



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Filosofia i Lletres

Memòria del Treball de Fi de Grau

Anàlisi del risc d'incendi i del risc d'incendi a la interfície urbà-forestal: la costa mediterrània Nord

Miquel Àngel Muñoz Terrasa

Grau en Geografia

Any acadèmic 2020-21

DNI de l'alumne: XXXXXXXXXX

Treball tutelat per Maurici Ruiz Pérez

Departament de Geografia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Autor		Tutor	
Sí	No	Sí	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Paraules clau del treball: Risc d'incendi, interfície urbà-forestal, costa mediterrània nord

LLISTA DE FIGURES

Figura 1. Mapa forestal nacional.	Pàgina 5
Figura 2. Components del risc.	Pàgina 6
Figura 3. Ortofotografia que mostra la interfície urbà-forestal.	Pàgina 7
Figura 4. Mapa de localització de la zona d'estudi.	Pàgina 11
Figura 5. Mapa de població municipal als Països Catalans.	Pàgina 11
Figura 6. Assignació de pesos als factors del mètode AHP.	Pàgina 16
Figura 7 . Esquema del procés operatiu.	Pàgina 17
Figura 8. Mapa de distància a carreteres i mapa de distància a zones urbanes.	Pàgina 18
Figura 9. Mapa d'insolació i mapa de pendent.	Pàgina 19
Figura 10. Mapa de precipitació i mapa de temperatures.	Pàgina 20
Figura 11. Mapa d'ocupació del sòl i mapa de combustibilitat.	Pàgina 21
Figura 12. Mapa de perill d'incendi.	Pàgina 22
Figura 13. Mapa risc d'incendi per municipis i mapa risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal per municipis.	Pàgina 24
Figura 14. Mapa de risc d'incendi i densitat de població per municipis i mapa de risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal i densitat de població per municipis.	Pàgina 25

LLISTA DE TAULES

Taula 1. Reclassificació de l'ocupació del sòl a combustibilitat.	Pàgina 14
Taula 2. Perill d'incendi per províncies.	Pàgina 23
Taula 3. Estadístiques per províncies. Nivell de risc i densitat, Casos totals per província, àrea i població total per casos o zones, densitat de població total, i mitges del risc d'incendi i risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal.	Pàgina 30
Taula 4. Estadístiques per municipis. Risc d'incendi per municipis i risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal dels municipis.	Pàgina 31

RESUM

S'ha realitzat un anàlisi territorial del perill d'incendi forestal a la zona mediterrània septentrional mitjançant el desenvolupament d'un model multicriteri basat en l'ús d'un sistema d'informació geogràfica ràster sobre retícules de 200 x 200 m. Els factors que s'han considerat han estat els següents: topogràfics (pendent, insolació), climatològics (precipitació i temperatura), ocupació del sòl, pressió antròpica (distància a les carreteres i distància a les zones urbanes). Per a la ponderació de factors s'ha aplicat el procés analític jeràrquic (AHP). S'ha analitzat el nivell d'exposició municipal i provincial mitjançant funcions zonals. També s'ha analitzat el perill i el risc d'incendi just a un àrea d'influència de 200 m des de cada zona urbana (interfície urbà-forestal). Finalment, s'ha encreuat el grau d'exposició amb la densitat de població per la identificació de les àrees més vulnerables per exposició. Els resultats mostren que la província de Castelló és la més exposada als incendis forestals i amb una major exposició de les àrees dins la interfície urbà-forestal.. Per altra banda, les províncies que presenten menor perill son Lleida i Barcelona. Malgrat això, l'alta densitat de població que hi ha a la perifèria de les grans zones urbanes les fa altament vulnerables.

ABSTRACT

A territorial analysis of forest fire danger in the northern Mediterranean area was carried out by developing a multi-criteria model based on the use of a raster geographic information system on 200 x 200 m grids. The following factors were considered: topographic (slope, sunshine), climatological (precipitation and temperature), land occupation, anthropic pressure (distance to roads and distance to urban areas). The analytical hierarchical process (AHP) was used to weight the factors. The level of municipal and provincial exposure was analysed using zonal functions that provide each municipality with an average exposure value. The wildland-urban interface is a very vulnerable area to fires due to its land use and the activities that take place there. For this reason, fire danger and risk were analysed within an area of influence of 200 m from each urban zone. Finally, the degree of exposure has been crossed with the population density by identifying the most vulnerable areas by exposure. The results show that the province of Castelló is the most exposed to forest fires and with a higher exposure of the areas within the wildland-urban interface. On the other hand, the provinces with the lowest danger are Lleida and Barcelona. However, the high population density in the periphery of large urban areas makes them highly vulnerable.

INDEX

1. INTRODUCCIÓ	5
1.1. REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA	8
1.2. PROBLEMA CIENTÍFIC, HIPÒTESIS I OBJECTIUS	9
1.3. CAS D'ESTUDI	10
2. MÈTODOLOGIA I FONTS	12
3. RESULTATS I DISCUSSIÓ	18
4. CONCLUSIONS	26
5. AGRAÏMENTS	27
6. BIBLIOGRAFIA I RECURSOS ELECTRÒNICS	28
7. ANNEXES	30

1. INTRODUCCIÓ

El territori espanyol presenta un elevat perill d'incendi forestal derivat de les seves condicions climàtiques, la seva extensa cobertura vegetal i el seu marc social i econòmic (Figura 1). El foc és un factor inherent als ecosistemes mediterranis i els seus efectes poden ser positius o negatius. El foc es relaciona amb la cobertura i l'ús del territori i els seus sistemes productius (Bilbao, B.L., et al, 2020). Als darrers decennis l'increment de les àrees urbanes i l'abandonament dels cultius ha suposat un augment de la interfície urbà-forestal que presenta extrema vulnerabilitat front als efectes dels incendis forestals.



Figura 1. Mapa forestal nacional. Font: MAGRAMA, 2021

El risc d'incendi es compon de tres factors diferents: el perill, la vulnerabilitat i la exposició (Figura 2). La perillositat és la probabilitat d'ocurrència d'un fenomen potencialment destructiu en un període i zona determinada. Per altra banda, l'exposició fa referència a la presència de persones, béns econòmics, infraestructures, serveis i altres elements ubicats en indrets susceptibles de ser afectats per fenòmens naturals. El risc d'incendi fa referència a la conjunció del perill, la vulnerabilitat i l'exposició en un indret determinat. Per altra banda, la vulnerabilitat fa referència als danys humans i materials que pot provocar aquest incendi. (Rius, 2015)[pp.7-8].

Durant les darreres dècades, el nombre total d'incendis s'ha reduït entorn un 40 % respecte la dècada dels 90, segons publica WWF (*World Wild Fund for Nature*) a un informe del 2017, tot i que el nombre de grans incendis ha augmentat fins arribar a uns 19 grans incendis forestals de mitjana cada any durant la darrera dècada (WWF, 2017).

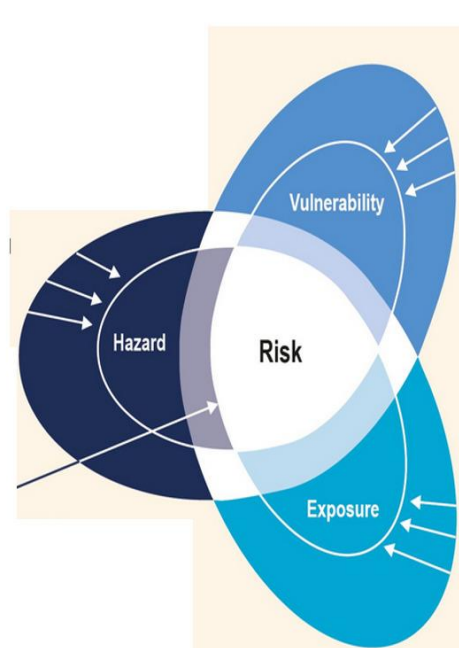


Figura 2. Components del risc. Font: Adaptat de IPPC (IPPC, 2019)

S'entén per interfície urbà-forestal la zona en la qual el terreny o sòl forestal entra en contacte amb zones edificades o sòl urbà (Figura 3). Aquest terme descriu una realitat molt complexa degut a les interaccions que es produeixen entre aquests dos subsistemes territorials i s'usa per fer referència a zones molt vulnerables als incendis forestals (Martín, 2012). Existeixen dues situacions dins la interfície urbà-forestal amb diferències molt marcades. D'una banda, pobles o cases aïllades en l'àmbit rural, amb un fort vincle amb el territori. Per altra banda, urbanitzacions i desenvolupaments periurbans, de més recent construcció i habitats per població no rural que desconeix els riscos i les responsabilitats que implica viure en un entorn forestal. Aquestes dues situacions fan que augmenti el perill de risc d'incendi i la vulnerabilitat degut a que la gran majoria dels incendis son causades pels humans i per altra banda la presència de població dins aquestes zones forestals incrementa la vulnerabilitat d'aquestes persones.

De forma paral·lela, s'ha de destacar el fenomen de l'exili rural, que consisteix en l'abandonament de les zones rurals per part de la població per traslladar-se a les zones urbanes. Aquest abandonament de les zones rurals ha estat un fet molt important en relació als incendis forestals, ja que l'abandonament d'aquestes zones ha provocat una transformació del sòl agrícola a sòl forestal, en moltes ocasions abandonat (Hervieu, B. & Abis, S., 2006).

Un altre qüestió important que està afectant la freqüència i magnitud dels incendis és el

canvi climàtic global. El canvi climàtic contribueix als incendis forestals, ja que provoca un augment progressiu de les temperatures i allargament de les estacions, així com un increment dels fenòmens extrems (Moriondo et al., 2006).



*Figura 3. Ortofotografia que mostra la interfície urbà-forestal.
Font: (PNOA, 2018)*

Els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) faciliten l'estudi dels incendis forestals; de la seva gènesi i dels seus efectes. A més ajuden a la detecció de la interfície urbà-forestal i permeten crear cartografies del risc d'incendi de gran precisió que donaran suport els plans de gestió del risc.

Aquest estudi es focalitza en el desenvolupament d'un model per a l'avaluació dels riscos d'incendi forestal a partir de la detecció de les interfícies urbanes forestals utilitzant sistemes d'informació geogràfica (SIG). El seu interès radica en la selecció de les variables a utilitzar, el procediment d'integració de la informació i la generació de cartografies del risc d'incendi a escala municipal.

