

Visualització dels incendis forestals a Catalunya en les darreres tres dècades emprant eines SIG

Josep M^a Espasa Verdés

Màster universitari en Ciència de dades

Àrea 1

Anna Muñoz Bolas

Albert Solé Ribalta

juny de 2020



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-CompartirIgual 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/)

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>Visualització dels incendis forestals a Catalunya en les darreres tres dècades emprant eines SIG</i>
Nom de l'autor:	<i>Josep M^a Espasa Verdés</i>
Nom del consultor/a:	<i>Anna Muñoz Bolas</i>
Nom del PRA:	<i>Albert Solé Ribalta</i>
Data de lliurament (mm/aaaa):	<i>06/2020</i>
Titulació o programa:	<i>Màster universitari en Ciència de dades</i>
Àrea del Treball Final:	<i>1</i>
Idioma del treball:	<i>Català</i>
Paraules clau	<i>Sistemes d'Informació Geogràfica, Incendis forestals, Catalunya</i>
Resum del Treball (màxim 250 paraules): <i>Amb la finalitat, context d'aplicació, metodologia, resultats i conclusions del treball</i>	
<p>Els incendis forestals són un problema de primer ordre en l'àmbit mediterrani actual. L'anàlisi dels incendis forestals ocorreguts a Catalunya entre els anys 1986 i 2019 utilitzant Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) de darrera generació, aportarà un nou punt de vista en la visualització d'aquestes catàstrofes.</p> <p>A partir de les dades d'incendis disponibles d'accés obert, s'ha realitzat un primer procés d'ingesta i processat de les dades mitjançant programació amb Python per, posteriorment, mitjançant la utilització de les eines disponibles en la plataforma "ArcGIS for Developers", concretament amb ArcGIS Map Viewer i Web AppBuilder for ArcGIS, crear la visualització final, tot personalitzant les diferents plantilles i widgets ja existents en la plataforma.</p> <p>Com a resultat final del TFM s'ha obtingut una web app d'accés lliure en el núvol que es pot consultar amb l'ordinador, mòbil o tauleta tàctil i que consisteix en una visualització atractiva i divulgativa dels incendis forestals on es realitza una anàlisi conjunta dels incendis a Catalunya en els darrers 30 anys, incorporant aspectes com l'anàlisi de la superfície cremada, l'evolució temporal dels incendis i la comparació d'ortofotos entre l'actualitat i un determinat any que permet aportar una visió completa i conjunta de la casuística derivada dels incendis forestals.</p>	

Índex

1. Introducció.....	1
1.1 Descripció de la proposta i justificació del Treball.....	1
1.2 Motivació personal.....	2
1.3 Objectius del Treball.....	2
1.4 Apartats i subapartats del document.....	3
1.5 Enfocament i mètode seguit.....	4
1.6 Planificació del Treball.....	4
2. Estat de l'art.....	9
2.1 Els incendis forestals a Catalunya.....	9
2.2 Sistemes d'Informació Geogràfica.....	10
2.3 Fonts de dades.....	14
3. Implementació.....	15
3.0 Consideracions prèvies.....	15
3.1 Software emprat.....	15
3.2 Flux de treball.....	15
3.3 Python.....	16
3.4 ArcGIS.....	25
4. Resultats.....	38
5. Conclusions.....	43
6. Línies de treball futures.....	44
7. Glossari.....	45
8. Bibliografia.....	46

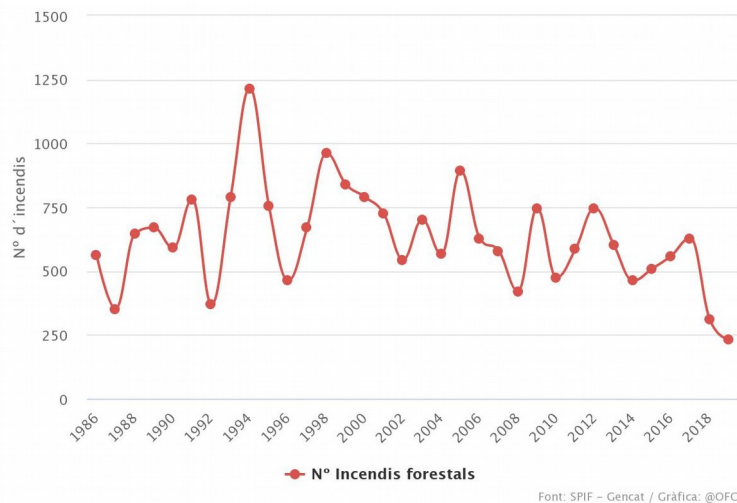
Llista de figures

Il·lustració 1: Estadístiques d'incendis de l'Observatori Forestal Català (OFC).....	1
Il·lustració 2: Diagrama de Gannt del TFM.....	5
Il·lustració 3: Nombre d'incendis i superfície cremada a Catalunya (període 1968-2004) (Pastor, 2009).....	10
Il·lustració 4: GIS App EOSDIS (NASA, 2020).....	11
Il·lustració 5: WebApp cercador de parcel·les del comtat de Maricopa.....	12
Il·lustració 6: Visualització del trànsit en les vies d'alta capacitat en l'estat de Maryland.....	13
Il·lustració 7: WebApp de les zones de risc de calor extrema.....	13
Il·lustració 8: Bloc de codi núm.1 del notebook de preparació de dades.....	17
Il·lustració 9: Visualització de les dades de cartografia base.....	18
Il·lustració 10: Bloc de codi núm.2 del notebook de preparació de dades.....	19
Il·lustració 11: Bloc de codi núm.3 del notebook de preparació de dades.....	20
Il·lustració 12: Bloc de codi núm.4 del notebook de preparació de dades.....	21
Il·lustració 13: Bloc de codi núm.5 del notebook de preparació de dades.....	22
Il·lustració 14: Bloc de codi núm.6 del notebook de preparació de dades.....	23
Il·lustració 15: Visualització prèvia de la geometria dels incendis per any.....	24
Il·lustració 16: Bloc de codi núm.7 del notebook de preparació de dades.....	25
Il·lustració 17: Serveis oferts per la plataforma "ArcGIS for Developers".....	25
Il·lustració 18: Gestor de continguts d'"ArcGis for Developers".....	26
Il·lustració 19: Configuració del temps en la capa allotjada.....	27
Il·lustració 20: Configuració de temps de la capa amb tractament temporal.....	28
Il·lustració 21: Configuració d'estil de la capa d'Incendis (superfície real).....	29
Il·lustració 22: Disseny general de l'app.....	30
Il·lustració 23: Detalls de les agrupacions d'eines inferior central (esquerra) i superior dreta (dreta).....	31
Il·lustració 24: Configuració del gràfic de superfície anual cremada.....	32
Il·lustració 25: Configuració del gràfic del nombre d'incendis per any.....	33
Il·lustració 26: Configuració del widget Filtre.....	34
Il·lustració 27: Configuració del control lliscant de temps.....	35
Il·lustració 28: Configuració del widget Resum.....	36
Il·lustració 29: Configuració del widget Passa el dit.....	37
Il·lustració 30: Gràfic de barres de la superfície anual cremada.....	38
Il·lustració 31: Gràfic delínes del nombre d'incendis per any.....	39
Il·lustració 32: Filtre amb els incendis de superfície cremada major a 10.000ha.....	40
Il·lustració 33: Taula de resultats d'aplicar el filtre segons el criteri de superfície cremada major a 10.000ha.....	41
Il·lustració 34: Visualització de les dades de resum d'incendis.....	41
Il·lustració 35: Resultat del widget "Passa el dit" sobre un incendi del 1994.....	42

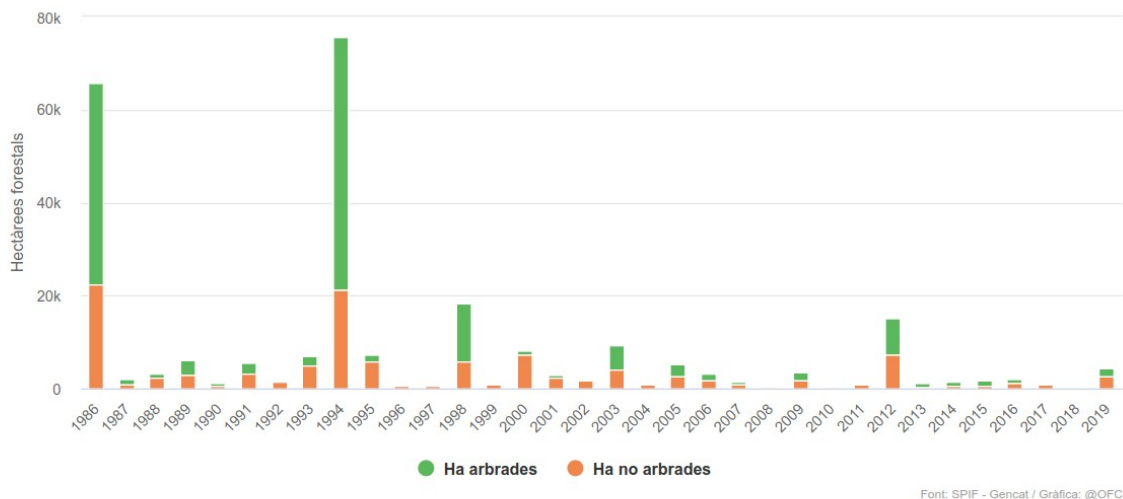
1. Introducció

1.1 Descripció de la proposta i justificació del Treball

Els incendis forestals són avui dia la pertorbació natural principal que afecta l'àrea mediterrània (Piqué *et al.*, 2011). La configuració del territori i l'estructura del bosc, cada cop més abandonat i amb major càrrega de combustible, així com condicions meteorològiques cada cop més extremes donen lloc a focs, anomenats de sisena generació, caracteritzats per una intensitat i velocitat de propagació molt importants. Tot i que l'àmbit inicial d'aquest TFM és Catalunya, cal indicar que la problemàtica no és exclusiva dels països mediterranis, només cal analitzar els darrers incendis ocorreguts Califòrnia o Austràlia, aquest darrer amb una superfície cremada de més de 10,7 milions d'hectàrees (superfície equivalent a tres vegades la de tota Catalunya).



Si s'observen els incendis forestals a Catalunya des del 1986 (Il·lustració 1) es



Il·lustració 1: Estadístiques d'incendis de l'Observatori Forestal Català (OFC) pot veure com el seu nombre té una certa tendència a disminuir, però la seva

superfície d'afectació és força heterogènia, degut, justament a la presència d'aquests grans incendis forestals que són capaços de cremar grans superfícies en un únic foc.

D'altra banda, l'existència de Sistemes d'informació Geogràfica (SIG) permet la visualització d'un gran volum de dades geoespacionals de manera eficient i entenedora, agilitzant les operacions d'emmagatzematge i manteniment de les dades i facilitant la consulta selectiva. De fet, la viquipèdia defineix un SIG com "un sistema informàtic capaç d'integrar, emmagatzemar, editar, analitzar, compartir i mostrar informació amb referències geogràfiques" (Col·laboradors de la Viquipèdia, 2017). De forma més genèrica, es tracta d'una eina a partir de la qual els usuaris poden fer consultes interactives (cerques definides per l'usuari), analitzar la informació espacial i editar-ne les dades.

Afegit a això, cal indicar que en els darrers anys han aparegut eines SIG de darrera generació que aporten noves utilitats com la compartició en el núvol i, alhora, potència de visualització, així com la possibilitat d'explicar un relat basat en diferent informació mostrada (a títol d'exemple: ArcGIS Online, ArcGIS StoryMaps o Carto).

En aquest context, el present Treball Final de Màster (TFM) proposa aplicar les possibilitats d'anàlisi i visualització d'aquestes eines SIG més recents, en concret s'emprarà ArcGis Online, en l'àmbit de la problemàtica dels incendis forestals. Concretament, es crearà una visualització de la informació disponible dels incendis forestals a Catalunya entre els anys 1986 i 2019 afegint-hi, alhora, tota aquella informació disponible en repositoris d'accés obert i que es consideri enriquidora per la visualització, per tal d'aportar coneixement en aquest àmbit.

1.2 Motivació personal

Com Enginyer de camins, canals i ports, la major part de la meua experiència laboral, sobretot en els darrers anys en l'administració pública, s'ha centrat en la gestió de dades espacionals, concretament en l'àmbit dels fermes i les estructures. Així doncs, aquest TFM el veig com una oportunitat per poder aplicar allò après en el Màster de Ciència de dades a dades de tipologia similar a les que habitualment emprava, des del punt de vista geoespacial, tot utilitzant les darreres eines SIG disponibles.

1.3 Objectius del Treball

L'objectiu bàsic d'aquest TFM és la utilització d'una de les darreres eines SIG disponibles, concretament d'ArcGIS Online, per tal de crear una visualització amb sèries temporals de dades geoespacionals que permeti descriure, de manera explicativa, els incendis forestals en l'interval temporal estudiat. L'assoliment d'aquest objectiu bàsic implica l'assoliment d'altres objectius principals i secundaris que a continuació es detallen:

Objectius principals

- Adquirir les competències necessàries per tal d'emprar les darreres eines SIG i poder utilitzar les seves capacitats de visualització.
- Trobar, generar i manipular dades espacials.
- Planificar un projecte SIG des de zero.
- Crear una visualització interessant i atractiva, però alhora relativament simple que sigui capaç d'aportar informació sobre els incendis forestals a Catalunya.
- Ésser capaç de tractar amb informació de diferent tipus i provinent de diferents fonts per tal d'integrar-la a una mateixa visualització SIG.
- Capacitat de síntesi

Objectius secundaris

- Aportar un nou punt de vista en l'anàlisi històric dels incendis forestals a Catalunya.

1.4 Apartats i subapartats del document

El document final de la memòria del TFM s'haurà d'entregar al finalitzar la PAC4 i haurà de tenir una extensió màxima de 60 pàgines entre la introducció i les línies de treball futures, tal com fixen les instruccions de la PAC. A continuació es mostra una proposta d'índex del document:

1. Introducció
 - 1.1. Context i justificació del Treball
 - 1.2. Motivació personal
 - 1.3. Objectius del Treball
 - 1.3. Enfocament i mètode seguit
 - 1.4. Planificació del Treball
 - 1.5. Breu sumari de productes obtinguts
2. Estat de l'art
 - 2.1. Els incendis forestals a Catalunya
 - 2.2. Sistemes d'Informació Geogràfica
 - 2.3. Fonts de dades
3. Implementació
 - 3.0. Consideracions prèvies
 - 3.1. Software emprat
 - 3.2. Flux de treball
 - 3.3. Python
 - 3.4. ArcGIS
4. Resultats
5. Conclusions
6. Línies futures de treball
7. Glossari
8. Bibliografia

1.5 Enfocament i mètode seguit

Tal com s'ha indicat en els apartats anteriors, aquest TFM crearà una visualització dels incendis forestals entre els anys 1986 i 2019, utilitzant les dades històriques d'incendis, així doncs, la metodologia que es durà a terme es pot classificar com *quantitativa* i, específicament, *ex-post-facto* o *no experimental*, ja que no es té cap control sobre les variables independents a analitzar al tractar-se de fenòmens ja ocorreguts. Així, mitjançant l'observació de variables obtingudes a partir d'aquests fenòmens històrics, es pretén descriure i explicar la naturalesa dels incendis forestals a Catalunya en l'interval temporal estudiat, gràcies a la utilització d'eines SIG de darrera generació.

