

Estudio del Peligro de Incendio Forestal del Desierto de las Palmas

AUTOR: EMILI TORMOS BLASCO

TUTORES: ALFONSO FERNÁNDEZ SARRÍA
MARIA JOAQUINA PORRES DE LA HAZA

29 de Junio de 2015, Valencia

INDICE

INDICE

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
1. Descripción del Problema.....	3
2. Introducción.....	5
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Marco Legal.....	8
3. Estudios Previos.....	11
3.1. Incendios forestales. Comparación de los últimos cinco decenios.....	11
3.2. Incendios forestales. Causas.....	14
3.3. La defensa contra los incendios forestales en España durante el decenio 2001-2010.....	17
3.3.1. Equipos de prevención integral de incendios forestales (EPRIF).....	17
3.3.2. Brigada de labores preventivas.....	17
3.3.3. Campañas de sensibilización.....	18
3.3.4. Aprovechamiento de la biomasa forestal.....	18
3.3.5. La tecnología utilizada en la defensa contra los incendios forestales.....	18
3.4. Factores que controlan los incendios forestales.....	19
3.4.1. Meteorología.....	20
3.4.1.1. Precipitación.....	20
3.4.1.2. Temperatura.....	21
3.4.1.3. Humedad.....	21
3.4.1.4. Viento.....	21
3.4.2. Combustible.....	22
3.4.3. Topografía.....	23
3.5. Incendios Forestales. Efectos.....	23
3.5.1. Efecto sobre la atmosfera.....	24
3.5.2. Efecto sobre la vegetación.....	24

3.5.3.	Efecto sobre la fauna.....	24
3.5.4.	Efecto sobre la erosión.....	25
3.5.5.	Efecto sobre el suelo.....	26
3.6.	Teoría del triángulo de fuego a la teoría del tetraedro.	26
3.7.	Acontecimientos del incendio. Desierto de las Palmas	28
4.	Datos de Interés.....	29
4.1.	Ubicación.....	30
4.2.	Descripción física.....	31
4.2.1.	Orografía.....	31
4.2.2.	Climatología.....	31
4.2.3.	Fauna.....	31
4.2.4.	Flora.....	32
4.3.	Áreas de interés.....	33
4.4.	Redes de comunicación.....	34
4.5.	Hojas.....	36
5.	Objetivos del Trabajo.....	38
6.	Datos de Partida.....	41
6.1.	Imágenes Landsat.....	41
6.2.	Cartografía utilizada.....	45
6.2.1.	Núcleos Urbanos.....	45
6.2.2.	Vías de comunicación.....	45
6.2.3.	Líneas eléctricas.....	46
6.2.4.	Hidrología.....	46
6.2.5.	Embalses.....	46
6.2.6.	Ramblas.....	46
6.2.7.	Vegetación.....	47
6.2.8.	Parques de bomberos.....	47
6.2.9.	Modelo Digital de Elevaciones.....	47
6.3.	Datos Climatológicos.....	48
7.	Metodología de Trabajo.....	50
7.1.	Modelo propuesto.....	50
7.2.	Procedimiento.....	57

8. Resultados y Análisis (Ignición).....	68
8.1. Núcleos Urbanos.....	69
8.2. Líneas eléctricas.....	71
8.3. Vías de comunicación.....	73
8.4. Cantidad de Vegetación (NDVI).....	79
8.5. Altitud.....	82
8.6. Iluminación.....	84
8.7. Precipitación.....	86
8.8. Temperatura.....	88
8.9. Retención de agua del suelo.....	90
9. Resultados y Análisis (Propagación).....	95
9.1. Combustibilidad.....	97
9.2. Pendiente.....	100
9.3. Orientación.....	102
9.4. Parques de Bomberos.....	104
9.5. Puntos de agua.....	106
9.6. Cortafuegos, Hidrología y Vías de comunicación.....	108
9.7. Viento.....	110
9.8. Humedad.....	113
10. Peligro de Incendio Forestal.....	117
11. Áreas Afectadas por el Incendio.....	120
12. Análisis y Conclusiones Finales.....	125
13. Agradecimientos.....	128
14. Referencias Bibliográficas.....	130

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1. Descripción del Problema

Este proyecto tiene por finalidad la realización de un mapa de peligro de incendio forestal. Esto se materializará mediante la determinación del mapa de peligro de ignición y del peligro de propagación, ya que son las dos variables necesarias para la determinación del mapa de peligro de incendio forestal.

Los incendios forestales son un problema muy serio y cada año causan daños significativos alrededor del mundo, tanto desde el punto de vista ecológico, como social, económico y humano. Estos siniestros son particularmente peligrosos cuando las condiciones meteorológicas son extremas (sequías, temporadas de calor, vientos fuertes, etc.).

En este contexto, los mapas de riesgo de incendios se vuelven una herramienta muy importante para las autoridades, para prevenir estos accidentes. Sin embargo, la mayoría de las técnicas de generación de mapas de riesgo evalúan el peligro de ignición basándose sólo en las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, lluvias, etc.) y en factores humanos (negligencia, incendios premeditados, etc.), pero no toman en cuenta el peligro de propagación en sí mismo una vez que el fuego se ha iniciado. Esta característica es muy importante, debido a que provee una información más completa para determinar el posible comportamiento del incendio y determinar aquellas regiones donde el inicio de una combustión puede ser más peligroso de acuerdo al posible índice de riesgo o intensidad de llama.

La valoración de los riesgos en los incendios forestales es un tema realmente significativo para la elaboración de políticas que permitan prevenir y mitigar los efectos de los incendios de una manera eficiente.

Hoy en día con la utilización de nuevas tecnologías de información espacial y por medio de la teledetección existe una nueva vía que facilita el estudio de los incendios forestales, trabajando así con informaciones altamente fiables y con gran precisión.

2. INTRODUCCIÓN

2. Introducción

2.1. Antecedentes

Los incendios forestales constituyen uno de los principales problemas ecológicos planteados en el área mediterránea, debido a la extensión, frecuencia e intensidad que han adquirido en los últimos años, la base de datos de EFFIS de la UE contiene datos de los últimos 22 años para los principales países mediterráneos miembros de la UE, confirmando estos hechos (*Yves Birot*). Hay varios elementos estructurales que contribuyen a la ocurrencia de los grandes incendios:

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

Por todo ello, se debe de considerar este, como un problema de máxima prioridad para las autoridades competentes y una forma de ayudar a corregirlo es la elaboración de Planes de Prevención de Incendios Forestales. (*Adrián Jordán Tablado*)

2.2. Marco Legal

El marco legislativo bajo el cual a nivel estatal se desarrollan las actuaciones de defensa contra los incendios forestales en la actualidad está compuesto por las siguientes normas:

- Orden de 2 de abril de 1993, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros que aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil

de Emergencia por Incendios Forestales.

- Acuerdo de Consejo de Ministros de 31 de marzo de 1995, que aprueba el Plan Estatal de Protección Civil por Emergencia de Incendios Forestales.
- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Real Decreto-Ley 11/2005, de 22 de julio, por el que se aprueban medidas urgentes en materia de incendios forestales.
- Acuerdo del Consejo de Ministros de 7 de octubre de 2005 por el que se crea la Unidad Militar de Emergencias.
- Ley 10/2006, de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Real Decreto 1424/2008, de 14 de agosto, por el que se determinan la composición y las funciones de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad, se dictan las normas que regulan su funcionamiento y se establecen los comités especializados adscritos a la misma.
- Ley 3/2010, de 10 de marzo, por la que se aprueban medidas urgentes para paliar los daños producidos por los incendios forestales y otras catástrofes naturales ocurridos en varias Comunidades Autónomas.
- Real Decreto 1443/2010, de 5 de noviembre, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (vigente hasta el 18 de febrero de 2012).
- Real Decreto 1097/2011, de 22 de julio, por el que se aprueba el Protocolo de Intervención de la Unidad Militar de Emergencias.
- Real Decreto 401/2012, de 17 de febrero, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Como instrumento de planificación sigue vigente:

- El Plan Forestal Español, aprobado por Consejo de Ministros, a propuesta del antiguo Ministerio de Medio Ambiente, que constituye el marco en el cual se desarrolla la política forestal, tanto de la Administración General del Estado como de las Comunidades Autónomas. El Plan Forestal Español, junto con la Estrategia Forestal Española y la Ley de Montes 43/2003 constituyen el fruto del consenso nacional en la propuesta de modelo forestal. En materia de defensa contra incendios forestales el Plan propone diferentes acciones en materia de planificación y coordinación, de prevención y en relación con el mantenimiento y mejora del nivel de eficacia en la extinción.
- Las Comunidades Autónomas con plenas competencias para dictar normas en materia forestal, respetando las normas básicas estatales, han promulgado sus correspondientes leyes forestales y leyes de prevención y defensa contra los incendios forestales en algunos casos.

3. ESTUDIOS PREVIOS

3. Estudios previos

3.1. Incendios forestales. Comparación de los últimos cinco decenios

La tendencia del número de siniestros en el periodo comprendido entre 1961 y 2010 es creciente. En este análisis hay que tener en cuenta la mejora de la recogida de la información a lo largo de los años que ha permitido en la actualidad el registro de todos y cada uno de los siniestros forestales, aunque en ellos no hayan intervenido medios de extinción, mientras que esto no era así en las décadas de los sesenta y setenta. En el periodo 1991-2000 se dobla el número de siniestros respecto del decenio anterior, alcanzándose una media de 19.097 siniestros al año, disminuyendo ésta hasta 17.127 en el periodo 2001-2010, debido a los años 2007- 2010, periodo en el que se aprecia por primera vez una tendencia decreciente.

El análisis de las superficies afectadas sin embargo nos revela una evolución diferente, siendo la tendencia creciente hasta mediados de los años 90, y sufriendo posteriormente un notable descenso, debido, no a la disminución en el número de siniestros, si no, a la implementación y constante crecimiento de los dispositivos de extinción de incendios forestales autonómicos tras el traspaso de competencias de los años 80 y el incremento de su eficacia.

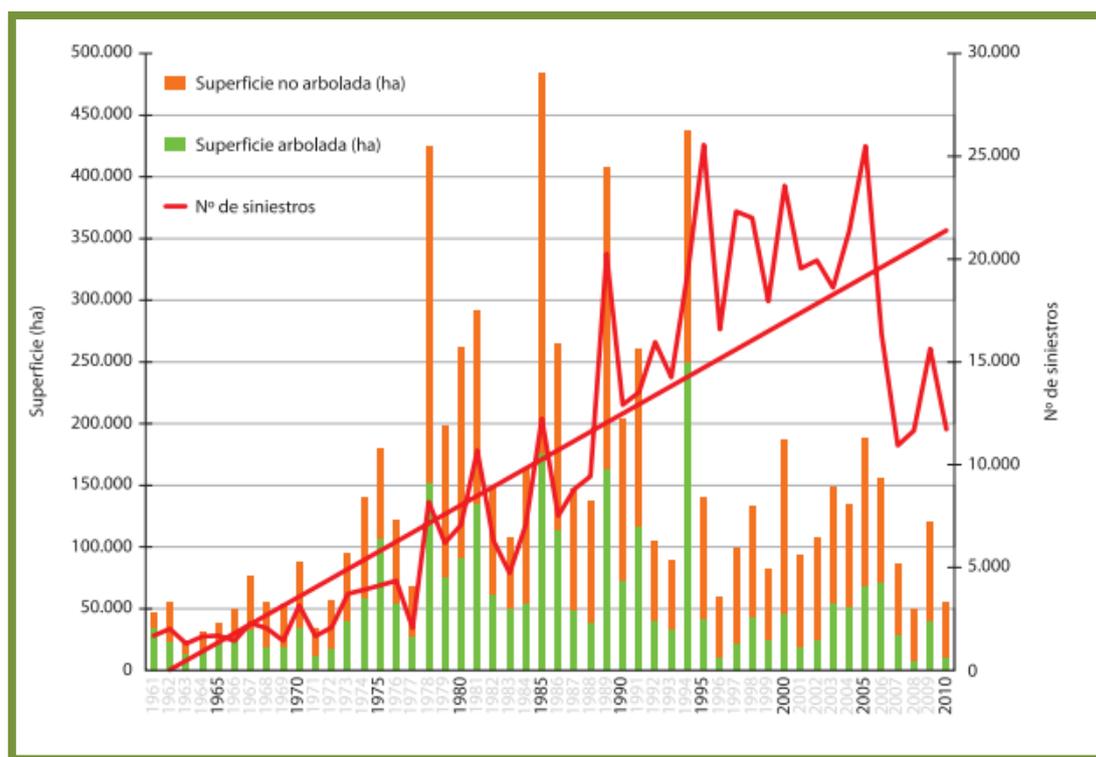


Gráfico 3.1 La evolución del número de siniestros, superficies afectadas y la línea de tendencia 1961-2010

Año	Nº de siniestros	Superficie afectada (ha)		
		Arbolada	Desarbolada	Totales
1961	1.680	34.056,00	12.195,00	46.251,00
1962	2.022	23.911,00	31.571,00	55.482,00
1963	1.302	13.279,00	9.400,00	22.679,00
1964	1.645	17.671,00	13.727,00	31.398,00
1965	1.686	21.777,00	16.241,00	38.018,00
1966	1.443	24.644,00	24.710,00	49.354,00
1967	2.299	33.930,00	42.645,00	76.575,00
1968	2.038	20.015,00	35.687,00	55.702,00
1969	1.442	18.860,20	34.311,40	53.171,60
1970	3.155	34.136,30	53.302,20	87.438,50
1971	1.665	12.786,90	21.525,50	34.312,40
1972	2.093	17.370,80	38.549,30	55.920,10
1973	3.724	40.496,10	54.576,40	95.072,50
1974	3.920	58.038,70	81.888,80	139.927,50
1975	4.128	107.723,60	72.413,30	180.136,90
1976	4.356	54.420,90	67.093,20	121.514,10
1977	2.064	27.899,40	40.971,50	68.870,90
1978	8.193	152.962,90	271.995,00	424.957,90
1979	6.189	75.493,30	122.161,75	197.655,05
1980	7.075	91.410,90	170.103,90	261.514,80
1981	10.688	135.539,60	155.877,50	291.417,10
1982	6.308	62.558,20	86.518,90	149.077,10
1983	4.736	50.672,00	56.879,00	107.551,00
1984	7.073	53.962,50	110.203,60	164.166,10
1985	12.235	176.265,20	308.210,00	484.475,20
1986	7.514	113.852,00	150.935,40	264.787,40
1987	8.816	49.354,70	97.985,70	147.340,40
1988	9.440	39.262,60	98.010,00	137.272,60
1989	20.250	163.170,90	243.951,20	407.122,10
1990	12.914	73.198,10	130.443,30	203.641,40
1991	13.529	116.895,60	143.407,40	260.303,00
1992	15.956	40.438,00	64.839,60	105.277,60
1993	14.253	33.420,90	55.910,20	89.331,10
1994	19.249	250.421,80	187.180,70	437.602,50
1995	25.557	42.131,23	98.950,94	141.082,17
1996	16.586	10.274,54	48.644,73	58.919,27
1997	22.320	21.326,23	77.176,94	98.503,17
1998	22.003	42.705,24	90.187,10	132.892,34
1999	17.943	23.934,15	57.746,52	81.680,67
2000	23.574	45.900,41	141.666,65	187.567,06
2001	19.547	19.363,35	73.934,19	93.297,54
2002	19.929	25.196,91	82.267,14	107.464,05
2003	18.616	53.673,03	94.499,44	148.172,47
2004	21.396	51.732,17	82.460,47	134.192,64
2005	25.492	69.396,79	119.300,70	188.697,49
2006	16.334	71.064,87	84.279,96	155.344,83
2007	10.936	29.408,86	56.713,17	86.122,03
2008	11.655	8.443,49	41.878,60	50.322,09
2009	15.643	40.402,48	79.691,73	120.094,21
2010	11.722	10.184,91	44.584,97	54.769,88

Tabla 3.1 Número de siniestros y superficies afectadas 1961-2010

Como todo fenómeno dependiente de la meteorología, tanto el número de siniestros como las superficies afectadas presentan años con picos que desestabilizan las tendencias. El mayor número de siniestros se produjo en 1995 con un total de 25.557 y el año de mayor superficie forestal afectada fue 1985 con 484.475,20 hectáreas.

En los siguientes gráficos 3.2 y 3.3 se detalla la evolución de las tres variables en los últimos cinco decenios. El número de siniestros muestra por primera vez en este último decenio una tendencia decreciente, debida a los datos desde el año 2006, tras el máximo relativo de 25.492 siniestros en 2005.

En cuanto a superficies arboladas se aprecia una tendencia creciente en la década de los 70, una estabilización en los 80, una tendencia decreciente en los 90 y finalmente de nuevo una tendencia a la estabilización en este último periodo de 2001-2010, con unas cifras inferiores a las de las décadas precedentes. *(Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)*

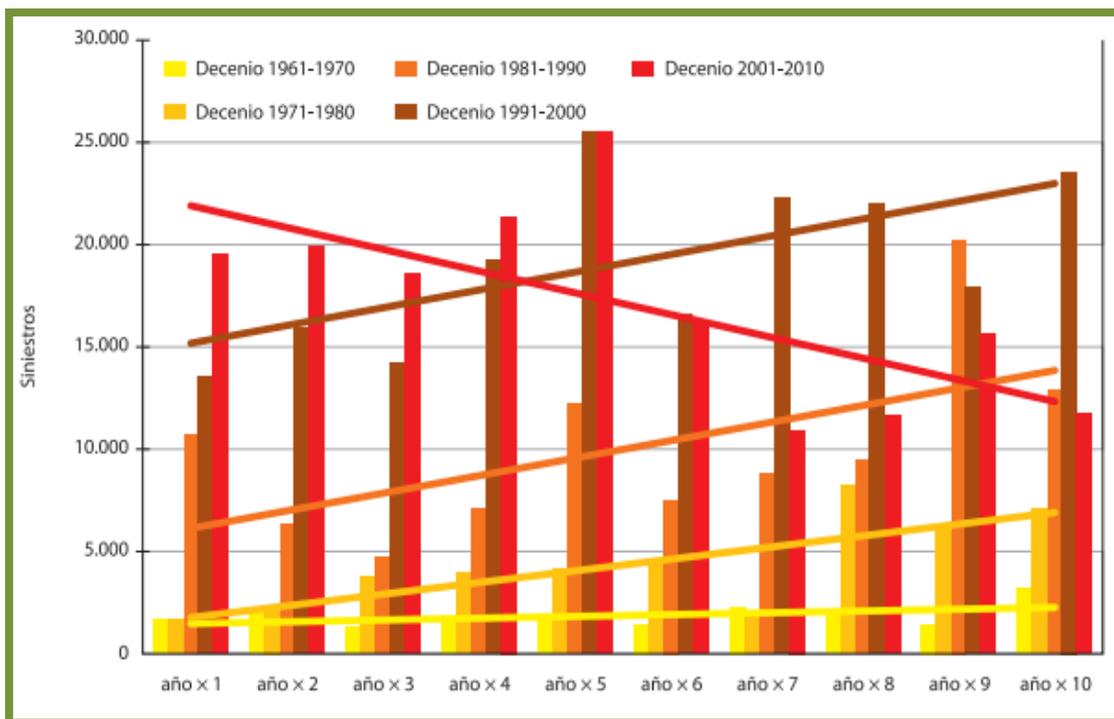


Gráfico 3.2 Evolución del número de siniestros por decenios y su línea de tendencia

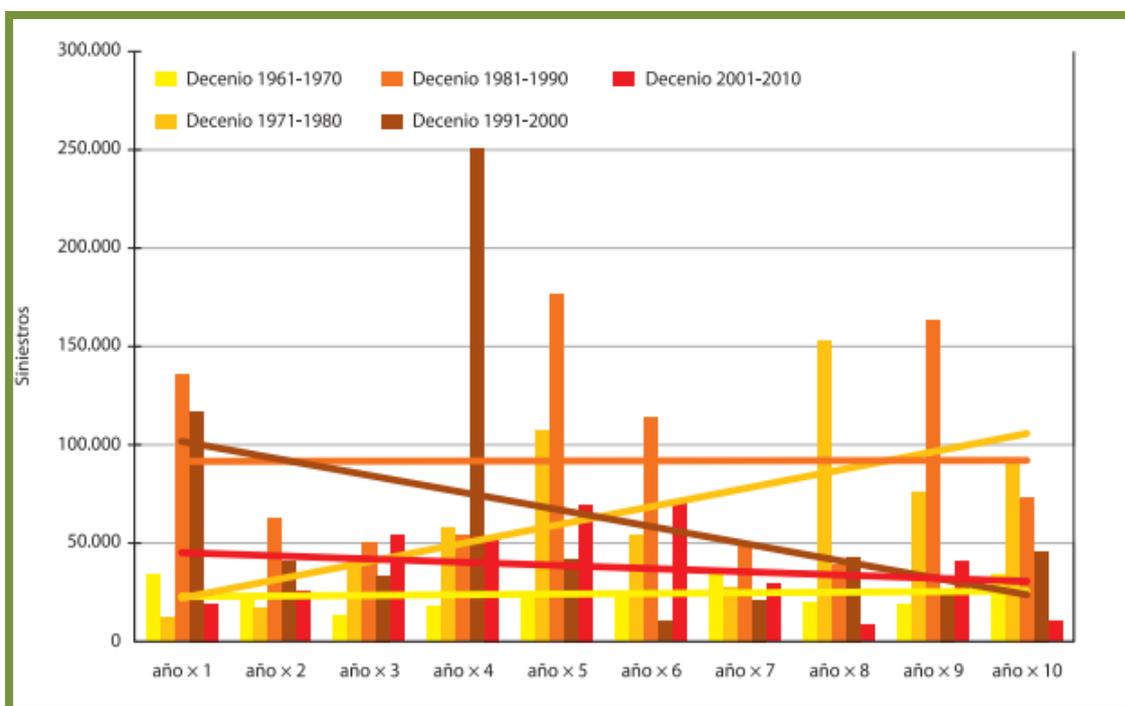


Gráfico 3.3 Evolución de la superficie arbolada afectada por decenios y su línea de tendencia

Y respecto de las superficies forestales totales afectadas del grafico 3.4 se aprecia en el último gráfico una tendencia decreciente del último decenio, con una pendiente menor que la del decenio anterior de los años 90, pero con cifras absolutas menores, situándose la media de hectáreas afectadas en el periodo 2001-2010 en 113.848.