El treball s'estructura en els següents apartats: primer es realitza una anàlisi bibliogràfica, on es recullen les principals aportacions respecte a la temàtica del risc d'incendi i dels models SIG per al seu anàlisi; després es planteja una hipòtesi i uns objectius; a continuació es presenten els principals resultats i discussió; i finalment el treball acaba amb un apartat de conclusions on es recullen les principals aportacions del treball.

1.1. REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA

Els incendis forestals són un fenomen habitual al llarg de la història de la conca mediterrània. Aquests incendis s'han vist afavorits tant per les condicions climàtiques del mediterrani com per les pràctiques tradicionals de l'explotació de terra. La Comunitat Valenciana és una de les regions espanyoles que en l'última part de el segle XX va experimentar un notable increment tant en el nombre d'incendis forestals com a la superfície cremada. Un anàlisi de les dades corresponents als incendis dels últims 30 anys indica que els accidents amb pèrdues humanes són, majoritàriament, resultat dels canvis en la dinàmica de foc provocats pels la climatologia i l'ús del foc. Per tant, un bon coneixement de les condicions meteorològiques i la seva evolució podria contribuir a evitar catàstrofes i la pèrdua de vides humanes. (Valiente et al., 2005) [p. 95]

Chas et al. (CHAS A., et al. , 2013) assegura que a Espanya, els incendis forestals són un fenomen recurrent i assenyala que la presència de desenvolupaments urbans en contacte amb les zones forestals incrementa la probabilitat d'inici dels incendis com a conseqüència de les activitats humanes. A més, incideix que la presència de població incrementa la vulnerabilitat d'aquestes poblacions als incendis i destaca la interfície urbà-forestal com a àrees de màxim risc, on les infraestructures humanes, principalment habitatges, estan en contacte amb la vegetació natural amb elevat perill d'incendi.

Luis Galiana (Galiana et al., 2007) també incideix en aquest tema i ressalta que la interfície urbà-forestal té cada vegada major importància en termes de superfície en els països d'Europa Occidental, Amèrica del Nord o Austràlia, en relació amb un sistema d'assentaments amb una marcada tendència a la dispersió i que valora positivament el viure prop de les àrees forestals. Aquesta nova tendència, incrementa de manera notable el risc d'incendi a les àrees anomenades, ja que un comportament inadequat per part de la població resident a aquestes zones pot esdevindre en una catàstrofe ambiental. [pp.208-212].

Els efectes del incendis forestal a Espanya són molt importants. Segons el Ministeri de Agricultura, Alimentació i Medi Ambient (MAPA, 2020), els incendis forestals provoquen grans pèrdues econòmiques i ambientals cada any, posant en risc molts habitatges i vides humanes. A Espanya es tracta d'un risc natural molt recurrent amb una mitjana anual de 15.000 incendis forestals i 173.000 ha cremades des de 1980 a 2010.

Malgrat això, es detecta una falta de polítiques en aquesta matèria. Segons Luís Galiana Martín, “l’expansió de la interfície urbà-forestal a Espanya, associada a la creixent dispersió dels sistemes d’assentaments i a la progressió de la vegetació natural, constitueix una dinàmica territorial preocupant en relació al problema dels incendis forestals. Malgrat l’increment d’episodis d’incendis dins la interfície urbà-forestals, no hi ha una consciència social ni una preocupació política sobre aquest assumpte.” (Galiana, 2012) [pp.205-206]

Roser Rodríguez Carreras (Rodríguez, 2011) es preocupa de la importància de l’èsser humà damunt els incendis forestals, i assenyala la necessitat de responsabilitat de la població front als riscos d’incendi i la necessitat de fomentar l’educació ambiental per poder plantejar el futur del medi ambient amb més optimisme, seguint unes pautes de conducta i preocupant-se pels boscos que hi ha al nostre país.

Els SIG constitueixen instruments metodològics especialitzats en l’anàlisi dels riscos d’incendis forestals. Són moltes les referències en les quals es proposa el seu ús per al desenvolupament de models per a la detecció del risc d’incendi. En la majoria dels casos es desenvolupen models multicriteri en els que intervenen variables del perill, de la exposició i la vulnerabilitat als incendis forestals (Chuvieco, 2007; Eugenio et al., 2016; Robles et al., 2015; Martínez Vega, J., et al., 2007; You et al., 2017). Una metodologia rellevant en la ponderació de variables als models multicriteri és el procés d’anàlisi jeràrquic (AHP). Aquest va ser desenvolupat per T. L. Saaty a l’any 1980 i es basa en la avaluació de parelles de factors per a l’obtenció d’un pes d’importància a cada element del model (Goepel, 2018). L’aplicació dels mètode AHP en els models multicriteri per a l’avaluació del risc d’incendi també ha estat un tema tractat a la bibliografia (Wei et al., 2011; Chaudhary, 2016).

Aquest conjunt de reflexions i experiències m’ha permet orientar la línia de treball i la metodologia d’aquesta investigació.

1.2. PROBLEMA CIENTÍFIC, HIPÒTESIS I OBJECTIUS

El problema científic a resoldre és detectar on es produeix la interfície urbà-forestal i avaluar el seu risc d’incendi a un àrea geogràfica extensa. Per a resoldre aquest problema es planteja el desplegament d’un model d’anàlisi multicriteri en base a la creació d’un Sistema d’Informació Geogràfica i l’aplicació de tècniques d’anàlisi espacial.

Com a zona d'estudi es proposen les províncies mediterrànies del Nord de la Península Ibèrica incloses als Països Catalans (Balears, Catalunya i País Valencià) (Figura 4). La selecció d'aquesta àrea es considera rellevant ja permeten disposar d'una visió conjunta dels riscos d'incendi al territori Nord mediterrani, del qual no s'han trobat referències científiques. Els resultats del treball podran servir de base per al desenvolupament de plans integrals de prevenció d'incendis a l'àrea mediterrània.

Es plantegen dues hipòtesis:

1. El risc d'incendi a l'àrea nord mediterrània és elevat i la seva distribució és molt heterogènia derivat de la seva diversitat paisatgística i a la distribució de la població.
2. Les vulnerabilitat de la població front al perill d'incendi és força elevada ja que l'àrea mediterrània nord occidental està molt poblada.

L'objectiu principal d'aquest treball és analitzar el risc d'incendi a l'àrea mediterrània Nord de la Península Ibèrica i específicament conèixer els riscos a la interfície urbà-forestal. Aquest objectiu cerca determinar les zones amb major risc i avaluar la seva vulnerabilitat quan a població potencialment afectada. L'interès es poder prevenir el risc incendi i tractar de minimitzar els seus efectes sobre la població en base al seu coneixement. Com a objectius específics es proposen els següents:

- Desenvolupar un model multicriteri SIG per a la detecció del perill d'incendi forestal a les províncies de l'àrea mediterrània septentrional. Girona, Barcelona, Lleida, Tarragona, Castelló, València, Alacant i les Illes Balears.
- Avaluar el nivell de exposició als riscos a nivell municipal.
- Avaluar el nivell d'exposició als riscos a la interfície urbà-forestal.
- Avaluar la vulnerabilitat per exposició al risc d'incendis de la població.

1.3. CAS D'ESTUDI

La zona d'estudi seleccionada és el Mediterrani septentrional que inclou els Països Catalans. Aquesta zona, com mostra la Figura 1, té una gran superfície forestal, i per tant una gran exposició potencial al risc d'incendi (Figura 4). A més, compta amb zones amb una gran població, i per tant és un àrea molt vulnerable.

El territori avaluat compren una gran zona amb clima mediterrani amb temperatures moderades durant els mesos de tardor i primavera i temperatures elevades durant els mesos d'estiu. A més, les precipitacions son escasses durant la major part de l'any, per aquest motiu, hi ha una sequera semi-permanent. Les zones muntanyoses que s'hi localitzen a la zona, tenen unes característiques diferents en quan a temperatures i precipitació, però, son les zones que tenen més superfície forestal i per tant, també tenen alt risc d'incendi.



Figura 4. Mapa de localització de la zona d'estudi. Font: Elaboració pròpia

La població resident als Països Catalans suposa un total de 13.931.700 habitants que es reparteixen per un total de 1550 municipis (INE, 2020) (Figura 5). Això suposa una gran vulnerabilitat front al perill d'incendi que aconsella el seu estudi.

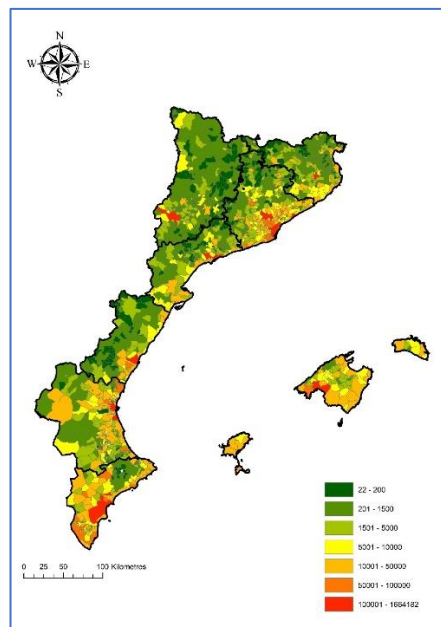


Figura 5. Mapa de població municipal dels Països Catalans. Font: INE 2020.

La població és un factor molt important ja que els municipis amb major població seran més vulnerables a patir els efectes dels incendis. La majoria de municipis amb elevada

població es localitzen prop de la zona de costa, ja que hi ha les grans ciutats i els centres turístics.

2. MÈTODOLOGIA I FONTS

Pel desenvolupament de l'estudi s'ha construït un sistema d'informació geogràfica ambiental de la zona d'estudi (SIGfoc). El SIGfoc integra informació en format ràster (200 m x 200 m) i informació vectorial de diverses fonts corresponent a variables del medi físic (topografia, climatologia), medi biòtic (ocupació forestal) i medi antròpic (carreteres, divisió municipal, població). Per al desenvolupament del SIG s'utilitza el programa ArcMap 10.1. ESRI ©.

