UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ÁVILA

Facultad de Ciencias y Artes

UCAV

www.ucavila.es

TRABAJO FIN DE GRADO

Correspondiente a la titulación de

GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL

Título del Trabajo Fin de Grado

DESARROLLO DE UN VISOR SIG EN ENTORNO WEB PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL EN ANDALUCÍA

ALUMNO/A: ÁLVARO ARROYO CALZADA

DIRECTOR/A: JUAN CARLOS LÓPEZ ALMANSA-JAVIER VELÁZQUEZ SAORNIL

CONVOCATORIA	JUNIO	**CURSO ACADÉMICO**	2023/2024

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS 5
ÍNDICE DE IMÁGENES 6
ABREVIATURAS 8
RESUMEN 9
1. INTRODUCCIÓN 13
2. OBJETIVOS 15
3. ANTECEDENTES 16
4. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO 16
4.1 CLIMATOLOGÍA 16
4.2 EDAFOLOGIA Y GEOLOGÍA 19
4.1 HIDROGRAFÍA 21
4.2 VEGETACIÓN 22
4.3 RELIEVE 26
4.4 INCENDIOS FORESTALES 28
4.4.1 INTRODUCCIÓN 28
4.4.2 NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES 28
4.4.3 SUPERFICIE AFECTADA POR LOS INCENDIOS FORESTALES 29
4.4.4 CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES 30
4.5 MEDIO SOCIOECONÓMICO 31
5. DISEÑO DEL VISOR 33
5.1 DESCRIPCIÓN DEL VISOR 33
5.1.1 INTRODUCCIÓN 33
5.1.2 COMPONENTES 34
5.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO 36
5.2 DATOS UTILIZADOS 37
5.2.1 ÍNDICE METEOROLÓGICO DE RIESGO DE INCENDIO 37
5.2.2 SERVICIO WEB DE CONSULTA DE DATOS DE LA AEMET 38
5.2.3 MAPAS BASE 39
5.2.4 RELACIÓN MUNICIPIOS-PROVINCIAS 39
5.2.5 LÍMITE ANDALUCÍA 39
5.2.6 PROVINCIAS 40

5.2.7 MUNICIPIOS 40
5.2.8 MAPA FORESTAL DE ESPAÑA 40
5.2.9 RED DE ESPACIOS NATURALES 41
5.2.10 MODELOS DE COMBUSTIBLE 41
5.2.11 FOCOS DE INCENDIOS DETECTADOS 42
5.2.12 MUNICIPIOS CON PELIGRO DE INCENDIO 42
5.2.13 RIESGO OROGRÁFICO DE INCENDIOS 42
5.2.14 ÁREAS RECORRIDAS POR EL FUEGO 43
5.2.15 CATASTRO 43
5.2.16 ORIENTACIONES 44
5.2.17 PENDIENTES 44
5.2.18 ALTITUDES 44
5.2.19 FOCOS DE INCENDIOS DEL SERVICIO NASA FIRMS 45
5.3 FUNCIONALIDADES DEL VISOR 45
5.3.1 INTRODUCCIÓN 45
5.3.2 ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL 46
5.3.2.1 ELECCIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS 46
5.3.2.2 ESTIMACIÓN MEDIANTE VARIABLES METEOROLÓGICAS 52
5.3.2.3 ANÁLISIS MEDIANTE MODELO DE COMBUSTIBLE 54
5.3.2.4 ANÁLISIS MEDIANTE LA PENDIENTE 58
5.3.3 RECOPILACIÓN, REGISTRO Y ANÁLISIS DE FOCOS DE INCENDIO FORESTAL 61
5.3.3.1 RECOPILACIÓN DE DATOS FOCOS DE INCENDIOS 61
5.3.3.2 REGISTRO DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS 90
5.3.3.3 ANÁLISIS DE FOCOS DE RIESGO DE INCENDIOS 99
5.4 HERRAMIENTAS ASOCIADAS 119
5.5 ENTORNO TECNOLÓGICO 143
5.5.1 SERVIDOR SIG ARCGIS ONLINE 143
5.5.2 CONSTRUCTOR DE APLICACIONES WEB APPBUILDER 144
5.5.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN 148
5.5.4 REPOSITORIO DE CÓDIGO FUENTE Y SERVICIO DE HOSTING 149
6. CONCLUSIONES Y MEJORAS 150
REFERENCIAS 151

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, Juan Carlos López Almansa y Javier Velázquez Saornil, por su dedicación a la hora guiarme y resolverme todas las dudas que se me han planteado durante el desarrollo de este TFG. Y por la rapidez en sus respuestas.

A Irene Gil Llorente, por su ayuda en la revisión. ¡Gracias!.

A todas las personas que de forma altruista responden a las consultas que cientos de personas escriben en foros de Tecnologías de la Información, que los hacen una inestimable fuente de conocimiento, lo que redunda en un considerable ahorro de tiempo a la hora de desarrollar cualquier trabajo. Algunos de estos foros son.

- *RedIRIS. Sistemas de Información Geográfica y Cartográfica*
- *Esri Community*
- *Stack Overflow*
- *Microsoft Q&A*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos utilizados 11
Tabla 2: Tecnología utilizada 12
Tabla 3: Regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía 18
Tabla 4: Unidades geológico-edáficas de Andalucía 19
Tabla 5: Unidades de relieve 27
Tabla 6: Enlaces pantalla principal 35
Tabla 7: Valores del riesgo de incendio por modelo de combustible 58
Tabla 8: Valores del riesgo de incendio por pendiente 61
Tabla 9: Datos cuenta correo para la recepción de focos de incendios de la NASA FIRMS 62
Tabla 10: Datos asociados a focos de incendios 62
Tabla 11: Información de provincias a recopilar en el registro de focos 78
Tabla 12: Información de municipios a recopilar en el registro de focos 78
Tabla 13: Información catastral a recopilar en el registro de focos 79
Tabla 14: Información de especies, y FCC a recopilar en el registro de focos 81
Tabla 15: Información de modelos de combustible a recopilar en el registro de focos 83
Tabla 16: Información de orientación a recopilar en el registro de focos. 84
Tabla 17: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos 86
Tabla 18: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 87
Tabla 19: Información de temperatura a recopilar en el registro de focos 89
Tabla 20: Información de humedad a recopilar en el registro de focos 89
Tabla 21: Información de viento a recopilar en el registro de focos 89

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía 17
Figura 2: Regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía 22
Figura 3: Unidades de relieve 27
Figura 4: Evolución incendios forestales 1990-2021 29
Figura 5: Evolución superficie afectada por incendio forestal 1988-2020 30
Figura 6: Nº incendios por causas 1990-2020 31
Figura 7: Panel de introducción 34
Figura 8: Pantalla principal 35
Figura 9: Diagrama de flujo del visor 37
Figura 10: Enlace índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía 47
Figura 11: Aviso cambio URL del índice de riesgo meteorológico de incendio forestal 48
Figura 12: Descarga imagen índice de riesgo meteorológico de incendio forestal 49
Figura 13: Ejemplo índice de riesgo meteorológico de incendio forestal 50
Figura 14: Visualización capa “Riesgo Orográfico de Incendios” 51
Figura 15: Visualización capa “Municipios con Peligro de Incendio” 52
Figura 16: Herramienta predicción meteorológica 53
Figura 17: Herramienta búsqueda de provincia y municipio 55
Figura 18: Activación capa modelos de combustible superficial Rothermel 56
Figura 19: Visualización de datos de modelo de combustible 1 57
Figura 20: Visualización de datos de modelo de combustible 2 57
Figura 21: Activación de capa de pendientes 59
Figura 22: Visualización de datos de pendientes 1 60
Figura 23: Visualización de datos de pendientes 2 60
Figura 24: Ámbito recepción correos focos de incendios del servicio NASA FIRMS 62
Figura 25: Visualización correo de recepción de focos de incendios de NASA FIRMS 68
Figura 26: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS 69
Figura 27: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS 70
Figura 28: Apertura herramienta "Añadir capas" 71
Figura 29: Navegación al fichero KML 72
Figura 30: Carga del foco de incendio en el mapa 73
Figura 31: Visualización del foco de incendio en el mapa 74
Figura 32: Visualización de información del foco de incendio 75
Figura 33: Recopilación de información de capas 76
Figura 34: Maximización de la ventana emergente 1 77
Figura 35: Maximización de la ventana emergente 2 77
Figura 36: Información de provincias a recopilar en el registro de focos de incendios 78
Figura 37: Información de municipios a recopilar en el registro de focos 79
Figura 38: Información de referencia catastral a recopilar en el registro de focos 80

Figura 39: Datos de la parcela catastral 81
Figura 40: Información de especies, FCC a recopilar en el registro de focos 1 82
Figura 41: Información de especies, y FCC a recopilar en el registro de focos 2 82
Figura 42: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 1 83
Figura 43: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 2 84
Figura 44: Información de orientación a recopilar en el registro de focos 1 85
Figura 45: Información de orientación a recopilar en el registro de focos 85
Figura 46: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos1 86
Figura 47: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos 2 87
Figura 48: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 1 88
Figura 49: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 2 88
Figura 50: Activación capa foco de incendios detectados 90
Figura 51: Aviso capa foco de incendios detectados no activa 91
Figura 52: Abrir herramienta crear foco de incendio 92
Figura 53: Pulsar la opción New Feature herramienta crear foco de incendio 93
Figura 54: Zoom máximo herramienta crear foco de incendio 94
Figura 55: Rellenar datos herramienta crear foco de incendio 95
Figura 56: Resultado final herramienta crear foco de incendio 96
Figura 57: Selección foco para su posterior eliminación 1 97
Figura 58: Selección foco para su posterior eliminación 2 98
Figura 59: Eliminar foco 99
Figura 60: Focos de incendios detectados 100
Figura 61: Abrir herramienta análisis de focos de incendios 101
Figura 62: Selección categoría gráfico herramienta análisis de focos de incendios 102
Figura 63: Dibujo zona de análisis herramienta análisis de focos de incendios 103
Figura 64: Generación gráfico herramienta análisis de focos de incendios 104
Figura 65: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 1 105
Figura 66: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 2 105
Figura 67: Volver atrás herramienta análisis de focos de incendios 1 106
Figura 68: herramienta análisis de focos de incendios 2 107
Figura 69: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por origen 108
Figura 70: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por modelo de combustible 109
Figura 71: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por provincia 110
Figura 72: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie principal 111
Figura 73: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie secundaria 112
Figura 74: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por pendiente 113
Figura 75: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por altitud 114
Figura 76: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por temperatura 115
Figura 77: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por humedad 116
Figura 78: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por velocidad del viento 117
Figura 79: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por FCC 118

Figura 80: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por superficie quemada 119
Figura 81: Herramienta identificación 120
Figura 82: Resultados herramienta identificación 121
Figura 83: Herramienta búsqueda de provincia o municipio 122
Figura 84: Resultados herramienta búsqueda de provincia o municipio 123
Figura 85 Herramienta lista de capa 124
Figura 86: Activación capas herramienta lista de capas 125
Figura 87: Herramienta medición 126
Figura 88: Herramienta medición superficies 127
Figura 89: Selección unidades herramienta medición superficies 128
Figura 90: Dibujo área medición y resultados herramienta medición superficies 129
Figura 91: Herramienta medición longitud 130
Figura 92: Selección unidades herramienta medición longitud 131
Figura 93: Dibujo línea medición y resultados herramienta medición longitud 132
Figura 94: Herramienta impresión 133
Figura 95: Selección parámetros herramienta impresión 134
Figura 96: Impresión mapa herramienta impresión 1 135
Figura 97: Impresión mapa herramienta impresión 2 136
Figura 98: Resultados herramienta impresión 137
Figura 99: Herramienta mapas base 138
Figura 100: Selección mapa base herramienta mapas base 139
Figura 101: Selección sistema de coordenadas herramienta coordenadas 140
Figura 102: Activación herramienta coordenadas 141
Figura 103: Elección punto herramienta coordenadas 142
Figura 104: Herramienta escala 143
Figura 105: Mapa web en ArcGIS Online 144
Figura 106: Contenido de la carpeta principal del visor 146
Figura 107: Estructura de carpetas y ficheros de las herramientas 146
Figura 108: Contenido del fichero manifest.json y descripción de propiedades 147

ABREVIATURAS

- AEMET: Agencia Estatal de Meteorología
- ESRI: Environmental Systems Research Institute (Empresa)
- FIRMS: Fire Information for Resource Management System
- IGN: Instituto Geográfico Nacional

- NASA: National Aeronautics and Space Administration
- Plan INFOCA: Plan de Lucha contra los Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Andalucía
- REDIAM: Red de Información Ambiental de Andalucía. (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)
- SIG: Sistema de Información Geográfica
- WMS: Web Map Service

RESUMEN

En los últimos años debido al aumento de las temperaturas por el cambio climático, la despoblación de áreas rurales, el abandono de los montes y de las actividades que en ellos se realizaban (pastoreo, explotación selvícola, actividad agrícola e intervenciones humanas en general), y el consiguiente aumento de combustible vegetal en los mismos, el riesgo de incendio forestal se ha visto multiplicado, por lo que es necesario tener herramientas que de una forma rápida y cómoda ayuden en la toma de decisiones para prevenir o disminuir este riesgo.

En el presente Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Forestal de la UCAV (en adelante TFG) se ha desarrollado un Visor SIG público (en adelante visor), en entorno web, con software y datos gratuitos y de libre acceso, con las siguientes funcionalidades principales.

- Estimar el riesgo de incendio forestal mediante variables meteorológicas (temperatura, humedad y viento), de pendiente, y de modelos de combustible, a nivel de municipio de Andalucía
- Registrar los focos de incendios detectados por el servicio NASA FIRMS en Andalucía y zonas limítrofes, recibidos en una cuenta de correo electrónico creada para tal uso. Las características del foco de incendio a recopilar se obtienen de las capas graficas que contiene el visor, o de un estudio sobre el terreno del foco de incendio, como en el caso del origen y la superficie quemada

  Estas características son.

  - ✓ Origen
  - ✓ Provincia
  - ✓ Municipio
  - ✓ Especie principal
  - ✓ Especie secundaria
  - ✓ FCC
  - ✓ Pendiente

- ✓ Altitud
- ✓ Temperatura
- ✓ Humedad
- ✓ Velocidad del viento
- ✓ Superficie quemada

- Analizar las características de los focos de incendios detectados mediante gráficos, para poder detectar patrones comunes sobre en qué zonas, por qué motivos, y qué características han tenido los incendios forestales ocurridos en el pasado, ya que lo ocurrido en el pasado puede volver a ocurrir en el futuro. Y de esta manera quizás podamos adelantarnos al inicio de un incendio forestal

Para lograr estos objetivos se han desarrollado una serie de herramientas principales sobre el visor.

Predicción meteorológica. Para estimar el riesgo de incendio forestal mediante variables meteorológicas a nivel de municipio.

Lista de capa, Identificación y Leyenda. Para estimar el riesgo de incendio forestal mediante la de pendiente y los modelos de combustible, a nivel de municipio.

Crear foco incendio. Para registrar y visualizar en una capa gráfica los focos de incendios detectados por el servicio NASA FIRMS, y sus datos asociados.

Análisis de Focos de Incendios Forestales. Para analizar mediante gráficos las características de los focos de incendios detectados, y que se han registrado con la herramienta anterior "**Crear foco incendio**"

Además de estas herramientas principales, el visor cuenta con otras herramientas de apoyo.

- ✓ Búsqueda de provincia o municipio
- ✓ Medición de superficies y distancias
- ✓ Impresión
- ✓ Añadir datos
- ✓ Galería de mapas base (callejero, ortofoto, topográfico)
- ✓ Visualización de coordenadas
- ✓ Visualización de mapas base

El ámbito de trabajo del visor es Andalucía.

Las herramientas del visor usan unos datos cuyo acceso es libre y gratuito. Todos estos datos, junto con su proveedor se pueden consultar en la Tabla 1.

Tabla 1: Datos utilizados

DATO	TIPO	PROVEEDOR
Índice meteorológico de riesgo de incendio en Andalucía	Página web	Portal Ambiental de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul
Servicio web de consulta de datos de la AEMET	Servicio web	Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
Focos de incendios del Servicio NASA FIRMS	Fichero KML	Servicio NASA FIRMS
Mapas base	Servicio web Map Server de ESRI	ESRI
Límite Andalucía	Servicio web Feature Server de ESRI	IGN
Provincias	Servicio web Feature Server de ESRI	IGN
Municipios	Servicio web Feature Server de ESRI	IGN
Relación municipios-provincias Andalucía	Servicio web Feature Server de ESRI	Elaboración propia
Mapa forestal de España	Servicio web WMS	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España
Red de espacios naturales protegidos	Servicio web WMS	REDIAM
Modelos de combustible	Servicio web WMS	REDIAM
Focos de incendios detectados	Servicio web Feature Server de ESRI	Elaboración propia
Municipios con peligro de incendio	Servicio web WMS	REDIAM
Riesgo orográfico de incendio	Servicio web WMS	REDIAM

DATO	TIPO	PROVEEDOR
Áreas recorridas por el fuego	Servicio web WMS	REDIAM
Parcelas catastrales	Servicio web WMS	Sede Electrónica de Catastro (Ministerio de Hacienda y Función Pública)
Orientaciones	Servicio web WMS	REDIAM
Pendientes	Servicio web WMS	REDIAM
Altitudes	Servicio web WMS	REDIAM

Fuente: Elaboración propia

A nivel técnico, el visor está desarrollado con la siguiente tecnología mostrada en la Tabla 2.

Tabla 2: Tecnología utilizada

SERVICIO DE HOSTING	REPOSITORIO DE CÓDIGO FUENTE	CONSTRUCTOR DE APLICACIONES	SERVIDOR SIG DE ALOJAMIENTO DE DATOS Y MAPAS	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN
Github Pages	Git Hub	ArcGIS Web Appbuilder	ArcGIS Online	Javascript, Framework Dojo, HTML, CSS

Fuente: Elaboración propia

La URL del visor es.

- https://arrocal.github.io/riesgoincendiosandalucia/?locale=es

La URL donde está alojado el código fuentes es.

- https://github.com/ARROCAL/riesgoincendiosandalucia

El visor está desarrollado y probado en los navegadores Google Chrome y Microsoft Edge, para su uso en ordenadores personales con pantalla rectangular y 17 pulgadas como mínimo.

Dependiendo del zoom con el que esté configurado el navegador o la resolución de la pantalla, la interfaz de usuario podría verse distinta a la mostrada en la presente Memoria.

En esta Memoria para tener un contexto de los factores que influyen en el riesgo de incendio forestal, se han resumido las características del medio físico y social de Andalucía en el punto 4. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO QUE INFLUYEN EN EL RIESGO DE INCENDIO.

Para el correcto entendimiento de este TFG se necesitan conocimientos de Incendios Forestales, Sistemas de Información Geográfica y Geográfica de Andalucía. Para un mejor uso se recomienda su lectura usando el visor a la vez.

1. INTRODUCCIÓN

Con el cambio climático, el incremento de temperaturas, la situación de sequía, y otros factores como el abandono del medio rural, los incendios forestales han aumentado en los últimos años. Estos incendios suceden de manera alarmante en los países mediterráneos y, cada vez más, en otras zonas de Europa en las que era menor su relevancia. Tanto en España como Andalucía en particular, este riesgo es mayor debido a sus condiciones climáticas.

Además, es importante destacar el cambio producido en la época en la que suceden los incendios forestales. Aunque la época de mayor peligro ha sido siempre la estación estival, cada vez hay más incendios fuera de este período.

Pero en el riesgo e intensidad de los incendios forestales influyen otros factores (relieve, vegetación, condiciones sociológicas), no solo las condiciones meteorológicas. Es crítico conocer estos otros factores, y sus características para ver como incide cada uno de estos factores en el riesgo y peligrosidad, para tomar decisiones que permitan adelantarse a esta problemática, y llevar a cabo previamente las acciones necesarias para minimizar el riesgo y la intensidad de incendios forestales.

Por todo esto, es necesario tener herramientas que de una forma rápida y cómoda informen sobre riesgo de incendio forestal, para que, como se ha dicho antes, llevar a cabo previamente las acciones necesarias para minimizar el riesgo y la intensidad de estos. Para esos fines, los SIG, debido a que integran tanto datos espaciales como alfanuméricos, son la herramienta perfecta para realizar cualquier análisis que tenga un componte espacial, como puede ser un monte, una vía de ferrocarril\metro, puentes, presas, sucursales bancarias, redes eléctricas. Hoy en día cualquier sector (medioambiente, forestal, transportes, infraestructuras, planificación urbana, catastro, electricidad, aguas, defensa, arqueología, banca, seguros, marketing, etc) tiene un SIG.

A nivel mundial el primer SIG formalmente desarrollado aparece en Canadá, al auspicio del Departamento Federal de Energía y Recursos en 1962. El canadiense Roger Tomlinson creó el Sistema de Información Geográfica de Canadá (Canadian Geographic Information System, CGIS), que servía para almacenar, analizar y manipular datos del Inventario de Tierras de Canadá, en un mapa a escala 1:50.000. Este SIG permitía realizar mediciones, digitalizaciones y escaneos de

datos, y almacenaba los atributos de cada elemento y la información sobre su localización en archivos separados. Este hecho hizo que se considere a Roger Tomlinson como el padre de los SIG. A partir de esta hazaña se empieza a impulsar el mundo de los SIG durante el resto del siglo XX y XXI. En el año 1964 se crea la en la Universidad de Harvard el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial en la Harvard Graduate School of Design (LCGSA), donde en 1970 se desarrollan los primeros softwares (SYMAP, GRID y ODYSSEY). En los años 80 se crean M&S Computing, Environmental Systems Research Institute (ESRI) y Computer Aided Resource Information System (CARIS) que serían los primeros proveedores comerciales de software SIG. Ya en la época de los 90 se empiezan a implementar software SIG en ordenadores personales y comienza a difundirse al nivel del usuario doméstico. Todo esto es debido en buena parte a la generalización de los ordenadores personales. Desde comienzos del siglo XXI hasta hoy en día se ha trabajado para conseguir la visualización de datos SIG en Internet, lo que ha requerido una estandarización de formato de los datos y de publicación para ser accesible por todos. Para este objetivo se creó en 1994 el Open Geospatial Consortium (OGC), organización que agrupa 527 miembros de organizaciones públicas y privadas. Es una organización internacional sin ánimo de lucro, comprometida con la creación de estándares abiertos e interoperables para la comunidad geoespacial global en el marco de los SIG. Persigue acuerdos entre las diferentes empresas y administraciones que posibiliten el acceso libre a sus sistemas de geoprocesamiento y datos, para facilitar el intercambio de la información geográfica en beneficio de los usuarios.

Gracias al OGC, el presente visor tiene los servicios de mapas disponibles de manera pública y gratuita, que pueden estar desarrollados con tecnología distinta y que, aun así, se pueden utilizar. Sin estos servicios, este visor no se hubiera podido lleva a cabo.

En España, el desarrollo de los SIG comenzó a principios de la década de los 80, principalmente en el ámbito académico y gubernamental. Organismos como el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y las universidades jugaron un papel clave en la promoción y adopción de estas tecnologías.

Durante la década de 1990, con la popularización de las computadoras personales y el software SIG comercial, su uso se extendió a empresas privadas y administraciones locales. En la actualidad, cualquier empresa o administración pública de España cuenta con un SIG para la toma de decisiones aplicados a los sectores reseñados anteriormente.

En Andalucía tiene la misma vigencia que lo comentado para España. Actualmente Andalucía cuenta con visores SIG de diversas temáticas para hacer accesible la cartografía digital a todo el público. Estos visores se pueden consultar en los siguientes enlaces.

- https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/acceso-rediam/geoportal/visualizadores/visualizadores-genericos
- https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/acceso-rediam/geoportal/visualizadores/visualizadores-tematicos

Respecto a los SIG aplicados a los incendios forestales, es imprescindible nombrar a la empresa leonesa Tecnosylva, pionera a nivel internacional y con tecnología líder. Su producto estrella es

Wildfire Analyst. Este software proporciona un análisis en tiempo real del comportamiento del fuego en incendios forestales. Simula la propagación de incendios forestales en tiempo real ofreciendo al Analista y al Jefe de Extinción la información necesaria para apoyar la toma de decisiones de asignación de recursos.

Para más información consultar https://tecnosylva.es/

Por todo esto, los SIG, como en cualquier otra disciplina, para la estimación del riesgo de incendio, la prevención o la extinción, proporcionan datos tanto visuales, es decir mapas y capas gráficas, como alfanuméricos, de diversas fuentes, como datos meteorológicos, de pendiente de vegetación, zonas afectadas por el fuego ,etc, que se pueden visualizar, consultar y analizar, para tomar decisiones como asignación de medios de vigilancia a zonas con riesgo alto de incendio, asignación de medios de extinción a zonas probables de propagación. Conocer estos aspectos no sería posible, o sería mucho más costoso sin la ayuda de los SIG.

Por todo lo ya comentado, los SIG no solo se utilizan de manera profesional, sino que se han introducido en nuestras vidas cotidianas por su multitud de usos. Además el perfeccionamiento y la utilización de los SIG han hecho que su utilización sea clave en la obtención de información y en el propio avance científico.

2. OBJETIVOS

El presente TFG tiene como objetivo el desarrollo de un visor SIG público en entorno web, con software y datos gratuitos, con las siguientes funcionalidades principales.

