



# ESTUDIO DE PELIGRO DE INCENDIO EN LA ZONA DE PEGO - LES VALLS



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA GEODÉSICA  
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

GRADO EN INGENIERÍA  
GEOMÁTICA Y  
TOPOGRAFÍA

Mulet garcía, héctor  
Héctor Mulet García

## TUTORES

María Joaquina Porres De La  
Haza  
Alfonso Fernández Sarriá

Septiembre 2016, Valencia

# 1 CONTENIDO

---

2	INTRODUCCIÓN .....	3
3	OBJETIVO .....	4
4	ANTECEDENTES .....	5
4.1	DEMARCACIÓN Y DATOS ESTADÍSTICOS .....	5
4.2	EL INCENDIO DE PEGO-LES VALLS .....	10
5	MODELOS DE ESTIMACIÓN DE PELIGRO DE INCENDIO .....	13
5.1	MODELO PROPUESTO .....	15
6	DATOS NECESARIOS .....	17
6.1	LANDSAT 8 OLI/TIRS .....	17
6.2	BCN200 .....	20
6.3	MDT25 .....	20
6.4	CLC2006 .....	21
6.5	DATOS CLIMATOLÓGICOS .....	21
6.6	PARQUES DE BOMBEROS .....	22
6.7	WMS DE EROSIÓN POTENCIAL .....	22
7	PREPROCESAMIENTO DE LOS DATOS .....	23
7.1	CORRECCIÓN POR ILUMINACIÓN .....	23
7.2	RECORTES ZONA DE TRABAJO .....	24
7.3	REMUESTREO .....	24
7.4	ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	25
8	VARIABLES .....	25
	FACTOR HUMANO .....	25
8.1	VÍAS DE COMUNICACIÓN .....	25
8.2	LÍNEAS ELÉCTRICAS .....	27
8.3	NÚCLEOS URBANOS .....	27
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS .....	33
8.4	TEMPERATURA .....	33
8.5	VIENTO .....	34
8.6	HUMEDAD ATMOSFÉRICA .....	35
8.7	PRECIPITACIÓN .....	36
	TOPOGRAFÍA .....	41
8.8	PENDIENTE .....	41
8.9	ORIENTACIÓN .....	41
	OCUPACIÓN DEL SUELO .....	44

8.10	CORINE LAND COVER .....	44
	CONTENIDO DE HUMEDAD EN VEGETACIÓN .....	47
8.11	NDVI .....	47
	MEDIOS DE EXTINCIÓN: ACTIVA Y PASIVA .....	52
8.12	PARQUES DE BOMBEROS .....	52
8.13	PUNTOS DE AGUA .....	52
8.14	CORTAFUEGOS .....	52
	VULNERABILIDAD TERRITORIAL .....	56
8.15	ESPACIOS PROTEGIDOS.....	56
8.16	DIFICULTAD DE EXTINCIÓN DEBIDO A LA PENDIENTE Y A LA LEJANÍA DE LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	56
8.17	EROSIÓN POTENCIAL.....	56
9	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
9.1	PELIGRO DE IGNICIÓN .....	62
9.2	PELIGRO DE PROPAGACIÓN .....	65
9.3	PELIGRO DE IGNICIÓN + PELIGRO DE PROPAGACIÓN.....	65
9.4	VULNERABILIDAD TERRITORIAL .....	68
9.5	RIESGO INTEGRAL DE INCENDIO .....	68
10	CONCLUSIONES .....	71
11	BIBLIOGRAFÍA.....	72

## 2 INTRODUCCIÓN

---

Los incendios forestales suponen un elemento natural en los paisajes mediterráneos. Sin embargo, la incontrolada proliferación de los mismos en los últimos años ha contribuido a agravar sus efectos y a considerarse un grave problema acentuado en las zonas mediterráneas.

Desde luego, el fuego es un elemento destructor y el impacto ecológico que produce es complejo y se da en diversas características de suelo, agua, aire, vegetación y fauna silvestre. No se limita a arrasar la vegetación presente, sino que produce también un impacto sobre el suelo, que se ve degradado a sus estadios más elementales. Éste es, precisamente, el principal problema de los recientes incendios en los países europeos de clima mediterráneo: los ciclos de ocurrencia se acortan rápidamente en determinados espacios, lo que, combinado con otros factores (climáticos, edafológicos, actividad humana, etc.) conduce a situaciones con peligro muy alto de irreversibilidad.

España tiene un papel protagonista en cuanto al número de incendios y a la superficie quemada en el contexto mediterráneo europeo. Es el primer país en número de hectáreas quemadas y en superficie media quemada en cada incendio y se encuentra entre las primeras posiciones en número total de incendios anuales.

En este contexto, la valoración de los riesgos en 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. Un instrumento como este debe ser capaz de predecir la ocurrencia de incendios con un margen aceptable de probabilidad. Por esta razón, la estimación de este riesgo de incendio implica identificar la contribución potencial de variables tales como cuándo se producirá un incendio, con el fin de determinar las épocas de peligro; dónde se producirá, para poder enmarcar zonas de peligro; y como se desarrollará este incendio, para poder organizar medidas de extinción.

Las nuevas tecnologías de la información geográfica serán fundamentales para analizar y tratar distintos tipos de variables (topografía, meteorología, uso del suelo, etc.) con gran rapidez para llegar a obtener los índices intermedios (diferentes según el modelo de peligro) necesarios para el índice de riesgo de incendio.

### 3 OBJETIVO

---

El objetivo de este proyecto es la realización de un estudio de peligro de incendio forestal en la zona enmarcada entre la Vall d'Ebo y Pego en la provincia de Alicante.

Dicho estudio culminará con la elaboración de un mapa de peligro de incendio forestal, el cual obtendremos con la determinación del mapa de peligro de ignición, el de peligro de propagación y por otro lado el mapa de vulnerabilidad territorial frente a incendios.

En estos mapas el peligro se cuantificará y clasificará en 5 niveles mediante herramientas SIG para la localización de aquellas zonas potencialmente más peligrosas.

La idea del mapa de peligro de incendio forestal final es la de ayudar en labores de prevención de incendios señalando las zonas más vulnerables y las posibles zonas de propagación para la ayuda en extinción sobre incendios futuros.

## 4 ANTECEDENTES

### 4.1 DEMARCACIÓN Y DATOS ESTADÍSTICOS

El incendio de Pego-Les Valls que se inició el 14 de mayo de 2015 y que calcinó 1.715 hectáreas de montaña tuvo lugar en la demarcación de Altea. Esta demarcación está compuesta por las comarcas de La Marina Alta, La Marina Baja y L'alicantí. Contiene 60 municipios, entre ellos, destacando por el tamaño del núcleo y por el número de habitantes, Alicante.

La superficie total de demarcación es de 199.221 ha, de las cuales el 52,2% se corresponde a terreno forestal (103.874 ha), distribuyéndose el resto de la superficie entre terrenos urbanos y agrícolas. El 28% de superficie forestal (29.144 ha) es de gestión pública, perteneciendo el resto a propietarios y entidades privadas. Entre otras figuras de protección, en la demarcación se integran los Parques Naturales de: La Marjal de Pego – Oliva, el Montgó y la Serra Gelada. (<http://bdb.cma.gva.es> > Demarcación forestal de Altea)



Ilustración 1: Demarcación forestal de Altea

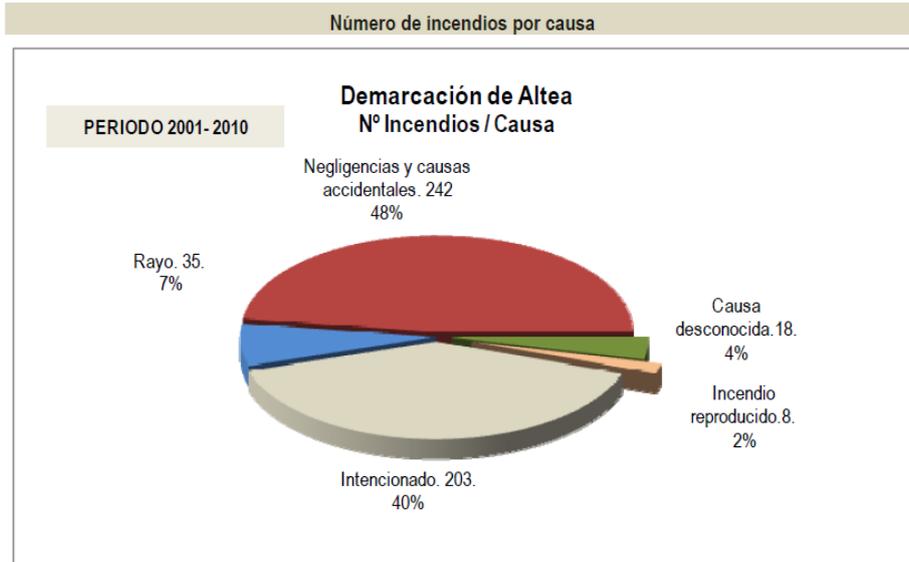
El plan de prevención de incendios forestales de la demarcación de Altea tiene una vigencia de 15 años a contar desde su aprobación, y será sometido a revisiones ordinarias cada 5 años. Así mismo, podrán realizarse revisiones extraordinarias cuando el servicio que ostente las competencias en prevención de incendios forestales lo considere oportuno, a iniciativa propia o a propuesta de las entidades locales implicadas.

Estudiando diferentes análisis históricos de incendios de la demarcación de Altea (1995-2004, 2001-2010) que proporciona el *Banco de Datos de Biodiversidad de la Generalitat Valenciana* (<http://bdb.cma.gva.es>) y las estadísticas de incendios forestales que proporciona el *Servei de Prevenció i Extinció* del servicio de emergencias de la comunidad (<http://www.112cv.com>), podemos observar diferentes estadísticas que son interesantes para nuestro proyecto.

Podemos observar en la ilustración 2 que en la demarcación, para el período 1995-2004, el mayor número de incendios se produce por causas intencionadas (241), seguido de quemas agrícolas (144). Aunque si agrupamos los incendios por grupo de causa, los incendios por negligencias suponen el 51% frente al 36% de intencionados.



Ilustración 2

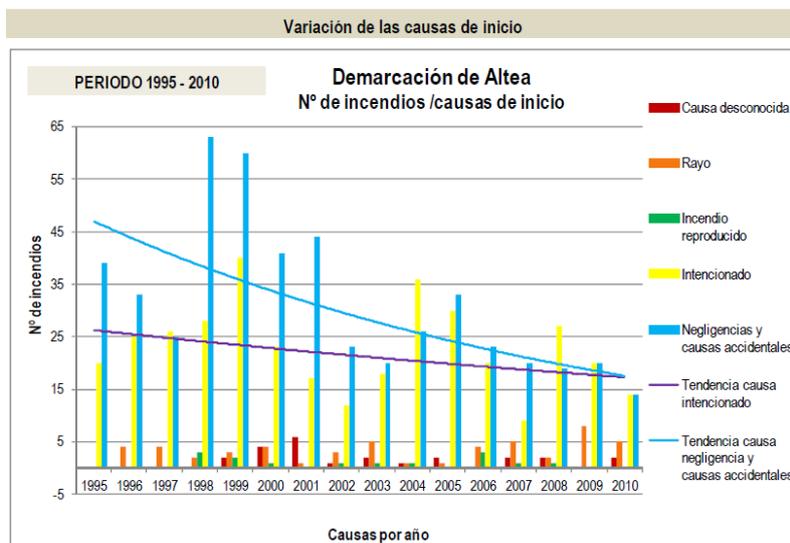


*Ilustración 3*

En la ilustración 3 vemos que el mayor porcentaje de causas determinantes de incendios forestales en el periodo 2001-2010 se encuentra en las negligencias y causas accidentales, con un 48%, seguido de las causas intencionadas, con un 40 % de los incendios. Respecto al periodo comprendido entre 1995-2004, se observa un descenso, respecto al segundo periodo de estudio 2001-2010, en el grupo de causas negligencias y causas accidentales en torno al 9%. Y por el contrario, un ligero incremento en las causas intencionadas, en torno al 4%.

Para conocer si a lo largo del tiempo existe variación de la causa de inicio de incendio, se ha estudiado el número de incendios por causa para el periodo comprendido entre el año 1995 (por ser el primer año considerado en la elaboración del Plan de prevención de incendios forestales de la demarcación de Altea) al año 2010 (último año disponible).

Se observa una tendencia a la baja para la causa intencionado y también para la causa negligencias y causas accidentales, si bien esta última es mucho más acusada. La causa rayo experimenta un ligero ascenso, apenas significativo.



*Ilustración 4*

Con respecto a la superficie afectada por causa, se observa en la ilustración 5 que la mayor superficie afectada, con diferencia, se produce debido a incendios intencionados. A destacar también la superficie afectada por incendios por fumadores, que resulta ser la segunda en importancia.

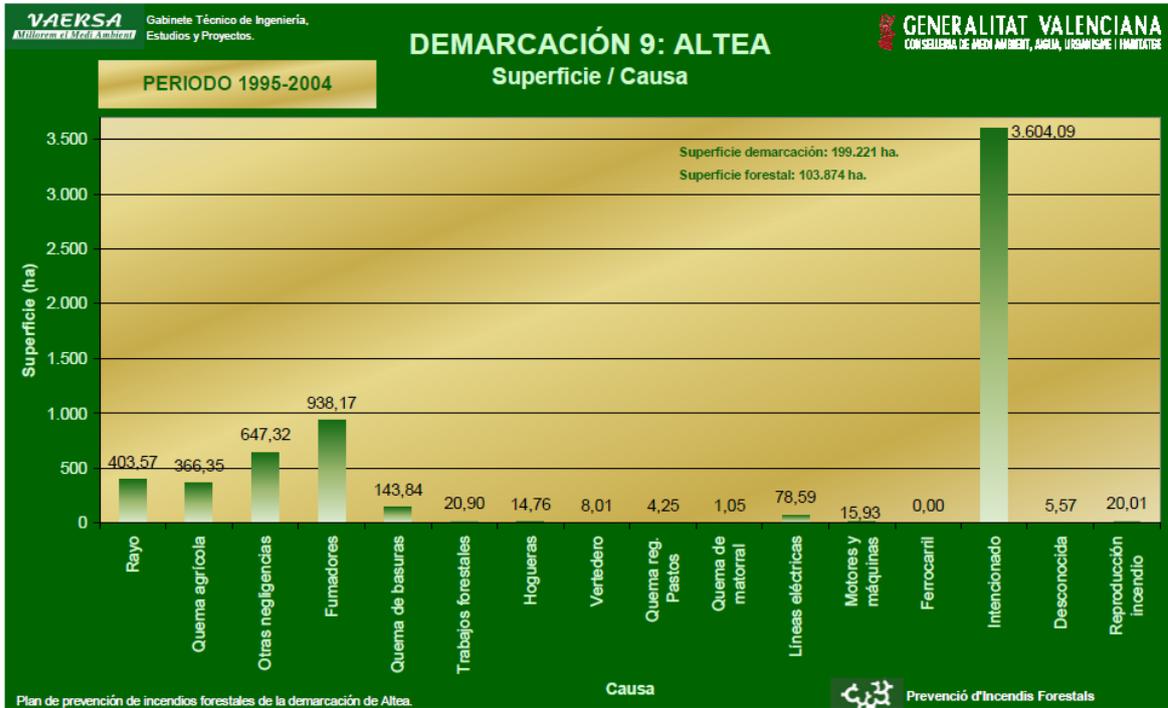


Ilustración 5

El lugar de inicio con mayor número de incendios en la demarcación de Altea en el período 1995-2004, se sitúa en el interior de las masas forestales. El 38% de los incendios se iniciaron junto vías de comunicación (carreteras, pistas forestales, sendas) con intencionalidad como causa principal. Los incendios iniciados junto a cultivos suman el 16% del total, debido principalmente a quemas agrícolas. El resto de los incendios se iniciaron en mayor medida junto a zonas relacionadas con la actividad humana, como son casas, lugares de afluencia de excursionistas, etc. A continuación, en la ilustración 6, vemos el mismo gráfico pero para el periodo 2001-2010.

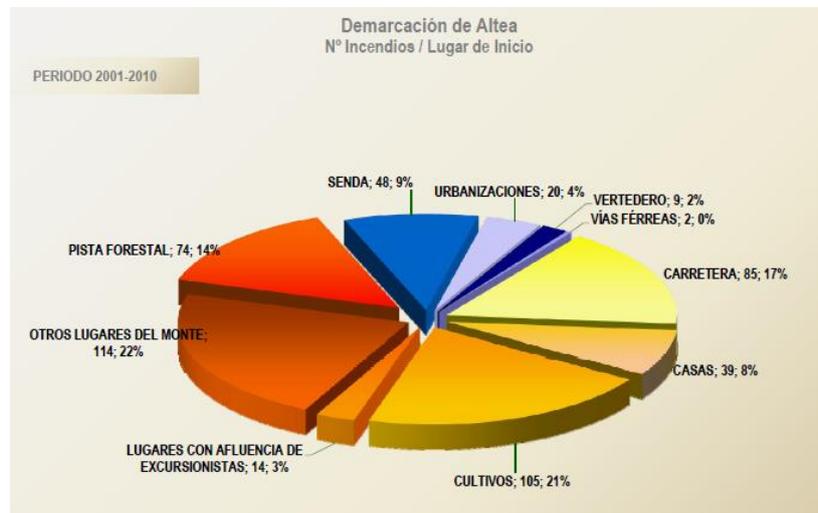


Ilustración 6

En el gráfico vemos que los emplazamientos de inicio de un incendio no cambian mucho respecto al otro período. Los lugares en el monte siguen siendo el principal lugar donde éstos se inician; pero vemos que los incendios iniciados cerca de cultivos tienen un ascenso significativo en el último período.

EVOLUCIÓ DEL NOMBRE D'INCENDIS PER MESOS COMUNITAT VALENCIANA												NOV	DES	TOTAL
	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT				
1989	6	9	18	11	16	21	135	141	17	8	9	1	392	
1990	3	22	17	20	20	44	150	201	71	27	30	20	625	
1991	7	11	13	37	50	80	226	206	115	45	59	20	869	
1992	12	53	71	92	57	27	55	184	74	66	33	45	769	
1993	12	7	36	71	26	71	107	172	121	63	4	25	715	
1994	42	73	51	108	61	98	95	116	75	7	8	17	751	
1995	51	58	45	45	61	26	59	64	33	9	8	8	467	
1996	4	21	29	25	23	65	97	51	29	19	13	7	383	
1997	1	11	32	23	40	32	83	59	32	18	13	4	348	
1998	6	10	46	72	15	33	70	87	65	83	42	17	546	
1999	20	66	35	60	58	97	84	65	58	11	11	14	579	
2000	4	37	65	67	45	58	84	105	75	25	17	24	606	
2001	15	18	39	51	38	58	98	65	43	10	4	3	442	
2002	3	27	18	15	17	39	62	49	31	23	27	10	321	
2003	20	15	26	18	19	71	63	121	31	8	5	11	408	
2004	36	17	27	10	13	64	84	108	47	35	37	9	487	
2005	32	46	68	71	97	125	78	66	70	15	9	9	686	
2006	4	11	46	30	54	54	97	84	41	38	4	9	472	
2007	19	20	70	8	42	57	51	64	27	3	4	10	375	
2008	6	8	45	52	34	22	29	59	50	5	7	9	326	
2009	18	13	27	32	58	71	69	60	54	7	15	3	427	
2010	5	10	13	21	44	35	38	67	50	24	18	3	328	
2011	20	65	19	34	24	22	60	67	47	36	5	20	419	
2012 *	18	54	59	51	71	62	49	66	46	16	4	6	502	
2013 *	32	31	23	23	20	35	59	42	21	28	22	13	349	
2014 *	23	48	79	52	85	51	45	43	61	15	8	4	514	
MITJANA 89-14	16	29	39	42	42	55	82	93	53	25	16	12		

\*Provisionals

Il·lustració 7

Como vemos en la tabla de la ilustración 7, el mayor número de incendios en la Comunitat se produce en la estación veraniega aunque siempre hay excepciones según las condiciones climáticas de cada año. Se puede concluir, pues, que la época estacional influye en el inicio y propagación de los incendios por temas claramente meteorológicos, siendo la época de mayor afluencia de incendios el verano por sus altas temperaturas y menor humedad y precipitaciones generalmente.

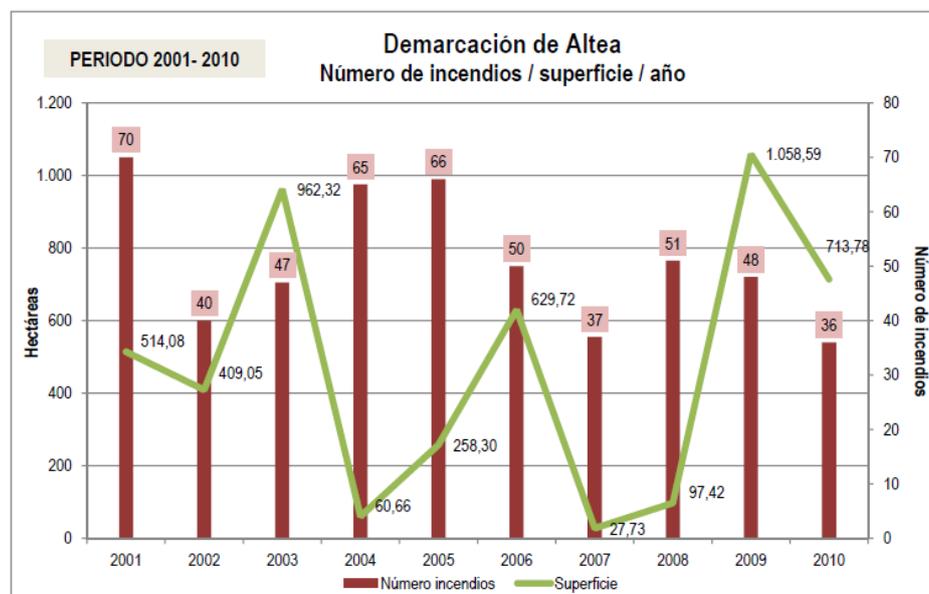
Además observamos en la siguiente tabla (ilustración 8) que la superficie quemada es mucho mayor en estos meses de verano también, posiblemente debido a la mayor facilidad de propagación del fuego por las altas temperaturas que se alcanzan en estos meses y por la disminución del contenido de humedad en la vegetación por lo que aumenta el carácter de combustible en dicha vegetación.

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE AFECTADA PER MESOS (Ha)													
COMUNITAT VALENCIANA													
	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DES	TOTAL
1989	1,50	215,50	43,00	41,80	18,30	15,40	433,40	559,30	8,20	88,60	92,20	7,00	1.524,20
1990	5,20	52,40	92,20	43,70	21,90	108,00	21.473,40	4.011,40	1.583,30	60,90	36,60	65,80	27.554,80
1991	7,10	12,50	14,50	99,90	58,30	357,40	28.692,70	11.738,30	2.640,40	459,50	218,70	127,00	44.426,30
1992	14,40	347,20	157,50	271,90	68,30	42,50	489,00	19.951,30	506,40	1.660,70	72,20	2.607,10	26.188,50
1993	30,10	7,60	61,50	75,40	42,20	432,80	1.015,60	13.877,20	9.850,20	487,00	2,30	84,80	25.966,70
1994	570,70	250,30	136,10	9.131,60	2.477,70	8.288,80	105.974,30	10.159,90	1.385,80	4,70	14,10	10,50	138.404,50
1995	155,50	426,00	190,50	98,60	144,00	11,20	616,20	528,00	22,60	2,20	8,50	17,10	2.220,40
1996	0,60	9,90	31,60	13,30	12,00	273,20	326,80	38,40	12,10	23,10	20,00	4,10	765,10
1997	0,50	8,10	65,40	9,70	46,90	25,20	169,70	141,30	100,30	326,30	4,60	0,20	898,20
1998	200,37	3,66	17,20	92,04	12,80	52,09	300,57	505,19	302,89	350,77	105,46	24,28	1.967,32
1999	31,31	95,60	100,97	782,15	29,85	274,37	300,38	4.344,20	152,35	5,95	27,96	210,91	6.356,00
2000	0,12	130,89	32,79	43,53	35,33	40,38	802,06	1.652,32	3.627,59	49,17	19,36	114,23	6.547,77
2001	9,82	9,08	90,23	53,61	51,91	351,34	125,35	4.069,23	30,59	1,45	0,14	0,00	4.792,75
2002	0,55	83,05	9,07	5,53	1,74	53,38	178,06	15,09	5,27	247,05	573,89	29,37	1.202,05
2003	294,49	77,11	15,35	11,68	1,19	56,91	84,94	2.758,01	12,98	1,12	0,09	17,40	3.331,27
2004	25,66	6,92	17,30	6,28	1,50	14,05	49,94	738,71	62,92	13,04	81,51	84,27	1.102,10
2005	602,13	159,85	75,87	457,28	65,40	643,30	935,32	220,26	111,67	3,83	8,94	1,27	3.285,12
2006	0,52	54,20	2.406,43	36,79	20,12	95,29	317,91	90,08	355,72	33,28	62,34	1,87	3.474,55
2007	5,56	11,75	2.054,30	4,35	21,22	41,55	261,46	5.801,99	10,40	1,03	0,27	10,81	8.224,69
2008	0,79	1,08	321,99	155,91	13,35	7,35	15,05	136,86	69,86	0,15	5,64	2,32	730,35
2009	1.068,84	1,22	6,07	8,89	23,97	81,87	1.521,77	133,17	75,13	0,35	10,37	0,64	2.932,29
2010	18,66	6,42	9,80	3,69	27,99	6,72	130,68	67,89	5.360,76	9,26	5,97	1,66	5.649,50
2011	13,23	135,92	21,21	1.576,78	7,33	4,07	239,01	164,14	118,45	146,11	0,54	9,59	2.436,38
2012 *	86,38	95,15	111,23	37,92	142,37	49.706,15	562,65	737,78	5.862,87	5,79	205,71	1,08	57.555,08
2013 *	73,87	115,57	303,11	11,75	18,96	16,55	720,40	62,44	22,34	17,00	84,25	3,15	1.449,39
2014 *	23,83	289,72	90,83	262,22	338,16	58,85	201,31	51,69	572,71	21,30	5,21	0,33	1.916,16
MITJANA 89-14	124,68	100,26	249,08	512,93	142,42	2.348,41	6.382,23	3.175,16	1.263,99	154,60	64,11	132,18	

Il·lustració 8

También se observa un importante decremento de superficie quemada a partir de 1994 debido a la elaboración del plan de prevención de incendios forestales que tuvo lugar en 1995 a consecuencia de los múltiples grandes incendios del '94, un año trágico en incendios recordado como el peor año desde que existen datos fiables.

Respecto a la demarcación se Altea se observa en el gráfico de la ilustración 9 una tendencia decreciente respecto al número de incendios, que no en superficie quemada.



Il·lustració 9

A modo de resumen, una gran parte de los grandes incendios de la demarcación fueron intencionados, y se iniciaron la mayor parte a última hora de la tarde o en horario nocturno, franja horaria en la que si bien las condiciones meteorológicas no suelen ser tan desfavorables como las del mediodía, a los medios aéreos les resulta directamente imposible actuar, por lo que el control resulta muy complicado.

En general, los grandes incendios tienen en común una orografía que facilita la propagación del fuego, y al mismo tiempo dificulta las labores de extinción, de forma que se tarda bastante tiempo en tener el incendio bajo control además de unas condiciones meteorológicas adversas que facilitan la ignición, por las altas temperaturas, baja humedad, etc., y la propagación, por la velocidad del viento y su dirección.

Es por eso que, aunque la ocurrencia de incendios en la cuenca mediterránea está estrechamente ligada a la actividad humana, pues la mayor parte de los incendios son intencionados o debidos a negligencias, es indudable el interés de estudiar diversos factores físicos que intervienen en el fenómeno fuego, ya sea el estado hídrico de los combustibles o las condiciones que imponen distintos factores meteorológicos, debido a que estos incendios originados por el hombre tienen una incidencia y una severidad mayor cuando esas variables naturales son críticas.

## 4.2 EL INCENDIO DE PEGO-LES VALLS

En la ilustración 10 vemos el número de incendios y superficie quemada en el periodo comprendido entre el 01/01/2015 y el 16/08/2015 y en ésta se observa que la provincia más afectada fue Alicante y particularmente, esta afección se debe mayormente al incendio de Pego-Les Valls (ilustración 11) ya que se calcinaron en dicho incendio un total de 1715 Ha, suponiendo más del 90% de la superficie quemada en la provincia de Alicante en dicho periodo, siendo uno de los mayores incendios de la época y que provocó grandes daños tanto en la vegetación como en el suelo, incrementando considerablemente el peligro de erosión y dificultando seriamente la regeneración natural de las zonas afectadas.