El model multicriteri d'avaluació de perill d'incendi es desenvolupa en les següents fases:

- Selecció de variables de base e integració a la base de dades. Les variables de considerades són les següents:
 - Model Digital d'Elevacions (MDT) de resolució 200 m x200 m obtingut del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) de l'Instituto Geográfico Nacional (IGN).
 - Ocupació del Sòl de la cartografia SIOSE obtinguda del CNIG de l'IGN corresponent a l'any 2014. Es tracta d'una cartografia vectorial que incorpora informació alfanumèrica corresponent als usos del sòl.
 - Xarxa viària. Descarregada del CNIG de l'IGN.
 - Límits administratius. Obtingut del CNIG de l'IGN.
 - Cartografia climàtica corresponent a precipitacions mitjanes i temperatures de la plataforma Climate Engine (2021). Respecte a les precipitacions s'obté un índex del percentatge de diferència respecte a les condicions mitjanes del darrer any respecte a l'històric dels darrers 20 anys. S'utilitzen les dades del Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (Funk, 2015). La seva resolució és aproximadament de 1/24 de grau; 4000 m. Les dades de temperatures maximes s'obtenen de la base dades TerraClimate (Terraclimate, 2021) i corresponen al percentatge de desviació respecte a les condicions mitjanes del darrer periode Abril/Octubre respecte a l'històric del darrers 20 anys. La seva resolució és aproximadament de 1/24 de grau; 4000 m.

- Població municipal. A partir de la informació de l'Institut Nacional d'Estadística es disposa del Padró de Població a nivell municipal corresponent a l'any 2020 (INE, 2020).
- Generació de variables. A partir del conjunt de variables de base mitjançant l'ús d'eines d'anàlisi espacial es deriven noves variables per a ser incorporades al model multicriteri d'avaluació del perill d'incendi i a l'anàlisi dels riscos:
 - Pendent. S'obté a partir del MDT i es representa en unitats de percentatge de desnivell del terreny.
 - Insolació. També és obtinguda a partir del MDT i representa el grau d'insolació anual que rep una quadrícula de 200x200 m. Es representa en vatis hora per metre quadrat WH/m²
 - Nuclis de població. S'obté a partir de la reclassificació del mapa d'Ocupació del Sòl del SIOSE. El resultat es converteix en format ràster de 200 x 200 m per poder ser integrat al model.
 - Proximitat nuclis de població. A partir de la eina de distància euclidiana es calcula la proximitat als nuclis de població obtinguts anteriorment. S'obté un mapa ràster de retícules de 200 x 200 m.
 - Zona interfície urbà-forestal. Es va generar un àrea d'influència de 200 metres des de cada nucli de població a partir del mapa vectorial SIOSE.
 - Proximitat a les carreteres. A partir de l'eina distància euclidiana es calcula la proximitat a les carreteres i es representa en un mapa ràster 200x200 m.
 - Combustibilitat. S'obté a partir de la reclassificació de la capa d'ocupació del sòl SIOSE en base a la combustibilitat potencial de cada tipus de cobertura segons la següent classificació:

Taula 1. Reclassificació de l'ocupació del sòl a combustibilitat. Font: Elaboració pròpia.

Ocupació del sòl	Reclassificació	% Combustibilitat
Casc urbà	1	10
Eixample	1	10
Zona urbana discontinua	1	10
Zona verda urbana	2	20
Instal·lació agrícola	3	30
Instal·lació forestal	3	30
Extracció minera	1	10
Zona industrial	2	20
Servei dotacional	1	10
Assentament agrícola	3	30
Xarxa viària/ferroviària	1	10
Port	1	10
Aeroport	1	10
Infraestructura de sumistre	2	20
Infraestructura de residus	2	20
Cultiu herbàci	4	40
Hivernacle	3	30
Fruiter cítric	6	60
Fruiter no cítric	6	60
Vinya	5	50
Olivar	7	70
Altres cultius llenyosos	6	60
Combinació de cultius llenyosos	6	60
Prat	2	20
Combinació de cultius	4	40
Combinació de cultius amb vegetació	5	50
Bosc de frondoses	9	90
Bosc de coníferes	10	100
Bosc mixt	8	80
Pastura	2	20
Matollar	10	100
Combinació de vegetació	7	70
Platja	0	0
Penya-segat	0	0
Temporalment desarborat	0	0
Sòl nu	0	0
Zona humida	0	0
Torbera	0	0
Aiguamoll	0	0
Salina	0	0
Curs d'aigua	0	0
Llac	0	0
Embassament	0	0
Llànima d'aigua artificial	0	0
Mar	0	0

- El mapa s'obté en format ràster de una retícula de 200 x 200 m.
- Elecció dels factors del model i procés de normalització.

Els factors elegits per formar part del model multicriteri d'avaluació del perill d'incendi forestal són els següents:

- Factors físics
 - Pendent. El pendent es considera un factor clau en la propagació d'un incendi forestal. Les zones amb major pendent són zones on les flames adquireixen major velocitat motivat per la topografia i per les corrents d'aire que generen els incendis.
 - Insolació. El territori que rep major radiació solar és el més vulnerable a iniciar un procés de ignició pel fet de concentrar major grau de calor. Les zones orientades al Nord, normalment tenen menys probabilitats de cremar-se pel fet de mantenir-se més humides.
 - Nivell de precipitació. Les zones amb major nivell de precipitacions són menys vulnerables al perill d'incendi forestal.
 - Nivell d'escalfament. Les zones amb majors temperatures màximes són més proclius a patir incendis forestals.
- Factor combustibilitat
 - Índex de combustibilitat potencial. Cada tipus de cobertura vegetal presenta un tipus d'aptitud per iniciar un incendi forestal i per propagar-lo.
- Factors humans
 - Proximitat als nuclis de població.
Es considera que l'acció antròpica generada entorn als nuclis de població fa al territori és una font probable d'inici d'incendis forestals. Les activitats recreatives i de manteniment de jardins pot donar lloc a incendis descontrolats. Així mateix l'abocament de residus descontrolats a les zones properes als nuclis pot ser responsable de la generació de focs.
 - Proximitat a les carreteres. El pas de vehicles pot donar lloc a que el bosc sigui accessible a l'acció humana i la generació de focus d'incendi.

El procés de normalització consisteix en la transformació del conjunt de variables considerades expressades en les seves unitats originals a factors territorials expressats tots en les mateixes unitats unificades. El procés de transformació es

realitza mitjançant una reclassificació automàtica de les variables a una escala numèrica de 1 a 100. S'ha de tenir en compte, a efectes del model, que la variable Nivell de Precipitació va ser necessari transformar-la a la inversa, ja que es considera que a major precipitació menor nivell de perill.

- Integració de factors mitjançant un model multicriteri d'avaluació del perill d'incendi.

El mètode utilitzat per a la integració de factors i la generació del mapa de perill d'incendi consisteix en una suma ponderada de factors.

$$Perill\ d'Incendi = \sum_i^n Pes_i * Factor_i$$

La qüestió clau és el procés d'assignació dels pesos als factors. En aquest sentit s'ha fet ús de la metodologia del procés analític jeràrquic (GOEPEL, 2013). Aquest mètode consisteix en avaluar en forma de parells els diferents factors i assignar un pes d'1 a 9 en funció de la seva importància. El resultat final permet l'obtenció d'un pes global a cada factor. El resultats obtinguts es mostren a la Figura 6.

Matrix	Pendent	Insolació	Precipitació	Temperatura	Combustibilitat	Dist. Carreteres	Dist. Zones urbanes	0	0	0	normalized principal Eigenvector
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pendent	1	1	3	1	1/3	5	5	-	-	-	17,05%
Insolació	2	1	1	1/3	1/3	3	3	-	-	-	10,58%
Precipitació	3	1/3	1	1	1/5	3	3	-	-	-	10,13%
Temperatura	4	1	3	1	1/3	7	7	-	-	-	19,18%
Combustibilitat	5	3	3	5	3	1	5	-	-	-	35,61%
Dist. Carreteres	6	1/5	1/3	1/3	1/7	1/5	1	-	-	-	3,73%
Dist. Zones urbanes	7	1/5	1/3	1/3	1/7	1/5	1	-	-	-	3,73%
0	8	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0,00%
0	9	-	-	-	-	-	-	-	1	-	0,00%
0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,00%

Figura 6 . Assignació de pesos als factors del mètode AHP.

Font: Elaboració pròpia a partir de Goepel (GOEPEL, 2018)

D'aquesta manera el mapa de perill d'incendi seguiria la següent expressió:

$$\text{Perill d'Incendi} = (\text{Factor Pendent} * 17,05) + (\text{Factor Insolació} * 10,58) + (\text{Factor Precipitació} * 10,13) + (\text{Factor Temperatura} * 19,18) + (\text{Factor Combustibilitat} * 35,61) + (\text{Factor Dist. Carreteres} * 3,73) + (\text{Factor Dist. Zones urbanes} * 3,73)$$

- Avaluació del risc per exposició a nivell municipal.

Es va procedir a avaluar el nivell de risc de cada municipi mitjançant la superposició del mapa ràster de perill d'incendi sobre els polígons que representa cada municipi utilitzant la eina Estadística Zonal (Zonal Statistics). Així es va obtenir un valor mitjà de perill per cada municipi.

- Avaluació del risc per exposició de la interfície urbà forestal

De la mateixa manera que l'anterior tasca, es va procedir a un anàlisi zones de les zones properes 200 metres. Es va superposar el mapa vectorial d'Interfície Urbà forestal amb el mapa de perill d'incendi mitjançant l'operació Zonal. D'aquesta manera es va obtenir una taula estadística que reflexa els riscos a les zones pròximes als nuclis de població. Posteriorment es va presentar la informació a nivell municipal.

La figura 7 mostra un diagrama amb les diverses tasques desenvolupades per a l'anàlisi del perill d'incendi i l'avaluació dels riscos.

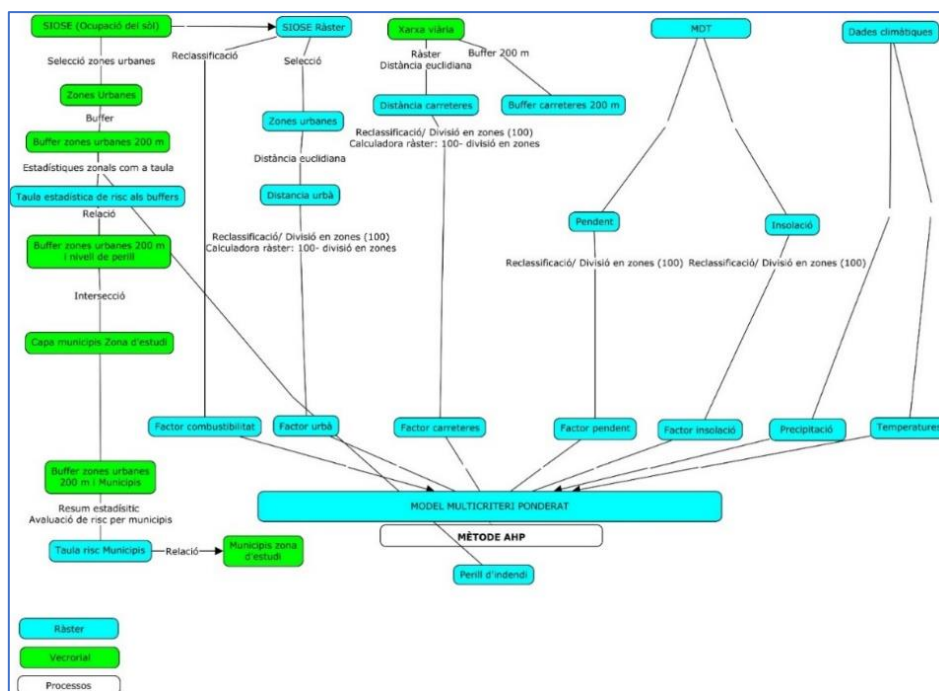


Figura 7. Esquema del procés operatiu. Font: Elaboració pròpia.