- Estimar el riesgo de incendio forestal mediante variables meteorológicas (temperatura, humedad y viento), de pendiente, y de modelos de combustible, a nivel de municipio de Andalucía

- Registrar los focos de incendios detectados por el servicio NASA FIRMS, recibidos en una cuenta de correo electrónico creada a tal efecto. Las características del foco de incendio a recopilar se obtienen de las capas graficas que contiene en visor, o de un estudio sobre el terreno del foco de incendio, como en el caso del origen y la superficie quemada.

- Analizar los focos de incendios en cuanto a las características definidas anteriormente. Este análisis se realiza mediante gráficos, para poder detectar patrones comunes sobre en qué zonas, por qué motivos y qué características han tenido los focos de incendios que han generado incendio forestal, ya que lo ocurrido en el pasado puede volver a ocurrir en el futuro. De esta manera nos podremos adelantar al inicio de un incendio forestal.

3. ANTECEDENTES

Respecto a los precedentes de herramientas o servicios que pudieran servir de ayuda en la estimación del riesgo de incendio forestal en Andalucía, existen diversos servicios desarrollados por la Junta de Andalucía u otros, que se indican a continuación:

- Página web del Índice de Riesgo de Incendio Forestal
- Servicio WMS de Modelos de Combustible
- Servicio WMS de Municipios con Peligro de Incendio
- Servicio WMS de Áreas Recorridas por el Fuego
- Servicio WMS de Riesgo Orográfico de Incendios
- Servicio NASA FIRMS de detección de focos de incendios (visor GIS y envío por correo de los focos)

Todos estos servicios se utilizan en el visor y se describen en el apartado 5.2. DATOS UTILIZADOS

Ya se ha hecho referencia en el apartado 1.INTRODUCCIÓN a la empresa Tecnosylva y su producto estrella Wildfire Analyst.

No se tiene constancia de la existencia de ninguna herramienta pública con las funcionalidades del visor del presente TFG. Pero sí de varios visores SIG que pueden servir de ayuda en la estimación del riesgo de incendio forestal en Andalucía. Estos visores son los ya comentados en el apartado 1.INTRODUCCIÓN

Aunque no se puede considerar propiamente como una herramienta o servicio que sirva de antecedente al presente TFG, es obligado nombrar el Plan INFOCA. Este Plan tiene como objetivo la defensa de los montes andaluces frente a los incendios forestales, abarcando desde la prevención y extinción de los incendios forestales, hasta la restauración de las áreas incendiadas. Las definiciones de riesgo de incendios por pendiente y modelo de combustible se han obtenido de dicho plan.

4. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1 CLIMATOLOGÍA

De acuerdo con el Portal Ambiental de Andalucía (Portal Ambiental de Andalucía, s.f.,a), a escala nacional e incluso europea, Andalucía tiene un clima mediterráneo, pero los factores geográficos como el relieve y la altimetría establecen cierta zonificación climática con diversas zonas bioclimáticas diferentes. Estas zonas son (Figura 1).

- Litoral atlántico
- Depresión del Guadalquivir

- Litoral mediterráneo
- Litoral mediterráneo y sureste
- Surco intrabético
- Sierra Morena y béticas

Figura 1: Regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía

Fuente: Portal Ambiental de Andalucía, s.f.,a

En la Tabla 3 se describen la características climáticas y meteorológicas de cada una de las zonas.

AREA	LITORAL ATLÁNTICO	DEPRESIÓN GUALDAQUIVIR	LITORAL MEDITERRÁNEO (hasta Adra)	LITORAL MEDITERRÁNEO Y SURESTE	SURCO INTRABÉTICO	SIERRA MORENA Y BÉTICAS
TIPO DE CLIMA	Mediterráneo oceánico	Mediterráneo continental	Mediterráneo subtropical	Mediterráneo subdesértico	Continental mediterráneo	Mediterráneo de montaña
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (ºC)	17-19	17-18	17-19	17-21	13-15	12-17
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	500-700	500-700	400-900	< 300	300-600	400-1000
Nº DÍAS LLUVIA AL AÑO	75-85	75-100	50-75	< 50	60-80	60-100
Nº MESES PERIODO SECO	4-5	4-5	4-5	6-8	4-5	3-5
AMPLITUD TÉRMICA ANUAL (ºC)	10-16	18-20	13-15	13-16	17-20	16-20
Nº DÍAS CON HELADA AL AÑO	Libre	2-20	Libre	0-10	30-60	20-90

Tabla 3: Regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía

Fuente: Elaboración propia a partir de Portal Ambiental de Andalucía, s.f.,a

4.2 EDAFOLOGIA Y GEOLOGÍA

De acuerdo con la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. s.f), la descripción de las características geológico-edáficas de Andalucía se puede realizar sobre las cuatro regiones naturales en que se puede considerar dividida. Estas regiones son.

- Sierra Morena
- Depresiones y zonas bajas costeras (vegas y campiñas)
- Cordillera alpino-andaluza (penibética). Serranías de las zonas externas béticas (prebélicas y subbética)
- Cordillera alpino-andaluza (penibética). Serranías de las zonas internas béticas

En la Tabla 4 se describen las características geológico-edáficas de estas regiones.

Tabla 4: Unidades geológico-edáficas de Andalucía

ÁREA	SUSTRATO	SUELO		USO
SIERRA MORENA	Predominio de sustrato litológico silíceo: pizarras, esquistos, cuarcitas, granitos, gneis, areniscas	Fluvisoles Regosoles Leptosoles Cambisoles Luvisoles Nitosoles	Suelos generalmente ácidos y poco profundos, de montaña	Forestal, corchero. Ganadería en dehesas Aprovechamientos cinegéticos, de plantas aromáticas y medicinales. Agricultura. Recreativo
DEPRESIONES Y ZONAS BAJAS COSTERAS (VEGAS Y CAMPIÑAS)	Predominio de muy diversos materiales detríticos y calcáreos	Fluvisoles Regosoles Arenosoles Vertisoles Solonchaks Xerosoles Cambisoles Luvisoles Planosoles Histosoles	Suelos agrícolas, generalmente calcáreos y profundos. Zonas localizadas de suelos arenosos y suelos salinos.	Cultivos intensivos arbóreos. Cultivos bajo cubierta y hortofrutícola

ÁREA ESTUDIO	SUSTRATO	SUELO		USO
CORDILLERA ALPINO-ANDALUZA (PENIBÉTICA) - SERRANÍAS DE LAS ZONAS EXTERNAS BÉTICAS (PREBÉTICAS Y SUBBÉTICA)	Predominio de sustrato calcáreo: calizas y dolomías	Fluvisoles Regosoles Leptosples Vertisoles Xerosoles Phaeozems Calcisoles Cambisoles Luvisoles	a-1) suelos de montaña y alpinos, poco profundos, desarrollados principalmente sobre rocas calizas y silíceas. a-2) Suelos desarrollados en colinas sobre materiales calcáreos y yesos; sustrato deleznable profundo	Forestal- maderero. Aprovechamientos cinegéticos y piscícolas, Ganadería extensiva. Plantas aromáticas y medicinales. Apicultura. Recreativo
CORDILLERA ALPINO-ANDALUZA (PENIBÉTICA). -SERRANÍAS DE LAS ZONAS INTERNAS BÉTICAS	Predominio de sustrato silíceo: esquistos, cuarcitas, filitas, peridotitas, areniscas	Fluvisoles Regosoles Leptosples Vertisoles Xerosoles Phaeozems Calcisoles Cambisoles Luvisoles	Suelos generalmente ácidos, poco profundos, de montaña media y alpinos, sobre rocas silíceas, minoritariamente calizos, más profundos.	Forestal-corchero, y ganadería extensiva asociada. Plantas aromáticas y medicinales. Uso recreativo: Paisajes, excursiones, residencial, deportes de invierno. Reductos botánicos.

Fuente: **Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. s.f.**

El mapa geológico-edáfico se puede consultar en. https://arrocal.github.io/riesgoincendiosandalucia/geo_edafo.jpg (no se incluye la imagen en la presente Memoria debido a su elevado peso, 10 MB).

4.1 HIDROGRAFÍA

Según la Wikipedia (Wikipedia) por Andalucía discurren ríos de las vertientes atlántica y mediterránea. Los principales ríos atlánticos son el Guadalquivir, Guadiana, Guadalete, mientras que los mediterráneos incluyen el Guadiaro, Guadalhorce y Andarax. El Guadalquivir destaca por ser el río más largo de Andalucía y el quinto de la península ibérica (657 km)

Los ríos atlánticos son más largos y riegan amplios valles, formando estuarios y marismas. Los mediterráneos son más cortos, estacionales y con mayor pendiente, lo que provoca desbordamientos en épocas de lluvias intensas. Andalucía se organiza en seis distritos hidrográficos, incluyendo las cuencas del Guadalquivir y Guadiana.

- Demarcaciones hidrográficas intercomunitarias (Figura 2)

  - ✓ Demarcación Hidrográfica del Segura
  - ✓ Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
  - ✓ Demarcación Hidrográfica del Guadiana

- Demarcaciones hidrográficas intracomunitarias (Figura 2)

  - ✓ Ámbito territorial y físico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate
  - ✓ Ámbito territorial y físico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras
  - ✓ Ámbito territorial y físico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

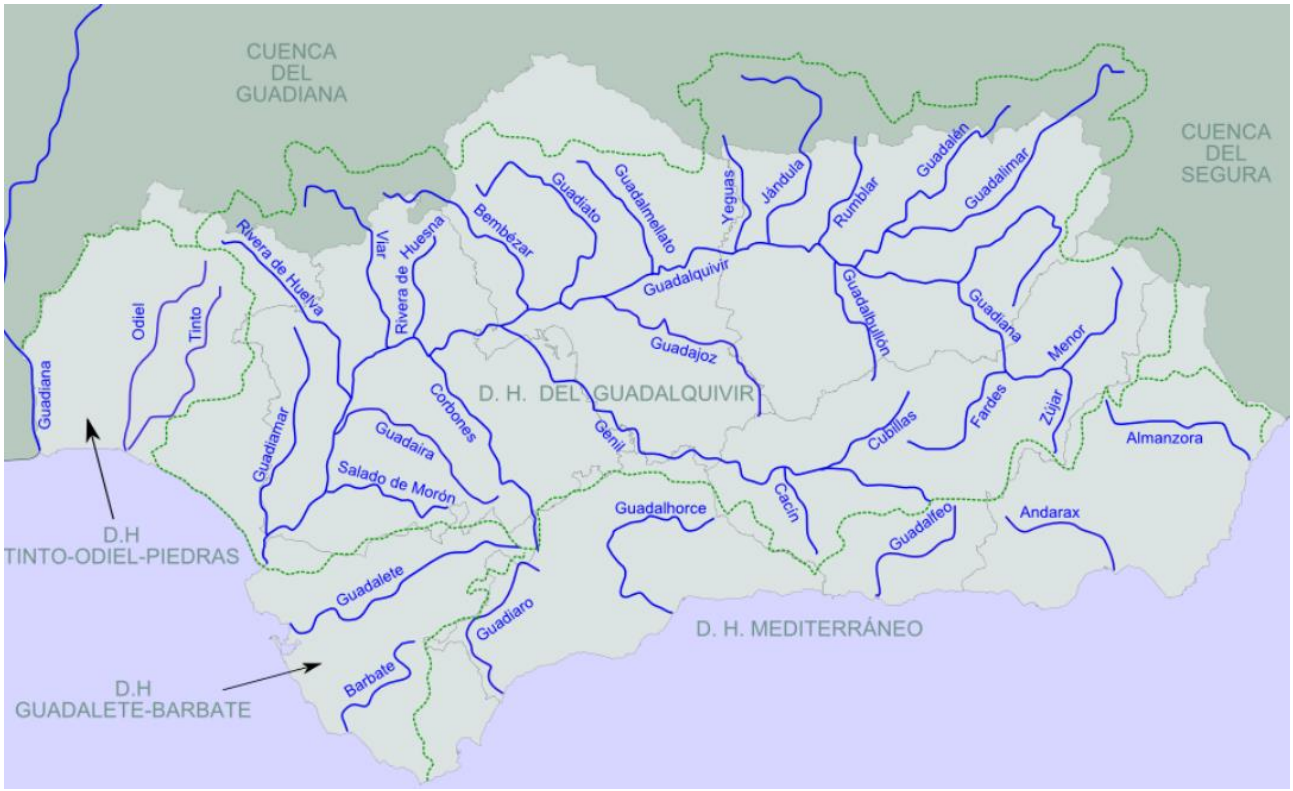

Figura 2: Regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía

Fuente: Wikipedia. S,f

4.2 VEGETACIÓN

De acuerdo con el Portal Ambiental de Andalucía (Portal Ambiental de Andalucía, s.f., b y Portal Ambiental de Andalucía, s.f.,c) Andalucía cuenta con una superficie forestal de 4 467 070 de Ha y la vegetación ha sido objeto de numerosas intervenciones desde el origen de los tiempos. Las roturaciones de bosques para aumentar la superficie de cultivos, el uso de leñas para abastecer la industria metalúrgica, el pastoreo, la extracción de madera para la construcción, las quemas de bosques durante innumerables guerras han formado el actual paisaje andaluz.

Los principales tipos de vegetación son.

- Formaciones adehesadas

  Las formaciones adehesadas son formaciones arbóreas abiertas, sobre todo de *Quercus* esclerófilos, de origen antrópico y uso agrosilvopastoral, que albergan pastos y a veces, matorrales y cultivos.

Por tanto, son hábitats seminaturales, creados y favorecidos por el hombre para un aprovechamiento múltiple en los que predominan, bien formaciones monoespecíficas o mezcla de encinas (*Quercus ilex subsp. rotundifolia),* alcornoques (*Q. suber*) y quejigos (*Q. faginea, Q. canariensis y Q. pyrenaica*), o de otras especies de frondosas como el acebuche (*Olea europea var. sylvestris),* el castaño *(Castanea sativa),* el algarrobo *(Ceratonia siliqua*) y el fresno *(Fraxinus angustifolia)*.

Dentro de las formaciones más típicas encontramos:

- ✓ Encinares de *Quercus ilex subsp. rotundifolia.* Es la formación arbórea más extendida en Andalucía, representada por la especie arbórea más característica del bosque esclerófilo andaluz.
- ✓ Alcornocales, formaciones arboladas de *Quercus suber*, que sustituyen a los encinares cuando los suelos presentan mayor humedad y carácter ácido.

- Pinares

  - ✓ Pinar de *Pinus halepensis*: Las formaciones naturales son características de la zona oriental de Andalucía, aunque se localizan masas artificiales por todas las provincias

  - ✓ Pinar de *Pinus pinea*: Formaciones procedentes principalmente de repoblaciones en zonas de suelos arenosos y pobres

  - ✓ Pinar de *Pinus pinaster*: Se localizan formaciones naturales en diversos puntos de Andalucía y artificiales principalmente en Sierra Morena. Es considerado sucesor de formaciones de *Quercus sp*

  - ✓ Pinar de *Pinus sylvestris*: Formaciones en las que domina la especie *P. sylvestris*, en ocasiones la subs. *nevadensis*. Destacan las masas localizadas en Sierra Nevada, Sierra de Baza y Sierra de Filabres

  - ✓ Pinar de *Pinus nigra*: Localizadas principalmente en las Cordilleras Béticas, en las Sierras de Cazorla y Segura y las de Castril-La Sagra

  - ✓ Otros pinares: Formaciones dominadas por otras especies de pinos menos extendidos en Andalucía (*P. radiata, P canariensis o P. ponderosa*) procedentes de plantación.

- Pinsapares

  Los pinsapares están considerados como una reliquia de los bosques de coníferas que cubrían grandes extensiones de Europa durante el Terciario. Principalmente se encuentra distribuido en tres núcleos: Sierra de las Nieves, Sierra de Grazalema y Sierra Bermeja.

Las manchas formadas por *Abies pinsapo* pueblan las laderas y cumbres montañosas que se sitúan entre los 1000 y 1800 m de altitud, aunque ejemplares aislados pueden bajar a través de las barranqueras y cañadas favorables hasta los 300 m. En general convive con pinos, encinas, alcornoques y quejigos, con los que forma masas mixtas.

Aunque su tendencia a largo plazo es regresiva, el pinsapo se encuentra en una fase de expansión en la práctica totalidad de sus núcleos. Esta recuperación se explica porque los factores de amenazada, derivados principalmente de la actividad humana y continuados en el tiempo, se han visto mitigados en los últimos años

- Bosques de ribera

En los bosques de ribera nos encontraremos principalmente con las especies.

- ✓ *Alnus glutinosa*
- ✓ *Populus alba*
- ✓ *Salix spp*
- ✓ *Ulmus minor*
- ✓ *Fraxinus angustifolia*
- ✓ *Betula pendula*

Por regla general, la vegetación que conforma el bosque de ribera es de crecimiento rápido, pero no muy longeva. Suelen acompañarse de especies trepadoras y lianas, llegando a dar lugar en ocasiones a formaciones muy densas que dan cobijo a numerosas especies, siendo de especial importancia las aves vinculadas a ellas.

- Enebrales y sabinares costeros

Son formaciones típicas de dunas estabilizadas cubiertas con matorrales adaptados al spray salino y los fuertes vientos costeros. Las especies representativas son el enebro marítimo (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*) y la sabina costera (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*).

Los enebrales y sabinares pueden presentarse en diferentes situaciones: en las crestas de sistemas de dunas móviles caracterizados por una elevada influencia del aerosol marino cargado de sales, alta movilidad del sustrato, escasez de nutrientes y una baja disponibilidad de agua. En otras ocasiones, enebrales y sabinares se desarrollan al amparo de pinares de *Pinus pinea*, presentándose un cortejo florístico más diverso y menos heliófilo, con lianas, arenales tapizados por comunidades herbáceas de sombra y un matorral más rico y diverso.

Estos enebrales y sabinares son propios de las costas onubense y gaditana, estando presente también en Málaga y Almería. En los pastizales y matorrales se encuentran ocasionalmente otras plantas endémicas o amenazadas como *Linaria tursica*, la camarina blanca (*Corema album*) o el jaguarzo blanco (*Halimium halimifolium*).

- Bosques isla y setos

  Los bosques isla son formaciones vegetales procedentes de bosques de llanura, que instalados primitivamente sobre los suelos más fértiles y frescos del territorio, fueron poco a poco sustituidos por la acción del hombre en campiñas destinadas a la explotación agraria, o bien tienen su origen en formaciones plantadas por el hombre para recuperar, al menos en parte, unas materias primas y unos servicios que habían perdido con la invasión agrícola.

  Compartiendo un papel similar con los bosques isla y apareciendo a veces conjuntamente en el paisaje se encuentran los setos. Como ellos, son reductos de vegetación natural que introducen diversidad, cumpliendo además otras funciones como linde entre fincas, cortaviento, etc. Su existencia está en muchos casos ligada a la de las vías pecuarias, elemento del patrimonio histórico y cultural de primer orden.

  Ambas formaciones presentan un enorme valor desde distintos puntos de vista. Su presencia diversifica el paisaje que los integra, jugando un papel destacado en la conservación de la biodiversidad y la conectividad de las poblaciones de plantas y animales silvestres en el medio agrario. Con frecuencia son el último testimonio del paisaje vegetal que existía antes del cultivo o el único elemento de vegetación natural en kilómetros a la redonda, por lo que muchas especies vegetales y animales propias de estos hábitats pueden vivir en un entorno, en principio, poco favorable gracias a las posibilidades de cría, refugio, descansadero y alimentación que les ofrecen; para muchas especies amenazadas constituyen el único lugar favorable, ante la progresiva pérdida y fragmentación de su hábitat.

  Respecto a las especies vegetales presentes en este grupo, pueden ser cualquier de las enumeradas en apartados anteriores.

- Artales

  Los artales son formaciones semiáridas arborescentes, y están constituidos por matorrales espinosos, que incluyen a las especies *Maytenus senegalensis ssp europaea*, en las zonas litorales cálidas, subiendo hasta los 400 m en situaciones favorecidas, preferentemente sobre suelos pedregosos, en barrancos y lugares protegidos donde se desarrolla plenamente, alcanzando gran tamaño y densidad (cobertura superior al 80% y hasta 2 m de altura). Ocupan depresiones, cauces de ramblas, zonas con corrientes de agua subterránea y regueros de laderas en los que circula o se acumula temporalmente la escorrentía superficial.

  Destaca la función de estas formaciones en el control de la erosión y pérdida de suelos y, por tanto, en la prevención de la desertificación.

- Altas cumbres

  La flora típica de altas cumbres de las sierras Béticas incluye comunidades vegetales que ocupan los pisos bioclimáticos oro y crioromediterráneo. Está dominada

por especies de porte almohadillado o rastrero y por herbáceas efímeras, bien adaptadas a unas condiciones muy estrictas caracterizadas por fuertes oscilaciones climáticas, con episodios de sequía, largos periodos con bajas temperaturas, nieve, fuertes vientos, etc. El aislamiento geográfico de estas comunidades limitadas a las cumbres más altas de los grandes sistemas montañosos, así como las condiciones climáticas extremas a las que se encuentran sometidas se manifiesta en la presencia de numerosos endemismos restringidos al territorio de Sierra Nevada y de algunas de las sierras béticas que la circundan (Sierra de la Sagra, Gádor, Baza, Tejeda, Cazorla, etc.).

Debido al gran número de especies a encontrar en las altas cumbres, no se detallan en el presente TFG. Para más información consultar.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/biodiversidad-y-vegetacion/flora-protegida/conservacion-y-recuperacion-de-especies-de-flora-amenazada/especies-de-altas-cumbres

4.3 RELIEVE

De acuerdo con la Wikipedia (Wikipedia. s.f., a) el relieve de Andalucía tiene una gran variabilidad tanto a nivel altitudinal como de pendientes. Esta variabilidad es debida a su gran extensión (87 268 km²) y a la larga y compleja historia geológica.

Todo esto hace que aparezcan 5 unidades de relieve que se detallan en la Tabla 5 y Figura 3.

Tabla 5: Unidades de relieve

UNIDAD	PENDIENTE (%)	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN
SIERRA MORENA	15-30	200-1000	Relieve suave erosionado y de cimas de escasa altura
CORDILLERA SUBBÉTICA	> 30	500-2400	Relieve muy variable, desde cumbres escarpadas a valles suaves
CORDILLERA PENIBÉTICA	> 30	300-3400	Relieve muy variable desde cumbres escarpadas a valles suaves
DEPRESIÓN INTRABÉTICA	< 7	200-1000	Relieve fragmentado en pequeñas hoyas
DEPRESIÓN BÉTICA (GUADALQUIVIR)	< 7	< 100	Relieve llano y de suaves páramos
LITORAL	< 7	< 100	Relieve llano y de suaves páramos

Fuente: Elaboración a propia a partir de Wikipedia. s.f., a

Figura 3: Unidades de relieve

Fuente: Wikipedia. s.f., b

Respecto a este apartado se pueden visualizar las capas Altitudes y Pendientes del visor.

4.4 INCENDIOS FORESTALES

4.4.1 INTRODUCCIÓN

Nota: Aunque la fuente de este epígrafe es un documento sobre Málaga, los datos obtenidos de él son a nivel de Andalucía, ya que en el documento hay unos apartados que tratan de Andalucía.

De acuerdo con González Moreno, María Teresa. 2023 (González Moreno, María Teresa. 2023.) Andalucía cuenta con una serie de problemas con relación a los incendios forestales: la despoblación de áreas rurales, el abandono de los montes y de las actividades que en ellos se realizaban (pastoreo, explotación selvícola, actividad agrícola e intervenciones humanas en general), el aumento de combustible vegetal en los mismos, y los factores climáticos debido a su ubicación geográfica, y en es especial el aumento de la temperatura por el cambio climático.

A continuación se presentan una serie de gráficos por categoría.

4.4.2 NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES

Según el grafico de la Figura 4 se observa una tendencia decreciente en el número de incendios forestales acontecidos. Esto es debido a la tendencia creciente que éstos tuvieron tanto en frecuencia como en número desde la década de 1960, lo cual estuvo relacionado con el éxodo rural que conllevó el abandono de las zonas rurales del interior de y la concentración cada vez mayor de la población en la costa.

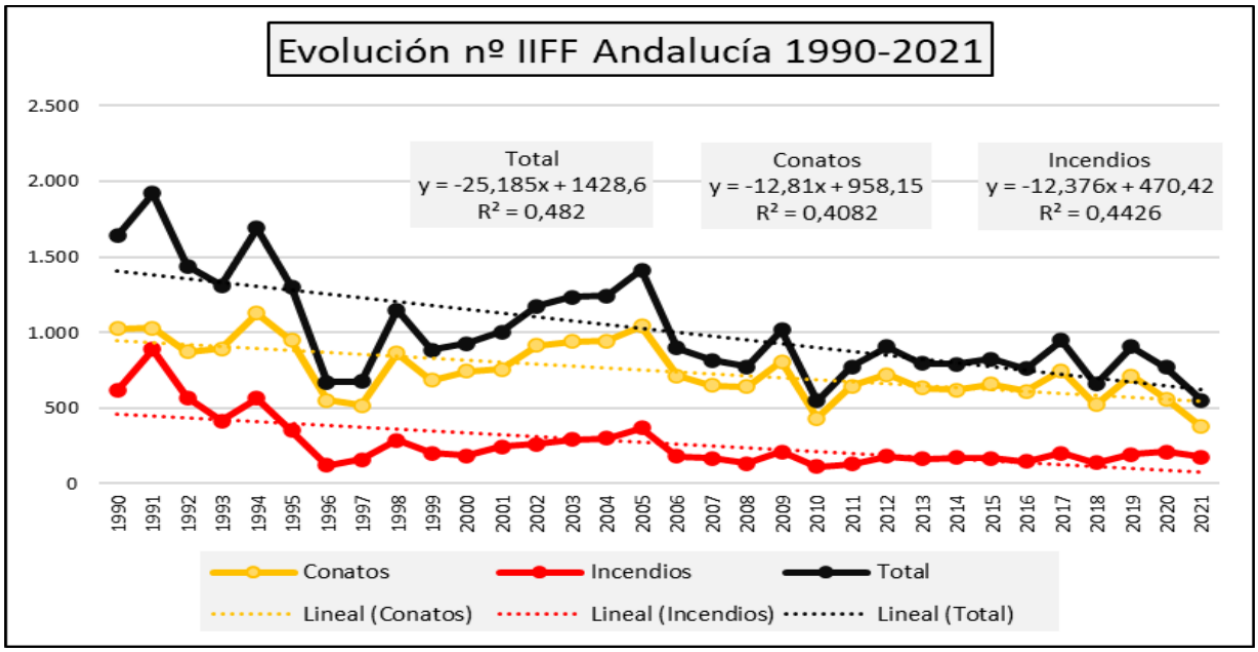

Figura 4: Evolución incendios forestales 1990-2021

Fuente: González Moreno, María Teresa. 2023

4.4.3 SUPERFICIE AFECTADA POR LOS INCENDIOS FORESTALES

Según el grafico de la Figura 5 se pueden distinguir tres periodos de evolución diferentes.

