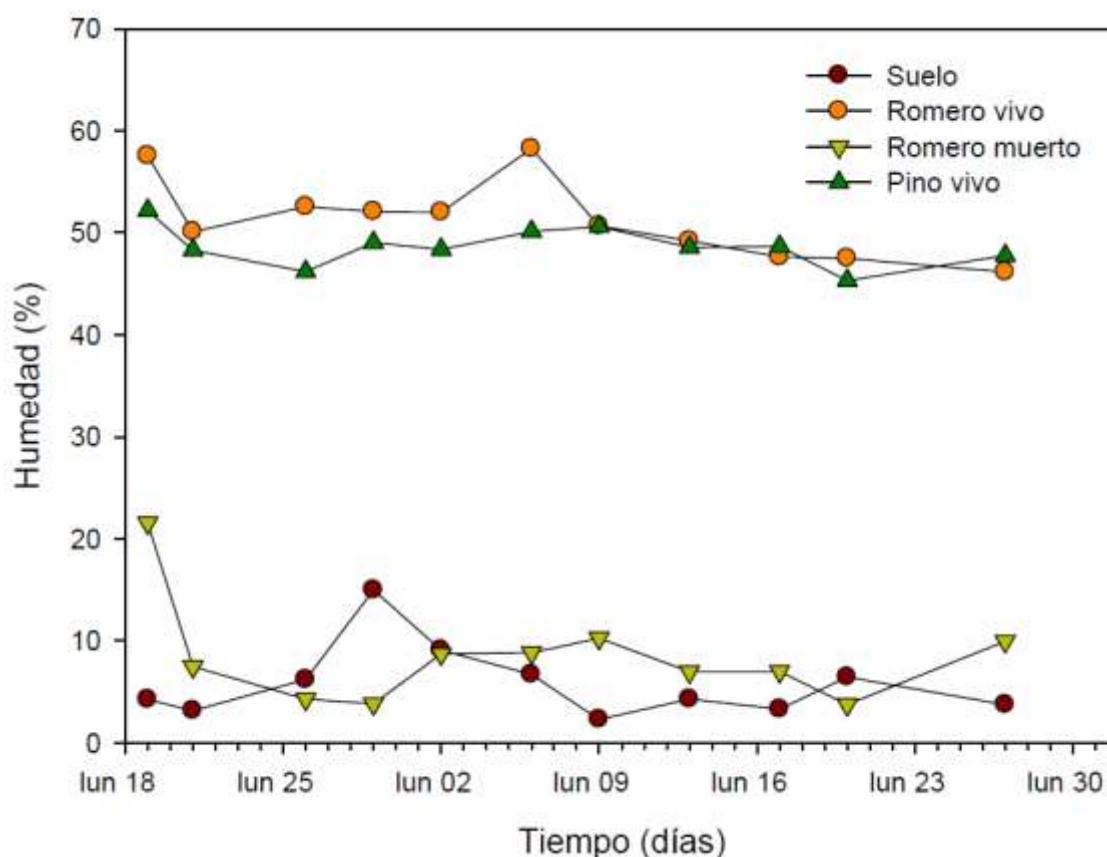


Figura 91 Gráfica de la evolución de la humedad del combustible fino vivo y muerto en romero y en acículas vivas y tallos finos de pino carrasco en un periodo que incluye los días del incendio de Cortes de Pallás. También se presenta la humedad del suelo en los primeros 5 cm. Las medidas fueron tomadas en la comarca del Valle de Ayora, próxima a la zona afectada por el fuego. Fte. CEAM

Para ahondar en el conocimiento del contenido de humedad del combustible forestal, se establecieron una serie de estaciones de muestreo a lo largo de toda la Comunidad Valenciana, que actualmente están aportando datos sobre la humedad de diferentes especies vegetales, para ver cómo evoluciona a lo largo del año en relación con la variación de la meteorología y la actividad de las plantas. Además, también se recogen muestras de la humedad que presenta la vegetación en cada uno de los incendios y en las parcelas de quema.

Esto, sin duda, ayuda en gran medida a conocer el comportamiento del incendio forestal y ver qué especie o especies dominan el comportamiento del fuego a lo largo del año, si el incendio pasa a copas o no, la severidad que tendrá un determinado incendio, entre otras cuestiones.

En relación a las especies antes descritas, puede apreciarse que los valores recogidos en distintas estaciones de muestreo de la provincia de Valencia, entre los meses de abril y octubre de 2014 (Fig. 92, 93 y 94), revelan que las tres especies se comportan de manera similar a las expresadas dentro de los percentiles antes descritos, entre un año seco y extremadamente seco. Este hecho puede ilustrar porqué siendo las previsiones meteorológicas tan malas en la primavera del año 2014 en relación con el comportamiento del fuego forestal, el verano, sin embargo, fue bastante bueno en relación con la superficie final quemada, cuestión que será

abordada en el siguiente apartado III.1.5. Patrones climatológicos asociados a la incidencia de los incendios forestales en la CV.

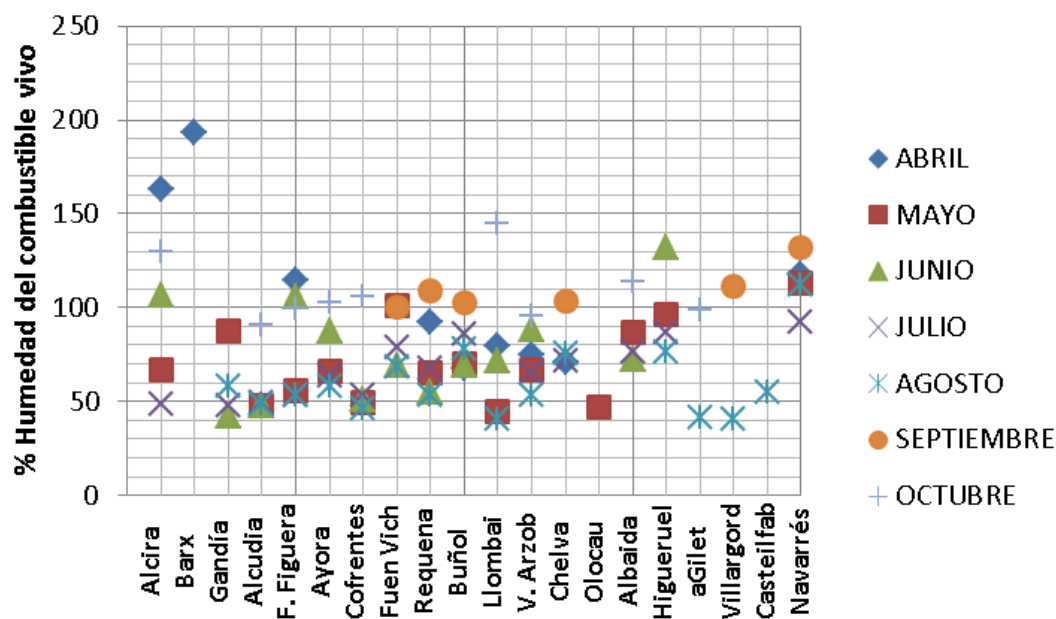


Figura 92 Gráfica de la evolución de la humedad de *Rosmarinus officinalis* en la provincia de Valencia 2014. Fte. Elaboración propia.

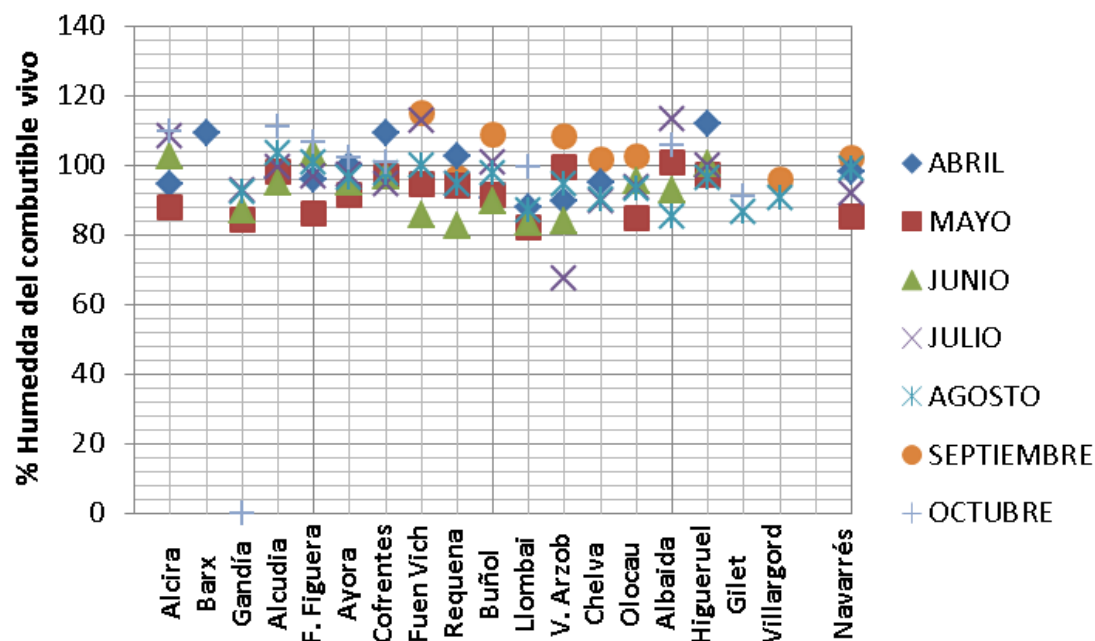


Figura 93 Gráfica de la evolución de la humedad de *Pinus halepensis* en la provincia de Valencia 2014. Fte. Elaboración propia.

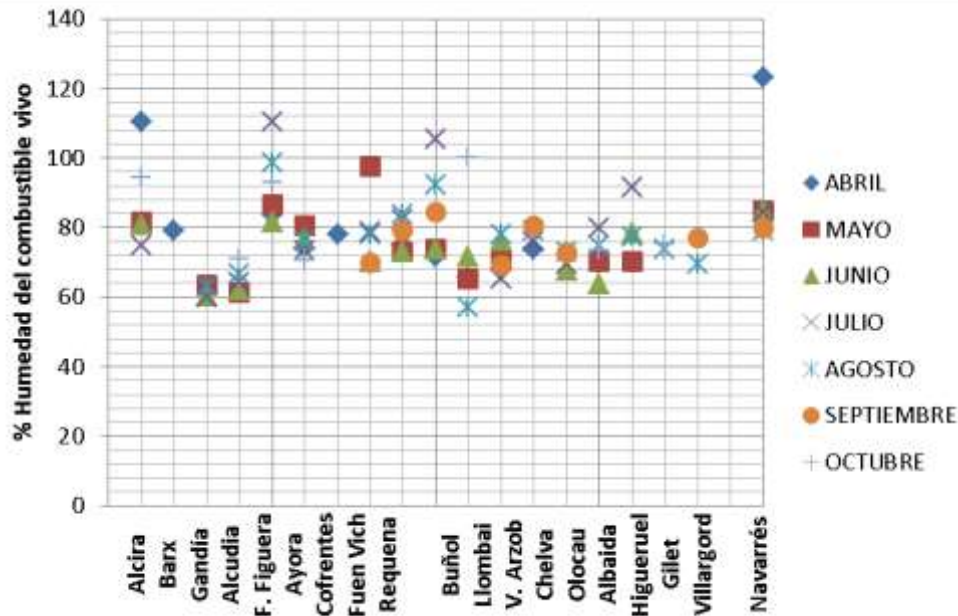


Figura 94 Gráfica de la evolución de la humedad de *Quercus coccifera* en la provincia de Valencia 2014. Fte. Elaboración propia.

III.1.4.5. Ventana fenológica.

La ventana fenológica podría definirse como el contenido de humedad de la vegetación viva que presenta un modelo de combustible, como combinación del contenido de humedad de todos sus estratos, de manera que cuando el fuego propaga a través de él, el efecto provocado en la estructura depende del paso del fuego a través de cada estrato.

Así, en determinados incendios como el de Marines de 14 de mayo de 2014, el fuego propagó fundamentalmente a través de la coscoja y el lentisco, que presentaban una humedad muy baja, aunque la humedad del pino carrasco o del romero fuera normal o elevada respectivamente (Fig 95).



Especie	% H vivo
<i>Rosmarinus officinalis</i>	201,40
<i>Pistacia lentiscus</i>	89,84
<i>Ceratonia silicua</i>	124,69
<i>Quercus coccifera</i>	70,65
<i>Pinus halepensis</i>	104,81

Figura 95 Imagen del incendio de Marines a la llegada del helicóptero de extinción en alineación 3 de 3, y humedad del combustible vivo expresado en porcentaje (%).

En otros incendios como el de Cofrentes del día 29 de julio de 2013, la intensidad de combustión del combustible de superficie era muy alta (Fig. 96), pero el paso del fuego a copas se veía frenado por elevado contenido de la acícula del pino carrasco, lo que sin duda frenó los antorcheos y facilitó las labores de extinción.



Especie	% H vivo
<i>Rosmarinus officinalis</i>	76,03
<i>Quercus coccifera</i>	72,09
<i>Pinus halepensis</i>	106,06
<i>Juniperus oxycedrus</i>	68,52
<i>Quercus ilex</i>	67,06

Figura 96 Detalle del incendio de Cofrentes, donde puede apreciarse el comportamiento del fuego, afectando al combustible de superficie y afectando poco a las copas del pino, y humedad del combustible vivo expresado en porcentaje (%).

En el incendio de Pedralba del 19 de julio de 2013 se puede apreciar el paso rápido del fuego a copas, motivado fundamentalmente por la alta disponibilidad del combustible de superficie, y la relativamente baja del pino carrasco (Fig. 97).



Especie	% H vivo
<i>Stipa tenacissima</i>	22,96
<i>Rosmarinus officinalis</i>	51,13
<i>Quercus coccifera</i>	70,00
<i>Pinus halepensis</i>	90,00
<i>Erica multiflora</i>	53,55
<i>Juniperus oxycedrus</i>	57,93

Figura 97 Detalle del incendio de Pedralba donde puede apreciarse el comportamiento del fuego, afectando al combustible de superficie y arbóreo, humedad del combustible vivo expresado en porcentaje (%).

Sin duda, el concepto de ventana fenológica puede contribuir mucho al conocimiento del comportamiento de fuego forestal. Así, la combustión de una determinada masa forestal depende fundamentalmente de la humedad de los combustibles muertos (inflamabilidad) y del grado de humedad que disponga el combustible vivo presente (combustibilidad).

La ventana fenológica resulta de capital importancia en las quemas prescritas y, especialmente, en aquellas que se realicen bajo arbolado, ya que el conocimiento de la cantidad de humedad de los diferentes estratos de vegetación, permitirá conseguir unos objetivos u otros, en combinación con las ventanas meteorológicas.

La elección del momento de la quema en función del contenido de humedad de los diferentes combustibles es muy importante, y en especial la cantidad de combustible muerto y su humedad, o de combustible vivo en superficie con bajo contenido en humedad, que permita conducir la quema, y la cantidad de agua en el dosel arbóreo, que impida que este se vea afectado.

De la misma forma que en la quema, el conocimiento del parámetro del contenido de humedad del combustible vivo en todos los estratos y su estado fenológico, pues nos permitirá predecir mejor cómo se van a comportar los incendios venideros en una zona determinada, sabiendo quien es el conductor, cuál es la intensidad de combustión, si el incendio pasará a copas, si habrá muchos o pocos receptores de focos secundarios, o las ventanas meteorológicas que condicionarán el comportamiento del fuego.

Tradicionalmente se ha trabajado en simulación con los parámetros de meteorología (no excesivamente lograda), modelos de combustibles (generalistas) y topografía, pero la fenología se ha tenido muy poco en cuenta. Hasta ahora se han venido aplicando las tablas de Rothermel (1983) de humedad del combustible vivo que, como se ha podido ver en el apartado anterior, nada tienen que ver con el contenido de humedad de los combustibles forestales en el arco mediterráneo español. Posiblemente el desconocimiento de la ventana fenológica sobre una determinada zona de estudio haya propiciado el que estas simulaciones no se hayan acercado a la realidad, por lo que es habitual tener que aplicar factores de ajuste.

Los factores de ajuste no permiten tener seguridad en la utilización de los simuladores en diseño de infraestructuras de prevención, y esta falta de ajuste es la culpable, en la mayoría de los casos, de que a los directores de extinción no tengan seguridad a la hora de utilizar los simuladores en operaciones de combate de incendios.

Por tanto, el conocimiento de las ventanas fenológicas es imprescindible para poder trabajar con simuladores especialmente en operaciones de extinción de incendios y quemas prescritas.

III.1.5. Patrones climatológicos asociados a la incidencia de los incendios forestales en la Comunitat Valenciana.

La presencia de determinadas situaciones meteorológicas incrementa el riesgo de incendios. Aunque los tipos sinópticos relacionados con la máxima severidad son variados, es común a todos ellos la existencia de inestabilidad atmosférica con fuertes gradientes de presión, que desencadenan vientos de gran velocidad y en un déficit de saturación en las capas bajas de la atmósfera (Chuvieco Salinero y Martín Isabel, 2004).

En España se realizó un estudio a partir de la selección de una serie de días con una elevada ocurrencia de incendios forestales. Se obtuvo que el 66% de los incendios calificados como severos, se asociaban a una baja térmica centrada en la península, sumergida en un anticiclón de gran espesor. El resto de las situaciones se relacionaban con la presencia de frentes fríos, con una importante actividad convectiva y vientos fuertes (Hernández et al., 1991)

La situación meteorológica dominante en un área determinada depende, en gran medida, de las características de la masa de aire dominante, o bien de la interacción de dos o más masas de

aire. Las características de estas masas, tanto frías como cálidas, húmedas o secas, vienen determinadas por la temperatura y la humedad del aire que contienen. Las masas de aire seco frío o cálido se asocian frecuentemente a situaciones que favorecen el desarrollo de grandes incendios. El aire seco y frío, cuando se desplaza a zonas más cálidas, ocasiona inestabilidad y una fuerte actividad convectiva. El avance de estos frentes fríos genera perturbaciones importantes en los desarrollos de los incendios forestales.

Por su parte el aire seco y cálido puede ocasionar olas de calor y periodos de sequía que hacen descender sensiblemente el contenido hídrico de los combustibles. Cuando masas de aire con distintas características entran en contacto, las condiciones meteorológicas cambian sensiblemente, dando lugar a grandes vientos, que desencadenan condiciones de extrema severidad en relación con el incendio forestal.

Para la Comunitat Valenciana, se ha procedido a realizar un análisis de las condiciones meteorológicas y la incidencia de incendios desde el año 1968 hasta el 2013, para las variables de temperatura y pluviometría. Para ello se han cogido los datos meteorológicos proporcionados por AEMET de estaciones en la Comunidad Valenciana desde el año 1968.

En este sentido se han agrupado las variables meteorológicas y de superficie quemada año por estación, según la división que hace AEMET, es decir, invierno (diciembre-febrero), primavera (marzo-mayo), verano (junio-agosto) y otoño (septiembre-noviembre).

III.1.5.1. Régimen de lluvias

El régimen de lluvias está íntimamente ligado con el régimen de incendios, ya que como se ha comentado anteriormente tiene una relación directa con la humedad de los combustibles y especialmente del combustible vivo.

Por ello se ha analizado en primer término la relación entre lluvia en las diferentes estaciones del año y los incendios que se han dado en la Comunidad (Fig. 98, 99, 100 y 101).

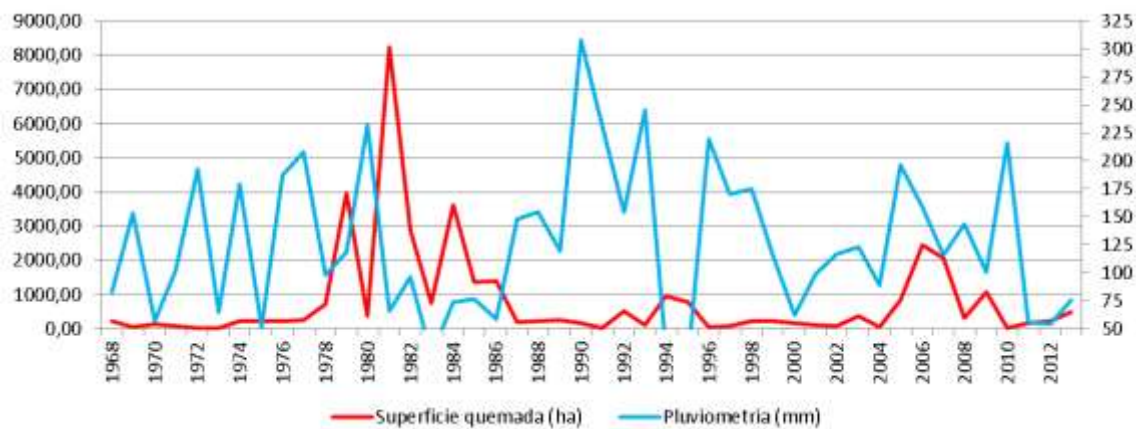


Figura 98 Relación entre incendios y pluviometría registrada en invierno para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia.

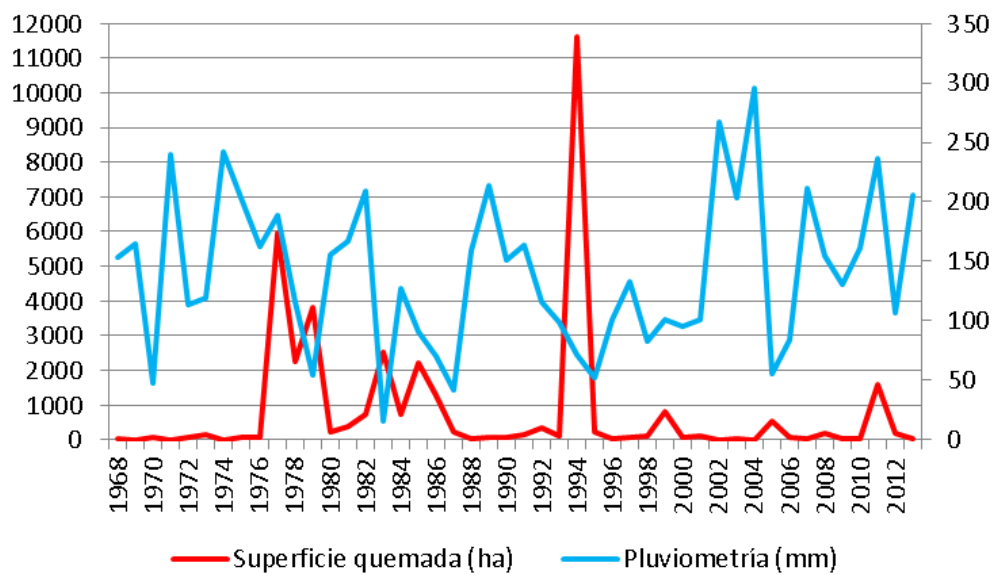


Figura 99 Relación entre incendios y pluviometría registrada en primavera para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia.

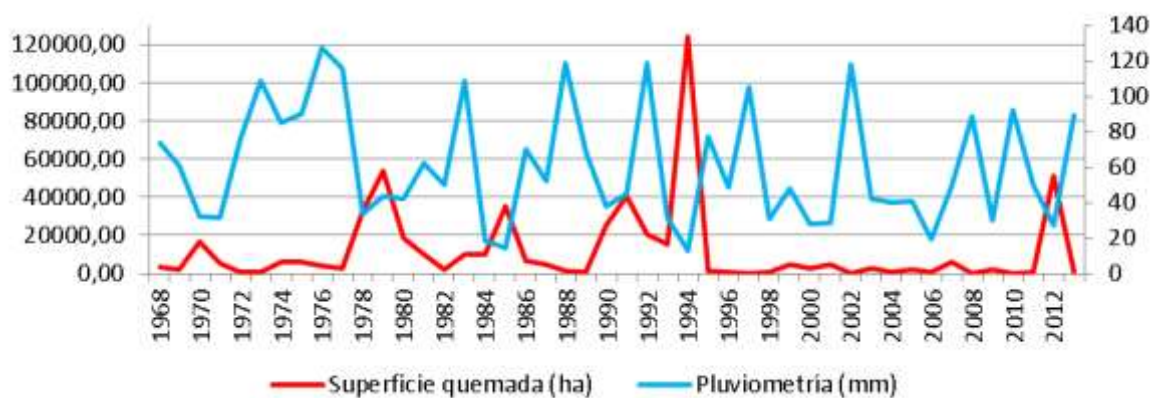


Figura 100 Relación entre incendios y pluviometría registrada en verano para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia

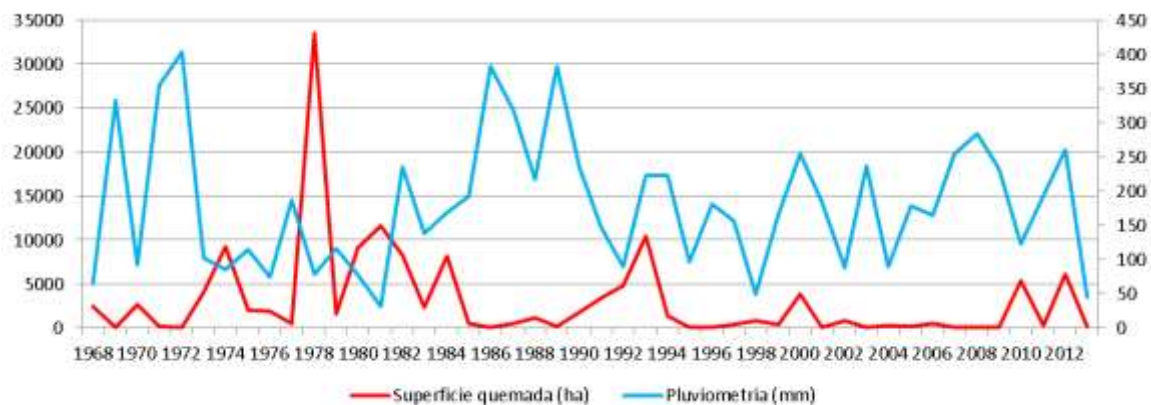


Figura 101 Relación entre incendios y pluviometría registrada en otoño para el periodo 1968-2013. Fte. Elaboración propia

Como puede apreciarse en las gráficas parece que existe una relación entre la pluviometría registrada y la superficie quemada en cada estación de cada año, a mayor pluviometría registrada menos superficie quemada. Esta relación es muy significativa en los años con mayor superficie afectada y viceversa, con la excepción de los años 1983 y 1995 en los que esta relación parece no producirse y pudiera ser debido a la influencia de la gran cantidad de superficie quemada en los años precedentes.

En relación con otros años como 1993 donde puede apreciarse una cantidad de lluvia considerable en otoño a la vez que una superficie quemada muy elevada, esto se debe a las fechas en las que se registraron las lluvias. Como es sabido en el mediterráneo las lluvias suelen ser copiosas en otoño, no obstante, el verano de 1993 fue bastante seco y propició incendios al inicio de esta estación, es decir, antes de que se produjesen las lluvias.



Figura 102 Percentiles por estación de superficie quemada en incendios en la Comunidad Valenciana. Fte. Elaboración propia.

Si agrupamos los años por percentiles de superficie quemada (Fig. 102) y lo comparamos con la gráfica de la media móvil de dos años de la pluviometría anual acumulada (Fig. 103), aparece una relación aceptable, especialmente en el periodo de finales de los 70 y la década de los 80. La falta de ajuste de ambas gráficas podría encontrarse en la estacionalidad de las lluvias, fundamentalmente en otoño y en el efecto que las olas de calor tienen sobre la disponibilidad de los combustibles forestales.



Figura 103 Media móvil de dos años de la pluviometría anual acumulada en el periodo 1968–2013 en la CV. Fte. Elaboración propia.

III.1.5.2. Régimen de temperaturas.

Recientes estudios demuestran que hay efectos significativos de las altas temperaturas en altura (HTD) diarias en el número de grandes incendios, en la superficie quemada, y en el promedio de la superficie de los grandes incendios en Aragón. Esto sucede porque los HTD (a 850hPa) y los periodos de altas temperaturas se han incrementado de forma significativa en el periodo 1978 a 2010. En términos de predicción de episodios malos o extremos de incendios forestales, del análisis de los días de HTD frente a los que no están dentro de HTD, muestran que existe un descenso en el área anual quemada los días que no queman bajo anomalías en días HTD. La mayoría de los días que presentan anomalías HTD se dan en julio y agosto (82% del total). Sin embargo, junio comienza a tener cada vez más actividad de este tipo de días, lo que sin duda indica un comienzo más temprano de la época de incendios (Cardil et al, 2013).

Por ello, para el análisis de las temperaturas del presente trabajo (Fig. 104) se ha decidido coger los datos de los días que presentan estas anomalías, que se corresponden con el número anual de días con temperatura mayor al percentil 95.

Para caracterizar los días de altas temperaturas, se reanalizaron los datos del National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (Kalnay et al., 1996). Se analizaron los mapas (850 hPa at 00:00 UTC) para el periodo 1978 a 2013 para identificar cuáles eran los días que presentaban las condiciones de HTD en el territorio de la Comunidad Valenciana.

La temperatura del aire a 850 hPa es la temperatura a una altitud geopotencial en la atmósfera de 850 hPa (alrededor de 1.500 metros). Estos mapas están disponibles en Wetterzentrale. Se aceptó que se daban las condiciones HTD cuando la temperatura sobre la zona a esta altura geopotencial era superior a 20°C en al menos dos tercios del territorio de la Comunidad Valenciana. Esta temperatura a esta altura geopotencial está asociada a la presencia de olas de calor, que implican gran temperatura en superficie y baja humedad relativa (Montserrat, 1998).

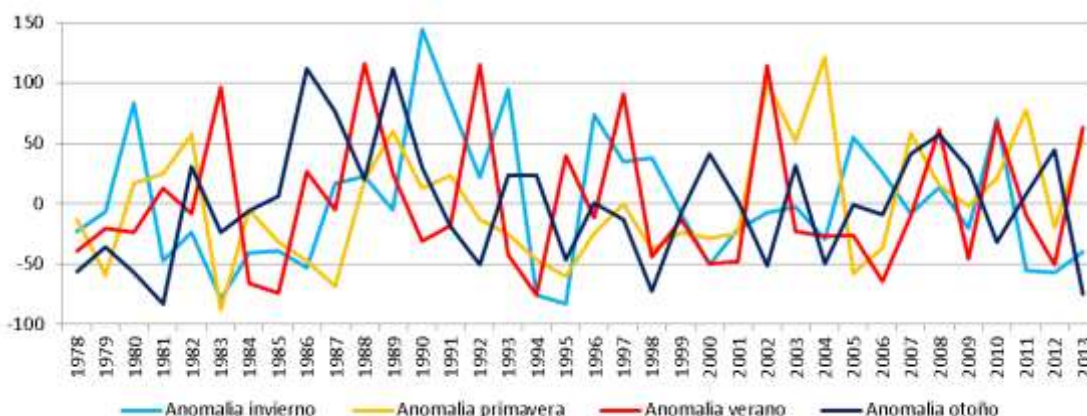


Figura 104 Anomalía estacional de días de altas temperaturas en altura en el periodo 1978-2013 en la CV. Fte. Elaboración propia.

III.1.5.3. Relación entre régimen de lluvias, de temperaturas y de incendios.

Para conocer la forma en que se relacionan la pluviometría, la anomalía de temperatura y la superficie quemada cada año, se ha procedido a realizar diferentes análisis de anomalías entre los tres factores, agrupándolos por estaciones.

En primer lugar, se ha procedido a comparar las variables entre sí por cada estación y cada año. Posteriormente teniendo en cuenta que la variable de precipitación puede tener cierta influencia a lo largo de los meses, y especialmente la que puede tener la lluvia de primavera en la humedad de los combustibles vivos a principios de verano, se ha procedido a analizar las variables

agrupadas por estaciones, obteniendo las mejores correlaciones entre la lluvia de primavera más la de verano, la anomalía anual y la superficie anual quemada, teniendo en cuenta que la mayor parte de esta superficie, de forma general, se quema en los meses de verano (Fig. 105).

Para el cálculo del porcentaje de la anomalía de temperatura anual se utiliza el valor de los días del año con temperatura superior, en dos tercios del territorio de la Comunidad Valenciana, a 20°C a las 00 UTC, menos la media de los días con anomalía de temperatura para el periodo 1976-2013, dividido por la media de los días con anomalía de temperatura para el periodo 1976-2013 y multiplicado por 100, para expresarlo en tanto por ciento.

La anomalía se representa en negativo (aunque realmente su valor es positivo), para que sea fácilmente comparable a la precipitación y a la superficie quemada en la gráfica.

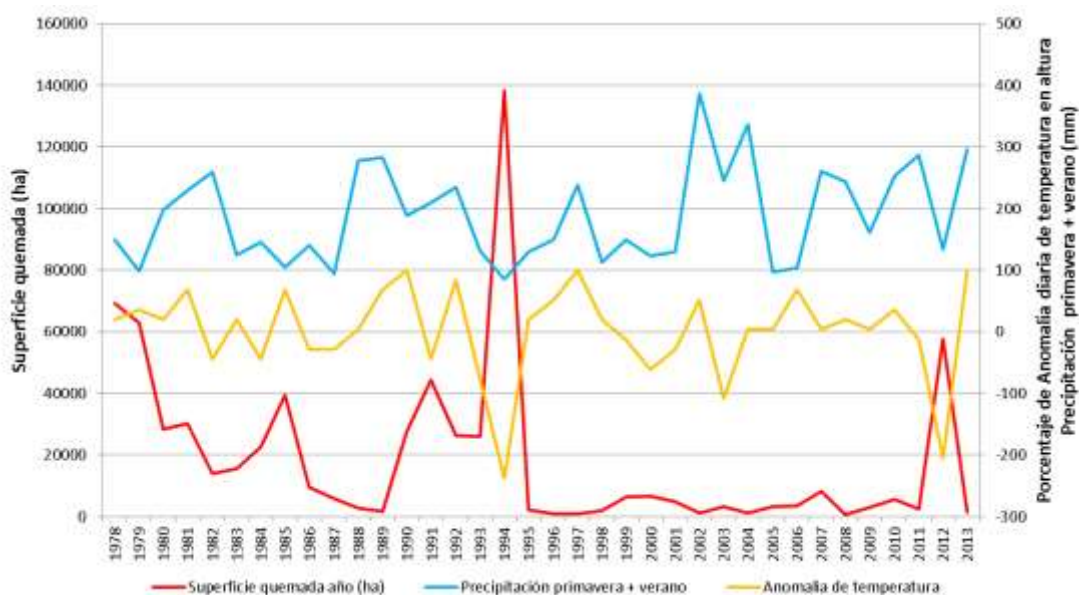


Figura 105 Comparativa de la anomalía de temperatura año con la superficie quemada y el régimen pluviométrico de primavera y verano periodo 1978-2013. Fte. Elaboración propia.

Como puede apreciarse en la gráfica 105, existen dos periodos claramente marcados, uno anterior al año 1994 y otro posterior a este. Justamente en ese año se procedió a la implantación del Plan Especial Frente al Riesgo de Incendios Forestales en la Comunidad Valenciana, y se separaron las competencias de prevención y extinción de incendios en dos Consellerías distintas. Ambas se profesionalizaron mucho, desde prevención se trabajó de forma intensa en la investigación de causas, los planes de prevención de incendios y la supresión de los incendios. En la parte de extinción se creó e implantó la fórmula del despacho automático.

Sin duda, esto contribuyó a que desde el año 1994 se redujese el número de incendios al que se enfrentaba el operativo de extinción, a la vez que se actuaba de forma más contundente.

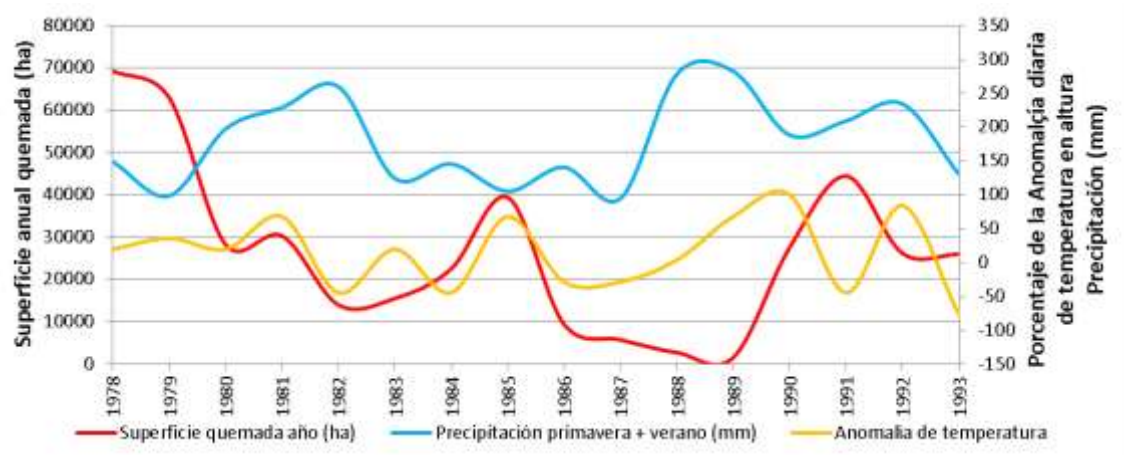


Figura 106 Comparativa de la anomalía de temperatura año con la superficie quemada y el régimen pluviométrico de primavera y verano para el periodo 1978 y 1993. Fte. Elaboración propia.

Como puede apreciarse en la figura 106, no aparecen patrones claros, con una fluctuación muy grande en los años objeto de estudio. En los años 1978, 1979 y 1985, con una superficie quemada muy grande, están condicionados por una sequía muy marcada. De igual manera que en los años 1987, 1988 y 1989, se aprecia claramente el efecto de las abundantes lluvias y la ausencia de anomalías de temperatura, lo cual los hizo años bastante benignos en relación con la superficie quemada. Hay que señalar también que el dispositivo de extinción carecía de los medios, organización y formación que actualmente posee, a la vez que el número de incendios era muy elevado por imprudencias, por lo que este periodo se caracteriza por no tener necesariamente que coincidir el efecto de lluvias y anomalías térmicas para encontrar un efecto claro sobre la superficie quemada, siendo necesaria sólo una de ellas. Igualmente hay que resaltar que las anomalías de temperatura no son tan marcadas como en el segundo periodo.

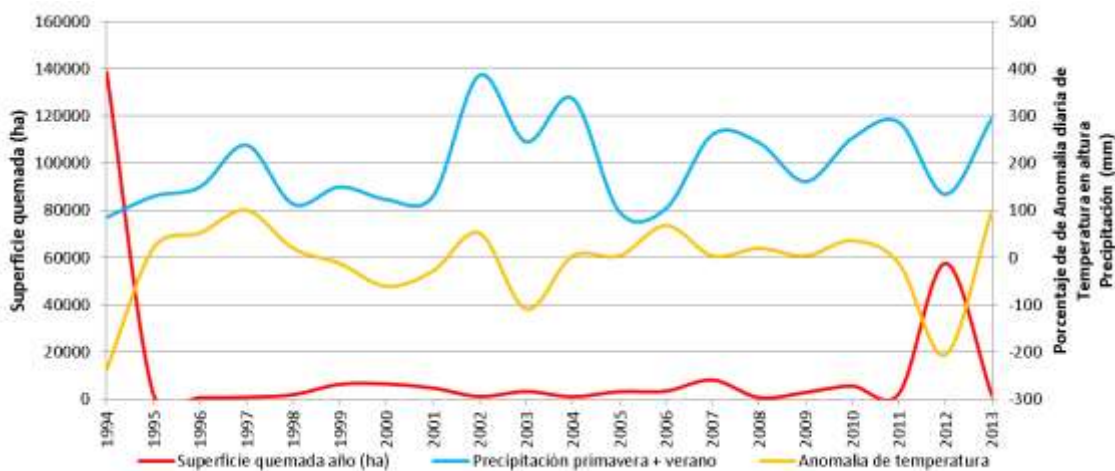


Figura 107 Comparativa de la anomalía de temperatura año con la superficie quemada y el régimen pluviométrico de primavera y verano entre 1994 y 2013. Fte. Elaboración propia.

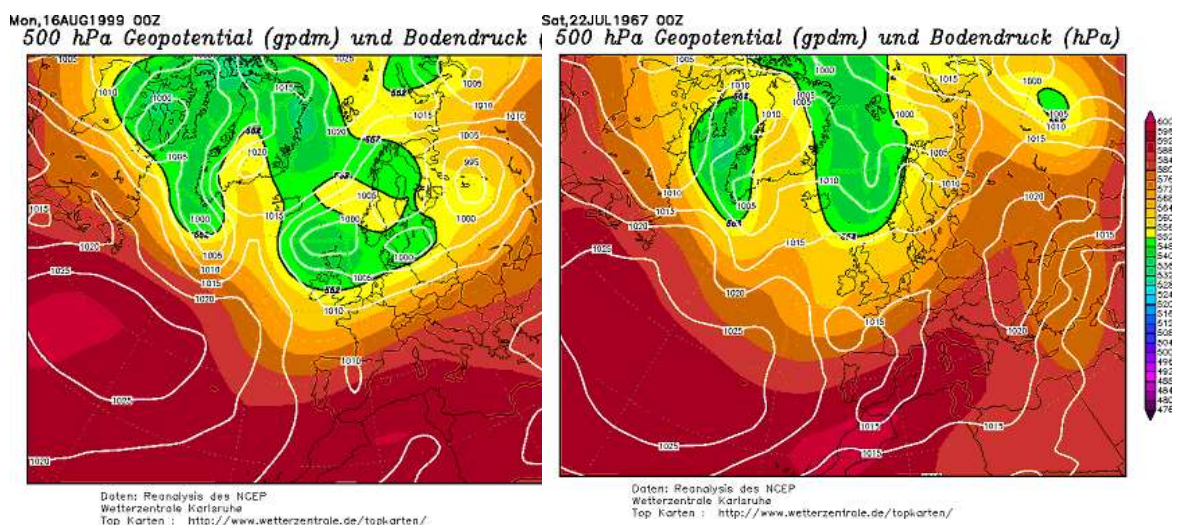
En la figura 107 se observa una clara correspondencia entre los años de anomalías más extremas de temperatura para todos los años del periodo estudiado (1978-2013) con la superficie quemada. Aun existiendo años de características similares a los del primer periodo en cuanto a anomalía térmica y régimen de lluvia, la superficie quemada es muy inferior en el segundo periodo en comparación con años similares en el primer periodo, lo que sin duda se debe a la profesionalización del dispositivo de extinción.

También queda muy claro que para primaveras y veranos secos, donde aparezcan anomalías de temperatura como las del año 1994 o 2012, la superficie quemada se disparará, por lo que las condiciones de estos años son idóneas para realizar el estudio del comportamiento de los incendios más extremos en esta Comunidad.

III.1.5.4. Régimen de vientos.

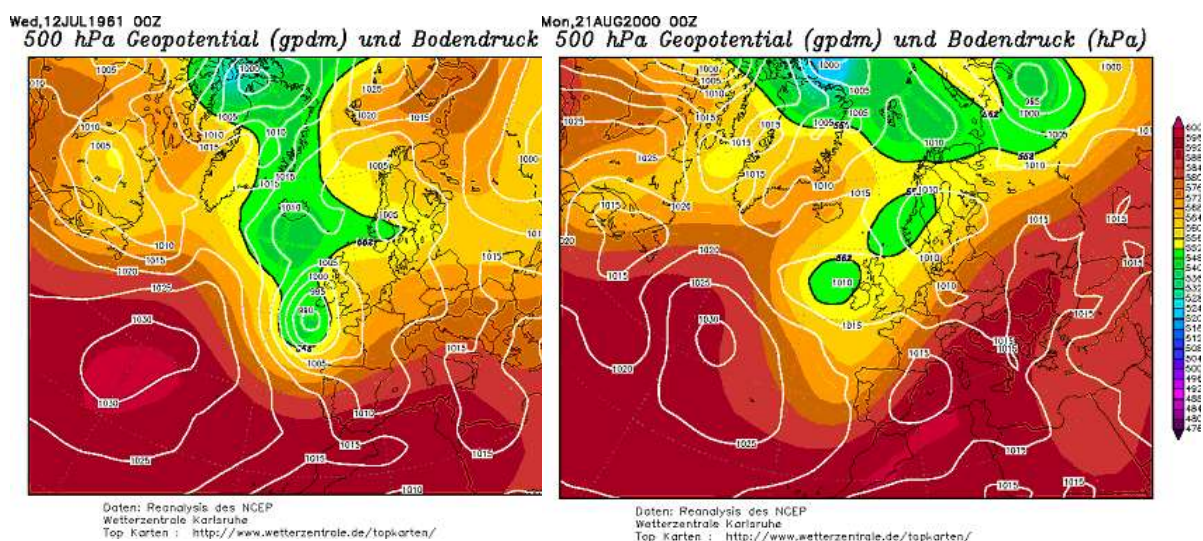
Además de lo ya comentado en el apartado II.2.3.2.3. Viento, hay que destacar que la circulación de vientos en la Comunidad Valenciana suele tener un régimen variable en función de que la naturaleza de los vientos sea mesoescalar o sinóptica, y la época del año, que lógicamente están asociados a estas escalas sinópticas.