El següent apartat mostra els resultats obtinguts i la discussió sobre aquests, amb l'objectiu de poder analitzar per zones el risc d'incendi forestal i el risc d'incendi forestal dins la interfície urbà-forestal de l'àrea estudiada.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

La xarxa viària i les zones urbanes són dos factors que determinen el perill d'incendi i la vulnerabilitat de la població (figura 8). Les zones més properes a les carreteres i a les zones urbanes són les zones amb un major perill d'incendi i alhora les més vulnerables. Aquestes zones concentren la major part de l'activitat humana i llavors hi ha més probabilitats de que es produeixi un incendi. Això es deu a que la majoria d'incendis son provocats per errors humans i d'altres vegades són provocats intencionadament pels humans. D'aquesta manera, una major activitat humana i una major concentració de persones, augmenten el perill d'incendi.

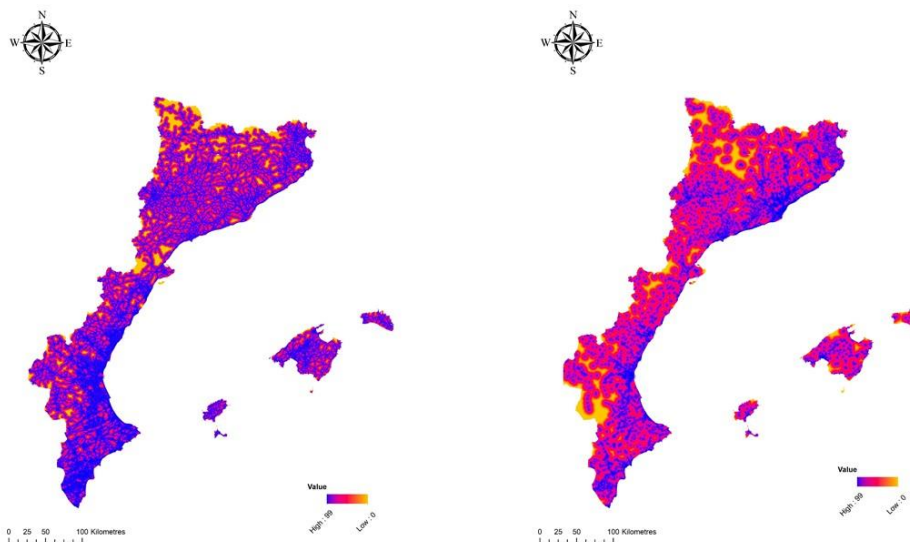


Figura 8. Mapa de distància a carreteres (esquerra) i mapa de distància a zones urbanes (dreta).

Font: Elaboració pròpia.

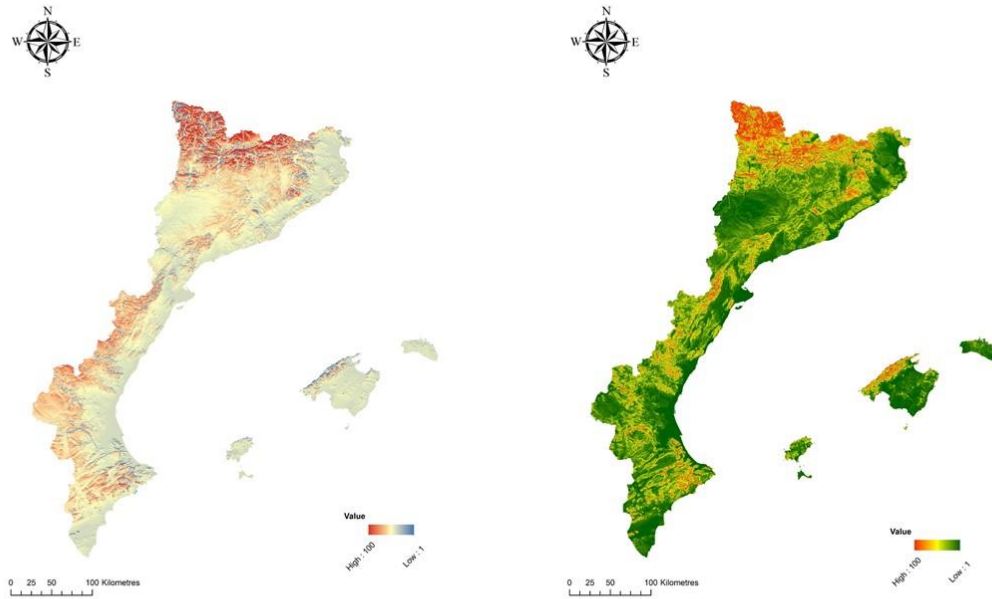


Figura 9. Mapa d'insolació (esquerra) i mapa de pendent (dreta). Font: Elaboració pròpia.

La insolació és un factor que afecta directament al perill d'incendi. El fet que una determinada zona tingui un nivell major d'insolació tindrà com a conseqüència una vegetació més seca i per tant, una major combustibilitat. La insolació (Figura 9, esquerra) es calcula a partir del Model Digital del Terreny, Els màxims nivells d'insolació es localitzen a les zones de muntanya més altes,

Per altra banda, la pendent determina la velocitat a la qual es propagarà el foc. El pendent (Figura 9 dreta) és major a les zones de muntanya i menor a les zones urbanes.

Aquests dos factors mostren per una banda les zones que poden tenir una major escalfament diari degut a l'alt grau d'insolació i per altra banda, les zones on el foc es pot propagar a major velocitat degut a la topografia. A les zones amb menor pendent i menor insolació, el perill d'incendi és veu notablement reduït i en cas que es provoqui un incendi, la seva extinció és més fàcil que a les zones amb forta pendent, que per altra banda, son més inaccessibles.

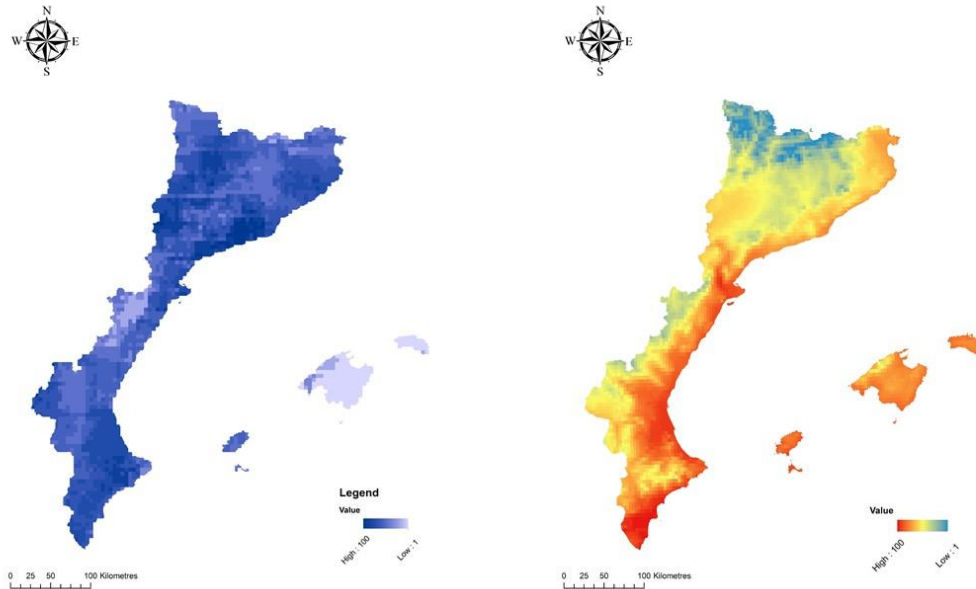


Figura 10. Mapa de precipitació (esquerra) i mapa de temperatures (dreta). Font: Elaboració pròpia.

La precipitació i les temperatures són dues variables que determinen el perill d'incendi, ja que, una precipitació escassa i temperatures elevades poden donar lloc a un gran perill d'incendi. La normalització de la precipitació (Figura 10, esquerra s'ha fet a partir d'un índex estandarditzat de precipitació, on el valor màxim era +2,5 i el valor mínim era -2,5 (valors per damunt o davall la mitjana anual). La precipitació és major a zones muntanyoses i al litoral mediterrani peninsular. La falta de precipitació és un problema per poder lluitar contra els incendis. A la zona estudiada, existeix una temporada de sequera, en la qual el perill d'incendi és molt major que durant els mesos d'hivern i tardor, on la precipitació és relativament més abundant.

Per estudiar les temperatures, la normalització s'ha fet a partir de les temperatures mitjanes anuals, on el valor màxim era de 18,8° C i el valor mínim era de 2,8° C (Figura 10, dreta). Les temperatures varien entre les zones costeres i les zones muntanyoses, trobant els valors mínims a les zones dels Pirineus catalans i els valors màxims a al litoral mediterrani peninsular i al sud de la província de Alacant. Les temperatures també afecten al fenomen de les sequeres, al igual que la precipitació. Les temperatures extremes que hi ha durant els mesos d'estiu incrementen el perill d'incendi de la zona d'estudi degut a la sequedat de la vegetació.

Aquests dos factors es poden relacionar entre sí, a les zones on les precipitacions son escasses i les temperatures son més elevades, hi haurà un major índex de sequera i per conseqüència, la combustibilitat es veurà afavorida, de forma contrària, les zones amb elevades precipitacions i baixes temperatures, el perill d'incendi serà menor.