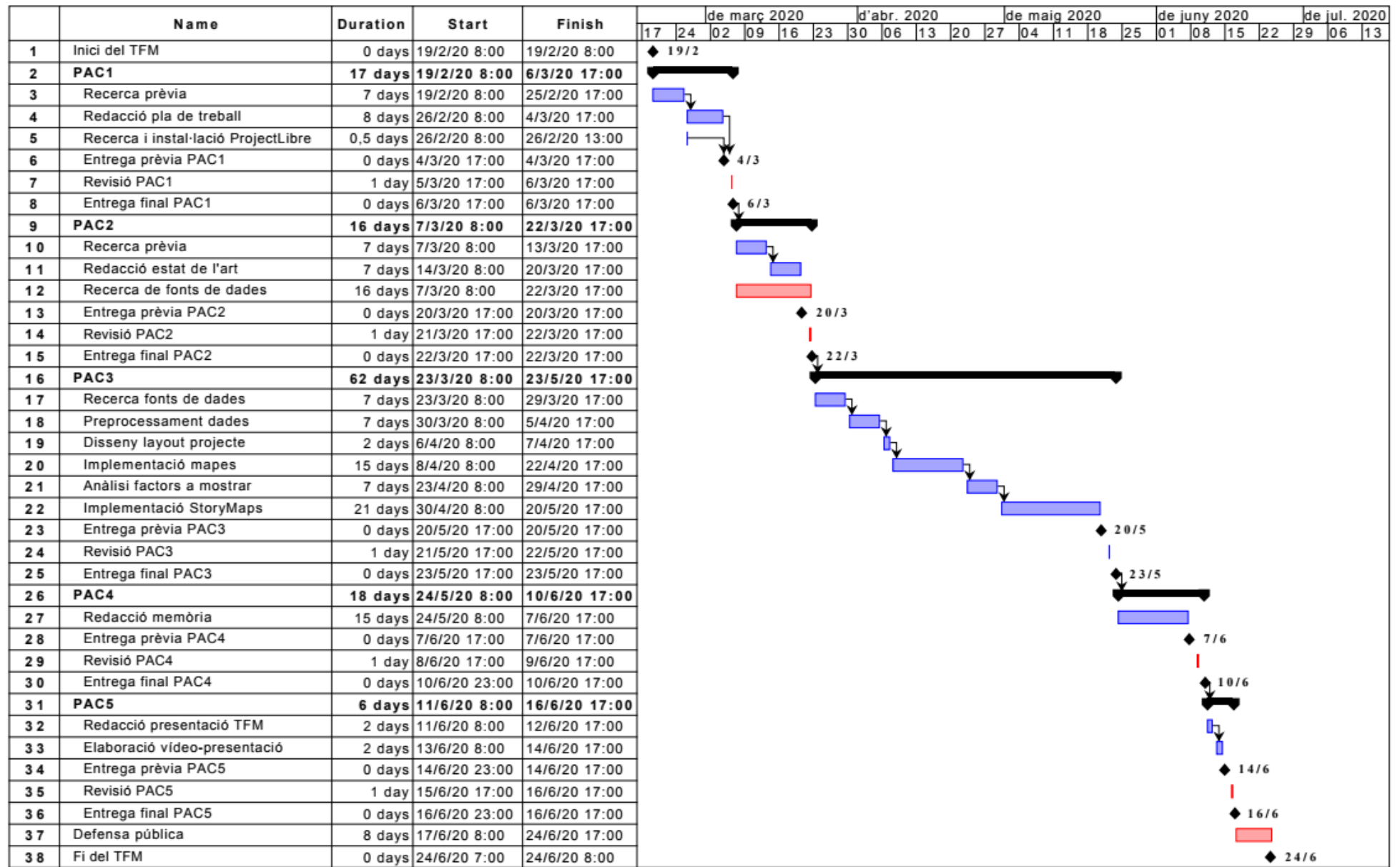
1.6 Planificació del Treball

Fites

A continuació es mostra una taula amb les fites que s'han considerat en la planificació del TFM amb la seva data:

Descripció	Data
Inicia del TFM	19 de febrer de 2020
Entrega prèvia de la PAC1	4 de març de 2020
Entrega final de la PAC1	6 de març de 2020
Entrega prèvia de la PAC2	20 de març de 2020
Entrega final de la PAC2	22 de març de 2020
Entrega prèvia de la PAC3	20 de maig de 2020
Entrega final de la PAC3	23 de maig de 2020
Entrega prèvia de la PAC4	7 de juny de 2020
Entrega final de la PAC4	10 de juny de 2020
Entrega prèvia de la PAC5	14 de juny de 2020
Entrega final de la PAC5	16 de juny de 2020
Fi del TFM	24 de juny de 2020

Diagrama de Gannt



Il·lustració 2: Diagrama de Gannt del TFM

Definició del contingut de la resta de les PACs

A continuació s'exposa el conjunt d'activitats en l'àmbit del present TFM a mode de taules-fitxes:

PAC 1 – Definició i planificació del treball final	
Duració	17 dies
Data d'entrega	6 de març de 2020
Descripció	El present document recull aquesta primera fase i té com a principal objectiu definir quina és la temàtica, justificar el seu interès i/o rellevància, què es vol aconseguir en finalitzar el TFM, definir els objectius principals i una planificació temporal del projecte. A més, inclou la motivació personal de l'autor per realitzar aquest treball final

PAC 2 – Estat de l'art	
Duració	16 dies
Data d'entrega	22 de març de 2020
Descripció	En aquesta activitat es realitzarà la part de l'estat de l'art de la memòria on s'exposaran les investigacions o solucions que s'apliquen actualment per resoldre la problemàtica plantejada en el TFM. Aquest estudi pot implicar l'ampliació o modificació de l'abast del TFM. Igualment, en aquesta etapa també es realitzarà la recerca de fonts de dades

PAC 3 – Disseny i implementació del treball	
Duració	62 dies
Data d'entrega	23 de maig de 2020
Descripció	Durant aquesta fase es realitzaran les tasques definides en les anteriors PACs i que suposarà la implementació pròpiament de les diferents tasques del Treball

PAC 4 – Redacció de la memòria	
Duració	18 dies
Data d'entrega	10 de juny de 2020
Descripció	En aquesta activitat es redactarà la memòria que no pot superar les 60 pàgines de text, cal tenir en compte que la seva redacció ja s'ha començat en anteriors PACs, tal com s'ha indicat anteriorment

PAC 5 – Presentació i defensa del projecte	
Duració	6 dies
Data d'entrega	16 de juny de 2020
Descripció	En aquesta darrera PAC es lliurarà una presentació del TFM dirigida a un públic en general, no especialitzat, així com un vídeo on es presenti el Treball

Defensa pública	
Duració	8 dies
Dates	Entre el 17 i el 24 de juny de 2020
Descripció	Com a darrera fase del TFM, els membres del tribunal formularan preguntes que l'autor d'aquest TFM haurà de respondre en un termini de temps inferior a 24 hores

Avaluació del material necessari

La realització del present TFM es durà a terme amb un ordinador que disposa del següent programari lliure:

- Ubuntu 18.04.4 LTS 64 bits
- LlibreOffice v6.0.7.3
- Visualitzador de documents Evince v3.28.4
- Gimp 2.10.14
- ProjectLibre v1.9.1
- Firefox Browser v73.0 (64 bits)
- Python3
- Jupyter notebook
- Zotero

D'altra banda, l'eina GIS que s'utilitzarà serà l'"ArcGIS for Developers", d'accés en el núvol i que no requereix cap tipus d'instal·lació o programari addicional més enllà d'un navegador web i connexió a internet.

Possibles incidències i riscos

A continuació es detallen, a mode de taules-fitxes, els diferents riscos o incidències que es poden preveure durant el desenvolupament d'aquest TFM i els seus corresponents plans de contingència a dur a terme per tal de minimitzar els seus possibles efectes.

Cal tenir en compte que la classificació de l'impacte dels riscos sobre el desenvolupament del projecte s'ha realitzat sobre l'escala: Molt baix – Baix – Mig – Alt – Estratègic. Igualment, la probabilitat d'ocurrència s'ha classificat com: Baixa – Mitja – Alta.

Risc 1	Menor disponibilitat horària
Descripció	Degut a causes actualment no previstes (malaltia o causes majors), reducció de les hores que es disposen per la realització de les diferents tasques del TFM
Impacte	Alt
Probabilitat	Mitja
Pla de contingència	Replantejar la planificació inicial, per tal de poder assegurar la disponibilitat necessària per realitzar el TFM

Risc 2	Problemes amb el maquinari
Descripció	Problemes de qualsevol tipus en l'ordinador/programari emprat
Impacte	Estratègic
Probabilitat	Baixa (es disposen de dos ordinadors disponibles)
Pla de contingència	Reparar l'avaria el més aviat possible per tal de minimitzar el possible impacte sobre el desenvolupament normal del TFM

Risc 3	Disparitat entre l'evolució real i prevista del TFM
Descripció	Degut al desconeixement en l'elaboració de treballs en aquest àmbit i amb les eines proposades, l'evolució temporal real del TFM pot presentar divergències significatives respecte a allò previst en la planificació inicial
Impacte	Mig
Probabilitat	Mitja
Pla de contingència	Reajustar la planificació segons els coneixements que es vagin adquirint, per tal de disposar d'una planificació el més ajustada a la realitat possible. En cas de necessitar de més temps, serà necessari replantejar les diferents tasques per tal de garantir la correcta finalització del TFM

2. Estat de l'art

Tal com s'ha indicat anteriorment, en aquest TFM es combinen dos àmbits diferenciats: els incendis forestals i els Sistemes de Gestió Geogràfica (SIG). A continuació s'exposa la informació obtinguda a partir de diferents investigacions i fonts d'informació, per tal d'aconseguir obtenir una fotografia de l'estat actual en aquests dos àmbits. Finalment, també s'incorpora un tercer apartat on s'indicaran les fonts d'informació disponibles que seran les emprades per realitzar aquest TFM.

2.1 Els incendis forestals a Catalunya

Els incendis forestals definits com la combustió incontrolada d'una massa forestal són un problema conegut des de sempre a l'àrea mediterrània que, amb les circumstàncies actuals, han fet que estiguin considerats com el principal desastre "natural" (antropogènic) després de les inundacions a Catalunya (Miralles, 2016).

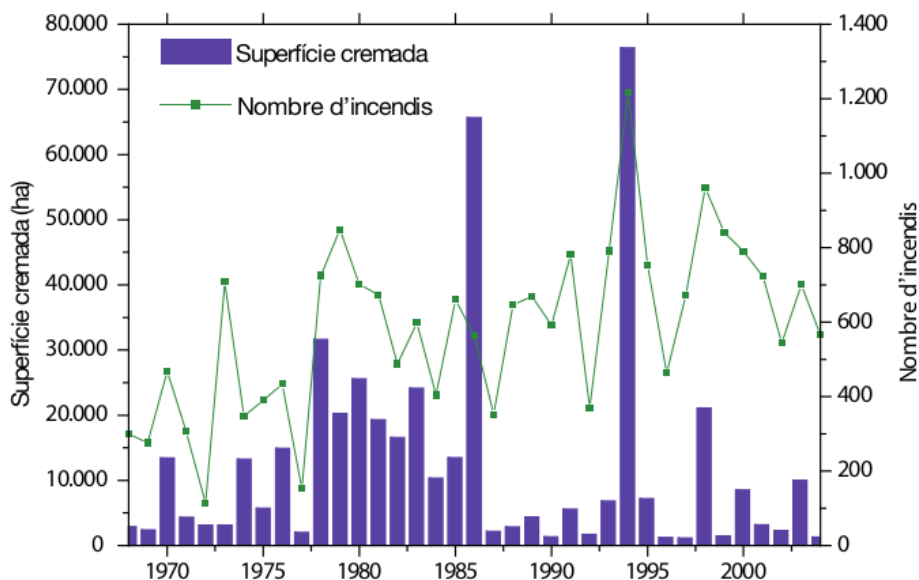
Per tal d'entendre millor les principals causes dels incendis forestals i la seva posterior virulència cal analitzar tres factors claus: la topografia, la meteorologia i el combustible en forma de massa forestal susceptible a ésser cremada.

L'estudi dels incendis permet observar que davant la mateixa topografia i meteorologia, el foc s'escampa seguint esquemes de propagació similar i canvia la seva intensitat en funció de la disponibilitat del combustible, que dependrà principalment de l'estrès hídric acumulat i de la quantitat i l'estructura del combustible (Piqué *et al.*, 2011).

D'altra banda, el canvi climàtic és una realitat que comporta un augment de les temperatures, i per tant ens apropa al llindar d'ignició del combustible. A més, a la regió mediterrània veiem que aquest augment de les temperatures no és compensat per unes precipitacions més abundants, sinó més aviat el contrari. La pitjor combinació meteorològica perquè hi hagi incendis es dona en dies amb alta temperatura i baixa humitat relativa de l'aire. Si a més hi ha vent, la propagació del foc és més ràpida (Lloret, 2017).

En aquest context, afegit al fet que els sistemes d'extinció han anat millorant al llarg de la història, a Catalunya, sobretot a partir de l'any 1985, s'aprecia un canvi de tendència passant de freqüents petits i mitjans incendis responsables de la major part de la superfície cremada anual a l'aparició d'incendis de grans superfícies que, tot i no representar un nombre elevat sí que són responsables de la major part de la superfície cremada anual, tal com es pot observar en la Il·lustració 3 (Pastor, 2009). Estem davant del que s'anomenen els Grans incendis Forestals (GIF) que es defineixen com els incendis amb una superfície cremada superior a les 500 hectàrees, dins d'aquest grup encara s'hi poden distingir els incendis de sisena generació, els més virulents de tots, incendis de

grans dimensions que es caracteritzen per provocar una tempesta de foc, impossible de predir-ne l'evolució i, a més, col·lapsen el sistema d'extinció. Un exemple d'aquest comportament es va poder observar l'estiu passat, 2019, on un únic incendi, el foc de la Ribera d'Ebre, va cremar més de 5.000 hectàrees suposant el 90% de la superfície cremada durant tota la temporada d'incendis de l'estiu (P. E., 2019). Però també en són exemples els darrers incendis ocorreguts a Califòrnia o Austràlia.



Il·lustració 3: Nombre d'incendis i superfície cremada a Catalunya (període 1968-2004) (Pastor, 2009)

2.2 Sistemes d'Informació Geogràfica

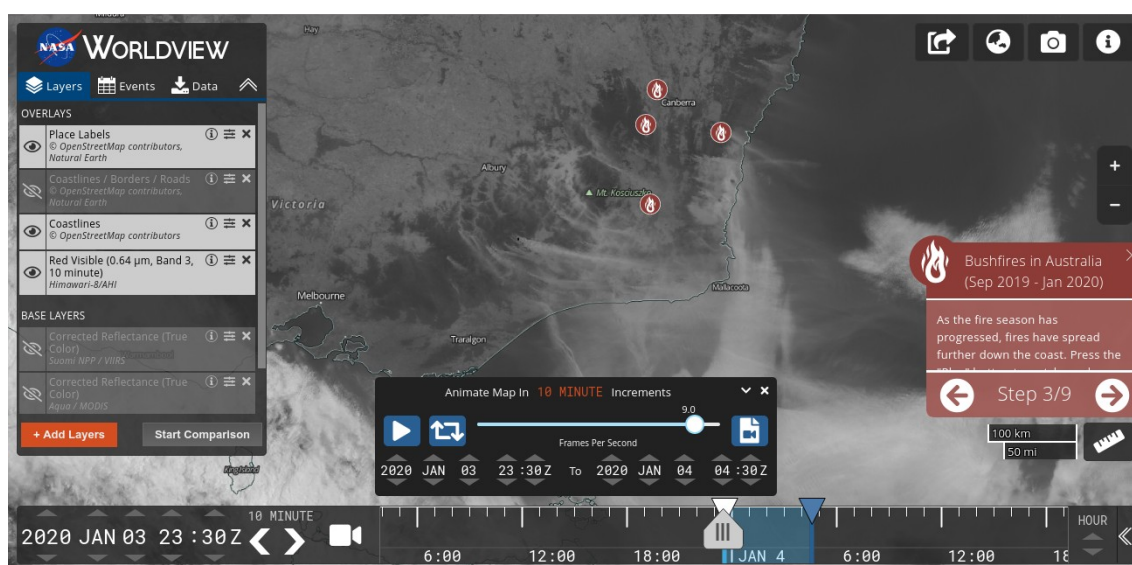
Un sistema d'informació geogràfica (SIG) és un sistema informàtic capaç d'integrar, emmagatzemar, editar, analitzar, compartir i mostrar informació amb referències geogràfiques (Col·laboradors de la Viquipèdia, 2017). Algunes de les propietats bàsiques d'un SIG són (Lozano, 2010):

- El seu propòsit és la visualització d'informació geogràfica expressada en forma de mapes.
- La clau resideix en la relació entre la posició d'un element geogràfic, representat per punts, línies o polígons i la seva informació temàtica associada.
- Un SIG disposa de múltiples funcions d'anàlisi i consulta amb l'objectiu d'explotar la informació geogràfica per la resolució d'un determinat problema.
- Emmagatzema relacions espacials entre els diferents elements, de manera que sigui possible analitzar aquestes relacions.