El primero, de 1988 a 1991, con tendencia creciente; el segundo, de 1991 a 1996, con tendencia decreciente; y el tercero, de 1996 a 2021, sin tendencia clara, más o menos estable entre 1996 y 2003, un gran pico en 2004, y una serie de ascensos y descensos continuos desde entonces hasta el final de la serie temporal. Podríamos hablar por tanto de cierta estabilidad caracterizada por oscilaciones.

Esta evolución de la superficie quemada guarda gran relación con los acontecimientos explicados anteriormente sobre el número de incendios forestales, pues vemos la preocupante situación en cuanto a esta temática existente antes de los años 90, debido especialmente a las migraciones demográficas, representando el repunte de 1991 el brusco giro de la situación en aquella década en que la prevención y la lucha contra los incendios forestales se intensificó al máximo, consiguiendo reducir enormemente la superficie forestal afectada por los incendios.

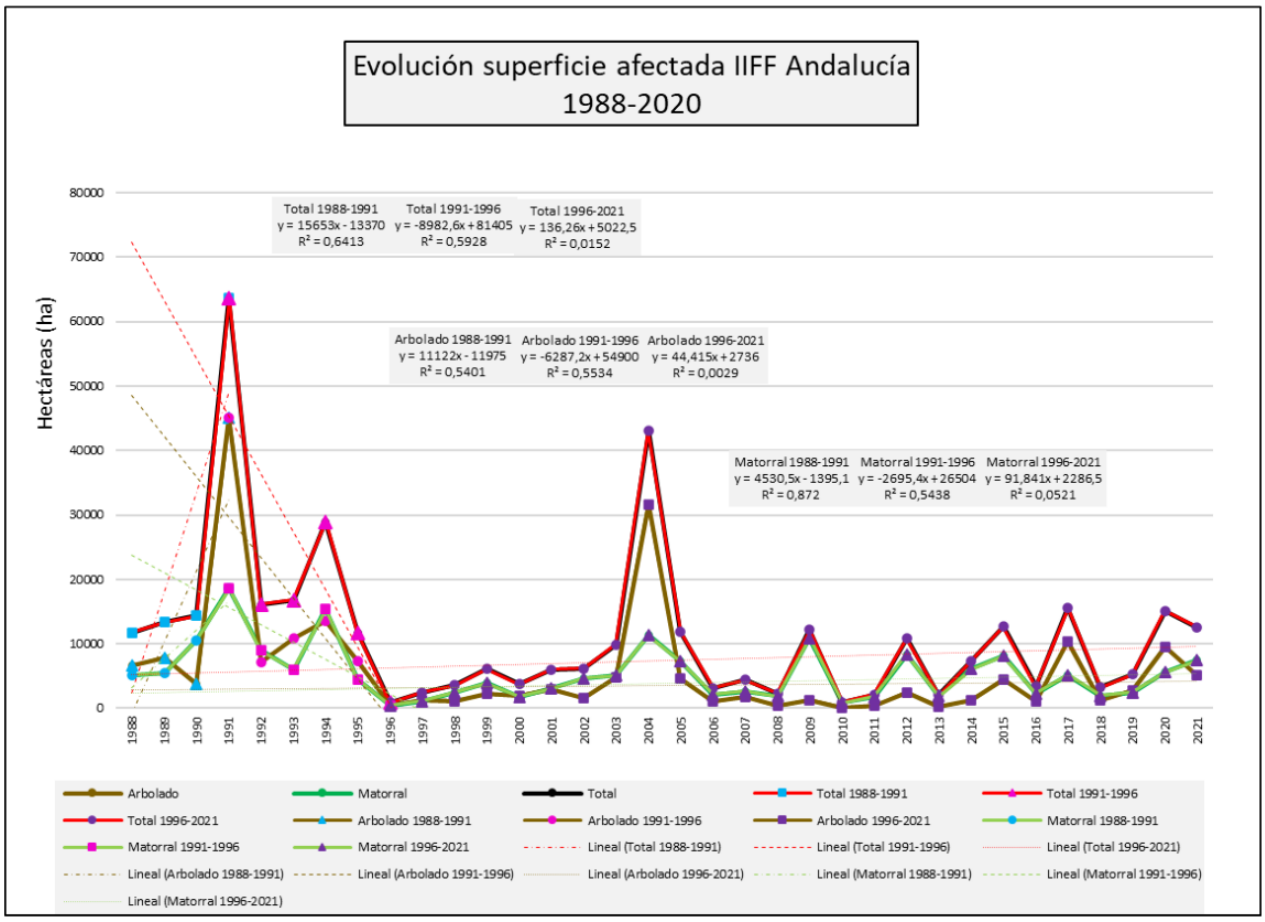

Figura 5: Evolución superficie afectada por incendio forestal 1988-2020

Fuente: González Moreno, María Teresa. 2023

4.4.4 CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES

Según el grafico de la Figura 6 identificamos una evolución decreciente en los incendios intencionados y de causas desconocidas entre 1990-2010, estabilizándose ambas categorías en fechas posteriores. Esta tendencia tan similar da a pensar que las causas desconocidas son en realidad intencionadas, pues coincide evolutivamente únicamente con ese tipo de causas. El porqué del decaimiento de los incendios debidos a este tipo de causas podría encontrarse en el aumento de la vigilancia forestal y las labores de prevención y de concienciación de la población llevadas a cabo. Mientras tanto, los incendios con causas naturales, los accidentales y los causados por negligencias no muestran una tendencia clara.

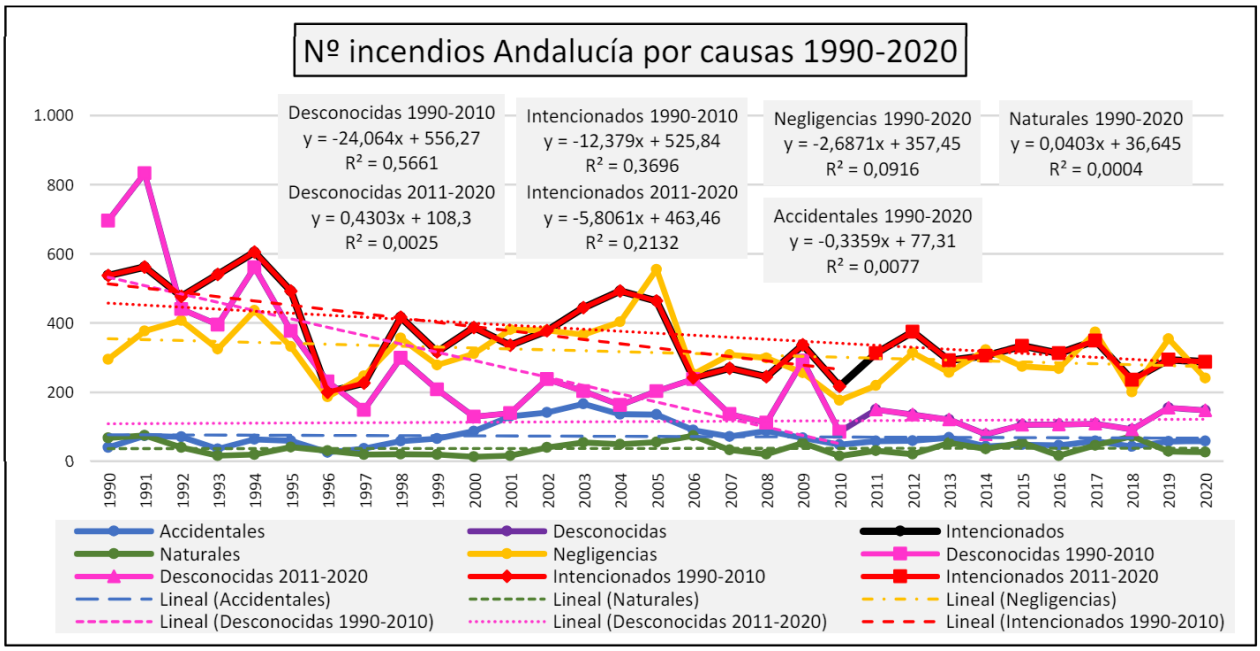

Figura 6: Nº incendios por causas 1990-2020

Fuente: González Moreno, María Teresa. 2023

4.5 MEDIO SOCIOECONÓMICO

Andalucía presenta un perfil socioeconómico diverso, con una población de 8 628 026 habitantes, es la Comunidad Autónoma más poblada de España. Tiene un porcentaje de paro del 17,77 % y cuenta con un 11,5 % de población rural. Las zonas rurales se enfrentan a desafíos como el envejecimiento de la población y la falta de oportunidades de empleo en comparación con las áreas urbanas, como pasa en el resto de España.

En cuanto a las actividades económicas por orden de importancia están las siguientes.

- Turismo
- Industria
- Agricultura
- Servicios financieros
- Minería
- Energía
- Ciencia y Tecnología
- Pesca
- Ganadería

- Aprovechamiento maderero y corchero
- Caza

Respecto al sector forestal, las actividades por orden de importancia están las siguientes.

- Aprovechamiento maderero y corchero
- Industria de la madera
- Industria de la celulosa
- Caza
- Biomasa
- Productos no madereros
- Pesca

Entre los factores socioeconómicos que pueden acentuar el riesgo de incendio forestal en Andalucía, se encuentran los mismos que el resto de España.

- Despoblación y abandono de los usos tradicionales
- Aumento de los usos recreativos
- Aumento de la interfaz monte-terreno urbano
- Quemas de restos agrícolas y para uso silvopastoral
- Conflictos relacionados con la declaración de zonas protegidas
- Cultivos forestales con una alta continuidad de la masa
- Venganzas, vandalismo y delincuencia

Respecto al despoblación y abandono de los usos tradicionales, el éxodo rural masivo vivido desde mediados del siglo XX con el consiguiente abandono de ese medio y las prácticas tradicionales que mantenían los montes con una cantidad de combustible razonable, ha conllevado que los montes hayan sido colonizados por vegetación que ha crecido sin control ni mantenimiento y sobre la que, en muchos casos, no se puede actuar porque está en áreas protegidas, como los parques nacionales o naturales.

Por todo esto la mayoría de los incendios se registran en el interior, en zonas donde hay mucho pasto abandonado y matorral, que arde a gran velocidad porque está muy seco.

Respecto a las quemas de restos agrícolas y para uso silvo-pastoral no existe tanta tradición de quemas en Andalucía como en el noroeste España.

Respecto al aumento de la interfaz monte-terreno urbano, en las que se unen bosque y ciudad, sobre todo en la costa mediterránea, un incendio en estas zonas, en las que hay mucha población y viviendas, distrae muchos medios clave para luchar contra los incendios en terreno forestal.

5. DISEÑO DEL VISOR

5.1 DESCRIPCIÓN DEL VISOR

5.1.1 INTRODUCCIÓN

Para lograr los objetivos del presente TFG se han creado una serie de herramientas principales sobre el visor.

- **Predicción meteorológica**. Para estimar el riesgo de incendio forestal mediante variables meteorológicas a nivel de municipio
- **Lista de capa, Identificación y Leyenda**. Para estimar el riesgo de incendio forestal mediante la pendiente y los modelos de combustible, a nivel de municipio
- **Crear foco incendio**. Para registrar en una capa gráfica los focos de incendios detectados por el servicio NASA FIRMS, y sus datos asociados
- **Análisis de Focos de Incendios Forestales**. Para analizar mediante gráficos las características de los focos de incendios detectados, que se han registrado con la herramienta anterior "**Crear foco incendio**"

Conociendo estas características nos podremos adelantar al posible inicio de un incendio forestal, poniendo los medios de vigilancia apropiados en los lugares potencialmente peligrosos cuando se dan condiciones potencialmente peligrosas. Ya que donde se producen con frecuencia incendios forestales, hay posibilidad de que se vuelvan a producir en el futuro, por sus condiciones meteorológicas, de vegetación, de pendiente, o sociológicas.

Además de estas herramientas principales, el visor cuenta con otras herramientas de apoyo.

- Búsqueda de provincia o municipio
- Medición de superficies y distancias
- Impresión
- Añadir datos
- Galería de mapas base (callejero, ortofoto, topográfico)
- Visualización de coordenadas
- Visualización del mapa

En el visor se muestran una serie de capas gráficas y usa una serie de servicios web que son los datos origen de las distintas herramientas que lo componen. Estos datos se detallan el apartado 5.2 DATOS UTILIZADOS

El visor está desarrollado y probado en los navegadores Google Chrome y Microsoft Edge, para su uso en ordenadores personales con pantalla rectangular y 17 pulgadas como mínimo.

Dependiendo del zoom con el que esté configurado el navegador o la resolución de la pantalla, la interfaz de usuario podría verse distinta a la mostrada en la presente Memoria.

5.1.2 COMPONENTES

El visor está compuesto de los siguientes componentes.

- Panel de introducción (Figura 7)

  Con un resumen de la funcionalidad del visor y la información necesaria para hacer un uso correcto.

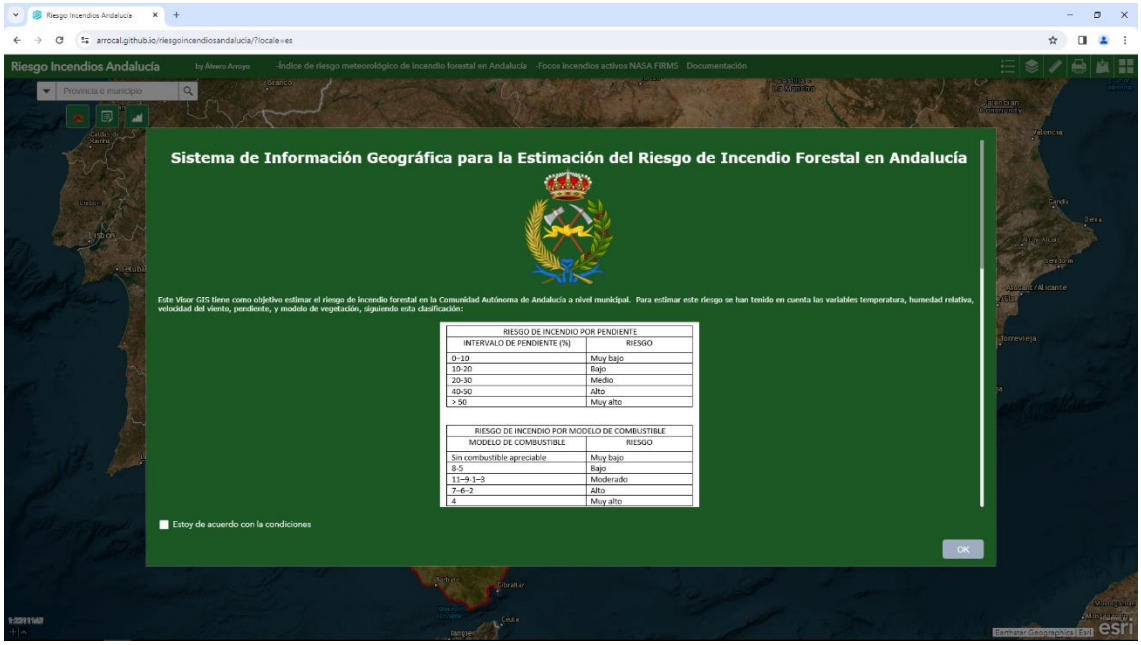

Figura 7: Panel de introducción

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Pantalla principal

La pantalla principal está formada por el mapa con las capas, las herramientas, y 3 enlaces a distinta información útil (Figura 8). Los enlaces se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6: Enlaces pantalla principal

ENLACE	URL
Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía	https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/medio-forestal/incendios-forestales/extincion-de-incendios-forestales/indice-riesgo-incendio-forestal-andalucia
Focos incendios activos NASA FIRMS	https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:today;@-4.5,37.5,8.4z
Documentación	https://arrocal.github.io/riesgoincendiosandalucia/MEMORIA.pdf

Fuente: Elaboración propia

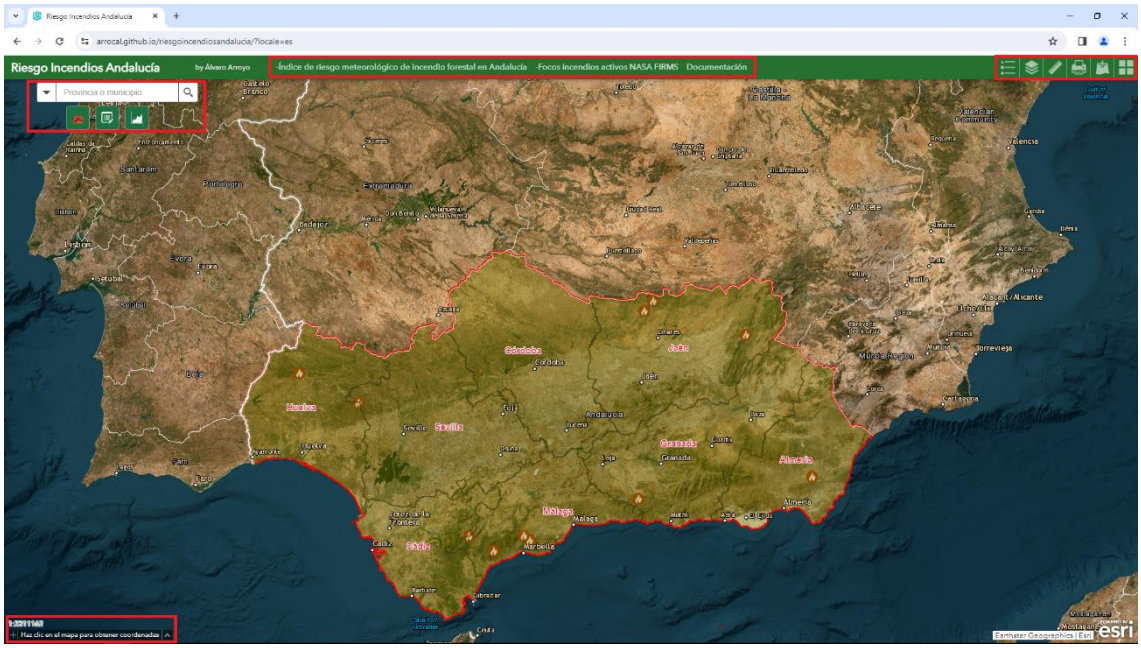

Figura 8: Pantalla principal

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- <u>Herramientas</u>

  - ✓ Predicción meteorológica
  - ✓ Crear foco de incendio
  - ✓ Análisis de focos de incendios forestales
  - ✓ Búsqueda de provincia y municipio
  - ✓ Leyenda

- ✓ Añadir datos
- ✓ Lista de capas
- ✓ Medición
- ✓ Galería de mapas base
- ✓ Imprimir
- ✓ Escala
- ✓ Coordenadas

El funcionamiento de las herramientas se detallará en el siguiente punto 5.3 FUNCIONALIDADES DEL VISOR.

5.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO

El flujo de trabajo del visor es el siguiente (Figura 9).

- Desde el servidor web GIT Hub Pages donde está alojado el visor, se conecta con el servidor de mapas ArcGIS Online (alojado en www.arcgis.com) donde están desplegadas las capas gráficas que conforman el visor. Desde ArcGIS Online se recuperan los servicios WMS, origen de dichas capas. Estos servicios WMS están alojados en los servidores de los proveedores de datos ya comentados.

- Desde el servidor web GIT Hub Pages se invoca al servicio web AEMET para recuperar datos meteorológicos de municipios para utilizarlos en la herramienta "**Predicción meteorológica**".

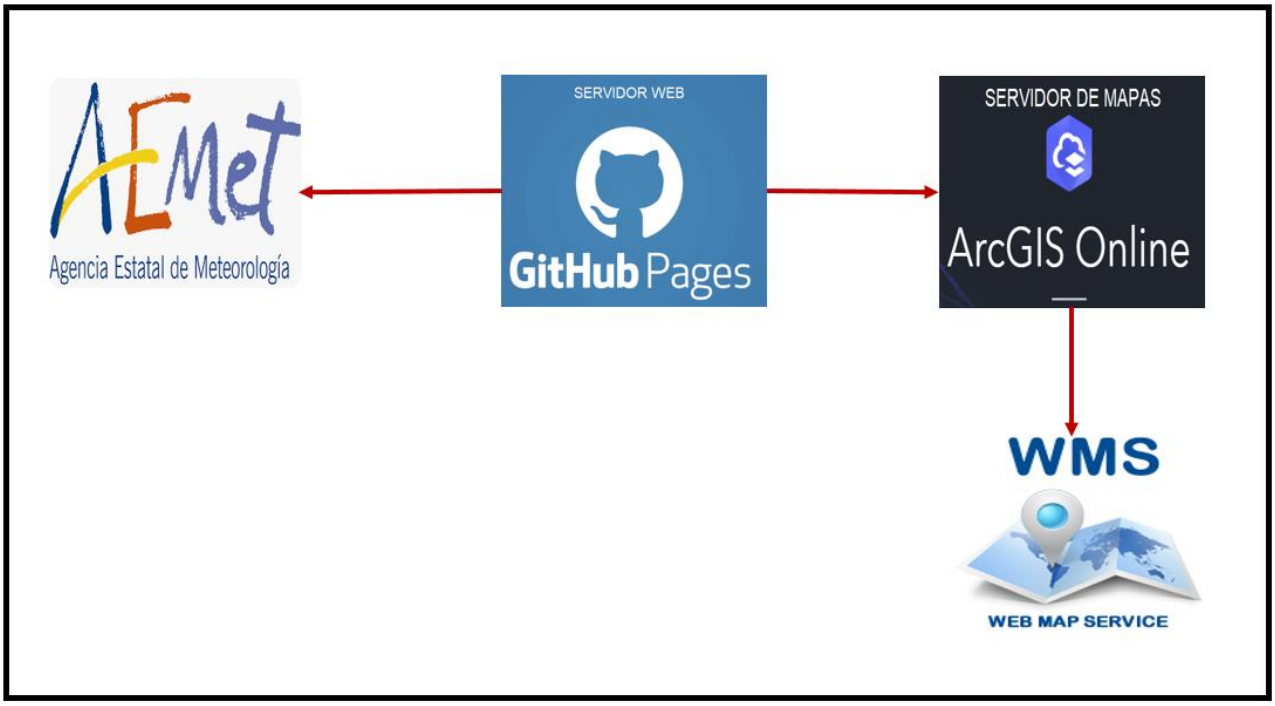

Figura 9: Diagrama de flujo del visor

Fuente: Elaboración propia

Nota: No se incluye en el flujo de trabajo ni en el diagrama, los enlaces al Índice de riesgo de incendio forestal en Andalucía, al servicio NASA FIRMS, ni a la Documentación del visor, por ser parte solo informativa.

5.2 DATOS UTILIZADOS

En el visor se muestran una serie de capas gráficas que son los datos origen de las distintas herramientas que lo componen. A continuación se detallan estos datos.

5.2.1 ÍNDICE METEOROLÓGICO DE RIESGO DE INCENDIO

- ✓ Tipo de dato: Pagina web
- ✓ Proveedor: Portal Ambiental de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul

- ✓ Objetivo: Elección del municipio de estudio según su riesgo de incendio por variables meteorológicas, para su posterior análisis mediante variables meteorológicas, de modelo de combustible, y de pendiente. Este índice está basado en la metodología del índice canadiense FWI (Fire Weather Index). Para más información consultar el documento https://prevencionincendiosgva.es/Documents/Manuales/Interpretacion_Boletines_FWI.pdf
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/medio-forestal/incendios-forestales/extincion-de-incendios-forestales/indice-riesgo-incendio-forestal-andalucia
- ✓ Más información: https://laadministracionaldia.inap.es/noticia.asp?id=1234669

5.2.2 SERVICIO WEB DE CONSULTA DE DATOS DE LA AEMET

- ✓ Tipo de dato: Servicio web
- ✓ Proveedor: AEMET
- ✓ Objetivo: Consultar las variables meteorológicas temperatura, humedad relativa y velocidad del viento por municipio de Andalucía y para el día en curso, para poder estimar el riesgo de incendio según variables meteorológicas. Además de esto, las variables se utilizarán para registrar su valor a los datos de los focos de incendios para su posterior análisis.
- ✓ URL (con la variable NOMBRE_MUNICIPIO que almacena el código de municipio del que se quiere recuperar la información): https://opendata.aemet.es/opendata/api/prediccion/especifica/municipio/diaria/**CODIGO_MUNICIPIO**}/?api_key=eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJzdWIiOiJhcnJvY2FsQGhvdG1haWwuY29tIiwianRpIjoiOWY0OGQ5YTktMTBmMy00ZTQ0LTk3NDItYjFhOGVjYmQ3YmNkIiwiaXNzIjoiQUVNRVQiLCJpYXQiOjE2OTQ5NjI4NTQsInVzZXJJZCI6IjlmNDhkOWE5LTEwZjMtNGU0NC05NzQyLWIxYThlY2JkN2JjZCIsInJvbGUiOiIifQ.qiiwiL0_48T_ssh3pepNMwkTiu0Uu9tKVADm60ZkWMw

- ✓ Uso: Para poder hacer llamadas a este servicio web hay que obtener una clave mediante una suscripción gratuita, y agregarla al código Javascript en la llamada al servicio web.