Los escenarios meteorológicos con mayor riesgo de grandes incendios forestales en la Comunidad Valenciana son las que se muestran en la figura 108 (CEAM, tipologías de olas de calor. Web).



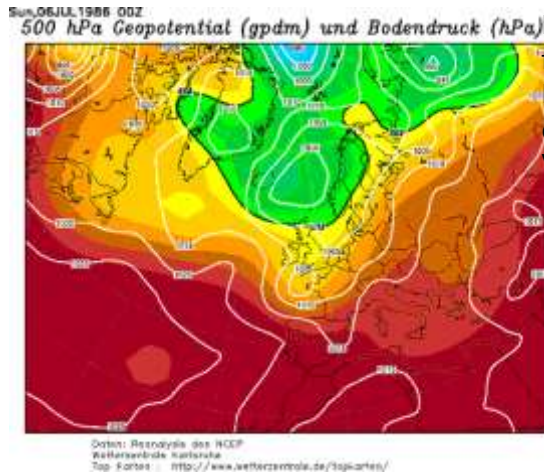
Amplia cresta de aire tropical continental, que tiende a profundizarse e involucrar aire sahariano sobre el Sureste peninsular.

Amplia expansión de aire tropical continental desde Marruecos con disposición Suroeste-Nordeste hacia la Comunidad Valenciana. Bajas presiones situadas en el Atlántico Norte.



Borrasca atlántica al NW, con ponientes y pinzamiento de aire tropical desde Marruecos.

Vaguada al Oeste de la Península con una expansión de aire cálido tropical continental desde el Norte de Argelia, con una situación de pantano barométrico.



Pequeña borrasca muy activa con el paso de un frente y soplo de Poniente sobre la Comunidad. Relativo pinzamiento de aire cálido en el sector delantero del frente sobre la Comunidad Valenciana.

Figura 108 Escenarios sinópticos de mayor riesgo de GIF en la Comunidad Valenciana. Fte. CEAM.

La Oscilación del Atlántico Norte (NAO en sus siglas en inglés) consiste en una oscilación atmosférica de masa entre el anticiclón subtropical de las Azores y la región de bajas presiones cerca de Islandia. Se trata de la mayor fuente de variabilidad tanto estacional como interdecadal de la circulación atmosférica sobre el continente europeo y, por ende, sobre la Península Ibérica, especialmente en invierno, cuando es más pronunciada.

En términos sinópticos puede decirse que una fase positiva de la NAO (Fig. 109) favorece la circulación de vientos del oeste frescos y húmedos, que normalmente ocasionan fenómenos de lluvia en el mediterráneo peninsular, mientras que en una fase de la NAO positiva, el potente anticiclón de las Azores bloquea esta circulación, favoreciendo la entrada de masas de aire cálidas desde el norte de África hacia la península (Trigo et al, 2001,2004a). Los escenarios arriba mostrados tienen el denominador común de tener una disposición de la oscilación de la NAO positiva.

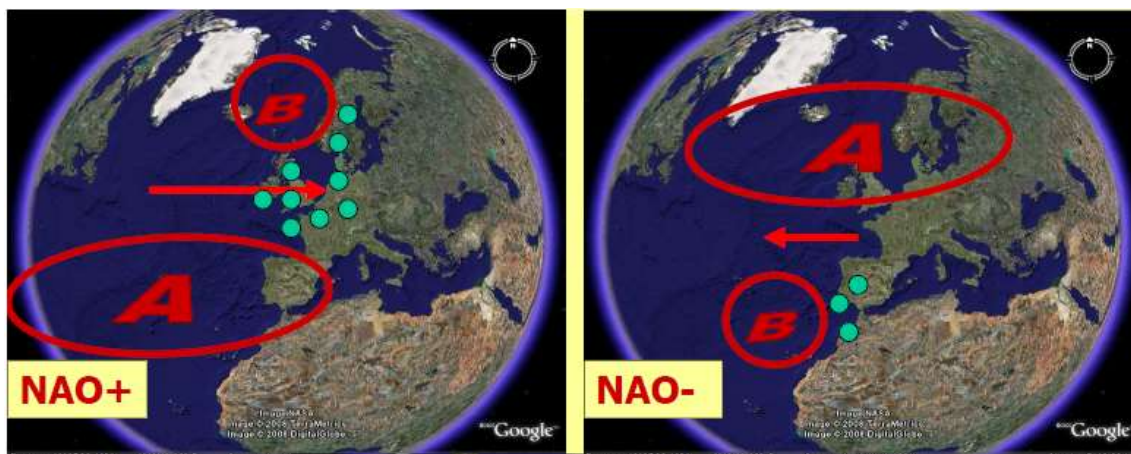


Figura 109 Oscilación de la NAO. Fte. Martín Vide 2011.

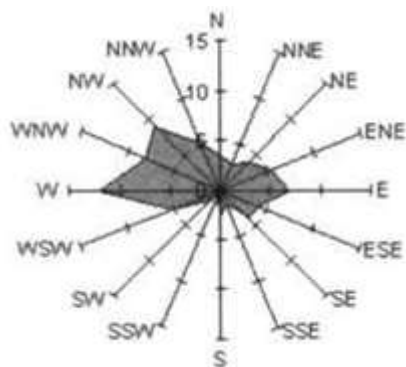
Aunque parece que a nivel del Mediterráneo también son muy importantes las aportaciones de la oscilación del Mediterráneo Occidental (WEMO) (Fig. 110), que, a su vez, también tiene influencia sobre el régimen de vientos y precipitaciones en este área, facilitando la entrada de aire seco del oeste cuando la NAO es positiva, y llega al Mediterráneo seco y cálido, después de haber sometido a la vegetación de la zona a la influencia de un periodo seco, condicionado por la NAO positiva.



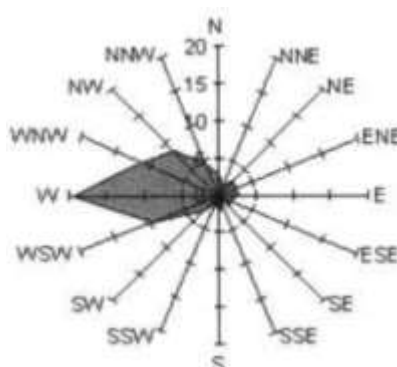
Figura 110 Oscilación WEMO. Fte. Martín Vide

La dirección de vientos dominantes en la Comunidad Valenciana por estaciones del año también está íntimamente relacionada con la oscilación de la NAO (Fig. 111). En invierno esta oscilación de NAO negativa parece marcar la llegada de vientos húmedos y fríos del oeste. Aunque en el Mediterráneo se note más la llegada de las DANAS desde el Atlántico Norte, que generan las lluvias torrenciales de otoño, motivadas por el calentamiento del Mediterráneo, en invierno sigue predominando la entrada de vientos del oeste, con mayor o menor humedad pero frescos en la mayoría de los casos, para volver a un estado de semi equilibrio entre los regímenes de vientos del este y del oeste en primavera por la variación de la oscilación de la NAO, y prevalecer el anticiclón de las Azores durante el verano con regímenes de vientos del este, y pequeñas entradas de vientos del oeste, tal y como se muestra en las siguientes ilustraciones:

Otoño (calmas 23,9 %)



Invierno (calmas 23,2%)



Primavera (calmas 21,8 %)

Verano (calmas 23,7 %)

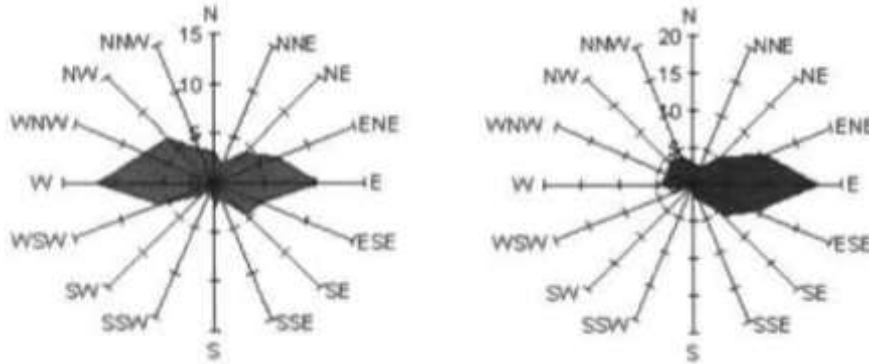


Figura 111 Vientos dominantes en Valencia por estación y anuales. Fte Capell Molina y Viedma Muñoz, 2004.

La combinación de oscilaciones de la NAO positivas tempranas en primavera, con bloqueo de la entrada de lluvia al Mediterráneo en primavera, y el mantenimiento de esta polaridad de la NAO, especialmente a principios del verano, son los factores que condicionan en mayor medida los peores escenarios de incendios en la Comunidad Valenciana.

III.1.5.5. Análisis de la tipología de incendios históricos en las zonas de estudio.

La búsqueda, almacenamiento y tratamiento de la información meteorológica y sinóptica ha requerido un gran trabajo, especialmente para los de las décadas de los 70 y 80, debido al gran volumen de datos con el que se ha trabajado.

Las fuentes sinópticas consultadas han sido los mapas de las topografías de 850 hPa y 500 hPa del día de inicio de cada incendio y los dos días posteriores, obtenidos a partir de la base de datos de Wetterzentrale .

Los mapas de 500 hPa muestran valores de presión atmosférica en altura, mientras que el mapa de 850 hPa da valores aproximados de temperatura en cotas medias bajas.

Para cada día de inicio de incendio, se han extraído los mapas de la pasada de las 00 horas y de las 12 horas, mientras que para los días posteriores, únicamente se ha trabajado con el de la pasada de las 12 horas.

El objetivo de la climatología sinóptica aplicada a este estudio consiste en determinar la influencia de la circulación atmosférica sobre cada uno de los incendios. Según Rasilla (2003) la tipificación de los distintos estados de la atmósfera sigue dos criterios comunes:

- La similitud en las propiedades termodinámicas de una masa de aire (p.e. temperatura, humedad...), de donde se derivan los “tipos de tiempo”, un conjunto relativamente homogéneo de ambientes atmosféricos, producto de la interacción de factores geográficos y dinámicos.
- Unas relaciones comunes en la localización de los centros de acción que dan lugar a los “tipos de circulación”. Que pueden definirse como las configuraciones que adopta un campo meteorológico (presión a nivel del mar, altura geopotencial) sobre un ámbito espacial concreto.

En función del grado de intervención implicado en el proceso de clasificación, ésta se califica como manual o “subjetiva” o automática o “objetiva”. La clasificación objetiva está basada en la aplicación de algoritmos y procedimientos estadísticos multivariados, mientras que la subjetiva tiene el inconveniente de ser más costosa, requerir más tiempo y quedar sujeta a posibles errores cometidos por el clasificador.

En este trabajo se ha realizado una clasificación subjetiva para la que se han tomado numerosas referencias en materia de meteorología sinóptica. Cada situación del día de inicio de incendio, al igual que la de los dos días posteriores, ha sido clasificada principalmente a partir del análisis de superficie y las topografías de 850 hPa y 500 hPa, datos de radiosondeos y datos meteorológicos de la estación del aeropuerto de Manises, que contiene los valores de viento para los incendios más antiguos, a la vez que supone una buena referencia meteorológica para las dos zonas objeto de estudio.

Además de toda esta información, se ha elaborado el índice de Haines (Haines, 1988), a partir de los radiosondeos de los aeropuertos de Madrid y Palma de Mallorca, obtenidos a través del servidor de la Universidad de Wyoming. Este índice fue creado por Donald Haines en 1988 para medir el potencial de aire seco e inestable que presenta la atmósfera y que contribuye al desarrollo de incendios forestales. Combina dos factores que pueden influir en el comportamiento del fuego: el gradiente vertical de temperatura y el grado de humedad en el aire.

La variación vertical de temperatura, en la parte baja de la atmósfera, puede influir en el desarrollo de la columna de convección sobre el incendio (Fig. 112). Los niveles del gradiente vertical de temperatura, indican inestabilidad, pudiendo incrementar el desarrollo de la convección sobre el fuego, lo que contribuye a incrementar las posibilidades de que se dé un comportamiento errático o extremo del incendio (Quílez, 2014).

La humedad relativa en las capas bajas de la atmósfera es un factor que influye en la humedad del combustible en superficie. Valores bajos de humedad del combustible, incrementan las posibilidades de que se dé un comportamiento extremo de incendios.

El estudio de Haines se basó en el análisis de las peores campañas de incendios forestales, a lo largo de todo USA durante un periodo de 20 años. Recopiló datos de 29 estados y analizó 29 grandes incendios de la costa oeste y 45 de la costa este. Este estudio concluyó que sólo el 5% de los días de la campaña tenían un valor extremo del índice de Haines y que un 45% de los grandes incendios o incendios con comportamiento errático, se concentraban en esos días.

El Índice de Haines combina valores de inestabilidad atmosférica y sequedad del aire, por tanto es un indicador de la potencialidad de crecimiento de los incendios.

La sequedad del aire afecta al comportamiento del fuego, reduce la humedad del combustible fino muerto, por lo que hay más combustible disponible para el incendio e incrementa la posibilidad de que se den saltos de fuego.



Figura 112 Incendio convectivo de Ayora, Julio 2012. Fuente UBE.

La inestabilidad atmosférica afecta al comportamiento del fuego favoreciendo la evacuación de los gases procedentes de la combustión y, por tanto, aumentando el desarrollo de la columna de convección. Esta situación conlleva grandes velocidades de viento en superficie y grandes ráfagas de viento dentro del fuego para reemplazar el aire evacuado por la columna de humo. Este es el mecanismo por el cual el incendio genera su propio viento.

El estudio de Haines se desarrolló en varias altitudes de la atmósfera (Tabla 32), utilizando diferentes niveles de presión atmosférica para indicar el nivel más bajo del gradiente vertical de temperatura. Dependiendo de la elevación del incendio sobre el terreno, utilizó la diferencia de temperatura entre las siguientes capas:

- 950 a 850 mb. (Para alturas inferiores a 333 m)
- 850 a 700 mb. (Para alturas entre 333 m y 1000 m)
- 700 a 500 mb. (Para alturas mayores a 1000 m)

Tabla 32 Cálculo del índice de Haines, 2003.

Altura terreno	Estabilidad térmica	Humedad relativa
Baja (<333m)	950-850 mb (T ^a)	850 mb (T ^a - Punto rocío)
	A = 1, T ≤ 3°C	B = 1, Diferencia ≤ 5°C
	A = 2, 4°C ≤ T ≤ 7°C	B = 2, 6°C ≤ Diferencia ≤ 9°C
	A = 3, T ≥ 8°C	B = 3, Diferencia ≥ 10°C
Media (333 - 1000m)	850-700 mb T ^a	850 mb (T ^a - Punto rocío)
	A = 1, T ≤ 5°C	B = 1, Diferencia ≤ 5°C
	A = 2, 6°C ≤ T ≤ 10°C	B = 2, 6°C ≤ Diferencia ≤ 12°C
	A = 3, T ≥ 11°C	B = 3, Diferencia ≥ 13°C
Alta (>1000m)	700-500 mb T ^a	700 mb (T ^a - Punto rocío)
	A = 1, T ≤ 17°C	B = 1, Diferencia ≤ 14°C
	A = 2, 18°C ≤ T ≤ 21°C	B = 2, 15°C ≤ Diferencia ≤ 20°C
	A = 3, T ≥ 22°C	B = 3, Diferencia ≥ 21°C

Como indicador del contenido de humedad, utilizó indistintamente la temperatura a 850 mb y 700 mb y la diferencia del punto de rocío entre ambos.

En la costa este, exceptuando los Apalaches, utilizó la diferencia entre las capas de 950-850 mb, para las grades llanuras y Apalaches, utilizó la de 850-700 mb y para las rocosas utilizó la diferencia entre 700-500 mb.

La ecuación actual del índice de Haines es:

$$I \text{ Haines} = (T_{p1} - T_{p2}) + (T_{p1} - T_{pr}) = A + B$$

T es la temperatura a dos niveles de presión (p1 y p2).

T_p y T_{pr} son la temperatura y el punto de rocío a uno de los niveles (todas las temperaturas en °C y a y b son los coeficientes de mayoración).

El índice de Haines (HI) tiene valores del 1 al 6, cuando alcanza los valores de 5 ó 6, la probabilidad de comportamiento extremo de incendio (entorchamientos y saltos de fuego) se incrementa significativamente. Este índice está bien adaptado para incendios dominados por su columna de convección, que son aquellos donde el poder del incendio es más grande que el del viento. El viento no es un parámetro que se utilice en este índice (Quílez, 2014).

Hay que tener en cuenta que en un estudio en el que colaboré (Barberá, 2009), realizado para la Comunidad Valenciana en el periodo 1980-2007, de la correlación diaria y mensual del número de incendios y el HI, tanto en valores promedios como extremos, se puede extraer que el aumento del HI conlleva un incremento en la ocurrencia de incendios.

La ocurrencia de índices extremos (5 y 6) intermensual y diaria presenta un patrón semejante al de los valores promedios. No obstante, en medias elevaciones se observa una gran incidencia de índices altos. Este ascenso se debe al término de estabilidad (A), ya que en el término de humedad (B) los valores son similares en promedio a los registrados en bajas elevaciones. Este hecho podría deberse, de nuevo, a que en el cálculo del término A, el nivel bajo podría quedar dentro de la capa límite atmosférica en lugar de sobre ésta, aumentando por tanto esta magnitud (Barberá, 2009), de lo cual se deduce que no hay una buena correlación para alturas bajas.

III.1.5.5.1. Resultados.

La clasificación de incendios según meteorología sinóptica del día de inicio se ha realizado adaptando la metodología de MONTSERRAT et al (2012) a la zona de estudio. De los tipos sinópticos encontrados el que claramente conforma la situación de riesgo peor y más probable es el de vientos de poniente (oeste -suroeste) en verano. Hay que tener en cuenta, que bajo los escenarios de cambio climático, la época de riesgo sea más grande a lo largo del año, y que se puedan dar situaciones de este tipo fuera del periodo definido como verano, que ya se vienen registrando de forma poco frecuente. Cada vez son más habituales las sequías en esta época del año y la entrada de saharianas se puede producir antes, haciendo que la vegetación esté disponible y coincida con la época del año en que más fuerte y más frecuentemente sopla el viento de poniente.

El número de días con temperatura superior a los 20°C a una altura geopotencial de 850 hPa a las 00 UTC (HTD) por año tiene una clara tendencia ascendente (Fig. 113), lo que en la práctica se traduce en que los días con entrada de sahariana son cada vez más frecuentes sobre la zona de Valencia, afectando a la disponibilidad del combustible en superficie, y al factor humedad del índice de Haines, lo que se traduce en mayor inestabilidad sobre el territorio.

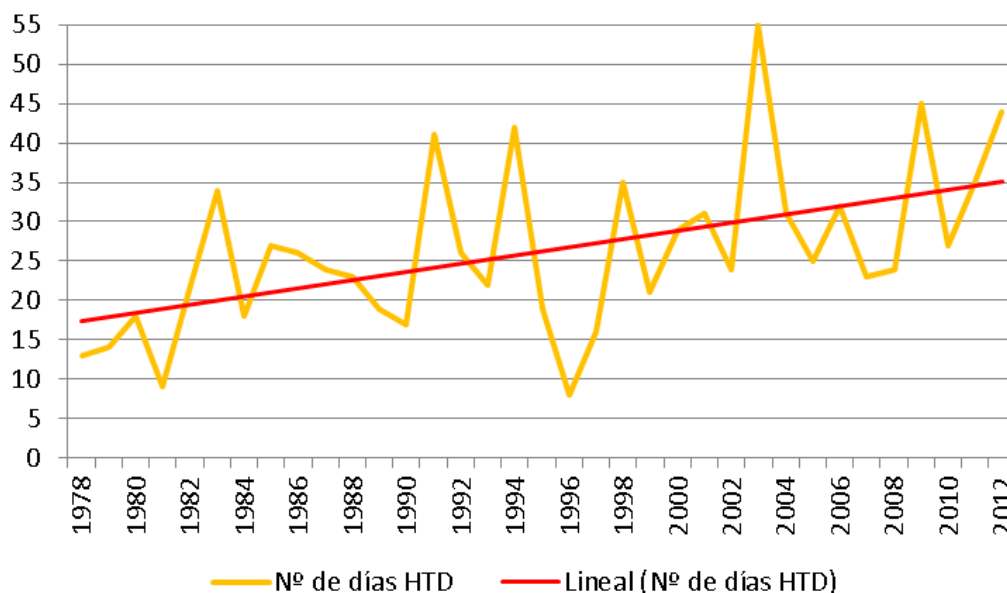


Figura 113 Número de días de HTD año y tendencia. Fte. Elaboración propia.

La clasificación sinóptica resultante del estudio es la que se muestra en la tabla 33, adaptada de la metodología de Montserrat et al. (2012).

Tabla 33 Descripción de los grupos sinópticos para la zona de estudio.

Grupo sinóptico	Descripción	Patrón de propagación
1 Norte de invierno	Vientos marcados del cuadrante NW, generalmente con condiciones frías	Viento de noroeste
2 Norte de verano	Vientos marcados del cuadrante NW. A diferencia de los de invierno, suele haber unas ciertas condiciones anticiclónicas mucho más a menudo que las de N, NW o NE.	Según intensidad del episodio y hora del día: - Viento del noroeste - Topográfico con brisas
3 Anticiclón	Situación dominada por el anticiclón (altas presiones, estabilidad) o pantano barométrico. Sin viento sinóptico y a menudo sin temperatura ni humedad de riesgo destacables.	Topográfico con vientos de brisa
4 Poniente de verano	de Viento marcado de componente oeste. Se dan en verano y tienen valores de temperatura y humedad relativa de riesgo.	Vientos de componente suroeste de oeste
5 Sur	Situación anticiclónica marcada por temperatura alta y humedad relativa baja. En general, ausencia de vientos.	Topográfico empeorado por condiciones de sur
6 Situación destacada	no Situación indefinida, sin ninguna particularidad a destacar.	Estándar

III.1.5.5.2. Sot de Chera.

De los 574 incendios recogidos en la base cartográfica en la zona de Sot de Chera, lo mayores a 100 hectáreas desde 1978 son los que se muestran en la siguiente tabla 34.

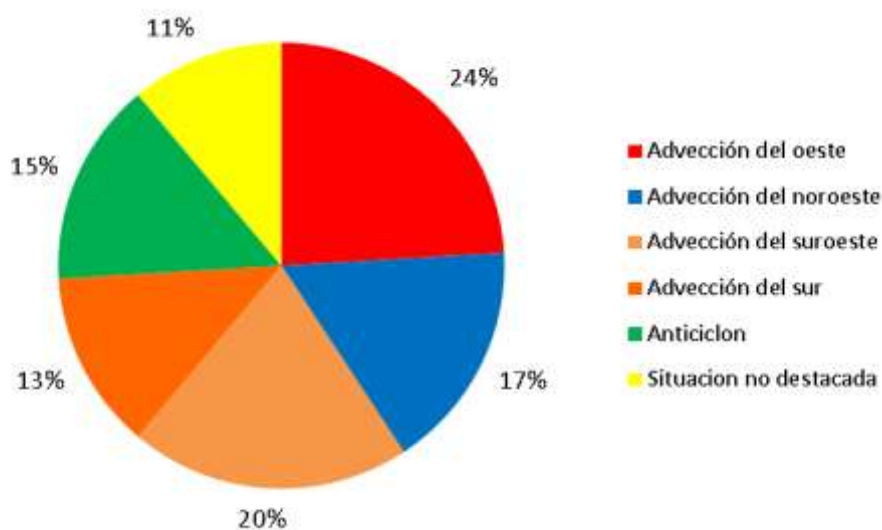
Tabla 34 Incendios mayores de 100 ha en Sot de Chera, superficie y temperatura a 850 hPa.

Fecha	Superf (ha)	°C 850 hPa 00Z	Fecha	Superf (ha)	°C 850 hPa 00Z	Fecha	Superf (ha)	°C 850 hPa 00Z
05/07/1994	24064,00	24,75	14/08/1980	901,12	21,15	17/08/1992	232,51	19,45
25/07/1990	7635,59	22,25	22/04/1984	751,02	10,55	05/02/1981	211,71	-0,75
15/08/1980	7412,05	16,85	04/10/1978	707,96	4,75	02/08/1993	202,00	20,15
22/06/1994	5264,00	13,75	13/10/1981	669,86	13,65	11/6/1999	194,00	11,05
19/07/1979	4889,00	21,55	27/04/1982	660,19	3,25	20/07/2006	194,00	19,85
31/08/1992	4174,60	15,35	19/07/1984	641,83	14,75	3/8/2000	190,00	21,25
15/08/1979	2485,84	20,55	15/03/1979	622,40	1,55	29/8/2001	174,90	21,05
28/07/1991	2415,35	19,45	25/03/1986	605,69	3,75	02/04/1985	170,39	9,35
01/09/1978	2194,92	18,65	14/08/1984	538,06	18,25	22/08/1978	157,12	19,75
07/08/1993	2183,00	23,45	15/06/1979	448,54	9,95	29/03/1987	143,61	0,66

Fecha	Superf (ha)	°C 850 hPa 00Z	Fecha	Superf (ha)	°C 850 hPa 00Z	Fecha	Superf (ha)	°C 850 hPa 00Z
15/08/1981	2024,62	16,55	16/07/1992	321,84	20,45	23/06/1979	138,26	17,65
16/9/2000	1900,00	21,55	05/04/1979	318,80	1,15	15/07/2007	136,51	20,55
31/07/1994	1650,00	20,65	02/08/1985	314,17	12,85	23/09/1984	106,30	15,15
28/07/1991	1788,17	19,45	19/09/1978	282,02	19,05	29/03/1986	105,94	3,95
28/08/2003	1707,00	19,95	12/10/1984	265,27	10,45	22/04/1984	104,33	10,55
18/09/1978	1622,45	17,65	29/07/1979	259,97	23,05	19/11/1979	103,93	3,65
18/05/1986	1387,37	18,35	19/07/1979	259,97	21,55	05/09/1981	101,87	13,65
31/08/1992	1067,53	15,35	18/09/1978	252,21	17,65	21/01/1986	100,72	2,95
02/09/1978	1002,70	16,05	03/08/1979	250,74	19,55			

Para la zona de Sot de Chera, de un total de 56 incendios analizados de superficie mayor de 100 ha (Fig. 114), y con una superficie total quemada en estos incendios de 88707,95 ha, encontramos la siguiente distribución de grupos sinópticos en relación a la superficie quemada:

Los que mayor superficie queman son los de poniente de verano con un 44% del número de incendios y 55.997,38 ha quemadas, lo que representa un total del 63,12 % de la superficie total quemada. En segundo lugar se encuentran los incendios originados con situaciones de sur, con un número de incendios del 13%, pero que, sin embargo, queman el 19,13% de la superficie con 16.970,79 ha. En tercer lugar estarían los incendios de situación no destacada, con un 11% del número de incendios, y un total de 7.431,75 ha, que supone el 8,37% de la superficie quemada. En cuarto lugar estarían los incendios originados con anticiclón, que supondrían un 15% de los incendios, con una superficie quemada de 6.199,62 ha, que supone un 6,98%, del total, y en quinto lugar estarían los incendios con situación de noroeste, con un 17 % del número de incendios y un total de 2,37% de superficie quemada.



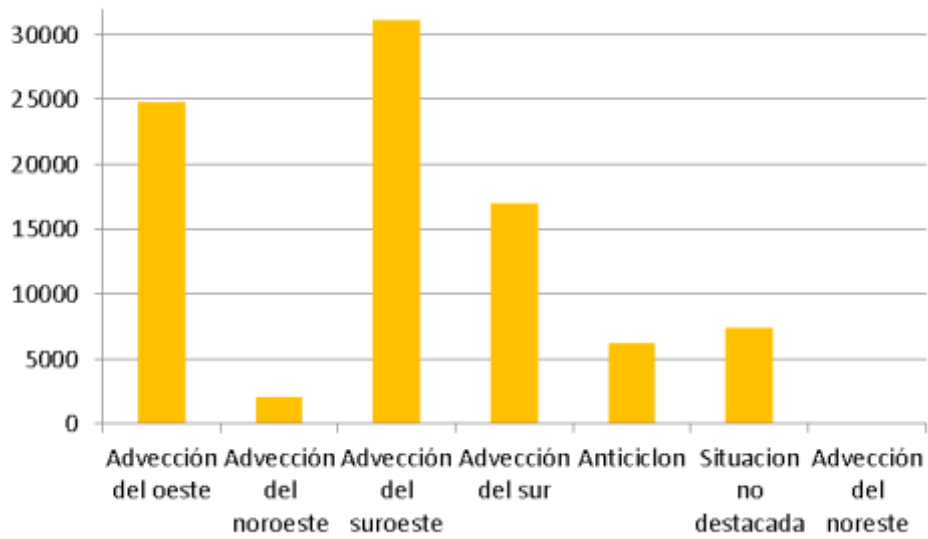


Figura 114 Superior, porcentaje de incendios para cada tipo sinóptico analizado e inferior, superficie quemada por tipo sinóptico analizado en la zona de Sot de Chera.

En relación al índice de Haines (Fig. 115), del total de los 56 incendios, un 45% se han desarrollado con índice de Haines 5. En segundo lugar están los de índice de Haines extremo (6). El resto se han desarrollado con un índice de Haines bajo, lo que supone un 30% de los incendios.

De este conjunto de datos podemos deducir que la inestabilidad atmosférica ha estado presente en el 70% de los incendios mayores de 100 ha en la zona. Y que los incendios con mayor superficie quemada se han producido con la combinación de poniente de verano con índice de Haines 5.

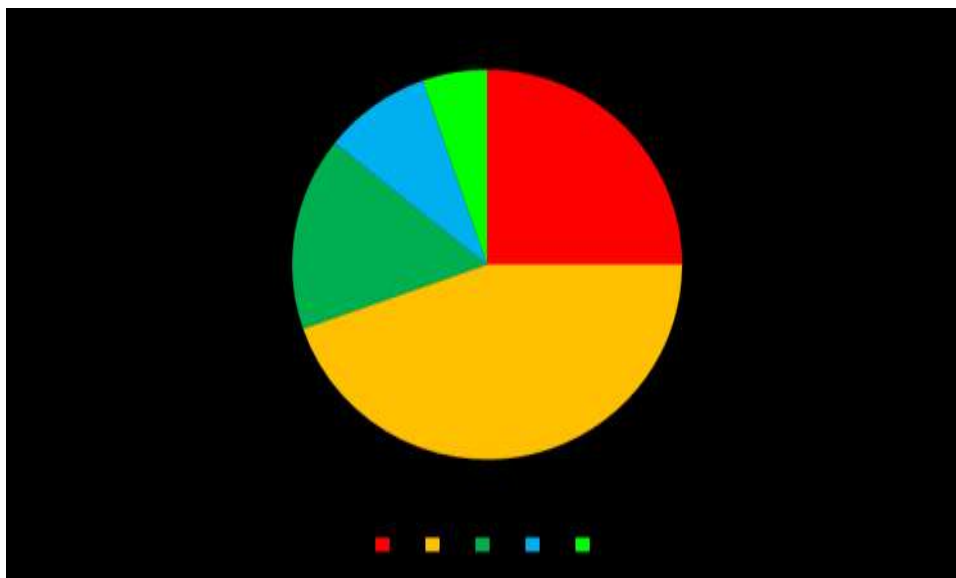


Figura 115 Clasificación por porcentajes según el valor del índice de Haines de los incendios estudiados en Sot de Chera.

III.1.5.5.3. La Calderona

Como ya se ha indicado con anterioridad, para la zona de estudio de la Calderona existen 315 incendios forestales registrados, con la particularidad de que para la zona de la provincia de Valencia existen curvas de incendio desde 1978, mientras que para la zona de la provincia de Castellón tan sólo se dispone de dichas curvas desde 1993, lo que implica que es posible que se hayan producido otros incendios que no estén registrados (Tabla 35).

Tabla 35 Incendios mayores de 100 ha en La Calderona, superficie y temperatura a 850 hPa.

Fecha	Sup (ha)	°C 850 hPa 00Z	Fecha	Sup (ha)	°C 850 hPa 00Z	Fecha	Sup (ha)	°C 850 hPa 00Z
10/08/1994	6717,96	19,25	12/08/2004	624,38	19,25	06/08/1993	201,00	23,95
18/08/1979	2991,87	13,65	13/12/1981	359,31	8,55	06/06/1983	182,48	21,05
30/08/1992	2170,82	10,75	23/09/1984	320,03	15,15	01/02/1983	136,37	9,05
07/08/1978	1293,70	19,85	01/09/1978	275,90	18,65	20/02/1994	113,49	5,45
07/03/2007	1182,40	5,05	17/07/1987	275,44	15,85	01/05/1978	112,86	2,55
26/08/2009	1013,02	17,85	13/10/1982	262,35	15,15	19/03/1985	111,72	1,45
12/05/1979	762,37	10,95	03/10/1991	231,28	10,65	21/03/1981	101,41	3,55

Para la zona de La Calderona, de un total de 23 incendios analizados de superficie mayor de 100 ha (Fig. 116), y con una superficie total quemada en estos incendios de 26.335,01 ha, encontramos la siguiente distribución de grupos sinópticos en relación a la superficie quemada:

Los que mayor superficie queman son los de poniente de verano con un 63% del número de incendios y 24.644,68 ha quemadas, lo que representa un total del 93,58% de la superficie total quemada. En segundo lugar se encuentran los incendios originados con situaciones de anticiclón, que supondrían un 4% de los incendios, con una superficie quemada de 762,37 ha, que representan un 2,89 %. En tercer lugar estarían los incendios de situación de noroeste, con un 14% del número de incendios, y un total de 359,31 ha, que suponen el 1,36 % de la superficie quemada. En cuarto lugar estarían los incendios originados con advección del sur, son el 4% del total del número de incendios, habiendo afectado a 337,37 ha, que supone un 1,28% del total. En quinto lugar estarían los incendios con situación no destacada, con un 5 % del número de incendios y un total de 231,28 ha, que supone un 0,87% de superficie quemada.

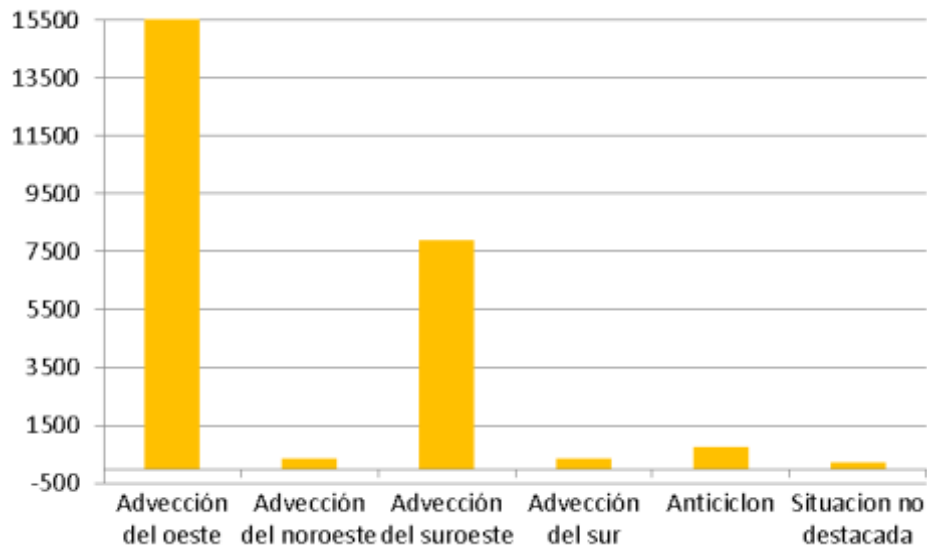
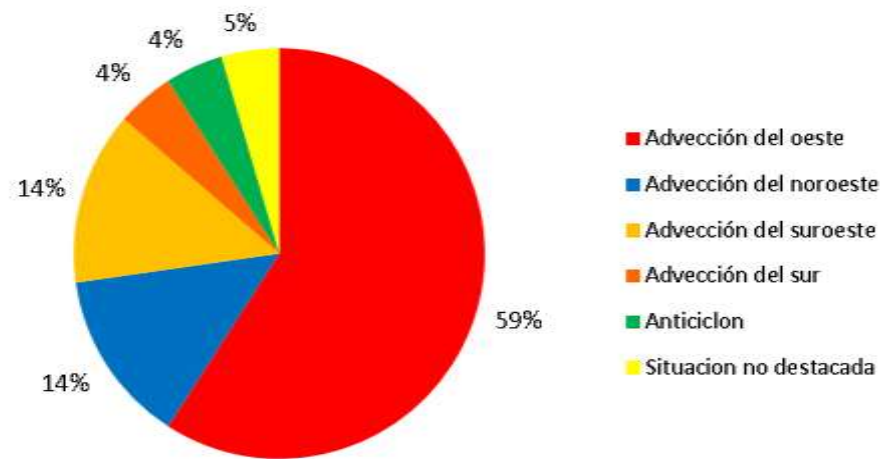


Figura 116 Superior, porcentaje de incendios para cada tipo sinóptico analizado e inferior, superficie quemada por tipo sinóptico analizado en la zona de La Calderona.

En relación al índice de Haines (Fig. 117), del total de los 23 incendios, la mayor parte de ellos se han desarrollado con índice de Haines 4, suponiendo un 37% del total, un 30% se han desarrollado con índice de Haines 5, un 18% con índice de Haines extremo (6), y el resto se han desarrollado con un índice de Haines 3, lo que supone un 30% de los incendios.

En consecuencia podemos deducir que la inestabilidad atmosférica ha estado presente en el 48% de los incendios mayores de 100 ha en la zona, que los incendios con mayor superficie quemada se han producido en la combinación de poniente de verano con índice de Haines 3 y 4, donde claramente hay una influencia del mar en las condiciones atmosféricas en la zona.

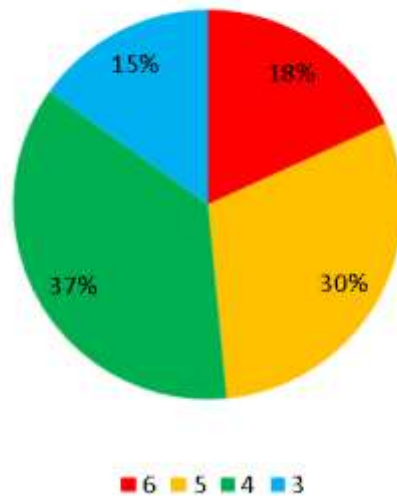


Figura 117 Clasificación por porcentajes según el valor del índice de Haines de los incendios estudiados en La Calderona.

III.1.5.6. Ventanas meteorológicas de los grandes incendios.

De acuerdo con las conclusiones sacadas de los apartados anteriores, se han buscado las ventanas meteorológicas de dos escenarios que cumplen los parámetros mencionados, es decir, advecciones del oeste, olas de calor, inestabilidad atmosférica y sequía prolongada, para realizar las simulaciones con objeto de ver como se adaptan las curvas de incendio a las simulaciones realizadas mediante Wildfire Analyst (en adelante WFA), además de poder calcular a través de estos datos meteorológicos todas las variables de fuego para el posterior diseño y dimensionamiento de infraestructuras defensivas.

Para establecer las ventanas meteorológicas de los megaincendios en la Comunidad Valenciana, se han reconstruido mediante datos de temperatura de Wetterzentrale, estaciones meteorológicas de AEMET, CEAM y radiosondeos, las condiciones meteorológicas de dos fechas concretas que se corresponden con grandes eventos que, como se ha podido ver en el apartado III.1.3.3. Relación entre régimen de lluvias, de temperaturas y de incendios, se corresponden a los peores momentos de incendios en la época moderna de los incendios forestales en la Comunidad Valenciana. Estos son el 4 de julio de 1994, momento en el que comenzó la peor ola de incendios de la que hay constancia en la Comunidad Valenciana, y se podría que decir que en España, con 98.602,8 ha afectadas en 5 incendios que comenzaron entre el 2 y el 4 de julio, y las 47.631,09 ha quemadas entre los incendios de Andilla y Cortes de Pallas del día 28 y 29 de junio de 2012.

III.1.5.6.1. Incendios de julio de 1994

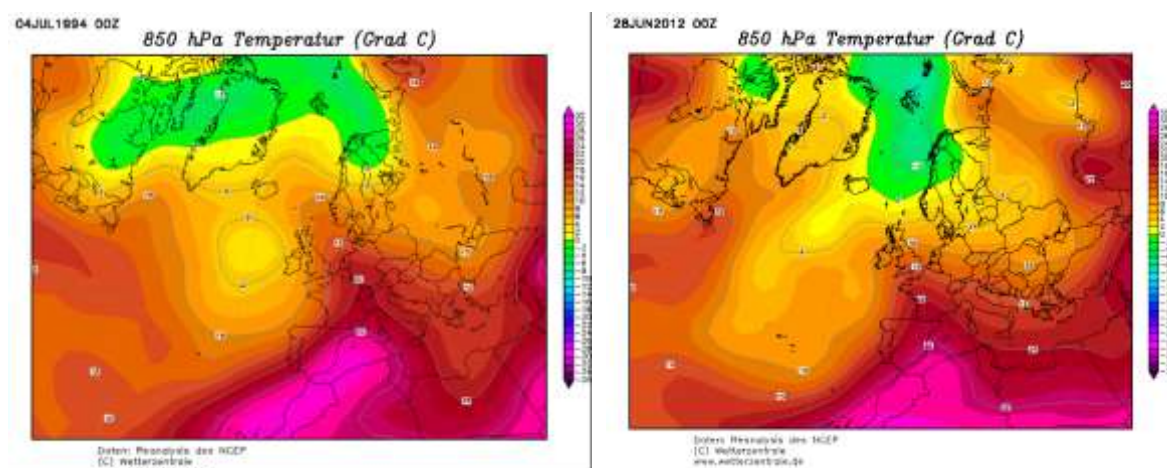


Figura 118 Configuración atmosférica a 850hPa similar de vaguada ciclónica pronunciada, a la izquierda 4 de julio de 1994 y a la derecha 28 de junio de 2012. Fte. Wetterzentrale.

Para hacer referencia a los incendios en la zona de Sot de Chera en este episodio de grandes incendios, nos vamos a centrar en el ocurrido en Requena el día 5 de julio de 1994, cuya ventana meteorológica, tomando como referencia la estación de AEMET de Utiel, es la que se muestra en las figuras 118, 119 y 120.