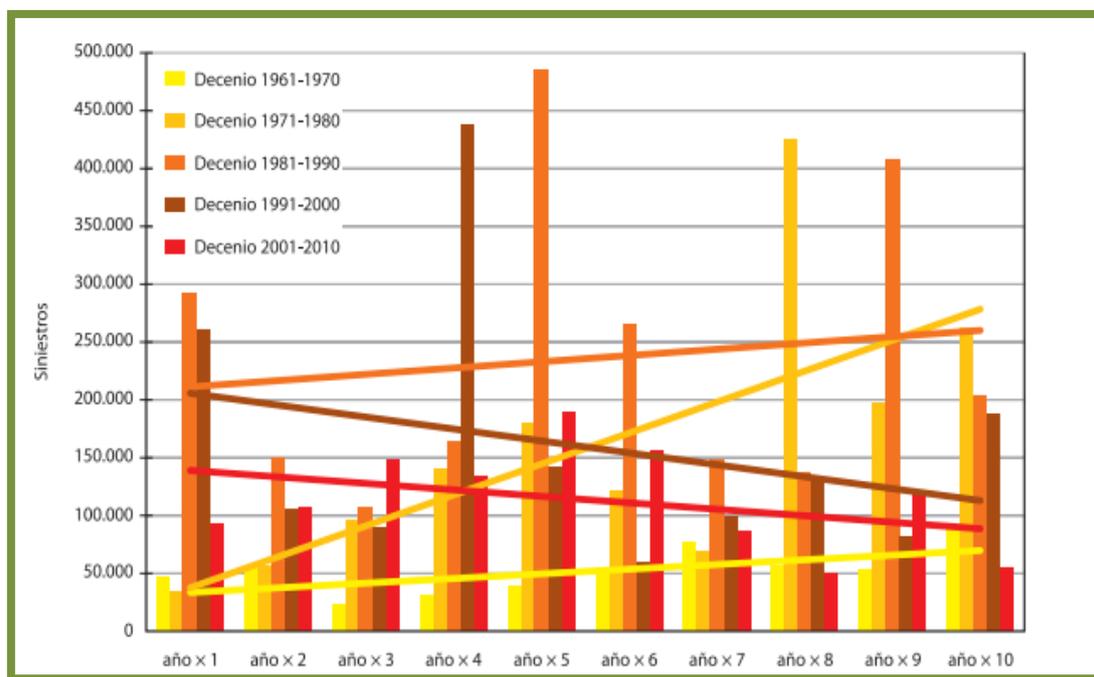


Gráfico 3.4 Evolución de la superficie forestal total afectada por decenios y su línea de tendencia

3.2. Incendios forestales. Causas

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

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

Las causas accidentales y negligentes se dividen a su vez en diversos grupos de causas recogidas en el parte de incendio (quemadas agrícolas, quemadas para regeneración de pastos, trabajos forestales, hogueras, fumadores, etc.).

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

El porcentaje de siniestros con causa conocida para el conjunto del decenio supera el 84,62 % del total. El 78 % del total de los siniestros tienen origen antrópico, bien sean debidos a negligencias y causas accidentales, bien sean intencionados, afectando éstos al 82,6 % de la superficie total forestal.

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

Tabla 3.2 Análisis de causas de incendios: total de montes, 2001-2010

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

Dentro de las negligencias y accidentes, responsables del 23,31 % de los siniestros y del 23,15 % de la superficie afectada, las quemas agrícolas junto con las quemas para regeneración de pastos son las que mayor porcentaje suponen tanto en número de siniestros (8,21 %) como en superficie afectada (5,17 %). (*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*)

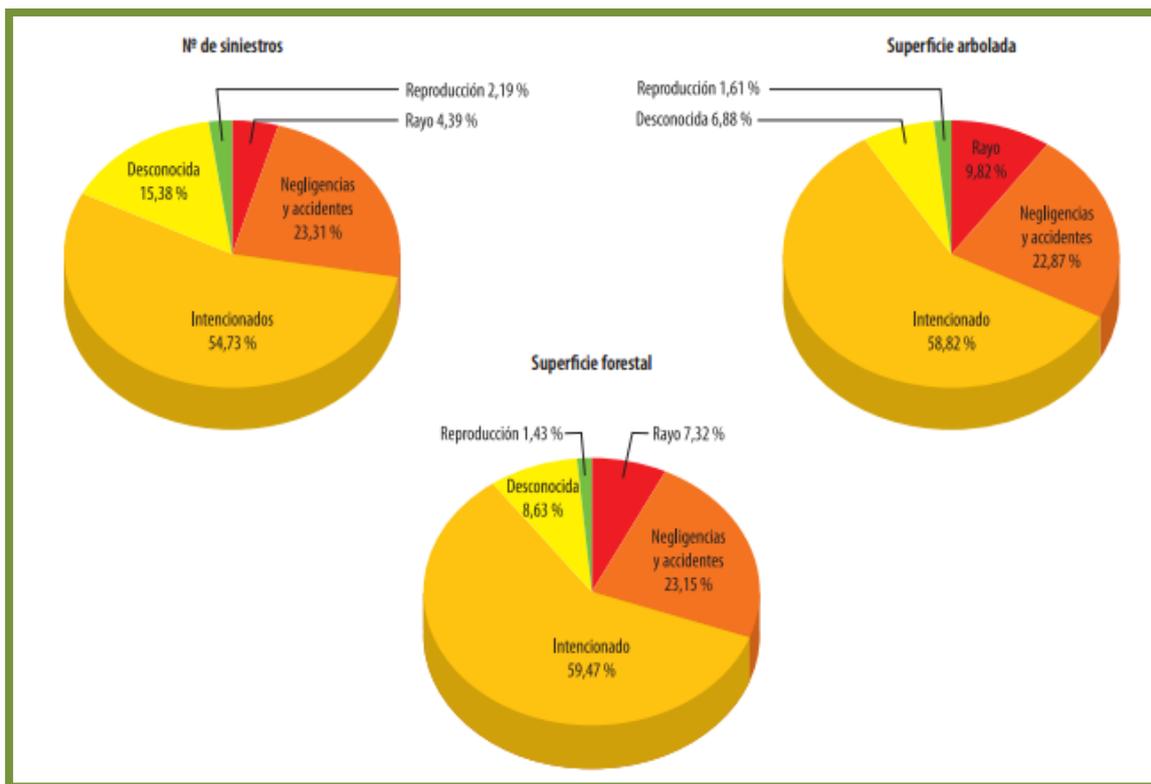


Gráfico 3.5 Número de siniestros y superficies afectadas por grupos de causas, 2001-2010

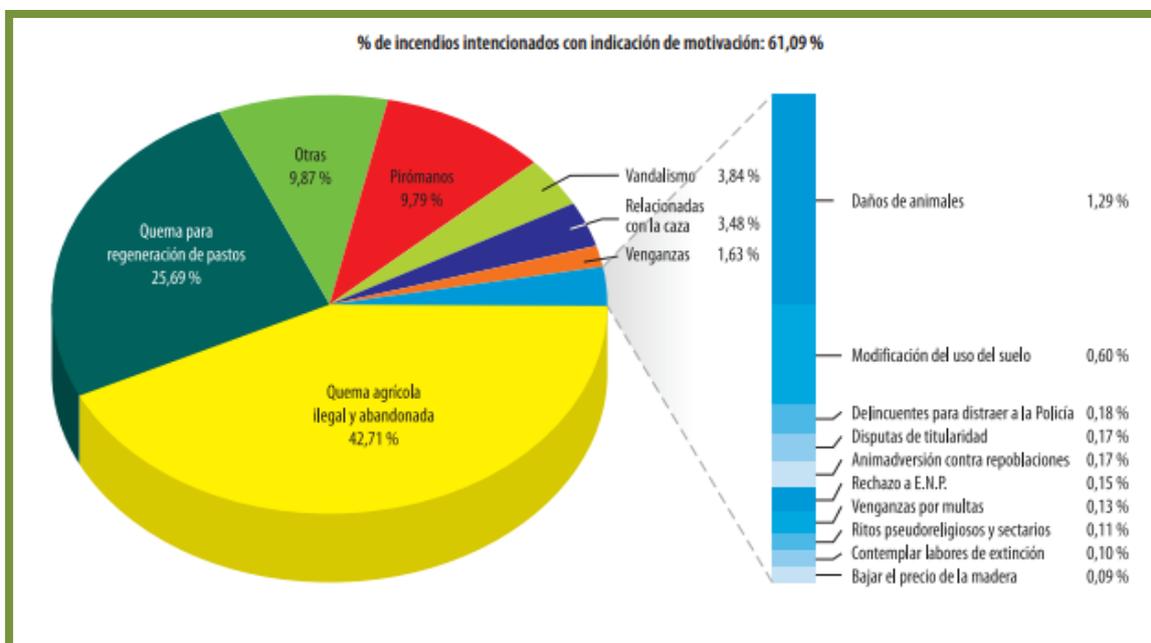


Gráfico 3.6 Motivaciones de incendios intencionados, 2001-2010

3.3. La defensa contra los incendios forestales en España durante el decenio 2001-2010

El decenio 2001-2010 se caracteriza por ser el primer periodo en el que la tendencia en el número de siniestros es decreciente, debido fundamentalmente a las cifras alcanzadas en los últimos cinco años 2006-2010. Las superficies, al igual que en el decenio anterior, siguen la tendencia decreciente y en términos absolutos siguen disminuyendo, con cifras cada vez más similares a las alcanzadas hace cuatro decenios.

La prevención a lo largo de este último decenio, tras haberse alcanzado un alto desarrollo y una adecuada eficacia en los dispositivos de extinción, ha sido merecedora de una creciente atención tanto en foros nacionales como en foros internacionales. La prevención es abordada por las administraciones competentes desde el refuerzo de los sistemas tradicionales sobre el territorio y la vegetación, en un medio rural que evidencia cambios estructurales muy significativos, favorecedores de la aparición de incendios más grandes, hasta la búsqueda de soluciones a los incendios que se originan de forma intencionada o por negligencias evitables mediante acciones en el territorio y con determinados sectores de la sociedad.

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

Desde su creación, en 1998, los Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF) han crecido en número y en zonas de actuación. En la actualidad un total de 18 EPRIF trabajan, realizando actuaciones de prevención en diez Comunidades Autónomas, prestando apoyo técnico a sus administraciones y en coordinación con sus servicios forestales y de desarrollo rural, según los casos: Galicia (4), Asturias (3), Cantabria (1), Navarra (2), La Rioja (1), Castilla y León (3), Extremadura (1), Aragón (1), Comunidad Valenciana (1) y Canarias (1).

Se trata de equipos formados por un total de 56 profesionales de la extinción de incendios forestales y del manejo del fuego que, fuera de la campaña estival de extinción, entre el mes de noviembre y el mes de abril, trabajan en prevención de incendios. Su función es fomentar entre la población rural buenas prácticas que contribuyan a disminuir el riesgo de incendio forestal.

3.3.2. Brigada de labores preventivas

En octubre de 2008, con la creación de las Brigadas de Labores Preventivas, se dio un paso más para la continuidad laboral y la profesionalización del personal que en verano trabaja en la extinción de incendios forestales. Este dispositivo complementario, junto con el de EPRIF, emplea fuera de la campaña de extinción al personal de las Brigadas de Refuerzo en Incendios Forestales (BRIF) del Ministerio.

Las diez Brigadas de Labores Preventivas, con aproximadamente 500 profesionales, se ubican en las bases BRIF distribuidas en distintos puntos de la geografía nacional. Realizan labores silvícolas de prevención, consistentes en la reducción y el control de combustibles forestales, haciendo más resistentes los montes al inicio y propagación

del fuego y facilitando las acciones de extinción en caso de producirse un incendio.

3.3.3. Campañas de sensibilización

Durante el decenio 2001-2010, el Ministerio de Medio Ambiente continuó desarrollando las campañas de sensibilización para la prevención de incendios forestales.

Anualmente se realiza una campaña dirigida a la población en general, para recordar en la época estival el elevado riesgo de incendios que amenaza nuestros montes y la necesidad de que todos extrememos las precauciones y contribuyamos a prevenir los incendios forestales. La herramienta utilizada ha seguido siendo la publicidad en medios de comunicación tradicionales, televisión, prensa y radio, y en otros soportes como vallas y cartelería.

3.3.4. Aprovechamiento de la biomasa forestal

En el decenio 2001-2010 se han realizado numerosos ensayos para determinar los rendimientos y costes de extracción de los restos de biomasa forestal para su valoración energética procedentes de aprovechamientos forestales. Los principales resultados demuestran que su viabilidad económica depende del planteamiento y ejecución del propio aprovechamiento forestal. Por tanto, este aprovechamiento principal debe realizarse con unas directrices adecuadas para que la recogida y astillado de los restos no resulte excesivamente cara y compense su transporte y utilización para producir energía.

Con el fin de fomentar el uso energético de los restos de aprovechamientos forestales y de los productos obtenidos de tratamientos silvícolas de mejora (clareos y claras e incluso podas) o preventivos (cortas en áreas cortafuegos o fajas auxiliares) se elaboró y aprobó por la Comisión Estatal del Patrimonio Natural y la Biodiversidad y tal como establecía el mandato de la ley 43/2003, de montes, modificada por la ley 10/2006 en su disposición adicional 4ª, la Estrategia Española para el Uso Energético de la Biomasa Forestal Residual y se puso de manifiesto la urgencia de elaborar un nueva estrategia que contemplara toda la biomasa forestal susceptible de este uso y no sólo la procedente de restos de aprovechamientos.

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

El decenio 2001-2010 ha supuesto el desembarco masivo de las nuevas tecnologías en el campo de los incendios forestales. El avance conseguido en el anterior decenio se consolida y multiplica, aprovechando los avances que en los sectores de las telecomunicaciones, la informática y los sistemas de satélites permiten.

La gran mayoría de las Comunidades Autónomas desarrollan aplicaciones meteorológicas propias para valorar el riesgo asociado a los incendios. El Ministerio de Medio Ambiente desarrolló una aplicación propia a través de una empresa privada y con la imprescindible colaboración del Instituto Nacional de Meteorología (hoy Agencia

Estatal de Meteorología), que permite tener predicciones e interpretación del riesgo, de acceso libre a las Administraciones públicas, con un formato homogéneo a nivel nacional.

La evolución de las comunicaciones se ha orientado hacia los sistemas corporativos cerrados, tipo Tetra, que integran por primera vez la transmisión de datos además de voz, pudiendo transmitir incluso la posición GPS del portador de la emisora. Estos sistemas aseguran en principio la estanqueidad de las comunicaciones, con comunicaciones libres de intrusos y no interrumpidas por tráfico denso de llamadas. Las emisoras convencionales, por su parte, se han digitalizado y han incrementado sus funcionalidades y su ergonomía. Por otra parte, estos adelantos tecnológicos han derivado en una diversificación de sistemas de comunicaciones que dificultan la asistencia mutua entre operativos y la movilidad de los medios de cobertura nacional, de manera que en la actualidad se están estudiando soluciones especialmente desde el punto de vista de la seguridad. .

La localización sobre el terreno de las unidades operativas se ha extendido a todos los niveles, no siendo sólo las aeronaves las que disponen de seguimiento GPS, sino también las unidades terrestres, tanto vehículos como personas, pudiendo efectuar el seguimiento de los mismos e incluso transmitirles datos, así mismo todas las aplicaciones relacionadas con el GPS se han integrado con sistemas GIS permitiendo con gran agilidad combinar posición y entorno físico.

La observación terrestre se ha trasladado mayoritariamente a los medios aéreos o a los satélites, debido a la alta tecnología que ya emplean las cámaras aerotransportadas como los sensores de los satélites, que permiten una alta resolución de imágenes, tanto en el espectro visual como infrarrojo, así como el empleo de coloración artificial relacionado con el estudio de diversas variables del medio físico. El uso de estas tecnologías, tanto en la campaña de incendios como fuera de ella se ha generalizado para la observación, estudio, análisis e interpretación del estado y comportamiento del medio físico en relación a la casuística de los incendios forestales.

En las centrales de operaciones se han integrado todas las funciones descritas sobre una base GIS de manera que la información es manejada en forma parecida a como se haría sobre el terreno.

Están empezando a entrar en escena nuevos sistemas con previsión de futuro, como son las aeronaves no tripuladas, el empleo mecanizado de tierra en la sofocación de las llamas, nuevos productos retardantes del fuego y nuevos equipos de lanzamiento de agua. (*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*)

3.4. Factores que controlan los incendios forestales

El clima determina la vegetación dominante en una región y, por tanto, la cantidad y tipos de combustible disponible para propagar el fuego. Consecuentemente, las relaciones clima-vegetación suelen ser buenas. En general, en España, la vegetación madura compuesta por caducifolios domina en las zonas más lluviosas, mientras que la de perennifolios lo hace en las zonas secas. La intensa utilización de nuestro país

hace que la vegetación natural madura no abunde, siendo más frecuente la vegetación natural procedente de la sucesión secundaria o de la reforestación. En muchos casos, la inflamabilidad de esta vegetación secundaria es mayor que la de la vegetación natural madura. Esto es particularmente así en el caso de que la vegetación pioneras esté dominada por especies acumuladoras de combustible fino y necromasa. Por ello, la relación entre inflamabilidad de la vegetación y clima no es simple. Durante la última parte del siglo XX, la vegetación dominante ha ido incrementado su potencial combustible como consecuencia de la menor explotación y pastoreo, el abandono de cultivos marginales y la falta de aprovechamiento de leñas. Además, la vegetación que crece tras la quema de algunas plantaciones de coníferas o de frondosas tipo eucalipto es, con frecuencia, altamente inflamable. (José M. Moreno)

3.4.1. Meteorología

Las variables meteorológicas que mayor papel juegan sobre el desarrollo de un incendio son la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa y la estabilidad de la atmósfera. En los ambientes estables y secos del verano la energía que se recibe del sol aumenta la temperatura lo que hace que disminuya la humedad relativa del aire. Ambas variables (temperatura y humedad relativa del aire) controlan el estado de hidratación de los combustibles muertos. El viento es otro elemento crítico: la velocidad de propagación del frente de llamas es directamente proporcional a la velocidad del viento (José M. Moreno).

3.4.1.1. Precipitación

La precipitación se define como el agua que cae sobre la superficie terrestre, en forma líquida o sólida.

Las precipitaciones en el Desierto de las Palmas son escasas y muy desigualmente repartidas a lo largo del año, dándose frecuentemente lluvias torrenciales especialmente en primavera y otoño. Existe un acusado mínimo estival, con un máximo en otoño y un máximo secundario en primavera. (Fernando Ginés Llorens)

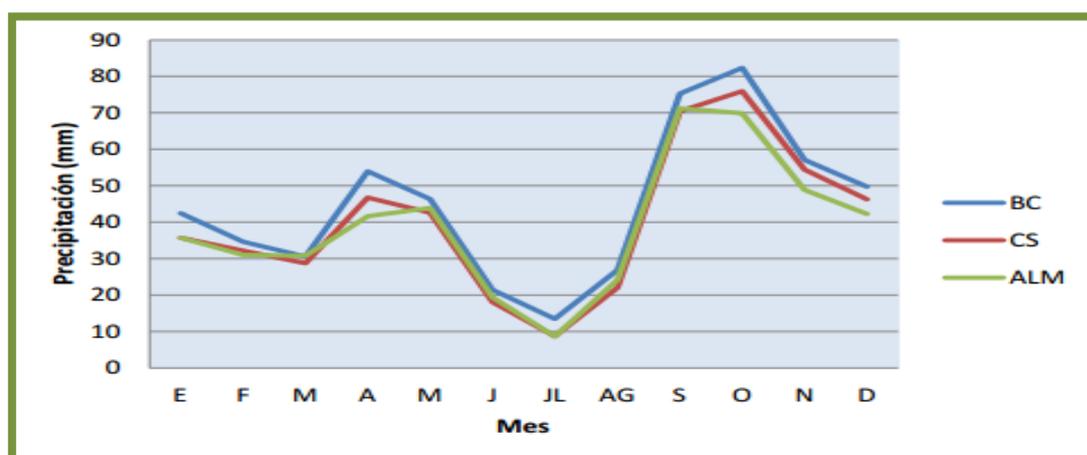


Gráfico 3.7 Variación de la precipitación media mensual de Castellón, 1981-2010

3.4.1.2. Temperatura

La temperatura es un factor de suma importancia en la formación de un tipo de clima, estando condicionado a su vez por aspectos como la radiación solar y la insolación media entre otros. En la caracterización térmica de una zona, es básica la determinación de la temperatura media anual, variable que está condicionada principalmente por la altitud, la latitud y la distancia al mar. (Adrián Jordán Tablado, 2010)

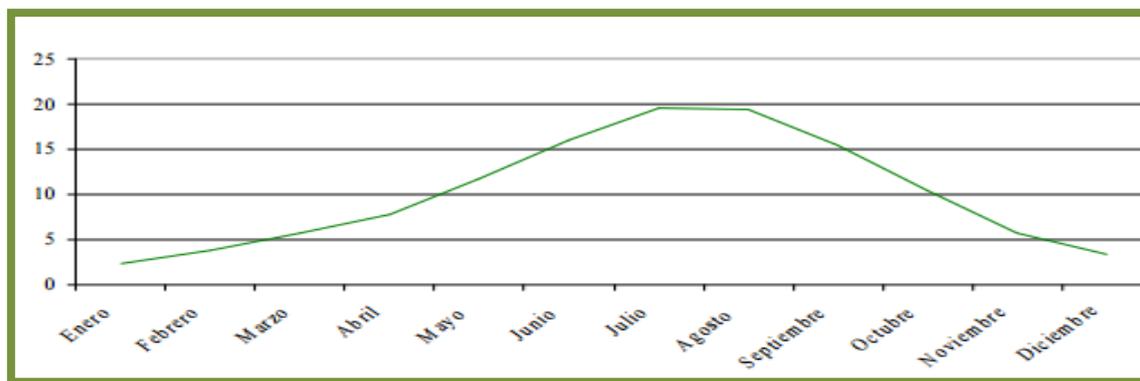


Gráfico 3.8 Temperatura media anual, Mediterránea

3.4.1.3. Humedad

Se entiende por humedad atmosférica la cantidad de vapor de agua contenido en el aire, carácter climatológico de primera magnitud muy relacionado, a través de diversos mecanismos físicos, con la nubosidad, la precipitación, la visibilidad y de forma muy especial con la temperatura. Es un parámetro de laboriosa y compleja medición, dependiente a su vez, de la temperatura y otros factores como la humedad absoluta o el contenido de vapor de agua del aire. Posee gran variabilidad.