En els darrers anys, els SIG han sofert una important evolució, tot aprofitant les noves possibilitats que aporten les eines de compartició al núvol o la millora de la potència de visualització. Així, combinar aquestes eines com l'ArcGis Online amb les clàssiques publicacions que intenten mostrar informació amb una component geogràfica important, resulten, per exemple, en llibres interactius on, mitjançant els enllaços subministrats, es pot explorar la visualització mostrada i, així, poder obtenir-ne més informació, com, per exemple, explorar les zones d'interès del lector (Carter, 2019).

És en l'àmbit d'aquests GIS de darrera generació on es pot emmarcar la plataforma que s'utilitzarà en aquest TFM: "ArcGis for Developers" (<https://developers.arcgis.com/>), conjunt d'eines disponibles, ahora, dins la plataforma d'ArcGIS Online, abans citada. El concepte d'aplicacions web interactives com a eines SIG es basa en mostrar mitjançant informació disponible al núvol la informació geogràfica que l'usuari, mitjançant les diferents eines disponibles a l'app, podrà consultar en funció de les seves necessitats o interessos. El fet que l'eina estigui en el núvol permet la seva consulta mitjançant qualsevol dispositiu que disposi de navegador web: ordinador, mòbil o tauleta gràfica. A continuació es detallen quatre WebApp a títol d'exemple.

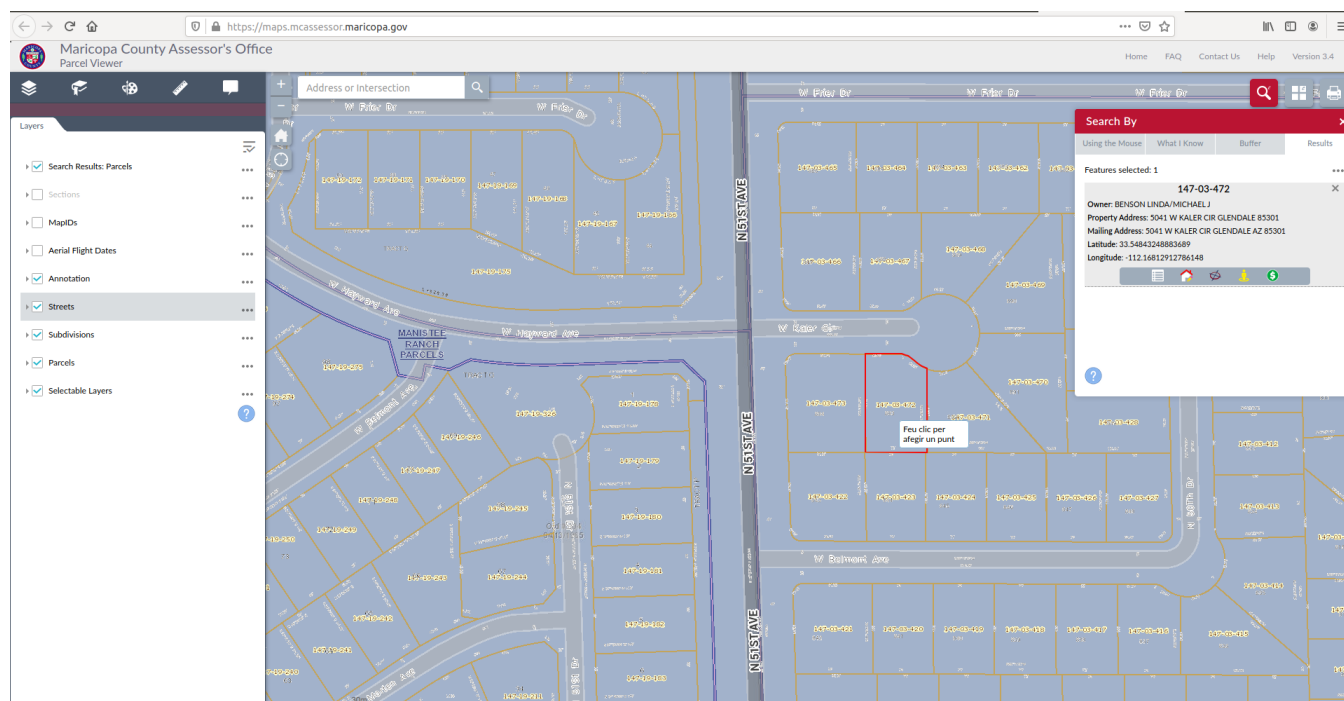
"Bushfires in Australia (Sep 2019 – Jan 2020)" (National Aeronautics and Space Administration – NASA, 2020): aquesta app amb eines desenvolupades per la pròpia NASA (EOSDIS) explica de manera molt visual els efectes dels devastadors incendis d' Austràlia aquest passat estiu austral captats pels satèl·lits de la NASA, on es mostren diferents imatges de satèl·lit de diferents localitzacions i, a més, la seva evolució temporal, tot, a més, de manera totalment interactiva (il·lustració 4). Suposa un exemple pràctic



Il·lustració 4: GIS App EOSDIS (NASA, 2020)

aplicat en la mateixa temàtica que aquest TFM, els incendis forestals, tot i que en un àmbit geogràfic i temporal diferent.

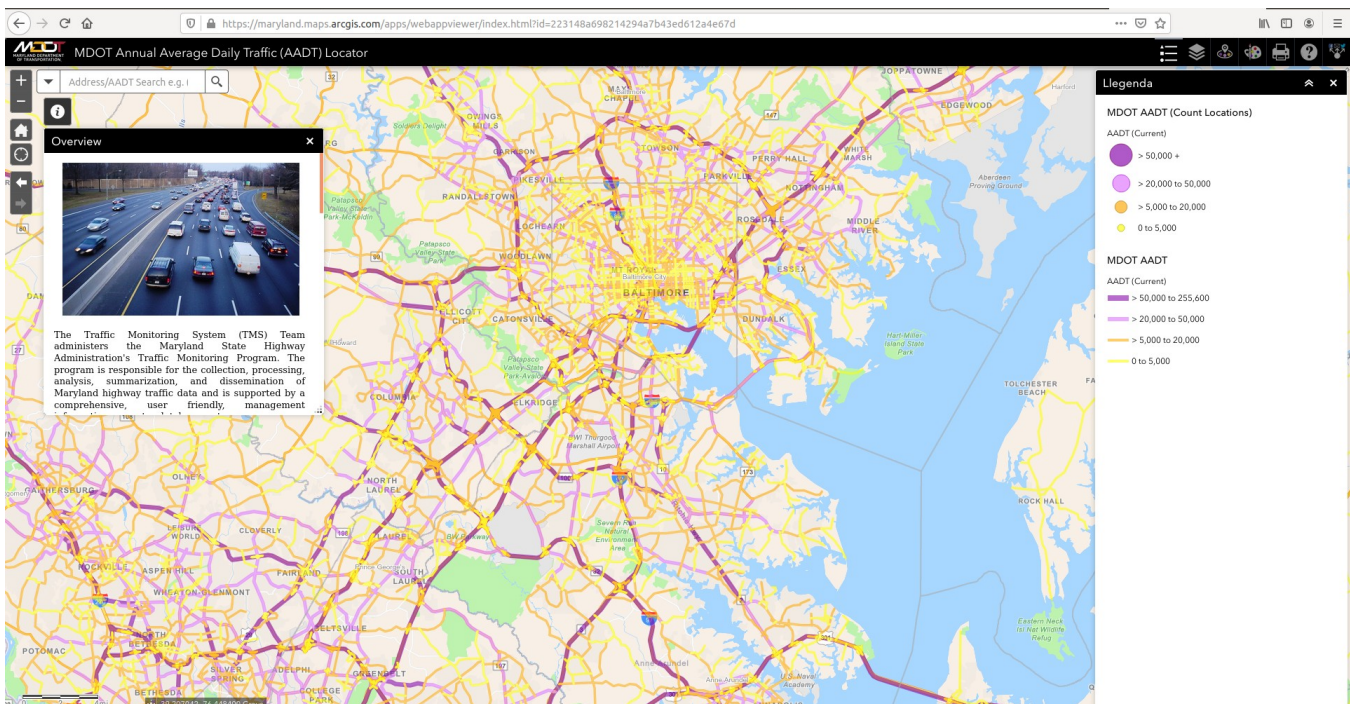
"Maricopa County Assessor Parcel Viewer" (Assessor's Office Information, 2018): aquesta app creada pel comptat de Maricopa a l'estat d'Arkansas dels EUA serveix com a cercador de parcel·les, permetent una cerca segons les dades del propietari o visual clicant directament sobre un punt del mapa, tal com mostra la il·lustració 5.



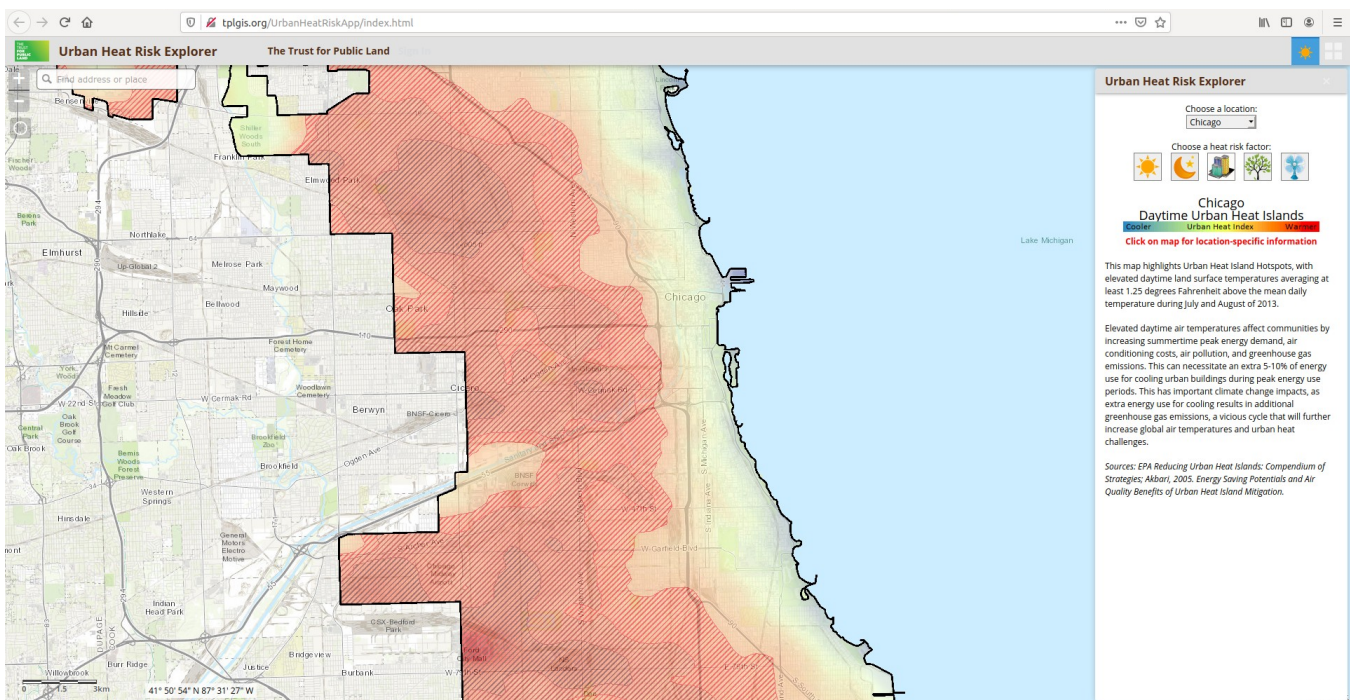
Il·lustració 5: WebApp cercador de parcel·les del comptat de Maricopa

"MDOT Annual Average Daily Traffic(AADT) Locator" (Maryland Department of Transportation, 2020): WebApp creada pel departament del transport de l'estat de Maryland (EUA) que monitora el trànsit de les vies d'alta capacitat de Maryland (il·lustració 6).

"Urban Heat Risk Explorer" (The Trust For Public Land, 2014): interessant app de servei públic en la que es mostren, per diferents ciutats dels EUA, les zones potencialment de més calor, així com els llocs on es disposa de cobertura vegetal per resguardar-se, així com el llocs d'accés públic amb aire condicionat disponible (il·lustració 7).



Il·lustració 6: Visualització del trànsit en les vies d'alta capacitat en l'estat de Maryland



Il·lustració 7: WebApp de les zones de risc de calor extrema

2.3 Fonts de dades

El conjunt de fonts de dades que s'utilitzarà per la realització d'aquest TFM és:

- Delimitació de les zones cremades per incendis forestals a Catalunya entre el 1986 i 2019. Font: Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya (<http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/boscoss/incendis-forestals/>)
- Servei WMS d'ortofotos històriques de l'ICGC on es serveixen les ortofotos a escala 1:25.000, 1:5.000, 1:2.500 i 1:1.000, així com vols del 1945-46 a escala 1:10.000 (<https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Serveis/Geoinformacio-en-linia-Geoserveis/WMS-Ortoimatges/WMS-Ortofotos>)
- Servei WMS de mapes i ortofotos vigents de l'ICGC del que s'han seleccionat únicament les ortofotos, que es disposen a escala 1:25.000, 1:5.000, 1:2.500 i 1:1.000, així com imatge satèl·lit a escala 1:250.000 (<https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Serveis/Geoinformacio-en-linia-Geoserveis/WMS-i-tessel-les-Cartografia-de-referencia/WMS-Mapes-i-ortofotos-vigents>)
- Servei WFS de Base Municipi de l'ICGC per obtenir límits administratius (<https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Serveis/Geoinformacio-en-linia-Geoserveis/WMS-i-WFS-Limits-administratius/WFS-Base-Municipal>)

3. Implementació

3.0 Consideracions prèvies

Cal tenir en compte que durant la realització d'aquest TFM ha esclatat la pandèmia del COVID-19. Aquest fet no només ha alterat la programació inicial prevista en el treball, sinó que ha afectat de manera directa el programari disponible d'accés gratuït. Així, les llicències de prova de l'ArcGIS Pro s'han cancel·lat pels usuaris generals i únicament s'ofereixen per a organitzacions que treballin en l'estudi de la pandèmia del COVID-19. Això ha implicat adaptar la metodologia de treball a les eines gratuïtes disponibles per tal d'aconseguir els resultats volguts en el present TFM.

3.1 Software emprat

Per la realització d'aquest TFM s'ha emprat el següent programari:

- Python:
 - Jupyter notebooks
 - pandas
 - GeoPandas

- ArcGIS:
 - ArcGIS Map Viewer
 - ArcGIS Web AppBuilder

Indicar que tot aquest programari és d'accés gratuït, ja sigui per tractar-se de llicències OpenSource (Python) o Freenium (ArcGis).