Incendios forestales

Periodo: 01/01/15 al 16/08/15

	S <= 1 HA				1 < S <= 5 HAS				S > 5 HAS				SUPERFICIE TOTAL					
	nº inc.	s. pobl.	s. rasa	s. total	nº inc.	s. pobl.	s. rasa	s. total	nº inc.	s. pobl.	s. rasa	s. total	nº inc.	s. pobl.	total	s. rasa cañar	otras	TOTAL
ALACANT	56	2,98	7,32	10,30	6	3,53	13,57	17,10	5	106,71	1.665,84	1.772,55	67	113,22	1.686,73	13,35	1.673,38	1.799,95
CASTELLÓ	65	6,92	3,20	10,12	7	0,00	21,05	21,05	2	417,88	38,25	456,13	74	424,80	62,50	5,17	57,33	487,30
VALÈNCIA	95	5,23	9,49	14,72	12	10,35	13,05	23,40	4	6,68	26,40	33,08	111	22,26	48,94	37,91	11,04	71,20
C. VALENCIANA	216	15,13	20,01	35,14	25	13,88	47,67	61,55	11	531,27	1.730,49	2.261,76	252	560,28	1.798,17	56,43	1.741,75	2.358,45

Ilustración 10

<b>1</b>	FECHA	14/05/2015
	MUNICIPIO DE INICIO	<b>La Vall d'Ebo</b>
	CAUSA	Negligencia
	<i>Cañar</i>	0,00
	<i>Otras superficies rasas</i>	1.621,34
	SUPERFICIE RASA TOTAL (Ha)	1.621,34
	SUPERFICIE ARBOLADA (Ha)	93,71
	<b>TOTAL</b>	<b>1.715,05</b>

OTROS MUNICIPIOS

- Pego
- Vall de Gallinera
- Adsubia
- Orba

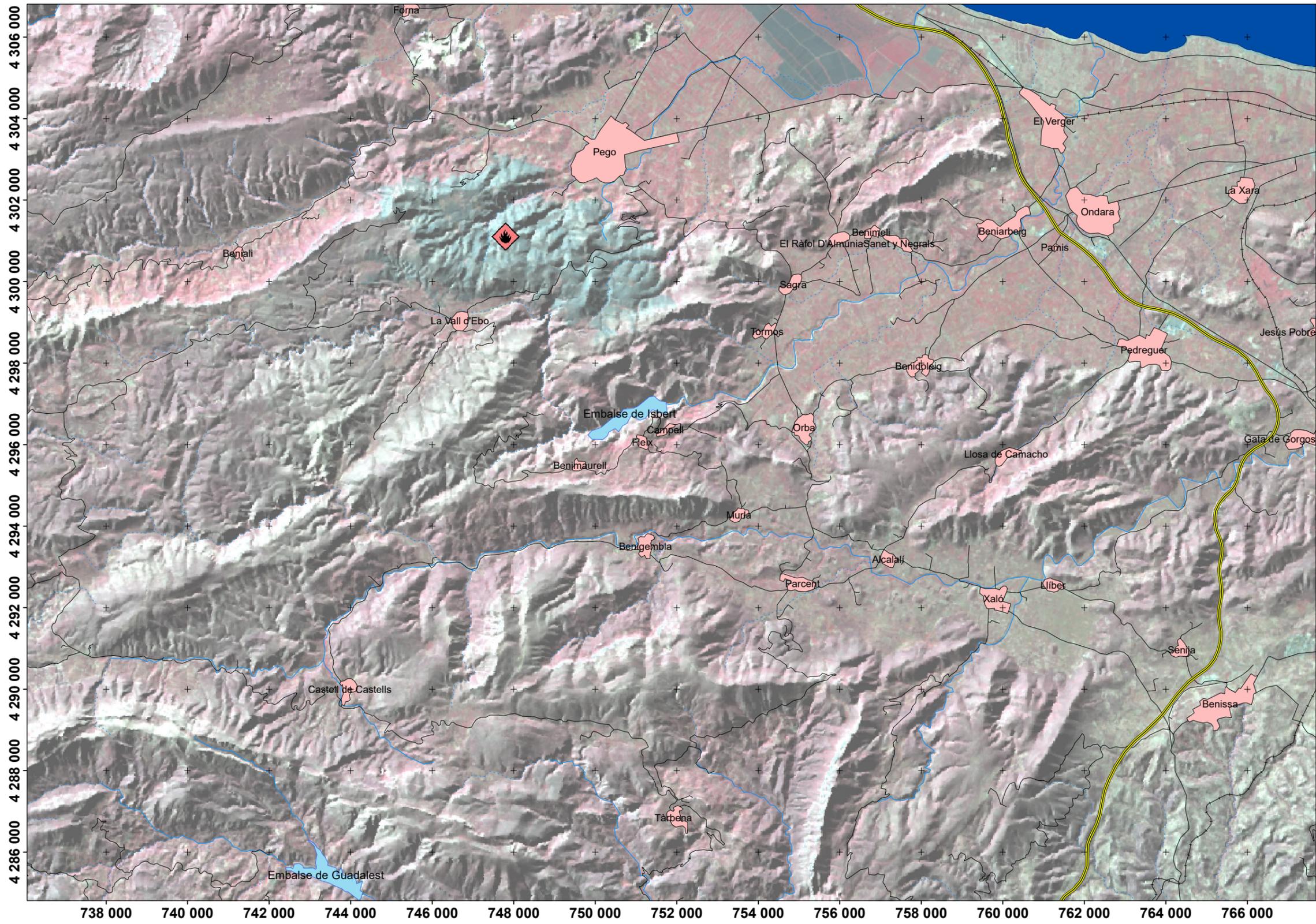
*Ilustración 11*

Una quema de rastrojos que se descontroló en una zona de pendiente con matorral, conocida como Solana del Garrofar, originó el incendio forestal en el municipio alicantino de La Vall d'Ebo. En la lucha contra el fuego descontrolado, trabajaron catorce medios aéreos y efectivos terrestres y se movilizó una sección de la Unidad Militar de Emergencias (UME). Las condiciones meteorológicas dificultaron las labores de extinción. Las altas temperaturas que tuvieron lugar ese día en concreto, las fuertes rachas de viento superiores a 30Km/h y el combustible seco que había en la zona hicieron que el fuego se propagará rápidamente. El investigador Ximo Sendra advirtió en su momento que el incendio superó los mil grados y fue tan destructivo que fundió cables de acero y reventó piedras calizas.



*Ilustración 12: Vista de la zona afectada por el incendio 4 meses después*

A continuación podemos observar en el mapa la zona de estudio sobre la que vamos a trabajar y el alcance que tuvo dicho incendio en un montaje realizado con diversas bandas del satélite Landsat 8 y la ortofoto del lugar. Estos datos utilizados se comentarán más adelante.



**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- 🔥

 Incendio Pego-Les Valls



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Zona de estudio y localización del incendio</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet García, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## 5 MODELOS DE ESTIMACIÓN DE PELIGRO DE INCENDIO

---

Existe una gran diversidad de métodos utilizados para estimar el peligro de incendio. Entre ellos destacan los pioneros NFDRS (*National Fire Danger Rating System*, estadounidense) y CFFDRS (*Canadian Forest Fire Damage Rating System*, canadiense), desarrollados a mediados del s.XX. Son sistemas de peligro integrado, pero en la realidad los módulos más operativos son los obtenidos a partir de la información meteorológica e imágenes de satélite. De hecho, la mayoría de los gestores basan sus decisiones en el índice de combustión. Los módulos de ocurrencia, enfocados a la causalidad humana y natural (rayo), no se encuentran en pleno funcionamiento y su uso es menor.

A finales de siglo, la Unión Europea desarrolló un nuevo índice integrado de peligro de incendio a nivel europeo obtenido mediante la combinación de un índice dinámico y otro estructural. De nuevo, como en los otros casos, los módulos obtenidos a partir de datos meteorológicos e imágenes de satélite eran finalmente los más desarrollados. Aunque, a diferencia de Canadá y EEUU, el sistema europeo incluye un índice de vulnerabilidad, que parece conveniente incluir en el análisis de los riesgos naturales.

El sistema propuesto en España por la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza (DGCONA) para medir esta variable se denomina Grado Actual de Peligro de Incendios Forestales, en vigor desde 1987. En éste, el peligro queda definido por dos elementos, un índice dinámico, el grado meteorológico de peligro, y un índice estructural, el riesgo local de incendios. El primero se calcula a partir de variables meteorológicas (humedad relativa, temperatura y viento) y topográficas (pendiente y orientación). El segundo tiene en cuenta la frecuencia y causalidad de los incendios ocurridos en los últimos años y la combustibilidad de la vegetación.

La Probabilidad de Ignición sirve para estimar, a partir de los datos de velocidad y condición del viento y la humedad del combustible, el nivel de alerta requerido, que finalmente se sintetiza en el denominado Grado Meteorológico de Peligro.

En este índice de ignición no se tiene en cuenta el estado de la vegetación viva, por lo que la DGCONA propone para la propagación otro módulo (Riesgo Local de Incendios) que sí considera las características de la vegetación, obtenidas a partir de los modelos de combustible.

El índice final (Grado Actual de Peligro de Incendio Forestal) se obtiene mediante la combinación del módulo Grado Meteorológico de Peligro y del Riesgo local de incendios y cabe añadir que, como en los anteriores casos vistos, sólo está en funcionamiento el Índice Meteorológico de Peligro, aunque se pretende que sea incluido el índice de Riesgo Local de Incendios.

El sistema utilizado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) está basado en el sistema canadiense y se calcula a partir de los datos de las estaciones meteorológicas de AEMET y de las salidas de un modelo numérico de predicción del tiempo. Las variables de entrada del modelo de estimación de riesgo son: la temperatura del aire seco  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), la humedad relativa del aire  $H_r$  (%), la velocidad del viento  $V_v$  (km/h) y la precipitación registrada en las últimas 24 horas  $P_p$  (mm). Los datos del análisis y pronóstico se refieren a las 12 UTC con el fin de obtener el valor de máximo riesgo diario, lo que sucede en torno al mediodía, si bien su valor tiene validez desde varias horas antes hasta varias horas después de las 12 UTC. El riesgo de incendio se estratifica en cinco clases o niveles de riesgo (bajo, moderado, alto, muy alto y extremo) que serán indicadores de la probabilidad de ocurrencia del fuego así como de la extensión e intensidad del mismo.

Se observa que los índices de peligro operativos en los distintos países ofrecen una gran variedad respecto a las variables meteorológicas que utilizan, el tipo de combustible para el que se estima la humedad o la topografía. En unos casos se considera sólo la fase de ignición, mientras que en otros se intenta estimar también la propagación; dónde para obtener información más concreta, es preciso recurrir a los diferentes índices intermedios que integran el sistema para así no obtener información global que está condicionada por estos índices.

En los más avanzados índices (estadounidense y canadiense), se integra tanto la ignición como la propagación y en lo que difieren es en los modelos de los tipos de combustible sobre los que están basados sus cálculos. También se intenta evaluar el estado hídrico en combustibles de distinto grosor e incluso el estado hídrico de la vegetación viva. Estos ofrecen, además, una estimación de los efectos de la sequía en los combustibles. (*Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales*, E.Chuvienco y M. del Pilar)

Además de estos índices de nivel nacional en distintos países, en España, desde que se traspasaron las competencias a las comunidades autónomas, se comenzaron a desarrollar y aplicar índices locales de riesgo de incendios, especialmente adaptados a las condiciones de las diferentes autonomías. La mayoría de estos índices se han centrado en factores meteorológicos de riesgo o en los factores de origen humano. A pesar del gran número de índices desarrollados, la gran mayoría se han quedado en ejercicios teóricos y no han sido implantados operativamente en los servicios de prevención y/o extinción de incendios. Una salvedad a lo anterior lo supone el índice de riesgo de incendio aplicado en la Comunidad de Madrid (Nicolás, 2001). Se trata de un índice operativo y que integra diferentes factores de riesgo, incluyendo un subíndice representativo del peligro del incendio y otro de la vulnerabilidad del territorio. No obstante, dado su carácter local, aunque el modelo teórico puede extrapolarse, su ponderación y ajuste deberá modificarse, o incluso algunos componentes cambiarse, cuando se quiera aplicar a una región diferente.

En el ámbito autonómico de la Comunidad Valenciana, el Centro Territorial de Valencia del Instituto Nacional de Meteorología ha desarrollado un índice de peligrosidad de incendios forestales adaptado a las especiales condiciones de la comunidad. Este índice será determinado diariamente, con una previsión de 48 horas, indicándose tres niveles de preemergencia, para cada una de las 7 zonas homogéneas en las que se ha dividido el territorio, durante la época de mayor riesgo. En los restantes meses del año, dicha predicción se efectúa globalmente para cada una de las tres provincias de la Comunidad Valenciana. Cada día se elabora, además un boletín de confirmación de la predicción para ese mismo día.

Dicho índice estaba basado en regresiones estadísticas entre las condiciones meteorológicas y el número y superficie de los incendios. Y aunque el índice estaba diseñado y adaptado a las condiciones de la Comunidad Valenciana, se trata de un índice estrictamente meteorológico que deja sin valorar cualquier otro tipo de componente de riesgo de incendios, ya sea debido a causas humanas como naturales, con lo que la distribución de medios se hacía con una carencia importante de información sobre el nivel real del riesgo.

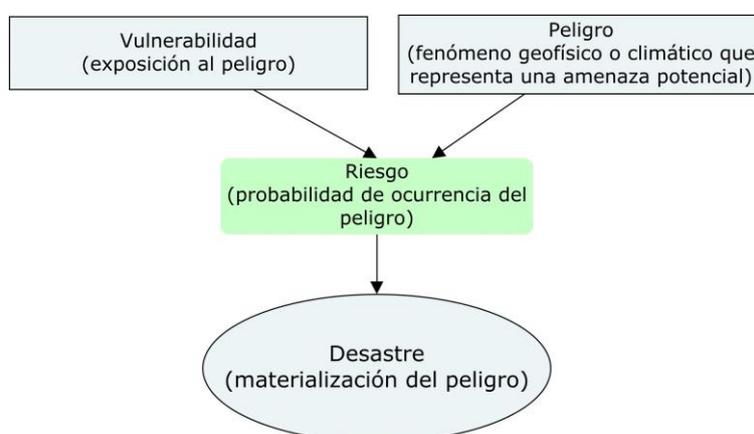
Así que, desde el año 2001, la Conselleria de Medio Ambiente comenzó a trabajar en el desarrollo de un índice de riesgo, que incluyera más factores de riesgo y que estuviera orientado a la distribución de medios de vigilancia. La metodología empleada se basa en el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunidad Valenciana (CMA, 1995) y da como resultado una

zonificación del territorio en función de su riesgo de incendio, de la peligrosidad potencial de dicho incendio y de la calidad o prioridad para su defensa (Velasco L. y Suárez J., 2004).

A pesar del avance respecto al índice anterior, continúan existiendo factores de riesgo de incendios, que no se tuvieron en cuenta a la hora de diseñar el índice. Por otra parte, dicho índice no pasó por ningún proceso de validación ni chequeo. El resultado, es que sigue sin haber una herramienta específica para la toma de decisiones en la prevención y vigilancia contra incendios forestales en la Comunidad Valenciana que haya sido expresamente diseñada y adaptada para las condiciones geográficas, climáticas y socioeconómicas de la Comunidad.

## 5.1 MODELO PROPUESTO

El modelo que se propone para alcanzar el objetivo del proyecto es resultante de una combinación de los antes mencionados. Este se ha enfocado de la manera convencional en la geografía de los riesgos, separando la vulnerabilidad del peligro para, con estos dos factores, obtener el riesgo o probabilidad de ocurrencia del incendio.



*Ilustración 13: La vulnerabilidad según el enfoque convencional – Las otras geografías; J. Nogué, J. Romero.*

El módulo de peligro de incendio se ha dividido en dos submódulos, peligro de ignición y peligro de propagación, los cuales se calculan independientemente con distintas variables, ponderación y modo de cálculo.

La ignición se centra en el estudio de las condiciones de aparición del fuego recogiendo variables meteorológicas, de incidencia humana y de contenido de humedad en la vegetación. Por otro lado, el peligro de propagación se centra en el estudio del comportamiento del fuego utilizando variables topográficas, algunas variables meteorológicas (como la velocidad del viento), la combustibilidad de la vegetación y variables identificadas como medios de extinción (tanto activos como pasivos).

La vulnerabilidad del territorio se tendrá en cuenta a partir de las variables que se han creído convenientes para este tipo de peligro. Éstas son las zonas con espacios protegidos y bosques, la dificultad de extinción (bien por lejanía a vías de comunicación como por pendiente), y la erosión potencial. Los espacios protegidos tendrán un mayor peso en el apartado debido al especial interés en su conservación. Estos factores discriminarán las zonas más vulnerables a un incendio desde el punto de vista territorial.

Así pues, el mapa conceptual del modelo propuesto lo podemos ver en la ilustración 14:

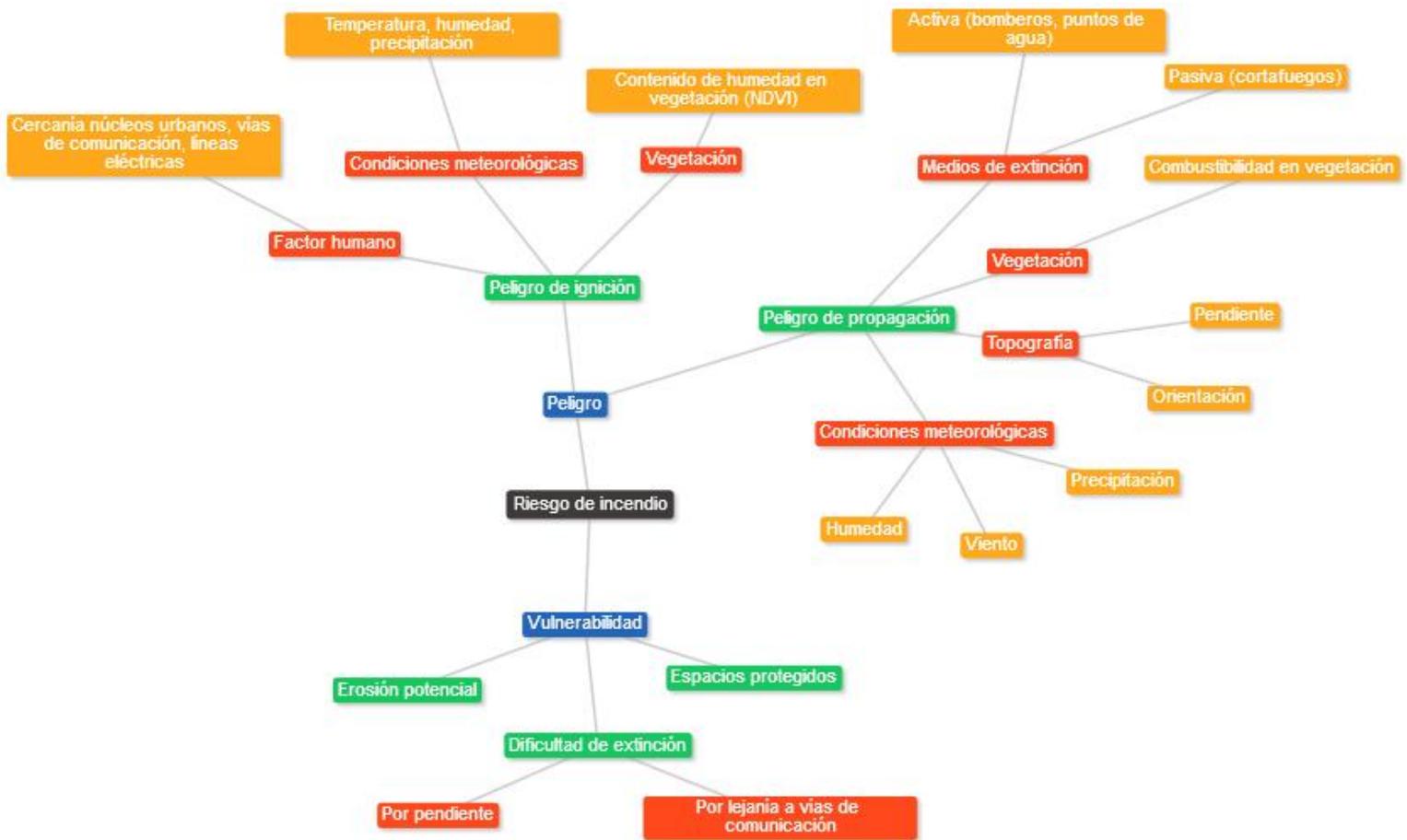


Ilustración 14: Modelo propuesto para la estimación de riesgo de incendio forestal

Se ha creído conveniente que, para el cálculo de peligro de ignición, se contemple, para la vegetación, el contenido de humedad en ésta. Esta variable podrá ser observada mediante imágenes Landsat, en distintas bandas del espectro sensibles al cambio en el contenido de agua sobre la vegetación (Infrarrojo cercano y rojo visible) y se materializará mediante el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), definido como el cociente entre la diferencia y la suma de las reflectividades del infrarrojo cercano y del rojo.

Además se ha introducido otro índice relacionado directamente con la vegetación, la combustibilidad; asignada al peligro de propagación. Este índice se obtendrá conociendo el tipo de vegetación existente y decidiendo su peligrosidad de transmisión o de que el fuego se propague por la zona. Se tomará como base de datos para la clasificación del suelo el CORINE Land Cover 2006, base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000.

Las condiciones meteorológicas se han dividido en dos grupos: las que contribuyen al riesgo de ignición y las que contribuyen al riesgo de propagación. Así pues, se puede ver que hay variables que afectarían a los dos grupos: la humedad y la precipitación acumulada en los últimos días, y variables que no y que tendrían un mayor peso en la ignición, la temperatura, o en la propagación, el viento.

Para la fase de ignición se estima el factor humano como uno de los más importantes a la hora de iniciarse un incendio. Es por ello que se contemplan variables de cercanía a núcleos y vías de comunicación y se les dota con un gran peso en valor, que no en ponderación. Además también se tienen en cuenta líneas de alta tensión en la zona ya que en ocasiones pueden ser causa de inicio de incendios forestales.

En el riesgo de propagación, se ha considerado una componente de mitigación en los efectos del incendio y en su propagación. Esto se ha efectuado localizando las estaciones de bomberos y puntos de agua, para la extinción activa y delimitando zonas conforme la proximidad a estos. También se han localizado carreteras y ríos para establecer la mitigación por cortafuegos (extinción pasiva).

También encontramos en el peligro de propagación las variables topográficas, pendiente y orientación. La topografía es el factor más constante de los componentes del comportamiento del fuego y entre los factores topográficos, la pendiente es el más importante, ya que los cambios en la pendiente producen efectos directos e importantes en dicho comportamiento. Es por ello que el valor de riesgo en la pendiente tendrá un mayor rango que el de la orientación.

En cuanto a la vulnerabilidad, el apartado se ha enfocado en señalar aquellas zonas más vulnerables al incendio (zonas protegidas, de alta erosión potencial, con pendientes muy pronunciadas y/o lejanas a las vías de comunicación). Así pues, se ha creído oportuno nombrar al apartado como vulnerabilidad del territorio.

Asimismo la separación del riesgo en los diversos índices permite el estudio de cada uno de ellos por separado por lo que resulta más fácil concretar en cada concepto el nivel de alerta.

## 6 DATOS NECESARIOS

### 6.1 LANDSAT 8 OLI/TIRS

Landsat 8 es un satélite de observación terrestre estadounidense lanzado el 11 de febrero de 2013. Es el octavo y más reciente satélite del proyecto Landsat operado por la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) desde 1972.

El satélite Landsat 8 transporta dos instrumentos OLI y TIRS, que corresponden a las siglas en inglés para *Operational Land Imager (OLI)* y *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. El sensor OLI provee acceso a nueve bandas espectrales que cubren el espectro desde los 0.433  $\mu\text{m}$  a los 1.390  $\mu\text{m}$ , mientras que TIRS registra de 10.60 $\mu\text{m}$  a 12.50 $\mu\text{m}$ .

Los dos sensores transportados por el satélite completan 11 bandas espectrales como se muestra en la tabla.

Banda	Nombre	Longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	Resolución (m)
1	Costera – Aerosoles	0.435 – 0.451	30
2	Azul	0.452 – 0.512	30
3	Verde	0.533 – 0.590	30
4	Rojo	0.636 – 0.673	30
5	Infrarrojo cercano (NIR)	0.851 – 0.879	30
6	Infrarrojo de onda corta 1 (SWIR 1)	1.566 – 1.651	30
7	Infrarrojo de onda corta 2 (SWIR 2)	2.107 – 2.294	30
8	Pancromática	0.503 – 0.676	15

9	Cirrus	1.363 – 1.384	30
10	Infrarrojo térmico 1 (TIRS 1)	10.60 – 11.19	100
11	Infrarrojo térmico 2 (TIRS 2)	11.50 – 12.51	100



Ilustración 15: imagen Landsat 8 del día 15/05/15

Se ha trabajado con dos imágenes Landsat 8, LC81980332015087LGN00 y LC81980332015135LGN00 descargadas del servicio de descarga de la agencia estadounidense USGS

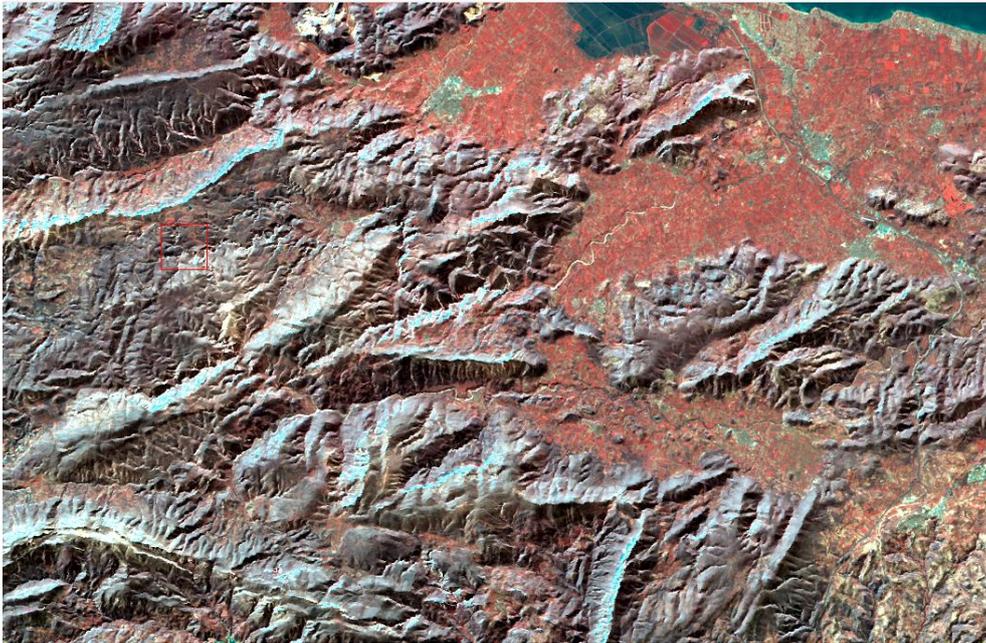
(<http://earthexplorer.usgs.gov>)

correspondientes a la misma franja de territorio y que nos servirán para estimar el contenido de humedad en vegetación (NDVI), útil en la estimación del riesgo de incendio, y además podremos comparar las imágenes observando las consecuencias directas del incendio en el entorno.

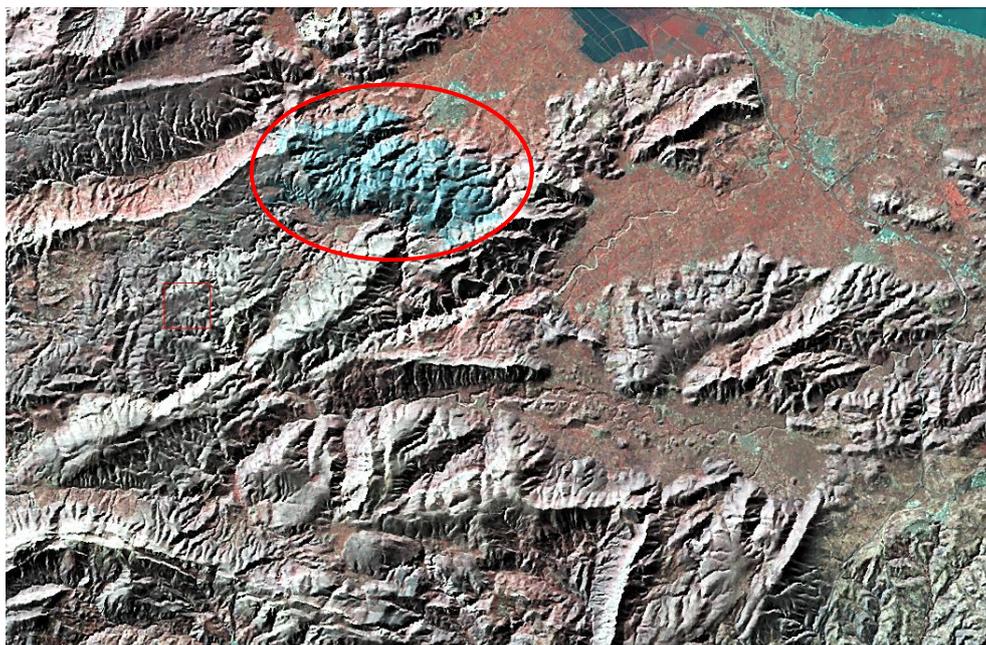
En la siguiente tabla podemos observar algunas de las características principales de las imágenes. Vemos que éstas tienen una buena calidad y poca nubosidad por lo que podremos trabajar correctamente con ellas.

	LC81980332015087LGN00	LC81980332015135LGN00
WRS Path	198	198
WRS Row	033	033
Date Acquired	28/03/2015	15/05/2015
Center Latitude	38°54'15.98"N	38°54'15.19"N
Center Longitude	0°22'10.81"E	0°23'26.02"E
Sun Elevation	49.12988305	63.72792663
Sun Azimuth	145.65444601	134.21914956
Scene Cloud Cover	0.09	0.15
Image Quality	9	9

Las bandas con las que trabajaremos, azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, tienen una más que aceptable resolución de 30 metros el píxel, por lo que contienen una información muy valiosa a la hora de analizar y tratar la imagen. Con estas bandas podremos visualizar la zona con color verdadero o con falso color, como en las imágenes anteriores, para ver diferentes características; también, con la banda del rojo e infrarrojo, podremos calcular el índice de vegetación que se ha considerado, en este caso el NDVI.



*Ilustración 16: Imagen del 28/03/15*



*Ilustración 17: Imagen del 14/05/15*

Si montamos las imágenes con la banda del infrarrojo cercano visualizándose en el lugar del rojo, apreciaremos claramente dos diferencias principales: en el mes de marzo las plantas tenían un mayor vigor vegetativo debido a la humedad, se aprecia un rojo más intenso indicando una mayor cantidad de clorofila en las hojas; y se aprecia también toda la zona afectada por el incendio del 14 de mayo en la imagen del 15, teniendo en dicha zona un color grisáceo debido al bajo nivel del infrarrojo (Ilustraciones 16 y 17).

## 6.2 BCN200

BCN200 es la Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000 que proporciona la información geométrica y temática base para obtener productos cartográficos y de SIG a escala 200.000. Su modelo ha sido establecido con la finalidad de facilitar el desarrollo de tareas semiautomáticas en los procesos de producción de los diferentes productos.