  Esta clave es:

  eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJzdWIiOiJhcnJvY2FsQGhvdG1haWwuY29tIiwianRpIjoiOWY0OGQ5YTktMTBmMy00ZTQ0LTk3NDItYjFhOGVjYmQ3YmNkIiwiaXNzIjoiQUVNRVQiLCJpYXQiOjE2OTQ5NjI4NTQsInVzZXJJZCI6IjlmNDhkOWE5LTEwZjMtNGU0NC05NzQyLWIxYThlY2JkN2JjZCIsInJvbGUiOiIifQ.qiiwiL0_48T_ssh3pepNMwkTiu0Uu9tKVADm60ZkWMw

Además de esta clave, en la llamada hay que agregar el código de municipio del que se quiere recuperar la información.

- ✓ Más información: https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio y https://opendata.aemet.es/dist/index.html?.

5.2.3 MAPAS BASE

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas MapServer de ESRI
- ✓ Proveedor: ESRI
- ✓ Objetivo: Visualización de los mapas base
- ✓ URLs:
  - Callejero:https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Street_Map/MapServer
  - Topográfico:https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Topo_Map/MapServer
  - Ortofoto:https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/Reference/World_Boundaries_and_Places/MapServer
- ✓ Año: No disponible en la información del proveedor

5.2.4 RELACIÓN MUNICIPIOS-PROVINCIAS

- ✓ Tipo de dato: Servicio web Feature Server de ESRI
- ✓ Proveedor: Producción propia
- ✓ Objetivo: Dotar a la herramienta **"Predicción meteorológica"** de un servicio para que cuando se seleccione una provincia se recuperen sus municipios. Véase el apartado 11.2.1 ESTIMACIÓN MEDIANTE VARIABLES METEOROLÓGICAS
- ✓ URL:https://services6.arcgis.com/hGh8eanLacYgrx0E/ArcGIS/rest/services/PROV_MUNI_ANDALUCIA/FeatureServer/0/
- ✓ Año: 2023

5.2.5 LÍMITE ANDALUCÍA

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas Feature Server de ESRI
- ✓ Proveedor: IGN
- ✓ Objetivo: Visualización de los límites de Andalucía
- ✓ URL:https://services1.arcgis.com/nCKYwcSONQTkPA4K/ArcGIS/rest/services/CCAA_wgs1984_wm/FeatureServer

- ✓ Año: 2021
- ✓ Observaciones: El servicio de mapas contiene los límites de todas las Comunidades Autónomas de España. Para mostrar solo Andalucía se ha realizado un filtro sobre el servicio en ArcGIS Online

5.2.6 PROVINCIAS

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas Feature Server de ESRI
- ✓ Proveedor: IGN
- ✓ Objetivo: Visualización de las provincias de Andalucía
- ✓ URL:https://services1.arcgis.com/nCKYwcSONQTkPA4K/ArcGIS/rest/services/Prov/FeatureServer
- ✓ Año: 2014
- ✓ Observaciones: El servicio de mapas contiene los límites de todas las provincias de España Para mostrar solo las de Andalucía se ha realizado un filtro sobre el servicio en ArcGIS Online

5.2.7 MUNICIPIOS

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas Feature Server de ESRI
- ✓ Proveedor: IGN
- ✓ Objetivo: Visualización de las provincias de Andalucía
- ✓ URL:https://services1.arcgis.com/nCKYwcSONQTkPA4K/ArcGIS/rest/services/muni/FeatureServer
- ✓ Año: 2023
- ✓ Visible solo a escalas a partir de 1: 500 000
- ✓ Observaciones: El servicio de mapas contiene los límites de todos los municipios de España. Para mostrar solo los de Andalucía se ha realizado un filtro sobre el servicio en ArcGIS Online

5.2.8 MAPA FORESTAL DE ESPAÑA

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España
- ✓ Objetivo: Visualización y consulta del Mapa forestal de España para tener información de las especies asociadas a incendios forestales. Y registrar dicha información en los datos de los focos de incendios para su posterior análisis
- ✓ URL:https://wms.mapama.gob.es/sig/Biodiversidad/MFE/wms.aspx?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities

- ✓ Año: 2022
- ✓ Visible solo a escalas a partir de 1: 40 000
- ✓ Más información: https://www.idee.es/csw-codsi-idee/srv/api/records/8f8c2c68-b930-4a35-ae47-77d44ff0cb14

5.2.9 RED DE ESPACIOS NATURALES

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS OGC
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualización y consulta de información de los Espacios Naturales Protegidos para tener especial atención en la estimación del riesgo de incendios forestal en ellos.
- ✓ Es un servicio meramente informativo, no siendo utilizado directamente por ninguna de las herramientas principales para estimar el riesgo de incendio
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_RENPA?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Más Información: https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/api/records/beea0f75c3346d528c21f18cdc89bf0b1f1bab45
- ✓ Año: 2023
- ✓ Más información: https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/api/records/d840bff6-9ed5-44ee-a66c-7e927ede5fce

5.2.10 MODELOS DE COMBUSTIBLE

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS OGC
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualización y consulta de los modelos de combustible para poder estimar el riesgo de incendio forestal, utilizándolos como uno de sus parámetros, junto con la pendiente del terreno y la meteorología. Además de esto, se utilizará para registrar su valor a los datos de los focos de incendios para su posterior análisis
- ✓ URL: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_riesgo_incendio_combustibilidad?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Año: 2016
- ✓ Visible solo a escalas a partir de 1: 20 000
- ✓ Observaciones: Esta capa tiene un tiempo de carga de unos segundos debido a su peso.
- ✓ Más Información: https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/api/records/7770c63a-9ce8-4c2f-ba2a-dc54a9277e25

5.2.11 FOCOS DE INCENDIOS DETECTADOS

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas Feature Server de ESRI
- ✓ Proveedor: Producción propia
- ✓ Objetivo: Servicio de mapas creado por el autor del presente TFG para almacenar, visualizar y consultar los focos de incendios detectados por el servicio NASA FIRMS que han originado un incendio forestal, junto con sus datos alfanuméricos
- ✓ URL:https://services6.arcgis.com/hGh8eanLacYgrx0E/arcgis/rest/services/FocosIncendios/FeatureServer
- ✓ Año: Se actualiza a demanda

5.2.12 MUNICIPIOS CON PELIGRO DE INCENDIO

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualizar los municipios con peligro de incendio por diversos factores (véase https://www.juntadeandalucia.es/boja/2010/192/1), y poder contrastarlos con las zonas dadas por el índice meteorológico de riesgo de incendio, y por el riesgo de orográfico de incendio, y así tener de una forma más fiable las zonas de más peligro de incendio forestal para su análisis
- ✓ Es un servicio meramente informativo, no siendo utilizado directamente por ninguna de las herramientas principales para estimar el riesgo de incendio
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_zona_peligro_incendios_forestales?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Año: 2017
- ✓ Más información: https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/api/records/20adaabb3b1388da35e3dc48b651f950944961ad

5.2.13 RIESGO OROGRÁFICO DE INCENDIOS

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualizar las zonas de peligro de incendio por factores orográficos (pendiente, exposición, viento) y poder contrastarlas con las dadas por el índice meteorológico, y por los municipios con peligro de incendio, y así tener de una forma más fiable las zonas de más peligro de incendio forestal para su análisis
- ✓ Es un servicio meramente informativo, no siendo utilizado directamente por ninguna de las herramientas principales para estimar el riesgo de incendio

- ✓ Este servicio se compone de las capas "Riesgo combinado de pendientes y exposiciones", Riesgo de propagación por incendios de viento, y "Riesgo de propagación por incendios topográficos"
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_riesgo_orografico_incendios_16?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Año: 2016
- ✓ Más información: https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/api/records/b86fa865-de73-4851-8d0e-4f7170a8c483

5.2.14 ÁREAS RECORRIDAS POR EL FUEGO

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualización y consulta de Áreas recorridas por el fuego (1975-Actualidad).
- ✓ Es un servicio meramente informativo, no siendo utilizado directamente por ninguna de las herramientas principales para estimar el riesgo de incendio
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_historico_areas_recorridas_fuego?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Año: Se actualiza periódicamente
- ✓ Más información: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/-c3-a1reas-recorridas-por-el-fuego.-datos-hist-c3-b3ricos/20151

5.2.15 CATASTRO

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: Sede Electrónica de Catastro (Ministerio de Hacienda y Función Pública)
- ✓ Objetivo: Visualizar y consultar las parcelas catastrales donde se ha originado un incendio forestal, para poder identificar al propietario si fuera necesario (previa autorización por el servicio correspondiente) y obtener otros datos como su superficie, y uso. Este dato se registra en la capa "Focos de Incendios detectados "
- ✓ Visible solo a escalas a partir de 1:40 000
- ✓ URL: https://ovc.catastro.meh.es/Cartografia/WMS/ServidorWMS.aspx
- ✓ Año: Se actualiza periódicamente

5.2.16 ORIENTACIONES

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualización y consulta de las orientaciones del terreno para poder asociarlas al foco origen de un incendio para su posterior análisis
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_orientaciones_andalucia?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Año: 2006 y 2007
- ✓ Visible solo a escalas a partir de 1: 20 000
- ✓ Observaciones: Esta capa tiene un tiempo de carga de unos segundos debido a su peso
- ✓ Más información: https://portalrediam.cica.es/geonetwork/static/api/records/f04076068e9ac84a78afb2d2ffb67a15df4622e7

5.2.17 PENDIENTES

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualización y consulta de las pendientes de terreno para poder estimar el riesgo de incendio forestal, utilizándola como uno de sus parámetros, junto con la meteorología y el modelo de combustible. Además de esto, la pendiente se utilizará para registrar su valor a los datos de los focos de incendios para su posterior análisis
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_mapa_pendientes?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Año: 2006 y 2007
- ✓ Visible solo a escalas a partir de 1: 20 000
- ✓ Observaciones: Esta capa tiene un tiempo de carga de unos segundos debido a su peso.
- ✓ Másinformación:https://portalrediam.cica.es/geonetwork/static/api/records/f04076068e9ac84a78afb2d2ffb67a15df4622e7

5.2.18 ALTITUDES

- ✓ Tipo de dato: Servicio web de mapas WMS
- ✓ Proveedor: REDIAM
- ✓ Objetivo: Visualización y consulta de las altitudes del terreno para poder asociarlas al foco origen de un incendio para su posterior análisis
- ✓ URL:https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_mde_andalucia?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities
- ✓ Año: 2006 y 2007
- ✓ Visible solo a escalas a partir de 1: 20 000
- ✓ Observaciones: Esta capa tiene un tiempo de carga de unos segundos debido a su peso.

- ✓ Más información: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-mapa/-/asset_publisher/wO880PprC6q7/content/mapa-de-elevaciones-del-terreno-de-andaluc-c3-ada-mde-/20151

5.2.19 FOCOS DE INCENDIOS DEL SERVICIO NASA FIRMS

- ✓ Tipo de dato: Fichero KML
- ✓ Proveedor: Servicio NASA FIRMS
- ✓ Objetivo: Obtener la geometría de los puntos de los focos de incendios detectados por los satélites Aqua, Terra, S-NPP y NOAA 20 de la NASA, para poder crear una capa con la geometría y los datos asociados al foco de incendios (vegetación, pendiente, orientación, etc)
- ✓ URL: No aplica
- ✓ Más información: Cada uno de los satélites tiene una frecuencia de paso de 2/3 días por el mismo punto, pero están distribuidos de tal manera que todos los puntos de la tierra sean observados cada 3 horas. https://www.earthdata.nasa.gov/learn/find-data/near-real-time/firms

5.3 FUNCIONALIDADES DEL VISOR

5.3.1 INTRODUCCIÓN

El visor tiene 3 funcionalidades principales.

- ✓ Estimación del riesgo de incendio forestal por variables meteorológicas, de pendiente y de modelo de combustible a nivel de municipio de Andalucía

- ✓ Registro de los focos de incendio detectados por el servicio NASA FIRMS, con sus variables asociadas (origen, provincia, municipio, especie principal, especie secundaria, FCC, pendiente, altitud, temperatura, humedad, velocidad del viento, superficie quemada), que han ocasionado un incendio forestal

- ✓ Análisis de las características de las variables anteriores para poder detectar patrones comunes sobre en qué zonas, por qué motivos y qué características han tenido los incendios forestales ocurridos en el pasado, ya que lo ocurrido en el pasado puede volver a ocurrir en el futuro.

Conociendo estas características nos podremos adelantar al posible inicio de un incendio forestal, poniendo los medios de vigilancia apropiados en los lugares potencialmente peligrosos cuando se dan condiciones potencialmente peligrosas. Ya que donde se producen con frecuencia incendios

forestales, hay posibilidad de que se vuelvan a producir en el futuro, por sus condiciones meteorológicas, de vegetación, de pendiente, o sociológicas.

5.3.2 ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

5.3.2.1 ELECCIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS

Para estimar el riesgo de incendio forestal mediante variables meteorológicas, de pendiente y de modelo de combustible, primero es convenientes elegir una zona con riesgo de incendio forestal alto. Aunque el usuario del visor también podría estimar el riesgo de cualquier zona, independientemente de su riesgo.

Para elegir dicha zona se pueden utilizar los siguientes medios del visor.

a) Enlace al Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía
b) Capa Riesgo Orográfico de Incendio
c) Capa Zonas de Peligro de Incendio

a) Enlace al Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía en el visor

- ✓ Una vez abierto el visor, abrir el enlace -Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía (Figura 10)

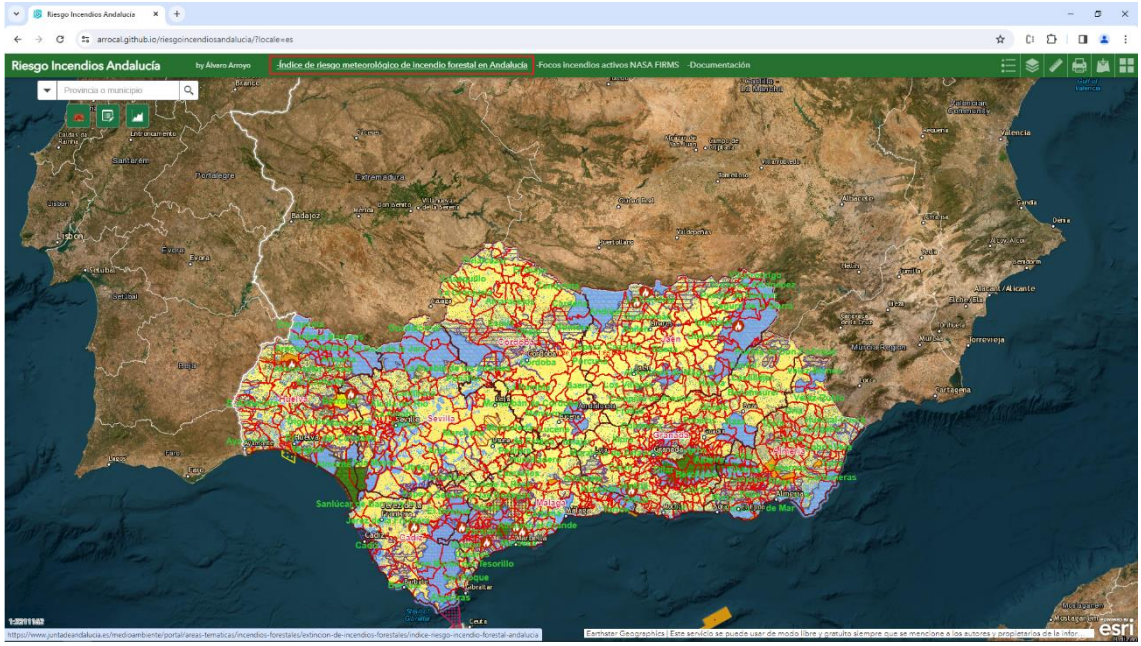

Figura 10: Enlace índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Si la URL de la página ha cambiado se mostrará la siguiente pantalla (Figura 11)

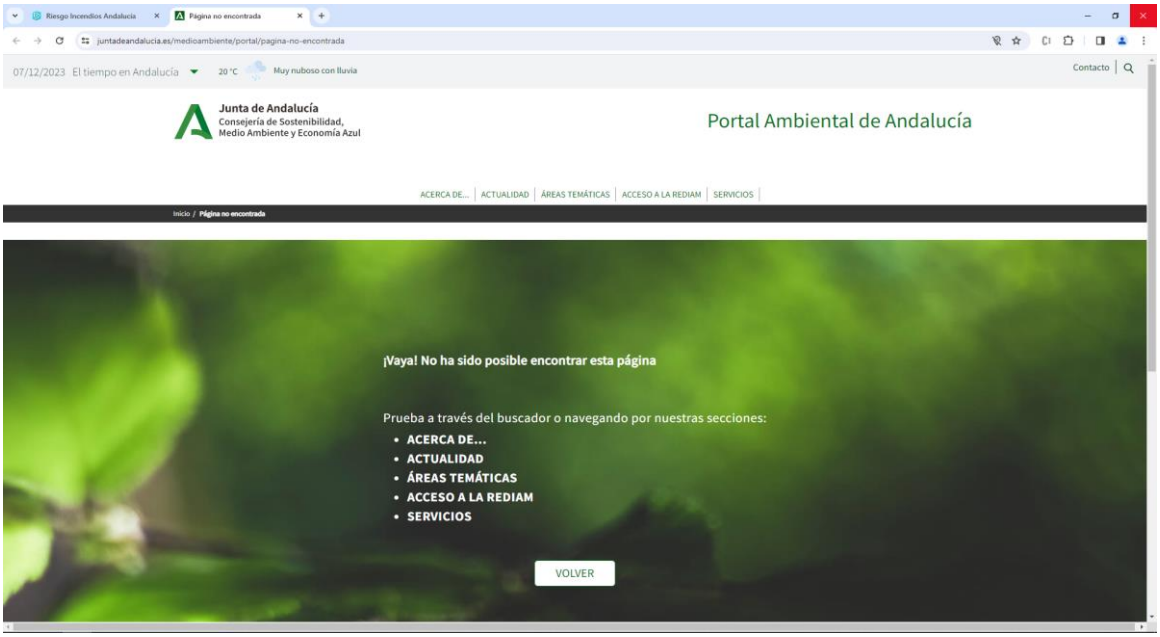

Figura 11: Aviso cambio URL del índice de riesgo meteorológico de incendio forestal

Fuente: **Portal Ambiental de Andalucía, s.f.,d**

- ✓ Y habrá que buscar la nueva página escribiendo "Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía" en un buscador de internet

- ✓ Una vez en dicha página web, se buscará el riesgo de incendio del día actual, como los datos se dan para los 3 días siguientes, para buscar el día actual habrá buscar el día anterior. Ejemplo. Para buscar los datos del día 31/08/2023 habrá que pulsar en la opción del día 30/08/2023, y después descargar la imagen con el riesgo de incendio de cualquiera de las 2 opciones (31/08/2023 (imagen georreferenciada) o 31/08/2023) (Figura 12)

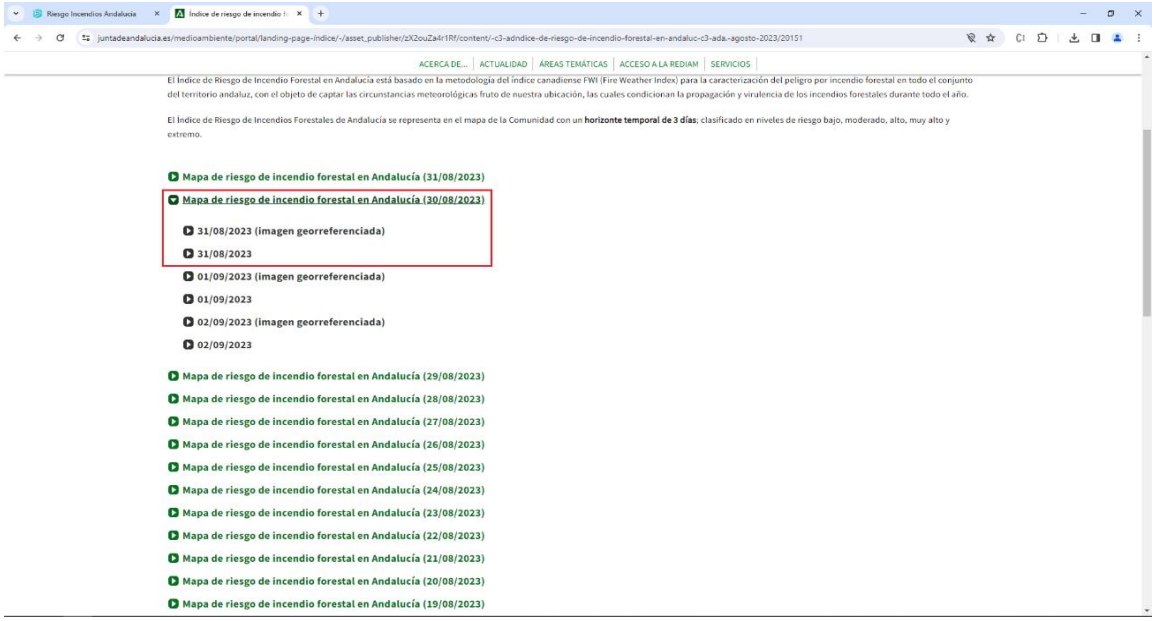

Figura 12: Descarga imagen índice de riesgo meteorológico de incendio forestal

Fuente: Portal Ambiental de Andalucía, s.f.,d

- ✓ Una vez descargada la imagen se podrá ver los riesgos de incendios de las zonas y elegir una (Figura 13)

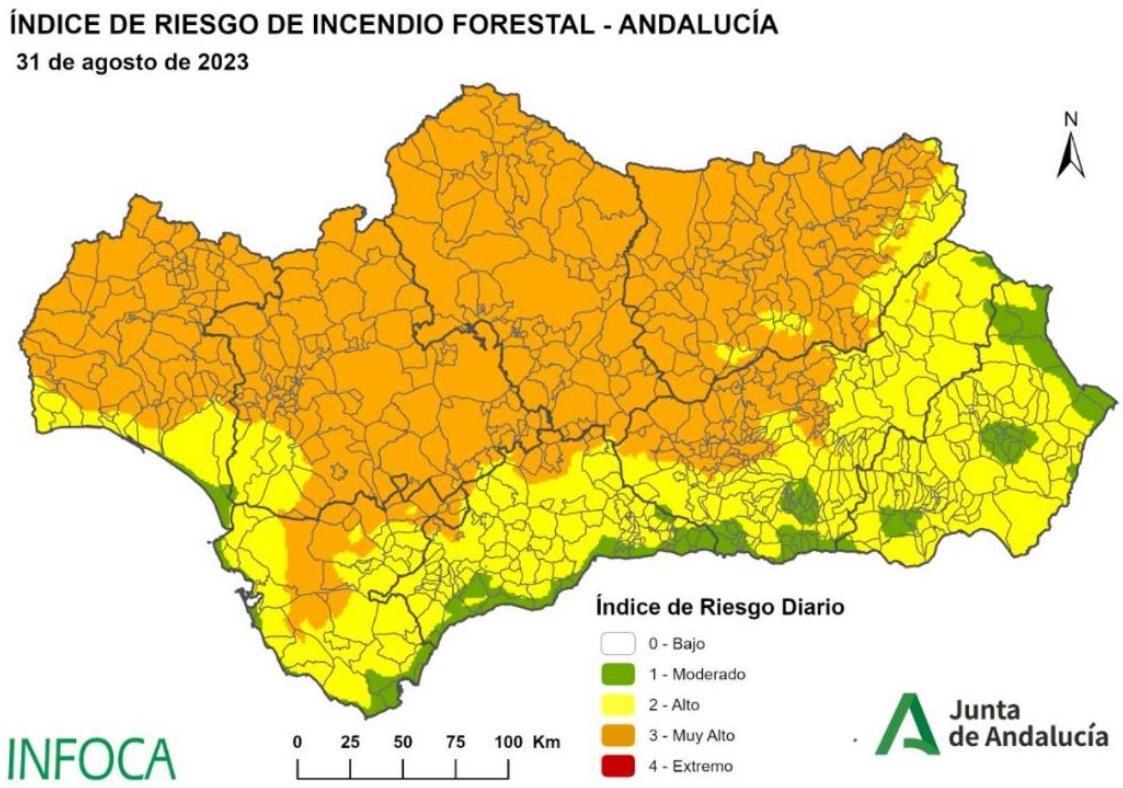

Figura 13: Ejemplo índice de riesgo meteorológico de incendio forestal

Fuente: Portal Ambiental de Andalucía, s.f.,d

b) Capa Riesgo Orográfico de Incendio

Para visualizar las zonas con mayor riesgo orográfico de incendio hay que cargar la capa “Riesgo Orográfico de Incendios” y visualizar sus valores en la leyenda (Figura 14).