3.2 Flux de treball

Per tal de poder realitzar una anàlisi conjunta dels diferents incendis ocorreguts a Catalunya entre els anys 1986 i 2019 en les eines d'ArcGIS disponibles, a partir de les dades d'incendis (veure apartat 2.3 d'aquest treball) s'ha hagut de fer un seguit de tasques prèvies de neteja, preparació i exportació de les dades. Aquestes tasques s'han efectuat emprant Python3 i Jupyter Notebooks.

Una vegada obtingudes les dades necessàries, s'han carregat en el gestor de continguts d'ArcGIS com a capes allotjades per, posteriorment, poder ser incorporades en un mapa que s'ha creat mitjançant l'aplicació ArcGIS Map Viewer.

Finalment, emprant ArcGIS Web AppBuilder s'ha integrat el mapa anterior en una app on, alhora, s'han implementat diferents funcionalitats. Indicar que la implementació d'aquestes funcionalitats a ArcGIS Web AppBuilder s'ha fet personalitzant les plantilles de widgets existents, gràcies al qual s'ha pogut realitzar sense haver de programar res en aquesta fase del treball.

3.3 Python

En aquest apartat es detalla el codi emprat en aquesta etapa de processat de les dades, per tal de poder llegir-les dels fitxers descarregats, fer una primera anàlisi, netejar-les, crear una visualització preliminar i, finalment, exportar-les en els formats que es necessitaran en la plataforma "ArcGIS for Developers" segons les funcionalitats que volem utilitzar, en aquest cas un fitxer CSV per les dades que necessitin tractament temporal i un Shapefile per les que no ho requereixin.

Indicar que s'ha emprat com entorn de programació un Jupyter Notebook i com a llenguatge de programació Python3. La utilització d'aquest entorn de programació s'ha fet independentment de la resta d'eines d'ArcGIS usades en el treball, concretament emprant la distribució Anaconda3 i, tal com és recomanable sempre per tal d'independitzar llibreries instal·lades, emprant un entorn virtual (environment) que es pot gestionar fàcilment mitjançant conda (per més detalls d'instal·lació consultar la documentació en línia <https://docs.conda.io/projects/conda/en/latest/user-guide/install/index.html>).

Donat que la implementació realitzada en aquesta etapa usa, en la seva major part, la llibreria GeoPandas, a continuació s'introdueix aquesta llibreria i la seva utilitat en el present TFM. GeoPandas és una llibreria de Python que permet treballar amb dades geoespacionals emprant, entre altres estructures de dades disponibles, els GeoDataFrames (GDF), el fet que els GDFs mantinguin una funcionalitat pràcticament idèntica als DataFrames (DF) de la llibreria pandas (objectes àmpliament emprats en les implementacions de Ciències de dades amb Python), fa que sigui relativament senzilla la seva utilització. Així, de fet, es pot veure un GDF com un DF amb una columna de tractament especial que és la que incorpora la geometria i la que, alhora, permet fer les diferents operacions geomètriques relacionades (per a més informació sobre GeoPandas i la seva utilitat es pot consultar <https://geopandas.org>).

A continuació, mitjançant diferents il·lustracions, s'anirà mostrant el codi i comentant allò que es consideri més interessant, tot i això, el codi està extensament comentat, per tal de facilitar la seva comprensió.

En el codi de la il·lustració 8 es pot veure com, en la cel·la 3, es llegeixen els diferents fitxers que s'han descarregat directament de la font que es detalla en l'apartat 2.3 d'aquest treball amb la delimitació de les zones cremades per incendis forestals a Catalunya entre el 1986 i 2019. Indicar que les dades s'emmagatzemen en un objecte tipus diccionari on cada element és, alhora, un objecte GeoDataFrame (estructura de dades de la llibreria GeoPandas comentada anteriorment) que es correspon a les dades d'un any concret, que és emprat com clau del diccionari. Igualment, en la cel·la 4, es carrega informació cartogràfica base procedent del servei WFS de l'ICGC per tal de poder ser emprada com a base en la visualització prèvia, concretament s'adquireix la capa de límits comarcals de Catalunya, tal com es pot veure en la il·lustració 9.

0. Importing libraries and defining variables

```
In [1]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import geopandas
import utm
from requests import Request
from owslib.wfs import WebFeatureService

%matplotlib inline
```

```
In [2]: # Defining years range
years = range(1986, 2020)

# Defining working folder
dir_actual = !pwd
dir_actual = dir_actual[0]
```

1. Importing geospatial data

```
In [3]: # Initializing dict to store geospatial data
incendis = {}

# Importing geospatial data from zip files downloaded
for year in years:
    incendis[year] = geopandas.read_file('zip:../FontsDD/IncendisForestals/incendis'+str(year)[-2:]+'.zip')
```

```
In [4]: # Importing base carto
# ICGC WFS url
url = 'http://geoserveis.icgc.cat/icgc_bm5m/wfs/service'

wfs = WebFeatureService(url=url)

print('La llista de capes disponibles és:\n{}'.format(list(wfs.contents)))

layer = list(wfs.contents)[0]

params = dict(service='WFS', version='1.0.0', request='GetFeature', typeName=layer, outputFormat='GML2')
q = Request('POST', url, params=params).prepare().url

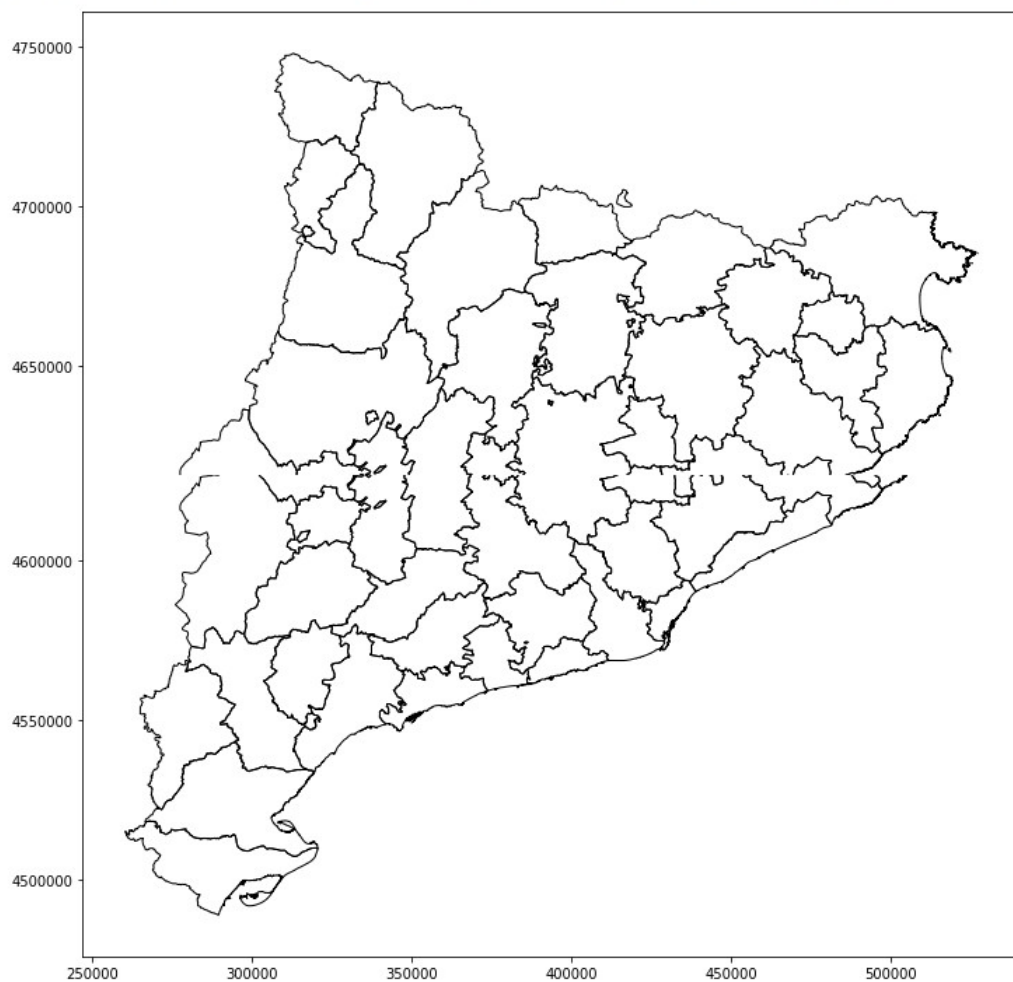
# Loading data to geopandas
carto_base = geopandas.read_file(q)

# Plotting data acquired
carto_base.plot(figsize=(12,12), facecolor='none', edgecolor='k');
```

Il·lustració 8: Bloc de codi núm.1 del notebook de preparació de dades

La llista de capes disponibles és:

```
['icgc_bm5m:_0_COMARCA_PC', 'icgc_bm5m:_0_PROVINCIA_PC', 'icgc_bm5m:_0_CAP_PN', 'icgc_bm5m:_1_NIVJERARQUIC_LN']
```



Il·lustració 9: Visualització de les dades de cartografia base

El codi de la il·lustració 10, cel·la 5, mostra, a títol informatiu, l'encapçalament d'un dels GeoDataFrame (GDF) carregat. Una vegada importada tota la informació geogràfica requerida, en el següent bloc es comença a netejar i preparar les dades, així, en les cel·les 6 i 7 es comprova, respectivament, si hi ha entitats amb data o geometria nul·la. Es pot veure com no hi ha entitats amb geometria nul·la, per tant, serà possible mostrar tota la informació dels incendis carregats, però, per contra, sí que s'observen entitats (concretament 152) amb valors nuls de data, això suposa, inicialment, un problema, ja que es vol realitzar una anàlisi temporal dels incendis. Per tal de poder evitar aquest inconvenient, es decideix realitzar una anàlisi temporal dels incendis però emprant com a unitat temporal l'any. Donat que les dades s'han carregat en diferents fitxers segons l'any, encara que no es disposi de la data concreta sempre es disposarà l'any de l'incendi.

```
In [5]: incendis[years[0]].head()
```

Out[5]:

	GRID_CODE	CODI_FINAL	MUNICIPI	DATA_INCEN	geometry
0	2	178600064	La Jonquera	19/07/86	MULTIPOLYGON (((487286.816 4692905.393, 487346...
1	2	178600021	El Port de la Selva	30/06/86	MULTIPOLYGON (((524876.808 4684205.094, 524876...
2	2	178600065	Llers	19/07/86	MULTIPOLYGON (((492716.755 4683845.338, 492746...
3	2	178600062	El Port de la Selva	19/07/86	MULTIPOLYGON (((512756.787 4683875.186, 512756...
4	2	178600066	Avinyonet de Puigventós	19/07/86	POLYGON ((494981.715 4677983.312, 495006.715 4...

2. Cleaning data and preparation

```
In [6]: # Checking null values in date
total_values = 0
for year, gp in incendis.items():
    if gp['DATA_INCEN'].isnull().sum()>0:
        print('{} té {} valors nuls'.format(year, gp['DATA_INCEN'].isnull().sum()))
        total_values += gp['DATA_INCEN'].isnull().sum()
print("\nS'han trobat {} valors nuls".format(total_values))
```

```
1991 té 146 valors nuls
1993 té 5 valors nuls
2011 té 1 valors nuls
```

S'han trobat 152 valors nuls

```
In [7]: # Checking null values in geometry
total_values = 0
for year, gp in incendis.items():
    if gp.geometry.isnull().sum()>0:
        print('{} té {} valors nuls'.format(year, gp.geometry.isnull().sum()))
        total_values += gp.geometry.isnull().sum()
print("\nS'han trobat {} valors nuls".format(total_values))
```

S'han trobat 0 valors nuls

Il·lustració 10: Bloc de codi núm.2 del notebook de preparació de dades

Així doncs, en el codi que es mostra en la il·lustració 11, es crea, per a tots els GDFs de tots els anys que s'han carregat dades, una nova columna amb l'any de l'incendi. Posteriorment es concatenen els diferents GDFs en un únic GDF i s'afegeixen dues noves columnes una amb la superfície cremada en hectàrees i una altra amb els centroides de la geometria de cadascun dels incendis, que s'empraran com a els punts representatius de la superfície dels incendis.

```
In [8]: # Adding year column as string
for year, gp in incendis.items():
    gp['ANY'] = str(year)

# Concates all wildfires in one geopanda
incendis_gp_raw = pd.concat([x for x in incendis.values()], ignore_index=True, sort=True)

# Adding Area value in hectares
incendis_gp_raw['AREA_ha'] = incendis_gp_raw.geometry.area/10000

# Adding centroids
incendis_gp_raw['centroids'] = incendis_gp_raw.centroid

incendis_gp_raw.head()
```

Out[8]:

	ANY	CODI_FINAL	DATA_INCEN	GRID_CODE	MUNICIPI	OBJECTID	geometry	AREA_ha	centroids
0	1986	178600064	19/07/86	2	La Jonquera	NaN	MULTIPOLYGON (((487286.816 4692905.393, 487346...	15222.917268	POINT (497767.894 4693986.858)
1	1986	178600021	30/06/86	2	El Port de la Selva	NaN	MULTIPOLYGON (((524876.808 4684205.094, 524876...	226.980699	POINT (523424.767 4685646.452)
2	1986	178600065	19/07/86	2	Llers	NaN	MULTIPOLYGON (((492716.755 4683845.338, 492746...	113.850351	POINT (493310.864 4683952.349)
3	1986	178600062	19/07/86	2	El Port de la Selva	NaN	MULTIPOLYGON (((512756.787 4683875.186, 512756...	6286.519532	POINT (516614.483 4683199.161)
4	1986	178600066	19/07/86	2	Avinyonet de Puigventós	NaN	POLYGON ((494981.715 4677983.312, 495006.715 4...	101.312816	POINT (494498.211 4678309.912)

Il·lustració 11: Bloc de codi núm.3 del notebook de preparació de dades

Posteriorment, tal com mostra la il·lustració 12, es pot veure com s'analitza els valors de la columna "OBJECTID", que, en la seva major part, està format per valors nuls, així doncs, es decideix prescindir d'aquesta informació, així com de les columnes "CODI_FINAL" i "GRID_CODE". El següent pas de neteja de dades és veure si existeixen incendis duplicats (es considera un incendi duplicat si té la mateixa data d'incendi i, alhora, la mateixa superfície) i, sorprenentment, es detecta una quantitat important d'incendis duplicats (concretament 1.316 incendis). El tractament d'aquest aspecte ha estat eliminar els duplicats, ja que és bàsic per l'anàlisi que volem dur a terme assegurar la unicitat dels incendis mostrats, per tal de poder obtenir uns valors correctes.

```
In [9]: incendis_gp_raw['OBJECTID'].value_counts()

Out[9]: 10.0    2
        9.0    2
        2.0    2
        3.0    2
        4.0    2
        5.0    2
        7.0    2
        8.0    2
        1.0    2
        15.0   1
        0.0    1
        6.0    1
        11.0   1
        12.0   1
        13.0   1
        14.0   1
        16.0   1
Name: OBJECTID, dtype: int64

In [10]: # OBJECTID NaN rows count
incendis_gp_raw['OBJECTID'].isna().sum()

Out[10]: 4565

In [11]: # Select needed data columns
incendis_gp = incendis_gp_raw[['DATA_INCEN', 'MUNICIPI', 'ANY', 'AREA_ha', 'geometry', 'centroids']]

In [12]: # Calculate number of duplicated rows
print("El nombre de registres duplicats és: {}".format(incendis_gp[['DATA_INCEN', 'AREA_ha']].duplicated().sum()))

# Delete duplicated rows
incendis_gp = incendis_gp[~(incendis_gp[['DATA_INCEN', 'AREA_ha']].duplicated())]
print("Els registres duplicats han estat eliminats")

El nombre de registres duplicats és: 1316
Els registres duplicats han estat eliminats

In [13]: # Checking null values in date
print("\nS'han trobat {} valors nuls".format(incendis_gp['DATA_INCEN'].isnull().sum()))

S'han trobat 150 valors nuls
```