Se ha descargado la BCN200 de la provincia de Alicante del centro de descargas del CNIG (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas>) en el sistema de referencia ETRS89 huso 30 de la UTM, y de ella se han extraído las siguientes capas vectoriales necesarias para la realización del mapa de riesgo de incendio:

-Núcleos de población: Capa BCN200\_0501S\_NUC\_POB, se trata de un tema, en forma de polígonos, en donde aparece el contorno de los núcleos urbanos de toda la provincia.

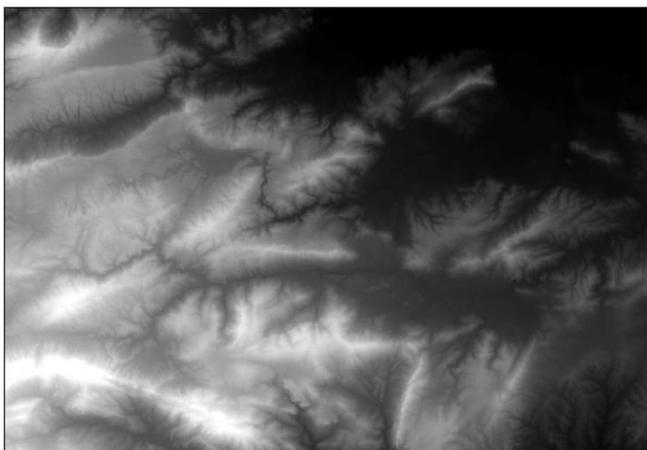
-Vías de comunicación: Integradas en la BCN por diferentes capas. Constará de las capas BCN200\_0602L\_AUTOPISTA, BCN200\_0604L\_CARR\_AUTON y BCN200\_0603L\_CARR\_NAC, BCN200\_0605L\_PISTA, BCN200\_0609L\_FFCC\_CONV, BCN200\_0610P\_FFCC\_EST y BCN200\_0609L\_FFCC\_AV y BCN200\_0601L\_AUTOVIA, aunque no será utilizada por no haber autovías en la zona de estudio. Se trata de temas lineales en los que se representan las vías de comunicación clasificadas según el tipo de carretera.

-Líneas eléctricas: Capa BCN200\_0702L\_LIN\_ELEC de tipo lineal.

-Hidrología: Capas BCN200\_0301L\_RIO y BCN200\_0304S\_EMBALSE ya que no existen más elementos hidrológicos en la zona.

-Espacios protegidos: BCN200\_0102S\_ZON\_PRO en la que vendrá delimitada el Parque Natural del Montgó, único espacio protegido de la zona.

## 6.3 MDT25



*Ilustración 18: MDT25*

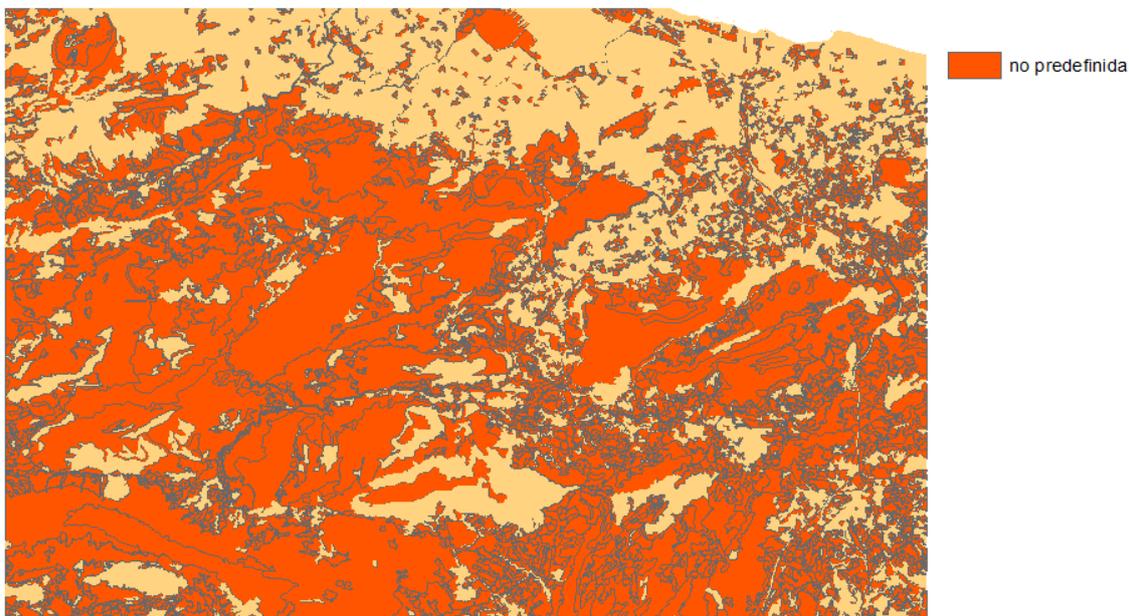
Modelo digital del terreno con paso de malla de 25 m descargado del centro de descargas del CNIG. Sistema geodésico de referencia ETRS89 y proyección UTM en el huso 30. El MDT25 se ha obtenido por interpolación de modelos digitales del terreno de 5 m de paso de malla procedentes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Se han tenido que utilizar varias hojas debido a que la zona afectada por el incendio caía en el borde de una hoja. Así pues las hojas utilizadas han sido la 0795,

0796, 0821 y 0822 de escala 1:50.000. Todas ellas han sido unidas y recortadas por la zona de estudio propuesta. El ráster resultante lo observamos en la ilustración 16.

Con el MDT podremos calcular diferentes variables necesarias como la pendiente y la orientación.

## 6.4 CLC2006

Teniendo en cuenta que la escala de referencia del SIOSE es mayor a la del CORINE (1:25 000 frente a 1:100 000) y por tanto debería tener más definidas las zonas con diferentes ocupaciones del suelo, al final no es así y veremos numerosas zonas con la etiqueta de *no predefinida* (como se aprecia en la ilustración 19) o de mosaico irregular, lo que nos complica el establecimiento de valores de riesgo con esta base de datos.



*Ilustración 19: Zonas no predefinida en la base de datos del SIOSE*

Es por esta razón que finalmente se ha optado por utilizar CORINE Land Cover 2006, programa europeo de ocupación del suelo, en el estudio.

Con esta base de datos de ocupación del suelo se determinarán las zonas con un mayor peligro de propagación debido a la cantidad de vegetación, es decir, se delimitarán zonas según el nivel de combustible. Para ello deberemos de analizar los atributos de las coberturas de la base de datos y decidir el nivel de riesgo según cada cobertura. Este tema también ha sido descargado del centro de descargas del CNIG.

## 6.5 DATOS CLIMATOLÓGICOS

Los datos necesarios para las variables meteorológicas contempladas en el modelo propuesto son la temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad y dirección del viento. Estos datos han sido proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) la cual recoge datos diarios de estaciones de toda España.

Las variables de humedad relativa y velocidad y dirección del viento han sido aportadas para el día concreto de 14 de mayo de 2015. Los datos de humedad se muestran en horas señaladas (00, 07, 13 y 18h) y los datos de viento cada hora. Es por ello que se optará por trabajar con los datos de humedad de las 13h, por proximidad a la hora de ignición del incendio; y en cuanto a los datos de viento, se optará por trabajar con las rachas máximas de viento del día, puesto que estas serán las que más aviven y propaguen dicho incendio.

En cuanto a la temperatura y la precipitación, han sido aportados los datos de todo el mes de mayo. Con la temperatura se trabajará con la temperatura máxima alcanzada el día concreto del incendio, y la precipitación se analizará como la precipitación acumulada durante todo el mes, del día 1 al 14.

Los datos de todas las variables antes comentadas se han solicitado a AEMET para las estaciones más próximas a la zona de estudio. En la siguiente tabla se observa el nombre del municipio de las estaciones y sus coordenadas geodésicas.

Nombre	Lat	Long
Pego	38°50'48"N	0°7'6"W
Jávea/Xàbia	38°47'1"N	0°10'4"E
Benidorm	38°33'6"N	0°8'0"W
Alcoy/Alcoi	38°42'39"N	0°27'36"W
Oliva	38°55'44"N	0°5'45"W

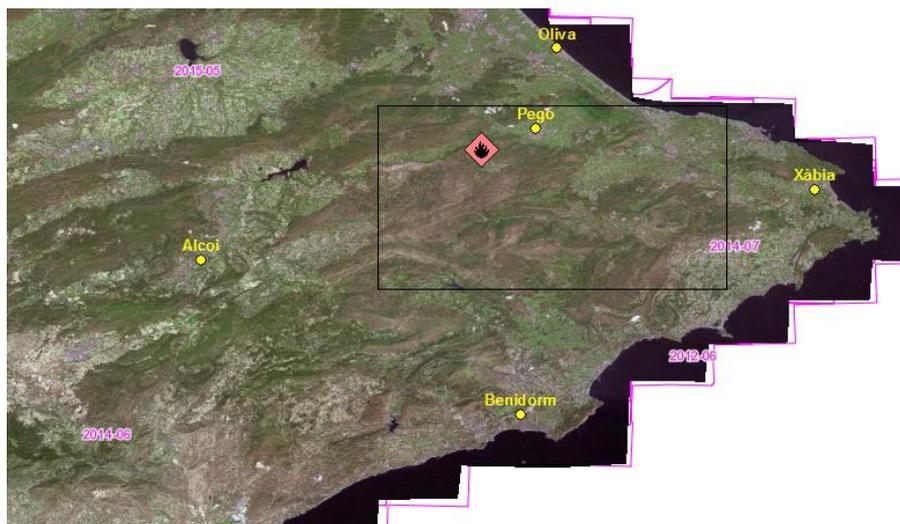


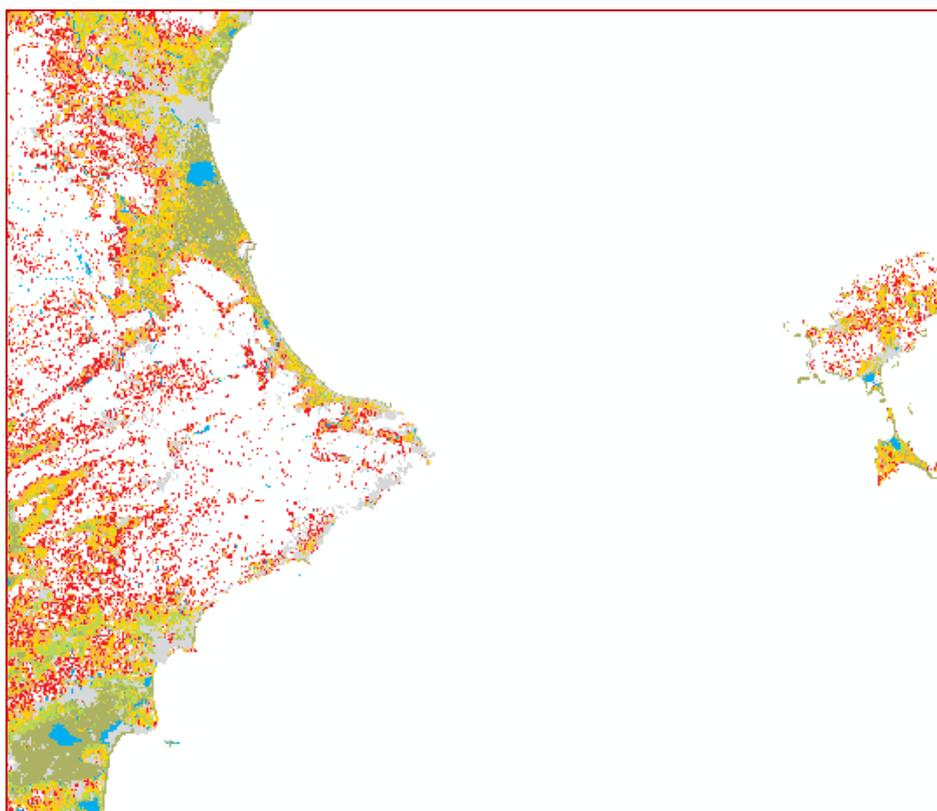
Ilustración 20: Distribución estaciones AEMET, zona de trabajo y lugar del incendio

## 6.6 PARQUES DE BOMBEROS

Se ha decidido oportuno considerar la ubicación de los parques de bomberos próximos a la zona de estudio para, con la delimitación de áreas de influencia, determinar un mayor o menor riesgo de propagación según la lejanía a estos parques. La ubicación de estos parques se ha encontrado en internet y se han ubicado en una capa shape de puntos en Arcmap.

## 6.7 WMS DE EROSIÓN POTENCIAL

Para el apartado de vulnerabilidad de erosión potencial se ha tenido que trabajar con un servicio WMS. Se trata de un servicio del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) dentro del apartado de *Efectos negativos sobre el Patrimonio Natural y la Biodiversidad* y se ha podido acceder mediante la siguiente URL: <http://wms.magrama.es/sig/Biodiversidad/INSErosionPotencial/wms.aspx?>



*Ilustración 21: capa WMS de erosión potencial*

Dicha capa, consta de una división con un rango de 1 a 5 según el nivel de erosión potencial previsto para toda España salvo algunas excepciones como el País Vasco.

Al ser una capa WMS nos presenta un problema ya que no se puede tratar la capa directamente por lo que tendremos que realizar un escaneado, que comentaremos más adelante, para su tratamiento y análisis; y además zonifica y clasifica las zonas artificiales y las masas de agua por lo que, posteriormente, nos presentará otro problema a la hora de digitalizarla.

## **7 PREPROCESAMIENTO DE LOS DATOS**

---

Antes de empezar con el análisis en sí del riesgo se deberán de seguir una serie de pautas para tratar o corregir algunos datos.

### **7.1 CORRECCIÓN POR ILUMINACIÓN**

Los niveles digitales de las imágenes satelitales de Landsat tendrán un rango determinado en cada banda. Si hay zonas muy montañosas (diferentes orientaciones con respecto al sol, zonas de sombra) este rango variará, produciendo una disminución de nivel digital en las zonas menos soleadas y un aumento en las zonas orientadas al sol.

Por este motivo se tendrá que aplicar corrección topográfica en las imágenes, para así homogeneizar el valor de niveles digitales entre las zonas más y menos iluminadas, “aplanando” la superficie.

Para ello, existen diferentes métodos. Uno de ellos es el propuesto en 1961 por Minnaert en el que las superficies observadas no reflejan la energía solar incidente de manera uniforme en todas las direcciones, si no que supone la reflexión dependiendo del ángulo de visión.

En primer lugar deberemos calcular el ángulo de iluminación de la siguiente manera:

$$IL = \cos\gamma_i = \cos\theta_p \cos\theta_i + \sin\theta_p \sin\theta_i \cos(\Phi_a - \Phi_o)$$

Siendo  $\theta_i$  el ángulo cenital solar y  $\Phi_a$  el ángulo acimutal solar  $\theta_p$  y  $\Phi_o$  se corresponden con la pendiente y la orientación del terreno calculadas a partir del MDE.

A continuación se aplicará la corrección por iluminación a cada banda de la imagen original según la ecuación simplificada:

$$ND'_{i,j} = ND_{i,j} + (ND_{i,j} * (IL_x - IL_{i,j}) / IL_x)$$

Donde  $ND'_{i,j}$  y  $ND_{i,j}$  indican los ND de salida y entrada, respectivamente, para los píxeles  $i,j$ ;  $IL_x$  la media de la imagen de iluminación para toda la imagen, y  $IL_{i,j}$  el valor de iluminación para el píxel  $i,j$ .

Con este proceso nos aseguraremos que las imágenes tengan valores homogéneos independientemente de la orientación que presenten para así poder calcular índices de una manera más objetiva y precisa.

## 7.2 RECORTES ZONA DE TRABAJO

Se procederá a recortar los datos vectoriales, tanto los provenientes de la BCN200 como los del SIOSE, y los ráster de los modelos de elevaciones según el polígono de la zona de estudio que se corresponde al tamaño de una hoja 50 000 solo que no se encuentra en la posición de una de estas, ya que se ha desplazado para que el incendio estudiado se encuentre en una posición más céntrica en el contorno de la zona de estudio.

## 7.3 REMUESTREO

Para realizar correctamente los cálculos necesarios en las imágenes ráster (MDT, imágenes satelitales) deberemos tener todas estas con el mismo tamaño de píxel, para ello deberemos pasar las imágenes con una mejor resolución a la peor que tengamos. Esto es, efectuar el remuestreo del MDT de tamaño de píxel de 25 metros para que tenga las mismas dimensiones de píxel que las imágenes Landsat 8 de las que disponemos con un tamaño de píxel de 30 metros.

El método de remuestreo que se ha utilizado es el de interpolación bilineal. El nuevo valor de la celda de salida es una media ponderada de los cuatro centros de celda de entrada más cercanos, ajustada para reflejar su distancia desde el centro de la celda de salida del ráster de entrada. Este método de interpolación da como resultado una superficie de aspecto suavizado.

Este tipo de remuestreo es preferible para los datos en que la ubicación de un punto conocido o fenómeno determina el valor asignado a la celda, es decir, superficies continuas, como lo es el MDT.

La elevación, la pendiente, la temperatura son todos fenómenos representados como superficies continuas y se remuestran de forma más adecuada utilizando la interpolación bilineal.

## 7.4 ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se procederá a la creación de una geodatabase donde se incluirá toda la información relativa al estudio.

En ella se cargarán las capas previas al análisis ya recortadas y en el sistema de referencia ETRS89 UTM huso 30 y las capas generadas a partir de estas: las capas del establecimiento del peligro de incendio en las diferentes variables y las capas con los diferentes índices calculados. No se incluirán las capas intermedias en la base de datos.

Muchas de las capas que se utilizarán vienen con un gran volumen de información que, a fin de cuentas, no será toda ella necesaria para el procesamiento en el cálculo de los índices; por lo que solamente se incluirán los atributos e información necesaria en dicha geodatabase.

# 8 VARIABLES

---

## FACTOR HUMANO

### 8.1 VÍAS DE COMUNICACIÓN

La accesibilidad a las masas forestales es una variable que condiciona el número y distribución de los agentes potenciales de ignición (Martínez, et al., 2005). Las vías de comunicación suponen un vector de entrada al terreno forestal, facilitando el acceso a excursionistas, senderistas, cazadores, agricultores, etc., de modo que se potencia la posible aparición de causas de ignición, ya sean derivadas de una negligencia o de una intencionalidad.

La forma de estimarlo suele variar entre el cálculo de la longitud y densidad de vías de comunicación, la distancia media a las vías de comunicación, o la generación de áreas de influencia alrededor de las mismas (*de Vicente López, 2012*). *Hernández-Leal, et al. (2006)*, o *Lampin (2003)* consideran relevantes a efectos de riesgo de incendios, distancias inferiores a los 20 metros, desde la carretera o vía de comunicación. Sin embargo suele ser más común el empleo de mayores distancias, a la hora de discriminar el peligro de ignición proveniente de las vías de comunicación; *González-Calvo, et al. (2007)* y *Badia (2000)* resaltan distancias entre los 250 y los 1000 metros, como relevantes.

En base a lo mencionado, se decide emplear un indicador de accesibilidad basado en la cercanía a las vías de comunicación como factor desencadenante en la ignición de incendios. Se ha optado por clasificarlas en dos tipos: las autovías y autopistas por un lado y todas las demás carreteras en otro grupo. Esta clasificación se debe al margen y protecciones que presentan las carreteras de alta velocidad frente a las demás. Además que en estas no se puede acceder a los terrenos colindantes a diferencia de las otras, que en muchas ocasiones se adentran también en terreno forestal, siendo una vía de acceso a personas y en consecuencia aumentando el peligro de ignición.

Distància xarxa viària	
Interval (m)	% incendis
<= 51	44,0
52 – 127	37,0
128 – 246	15,1
> 246	3,9

Il·lustració 22: % de incendis respecte a la distància a vïas de comunicaci3n

Se puede extraer de la tesis doctoral de Badia, *La incidencia dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i la comarca del Bages durante el període 1987-1998*, la incidencia de la proximidad a la red viaria sobre los incendios de Bages y comprobar que la mayor parte se producen a distancias menores de 127 metros a las vïas de comunicaci3n como se aprecia en la tabla.

Seguendo la lectura bibliogràfica, se decide la generaci3n de tres anillos concéntricos en los cuales el valor de peligro se mantendrã homogéneo y cuya distancia serã de 120 para el primero, 240 para el segundo y de 480 para el tercero. Para su cuantificaci3n se ha asignado un valor de 4 para el anillo mãs pr3ximo a las vïas de comunicaci3n, un valor de 3 para el segundo anillo y 1 para el tercero. Las zonas exteriores a estos tendrã un valor de 0.

Distancia	Clase de riesgo	Valor asignado
0 – 120	Alto	4
120 – 240	Medio	3
240 - 480	Muy Bajo	1
> 480	Nulo	0

En el caso de autopistas y autovïas se plantean unas distancias y peligros menores como vemos a continuaci3n.

Distancia	Clase de riesgo	Valor asignado
0 – 60	Medio	3
60 – 120	Muy Bajo	1
> 120	Nulo	0

**Vïas de ferrocarril:** Aunque los incendios provocados desde las lïneas de ferrocarril debido a los chispazos suponen una ínfima parte del total, tanto en superficie como en nùmero, mantienen una tendencia creciente en los ùltimos aïos, quizãs como consecuencia del avance en la investigaci3n de causas (Porrero, 2001). Estos se producen generalmente en tramos de frenada y en las proximidades de las estaciones cuando no se han practicado adecuadamente las labores de limpieza de la vegetaci3n natural que aparece a lo largo del trazado de vïa. La realidad es que son una causa muy estãtica y fãcil de representar mediante un àrea de influencia alrededor de las lïneas de ferrocarril.

En el Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre, en el que se aprueba el "Reglamento de la ley de Ordenaci3n de los Transportes Terrestres (Ley 16/1987)", es donde se establece la anchura de la zona de servidumbre para los ferrocarriles. Aquï se dice que la zona de servidumbre consiste en sendas franjas de terreno a ambos lados de la lïnea férrea, delimitadas interiormente por la zona de dominio pùblico, y exteriormente por dos lïneas paralelas a las aristas exteriores de la explanaci3n a una distancia de 20 metros, en suelo urbanizable y no urbanizable, y de 8 metros en suelo urbano, medidas en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vïa férrea, desde las aristas exteriores a la explanaci3n.

Es por ello que se propone establecer un área de 30 metros a ambos lados de las vías del tren identificándose así las zonas con mayor riesgo de incendio, en las que el indicador tendrá el valor de 1. Además, se propone también establecer un área de influencia de 30 metros de ancho y de 1000 metros de largo (ya que según RENFE, la distancia de frenado de los trenes convencionales de media distancia, único tipo que transcurre en nuestra zona de trabajo, a una velocidad de 160 km/h es de unos 1000 metros) en las estaciones de trenes en la que el valor de peligro sea de 2, dibujando así el mayor peligro en estos tramos de frenado.

De acuerdo con las estadísticas oficiales de incendios, se ha considerado que fuera de estas áreas la probabilidad de iniciarse un fuego por chispa de tren es prácticamente imposible, por lo que al indicador se le asigna el valor 0 (F.J. de Vicente y López).

Distancia (metros)	Valor asignado
0 – 30 (en estaciones)	2
0 – 30 (en vías de fcc)	1
> 30	0

## 8.2 LÍNEAS ELÉCTRICAS

En la Comunitat Valenciana, la probabilidad de que se inicie un incendio mediante un accidente producido por un arco voltaico en líneas de alta tensión es una realidad (Oliveira, et al., 2002; Vasilakos, et al., 2007), que en el período 1988-2008 ha provocado 118 incendios, quemando 855 hectáreas. En este caso la ocurrencia de incendios suele estar relacionada con la falta de adecuadas labores de mantenimiento y limpieza de la franja de seguridad cuando estas líneas atraviesan zonas forestales contraviniendo las medidas de prevención estipuladas en la legislación. El Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre, que regula el Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión establece (art.35) las distancias mínimas de los conductores a las masas de arbolado con objeto de prevenir el contacto entre ambos y, de esta manera, el riesgo de ignición (Porrero, 2001).

Para la valoración de este factor la mayoría de autores han empleado áreas de influencia alrededor de las líneas identificando las zonas estáticas con mayor riesgo de ignición. Siguiendo esta metodología y de acuerdo con los datos de los partes de incendio, para valorar este indicador se han propuesto dos áreas de riesgo, una de 30 y la otra de 60 metros a cada lado de las líneas eléctricas, área en que el indicador toma el valor de 2 y 1 respectivamente, asignando al resto un valor 0.

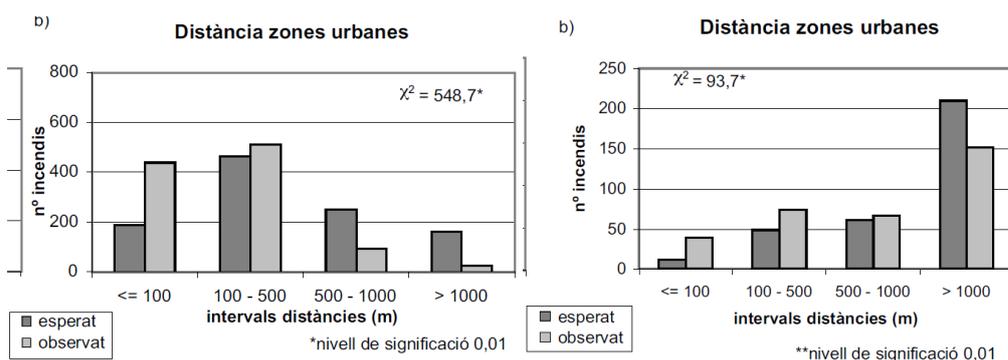
## 8.3 NÚCLEOS URBANOS

Como hemos visto en los últimos años, queda más que demostrada la relación entre la interacción humana con la incidencia de incendios forestales. La interfaz forestal-urbana se está configurando como uno de los agentes más importantes causantes de incendios forestales.

Es necesario tomar una serie de acciones prioritarias para mejorar la accesibilidad de los medios de extinción a esas zonas, coordinar la intervención de diversos servicios de emergencia, proteger esta interfase mediante el establecimiento de perímetros de seguridad –fajas cortafuegos y faja auxiliar de dimensiones variables en función de las características estructurales de la zona-, evitar las acumulaciones de combustibles entre viviendas y la masa forestal, sensibilizar a los propietarios de la fragilidad de estas zonas, etc. Algunas de estas medidas se incluyen en los llamados *planes de autoprotección* (Porrero, 2001). El Decreto 64/1995, de 7 de marzo, sobre medidas preventivas para incendios forestales, aprobado por la

Generalitat de Catalunya, establece que las urbanizaciones que estén situadas a menos de 500 m. de terrenos forestales deben cumplir una serie de condiciones entre las que se destacan las siguientes: disponer de un perímetro de seguridad de 25 metros de anchura desde su borde exterior, mantener las cunetas limpias de vegetación, disponer de una red de hidrantes y elaborar un plan de autoprotección (Vélez, 2000).

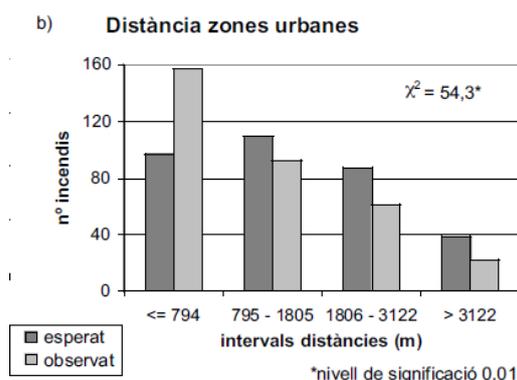
Dejando de banda las medidas que puedan aplicar los municipios o núcleos de población, pero sabiendo que la cercanía a núcleos urbanos es un factor importante de peligrosidad en los incendios. Podemos observar pues, las siguientes tablas de la relación de incendios forestales y proximidad a las zonas urbanas en el área metropolitana de Barcelona y en la comarca del Bages con capital en Manresa.



Il·lustració 23: Incendis del Àrea metropolitana de Barcelona y de Bages, respectivament, en relació a la distància a zones urbanas

La comarca del Bages, con una densidad de población y una movilidad no comparable al área metropolitana de Barcelona, tendría una menor incidencia del componente humano directamente vinculado con la movilidad, pero si con otros factores más relacionados con el uso que se hace del territorio.