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales, anteriormente estudiadas, y de las temperaturas en superficie, es posible estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. Conocer el balance de humedad en el suelo es importante para evaluar la disponibilidad de agua para las masas forestales, las cuales pueden presentar un mayor o menor vigor vegetativo y materia seca, ya sean repoblación forestal o los cultivos, para la conservación de suelos, de drenaje, de recuperación de suelos salinos, etc.

Junto con la humedad, son parámetros particularmente importantes en la planificación forestal y agrícola. (Adrián Jordán Tablado, 2010)

3.4.1.4. Viento

El viento es un elemento decisivo en el comportamiento del fuego, siendo muchas veces responsable de que el incendio supere las barreras de defensa y de la formación de fuegos de copas que se manifiestan de forma virulenta y afectan a la seguridad de los combatientes. La predicción meteorológica y el estudio de situaciones

sinópticas que en el pasado han dado lugar al desarrollo de grandes incendios al generar situaciones de vientos secos y turbulentos o de tipo Föhn, debe ser una actividad fundamental en la defensa contra incendios. (*Adrián Jordán Tablado, 2010*)

Efectos del viento en la propagación de los incendios:

- Desecación del combustible forestal al acelerar la transpiración de las plantas por descenso de la humedad relativa del aire.
- Incremento de la intensidad de reacción al añadir mayores cantidades de un reactivo, el oxígeno, al proceso químico de la combustión.
- Inclínación de la llama, lo que provoca mayor eficacia en los procesos de transmisión de energía por radiación al incidir ésta de forma más perpendicular sobre el combustible adyacente.
- Incremento ladera arriba de la eficacia de la transmisión de energía por convección, aumentando su dinamismo. Este efecto es tanto más acusado cuanto mayor es la pendiente de la ladera por la que asciende el fuego.
- Mayor alcance de los materiales incandescentes, pavesas, que ascienden por el vértice de la columna de convección y que pueden ser origen de focos secundarios.

Las situaciones de mayor peligro son aquellas que vienen acompañadas de vientos fuertes y secos. Son particularmente críticos los vientos de tipo föhn, esto es, aquellos que se dan a sotavento de las montañas como consecuencia de la compresión adiabática del aire al descender por sus laderas, siendo los causantes de algunos de los grandes incendios de España.

El incendio calienta el aire y hace que se eleve, produciendo una depresión a la que fluye aire fresco, aportando el oxígeno que mantiene la combustión. Cuando hay viento, este efecto se ve aumentado a sotavento por el flujo producido por éste. La estabilidad de los niveles bajos de la atmósfera es determinante para que el viento local originado por el incendio sea más o menos intenso. Las situaciones de inestabilidad atmosférica favorecen el movimiento vertical del aire caliente, facilitando el movimiento lateral del aire hacia el frente de llamas. Por el contrario, bajo condiciones de estabilidad los incendios son relativamente menos peligrosos.

3.4.2. Combustible

Humedad del combustible ligero vivo: El contenido en humedad de los combustibles finos vivos varía a lo largo del año, siendo máximo en primavera y mínimo a finales de verano. El contenido en humedad está relacionado con la fenología y disponibilidad de agua en el suelo, por lo que se relaciona bien con índices de sequía. La relación es tal que los efectos más importantes ocurren en las fases primeras de falta de agua en el suelo. Esta relación varía según las especies. Así, el contenido de humedad de las especies pioneras suelen variar más, y está más estrechamente vinculado a la ocurrencia de lluvia que el de otras especies más tardías en la sucesión, y con acceso a agua a mayor profundidad. Por tanto, el estado de los combustibles vivos depende

de cuánto llueve y de cuándo llueve. Igualmente, el contenido en humedad puede variar con la edad de la planta.

Composición química: Además del agua, la composición química de los vegetales determina su contenido energético e inflamabilidad. Las sustancias extractivas en éter (aceites esenciales, resinas, etc.) favorecen la inflamabilidad. Las especies forestales sufren variaciones estacionales acusadas en su contenido químico, haciendo que su inflamabilidad cambie también a lo largo del año.

Humedad del combustible ligero muerto: La humedad de los combustibles vivos se mantiene debido al transporte de agua desde el suelo, de ahí que las hojas vivas y ramas tengan contenidos de humedad relativamente altos incluso en épocas secas. Sin embargo, el contenido de los combustibles muertos fluctúa ampliamente en respuesta a las variaciones en la humedad relativa del aire, junto con la lluvia, o la radiación solar, entre los tres factores más importantes. La propagación del fuego es muy sensible al combustible ligero muerto pues es el que más rápidamente se inflama al estar expuesto a un foco calorífico. Además, este combustible también es el que se ajusta más rápidamente a las condiciones meteorológicas. La humedad de los combustibles muertos en pie varía a lo largo del año, siendo más baja en verano. En atmósferas estables, la humedad relativa disminuye al aumentar la temperatura, de ahí que el contenido en humedad de estos combustibles sea máximo a primeras horas del día y mínimo al comenzar la tarde. Igualmente, el contenido en humedad de la hojarasca depende de las condiciones meteorológicas, de su exposición al sol así como del contenido en humedad del suelo. Cuanto más desecante sea la atmósfera y menor la humedad del suelo, más seca estará la hojarasca, lo que aumentará su inflamabilidad y combustibilidad, así como la de los combustibles muertos en pie. (José M. Moreno)

3.4.3. Topografía

La propagación del fuego aumenta con el ángulo que ofrece la superficie al frente de llamas. Por ello, la propagación a favor de pendiente es rápida y peligrosa. Los incendios no ocurren al azar, sino que son más frecuentes en ciertas posiciones topográficas. Aunque la topografía no cambia, sí cambia la vegetación, sobre todo tras el fuego. Esto hace que la peligrosidad de un sitio dado varíe con el tiempo en la medida que cambie la vegetación y según las condiciones topográficas del lugar donde ésta se asiente. (José M. Moreno)

3.5. Incendios forestales. Efectos

La persistencia de los incendios forestales incontrolados, que progresivamente están destruyendo ecosistemas mediterráneos y atlánticos, constituye un serio problema medioambiental, no sólo por las grandes pérdidas económicas que producen debido a la destrucción de las masas forestales, sino también por la degradación que pueden inducir en los suelos; este efecto es particularmente importante desde el punto de vista de la conservación del suelo, la regeneración de la vegetación y la recuperación del

paisaje. Los incendios incontrolados también destruyen la fauna, aumentan el riesgo de erosión, causan la movilidad de material orgánico y de nutrientes del suelo, producen cambios en la calidad del agua y en el régimen hídrico, y aumentan la contaminación del aire. Por consiguiente, los incendios incontrolados afectan a todos los componentes del medio ambiente. Además, muchas zonas son afectadas por estos incendios reiteradamente y, de esta forma, los efectos negativos se acumulan.

3.5.1. Efecto sobre la atmósfera

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

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

La contaminación se debe a la emisión de un gran número de sustancias en forma de aerosoles y pequeñas partículas, aunque no todos los numerosos productos de la combustión de la vegetación están identificados.

Aparte del CO₂ y del vapor de agua, el penacho de humo de los incendios forestales contiene una gran variedad de sustancias: gases como NH₂, N₂O, NO y NO_x, hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos, aldehídos como formaldehído y acroleína, y ácido fórmico, entre otras. (*T. Carballas Fernández*).

3.5.2. Efecto sobre la vegetación

El aparente vacío biológico que queda tras un incendio es fugaz. Es frecuente observar una gran actividad biológica posterior y plantas simbiontes con algas tras las primeras lluvias. Además, hay especies vegetales que presentan adaptaciones encaminadas a resistir y propagar el fuego, algunas incluso han desarrollado mecanismos reproductivos y ciclos vitales que dan ventaja a la especie cuando el fuego está presente. Todos estos signos denotan cierta compatibilidad y facilidad de recolonización. (*Merche B. Bodí1, Artemi Cerdà, Jorge Mataix-Solera, Stefan H. Doerr*)

3.5.3. Efecto sobre la fauna

La fauna también resulta afectada por los incendios. Numerosos animales mueren durante el incendio porque no consiguen huir del fuego y otros quedan heridos y mueren a lo largo del tiempo. Entre los que sobreviven, la mortalidad generalmente es también elevada debido a la falta de refugio y de alimentos. La alteración de su hábitat causa desequilibrios en la macro fauna de la zona. La meso y micro fauna del suelo resultan particularmente afectadas, dependiendo el daño de la penetración del

calentamiento en el suelo y de la intensidad del mismo. Por el contrario, especies que no pueden vivir en zonas cerradas del bosque pueden resultar temporalmente beneficiadas a corto y medio plazo después del incendio, en las primeras fases de la revegetación, durante las cuales las especies herbáceas y los rebrotes pueden servirles de alimento. (*T. Carballas Fernández*).

3.5.4. Efecto sobre la erosión

La erosión del suelo, es decir, el desprendimiento, arrastre y deposición de sus materiales, es uno de los impactos más negativos para el medio ambiente que pueden desencadenar los incendios forestales, sobre todo los incontrolados de alta intensidad.

En condiciones normales, la erosión es controlada por el potencial erosivo de la lluvia, que depende de su impacto directo sobre el suelo. Este impacto, a su vez, está en función de la intensidad de la lluvia y su capacidad para mover las partículas del suelo. Esto depende, básicamente, de la cantidad de lluvia que cae y no se infiltra. Otros factores son la erosionabilidad del suelo, que depende de sus propiedades, de la cubierta vegetal y de la topografía. Después de un incendio hay que añadir otro importante factor, la intensidad del incendio, que controla la cubierta vegetal, la profundidad de la capa de cenizas y de la capa repelente al agua, y el impacto sobre la estructura del suelo. El efecto del fuego sobre la erosión está, por lo tanto, muy ligado al efecto sobre el ciclo hidrológico.

En una comunidad vegetal, las gotas de lluvia son interceptadas por la vegetación y entonces o bien caen sobre el suelo con menor energía o se evaporan desde la vegetación. La lluvia que alcanza el suelo es absorbida por la hojarasca hasta que se satura, lo que depende de la capacidad de retención de agua del terreno, que, a su vez, está estrechamente relacionada con su contenido en materia orgánica, el exceso de agua se infiltra, penetrando hasta los horizontes minerales del suelo. Una vez allí, parte es retenida por las partículas minerales o en los poros capilares finos, por tensión superficial, y otra parte se infiltra hacia abajo (agua de infiltración) a través de los poros gruesos, y puede alcanzar la capa freática. Si la cantidad de agua que llega a la superficie es mayor que la cantidad que se infiltra, el exceso fluye por la superficie, bajo la fuerza de la gravedad, constituyendo la llamada agua de escorrentía. Por otra parte, el agua del suelo se pierde por evaporación desde la superficie y por la transpiración de las plantas, que la toman de las capas más profundas por medio de las raíces.

Los incendios forestales afectan a todos estos procesos del ciclo hidrológico. Cuando la cubierta vegetal es eliminada por el fuego, la interceptación, así como la transpiración, disminuyen, y la evaporación desde el suelo aumenta debido a que su superficie, desprovista de vegetación, queda expuesta a la insolación y al viento. Además, el ennegrecimiento de su superficie por culpa del fuego, contribuye a la evaporación porque hace incrementar la absorción de la radiación y, en consecuencia, la temperatura del suelo aumenta. Por otra parte, al quemarse la hojarasca, se reduce la capacidad de retención de agua del terreno.

Además de todos estos efectos, las gotas de lluvia, al golpear directamente contra la

superficie desnuda del suelo, producen la disrupción física y dispersión de las partículas más finas, entre ellas las cenizas depositadas sobre su superficie durante el incendio. Estas partículas se infiltran y se introducen en los poros gruesos, obturándolos y reduciendo la porosidad. En consecuencia, la infiltración de agua se reduce, la escorrentía aumenta y también el arrastre de materiales, es decir, la erosión. (T. Carballas Fernández).

3.5.5. Efecto sobre el suelo

El efecto de los incendios sobre el suelo depende básicamente de la intensidad y duración del quemado, pero también del tipo de suelo, contenido de humedad y período e intensidad de la lluvia que cae después del fuego. Con respecto a la intensidad del incendio, en general se admite que los incendios prescritos de baja intensidad, a corto plazo aumentan el rendimiento del bosque, mientras que los incendios incontrolados pueden destruir la productividad de la zona, influyendo, por lo tanto, en la producción de fibras y alimentos. Sin embargo, los efectos de los incendios de baja y moderada intensidad serán diferentes de los efectos de los de alta intensidad. En cualquier caso, la degradación del suelo puede ser completamente irreversible si los agentes erosivos, que actúan en zonas montañosas, causar la erosión de los horizontes orgánicos superficiales, e incluso, de los horizontes minerales y dejan la roca a descubierto. En casos más favorables, los incendios pueden producir importantes modificaciones en las propiedades del suelo, que pueden originar una disminución de la fertilidad física, química y biológica del suelo, dependiendo la recuperación de las áreas quemadas de la velocidad a la cual esta fertilidad, que es la base para la regeneración de las plantas, se recobre. (T. Carballas Fernández).

3.6. Teoría del triángulo de fuego a la teoría del tetraedro

Todo fuego requiere de la combinación de tres componentes o elementos básicos para que se genere. Es la denominada *Teoría del Triángulo del Fuego*, en la que cada uno de los lados está formado por un elemento imprescindible para obtener el resultado final. Estos elementos son:

Combustible: cualquier materia capaz de arder. Pueden ser sólidos (madera, papel, o algodón), líquidos (gasolina, queroseno, disolventes), gaseosos (butano, metano, hidrógeno) o metales (magnesio, titanio, litio).

Comburente: es aquella sustancia que en combinación con el combustible favorece o permite la combustión. El más común es el oxígeno, que está presente en el aire y que se encuentra en una proporción aproximada del 21%, pero también puede ser otros que actúan como tal en ausencia de oxígeno, como pueden



ser el clorato potásico o el nitrato de potasio.

Energía de activación o calor: es la energía mínima necesaria para iniciar un proceso de reacción química. Cualquiera que sea su origen (fricción, chispas, resistencia eléctrica, llama viva, etc.). Es aquella que aplicada al combustible y en presencia del comburente es capaz de hacer desprender gases del primero y producir su combustión.

Una explicación simplificada para comprender como se origina un fuego es la siguiente:

Cuando el combustible es sólido, es necesario un calentamiento previo, hasta que se empieza a descomponer en gases e iones, que es lo que realmente entra en combustión. A este fenómeno se le denomina pirólisis, y puede llegar a darse en ausencia de oxígeno.

Si el combustible es líquido, al igual que con los sólidos, a partir de cierta temperatura, se produce la pirólisis, al generarse vapores cuya concentración en el aire es suficiente para que con una pequeña energía se active el fuego.

En el caso de que sea un combustible gaseoso, no es necesario su calentamiento para que se creen vapores, lo que si es necesario es que su concentración en el aire sea tal que con un foco de activación la mezcla entre en combustión.

Los gases y vapores (en forma de iones) generados durante la pirólisis, se mezclan en el aire en un proceso de *difusión*. Durante este proceso, el oxígeno del aire reacciona con dichos iones (la mayoría con energía suficiente) provocando una reacción química de oxi-reducción y exotérmica. Este proceso de oxi-reducción da lugar como producto residual más radicales libres (iones) y más calor. Estos radicales libres generados en la reacción química, vuelven a su vez a interactuar con el oxígeno del aire, en un circuito de retroalimentación, y provocan así varias reacciones en cadena sucesivas. En un principio, tanto las reacciones como el calor resultante son pequeños, no obstante, de forma exponencial se va aumentando el nivel y el número de reacciones de oxi-reducción y por tanto de calor.



A todo este proceso se le conoce como Reacción en Cadena, que sumado a los tres componentes clásicos del Triángulo del Fuego forman el Tetraedro del Fuego.

Según estas teorías, la del triángulo y la de tetraedro, si eliminamos una de las partes eliminamos el fuego y por tanto el incendio. (Francisco Navarro, 2003).

3.7. Acontecimientos del incendio. Desierto de las Palmas

El grave incendio del Desierto de las Palmas se inició en la madrugada del 6 de agosto de 1985 en la localidad castellanense de Cabanes, concretamente en la zona de Les Santes, y destruyó casi por completo el paraje natural. Las tres urbanizaciones situadas en la zona del Desierto de las Palmas -Montornés, La Parreta y Dávalos-, en Benicasim (Castellón), fueron desalojadas como consecuencia del violento incendio que se inició sobre las dos de la madrugada.

La fuerza del viento contribuyó a que el frente de fuego del incendio de Castellón avanzara, e impidió al mismo tiempo el trabajo normal de los equipos que participaron en la extinción.

En la extinción de las llamas participaron dos hidroaviones; el helicóptero de la Diputación de Castellón, ocho motobombas, brigadas de los Servicios Forestales, una compañía del Ejército Guardia Civil, Policía Municipal de Benicasim y Castellón, además de personal civil. El fuego llegó a tener frentes de seis kilómetros y sobre las seis de la tarde se calculaba que habían ardido unas 1.000 hectáreas de pinar y arbusto.

La autopista A-7 tuvo que ser cortada entre las 14:40 y 15:30 horas como consecuencia del humo que impedía la visibilidad y la carretera general N-340 de Almería a Barcelona, permaneció cerrada al tráfico al llegar hasta allí las llamas. La humareda se hacía bien patente desde Castellón, ya que los terrenos afectados se encuentran tan sólo a 10 kilómetros. Con este incendio se perdió definitivamente el más importante pulmón natural que había en la comarca, y que ya sufrió las causas del fuego en veranos anteriores.

Fue dominado al día siguiente después de que las llamas, avivadas por el fuerte viento, se propagaran hasta el término municipal de Oropesa.

Se calcula que se quemaron un total de 1.500 hectáreas de pinar y arbustos del Desierto de las Palmas, principalmente en el término municipal de Benicasim.

Desde los servicios forestales de Castellón se barajó la posibilidad de que pudiera tratarse de una colilla desde algún automóvil.



4. RESUMEN

4. Datos de interés

4.1. Ubicación

El parque natural del **Desierto de las Palmas** se encuentra dentro de la Comunidad Valenciana, está situado en la provincia de Castellón y está localizada en la comarca de la Plana Alta.

Castellón es una provincia del este de España. Está situada en la parte más septentrional de la Comunidad Valenciana y su capital es Castellón de la Plana. Tiene una población de 604.344 habitantes (INE 2011) y 135 municipios.

Situada al este de la Península Ibérica, limita con el mar Mediterráneo al este, y con las provincias de Tarragona al noreste, Teruel al oeste y Valencia al sur. Su costa recibe el nombre turístico de Costa del Azahar.

La Plana Alta comprende a un total de 17 municipios, en una extensión de 957 km² y con una población total de 260.063 habitantes. La principal localidad es la capital provincial, Castellón de la Plana. Limita al norte con la comarca del Bajo Maestrazgo, al este con el mar Mediterráneo, al sur con la comarca de la Plana Baja y al oeste con las comarcas del Alto Maestrazgo y el Alcaiatén.

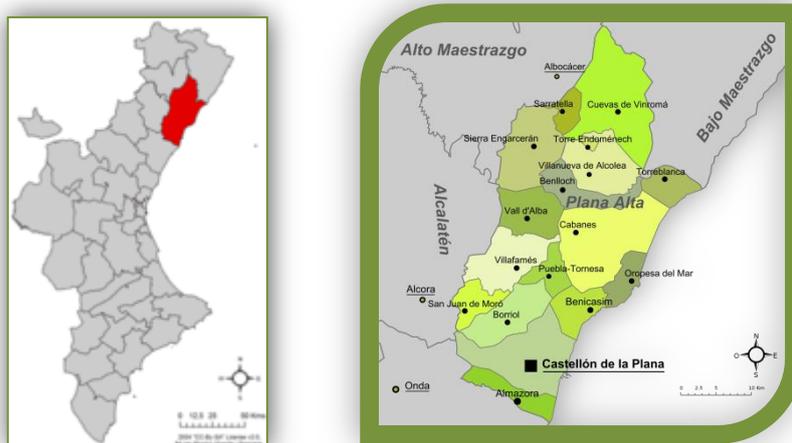


Imagen 4.1. Comunidad Valenciana (Izquierda)

Imagen 4.2. La plana Alta (Derecha)

En la comarca se encuentra la sierra del Desierto de las Palmas y por el sur el río Mijares constituye la frontera natural con la Plana Baja.

El parque ocupa parte de cinco términos municipales: Benicàssim, Cabanes, La Poble Tornesa, Borriol y Castellón de la Plana.

4.2. Descripción física

4.2.1. Orografía

Esta sierra litoral tiene como altura máxima el pico Bartolo con 729 metros sobre el nivel del mar. El parque forma parte, junto a la cercana sierra de Les Santes, de un pliegue anticlinal de materiales del paleozoico. En ella abundan las rocas de rodano y es uno de los dos únicos lugares de la provincia de Castellón donde aparecen las pizarras lo que le otorga un carácter singular dentro de la Comunidad Valenciana.

4.2.2. Climatología

El clima del Paraje se caracteriza por ser claramente mediterráneo, pero su situación cercana al mar hace que existan unas características climáticas especiales debido a los vientos de levante que, cargados de humedad, provocan nieblas permitiendo la formación de microclimas más húmedos.

La temperatura media anual es de 17.1°C y la amplitud térmica es de 14 °C. El máximo se registra en agosto con 24.7°C y el mínimo en enero con 10.6 °C. Vemos, pues, que los inviernos no son rigurosos y los veranos tampoco son muy calurosos debido a que la influencia del mar hace disminuir las oscilaciones térmicas, existiendo una gran homogeneidad de temperaturas a lo largo del año.