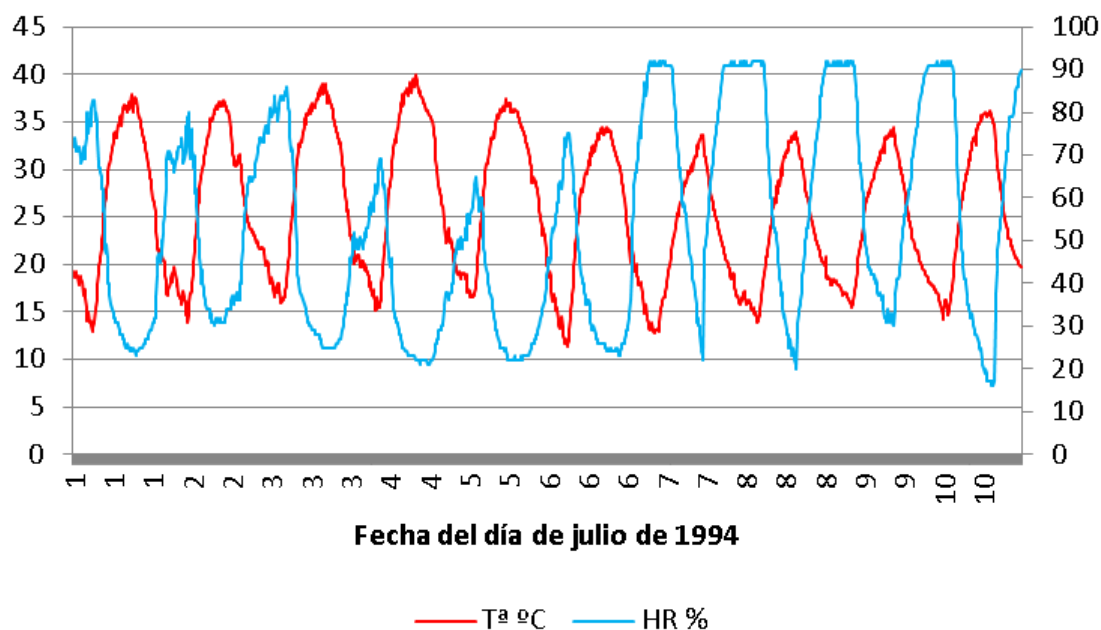


Figura 119 Temperatura y humedad relativa en la estación de Utiel julio 1994. Fte. AEMET, elaboración propia.

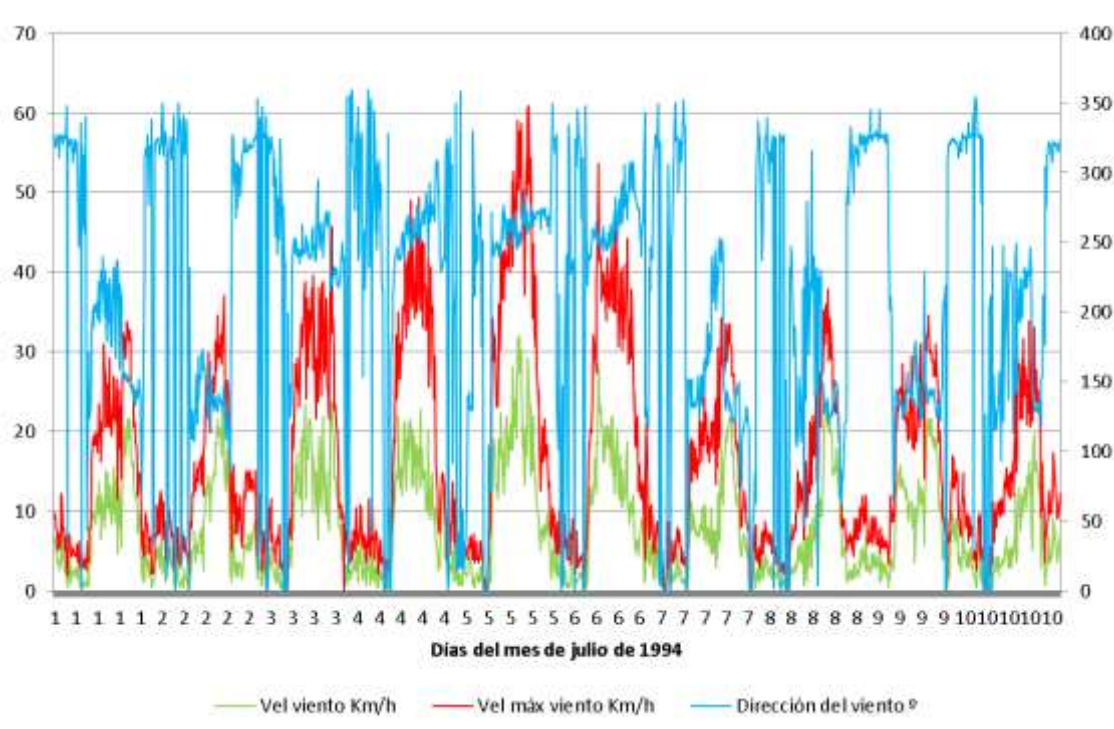


Figura 120 Velocidad y dirección del viento en la estación de Utiel julio 1994. Fte. AEMET, elaboración propia.

III.1.5.6.2. Incendios junio de 2012

La ventana meteorológica del incendio de Cortes de Pallás, que he reconstruido a través de los datos meteorológicos aportados por CEAMET y radiosondeos es la que se muestra en las figuras 121 y 122.

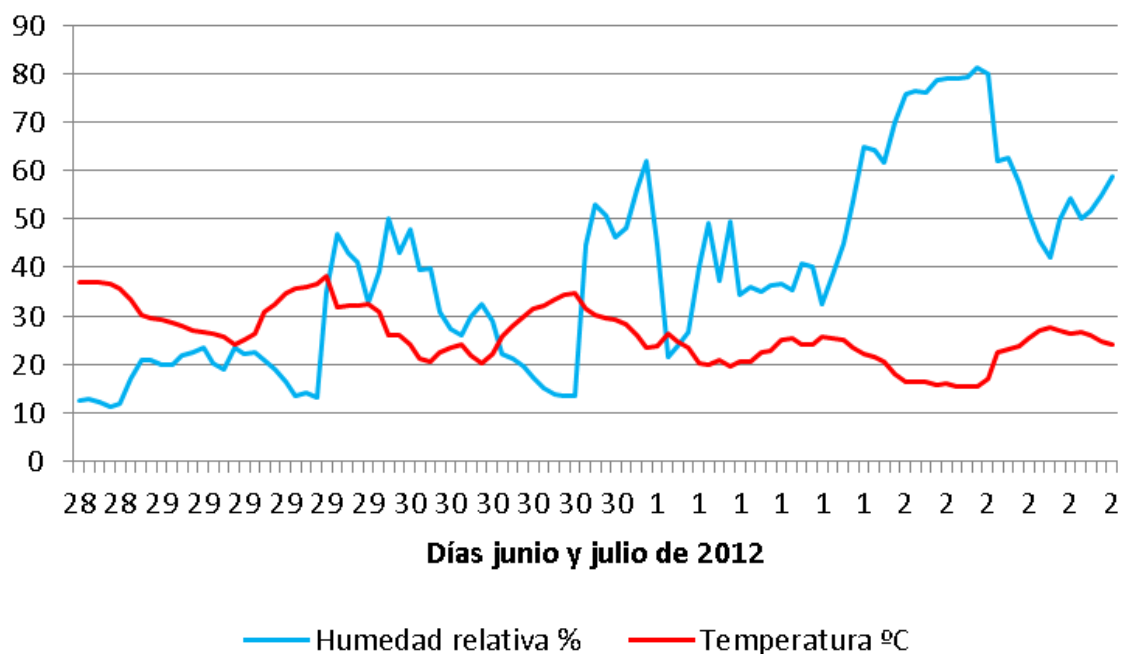


Figura 121 Temperatura y humedad relativa en varias estaciones junio-julio 2012. Fte. Datos CEAM, radiosondeos, elaboración propia.

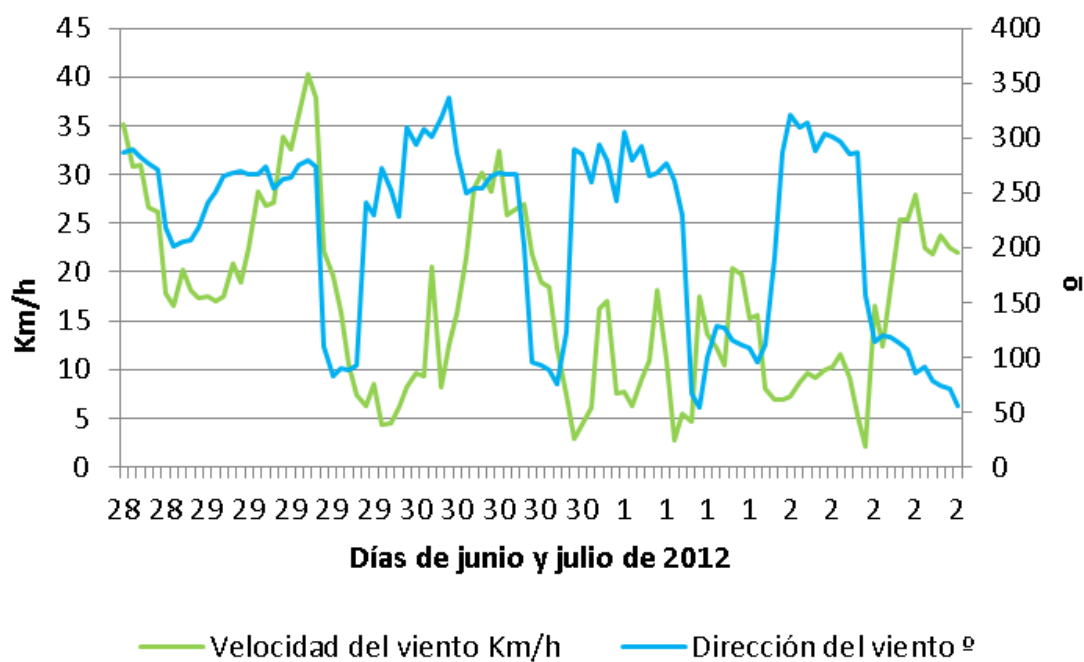


Figura 122 Velocidad y dirección del viento en varias estaciones junio-julio 2012. Fte. Datos CEAM, radiosondeos, elaboración propia.

III.1.5.6.3. Datos del Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunidad Valenciana.

Otros datos que serán tomados en cuenta a la hora de realizar las simulaciones, son los aportados por el Plan de Selvicultura Preventiva de Incendios de los sistemas Forestales de la Comunidad Valenciana de 1996. El cual, a partir de la división de la Comunidad Valenciana en siete zonas meteorológicas establecidas por AEMET (entonces Instituto Meteorológico Zonal de Valencia) (Fig. 123), establece las condiciones meteorológicas más desfavorables para cada una de ellas (Tabla 36).

Tabla 36 Condiciones meteorológicas más desfavorable para cada zona. Fte. Plan de Selvicultura Preventiva CV.

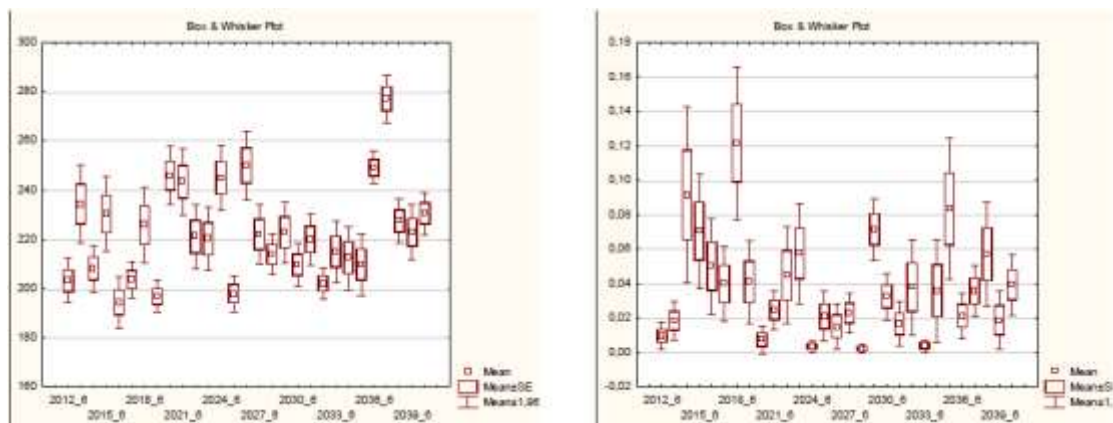
Nº Zona	Humedad relativa %	Temperatura °C	Viento oeste Km/h
1	20	33	70
2	15	39	60
3	15	35	70
4	15	40	80
5	15	40	70
6	20	38	70
7	25	34	60



Figura 123 Zonificación del Plan de Selvicultura preventiva de la Comunidad Valenciana 1996.

III.1.5.7. Escenarios meteorológicos en el contexto de cambio climático

Dentro de las predicciones realizadas por AEMET se analiza la tendencia de 2011 a 2040, en la cuadrícula del centro de la provincia de Valencia, para comprobar si estas condiciones se van a repetir en el futuro contexto de cambio climático. La figura 124 muestra, un análisis de varianza no paramétrico utilizando el test de Coeficiente de Concordancia de Kendall (Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance) de las temperaturas máximas según el modelo de predicción CGCM2 y para el coeficiente de sequía (precipitación/ 2 veces la temperatura) según el modelo ECHAM4, para los meses con más riesgo de incendio: junio, julio y agosto (Fernández Miguelañez, 2013).



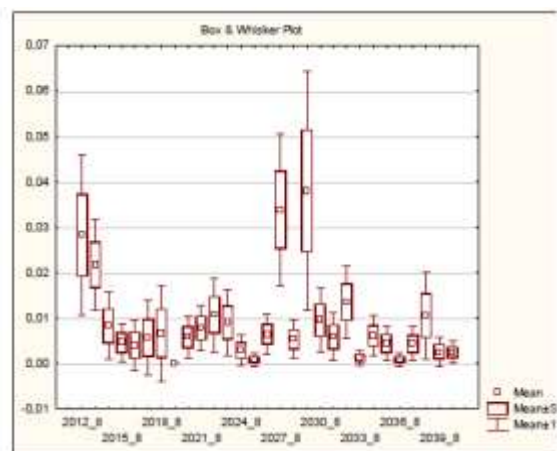
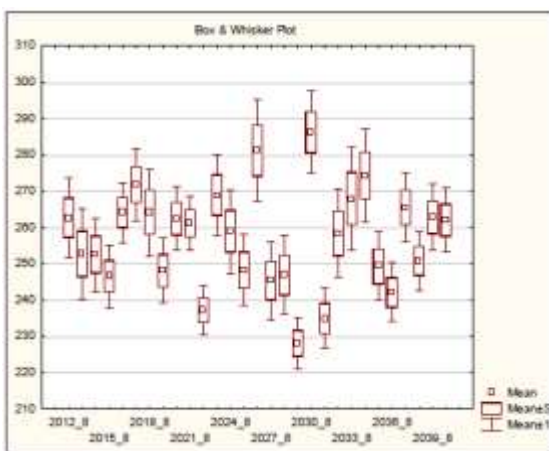
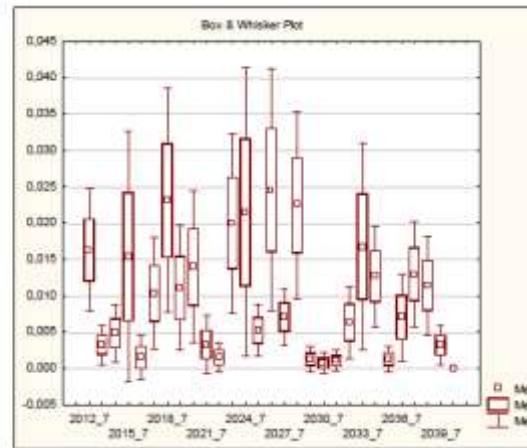
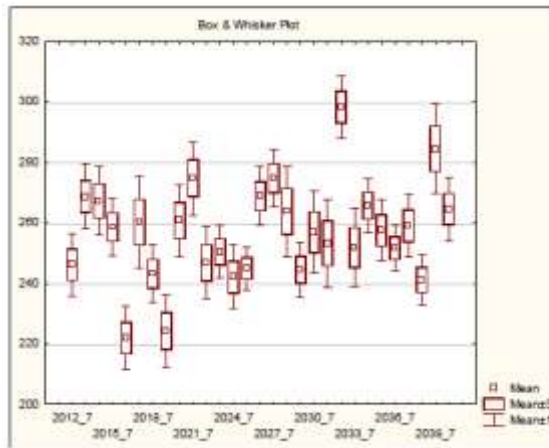


Figura 124 Distintos gráficos que expresan la tendencia global de las temperaturas máximas (izquierda) y del índice de sequía (P/2T, P: Precipitación (mm), T: Temperatura (°C)) (derecha) de 2011 a 2040 para los meses de junio, julio y agosto. Fte. Fernández Miguelañez, 2013.

Si se analiza y compara los diferentes meses de junio se puede observar como el mes de junio del año 2012 forma parte de los años más bajos tanto en temperaturas como en niveles de sequía para el periodo estudiado, por lo que se puede afirmar que el escenario del 29 de junio de 2012 en el que se inició el incendio de Cortés de Pallás fue un escenario extremo en relación con los años anteriores al 2012. Este escenario, con mucha probabilidad, se volverá a repetir e incluso, dentro del contexto de cambio climático, se podrían encontrar situaciones más extremas según las predicciones de los modelos climáticos analizados.

En base a las predicciones existentes, es de esperar un contexto climático mucho más severo, en donde las precipitaciones de primavera sean menores y la entrada de advecciones del sur sea más temprana. Esta doble combinación, como ya se analizó anteriormente, reducirá mucho el contenido de humedad de los combustibles vivos, generalizando los procesos de seca debido a la aparición de sequías más severas que, a su vez favorecerán la entrada masiva de plagas y, por supuesto, los incendios de mayor intensidad bajo condiciones meteorológicas no excesivamente desfavorables. Toda esta combinación de efectos tiene muchas posibilidades de acelerar el cambio florístico por encima de las previsiones actuales.

III.2. Validación del simulador WFA en la zona de estudio.

El comportamiento del fuego se puede predecir en base a modelos que pueden ser (Guijarro, 2003; Fernández Miguelañez, 2013):

1. De tipo empírico, basados en datos analizados mediante la herramienta estadística en base a datos recogidos en incendios y quemas experimentales. Tanto el sistema canadiense, como el sistema australiano de predicción del comportamiento del fuego forestal utilizan este tipo de modelos que parecen ser más eficaces en los ecosistemas en los que se han desarrollado. No obstante, alguna de las herramientas usadas por dichos modelos, como el índice de peligro canadiense FWI, son mundialmente utilizados y actualmente es el índice que adopta la UE para clasificar el peligro de incendios forestales, (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>). En España también se han desarrollado diferentes modelos empíricos del comportamiento del fuego por parte del Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán (Vega et al., 1998) obtenidos a partir de quemas experimentales en masas de matorral en Galicia.
2. De tipo empírico, basados en los procesos de transmisión del calor y el balance energético. Actualmente existen diversos modelos físicos para simular incendios forestales. Uno de los más avanzados es el modelo físico FIRETEC que está basado en la dinámica de los fluidos y que tiene en cuenta los procesos físico - químicos de intercambio de energía, en este caso aplicados al avance del fuego a través de una masa forestal o de matorral. El inconveniente de este modelo es que presenta unos tiempos de computación aún inasumibles para su uso en la planificación de la extinción, sin embargo ha demostrado ajustes con el comportamiento real, tanto en experimentos a escala de laboratorio (Marino et al., 2012) como a escala de campo (Linn, 1997; Pimont, 2009). También se han obtenido resultados aceptables de ajuste en experimentos de quemas con matorral usando el simulador físico WFDS (Jiménez et al., 2013) que se utiliza con frecuencia en la predicción del comportamiento del fuego en edificaciones y obra civil.
3. Modelos mixtos físico matemáticos o semiempíricos como el de Rothermel (1972) utilizado mundialmente. Se basan en la física de la combustión, pero los parámetros y condiciones de contorno están fijadas en base a experimentos de campo y laboratorio. Este modelo se ha utilizado en diferentes desarrollos informáticos por parte del Servicio Forestal de USA (www.fire.org) que finalmente han dado como resultado el paso a simuladores cartográficos como el programa FARSITE (Finney, 1994, 1995). Las salidas de simulaciones en forma de mapas son utilizados por los medios de extinción durante el incendio, pero también posteriormente al incendio para tener una idea aproximada de la intensidad generada durante el proceso de propagación. Para los gestores de la zona, este mapa de intensidades u otros mapas de severidad o afectación que se pueden generar a través de imágenes satélite son de gran utilidad. Además, durante la extinción se pueden utilizar como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para priorizar estrategias de preventivas. En España se desarrolló el simulador CARDIN (Martínez Millán et al., 1993) que actualmente se ha implementado como VISUAL CARDIN por la Universidad de Córdoba, que utiliza el modelo de Rothermel para calcular las salidas básicas de predicción del comportamiento del fuego. Y por último, el más moderno también de desarrollo español, y que cada vez está siendo más utilizado en diferentes países como España, Francia, USA, Chile, entre otros, es el Wildfire Analyst™ .

En la tesis doctoral de Simons (2013), para buscar un modelo de comportamiento del fuego que pudiera ser utilizado en operaciones en incendios forestales, se analizaron 17 simuladores, a través de una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre la materia.

De entre estos 17 encontró 12 que tuvieran la capacidad de simular la propagación del incendio y su comportamiento y 11 que requerían los datos de entrada disponibles.

Asimismo, de estos 17 simuladores iniciales, sólo 2, Farsite y Wildfire Analyst, tenían la puntuación de 4 en relación con su usabilidad, lo cual indicaba que el simulador aceptaba datos espaciales de terreno heterogéneo, que disponía de una interfaz gráfica para el usuario, no requería script, y disponen de manuales y tutoriales accesibles.

Como su trabajo se centraba en el diseño de cortafuegos o líneas de defensa, necesidad recogida en las entrevistas realizadas a los diferentes componentes de los equipos de dirección de extinción de incendios. La valoración de los simuladores no sólo requería que tuvieran una puntuación de 4, sino que además debían disponer de un módulo que permitiera diseñarlos, así como ser capaz de generar de forma rápida las simulaciones.

Tal y como ya se ha apuntado, de todos los simuladores analizados, sólo dos obtenían una puntuación de 4 de los 5 requerimientos necesarios para ser utilizados en dirección de operaciones de extinción en incendios reales. Tanto Farsite como Wildfire Analyst pueden ser utilizados para simular comportamiento del fuego en terreno heterogéneo, se manejan de forma sencilla, utilizan sólo datos de entrada disponibles y permiten al usuario generar líneas de defensa sobre el terreno, para valorar el efecto de estas sobre el comportamiento del incendio. Farsite necesita mucho tiempo para realizar la simulación, lo que le hace poco operativo a la hora de utilizarlo en operaciones reales, mientras que Wildfire Analyst requiere muy poco tiempo para generar esas simulaciones, por lo que es preferible sobre Farsite.

Wildfire Analyst fue el único modelo que cumplió con todos los requisitos del modelo óptimo de los 17 modelos originales analizados.

III.2.1. Simulación de incendios con el simulador WFA.

En este trabajo se propone la utilización de WFA, ya que además de ser una herramienta muy potente en cuanto a su rapidez computacional, presenta una serie de salidas muy interesantes para analizar las trayectorias de propagación de incendio como son los caminos de fuego o Minimum Travel Time (MTT), que pueden dar una idea de por dónde van a circular los incendios en una determinada zona, bajo diferentes condiciones meteorológicas.

WFA es un software comercial de simulación de incendios, construido por la empresa TECNOSYLVA S.L. en 2011, que proporciona análisis en tiempo real de la progresión del incendio forestal, el comportamiento del fuego, las capacidades de supresión y el análisis de impacto durante el incidente, entre otras. Está diseñado para ser utilizado en prevención y extinción, por lo que el proceso de recogida de datos para crear mejores bases de datos de comportamiento del fuego y mejorar los modelos existentes es sencillo. WFA incorpora mejoras innovadoras como el rendimiento real de procesamiento, la tasa de propagación automática (ROS), ajustes basados en observaciones que se utilizan para crear bases de datos de comportamiento del fuego, el cálculo de las isocronas de evacuación, el análisis posterior en tiempo de integración de los resultados de la simulación activos y el análisis del impacto económico.

El modelo de propagación predeterminada implementado en la herramienta WFA es el modelo de Rothermel y las modificaciones propuestas por Albini (1976) junto con el modelo de fuego de copas propuesto por Rothermel (1991). Acepta los modelos de combustible de Scott y Burgan (2005), así como modelos personalizados de combustible. También pone en práctica uno de los modelos empíricos existentes, el propagador de incendios chileno KITRAL.

A diferencia de otros simuladores, aprovecha las múltiples funcionalidades que se pueden realizar con el software ARCGIS™, ArcEngine 9.3 y 10, por lo que para la creación del escenario se necesita un proyecto .mxd creado en ARCGIS con la información del modelo digital del terreno (MDT), y los modelos de combustible. (<http://wildfireanalyst.com/help/spanish/index.html>).

El simulador operacional de incendios forestales **Wildfire Analyst™**, está basado en la integración de cuatro elementos:

- Procesador de datos de entrada.
- Generador de viento de alta resolución
- Modelos de propagación.
- Salida en sistemas GIS 2D y 3D

Los datos previos están en el diagrama de flujo de la figura 125, y presenta la vista principal de la pantalla de WFA que se muestra en la figura 126.

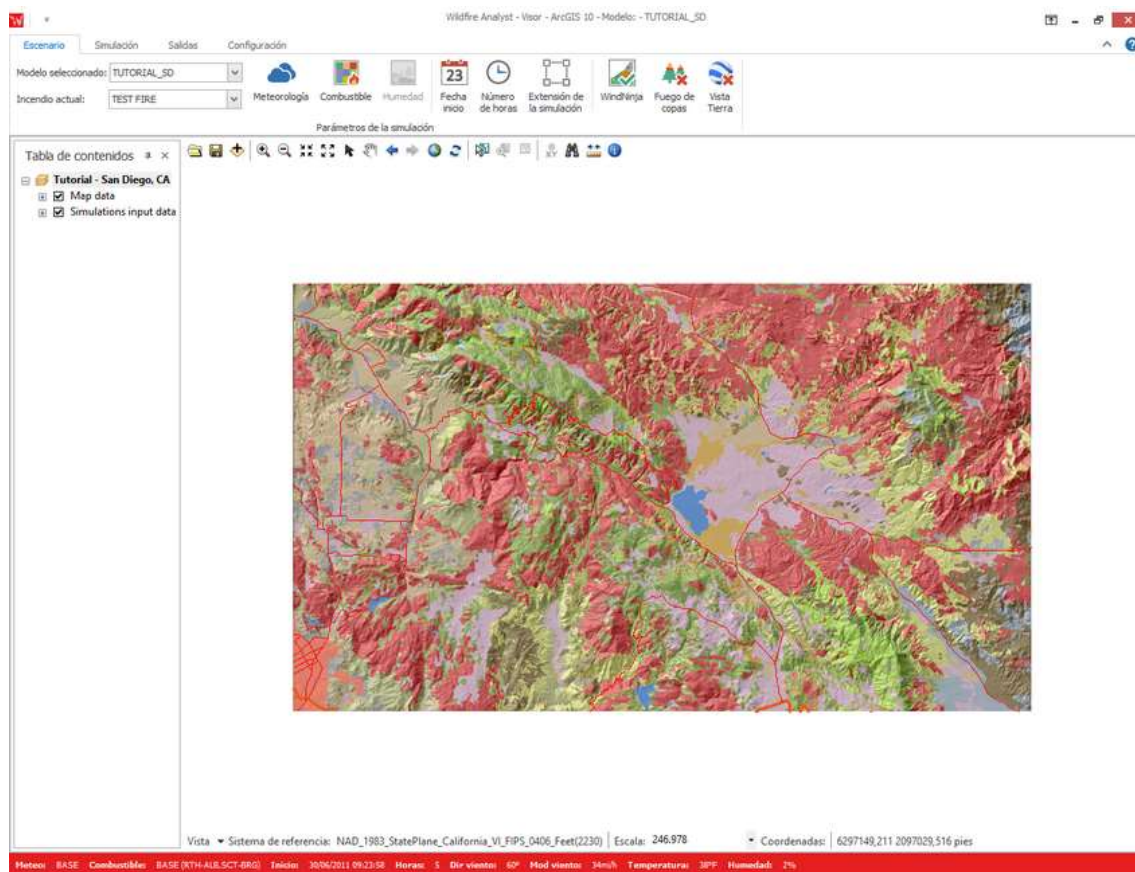


Figura 126 Pantalla de trabajo de WFA. Fte. Tecnosylva.

III.2.2. Simulación del incendio de Cortes de Pallás con WFA.

La siguiente simulación se centra en la comparación de las simulaciones del incendio de Cortes de Pallás realizadas con WFA para un periodo de 20 horas, en la que se compararán las simulaciones incorporando las operaciones de extinción y su significado en el comportamiento del incendio, en comparación con otras simulaciones en las que no se han incorporado dichas operaciones de extinción.

Descripción del Incendio.

El día 28 de junio de 2012, a las 16:00 se detectó un incendio forestal en la zona de Cortes de Pallás, una de las zonas más complicadas de la provincia de Valencia en cuanto a comportamiento del fuego, ya que esta zona está muy marcada por la topografía, moldeada por el paso del río Júcar, que ha configurado un terreno muy abrupto.

El escenario está muy marcado por la orientación en la que discurre el río Júcar, en dirección oeste a este, que además coincide con la dirección de los vientos dominantes en la zona y que canaliza la circulación de vientos, aumentando su velocidad por efecto Venturi (Fig. 127).



Figura 127 Topografía incendio Cortes de Pallás.

Además, esta zona ha estado muy castigada por incendios recurrentes desde el año 1975. Existen zonas que han sido recorridas por el fuego hasta en 5 ocasiones, lo que sin duda condiciona los modelos de combustible presentes, con predominio de modelos de matorral y fases de regeneración de arbolado de *P. halepensis*, con unas densidades muy altas. En las zonas donde no se ha dado esta recurrencia tan grande, existían formaciones de modelos 7 con predominio de *P. halepensis* y *Q. ilex*, con una gran continuidad vertical y horizontal.

Otro factor determinante en el comportamiento de este incendio fue la marcada sequía que afectó a zona desde el invierno de 2011-2012 hasta el momento del incendio, que bajó muchísimo la humedad de los combustibles vivos, hasta alcanzar umbrales del 55% en acícula de *P. halepensis*, según los datos de campo tomados por CEAM para ese periodo.

Como último factor determinante hay que destacar el episodio meteorológico que estaba sufriendo la zona en el momento del incendio, con la presencia de una continental sahariana (Fig.

128), y bajo la influencia de vientos terrales, que dispararon las temperaturas y redujeron muchísimo la humedad relativa, en un episodio que duraría varios días, a lo que se vino a sumar la aparición de otro gran incendio el día 29 de junio en Andilla.

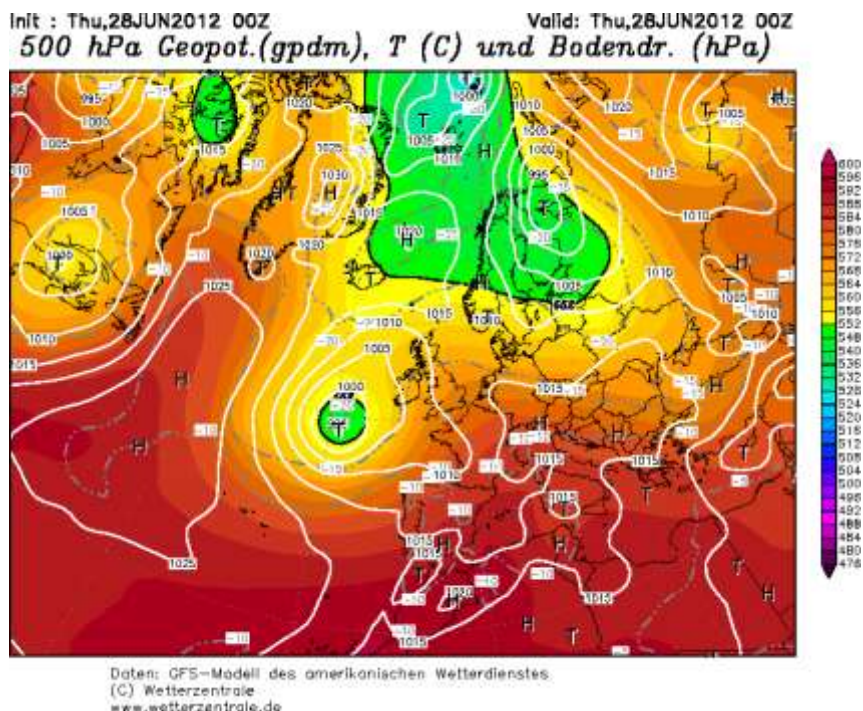


Figura 128 Mapa de presión en superficie y altura de 500 hPa el 28 de Junio de 2012

Con todos estos condicionantes el incendio evolucionó fuera de capacidad de extinción desde el mismo momento de iniciarse (Fig. 129 y 130), realizó una rápida carrera en las primeras seis horas de 13,56 kilómetros en el eje principal de propagación de la cabeza, y que continuó hasta completar los 26 kilómetros a las 12 horas del día 29 de junio, llegando a zonas de interfaz con presencia de cultivos.



Figura 129 Inicio del incendio de Cortes de Pallás



Figura 130 Flanco izquierdo a las 4 horas desde el inicio. Fte. Unidad técnica de la Conselleria de Governación y justicia

La tónica en las siguientes horas y días fue un ciclo combinado de vientos del oeste, noroeste y este que continuaron abriendo flancos y propiciando la aparición de nuevas carreras hasta llegar al perímetro definitivo (Fig. 131).

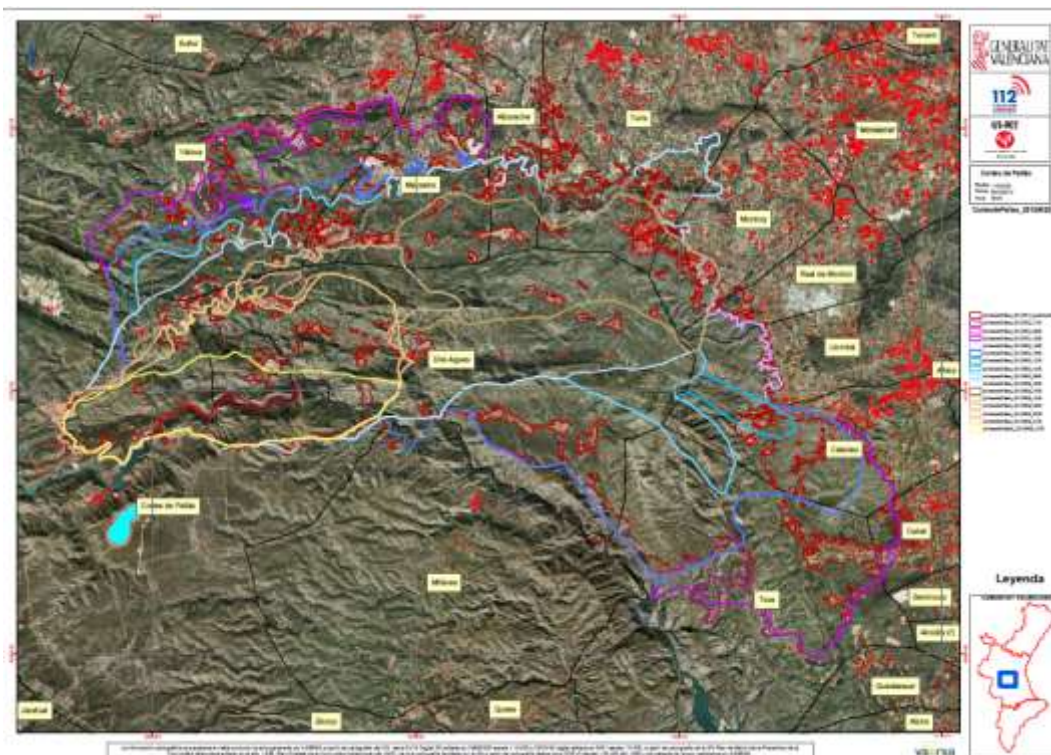


Figura 131 Perímetros incendio Cortes de Pallás.

Para realizar la simulación del incendio se ha dispuesto de datos muy fiables tanto a nivel de meteorología como de combustibles y humedad.

III.2.2.1. Combustibles.

Para realizar la simulación se ha utilizado la capa de modelos de combustibles elaborada por la Sección Forestal del Consorcio de Bomberos de Valencia y la Unidad de Brigadas de Emergencia en base a los modelos de Scott y Burgan (Fig. 132).



Figura 132 Mapa de modelos de combustible de la zona del incendio de Cortes de Pallás.

En cuanto a la humedad del combustible vivo, se han utilizado los datos obtenidos en las mediciones de campo realizadas por CEAM en una zona próxima, durante los días anteriores y posteriores al incendio (Fig. 91).

Otro aspecto importante a resaltar en los datos de entrada de la simulación es el estado fenológico, lo cual tiene gran importancia en los modelos de Scott y Burgam, ya que la existencia de muchos modelos en la zona en los que aparece el pasto, le da un peso importante a la hora de propagar el incendio, y generar nuevos focos de ignición, por eso debe incluirse en la simulación la dinamicidad de esta vegetación y, por tanto, el contenido de humedad de las herbáceas vivas debe ser cero.

III.2.2.2. Meteorología.

Para preparar la reconstrucción meteorológica se han utilizado las estaciones meteorológicas de CEAM en Cortes de Pallás y Alborache (Fig.134). Estas estaciones disponen de datos diezminutales de todas las variables necesarias. Asimismo se ha construido un escenario meteorológico en función de las isócronas del incendio, viendo por dónde se encontraba y cuál era la influencia de la altitud y exposición a vientos en función de los datos de los radiosondeos de la zona, lo que permitió sacar los factores de ajuste del viento a diferentes alturas geopotenciales (Fig. 133).

Este ajuste se realiza ya que el incendio se mueve en diferentes alturas, y la afectación por vientos en la parte baja está muy condicionada por la topografía, mientras que la influencia en la parte alta del incendio, está más condicionada por la circulación de los vientos dominantes.



Figura 133 Perfil de elevaciones de la carrera principal.



Figura 134 Ubicación de las estaciones meteorológicas de referencia

III.2.2.3. Operaciones de extinción.

En la simulación se han incorporado las operaciones de extinción mediante la herramienta firebreak, ajustando su anchura al 100%, para evitar que el incendio las sobrepasase. Como el ataque principal se centró en los flancos y la defensa de núcleos habitados (Fig. 135 y 136), la simulación funciona muy bien, sin necesidad de haber realizado ajuste alguno.



Figura 135 Operaciones de extinción en flanco izquierdo mediante quemaduras de ensanche.



Figura 136 Operaciones de extinción mediante quemaduras de ensanche para defensa de zonas habitadas.

III.2.2.4. Resultados.

Los resultados de las diferentes simulaciones son los que se enmarcan en la siguiente ficha.



Figura 137 Simulación del incendio de Cortes de Pallás a las 20 horas de su inicio.

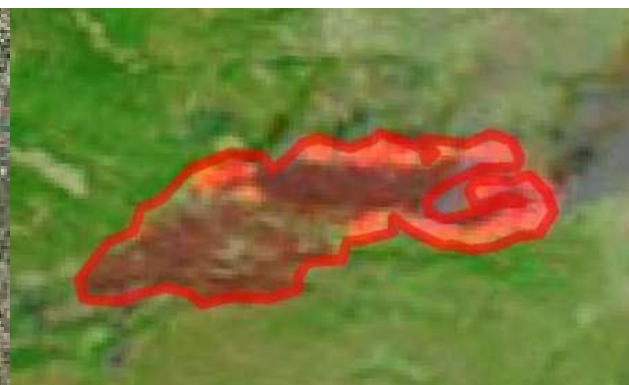


Figura 138 Perímetro de Modis del incendio de Cortes de Pallás a la misma hora.

Como puede observarse en ambas imágenes, el perímetro de la simulación (Fig. 137) y el proporcionado por MODIS (Fig. 138) son casi idénticos, por lo que el WFA con datos reales en su entrada funciona muy bien, si se tienen en cuenta los condicionantes antes descritos.

No obstante, habría que calibrar de alguna forma la validez de los parámetros medidos en el simulador, como pueden ser la variación de las condiciones meteorológicas en otros escenarios en las que no exista una buena disponibilidad de datos en el lugar del incendio, o cómo afectan las diferentes capas de modelos de combustible al simulador.

En relación con las operaciones, habría que ver cómo se pueden implementar estas en el simulador, de tal manera que permita estudiar diferentes variaciones de los planes de operaciones, y cómo estas afectarían al desarrollo del incendio. Se abre un campo nuevo de aplicaciones de planes de extinción dentro de la simulación, que con mucho ajuste e introduciendo rendimientos a la baja de estas operaciones, se podría contribuir a preestablecer planes de operaciones para diferentes escenarios, así como proponer diferentes acciones preventivas que permitan, en función de la situación sinóptica que esté afectando a un determinado incendio, sacrificar zonas que van a ser afectadas por el incendio, de cara a conseguir que estos no crezcan en magnitudes tan desmesuradas con el caso del incendio de Cortes de Pallás.

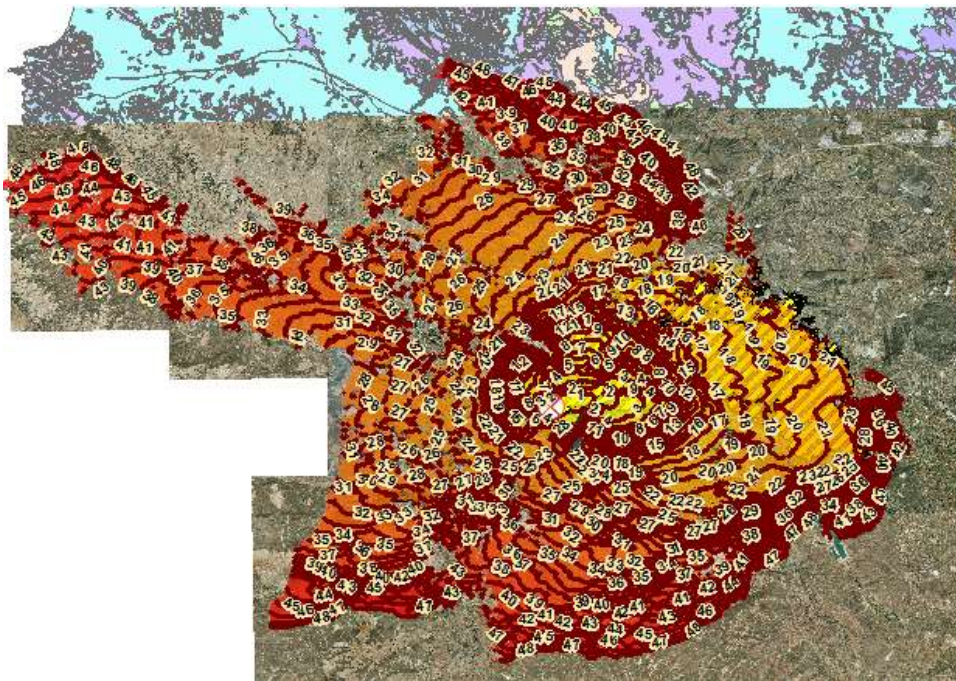


Figura 139 Simulación del incendio de Cortes de Pallás a 48 horas sin operaciones de extinción.

La simulación de la figura 139 se corresponde con la misma del incendio de Cortes de Pallás pero a las 48 horas, y sin incorporar los efectos de las operaciones de extinción. Estos resultados pueden ofrecer una idea de la magnitud que podrían alcanzar estos incendios, en situaciones sinópticas más severas. O en las que existiese una simultaneidad de incendios tan grande que impidiese disponer de los recursos de extinción tan numerosos como de los dispuestos en este incendio.

También pueden servir para planificar acciones de prevención en puntos críticos, teniendo claro que, en este caso, toda la zona en sí misma es un punto crítico, por ser el nudo de unión del sistema hidrológico del río Júcar y, por tanto, la propagación del incendio se verá favorecida por las diferentes orientaciones de valle y la circulación de los vientos dominantes.

III.2.3. Simulación del incendio de Andilla con WFA.

Al igual que en el caso anterior, se ha realizado la simulación del incendio de Andilla del 29 de junio de 2012, cuya notificación en la Central de Bomberos fue recibida ese mismo día a las 16:37 horas. Este incendio se detectó una vez estaba bien desarrollado el incendio de Cortes de Pallás, y aunque se desviaron un gran número de medios de extinción, no pudo controlarse en los primeros momentos de evolución. En la madrugada del día 30 de junio, parecía que las cosas marchaban bien para su control, pero un giro de viento en torno a las 10:00 horas de este día, originó una gran carrera en dirección noreste que lo puso fuera de capacidad de control.

En el meteodiagrama adjunto (Fig. 140) puede apreciarse la previsión de vientos que había para esa zona en Wetterzentrale, donde puede verse el giro de viento previsto para el día siguiente.