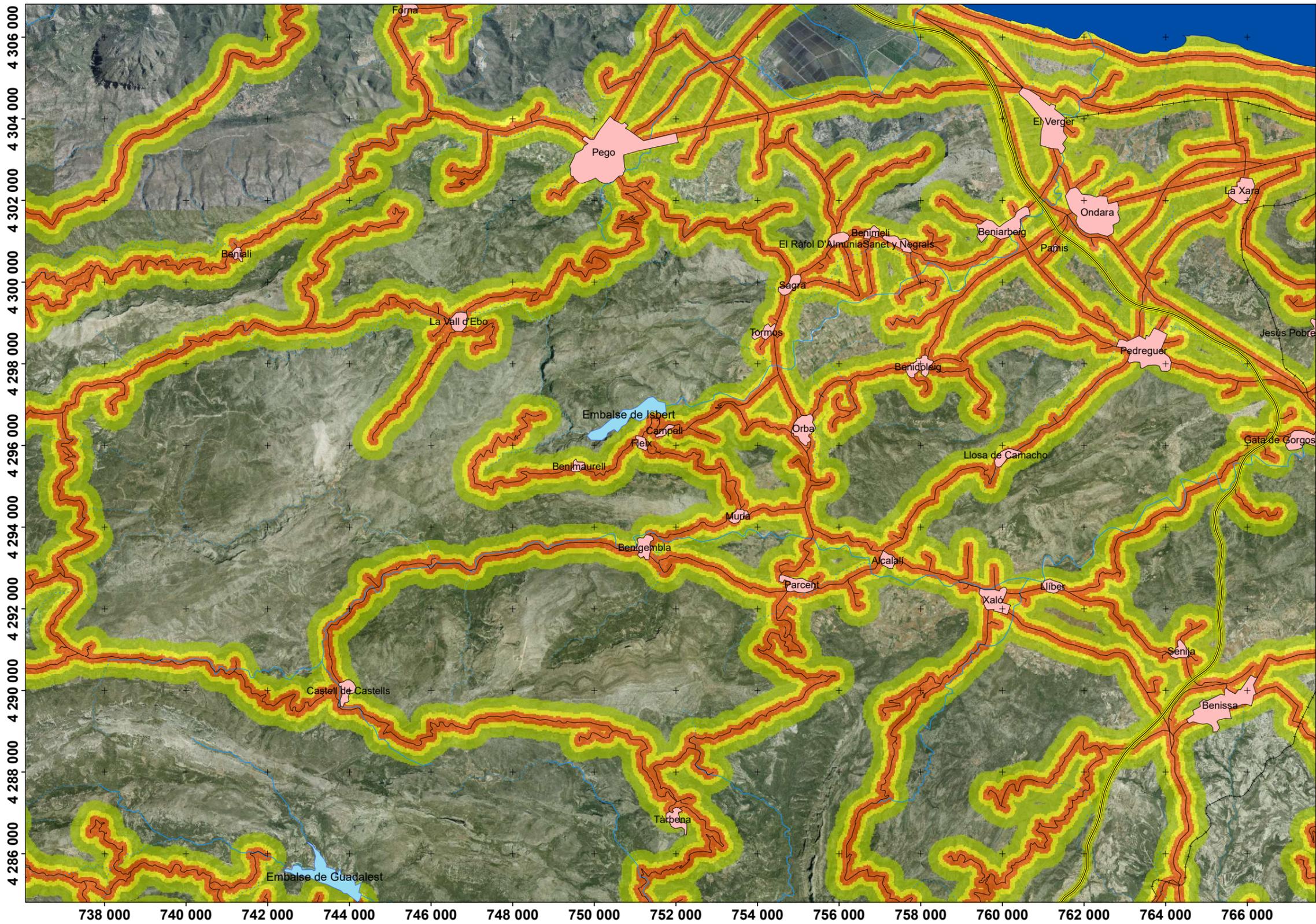
Se decide, por el mayor parecido a la comarca del Bages de población, observando la gráfica de la ilustración 24 con diferentes intervalos, y considerando el tamaño de pixel de 30 metros, efectuar el peligro por proximidad a los núcleos urbanos tal y como se muestra en la tabla de continuación.



Il·lustració 24: Incendis en la comarca de Bages en relació a la distància a zones urbanas

Distància	Clase de riesgo	Valor asignado
0 – 810	Muy Alto	5
810 – 1800	Alto	4
1800 – 3000	Medio	3
> 3000	Muy Bajo	1

En el interior de los mismos núcleos urbanos se ha determinado un valor de peligro de 0 puesto que no existiría una interacción urbano-forestal en el entorno urbano.

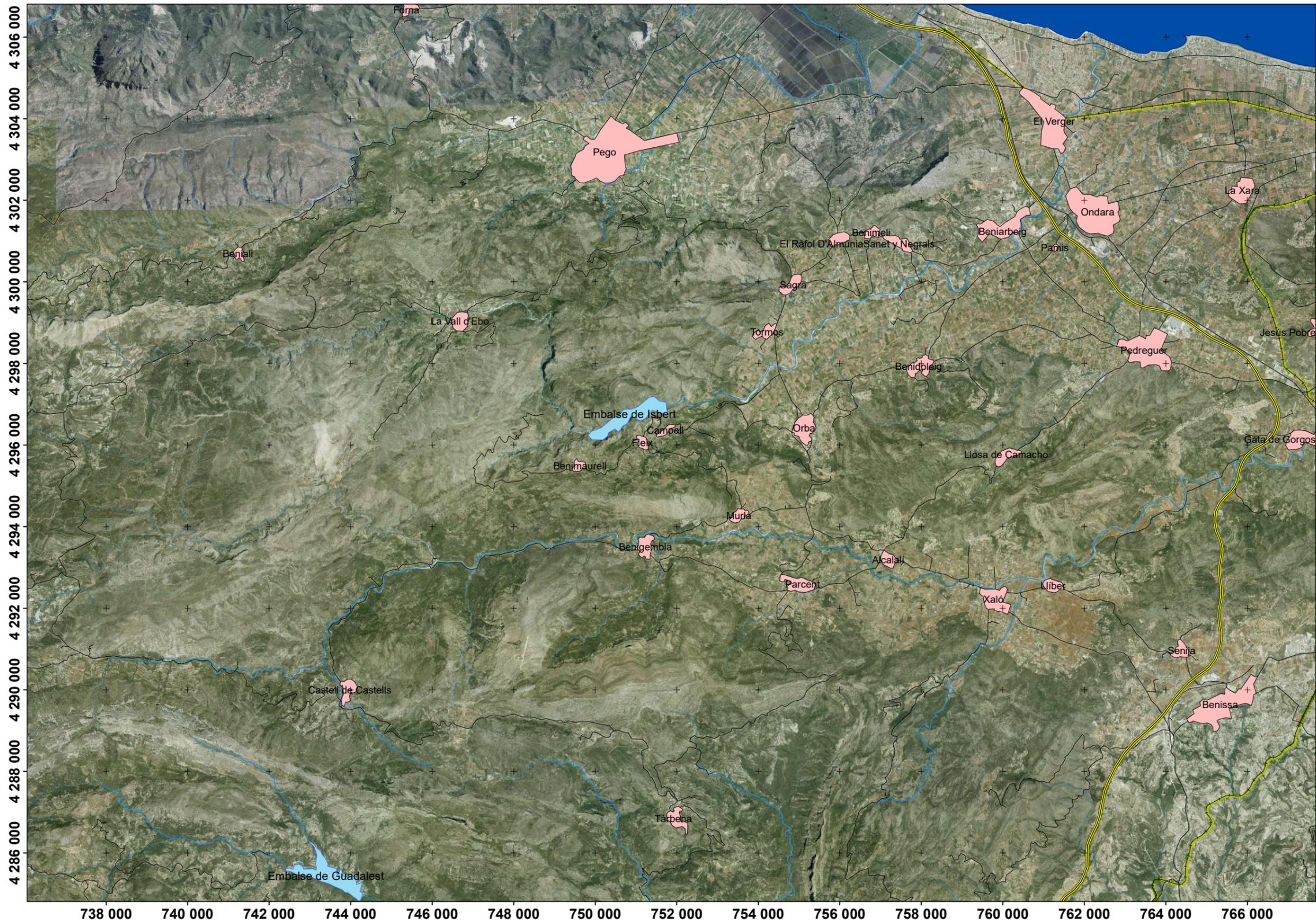


**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
  - no permanente
  - permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Peligro por vías de comunicación**
  - 1 - Bajo
  - 3 - Medio
  - 4 - Alto



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la proximidad a vías de comunicación</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

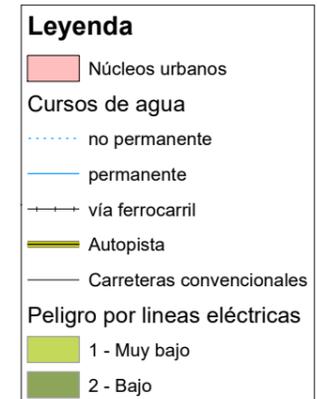
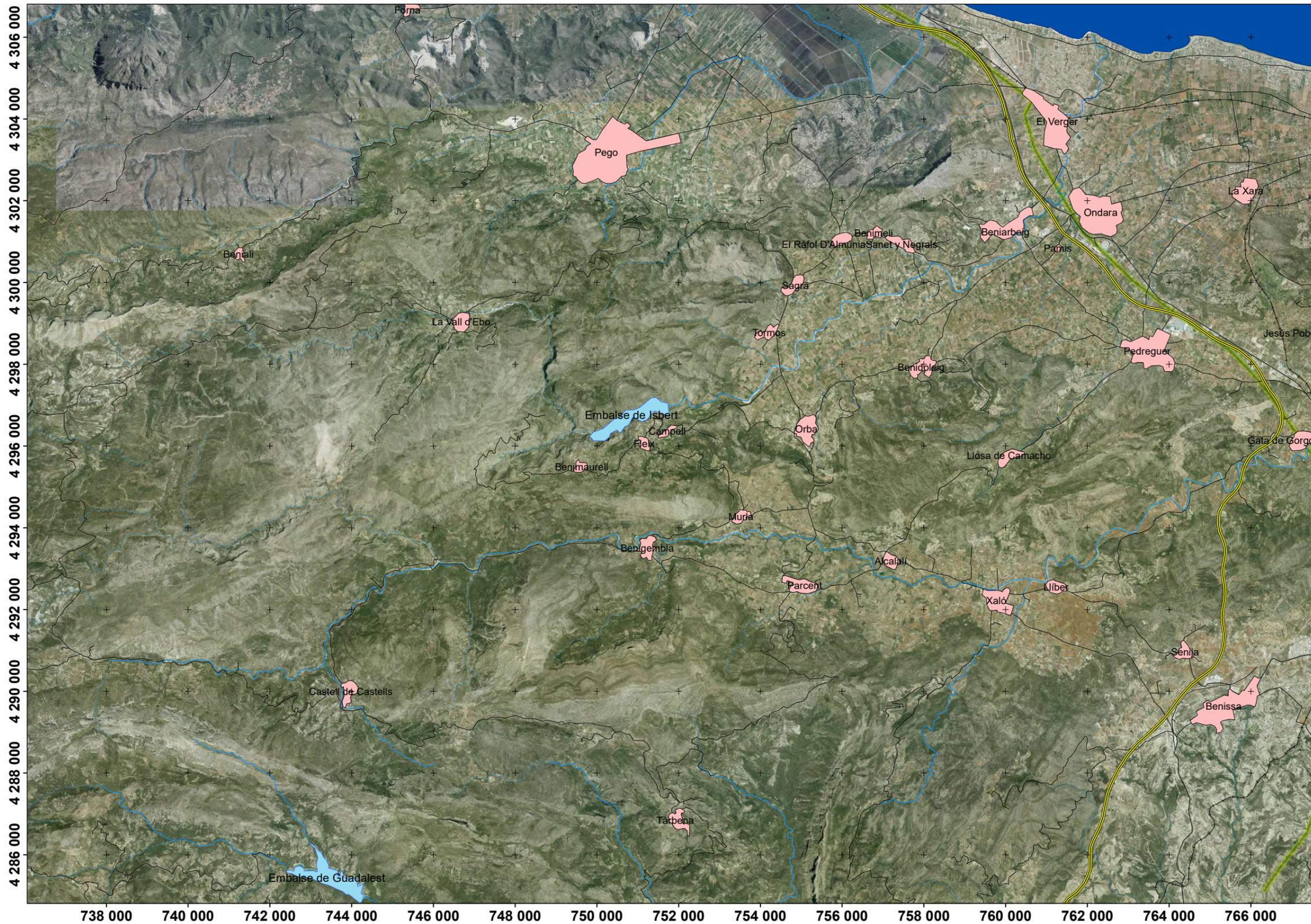


**Leyenda**

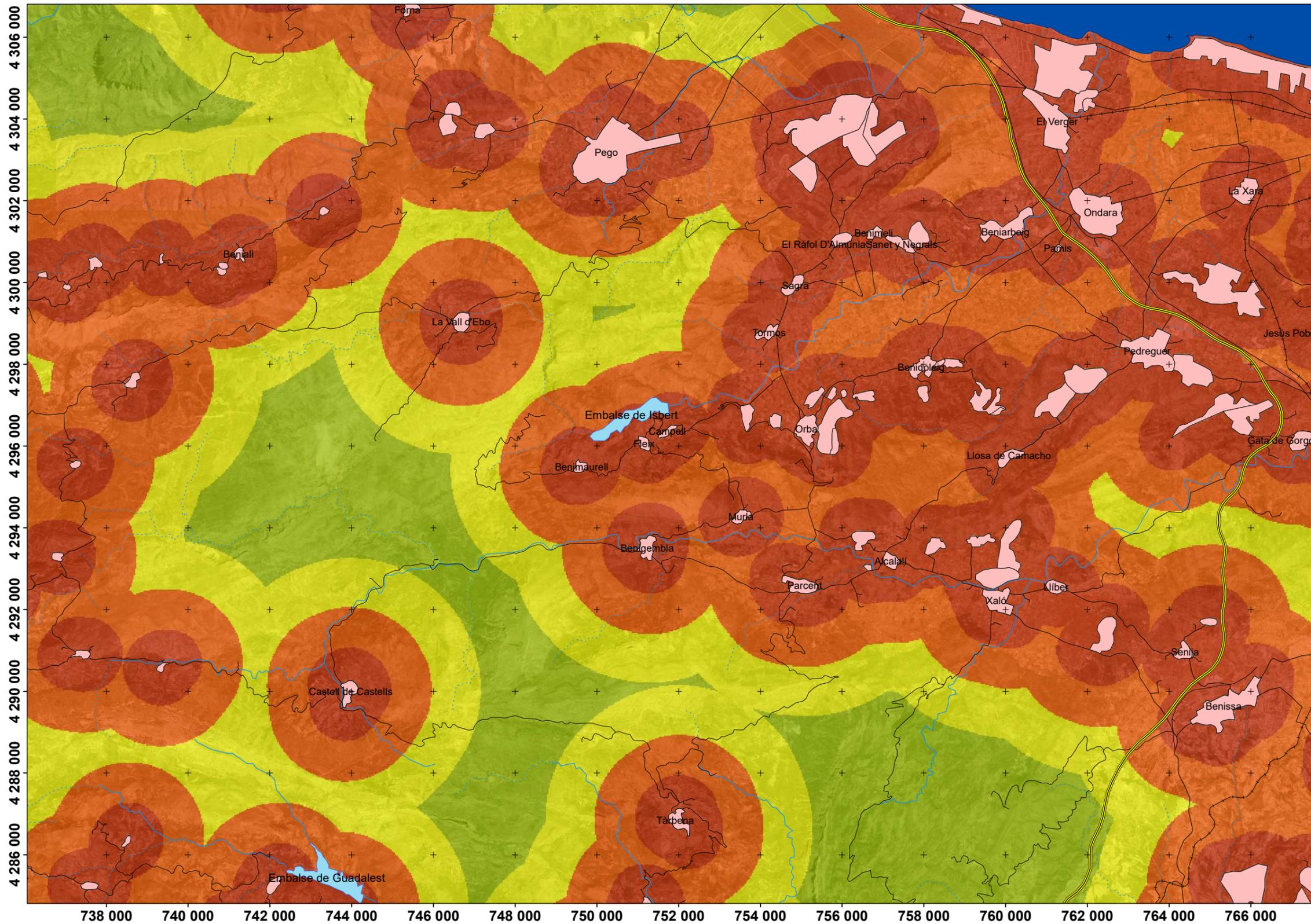
- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Peligro por vías de ferrocarril**
- 1 - Muy bajo
- 2 - Bajo



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la proximidad a vías de ferrocarril</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	
		FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
		FIRMA



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la proximidad a líneas eléctricas</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA



**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Peligro por proximidad a núcleos**
- 1 - Bajo
- 3 - Medio
- 4 - Alto
- 5 - Muy alto



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la proximidad a núcleos urbanos</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## **CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

Los datos meteorológicos deberían ser los más conflictivos a la hora de integrarlos en cualquier modelo de riesgo de incendios ya que requieren un número considerable de estaciones meteorológicas distribuidas coherentemente por el territorio. Tradicionalmente, uno de los procedimientos que se han utilizado para suplir la falta de datos meteorológicos ha sido utilizar el factor topográfico; la altitud, la orientación y la pendiente, han servido en algunos casos (Congalton y Chuvieco, 1989; Salas y Chuvieco, 1992) para justificar los datos que hacen referencia al calentamiento del suelo -orientación y pendiente- y las temperaturas -altitud-.

La importancia del factor meteorológico, tanto en la fase de ignición como en la de propagación, ha hecho que se dediquen muchos esfuerzos a mejorar todos los procedimientos de captura de datos.

Ya que se disponen de pocas estaciones para el cálculo de los varios índices de tipología meteorológica, la determinación de las distintas zonas de riesgo dependiendo de cada variable se llevará a cabo mediante la interpolación de los datos de los que disponemos mediante el método la ponderación de la distancia inversa (IDW) que estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de estaciones en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está un punto del centro de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio. Este método obtendrá unos mejores resultados que otros métodos de interpolación como puede ser el Spline o el Kriging debido a que estos necesitan una mayor serie de datos para realizar una buena interpolación.

Las diferentes variables meteorológicas consideradas para la aplicación del índice son la temperatura máxima, la dirección y velocidad del viento, la humedad relativa y la pluviometría (suma de precipitaciones acumuladas). Estas han sido solicitadas a AEMET para las estaciones meteorológicas de Benidorm, Javea, Pego, Oliva y Alcoy.

### **8.4 TEMPERATURA**

La temperatura está sujeta a variaciones tanto estacionales como diarias. Desde el punto de vista estacional los valores máximos se registran durante el período estival, debido a la mayor duración del día y a que la radiación solar incide con un ángulo mayor. Respecto a las variaciones diarias, se alcanzan valores máximos en las horas centrales del día y mínimos al amanecer.

Por esta razón, la ignición y además propagación del fuego se verá favorecida durante el día por este incremento térmico y mucho más en el incremento térmico producido en los meses de verano dónde se alcanzan temperaturas, en ocasiones, bastante extremas.

Así pues, la temperatura no tiene una incidencia directa sobre la evapotranspiración, más bien es un indicador de la fuerza motriz del proceso de evapotranspiración o de su influencia en el déficit de presión del vapor de agua. Según lo expresado, la evaporación y la transpiración serán tanto más elevadas cuanto mayor sea la temperatura, pues, a medida que ésta aumenta, se incrementa también la energía cinética necesaria para efectuar el paso del estado líquido al gaseoso. La transpiración, no obstante, está subordinada a ciertos umbrales críticos: Se ha comprobado que aproximadamente entre los 30-35°C la pérdida de agua disminuye (Barcelo et al., 1995; De Juan y Martín de Santa Olalla, 1993) pero por encima de los 45º se recupera de nuevo hasta que la planta se marchita si persisten las temperaturas elevadas (Cuadrat y Pita, 1997).

Revisando los datos obtenidos de las estaciones de la AEMET (Benidorm, Xàbia, Pego, Oliva y Alcoi) para todo el mes de mayo, se observa que las temperaturas máximas se alcanzaron en el mismo día de inicio del incendio de Pego-Les Valls, 14 de mayo, y más concretamente en la estación de Pego llegando a 41,5°C. El rango de temperaturas máximas en el marco geográfico que afecta a la zona de estudio y en el mes de mayo varía de una manera considerable (unos 20°C) como vemos en la tabla.

	Temperaturas máximas	Estación meteorológica y fecha
Mínima	19,5º	Alcoi – 20/05/2015
Máxima	41,5º	Pego – 14/05/2015

Para el día 14, las estaciones meteorológicas registraron las siguientes temperaturas máximas:

Benidorm	34,5
Jávea	38,9
Pego	41,5
Oliva	41,0
Alcoy	39,3

Se propone la determinación del riesgo de peligro de ignición por temperatura de la siguiente manera:

Temperatura máxima	Clase de riesgo	Valor asignado
< 19,5	Bajo	2
19,5 – 29,5	Medio	3
29,5 – 39,5	Alto	4
> 39,5	Muy Alto	5

## 8.5 VIENTO

El factor determinante de la propagación del fuego es el viento. Este es el que da la forma al foco del fuego a consecuencia de su fuerza y dirección. Ha sido uno de los fenómenos marginados en muchos de los modelos por su dificultad de representación y por la falta de datos fiables.

Además, no solo la velocidad de este es determinante, el efecto de la dirección del viento en el intercambio de vapor de agua resulta clave debido al grado de humedad que pueda arrastrar. En este sentido, y en nuestra zona de estudio, situada al este de la península, los vientos provenientes de poniente provocan fuertes subidas de temperaturas en verano además de hacer decrecer el contenido de humedad del combustible hasta alcanzar, en ocasiones, valores críticos siendo responsables de los incendios más catastróficos en la zona del levante mediterráneo.

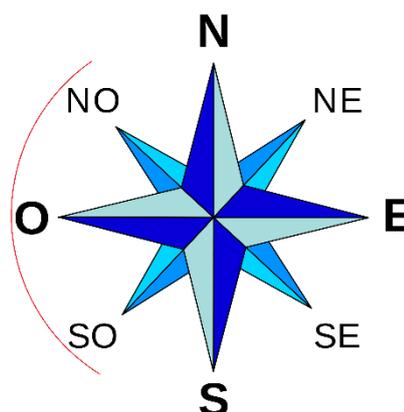
El viento influye, durante el incendio, a la velocidad del proceso, puesto que los combustibles sólidos queman mejor con excesos de aire sobre la cantidad que garantiza la combustión. También es el causante de la inclinación de las llamas y las columnas convectivas que favorece la transferencia de calor a la vegetación circundante ayudando a acelerar la pérdida de agua de los combustibles.

Adicionalmente, podemos añadir que, cuando la velocidad del viento es superior a los 40 km/h impide el vuelo de muchas aeronaves especializadas en la extinción dificultándola en gran medida.

La propuesta que se hace en la determinación del peligro de propagación por la acción del viento está enfocada en la racha máxima alcanzada el día 14 y en su dirección. De este modo tendremos:

Velocidad	Clase de riesgo	Valor asignado
30 - 40	Alto	4
> 40	Muy Alto	5

Respecto a la dirección de los vientos, consideraremos más peligrosos a aquellos vientos provenientes del oeste como ya se ha explicado antes. Como en los datos de AEMET la dirección del viento está especificada según hacia donde se dirige, los vientos de poniente serán aquellos con una dirección entre 45 y 135°, considerando también los vientos del Noroeste y del Suroeste como peligrosos.



Dirección	Clase de riesgo	Valor asignado
45 – 135 °	Alto	4
135 – 45 °	Bajo	2

Debido a que en todo el día 14 la dirección del viento se mantuvo más o menos constante hacia el rango Norte – Oeste, por lo que el viento provenía de levante y del sur, el valor de riesgo en todas las estaciones y por consiguiente en toda la zona de estudio sería de 2. Estando asignadas estos valores de riesgo para diferenciar las zonas con mayor riesgo de las demás y que en este caso no tendría este efecto al no tener vientos de poniente.

## 8.6 HUMEDAD ATMOSFÉRICA

Es evidente la influencia de la humedad atmosférica en la propagación del fuego ya que influye directamente en el intercambio de humedad del combustible.

Los combustibles muertos absorben o evaporan humedad del aire hasta conseguir el equilibrio con las condiciones ambientales presentes. Por tanto, las condiciones de humedad en la atmósfera dirigen este intercambio en una u otra dirección.

Por otro lado, la humedad atmosférica también influye en la disponibilidad de oxígeno para el proceso de combustión. A mayor humedad menor proporción de oxígeno en el ambiente, y por consiguiente más lento será el proceso de combustión.

Ya que el incendio se inició ya entrada la mañana y los datos de humedad aportados por AEMET son en intervalos de horas bastante amplios, se trabajará con la humedad relativa de las 13.00. Los valores en esta hora ya han decaído debido a la temperatura creciente, y la mayoría estará por debajo del 30%, valor crítico, que junto a otros factores meteorológicos (regla del 30), suele ser causa de los incendios más severos.

Los valores obtenidos para esta variable son los siguientes:

<b>Benidorm</b>	23%
<b>Jávea</b>	12%
<b>Pego</b>	22%
<b>Oliva</b>	37%
<b>Alcoy</b>	12%

Así pues se propone la siguiente clasificación en el riesgo por humedad:

Humedad atmosférica	Clase de riesgo	Valor asignado
< 20%	Muy Alto	5
20 – 30%	Alto	4
30 – 40%	Medio	3

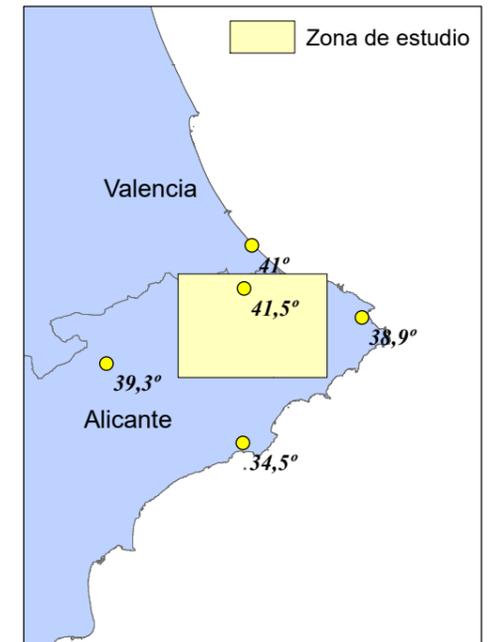
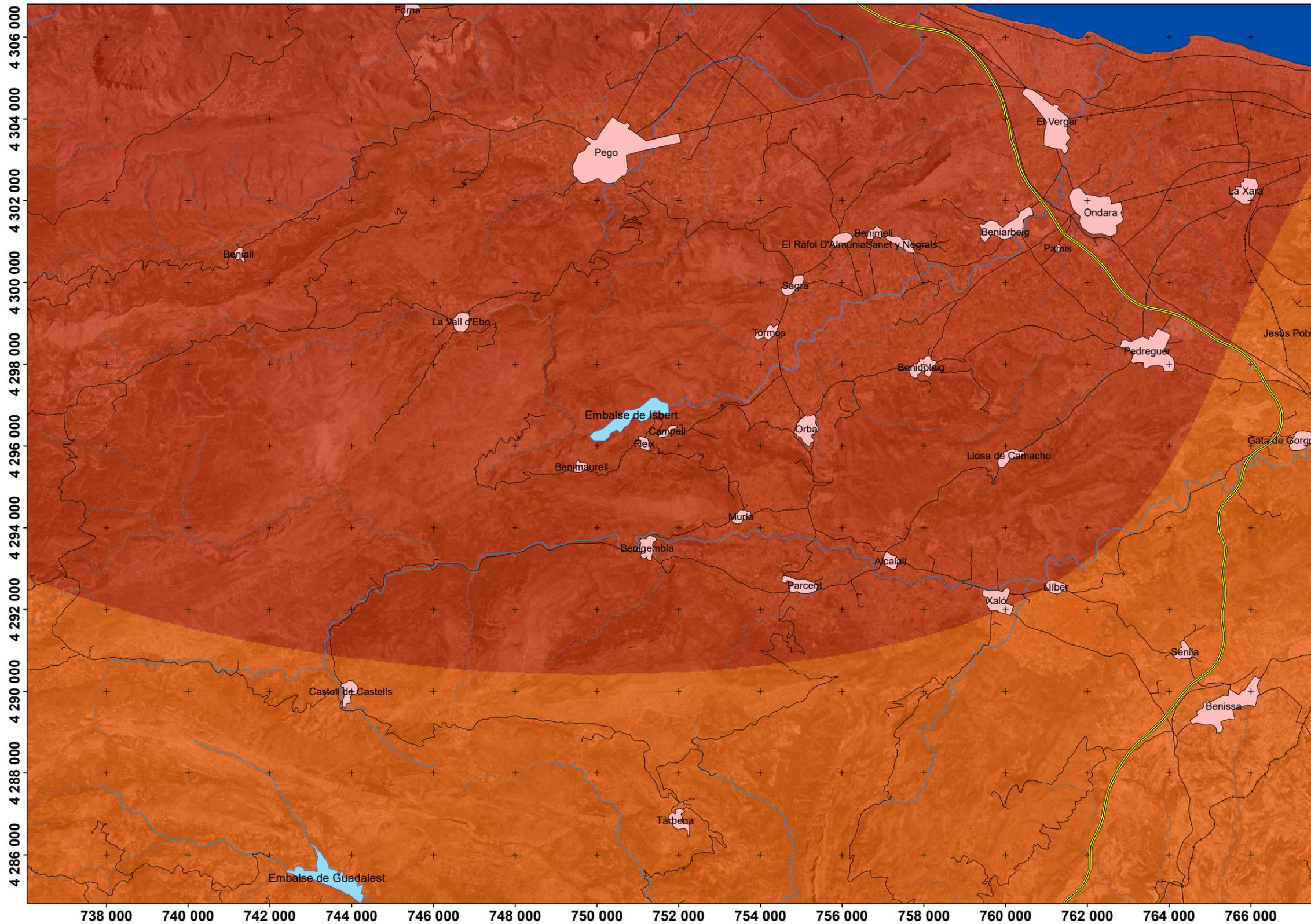
## 8.7 PRECIPITACIÓN

La influencia de la precipitación sobre el contenido de humedad del combustible es evidente, si bien no es fácil determinar la respuesta de la vegetación a distintas cantidades de precipitación. En el caso de los combustibles muertos, el efecto de la precipitación se ha intentado estimar a partir de modelos que otorgan importancia tanto a la cantidad como a la duración de la precipitación.

Se considera que la precipitación inferior a 0,5 mm no tiene efecto en la capa de combustible muerto situado sobre el suelo, pues es interceptada por la cubierta vegetal.

Respecto a la vegetación viva, la precipitación es el factor principal que incrementa la reserva hídrica del suelo y, por consiguiente, el contenido de humedad en la planta. El incremento en el contenido de humedad en esta, como respuesta a la precipitación, no se efectúa de forma inmediata. En un estudio realizado en matorrales californianos se midió un incremento en humedad con un retraso entre 2 – 5 días, dependiendo de si la precipitación sucedía en primavera o verano, respectivamente (Rice y Martin, 1985).

Observando los datos de precipitación facilitados por AEMET, nos damos cuenta que en ninguna estación cercana ha habido precipitación alguna, esto es 0mm al menos en 14 días ya que no contamos con datos anteriores. Esto supondría un agravio en la humedad de los combustibles vivos principalmente, lo que aumentaría el peligro de incendio. Por esta razón, el valor de peligro se ha establecido en el más alto, 5.