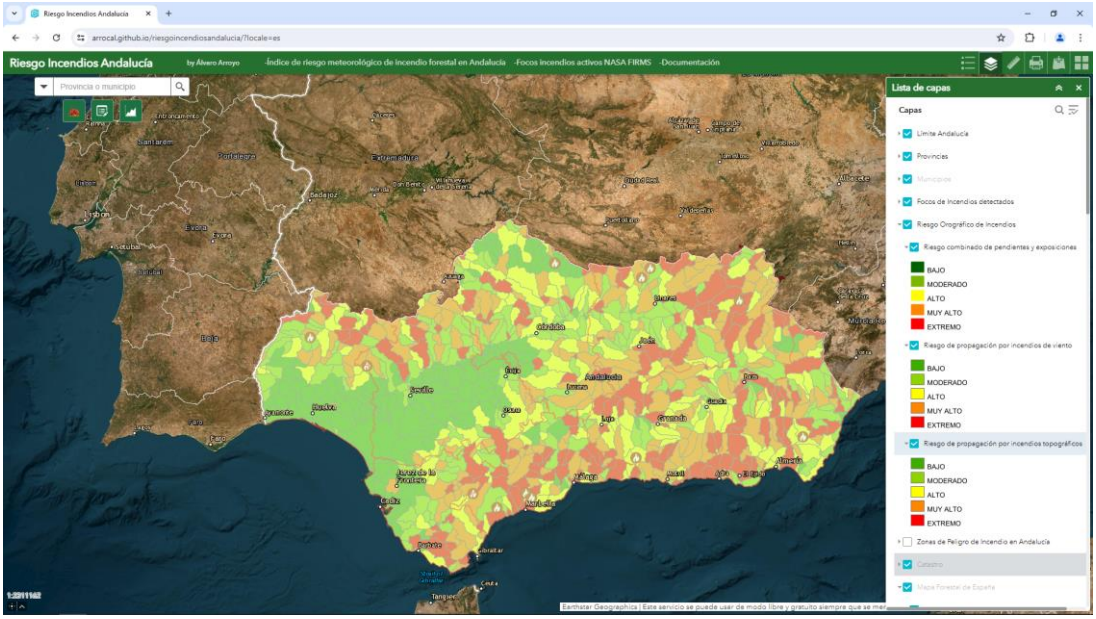

Figura 14: Visualización capa "Riesgo Orográfico de Incendios"

Fuente: Elaboración propia desde el visor

c) Capa Municipios con Peligro de Incendio

Para visualizar los municipios con mayor peligro de incendio hay que cargar la capa "Municipios con Peligro de Incendio" y visualizar sus valores en la leyenda (Figura 15).

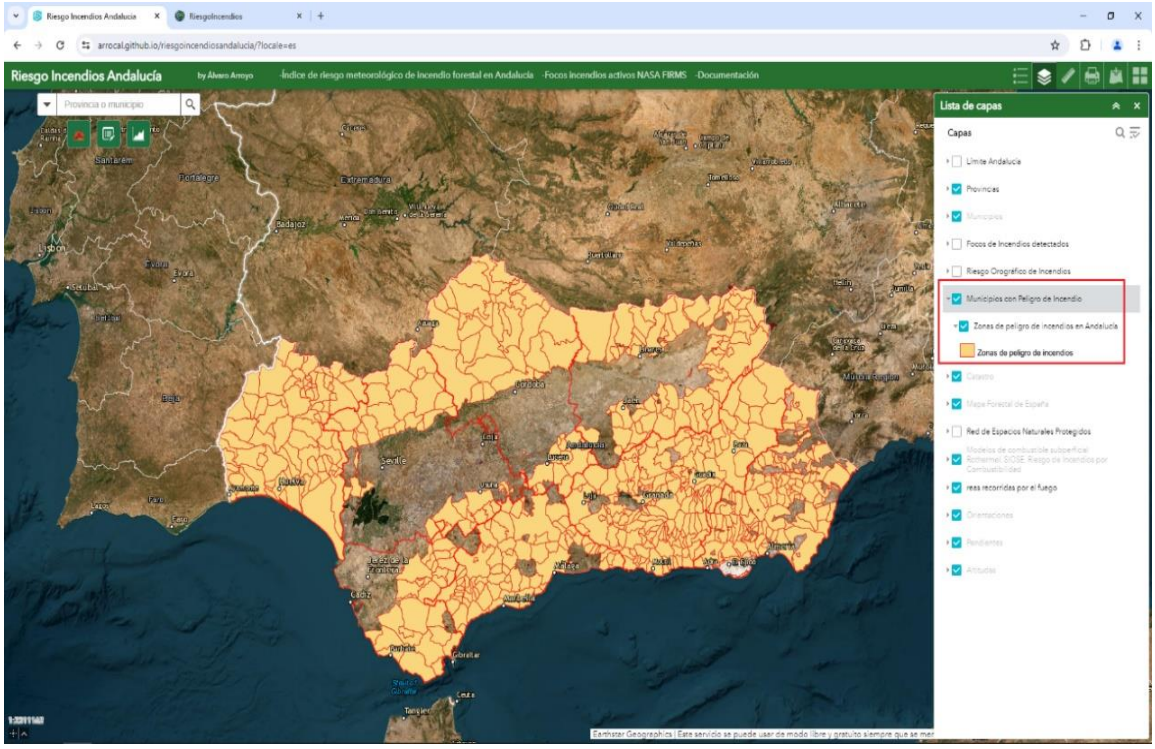

Figura 15: Visualización capa "Municipios con Peligro de Incendio"

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Nota: Es criterio del usuario del visor elegir la zona y el municipio de estudio mediante el uso de los datos dados por los 3 medios citados anteriormente.

5.3.2.2 ESTIMACIÓN MEDIANTE VARIABLES METEOROLÓGICAS

A-DATOS DE PARTIDA

Los datos de temperatura, humedad y velocidad del viento en los que se basa la estimación de riesgo de incendios mediante variables meteorologías, se van a extraer del servicio web publicado por la AEMET en su portal Open Data https://opendata.aemet.es/dist/index.html?, según se ha explicado en el apartado 5.2.2 SERVICIO WEB DE CONSULTA DE DATOS DE LA AEMET

B-PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Para este ejemplo se ha escogido el municipio de Aroche (Huelva).

- ✓ Abrir la herramienta **"Predicción meteorológica"**, donde el usuario seleccionando la provincia, el municipio y pulsando "Aceptar" podrá ver los valores de las variables meteorológicas del municipio (Figura 16).

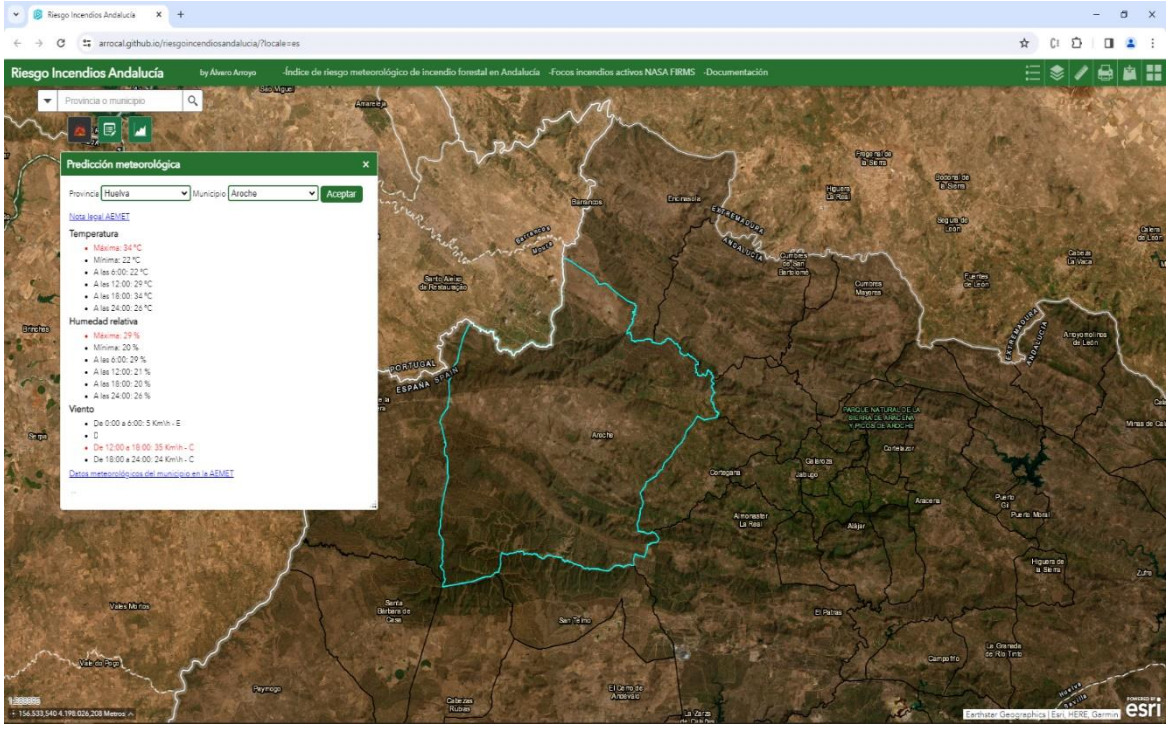

Figura 16: Herramienta predicción meteorológica

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Si el valor de la temperatura máxima es mayor de 30 º C, la humedad máxima es menor de 30 % y si la velocidad del viento a cualquier hora es mayor de 30 Km\h, estos valores se resaltarán en rojo, debido a que con estos valores el riesgo de incendio aumenta notablemente.

- ✓ Para cuantificar el riesgo de incendio se tendrá en cuenta los datos de la Tabla 6

Tabla 6: Valores del riesgo de incendio por variables meteorológicas

RIESGO DE INCENDIO POR VARIABLES METEOROLÓGICAS	
VARIABLES METEOROLÓGICA	**RIESGO**
Temperatura > 30 º C	Considerado Alto/Extremo por el Autor según la regla del "30"
Humedad relativa < 30 %	
Velocidad del viento > 30 Km\h	

Fuente: Elaboración propia

Nota: No existe en la literatura nacional sobre riesgo de incendios forestales debido a causas meteorológicas, una valoración más detallada que la conocida regla del "30".

Además, en la herramienta se muestran 2 enlaces web.

- Nota legal AEMET: Con las notas legales descritas por la AEMET a tener en cuenta en la utilización de sus datos meteorológicos

- Datos meteorológicos del municipio en la AEMET: Con la información meteorológica del municipio seleccionado en la herramienta

5.3.2.3 ANÁLISIS MEDIANTE MODELO DE COMBUSTIBLE

A-DATOS DE PARTIDA

Para estimar el riesgo de incendio por el modelo de combustible se utilizan los datos procedentes de la capa **"Modelos de combustible superficial Rothermel. SIOSE. Riesgo de Incendios por Combustibilidad"** disponible en el mapa.

B-PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Para estimar el riesgo de incendio forestal por modelo de combustible se procede de la siguiente manera.

- ✓ Buscar el municipio de estudio, en este caso Aroche (Huelva) con la herramienta **"Búsqueda de provincia y municipio"** (Figura 17)

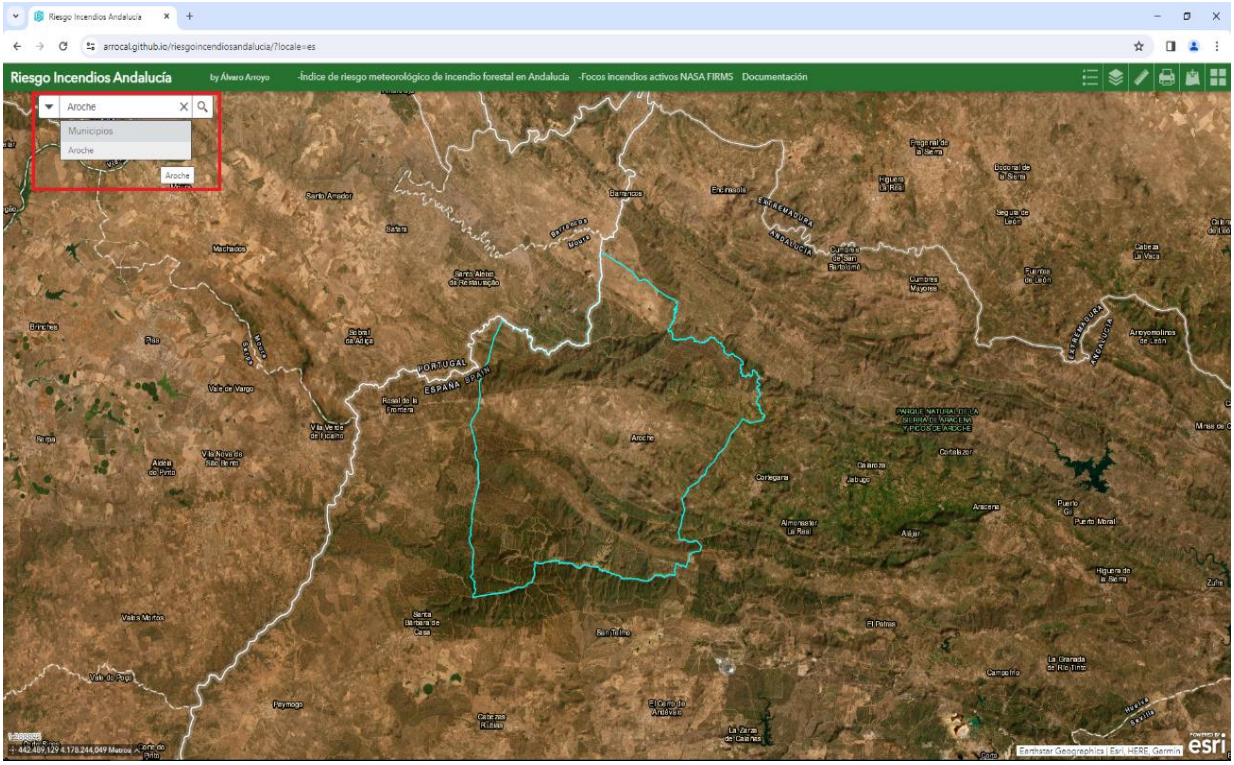

Figura 17: Herramienta búsqueda de provincia y municipio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Activar la capa "**Modelos de combustible superficial Rothermel. SIOSE. Riesgo de Incendios por Combustibilidad**" de la herramienta **"Lista de capas"** (si no estuviera ya activa) donde se verá el modelo de combustible de la zona (Figura 18)

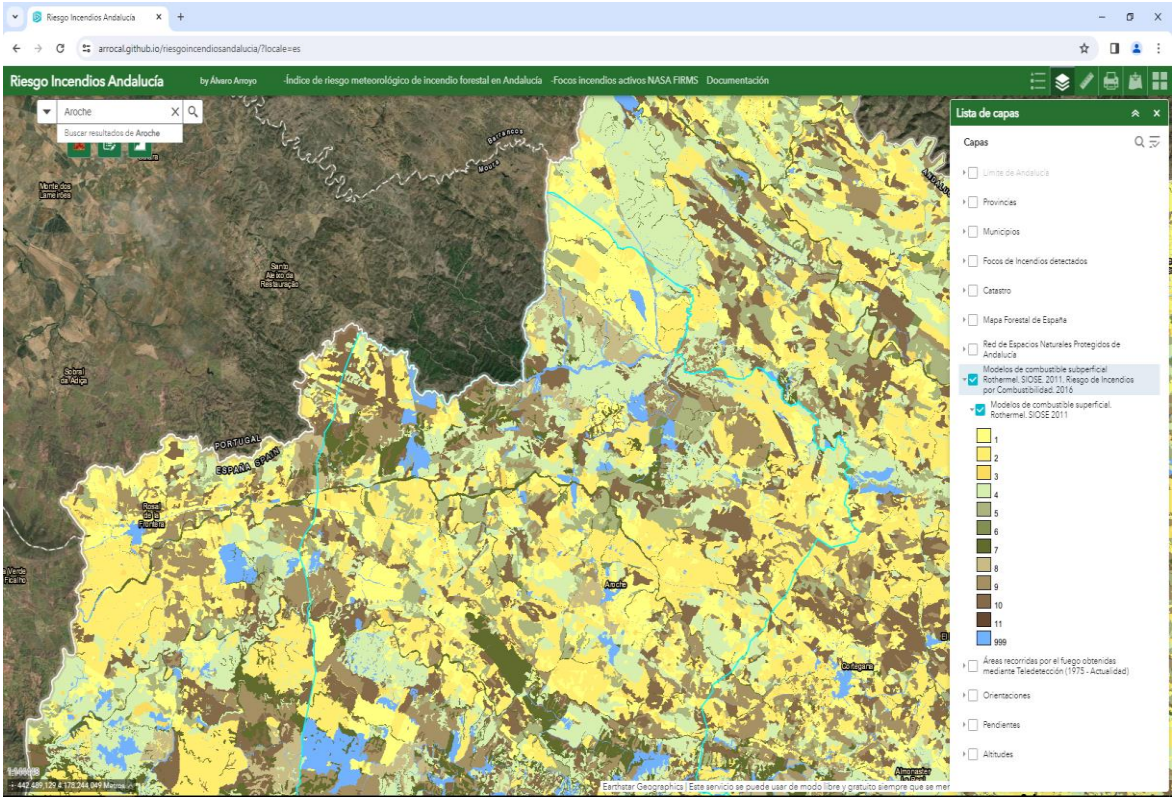

Figura 18: Activación capa modelos de combustible superficial Rothermel

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Nota: En la leyenda el valor “999” significa sin datos.

Nota: La capa de modelo de combustible debido a su peso tarda en cargar unos segundos y solo es visible a escaladas a partir de 1: 20 000.

- ✓ Hacer zoom a la zona donde se quiere ver el modelo de combustible con más detalle en la leyenda

- ✓ También se puede conocer el modelo de combustible haciendo “Click” en un punto en concreto, mediante la ventana emergente que se muestra, y haciendo “Click” en el icono de maximizar (Figura 19 y 20)

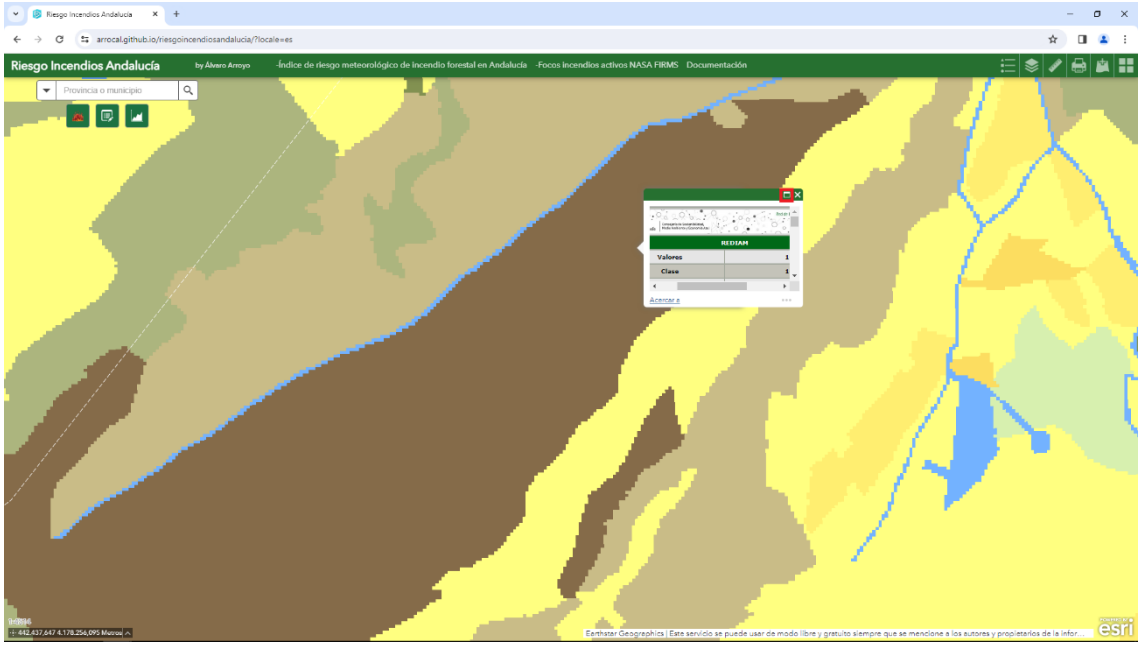

Figura 19: Visualización de datos de modelo de combustible 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

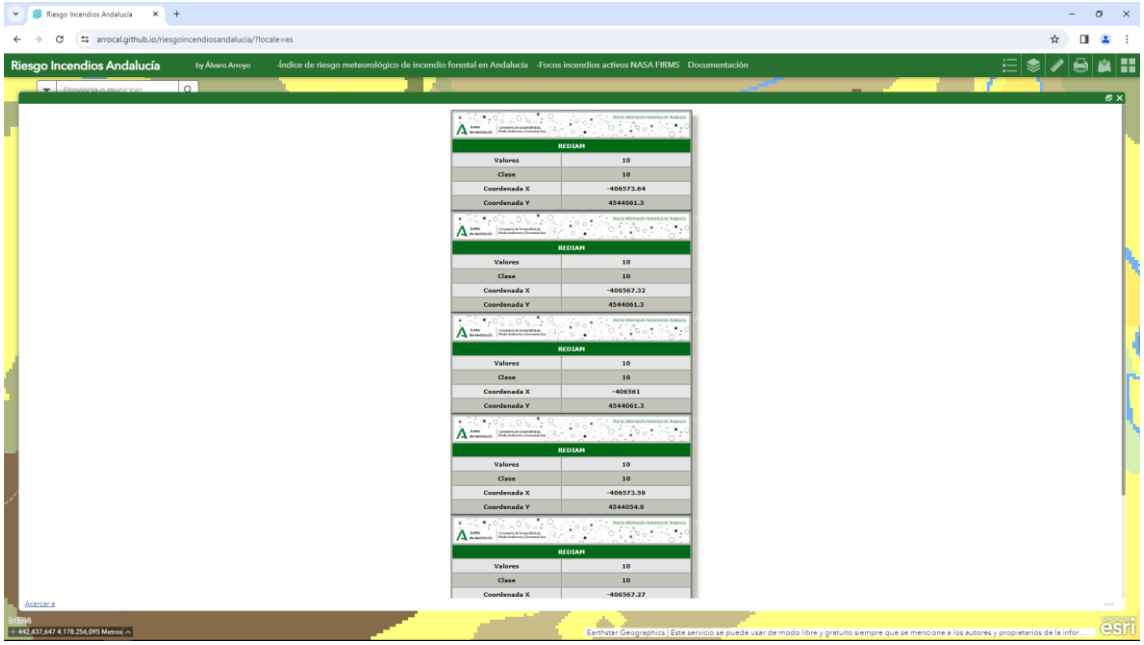

Figura 20: Visualización de datos de modelo de combustible 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Para cuantificar el riesgo de incendio por el modelo de combustible se tendrá en cuenta los datos de la Tabla 7

Tabla 7: Valores del riesgo de incendio por modelo de combustible

RIESGO DE INCENDIO POR MODELO DE COMBUSTIBLE	
MODELO DE COMBUSTIBLE	RIESGO
Sin combustible apreciable	Muy bajo
8-5	Bajo
11–9-1–3	Moderado
7–6–2	Alto
4	Muy alto

Fuente: INFOCA. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. s.f., a

5.3.2.4 ANÁLISIS MEDIANTE LA PENDIENTE

A-DATOS DE PARTIDA

Para estimar el riesgo de incendio por la pendiente se utiliza la capa **"Pendientes"** disponible en el mapa.

B-PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Para estimar el riesgo de incendio forestal por la pendiente se procede de la siguiente manera.

- ✓ Buscar el municipio de estudio, en este caso Aroche (Huelva) con la herramienta "Buscar" (Figura 20)

- ✓ Activar la capa "**Pendientes**" de la herramienta **"Lista de capas"** (si no estuviera ya activa) donde se verá la pendiente de la zona (Figura 21)

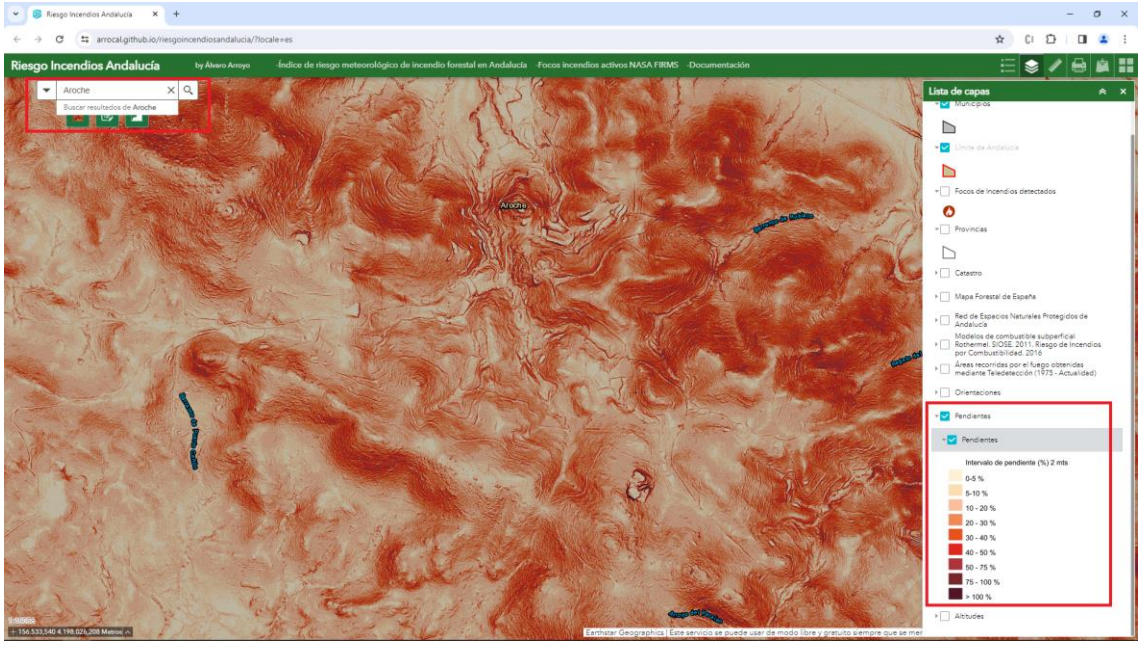

Figura 21: Activación de capa de pendientes

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Nota: La capa de pendientes debido a su peso tarda en cargar uno segundos, y solo es visible a escalas a partir de 1: 20 000.