Il·lustració 12: Bloc de codi núm.4 del notebook de preparació de dades

En l'inici del bloc de codi mostrat en la il·lustració 13 es pot veure com s'analitzen els incendis que tenen una data nul·la però no es troba cap norma per poder fer un tractament correcte. Degut a que no és possible detectar els incendis amb data nul·la, es genera la columna de temps a partir de l'any del que s'ha obtingut (cal recordar que les dades descarregades estaven agrupades en fitxers segons l'any considerat i, per tant, és una dada disponible, per a més informació veure la cel·la 3 del codi mostrat en la il·lustració 8).

```
In [14]: incendis_gp[incendis_gp['DATA_INCEN'].isnull()]
```

```
Out[14]:
```

	DATA_INCEN	MUNICIPI	ANY	AREA_ha	geometry	centroids
141	None	None	1991	0.090000	POLYGON (((308575.561 4564056.549, 308575.561 4...	POINT (308560.561 4564041.549)
143	None	None	1991	0.270001	POLYGON (((308365.560 4564026.551, 308365.560 4...	POINT (308330.560 4564001.551)
145	None	None	1991	0.090000	POLYGON (((308185.559 4563906.552, 308215.559 4...	POINT (308200.559 4563891.552)
149	None	None	1991	0.090000	POLYGON (((308155.559 4563846.552, 308185.559 4...	POINT (308170.559 4563831.552)
151	None	None	1991	1.080003	POLYGON (((306595.556 4563786.564, 306595.556 4...	POINT (306558.055 4563704.064)
...
349	None	None	1991	0.090000	POLYGON (((305455.526 4560066.567, 305455.526 4...	POINT (305440.526 4560051.567)
472	None	None	1993	24.750077	POLYGON (((434055.973 4592765.642, 434055.973 4...	POINT (434062.225 4592987.940)
477	None	None	1993	73.562728	POLYGON (((323411.698 4710846.664, 323411.698 4...	POINT (323660.773 4710736.265)
478	None	None	1993	8.875028	POLYGON (((322886.692 4710211.667, 322886.692 4...	POINT (322988.278 4710303.181)
4430	None	None	2011	6.937522	MULTIPOLYGON (((279505.484 4559831.763, 279380...	POINT (359422.629 4597624.031)

```
150 rows x 6 columns
```

```
In [15]: # Add time column
incendis_gp['time'] = pd.to_datetime('02-'+incendis_gp['ANY'], format='%m-%Y')
```

```
In [16]: incendis_gp.shape
```

```
Out[16]: (3275, 7)
```

```
In [17]: incendis_gp.dtypes
```

```
Out[17]: DATA_INCEN      object
MUNICIPI      object
ANY           object
AREA_ha       float64
geometry      geometry
centroids     geometry
time          datetime64[ns]
dtype: object
```

Il·lustració 13: Bloc de codi núm.5 del notebook de preparació de dades

Així, tots els incendis d'un determinat any tindran la mateixa data, corresponent a l'1 de febrer de l'any corresponent. El motiu d'agafar l'1 de febrer com a data comú per tots els incendis de l'any és per facilitar el seu tractament posterior a ArcGIS, de fet es podria posar qualsevol data, excepte l'1 de gener, ja que l'interval d'un any que considera el control lliscant del temps podria ocasionar problemes en el comptatge, tal com es comenta el l'apartat següent d'ArcGIS.

Després de tot aquest procés, s'ha finalitzat amb 3.275 incendis, dels quals es recullen 7 paràmetres: la data de l'incendi (amb força elements nuls), el municipi, l'any, l'àrea de l'incendi (en hectàrees), la geometria, els centroides d'aquesta geometria i el temps "fictici" com a 1 de febrer de l'any de l'incendi.

Per finalitzar aquest apartat de neteja i preparació de les dades, en la il·lustració 14 es pot veure com es crea un altre GDF, aquest amb la columna dels centroides com la geometria. Com la sortida de dades d'aquest GDF serà un fitxer CSV, ja que és el format necessari per poder realitzar tractament temporal, cal obtenir la latitud i longitud dels diferents centroides que, en el seu torn, es calculen a partir de les coordenades dels punts.

```
In [18]: # Creating new geopandas with centroids geometry
incendis_gp_cent = incendis_gp.set_geometry('centroids').drop(['geometry', 'time'], axis=1)

# Sets centroids as the active geometry column and exports it
incendis_gp_cent = incendis_gp.set_geometry('centroids').drop('geometry', axis=1)

# Calculate centroid coordinates
incendis_gp_cent['X_cent'] = incendis_gp_cent['centroids'].x
incendis_gp_cent['Y_cent'] = incendis_gp_cent['centroids'].y

# Calculate latitude and longitude columns
incendis_gp_cent['lat'] = incendis_gp_cent.apply\
    (lambda row: utm.to_latlon(row['X_cent'], row['Y_cent'], 31, 'T')[0], axis=1)

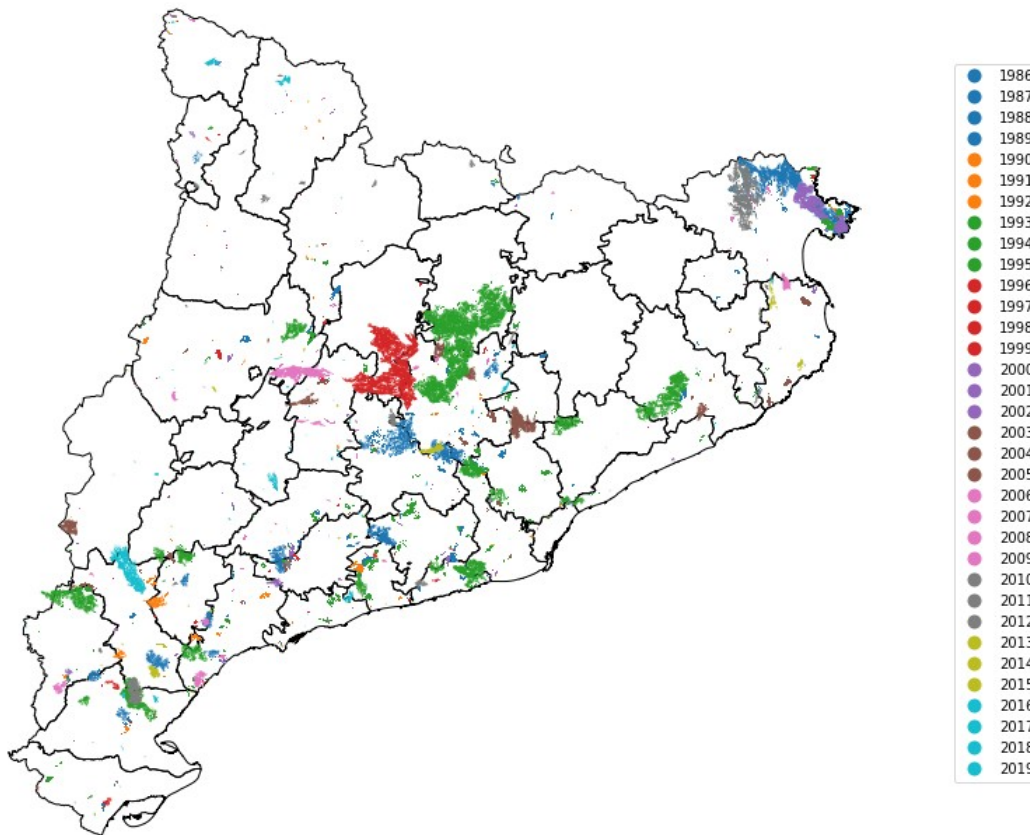
incendis_gp_cent['lon'] = incendis_gp_cent.apply\
    (lambda row: utm.to_latlon(row['X_cent'], row['Y_cent'], 31, 'T')[1], axis=1)
```

Il·lustració 14: Bloc de codi núm.6 del notebook de preparació de dades

En la il·lustració 15 es pot veure la visualització prèvia realitzada de la superfície de tots els incendis recollits agrupats per any. Finalment, en la il·lustració 16 es mostra el codi emprat per exportar els dos GDFs creats als fitxers que seran emprats en la següent fase per ArcGIS. De fet, el GDF amb els centroides com geometria, del que es desitja poder realitzar un tractament temporal, s'exporta a un fitxer de format CSV i el GDF amb les superfícies cremades dels incendis s'exporta a un Shapefile que, alhora, es comprimeix en un únic fitxer de format ZIP que serà el que es pujarà a ArcGIS.

3. Plotting wildfire geometries

```
In [19]: fig, ax = plt.subplots(1, 1, figsize=(12, 12))
carto base.plot(ax=ax, facecolor='none', edgecolor='k')
incendis_gp.plot(ax=ax, column='ANY', legend=True, legend_kwds={'loc':'center', 'bbox_to_anchor':(1.1, 0.5)})
ax.set_axis_off();
```



Il·lustració 15: Visualització prèvia de la geometria dels incendis per any

4. Exporting geopandas

```
In [20]: # Exporting to shapefile
# Shapfile wildfire gemetry
incendis_gp.drop(['centroids', 'time'], axis=1).to_file(driver='ESRI Shapefile',
                                                       filename='output/incendis_any' )

%cd output/incendis_any
!zip -FSr incendis_any.zip *
%cd {dir_actual}

# Exporting to CSV file to catch time values
incendis_gp_cent.to_csv('output/incendis_centroids_any.csv', index=False)

/media/josepm/Disc Dades/PlanB/MDS_UOC/Assignatures/TFM/Notebooks/output/incendis_any
updating: incendis_any.cpg (stored 0%)
updating: incendis_any.dbf (deflated 95%)
updating: incendis_any.prj (deflated 34%)
updating: incendis_any.shp (deflated 42%)
updating: incendis_any.shx (deflated 51%)
/media/josepm/Disc Dades/PlanB/MDS_UOC/Assignatures/TFM/Notebooks
```

Il·lustració 16: Bloc de codi núm.7 del notebook de preparació de dades

3.4 ArcGIS

Per la utilització de les eines ArcGIS s'ha creat un compte gratuït a la plataforma "ArcGIS for Developers"¹ a través de la qual es té accés a tots els serveis que mostra la il·lustració 17.

Paquets d'aplicacions

The screenshot displays the 'Paquets d'aplicacions' section of the ArcGIS for Developers platform. It is organized into three main categories:

- Office Apps Bundle:** Includes 'ArcGIS Maps for Office' and 'ArcGIS Maps for SharePoint'.
- Essential Apps Bundle:** Includes 'AppStudio', 'Configurable Apps', 'Organization Website', 'ArcGIS Dashboards', 'Experience Builder', 'QuickCapture Designer', 'ArcGIS StoryMaps', 'Hub Sites and Pages', 'Scene Viewer', 'Classic Story Maps', 'Map Viewer', and 'Web AppBuilder'.
- Field Apps Bundle:** Includes 'ArcGIS QuickCapture', 'Collector', 'Survey123', and 'Workforce'.

ArcGIS Runtime

The screenshot shows the 'ArcGIS Runtime' section, which contains a single application: 'ArcGIS Runtime Standard'.

Il·lustració 17: Serveis oferts per la plataforma "ArcGIS for Developers"

1 <https://developers.arcgis.com/>

Una vegada dins la plataforma, el primer que s'ha hagut de fer per poder treballar amb els diferents fitxers indicats en l'apartat anterior ha estat crear capes allotjades (Feature Layer) per tots els fitxers que es volen utilitzar en el mapa com a capes, això s'ha fet amb el mateix gestor de continguts de la plataforma que es mostra en la il·lustració 18.

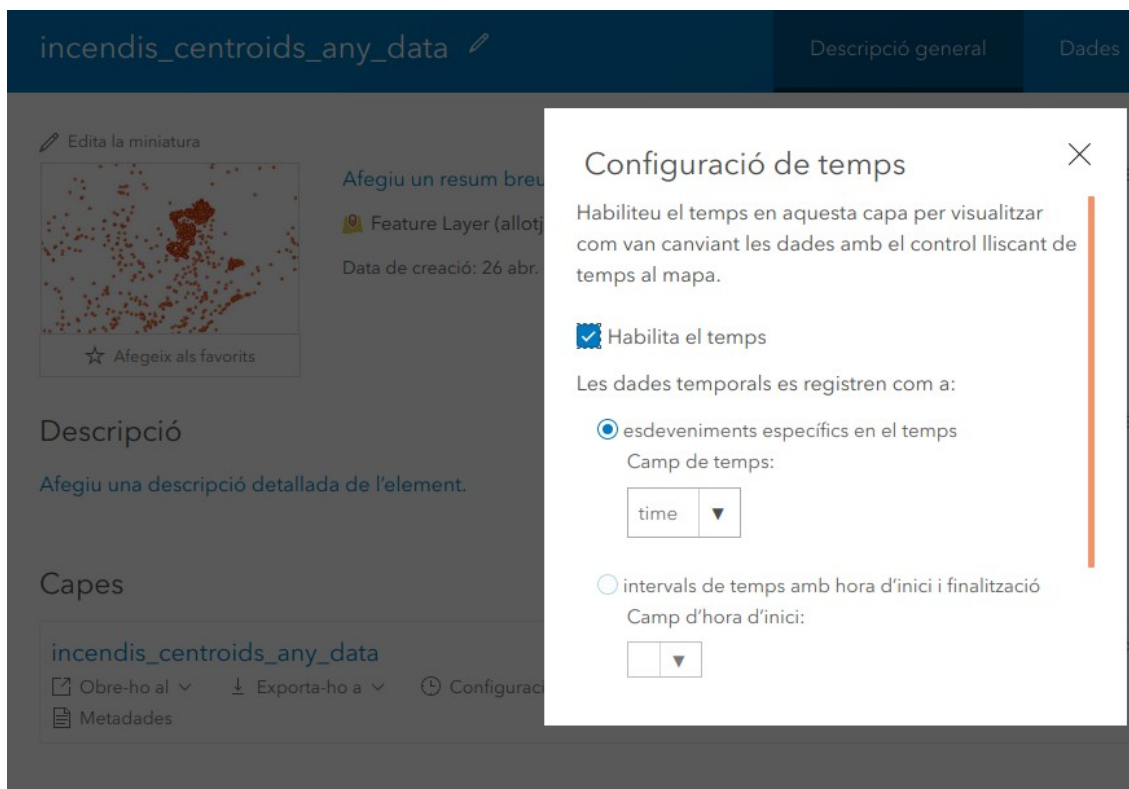
The screenshot shows the 'Contingut' (Content) management interface in ArcGIS for Developers. The top navigation bar includes 'Contingut', 'El meu contingut', 'Els meus favorits', 'Els meus grups', 'La meua organització', and 'Living Atlas'. Below the navigation bar, there are buttons for 'Afegeix un element' and 'Crea', a search bar with 'Cerca josepespa_dev', and options for 'Taula', 'Data de modificació', and 'Filtre'. The main content area displays a list of items under the folder 'josepespa_dev'. The list includes items like 'cobertes-sol-v1r0-201911', 'Web AppBuilder for ArcGis', 'TFM_test', 'TFM', and several 'incendis_centroids_any_data' items with different file formats (Feature Layer, CSV, Shapefile).