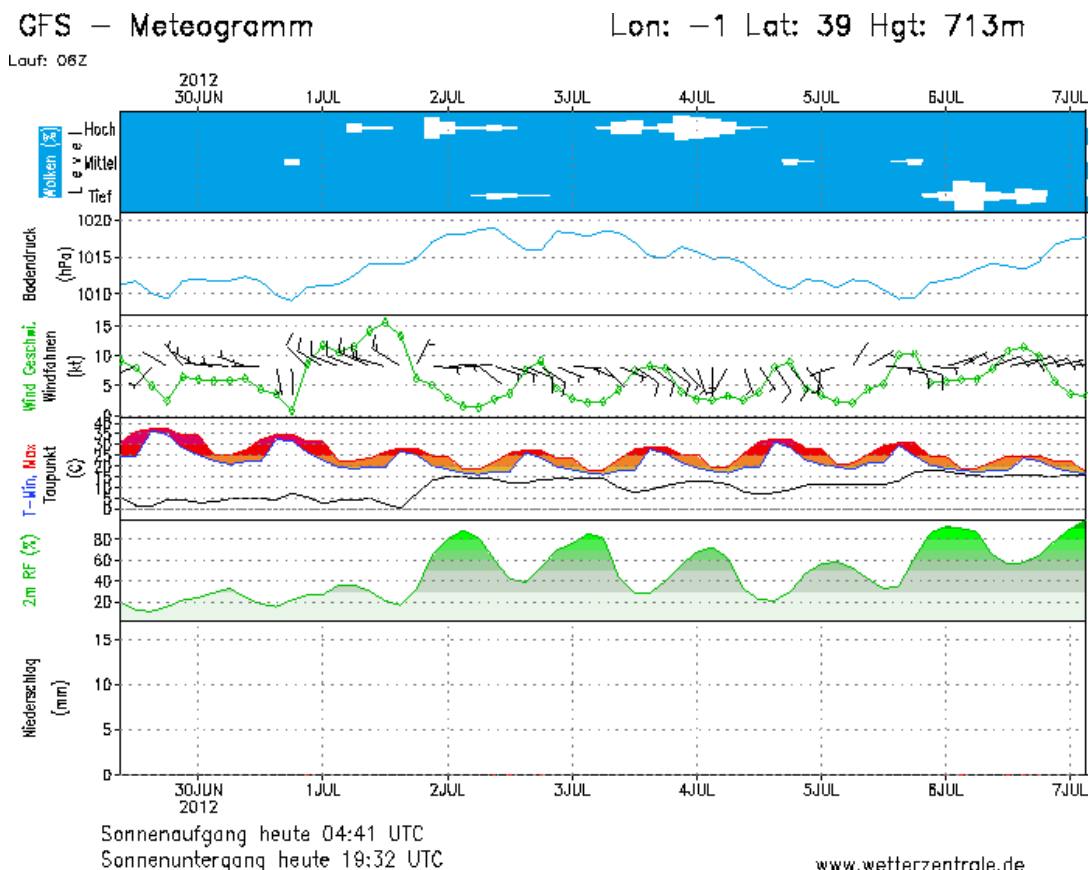


Figura 140 Meteodiagrama de la zona del sur de la provincia de Valencia del día 29 de junio a las 18:30 horas.

Al igual que en el caso anterior, toda la meteorología ha sido reconstruida en base a dos estaciones meteorológicas de CEAM, una en Villar del Arzobispo y la otra en Altura, la primera en la provincia de Valencia y la segunda en la de Castellón.

Los datos meteorológicos son los que se muestran en las figuras 141 y 142.

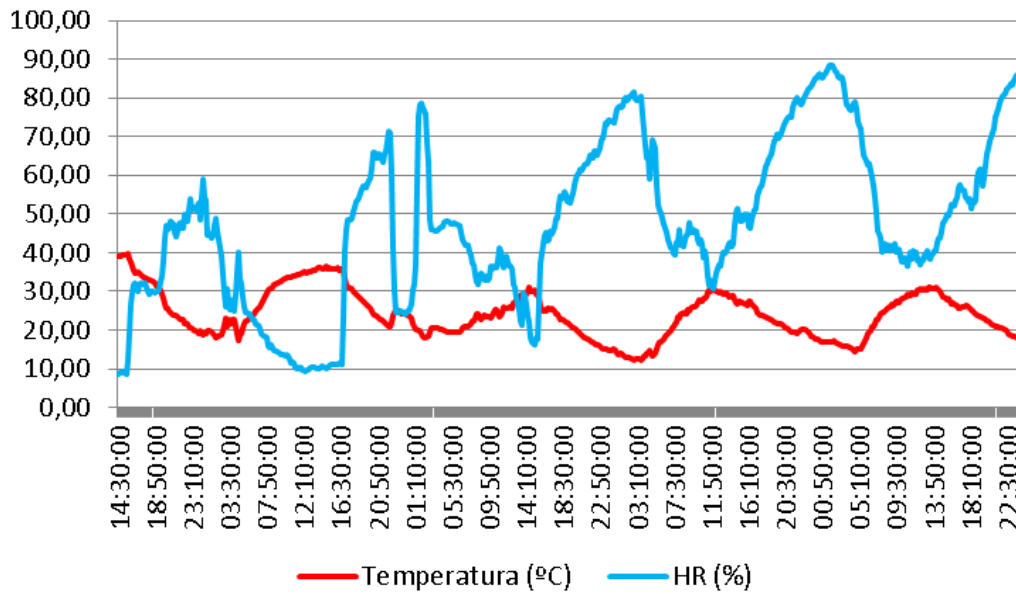


Figura 141 Gráfica de temperatura y humedad relativa en horario UTC, desde el 29 de junio al 3 de julio de 2012.

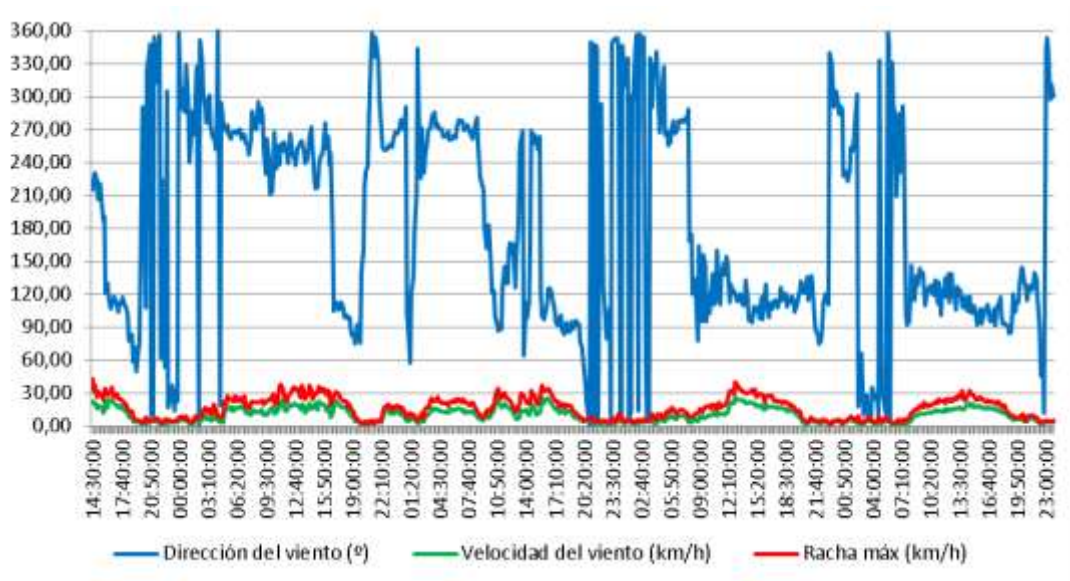
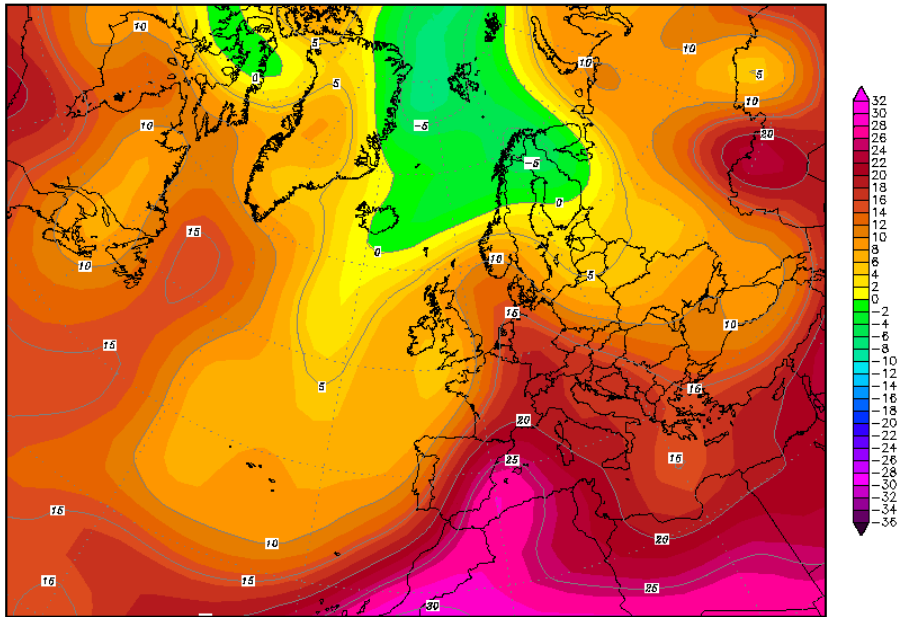


Figura 142 Gráfica de velocidad y dirección del viento en horario UTC, desde el 29 de junio al 3 de julio de 2012.

La situación de la atmósfera en altura seguía mostrando una anomalía de altas temperaturas en la zona, como puede apreciarse en la topografía de 850 hPa del día 29 de junio de 2012 a las 00 horas UTC (Fig. 143).

29JUN2012 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 143 Topografía a la altura de 850 hPa, donde se muestran las anomalías de temperatura en el este peninsular. Fte. Wetterzentrale.

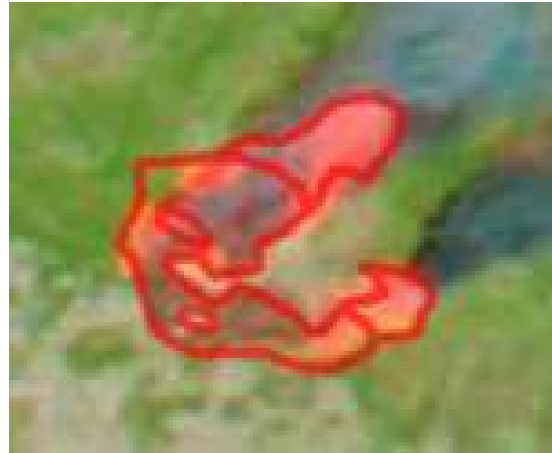


Figura 144 Imágenes MODIS del Incendio de Andilla a las 11:10 y 14:25 , hora oficial, respectivamente del día 30 de junio de 2012.

Igual que en el incendio de Cortes de Pallás, las simulaciones se han comparado con las imágenes MODIS (Fig. 144). La primera simulación correspondería a 6 horas desde el inicio del incendio, la segunda correspondería a la imagen NODIS del día 30 de junio de 2012 a las 11:10 horas. La carrera principal de propagación se ajusta muy bien a la detectada por MODIS. La apertura de flancos puede estar condicionada por las operaciones de extinción, ya que durante la madrugada del día 30 se realizaron contrafuegos en el flanco izquierdo de este incendio (Fig. 145).

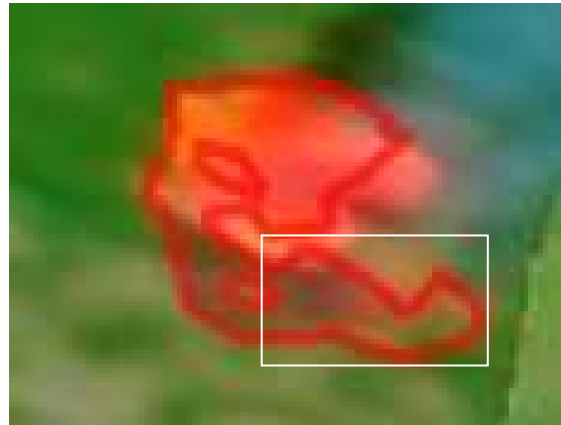
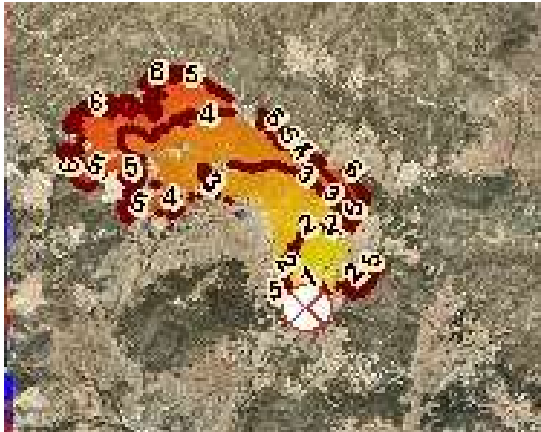


Figura 145 Comparativa entre la simulación con WFA de las 6 primeras horas de propagación del incendio de Andilla. En la parte inferior de la imagen MODIS del día 30 de junio de 2012 a las 11:10 horas.

En la siguiente comparativa de imágenes (Fig. 146) se muestra la simulación con WFA de las 20 primeras horas de propagación del incendio de Andilla sobre la salida kml para google earth, y la parte superior de la imagen MODIS del día 30 de junio de 2012 a las 11:10 horas. La carrera principal de propagación se ajusta muy bien a la detectada por MODIS. La apertura de flancos puede estar condicionada por las operaciones de extinción, ya que durante la madrugada del día 30 se realizaron contrafuegos en el flanco izquierdo de este incendio.

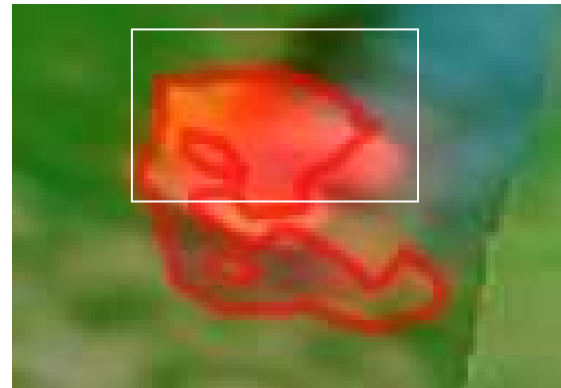
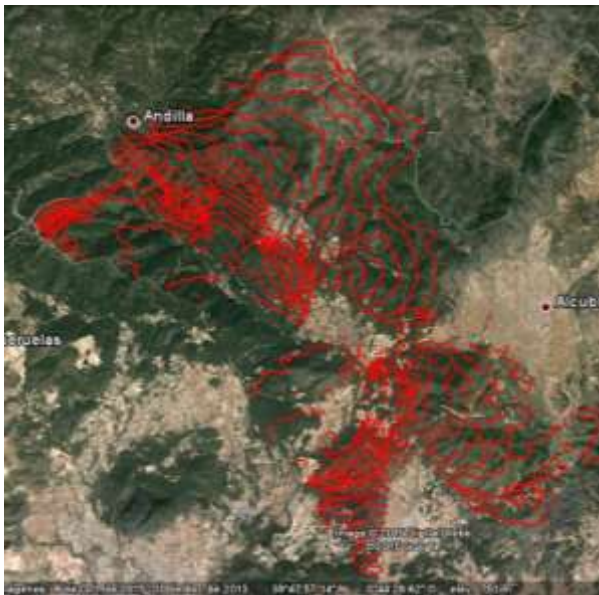


Figura 146 Comparativa entre la simulación con WFA de las 20 primeras horas de propagación del incendio de Andilla sobre la salida kml para google earth y la parte superior de la imagen MODIS del día 30 de junio de 2012 a las 11:10 horas.

III.3. Análisis de escenarios en la zona de estudio.

III.3.1. Minimum Travel Time.

El algoritmo MTT puede calcular las posibles características del comportamiento del fuego (velocidad de propagación, la intensidad de la línea de fuego, tiempo de llegada, trayectorias de flujo, etc.) a partir de los datos del terreno, la información meteorológica y la humedad del combustible.

El algoritmo de MTT se aplica en la planificación estratégica y táctica de manejo del fuego en los Estados Unidos (Andrews 2009) integrado en el Sistema de Ayuda a la Decisión de Incendios Forestales (WFDSS) (Pence y Zimmerman, 2011).

Los perímetros de incendios creados por MTT son similares a los del frente de una onda de expansión (Richards 1990; Finney 2002), pero son matemáticamente y computacionalmente más eficientes. Manteniendo todas las condiciones ambientales constantes, el algoritmo de MTT busca el camino más rápido de fuego que se propagó a lo largo de transectos lineales conectados por nodos (esquinas de células) (Finney, 2006), expuestos a los efectos de la topografía y la disposición de los combustibles en el crecimiento del incendio (Ager y Finney, 2007).

Numerosas pruebas en los últimos años han demostrado que el principio de Huygens, originalmente incorporado en FARSITE (Finney 1994) y que más tarde se aproximó en el algoritmo MTT más potente, puede predecir con precisión la propagación del fuego y replicar grandes límites de incendios bajo condicionantes ambientales heterogéneos (Ager et al, 2010; Arca et al, 2007).

El comportamiento del fuego se modela frecuentemente a través de la aplicación del principio de Huygens para la propagación de un fuego. Este principio asume que el frente de una onda puede propagarse desde puntos independientes. La forma de la ola generalmente se asume elíptica en incendios forestales, dependiendo fundamentalmente del viento y la pendiente.

El desarrollo del principio de Huygens depende de la posición del perímetro del incendio en expansión a través de un territorio que, aunque requiere la corrección de muchas mediciones constantemente, es muy práctica a la hora de modelar el comportamiento espacial del fuego en condiciones heterogéneas, incluyendo el tiempo de desplazamiento del fuego (Fire Travel Time). Este parámetro se calcula comúnmente de acuerdo a la teoría gráfica o teoría de redes (Finney, 2004).

Estas técnicas utilizan algoritmos para buscar el tiempo de desplazamiento mínimo acumulativo de las ondas linealmente a través de caminos acumulativos de una red. Estos algoritmos proporcionan campos de datos espaciales del tiempo de llegada, entre otros.

Las técnicas del tiempo de desplazamiento deberían aplicarse a la propagación del fuego utilizando ondas elípticas, puesto que el principio de Huygens asume la independencia de la onda de propagación desde el punto de inicio.

Los métodos para calcular el camino de desplazamiento mínimo (en adelante MTT), necesitan realizarse a través de nodos separados regularmente, o puntos de cuadrícula que son distintas de las células autómatas, porque el área del territorio no está asociada con nodos.

El MTT se obtiene buscando el camino más rápido del incendio a través de transectos lineales que conectan los nodos de la malla. Cada transecto está compuesto de segmentos delimitados por la intersección de los límites y/o nodos.

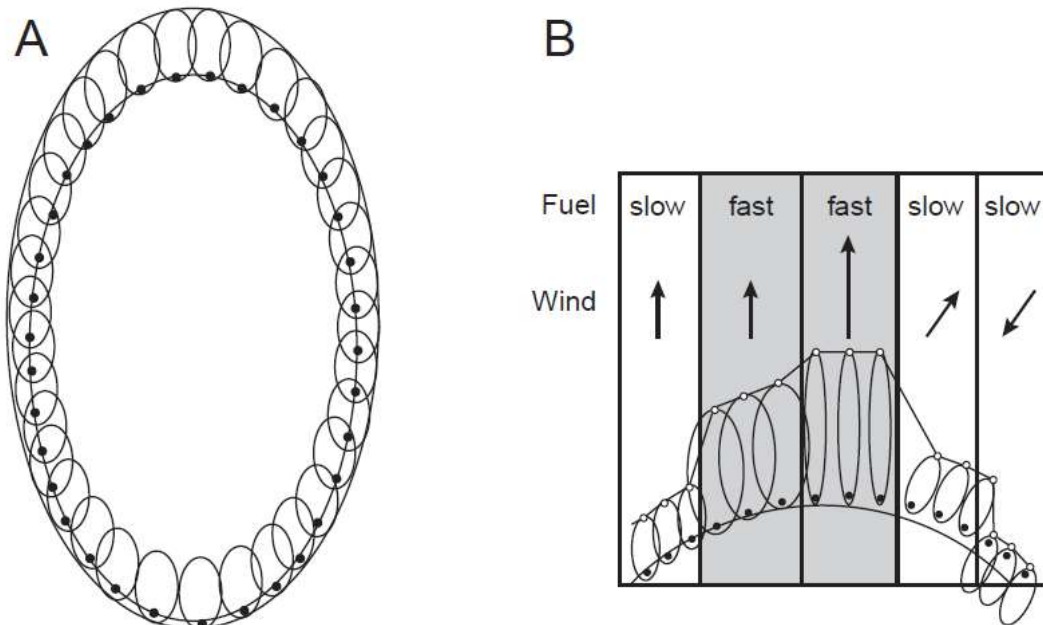


Figura 147 Figura del principio de Huygens utilizando elipses. (A) Las condiciones uniformes utilizan ondas de forma y tamaño constante para mantener la forma elíptica del fuego en el tiempo. (B) Las condiciones no uniformes muestran la dependencia del tamaño de la onda del modelo local de combustible, pero la forma y orientación dependen del vector de viento y pendiente locales (Finney, 2004).

El comportamiento del fuego y su tiempo de desplazamiento a lo largo de la línea se calcula a partir de los valores mostrados en cada celda de la malla, según el procesamiento de los datos del territorio, utilizando los modelos de comportamiento del fuego (Rothermel, 1972; Andrews, 1986; Finney, 1998).

Las características del comportamiento del fuego se calculan en diferentes parámetros como la dirección de mayor propagación (viento y pendiente para un modelo de combustible determinado), los valores máximos de propagación e intensidad y la dimensión de la forma elíptica del incendio. La forma del fuego y la máxima velocidad de propagación determinan la expansión cartesiana de un fuego elíptico a través de la superficie del terreno.

Los métodos de MTT ofrecen oportunidades para calcular eficazmente el crecimiento del fuego, particularmente con computaciones paralelas. La independencia asumida por los cálculos del tiempo de desplazamiento favorece el cálculo paralelo de las características del comportamiento del fuego a través del territorio y buscan el MTT

Para grandes incendios, la eficacia relativa del algoritmo del MTT debería incrementarse con procesadores adicionales, ya que la expansión del perímetro no es proporcional en paralelo. La computación paralela de la expansión del perímetro a través del principio de Huygens está comprometida porque el perímetro del incendio debe unificarse en cada cálculo. Los algoritmos complejos y costosos de calcular que corrigen los segmentos que cruzan el perímetro y unen múltiples incendios no son necesarios para los métodos de cálculo de MTT.

Los MTT perderán eficacia computacional comparados con los métodos para calcular la expansión del perímetro cuando las condiciones ambientales muestren frecuentes cambios. Sin embargo, las variaciones temporales requerirán que todos los datos del comportamiento del fuego sobre el terreno sean recalculados y que se interrumpan los cálculos del MTT en cada transecto, para comenzar con las nuevas condiciones. Cuando las condiciones temporales son

constantes, los métodos del tiempo de desplazamiento y células autómatas arrojan resultados similares, si las rutas de propagación no están restringidas por la proximidad de los vecinos.

Los algoritmos de MTT probablemente pueden mejorarse para manejar la heterogeneidad espacial eficazmente utilizando cuadrículas no uniformes que dependen de los gradientes locales en vez de la cuadrícula regular utilizada.

Son necesarios trabajos adicionales para ver cómo afectan los saltos de fuego al crecimiento del incendio. Por lo tanto, las técnicas del MTT son precisas para desarrollo de pequeños incendios, cuando las condiciones meteorológicas se consideran constantes.

Pueden ser fácilmente utilizadas tanto para aplicaciones que contengan unas condiciones ambientales constantes, como para la valoración del riesgo de incendio desde varios puntos de incendio y las acciones preventivas correspondientes para localizar los tratamientos del combustible, donde los tratamientos se localizan para bloquear los pasos críticos del incendio a través del territorio, identificados por los MTT.

Los tiempos de llegada pueden estimular nuevos usos e identificar zonas de cobertura desde múltiples líneas de fuego. Esto debería reflejar el número de de rutas de desplazamiento del incendio que producen simultáneos tiempos de llegada cercanos desde múltiples direcciones, así estas zonas podrían indicar los lugares donde los frentes de fuego convergen y potencialmente interactúan para provocar un comportamiento del fuego extremo.

Los métodos de MTT pueden utilizarse para obtener el crecimiento espacial del fuego y tiene aplicación directa cuando se utilizan con condiciones ambientales constantes. Son necesarios más trabajos para determinar su eficacia en condiciones meteorológicas heterogéneas.

III.3.2. Metodología de análisis de la zona de estudio. Nodos de propagación.

Uno de los objetivos descritos es el de tratar de buscar las aplicaciones del MTT en la localización de puntos de gestión para priorizar los tratamientos de combustible forestal, diseñados de acuerdo a las operaciones de extinción, con el fin de poder atajar la propagación más probable de los megaincendios sobre el territorio. Los **Nodos de Propagación** se pueden definir como aquellos lugares donde se acumulan los MTT sobre el territorio, para diferentes escenarios de incendios, desde diferentes puntos de inicio.

En el apartado III.2. se ha validado el simulador WFA para simular los megaincendios sobre el territorio de la Comunidad Valenciana, con climatología variable y en periodos horarios muy grandes, cuestión que otros simuladores no pueden abordar con la celeridad y ajuste que lo realiza WFA.

Para realizar el proceso de cálculo de los MTT con WFA, hay que tener en cuenta que este simulador trabaja de la siguiente manera:

Para el cálculo de los firepahts (MTT) de una simulación normal en módulo propagador, el WFA:

1º Calcula el número de celdas que han ardido a causa de una celda como se ve en este ejemplo (Fig. 148)

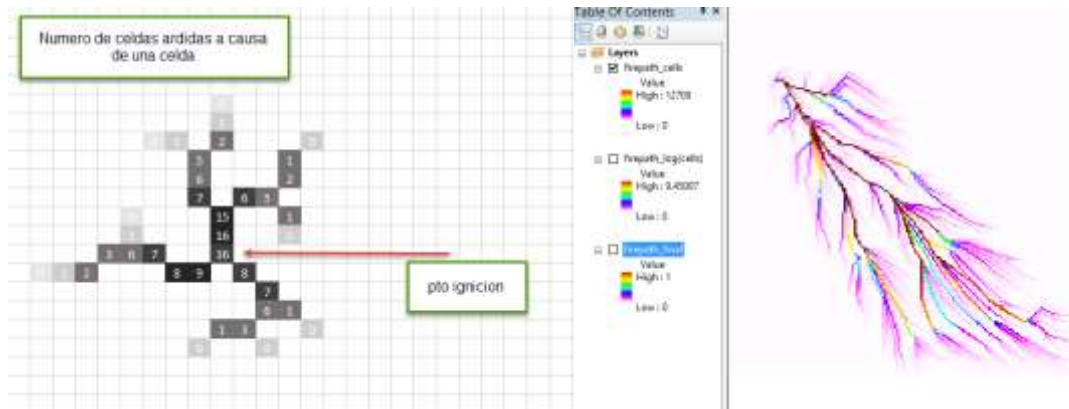


Figura 148 Obtención de celdas quemadas desde cada punto de inicio. FTE Tecnosylva.

2º Calcula el Logaritmo del valor de la capa anterior para homogeneizar los datos (Fig. 149)

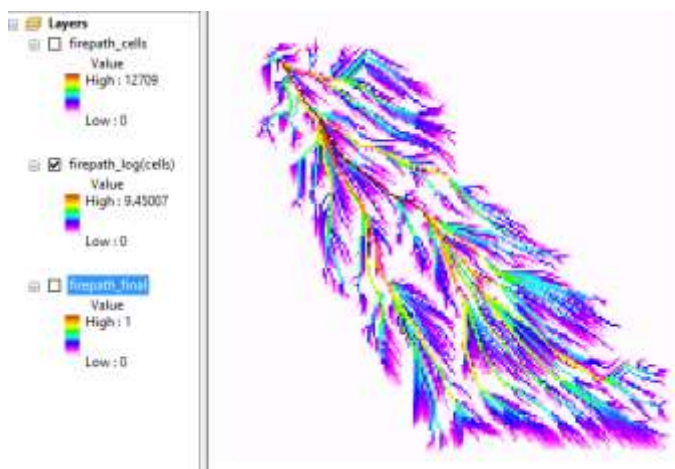


Figura 149 Homogeneización de los resultados mediante cálculos logarítmicos. FTE Tecnosylva.

Se divide por el máximo valor de la capa para que la leyenda del WFA siempre esté definida entre 0 y 1 (esto es lo que hace que el cálculo no sea absoluto como decíamos sino solo relativo a la simulación en cuestión.) El valor por el que se divide en realidad es el valor en el punto de inicio que corresponde al logaritmo del número total de celdas ardidas en el incendio (Fig. 150).

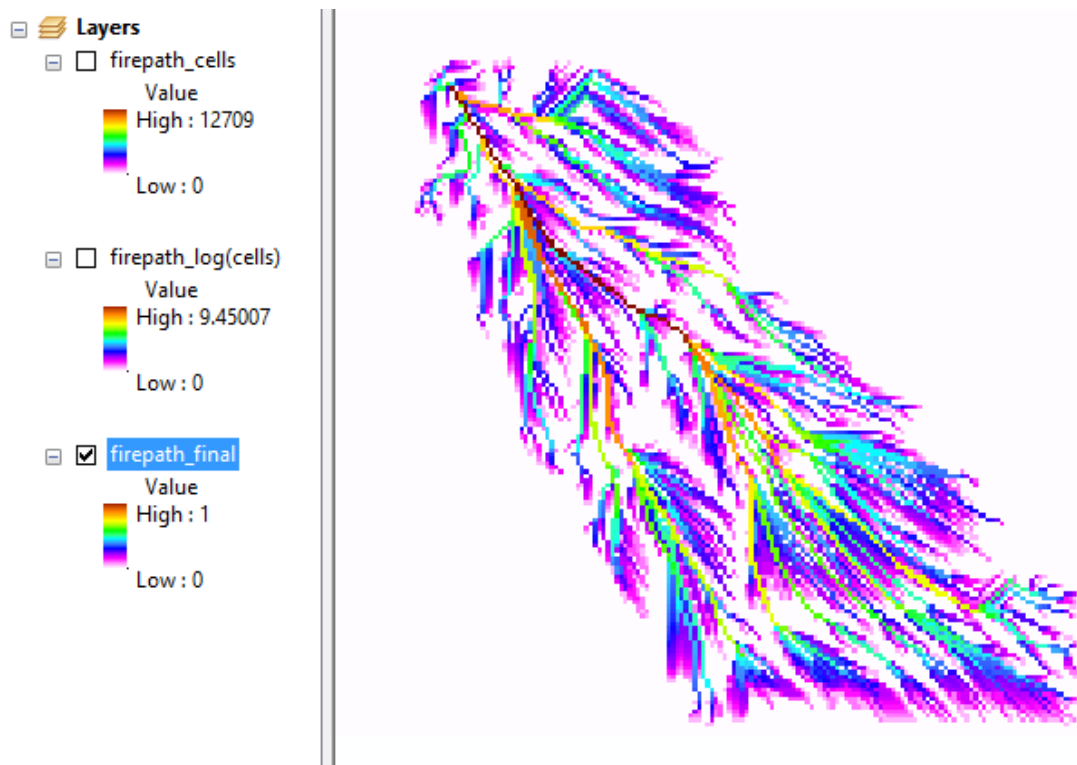


Figura 150 Determinación de valores entre cero y uno. FTE Tecnosylva.

De esta forma, para una simulación única, Si llamamos

B = número de celdas totales ardidadas en una simulación

$X(i,j)$ = número de celdas ardidadas a causa de la celda (i,j)

Entonces tenemos que el valor del firepath sobre cada celda del WFA es

$$\text{Firepath}(i,j) = \frac{\log(x(i,j))}{\log(B)} = \log_{\text{en_base_B}}(x(i,j))$$

Y por tanto, si quisiéramos saber el valor real $x(i,j)$ necesitaríamos calcular:

$$X(i,j) = B^{\text{Firepath}(i,j)}$$

Para hacer esto en ARCGIS habría que conocer el área total de la simulación y dividirlo por el $\text{cellsize} \times \text{cellsize}$ para saber el número de celdas a las que corresponde esa área que sería lo que llamamos B , Importar capa a ARCGIS y calcular.

$$X(i,j) = B^{\text{Firepath}(i,j)}$$

Si el módulo que se utiliza para realiza las simulaciones es el probabilístico, el cálculo es distinto, porque primero se suman todos los valores $x(i,j)$ de cada simulación para luego calcular el logaritmo y normalizarlo.

Llegados a este punto, para obtener el B tenemos que emplear la capa acum_cost , que nos da, para cada celda, el número de veces que esa celda ha ardido en las N simulaciones probabilísticas que se han hecho.

De modo que B = la suma del valor de todas las celdas de la capa acum_cost .

$$x(i,j) = B^{\text{Firepath}(i,j)}$$

De acuerdo con esto, para realizar el análisis de las zonas objeto de estudio, el proceso de cálculo sería el siguiente (Fig. 152):

1. Identificación de la meteorología más desfavorable para la zona de estudio, que ha sido abordada en el apartado III.1. Al existir ciertas dudas para el cálculo de los MTT en relación con la exactitud de las simulaciones con variables ambientales no constantes, lo que se propone es realizar las simulaciones con condiciones ambientales fijas (a excepción del modelo de combustible), para cada una de las orientaciones de viento más desfavorables en cada zona.
2. Búsqueda de los puntos más desfavorables de inicio de incendio. Estos pueden obtenerse mediante la recopilación de puntos de inicio de grandes incendios históricos, al azar, o mediante la determinación de los puntos de fuego que generan las principales carreras de propagación.

En este trabajo se han localizado los puntos que generan las principales carreras de propagación. Para ello se han utilizado las simulaciones de diferentes frentes de fuego en cada una de las zonas de estudio, que mediante el módulo probabilístico, permita localizar estos puntos. Los frentes de fuego se han simulado en el perímetro de la zona de estudio, en plena alineación (Campbell, 1995), para favorecer la máxima propagación del fuego.

Las carreras de estos puntos, acaban acumulando las carreras de los diferentes puntos de incendio originados en el borde la zona de estudio y en la parte central, para las variables meteorológicas definidas.

La simulación por puntos históricos no tiene porqué ser la más desfavorable actualmente, ya que los modelos de combustible pueden ser distintos en función del tiempo desde el último incendio y la recurrencia de incendios en la zona. La determinación de puntos al azar, puede o no, mostrar los puntos más desfavorables.

3. Simulación para cada punto localizado, utilizando el propagador probabilístico de WFA. El resultado será el MTT de 100 simulaciones por punto seleccionado, bajo unas condiciones meteorológicas determinadas y constantes.
4. Obtención del número total de celdas quemadas desde cada punto de inicio, obtenidas a través de la salida acumcost de WFA, para poder estimar el número de veces que quema cada píxel sobre el raster de cada simulación probabilística.
5. Obtención de los MTT de las simulaciones probabilísticas de cada punto de inicio desde la salida sce_mtt recalculados para establecer el número real de veces que quema cada celda desde cada punto de inicio.
6. Unión mediante el programa ARCGIS de todos los MTT de cada punto recalculados, con el objeto de obtener el MTT del territorio integrando los resultados para los diferentes puntos de inicio seleccionados bajo sus respectivas condiciones meteorológicas en plena alineación.
7. Localización de los puntos de unión de estos MTT, los cuales se van a denominar **Nodos de Propagación**.
8. Análisis de territorio con la finalidad de delimitar la superficie de megaincendios, proponiendo una superficie a sacrificar en función de las condiciones meteorológicas, y

estableciendo los planes de operaciones de extinción basadas en la tipología de la propagación de estos incendios, teniendo como máxima la seguridad del personal en su aplicación.

De manera previa a la determinación de los nodos de propagación, hay que realizar un profundo estudio de todas las variables a introducir en WFA como se ha podido ver en los capítulos anteriores (Fig. 151). De la calidad de estos datos dependerán en gran medida los resultados de salida, teniendo muchísima importancia en la aplicación del simulador en operaciones de extinción de incendios forestales.

PROCESO DE TRABAJO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS FISIAGRÁFICOS DE ENTRADA

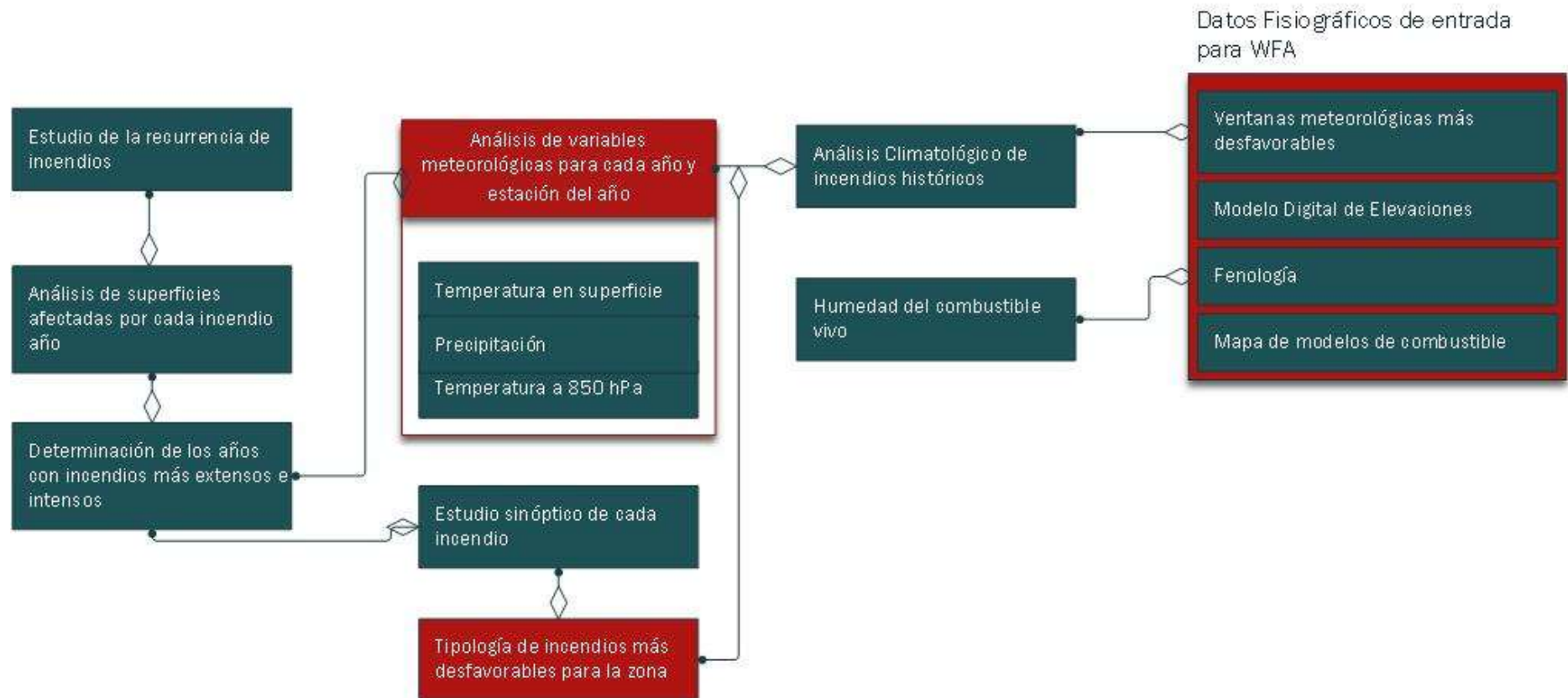


Figura 151 Proceso de trabajo para la obtención de datos de entrada con Wildfire Analyst. Fte. Elaboración propia

PROCESO DE OBTENCIÓN DE LOS NODOS DE PROPAGACIÓN CON Wildfire Analyst



Ilustración 152 Proceso de obtención de los nodos de propagación con Wildfire Analyst. Fte. Elaboración propia.

III.3.2.1. Análisis de la zona de Sot de Chera.

Para realizar el análisis de la zona de Sot de Chera, en primer lugar se ha realizado un estudio de los puntos que generan mayores carreras de propagación mediante la simulación de WFA con tres orientaciones de vientos en las zonas sur, oeste y norte de la zona.

Estas simulaciones se han realizado con la herramienta “probabilístico” con 100 simulaciones para cada orientación de vientos y cada línea de fuego generada. La extensión de la simulación es variable debido a la gran cantidad de terreno que abarca cada simulación desde cada orientación. Las simulaciones son de 10 horas para orientaciones suroeste y noroeste, y de 15 horas para las simulaciones desde el oeste.

La simulación probabilística permite trabajar con “horquillas” de variación de las condiciones meteorológicas y de combustibles introducidas. Los parámetros meteorológicos utilizados han sido los definidos por AEMET dentro del Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunidad Valenciana para la zona 3 (Tabla 37), que es donde se encuentra la zona de Sot de Chera, ajustados en función de la experiencia propia en GIF en la zona, en lo referente a humedad relativa.

Tabla 37 Variables meteorológicas y humedad del combustible en el escenario de Sot de Chera.

Velocidad del viento (km/h)	Dirección del viento (°)	Temp (°C)	HR (%)	Hcfm (%)	Hcomb 10hr (%)	H comb 100hr (%)	H comb leñosos vivos (%)	H comb herbáceos vivos (%)
Orientación de la línea de fuego oeste (simulación 15 horas)								
70 ± 10	270 ± 45°	37	10	3 ± 1 %	5	7	55	30
Orientación de la línea de fuego noroeste (simulación 10 horas)								
70 ± 10	315 ± 45°	37	10	3 ± 1 %	5 ± 1%	7 ± 1%	55	30
Orientación de la línea de fuego suroeste (simulación 10 horas)								
70 ± 10	225 ± 45°	37	10	3 ± 1 %	5 ± 1%	7 ± 1%	55	30

Los modelos de combustible utilizados han sido los de Valencia. Para el estado fenológico se han utilizado los mismos modelos, modificando el modelo PD1 de campos de cereal, por el P1 de pastizal bajo (suponiendo que ya se ha realizado la siega), y el periodo se ha modificado a 1 de junio al 30 de septiembre, mostrando el estado como “fully cured”.

Tras la localización de las principales carreras de propagación desde los frentes de incendio, donde se han cogido las que muestran un valor superior a 0,4 de una escala de 0 a 1, se han localizado los puntos que originan los MTT (Fig. 153 y 154) que aglutinan las principales carreras de incendio sobre ortofotografía de la zona utilizando el programa ARGIS para coger sus coordenadas y poder simular cada uno de estos puntos. En total para la zona de Sot de Chera se han seleccionado 52 puntos de inicio.

De los 52 puntos seleccionados se ha decidido hacer la simulación con 49 puntos al coincidir sus trayectorias con las de los puntos de inicio adyacentes. Los puntos de inicio eliminados han sido los números 41, 44 y 47.

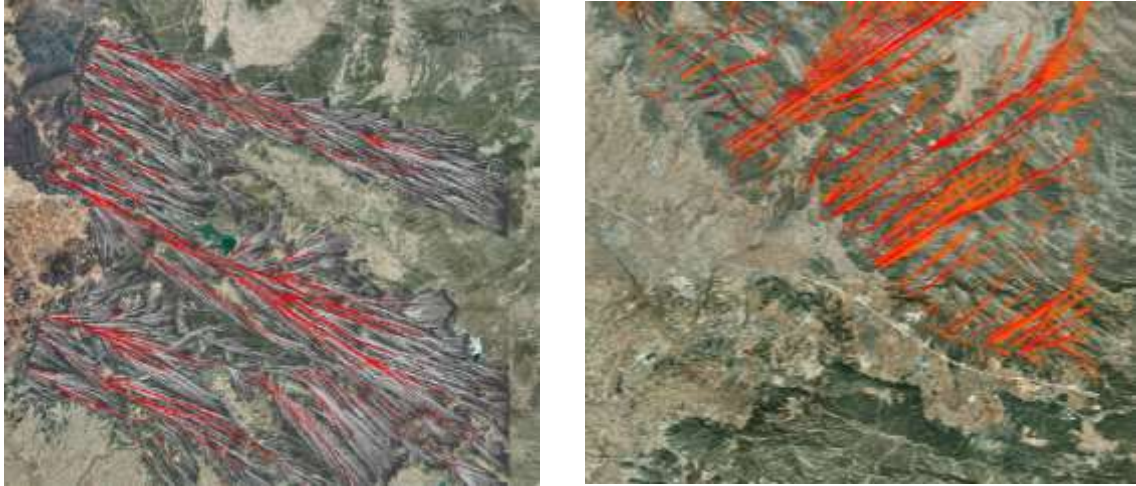


Figura 153 Selección de puntos de inicio con líneas de fuego en plena alineación sobre la zona, línea oeste (izquierda) y línea suroeste (derecha).