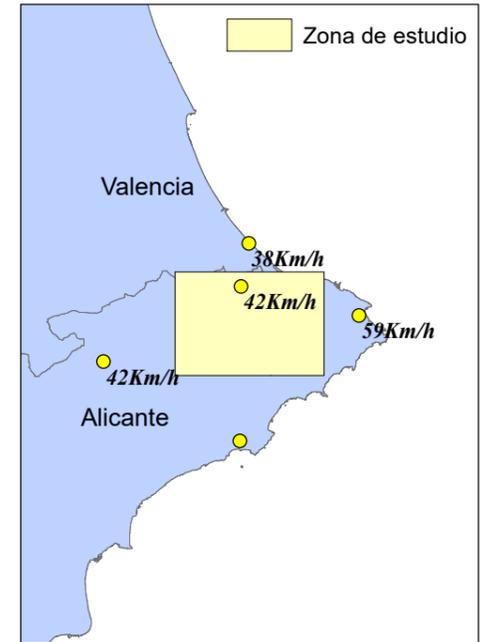
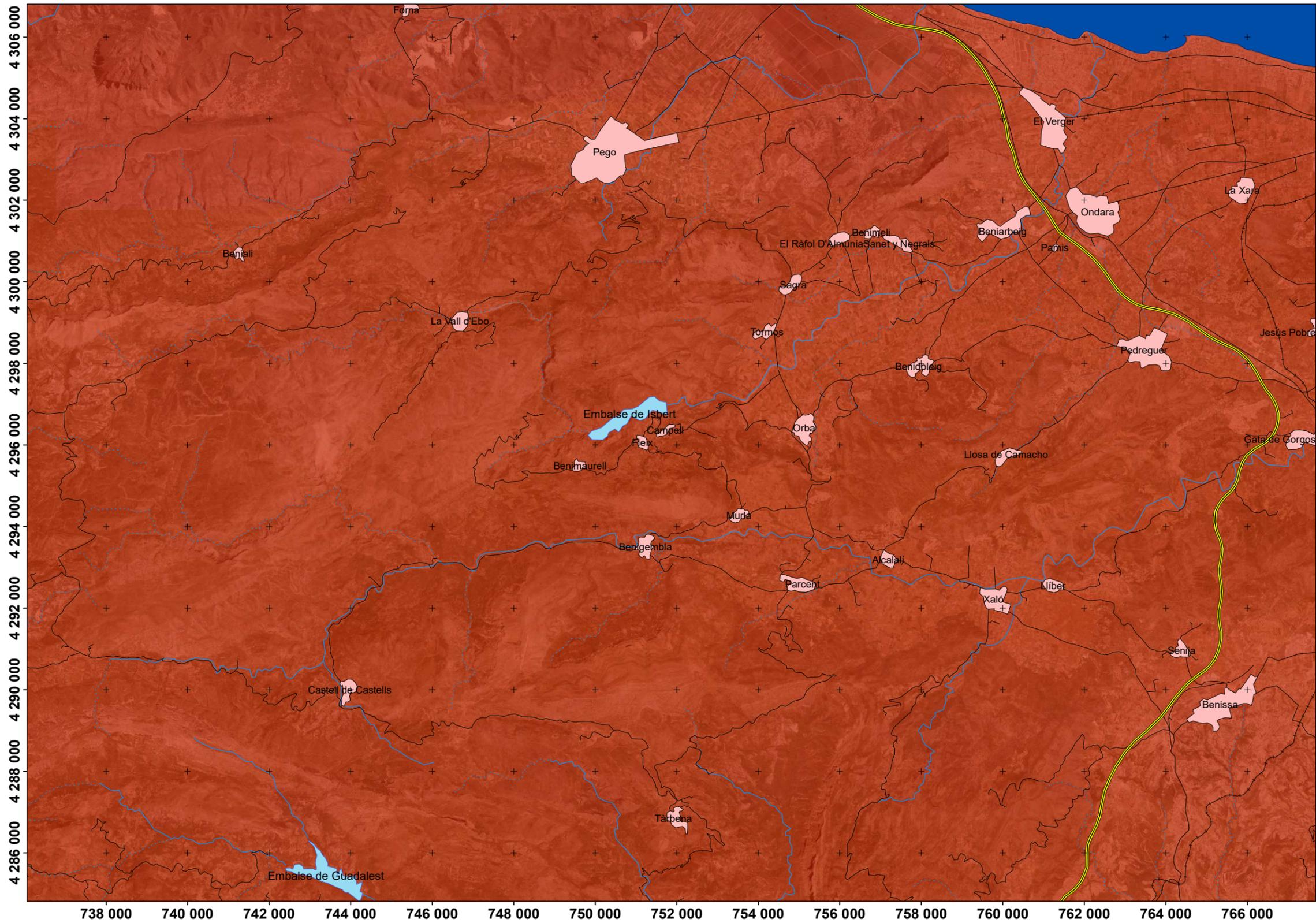


**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- Estaciones AEMET
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Peligro por temperatura**
- 4 - Alto
- 5 - Muy alto



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la temperatura</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	

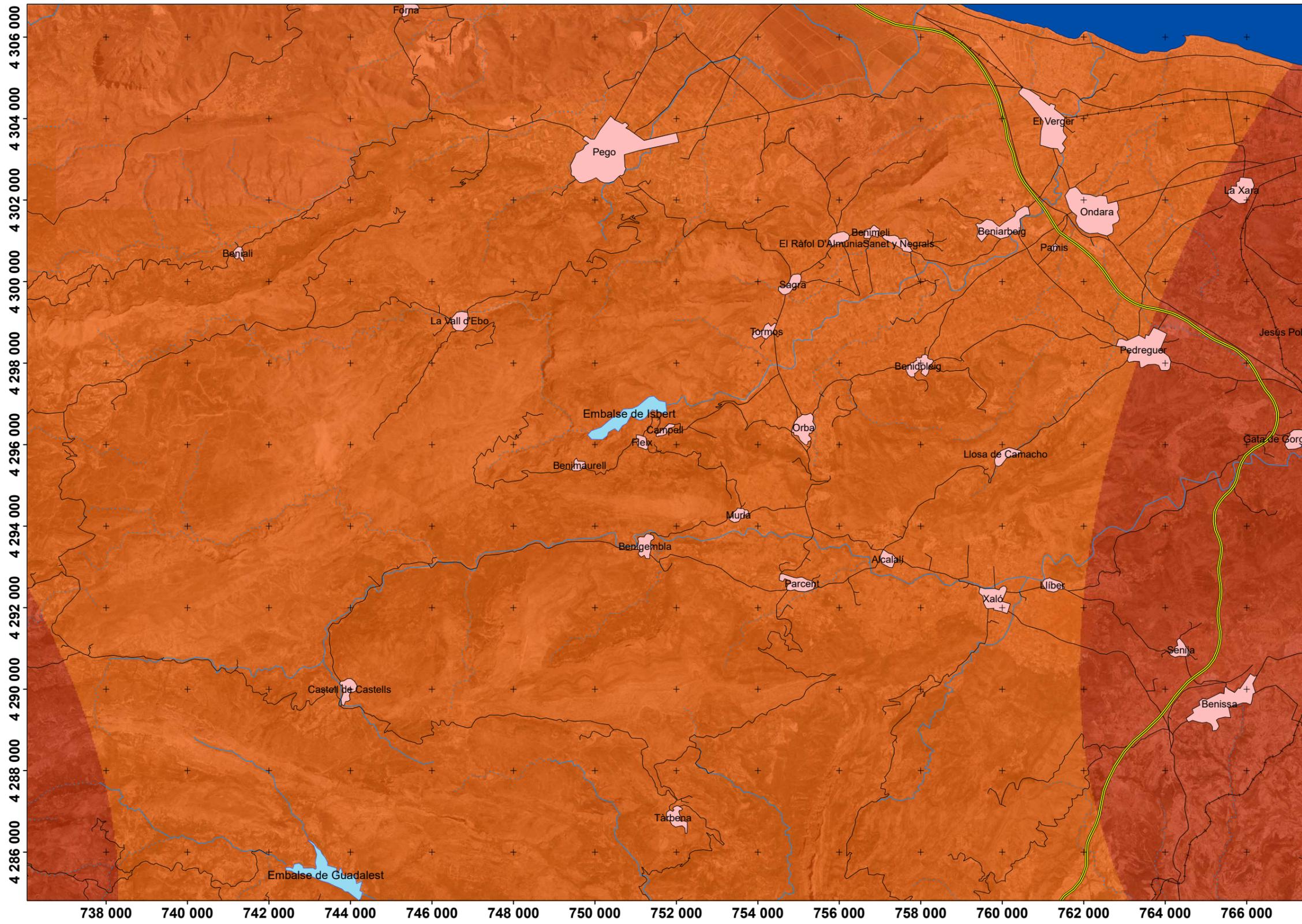


**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- Estaciones AEMET
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Peligro por viento**
- 5 - Muy alto



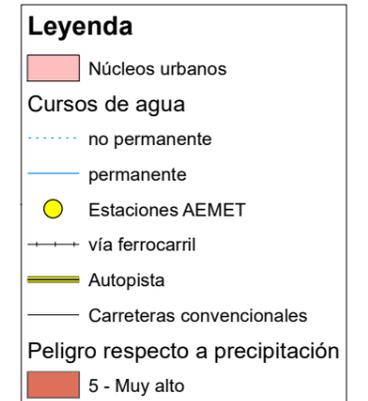
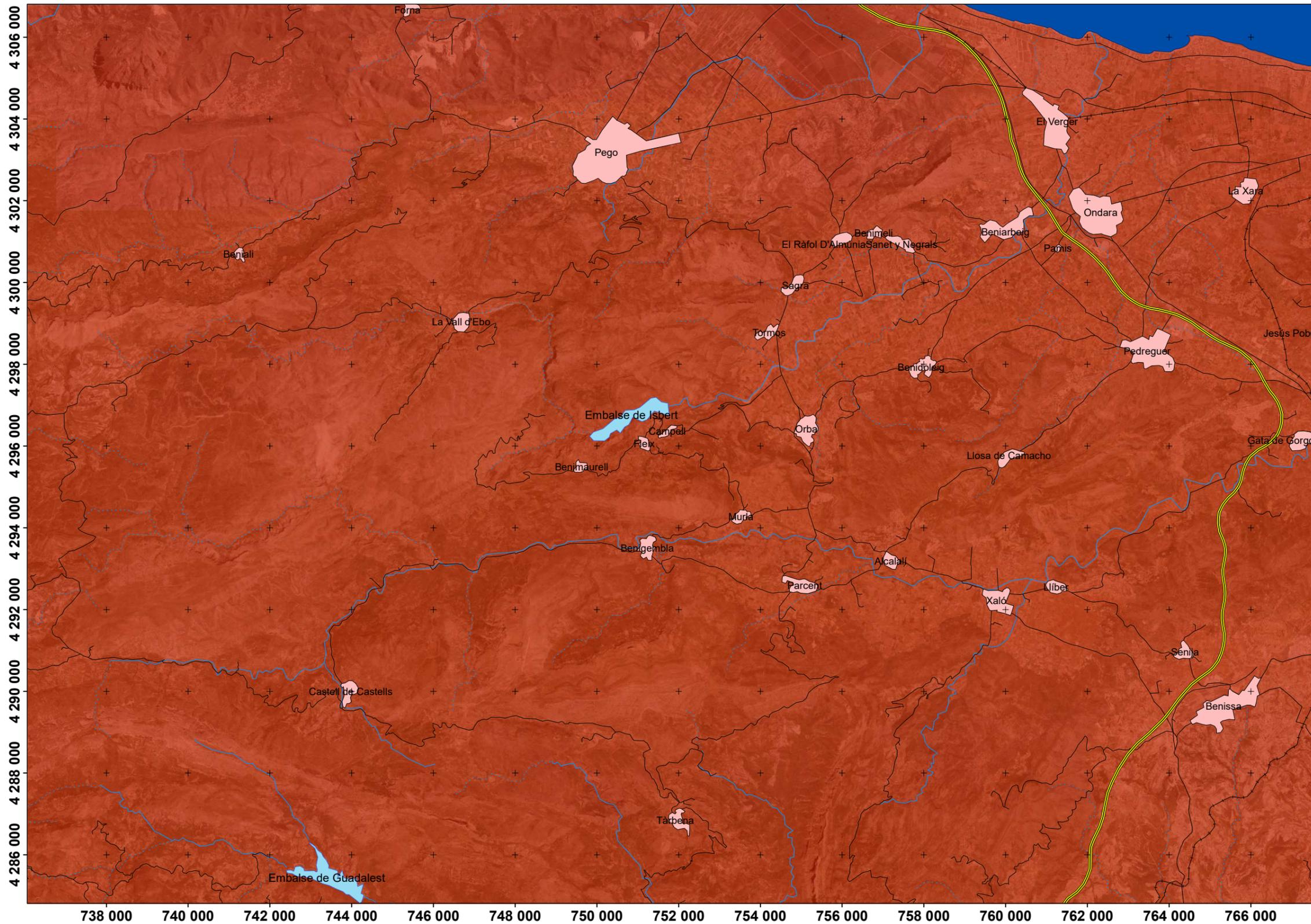
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la velocidad del viento</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, Maria Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA



- Leyenda**
- Núcleos urbanos
  - Cursos de agua**
  - no permanente
  - permanente
  - Estaciones AEMET
  - vía ferrocarril
  - Autopista
  - Carreteras convencionales
  - Peligro por humedad**
  - 4 - Alto
  - 5 - Muy alto



<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la humedad relativa</b>	ESCALA: 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA: 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA:



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio respecto a la precipitación acumulada</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## **TOPOGRAFÍA**

Las variables topográficas determinantes principalmente en la propagación de los incendios son la pendiente y la orientación. Estas se han calculado a partir del MDT y tratado para establecer rangos de peligro.

### **8.8 PENDIENTE**

El mapa de peligro a causa de la pendiente se ha realizado agrupando las pendientes (en porcentaje) en cinco rangos establecidos en función de las variaciones apreciadas en la curva de comportamiento fuego-pendiente. Estos son: 0-10%, 10-20%, 20-30%, 30-50% y >50%.

La pendiente es el factor topográfico que más condiciona las labores de extinción, al actuar en dos sentidos: mermando la operatividad del personal de extinción y modificando el comportamiento del fuego hacia situaciones que desfavorecen la eficiencia en la lucha.

Con pendiente fuerte se acelera la propagación, ya que el precalentamiento del combustible es más rápido, la velocidad del viento aumenta y se desarrolla rápidamente la columna de convección. Por ello, el menor valor se corresponderá con la menor pendiente y se incrementará conforme aumente esta. La mayoría de las metodologías afirman que a una pendiente mayor al 50% el peligro de propagación será máximo.

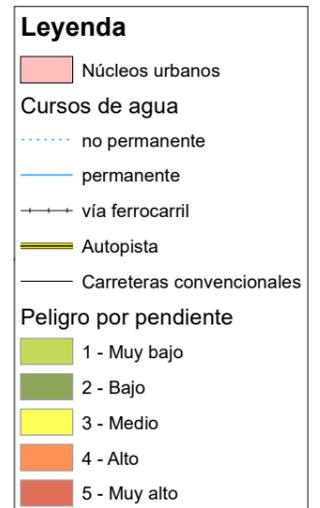
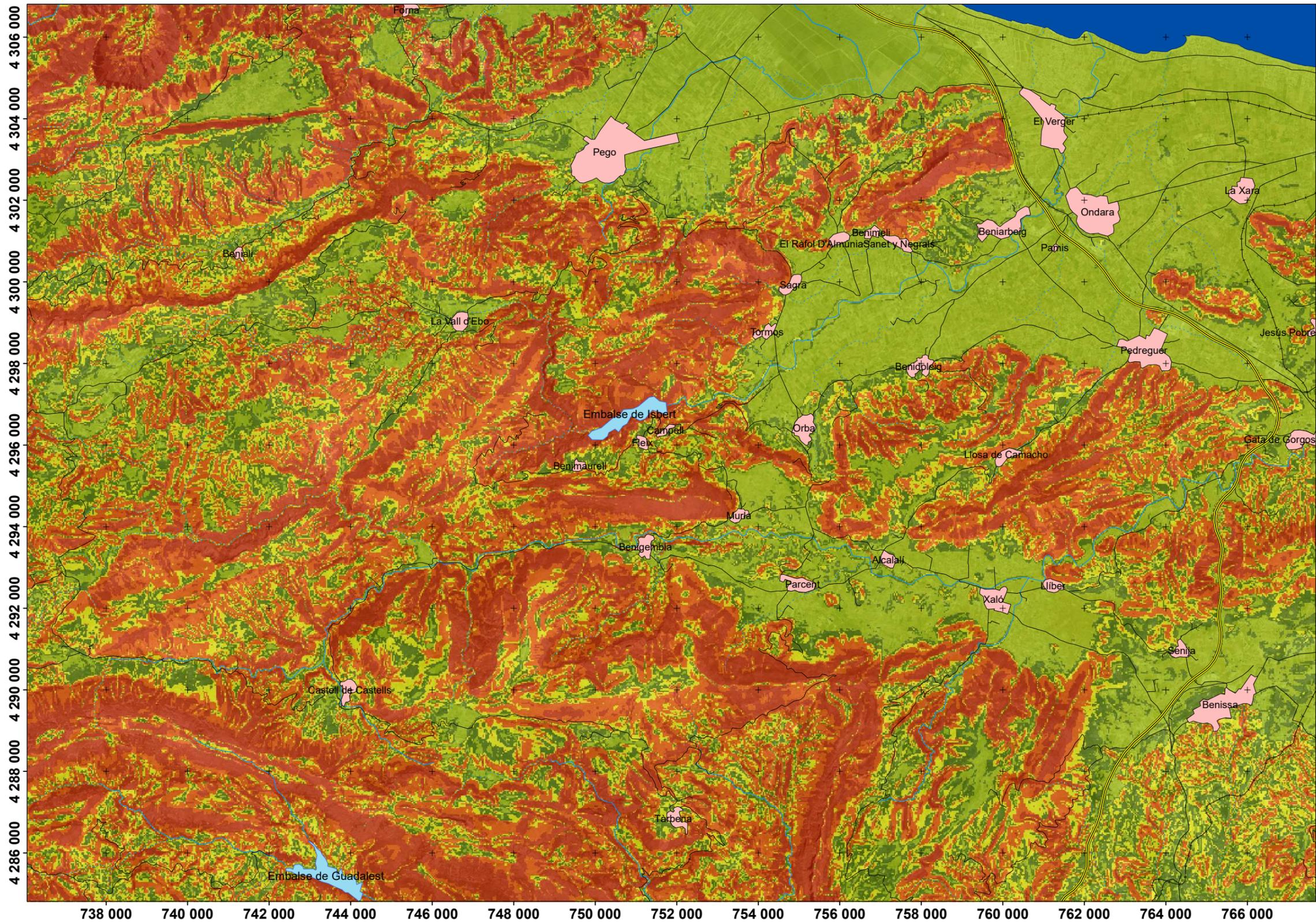
Así pues, la clasificación del riesgo por pendiente que se ha establecido según el análisis del riesgo de la junta de Andalucía ([www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)), ya que este se ha considerado adecuado, quedará de la siguiente manera.

<b>Pendiente (%)</b>	<b>Clase de riesgo</b>	<b>Valor asignado</b>
<b>0-10</b>	Muy Bajo	1
<b>10-20</b>	Bajo	2
<b>20-30</b>	Medio	3
<b>30-50</b>	Alto	4
<b>&gt;50</b>	Muy Alto	5

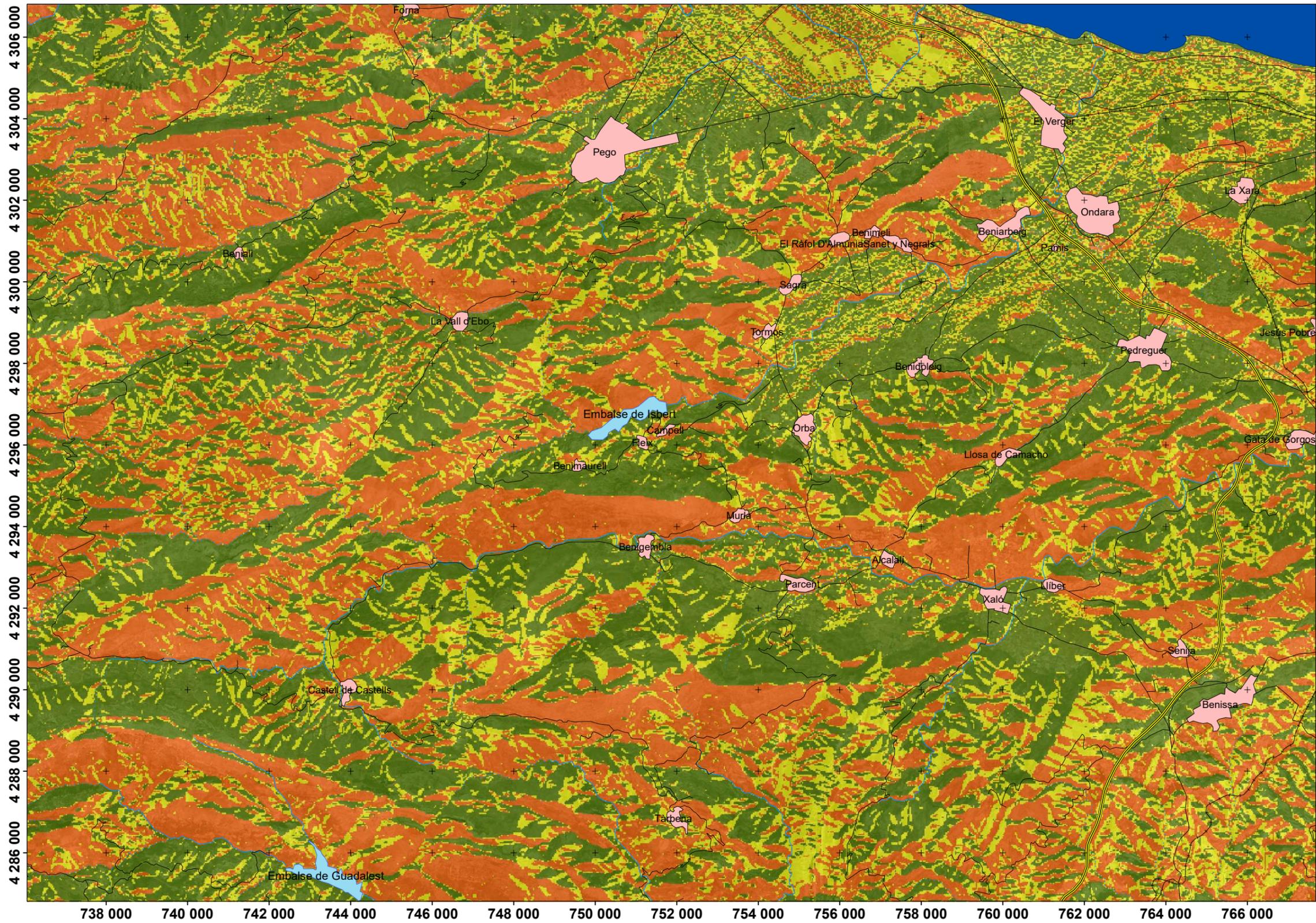
### **8.9 ORIENTACIÓN**

Al estar en el hemisferio norte, la incidencia del sol es mayor en zonas orientadas al sur. De esta manera, tendremos laderas más expuestas, con orientación a la solana, que tendrán una menor humedad y cantidad de agua además de una mayor temperatura, y otras zonas, laderas de umbría, con una menor temperatura y mayor humedad; las cuales generaran un diferente peligro de incendio. A pesar de esto no consideramos la orientación como un factor de riesgo muy importante, por lo que las diferencias entre los valores no serán muy altas.

<b>Orientación (º)</b>	<b>Valor asignado</b>
<b>0-67.5</b>	2
<b>67.5-112.5</b>	3
<b>112.5-247.5</b>	4
<b>247.5-292.5</b>	3
<b>292.5-360</b>	2
<b>-1 (plano)</b>	3



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la pendiente del terreno</b>	ESCALA: 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA: 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio a causa de la orientación del terreno</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## OCUPACIÓN DEL SUELO

Uno de los factores más importantes a considerar en el riesgo de propagación de incendios forestales está relacionado con la influencia del hombre sobre la estructura del territorio. En concreto sobre la diversidad, entendida como la mayor o menor homogeneidad espacial del paisaje, y sobre el grado de conectividad, contigüidad o adyacencia entre determinadas cubiertas. Muchos de estos factores pueden ser estimados con medidas de estructura del paisaje a partir de imágenes de satélite (Chuvienco, 1999; Chuvienco, 2002; Li y Reynolds, 1993; O'Neill et al., 1988).

Respecto a la diversidad, la mayor homogeneidad y uniformidad del paisaje y, en concreto, de las manchas forestales (arbolado, matorral, etc.) favorece la ocurrencia de incendios de gran extensión, debido a la facilidad que encuentra el fuego para propagarse por grandes masas homogéneas en las que no encuentra ningún tipo de barrera natural que actúe como cortafuego. Por el contrario, los incendios que ocurren en zonas donde existe un mosaico heterogéneo y complejo en la distribución de la vegetación y de los usos, con enclavados agrícolas en zonas forestales, por ejemplo, suelen ser de menor tamaño, debido a que el mosaico actúa en ocasiones como cortafuego dificultando la propagación. Además esta estructura compartimentada del territorio permite un ataque más eficaz y seguro. Esta afirmación ha sido comprobada en un estudio comparativo sobre la relación entre las estructuras de usos y la incidencia de incendios forestales en la Baja California mejicana y el Sur de California de Estados Unidos (Minnich, 1983).

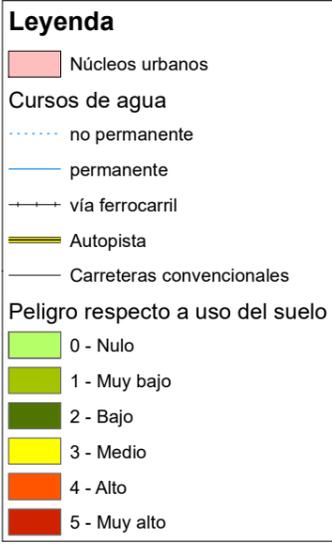
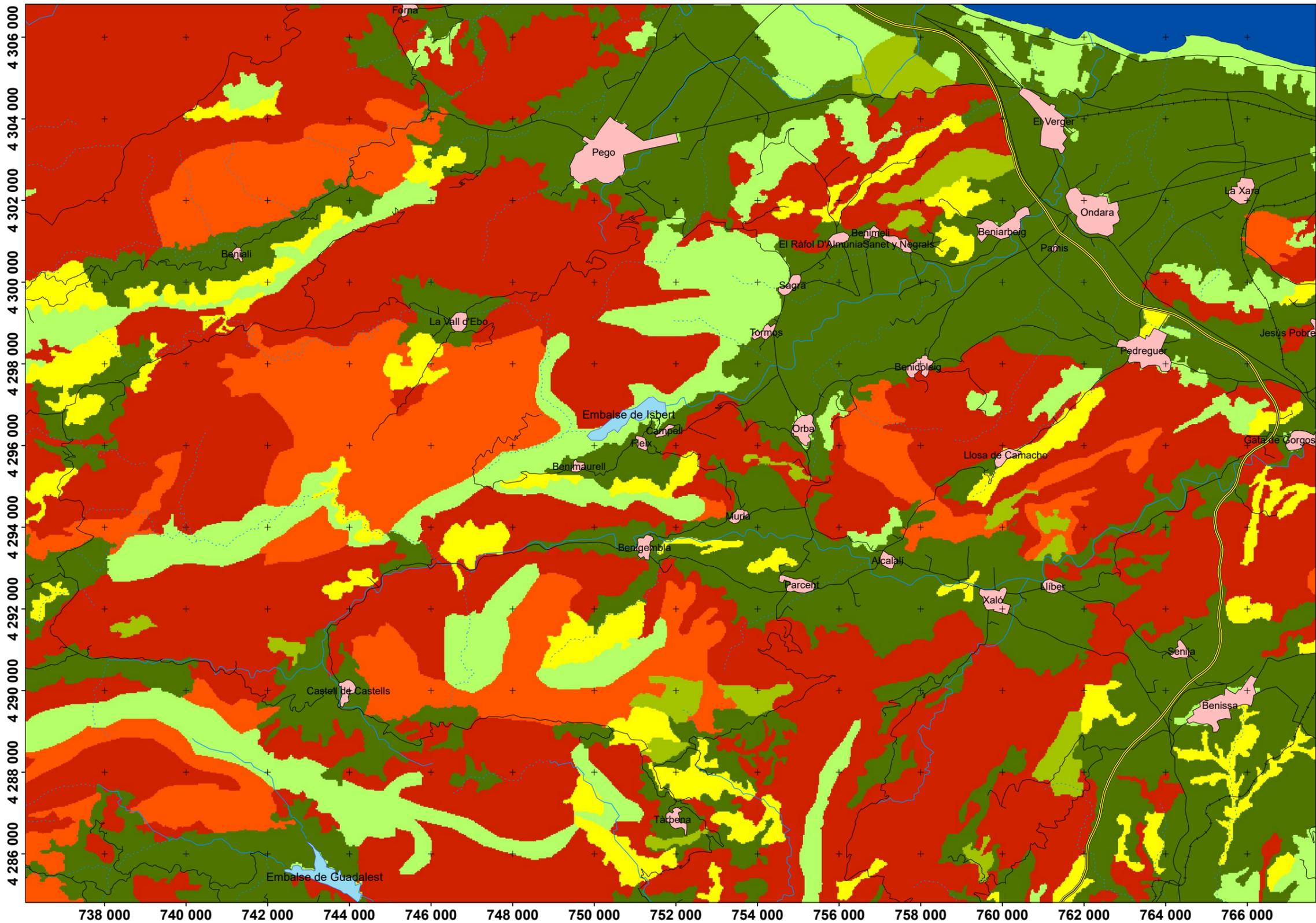
Podemos afirmar pues que la estructura en mosaico del territorio dificulta, en general, la propagación de los incendios. Sin embargo, la contigüidad de determinados tipos de ocupación puede favorecer su ocurrencia. Así, las estructuras en mosaico forestal/agrícola y también forestal/pastos aumentan el riesgo de inicio de incendio ya que, además del riesgo asociado al uso del fuego en las propias actividades agrícolas y ganaderas, implican un mayor tránsito por zonas forestales en contraposición a las grandes masas forestales con contornos netos y sin enclavados (Generalitat Valenciana, 1988).