La precipitación media anual es cercana a los 600 mm, con máximos en primavera (mayo) y a finales de verano-otoño (septiembre). Son lluvias, a veces, de carácter torrencial, lo que provoca, en algunos lugares, problemas de erosión por arrastre de materiales. Durante los meses de verano se produce una acusada sequía, acentuada en algunas zonas del paraje debido a que en ciertos terrenos predominan los elementos gruesos, que favorecen la percolación y retienen poco el agua.

4.2.3. Fauna

Aunque el valor natural más importante del paraje es sin duda la vegetación, las poblaciones faunísticas no carecen de interés y ofrecen un muestrario típico de especies animales propias de los montes litorales de la Comunidad Valenciana. No se conocen en detalle de forma global las consecuencias para la fauna que tuvo el incendio de 1985, salvo algunos datos sobre especies particulares.

La información que se dará aquí será por tanto de tipo muy general, haciendo hincapié en la necesidad de continuar los estudios faunísticos para una adecuada conservación del espacio natural.

Los anfibios están representados por el sapo corredor, sapo común, sapo partero y la rana común, entre los reptiles tenemos el lagarto ocelado, la lagartija colilarga, la lagartija ibérica y el eslizón ibérico. Y ofidios como la culebra de herradura, culebra de escalera, culebra bastarda y la culebra lisa. Se han registrado más de 120 especies de aves, siendo el grupo de vertebrados más numeroso. En cortados rocosos se pueden observar el águila perdicera (*HIERAETUS fasciatus*), halcón peregrino (*FALCO peregrinus*), cernícalo vulgar (*FALCO tinnunculus*), búho real (*BUBO bubo*), collaba negra, roquero solitario, roquero rojo o cuervo (*CORVUS corax*). En las masas

boscosas habitan el gavilán (*ACCIPITER nisus*), paloma torcaz, búho chico (*ASIO otus*), pito real (*PICUS viridis*), torcecuello (*JYNX torquilla*), chochín, reyezuelo listado o piquituerto. Entre los mamíferos cabe destacar la presencia del jabalí (*SUS scrofa*), conejo (*ORYCTOLAGUS cuniculus*), ardilla roja (*SCIURUS vulgaris*), erizo (*ERINACEUS europaeus*), varias especies de murciélagos y carnívoros como la gineta (*GENETTA genetta*), la garduña (*MARTES foina*), la comadreja (*MUSTELA nivalis*), el tejón (*MELES meles*) y el zorro (*VULPES vulpes*).



Imágenes 4.3, 4.4, 4.5 Búho chico (Izquierda), Lagarto ocelado (Superior derecha), Torcecuellos (Inferior derecha)

4.2.4. Flora

La vegetación primitiva del Parque Natural debió de estar constituida por carrascales (encinares) litorales y alcornoques (en las zonas silíceas y húmedas del Parque) con árboles caducifolios en las mejores zonas de umbría. Los incendios han propiciado la deforestación de determinadas zonas del Parque, de ahí que el paisaje actual sea el de una comunidad vegetal en estado de regeneración, donde podemos encontrar diversos grados de desarrollo. Sí que podemos encontrar un gran número de arbustos típicos de estos bosques primitivos, como el madroño (*ARBUTUS unedo*), el brezo (*ERICA arborea*), el aladierno (*RHAMNUS alaternus*), el rusco (*RUSCUS aculeatus*), el enebro (*JUNIPERUS oxycedrus*), el lentisco (*PISTACEA lentiscus*) y el palmito (*CHAMAEROPS humilis*), o enredaderas como la rubia (*RUBIA peregrina*), la hiedra (*HEREDA helix*) o la zarzaparrilla (*SMILAX aspera*). En la actualidad, la mayor parte del territorio está ocupada por diversos tipos de matorral (coscojares, jarales, aliagares, romerales, brezales, etc.), y en menor superficie, por formaciones de pinares con especies como el pino rodeno (*PINUS pinaster*), que sólo crece en los terrenos silíceos de areniscas rojas, y el pino carrasco (*PINUS halepensis*) que habita

en cualquier tipo de suelo. Los pinos, debido a la facilidad para diseminar sus semillas, han ido colonizando las zonas agrícolas abandonadas. La complejidad botánica de los matorrales que pueblan el Desierto es grande. La vegetación actual más representativa está formada por los siguientes tipos:



Imagen 4.6 Pino Rodeno

Alcornocal: Bosque característico de los rodenos en el que el árbol dominante es el alcornoque/surera (*QUERCUS suber*). En el sotobosque arbustivo es frecuente encontrar el madroño/alborcer (*ARBUSTUS unedo*), el brezo blanco/bruc (*ERICA arborea*), el lentisco/matissa (*PISTACIA lentiscus*), el palmito/margalló (*CHAMAEROPS humilis*), etc. En sus etapas degradadas son frecuentes la jara negra/estepa negra (*CISTUS monspeliensis*), la jara rizada/estepa crespá (*CISTUS crispus*), el pino rodeno/pinastre (*PINUS pinaster*), como el visto en la imagen 4.6, etc.

Carrascal: Bosque mediterráneo abundante sobre suelos calizos, representado principalmente por la carrasca (*QUERCUS ilex subsp. ballota*), el durillo/marfull (*VIBURNUM tinus*), enebro de la miera/ginebre (*JUNIPERUS oxycedrus*), lentisco/matissa (*PISTACEA lentiscus*); una degradación de este carrascal conduce a la aparición del coscojar con lentisco, tomillares y romerales, en los que el romero/romer (*ROSMARINUS officinalis*), el brezo de invierno/bruc d'hivern (*ERICA multiflora*), la aliaga/argilaga (*ULEX parviflorus*) y la albaida/botja blanca (*ANTHYLLIS cytisoides*) son las especies más comunes.

4.3. Áreas de interés

Castillo de Miravet: Ubicado en el término municipal de Cabanes y conquistado a los árabes por el Cid en el 1091. Se piensa que Miravet, atendiendo a su etimología, debió ser un monasterio de monjes guerreros musulmanes dedicados a la Guerra Santa. De este castillo podemos destacar su buen estado de conservación.

Castillo Viejo y ermita de la Magdalena: El rey Jaume I conquistó estas tierras en el 1.233 y pocos años después autorizó la concentración de los vecinos en las tierras del llano, fecha que marca el nacimiento de una nueva ciudad bautizada como Castellón de la Plana. Cada año, y desde el 1378, se conmemora el nacimiento de esta ciudad con la romería de las Cañas donde la gente se traslada desde la ciudad de la plana hasta la ermita de la Magdalena.

Castillo de Montornés: Ubicado en el término municipal de Benicàssim, constituyó uno de los más importantes feudos árabes de estas tierras. Se trata de una construcción del siglo X, habitada hasta finales del siglo XV y testigo de importantes acontecimientos como el posible encuentro entre el rey Pedro I de Aragón y el invicto caballero Rodrigo Díaz de Vivar, el Cid, alrededor del año 1094.

Ermita de Les Santes: El ermitorio de Les Santes está situado en el barranco de Les Santes, a unos siete kilómetros de Cabanes. El obispo de Tortosa ordenó a los fieles de Cabanes reconstruir el antiguo ermitorio en ruinas y en el 1617 se colocó en el nuevo altar la imagen de Santa Lucía y Santa Águeda. Posteriormente el obispo Francisco Gavaldá Guasch donó la imagen de la Virgen del Rosario que fue proclamada patrona de la villa, conociéndose como Ntra. Sra del Buen Suceso. Actualmente la ermita de Les Santes está presidida por las tres santas mencionadas.



Imagen 4.7, 4.8 Castillo de Miravet (Izquierda), Ermita de Les Santes (Derecha)

4.4. Redes de comunicación

Al estar situado tan cerca de la capital provincial, su acceso es muy sencillo. Para ello es recomendable la carretera CV-147 que se interna en el parque a la que se puede llegar a partir de la AP-7 y la N-340 a la altura de Benicasim, dos importantes ejes que recorren la provincia de norte a sur de forma paralela al mar.

CV-147: Comienza en una glorieta en la salida norte de Castellón a la N-340, cruza mediante un paso elevado la AP-7 y se adentra de pleno en la sierra, aunque no será hasta el kilómetro 3,500 cuando entre en la parte protegida del Parque Natural del Desierto de las Palmas. La actual vía es, prácticamente en todo su trazado, una carretera de montaña, ya que tendrá que elevarse hasta casi la altitud máxima de la sierra, 729m. Durante su recorrido, la carretera cruza varias zonas edificadas, una de ellas la más importante, El Refugio, aproximadamente a la altura del kilómetro 6, o la zona del Monasterio, ya en la parte alta de la sierra (kilómetro 9), de donde parte la pista que llega al pico del parque, El Bartolo, donde se ubica el repetidor de televisión, radio y móvil de las comarcas de la zona.

Una vez atravesada esta zona, la vía comienza a descender, ya en la parte baja cruza de nuevo la AP-7 y entra en el municipio de Benicasim, donde pone punto y final al trazado.

AP-7: La autopista del Mediterráneo o AP-7 es un eje que comunica toda la costa mediterránea desde la frontera con Francia hasta Algeciras. Esta autopista forma parte de la Red de Carreteras Europeas conocida como Carretera E-15 y tiene mayoritariamente tramos de peaje y algunos libres determinados en el Real Decreto 1421/02, de 27 de diciembre. El primer tramo de la autopista se inauguró en 1969 entre Barcelona y Granollers.

N-340: La carretera N-340 (o carretera del Mediterráneo) es la más larga de las carreteras nacionales de España. Une Cádiz con Barcelona por toda la costa del Mediterráneo, atravesando diez provincias. La carretera N-340 también tiene nomenclatura europea: E-5 en el tramo Vejer de la Frontera-Algeciras.

4.5. Hojas

Las coordenadas de las esquinas de las hojas de los mapas a escala 1:25.000, son las siguientes, expresadas en la proyección UTM ETRS89, Zona 30, el sistema de referencia de todo el trabajo.

Esquina Superior Izquierda

X: 739.505,185 m

Y: 4.451.011,903 m

Esquina Inferior Derecha

X: 768.549,703 m

Y: 4.431.557,837 m

La disposición de los mapas a escalas 1:25.000 obtenido desde el centro de descargas del CNIG es la siguiente:

616 – 3 Villafamés	616 - 4 Villafamés
616 – 1 Villafamés	616 – 2 Villafamés

Finalmente adjuntamos la imagen 5.9 donde podemos observar el parque natural de El Desierto de las Palmas y los municipios a su alrededor, desde el Google Earth, los cuales se encuentran Cabanes, donde empezó el incendio y Benicassim que fue hasta donde este se extendió.

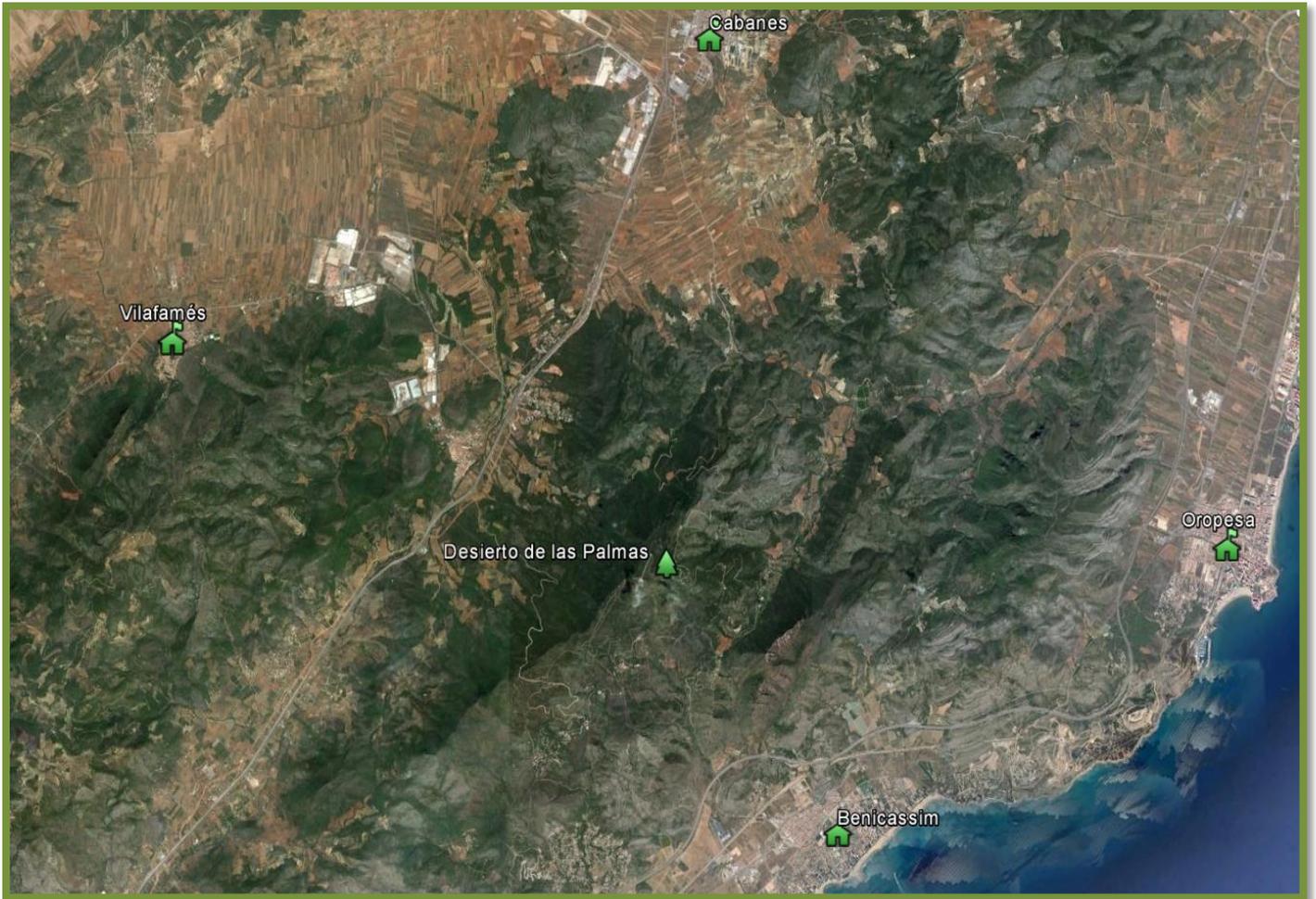


Imagen 4.9 Imagen de Google Earth de la zona de trabajo.

5. OBJETIVOS DEL TRABAJO

5. Objetivos del Trabajo

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como finalidad la elaboración de un mapa de peligro de ignición y de propagación de un incendio en la zona afectada por el incendio del Desierto de las Palmas el 6 de agosto de 1985. Es un área extensa que abarca 4 mapas a escala 1: 25.000.

La elección de esta zona se debe a que la zona ha sufrido dos incendios devastadores en el año 1985 y en el año 1992, además se consideró zona protegida después del primer incendio, y comparando con los datos recogidos de los incendios, dará una visión de lo acertado o no que es el modelo seguido.

En los mapas se va a cuantificar y a localizar los peligros de incendios forestales mediante las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con este fin, será pues, necesaria la adaptación de un modelo de cálculo, concretamente el planteado por Salas y Chuvieco, que emplea la determinación del peligro de incendio en base a la determinación del peligro de ignición y el peligro de propagación, con los cuales realizaremos un análisis exhaustivo de las posibles zonas de peligro de incendio con mayor riesgo y mediante estos resultados plantearemos soluciones para prevenir futuros incendios.

Para esto será necesario la integración de variables geográficas e información de diferentes fuentes y características. En los mapas resultantes, se va a cuantificar y localizar el peligro de ignición y propagación mediante SIG.

6. DATOS DE PARTIDA

6. Datos de partida

Los datos de partida de este proyecto son de distinta índole y provienen de distintas fuentes contrastadas. Se trata de información detallada del terreno sobre el terreno y su orografía, mapas topográficos e imágenes de satélite.

Las imágenes de satélite provienen del satélite Landsat 5 y con el sensor TM, en cuanto a la cartografía clásica se tendrán en cuenta los núcleos urbanos, las vías de comunicación, las líneas eléctricas, la hidrografía, los parques de bomberos y los puntos de agua.

También será necesario el uso del modelo digital de elevaciones, así como la vegetación existente y los usos del suelo. Por último contaremos con datos climatológicos.

6.1. Imágenes Landsat

Landsat 5 fue un satélite de órbita baja de la Tierra puesto en marcha el 1 de marzo de 1984 para recoger las imágenes de la superficie de la Tierra. A continuación del programa Landsat, Landsat 5 fue gestionado conjuntamente por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y la Administración de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Los datos de Landsat 5 se recogen y se distribuyen desde el Centro de la USGS de Recursos Observación de la Tierra y Ciencia (EROS).

Después de 29 años en el espacio, Landsat 5 fue dado de baja oficialmente el 5 de junio de 2013. Casi al final de su misión, el uso de Landsat 5 fue obstaculizado por fallas en los equipos, y fue reemplazado en gran medida por el Landsat 7 y Landsat 8. Los científicos prevén que el satélite volverá a entrar en la atmósfera de la Tierra y se desintegrará en el año 2034.

Reconocido por el Libro Guinness de los Récords como la misión más larga de satélite operacional de observación terrestre en la historia, Landsat 5 orbitaba el planeta más de 150.000 veces, mientras que la transmisión de más de 2,5 millones de imágenes de la superficie de la tierra en todo el mundo, sobreviviendo en gran medida a sus tres años vida que en principio se diseñó.

Sus características específicas son:

- El sensor TM es un avanzado sensor de barrido multiespectral, concebido para proporcionar una mayor resolución espacial, mejor discriminación espectral entre los objetos de la superficie terrestre, mayor fidelidad geométrica y mayor precisión radiométrica en relación con el sensor MSS.
- Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo térmico.
- Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e

infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo térmico.

- La escena terrestre registrada por este sensor es también de 185 km.

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (metros)	ESPECTRAL (micras)		RADIOMÉTRICA	TEMPORAL
Multiespectral	30	Banda 1 azul:	0.45 - 0.52	8 BITS	16 Días
		Banda 2 verde:	0.52 - 0.60		
		Banda 3 roja:	0.63 - 0.69		
		Banda 4 Infrarrojo cercano1:	0.76 - 0.90		
		Banda 5 Infrarrojo cercano2:	1.55 - 1.75		
		Banda 7 Infrarrojo medio:	2.08 - 2.35		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico:	10.4 - 12.5		

Tabla 6.1 Características Landsat 5

En las dos próximas imágenes podremos observar las imágenes proporcionadas por el Landsat 5 de la zona del incendio antes y después de que este ocurriera.

Las imágenes han sido descargadas de la página del gobierno de los Estados Unidos (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) en la que podemos ver la zona en la que se va a especificar este proyecto previo al incendio.

El primer paso a realizar con las imágenes es ver las diferencias entre las imágenes y con este estudio previo de la segunda imagen Landsat, poder delimitar la zona de estudio. En la segunda imagen podemos observar unos tonos más rojizos y la carencia de la vegetación que en la primera imagen se observa más extendida.

La primera imagen nos permitirá el cálculo del NDVI, a priori, en condiciones parecidas que se encontraban antes de los incendios.

Imagen Landsat 5 TM

30/09/1984



Landsat Scene Identifier: LT51980321984274XXX04

Datum: WGS 84

UTM Zone: 30

WRS Path: 198

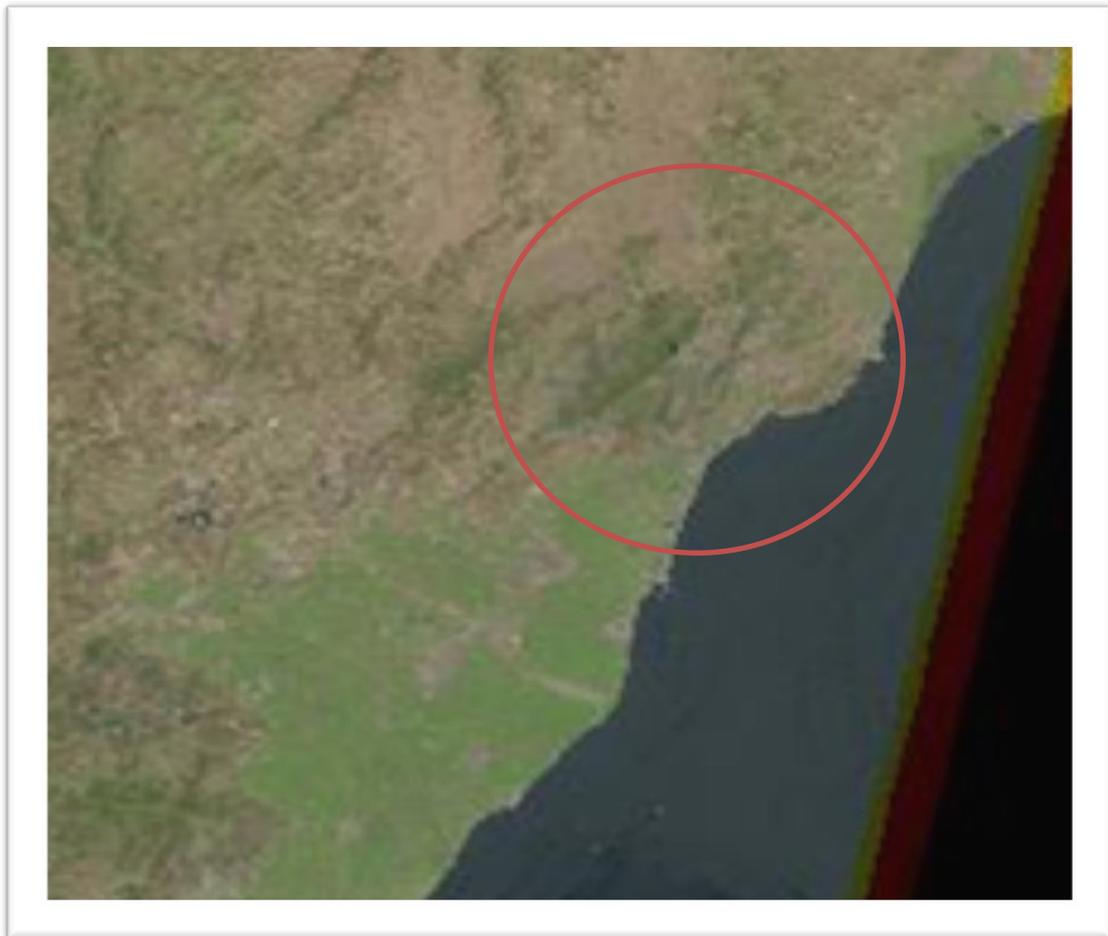
WRS Row: 032

Start Time: 1984:274:10:06:55.95225

Stop Time: 1984:274:10:07:22.56544

Imagen Landsat 5 TM

23/06/1986



Landsat Scene Identifier: LT51990321986174XXX03

Datum: WGS 84

UTM Zone: 30

WRS Path: 199

WRS Row: 032

Start Time: 1986:174:10:06:29.41463

Stop Time: 1986:174:10:06:56.06006

6.2. Cartografía utilizada

La cartografía está tomada del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que a través del centro de descargas (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>) permite su utilización.