- ✓ Hacer zoom a la zona donde se quiere ver la pendiente con más detalle (Figura 21)
- ✓ También se puede conocer la pendiente haciendo “Click” en un punto en concreto, mediante la ventana emergente que se muestra, y haciendo “Click” en el icono de maximizar (Figura 22 y 23)

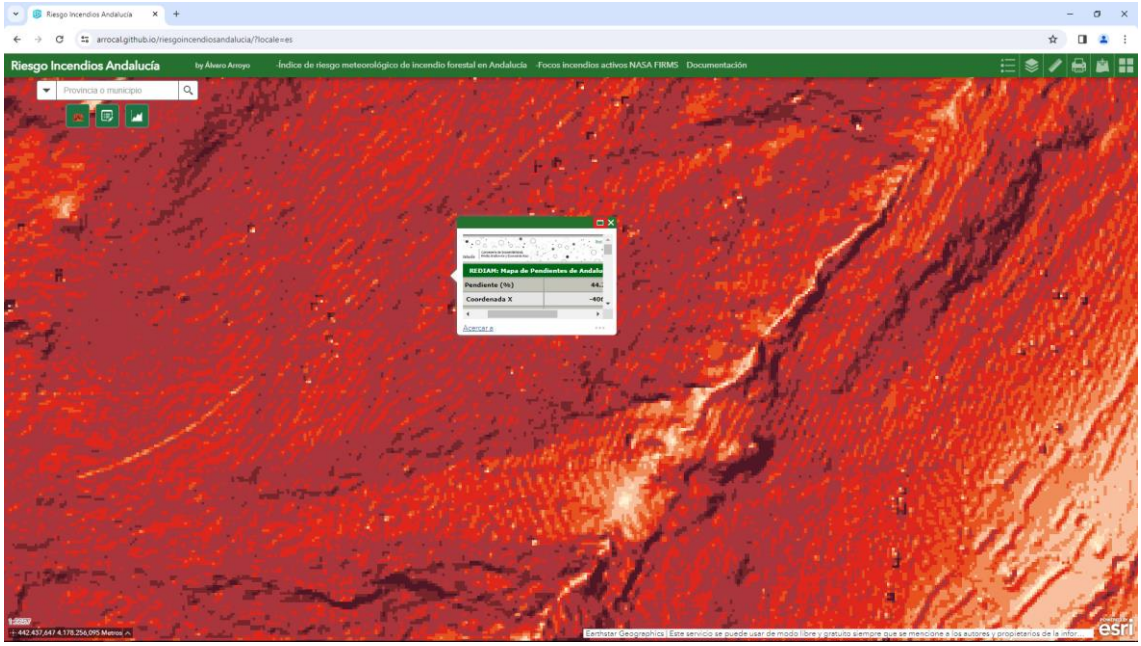

Figura 22: Visualización de datos de pendientes 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

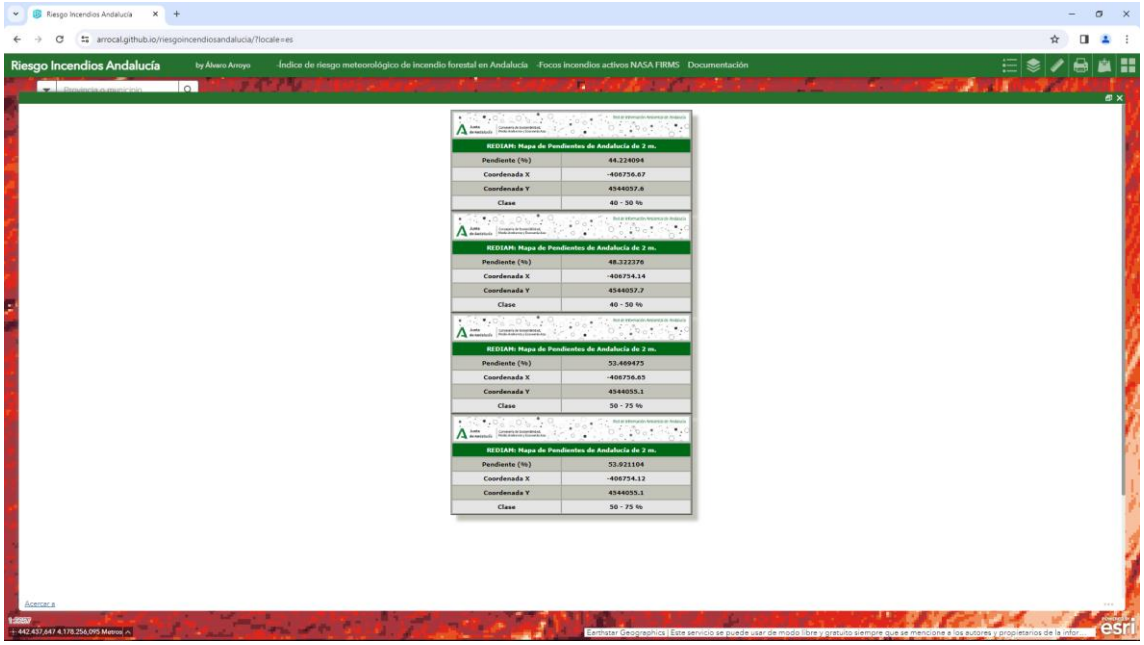

Figura 23: Visualización de datos de pendientes 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Para cuantificar el riesgo de incendio por la pendiente se tendrá en cuenta los datos de la Tabla 8

Tabla 8: Valores del riesgo de incendio por pendiente

RIESGO DE INCENDIO POR PENDIENTE	
INTERVALO DE PENDIENTE (%)	RIESGO
0–10	Muy bajo
10-20	Bajo
20-30	Medio
40-50	Alto
> 50	Muy alto

Fuente: **INFOCA. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. s.f., a**

5.3.3 RECOPILACIÓN, REGISTRO Y ANÁLISIS DE FOCOS DE INCENDIO FORESTAL

5.3.3.1 RECOPILACIÓN DE DATOS FOCOS DE INCENDIOS

A-DATOS DE PARTIDA

Para obtener la ubicación sobre el terreno de los focos de incendios se parte de los datos proporcionados el servicio NASA FIRMS, ya descrito en el apartado 5.2.19 FOCOS DE INCENDIOS DE LA NASA. La ubicación se recibe en formato KML por correo electrónico mediante una suscripción gratuita. Para el presente TFG se ha creado una suscripción a dicho servicio para recibir los datos en una zona circunscrita a Andalucía y las proximidades de las provincias colindantes (Figura 24), debido a la imposibilidad de que sea solo para Andalucía, y porque los incendios originados en zonas limítrofes pueden entrar en territorio andaluz.

Figura 24: Ámbito recepción correos focos de incendios del servicio NASA FIRMS

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Los datos de la cuenta de correo electrónico donde se reciben los ficheros KML son los de la Tabla 9.

Tabla 9: Datos cuenta correo para la recepción de focos de incendios de la NASA FIRMS

PROVEEDOR	DIRECCIÓN	CONTRASEÑA
www.gmail.com	focosincendiosnasa@gmail.com	focosincendiosnasa23

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los datos alfanuméricos asociados a los focos de incendios, se van a guardar los expuestos en la Tabla 10, con sus posibles valores y su fuente.

Tabla 10: Datos asociados a focos de incendios

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
PROVINCIA	Almería	Capa Provincias
	Cádiz	
	Córdoba	
	Cádiz	
	Granada	
	Huelva	
	Jaén	
	Málaga	
	Sevilla	
MUNICIPIO	Cualquier municipio de Andalucía	Capa Municipios

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
FECHA	Cualquier fecha	Servicio de Incendios Forestales de la Sección Medio natural y forestal de la Junta de Andalucía
ORIGEN	Barbacoa	Servicio de Incendios Forestales de la Sección Medio natural y forestal de la Junta de Andalucía
	Rayo	
	Colilla cigarro	
	Desconocido	
	Chispas producidas por maquinaria	
	Intencionado	
	Quemas autorizadas	
	Quemas no autorizadas	
ESPECIE PRINCIPAL	*Abies pinsapo*	Capa del Mapa Forestal
	Castanea xativa	
	Eucalyptus camaldulensis	
	Eucalyptus globulus	
	Pinus halepensis	
	Pinus pinaster	
	Pinus pinea	
	Quercus canariensis	
	Quercus faginea	
	Quercus ilex	
	Quercus pyrenaica	
	Quercus robur	
	Quercus suber	
	Olea europae	
	Otras	

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
ESPECIE SECUNDARIA	*Sin especie secundaria*	
	Otras	
	Abies pinsapo	
	Acer spp	
	Adenocarpus spp	
	Alnus spp	
	Arbutus unedo	
	Calluna spp	
	Castanea xativa	
	Cedrus spp	
	Ceratonia spp	
	Cistus spp	
	Crataegus spp	
	Cytisus spp	
	Cupressus spp	
	Chamaerops spp	
	Eucalyptus camaldulensis	
	Eucalyptus globulus	
	Fraxinus spp	
	Halinium spp	
	Juniperus spp	
	Lavandula spp	
	Myrtus spp	
	Olea spp	
	Pinus halepensis	
	Pinus nigra	
	Pinus sylvestris	
	Pinus pinaster	
	Pinus pinea	
	Populus spp	
	Pistacia spp	
	Quercus canariensis	
	Quercus faginea	
	Quercus ilex	
	Quercus pyrenaica	
	Quercus robur	
	Quercus suber	
	Retama spp	
	Rosmarinus spp	
	Rubus spp	
	Sorbus spp	
	Spartium spp	
	Viburnum spp	

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
FCC (%)	Entre 0-10	Capa del Mapa Forestal
	Entre 11-40	
	Entre 41-70	
	Entre 71-85	
	Entre 86-100	
	Mayor de 100	
MODELO DE COMBUSTIBLE Rothermel & Albini	1	Capa de Modelo de Combustible
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
TEMPERATURA (º C)	Menor de 10	AEMET
	Entre 10-14	
	Entre 15-19	
	Entre 20-24	
	Entre 25-29	
	Entre 30-34	
	Entre 35-39	
	Entre 40-45	
	Mayor de 46	
HUMEDAD (%)	Menor de 14	AEMET
	Entre 15-19	
	Entre 20-24	
	Entre 25-29	
	Entre 30-34	
	Entre 35-39	
	Entre 40-45	
	Entre 46-50	
	Entre 51-55	
	Entre 56-60	
	Entre 61-65	
	Entre 66-70	
	Mayor de 70	

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
VELOCIDAD DEL VIENTO (Km\h)	Entre 0-4	AEMET
	Entre 5-9	
	Entre 10-14	
	Entre 15-19	
	Entre 20-24	
	Entre 25-29	
	Entre 30-34	
	Entre 35-39	
	Entre 40-44	
	Entre 45-49	
	Entre 50-54	
	Entre 55-59	
	Entre 60-64	
	Entre 65-69	
	Entre 70-75	
	Entre 76-80	
	Entre 81-85	
	Entre 86-90	
	Entre 91-94	
	Entre 95-99	
	Mayor o igual de 100	
PENDIENTE (%)	Entre 0-5	Capa de Pendientes
	Entre 5-10	
	Entre 10-20	
	Entre 20-30	
	Entre 30-40	
	Entre 40-50	
	Entre 50-75	
	Entre 75-100	
	Mayor de 100	

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
ALTITUD (m)	Entre 0-25	Capa de Altitudes
	Entre 25-50	
	Entre 50-75	
	Entre 75-100	
	Entre 100-125	
	Entre 125-150	
	Entre 150-175	
	Entre 175-200	
	Entre 175-200	
	Entre 200-300	
	Entre 300-400	
	Entre 400-500	
	Entre 500-600	
	Entre 600-700	
	Entre 700-800	
	Entre 800-900	
	Entre 900-1000	
	Entre 1000-1100	
	Entre 1100-1200	
	Entre 1200-1300	
	Entre 1300-1400	
	Entre 1400-1500	
	Entre 1600-1700	
	Entre 1700-1800	
	Entre 1800-1900	
	Entre 1900-2000	
	Entre 2000-2100	
	Entre 2100-2200	
	Entre 2200-2300	
	Entre 2300-2400	
	Entre 2400-2500	
	Entre 2500-3500	
ORIENTACION	Solana	Capa de Orientaciones
	Umbría	
	Indiferente	

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
SUPERFICIE QUEMADA (Ha)	Entre 0-1	Análisis posterior del Incendio Forestal
	Entre 2-50	
	Entre 51-100	
	Entre 101-500	
	Entre 501-1000	
	Entre 1001-2000	
	Entre 2001-3000	
	Entre 3001-4000	
	Entre 4001-5000	
	Entre 5001-6000	
	Entre 6001-7000	
	Entre 7001-8000	
	Entre 8001-9000	
	Mayor de 10000	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de las capas

B-PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Para registrar los focos de incendios detectados NASA FIRMS se procede de la siguiente manera.

- ✓ Abrir el correo de GMAIL con los datos especificados en el apartado anterior A-DATOS DE PARTIDA (Figura 25)

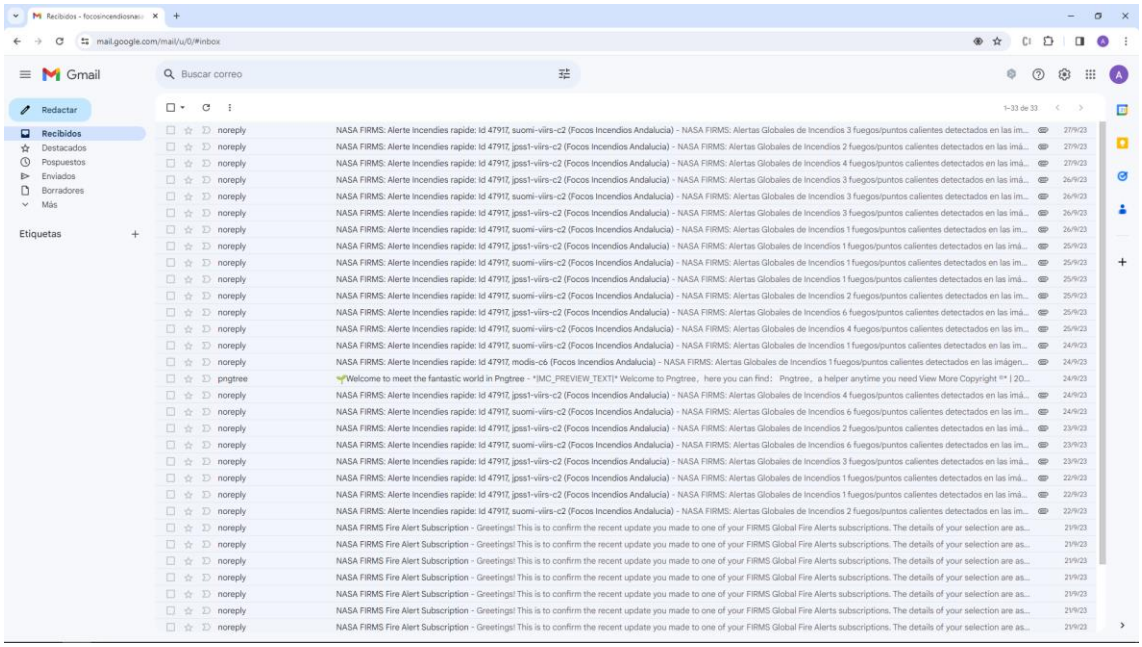

Figura 25: Visualización correo de recepción de focos de incendios de NASA FIRMS

Fuente: Elaboración propia desde GMAIL

✓ Abrir el correo recibido (Figura 26)

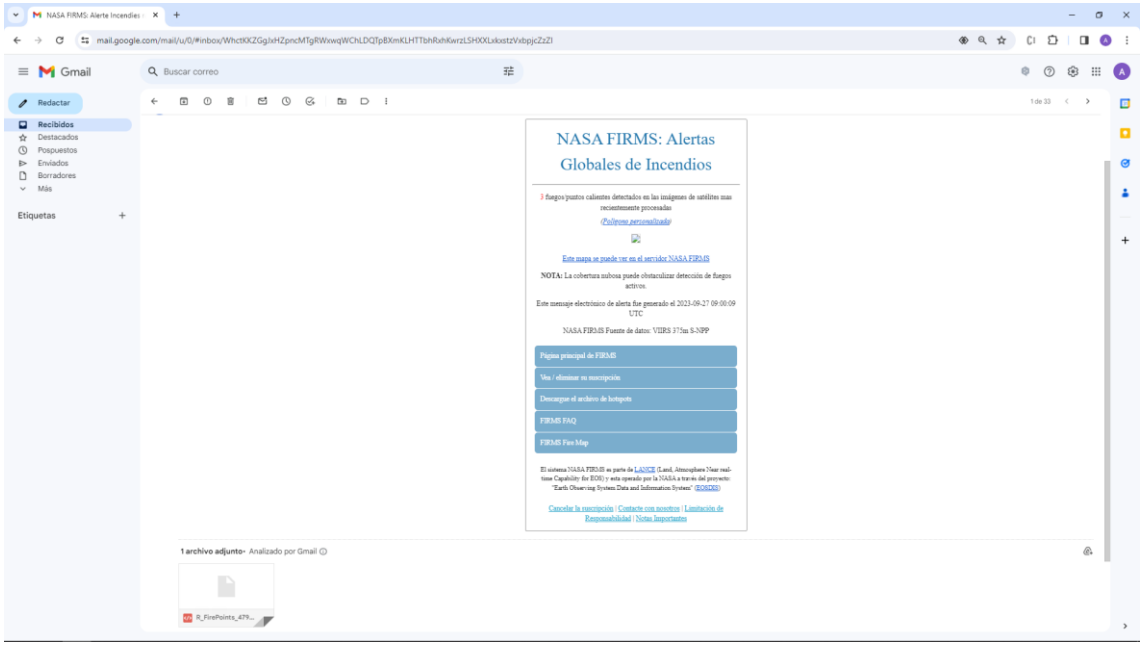

Figura 26: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS

Fuente: Elaboración propia desde el visor desde GMAIL

✓ Descargar el fichero adjunto (Figura 27)

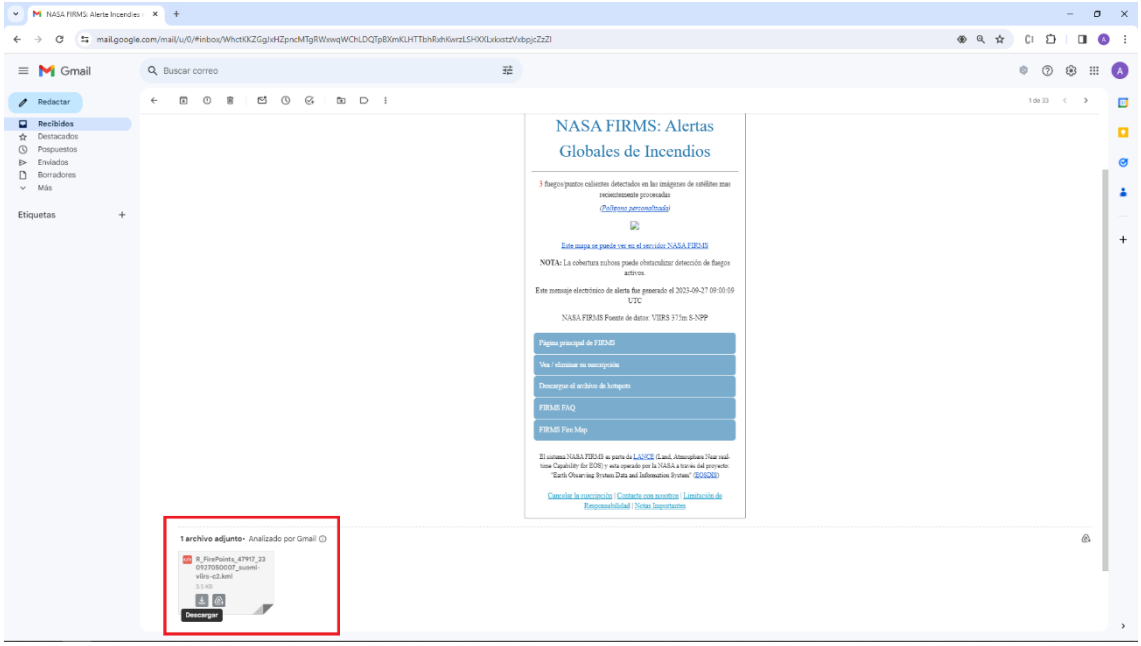

Figura 27: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS

Fuente: Elaboración propia desde el visor desde GMAIL

- ✓ Abrir la herramienta **"Añadir capas"** del visor (Figura 28)

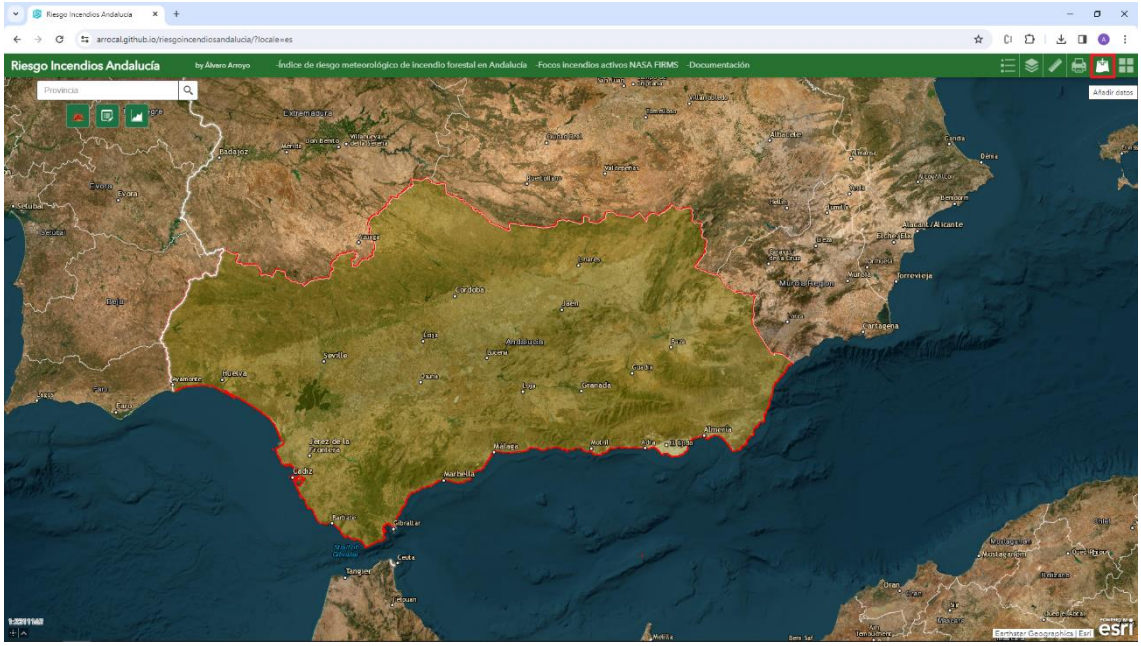

Figura 28: Apertura herramienta "Añadir capas"

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Pulsar el botón “Examinar” y navegar a la ubicación donde se ha descargado el fichero KML con la ubicación del foco de incendio detectado (Figura 29)