Titul	Data de modificació...
cobertes-sol-v1r0-201911	13 maig 2020
Web AppBuilder for ArcGis	3 maig 2020
TFM_test	3 maig 2020
TFM	3 maig 2020
incendis_centroids_any_data	26 abr. 2020
incendis_centroids_any_data	26 abr. 2020
incendis_centroids_any	26 abr. 2020
incendis_centroids_any	26 abr. 2020

Il·lustració 18: Gestor de continguts d'"ArcGis for Developers"

Així, s'han creat les següents capes allotjades:

- **incendis_centroids_any_data:** capa allotjada creada a partir del fitxer 'incendis_centroids_any.csv' comentat anteriorment. A remarcar que s'ha activat la configuració de temps d'aquesta capa, ja que es vol mostrar la informació d'aquesta capa amb tractament temporal, és a dir, poder veure l'evolució en el temps de la informació mostrada. Per poder emprar aquesta característica, s'ha hagut de crear la capa a partir d'un fitxer de format CSV i, a més, en la finestra de descripció de la capa allotjada, configurar el temps, tal com mostra la il·lustració 19.



Il·lustració 19: Configuració del temps en la capa allotjada

- **incendis_any:** capa allotjada creada a partir del fitxer de format Shapfile 'incendis_any' comentat anteriorment.

El següent pas, una vegada creades les capes allotjades, ha estat, mitjançant l'aplicació **ArcGIS Map Viewer**, crear el mapa base de l'App, carregant les diferents capes i configurant la seva visualització. En concret s'han creat les següents capes:

- **Incendis (ha) – heatmap:** capa basada en la informació continguda la capa allotjada 'incendis_centroids_any_data' comentada anteriorment. A partir del valor de superfície cremada per l'incendi corresponent del camp 'AREA_ha' es mostra un mapa de calor (heatmap) on el blau indica valors baixos i el groc

valors alts. A tenir en compte que aquest mapa de calor es va adaptant a mesura que l'usuari va modificant el nivell de zoom del mapa creant una visualització "dinàmica". Un altre aspecte a indicar és que, per aquesta capa concreta, s'ha deshabilitat l'animació del temps, ja que no es vol fer aquest tractament per aquesta capa en concret.

- **Incendis (símbols amb tractament temporal):** a l'igual que la capa anterior, aquesta també està basada en la informació continguda en la capa allotjada 'incendis_centroids_any_data'. En aquest cas s'ha optat per mostrar cada incendi com un símbol amb una mida que varia segons la seva superfície cremada (camp 'AREA_ha'). A diferència de la capa anterior, en aquesta sí que s'ha deixat habilitada l'animació del temps, això sí, s'ha configurat per tal que la visualització sigui correcta, en concret, especificant l'inici i fi com l'1 de gener del 1986 i el 31 de gener del 2019 i que la longitud de l'interval sigui d'un any, tal com es mostra en la il·lustració 20.

Configuració de temps ?

Velocitat de reproducció

Més lenta Més ràpida

Interval de temps

Arrossegueu els controls lliscants o feu clic a la línia de temps d'una capa per definir les hores d'inici i finalització.

Capas Línies temporals de la capa

Incendis (símbols amb tract...)

Hora d'inici: 1/1/1986 0:00

Hora de finalització: 31/12/2019 23:45

Visualització del temps

Especifiqueu la quantitat de dades que es mostraran alhora.

Longitud d'un interval de temps.

Recompte: 1 Unitats: Any

Temps total dividit en intervals iguals.

Recompte: 5

Amb el transcurs del temps visualitzeu només les dades en l'interval de temps actual.

visualitzeu progressivament totes les dades.

Inicia la reproducció a l'hora d'inici.

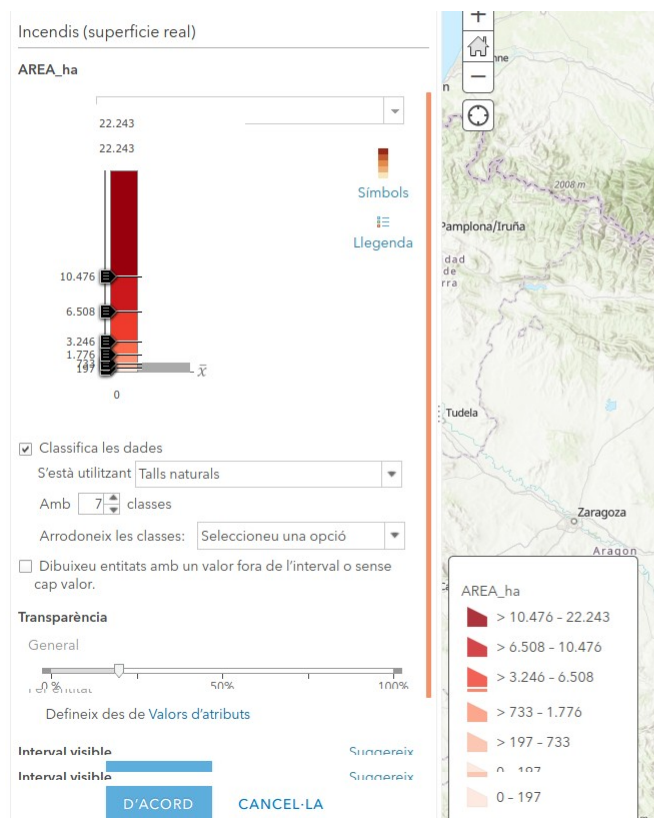
la posició de reproducció desada amb el mapa.

D'ACORD **CANCEL·LA**

Il·lustració 20: Configuració de temps de la capa amb tractament temporal

A títol de curiositat, respecte aquesta capa, indicar que l'anàlisi temporal cercada és l'evolució dels incendis al llarg dels diferents anys. En aquest sentit, recordar que en la columna de la data del fitxer d'origen de les dades (anomenada 'time'), totes les dates dels incendis s'han convertit a 1 de febrer de l'any corresponent, gràcies a aquest giny es pot assegurar que l'interval temporal de l'any que es mostra sempre correspon a tots els incendis de l'any, ja que, en cas de mantenir la data original, com l'interval temporal és de l'01/01/ any a l'01/01/(any+1), interval tancat, en cas d'existir algun incendi el primer dia de l'any, s'inclouria en la visualització de dos anys i, per tant, donaria lloc a una visualització errònia.

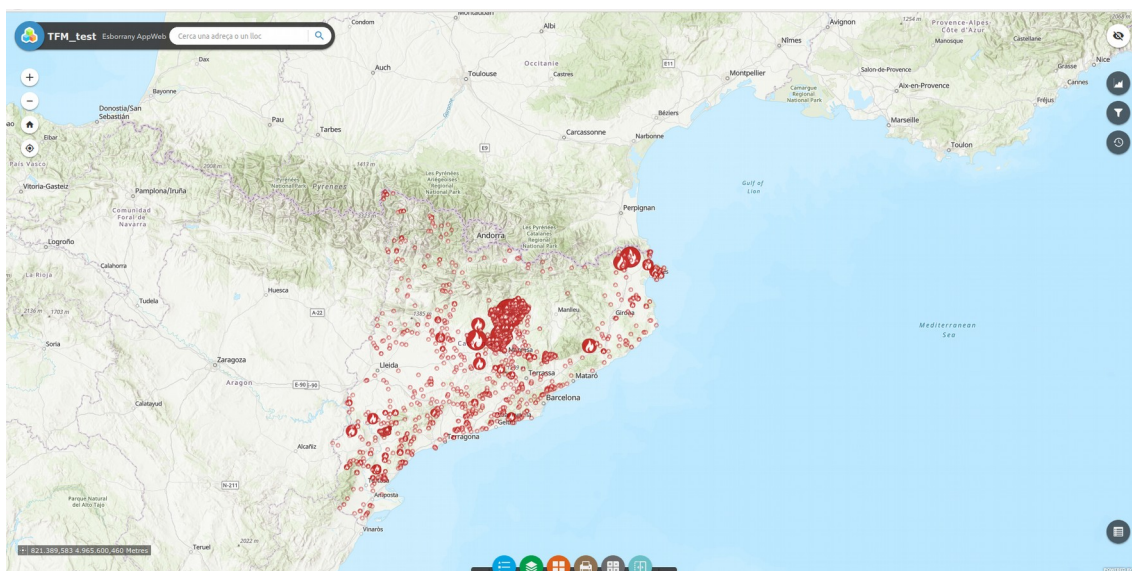
- **Incendis (superfície real):** capa basada en la informació continguda en la capa allotjada 'incendis_any', on es mostren les superfícies reals per cadascun dels incendis. L'estil triat és amb una gamma de color segons la superfície cremada (camp 'AREA_ha') que va del vermell més clar per incendis d'una superfície cremada inferior a vermell fosc pels incendis de major superfície cremada. Indicar que l'escala de superfície cremada s'ha agrupat en 7 classes corresponents a 7 tonalitats diferents, ja que s'ha considerat que d'aquesta manera s'obtenia un resultat més fàcilment entenedor per l'usuari. En la il·lustració 21 es pot veure el detall de configuració de l'estil d'aquesta capa.



Il·lustració 21: Configuració d'estil de la capa d'Incendis (superfície real)

- **Ortofotos històriques ICGC WMS):** capa creada a través del servei WMS d'ortofotos històriques de l'ICGC on es serveixen les ortofotos a escala 1:25.000, 1:5.000, 1:2.500 i 1:1.000, així com vols del 1945-46 a escala 1:10.000.
- **Ortofotos vigents (ICGC WMS):** capa creada a través del servei WMS de mapes i ortofotos vigents de l'ICGC del que s'han seleccionat únicament les ortofotos, que es disposen a escala 1:25.000, 1:5.000, 1:2.500 i 1:1.000, així com imatge satèl·lit a escala 1:250.000.

El darrer pas ha estat crear la Web App emprant l'eina **Web AppBuilder for ArcGIS**. Indicar que la Web App s'ha creat a partir del tema "Launchpad" disponible, que serà la que definirà el disseny general de l'app, que es mostra en la il·lustració 22, i s'ha aplicat sobre el mapa creat anteriorment amb el Map Viewer.



Il·lustració 22: Disseny general de l'app

A continuació es descriuen les principals funcionalitats que s'han creat a mode d'eines (widgets), començant per l'agrupació de l'extrem superior dret i acabant pels que es mostren a la part inferior central de l'app, en la il·lustració 23 es pot veure un detall de les agrupacions de widgets, així com la numeració emprada en la descripció. Indicar que la limitació a 3 widgets en l'agrupació superior dreta ha obligat a incorporar la resta de funcionalitats que es volien implementar en aquest TFM en l'agrupació inferior central.



Il·lustració 23: Detalls de les agrupacions d'eines inferior central (esquerra) i superior dreta (dreta)

Entre parèntesis s'indica el nom de la plantilla de widget emprada en l'eina Web AppBuilder for ArcGIS (configuració en català), en cas de ser diferent al nom del widget de l'app:

- **Eina núm. 1 - Gràfic d'incendis (Gràfic):** es mostren gràfics de columnes, de barres, circular i de línies del total de superfície anual cremada (suma del camp 'AREA_ha dels diferents incendis) i del nombre incendis per any (comptant el nombre d'entitats). A les il·lustracions 24 i 25 es mostra la configuració dels dos gràfics.

Configura Gràfic d'incendis

Gràfic d'incendis

Canvia la icona del widget

Més informació sobre aquest widget

Gràfics + Afegeix-ne un de nou

Nom
Superfície anual cremada
Incendis per any

Origen de dades: Defineix

Títol del gràfic:

Descripció:

Seleccioneu una manera d'analitzar i mostrar les dades com a gràfics.

Visualització del gràfic:

Per definir l'aspecte del gràfic, especifiqueu-ne el tipus i el color, així com els valors que s'han de representar:

Camp de categoria:

Camps de valors:

- X_cent
- Y_cent
- lat
- lon

Operació:

Tipus de gràfic:

- Gràfic de columnes
- Gràfic de barres
- Gràfic circular
- Gràfic de línies

Ordena per: Etiqueta

D'acord Cancel·la

Il·lustració 24: Configuració del gràfic de superfície anual cremada

Gràfic d'incendis

[Més informació sobre aquest widget](#)

Gràfics
+ Afegeix-ne un de nou

Configuració

Visualització prèvia

Definiu l'origen de dades, el títol i la descripció dels gràfics.

Origen de dades Defineix

Títol del gràfic

Descripció

Seleccioneu una manera d'analitzar i mostrar les dades com a gràfics.

Visualització del gràfic

Per definir l'aspecte del gràfic, especifiqueu-ne el tipus i el color, així com els valors que s'han de representar:

Camp de categoria

Tipus de gràfic

Gràfic de columnes
 Gràfic de barres

Gràfic circular
 Gràfic de línies

Ordena per

Etiqueta
 Valor

Definiu la visualització de mapa de les dades representades.

Símbol de selecció:

D'acord
Cancel·la

Il·lustració 25: Configuració del gràfic del nombre d'incendis per any

- **Eina núm. 2 - Filtre:** es permet filtrar els incendis mostrats al mapa segons els següents criteris: any de l'incendi, incendis entre un interval d'anys i incendis amb una superfície cremada superior a una determinada xifra, en hectàrees. La configuració d'aquestes funcionalitats és molt similar i únicament es mostra una d'elles a la il·lustració 26.

Il·lustració 26: Configuració del widget Filtre

- **Eina núm. 3 - Control lliscant de temps:** es mostra l'evolució temporal de la capa que té activat el tractament temporal, és a dir, Incendis (símbols amb tractament temporal) així com un controlador lliscant per poder canviar l'any mostrat. La seva configuració, una vegada fets tots els passos anteriors és molt simple i, principalment, cal indicar que es respecti la configuració de temps del mapa web. La il·lustració 27 mostra la configuració d'aquest widget.

Configura Control lliscant de temps

Control lliscant de temps

Canvia la icona del widget

[Més informació sobre aquest widget](#)

Configuració de temps

Respecta la configuració de temps al mapa web

Configura el temps

Configuració del control lliscant

Reprodueix el control lliscant automàticament

Repeteix el temps de manera contínua

Mostra els noms de les capes


Format de data i hora

7/21/2015

Il·lustració 27: Configuració del control lliscant de temps

- **Eina núm. 4 - Resum incendis Catalunya (1986-2019) (Resum):** es mostra un requadre amb la informació agregada de les dades que es mostren al mapa, segons el nivell de zoom. En concret, es mostra el nombre d'incendis, la superfície total cremada i la mida mitjana de l'incendi (ambdues darreres xifres en hectàrees), alhora, els diferents incendis es mostren agrupats en clústers. La configuració d'aquest widget es mostra en la il·lustració 28.

Configura Resum incendis Catalunya (1986-2019)



Resum incendis Catalunya (1986-2019)

[Més informació sobre aquest widget](#)

Canvia la icona del widget

Seleccioneu la capa de resum: Incendis (símbols amb tractament temporal)

Camp de filtre de la capa de resum: ANY

+ Afegeix un camp de resum

Tipus	Camp	Etiqueta	Accions
SUM	AREA_ha	Superfície total cremada (ha)	
AVG	AREA_ha	Tamany mig (ha)	

Etiqueta de recompte d'entitats Etiqueta de recompte d'entitats:


Mostra com a clústers de resum

Interval d'actualització (minuts):

Il·lustració 28: Configuració del widget Resum

- **Eina núm. 5 - Activa les capes d'ortofotos i compara l'històric (dreta) amb l'actual (esquerra) (Passa el dit):** es divideix verticalment la pantalla i es mostra a la dreta la capa d'ortofotos històriques i a l'esquerra la capa d'ortofotos actual. És molt important tenir les dues capes activades per poder veure aquest efecte. La seva configuració també és molt simple i únicament cal tenir cura de seleccionar la capa correcta a comparar, en aquest cas la d'ortofotos històriques., tal com es pot veure en la il·lustració 29.