El BCN25 (Base Cartográfica Numérica 1:25.000) es la base de datos geográfica 2D de referencia a escala 1:25.000 que cubre toda España y está formada a partir de los ficheros digitales del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000, de los que se extrae la geometría original de los elementos eliminando la simbología e información auxiliar. Desde 2006, la BCN25 está siendo sustituida por la BTN25. La unidad de descarga es un archivo ZIP que contiene diversos archivos shapefile correspondientes a cada tabla del catálogo de fenómenos.

El Sistema Geodésico de Referencia es el ETRS89 y la proyección UTM en el huso correspondiente, que es el 30

A continuación se expondrá y se comentará las diferentes características de cada uno de los datos de partida utilizados y extraídos del BCN (Hoja 616) para la realización del mapa de peligro de incendio forestal en la zona remarcada.

6.2.1. Núcleos Urbanos

Se obtendrán mediante el shapefile ENT_POB del BCN de la Hoja 616. Se trata de un tema, en forma de polígonos, en donde aparece el contorno de los núcleos urbanos de la zona de trabajo.

No se tomarán en consideración los núcleos urbanos existentes en la base de datos con áreas iguales o menores a 30.000 m²

De la tabla de atributos solo requeriremos de la información del nombre del municipio que se tenga información y el área del polígono.

6.2.2. Vías de comunicación

Se obtendrán tres capas referentes a las vías de comunicación, se trata de unas líneas que nos definen los trayectos adoptados por las principales vías de comunicación de la zona. La primera estará orientada a las vías de comunicación mayores que serán las autopistas y autovías que solo pueden ser usadas por vehículos motorizados. La segunda para las carreteras convencionales, las cuales, solo pueden ser usadas por vehículos motorizados pero siendo estas de menor tamaño y la tercera será para vías de comunicación de menor tamaño las cuales pueden ser usadas por vehículos motorizados y peatones, como caminos, sendas o pistas.

El primero se generará mediante los shapefile AUTOP_AUTOV del BCN de la Hoja 616.

El segundo se generara mediante los shapefile CARR_CONV del BCN de la Hoja 616.

El tercero se generara mediante los shapefile SENDA, CAMINO y PISTA del BCN de la Hoja 616. Para este caso no se han tomado en consideración las vías con longitud menores a 1500 metros.

De la tabla de atributos solo requeriremos de la información del nombre de la vía de comunicación, el uso de la misma, el tipo (solo para diferenciar autopistas y autovías) y la longitud.

Por último se generara otra capa para las líneas de ferrocarril. Se creara mediante el shapefile L_FEN_CONV del BCN de la Hoja 616.

6.2.3. Líneas eléctricas

Se obtendrán mediante el shapefile LIN_ELEC del BCN de la Hoja 616. Se trata de la línea más importante de equipamiento energético de la zona en cuestión.

De la tabla de atributos solo requeriremos de la información del tipo de tensión que soporta la línea y la longitud.

6.2.4. Hidrología

Se obtendrá mediante el shapefile RIO del BCN de la Hoja 616. Se trata de unas líneas que nos definen los trayectos adoptados por los cursos de los ríos existentes.

Se considerarán solo aquellos ríos que lleven caudal permanentemente, en el resto de los casos se considerará la posibilidad de incorporarlos como cortafuegos si cumplen los requisitos.

De la tabla de atributos solo requeriremos de la información del nombre del rio, estado (si tiene o no caudal) y la longitud.

6.2.5. Embalses

Se obtendrán mediante la unión del shapefile SIM_HID_ANT_BCN del BCN de la Hoja 616 y una capa creada desde Google Earth, y exportada como KML.

Se trata de un tema en forma de puntos, en donde aparecen los puntos de agua para la carga de agua de los medios aéreos. También se han considerado las piscinas como puntos de agua temporales para las épocas estivales, sin embargo estas se valoraran de forma separada con parámetros diferentes.

6.2.6. Ramblas

Se obtendrán mediante el shapefile RAMBLA del BCN de la Hoja 616. Se trata de

unas líneas que nos definen los trayectos adoptados por los límites de las Ramblas existentes. Se considerarán los cortafuegos como posibles cortafuegos después de un estudio previo, para esto se transformarán las líneas que nos definen las ramblas en polígonos.

De la tabla de atributos solo requeriremos de la información del área.

6.2.7. Vegetación

Los datos de partida provienen, como la cartografía obtenida hasta ahora, de la base de datos del IGN, proveniente del programa SIOSE.

La base de datos SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España) es la base de datos de ocupación del suelo en España a escala 1:25.000. Los Archivos geográficos se encuentran en formato shapefile (.shp) y los datos alfanuméricos en formato .mdb, ambos comprimidos en un archivo ZIP. La unidad de distribución para los archivos SHP es la comunidad autónoma.

El sistema geodésico es el ETRS89 y la proyección UTM en el huso correspondiente a cada comunidad autónoma.

Se trata de un tema, en forma de polígonos, en donde aparecen las distintas especies de vegetación registradas en el área de la zona de trabajo y nos servirá para determinar el nivel de combustible de la zona de trabajo.

6.2.8. Parques de bomberos

Los datos de partida provienen de (<http://www.plataformabomberos.com/>) donde podemos encontrar todos los parques de bomberos de España en el visualizador Google Maps. Mediante un fichero KML obtendremos los puntos de los parques de bomberos.

De la tabla de atributos solo requeriremos de la información del nombre de los parques de bomberos.

6.2.9. Modelo Digital de Elevaciones

Un modelo digital de elevaciones no es más que una representación de datos geográficos que representan una superficie tridimensional compleja. El término se aplica a todo el conjunto de valores de los datos Raster en los cuales cada celda se corresponde con una elevación del terreno. Estos valores se encuentran almacenados con una estructura regular y son dependientes de sus valores cercanos.

El modelo digital de elevaciones tiene una malla de 25x25 metros, con la misma distribución de hojas que el MTN50. El formato de archivo es ASCII matriz ESRI (asc), el sistema geodésico de referencia es el ETRS89 y la proyección UTM en el huso

correspondiente a cada hoja y también en el huso 30 extendido (para hojas situadas en los husos 29 y 31).

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

Gracias a este modelo podremos determinar los diferentes mapas temáticos con los que vamos a trabajar, como pueden ser el mapa de pendientes, el mapa de altitudes, el mapa de orientaciones y el mapa de iluminación.



Imagen 6.1 MDE Hoja 616

6.3. Datos Climatológicos

Los datos se han pedido a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) donde la agencia recoge datos diarios. En los archivos tenemos datos del observatorio, como son la localidad, municipio, provincia en la que se encuentra, así como las coordenadas de la latitud, longitud y su altura.

Estos datos cuentan con una extensión .ccv, y es necesario para su manipulación y tratamiento abrirlos con Microsoft Office Excel 2010, para poder así realizar su correcta manipulación obteniendo datos precisos.

Para la elaboración de este mapa de peligro de incendio forestal, incluiremos datos de

temperatura, precipitaciones, humedad y viento. En el mapa siguiente tenemos el emplazamiento de los distintos observatorios empleados. Hay que destacar que los observatorios se encuentran fuera del área de trabajo, pero esto se debe, a la necesidad de contar con todos los datos posibles a la hora de interpolar y obtener resultados.

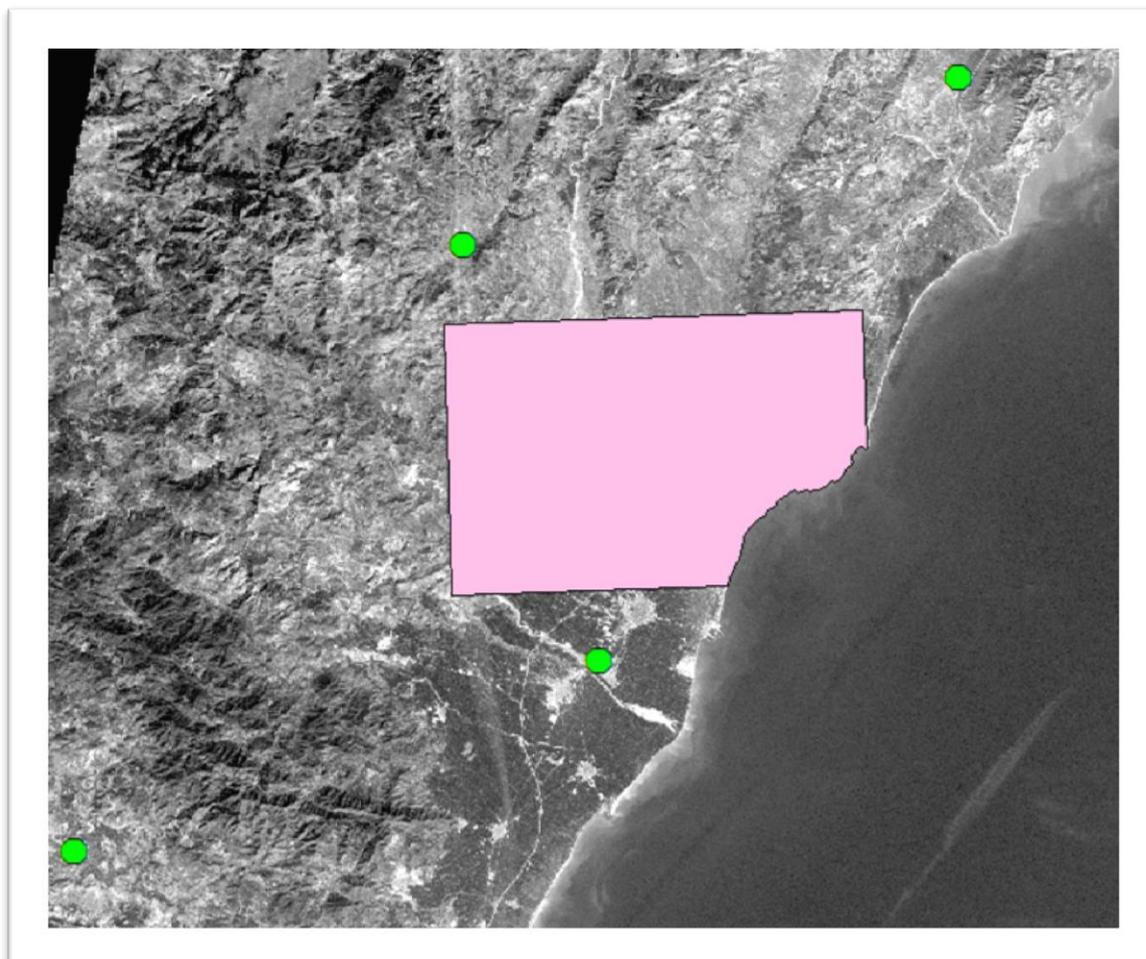


Imagen 6.2 Estaciones meteorológicas y zona de trabajo

Las estaciones que podemos observar están situadas en Atzeneta del Maestrat, Segorbe, Almazora y Alcalá de Xivert.

INDICATIVO	AÑO	MES	DIA	NOMBRE	ALTITUD	NOM_PROV	Y	X
8438	1985	8	1	SEGORBE INSTITUTO LABORAL	362	CASTELLON	4414058	714569
8492	1985	8	1	ATZENETA DEL MAESTRAT	400	CASTELLON	4455494	740848
8500A	1985	8	1	CASTELLÓN-ALMAZORA	43	CASTELLON	4427116	750113
8508A	1985	8	1	ALCALÁ DE XIVERT COOPERATIVA	155	CASTELLON	4465604	264509

Tabla 6.2 Datos de las estaciones meteorológicas proporcionadas por el AEMET

7. METODOLOGIA DE TRABAJO

7. Metodología de trabajo

7.1. Modelo propuesto

Un incendio forestal puede definirse como el fuego que se propaga, sin control, en un sistema forestal y cuya quema no cumple funciones ni objetivos de gestión, por lo que requiere trabajos de extinción. Se trata de un suceso no deseado en el que se producen una serie de consecuencias económicas y ecológicas calificadas como daños y perjuicios (Martínez, 2001).

Para reducir los efectos negativos causados por este fenómeno, un sistema de prevención de incendios forestales debe contar con instrumentos capaces de predecir su ocurrencia con un margen aceptable de probabilidad. Esta es la finalidad de los índices de riesgo de incendios, que tratan de predecir cuándo, dónde y cómo se desarrollara un incendio forestal. Las respuestas a estas preguntas determinan las épocas y zonas de peligro y la organización del sistema de defensa (Vélez, 2000).

No existe un acuerdo generalizado para el uso de los diferentes términos que definen el riesgo asociado al inicio o la propagación de los incendios forestales.

En el mundo anglosajón se utilizan, principalmente tres términos:

HAZARD, RISK y DANGER

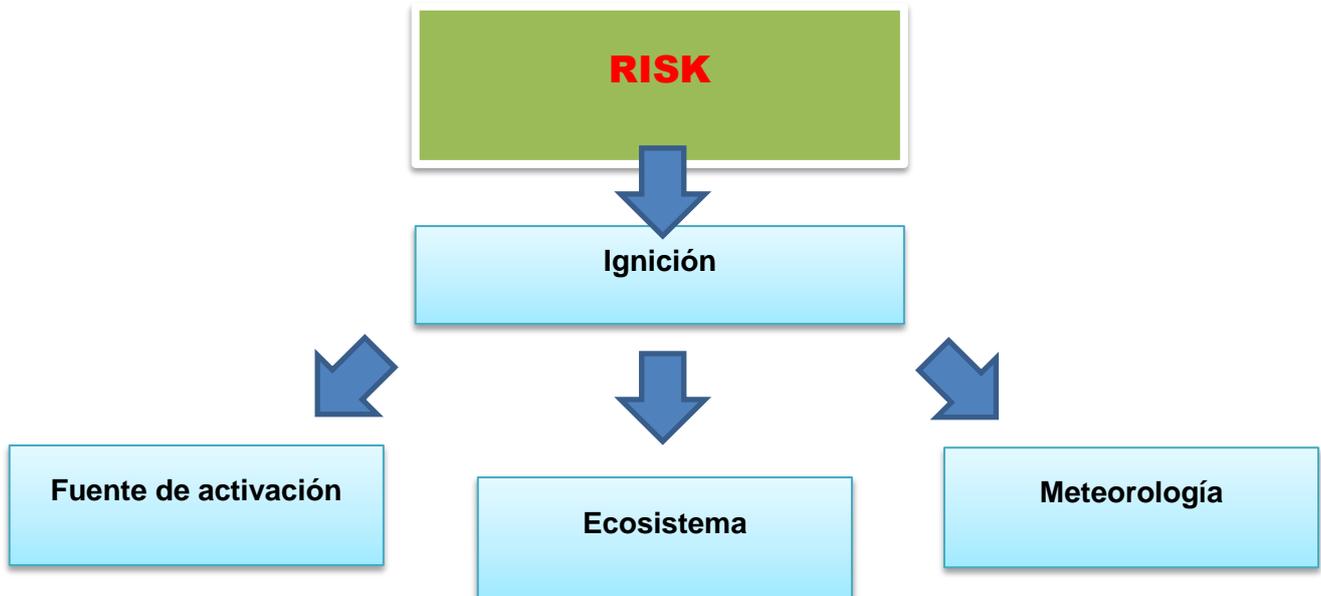
- HAZARD

El primero se define como una medida de riesgo derivado del combustible disponible, considerando la cantidad, el tipo, el contenido de humedad, etc.



- RISK

El segundo hace referencia a la probabilidad de que se produzca un incendio en un lugar y momento dado, considerando la naturaleza e incidencia de los agentes causantes. En éste juegan un papel importante las variables relacionadas con la incidencia histórica del fuego.



- DANGER

El tercero informa sobre la facilidad de ignición, la propagación y la dificultad de extinción derivada de los factores, tanto estructurales como dinámicos, que intervienen en el incendio.

Se trata de un índice que, en cierta manera, engloba a los dos anteriores, junto a otra serie de factores físicos –meteorología y topografía- que intervienen en el incendio.



Parece evidente que un buen sistema de prevención de incendios debería contar con índices de peligro que influyan, de alguna manera, todos estos componentes. En esta línea se encuentran los índices propuestos por USA, Canadá o España. En estos se incluyen una serie de factores constantes, que cambian de manera gradual con el paso del tiempo o lo hacen a muy largo plazo (pendiente, orientación, tipos de combustibles, clima, actividad humana, etc.) y una serie de factores variables, que pueden cambiar de manera rápida en un breve periodo de tiempo (velocidad del viento, temperatura, humedad del combustible, etc.)

En España, la dirección General para la Conservación de la Naturaleza (DGCN) considera el peligro de incendios forestales como “la contingencia o posibilidad de que se produzca un incendio forestal en un lugar y en un momento determinado”.

Para este proyecto vamos a utilizar el concepto de DANGER, peligro de incendio, ya que es el más completo que podemos utilizar, ya que abarca todos los ámbitos de un incendio.

Para ello, basándonos en el libro “Nuevas Tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales” de Emilio Chuvieco Salinero y María del Pilar Martín Isabel, crearemos nuestro mapa de peligros de incendios forestal. En libro se encuentran unos patrones que pueden ayudarnos a obtener un mapa de peligro de incendio forestal acertado, trabajando con diferentes variables.

Se optará por una propuesta de los principales factores que intervienen en la valoración del riesgo de incendio. Este esquema de integración de variables contempla tanto aquellas relacionadas con el desencadenamiento del fuego, como las que inciden y explican su propagación.

El anterior planeamiento conceptual pone en evidencia que el riesgo de incendio forestal puede ser estructurado teniendo en cuenta los tres componentes que lo forman: el inicio del fuego, su propagación y los daños sobre el medio. Estimar y cartografiar el riesgo de incendio supone identificar, localizar y caracterizar espacialmente estos tres componentes.

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

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

El siguiente esquema nos muestra nuestro patrón a seguir para la creación de nuestro mapa de peligro de incendio forestal de la zona de trabajo.



Una vez que las variables de riesgo han sido definidas, es necesario establecer un criterio coherente para integrarlas de la manera más apropiada. En primer lugar puesto que el objetivo es obtener un índice de riesgo sintético, las variables deben clasificarse según una escala numérica de riesgo. En muchos casos, la formulación de niveles de riesgo supone un cambio en la naturaleza del dato. Así mismo la integración de las variables en un índice único requiere que se pondere cada una de ellas en función de su importancia en la explicación de la ocurrencia del incendio.

Entre las diferentes variables de riesgo, las de carácter humano revisten una problemática específica, de gran importancia en medios mediterráneos, dado que los incendios de causa humana son dominantes en ellos. Este tipo de variables son ciertamente complejas de modelar en entornos SIG, por cuanto son muy diversas y difíciles de espacializar.

De las diferentes aproximaciones metodológicas diferentes vamos a escoger el método cuantitativo, basado en Evaluaciones Multicriterio.

Una aproximación cuantitativa para el análisis de riesgo consiste en la ponderación selectiva de las variables de riesgo. Las ponderaciones se establecen como ocurre en el caso de los modelos cuantitativos. El nivel de Riesgo se corresponde con el valor numérico del índice.

Un ejemplo de este tipo de índice es el propuesto por Salas y Chuvieco (1994)

Peligro de Ignición: (PI)

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

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

Peligro de Propagación (PP)

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

Donde V indica el tipo de modelo de combustible, S la pendiente, A la orientación, E la altitud y FB la existencia de cortafuegos (entendiendo por cortafuegos al sumatorio de las variables de los cortafuegos en sí, las vías de comunicación, los ríos y las ramblas), (CHUVIECO, E, MARTIN. 2004).

7.2. Procedimiento

La información utilizada para la realización de este trabajo de fin de carrera es de diferente índole y procedencia, y no siempre se encuentra en el formato adecuado en el que se pueda utilizar para la realización del estudio, además, trabajaremos con grandes volúmenes de información, los cuales, deberemos extraer la información necesaria y estructurarla de un modo comprensible para cualquier usuario.

El primer paso de este proyecto, es por eso, el adecuar toda la información disponible a la estructura de trabajo necesaria para llevar a cabo la realización del mapa de peligro de incendio forestal.

Para la realización de los estudios y análisis necesarios, será necesario el uso de programas de diversa índole, entre los que hay que destacar ArcGIS 10.1, Microsoft Office Excel 2010 y Google Earth, este último lo usaremos para extraer los datos de embalses de agua.

El primer paso para empezar a trabajar es delimitar la zona de trabajo. Como ya hemos explicado en anteriores páginas, el área de trabajo abarca 4 mapas a escala 1:25.000. El área de trabajo que hemos tomado es la extensión completa de estos 4 mapas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y hemos recortado por la línea de costa, ya que el mar no es un elemento necesario para nuestro estudio, con esto, abarcaremos la totalidad del incendio del Desierto de las Palmas y de los municipios afectados por este.

Es decir, creamos un contorno propio de la zona de trabajo, para poder recortar más tarde los rásters finales y así poder obtener nuestro mapa de peligro de incendio forestal.



Imagen 6.1 Zona de trabajo

Una vez delimitada la zona de trabajo crearemos una Geodatabase donde incluiremos toda la información vinculada al trabajo.