### 8.10 CORINE LAND COVER

Para analizar las diferentes cubiertas se ha integrado la base de datos de ocupación del suelo CORINE2006 con la que se caracterizará la vegetación existente y con la cual se podrá establecer diferentes niveles de riesgo según la combustibilidad estimada. No se ha incidido en determinar las zonas con estructuras en mosaico que propicien el riesgo ya que resultaba costoso en tiempo. Lo que sí se ha realizado es la clasificación de las cubiertas en los diferentes niveles de riesgo tal y como se aprecia en la tabla.

Code_06	Descripción	Riesgo
111	Tejido urbano continuo	0
112	Tejido urbano discontinuo	0
121	Zonas industriales o comerciales	0
122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	0
123	Zonas portuarias	0
124	Aeropuertos	0
131	Zonas de extracción minera	0
132	Escombreras y vertederos	1

<b>133</b>	Zonas en construcción	0
<b>141</b>	Zonas verdes urbanas	1
<b>142</b>	Instalaciones deportivas y recreativas	0
<b>211</b>	Tierras de labor en secano	2
<b>212</b>	Terrenos regados permanentemente	1
<b>213</b>	Arrozales	0
<b>221</b>	Viñedos	2
<b>222</b>	Frutales	2
<b>223</b>	Olivares	3
<b>231</b>	Prados y praderas	2
<b>241</b>	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	2
<b>242</b>	Mosaico de cultivos	2
<b>243</b>	Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural y semi-natural	3
<b>244</b>	Sistemas agroforestales	4
<b>311</b>	Bosques frondosas	5
<b>312</b>	Bosques de coníferas	5
<b>313</b>	Bosque mixto	5
<b>321</b>	Pastizales naturales	4
<b>322</b>	Landas y matorrales mesófilos	4
<b>323</b>	Matorrales esclerófilos	5
<b>324</b>	Matorral boscoso de transición	5
<b>331</b>	Playas, dunas y arenales	0
<b>332</b>	Roquedo	0
<b>333</b>	Espacios con vegetación escasa	0
<b>334</b>	Zonas quemadas	0
<b>335</b>	Glaciares y nieves permanentes	0
<b>411</b>	Humedales y zonas pantanosas	0
<b>412</b>	Turberas y prados turbosos	0
<b>421</b>	Marismas	0
<b>422</b>	Salinas	0
<b>423</b>	Zonas llanas intermareales	0
<b>511</b>	Cursos de agua	0
<b>512</b>	Láminas de agua	0
<b>521</b>	Lagunas costeras	0
<b>522</b>	Estuarios	0
<b>523</b>	Mares y océanos	0



<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio respecto a las cubiertas del suelo</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## CONTENIDO DE HUMEDAD EN VEGETACIÓN

En la literatura sobre incendios forestales se proponen varios y distintos índices para estimar el contenido de humedad en la vegetación FMC (*Fuel Moisture Content*). En los estudios de teledetección, el más común es el *Equivalent Water Thickness* (EWT), porque proporciona una buena aproximación en la intensidad de absorción de agua en las plantas. (*Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*, E. Chuvieco).

Una alternativa a este, de hecho, la que se ha usado; es la de calcular la humedad de vegetación conforme el índice NDVI, el índice de vegetación más utilizado hasta el momento, basado en la estimación indirecta de la variación en el contenido de agua que revela el estrés hídrico de la vegetación.

### 8.11 NDVI

El índice NDVI se define como el cociente entre la diferencia y suma de las reflectividades del infrarrojo cercano y del rojo haciendo que este tenga un rango normalizado que varía entre -1 y 1 y siendo muy fácil su cálculo y su interpretación. Según Cracknell (1997) la normalización efectuada en este índice permite reducir el efecto de la variación del ángulo de iluminación solar, las variaciones en las condiciones atmosféricas y las variaciones que ocasiona el ángulo de observación.

El empleo de este índice en la determinación del estado hídrico de la vegetación se ha demostrado de gran utilidad: algunos estudios lo han aplicado para estimar el estrés hídrico de las hojas de algunos cultivos, el contenido de humedad del combustible (FMC) de zonas de pradera suficientemente uniformes y también de algunos matorrales o arbolado, etc. (*E.Chuvieco y M. del Pilar*).

Este índice, al tener un carácter de doble sentido, detectando las cubiertas vegetales más vigorosas cuyo valor será más elevado, y a su vez las cubiertas que posean un mayor contenido en humedad, deberemos de tenerlo en cuenta a la hora de relacionarlo con un nivel o valor de riesgo de incendio. Es por ello que para la clasificación de este índice en niveles de riesgo se ha tenido que estudiar el histograma de la imagen Landsat 8 de antes del incendio (28/03/15) por regiones de interés (ROIs).

Como observamos en el histograma de la imagen completa (ilustración 25), el índice NDVI de nuestra zona de estudio varía entre -0,25 y 0,60, siendo la media de 0,23. El primer pico se corresponderá con la pequeña franja de mar que contiene la imagen como vemos en la ilustración 26.

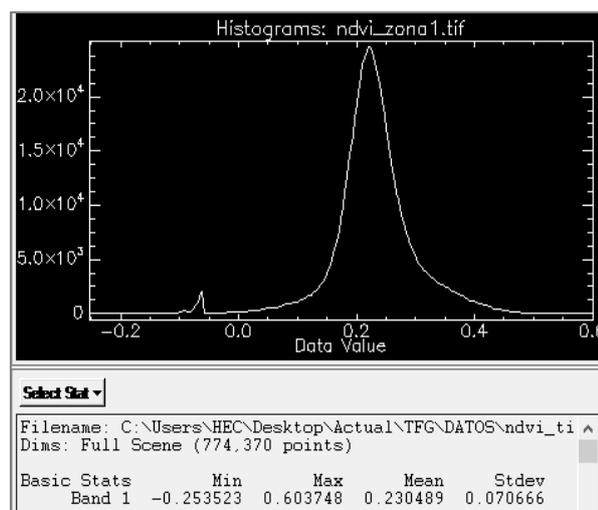


Ilustración 25

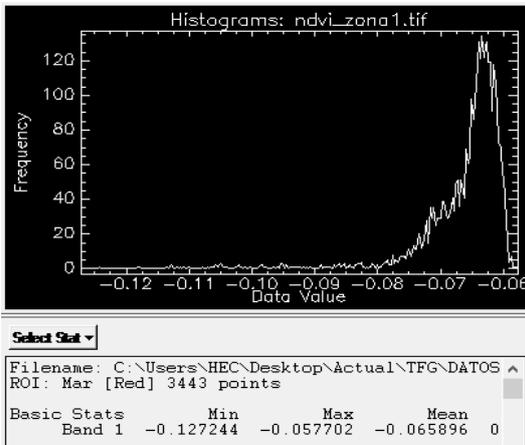


Ilustración 26: histograma píxeles de mar

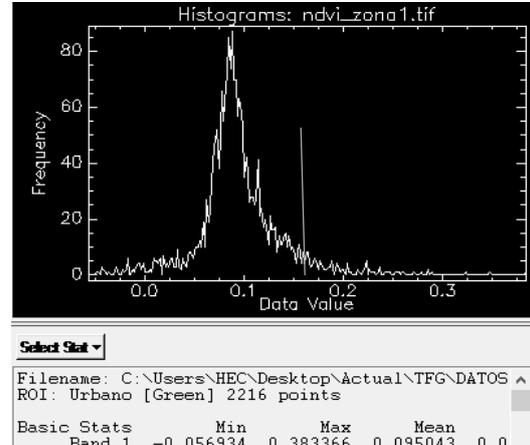


Ilustración 27: histograma píxeles urbanos

Es por ello, que a este rango de valores le daremos un nivel de riesgo nulo, 0. El rango de valores que le sigue sería el que contiene rasgos urbanos, rango que abarcaría desde el -0,05 al 0,14 (ilustración 27). Cuyo nivel de riesgo seguiría siendo de 0.

El rango que realmente nos interesa es el del matorral mediterráneo, ya que no tendría unos niveles altos en el NDVI, pero no obstante es abundante en la zona y destaca por aparecer en zonas secas por lo que tendría un elevado riesgo de incendio. Este rango se ha localizado entre 0,15 y 0,27 como vemos en la ilustración 28.

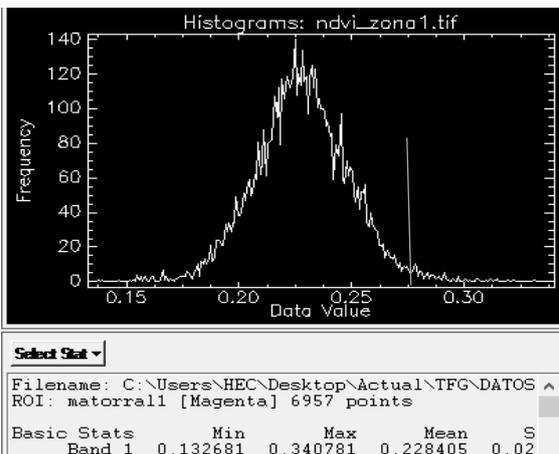


Ilustración 28: histograma píxeles de matorral

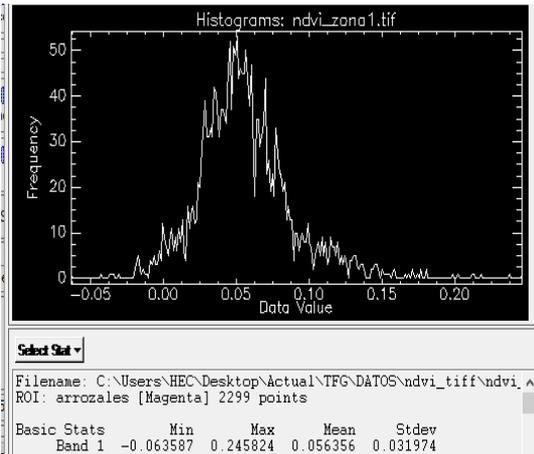


Ilustración 29: histograma píxeles de arrozales

Para localizar estas zonas de matorral, bastante difíciles de identificar debido a sus colores poco marcados en la imagen Landsat a color verdadero y a sus niveles intermedios de NDVI, se ha tenido que crear un ráster con las capas seleccionadas de matorral 323 y 324: *Matorrales esclerófilos* y *Matorral boscoso de transición* del CORINE Land Cover para así guiarnos para identificar mejor estas zonas (ilustración 30).

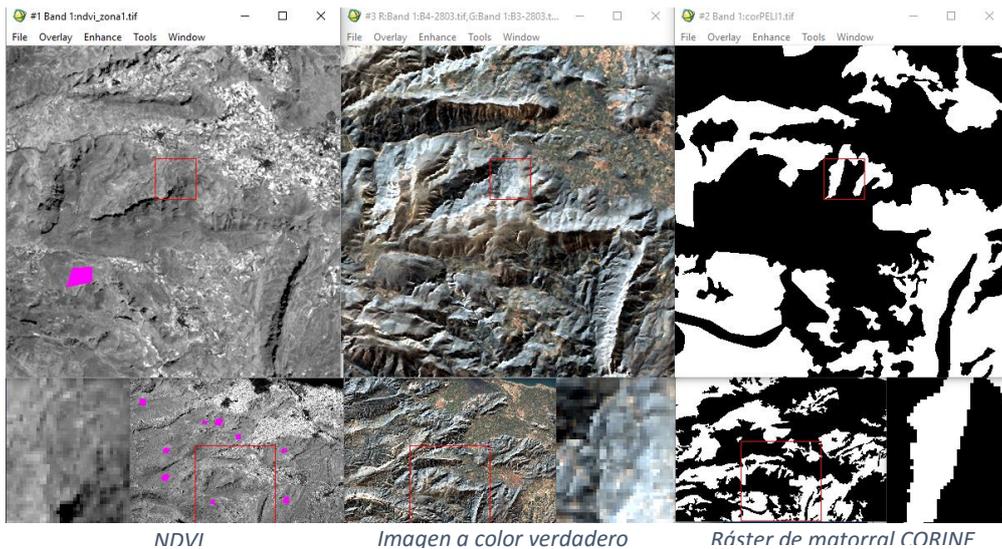


Ilustración 30: identificación del ROI de matorral

El rango de los arrozales ubicados en la zona de la marjal de Pego, se solaparían con el rango de las zonas urbanas, y puesto que el nivel de riesgo determinado sería el mismo no habría ningún problema (ilustración 29).

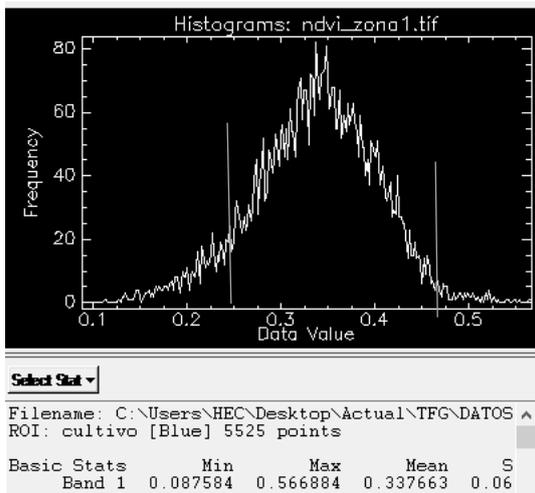


Ilustración 31: histograma pixeles de cultivo

Las zonas con un rango mayor a 0,27 y hasta los 0,44 más o menos se corresponderían con zonas con bastante cantidad de agua en vegetación. Estas serían las zonas de cultivo: huertas, cítricos, etc. El valor de riesgo propuesto para estas áreas es de 3 debido a la cantidad de vegetación existente en ellas y al problema que suponen las quemas agrícolas.

Un valor mayor a 0,44 corresponderán a zonas con un gran vigor vegetativo y gran cantidad de agua, aunque no sabremos con certeza si se corresponderá a zonas de cultivo muy regadas o con alta densidad de vegetación y humedad, y que por tanto, clasificaremos con un riesgo alto de peligro de incendio, 4.

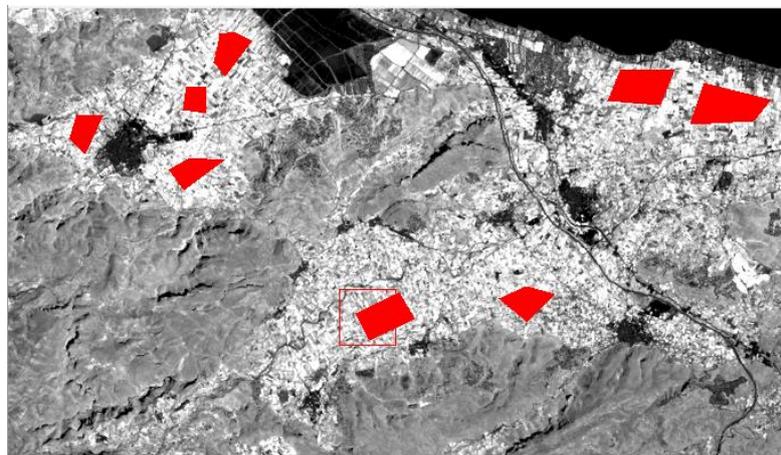
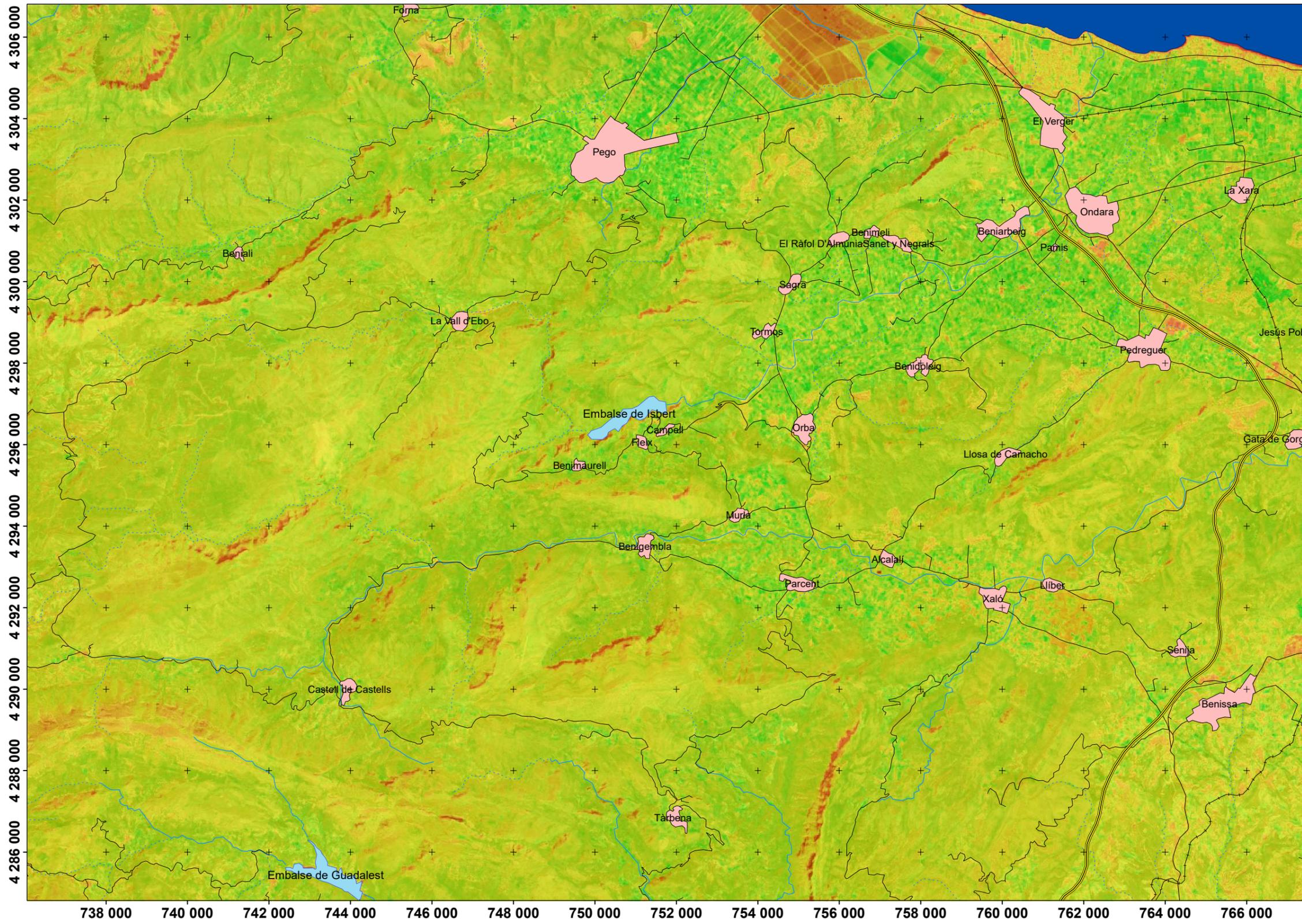


Ilustración 32: ROI de cultivos

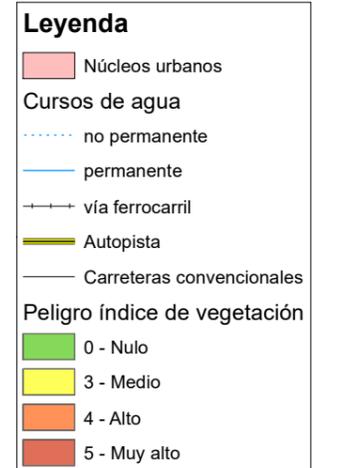
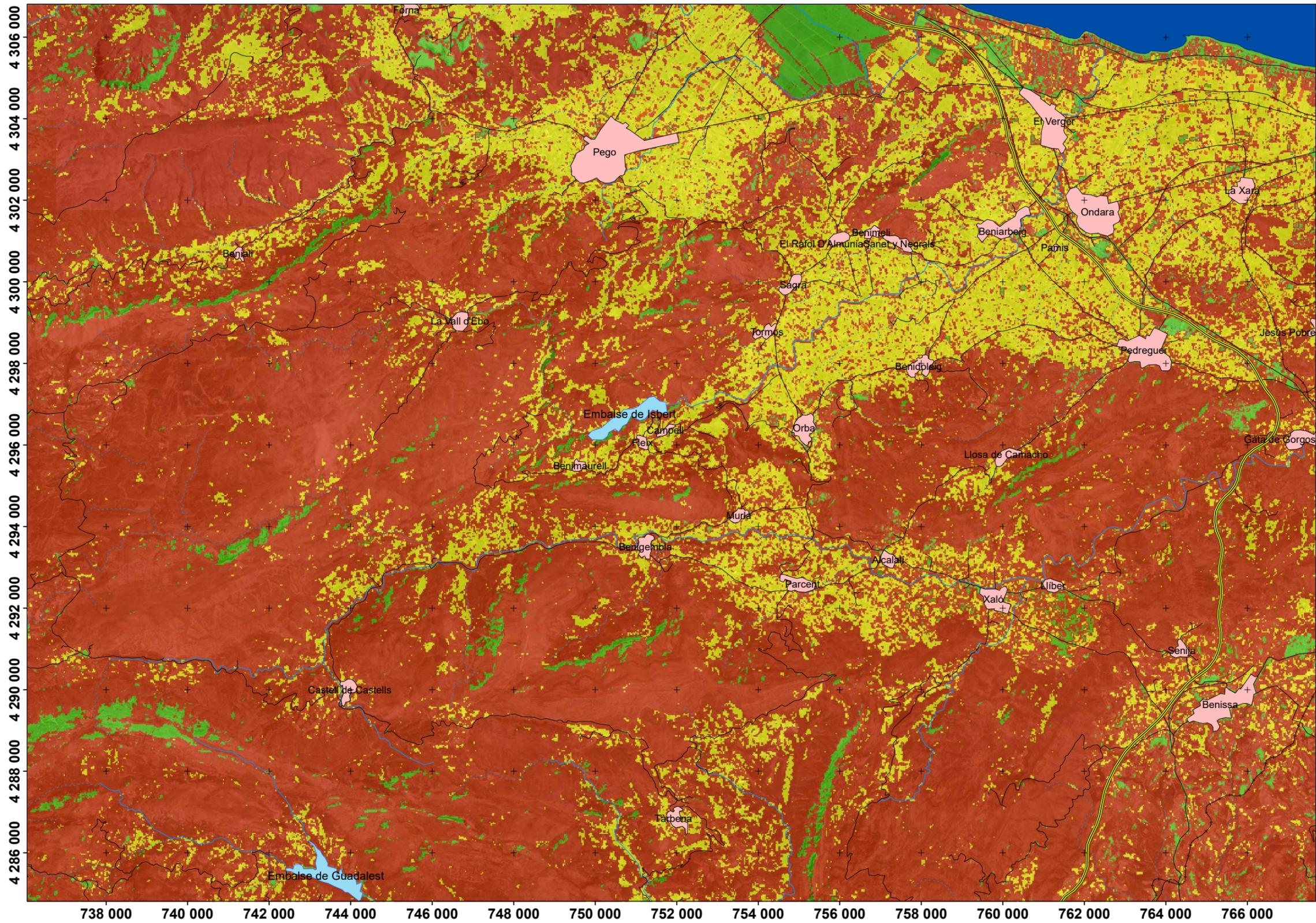


**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- NDVI**
- 0,603748
- 0,253523



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Índice de vegetación NDVI</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet García, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de incendio según el índice de vegetación NDVI</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## **MEDIOS DE EXTINCIÓN: ACTIVA Y PASIVA**

### **8.12 PARQUES DE BOMBEROS**

Se ha considerado la cercanía a los parques de bomberos de la zona como mitigación al peligro de propagación de un incendio forestal. Los parques de bomberos considerados han sido el Parque de Bomberos de la Marina Alta, situado en la carretera entre Ondara y Dénia, término municipal de Dénia; el Parque de Bomberos de La Montaña, situado en Cocentaina; el parque de Bomberos de La Marina Baja, situado en Benidorm; y el Parque de Bomberos de La Safor, en Gandía.

El efecto de mitigación producido por la cercanía se ha desarrollado por anillos concéntricos según las distancias de la siguiente tabla.

<b>Distancia (Km)</b>	<b>Mitigación</b>	<b>Valor de mitigación</b>
<b>0 – 5</b>	Muy Alta	5
<b>5 – 10</b>	Alta	4
<b>10 – 15</b>	Media	3
<b>15 – 20</b>	Baja	2
<b>20 – 30</b>	Muy Baja	1

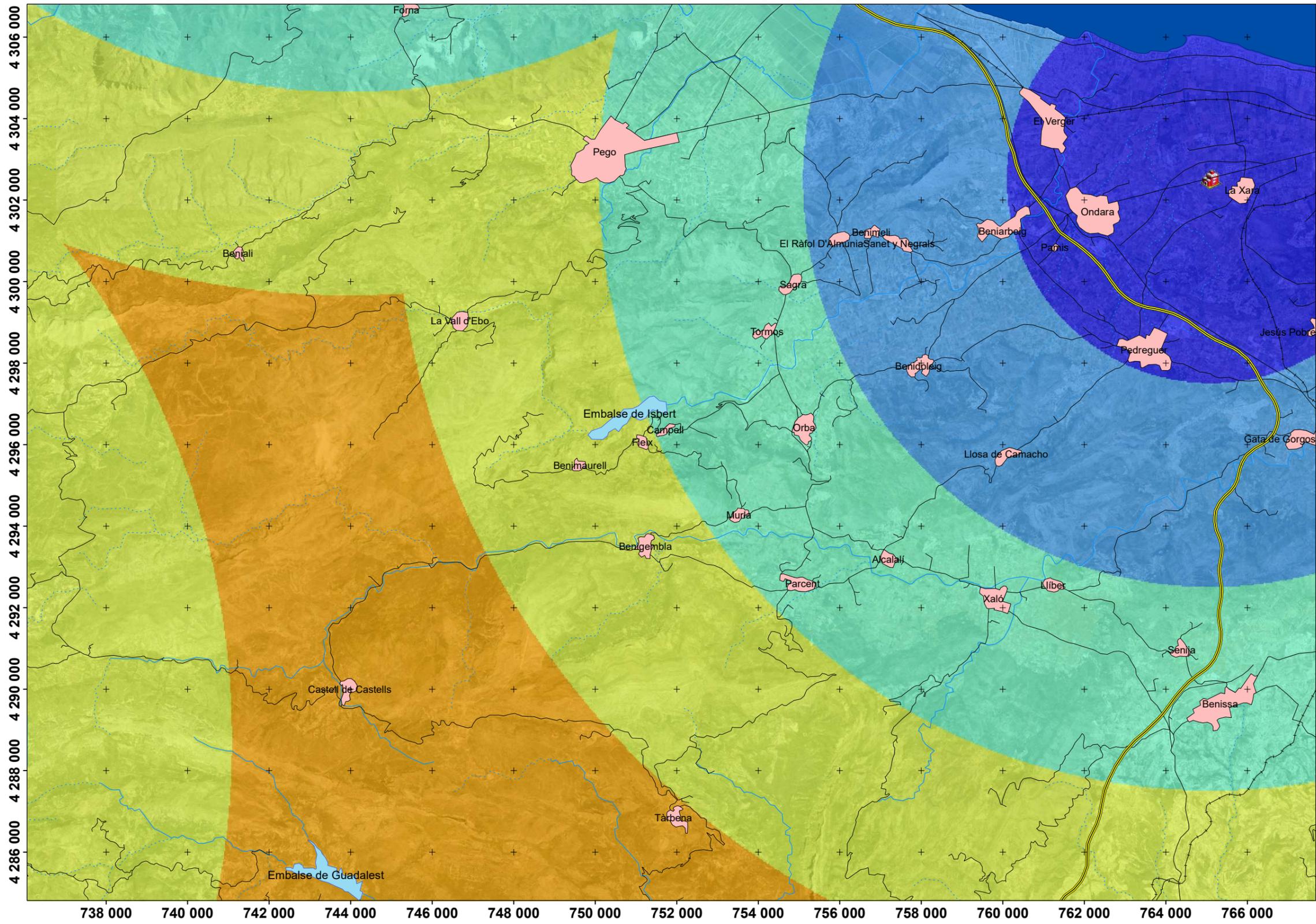
### **8.13 PUNTOS DE AGUA**

Los puntos de agua son un elemento crucial para los bomberos a la hora de apagar los incendios y mitigar su propagación. Por ello se han identificado y calculado distancias a partir de ellos y se ha propuesto la siguiente mitigación según la distancia a estos.

<b>Distancia (Km)</b>	<b>Mitigación</b>	<b>Valor de mitigación</b>
<b>0 – 2</b>	Muy Alta	5
<b>2 – 4</b>	Alta	4
<b>4 – 6</b>	Media	3
<b>6 – 8</b>	Baja	2
<b>8 – 10</b>	Muy Baja	1

### **8.14 CORTAFUEGOS**

Se han considerado cortafuegos artificiales tales como carreteras y ríos como factor de mitigación. En estos no se han generado anillos concéntricos sino que se ha determinado un valor de mitigación de 3 por allí donde pasan.