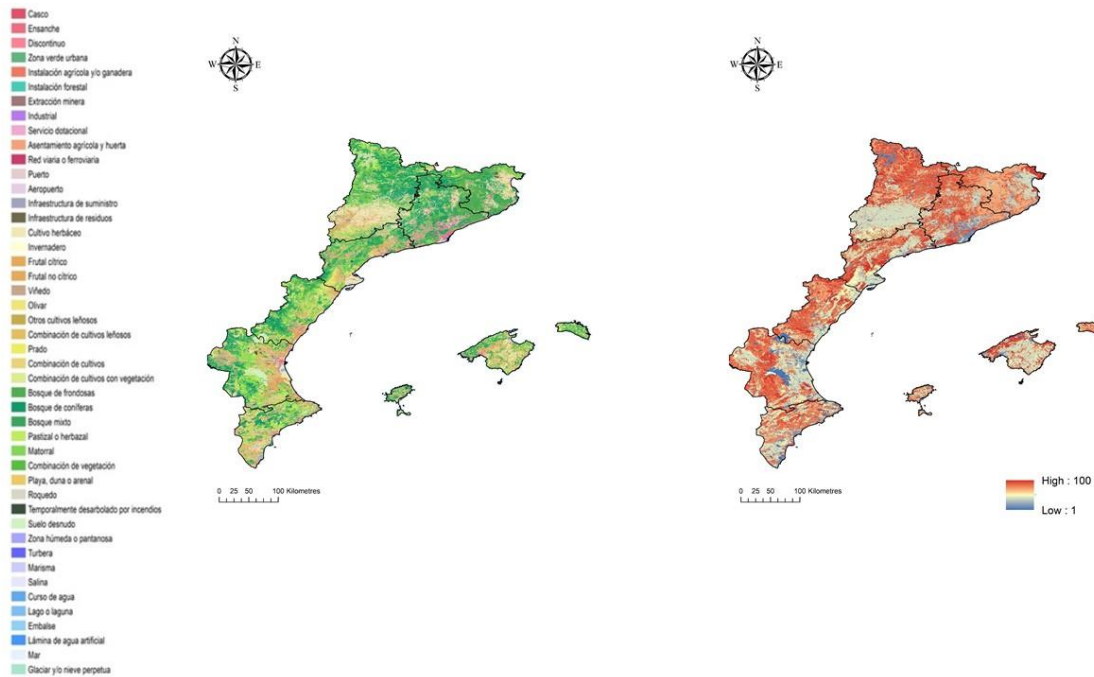


Figura 11. Mapa d'ocupació del sòl (esquerra) i combustibilitat (dreta). Font: Elaboració pròpia

La combustibilitat ve donada per l'ocupació del sòl predominant a una zona. Les zones amb superfície forestal o que tinguin una gran àrea de vegetació arbòria o de matollar seran les que presentin major nivell de perill. Al mapa de l'ocupació del sòl (Figura 11, dreta) apareixen en colors verds aquelles zones on hi predomina la vegetació i per tant, al mapa de combustibilitat, aquestes zones apareixen en colors vermells, ja que son les zones amb major perill. Les zones forestals tenen els valors màxims de combustibilitat, mentre que les zones litorals (platges), embassaments o rius, tenen els valors mínims. Els combustibles més importants són aquells que es troben a la superfície i que no superen els 1,8 metres d'altura, com ara bé arbres petits, matolls, vegetació herbàcia, fulles, troncs caiguts, etc.

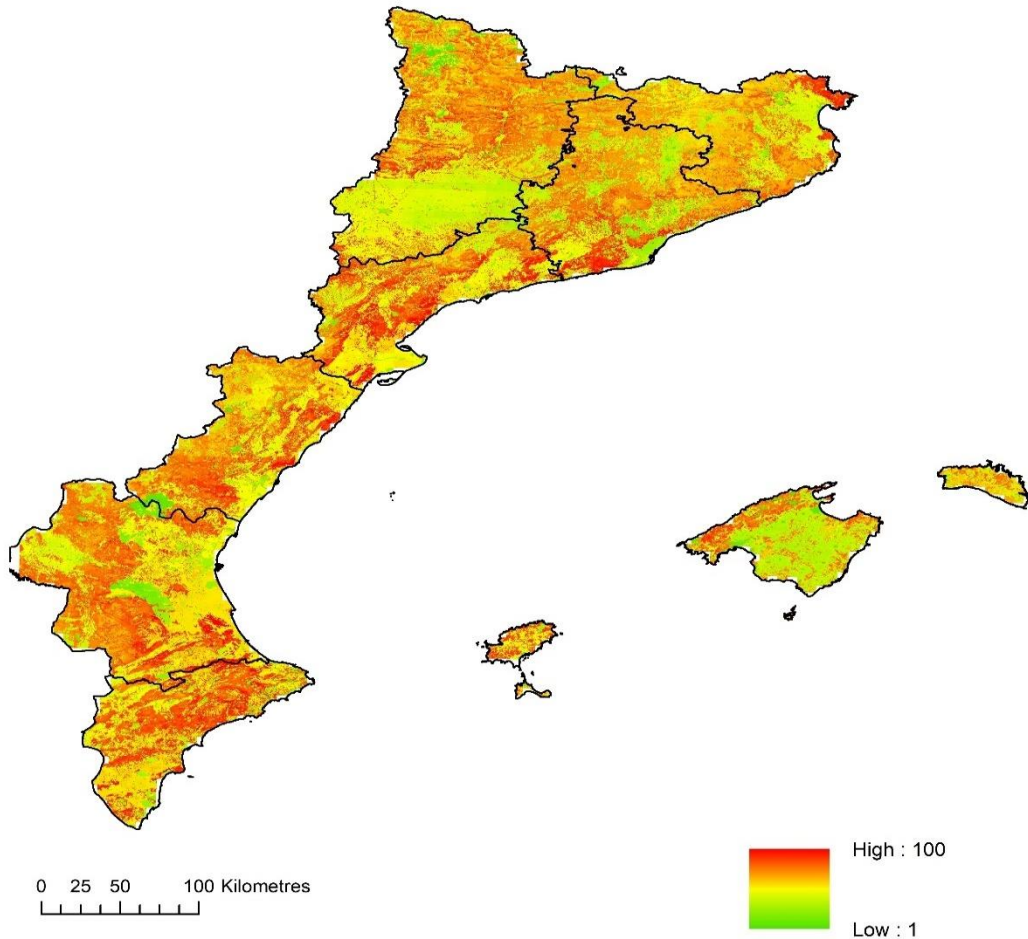


Figura 12. Mapa de perill d'incendi. Font: Elaboració pròpia

La Figura 12 mostra el perill a tota la zona d'estudi, basant-se en la fórmula d'integració de factors. Les zones amb un ús del sòl forestal son aquelles amb major risc d'incendi degut a la gran combustibilitat que tenen, com per exemple la Serra de Tramuntana a les Illes Balears, algunes zones del Pirineu català o les zones més allunyades de la Costa Valenciana, on s'hi localitzen els boscos amb major extensió. Per altra banda, els nuclis

de població més importants com per exemple Palma, Barcelona o València, tenen un risc molt insignificant, ja que són zones molt edificades i per tant tenen una combustibilitat mínima.

Taula 2. Perill d'incendi per províncies. Font: Elaboració pròpia.

Província	Nombre de municipis	Perill d'incendi	Població total per zona
Alacant	141	61,77	1879781
Castelló	135	61,64	585590
Pitiüses	6	60,47	163731
Tarragona	184	59,70	825768
València	259	56,96	2504940
Barcelona	311	55,53	5743402
Menorca	8	55,43	95641
Girona	221	55,32	783798
Lleida	232	53,31	438517
Mallorca	53	50,10	912171

Si s'analitzen els resultats del risc per províncies (Taula 2), es pot veure que la província amb un major risc és Alacant, seguida de Castelló, les quals tenen la majoria de la superfície provincial amb cobertura vegetal, igual que les Illes Pitiüses, per aquest motiu són les dues províncies que superen el 60% de risc d'incendi. Tarragona també té el mateix problema però el risc és una mica menor degut a la gran edificació que hi ha a la costa i que són zones poc combustibles. Tot seguit, hi ha l'illa de Menorca, la província de València, Girona i Barcelona, on el risc total és molt semblant, tot i que a València, Girona i Barcelona es poden apreciar dues zones molt marcades, les grans urbanitzacions properes a les ciutats i la zona rural, on s'hi concentra el major risc però la menor població. En darrer lloc, la província de Lleida i l'illa de Mallorca. A l'illa de Mallorca es concentra el perill a la comarca de Tramuntana, àrea amb més extensió forestal. Al Pla de Mallorca i Palma, el risc és molt baix. Finalment, a la zona de Llevant el risc es torna a incrementar degut a la gran cobertura vegetal que s'hi localitza a la zona. A la província de Lleida també hi ha superfície forestal, però la majoria de la seva superfície és destinada a l'activitat agrícola i ramadera, per això és una superfície amb menor combustibilitat, ja que està controlada pels humans.