Como ya hemos dicho, mucha de la información utilizada y que obtenemos de diferentes fuentes, vienen con un gran volumen de información que muchas veces no es necesaria. Para ello vamos a extraer únicamente la información necesaria de cada variable. En la siguiente imagen podemos ver para la capa de núcleos urbanos gran parte de la información contenida en los ficheros shapefile del BCN.

501S_ENT_POB															
	Shape	ID	ELEMENTO	ID SIMPLE	MODIFICADO	ID HOJA	ID CODE	METADATO	F ALTA	F BAJA	ETIQUETA	ETIQUETAS	ETIQUETA1	SIMPLE	ETIQUETA
0	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057701		0	1/19/2009	Pou Encalbo	0			
1	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057501		0	1/19/2009	Useras / Les Useres	0			
2	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057701		0	1/19/2009	Urbanización La Foya	0			
3	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057701		0	1/19/2009	El Ventorrillo	0			
4	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057501		0	1/19/2009	Vilafamés	0			
5	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057501		0	1/19/2009	Costur	0			
6	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057501		0	1/19/2009	La Barona	0			
7	Polygon ZM	1935759	0	0	0	6161	057501		0	1/19/2009	Masdavall	0			
8	Polygon ZM	1935928	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas d'Enretor	0			
9	Polygon ZM	1935928	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masia Rabosa	0			
0	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masia Bodi	0			
1	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas de Basilio	0			
2	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masia Mateu	0			
3	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas de Granchell	0			
4	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas del Coll	0			
5	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masias Formany	0			
6	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masia Barona	0			
7	Polygon ZM	1935930	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Bodegas Forés	0			
8	Polygon ZM	1935930	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Bodega Les Useres	0			
9	Polygon ZM	1935930	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masia Antolina	0			
0	Polygon ZM	1935930	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas Blanch	0			
1	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masia Vilaret	0			
2	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas de Fonso	0			
3	Polygon ZM	1935929	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas de Solana Parro	0			
4	Polygon ZM	1935930	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Corral de la Pelechana	0			
5	Polygon ZM	1935930	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Bodega Colomé	0			
6	Polygon ZM	1935930	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Masia La Baseta	0			
7	Polygon ZM	1935932	0	0	0	6161	057901		0	1/19/2009	Mas Mes Alt	0			

Esto lo haremos mediante la creación de nuevas feature class que mediante “Load Data” uniremos únicamente los campos necesarios de los shapefile que hemos obtenido del IGN.

A continuación se muestra un resumen de los datos extraídos de la cartografía del BCN para cada capa:

7.2.1. Núcleos urbanos

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
ETIQUETA	Text
SHAPE_Length	Double
SHAPE_Area	Double

7.2.2. Vías de comunicación

- Autopistas y Autovías

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
ETIQUETA	Text
TIPO	Text
SHAPE_Length	Double

- Carreteras convencionales

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
ETIQUETA	Text
TIPO	Text
ESTADO	Text
SHAPE_Length	Double

- Caminos, Pistas y Sendas

	Field Name	Data Type
	OBJECTID	Object ID
	SHAPE	Geometry
	ETIQUETA	Text
	ESTADO	Text
	SHAPE_Length	Double

- Líneas de ferrocarril

	Field Name	Data Type
	OBJECTID	Object ID
	SHAPE	Geometry
	SHAPE_Length	Double

7.2.3. Líneas eléctricas

	Field Name	Data Type
	OBJECTID	Object ID
	SHAPE	Geometry
	TIPO	Text
	SHAPE_Length	Double

7.2.4. Hidrología

	Field Name	Data Type
	OBJECTID	Object ID
	SHAPE	Geometry
	ETIQUETA	Text
	REGIMEN	Text
	SHAPE_Length	Double

7.2.5. Parques de bomberos

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
NOMBRE	Text

Antes de comenzar es necesario referenciar y realizar ciertos ajustes de los datos a utilizar. El sistema de referencia utilizado para todo el proyecto es la proyección ETRS_1989_UTM_Zone_30, sin embargo, algunos de los datos de partida vienen en el sistema WGS 1984 (como las imágenes Landsat).

Utilizaremos la herramienta “Herramientas Administración de Datos / Proyecciones y Translaciones / Definir Proyección”, con esto, llevaremos la cartografía a la proyección que deseamos, en este caso a ETRS_1989_UTM_Zone_30.

También será necesario en algún caso realizar un remuestreo, esto será necesario para que todos nuestros ficheros Rasters tengan un tamaño de pixel de 30x30 en el caso de que no lo sean. En el caso del MDE será necesario ya que este venía con un tamaño de pixel de 25 metros.

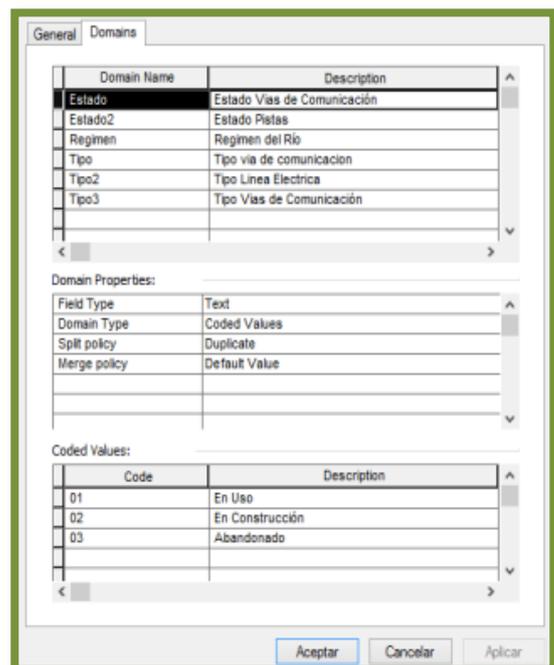
Utilizaremos la herramienta “Herramientas de Análisis de datos / Ráster / Procesamiento de Ráster / Remuestrear”, con esto todos nuestros ficheros Raster (como el MDE) tendrán el mismo tamaño de pixel.

- Cartografía

Ahora vamos a hacer un breve resumen de la metodología de trabajo seguida para la cartografía generada, en este caso tomaremos como ejemplo los núcleos urbanos, sin embargo estas operaciones (herramientas usadas, pasos a seguir, etc.) serán extrapolables a casi toda la cartografía que vamos a utilizar.

Abriremos las capas ENT_POB de las cuatro hojas del BCN25 descargadas del IGN. Para unir las bases de datos de los 4 mapas.

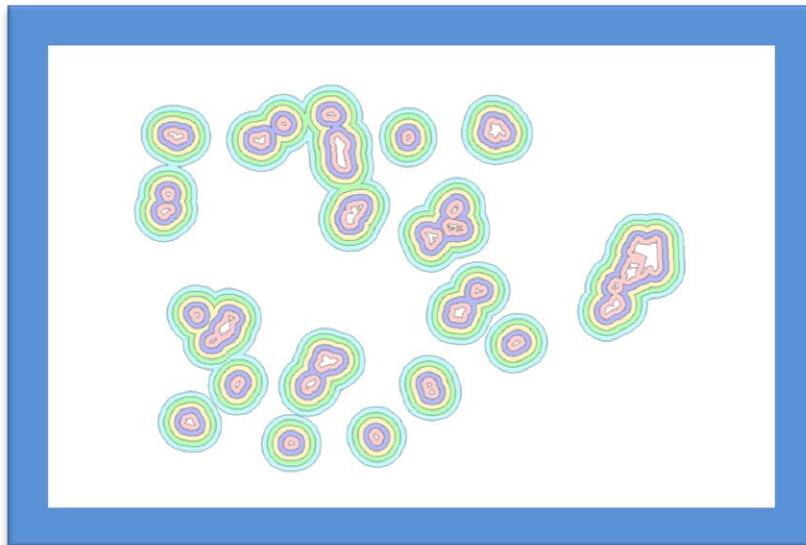
Utilizaremos la herramienta “Herramientas de Análisis de datos / General / Fusionar”, creando así una nueva Feature Class, dentro de nuestra geodatabase, que recibe el nombre de Núcleos_Urbanos. Esta nueva Feature aun



contiene todos los campos que hemos exportado de las shapefile del BCN. Para reducir esta cantidad de información y solo usar la información necesaria vamos a crear una nueva Feature Class vacía (en este caso de polígonos) dentro de la Geodatabase, especificando los campos que vamos a desear. Algunos de los campos que vamos a usar tienen una codificación numérica (Uso, Regimen, Tipo, etc.), sin embargo, queremos que esta codificación se vuelva un dato entendible para el usuario, así pues, crearemos Dominios para aquellos campos que lo requieran con la ayuda del catálogo que nos proporciona el BCN.

Una vez creada la nueva Feature Class y establecido nuestros dominios, mediante un “Load Data” exportaremos los datos que deseamos de la capa de Núcleos_Urbanos.

Cuando ya tenemos la información necesaria extraída podemos empezar a trabajar con ella. En primer lugar, como vamos a realizar áreas de peligrosidad, para ello necesitaremos realizar Buffers. Utilizaremos la herramienta de “Herramientas de Análisis / Proximidad / Zona de influencia en anillos Múltiples”, así crearemos varias zonas de influencia a distancias especificadas (en el caso de los núcleos urbanos serán cada 300 metros) alrededor de las entidades de entrada.



Seguidamente, ya podremos transformar nuestra capa Vectorial a una capa Ráster, esto será necesario para asignarle a las zonas de influencia los diferentes niveles de peligrosidad.

Utilizaremos la herramienta “Herramientas de Conversión / Ráster / De Polígono a ráster”. En este paso tendremos que tener en cuenta diversos factores, el primero será especificarle qué tamaño de celda deseamos es de 30 metros, tenemos que recordar que estamos trabajando en este tamaño para todos los archivos ráster. Y como último paso con la opción de “Entorno” podemos establecer que el tamaño del ráster final sea el mismo que el de nuestra zona de trabajo, así como establecer que el sistema de referencia sea el mismo que el de la zona de trabajo, si por el motivo que fuera este no estuviera definido aún.

Finalmente solo nos falta establecer los niveles de peligrosidad, donde para cada intervalo de nuestro ráster le establezcamos niveles de peligrosidad de 1 a 5, esto lo haremos mediante una reclasificación. Utilizaremos la herramienta “Herramientas de Spatial Analyst / Reclasificar / Reclasificar”. Hay que dar un valor 0 al NoData, para que a la hora de realizar operaciones con la calculadora Ráster no tengamos problemas.

Al ser la capa resultante mayor que la extensión de la zona de trabajo es necesario extraerla utilizando la herramienta “Herramientas de Spatial Analyst / Extracción / Extraer por Máscara”, utilizando la zona de trabajo como contorno.

Haremos esto para todas las variables que saquemos de las bases de datos, que son las vías de comunicación (Autopistas y Autovías, Carreteras convencionales y Caminos y Pistas), Líneas Eléctricas, Líneas de Ferrocarril, Embalses, Parques de Bomberos y Piscinas.

- Variables del MDE

Este procedimiento se aplica a la cartografía procedente del BCN, sin embargo, para la cartografía deriva del MDE, como son la Iluminación, Pendiente y Orientación, ya estamos trabajando con ráster.

El paso que tendremos que realizar para la obtención de las variables derivadas del MDE es aplicarles la función que necesitamos, lo único que tenemos que tener en cuenta es que el MDE este remuestreado y en la proyección ETRS 89, Huso 30.

Empezaremos por la variable de Iluminación, crea un relieve sombreado a partir de un ráster de superficie teniendo en cuenta el ángulo de la fuente de iluminación y las sombras, usaremos “Herramientas de Spatial Analyst / Superficie / Sombreado”, el rango de valores del ráster generado será de 0 a 255 donde 255 serán las zonas más iluminadas.

Para la variable de orientación identifica la dirección de la pendiente descendente de la tasa de cambio máxima en un valor desde cada celda hacia sus vecinas. La orientación puede pensarse como la dirección de la pendiente. Los valores del ráster de salida serán la dirección de brújula de la orientación, usaremos “Herramientas de Spatial Analyst / Superficie / Orientación”, donde se expresa en grados positivos de 0 a 359,9, medidos en el sentido de las agujas del reloj desde el norte. A las celdas del ráster de entrada que son planas, sin pendiente, se les asigna una orientación de -1.

Finalmente la variable de pendiente Identifica la pendiente (gradiente o tasa de cambio máximo en el valor z) desde cada celda de una superficie de ráster, usaremos “Herramientas de Spatial Analyst / Superficie / Pendiente”.

La altura no se tendrá la realización de ninguna variable del MDE ya que el propio MDE es la altura del suelo.

Una vez esto aplicaremos una reclasificación de los valores obtenidos para adecuarlos a nuestros niveles de peligrosidad. A mayor altura, a mayor iluminación o a mayor

pendiente una mayor peligrosidad y como ya hemos explicado tenemos que adecuarlo a un intervalo de 1 a 5. Volveremos a utilizar “Herramientas de Spatial Analyst / Reclassificar / Reclassificar”.

- Puntos de agua

Para la cartografía de los embalses y los parques de bomberos provienen de ficheros KML del visualizador Google Earth, ya que al no existir una base de datos de puntos de agua, se ha creado una. Para ellos hemos creado una capa donde insertaremos los puntos de agua que encontremos, como embalses artificiales o naturales o incluso un parque acuático (Podría ser de gran ayuda frente a un incendio de gran magnitud).

Para poder transformarlos a una entidad debemos usar la herramienta “Herramientas de Conversión / Desde KML / De KML a capa”, una vez ya tenemos nuestra capa de puntos solo tendremos que repetir las operaciones ya explicadas en los el apartado de cartografía, empezando por la creación de un buffer.

- Combustibilidad

Para los datos de combustibilidad partiremos del programa SIOSE. El SIOSE contiene un shapefile donde están comprendidos todos los polígonos de la comunidad valenciana de todos los tipos de cubiertas catalogados.

En primer lugar recortaremos esta capa por nuestra zona de trabajo; estos polígonos no tienen asociado a ellos ningún información relevante, es por ello que tenemos que acudir a las tablas que el SIOSE, la tabla de coberturas nos proporciona todos los tipos de suelo que podemos encontrar.

Para poder tener nuestra capa de polígonos con las tabla que contiene la información utilizaremos “Herramientas de Administración de Datos / Herramientas de Unión / Agregar Unión”, con esto ya tendremos cada polígono con el tipo de cubierta al que le corresponde. Una vez esto asignaremos los niveles de peligrosidad creando un nuevo campo de peligrosidad mediante una reclasificación, en primer lugar transformaremos la capa a ráster, recordando que tenemos que especificarle que el campo que queremos que tenga en cuenta es la peligrosidad, finalmente ya podremos reclasificar y obtener el resultado final con nuestros valores de peligrosidad de 1 a 5.

- NDVI

El índice de vegetación de diferencia normalizada se obtendrá a partir de la imagen Landsat descargada de antes del incendio, es importante saber la cantidad de vegetación que había antes del incendio. Las imágenes descargadas están divididas por bandas, al tener 7 bandas del satélite tendremos 7 ficheros TIF.

Para obtener el NDVI usaremos la herramienta de “Análisis de Imagen”, aquí podemos realizar una composición de imagen con las bandas que tenemos y posteriormente con esta composición generaremos el NDVI desde la misma herramienta, tenemos que recordar que debemos especificarle que queremos que el NDVI generado este

comprendido entre los valores de -1 y 1.

Una vez obtenido el NDVI con la herramienta de reclasificación y un estudio del histograma podremos obtener un resultado final de peligrosidad entre 1 y 5.

- Litología

Para la retención de agua en el suelo hemos trabajado con un desarrollo similar a la Combustibilidad. Nos encontramos ante una capa de polígonos donde contienen los distintos tipos de suelo, sin embargo para este caso, ya tenemos relacionada la tabla donde nos indica el tipo de suelo del que esta compuesto.

El siguiente paso ha sido mediante el apoyo de un documento donde están descritos todas la entidades de cada campo, en nuestro caso solo necesitaremos leer las entidades del campo de tipo de suelo. El siguiente paso será crear una nueva entidad de retención de agua e ir valorando los diversos tipos de suelo.

Finalmente una vez estimada la retención de agua de los distintos tipos de suelo que encontramos pasaremos esta capa a un ráster, utilizando “Herramientas de Conversión / Ráster / De Polígono a ráster”. Una vez esto ya podremos reclasificar los valores de peligrosidad de 1 a 5 como hemos estado haciendo hasta ahora, utilizando “Herramientas de Spatial Analyst / Reclasificar / Reclasificar”.

- Información meteorológica

Una vez hecho esto, es el momento de analizar los datos que tenemos de la meteorología. Estos datos toman mediciones sobre la temperatura, precipitación, viento o Humedad.

La mayoría se encuentran alejados de las masas forestales, enclavados en municipios o en embalses, por lo que es necesario realizar interpolaciones para obtener datos aprovechables. Con la interpolación se obtiene una superficie continua, que se representa a partir de un modelo ráster, en el cual es posible calcular el peligro de cada celda con los datos meteorológicos predeterminados.

Al ser una zona específica y no abarcar una gran cantidad de terreno, no contamos con un gran número de estación. Además, hay que destacar que no todas las estaciones recogen el mismo número de datos, es por ello, que tenemos un diferente número de estaciones para cada una de las variables precisadas

El primer paso para poder trabajar con los datos climatológicos que provienen de tablas Excel es el cambio de coordenadas geodésicas (latitud y longitud) a coordenadas UTM, para poder realizar la inserta de los puntos de las estaciones meteorológicas en ArcGIS. Para poder insertar estas tablas a ArcMap usaremos “Archivo / Añadir Datos / Añadir Datos XY”, esta opción nos permite exportar los puntos de las estaciones a una capa de puntos.

Una vez realizada la inserción de los puntos, el siguiente paso es determinar e sistema de interpolación de las diferentes variables.

Para ello, tendremos que probar diferentes métodos de Interpolación. En este caso, lo que creemos que se adaptan más a nuestros objetivos es por el método Inverso de la distancia Ponderada (IDW). Este método permite la generación del modelo de una forma rápida y simple. Sin embargo, se trata esencialmente de una media ponderada y, por tanto, el resultado se encuentra siempre incluido dentro del rango de variación de los datos.

Para ello, utilizaremos la herramienta “Herramientas de Geoestadística / Interpolación / IDW”. La herramienta IDW utiliza los valores medidos entorno a la ubicación de la para predecir un valor para cualquier ubicación, basado en el supuesto de que las cosas que están cerca unos de otros son más parecidos que los que están más separados.

A la hora de realizar la interpolación, en el Entorno, en la pestaña de Extensión de Procesamiento, en Extensión debemos hacer que ésta sea igual a la capa Zona de trabajo, ya que así abarcara todo el contorno del mapa, sino hiciéramos esto correremos el peligro de que parte de la zona de trabajo se quede sin datos.

Otra operación que debemos tener en cuenta, es de asignar en el desplegable que nos aparece en IDW, el configurar el radio de búsqueda, y asignarle una cantidad de puntos igual al número de estaciones.

Después debemos exportar el archivo en formato ráster y aplicar una reclasificación, como ya se ha explicado anteriormente.

8. RESULTADOS Y ANALISIS (IGNICIÓN)

8. Resultados y Análisis (Ignición)

Vamos a tener dos factores claramente diferenciados, para que se produzca en un lugar y momento determinado la ignición de la superficie forestal.

El problema principal en la previsión de incendios forestales es encuadrar la dinámica humana, especialmente presente en las zonas mediterráneas. Se han considerado así los factores territoriales, intentando evidenciar la relación ser humano-masas forestales frente a la aparición de puntos de ignición.

También la combustibilidad de los combustibles disponibles y el estado de estos.

De este modo, el peligro de ignición sólo será elevado cuando se produzca la conjunción de factores de la causalidad y el peligro asociado al estado hídrico de los combustibles.

En las siguientes páginas se va a poner de manifiesto los pasos seguidos y utilizados para adecuar y utilizar los diferentes datos y variables que servirán para la obtención del mapa de peligro de ignición.

8.1. Núcleos Urbanos

Las zonas colindantes a las zonas urbanas son las más susceptibles a ser frecuentadas por personas, también, nuestra zona de trabajo cuenta con muchas zonas de cultivo, estas son colindantes a los núcleos urbanos, sobre todo a los municipios pequeños. Como bien sabemos las quemas agrícolas y para la obtención de pastos causan más de la mitad de los incendios, y por tanto, el peligro de ignición se incrementa.

Se establece que para una distancia entre 0 y 300 metros el tráfico de personas será más continuo que en las zonas más alejadas sobre 1200 y 1500 metros.

En la tabla siguiente se muestran los intervalos de los buffers y la asignación que se ha dado a cada anillo, es decir, su valoración numérica utilizada para el mapa de peligro de ignición.

Distancia Buffer (metros)	Peligro	Valor
0 – 300	Extremo	5
300 – 600	Alto	4
600 – 900	Medio	3
900 – 1200	Bajo	2
1200 - 1500	Muy Bajo	1

8.2. Líneas eléctricas

Las líneas eléctricas en las que parte de su recorrido transcurre por zonas donde existe vegetación, algunas de ellas pasando a través del Desierto de las Palmas, estas pueden ser propensa a causar incendios forestales ya sea por el mal mantenimiento de éstas, o por la falta de limpieza de la zona adyacente, o por el salto de una chispa de las torres, o por la unión de uno o varios de los factores anteriores descritos.

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

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

Por esto, el criterio que se ha seguido para la valoración de las distancias de peligro de ignición, viene impuesta por el tamaño del pixel, ya que la distancia mínima establecida es menor que la del pixel, y es por ello que la distancia mínima será de 30 metros.

Distancia Buffer (metros)	Peligro	Valor
0 – 30	Extremo	5
30 – 60	Alto	4
60 – 90	Medio	3
90 – 120	Bajo	2
120 - 150	Muy Bajo	1

8.3. Vías de Comunicación

Continuamos insertando datos a nuestro mapa de peligro de incendio forestal. En este momento insertamos las vías de comunicación. Esta variable también hay que tenerla en cuenta como peligro de propagación, ya que puede ser la causa de propagar el fuego, o de frenarlo, al poder actuar de cortafuegos. Si se toma por su peligro de ignición, nos da una idea de la accesibilidad de la población al terreno forestal.