Configura Activa les capes d'ortofotos i compara l'històric (dreta) amb l'actual (esquerra)




Activa les capes d'ortofotos i compara l'històric (dreta) amb l'actual (esquerra)

[Més informació sobre aquest](#)


Canvia la icona del widget




Barra vertical



Barra horitzontal



Lupa

Direcció 

Color de les barres

Mode del Swipe Una sola capa Diverses capes

Capes que es poden comparar

Incendis (ha) - heatmap

Incendis (símbols amb tractament temporal)

Incendis (superfície real)

Ortofotos històriques (ICGC WMS)

Ortofotos vigents (ICGC WMS)

Capes de comparativa per defecte

Ortofotos històriques (ICGC WMS)

Nota: si una capa queda amagada per les capes superiors, passar el dit no tindrà cap efecte.

Aplica el zoom a la capa de comparativa

Amaga la subfinestra de selecció de capes quan s'obri el widget

D'acord

Cancel

Il·lustració 29: Configuració del widget Passa el dit

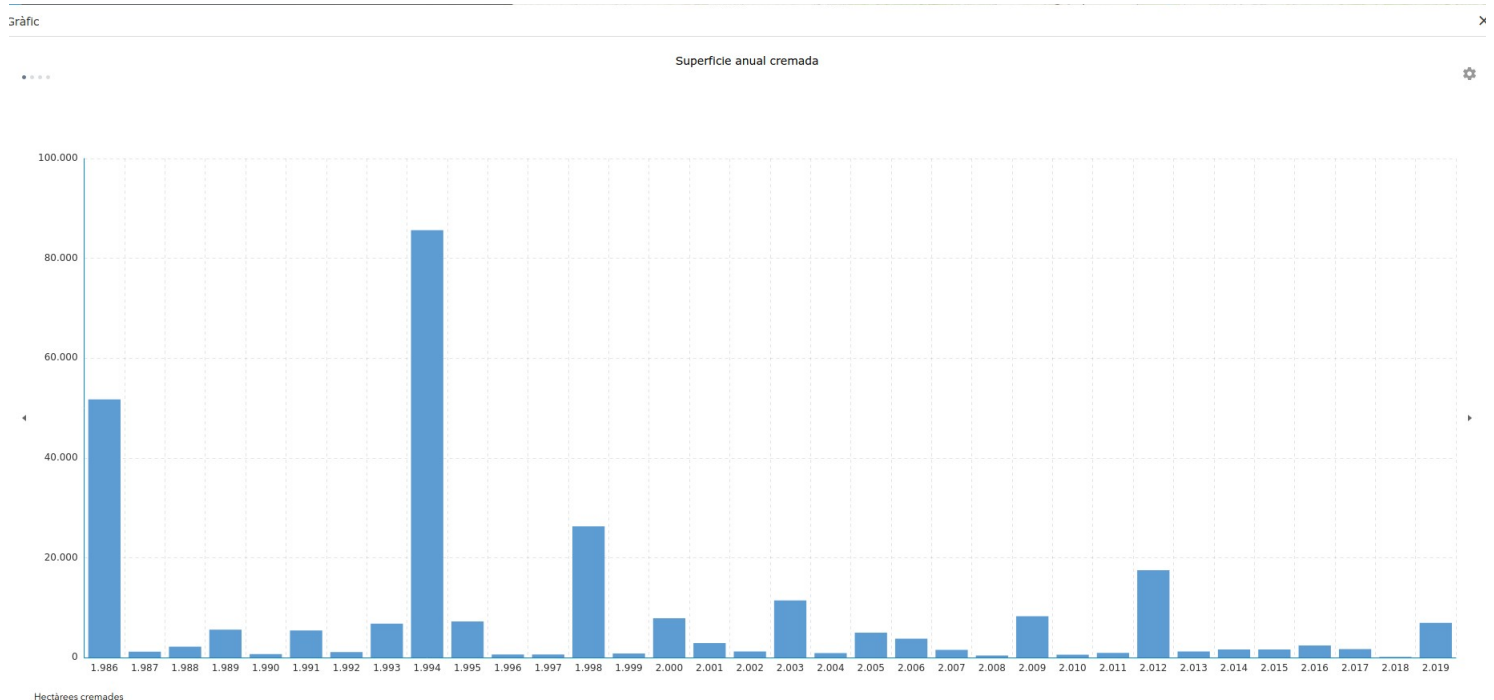
4. Resultats

El resultat final d'aquest TFM és la Web app accessible a través d'ordinador, mòbil o tauleta tàctil a través del següent enllaç:

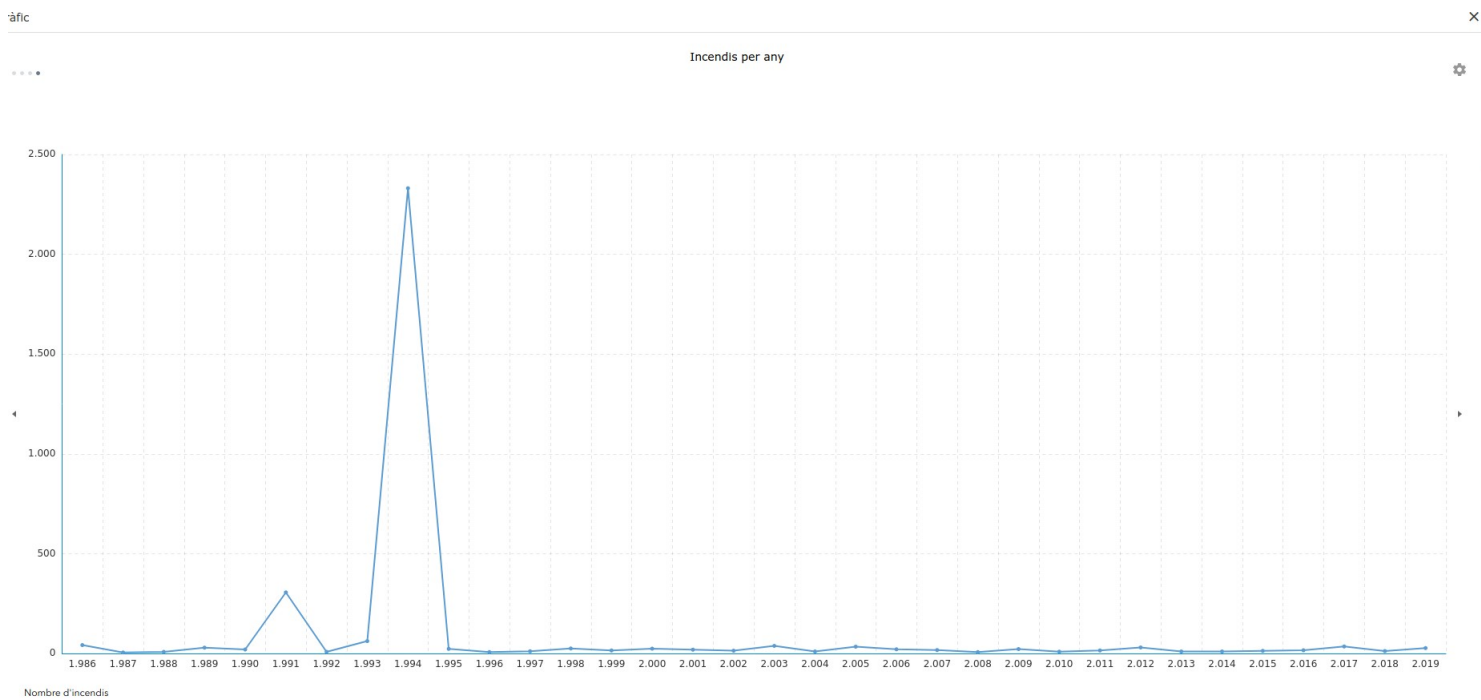
<https://josepespa-dev.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=53d8e8768c4b46f68e404d0ab4e8891c>

En l'apartat anterior d'implementació, concretament en el subapartat d'ArcGIS i més específicament en els paràgrafs on es detalla la implementació mitjançant l'eina **Web AppBuilder for ArcGIS** ja s'expliquen les característiques bàsiques de les principals funcionalitats implementades, en aquest apartat es mostraran els principals resultats d'aquestes funcionalitats o widgets, tot i això, cal tenir en compte que, al ser una eina interactiva, les possibilitats són múltiples essent, justament aquesta, la potència de l'eina creada.

Així, en les il·lustracions 30 i 31 es mostren dos gràfics, a títol d'exemple, del resultat obtingut de l'eina "Gràfic d'incendis" per tots els incendis de Catalunya del 1986 al 2019. El primer un gràfic de barres de la superfície total cremada pels diferents incendis segons l'any i el segon un gràfic de línies amb el nombre d'incendis per any.