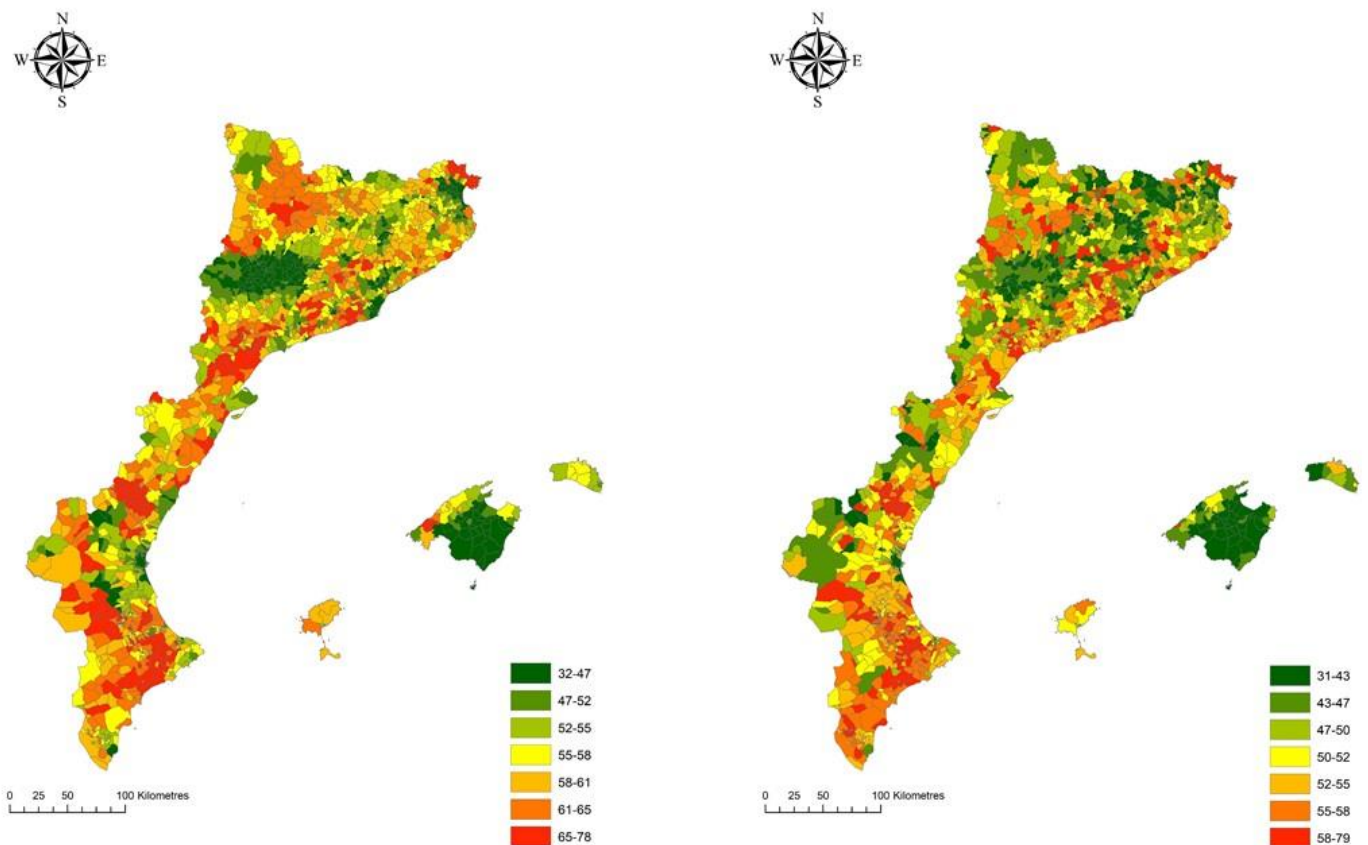


Figura 13. Mapa risc d'incendi per municipis (dreta) i mapa risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal per municipis (esquerra). Font: Elaboració pròpia.

La Figura 14 (esquerra) mostra el risc d'incendi per municipis a la zona estudiada, mentre que el segon mapa mostra el risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal dels municipis de la zona d'estudi. Els municipis més afectats pertanyen a zones amb gran superfície forestal principalment, mentre que els municipis menys afectats pertanyen a zones properes a grans ciutats i allunyades de les zones amb gran superfície forestal. Els municipis de la província d'Alacant són els que tenen un major risc d'incendi, seguit de la província de Castelló, en tercer lloc les Illes Pitiüses, seguit de Tarragona, València, Barcelona, l'illa de Menorca, i les províncies de Girona, Lleida i en darrer lloc, l'illa de Mallorca. La província de les Illes Balears s'ha separat en illes per poder analitzar de forma més exhaustiva el risc que existeix a cada illa, ja que hi ha notables diferències entre elles. Les illes Pitiüses son les illes de la província de les Illes Balears que tenen un major risc d'incendi, degut principalment a la gran superfície forestal que tenen les illes de Eivissa i Formentera. A excepció del nucli de població d'Eivissa, on es concentra la

major part de la població de l'illa, el resta de l'illa esta majoritàriament ocupada per un ús del sòl forestal. També passa el mateix amb l'illa de Formentera, que concentra la població en petits nuclis i la resta de l'illa està ocupada principalment per vegetació. La figura 14 (dreta) mostra el risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal. El risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal depèn de l'ocupació del sòl que hi ha a aquestes zones. Els nuclis de població propers a zones forestals (200 metres o menys) seran els nuclis amb major risc. A les províncies d'Alacant, Castelló i Tarragona s'hi concentren les interfícies urbà-forestals que tenen major risc d'incendi, degut a que aquestes poblacions es localitzen devora zones forestals o àrees amb molta vegetació. (Annex: taula 4)

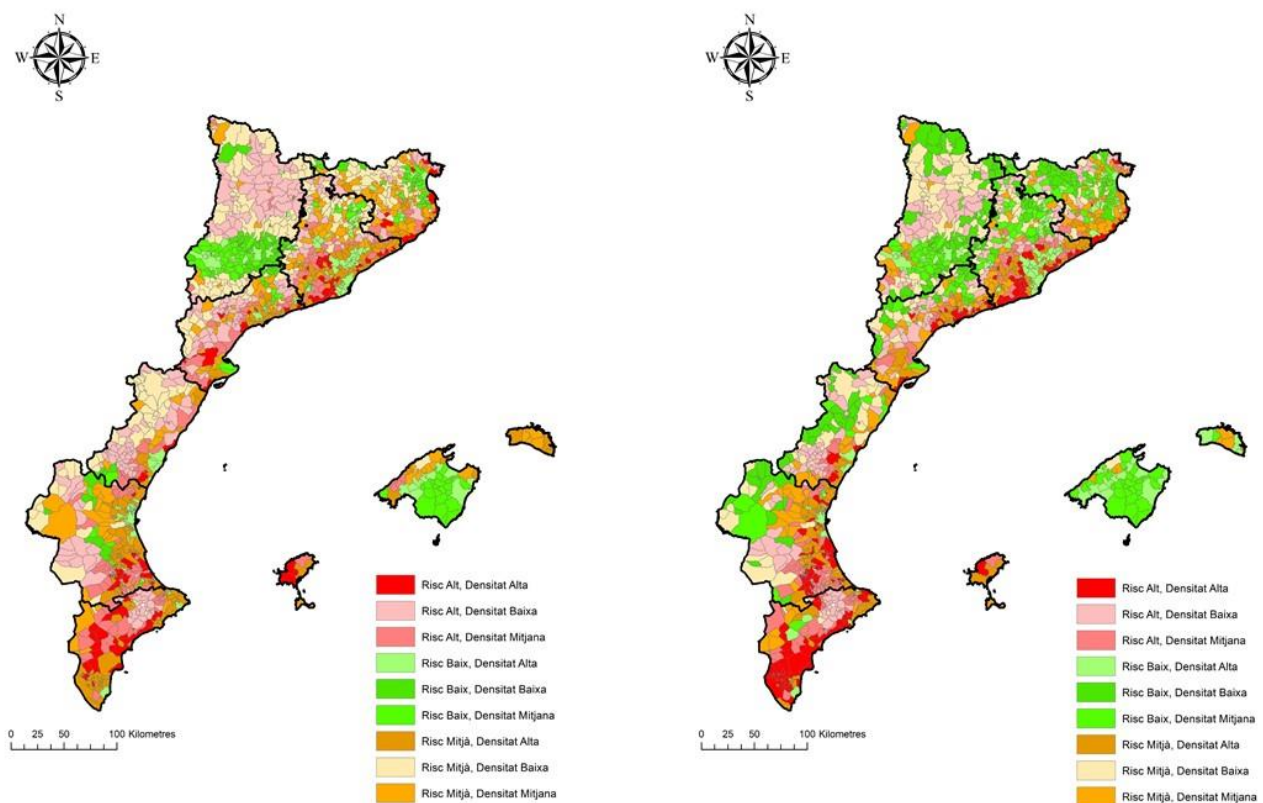


Figura 14. Mapa de risc d'incendi i densitat de població per municipis (esquerra) i mapa de risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal i densitat de població per municipis (dreta). Font: Elaboració pròpia.

La Figura 15 mostra conjuntament el nivell de risc d'incendi i la densitat de població de cada municipi però amb la diferència que al segon mapa el risc que es mostra és el de la superfície urbà forestal mentre que al primer, el risc que es mostra no té en compte la interfície urbà-forestal sinó que valora el risc global del municipi de les províncies

(Annex: taula 3). Dins els nivells que s'han establert, el nivell òptim és aquell que té un risc d'incendi baix i una densitat de població baixa, ja que serà poc probable que a aquests municipis es produeixi un incendi i en el cas de produir-se, afectarà a una població reduïda. A l'altra extrem, hi ha el nivell que té un risc d'incendi alt i una densitat de població alta. Aquests municipis són els que s'han de controlar més i els que han de tenir un pla contra els incendis, ja que, tenen un risc d'incendi molt elevat i la població s'hi troba molt concentrada, fet que és molt perillós. La distribució que mostra el mapa és deu a la concentració de zones forestals properes als municipis i a la densitat de població d'aquests municipis. Com es pot observar, a les grans ciutats i municipis confrontats sempre hi haurà un nivell d'incendi baix però una alta densitat de població, mentre que a les zones allunyades de les grans ciutats, el risc pot variar en funció de l'ocupació del sòl però la densitat poblacional té tendència a ser menor. Un altra cop, els municipis més exposats al perill i amb major vulnerabilitat (risc alt i densitat alta) es concentren de forma majoritària a la província d'Alacant i Castelló. A la província de les Illes Balears, els municipis amb major risc estan repartits entre la comarca de Tramuntana i les Illes Pitiüses, això es deu a la proximitat dels nuclis de població a les àrees forestals. L'illa de Menorca té un risc mitjà a tota la illa, però els dos municipis extrems (Ciutadella a l'oest i Maó a l'est) tenen una major densitat de població. Per altra banda, a la província de Lleida, existeix un risc alt d'incendi però la població dels municipis està més disseminada, igual que a la majoria de municipis de la província de Castelló. (Taula 4)

4. CONCLUSIONS

La zona del mediterrani septentrional té un elevat grau de perill d'incendi degut a les condicions físiques i humanes que presenta el territori. La combustibilitat, acompanyada de les altes temperatures i les escasses precipitacions durant bona part de l'any, són els factors que determinen en gran mesura el perill que existeix a aquest territori, que té una gran superfície forestal. Per altra banda, l'increment de les àrees urbanes i l'abandonament de les zones de cultiu ha suposat un augment de la interfície urbà-forestal, territori que presenta una extrema vulnerabilitat front als efectes dels incendis forestals, degut a la proximitat de nuclis de població a la superfície forestal. Les hipòtesis plantejades a l'inici del treball han quedat aprovades:

1. El risc d'incendi a l'àrea nord mediterrània és elevat i la seva distribució és molt heterogènia derivat de la seva diversitat paisatgística i a la distribució de la

població. Com s'ha comprovat, la zona d'estudi té un elevat perill d'incendi i no segueix una norma, ja que el paisatge d'aquesta zona és molt divers arreu del territori.