Es decir, hay que suponer, que al tomar las vías de comunicación como una variable para determinar el peligro de ignición es por la forma de representar la accesibilidad de la población al terreno forestal. ¿Esto que supone?, pues supone que la proximidad a las mismas es un espacio con alto riesgo de ignición, por la facilidad de lanzar objetos desde los propios vehículos, pasando por bajarse del automóvil, a internarse en las zonas colindantes.

Las vías de comunicación se distinguen en tres grupos, por márgenes de actuación:

El primero de ellos abarca las Autovías y Autopistas, las más utilizadas. Son carreteras muy concurridas, de doble sentido y doble carril, en el que predominan las rectas y las curvas suaves. Las velocidades son más altas y además cuentan con un vallado a su entorno. Circulando por autopista o autovía solo podemos inmovilizar nuestro vehículo por malestar físico de alguno de sus ocupantes, por avería o por accidente. En estos casos podremos colocar nuestro vehículo en el arcén o en la mediana. Además este tipo de vías tienen un mayor control de seguridad policial y con cámaras de seguridad vial, más que cualquier otro tipo de vía.

Por estos motivos es poco probable de que un supuesto pirómano parase en ésta, se bajase y se internase en el bosque para intentar prenderlo, así mismo, como un incendio producido por un accidente, que en este caso sería el más probable. También hay que considerar que se tratan de carreteras cuidadas que se someten a limpiezas anuales. Además como factor final la autopista A-7, la cual se encuentra en nuestra zona de trabajo, no transcurre a través del Desierto de las Palmas, esto no implica que no pueden ocurrir incendios, ya que puede propagarse a través de las zonas de cultivos, sin embargo la peligrosidad para este tipo de vías será muy escasa.

Por esto le hemos asignado una distancia mínima de 30 metros que es el tamaño mínimo de pixel.

Distancia Buffer (metros)	Peligro	Valor
0 – 30	Extremo	5
30 – 60	Alto	4
60 – 90	Medio	3
90 – 120	Bajo	2
120 - 150	Muy Bajo	1

El segundo grupo abarca las Carreteras Convencionales. La mayoría cuentan tan sólo con una calzada de doble sentido y un trazado más sinuoso que el de autopistas y autovías. No cuentan con ese vallado de delimitación, permiten el estacionamiento de los coches en la cuneta, siguen siendo las vías donde ocurren el mayor número de accidentes y permiten adentramiento en la masa forestal, además para este caso si encontramos carreteras convencionales las cuales se adentran en las zonas forestales de nuestra zona de trabajo.

Es por ello, que incluyendo el peligro de descuido humano (una colilla o un envase) y el peligro de intencionalidad, le hemos asignado un valor mayor, 60 metros.

Distancia Buffer (metros)	Peligro	Valor
0 – 60	Extremo	5
60 – 120	Alto	4
120 – 180	Medio	3
180 – 240	Bajo	2
240 - 300	Muy Bajo	1

El tercer grupo es el considerado más peligroso. Está formado por pistas, caminos y sendas forestales. Lo consideramos como el más peligroso no, por los descuidos involuntarios, que también pueden pasar, sino por el peligro de que sean intencionados ya que al ser vías menos utilizadas, alejadas de las zonas pobladas en su mayoría, son el campo perfecto para provocar un incendio intencionadamente. Es por ello que tomamos como los mayores valores de peligrosidad en vías para este caso, siendo de 90 metros.

Esto viene determinado por la facilidad de bajarnos del vehículo en cuestión y echar a andar, alejándonos del camino e internándonos en la superficie boscosa. Hay que tener en cuenta que la mayoría de caminos conducen a áreas agrícolas en las que muchas veces se producen quemas de rastrojos que en un momento dado se pueden descontrolar.

Distancia Buffer (metros)	Peligro	Valor
0 – 90	Extremo	5
90 – 180	Alto	4
180 – 270	Medio	3
270 – 360	Bajo	2
360 – 150	Muy Bajo	1

También tendremos en cuenta en este apartado las líneas de ferrocarril. Dado que los

peatones de las líneas de ferrocarril no tienen la posibilidad de acceso directo a las zonas forestales y tampoco pueden arrojar objetos, nuestros valores se restringen a la posibilidad de un accidente ferroviario los cuales no suelen ocurrir con gran frecuencia. Por esto le hemos asignado un valor de 30 metros que es el tamaño mínimo de pixel.

Distancia Buffer (metros)	Peligro	Valor
0 – 30	Extremo	5
30 – 60	Alto	4
60 – 90	Medio	3
90 – 120	Bajo	2
120 - 150	Muy Bajo	1

8.4. Cantidad de Vegetación (NDVI)

El Índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

Una de las principales aplicaciones del SIG es la vigilancia de las áreas forestales a partir de la evolución del NDVI ya que su medición permite el estudio de las variaciones temporales y espaciales de la distribución de la vegetación. Se está caracterizando la evolución “normal” del índice de vegetación diferencia normalizada NDVI para las distintas clases forestales que aparecen en nuestra cartografía digital. El problema surge debido a que un análisis aislado de los valores del NDVI no resulta suficiente para determinar el estado de los bosques, ya que el índice está ligado a la evolución climática anual, también es necesario tener un perfecto conocimiento del extenso territorio de estudio, con gran diversidad de superficies forestales y de variaciones climáticas.

El índice diferencial de la vegetación normalizada (NDVI) se calcula a partir de las medidas individuales de la siguiente manera:

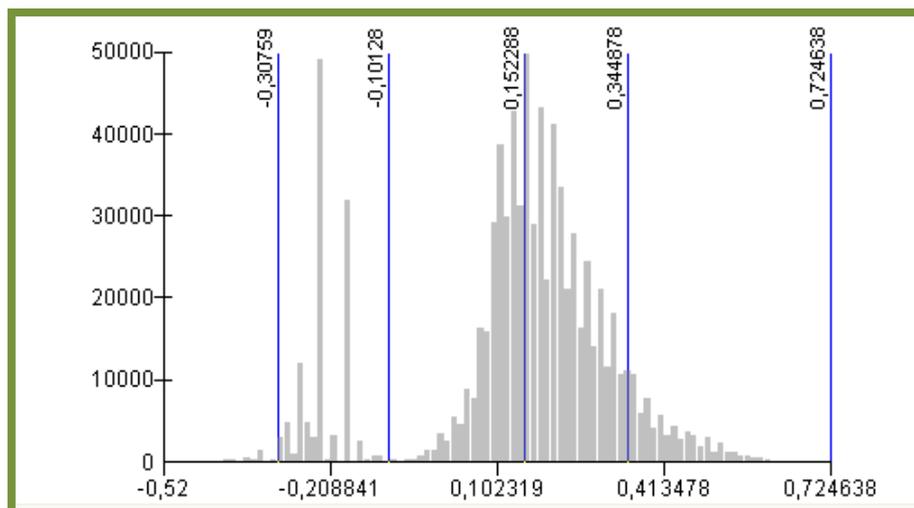
$$NDVI = \frac{IR\ cercano - Rojo}{IR\ cercano + Rojo}$$

Están basados en el alto contraste entre la banda del rojo (R) y la del infrarrojo cercano (IRC) para la vegetación viva y verde.

Por su definición los valores del NDVI varían entre +1 y -1 con valores más altos para la vegetación densa y valores muy bajos (o negativos) para nieve, agua y nubes.

Para realizar esta fase usaremos la opción de análisis de imágenes y generaremos el NDVI automático.

Para la elección de los intervalos de la clasificación de los valores de peligrosidad hemos realizado un estudio del histograma.



Podemos observar la relación de cantidad de pixeles para cada valor del mismo. Mediante una observación visual en la propia imagen del satélite podemos observar que las zonas con mayor vegetación se encuentran a partir del 0,35 y en menor proporción se encuentra desde suelo desnudo con rastros de vegetación y vegetación que no está sana desde el -0,1. Finalmente la superficie correspondiente del -0,1 hasta el -0,52 corresponde a las zonas casi libres de vegetación como pueden ser zonas urbanas, agua, suelo desnudo.

Intervalo	Peligro	Valor
-0,52 – -0,30	Muy Bajo	1
-0,30 – -0,1	Bajo	2
-0,1 – 0,15	Medio	3
0,15 – 0,35	Alto	4
0,35 – 0,73	Extremo	5

8.5. Altitud

Hay que destacar que a medida que se asciende, existe un cambio en la composición florística, una disminución de la temperatura y una concentración menor de oxígeno en la atmosfera. Todos los valores anteriormente descritos influyen negativamente en el proceso de combustión.

Las laderas se dividen en tres zonas dependiendo de la altitud:

- Parte inferior, que incluye el valle. En él las temperaturas son más altas y generalmente hay más combustible. Alta intensidad del fuego.
- Parte intermedia. Menos combustible, pero posibilidad de formación en él de un cinturón intermedio.
- Parte superior. Propagación más lenta por menos disponibilidad de combustible, pero es la zona a veces más conflictiva porque es donde ocurren cambios bruscos de viento.

También la litología del suelo cambia con la altura. Dichos cambios relacionados con la altura y el suelo, hacen que la vegetación existente y predominante sea diferente a diferentes alturas.

Las altas elevaciones de la superficie terrestre cuentan con unos niveles de oxígeno menos elevados que en alturas menores, haciendo que la combustión sea más dificultosa, es por ello que la altitud se considera como una variable que influye tanto en el peligro de ignición como en el peligro de propagación. En este caso, hay que tener en cuenta que no existen grandes altitudes que puedan influir realmente en el modelo.

El proceso diabático describe los efectos dinámicos de la atmosfera al desplazarse el aire en la vertical. En la parte baja el aire está más comprimido, es más denso, y, como consecuencia, está más caliente a causa de la actividad molecular. Al ascender, una parcela de aire se expande, se enfría y, si tiene vapor de agua, se condensa. Al descender, una parcela de aire se comprime, se calienta y, si tiene humedad, se seca.

Dado que no estamos ante una zona con grandes variaciones en la altitud los valores establecidos no tendrán una gran variación, estimaremos que cada 700 metros la temperatura y la sequedad del combustible disminuirán, ya que cada aproximadamente cada 1000 metros

Intervalo (Metros)	Mitigación de Peligro	Valor
0 – 700	Mínima	1
700 – 731	Baja	2

8.6. Iluminación

Otra variable que podemos obtener de nuestro MDE es la iluminación de las laderas. La iluminación de las diferentes laderas de las elevaciones o montañas tiene un efecto muy importante sobre la temperatura que se va a registrar y sobre el estado hídrico de los combustibles vegetales muertos. Es por ello que contamos con esta variable para nuestro mapa de peligro de ignición. Para este caso a mayor luminosidad mayor peligro, dado que estamos en el mes de agosto, la zona sur de las laderas recibirá durante mayor tiempo la luz de sol.

Ese lugar puede estar sometido a la radiación solar directa en ausencia de nubosidad. Depende directamente del ocultamiento topográfico ante una trayectoria concreta del Sol.

Intervalo (Lúmenes)	Peligro	Valor
0 – 116	Medio	3
116 – 222	Alto	4
222 – 254	Extremo	5

8.7. Precipitación

La precipitación tiene una gran influencia sobre el contenido de la humedad del combustible vivo. Los valores utilizados son las precipitaciones diarias del mes de agosto de 1985 (el mes del incendio).

Hay que tener en cuenta que la diferencia de precipitaciones existente no es muy grande, y no producirán cambio sustancial en el peligro de ignición, es por ello que la valoración establecida no tiene gran varianza.

Para la determinación del valor se ha tomado como referencia, según en España el **Instituto Nacional de Meteorología**, la intensidad de lluvia según un criterio de acumulación en una hora, aunque en nuestros cálculos se establecen mm/día.

Clase	Intensidad media en una hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	> 2 y ≤ 15
Fuertes	>15 y ≤ 30
Muy fuertes	>30 y ≤ 60
Torrenciales	>60

Sin embargo tenemos que tener en cuenta que esto es simplemente una media de la suma de las precipitaciones de los días del mes de agosto, es por eso que seguramente las lluvias han estado concentradas en un día de este mes, provocando así que el resultado final sea más desfavorable al estimado aquí.

Precipitaciones (mm/día)	Peligro	Valor
0,48 – 1,029	Extremo	5

8.8. Temperatura

El agua para cambiar de estado sólido a líquido y de éste a gaseoso requiere aporte de calor que es liberado al invertir el proceso. Cuanta más alta sea la temperatura mayor es la cantidad de humedad que puede mantener el aire.

El punto de rocío es la temperatura a la que se debe enfriar el aire para llegar al punto de saturación. La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua en un volumen de aire y la que podría mantener si estuviera saturado a la misma temperatura. Al aumentar 10° C la temperatura, la humedad relativa se reduce a la mitad.

Los efectos de la temperatura, sobre todo cuando es a la vez elevada y persistente, se traducen en una desecación progresiva de la vegetación que puede alcanzar extremos de sequía y en la aparición de corrientes de aire que se elevan desde los suelos caldeados. Tales efectos son naturalmente más acusados en los meses de verano y, dentro de ellos, a mediodía y primeras horas de la tarde.

Para la valoración hemos tenido en cuenta la media de la temperatura máxima del mes de agosto, esto es debido a que tenemos que tener en cuenta el caso más desfavorable que nos podemos encontrar.

Temperatura (°C)	Peligro	Valor
24,2 – 25	Alto	4
25 – 30,8	Extremo	5

8.9. Retención de agua del suelo

La función de absorber, retener y suministrar agua es una de las misiones ecológicas fundamentales que desempeña el suelo. En el ámbito forestal mediterráneo, en el que una parte importante de la precipitación se registra en el descanso vegetativo, la cantidad de agua que la reserva del suelo es capaz de suministrar a la vegetación limita la existencia y productividad de las especies forestales, a igualdad de condiciones climáticas.

A falta de mediciones de árboles para la estimación directa de la calidad de estación forestal, la información edafológica es capaz de justificar altos porcentajes de la variación en la productividad, siendo las propiedades hídricas del suelo componentes fundamentales de esta información.

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

Se puede generalizar afirmando que:

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

Es por ello que el peligro de ignición aumenta al existir suelos con una menor capacidad de retención de agua.

Los datos que se van a utilizar provienen de mapas a escala 1:50.000, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Los datos vienen en Hojas como en el caso de la cartografía del BCN en este caso nuestra Hoja seguirá siendo la 616.

En los tipos de suelo estudiados a continuación están compuestos por diversos tipos, sin embargo el suelo predominante siempre será el primero de ellos, teniendo mayor relevancia.

Intervalo	Peligro	Valor
0 – 0,9	Extremo	5
0,9 – 1,9	Alto	4
1,9 – 2,9	Medio	3
3	Bajo	2

TIPO DE SUELO	RETENCIÓN
Arcillas	3
Arcillas y Areniscas	2
Arcillas, Margas y Yesos	3
Areniscas	1
Areniscas y Arcillas	2
Areniscas y Margas	2
Arenas	1
Arenas, Gravas y Cantos	1
Arenas y Limos	2
Calcáreas	2
Calcareas y Areniscas	2
Calcareas y Margas	3
Calcareas y Dolomías	3
Cantos y Graveras	0
Cantos, Gravas y Arenas	1
Cantos, Gravas y Limos	1
Cantos, Gravas y Arcillas	2
Conglomerados y Areniscas	1
Conclomerados y Arcillas	2
Dolomías y Calcáreas	3
Dolomías y Margas	3
Calcarenitas	2
Limos	2
Margas	3
Pizarras y Cuarzitas	1

Riesgo de Ignición

Una vez tenemos todas las variables analizadas y preparadas para poder realizar los cálculos ya podemos obtener el mapa de peligro de ignición de incendio forestal. Como ya tenemos todas las variables reclasificadas, con los valores de peligro de ignición, podemos realizar los cálculos del mapa de peligro.

Con el apoyo de la fórmula vemos las variables requeridas, las cuales debemos introducir, sin embargo algunas de ellas adquirirán valores diferentes porque la importancia de alguna de ellas será menos relevantes que las que tienen un valor entero.

Hemos asignado un valor de 0,2 a la retención de agua del suelo ya que al tratarse de épocas estivales la relevancia del agua en el suelo será muy poca debido a las altas temperaturas.

Finalmente las vías de comunicación tienen un valor total de 1 entre todas ellas, sin embargo les hemos dado un peso diferente a cada tipo, ya que no es la misma peligrosidad una línea de ferrocarril que una pista forestal, donde es más probable que ocurra un incendio intencionado. Por eso les he asignado 0,5 a las pistas forestales 0,2 a las autopistas, autovías y carreteras convencionales y 0,1 a las líneas de ferrocarril.

Como ya hemos visto antes, la fórmula que permite el cálculo del peligro de Ignición de un incendio forestal es la siguiente:

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

Para la utilización de esta fórmula en el ArcGIS, se utiliza la herramienta Raster Calculator, ya que permite la operación

La fórmula introducida en el programa será la siguiente:

$$PI = 4 * [(\text{“Líneas Eléctricas”} + \text{“Núcleos Urbanos”} + (0,2 * \text{“Autopistas/Autovías”} + 0,2 * \text{“Carreteras Convencionales”} + 0,1 * \text{“Líneas de Ferrocarril”} + 0,5 * \text{“Sendas, Caminos y Pistas”})) / 3] + 3 * [(\text{“NDVI”} + (0,2 * \text{“Retención de agua”}) + \text{“Temperatura”} + \text{“Precipitaciones”}) / 4] + 2 * [\text{“Iluminación”}] - \text{“Altitud”}.$$

9. RESULTADOS Y ANALISIS (PROPAGACIÓN)

9. Resultados y Análisis (Propagación)

La mayor parte de los modelos de propagación del fuego están diseñados para simular condiciones locales, no regionales. En nuestro caso, se pretendía estimar de alguna forma la variación espacial, en nuestras regiones de estudio, de la capacidad de propagar el fuego.

Esto supone considerar unas condiciones determinadas de viento, factor muy variable y difícil de modelar espacialmente, La modelización se hizo considerando la peor situación para la propagación del fuego, es decir, que la velocidad del viento, la temperatura y la humedad fuese la media de las máximas para los meses de verano y mínima para la humedad. A parte de estas dos variables, los factores que más influyen en la propagación son el tipo de combustible y la humedad relativa del combustible vivo y muerto.

En las páginas siguientes se va a explicar cómo hemos trabajado y adecuado la información existente, que permiten obtener variables que servirán para obtener el mapa de peligro de propagación.

9.1. Combustibilidad

Hay que destacar que para que se produzca un fuego, no solo se tiene que iniciar éste en sí, sino también hay que tener en cuenta la vegetación circundante. Y hay que tener en cuenta que dependiendo de los diferentes tipos de vegetación el fuego se comporta de una u otra forma.

El parámetro que describe este comportamiento de propagación del fuego en función del tipo de vegetación es la combustibilidad.

Para tipificar la combustibilidad del fuego que se va a utilizar es el de Rothermel (1972) planteado en la obra de ACALAZ ARIZA, F. Este modelo es el utilizado por la comunidad Valenciana, (plan básico de actuaciones de prevención de incendios forestales en el ámbito de los parques de la Comunidad Valenciana). Se suponen un total de 13 modelos de combustible agrupados en 4 grandes grupos.

TIPO	CARACTERISTICAS
PASTOS	
1	Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo. Pueden aparecer algunas plantas leñosas dispersas ocupando menos de un tercio de la superficie
2	Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo. Las plantas leñosas dispersas cubren de uno a dos tercios de la superficie, pero la propagación se dará por el pasto.
3	Pasto grueso, denso, seco y alto. Sabanas y espartales, así como herbazales de humedales. Algunos incluyen los campos de cereales.
MATORRAL	
4	Matorral o plantación joven, muy densa; de más de 2 metros de altura; con ramas muertas en su interior. Propagación del fuego por las copas de las plantas 23 25 t/Ha
5	Matorral denso verde, de menos de 1 metro de altura. Propagación del fuego por la hojarasca y el pasto. 5 - 8 t/Ha
6	Parecido al anterior, pero con especies más inflamables o con restos de corta y con plantas de mayor talla. El fuego se puede propagar con vientos moderados a fuertes. 10 - 15
7	Matorral de especies muy inflamables; de 0,5 a 2 metros de altura; situado como sotobosque de masas coníferas. 10 - 15 t/Ha
HOJARASCA BAJO ARBOLADO	
8	Bosque denso, sin matorral. Propagación del fuego por hojarasca muy compacta. 12 - 12 t/Ha
9	Parecido al modelo 8, pero con hojarasca menos compacta o pastizal. Pinares de hoja grande, como Pinus Pinaster. 7 - 9 t/Ha
10	Matorral de especies muy inflamable; de 0,5 a 2 metros de altura; situado como sotobosque de masas coníferas. 10 - 15 t/Ha
RESTOS, CORTAS Y OPERACIONES SILVICOLAS	
11	Bosque claro o fuertemente aclarado, Restos de poda o aclarado con plantas herbáceas rebrotando. 25 - 35t/Ha
12	Predominio de los restos sobre el arbolado. Restos de poda o aclareo cubriendo el suelo. 50 - 80 t/Ha
13	Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados repartidos por todo el suelo. 100 - 150 t/Ha

Una vez establecidos los 13 modelos de combustibles podremos otorgarle los valores de peligrosidad. Del programa SIOSE, nos descargamos todas las áreas de nuestra zona de trabajo donde encontramos los distintos tipos de cubierta. Estas cubiertas abarcan una amplia gama de posibilidades ya que no solo estima el tipo de cubierta que hay sino también el % que hay de cada una. Dado que nos encontramos con la problemática de la gran variedad de cubiertas hemos estimado unos valores de peligrosidad fijos siempre que el suelo predominante se igual o mayor al 70% y para todas aquellas que no lo cumplen se han asignado un criterio in situ dependiendo de los tipos de cubierta encontrados.

No obstante las valoraciones se han basado en el siguiente criterio:

Cubierta	Peligro	Valor
Pastos	Extremo	5
Matorral	Extremo	5
Coníferas	Extremo	5
Cultivos de regadío	Medio	3
Cultivos de secano	Alto	4
Suelo Urbano	Nulo	0
Arbolado forestal	Extremo	5
Fronosas Caducifolias	Extremo	5
Fronosas Perennifolias	Extremo	5
Suelo Desnudo	Nulo	0
Suelo no Edificado	Muy Bajo	1

Las cubiertas aquí mostradas son las predominantes en la zona de estudio, aunque también con menor cantidad encontrábamos algunas cubiertas como agua o edificaciones las cuales se les ha asignado un valor de 0. También tenemos que matizar que las zonas aquí expuestas componen la mayor parte de la zona de trabajo pero también se encuentran cubiertas como, zonas rocosas, marismas, Olivares, etc; las cuales hemos ido asignando los valores que creíamos necesarios dependiendo del grado de composición de las cubiertas.