Figura 154 Puntos de inicio seleccionados.

Una vez delimitados los puntos más desfavorables, se ha procedido a obtener los MTT y el acumcost (número de celdas quemadas desde cada punto de inicio) de cada punto de inicio mediante la simulación probabilística con 100 simulaciones para cada punto (Fig. 155).

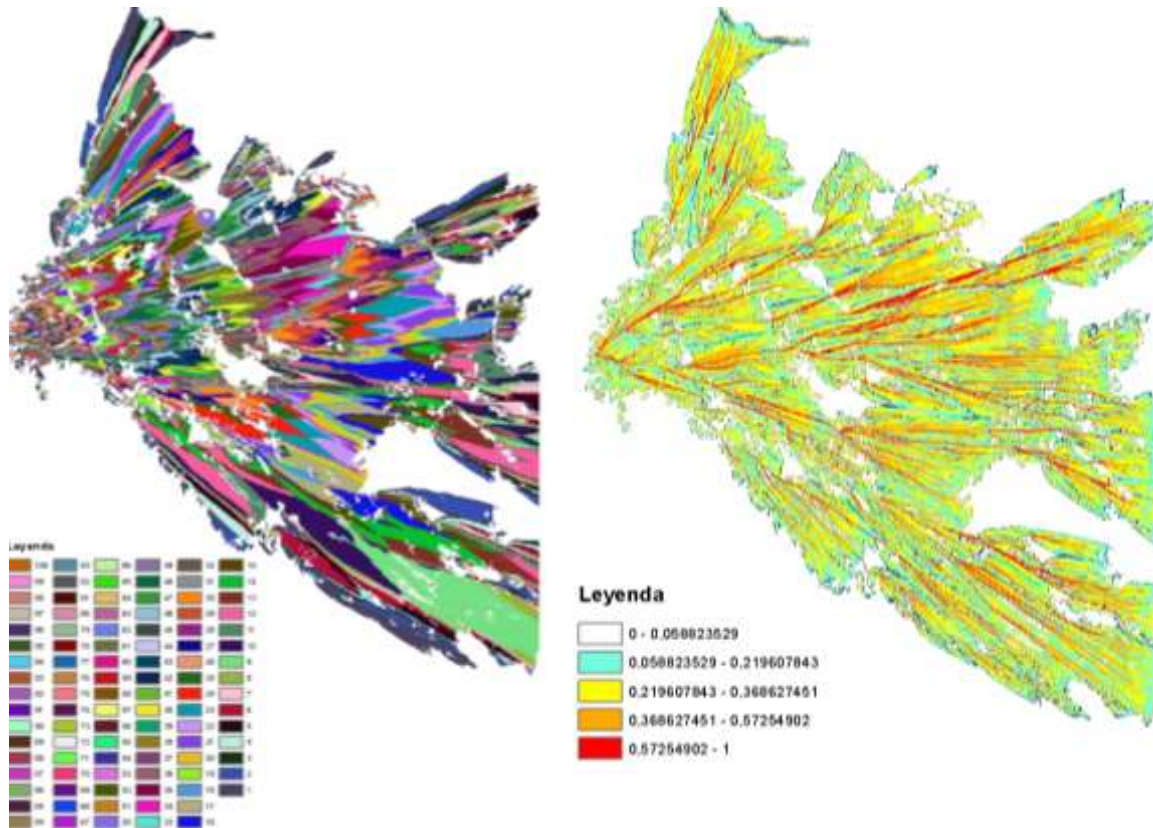


Figura 155 Acumcost y MTT del punto 1.

Una vez obtenidas las 49 simulaciones probabilísticas, se ha procedido a recalcular cada valor de los MTT de cada punto (Fig. 156), y posteriormente se han sumado todos (Fig. 157). A la hora de realizar la suma, hay que tener en cuenta que, como la superficie de simulación es grande, aun habiendo utilizado la misma extensión de simulación con WFA, los raster generados para cada punto de inicio varían su cobertura sobre el terreno. Por tanto, es importante tenerlo en cuenta, ya que en caso contrario se perderá la información de las zonas periféricas de cada raster de cada punto, obteniendo como resultado de la suma sólo la zona central de solape.

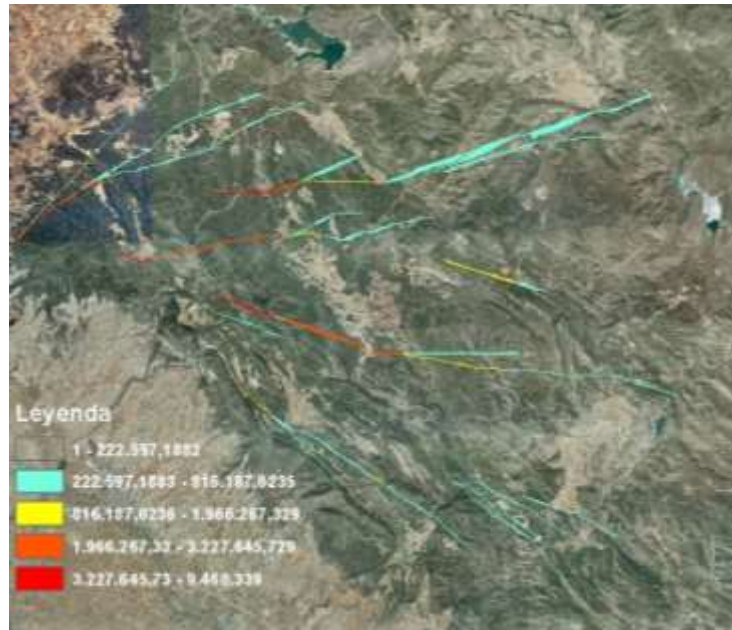


Figura 156 MTT del punto 1 recalculado.

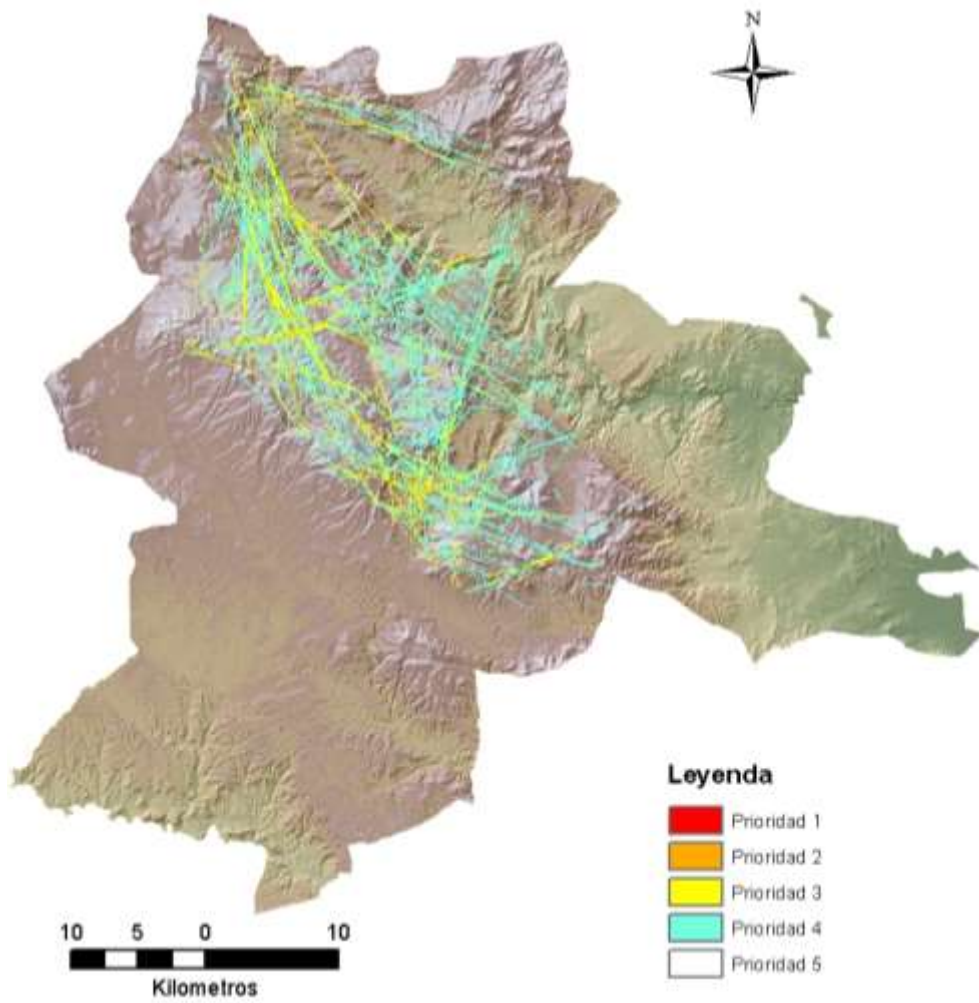


Figura 157 Mapa de MTT reclasificados y sumados de los 49 puntos.

En el mapa de MTT acumulados se ha configurado un orden de prioridad en función del número de veces que quema cada píxel, estableciendo una graduación del 1 al 5, donde la prioridad 1 corresponde a aquellos píxeles que queman entre 10 millones y 17 millones de veces, la prioridad 2 corresponde a aquellos entre 5 y 10 millones, la 3 a aquellos entre 1 y 5 millones, la 4 a los que queman entre 200.000 y 1 millón de veces, y la prioridad 5 a aquellos que queman entre 1 y 200.000 veces.

Para obtener la representación final, se han segregado aquellos valores de píxel que en el análisis raster coinciden con valores de píxeles que se encuentran fuera de la zona incendiada, o aquellos que tienen el valor de zonas no quemadas por ser agrícolas o urbanas dentro de la simulación.

III.3.2.2. Análisis de la zona de La Calderona.

Para realizar el estudio de La Calderona se ha procedido de la misma manera que para Sot de Chera, con los siguientes datos para la simulación de las diferentes orientaciones de las líneas de fuego para localizar los puntos más desfavorables de inicio.

Las variables meteorológicas constantes para realizar las simulaciones probabilísticas son las definidas por AEMET dentro del Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunidad Valenciana para la zona 4, que es donde se encuentra La Calderona (Tabla 38).

Tabla 38 Variables meteorológicas y humedad del combustible en el escenario de La Calderona.

Velocidad del viento (km/h)	Dirección del viento (°)	Temp (°C)	HR (%)	Hcfm (%)	Hc10hr (%)	Hc100hr (%)	Hc leñosos vivos (%)	Hc herbáceos vivos (%)
Orientación de la línea de fuego oeste (simulación 15 horas)								
80 ± 10	270 ± 45°	40	15	3 ± 1 %	5	7	55	30
Orientación de la línea de fuego noroeste (simulación 10 horas)								
80 ± 10	315 ± 45°	40	15	3 ± 1 %	5 ± 1%	7 ± 1%	55	30
Orientación de la línea de fuego suroeste (simulación 10 horas)								
80 ± 10	225 ± 45°	40	15	3 ± 1 %	5 ± 1%	7 ± 1%	55	30

Los modelos de combustible utilizados son los de Valencia, y en el estado fenológico se han utilizado los mismos modelos, modificando el modelo PD1 de campos de cereal, por el P1 de pastizal bajo (suponiendo que ya se ha realizado la siega), y el periodo se ha modificado a 1 de junio al 30 de septiembre, mostrando el estado como “fully cured”.

Dado que en la zona de la Calderona la superficie de estudio es menor que en Sot de Chera, para esta zona se han realizado simulaciones probabilísticas con 100 simulaciones cada una, pero de 10 horas para todas las orientaciones.

Tras la simulación de los frentes de incendio en modo probabilístico para 100 simulaciones sobre cada línea en orientación oeste, noroeste y suroeste, se han seleccionado 24 puntos de inicio, que serán los que posteriormente se utilicen para obtener los MTT de cada punto (Fig. 158).



Figura 158 Puntos de inicio en La Calderona.

Una vez localizados los puntos, se han realizados las simulaciones probabilísticas de los 24 puntos de inicio (Fig. 159).

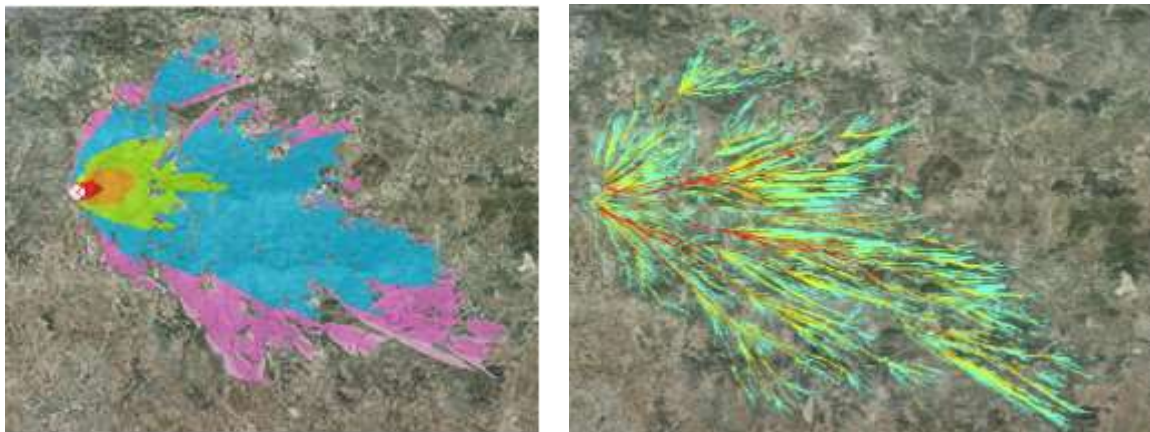


Figura 159 Pantalla de salida de WFA de la simulación probabilística del punto de inicio nº 3 (izquierda), y MTT generados por este punto bajo los parámetros meteorológicos definidos (derecha).

Como en el caso de Sot de Chera, posteriormente se han seguido los mismos pasos para la obtención de la capa de todos los MTT (Fig.160).

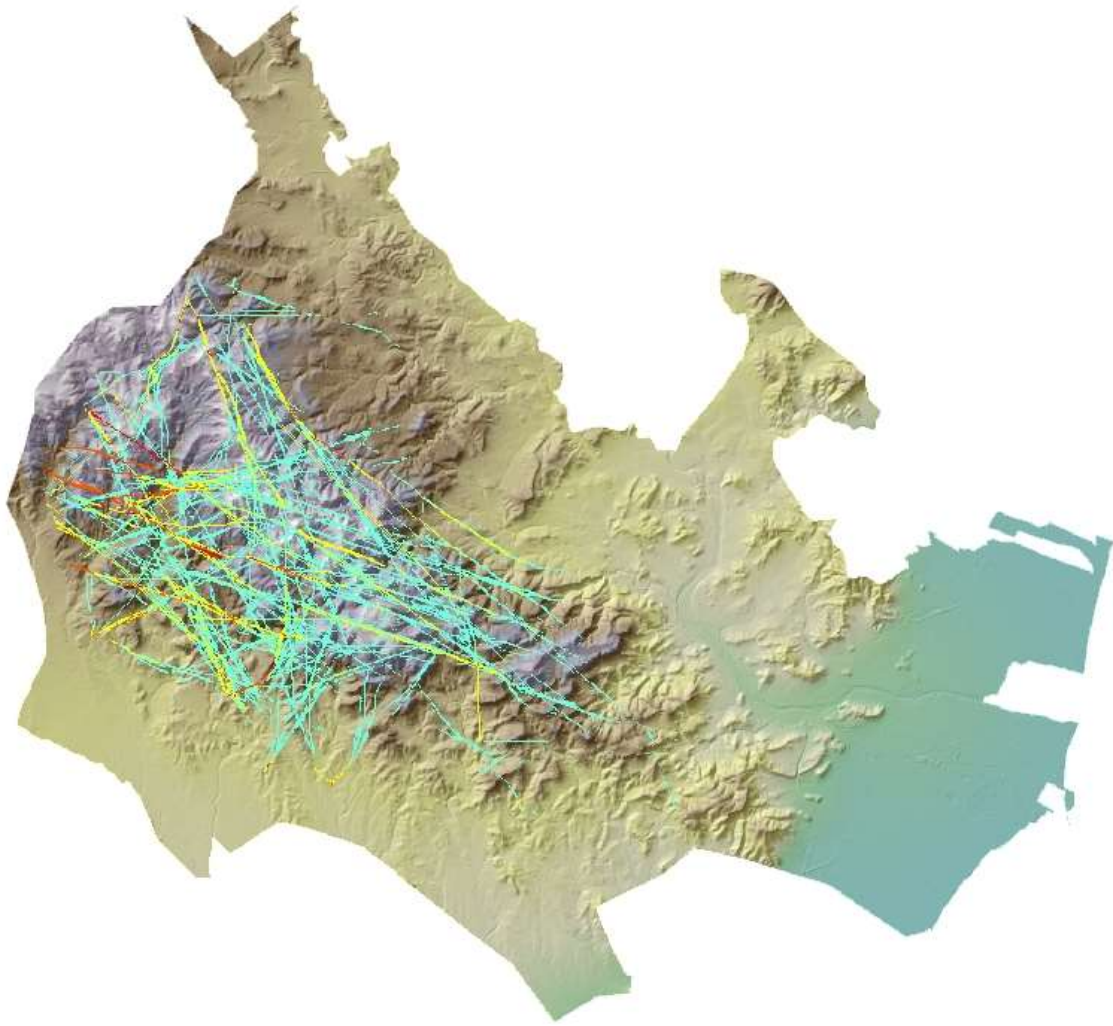


Figura 160 Suma de los MTT de la zona de La Calderona.

III.4. Validación del Método

Una vez analizado el territorio mediante el método propuesto, y determinados los nodos de propagación para cortar los principales caminos de fuego, se propone testarlo mediante:

1. La comparación con incendios históricos en las zonas de estudio, analizando sus principales carreras de propagación, y comparándolas con los datos obtenidos en los apartados anteriores.
2. La realización de varias simulaciones sobre cada zona, para ver cuál es la propagación de los incendios sin gestión de los nodos de propagación, y cuáles serían los efectos de la gestión del combustible en los nodos de propagación propuestos en relación con la propagación de incendios futuros.

Para comprobar los resultados obtenidos en la zona de Sot de Chera, se ha intentado comparar las carreras principales con 11 incendios históricos que han tenido lugar en la zona de Sot de Chera, donde se han realizado las simulaciones (Tabla 39). No obstante, la dificultad encontrada en esta comprobación ha sido la inexistencia de datos en relación con los puntos de inicio de los

incendios se pretendía comprobar y que se relacionan en la tabla siguiente. Por ello, sólo se ha realizado la comparativa de los incendios donde existían datos o certeza del punto de inicio.

Tabla 39 Relación inicial de incendios para realizar la comparativa entre sus carreras principales reales y las mostradas por el simulador

Fecha	Superf (ha)	Tª 850 hPa 12Z (°C)	Tª Max (°C)	Tª min (°C)	Vel med (Km/h)	V Max (Km/h)	D viento	Tipo sinóptico	Índice Haines
05/07/1994	24064	22,75	31.6	23.8	10.6	25.9	SW	Advec SW	5
15/08/1980	7412,05	14,55	34	22	14.6	51.9	NW	Advec W	5
19/07/1979	4889,00	17,85	32	21	11.7	36.7	W	Advec W	5
31/08/1992	4174,60	14,95	33.5	21	27.6	51.9	W	Advec W	3
15/08/1979	2485,84	19,55	31	22	11.9	36.7	W	Advec W	4
28/07/1991	1788,17	21,25	30.2	20	10.9	29.4	SW	Advec S	6
28/08/2003	1707,00	19,65	34.6	21	9.1	27.8	SW	Advec W	3
18/09/1978	1622,45	17,65	29	17	4.1	18.3	E	Anticiclón	6
18/05/1986	1387,37	17,56	25	15.6	10.6	25.9	E	Advec S	5
31/08/1992	1067,53	14,95	33.5	21	27.6	51.9	W	Advec W	3
02/09/1978	1002,70	15,45	29	18	10	29.4	SW	Advec SW	5

III.4.1. Incendio de Requena del 5 de julio de 1994.

El incendio que se produjo el día 5 de julio de 1994 en Requena, en la carretera de Requena a Chera, se originó a las 16 horas motivado por una colilla mal apagada. Este incendio se inició en uno de los peores escenarios posibles de incendios forestales en todo el este peninsular. Cuando se inicia, hay activos otros 4 GIF en la Comunidad Valenciana, por lo que la disponibilidad de recursos de extinción es limitada, concentrándose un número de medios aceptable a partir del tercer día de incendio, por lo que en el momento de su propagación principal, puede decirse que tuvieron muy poca influencia las operaciones de extinción.

Durante los días 5 y 6 de julio de 1994, la dirección dominante de viento fue la de 270° aproximadamente, dándose variaciones durante la noche, cuando bajaba la intensidad del viento (Fig. 161). La principal carrera de propagación la realizó durante la tarde noche del día 5 de julio, alcanzando las zonas de cultivos de Chiva durante la noche del día 5 julio y primeras horas de la madrugada del día 6. El día 7 las condiciones meteorológicas variaron, y el viento giró a componente sur, con variaciones de sureste a suroeste. Los días 8 y 9 en las horas donde el

viento tuvo una influencia clara en la propagación del incendio, el viento sopló de la dirección suroeste.

Hay que indicar que el incendio de Requena tenía condicionada su propagación hacia el norte, por incendio de Chulilla del día 22 de junio de 1994, que suponía una barrera a su expansión (Fig .162).

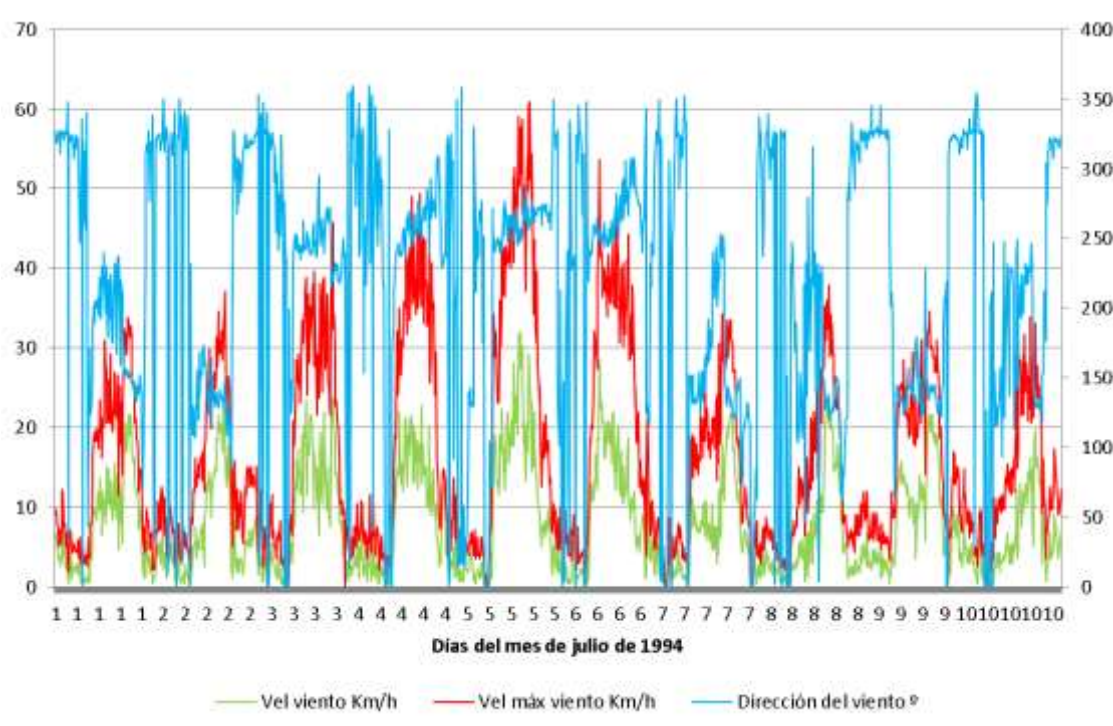


Figura 161 Datos de velocidad y dirección del viento de los días del incendio de Requena en la estación de AEMET de Utiel.

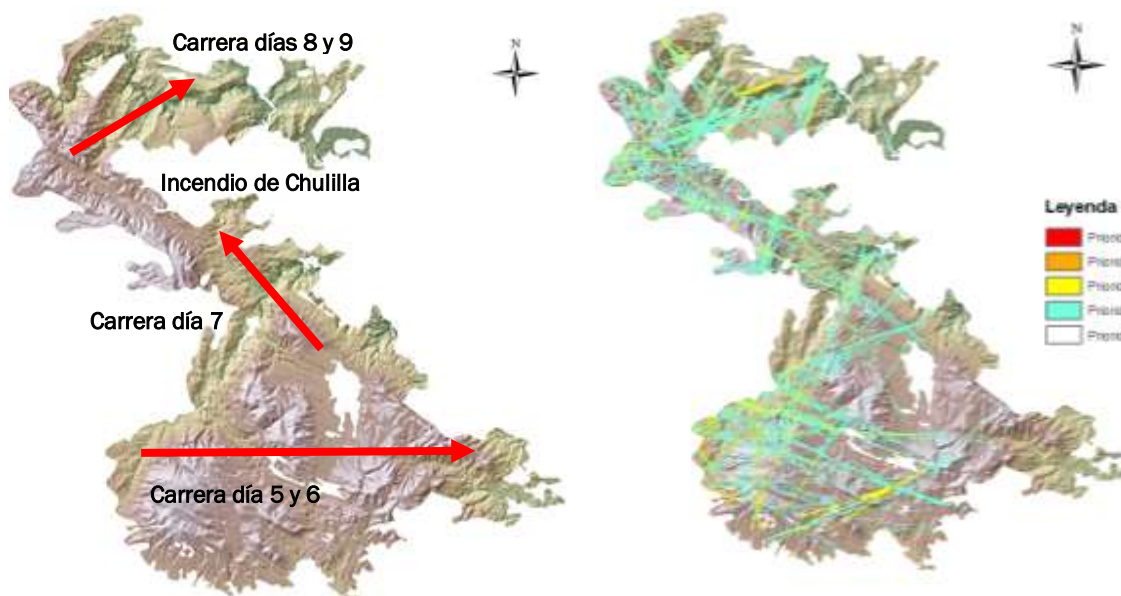


Figura 162 Comparativa de las carreras reales del incendio de Requena del 5 de julio de 1994, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT.

Como puede apreciarse, las carreras principales de propagación del incendio, corresponden a las zonas con prioridad 4, encontrándose bien definidas en los resultados del método de suma de MTT.

En la figura 163 se muestra el comportamiento del incendio simulado con WFA con las condiciones meteorológicas del día del incendio y los días posteriores. Las condiciones meteorológicas se han realizado con la meteorología horaria y con el punto de inicio aproximado.

Como puede apreciarse, la carrera principal de propagación del incendio, coincide perfectamente con la de la simulación.

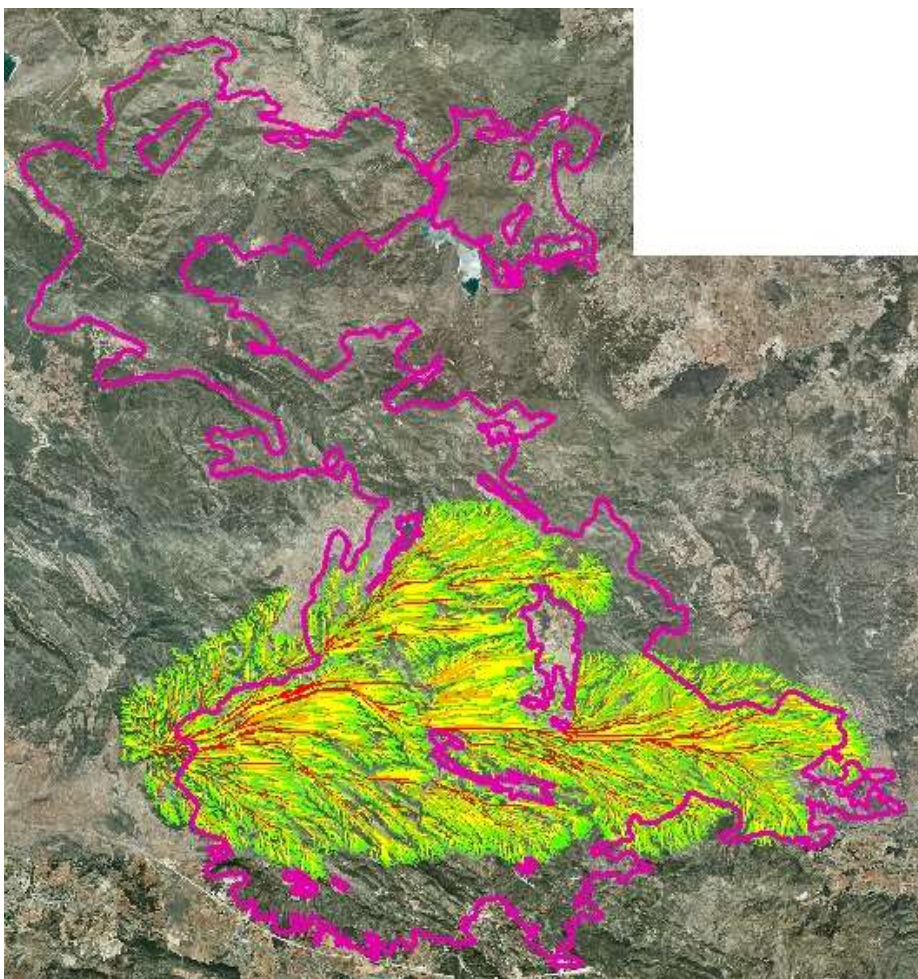


Figura 163 Simulación del incendio de Requena del 5 de julio de 1994 con WFA.

III.4.2. Incendio del 15 de agosto de 1979.

De este incendio no hay información acerca del municipio de origen ni de su punto de inicio, por lo que es muy complicado determinar su propagación posterior. Si se ha podido averiguar que se dio bajo un advección del oeste, con vientos superiores a 30 km/h y temperaturas por encima de 30°C.

El día 15 de agosto de 1979 el viento estuvo soplando de componente este-sureste, y el día 20 de julio roló a componente norte noroeste, para pasar luego a componente este y sureste (Tabla 40). Es de suponer que las mayores carreras las hizo con las rachas de viento más intensas de componente norte noroeste (Fig. 164).

Tabla 40 Ventana meteorológica del incendio del 15 de agosto de 1979 en la zona de Sot de Chera.

Día	Hora	velocidad	dirección	racha máx	Dirección racha máx
15/08/1979	0:00	0	0		
	7:00	0	0		
	13:00	22	110		
	18:00	7	70		
					65
16/08/1979	0:00	22	360		
	7:00	18	320		
	13:00	25	90		
	18:00	18	140		
					50
17/08/1979	0:00	11	320		
	7:00	18	320		
	13:00	22	110		
	18:00	18	110		
					40

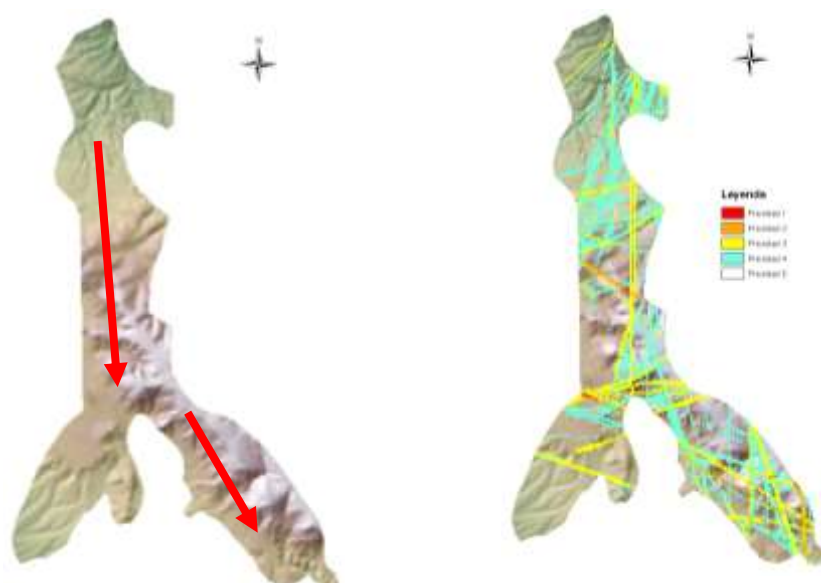


Figura 164 Comparativa de las carreras reales del incendio del 15 de agosto de 1979, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT.

III.4.3. Incendio de Loriguilla del 15 de agosto de 1980.

El 15 de agosto de 1980 se inició un incendio en Loriguilla de naturaleza intencionada. Para este incendio no se dispone de una información meteorológica tan detallada como para el incendio de Requena de 1994, pero si se dispone de la componente principal del viento, que era del noroeste, y del punto de inicio (Tabla 41 y Fig. 165).

Tabla 41 Ventana meteorológica del incendio del 15 de agosto de 1980 en Loriguilla.

Día	Hora	velocidad	dirección	racha máx	Dirección racha máx
15/08/1980	0:00	0	0		
	7:00	0	0		
	13:00	40	270		
	18:00	29	70		
					69
16/08/1980	0:00	0	0		
	7:00	11	340		
	13:00	29	160		
	18:00	14	110		
					42
17/08/1980	0:00	14	340		
	7:00	0	0		
	13:00	22	140		
	18:00	14	110		
					33

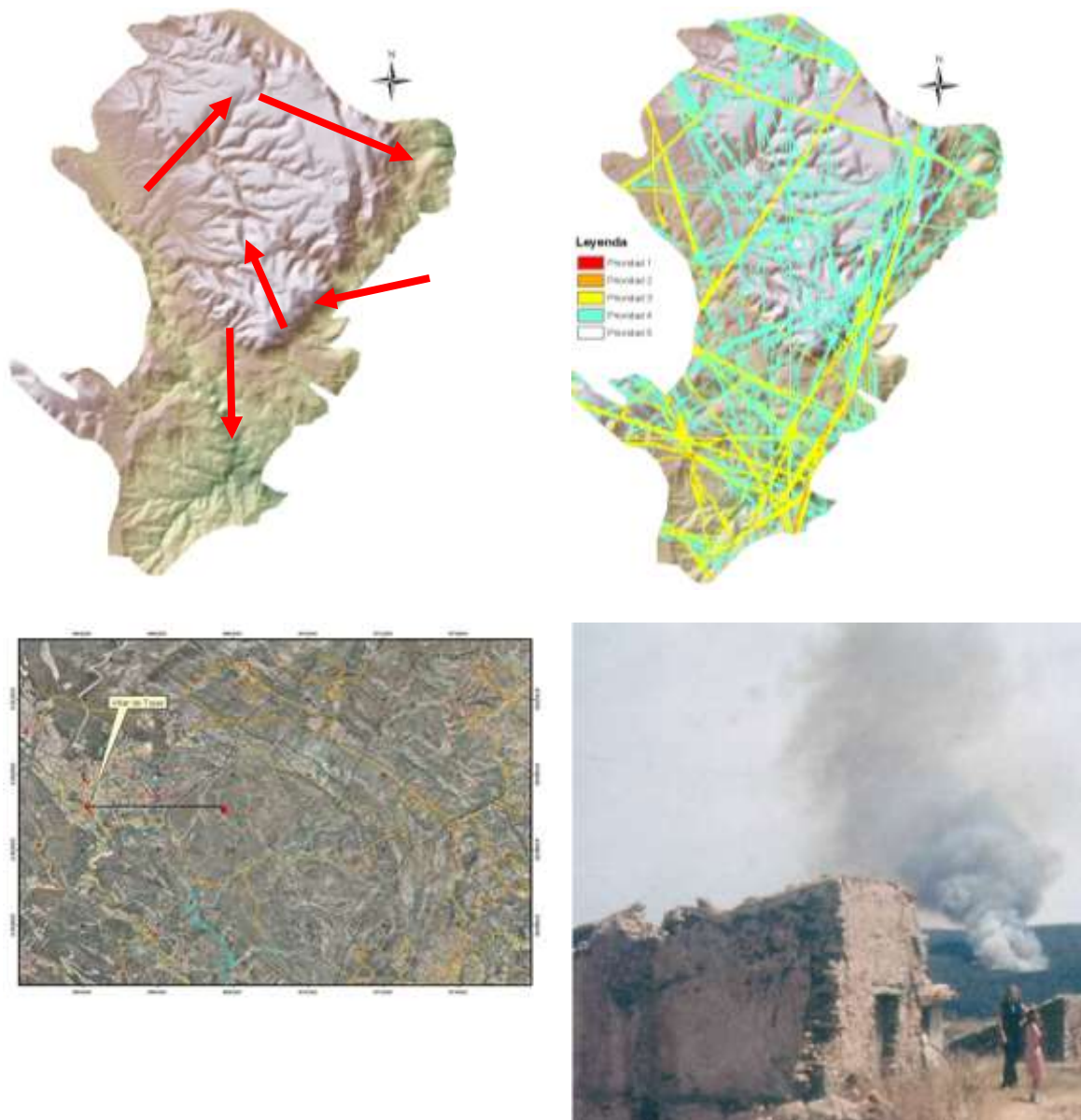


Figura 165 Comparativa de las carreras reales del incendio de Loriguilla del 15 de agosto de 1980 y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT. Ortofoto con el punto de inicio y fotografía realizada desde Villar de Tejas.

III.4.4. Incendio de Yátova del 28 de julio de 1991.

Este incendio es el denominado incendio de “Buñol” del año 1991 sobre el que tanto se ha escrito, y siguió las trayectorias principales descritas en la figura 166 empujado por vientos fuertes de componente oeste, que como puede apreciarse concuerdan con las obtenidas a través del WFA.

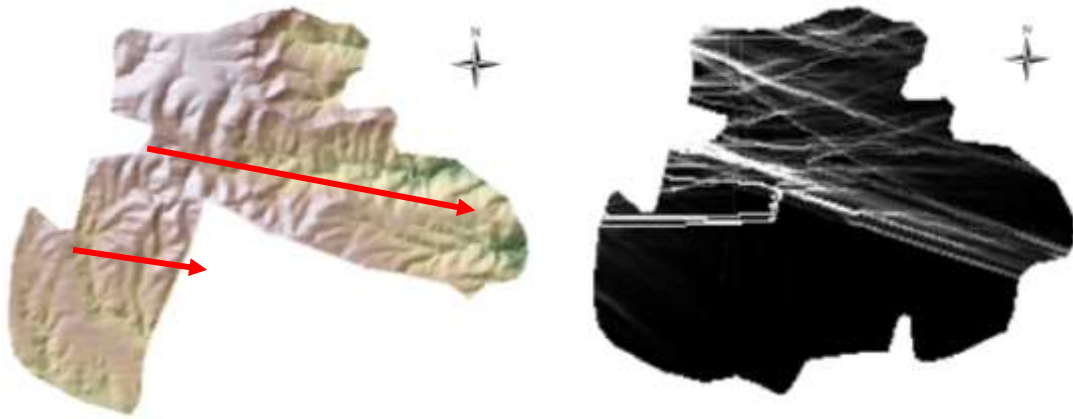


Figura 166 Comparativa de las carreras reales del incendio de Yátova del 28 de julio de 1991, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT.

III.4.5. Incendio de Chiva del 28 de agosto de 2003.

En este incendio, cuyas operaciones de extinción fueron dirigidas por quien suscribe, la carrera principal (mostrada en rojo) coincide plenamente con las obtenidas por el simulador (Fig. 167).

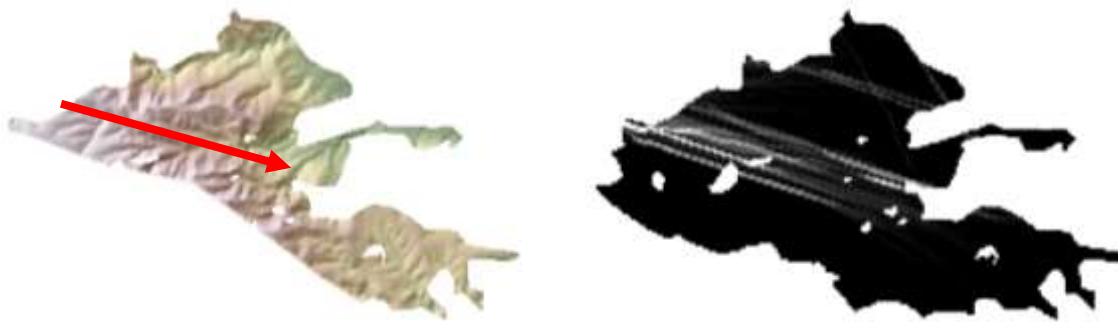


Figura 167 Comparativa de las carreras reales del incendio de Chiva del 28 de agosto de 2003, y las obtenidas mediante el método propuesto de suma de MTT. Imagen aérea de ese incendio realizada

desde el este hacia el oeste.

III.5. Determinación de los Nodos de Propagación.

Los nodos de propagación se pueden definir como aquellas zonas donde se acumulan los MTT generados desde diferentes puntos de inicio de incendio, los cuales se encuentran en plena alineación con las condiciones meteorológicas más desfavorables para ese punto, especialmente la dirección de viento.

Para realizar la localización inicial de los nodos de propagación, se propone:

1° Analizar la extensión temporal de las simulaciones. Por la configuración de la zona de simulación, en este caso alargada en orientación este oeste, las simulaciones de los puntos de la zona oeste han tenido una duración de 15 horas, y las de los puntos de la zona sur y norte de 10 horas. Se considera suficiente la extensión horaria de las simulaciones probabilísticas mediante WFA para los puntos con orientación suroeste y noroeste, ya que tienen tiempo suficiente de propagar a lo largo de la zona estudiada. La extensión de las simulaciones de los puntos oeste se ha realizado con 15 horas por el mismo motivo. Este dato es importante para trabajar posteriormente con los datos del sumatorio de los diferentes MTT de cada punto.

2° Normalizar el valor de los píxeles sobre el raster resultante de la suma de los MTT de todos los puntos. Para ello se van a normalizar los valores de los píxeles entre 0 y 1. Para obtener unos valores más cercanos y homogéneos. Para ello se calcula el Ln de la capa suma de todos los MTT, ya que la variable " número de celdas que arden a causa de una celda" crece de forma exponencial a medida que se extiende el incendio. Analizar las variables que crecen de forma exponencial no es fácil ya que los rangos suelen ir perdiendo sentido. Es por esto que se asume que como la variable en sí misma es exponencial, se puede emplear un logaritmo de forma que esta crezca de forma lineal $\log(\exp(x))=x$.

Una vez obtenida la capa Ln_{suma} , se normalizan los resultados entre los valores 0 y 1, para poder analizar mejor los datos (Fig. 168).

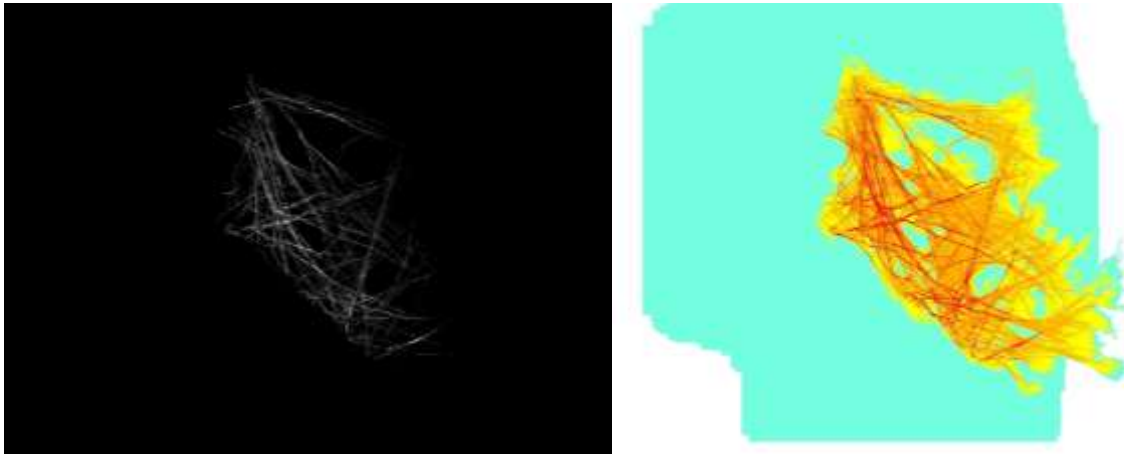


Figura 168 Comparativa entre las capas de los valores obtenidos mediante la suma de todos los MTT generados, y la normalizada entre los valores 0 y 1. Fte. Elaboración propia.