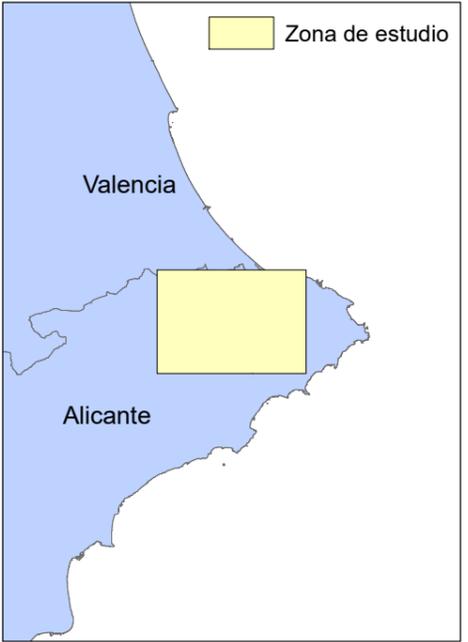
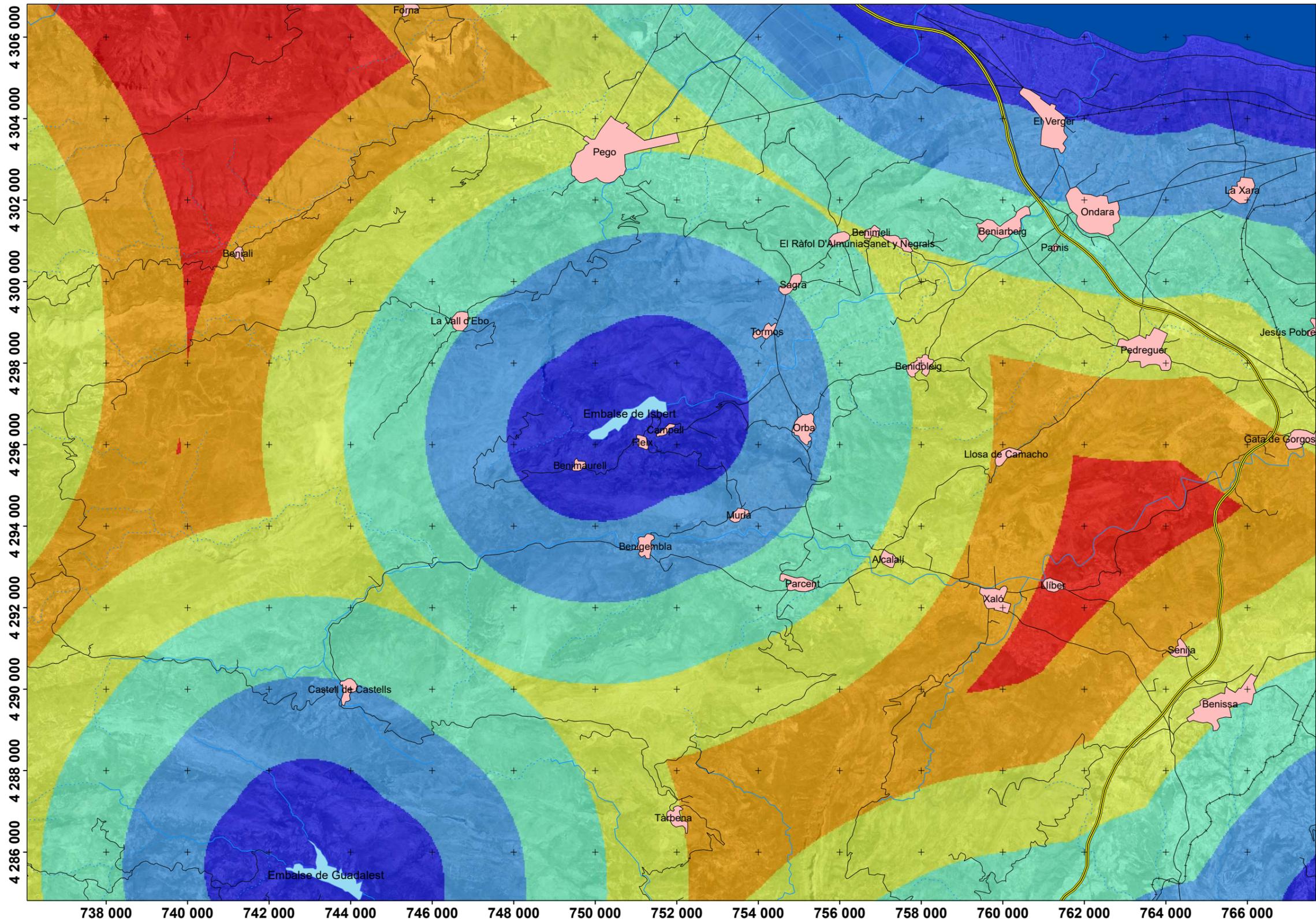


**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Parques de bomberos
- Mitigación por bomberos**
- 1 - Muy baja
- 2 - Baja
- 3 - Media
- 4 - Alta
- 5 - Muy alta



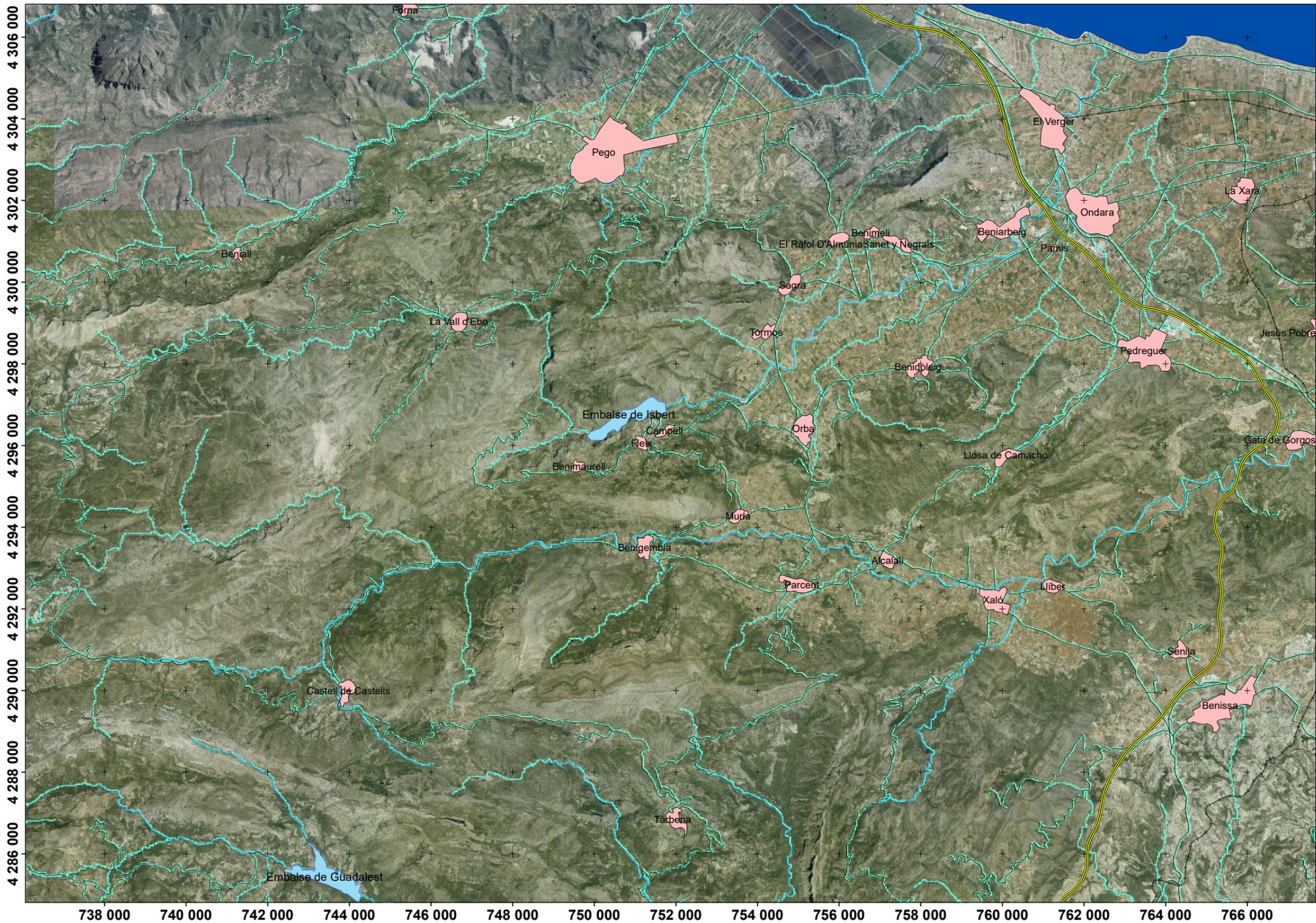
 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Mitigación de incendio a causa de la proximidad a parques de bomberos</b>	ESCALA: 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA: 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	



- Legenda**
- Núcleos urbanos
  - Cursos de agua**
  - no permanente
  - permanente
  - vía ferrocarril
  - Autopista
  - Carreteras convencionales
  - Mitigación puntos de agua**
  - 0 - Extremadamente baja
  - 1 - Muy baja
  - 2 - Baja
  - 3 - Media
  - 4 - Alta
  - 5 - Muy alta



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Mitigación de incendio a causa de la proximidad a puntos de agua</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet García, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA



**Legenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Mitigación cortafuegos**
- 3 - Media



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Mitigación de incendio a causa de cortafuegos</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## **VULNERABILIDAD TERRITORIAL**

La vulnerabilidad es un apartado que resultaba interesante introducir en el estudio para identificar aquellas zonas más frágiles si padecieran un incendio. Se ha incidido básicamente en tres puntos: identificación de espacios naturales como espacios de gran vulnerabilidad, de zonas con una mayor dificultad de extinción y de zonas con erosión potencial.

### **8.15 ESPACIOS PROTEGIDOS**

Los espacios protegidos son áreas que están específicamente dedicadas a la conservación de la naturaleza debido a sus valores naturales sobresalientes, y están sujetas a un régimen jurídico especial. Es por ello que se ha dado a estos lugares un valor de vulnerabilidad máximo.

En nuestra zona de estudio solamente se encuentra una parte (204,8 Ha) del Parque Natural del Montgó, declarado Parque Natural en 1987 debido a su amplia biodiversidad y elevado valor cultural y arqueológico. Toda esta zona poseerá un valor de vulnerabilidad de 5.

### **8.16 DIFICULTAD DE EXTINCIÓN DEBIDO A LA PENDIENTE Y A LA LEJANÍA DE LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN**

Se caracterizarán estas variables para identificar así las zonas de más difícil acceso para los servicios de extinción de incendios.

En el caso de la pendiente, se considera que hay una mayor dificultad de extinción, que se traduce en una mayor vulnerabilidad, en aquellas zonas con una pendiente mayor al 50%. Se ha propuesto para estas un valor de vulnerabilidad de 4 frente a 1 en las zonas más llanas.

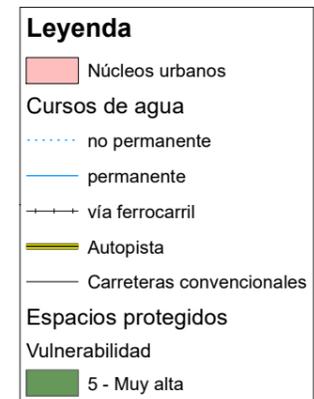
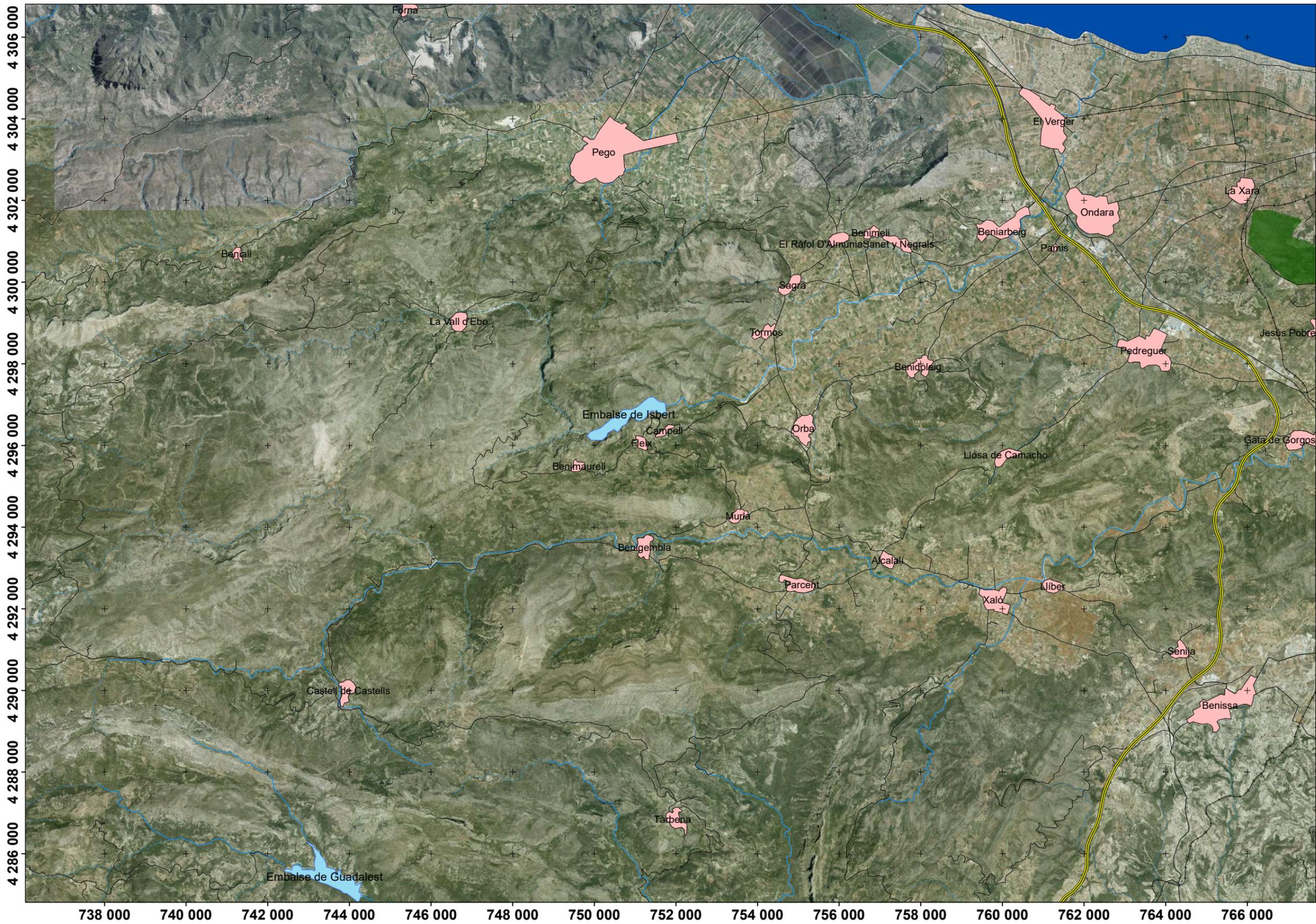
La lejanía de las vías de comunicación también es un factor clave en el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia. Se ha propuesto para caracterizar este factor una distancia de 1Km desde todo tipo de carretera excepto autopistas y autovías, ya que estas no permiten el acceso a los terrenos colindantes.

### **8.17 EROSIÓN POTENCIAL**

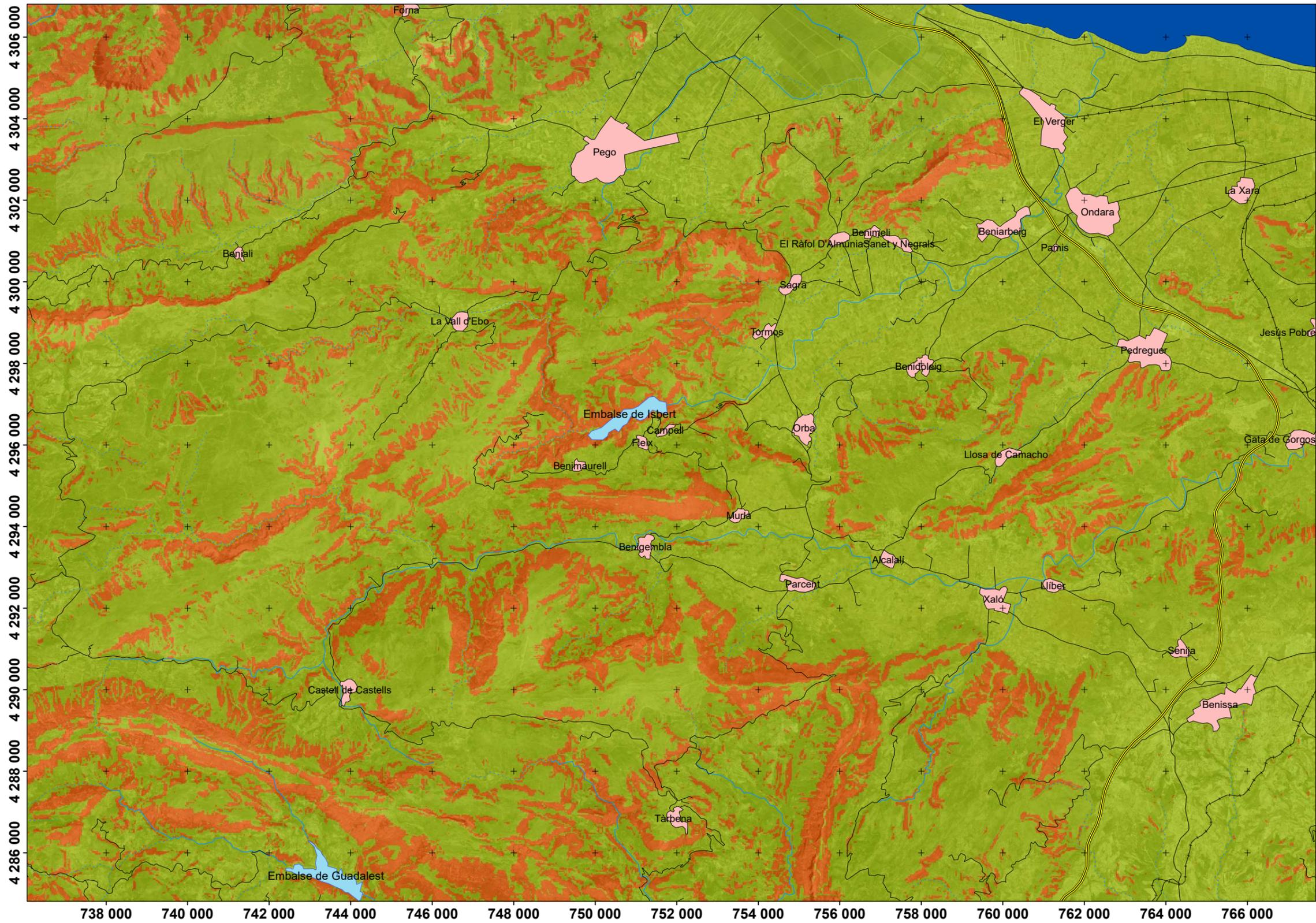
La erosión del suelo, es decir, el desprendimiento, arrastre y deposición de sus materiales, es uno de los impactos más negativos para el medio ambiente que pueden desencadenar los incendios forestales, sobre todo los de alta intensidad. En condiciones normales, la erosión es controlada por el potencial erosivo de la lluvia, que depende de su impacto directo sobre el suelo. Otros factores son: la erosionabilidad del suelo, que depende de sus propiedades, de la cubierta vegetal, de 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 (T.Carballas Fernández, Los incendios forestales).

La manera de tratar esta variable ha sido digitalizando de forma semi-automática mediante ArcScan la capa WMS del *magrama* de erosión potencial, para así poder tratarla. Ya que esta digitalización solo es posible realizarla de forma monocromática, no ha sido posible captar los distintos valores de erosión potencial (distintos colores) y se ha optado por darle a las zonas capturadas un valor de vulnerabilidad igual de 3. Lo que sí se ha realizado ha sido el borrado de aquellas zonas que constaban en la capa WMS como superficies artificiales o láminas de agua aplicando la función erase de Arcmap con las siguientes capas: de la capa CORINE – con el identificador 111 y 112, tejido urbano; 121, zonas industriales; 133, zonas en construcción; 142, instalaciones deportivas; 212 y 213 terrenos regados permanentemente y arrozales y 512 y 523,

láminas de agua y mares; ya que en estas zonas no hay peligro de incendio y/o de erosión potencial pero constaban de alguna manera en la capa del servicio WMS.



<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa:	ESCALA: 1:50 000
	<b>Vulnerabilidad de zonas protegidas</b>	FECHA DE VIGENCIA: 14/05/2015
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FIRMA:
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	

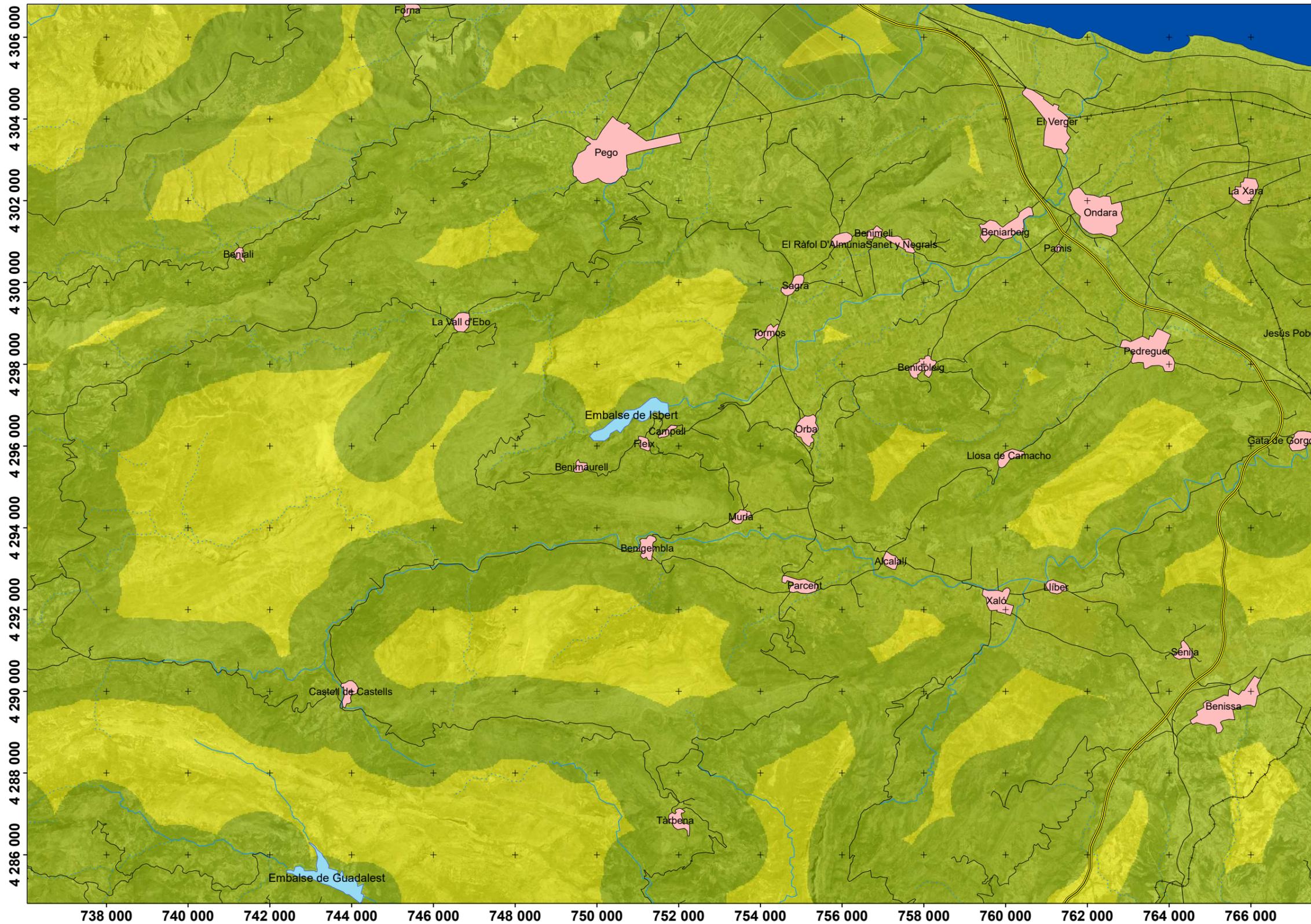


**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
  - no permanente
  - permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Dificultad de extinción por pendiente**
- Vulnerabilidad**
  - 1 - Muy baja
  - 4 - Alta



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Vulnerabilidad por dificultad de extinción a causa de la pendiente</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

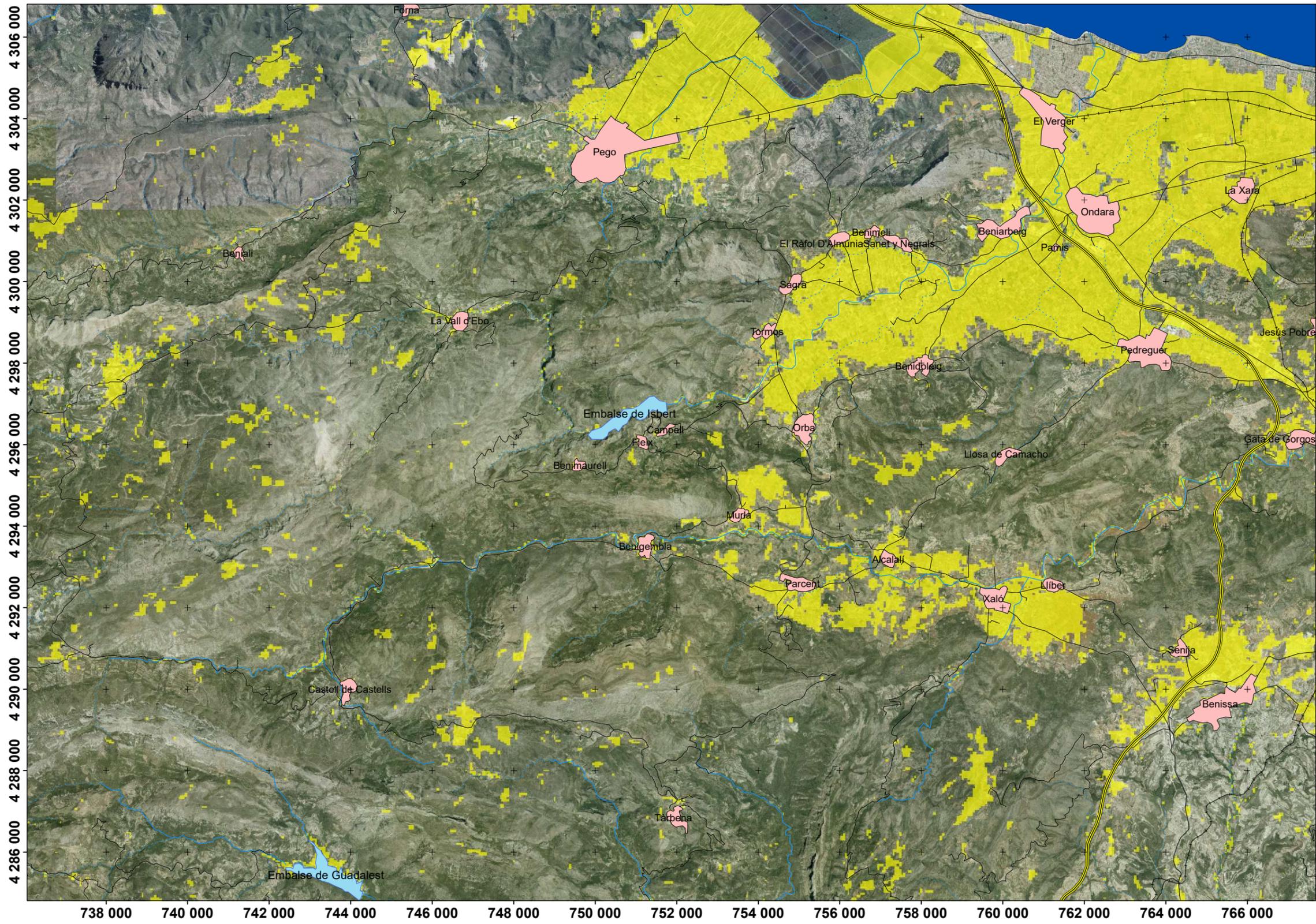


**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
  - no permanente
  - permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Vulnerabilidad lejanía vías de comunicación**
  - 1 - Baja
  - 3 - Media



 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Vulnerabilidad por lejanía a las vías de comunicación</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	



**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- Cursos de agua**
- no permanente
- permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Vulnerabilidad erosión potencial**
- 3 - Media



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015		
	Título del mapa:	ESCALA 1:50 000	
	<b>Vulnerabilidad por erosión potencial</b>		FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FIRMA	
Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso			

## 9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

A continuación se procederá a analizar los resultados obtenidos de los índices intermedios y finales y la metodología empleada para llegar hasta ellos.