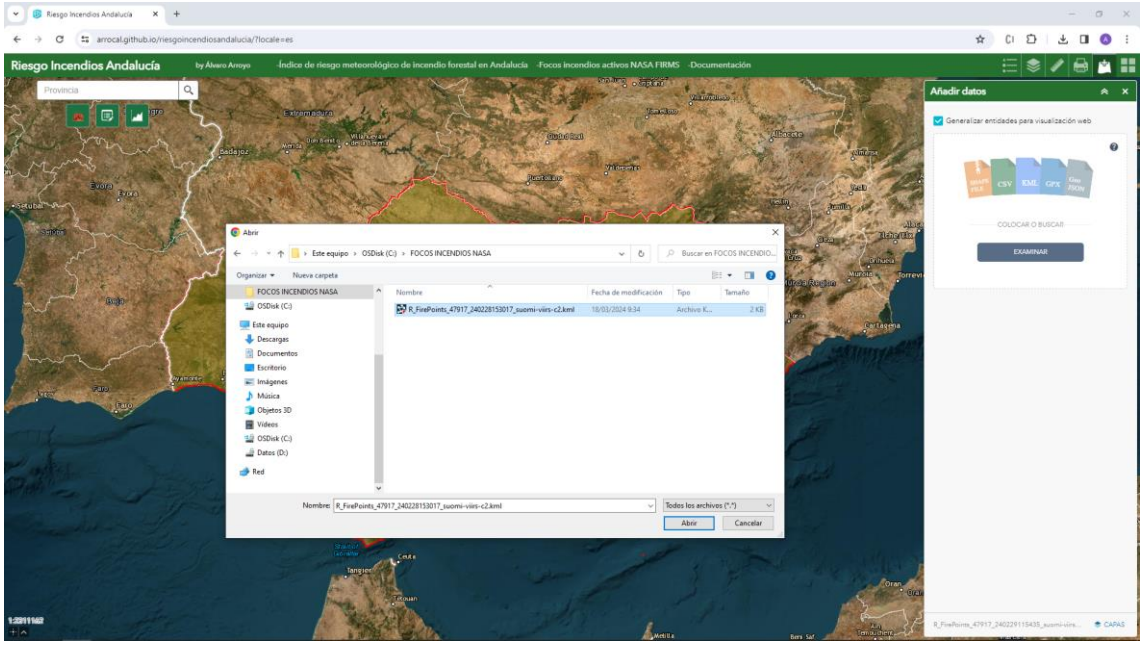

Figura 29: Navegación al fichero KML

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ El foco de incendio se cargará en el mapa (Figura 30)

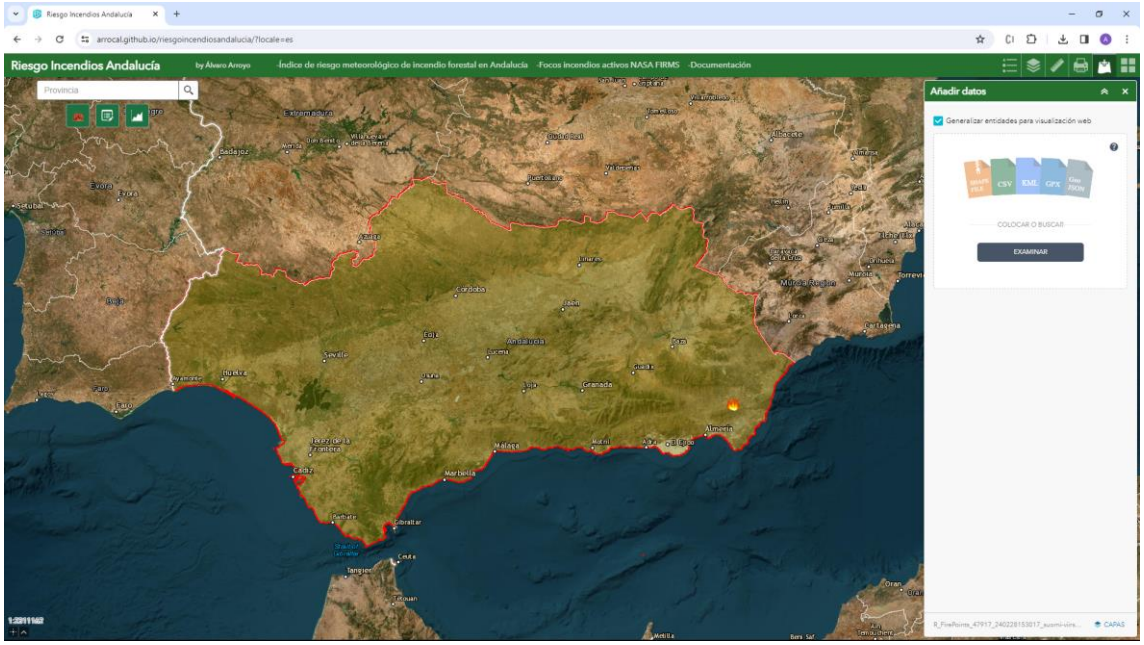

Figura 30: Carga del foco de incendio en el mapa

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Nota: Hay que tener en cuenta que los focos de incendios detectados por el servicio NASA FIRMS se pueden localizar en cualquier terreno (agrícola, forestal, urbano). En el caso del presente TFG solo interesarían los focos de incendios en terreno forestal o en otro tipo de terreno siempre y cuando hayan originado incendio forestal. A simple vista sobre la ortofoto o consultando la capa **"Mapa Forestal de España"** se puede ver si el incendio forestal se ha producido en terreno forestal, agrícola o urbano. También hay que tener en cuenta que el foco puede ser un falso positivo, es decir, que realmente no se haya producido un incendio, sino que la fuente de calor detectada por el servicio NASA FIRMS sea debida por ejemplo a chimeneas de complejos industriales. Es responsabilidad del usuario del visor discernir si se trata o no de un falso positivo, o de si ha originado un incendio forestal, examinando sobre el terreno la ubicación del foco de incendio.

Y solo en caso de no ser un falso positivo, y haber generado incendio forestal, registrarlo con la herramienta.

- ✓ Recopilar la información asociada al foco de incendio a partir de las capas gráficas y del estudio sobre el terreno definidos en el apartado A-DATOS DE PARTIDA que se va a registrar en la capa gráfica **"Focos de incendios detectados"**

- ✓ Para recopilar esta información hay que hacer "Click" sobre el foco de incendio teniendo cargada únicamente la capa de la que se va a extraer la información (modelo de combustible, altitudes, etc), y la capa que representa el foco de incendio.

- ✓ Esta capa se llama (Figura 31)

R_FirePoints_CODIGO_NUMERICO_suomi-viirs-c2.kml

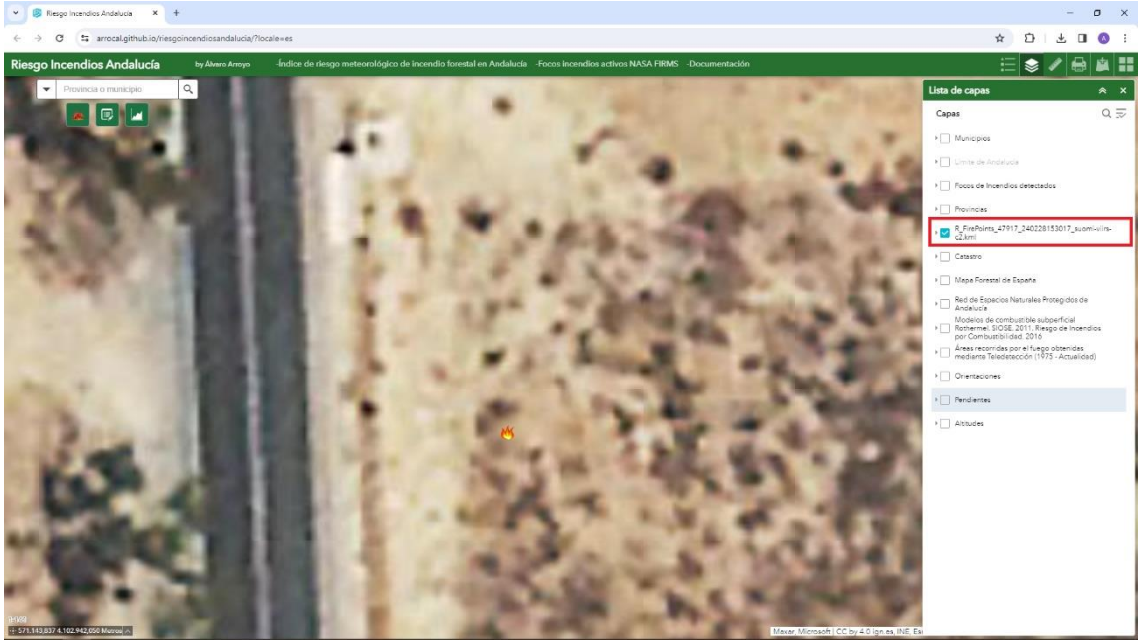

Figura 31: Visualización del foco de incendio en el mapa

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Hacer “Click” sobre el foco de incendio cargado para mostrar la ventana emergente con la información del foco de incendio en primer plano (Figura 31)

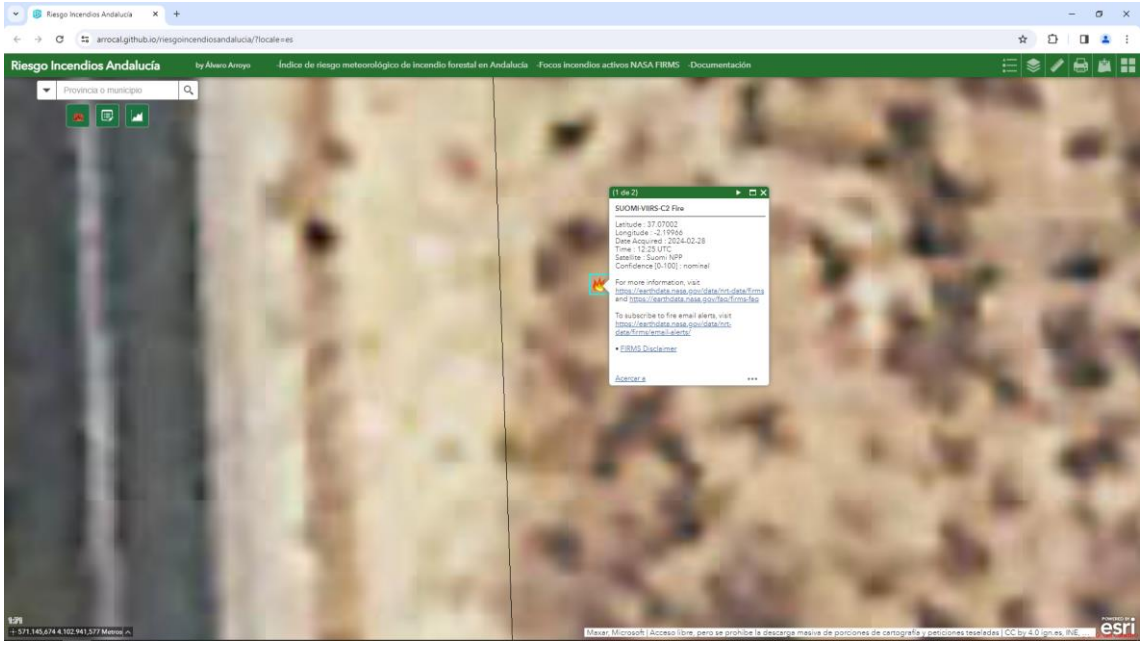

Figura 32: Visualización de información del foco de incendio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Recopilar la información de las capas pulsando “Entidad siguiente” de la ventana emergente (Figura 33)

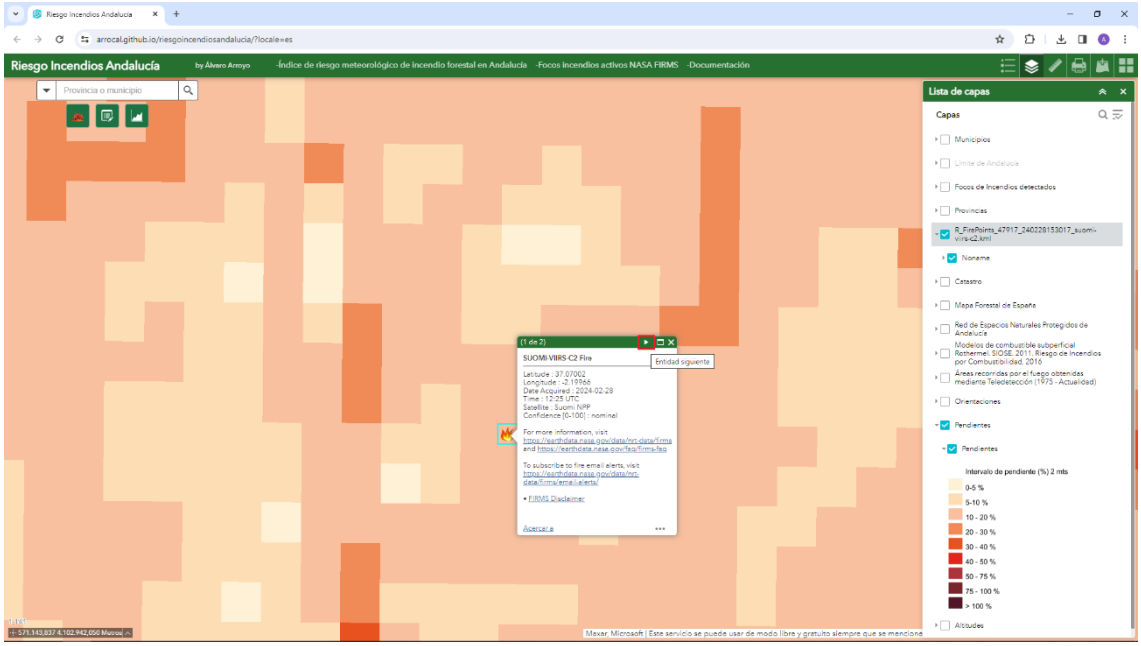

Figura 33: Recopilación de información de capas

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Maximizar la ventana emergente para ver la información a un tamaño más grande, pulsando en el icono **"Maximizar"** (Figura 34 y 35)

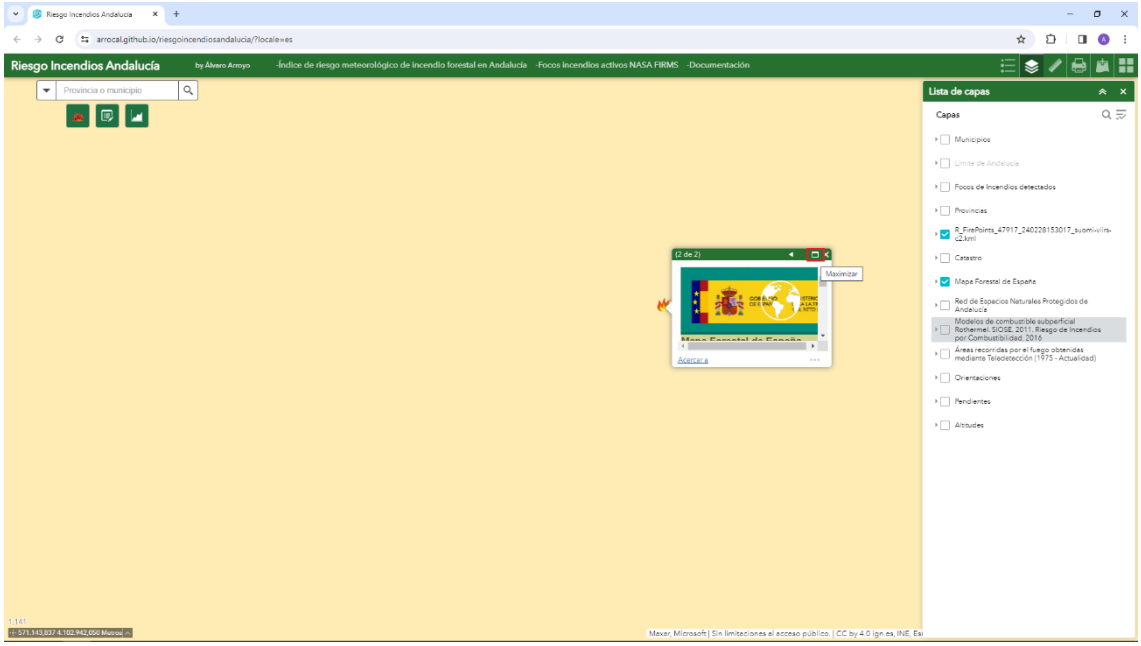

Figura 34: Maximización de la ventana emergente 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

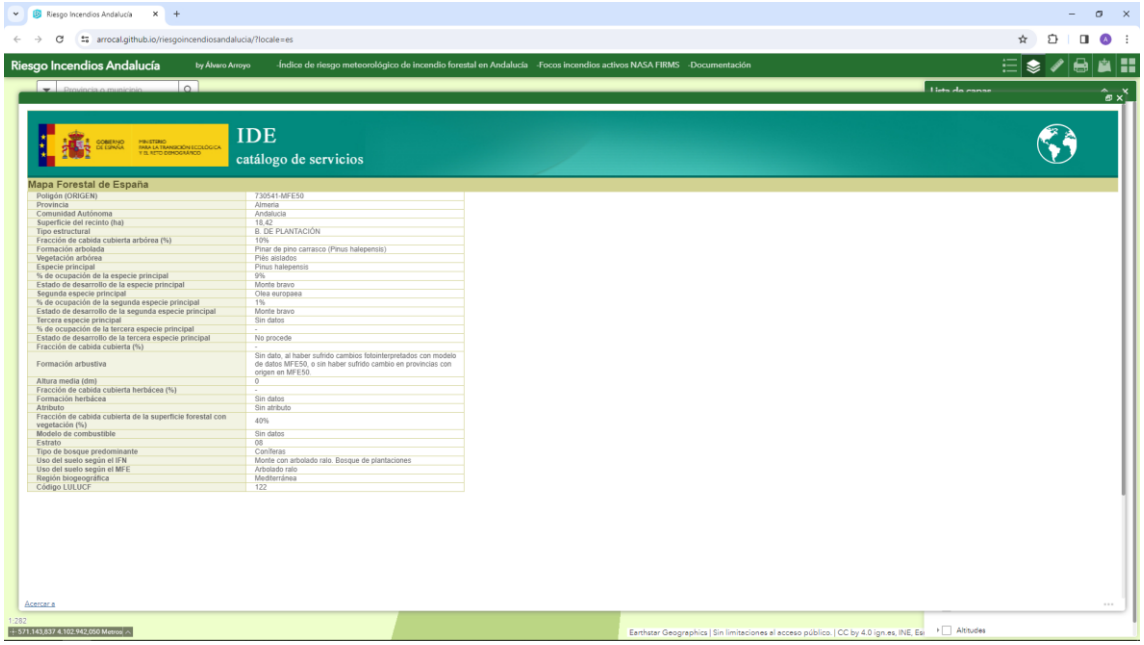

Figura 35: Maximización de la ventana emergente 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

A continuación se muestra en tablas la información a recopilar junto con su capa origen de datos en las Figuras.

Tabla 11: Información de provincias a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Provincia	Provincias	Almería

Fuente: Elaboración propia

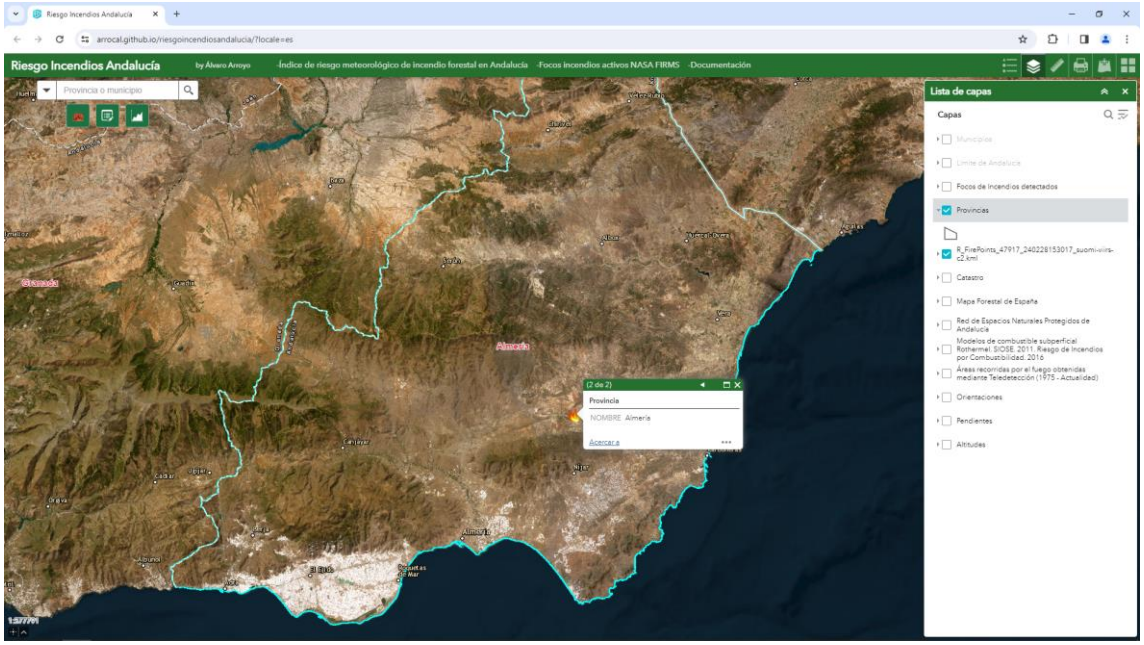

Figura 36: Información de provincias a recopilar en el registro de focos de incendios

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Tabla 12: Información de municipios a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Municipio	Municipios	Lucainena de las Torres

Fuente: Elaboración propia

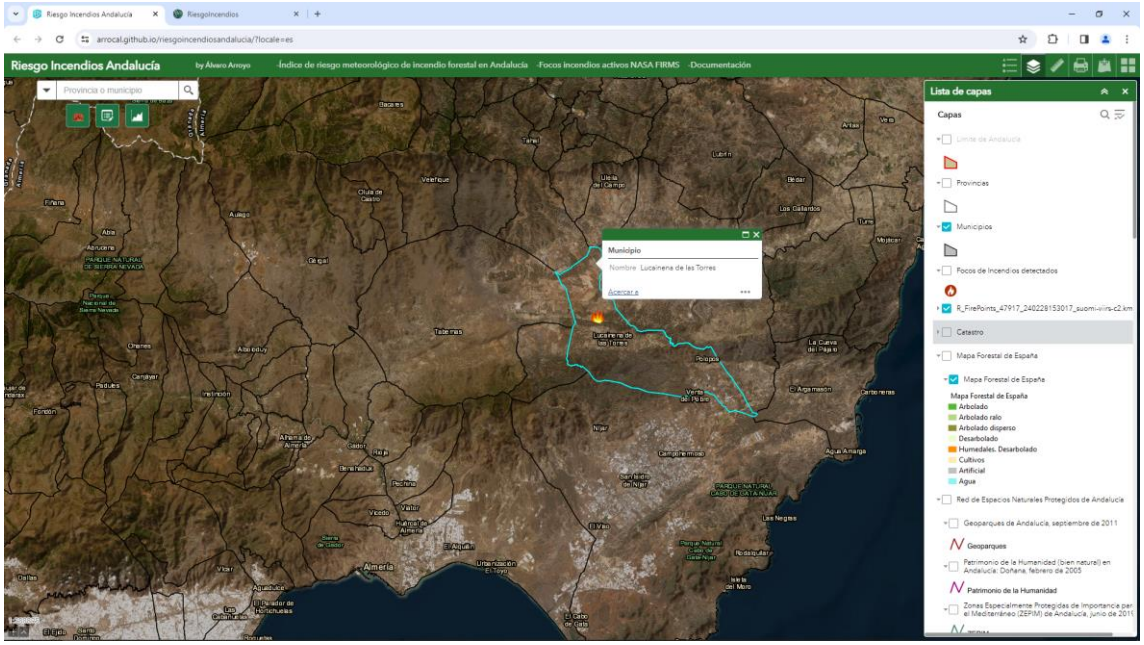

Figura 37: Información de municipios a recopilar en el registro de focos

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Tabla 13: Información catastral a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Referencia catastral	Catastro	04060A01000072

Fuente: Elaboración propia

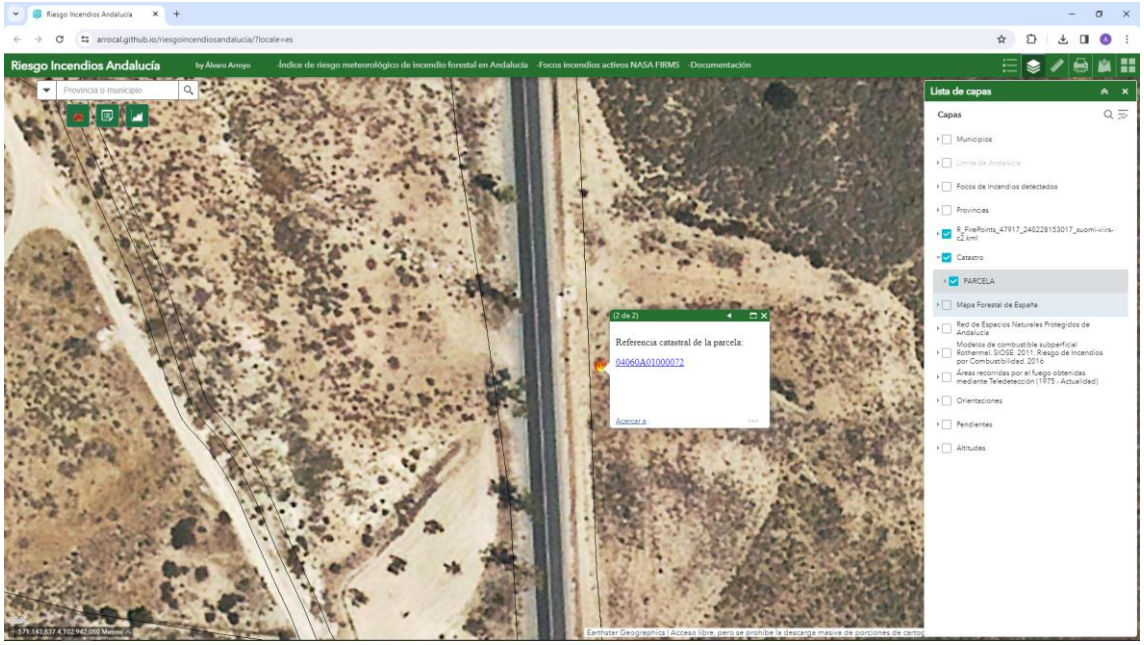

Figura 38: Información de referencia catastral a recopilar en el registro de focos

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Nota: En la ventana emergente hay un enlace a la información de la parcela catastral en la Sede Electrónica de Catastro.