Los valores de la Figura de la suma de MTT normalizada, se encuentra escalada entre los valores 0 y 1, en donde se han representado de forma transparente los valores hasta 0,2, en azul los valores hasta 0,4, amarillo 0,6, naranja 0,8 y rojo en 1. Como puede apreciarse, siguen marcándose valores fuera de la zona de trabajo en azul, en donde no existen MTT, por lo que se

procede a redefinir la paleta de colores, dejando sin representación (sin color) los menores de 0,5, ya que no son representativos, y la mayoría son los recogidos con el color azul.

3º Analizar de forma visual la imagen de la suma de los MTT.

III.5.1. Nodos de propagación en Sot de Chera.

Una vez tratados y eliminados los valores inferiores a 0,5, y reclasificados los resultantes, se pueden analizar los principales nodos de propagación de forma inicial. Se trata de una primera selección que necesitará un análisis posterior de los parámetros como la forma del terreno, modelos de combustibles presentes, distribución de zonas agrícolas, entre otros (Fig. 169).

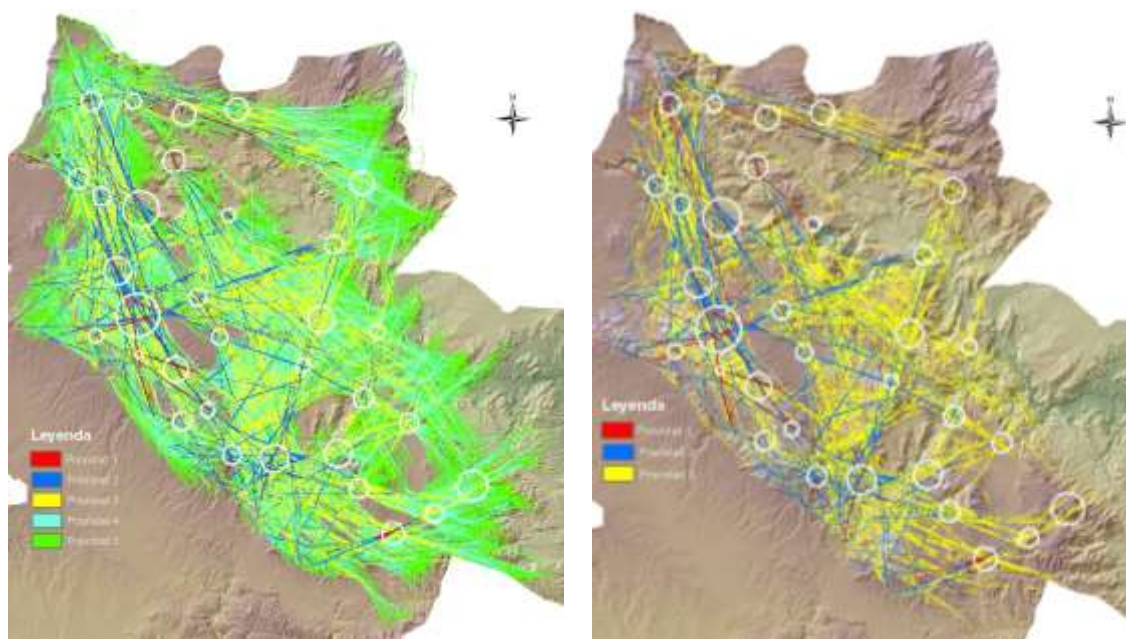


Figura 169 Comparativa de la resultante de las principales zonas de acumulación de MTT, una vez eliminados los valores no representativos (izquierda), organizados por prioridades, y la misma imagen donde se dejan los valores de las prioridades 1, 2 y 3, que son los que acumulan la mayor cantidad de carreras de propagación, y por tanto por donde se propagarán los GIF en la zona. Fte. Elaboración propia.

La selección inicial de focos secundarios es la que se muestra en la figura 170.

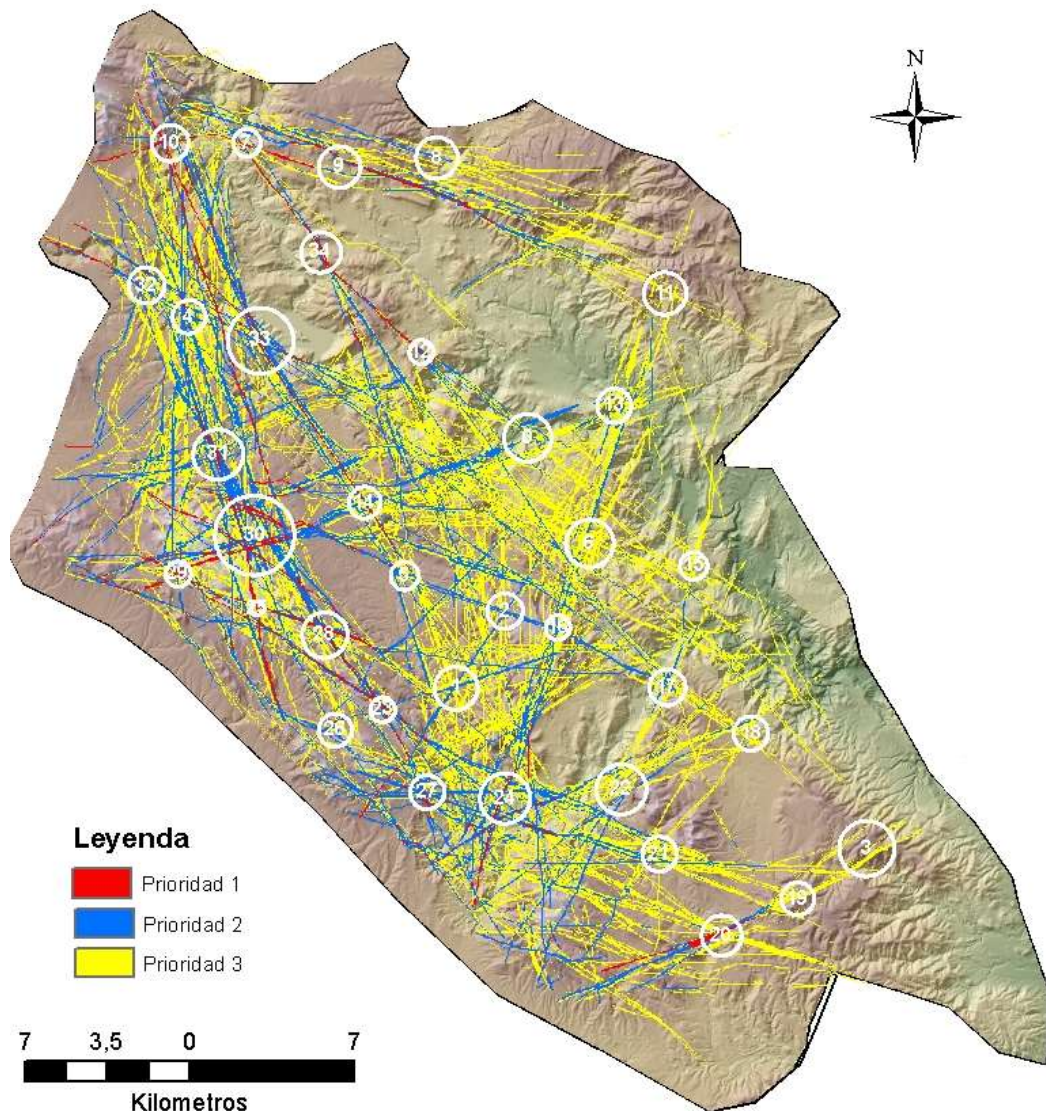


Figura 170 Relación de nodos de propagación seleccionados en Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

III.5.2. Nodos de propagación en La Calderona.

Para la determinación de los nodos de propagación se ha realizado el mismo proceso que para la zona de Sot de Chera.

En lo que se refiere al escenario de La Calderona, en el siguiente capítulo se analizará también la zona de interfaz presente y se contrastará con los MTT, para proponer una serie de medidas adicionales en materia de seguridad.

En las figuras 171 y 172 se muestra el sumatorio de todos los MTT, la segregación de aquellos no representativos, y la selección de los nodos de propagación sobre los MTT.

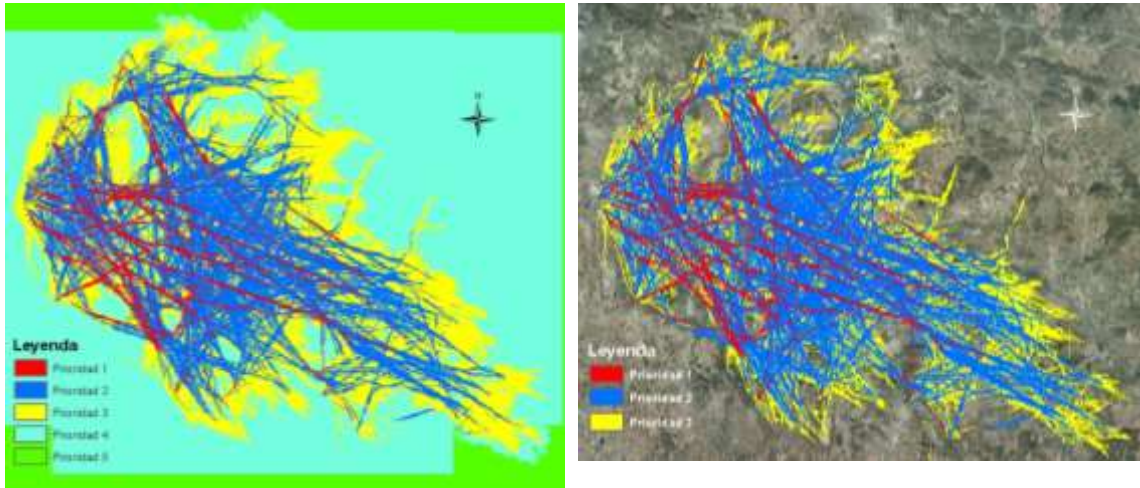


Figura 171 Comparativa entre la suma de MTT con todas las prioridades y los MTT resultantes una vez segregados los no representativos (intervalo 0-0,5). Fte. Elaboración propia.

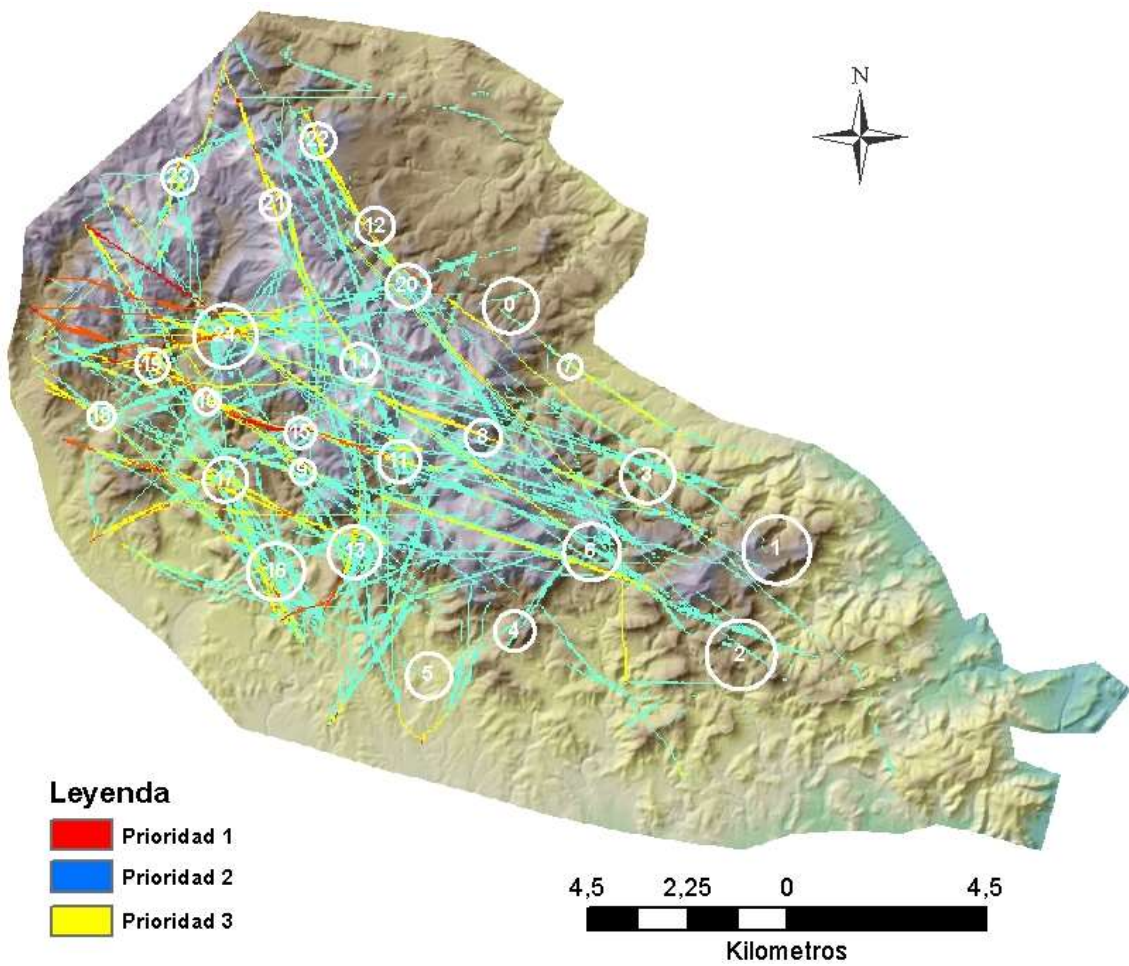


Figura 172 Nodos de propagación seleccionados en La Calderona. Fte. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. ACTUACIONES PREVENTIVAS Y PLANES DE OPERACIONES.

IV. ACTUACIONES PREVENTIVAS Y PLANES DE OPERACIONES.

IV.1. Diseño detallado de cada uno de los nodos de propagación sobre el plano.

El diseño de los nodos sobre el terreno hay que realizarlo teniendo en cuenta el comportamiento del incendio más desfavorable en la zona. En el caso que nos ocupa son los incendios de viento los que tendrían potencial para generar megaincendios. Esta tipología de incendios se caracteriza por tener un rápido avance de propagación, en la mayoría de los casos motivado por la gran generación de focos secundarios delante de la cabeza (Fig. 173), que los pone casi desde el primer momento fuera de capacidad de extinción, y que más tarde (días posteriores) se produce un cambio de viento que abre alguno de sus flancos al convertirlo en cabeza.

Es por esto que hay que trabajar sobre el comportamiento de incendio en la cabeza y flancos, y en su propagación por saltos de fuego, todo ello teniendo en cuenta la seguridad del personal de extinción para implementar las operaciones de combate. Así se hace imprescindible analizar la piromorfología del terreno (Castellnou et al, 2009), los modelos de combustible presentes, la localización de los accesos a cada zona y la distribución de combustibles en el entorno de los nodos.

1. Piromorfología. Para diseñar el ataque al incendio, y especialmente a las zonas de cabeza, hay que buscar aquellas zonas en las que se den contravientos, ya que el incendio en ese lugar tendrá viento contrario al principal que propaga el incendio, a la vez que habrá que diseñar la zona de recepción de focos secundarios, para reducir al máximo el número de focos secundarios que se puedan dar. Para el control de flancos, lo que se propone es aprovechar áreas cortafuegos o zonas de cultivos que permitan realizar quemas de ensanche, y cerrar rápidamente los flancos de incendio con una dotación de efectivos reducida.



Figura 173 Efecto del contraviento sobre la cabeza de incendio (derecha) y zona de propagación de focos secundarios (izquierda). Fte. UBE y Elaboración propia.

2. Modelos de combustible. El tratamiento de los modelos de combustible debe realizarse trabajando principalmente en el combustible de superficie reduciéndolo al máximo posible, pero con el límite de no generar otros procesos negativos, como pueden ser los erosivos, por tanto la FCC (fracción de cabida cubierta) del combustible de superficie se realizará en función de inflamabilidad de las especies presentes en los nodos.

También se actuará sobre el arbolado, estableciendo un dimensionamiento distinto de la FCC del arbolado en las zonas de plena alineación de viento y pendiente, para reducir la probabilidad de tener incendios de copas activos o independientes, de la zona de recepción de pavesas, donde se podrán generar focos secundarios. En la zona mediterránea, la apertura de la entrada de luz al suelo mediante la eliminación del arbolado, favorece la regeneración del combustible de superficie, que es donde los focos secundarios tienen viabilidad, generándose en mayor o menor medida en función de que las condiciones ambientales sean más o menos adversas para el modelo presente, por tanto es importante mantener la zona limpia de modelos de pasto y matorral, o por lo menos que estos no sean continuos. Para ello se plantea dejar la FCC del arbolado lo más cercana al 100%.

En ambos casos se debe eliminar la estructura en escalera de la vegetación para reducir la posibilidad de paso del incendio de superficie a copas.

3. Accesos y puntos de agua. En los nodos de propagación debe haber accesos en buen estado que permitan entrar con seguridad y celeridad a los medios de extinción al lugar de trabajo. Es deseable que en estos sitios existan reservas de agua para asegurar el suministro de las unidades durante el combate.
4. La distribución de combustibles en la zona. Hay que analizar también el combustible circundante al nodo de propagación, especialmente en lo que se refiere a zonas de cultivo o zonas desprovistas de combustibles inflamables, que permitan diseñar zonas de apoyo mediante su mantenimiento y/o recuperación.

Para la determinación de los nodos de propagación hay que tener en cuenta que según las normas de prevención en la Comunidad Valenciana, los tratamientos selvícolas preventivos deben ocupar un máximo del 6% de la superficie de terreno a defender según las recomendaciones de la Conselleria de Gobernación y Justicia. Estos tratamientos incluyen todas las actuaciones en materia de silvicultura preventiva, incluyendo cualquier actuación sobre la FCC o la vegetación arbustiva.

IV.1.1 Nodos de propagación en Sot de Chera.

En la zona seleccionada para analizar los nodos de propagación de Sot de Chera, se han seleccionado 34 nodos de propagación con una superficie total inicial de 8.164, 81 ha, para una superficie forestal total de 103.238,45 ha, con lo que habría un exceso de 1.970,51 ha, en las actuaciones localizadas, para poder ocupar el 6% máximo establecido (Fig. 174).

En primer lugar se van a seleccionar las zonas propias de cada nodo, segregando el resto de información de la zona de estudio, para centrarse sólo en lo que contiene cada nodo, lo cual permitirá analizarlos con mayor detalle de forma individual numerados del 0 al 34. Este análisis incluye la piromorfología, los modelos de combustible, accesos, y modelos adyacentes.

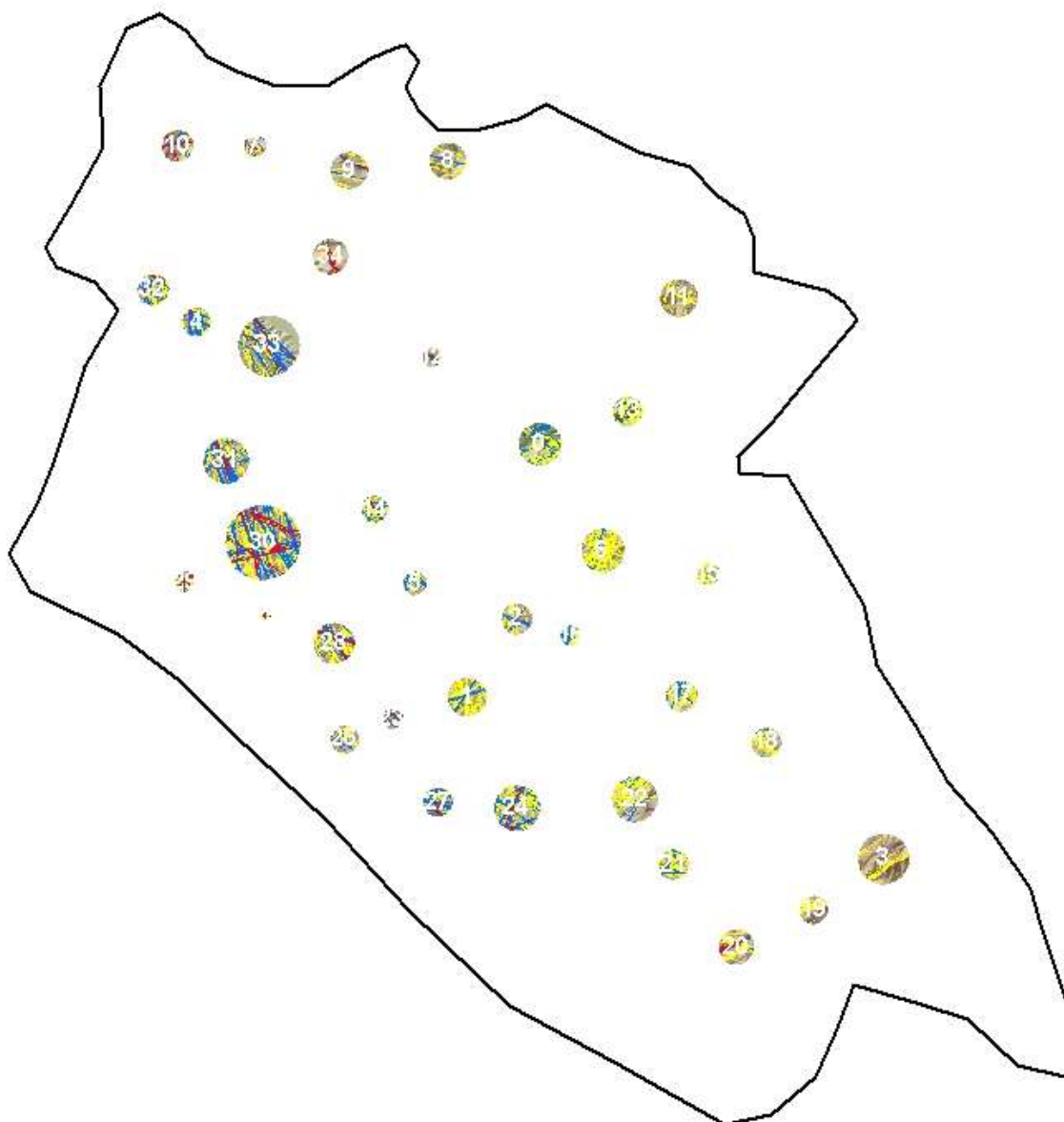


Figura 174 Selección de la información de cada nodo para su tratamiento detallado. Fte. Elaboración propia.

Una vez seleccionados, se ha procedido a obtener la información contenida en cada nodo de propagación y en su entorno para ver la existencia de zonas de cultivo, puntos de agua y accesos.

Tras el análisis de cada nodo de propagación, la superficie total a tratar en todos los nodos se ha reducido a 3.588,57 ha, la cual se tendría que volver a recalcular, una vez replanteadas las actuaciones sobre el terreno. La distribución de las zonas de tratamientos, queda según lo descrito en las figuras 175 y 176.

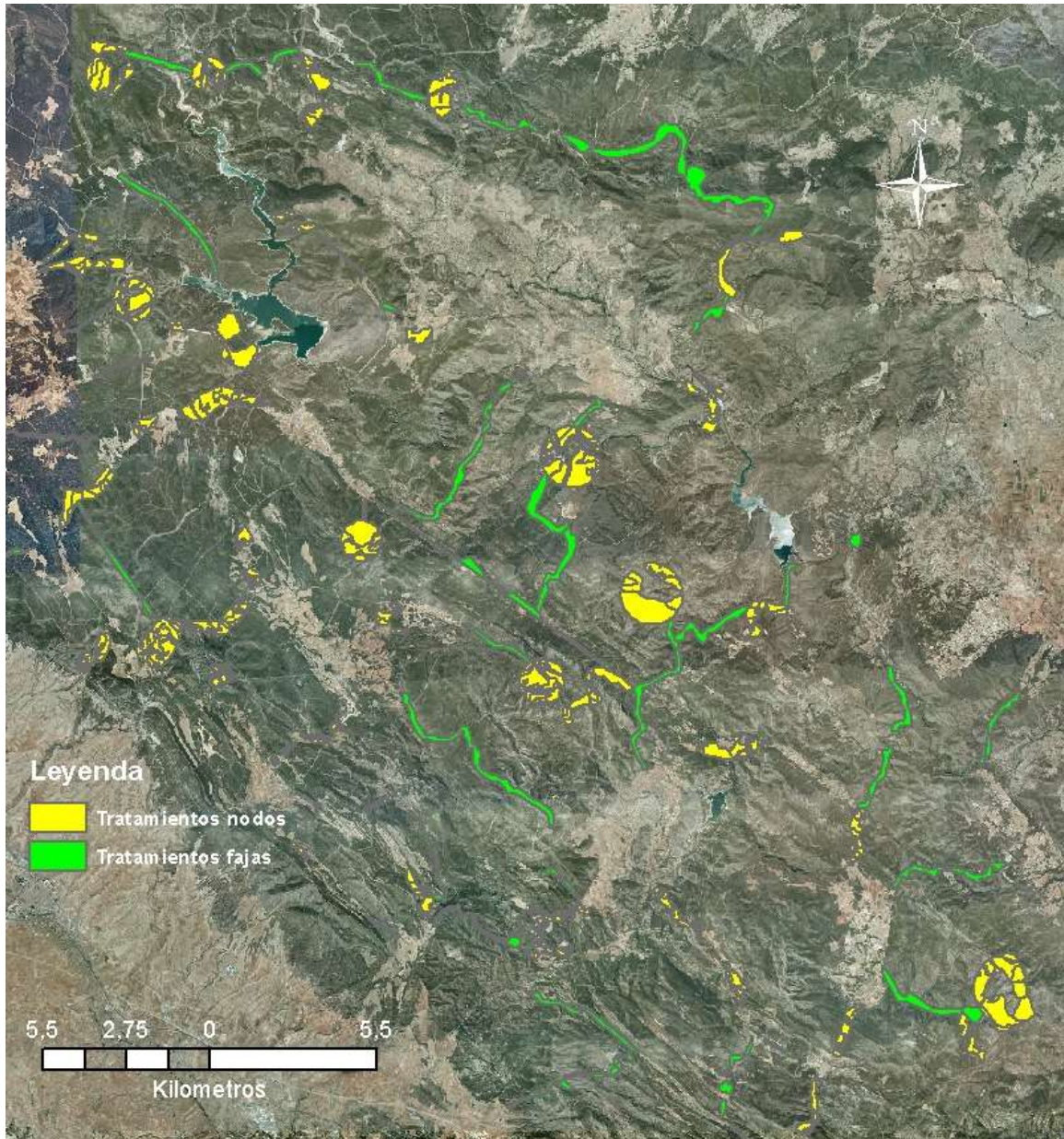


Figura 175 Tratamientos a realizar en la zona de Sot de Chera para gestión de los nodos de propagación y las fajas auxiliares. Fte. Elaboración propia.

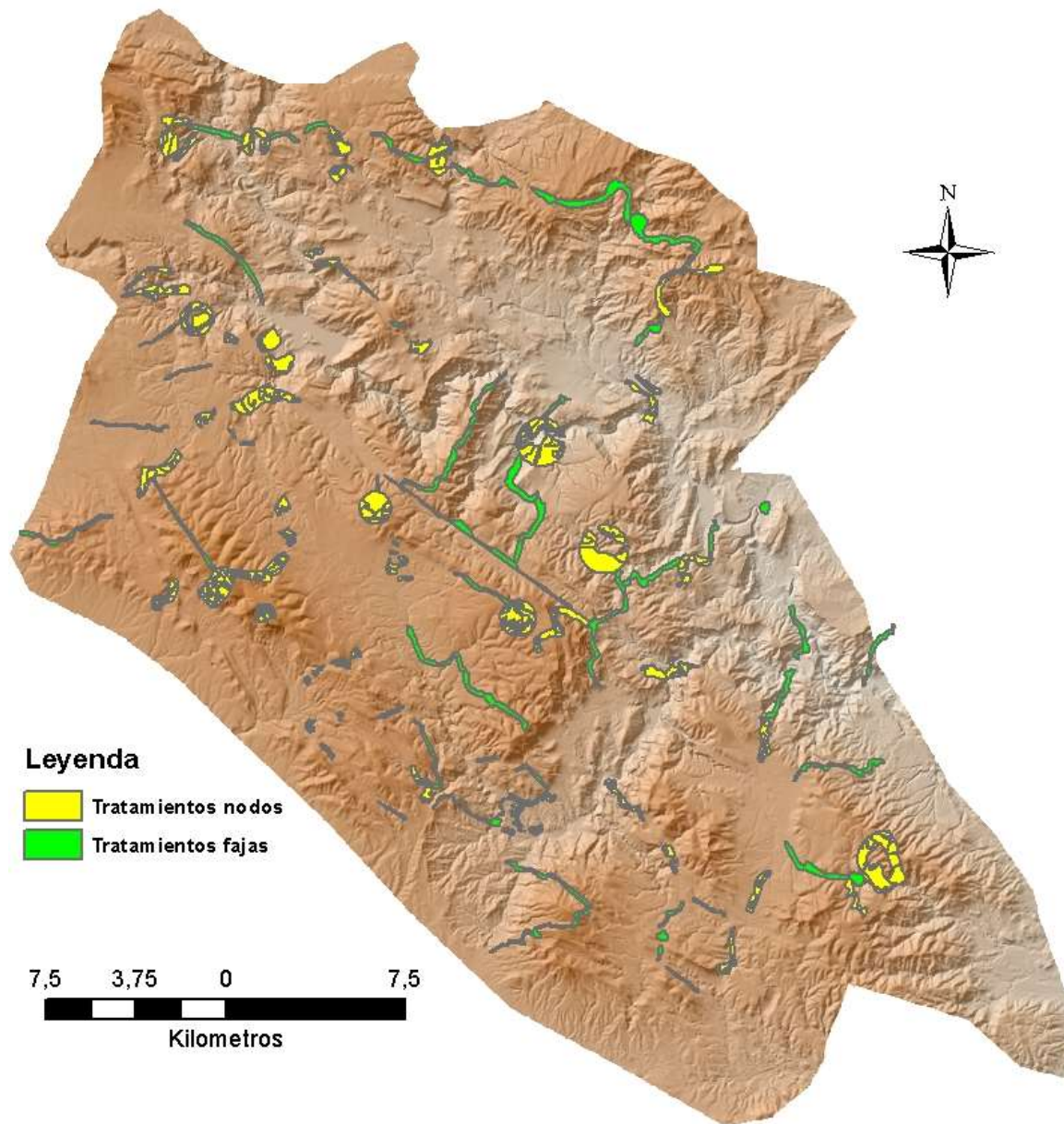


Figura 176 Tratamientos a realizar en la zona de Sot de Chera para gestión de los nodos de propagación y las fajas auxiliares sobre hillshade. Fte. Elaboración propia.

IV.1.2. Zona de La Calderona.

Siguiendo el mismo método que se ha seguido en Sot de Chera, para la zona de La Calderona se han seleccionado 25 nodos de propagación, en una superficie total de 26.934,56 ha, de las que 22.135,10 ha tienen modelos de combustible forestal.

La superficie inicial de los nodos es de 1.959,76 ha, la cual tendrá que ser redefinida sobre el plano y una vez diseñadas, replantearlas sobre el terreno.

Para la superficie ocupada por los modelos de combustible forestal en la zona, el máximo de la superficie ocupada por infraestructuras de prevención debe ser de 1.328,11 ha, por lo que hay un exceso sin replantear sobre el plano es de 631,65 ha.

Al replantear los tratamientos sobre el plano, la superficie obtenida total (sobre todo tipo de modelo de combustible, es de 1.337,80 ha, de las cuales 128,71 ha son agrícolas, 32,32 ha son artificiales de diferente índole, y 1.175,34 ha están sobre modelos de combustible forestal.

Toda esta superficie habría que replantearla ahora sobre el terreno para ver cuál es la superficie definitiva ocupada por los tratamientos.

Para conectar los tratamientos de los nodos de propagación se ha diseñado una red de áreas cortafuegos en forma de fajas auxiliares, cuya superficie total es de 177,58 ha, y su superficie forestal es de 168,37 ha (Fig. 177).

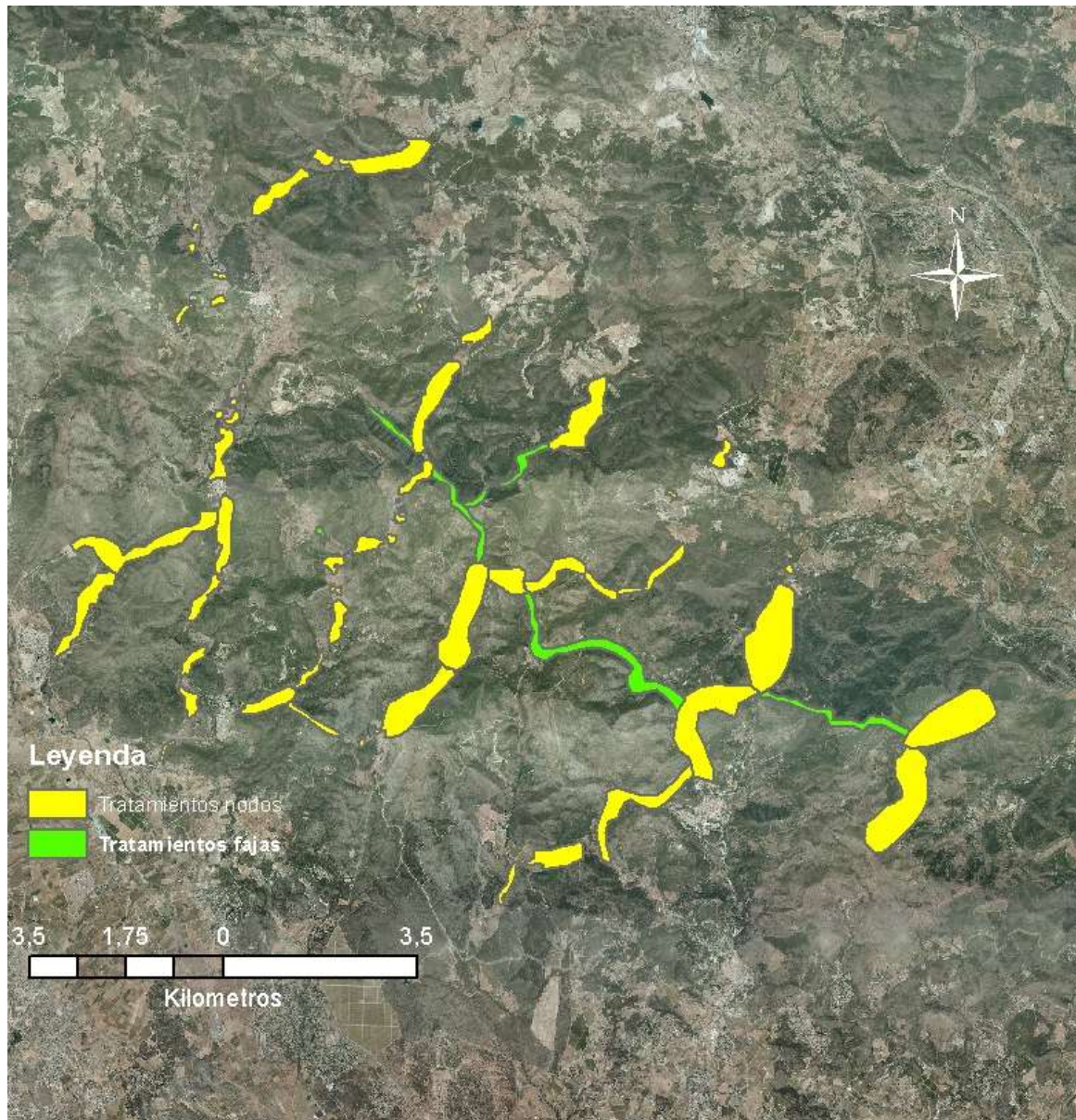


Figura 177 Tratamientos planificados en La Calderona. Fte. Elaboración propia.

La Calderona es una zona de Valencia donde existe una gran densidad de zonas de interfaz, especialmente en su cara este. Uno de los objetivos principales de estos tratamientos sería evitar que los GIF afectaran de forma directa a estos núcleos habitados.

Como puede apreciarse en las figuras 178 y 179, el avance de los frentes de futuros incendios se podría frenar por los tratamientos propuestos mediante operaciones de combate de incendios.

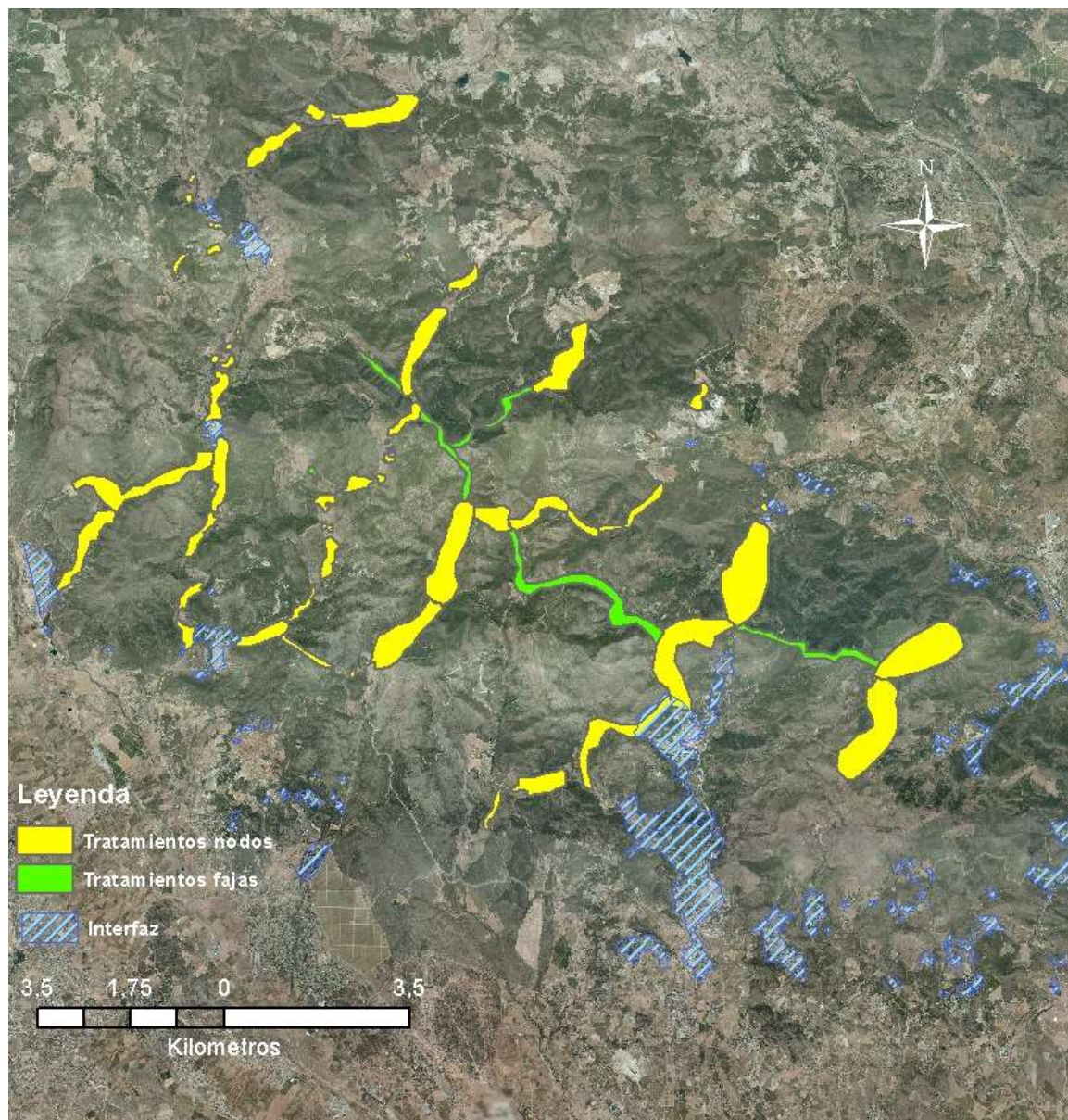


Figura 178 Tratamientos preventivos en relación a la presencia de interfaz en La Calderona. Fte. Elaboración propia.

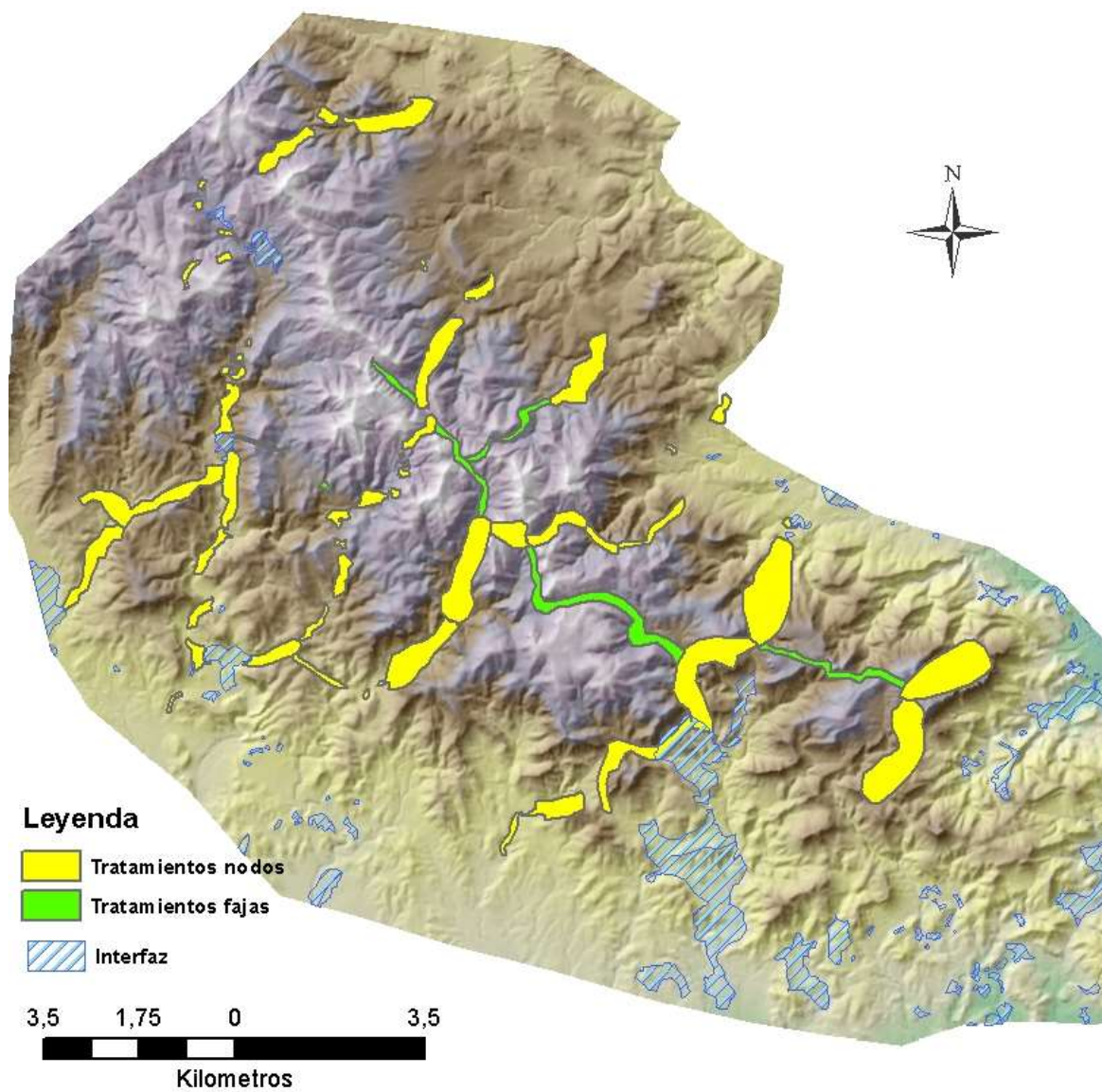


Figura 179 Tratamientos preventivos en relación a la presencia de interfaz en La Calderona hillshade. Fte. Elaboración propia.