2. Les vulnerabilitat de la població front al perill d'incendi és força elevada ja que l'àrea mediterrània nord occidental està molt poblada. Aquesta hipòtesi també ha quedat provada. La zona d'estudi conta aproximadament amb 14 milions d'habitants repartits entre 1550 municipis. Alguns d'aquests municipis contenen amb poca població però generalment els municipis estan força poblats i tenen una densitat de població alta o mitjana.

Finalment, assenyalar que el treball realitzat compta amb algunes. Es podrien haver considerat més factors per incorporar al model multicriteri, així como realitzar una avaluació més acurada de les seves categories i podrien haver intervingut diversos experts per a la ponderació consensuada dels pesos dels factors. En qualsevol cas, el resultat obtingut proporciona una visió actualitzada dels riscos d'incendi al mediterrani septentrional i permet tenir un punt d'inici per a continuar la recerca en aquesta temàtica.

5. AGRAÏMENTS

En primer lloc, vull agrair a al tutor del treball, el Dr. Maurici Ruiz per tot els suport que m'ha donat i per tot allò que m'ha ensenyat i que de ben segur que hem serà molt útil per al meu futur com a geògraf. Vull agrair també el suport que m'han donat els meus familiars durant tots aquests anys d'estudis universitaris. També, a la meua al·lota Gero per el seu suport incondicional al llarg d'aquests anys. Finalment, felicitar a tots els companys que he tingut, espero que tinguin molta sort a la nova etapa que els espera i que aviat els nostres camins es tornaran a creuar.

6. BIBLIOGRAFIA I RECURSOS ELECTRÒNICS

- Bilbao, B., L. Steil, I.R. Urbieto, L. Anderson, C. Pinto, M.E. Gonzalez, A. Millán, R.M. Falleiro, E. Morici, V. Ibarregaray, D.R. Pérez-Salicrup, J.M. Pereira y J.M. Moreno 2020: Incendios forestales. En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp.459-524, ISBN: 9788448621643)
- CHAS AMIL, M.L., TOUZA, J. y GARCIA MARTÍNEZ, E. D. (2554). *Delimitación de la Interfaz Urbano-Forestal en Galicia: Análisis del riesgo de incendio. April 2016*, 1–9.
- Chaudhary, P., Chhetri, S. K., Joshi, K. M., Shrestha, B. M., & Kayastha, P. (2016). Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal. *Socio-Economic Planning Sciences*, 53, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2015.10.001>
- Chuvioco, E., Aguado, I., Yerba, M., Nieto, H., Martín, P., Vilar, L., Salas, J. (2007). Generación de un Modelo de Peligro de Incendios Forestales mediante Teledetección y SIG. *Teledetección: Hacia Un Mejor Entendimiento de la Dinámica Global y Regional*, Ed. Martín, 19–26.
- Climate Engine (2021). On Demand Cloud Computing and Visualization of Climate and Remote Sensing Data. Retrieved from: <https://climateengine.org/>
- Eugenio, F. C., dos Santos, A. R., Fiedler, N. C., Ribeiro, G. A., da Silva, A. G., dos Santos, Á. B., ... Schettino, V. R. (2016). Applying GIS to develop a model for forest fire risk: A case study in Espírito Santo, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 173, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.021>
- Funk, C., Verdin, A., Michaelsen, J., Peterson, P., Pedreros, D., and Husak, G. (2015) A global satellite-assisted precipitation climatology, *Earth Syst. Sci. Data*, 7, 275-287, <https://doi.org/10.5194/essd-7-275-2015>
- Galiana Martín, L. (2012). Las interfaces Urbano-Forestales: Un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 58, 205–226. <https://doi.org/10.21138/bage.2065>
- Goepel, K. (2018). Implementation of an Online software tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 10(3), 469–487. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>
- Hervieu, B., & Abis, S. (2006). *Agricultura y mundialización en el Mediterráneo: la cuestión del Desarrollo rural* (No. 1102-2016-91043, pp. 13-40).
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2020). Información Demográfica. Recuperado 15:05:2021: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=125473557298
- Goepel, K.D. (2013). Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making In Corporate Enterprises – A New AHP Excel Template with Multiple Inputs, Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Kuala Lumpur 2013. DOI: <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.047>
- Martínez Vega, J., Romero Calcerrada, R., & Echavarría Daspel, P. (2007). Valoración paisajística y ecológica de la Comunidad de Madrid: su integración en un índice sintético de riesgo de incendios forestales. *Revista de Teledetección: Revista de La Asociación Española de Teledetección*, (28), 43–60.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Gobierno de España (2021). Estadísticas de Incendios forestales. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx
- Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C., & Corte-Real, J. (2006). Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area. *Climate Research*, 31(1), 85–95. <https://doi.org/10.3354/cr031085>
- PCC, 2019: Technical Summary [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E.

- Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)). In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.- O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press. <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/technical-summary/>
- Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (2018). Instituto Geográfico Nacional.
- Rius, S. (2015). Urbanitzacions i incendis forestals: exposició, vulnerabilitat i possibles mesures de gestió del risc. Estudi de cas: Can Puigdemir. https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2015/142423/TFG_susannarius.pdf
- Robles, C. A. M., Garza, E. J. T., Chávez, J. V., Pérez, J. J., & Calderón, O. A. A. (2005). A spatial model for assessing forest fire danger in the Sierra Madre Oriental Mountains, Mexico. *Investigaciones Geográficas*, (56), 101–117.
- Rodríguez Carreras, R. (2011). Els incendis forestals des d'una perspectiva antropològica. Treballs de La Societat Catalana de Geografia, 2011(71–72), 137–160. <https://doi.org/10.2436/tscg.v0i71-72.60383>
- TerraClimate (2021). Maximum temperature. Recuperat de: <http://www.climatologylab.org/terraclimate.html>
- Valenciana, C., Galiana, L., Herrero, G., & Solana, J. (2007). Caracterización y clasificación de Interfaces Urbano-Forestales mediante análisis paisajístico - El ejemplo de Sierra Calderona. Wildfire2007 4th International Wildland Fire Conference, 28040, 1–13.
- Valiente, J., Alloza Millán, J., Estrela Navarro, M., & Pastor Guzman, F. (2005). Integración de una cartografía de vientos en situaciones meteorológicas de riesgo de incendios forestales en la Comunidad Valenciana mediante un SIG. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 0(5), 94–114.
- You, W., Lin, L., Wu, L., Ji, Z., Yu, J., Zhu, J., ... He, D. (2017). Geographical information system-based forest fire risk assessment integrating national forest inventory data and analysis of its spatiotemporal variability. *Ecological Indicators*, 77, 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.042>
- Wei, L., Li, H. L., Liu, Q., Chen, J. Y., & Cui, Y. J. (2011). Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP. *Procedia Engineering*, 11, 486–495. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.687>
- WWF. (2017). Fuego a las puertas. Cómo los incendios afectan cada vez más a la población en España. World Wide Fund For Nature (WWF) España.

7. ANNEXES

Taula 3. Estadístiques per províncies. Nivell de risc i densitat, Casos totals per província, àrea i població total per casos o zones, densitat de població total, i mitges del risc d'incendi i risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal. Elaboració pròpia.