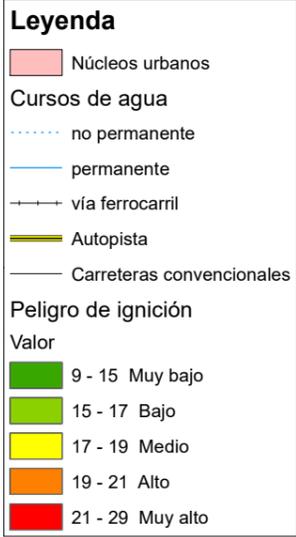
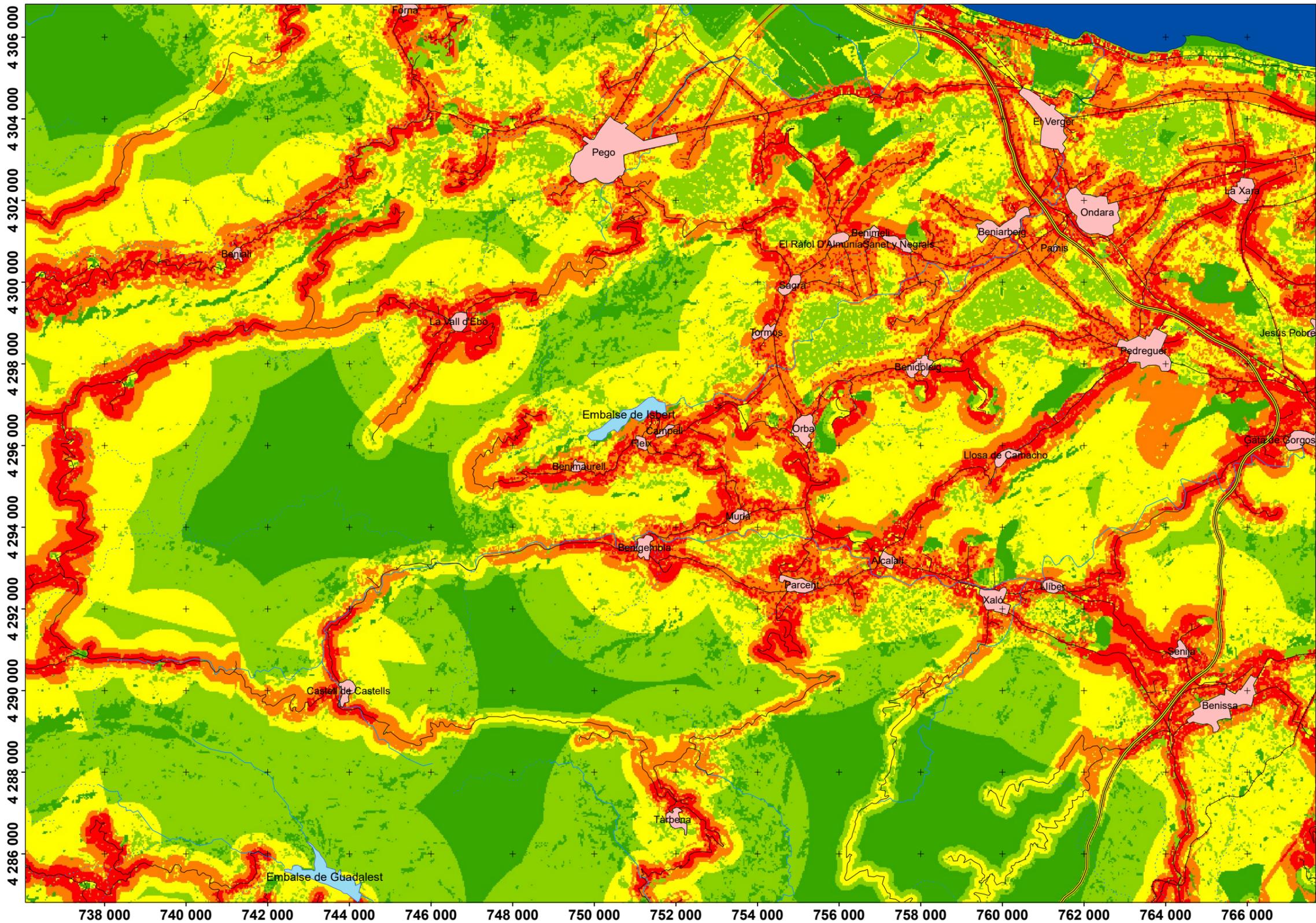
### 9.1 PELIGRO DE IGNICIÓN

El cálculo del peligro de ignición ha sido realizado sumando el peligro que cada una de las variables aportaba según el modelo propuesto. Dichas variables son: cercanía a núcleos urbanos, a vías de comunicación, a líneas eléctricas; temperatura y humedad, ya que la precipitación era la misma en toda la zona y no diferenciaba áreas; y contenido de humedad en vegetación. Dado que se han insertado más variables de la categoría de factor humano, ésta tendrá un mayor peso que las demás, aunque no se haya introducido ningún factor de ponderación. Así pues, se puede observar en los dos mapas de a continuación que, efectivamente, el factor humano aporta una gran parte al peligro de ignición pero, este se ve resaltado en algunas zonas debido al índice de vegetación principalmente. Las condiciones meteorológicas no juegan un papel importante en la localización del peligro ya que no se trata de una zona tan extensa como para que haya cambios suficientemente grandes para que se aprecien sobre la determinación del peligro.

Básicamente observamos que el peligro más alto de ignición estará en aquellos lugares a la mano del hombre que tengan a su alrededor vegetación seca como puede ser el matorral mediterráneo que se extiende por buena parte de las montañas de la zona de estudio.

En la zona que se produjo el incendio, vemos que se mantiene un valor de peligro intermedio en los alrededores de La Vall d'Ebo. En cuanto nos adentramos en la montaña (más hacia Pego) vemos que este peligro de ignición se tornará bajo e incluso muy bajo en algunos puntos debido a la menos probabilidad de afluencia humana.





 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de ignición</b>	ESCALA: 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA: 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA:

## **9.2 PELIGRO DE PROPAGACIÓN**

En el cálculo del peligro de propagación también se han sumado cada uno de los peligros de cada variable sin aplicar ponderación ya que cada una de ellas tiene un rango de valores distinto según la aportación al peligro que se ha estimado. Las variables consideradas en este índice han sido: la pendiente y la orientación, dando algo menos de importancia a la segunda; viento y humedad relativa, la precipitación en este caso tampoco ha sido considerada; la combustibilidad de las cubiertas, determinadas a partir del CORINE; y los medios de extinción activa y pasiva, que serán elementos de mitigación y por consecuencia serán restados.

Las variables con un mayor rango serán las que aporten un mayor incremento (o decremento) al nivel de peligro de propagación. En este caso son la pendiente y los modelos de cubiertas los que diferenciarán mejor estas zonas; además el viento es un elemento muy importante en esta propagación, pero al ser el peligro de este máximo en todo el área, no discriminará, aunque si aportará valor al nivel final.

En cuanto a mitigación, la proximidad a puntos de agua y a parques de bomberos serán los que causarán un mayor decremento a este peligro de propagación, puesto que la tardanza de los servicios de extinción es crucial a la hora de mitigar los efectos del fuego.

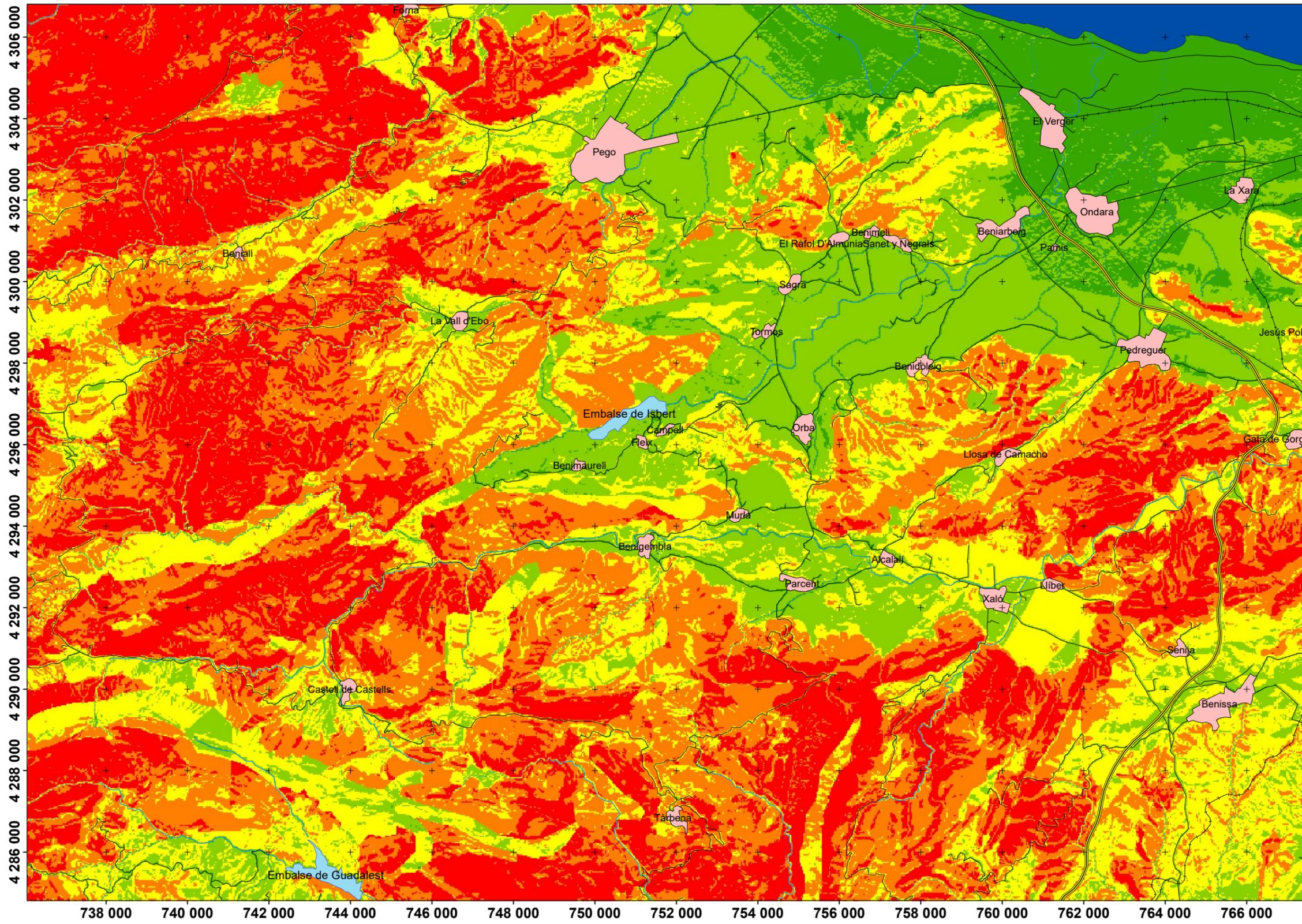
En la zona del incendio se puede observar un peligro de propagación de alto a muy alto debido principalmente a la zona de montaña entre los dos municipios que se compone principalmente de matorral mediterráneo, además, la lejanía al parque de bomberos de la Marina Alta hace que no se consiga un alto nivel de mitigación.

## **9.3 PELIGRO DE IGNICIÓN + PELIGRO DE PROPAGACIÓN**

Vemos como al combinar los dos mapas se aprecian mejor aquellas zonas con un peligro real de incendio en esa fecha. Estas serían principalmente zonas de montaña con vegetación seca cercanas a vías de comunicación o núcleos urbanos.

En la franja noreste, más llana y más próxima al mar, vemos como este peligro es muy bajo o bajo puesto que se ubican más huertas y cultivos de regadío, como puede ser el naranjo; y se ha modificado mayormente el paisaje amoldándolo a las personas y eliminando (casi todo) el paisaje forestal.

Dónde se produjo el incendio se aprecia un rango que va desde niveles medios de peligro a muy alto.



**Leyenda**

- Núcleos urbanos
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales

**Cursos de agua**

- no permanente
- permanente

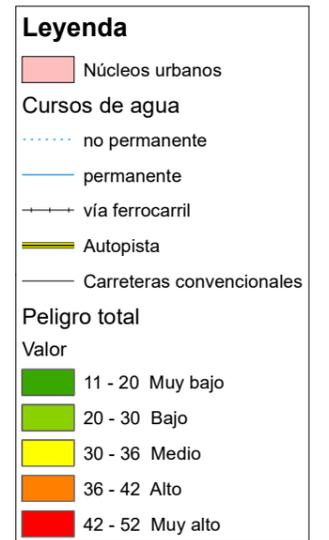
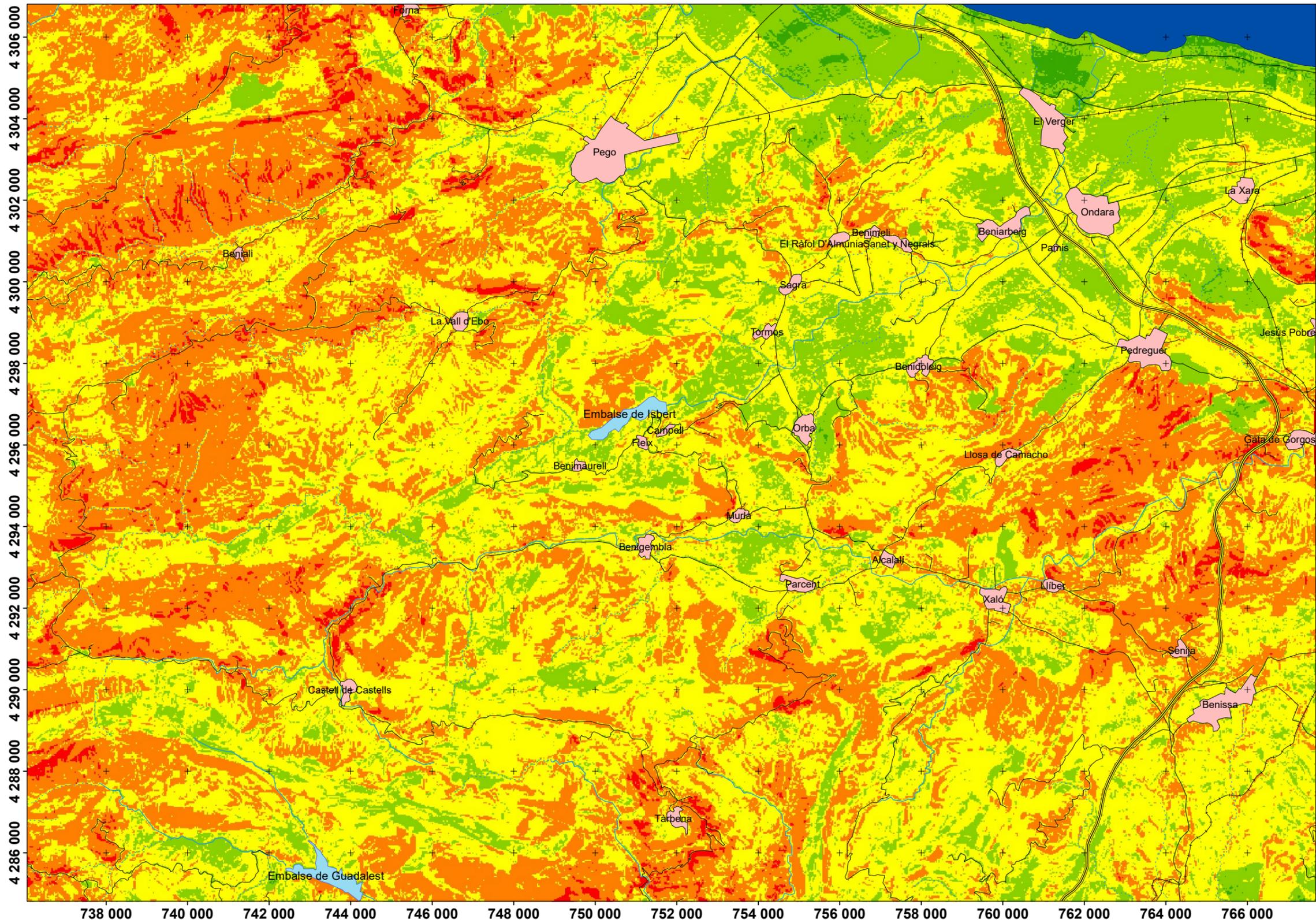
**Peligro de propagación**

Valor

- 0 - 7 Muy bajo
- 7 - 11 Bajo
- 11 - 14 Medio
- 14 - 17 Alto
- 17 - 23 Muy alto



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de propagación</b>	ESCALA: 1:50 000
	Autor: Mulet García, Héctor	FECHA DE VIGENCIA: 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA:



<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Peligro de ignición + Peligro de propagación</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

#### **9.4 VULNERABILIDAD TERRITORIAL**

En este apartado hemos tenido una mayor consideración a los espacios protegidos (el Parque Natural del Montgó), con un nivel de vulnerabilidad máximo debido a sus características y a su especial protección. Las otras variables se han considerado para marcar aquellas zonas con un difícil acceso, ya sea por una elevada pendiente o por la lejanía a vías de comunicación convencionales, puesto a que esta dificultad las hace más vulnerables, no a la hora de sufrir el incendio, sino a la hora de actuar sobre él y detenerlo a tiempo. Además también se ha aplicado el peligro por erosión potencial. Lo hemos creído un punto interesante que aportar al índice a causa del impacto que produce después de un incendio y poder así marcar estas zonas más vulnerables.

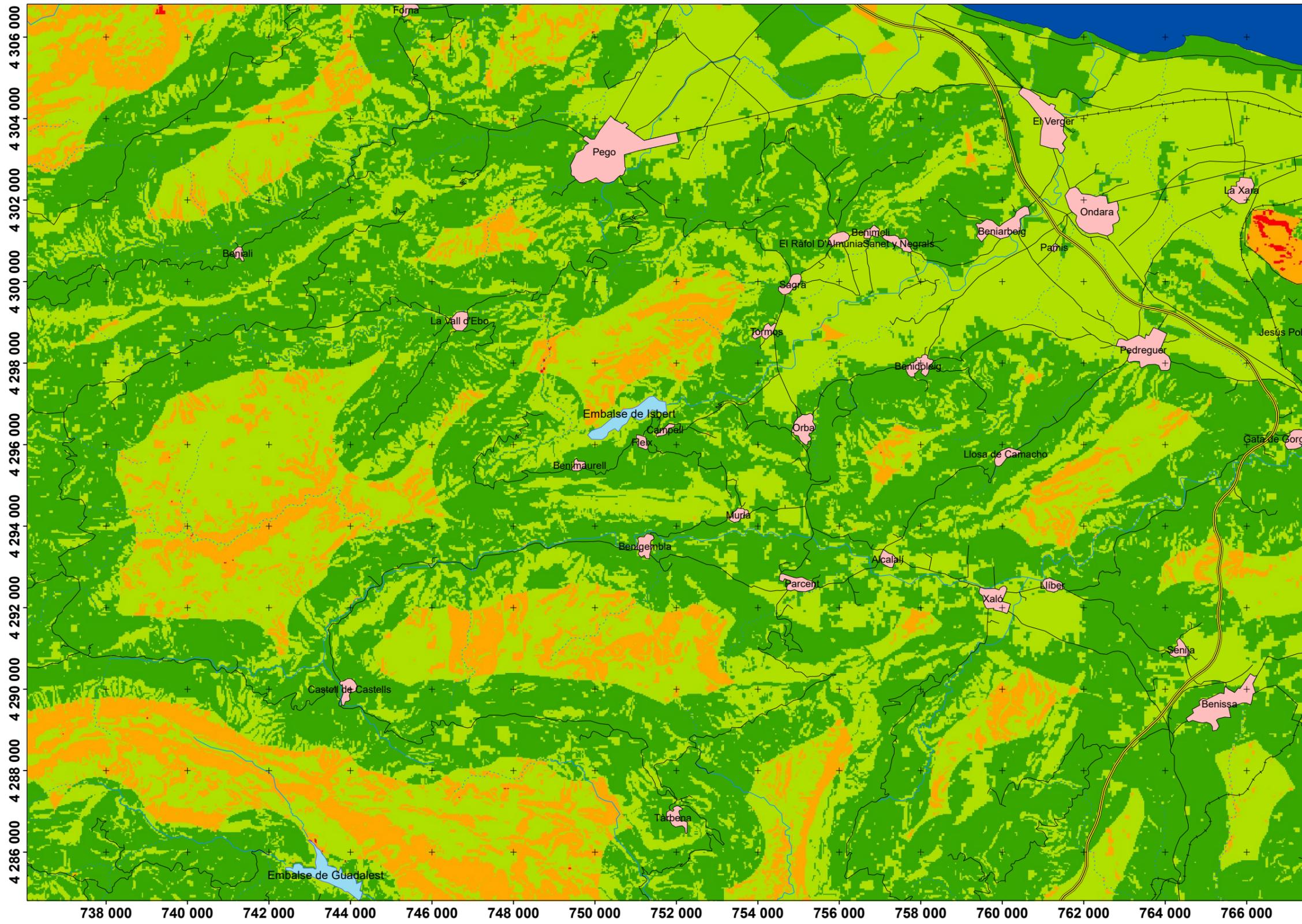
En el mapa elaborado vemos como la vulnerabilidad afecta principalmente al espacio protegido del Montgó y secundariamente a aquellas zonas con bastante lejanía a las carreteras y con una pendiente pronunciada.

En la zona afectada por el incendio esta vulnerabilidad se mueve en niveles de baja a media-alta.

#### **9.5 RIESGO INTEGRAL DE INCENDIO**

Observamos que el sumatorio del peligro de incendio y la vulnerabilidad sigue más o menos la misma dinámica que el peligro de incendio (ignición + propagación), las zonas de montaña con vegetación seca, cercanas a vías de comunicación, etc. presentarían mayores niveles de riesgo. La diferencia existe en que en éste se resaltan aquellas zonas más vulnerables y se desvanecen las menos.

La zona afectada por este presenta unos niveles altos y muy altos por lo que encajaría con lo ocurrido el 14 de mayo de 2015.



**Legenda**

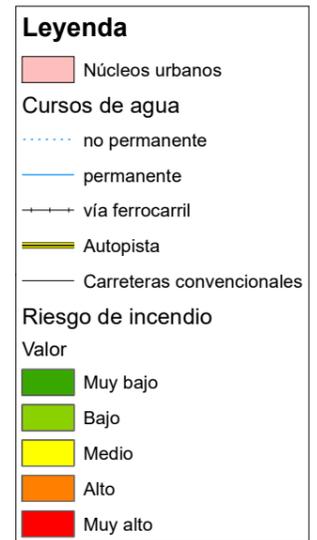
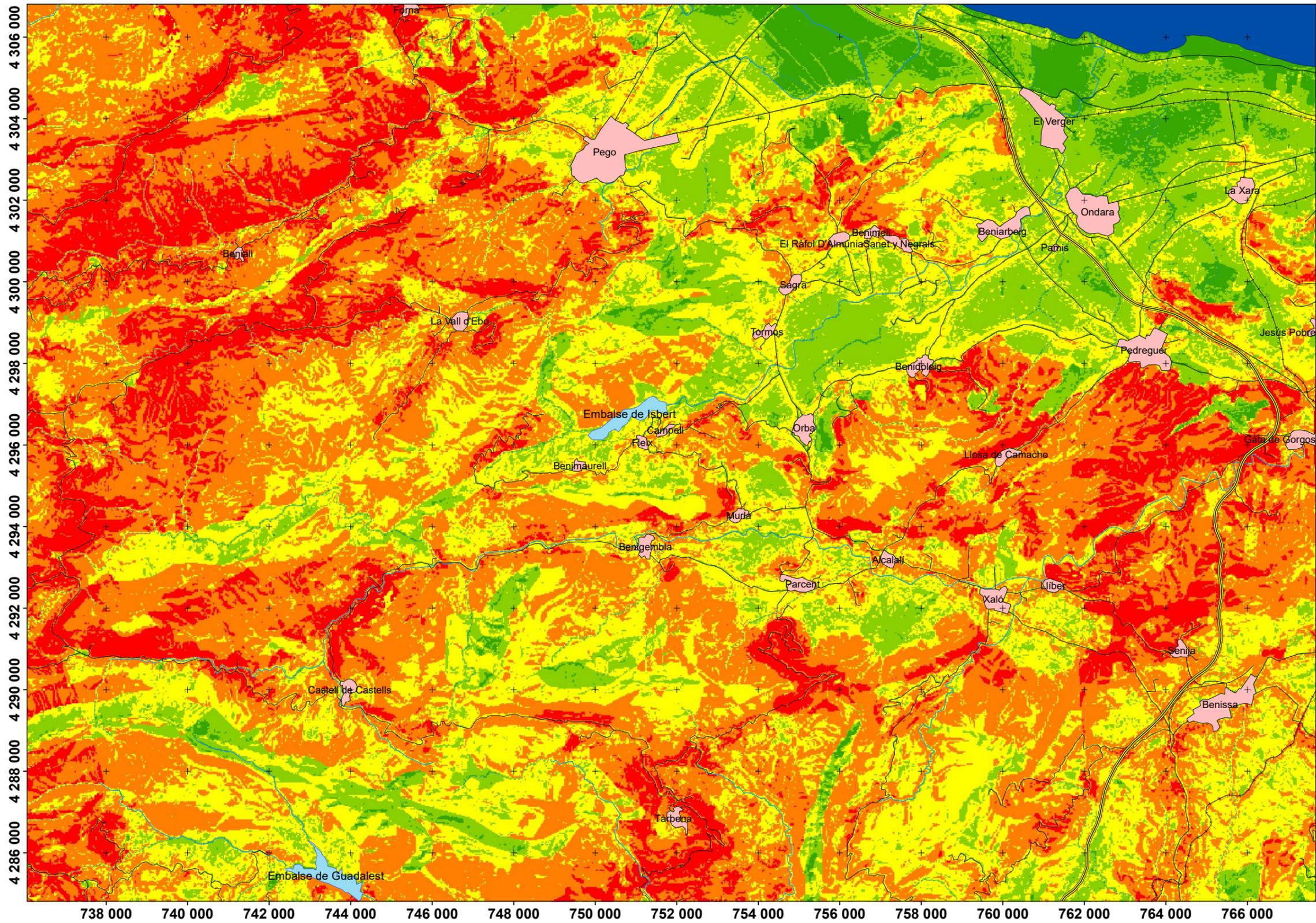
- Núcleos urbanos
- Cursos de agua
  - no permanente
  - permanente
- vía ferrocarril
- Autopista
- Carreteras convencionales
- Vulnerabilidad territorial
 

Valor

  - 2 Baja
  - 2 - 5 Media-baja
  - 5 - 8 Media-alta
  - 8 - 10 Alta - muy alta



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Vulnerabilidad territorial</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, Maria Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA   ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	Proyecto: Estudio de peligro de incendio en la zona del gran incendio de Pego-Les Valls de 2015	
	Título del mapa: <b>Riesgo integral de incendio</b>	ESCALA 1:50 000
	Autor: Mulet Garcia, Héctor	FECHA DE VIGENCIA 14/05/2015
	Tutores: Porres De La Haza, María Joaquina Fernández Sarriá, Alfonso	FIRMA

## 10 CONCLUSIONES

---

Podemos concluir que el índice obtenido resulta bastante efectivo ya que el incendio producido se enmarca en una zona de valores altos y muy altos principalmente.

Aunque el mapa final de peligro de incendio forestal nos marque que el incendio ocurrido el 14 de mayo de 2015 se encontraba en estos valores, había otras muchas zonas con peligro alto. Lo que nos permite deducir que no podemos concretar el peligro en una pequeña zona sino que éste se extiende a lo largo del territorio con semejantes características (a nivel de vegetación y de estructuras humanas principalmente) y en determinadas épocas del año con determinadas condiciones meteorológicas.

Aun así, el índice propuesto ha concretado mucho más las zonas con mayor peligro de ignición, cerca mayormente de actividades humanas; mayor peligro de propagación, dónde abunda la vegetación, cuando ésta es continua, etc.; y con mayor vulnerabilidad, dónde les es más difícil llegar a los medios de extinción, dónde existe el factor de erosión potencial, etc.

Por esta concreción, debido principalmente a la utilización de diferentes variables, no solo meteorológicas, sino que muchas otras que hoy en día son de fácil accesibilidad como las imágenes Landsat o la cartografía de núcleos urbanos, vías de comunicación, etc., pienso que los índices utilizados en España o en la Comunidad Valenciana deberían considerar incorporar todas estas muchas variables que ayudarían a identificar mejor el riesgo y a preparar mejor las labores de extinción. Que además, con las nuevas tecnologías de información espacial, los SIG, hoy en día es mucho más fácil tratar toda esta información para poder llegar a índices integrados de peligro e incluso medir su efectividad.

Podemos añadir que los espacios de riesgo están planificados (conforme a los índices actuales) y se gestionan las emergencias, sin embargo, debido a la recurrencia de los incendios cada verano, cabe preguntarse si los protocolos de actuación desde la administración autonómica y provincial se cumplen.

Tradicionalmente, cuando algún municipio sufre un gran incendio forestal que destroza a dentelladas negras su paisaje, se avivan dos sentimientos. El primero, de desconsuelo por la tierra perdida; el segundo, de indignación contra las administraciones que no supieron cuidar de las montañas y fueron negligentes en la extinción del fuego. En Pego y les Valls se produjeron ambas reacciones. Pero hubo otra mucho menos habitual: arreció una autocrítica colectiva entre los vecinos de esos municipios por haber abandonado su paisaje durante mucho tiempo, lo que vino a decir una cosa: que la catástrofe no fue sólo culpa de la Generalitat y su dejadez, sino también de la pasividad de la sociedad civil.

La consecuencia es que hoy en día el incendio sigue muy presente en les Valls: está en todas las cosas de su vida pública a través de una especie de catarsis social vertebrada por la sociedad civil –especialmente por dos entidades, Pego Viu y Asamblea Oberta de Pego– que no han parado ni un momento, emprendiendo acciones muy serias no sólo para lograr la regeneración de la superficie calcinada sino para impulsar un modelo económico en el que las montañas pasen a ser un activo fomentando la agricultura tradicional, el turismo agroecológico, la gestión del territorio y la conciencia de la población hacia este tipo de desgracias que no solamente afectan al medio ambiente. Es la creencia de que si el paisaje está abandonado (está muerto) se quema, pero si forma parte de la economía y de las expectativas de prosperidad de un pueblo es más fácil conservarlo porque se preserva vivo.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

---

- E.Chuvieco y M.P.Martín (2004): Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales.
- J.Arnaldos, X.Navalón, E.Pastor, E.Planas y L.Zárate (2004): Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales.
- D.A.Rodríguez (1996): Incendios forestales
- J.Nogué y J.Romero (2012): Las otras geografías
- F.J.de Vicente (2012): Diseño de un modelo de riesgo integral de incendios forestales mediante técnicas multicriterio y su automatización geográfica. Una aplicación en la Comunidad Valenciana.
- A.Badia (2000): La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i a la comarca del Bages durant el període 1987-1998.
- T.Carballas: Los incendios forestales
- P.J.Mulet (2012): Plan local de prevención de incendios forestales del término municipal de Gata de Gorgos.
- W.Hernández: Factores de vulnerabilidad de los incendios forestales.
- E.Tormos (2015): Estudio del peligro de incendio forestal del Desierto de las Palmas.

### PÁGINAS WEB

- [www.112cv.com](http://www.112cv.com)
- [bdb.cma.gva.es](http://bdb.cma.gva.es)
- [centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/](http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/)
- [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)
- [www.bombers.dva.gva.es](http://www.bombers.dva.gva.es)
- [www.renfe.com](http://www.renfe.com)
- [www.magrama.gob.es](http://www.magrama.gob.es)
- [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- [riunet.upv.es](http://riunet.upv.es)
- [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)