IV.2. Métodos de tratamientos selvícolas propuestos.

El principal papel de los cortafuegos es el de facilitar las operaciones de extinción, siendo este un papel normalmente pasivo. Esto implica que el operativo de extinción se apoye en ellos de forma que contribuyen de manera importante en la extinción de un determinado incendio (Fig. 180). Pero también significa que los cortafuegos por si mismos sólo son capaces de atajar incendios dentro de capacidad de control, en determinadas situaciones meteorológicas y siempre que se encuentren bien mantenidos. Esta cuestión es importante resaltarla ya que está en contra de la sensación que la mayor parte de la sociedad tiene al respecto a los cortafuegos.

Bajo los parámetros de diseño propuestos, son muy importantes los siguientes factores, el primero que faciliten el acceso a las zonas de trabajo, es decir, que estén apoyados en caminos que permitan el paso con vehículos autobomba y que dispongan de puntos de agua para facilitar las operaciones de extinción, y que tengan el diseño y superficie apropiados para permitir que los operativos de extinción tengan accesibles zonas de seguridad para poder protegerse en caso de necesidad.



Figura 180 Operaciones de quema en faja auxiliar para control del flanco izquierdo del incendio de Andilla 2012. Fte. UBE.

En recientes estudios realizados en los parques nacionales del sur de California (Syphard et al, 2011), se han constatado los mismos roles antes descritos en los cortafuegos allí diseñados:

- Los cortafuegos tienen un papel fundamental en el acceso de los medios de extinción a la zona.
- El estudio demuestra que los cortafuegos no pararán incendios sin la presencia de los bomberos. Por lo tanto, la construcción de cortafuegos en lugares alejados, fuera de las pistas forestales, tendrán poco efecto a la hora de defender la zona de interfaz durante

un incendio forestal, ya que se necesitarán la mayoría de los bomberos para protegerla, y los incendios no pararán en los cortafuegos por sí mismos.

- El mantenimiento de cortafuegos en lugares estratégicos puede ser tan importante como la construcción de nuevos cortafuegos.
- Durante los grandes incendios de California, bajo condiciones meteorológicas severas, las operaciones de extinción son muy peligrosas y se producen gran cantidad de incendios simultáneos. Esta severidad de las condiciones meteorológicas hace que el tamaño y diseño de las áreas cortafuegos tenga una relevancia muy grande, íntimamente relacionada con la estructura de vegetación.
- La decisión estratégica de dónde diseñar los cortafuegos está basada normalmente en la experiencia de gestión de años, un análisis cuantitativo y espacial puede ser muy útil para redefinir estas decisiones estratégicas.
- En particular, el estudio apoya firmemente la idea de la construcción de cortafuegos a lo largo de la interfaz urbano-forestal donde los bomberos tendrán un mejor acceso a los cortafuegos y proporcionarán una línea inmediata de defensa junto a casas que están en riesgo.

Por todo esto se propone la construcción de una red de áreas cortafuegos, definidas en función del comportamiento de los incendios de viento, apoyadas en pistas forestales, con disponibilidad de depósitos de agua, y englobadas dentro de unos planes de operaciones previstos de antemano, de tal manera que permitan ponerlas operativas de forma previa y con suficiente antelación, antes de la llegada del incendio a la zona.

IV.2.1. Modelos de combustible a tratar en la zona de Sot de Chera.

Después del diseño de las zonas de tratamientos selvícolas para la zona de Sot de Chera, salen un total de 3.588,57 ha de tratamientos en la zona de los nodos de propagación. En la superficie de estos nodos han entrado algunas zonas con combustible de vías, arena, artificial y agrícola, con una superficie total incluida en los tratamientos de los nodos de 178,75 ha, lo que dejaría la superficie forestal de los tratamientos en los nodos en 3.409,82 ha.

Teniendo en cuenta que la zona sobre la que se han realizado las simulaciones tiene una superficie total de 147.189,09 ha, de las cuales 103.238,45 ha son de combustible forestal, la zona de tratamientos en los nodos de propagación supone un 3,30% de superficie tratada, muy por debajo del 6% permitido.

Teniendo en cuenta que el 6% de la superficie total forestal de la zona donde se han realizado las simulaciones es de 6.194,31 ha, para ejecutar áreas cortafuegos lineales quedaría un remanente de 2.784,49 ha. Estas áreas serán diseñadas como fajas auxiliares lineales, con orientación preferente este oeste, de tal forma que permitan al operativo de extinción realizar quemados de ensanche que limiten la apertura de flancos de los incendios. Aunque todo esto está en función de las posibilidades que presente la zona, y puede ser subsanado mediante el diseño de las operaciones de quema.

El diseño propuesto de fajas auxiliares tiene una superficie de 2.101,67 ha, de las cuales hay que quitar la superficie de aquellas que son terrenos agrícolas y caminos. También es importante reseñar que este diseño inicial hay que replantearlo sobre el terreno para ver cuál sería el diseño definitivo de estas infraestructuras.

La superficie ocupada por cada uno de los modelos de combustible es la que se muestra en la tabla 42.

Tabla 42 Superficie por modelos de combustible en la zona de Sot de Chera.

Mod.comb	Descripción del modelo	Superficie
P1	Pasto \leq 0,5 metros	217,13
P2	Pasto \geq 0,5 metros y \leq 1,5 metros	134,31
P3	Pasto \geq 1,5 metros	195,11
PM1	Pasto y matorral \leq 1,20 metros	7.003,43
PM2	Pasto y matorral \geq 1,20 metros	490,67
M1	Matorral \leq 0,30 metros	693,02
M2	Matorral \geq 0,30 metros y \leq 1,20 metros	26.075,80
M3	Matorral \geq 1,20 metros	4.477,98
MA1	Matorral con regeneración de arbolado.	17.946,38
MA2	Matorral \leq 1,20 metros bajo arbolado adulto	15.567,79
MA3	Matorral \geq 1,20 metros bajo arbolado adulto	29.738,20
MA4	Matorral y restos leñosos bajo arbolado adulto	411,94
HA	Hojasca bajo arbolado.	23,73
RCP	Restos pesados de corta bajo arbolado	231,44
ARTIFICIAL:	Contendrá las teselas en las que la influencia antrópica ha determinado que su uso no sea ya ni agrícola ni forestal.	473,72
AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		240,15
MINERÍA, ESCOMBRERAS Y VERTEDEROS		272,09
ZONAS VERDES ARTIFICIALES, no agrícolas		18,48
AGUA:	Incluye las teselas ocupadas por el agua permanentemente, o sólo temporalmente en el caso de cursos de agua.	944,32
VEGETACIÓN RIBERA:	DE Saucedas, olmedas, etc.	31,53
PLAYAS, DUNAS Y ARENALES		195,18
AGRÍCOLA	Se incluirán aquí las teselas de uso agrícola (no propagan el fuego): Cultivos herbáceos en regadío,	41.806,70

En porcentaje cada grupo de modelos representa el porcentaje de cobertura sobre el terreno descrito en la figura 181.

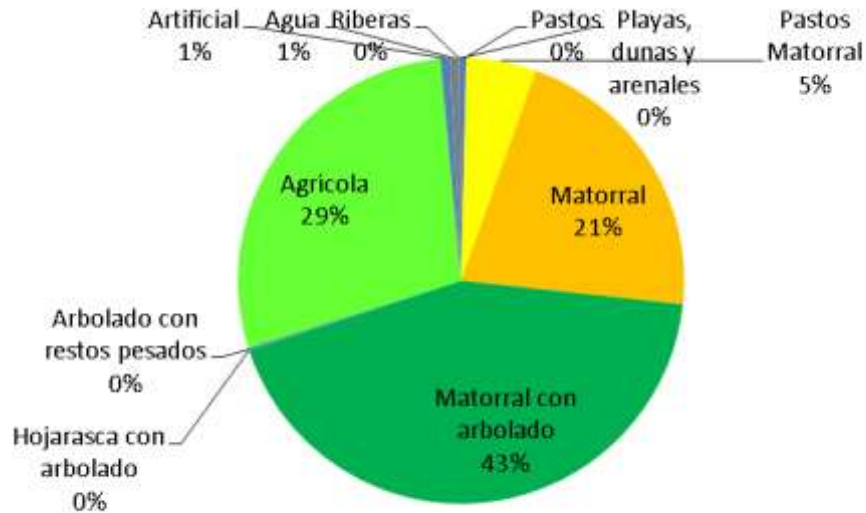


Figura 181 Porcentaje de cobertura sobre el terreno de cada grupo de modelos de combustible en Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

El detalle de los modelos de combustible a tratar por tipo de modelo en la zona de Sot de Chera son los que se indican en la tabla 43.

Tabla 43 Modelos de combustible en tratamientos en Sot de Chera.

Modelo de combustible	Sup. tratamiento nodos (ha)	Sup. tratamiento fajas (ha)
Agrícola	169,25	118,07
Agua	7,40	3,57
Arena	1,04	0,00
Artificial	0,52	0,10
M1	56,57	16,73
M2	831,08	437,13
M3	90,55	86,07
MA1	573,51	561,71
MA2	477,03	358,23
MA3	1.166,16	440,27

P2	29,43	2,80
P3	12,89	1,06
PM1	170,46	52,65
PM2	2,14	11,86
RCP	0,00	2,06
Vías	0,54	0,23
Minas	0,00	7,92
Total	3.588,57	2.100,46

Si se eliminan las zonas de combustible agrícola, arena, agua, minas, artificial y vías, la superficie total de los tratamientos, incluyendo nodos de propagación y fajas sería de **5.380,39 ha**.

IV.2.2. Modelos de combustible en La Calderona.

La zona de La Calderona tiene una superficie total de 26.934,55 de las que 22.135,10 ha tienen modelos de combustible forestal.

Los modelos de combustible presentes en la zona simulada son que se muestran en la tabla 44.

Tabla 44 Superficie por modelos de combustible en la zona de La Calderona.

Mod. comb	Descripción del modelo	Superficie (ha)
P1	Pasto \leq 0,5 metros	44,91
P2	Pasto \geq 0,5 metros y \leq 1,5 metros	29,23
PM1	Pasto y matorral \leq 1,20 metros	949,47
PM2	Pasto y matorral \geq 1,20 metros	76,74
M1	Matorral \leq 0,30 metros	5,50
M2	Matorral \geq 0,30 metros y \leq 1,20 metros	5.846,91
M3	Matorral \geq 1,20 metros	199,41
MA1	Matorral con regeneración de arbolado.	4.106,27
MA2	Matorral \leq 1,20 metros bajo arbolado adulto	9.122,93
MA3	Matorral \geq 1,20 metros bajo arbolado adulto	1.704,75
ARTIFICIAL:	Contendrá las teselas en las que la influencia antrópica ha determinado que su uso no sea ya ni agrícola ni forestal.	892,12
AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		12,14

MINERÍA, ESCOMBRERAS Y VERTEDEROS		12,46
AGUA:	Incluye las teselas ocupadas por el agua permanentemente, o sólo temporalmente en el caso de cursos de agua.	19,65
VEGETACIÓN DE RIBERA:	Saucedas, olmedas, etc.	48,98
PLAYAS, DUNAS Y ARENALES		11,39
AGRÍCOLA	Se incluirán aquí las teselas de uso agrícola (no propagan el fuego): Cultivos herbáceos en regadío, Viñedos, Frutales y Mosaico de cultivos.	3.851,69

En porcentaje, la cobertura de modelos presentes en las zonas de tratamientos de La Calderona en el que se muestra en la figura 182.

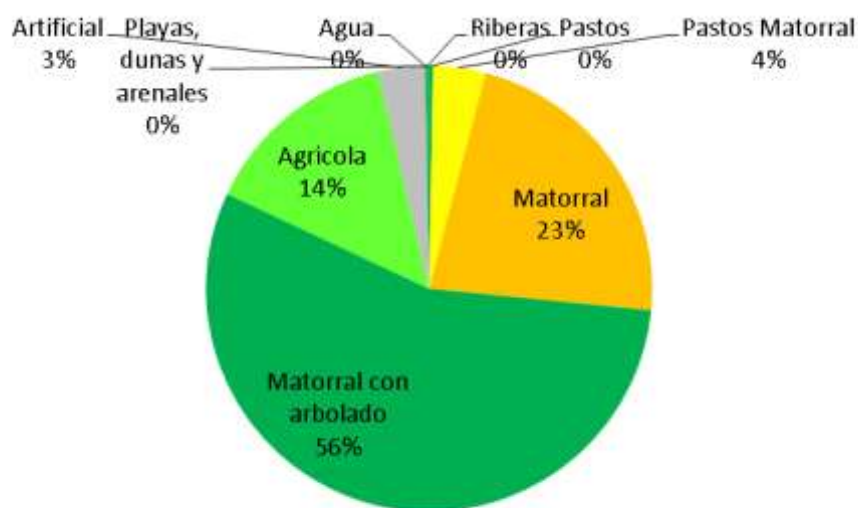


Figura 182 Porcentaje de cobertura sobre el terreno de cada grupo de modelos de combustible en La Calderona. Fte. Elaboración propia.

Los modelos de combustible a tratar por tipo de modelo para los tratamientos propuestos en la zona de La Calderona son los que se indican en la tabla 45.

Tabla 45 Modelos de combustible en tratamientos en La Calderona.

Modelo de combustible	Sup. tratamiento nodos (ha)	Sup. tratamiento fajas (ha)
Agrícola	128,71	8,91
Artificial	32,20	0,3
M2	281,60	20,74
MA1	231,10	52,75
MA2	471,05	48,08
MA3	119,29	46,80
P1	2,56	0,00
PM1	66,03	0,00
Ribera	3,59	0,00
Vías	0,12	0,00
Minas	1,55	0,00
Total	1.337,8	177,58

Si se eliminan las zonas de combustible agrícola, minas, artificial y vías, la superficie total de los tratamientos, incluyendo nodos de propagación y fajas sería de **1.343,71 ha**, **15,60 ha superior a las 1.328,11 ha**, es decir, se superan en **15,60 ha** las **1.328,11 ha** que suponen el **6%** de superficie que se permite tratar, por lo que habría que redefinir la anchura de las fajas para que son sobrepasaran dicho límite.

Haciendo un buffer de las áreas de interfaz presentes en la zona donde se han realizado las simulaciones, quedarían las zonas de interfaz con riesgo real de incendio. Este buffer será de 30 metros alrededor de las zonas habitadas (Manca et al, 2014), para poder hacer la zona defendible y autoconfinable.

También hay que decir que algunos de estos núcleos de población ya lo tiene hecho, y que muchas zonas limitan con cultivos agrícolas. En muchos casos no sería necesario realizar las fajas.

IV.2.3. Comportamiento de los incendios de viento.

Los incendios de viento tienen su motor principal en la intensidad del viento y además tienen una gran influencia la interacción del viento y la topografía en su movimiento.

La cabeza de estos incendios se mueve hacia las zonas donde el viento es más intenso, realizando enormes carreras de hasta varias decenas de kilómetros en pocas horas (Enguera 1979, Minas de río Tinto 2004, Riba de Saélices 2005, Cortes de Pallás 2012, la Junquera 2012, etc.).

Esta velocidad de propagación tiene que ver con la intensidad de viento, pero también con la alta disponibilidad de combustibles y la gran generación de saltos de fuegos a moderadas o grandes distancias en la dirección del viento general.

Cuando estos incendios se apoyan en cadenas montañosas, normalmente presentan interacción del viento general con la topografía, generando contravientos, que pueden suponer unos buenos puntos de oportunidad para el cierre de flancos o cortes de cabeza de incendio.

El diseño de las zonas de tratamientos para el control de cabezas de incendios de viento, debería de tener en cuenta los elementos que se muestran en la figura 183.

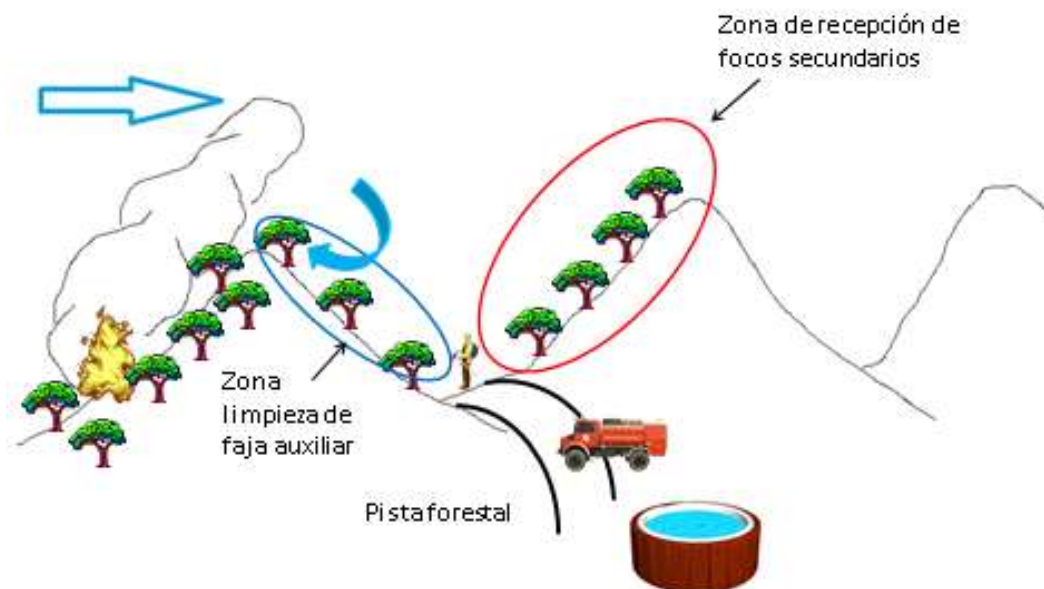


Figura 183 Esquema de actuaciones de prevención para crear zonas de trabajo seguras donde cortar el avance de incendios de viento. Fte. Elaboración propia.

1. La zona de alineación de viento y pendiente no es una buena zona de trabajo para atacar cabezas de incendio de viento.
2. Zona de limpieza de faja auxiliar. La zona de cambio de pendiente provee de una zona en donde se pierde el calor convectivo en altura, sin afectar en gran medida a los combustibles adyacentes, en la que se producen los contravientos. En estos lugares se diseñarán fajas auxiliares, apoyadas en caminos que permitan la rápida entrada del personal de extinción, con vehículos autobomba, y en los que deberá existir disponibilidad de agua para las operaciones de extinción. La distancia entre copas será tal que impida el paso de fuego entre copas, a la vez que la superficie debe estar limpia de vegetación arbustiva, para impedir el paso de fuegos de superficie a copas. En estos lugares existirán zonas desprovistas de vegetación, que serán utilizadas por el personal de extinción como zonas de seguridad.
3. Zona de recepción de focos secundarios. En esta zona se guiará la masa a una fracción de cabida cubierta arbórea superior al 70%, donde la vegetación de superficie será nula, a la vez que la altura de poda será lo suficientemente alta para impedir el paso de fuego a copas. Esta FCC se justifica para intentar alargar los tratamientos en el tiempo, impidiendo poner en luz el suelo, con el fin de ralentizar la matorralización.

IV.2.4. Tratamientos asociados a los diferentes modelos de combustible presentes.

La silvicultura preventiva de incendios se puede definir como el control y ordenación del combustible, vegetales vivos y muertos, del monte en el espacio y en el tiempo, reduciendo la combustibilidad de las estructuras vegetales de las masas forestales, para aumentar su

resistencia a la progresión del fuego, lo que constituye un conjunto de reglas y recomendaciones a incluir en la práctica selvícola habitual (Vélez, 1990).

Todas las comarcas forestales deben estar sujetas a una planificación que, entre otros objetivos, atienda a la adecuada prevención y extinción de incendios, ambas inseparables y que deben estar basadas en, por una parte principios generales y comunes, y por otra parte en las circunstancias y experiencias locales, muy diferentes de unas comarcas a otras. Toda la estrategia de prevención y extinción debe ser coherente con las condiciones sociales y económicas de cada comarca (Vélez, 1999).

Mientras que en la selvicultura preventiva tradicional, el triple *objetivo* se basa en (Serrada, 2008):

1. Disminuir el número total de siniestros;
2. Aminorar los daños, especialmente la superficie recorrida, en caso de que el incendio se produzca;
3. Facilitar y dar seguridad a las labores de extinción.

En el método propuesto los objetivos son distintos:

1. No se trabaja directamente sobre el número de incendios de un determinado lugar. Este aspecto se deja en manos de otros ámbitos de las políticas de prevención como pueden ser investigación de causas, limitación de actividades ligadas a diferentes índices de riesgo, conciliación de intereses, elaboración de legislación adecuada a la problemática de incendio de cada lugar, etc.
2. Se acepta que los incendios van a estar presentes en el territorio, que el dispositivo de extinción va a tener una capacidad para gestionar incendios de una determinada magnitud, aceptándose como asumibles un determinado número de hectáreas quemadas (en concreto en la Comunidad Valenciana sería de 10.000 ha año. Fte. Servicio de Prevención y Extinción de Incendios Forestales de la Conselleria de Gobernación y Justicia de la Generalitat Valenciana), por debajo de las cuales la capacidad de regeneración de un determinado territorio es superior a las pérdidas de superficie forestal anual.
3. Tiene en cuenta que en todas las estadísticas de incendios aparece la superficie quemada en términos absolutos, sin analizar si estos incendios han tenido un efecto beneficioso o perjudicial para la masa. Si por ejemplo han afectado sólo a la vegetación de superficie, sin afectar al arbolado en un grado elevado (póngase el caso de que en una zona de FCC del 80% se haya perdido un 20% de la FCC). Lo que significaría que este incendio favorecería la heterogeneidad de la masa y eliminaría el combustible en superficie, haciendo a la masa más resistente a los incendios forestales, reduciendo su combustibilidad, aceptando como válido un régimen de fuegos moderado o alto de baja intensidad en la zona.
4. Trata de eliminar los daños por megaincendios, intentando reducir los GIF.
5. Facilita las operaciones de combate, definiendo las operaciones proactivas, donde el personal de extinción disponga de infraestructuras como zonas de seguridad, pistas y depósitos de agua, todo ello englobado dentro de un plan de operaciones preestablecido a la aparición del incendio.
6. Establece como una de sus máximas reducir la incidencia de incendios sobre zonas de interfaz, reduciendo la magnitud de los incendios que puedan amenazarlas de forma global.

La selvicultura preventiva de incendios consiste esencialmente en modificar la combustibilidad de las masas a través de la extracción de determinados tipos de combustibles y de variar su continuidad. Ahora bien, su aplicación se puede realizar en dos niveles territoriales: comarca y monte. Según este planteamiento podemos plantear prevención comarcal y prevención local (Serrada, 2008).

En este trabajo se aborda la selvicultura preventiva a nivel comarcal, tal y como refiere Serrada, en una superficie entre 10.000 y 100.000 ha, pero alejada de la estructuración de

los modelos de combustible en teselas de 50 a 300 ha, y centrada en el comportamiento del incendio y la forma de evitar su propagación.

Como métodos de actuación propiamente dichos sobre el combustible en los nodos de propagación y fajas auxiliares se plantea lo expresado por Serrada en sus apuntes de selvicultura, diferenciando dos casos:

IV.2.4.1. Masas de pinar regulares en edades de latizal alto y fustal bajo y montes bajos regulares de alta espesura.

Por el tamaño de los pies, de la continuidad vertical y horizontal, y de la presencia de matorral, presentan riesgo de alta velocidad de propagación de incendios.

La estrategia consistirá en cambiar el modelo de combustible, pasando la masa a modelos del tipo 8 y 9, a través de la aplicación simultánea de:

Claras por lo bajo y débiles para conseguir la disminución de la continuidad vertical, que la velocidad del viento no crezca dentro de la masa; mantener alta la humedad relativa; y reducir o retrasar la invasión del matorral heliófilo.

Podas hasta la mitad de la altura media de la masa, siempre que ésta supere los 5 metros. Las podas de penetración, aplicadas a todos los pies de la masa resultante de la primera clara y hasta 2,5 a 3 metros de altura.

Desbroces selectivos por roza de las especies de mayor inflamabilidad.

Eliminación de restos producidos en las operaciones anteriores. Preferentemente se ejecutará por astillado o quema.

El resultado de las acciones combinadas citadas es independizar las copas del arbolado respecto del suelo, acentuando la discontinuidad vertical, y modificar en el monte la disposición del tipo de combustible de mayor facilidad de ignición. Predominará en esta situación el fuego de superficie, de menor velocidad de avance, de mayor facilidad y seguridad en la extinción y de menor daño para el arbolado después de recorrer la zona.

IV.2.4.2. Fustales medios y altos regulares.

La presencia de matorrales y arbustos en el sotobosque confiere a las masas una alta combustibilidad. En esta situación la única actuación necesaria es el desbroce. Se pueden plantear algunas alternativas:

- Desbroce manual con motodesbrozadora, por roza, selectivo y a hecho.
- Desbroce mecanizado con tractor de cadenas y desbrozadora, por roza, a hecho y de selectividad dudosa.
- Desbroce por quema prescrita. Se trata de un desbroce manual de muy bajo coste, nada selectivo. Sus condiciones de aplicación deben ser restringidas: por la época; por el tipo de suelo y pendiente; y por el tipo de masa tratada. Sus ventajas se centran en la economía y rapidez de ejecución, sus inconvenientes en sus restricciones y en posibles daños al suelo, la fauna o la masa principal.

IV.2.5. Tratamientos relativos a cada modelo de combustible presente en la zona.

Para realizar el tratamiento de los nodos de propagación y las fajas, se proponen los métodos de actuación inicial reflejados en la tabla 46, con el objetivo de conducir la vegetación a un modelo de hojarasca bajo arbolado (HA) en aquellas zonas donde sea posible, con priorización de los

individuos de *Quercus ilex* frente a otros como *Pinus halepensis*, para favorecer la resiliencia de la vegetación en estas zonas.

En función del estado en que se encuentre la vegetación, este proceso será más o menos prolongado en el tiempo, e incluso podría haber zonas donde no fuese posible conducir la masa hacia un HA, por lo que se tendería a un monte tipo dehesa de matorral disperso de *Quercus coccifera* o *Quercus ilex*.

Tabla 46 Tratamientos asociados a cada modelo de combustible.

Grupo de modelo	Modelo de combustible	Tratamiento
Pastos	P1	P1 es el modelo óptimo, mediante desbroce mecanizado, quemas o pastoreo, transformar el P2 y P3 en P1.
	P2	
	P3	
Pasto Matorral	PM1	Desbroce selectivo manual, con selección de matorral de quercíneas, para mediante resalveos conducirlo a un modelo HA .
	PM2	
Matorral	M1	Desbroce selectivo manual o mecanizado, con selección de matorral de quercíneas y algún pino, para conducirlo mediante resalveos y podas a un modelo HA.
	M2	
	M3	
Matorral bajo arbolado	MA1	Eliminación del matorral mediante desbroce selectivo manual o mecanizado, para mediante podas y resalveos conducir la masa a un modelo HA.
	MA2	
	MA3	
	Riberas	Eliminación de <i>Arundo donax</i> , y control de sotobosque, respetando <i>Salix sp</i> , <i>Populus sp</i> , <i>Fraxinus sp</i> .
Restos pesados	RCP	Eliminación de restos mediante triturado mecanizado o quema para guiar la masa hacia un HA.

IV.2.6. Medidas de mantenimiento de las zonas tratadas.

En primer lugar, hay que tener claro que la red de nodos se encuentra apoyada en muchas zonas agrícolas, por lo que estas zonas suponen la columna vertebral de las infraestructuras preventivas diseñadas, por tanto se deben establecer los contactos oportunos con las diferentes administraciones intentando buscar unas líneas de incentivos para su mantenimiento y perpetuación en el tiempo de dichas zonas agrícolas.

Estas líneas deberían estar enmarcadas como agricultura de montaña de zonas poco productivas en relación con su producción agrícola, pero de un **alto interés estratégico para el mantenimiento de la cubierta forestal** y, por tanto, de los beneficios directos e indirectos que esta provee, incluida la seguridad frente a incendios forestales de los núcleos habitados que tienen contacto con la superficie forestal estudiada, que pueden ser muchos.

Estas líneas deben estar referidas a las zonas donde son necesarias y alejadas de cualquier referencia a tipos de cultivo o producciones de forma generalista.

Para la conducción de los diferentes modelos presentes a los deseados y/o mantenimiento de los mismos en perfecto estado, se pueden utilizar diferentes métodos de forma individual o combinados, esta última es la fórmula por la que se aboga en este trabajo.

Para la construcción de las infraestructuras la primera medida sería ver la potencialidad que tienen para el aprovechamiento de biomasa orientada a la prevención de incendios, es decir, incidiendo en la actuación sobre los modelos de superficie, y eliminación de pies mediante clareos y claras, para reducir los costes de ejecución. Por tanto, se establecerían unas zonas de actuación prioritarias para el aprovechamiento de biomasa, con el objetivo antes marcado de conducir la masa a un modelo HA, con diferentes densidades, en función de si está en las zonas de limpieza de faja auxiliar o de recepción de focos secundarios.

En aquellas zonas donde no sea factible el aprovechamiento prioritario de biomasa, se propone la actuación de podas y resalveos, así como la eliminación de restos por desbroces mecánicos o manuales, dejando la posibilidad de la utilización de quemas en aquellas zonas donde sea factible realizarlas.

Para el mantenimiento se propone el pastoreo y quemas, de forma alternada, en función del desarrollo de las especies presentes y de la palatabilidad de estas, pudiendo introducir desbroces puntuales, o resalveos en aquellas zonas donde sean necesarios.

En la tabla 47 se propone una comparativa de los diferentes tratamientos para el mantenimiento de la red de nodos de propagación

Tabla 47 Comparativa de tratamientos de mantenimiento para nodos de propagación. Adaptada de Vega Hidalgo, J.A. 2001.

MÉTODO	VENTAJAS	INCONVENIENTES Y LIMITACIÓN
Procedimientos mecánicos	Operaciones selvícolas y material leñoso más pequeño que en el matorral. La trituración sin extracción de restos puede favorecer la incorporación de nutrientes al sistema. El material depositado y compactado protege el suelo de la erosión. El material depositado y compactado arde con menor intensidad. Aprovechamiento energético de la biomasa extraída con la consiguiente rentabilidad.	Bajo arbolado, a menos que se utilicen equipos ligeros y, en ese caso, pierde rentabilidad. Costoso. El empleo de maquinaria pesada puede compactar y erosionar el suelo, así como eliminar la regeneración natural del arbolado. Tiene limitaciones de empleo de maquinaria por la pendiente y densidad del arbolado y porque puede dañarlo. La extracción continuada de biomasa para aprovechamiento energético puede inducir un descenso de la fertilidad en el suelo. El material depositado en zonas desarboladas está muy seco en el verano y el sistema pierde efectividad: arde fácilmente con y por pavesas, forma fuegos con brasa, difíciles de apagar, y causantes de un serio deterioro del suelo. Si se acercan restos en gran cantidad, puede inducirse una inmovilización microbiana de nutrientes que retrasa mucho su liberación.
Fuego prescrito	Barato (aprox.3jornal/ha. Rápido. Efectivo con combustibles vivos y muertos finos. Reduce la intensidad del fuego del	Los días adecuados por las condiciones meteorológicas son limitados. Produce CO2 y polución del aire. No puede usarse con arbolado muy joven. Si se efectúa con el mantillo seco, puede dañar el

	<p>área que hay que tratar. Versátil como instrumento selvícola y de manejo del hábitat de la vida silvestre y animales domésticos.</p>	<p>arbolado, haciéndolo susceptible a ataques de insectos y patógenos. Puede eliminar la regeneración natural del arbolado. Tras muchas repeticiones puede inducir una menor liberación de nitrógeno mineral en el suelo. Puede facilitar la erosión y pérdida del suelo si se destruye totalmente la vegetación y el mantillo.</p>
Pastoreo	<p>Efectivo con el matorral. Producción de carne. Puede combinarse con otros sistemas de desbroce e integrarse con aprovechamientos agrosilvícolas. Compacta los combustibles muertos y crea discontinuidades en el combustible, disminuyendo la velocidad de propagación en el caso de incendios. Puede reciclar nutrientes con más facilidad y mejora las condiciones de amonificación en el suelo</p>	<p>No reduce los combustibles muertos de ningún tipo. Ciertas especies leñosas y pteridófitas no son comidas por el ganado, con lo que la reducción del combustible es sólo parcial. Exige inversiones iniciales fuertes en tratamiento mecánico previo y retirada del matorral cortado y restos o emplear el fuego inicialmente. Exige inversiones en cercados y manejo del ganado o su efectividad disminuye mucho. Requiere cortas de apertura de la masa y, por lo tanto, sacrificio en cortabilidad. - Requiere costes de retirada periódica de los restos muertos y desbroce del material lignificado. -Puede compactar el suelo reduciendo la infiltración y propiciar su erosión</p>
Medios químicos	<p>Versátil. Puede tratarse material vivo de cualquier tamaño.</p>	<p>No es efectivo con ningún combustible muerto. Exige la retirada del material tratado inicialmente o puede aumentar el riesgo de fuego. Coste alto. Puede contaminar el agua, el suelo y pasar a la cadena trófica del ecosistema, actuando fuera del sitio tratado. Existen limitaciones ambientales y legales a su aplicación en grandes extensiones.</p>

IV.3. Planes de operaciones basados en la determinación de nodos de propagación.

Tras haber analizado los patrones meteorológicos que gobiernan los grandes incendios en la zona de estudio, haber analizado las principales trayectorias de propagación para los incendios de viento, y haber diseñado las redes de tratamientos selvícolas en los principales nodos de propagación y sus fajas de unión, lo que se propone es generar un plan de operaciones de extinción de incendios, estableciendo una división de cada zona en la que se basarán estos planes.

Antes de todo conviene analizar el papel de las infraestructuras defensivas, que como ya se ha comentado tiene una función pasiva, es decir, tal y como están diseñadas, sólo son capaces de atajar determinados tipos de incendios, que normalmente están dentro de capacidad de extinción con los medios de extinción disponibles.

Por tanto, se establecerá una estrategia de trabajo previa, en donde se definirán unas tácticas a emplear en cada zona.

Para ello se hace necesario establecer una planificación de las zonas de trabajo, con toda la información relevante que pueda ser necesaria para la planificación de las operaciones de extinción. Esta planificación deberá contener como mínimo la siguiente información (Fig. 184):

- 1º Ubicación de los nodos de propagación y fajas sobre el territorio estudiado.
- 2º Establecimiento de las ventanas meteorológicas sinópticas que justifiquen la puesta en marcha de los planes de operaciones pre establecidos.
- 3º Seguimiento de la evolución de la humedad de los combustibles vivos en las zonas de estudio, mediante la creación de estaciones de muestreo.
- 4º Creación de los mapas de riesgo poblacional presentes en el territorio. Deberá incluir también información referente a repetidores radio y telefonía, vías férreas, etc.
- 5º Actualización del mapa de modelos de combustible.
- 6º Actualización de los mapas de infraestructuras defensivas, en relación a puntos de agua y accesos. En el caso de accesos se debe establecer una catalogación que dé información sobre qué tipo de vehículos soporta.
- 7º Elaboración del mapa de las zonas de seguridad presentes en el territorio.
- 8º Elaboración del mapa de ubicación de helisuperficies eventuales sobre el territorio.
- 9º Catálogo de los lugares de albergue para población evacuada.
- 10º Catálogo de hospitales, restaurantes, almacenes de víveres, etc.

PROCEDIMIENTO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE OPERACIONES BASADOS EN NODOS DE PROPAGACIÓN

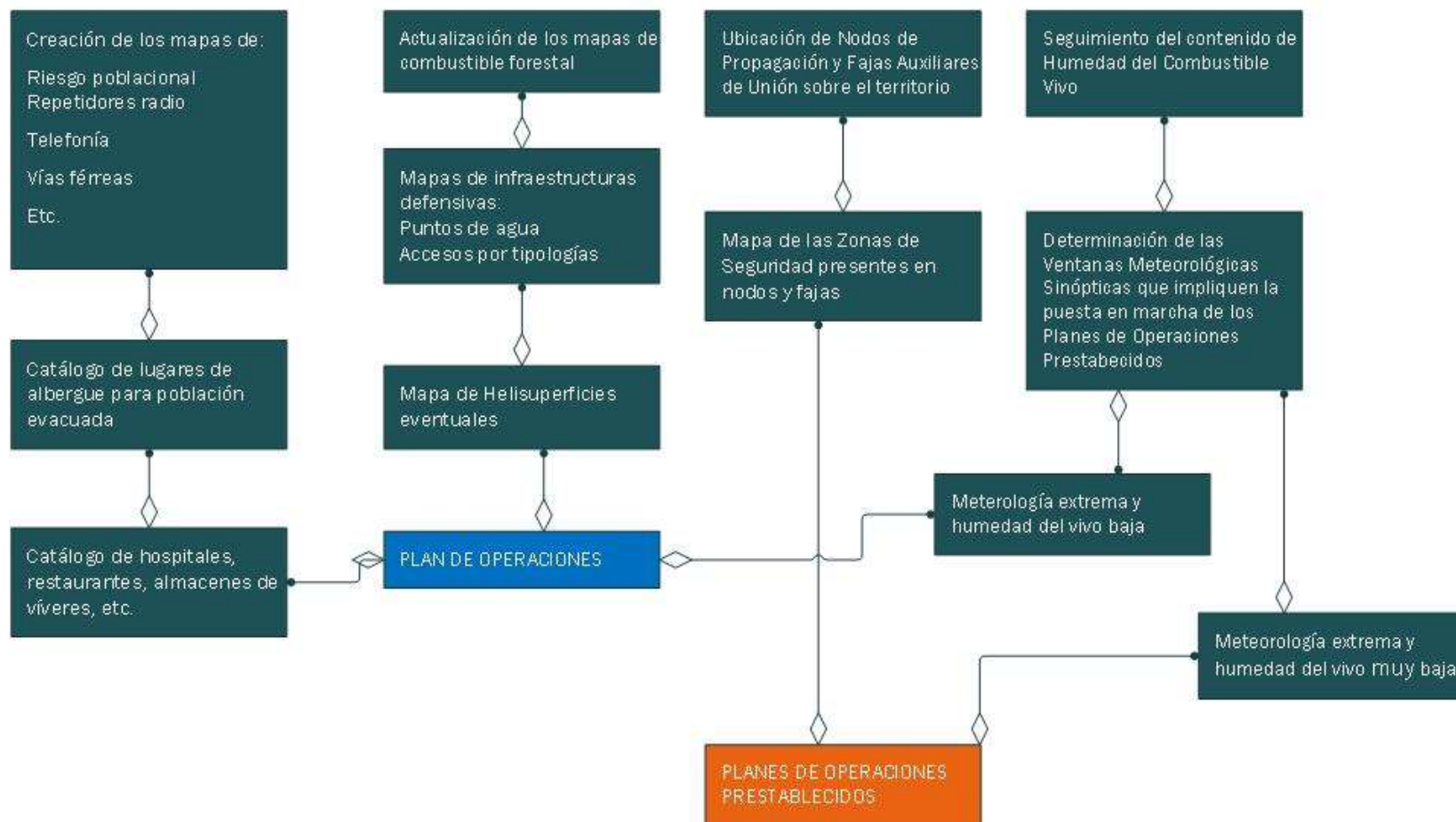


Ilustración 184 Procedimiento para el diseño y aplicación de los planes de operaciones prestablecidos. Fte. Elaboración propia.

IV.3.1. Descripción de las tácticas a emplear.

Con el objeto de conocer los tipos de tácticas a emplear y por tanto, el tipo de medios que deben actuar en cada zona, se hace necesario clasificar las maniobras a llevar a cabo dentro de cada zona.

Las maniobras pueden agruparse siguiendo la descripción de la tabla 48.

Tabla 48 Tipología de tácticas a emplear.

Cód	Maniobra	Personal	Autobombas	Medios aéreos	Maquinaria	Fuego técnico
AD1	Ataque directo manual	Si	No	No	No	No
AD2	Ataque directo con líneas de agua	si	Si	No	No	No
AD3	Ataque directo con apoyo de medios aéreos	si	Si/no	Si	No	No
AD4	Ataque directo con maquinaria pesada	si	Si/no	Si/no	si	no
AI1	Ataque indirecto con línea a dos pies.	si	no	no	no	si
AI2	Ataque indirecto con quema de ensanche	si	Si/no	Si/no	no	si
AI3	Ataque indirecto mediante contrafuegos	si	si	Si/no	no	si
AI4	Ataque indirecto con maquinaria pesada	si	si	Si/no	si	si

Con esta codificación se prepararán los planes de operaciones en cada lugar del incendio declarado, estableciendo una tipología de ataque estándar, que luego sufrirá variaciones en función de las previsiones meteorológicas.

El ataque se basará en conducción de los flancos del incendio hacia los nodos de propagación, en donde unidades entrenadas y conocedoras del punto prepararán los contrafuegos para reducir la intensidad del incendio a la llegada a estos nodos.

El momento de la llegada de la cabeza al nodo es crítico, más por la aparición de focos secundarios que sobrepasen las líneas de control, que por el riesgo que supone la maniobra de contrafuegos desde los nodos de propagación, ya que estos se construirán teniendo en cuenta el dimensionamiento de las zonas de seguridad con viento a favor (Butler y Cohen, 1998; Butler, 2014).

Una vez frenada la cabeza de incendio, se procederá al cierre de la cabeza flanco derecho y cabeza flanco izquierdo. Para la elección de la prioridad de ataque al flanco derecho o izquierdo, hay que tener en cuenta la dirección del viento y su previsión de cambio, eligiendo siempre el flanco que permita cortar el paso del incendio hacia las zonas con mayor potencial de superficie a quemar, y que antes permita dirigirlo hacia un nodo de propagación.

La organización del ataque sería la que se propone siguiendo el ejemplo del incendio de Requena del 5 de julio de 1994, el cual afectó a 24.064 ha forestales descrita en la figura 185.



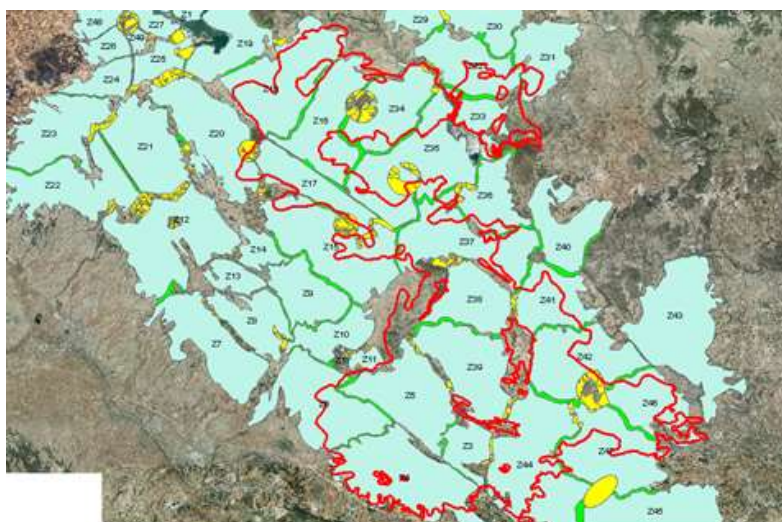
Incendio de Requena del 5 de julio de 1994

El incendio de Requena se inicia el 5 de julio en torno a las 14:45 horas, con un viento fuerte del oeste de 45 km/h. A la vez se desarrollan otros 4 GIF en la Comunidad Valenciana, lo que limita la disponibilidad de equipos de extinción.



Nodos de propagación y fajas auxiliares diseñadas en la zona

Con el diseño planteado de nodos de propagación y fajas auxiliares, el incendio hubiera tenido muchas oportunidades de extinción, ya que su carrera principal atraviesa 3 nodos de propagación y 4 fajas auxiliares.