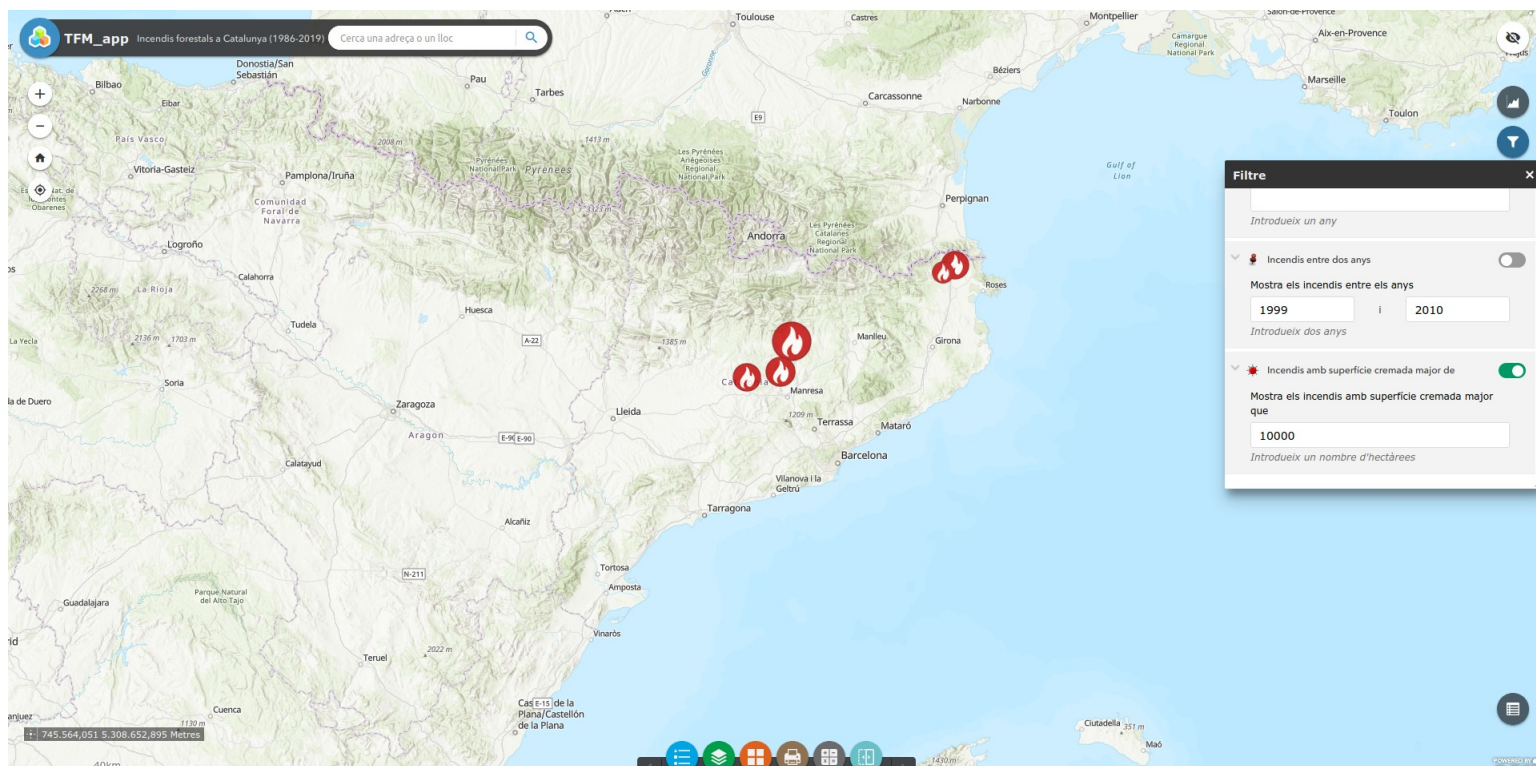


Il·lustració 30: Gràfic de barres de la superfície anual cremada

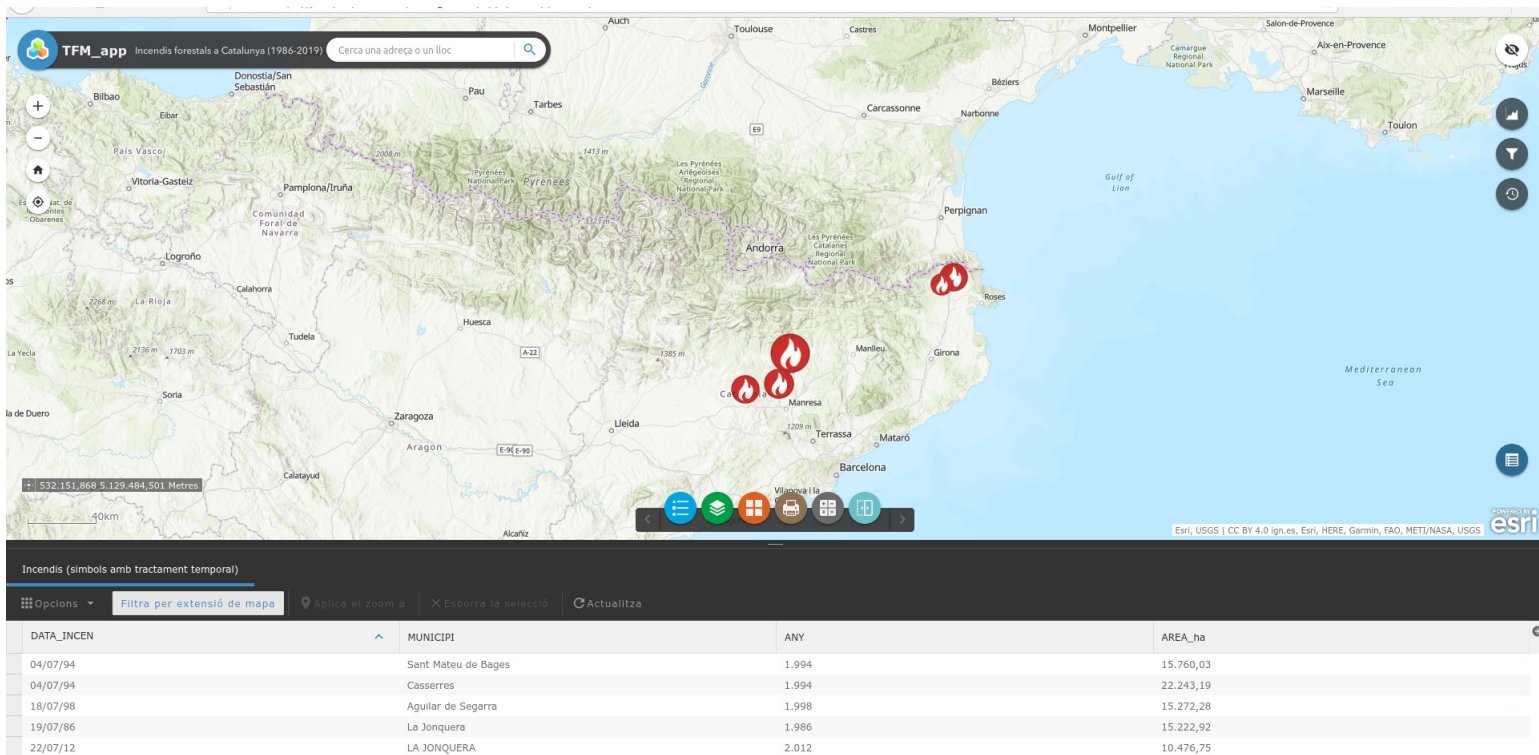


Il·lustració 31: Gràfic del·línies del nombre d'incendis per any

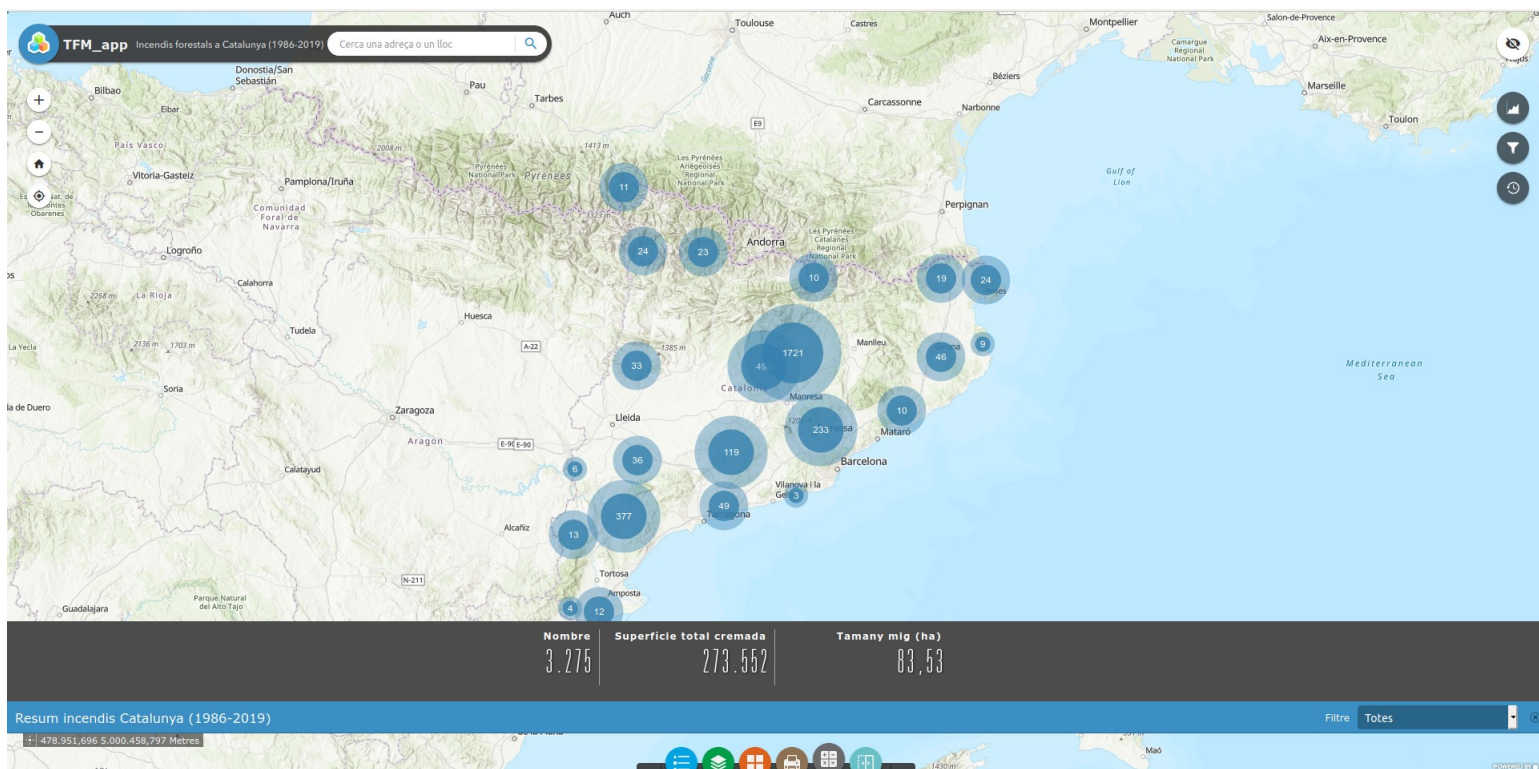
D'altra banda, a les il·lustracions 32 i 33 es pot veure el resultat de l'aplicació de l'eina "Filtre", en ambdós casos, mostrant els incendis amb una superfície total cremada superior a 10.000 ha i on es pot comprovar en la taula de valors que s'observa en la segona il·lustració que, efectivament, s'ha aplicat correctament el filtre. Igualment, les dades resultants d'aplicar l'eina "Resum" es poden veure en la il·lustració 34.



Il·lustració 32: Filtre amb els incendis de superfície cremada major a 10.000ha

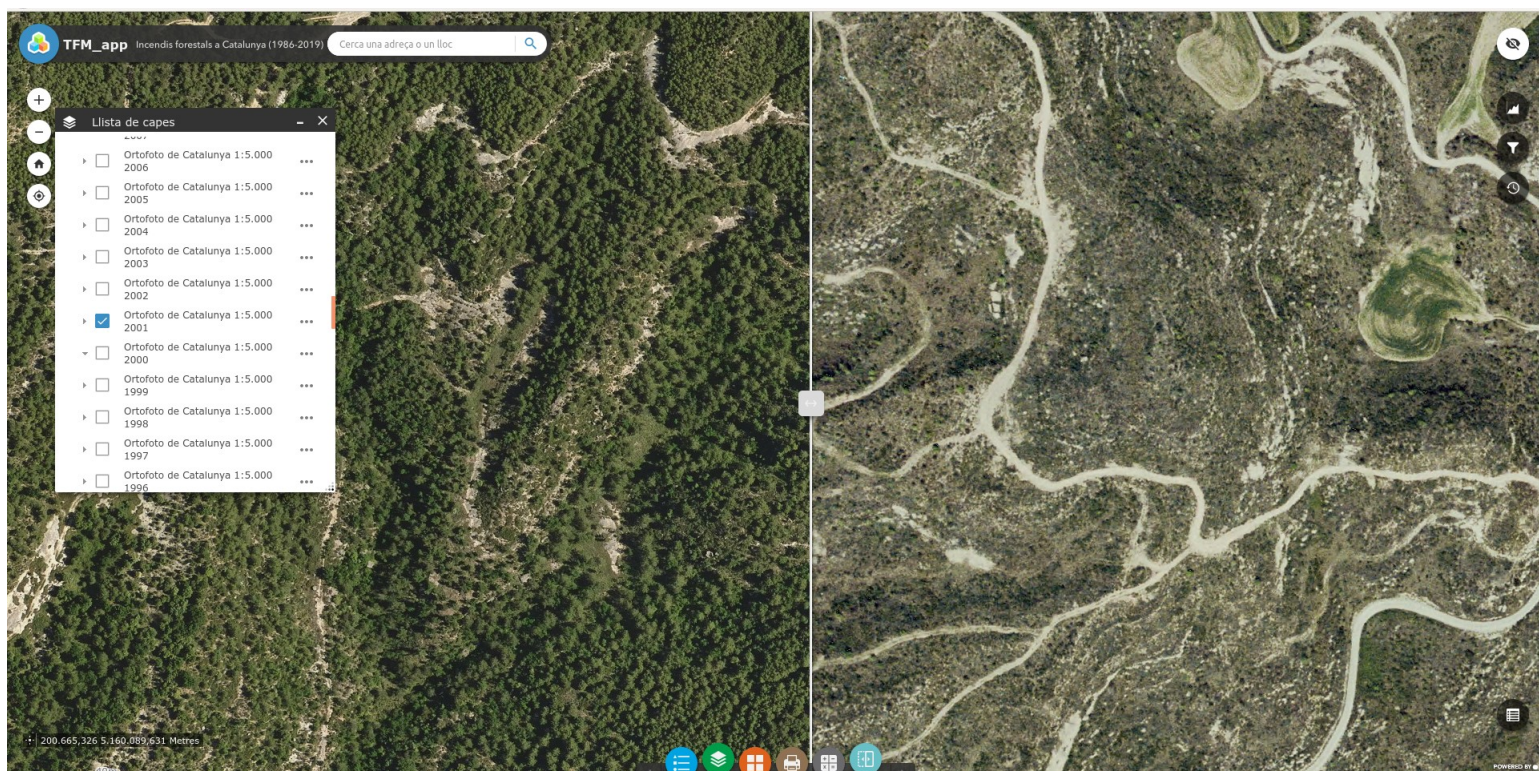


Il·lustració 33: Taula de resultats d'aplicar el filtre segons el criteri de superfície cremada major a 10.000ha



Il·lustració 34: Visualització de les dades de resum d'incendis

Finalment, en la il·lustració 35 es mostra la funcionalitat "Passa el dit", concretament aplicada sobre la superfície cremada per un incendi al 1994. S'observa a l'esquerra l'ortofoto vigent, més de 25 anys després, amb la massa forestal relativament recuperada, i a la dreta, una ortofoto històrica, la primera que recull les conseqüències de l'incendi, i es pot copsar clarament la devastació que va suposar l'incendi. Cal indicar que el requadre que mostra l'app és el mateix a les dues fotos i la barra vertical que pot desplaçar l'usuari fa que aparegui sobre cada punt mostrar una imatge o l'altra, "escombrant" les ortofotos segons voluntat.



Il·lustració 35: Resultat del widget "Passa el dit" sobre un incendi del 1994

5. Conclusions

En aquest TFM s'ha aconseguit crear una visualització interactiva dels incendis forestals a Catalunya en els darrers 30 anys, emprant una de les darreres tecnologies SIG disponibles, concretament la plataforma ArcGIS Online. El resultat ha estat una web app interactiva, allotjada en el núvol, accessible tant des de l'ordinador, mòbil o tauleta tàctil.

Per a la creació de l'app s'han emprat dades disponibles en obert d'incendis forestals, així com de cartografia i ortofotos. En una primera fase, les dades obtingudes han requerit un processat, neteja i transformació inicials, que s'ha realitzat mitjançant programació amb Python, per tal d'assegurar que tenen la informació i el format requerits. Tot i això, una vegada finalitzat aquest tractament inicial, tota la implementació de l'app s'ha pogut realitzar mitjançant les eines disponibles a la plataforma "ArcGIS for Developers", personalitzant diferents funcionalitats i plantilles, sense necessitat de programar res més. Cal destacar aquest punt per posar en valor les eines SIG de darrera generació que possibiliten aconseguir un producte amb un bon nivell d'acabat sense haver de preocupar-se l'usuari d'aspectes de programació, ja sigui de la mateixa plataforma com del servidor, oferint, al cap i a la fi, un producte de tipus SaaS (Software as a Service).

Així doncs, d'una banda, aquest TFM ha suposat poder copsar en primera persona aquesta potència de les eines SIG de darrera generació, tant a nivell d'usabilitat com de resultat final. D'altra banda, però, a mode de lliçó apresat, també ha suposat descobrir la quantitat de feina que hi ha darrere d'una senzilla visualització, mapa o, fins i tot, capa. Certament, a l'etapa inicial del TFM, la llista d'objectius volia ser molt àmplia i ambiciosa però en posteriors etapes, aquesta llista ha calgut ajustar-la als recursos disponibles a mesura que s'anaven materialitzant les diferents tasques associades als objectius.

Finalment, cal tenir en compte que durant la realització d'aquest TFM ha esclatat la pandèmia del COVID-19. Aquest fet no només ha alterat la programació inicial prevista en el treball, sinó que ha afectat de manera directa el programari disponible d'accés gratuït. Per tant, això ha implicat adaptar la metodologia de treball a les eines gratuïtes disponibles per tal d'aconseguir els resultats volguts en el present TFM.

6. Línies de treball futures

Com a futures línies de treball, es plantegen les tres següents:

1. Una vegada l'eina d'ArcGIS Pro sigui un altre cop d'accés lliure es podria incorporar informació d'altres àmbits com les cobertes de sòl o les dades meteorològiques per tal de poder fer una anàlisi més enriquida i completa dels incendis i la seva casuística.
2. Optimitzar la càrrega de dades des de Jupyter Notebook, usant les eines que aporta ArcGIS PRO.
3. Incorporar tots els resultats obtinguts en una narrativa visual al voltant dels incendis forestals a Catalunya a mode d'StoryMap.

7. Glossari

GIF Gran Incendi Forestal, entès com un incendi que es propaga amb rapidesa i intensitat, provocant la superació de la capacitat d'extinció. Habitualment es considera que tenen aquestes característiques els incendis amb una superfície cremada superior a les 500 hectàries.

Jupyter Notebook, entorn de programació interactiu basat en una plataforma web, sorgit del projecte Jupyter (organització sense ànim de lucre) i de llicència OpenSource.

Freenium, model de negoci basat en oferir de manera gratuïta determinats serveis bàsics, mentre que es cobra per altres més avançats.

Servei WFS, servei de consulta de dades georeferenciades retornades per un servidor a partir de bases de dades SIG.

Servei WMS, servei de consulta d'imatges georeferenciades generades per un servidor de mapes a partir de bases de dades SIG.

Widget, element d'una interfície gràfica d'usuari a través del qual s'estableix la interacció entre l'usuari i el programa o l'aplicació.

8. Bibliografia

Assessor's Office Information (2018). "Maricopa County Assessor Parcel Viewer". *Maricopa county* [en línia]. [Data de consulta: 6 de juny de 2020]. <<https://maps.mcassessor.maricopa.gov/>>

Carter, J. Chris (2019). *Introduction to human geography: using ArcGIS online* [Introducció a la geografia humana: utilització d'ArcGIS online]. Redlands, California: Esri Press.

Col·laboradors de la Viquipèdia (2017). "Sistema d'informació geogràfica" [en línia]. [Data de consulta: 22 de març de 2020]. <https://ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_d%27informaci%C3%B3_geogr%C3%A0fica&oldid=18488969>

Lloret, Francisco (2017). "Incendis forestals: aprenent de la bèstia". *CREAF el Blog* [en línia]. [Data de consulta: 22 de març de 2020]. <<http://blog.creaf.cat/coneixement/incendis-forestals-aprenent-de-la-bestia/>>

Lozano, Oscar (2010). "Localización de áreas prioritarias de actuación para la ubicación de cortafuegos usando software libre GIS: gvSIG, SEXTANTE y PostGIS". *Projecte final de carrera*. Universitat Oberta de Catalunya.

Maryland Department of Transportation (2020). "MDOT Annual Average Daily Traffic(AADT) Locator" [en línia]. [Data de consulta: 6 de juny de 2020]. <<https://maryland.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=223148a698214294a7b43ed612a4e67d>>

Miralles, Ricard (2016). "Anàlisi climàtica i ambiental dels incendis forestals de Catalunya (1968-2008)". *Tesi doctoral*. Universitat de Barcelona.

National Aeronautics and Space Administration – NASA (2020). "Bushfires in Australia (Sep 2019 – Jan 2020)". *NASA Earth Observing System Data and Information System (EODIS)* [en línia]. [Data de consulta: 27 de març de 2020]. <<https://go.nasa.gov/2UKUjt8>>

P. E. (2019). "La Ribera d'Ebre concentra el 90% de la superfície que s'ha cremat aquest estiu". *Ara.cat* [en línia]. [Data de consulta: 22 de març de 2020]. <https://www.ara.cat/societat/Ribera-Ebre-foc-important-estiu-temporada-incendis_0_2310369171.html>

Pastor, Elsa (2009). "La tecnologia aplicada a l'estudi del comportament dels incendis forestals". *Revista de tecnologia* (pàg. 13-20).

Piqué, Míriam et al. (2011). *Integració del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de*

capçades (Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya – ORGEST). Generalitat de Catalunya.

The Trust for Public Land (2014) "Urban Heat Risk Explorer" [en línia]. [Data de consulta: 6 de juny de 2020]. <<http://tplgis.org/UrbanHeatRiskApp/index.html>>