Cas	PROVINCIA	Nivell de risc	Nivell densitat població	Casos totals	AREA (KM2)	Població total per zona	Habitants x km2	Mitja del risc per municipi	Mitja del risc per zones urbà-forestals
1	Alacant/Alicante	Risc Alt	Densitat Alta	21	1253,4	762732	608,53	64,42	57,41
2	Alacant/Alicante	Risc Alt	Densitat Baixa	24	703,24	8749	12,44	68,60	58,70
3	Alacant/Alicante	Risc Alt	Densitat Mitjana	30	1239	82530	66,61	66,46	59,37
4	Alacant/Alicante	Risc Baix	Densitat Alta	6	112,56	114740	1019,37	47,68	49,92
5	Alacant/Alicante	Risc Mitjà	Densitat Alta	40	1575,92	854156	542,00	56,39	53,59
6	Alacant/Alicante	Risc Mitjà	Densitat Baixa	4	54,16	790	14,59	58,20	55,93
7	Alacant/Alicante	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	15	651,16	56084	86,13	58,21	55,72
8	Barcelona	Risc Alt	Densitat Alta	30	530,92	326692	615,33	64,63	58,43
9	Barcelona	Risc Alt	Densitat Baixa	26	987,52	8073	8,18	63,26	55,97
10	Barcelona	Risc Alt	Densitat Mitjana	29	900,52	66685	74,05	64,84	57,01
11	Barcelona	Risc Baix	Densitat Alta	70	982,36	3917276	3987,62	44,08	44,17
12	Barcelona	Risc Baix	Densitat Baixa	7	157,8	1544	9,78	47,86	47,59
13	Barcelona	Risc Baix	Densitat Mitjana	11	246,28	15530	63,06	48,25	45,12
14	Barcelona	Risc Mitjà	Densitat Alta	64	1231,96	1315407	1067,74	56,42	51,75
15	Barcelona	Risc Mitjà	Densitat Baixa	37	1382,44	10846	7,85	57,78	49,36
16	Barcelona	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	37	1272,92	81349	63,91	56,87	48,57
17	Castelló/Castellón	Risc Alt	Densitat Alta	5	270,76	65487	241,86	65,04	55,79
18	Castelló/Castellón	Risc Alt	Densitat Baixa	50	1982,36	16615	8,38	67,31	57,18
19	Castelló/Castellón	Risc Alt	Densitat Mitjana	17	714,72	50495	70,65	67,43	57,51
20	Castelló/Castellón	Risc Baix	Densitat Alta	7	251,64	299155	1188,82	48,59	49,34
21	Castelló/Castellón	Risc Baix	Densitat Baixa	3	127,64	1868	14,63	41,96	49,55
22	Castelló/Castellón	Risc Baix	Densitat Mitjana	1	129,6	3601	27,79	47,25	49,49
23	Castelló/Castellón	Risc Mitjà	Densitat Alta	8	389,84	114408	293,47	54,14	51,71
24	Castelló/Castellón	Risc Mitjà	Densitat Baixa	32	2240,88	18659	7,57	58,35	49,40
25	Castelló/Castellón	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	13	508,36	19980	39,30	56,35	50,90
26	Girona	Risc Alt	Densitat Alta	10	330,44	116160	351,53	65,46	56,89
27	Girona	Risc Alt	Densitat Baixa	14	656,48	6041	9,20	65,34	53,62
28	Girona	Risc Alt	Densitat Mitjana	14	338,52	25227	74,52	66,34	57,64
29	Girona	Risc Baix	Densitat Alta	21	211,2	193112	914,36	45,79	45,62
30	Girona	Risc Baix	Densitat Baixa	10	230,52	2630	11,41	48,98	44,81
31	Girona	Risc Baix	Densitat Mitjana	43	554,52	33573	60,54	47,51	45,44
32	Girona	Risc Mitjà	Densitat Alta	19	476,6	297493	624,20	56,31	50,38
33	Girona	Risc Mitjà	Densitat Baixa	45	1775,6	17905	10,08	57,73	49,50
34	Girona	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	44	1300,44	87412	67,22	56,84	47,96
35	Illes Balears	Risc Alt	Densitat Alta	2	229,96	54765	238,15	63,13	53,54
36	Illes Balears	Risc Alt	Densitat Mitjana	6	255,48	16592	64,94	66,21	50,07
37	Illes Balears	Risc Baix	Densitat Alta	11	810,68	603384	744,29	44,34	39,12
38	Illes Balears	Risc Baix	Densitat Mitjana	23	1545,6	153523	99,33	45,03	40,62
39	Illes Balears	Risc Mitjà	Densitat Alta	10	707,4	263294	372,20	55,31	45,94
40	Illes Balears	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	14	897,8	79777	88,86	57,33	47,45
41	Lleida	Risc Alt	Densitat Baixa	46	4077,76	22085	5,42	63,79	53,08
42	Lleida	Risc Alt	Densitat Mitjana	3	92,04	3736	40,59	63,34	47,14
43	Lleida	Risc Baix	Densitat Alta	18	606,64	260221	428,95	45,75	45,12
44	Lleida	Risc Baix	Densitat Baixa	32	1174,72	10797	9,19	45,66	45,34
45	Lleida	Risc Baix	Densitat Mitjana	53	1375,24	88205	64,14	45,80	45,79
46	Lleida	Risc Mitjà	Densitat Alta	1	4,64	960	206,90	53,68	42,96
47	Lleida	Risc Mitjà	Densitat Baixa	68	4203,04	33255	7,91	56,37	49,93
48	Lleida	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	10	417,4	19258	46,14	56,93	50,43
50	Tarragona	Risc Alt	Densitat Alta	9	367,08	97697	266,15	64,10	57,76
51	Tarragona	Risc Alt	Densitat Baixa	45	1786,28	21502	12,04	66,92	55,71
52	Tarragona	Risc Alt	Densitat Mitjana	24	977,56	58602	59,95	66,56	56,50
53	Tarragona	Risc Baix	Densitat Alta	9	110,08	142180	1291,61	49,89	53,77
54	Tarragona	Risc Baix	Densitat Baixa	6	143,56	1080	7,52	48,68	44,25
55	Tarragona	Risc Baix	Densitat Mitjana	14	342,2	26042	76,10	48,32	46,49
56	Tarragona	Risc Mitjà	Densitat Alta	24	576,48	397790	690,03	55,61	54,93
57	Tarragona	Risc Mitjà	Densitat Baixa	20	888,96	11000	12,37	57,61	48,53
58	Tarragona	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	32	923,2	60588	65,63	57,08	51,55
59	València/Valencia	Risc Alt	Densitat Alta	17	442,12	190455	430,78	64,14	54,72
60	València/Valencia	Risc Alt	Densitat Baixa	24	2015	17972	8,92	66,63	55,97
61	València/Valencia	Risc Alt	Densitat Mitjana	43	1327,2	75814	57,12	65,80	56,94
62	València/Valencia	Risc Baix	Densitat Alta	47	344,4	1320372	3833,83	46,52	48,23
63	València/Valencia	Risc Baix	Densitat Baixa	7	566,2	4645	8,20	43,45	49,71
64	València/Valencia	Risc Baix	Densitat Mitjana	7	172,84	10845	62,75	46,54	52,52
65	València/Valencia	Risc Mitjà	Densitat Alta	66	1513,12	736947	487,04	55,51	54,76
66	València/Valencia	Risc Mitjà	Densitat Baixa	14	1457,16	15166	10,41	57,50	49,08
67	València/Valencia	Risc Mitjà	Densitat Mitjana	32	2181,44	132560	60,77	57,31	55,54

Aquesta taula mostra els resultats obtinguts del risc d'incendi per província (amb el nombre de municipis afectats per cada categoria) i el risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal. Barcelona és la província que té més municipis amb un risc alt i una densitat alta degut a que és la província amb un nombre total de municipis més gran. De forma relativa, la província que té major risc és la província d' Alacant, seguit de la província de Castelló. A l'altra extrem, hi ha la província de Lleida, que té el major nombre de municipis amb risc baix i densitat baixa.

Taula 4. Estadístiques per municipis. Risc d'incendi per municipis i risc d'incendi dins la interfície urbà-forestal dels municipis. Font: Elaboració pròpia.

PROVINCIA	MUNICIPI	POBLACIÓ MUNICIPAL	RISC MUNICIPAL	RISC INTER. URB-FOR
Alacant/Alicante	Lorcha/Orxa	582	78,79	62,72
Alacant/Alicante	el Castell de Guadaest	224	74,08	57,71
Alacant/Alicante	Busot	3075	73,70	66,89
Alacant/Alicante	Aigués	986	73,02	66,27
Alacant/Alicante	Orxeta	784	72,71	59,00
Alacant/Alicante	Jijona/Xixona	6879	72,21	67,14
Alacant/Alicante	Sella	577	72,10	56,65
Alacant/Alicante	l'Atzúbia	611	71,84	67,46
Alacant/Alicante	la Vall de Galinera	527	71,37	60,52
Alacant/Alicante	Beniardá	200	71,30	56,31
Barcelona	Olivella	3935	74,30	70,17
Barcelona	Sitges	29553	74,02	60,80
Barcelona	Begues	7300	73,93	56,31
Barcelona	Olesa de Bonesvals	1840	72,10	60,25
Barcelona	Sant Climent de Llobregat	4160	69,96	61,18
Barcelona	La Palma de Cervelló	2992	69,92	69,85
Barcelona	Talamanca	209	68,84	65,28
Barcelona	Tiana	8945	68,69	58,66
Barcelona	Castellví de Rosanes	1933	67,58	61,52
Barcelona	Cervelló	9077	67,51	62,82
Castelló/Castellón	Alcudia de Veo	188	75,95	67,41
Castelló/Castellón	Villanar	102	75,09	68,28
Castelló/Castellón	Eslda	725	74,81	62,06
Castelló/Castellón	Aín	123	74,47	69,77
Castelló/Castellón	Tales	801	73,95	56,94
Castelló/Castellón	Artana	1955	73,46	63,84
Castelló/Castellón	Pavias	68	73,38	73,24
Castelló/Castellón	Ayódar	153	73,34	55,86
Castelló/Castellón	Sueras/Suera	524	73,27	68,18
Castelló/Castellón	Peníscola/Peñíscola	7683	71,81	47,53
Girona	Portbou	1063	77,65	68,37
Girona	La Selva de Mar	195	77,42	68,18
Girona	Cadaqués	2695	77,13	68,43
Girona	Colera	445	76,89	69,76
Girona	Llançà	4775	76,25	64,73
Girona	El Port de la Selva	958	74,85	64,18
Girona	Rabós	184	70,68	63,25
Girona	Roses	19807	68,32	53,60
Girona	Tossa de Mar	5818	67,87	63,57
Girona	Vilamaniscle	212	67,20	59,44
Illes Balears	Banyalbufar	523	69,66	46,56
Illes Balears	Estellencs	327	68,27	65,49
Illes Balears	Puigpunyent	2044	68,09	48,10
Illes Balears	Esporles	5113	65,59	47,45
Illes Balears	Sant Josep de sa Talaia	27732	64,45	52,38
Illes Balears	Valldemossa	2009	64,04	50,72
Illes Balears	Sant Antoni de Portmany	27033	61,81	54,71
Illes Balears	Sant Joan de Labritja	6576	61,62	57,54
Illes Balears	Mancor de la Vall	1528	61,00	50,27
Illes Balears	Deià	630	61,00	45,43
Lleida	Alos de Balaguer	132	68,84	58,13
Lleida	Os de Balaguer	980	66,46	61,35
Lleida	Coll de Nargó	540	66,19	54,54
Lleida	Estamariu	125	66,08	48,99
Lleida	Abella de la Conca	183	65,82	69,38
Lleida	Fígols i Alinyà	244	65,30	53,86
Lleida	Peramola	347	65,27	58,76
Lleida	Cabó	93	64,95	48,39
Lleida	Arsèguet	81	64,91	57,60
Lleida	Ivars de Noguera	332	64,85	53,27
Tarragona	Pratdip	726	77,68	60,23
Tarragona	Tivenys	902	73,84	55,44
Tarragona	La Riba	585	73,23	64,08
Tarragona	El Montmell	1582	73,06	56,43
Tarragona	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant	6603	72,96	54,13
Tarragona	La Figuera	114	72,23	54,78
Tarragona	L'Argentera	117	71,30	60,93
Tarragona	Bonastre	685	71,27	52,91
Tarragona	Benifallet	723	70,92	53,31
Tarragona	L'Albiol	500	70,69	73,07
València/Valencia	Aielo de Rugat	160	73,72	56,33
València/Valencia	Salem	418	72,69	59,78
València/Valencia	Vilallonga/Villalonga	4370	72,37	57,67
València/Valencia	Quesa	663	70,96	61,85
València/Valencia	Sumacàrcer	1097	70,57	68,21
València/Valencia	Favara	2504	70,45	56,81
València/Valencia	Pinet	157	70,34	56,37
València/Valencia	Sot de Chera	362	70,23	61,81
València/Valencia	Millares	331	70,21	66,30
València/Valencia	Simat de la Vallidigna	3297	70,19	58,96

A aquesta taula és mostren els 10 municipis amb risc més elevat de cada província estudiada. Tots els municipis es localitzen propers a zones forestals i per aquest motiu són els que tenen un major risc. Tots aquests municipis haurien de redactar un Pla d'emergència contra incendis forestals per prevenir i saber com actuar davant una situació extrema, ja que al localitzar-se molt properes a les zones forestals, són zones altament

vulnerables. Hi ha municipis com Sitges, Sant Antoni de Portmany, Sant Josep de sa Talaia, i Roses, que tenen aproximadament entre 20.000 i 30.000 habitants i un risc d'incendi molt elevat. La població d'aquests municipis ha d'actuar de forma adequada i així poder reduir al mínim el risc d'incendi que existeix, ja que la majoria d'incendis que s'ocasionen son provocats per errors humans.