Perímetro del incendio de Requena y zonas de incendio diseñadas a través de este.

Como puede apreciarse en la imagen adjunta, el incendio en su carrera principal recorrió 11 zonas delimitadas por nodos de propagación y fajas auxiliares.



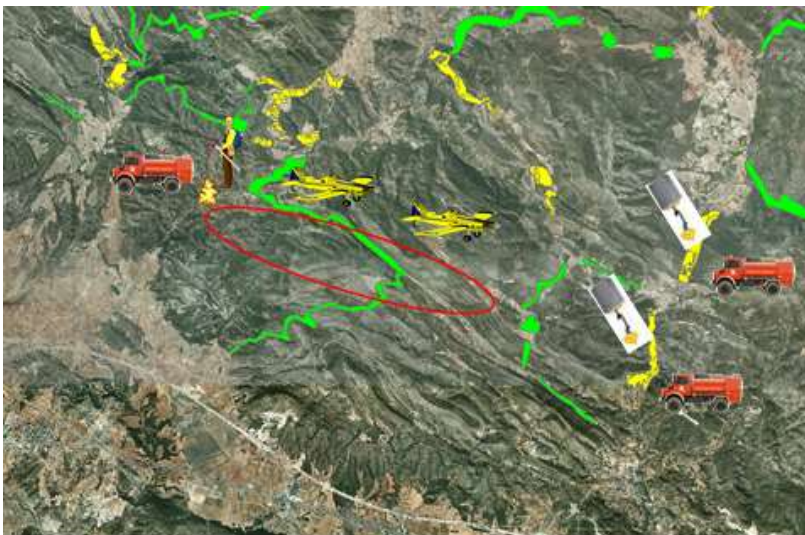
Plan de operaciones en su etapa inicial

Es caso de haber estado disponibles estas infraestructuras preventivas, el plan de ataque inicial hubiera consistido en:

Ataque a cola: AD2

Ataque por flanco izquierdo: AI2, con medios aéreos.

Ataque a cabeza desde Fajas: AI3



Plan de operaciones superadas las primeras fajas

En caso de no haber sido efectivo el primer ataque, o no haber dispuesto con la suficiente antelación de las unidades que hacen falta para realizar el ataque a la cabeza, se sigue conduciendo el flanco izquierdo, para evitar su apertura hacia el norte, y se ubican unidades en los nodos descritos en la imagen para hacer un ataque AI3 a la cabeza y frenarla. Posteriormente se cierra el flanco derecho con cabeza, evolucionando hacia el sur por los cultivos y fajas auxiliares.

Figura 185 Esquema de plan de operaciones de extinción. Fte. Elaboración propia.

En todo caso, y de forma previa a la activación de los planes de operaciones preestablecidos, siempre se responderá al incendio siguiendo la respuesta que se muestra en la figura 186.

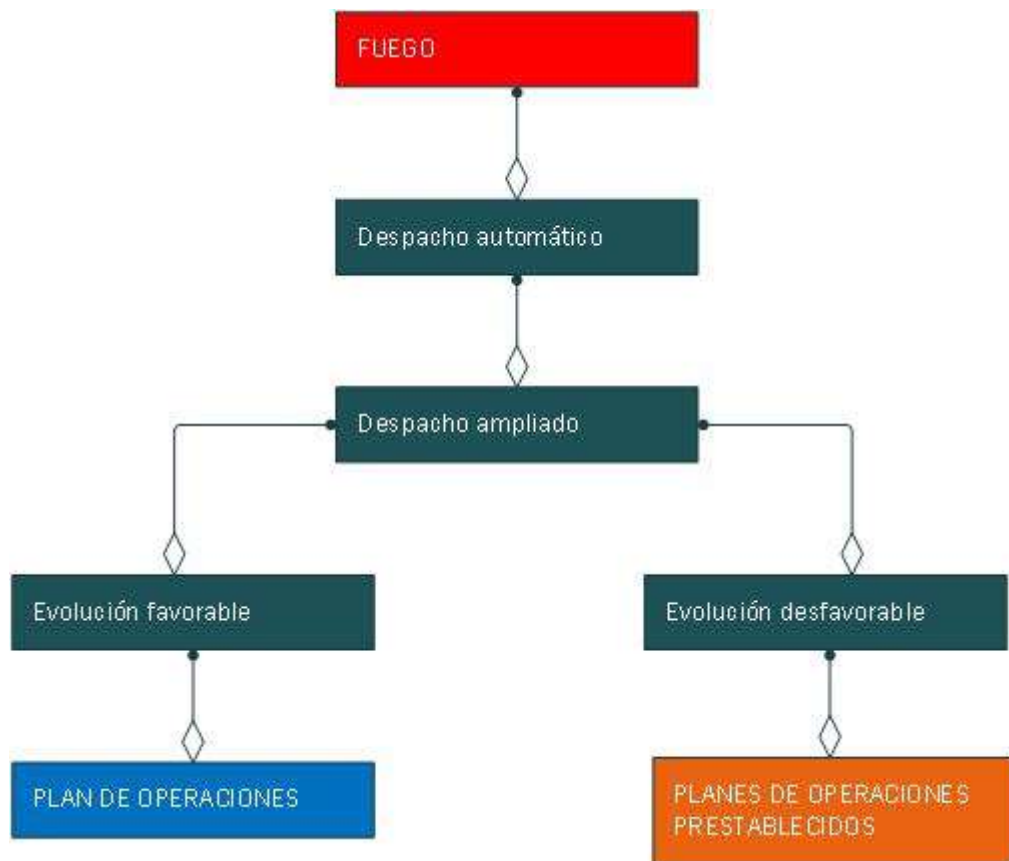


Figura 186 Procedimiento de movilización y puesta en marcha de los planes de operaciones preestablecidos. Fte. Elaboración propia.

IV.3.2. Zonificación para las operaciones de extinción en la zona de Sot de Chera.

Para establecer los planes de operaciones se establecerá una ordenación del territorio por zonas, que permita una rápida localización de las potencialidades de incendio en función de la meteorología presente y la prevista, así como los riesgos derivados para personas y bienes.

Para la zona de Sot de Chera se han establecido 50 zonas de incendio, las cuales están perfectamente acotadas por los nodos de propagación para frenar las cabezas de incendio, y unidas entre sí por fajas auxiliares que permitan el cierre de los flancos (Fig. 187).

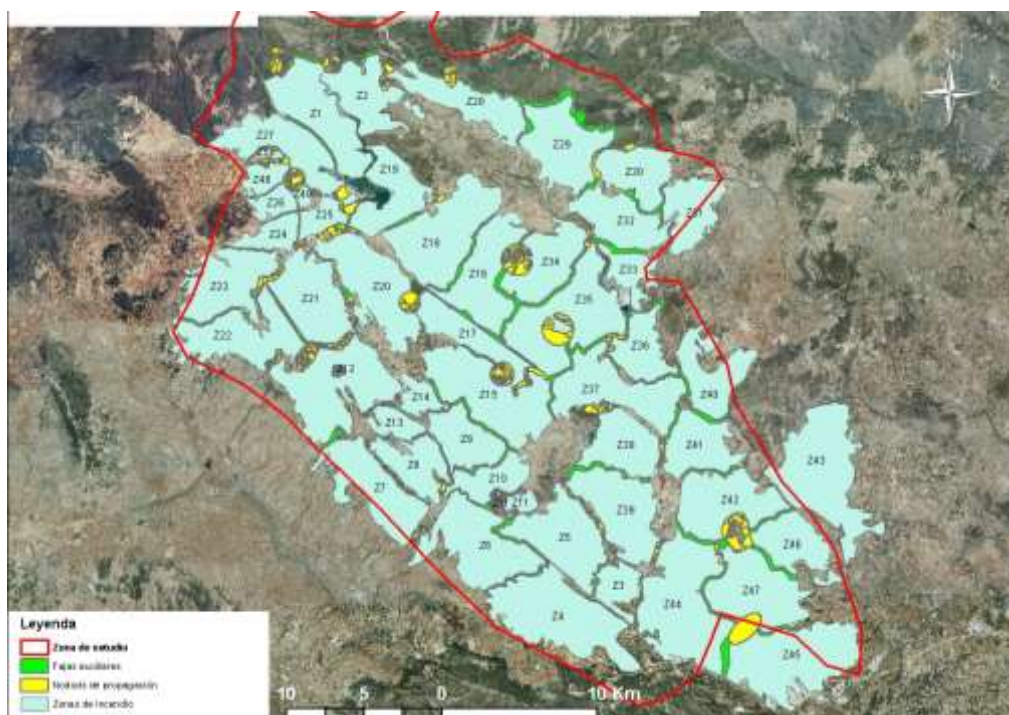


Figura 187 Zonas de incendio en la zona de Sot de Chera. Fte. Elaboración propia.

Como puede apreciarse en la imagen, se ha completado la construcción de zonas de incendio en el extremo sureste, fuera de la zona de estudio inicial, y se han dejado sin plantear las de la zona noroeste de la imagen, ya que deben ser completadas con estudios de incendio que vengan de puntos de inicio más al noroeste de esta posición (Tabla 49).

Tabla 49 Superficie en cada zona de incendio.

Zona	Sup (ha)	Zona	Sup (ha)	Zona	Sup (ha)	Zona	Sup (ha)	Zona	Sup (ha)
Z1	2193,62	Z11	244,76	Z21	2024,79	Z31	1330,71	Z41	1446,78
Z2	1560,70	Z12	2967,71	Z22	2202,99	Z32	1555,64	Z42	2115,26
Z3	743,68	Z13	522,67	Z23	1989,43	Z33	731,63	Z43	3344,69
Z4	3252,48	Z14	482,68	Z24	645,15	Z34	1594,81	Z44	3488,18
Z5	2216,90	Z15	2877,25	Z25	590,96	Z35	2947,86	Z45	3088,38
Z6	2569,72	Z16	2074,50	Z26	452,54	Z36	1158,87	Z46	1417,10
Z7	2077,36	Z17	1302,33	Z27	1862,21	Z37	2359,39	Z47	2269,83
Z8	1213,45	Z18	2801,78	Z28	1664,01	Z38	1495,90	Z48	453,00
Z9	1309,50	Z19	1528,50	Z29	2143,77	Z39	2188,56	Z49	125,00
Z10	961,73	Z20	2433,12	Z30	1383,76	Z40	1513,22	Z50	113,00

IV.3.3. Zonificación para las operaciones de extinción en la zona de La Calderona.

Al igual que en la zona de Sot de Chera, en La Calderona se han establecido 18 zonas de incendio, en donde se han englobado las zonas de interfaz presentes. A algunas de estas zonas de interfaz se les ha diseñado una faja perimetral en las zonas donde presentan riesgo de afectación por incendios forestales, otras ya las tienen construidas (Fig. 188).

La zona de incendio 10 es la de mayor tamaño, aunque engloba muchas zonas de interfaz y es susceptible de ser dividida en dos, siguiendo la línea de crestería de la cadena montañosa (Tabla 50).

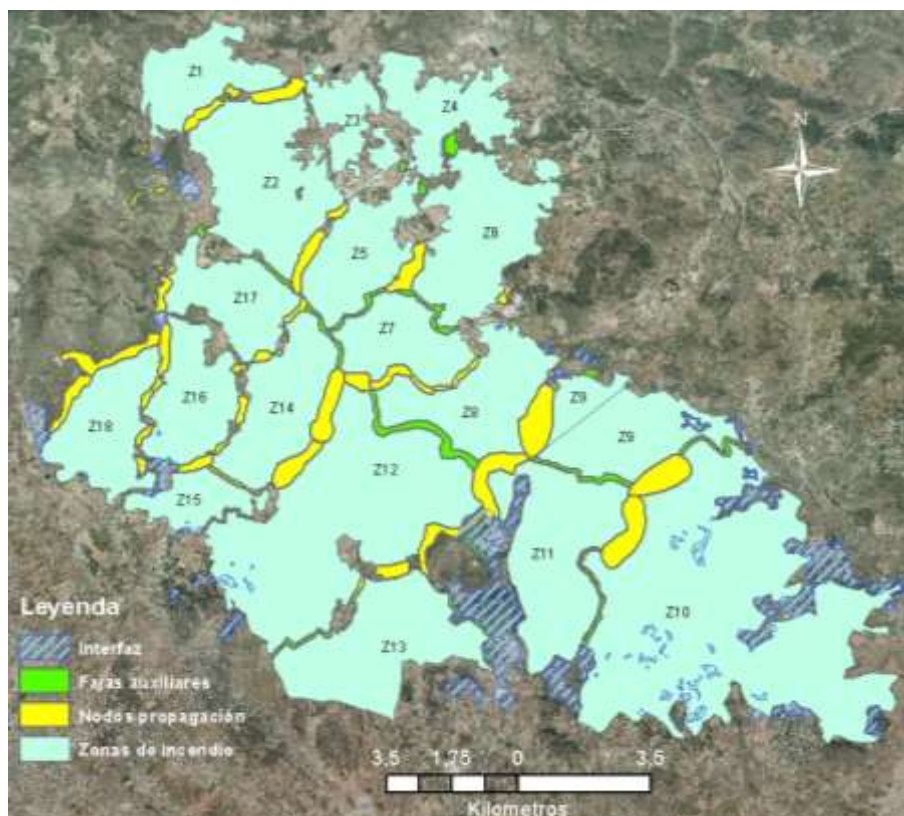


Figura 188 Zonas de incendio en La Calderona. Fte. Elaboración propia.

Tabla 50 Superficie de las zonas de incendio.

Zona	Superficie (ha)	Zona	Superficie (ha)
Z1	582,54	Z10	3814,02
Z2	1183,76	Z11	1160,61
Z3	381,68	Z12	2367,30
Z4	639,46	Z13	1127,68
Z5	662,45	Z14	780,24
Z6	1058,32	Z15	341,22
Z7	585,91	Z16	653,26
Z8	841,17	Z17	604,32
Z9	886,81	Z18	708,36

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y EXTENSIONES.

V. CONCLUSIONES Y EXTENSIONES.

V.1. Conclusiones.

El régimen de incendios ocurrido en la provincia de Valencia desde 1968 y el cambio de paradigma del terreno forestal, que ha pasado durante las últimas décadas de ser gestionado como monte productor a la actual tendencia de ser gestionado como monte protector, ha condicionado la estructura forestal a nivel de paisaje, cuyo resultado ha sido la configuración de una superficie forestal en expansión continua y homogénea.

En este escenario, es muy fácil la generación de grandes incendios o megaincendios, en años con una climatología especialmente favorable para su desarrollo.

La superficie forestal de la Comunidad Valenciana está en expansión, especialmente especies como *Pinus halepensis*. Aun existiendo un elevado régimen de incendios, llevado a las masas forestales a estar en contacto directo con urbanizaciones y pueblos, constatándose que el riesgo poblacional existente en el territorio tiene que ver más con la expansión de las masas forestales que con la aparición de nuevas urbanizaciones o pueblos.

Del estudio de la superficie incendiada en el periodo 1968 a 2013 se desprende que lo normal en la Comunidad Valenciana es tener uno o varios GIF anuales, en segundo lugar estarían los años con muchos GIF y algún megaincendio y lo más anormal es no tener ningún GIF.

Las infraestructuras preventivas surgen en España para dar respuesta a los incendios de baja intensidad que existían en el siglo XIX, originados por la quema de pastos y actividades en el monte. Ya en el siglo XIX se crean los primeros campamentos forestales, para combatir los incendios acaecidos durante la época estival. La visión de la prevención en lo que se refiere a áreas cortafuegos se ha mantenido hasta la actualidad, y salvo en algunas excepciones como es el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunidad Valenciana, se ha seguido realizando de la forma tradicional, es decir, diseñado para incendios de baja intensidad, que con los medios actuales de extinción son fácilmente controlables, pero que no son acordes con los parámetros de los incendios de alta intensidad que actualmente se dan. A esto habría que añadir que el régimen de incendios ha cambiado, especialmente en lo que se refiere a intensidad, época y frecuencia.

Del análisis climatológico del periodo de incendios 1968 a 2013 se desprende que el régimen de días con anomalías térmicas está creciendo de manera paulatina año a año. Para el periodo 1968 a 1993 en la Comunidad Valenciana no se aprecia ninguna relación entre la superficie quemada y el régimen de precipitaciones anual o estacional, sin embargo, con la aparición del Plan Especial Frente al Riesgo de Incendios Forestales que se instituyó en el año 1994, y en donde se profesionalizaron la prevención y la extinción de incendios, se aprecia una clara disminución de la superficie afectada para años con anomalías térmicas y pluviométricas anuales similares o superiores a las acaecidas durante el periodo 1968 1993.

Por el contrario, se aprecia una clara relación de anomalía positiva de temperatura y negativa de precipitación en relación con la superficie quemada en los años 1994 y 2012, con comportamientos similares climatológicamente hablando, lo cual puede indicar los límites de la capacidad de extinción del operativo de extinción, por grande que este sea, en un escenario forestal como el antes descrito.

Las ventanas meteorológicas del año 1994 y 2012 son unas buenas indicadores de los eventos de grandes incendios en la Comunidad, sin perder de vista el efecto anual que las condiciones climatológicas ejercen sobre el contenido de la humedad del combustible vivo.

Sin duda, la humedad de los combustibles vivos está condicionada por el régimen de lluvias y la temperatura. La respuesta de cada especie es distinta frente a estos patrones meteorológicos, y la respuesta de la estructura de los combustibles tiene que ver con la de las principales especies que la componen. Así, es necesario analizar cuál es la principal/es especie/s que conduce/n el fuego a nivel de superficie en cada estructura forestal, para ver cómo contribuye ésta a la propagación del incendio, y cuál es la humedad del dosel arbóreo, caso de existir, para ver si el fuego tiene capacidad de realizar la transición a copas, y de qué manera lo realiza, es decir, mediante antorcheos (continuidad) o mediante un fuego de copas activo (continuidad y contenido muy bajo de humedad del combustible vivo).

Según los datos disponibles del año 2014 en la Comunidad Valenciana, donde se esperaba un verano con un número elevado de grandes incendios, motivados por la sequía tan aguda que sufría parte de la Comunidad, no se produjo este incremento, aun habiendo igniciones, debido fundamentalmente a la casi nula entrada de advecciones del sur motivada por el bloqueo de la NAO-, lo que impidió que el nivel de la humedad del combustible vivo arbóreo se redujese a los niveles del año 2012.

Por todo esto, en este trabajo se acuña el concepto de **ventana fenológica**, entendiendo como tal La ventana fenológica podría definirse como el contenido de humedad de la vegetación viva que presenta un modelo de combustible, como combinación del contenido de humedad de todos sus estratos, de manera que cuando el fuego propaga a través de él, el efecto provocado en la estructura depende del paso del fuego a través de cada estrato.

En el contexto de cambio climático, se hace más necesaria que nunca la unión de las acciones de prevención y extinción de cara al régimen de incendios, donde mes a mes y año a año, se van batiendo los récords de temperaturas elevadas. La única manera de frenar el régimen de incendios esperado, es la modificación del paisaje, ya que en los modelos de cambio climático, analizados, años como el 2012, están en la parte baja de la tabla de anomalías esperadas para el periodo 2011 - 2040, lo cual indica que el régimen de incendios fuera de capacidad de extinción y de megaincendios se espera que crezca en gran medida.

Por tanto, es de esperar un contexto climático mucho más severo, en donde las precipitaciones de primavera sean menores y la entrada de advecciones del sur sea más temprana. Esta doble combinación, reducirá mucho el contenido de humedad de los combustibles vivos, generalizando los procesos de seca debido a la aparición de sequías más severas, que a su vez favorecerán la entrada masiva de plagas, y por supuesto, los incendios de mayor intensidad bajo condiciones meteorológicas no excesivamente desfavorables. Toda esta combinación de efectos tiene muchas posibilidades de acelerar el cambio florístico por encima de las previsiones de cambio climático actuales.

En relación con los tipos de incendio, del análisis sinóptico de los grandes incendios se desprende que los incendios que más superficie queman son los incendios de viento, sin embargo el cambio del régimen de temperaturas, expresado como anomalías positivas de temperatura, es cada vez mayor, por lo que el contenido de humedad de la atmósfera en las capas bajas y medias, provocará una mayor inestabilidad atmosférica que favorecerá el régimen creciente de incendios convectivos, aún en situaciones anticiclónicas.

El simulador Wildfire Analyst funciona muy bien y de manera muy rápida en la simulación de incendios, lo cual le atribuye una gran capacidad para ser utilizado en operaciones reales de extinción, y por supuesto en análisis de prevención de incendios. El simulador es capaz de generar con mucha exactitud las carreras principales de GIF o megaincendios, sin necesidad de realizar ningún tipo de ajuste, lo que en operaciones puede ser muy útil a la hora de planificar operaciones en cabeza de incendio, a la vez que permite evaluar tiempos de evacuación. Por el contrario, sí que es necesario tener en cuenta que tiene una pequeña falta de ajuste en la

apertura de los flancos en las simulaciones, que puede deber a la influencia que sobre él ejerce el WindNinja o a las operaciones de extinción. Es clave un buen conocimiento en la obtención de parámetros como combustibles forestales, meteorología y especialmente en fenología.

Con el simulador y con las ventanas meteorológicas del Plan de Selvicultura Preventiva, que concuerdan con las de los GIF del año 1994 ó 2012, se han analizado dos zonas de la provincia de Valencia, obteniendo muy buena correlación entre los incendios históricos de los cuales se dispone de datos, su simulación y sus principales carreras de propagación.

El establecimiento de los MTT en situaciones de meteorología variable no se corresponde en muchas ocasiones con la realidad, por lo que gracias a la gran velocidad de simulación que dispone Wildfire Analyst y su módulo de simulación probabilística, se ha podido realizar un estudio del territorio y generar simulaciones para cada punto con su meteorología más desfavorable a la hora de generar grandes incendios, y a través de sus resultados que pueden ser tratados mediante ArcGis, se han podido integrar todos ellos, pudiendo obtener las zonas donde estos se acumulan, o como se ha definido en este trabajo, los **Nodos de Propagación** que se pueden definir como aquellos lugares donde se acumulan los MTT sobre el territorio, para diferentes escenarios de incendios, desde diferentes puntos de inicio (Figura 184).

Una vez establecidos los nodos de propagación deben analizarse cuales son los tratamientos acordes con los modelos de combustibles presentes, así como cuál es la forma idónea de realizar el mantenimiento de los mismos, para hacerla viable económicamente y prolongarla en el tiempo. Todos estos tratamientos deben ser acordes con la tipología de los incendios estudiados, en el caso de este estudio los incendios de viento. En todo caso, las zonas donde se definan los tratamientos a realizar deben catalogarse como zonas de **alto interés estratégico para el mantenimiento de la cubierta forestal**.

El estudio de los incendios de viento, haciendo mayor incidencia en su propagación, entrada del incendio en zonas de contraviento y proyección de focos secundarios, da una idea de cuáles son los lugares y las acciones en materia de prevención que permitirían frenar o parar estos incendios.

La ubicación estratégica de las áreas cortafuegos es fundamental en el control de los grandes incendios, y debe diseñarse teniendo en cuenta sus características y tipologías. Deben estar dotados de vías de comunicación en su interior (fajas auxiliares).

La mayoría de las respuestas que actualmente se dan en relación con la aparición de incendios son reactivas. En los últimos años se están incorporando unidades de analistas en muchos de los operativos de extinción, su análisis responde a una solución frente a un incendio declarado. Es deseable que su trabajo se centre en realizar previsiones de los incendios que puedan ocurrir sobre el territorio en años venideros, para transformar la respuesta de extinción reactiva en proactiva, y reducir los niveles de incertidumbre durante la gestión del incendio.

Por ello, se deben generar los planes de operaciones de extinción de incendios preestablecidos, que permitan anticiparse a los incendios fuera de capacidad de extinción, para los patrones meteorológicos indicados en cada caso. Estos planes de operaciones tendrán siempre en cuenta la seguridad del personal que debe ponerlos en práctica y estar entrenados mediante simulacros sobre el terreno.

El despacho de medios se realizará de la manera tradicional, pero teniendo en cuenta con cierta antelación bajo qué escenario meteorológico se están o van a desarrollar. Con esto se conseguirá prevenir con antelación de días cuando puede ser necesario poner en práctica los planes de extinción preestablecidos.

V.2. Extensiones.

Se plantean como líneas de desarrollo de futuros trabajos de investigación los siguientes:

- Predicción meteorológica de las entradas de advecciones saharianas y bolsas de aire subtropical.
- Contenido de humedad de los combustibles forestales, tanto a nivel de especies como de estructura forestal.
- Meteorología sinóptica de grandes eventos de incendios forestales.
- Efectos sobre la vegetación del cambio climático en zonas mediterráneas.
- Efectos del cambio climático sobre la seca y aparición de plagas forestales.
- Variedades de diferentes genotipos forestales adaptados a ambientes secos.
- Propagación de incendios forestales por generación de focos secundarios.
- Arquitectura de las estructuras forestales resistentes al fuego.
- Metodología de creación y mantenimiento de estructuras forestales resistentes al fuego.
- Integración de los simuladores en operaciones de extinción de incendios.
- Métodos de integración de los MTT en climatología variable.
- Sistemas de automatización de Planes de Operaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Bibliografía

Artículo de libro o de actas.

- Barberá Bisbal, M. J.; 2009. Climatología del índice de Haines y aplicación a los incendios forestales en la Comunidad Valenciana. Facultad de Física. Universidad de Valencia. Trabajo de investigación. Burjassot.
- Caballero D, Beltrán I., Velasco A. 2007. Forest Fires and Wildland-Urban Interface in Spain: Types and Risk Distribution. Wildfire 2007. Sevilla.
- Cardil, A., Molina, D. M., Ramírez J., Vega-García, C. 2013. Trends in adverse weather patterns and large wildland fires in Aragón (NE Spain) from 1978 to 2010. Natural Hazards and Earth System Sciences.
- Castellnou, M.; Pagés, J.; Miralles, M.; Piqué, M. 2009. Tipificación de los incendios Forestales en Cataluña. Elaboración del mapa de incendios de diseño como herramienta para la gestión forestal. Actas del 5º Congreso Forestal Español. Ávila.
- Castro, X. et al. 2006. Evolution of live fuel moisture in mediterranean forest. V International Conference on Forest Fire Research. Coimbra.
- Castro, X. et al. 2007. Valoración de la humedad en el seguimiento del estado de la fracción fina viva de la vegetación con relación al riesgo de incendio forestal. Servicio de Prevención de incendios forestales. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. Wildfire Sevilla.
- Finney M.A. 1994. Modeling the Spread and Behaviour of Prescribed Natural Fires. In Proceedings of the 12th Conference on Fire and Forest Meteorology.
- Finney M.A., Ryan K.C. 1995. Use of the FARSITE Fire Growth Model for Fire Prediction in the U.S. National Parks. In: Sullivan J.D., Wybo J.L., Buisson L. (ed.), 1995. "International Emergency Management and Engineering Conference", Paris, France: International Emergency Management and Engineering Society.
- Finney, M. A.; Sapsis, D. B.; Bahro, B. 2002. Use of FARSITE for simulating fire suppression and analyzing fuel treatment economics. In: Symposium on fire and California ecosystems: integrating ecology, prevention and management.
- Finney, M. A. 2004. FARSITE: Fire Area Simulator-model development and evaluation. Research Paper RMRS-RP-4 Revised. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Finney, M.A. 2006. An overview of FlamMap fire modeling capabilities. In: Proceedings of Fuels Management-How to Measure Success, Portland Oregon, USA, 28-30 March, pp. 213-220.
- García Martino, F. 1869. Noticias sobre los incendios en los pinares de la Ciudad y Tierra de Soria. Madrid.
- Martín Vide, J., López Bustins, J.A. 2006. The western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. International Journal of Climatology, 26 (11), 1455-1475.
- Martin, RE, Gordon D, Gutierrez M, Lee D, Molina D, Schroeder R, Sapsis D, Stephens S, Chambers M. 1994. Assessing the flammability of domestic and wildland vegetation. In:

Proceedings of the 12th Conference on Fire and Forest Meteorology, SAF Publ. 94-02. Bethesda, MD, USA: SAF, 130–137.

- Martínez Medina, A. Estesó Victorio, E. 2007. Planes de operaciones. Wildfire Sevilla.
- McDowell, N; Levanič, T. 2014. Causes, consequences, and the future of forest mortality due to climate change. *Acta Silvae et Ligni* 103 (2014), 61-66.
- McLennan, J., A. M. Holgate, M. M. Omodei & A. J. Wearing. 2006. Decision Making Effectiveness in Wildfire Incident Management Teams. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 14, 27-37.
- McLennan, J., M. Omodei, A. Holgate & A. Wearing. 2004. Effective Fireground Incident Control Decision Making: Information Processing Competencies. In *Australian Psychological Society*, 186-190. Sydney, NSW.
- Milla Gutiérrez, R. 2005. Fenología y variaciones estacionales de nutrientes en fanerófitos mediterráneos. *Ecosistemas* 14 (3): 148-152. Asociación española de Ecología Terrestre.
- Mitrakos, K.A. 1980. A theory for Mediterranean plant life. *Acta Oecol.* 1,
- Padilla, M; Vega-García, C. 2011. On the comparative importance of fire danger rating indices and their integration with spatial and temporal variables for predicting daily human-caused fire occurrences in Spain. *International Journal of Wildland Fire* 2011, 20, 46–58
- Pausas, J.C. 2004. La recurrencia de incendios en el monte mediterráneo. CEAM.
- Pyne, J.S. 2007. Megaburning: The Meaning of Megafires and the Means of the Management. Wildfire, 2007. Sevilla.
- Quílez Moraga, R. 2007. Influencia del índice de Haines en la evolución del incendio forestal ocurrido en Xàtiva (Valencia) España, el 22 de junio de 2005. Wildfire.
- Quílez R., Calvo Ramón, J.A. 2010. Nuevos escenarios de incendios: los incendios de vegetación, un problema de interfase continuo. En: III Simposio nacional sobre incendios forestales.
- Quílez Moraga, R. 2013. Megaincendios en la Provincia de Valencia 2012, un problema del pasado, ¿un problema del futuro?. 6º Congreso Forestal Español. Vitoria.
- Quílez Moraga, R. 2013. Incendios convectivos en España: casos de estudio y recomendaciones en las estrategias de extinción. 6º Congreso Forestal Español. Vitoria.
- Quílez Moraga, R. y Chinchilla Redón, S. 2013. Modelos de combustible en la provincia de Valencia. 6º Congreso Forestal Español. Vitoria.
- Rasilla Álvarez, D.F. 2003. Aplicación de un método de clasificación sinóptica a la Península Ibérica. Edición digital a partir de *Investigaciones Geográficas*, nº 8, pp. 27-45. Disponible en <http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=17415>
- Rothermel C.R. 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. NWCG. PMS 436-1. NFES 1573.
- Roy, J. Garnier, E. y Jackson, L.E. 1985. Response of two perennial grasses to water availability in different habitats related to sucesional change under Mediterranean climate conditions. Sesimbra, Portugal.

- Serrada, R. 2008. Apuntes de Selvicultura. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid.
- Serrada Hierro, R. Aroca Fernández, M. Roig Gómez, S. Bravo Fernández, A. Gómez Sanz, V. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático del sector forestal. Magrama.
- Taïbi, K. Mulet Salort, J.M. , Aguado Ortega, A., Flors Villaverde, J., Pedrós Marí, A., Del Campo García, A.D. y Hermoso de Mena, J. 2014. Las interacciones genotipo-ambiente de *Pinus halepensis* y su uso hacia los programas de la migración asistida de poblaciones frente al cambio climático. I Congreso Forestal Valenciano. Alcublas.
- Trigo RM, Pozo-Vázquez D, Osborn TJ, Castro-Díez Y, Gámiz-Fortis SR and Esteban-Parra MJ. 2004b. North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. Int. J. Climatol., 24, 925-944, DOI: 10.1002/joc.1048.
- Vélez, R. 1990. La sylviculture préventive des incendies en Espagne. Rev. For. Fra. Numéro Spécial 1990 Espaces Forestiers et Incendies. pp 320 a 331. ENGREF. Nancy.
- Vélez Muñoz, R; octubre 1995. El peligro de los incendios forestales derivado de la sequía. Cuadernos de la SECF nº2, pp 99-109.
- Vélez, R. 1999. Protection contre les incendies de forêt: principes et méthodes d'action. Options méditerranéennes. Serie B, número 26. CIHEAM. Zaragoza.
- Vilar del Hoyo, L. 2012. Interfaz urbano-forestal a nivel europeo. Jornada de debate la prevención de incendios en la interfaz urbano-forestal. Cheste. 2012.

Legislación.

- Ordenanzas Generales de Montes de 1833. Imprenta Real. Madrid.
- Real Orden de 20 de enero de 1847.
- Real Orden de 24 de julio de 1848.
- Real Orden de 12 de julio de 1858.
- Real Orden de 5 de mayo de 1881.

Libros.

- Keeley, J. Bond, W.J. Bradstock, R.A. Pausas, J. Rundel, P. 2012. Fire in Mediterranean Ecosystems. Cambridge University Press. New York.
- Allue Andrade, J.L. 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. MAPA. INIA. Madrid.
- Armengot, R. 2002. Las lluvias intensas en la Comunidad Valenciana. Ministerio de Medio Ambiente.
- Andrews, P.L. 2009. BehavePlus fire modeling system, version 5.0: Variables. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-213.
- Atlas Climático Ibérico. 2011. MAGRAMA. AEMET.
- Campbell, D. 1995. The Campbell Prediction System.

- CEAM. 2012. Informe Urgente del Impacto Ecológico de los Incendios de Andilla, Cortes de Pallás y Chelva.
- Chuvieco Salinero, E; Martín Isabel, M.P. 2004. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. CSIC. Madrid.
- Costa Alcubierre, P. Castellnou, M. Larrañaga, A. Miralles, M. Kraus, D. 2011. La Prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al Incendio Tipo. Unitat Tècnica del GRAF. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya.
- Felicísimo, A.M. Muñoz, J. Villalba, C.J. Mateo, R.G. 2011. Impactos, Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. MAGRAMA, CSIC, Universidad de Extremadura.
- Fernández Miguelañez, I. 2013. Evaluación de la eficacia de la prevención de incendios del aprovechamiento energético de la biomasa forestal en el macizo del Caroig (Valencia). Trabajo fin de Master en Tecnologías de la Información Geográfica. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid.
- Fernández Molina, S. 1999. Cambios y continuidad en los incendios forestales: estudio de casos en las provincias de Soria y Valencia. Universidad Internacional de Andalucía. 122 - 123. Sevilla.
- Guijarro, M. 2003. Comportamiento del fuego y régimen térmico en diferentes complejos de combustible forestal. Tesis Doctorales INIA. Serie Forestal. Ministerio de Ciencia y Tecnología. INIA. Madrid
- IPCC. 2000. Escenarios de Emisiones. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. OMM. PNUMA.
- Keeley, J.E., Aplet, G.H., Chirstesen, N.L. Conard, S.G. Johnson, E.A. Omi, P.M. Peterson D.L. and Swetnam, T.W. 2009a. Ecological foundations for fire management in North American forest and shrubland ecosystems. General Technical Report PNW-GTR-779. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon.
- Manca, T. López, M. Soriano Sancho, J.L. Botella, M.A. 2014. Guía Metodológica de Actuaciones de Prevención, Defensa y Autoprotección en la Interfaz Urbano-Forestal. Conselleria de Governación y Justicia de la Generalitat Valenciana.
- Martín Vide, J. 2005. Los mapas del tiempo. Ed. Davinci Continental.
- Montiel Molina, C. 1995. Los montes de utilidad pública en la Comunidad Valenciana. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 97, 101, 114. Madrid.
- Moreno Rodríguez, J M.; DE CASTRO, M.; MARTÍN-VIDE, J.; ALONSO, S.; 2005. El clima del pasado, presente y futuro. Evaluación Preliminar en España de los efectos por cambio climático. 53-56. UCLM - MMA. Madrid.
- Nuñez Mora, J.A.; Riesco Martín, J; 2007. Climatología de la Ciudad de Valencia.
- Organización Meteorológica Mundial. 2015. Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2014.
- Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunidad Valenciana, PATFOR. 2011. Ámbito Territorial del PATFOR. 39 - 43. Valencia.
- Plan de Selvicultura Preventiva de Incendios de los sistemas Forestales de la Comunidad Valenciana. 1996. Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Tragsatec.

- Quílez Moraga, R. y Castellnou i Ribau, M. 2009. Estudio del incendio forestal de la Riba de Saélices (Guadalajara). Documento de los autores.
- Quílez Moraga, R. 2014. Manual de seguridad en extinción de incendios forestales. Fundación Pau costa. Barcelona.
- Rodríguez Trejo, D; Incendios Forestales. Ed. Mundiprensa. 1996
- Rothermel R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Research Paper No. INT-115, Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Rothermel R.C. 1991. Predicting behavior and size of crown fires in the Northern Rocky Mountains. Research Paper INT-438. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station.
- Schroeder, M; Buck, C; Fire Weather. Agriculture Handbook 360. USDA Forest Service. 1970.
- Scott, J.; Burgan, R. 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. United States Department of Agriculture Forest Service. Rocky Mountain Research Station. Rocky Mountain Research Station GTR-153.
- Simons, N. E. 2013. Improving Decision Making During Wildland Fire Events. San Diego State University and University of California
- Trigo R.M. Corte-Real, J. Osborn, T.J. 2004a. Influencia de la Oscilación del Atlántico Norte en el clima del continente europeo y su impacto en el caudal de los ríos ibéricos. En “La Oscilación del Atlántico Norte y su influencia sobre la Península Ibérica y Canarias”. 135-158. ISBN: 84-95780-15-1
- Vega Hidalgo, J.A. 2001. Manual de quemas prescritas para matogueiras en Galicia. Xunta de Galicia.
- Ahrens, D.C. 2009. Thunderstorm and tornadoes. Meteorology Today. 370 - 490. Books/Cole. Belmont, CA.

Revistas.

- Ager, A.A. Finney, M.A. 2009. Application of wildfire simulation models for risk analysis. *Geophysical Research Abstracts*, 11, (2009) (EGU2009-5489, 2009; EGU General Assembly 2009).
- Anderson, H. E. 1970. Forest fuel ignitibility. *Fire Technology* 6: 312–319.
- Bond, W.J. and Keeley, J.E. 2005. Fire as a global “herbivore”:the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*
- Brian E. Potter, Dan Borsum, Don Haines. 2002. Keeping Haines real—or really changing Haines? *Fire Management Today*. Vol 62. N° 3. Pag 41-46. USFS. Washington D.C.
- Butler, B.W., Cohen, J. D. 1998. Firefighters safety zones: How Big is Big Enough. *Fire Management Today*, 6.
- Butler, B.W. 2014. Wildland firefighter safety zones: a review of past science and summary of future needs. *International Journal of Wildland Fire*. CSIRO PUBLISHING. 24 March 2014. <http://dx.doi.org/10.1071/WF13021>

- Canton Thompson, J. Gebert, K. M. Thompson, B. Jones, G. Calkin, D. & . Donovan, G. 2008. External Human Factors in Incident Management Team Decision Making and their Effect on Large Fire Suppression Expenditures. *Journal of Forestry*, 106, 416-424.
- Capell Molina, J.J.; Viedma Muñoz, M. 2004. El régimen de vientos y la presión atmosférica en Valencia. *NIMBUS*. N° 13-14.
- Finney, M.A., 2002. Fire growth using minimum travel time methods. *Canadian Journal of Forest Research* 32, 1420-1424.
- Finney, M.A., SELI R.C., Mahugh C.W., Ager A.A., Bahro B., Agree J.K., 2007. Simulation of long-term landscape-level fuel treatment effects on large wildfires. *International Journal of Wildland Fire* 16 (6): 712-727.
- Fischer, E. M. ; Knutti R. 2015. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*. doi:10.1038/nclimate2617
- Haines, D.A. 2004. Downbursts and wildland fires: a dangerous combination. *Fire Management today*, vol 64. N° I. 59 - 61. USFS. Washington D.C.
- Haines, D.A., Lyon Jack L. 2003. Horizontal Roll Vortices in Complex Terrain. *Fire Management Today*, vol 63.No 4. 54 p. USFS. Washington D.C.
- Haines D.A. 1988. A lower atmosphere severity index for wildlife fires. *National Weather Digest*, 13(2), 23-27.
- Hernández, E. Valero, F., Martín, F., Álvarez, J., Enríquez, S., Gutiérrez, E. 1991. Situaciones sinópticas meteorológicas en los incendios forestales durante los años 1981 - 1987. *Revista Geofísica*. 47: 45-58.
- Hicke, J. A.; B. Zeppel M. J., 2013. Climate-driven tree mortality: insights from the piñon pine die-off in the United States. *New Phytologist* (2013) 200: 301–303.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. J., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., and Joseph, D. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.
- Kolb, T. E. 2015. A new drought tipping point for conifer mortality. *Environ. Res. Lett.* 10 (2015) 031002.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Millán Millán. M. Estrela. M.J. y Badenas. C. 1997. Situaciones sinópticas asociadas a la dinámica de incendios forestales en la Comunidad Valenciana. *Ecología*, N° 11, pp. 3-29.
- Montserrat, D. 1998. Situaciones sinópticas relacionadas con el inicio de grandes incendios forestales en Cataluña, *NIMBUS*, 1-2, 93–112.
- Mooney, H. y E. L. Dunn. 1970. Convergent evolution in mediterranean-climate evergreen sclerophyll shrubs. *Evolution* 24:292-303.
- Pence, M., Zimmerman, T., 2011. The wildland fire decision support system: Integrating science, technology, and fire management. *Fire Management Today* 71, 18-22.

- Park Williams, A. Craig D. Allen, Alison K. Macalady, Daniel Griffin, Connie A. Woodhouse, David M. Meko, Thomas W. Swetnam, Sara A. Rauscher, Richard Seager, Henri D. Grissino-Mayer, Jeffrey S. Dean, Edward R. Cook, Chandana Gangodagamage, Michael Cai & Nate G. McDowell. 2013. Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Climate Change* 3, 292–297 (2013).
- Quílez Moraga, R. 2006. Descripción de la rotura de un cinturón térmico durante la extinción del incendio de Torremanzanas (Alicante) España, 17 de agosto de 2005. *Revista Incendios Forestales* nº 14.
- Scorer R. S. 1952. Mountain-gap winds: a study of surface winds at Gibraltar. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 78(335), 53-61.
- Sinha, R. 2005. Impact of Experience on Decision Making in Emergency Situation. *Psychology C/D*, 15, 35.
- Syphard, A. Keeley, J. Brennan, T. 2011. Comparing the role of fuel breaks across southern California national forests. *Forest Ecology and Management* 261 (2011) 2038–2048.
- Trigo RM, Osborn TJ, Corte-Real J. 2001. The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms. *Climate Research*, 20, 9-17.

Web.

- AEMET http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos?opc4=0&w=0&opc1=val&opc2=Tx&opc3=Anual&img=0
- Cartografía temática de Espacios Naturales Protegidos. Magrama. 2013.
- http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informaciondisponible/mapa_cartografia_espacios_nat.aspx
- Cartografía temática de usos del Suelo, Corine Land Cover 2006, <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- <http://www.upv.es/~csahuqui/calder1.html>
- Datos meteorológicos históricos del aeropuerto de Manises, Valencia. http://www.tutiempo.net/clima/Valencia_Aeropuerto/82840.htm
- Firesmart http://www.firesmart-project.eu/Go_home.action?request_locale=es
- Geología <http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=59261&idioma=C>
- Inventario Forestal Nacional (2006). Varios años. http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/index_inventario_forestal.aspx
- Mapas topográficos meteorológicos http://homepages.see.leeds.ac.uk/~lecimb/met/metoffice_charts/2003/
- Natural conservancy. <http://www.nature.org/>
- NWCG; 2008. Unit 6 and Unit 11. S 290 Intermediate Wildland Fire Behaviour Course. Meted Ucar. https://www.meted.ucar.edu/training_course_es.php?id=14

- PNOA. Varios años. <http://www.ign.es/PNOA/>
- Rodríguez Ballesteros, C. 2014. @crballesteros. <http://www.meteoillesbalears.com/?p=272/>
- Tipologías de Olas de Calor, CEAM. <http://www.ceam.es/ceamet/vigilancia/temperatura/verano/informacion.html>
- Wildfire Analyst. 2014. (<http://wildfireanalyst.com/help/spanish/index.html>). Tecnosylva.