9.2. Pendiente

La pendiente es el ángulo de inclinación que presenta un área con respecto al plano horizontal y se la mide en Grados. En nuestro trabajo es útil conocer el “Porcentaje de Pendiente”

La variable de la pendiente es el factor topográfico más característico en el comportamiento de los incendios forestales, afectando en gran medida a la propagación de un incendio forestal.

Con pendiente fuerte se acelera la propagación, ya que los combustibles están más cerca de las llamas, el precalentamiento del combustible es más rápido, la velocidad del viento aumenta y se desarrolla rápidamente la columna de convección.

En las pendientes soleadas se originan vientos convectivos locales ascendentes (aire calentado por el terreno) durante el día, y por lo tanto el fuego tiende a subir rápidamente. A la acción de los vientos ascendentes se le suman la rápida desecación y el precalentamiento de los combustibles ubicados cuesta arriba por efectos de la radiación y de los gases calientes de la columna convectiva. En estos casos también es común observar el desprendimiento de chispas o pavesas que provocan focos secundarios fuera del perímetro, acelerando la tasa de crecimiento del fuego. Durante la noche, cuando el terreno se enfría, es factible que aparezcan vientos locales descendentes (aire frío que cae de las partes altas), que frenarán el avance del fuego o lo harán bajar en la cola o los flancos.

Finalmente la vegetación no es capaz de establecerse en laderas verticales, es por eso que a pesar que a mayor pendiente el peligro de propagación es mayor, también tenemos que a una pendiente muy pronunciada la vegetación deja de existir y la peligrosidad será nula.

Intervalo (%)	Peligro	Valor
0 – 10	Muy Bajo	1
10 – 30	Bajo	2
30 – 40	Medio	3
40 – 60	Alto	4
60 – 80	Extremo	5
>80	Nulo	0

9.3. Orientación

En los meses de verano, en el hemisferio norte los rayos solares inciden con mayor proporción sobre las elevaciones con orientación Norte, consiguiendo de esta forma, una mayor concentración de los rayos, teniendo un gran efecto sobre la temperatura y la humedad del ambiente, siendo así, un factor fundamental en el desarrollo de la vegetación que cubre y del estado hídrico de los combustible.

Así mismo, los vientos provenientes del Sur se consideran vientos cálidos y secos y, a veces cargados de polvo que a menudo recubre el más fresco y húmedo aire de la superficie, provocando un aumento de la temperatura, disminución de la humedad y trayendo consigo un aumento considerable de sequedad en el combustible.

Es por ellos, que es una variable muy a tener en cuenta, puesto que interfiere en gran medida en la vegetación de las laderas tanto Norte como Sur

De todas formas, en el clima mediterráneo y en las zona de trabajo la diferencia entre la orientación de la ladera sea esta norte o sur no varía en una gran medida, por ello se le asigna unos valores no muy diferenciados.

Intervalo (°)	Orientación	Peligro	Valor
0 – 22,5	NORTE	Medio	3
22,5 – 67,5	NORDESTE	Medio	3
67,5 – 112,5	ESTE	Alto	4
112,5 – 157,5	SUDESTE	Extremo	5
157,5 – 202,5	SUR	Extremo	5
202,5 – 247,5	SUDOESTE	Extremo	5
247,5 – 292,5	OESTE	Alto	4
292,5 – 337,5	NOROESTE	Medio	3
337,5 – 360	NORTE	Medio	3
-1	PLANO	Alto	4

9.4. Parques de Bomberos

Los bomberos son las profesiones en detención de un incendio, y forman parte activa en su extinción. Es por ello que se cree conveniente la integración de este mapa a la determinación del peligro de propagación.

Se ha creído conveniente la determinación de unas áreas de influencia de 5 kilómetros, puesto que pese a estar no muy alejadas de los parques, las vías de comunicación en la gran mayoría de los casos no son en línea recta, y el factor de la accesibilidad a las diferentes zonas se considera un factor importante.

Distancia Buffer (Km)	Mitigación del Peligro	Valor
0 – 5	Máxima	5
5 – 10	Alta	4
10 – 15	Media	3
15 – 20	Baja	2
20 – 25	Mínima	1

9.5. Puntos de agua

El agua es un elemento fundamental en las labores de extinción de incendios forestales. En el entorno mediterráneo la disponibilidad de agua en el ámbito forestal se ve en numerosas ocasiones limitada, bien por su inexistencia, bien por la falta de acceso adecuado para los medios de extinción. Los puntos de agua artificiales para la extinción de incendios forestales se construyen con objeto de mejorar el acceso de los medios de extinción a dicho recurso, permitiendo reducir los tiempos de desplazamiento y carga. Por tanto, es necesario establecer los condicionantes que deben regir la ubicación y características técnicas de estos puntos de agua.

Repartidos por el territorio, existen diferentes puntos, ya sean naturales o artificiales donde se acumula el agua; todos ellos son susceptibles de integrarse o formar parte de la red óptima de puntos de agua, siempre que los medios de extinción puedan hacer uso de ellos en condiciones de seguridad. En nuestro trabajo hemos dividido los puntos de agua en dos categorías:

- Puntos de agua de uso múltiple: aquellos que han sido construidos para almacenar agua pero con fines distintos a la extinción de incendios, o bien puntos de agua de origen natural. En nuestro caso encontramos, lagos, embalses y hasta un parque acuático
- Piscinas: Se han establecido como puntos de recogida limitada, pero en casos de extrema necesidad bastante útiles, ya que al tratarse de zonas donde abundan los chalets podemos disponer de una gran cantidad. Los valores de mitigación serán inferiores no solo por la limitación de las cargas de agua sino también por la disposición de estas que se reduce a las épocas estivales.

Distancia Buffer (Km)	Mitigación del Peligro	Valor
0 – 2	Máxima	5
2 – 4	Alta	4
4 – 6	Media	3
6 – 8	Baja	2
8 – 10	Mínima	1

Distancia Buffer (m)	Mitigación del Peligro	Valor
0 – 400	Máxima	5
400 – 800	Alta	4
800 – 1200	Media	3
1200 – 1600	Baja	2
1600 – 2000	Mínima	1

9.6. Cortafuegos, Hidrología y Vías de comunicación

Se entiende por área cortafuegos o elemento de ruptura a una superficie relativamente ancha en la que la vegetación natural, densa y muy inflamable, se modifica para conseguir otra vegetación de menor biomasa o menos inflamable, con el fin de que se detengan los fuegos de suelo que lleguen hasta ella o puedan controlarse más fácilmente, sirviendo de base para establecer líneas de defensa.

Las áreas cortafuegos son actuaciones que se incluyen dentro de la selvicultura preventiva. Consisten en realizar tratamientos silvícolas de carácter lineal y de anchura variable, que generalmente se apoyan sobre caminos o barreras naturales existentes, siendo su objetivo transformar el modelo de combustible inicial a otro cuya combustibilidad sea inferior, de forma que se modifique el comportamiento del fuego permitiendo que la actuación de los medios de extinción sea más segura y eficaz.

En este caso las ramblas ocupan una extensión de terreno suficientemente ancha como para ser consideradas cortafuegos. Es por ello que se deben tener en cuenta.

Como elementos artificiales con función de cortafuegos tomamos las vías de comunicación como medio de extinción pasivo, hay que tener en cuenta su anchura. Solo pueden tomar la consideración de ser tomadas para este fin, vías con una anchura determinada. De los datos de vías de comunicación con los que se ha trabajado solo se tendrá en consideración las carreteras convencionales y las autopistas y autovías.

Por ello se abre las capas de vías de comunicación, y le estableceremos una mitigación del peligro total ya que carece de cualquier factor para la propagación de un incendio, recordando siempre y cuando cumpla la anchura mínima que son 30 metros.

La última variable con la que vamos a trabajar en nuestro mapa de cortafuegos es la hidrología.

Primero de todo tenemos que descartar todos aquellos que no carecen de un flujo de agua en todo el año. Una vez hecho esto, se deberá abrir la tabla de atributos de los ríos para ejercer una purga de todo aquello que no cumpla lo anteriormente citado.

La mitigación de esta última variable será media dado que los ríos que hemos incluido no siempre portan caudal y por tanto corremos un riesgo que no ejerzan la función de cortafuegos en determinadas épocas del año.

Cortafuegos	Mitigación del Peligro	Valor
Vías de Comunicación	Máxima	5
Hidrología	Media	3
Cortafuegos	Máxima	5

9.7. Viento

Para determinar el impacto del viento en la propagación del fuego vamos a tener en cuenta dos variables muy importantes que son la velocidad y la dirección del viento.

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

El viento predominante en la zona de trabajo es claramente el viento de levante, este viento nace en el Mediterráneo central y en las proximidades de las Islas Baleares y alcanza su mayor velocidad al atravesar el estrecho de Gibraltar. Estos vientos suelen ser fuertes y cálidos.

Para la velocidad del viento hemos usado una clasificación previa de los tipos de velocidades de vientos.

Velocidad del viento (Km/h)	Indicación	Concepto/ valoración
0 - 2	El humo asciende verticalmente	tranquilo
2 - 5	El humo se desvía suavemente hacia un lado	suave
6 - 12	El viento se percibe en la piel	suave
13 - 20	Se mueven banderas ligeras	moderado
21 - 29	Se mueve polvo y papeles	moderado
30 - 39	Pequeños árboles empiezan a mecerse al viento	vivo
40 - 50	Los paraguas ya no se pueden utilizar	fuerte
51 - 61	Todos los árboles se mueven fuertemente / ya cuesta trabajo moverse contra la dirección del viento	fuerte
62 - 74	Las astas de los árboles se quiebran	muy fuerte
75 - 87	Pueden presentarse daños importantes en edificios	muy fuerte
88 - 101	Pueden presentarse los peores daños en edificios	masivo

Con esto podemos establecer los valores para las dos variables del viento.

Velocidad (km/h)	Peligro	Valor
27,5 - 30,8	Medio	3

Dirección (º)	Peligro	Valor
12 - 15	Bajo	2

9.8. Humedad

La tendencia de los vegetales leñosos es la de buscar el estado de equilibrio de humedad con el medio circundante y recordando que sus resistencia a arder está en función del agua que contienen. Por lo tanto, es evidente la influencia de la humedad en la propagación del fuego si bien sus efectos son más atenuados que los del viento o la pendiente. Teniendo en cuenta el proceso de combustión:

Los combustibles secos arden más deprisa, porque pueden pasar antes de los 200 °C.

Si el aire es seco, la combustión es más rápida, porque absorbe el vapor de agua desprendido por el combustible. Hemos escogido la humedad en las horas más calurosas que en este caso es la 13:00.

Humedad	Mitigación del Peligro	Valor
52,8 – 55,2	Media	3

Riesgo de Propagación

Una vez se tienen todas las variables analizadas y predispuesta para la realización de los cálculos, se obtiene el mapa de peligro de propagación de incendios forestal. Ya que existe una reclasificación en las variables de peligro, es posible la realización de los cálculos. Como ya se ha visto antes, la fórmula utilizada para la determinación del peligro de propagación de incendio forestal es la siguiente:

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

Para la utilización de esta fórmula en el ArcGIS, se utiliza la herramienta Raster Calculator, ya que permite la operación.

La fórmula introducida en el programa será la siguiente:

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

Como en el caso de la ignición para este caso hemos tenido en cuenta ciertos valores como la dirección y velocidad del viento el cual consideramos como mucho más relevante la velocidad del viento, ya a la hora de una propagación más rápida y dificultar la extinción del incendio puede ser el factor más relevante en el viento. Así mismo para los puntos de recogida de agua se le a dado un mayor peso a los embalses ya que las piscinas, pueden estar vacías y solo serán utilizadas en caso de extrema necesidad, además solo están llenas en épocas estivales.

10. PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL

10. Peligro de Incendio Forestal

Finalmente obtendremos el resultado final que será las zonas donde serán enfatizadas las zonas donde mayor peligro tendrá de que se inicie un incendio y a su vez tengan una alta propagación a su alrededor, esto significaría zonas donde el incendio podría causar grandes daños.

Para la obtención de este resultado final solo tendremos que sumar el riesgo de ignición con el riesgo de propagación.

Para la utilización de esta fórmula en el ArcGIS, se utiliza la herramienta Raster Calculator, ya que permite la operación.

La fórmula introducida en el programa será la siguiente:

P.I.F. = Peligro de Ignición + Peligro de Propagación

11. AREAS AFECTADAS POR EL INCENDIO

11. Áreas afectadas por el Incendio

Como análisis final vamos a hacer una comparación con el área quemada y valorar la exactitud y fiabilidad del mapa creado. Para esto, delimitaremos el área donde observaremos el área quemada y se crearán dos mapas para poder observar la diferencia entre la vegetación perdida de antes y después del incendio.

Para esta operación usaremos una combinación de bandas donde podamos apreciar mejor la cantidad de vegetación perdida, las cuales serán la Banda 4 para el rojo, la Banda 3 para el verde y la Banda 2 para el Azul. Con esta combinación observaremos unas tonalidades de rojo intenso para aquellas áreas de vegetación, las cuales para la segunda imagen podemos observar que gran parte de esta vegetación desaparece y por tanto la tonalidad rojiza también. Una vez obtenida el área quemada añadiremos este al nuestro resultado final para poder ver la peligrosidad dentro de esta área y poder determinar los riesgos que tenía esa zona de quemarse.

Si nos centramos en la comparación del área afectada a nivel de propagación vemos que la peligrosidad es bastante alta, esto nos indica que esa zona corre un gran riesgo de quemarse con gran facilidad, sobre todo si las condiciones no son favorables, como el día del incendio, a esto tenemos que añadir que muchos puntos de agua están alejados de la zona donde el incendio empezó a propagarse y a cada paso que este da la situación para poder controlarlo es más complicada, tenemos que añadirle que se produjo en la cara sur de la ladera donde tanto la iluminación como la orientación tienen un mayor índice de peligrosidad por estar en épocas estivales.

Si nos centramos en el plano de riesgo de incendio, podemos observar que el foco del incendio está, en zonas de alta peligrosidad debido a la presencia del ser humano, el cual fue el causante del incendio.

Podemos concluir que los resultados finales obtenidos son de una gran exactitud, ya que podemos observar que el área afectada por el incendio de 1985 está ubicada en zonas de alta peligrosidad, especialmente por zonas influidas por el ser humano y de falta de medios de mitigación.

12. ANALISIS Y CONCLUSIONES FINALES

12. Análisis y conclusiones finales

Vamos a realizar un breve análisis de la obtención de los datos, de la metodología escogida, de los resultados finales obtenidos y del flujo de trabajo.

En primer lugar la obtención de los datos ha sido un trabajo laborioso, empezando por la imágenes Landsat, tenemos que tener en cuenta que las imágenes tienen que estar sacadas un día despejado para no tener presencia de nubes y poder trabajar con ellas, esto parece tarea fácil pero se requiere de tiempo para encontrar fechas cercanas al incendio y que se cumplan estas condiciones, otro factor a tener en cuenta es que el sensor del satélite nos proporcione una imagen nítida sin errores, como ocurre con el bandeo del Landsat 7 el cual tuvimos que descartar por estos motivos.

La descarga de los datos del IGN no supuso ningún problema, solo era necesario saber el número de hoja de la zona de trabajo y la obtención de la cartografía, del MDE y del SIOSE fue una rápida descarga.

Finalmente los datos más costosos de conseguir fueron los pedidos a la AEMET, los cuales tuvieron que ser pedidos por correo y abonando un importe, sin embargo los datos fueron facilitados sin ningún problema.

Este trabajo ha sido una modificación del modelo propuesto de Salas y Chuvieco, sin embargo, este tipo de trabajos pueden tener una gran evolución al sufrir nuevas modificaciones los modelos ya propuestos y así poder tener una gran mejoría. El trabajo realizado hemos modificado algunas variables y añadido otras para que el resultado final tuviera una mayor fiabilidad

Así pues, si añadimos un equipo multidisciplinar podemos llegar a obtener valores de las zonas de estudio con una gran fiabilidad y poder estimar unos valores muchísimo más precisos y fiables, en conclusión este tipo de trabajos pueden sufrir multitud de transformaciones que como resultado final nos da una mejoría de la metodología.

En el análisis de los resultados empezaremos por el mapa de riesgo de ignición, vemos claramente como las zonas de mayor riesgo de ignición están centradas cerca de los núcleos urbanos y de las vías de comunicación. Se sabe que la mayoría de las vías de comunicación pasan por los núcleos urbanos, es por esto que adquieren ese valor tan alto de peligrosidad. Todo esto es la causa de que al método usado les damos un valor muy alto a todos los factores humanos y mucho menores a las variables meteorológicas o topográficas, las cuales no tienen una gran relevancia en nuestro resultado.

Analizando el plano de riesgo de propagación ocurre todo lo contrario, observamos que tanto el combustible, como la topografía y climatología tienen un papel muy importante y al tratarse de un mes de agosto donde las condiciones son muy desfavorables obtenemos como resultado unos valores de riesgo muy altos en gran parte de nuestra zona, sin embargo, en este caso nuestras vías de comunicación y la hidrología nos crean unas zonas de un riesgo bajo ya que en vez de ser la fuente de peligro son todo lo contrario, un fuente de mitigación. También muchos puntos de

agua, como el parque acuático de Benicassim o las piscinas de los chalets, crean una mitigación del peligro cerca de algunos municipios.

Sin embargo el resultado del riesgo de propagación y el riesgo de ignición no son inversos aunque el análisis realizado nos de esa impresión. Se puede observar a simple vista al comparar los dos mapas que hay muchos puntos conflictivos en ambos planos, así pues ahora tendremos que analizar el resultado final donde podremos ver los puntos de mayor riesgo.

Como resultado final podemos observar que el factor humano sigue teniendo una gran relevancia y es el mayor de los problemas, además a esto se le suma el problema de la propagación el cual extiende nuestras áreas de peligro en los núcleos urbanos y algunas vías de comunicación como sendas o las líneas eléctricas. También podemos observar que la topografía y climatología ha derivado en un aumento de la peligrosidad final de muchas zonas forestales, que aunque no son los valores más altos tienen un alto nivel de peligrosidad. La fiabilidad final de trabajo es bastante buena como ya hemos explicado en el apartado anterior, esto se puede ver al comparar los resultados obtenidos con el incendio que ocurrió en 1985.

Con todo esto podemos concluir que este estudio nos define las zonas donde tendremos que implementar sistemas para mitigar el peligro de incendio. Estos pueden ser nuevos puntos de agua, parques de bomberos, guardias forestales y campañas de concienciación, sobre todo en los municipios situados al norte como pueden ser Cabanes, Useras, Montalba o Vilafamés ya que no disponen de puntos de agua cercanos y así poder prevenir cualquier incidente de ignición y en el caso de las áreas forestales podemos implementar algún cortafuegos artificial y crear nuevas brigadas de recogida de combustible seco, mitigando así la posibilidad de propagación en caso de incendio.

13. AGRADECIMIENTOS

13. Agradecimientos

Quiero agradecer a mis tutores Alfonso Fernández Sarriá y a María Joaquina Porres de la Haza por el tiempo que han invertido en ayudarme a resolver todas las dudas y por su ayuda para obtener toda la información necesaria.

También quiero agradecer a mis compañeros de trabajo Bárbara Martínez Botella y Fran Mas Pons quienes hemos compartido muchas horas de trabajo juntos y hemos debatido y argumentado infinidad de dudas.

Finalmente también quiero agradecer a todos los organismos que comparten la información y con los cuales poder realizar el trabajo, especialmente a la Agencia Estatal de Meteorología por facilitarnos los datos meteorológicos

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

14. Referencias Bibliográficas

Documentos consultados:

- CHUVIECO, E. Y MARTÍN M.P.2004. Nuevas Tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- ADRIAN JORDAN TABLADO. Plan de Defensa Contra Incendios Forestales en el Parque Natural Serranía Alta de Cuenca.
- T.CARBALLAS FERNANDEZ. Los incendios Forestales.
- FRANCISCO NAVARRO. El Triángulo de fuego y el Tetraedro de fuego.
- GOBIERNO DE ESPAÑA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Los incendios Forestales en España. Decenios 2001 – 2010..
- JOSE M. MORENO. Impacto sobre los riesgos naturales de origen climático. Riesgo de incendio forestal.
- Merche B. Bodí1, Artemi Cerdà, Jorge Mataix-Solera, Stefan H. Doerr. Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea.
- YVES VIROT. Convivir con los incendios forestales. Lo que nos revela la ciencia.
- Modelos de Combustibles Rothermel, 1972.

Principales páginas webs consultadas:

- <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- <http://www.ign.es/ign/main/index.do>
- <http://www.igme.es/>
- <http://www.aemet.es/es/portada>
- <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9526/Completo.pdf>
- http://www.112cv.com/ilive/download/ISUM/2012-05/25/PE_Incendios.pdf?ISUM
- <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/bosques/incendios.pdf>
- <http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1065/Fundamentos%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20C3%8Dndices%20Meteorol%C3%B3gicos%20de%20Peligro%20de%20Incendio.pdf?sequence=1>

- <http://revistadigital.inesem.es/energia-medioambiente-prl/el-triangulo-y-el-tetraedro-del-fuego/>
- <https://desertdelespalmes.wikispaces.com/file/view/BELMARMIN.pdf>
- <http://www.tiempo.com/ram/447/analisis-de-la-intensidad-de-precipitacion-metodo-de-la-intensidad-contigua/>
- <http://www.proteccioncivil.org/vientos-fuertes>
- <http://idforestal.es/trabajos-selvicolas-bajo-lineas-electricas/>
- <http://www.boletinage.com/articulos/58/02-BODI.pdf>
- http://www.inia.es/qcontrec/pub/DOMINGO-FERNANDEZ-CORRAL.._1144396344750.pdf
- http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_dp15_spa_net.pdf