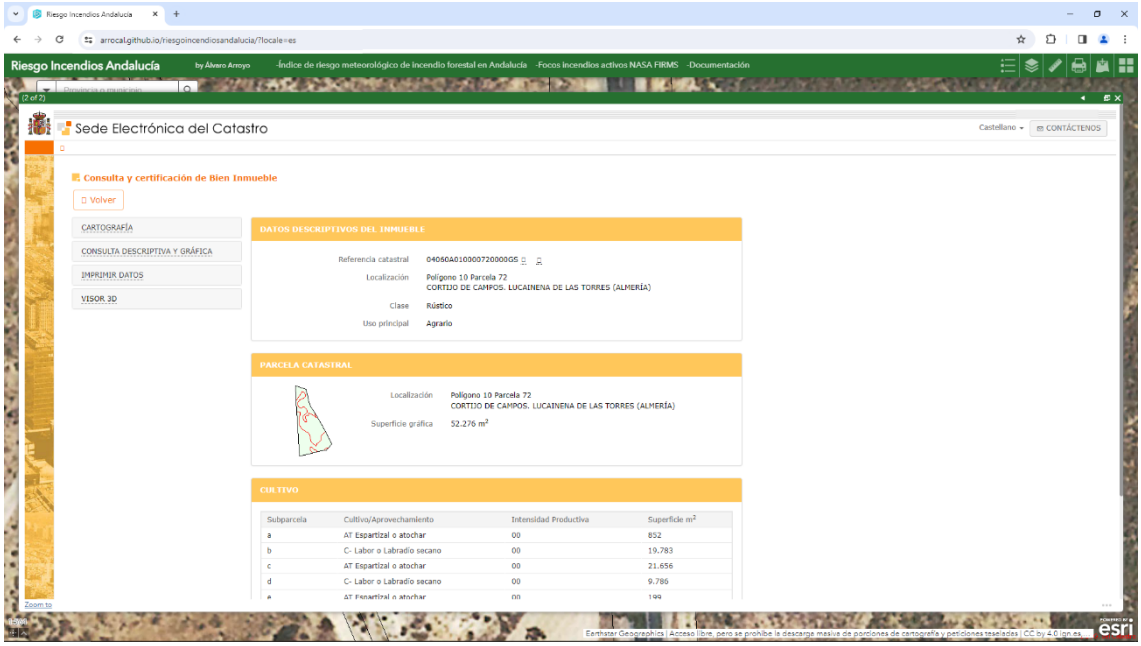

Figura 39: Datos de la parcela catastral

Fuente: Elaboración propia con información de Catastro

Tabla 14: Información de especies, y FCC a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Especie principal	Mapa Forestal de España	*Pinus halepensis*
Especie secundaria		*Olea europaea*
FCC		5 %

Fuente: Elaboración propia

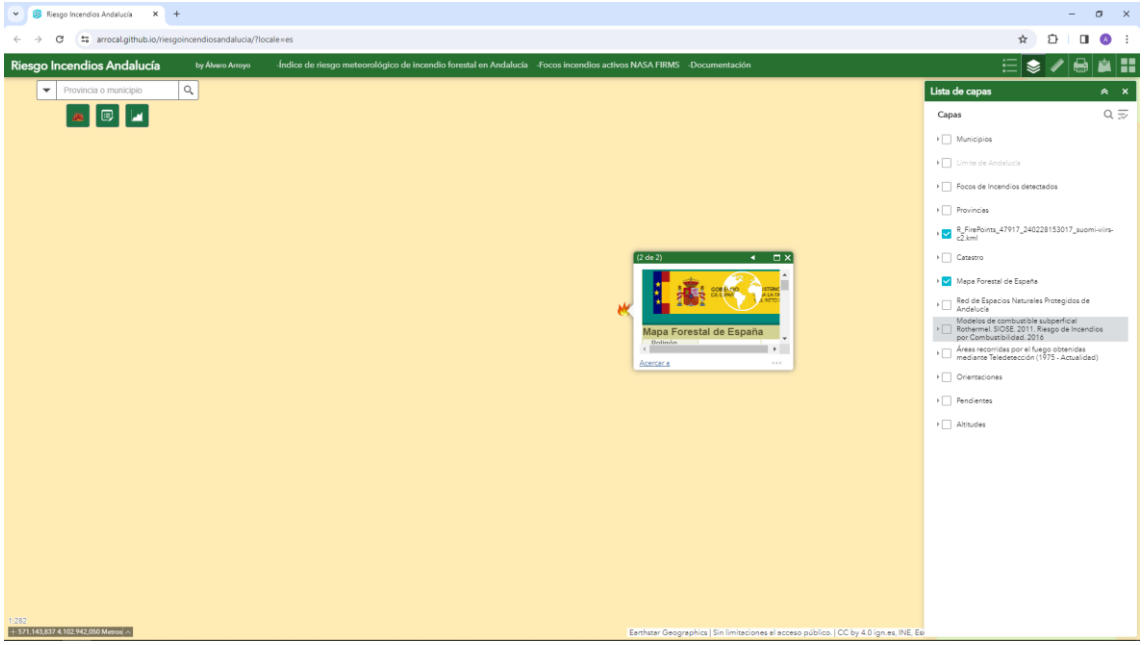

Figura 40: Información de especies, FCC a recopilar en el registro de focos 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

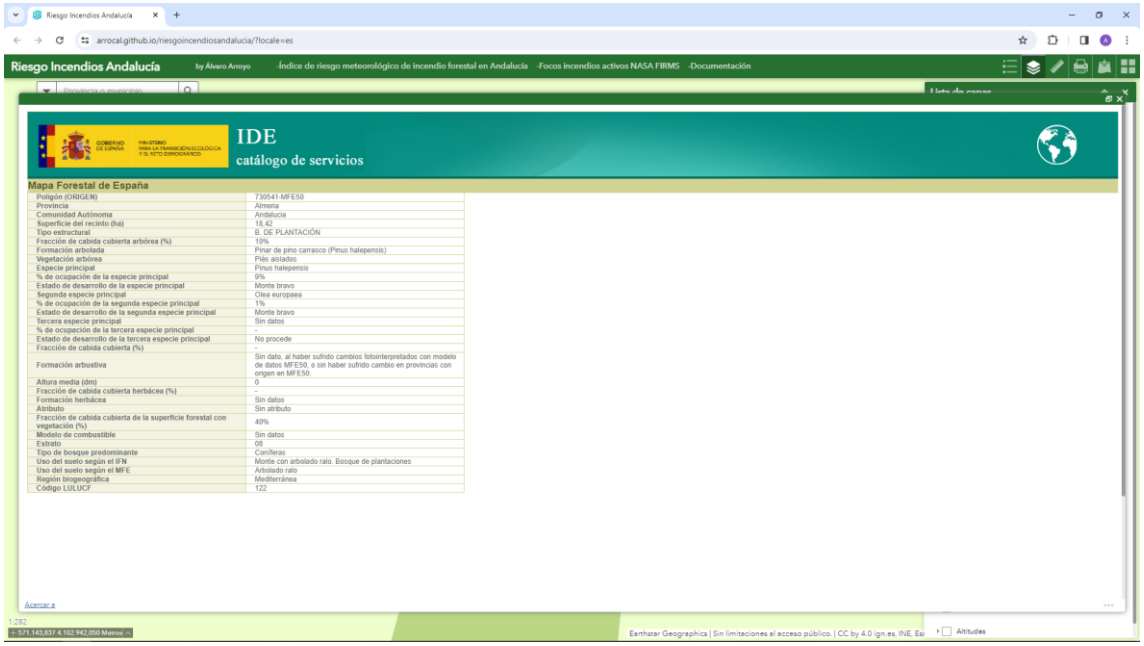

Figura 41: Información de especies, y FCC a recopilar en el registro de focos 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Tabla 15: Información de modelos de combustible a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Modelo de combustible	Modelos de combustible superficial Rothermel. SIOSE. Riesgo de Incendios por Combustibilidad. 2016	4

Fuente: Elaboración propia

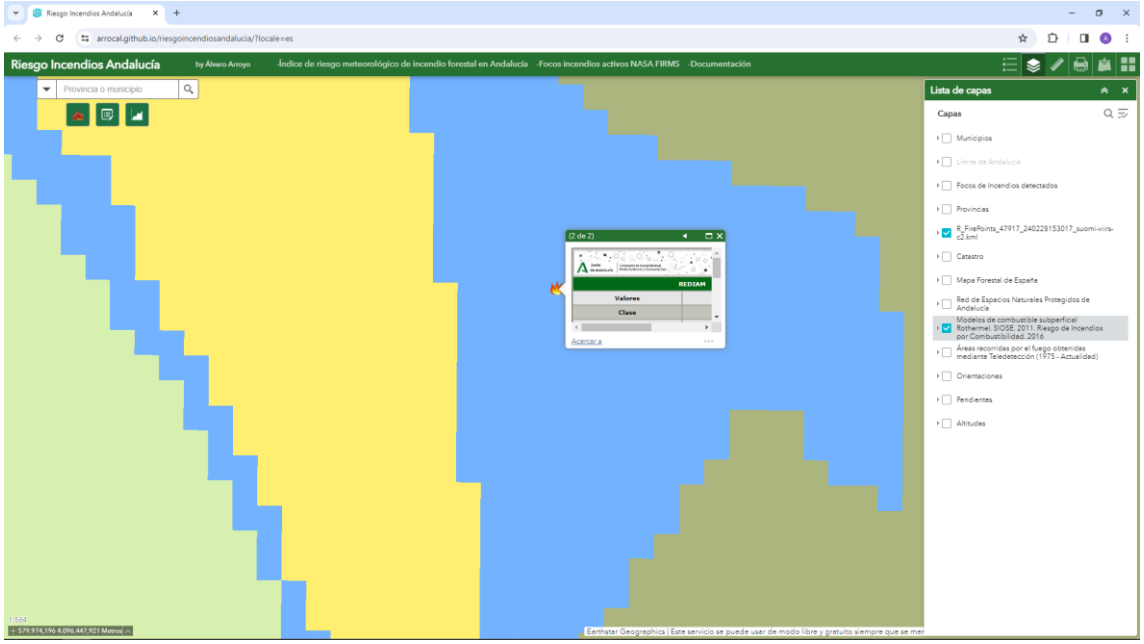

Figura 42: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

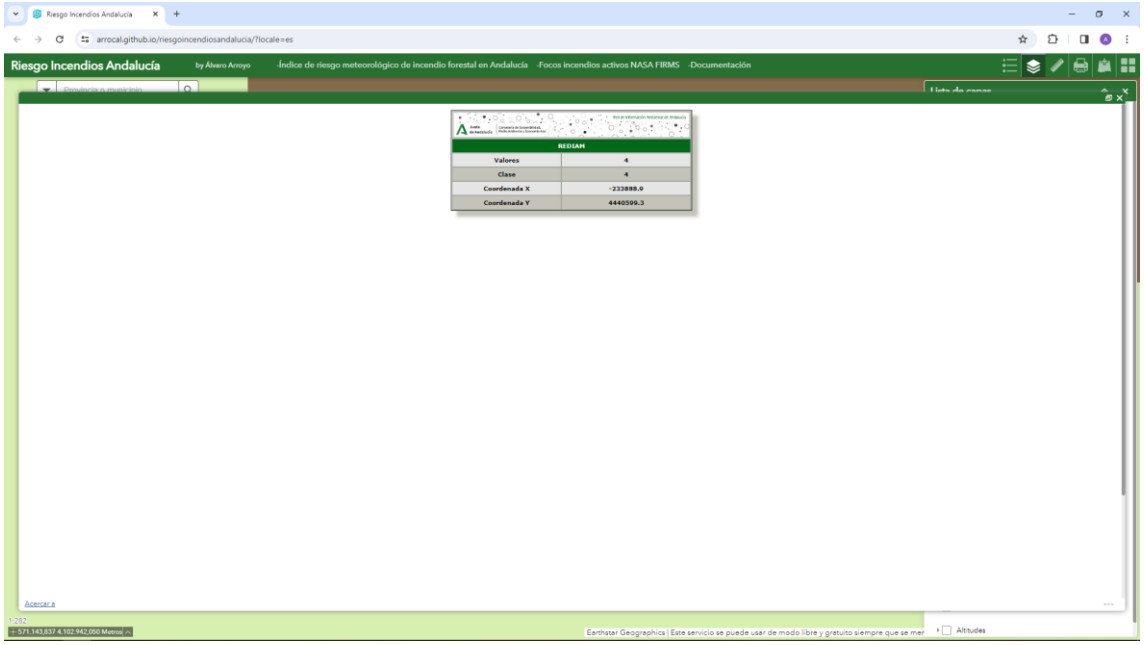

Figura 43: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Tabla 16: Información de orientación a recopilar en el registro de focos.

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Orientación	Orientaciones	Umbría

Fuente: Elaboración propia

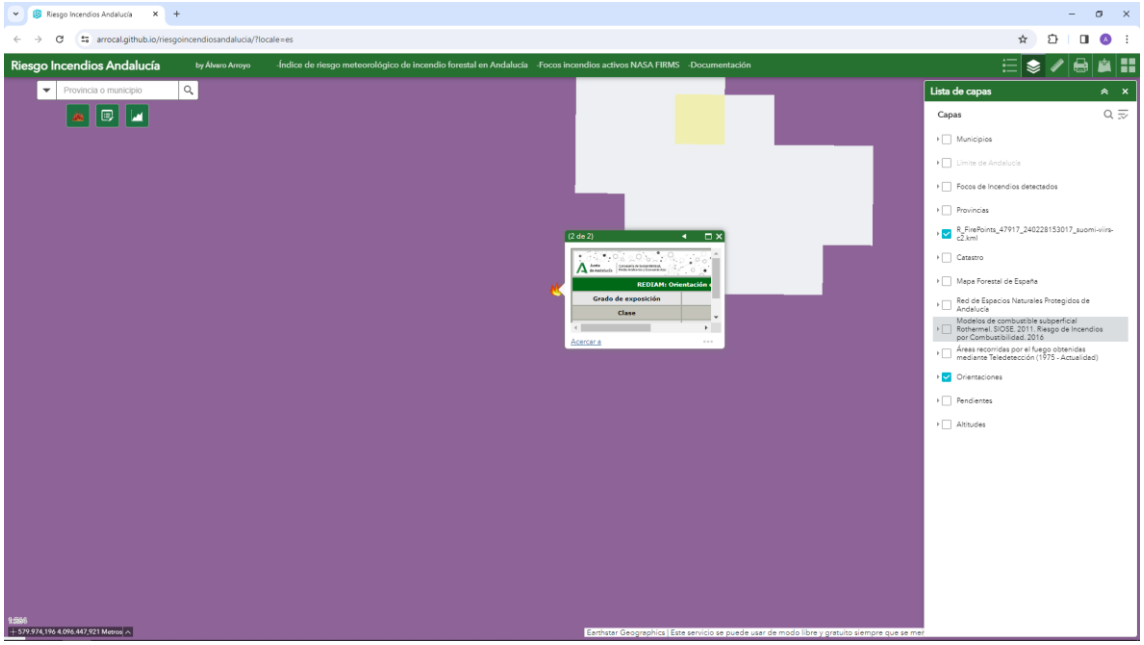

Figura 44: Información de orientación a recopilar en el registro de focos 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

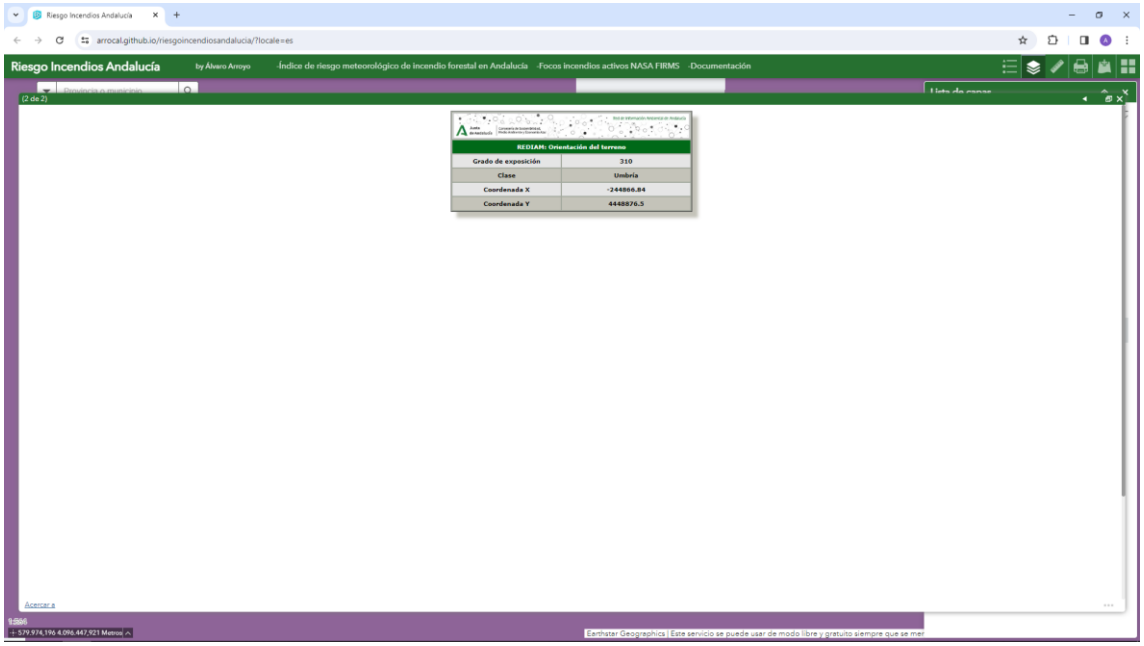

Figura 45: Información de orientación a recopilar en el registro de focos

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Tabla 17: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Pendiente	Pendientes	10-20 %

Fuente: Elaboración propia

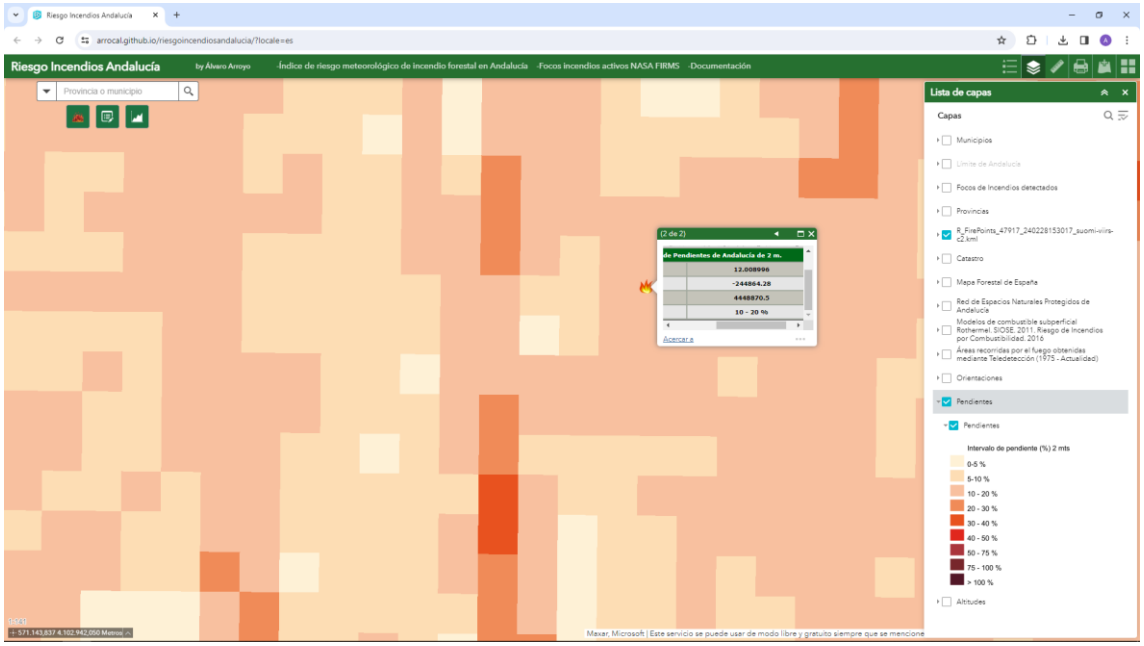

Figura 46: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

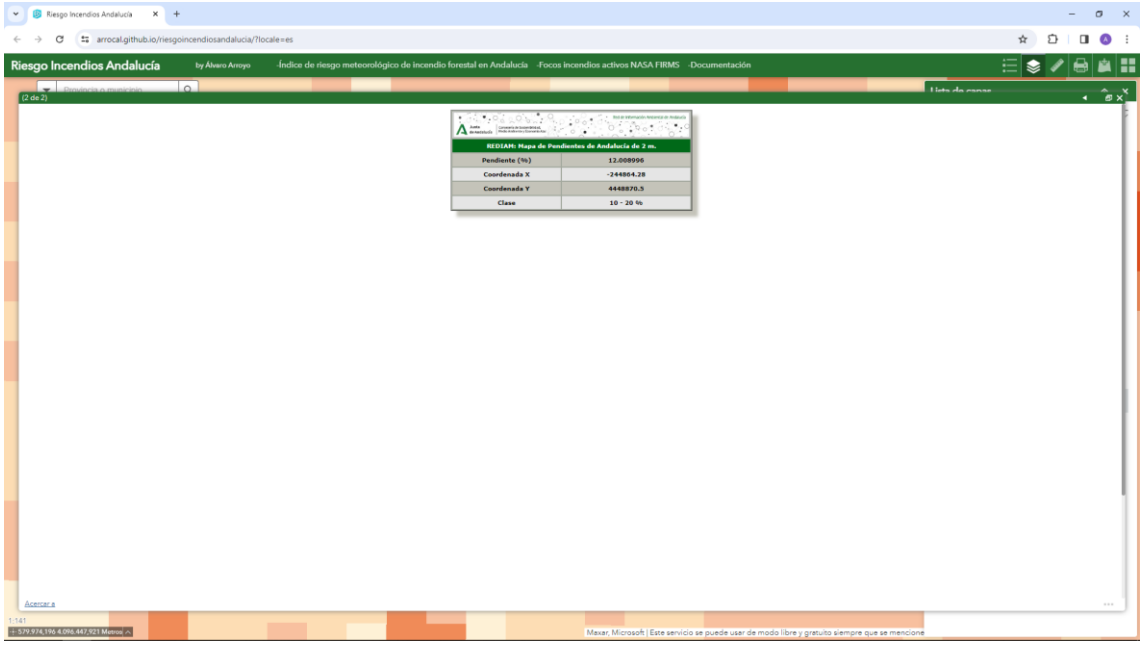

Figura 47: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Tabla 18: Información de altitud a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Altitud	Altitudes	500-600 m

Fuente: Elaboración propia

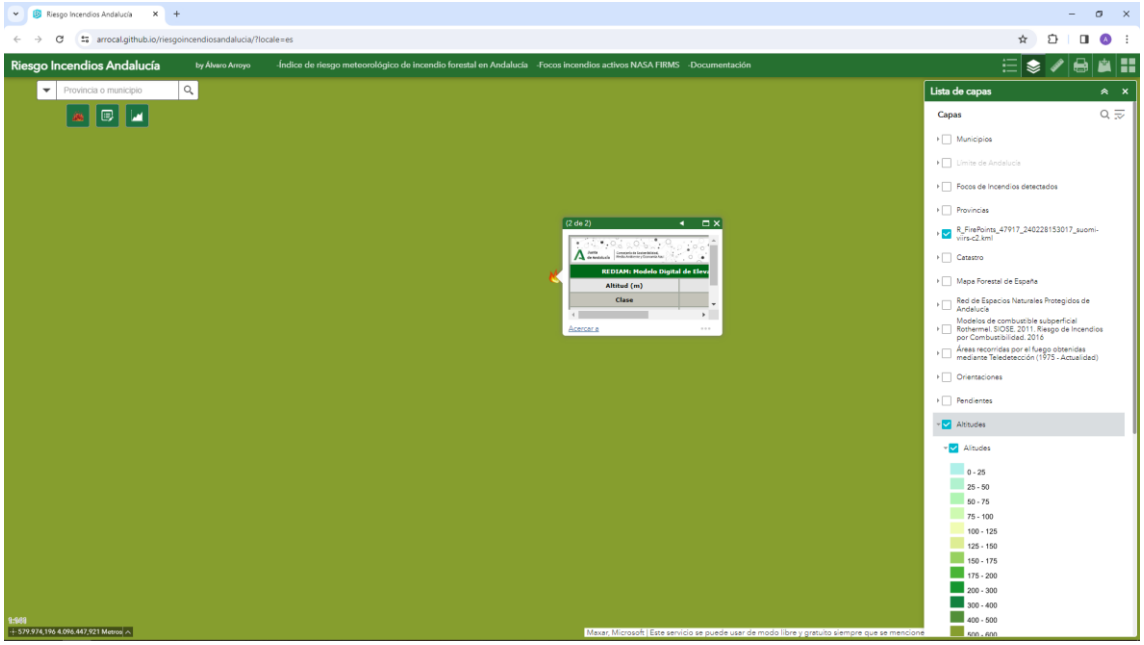

Figura 48: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

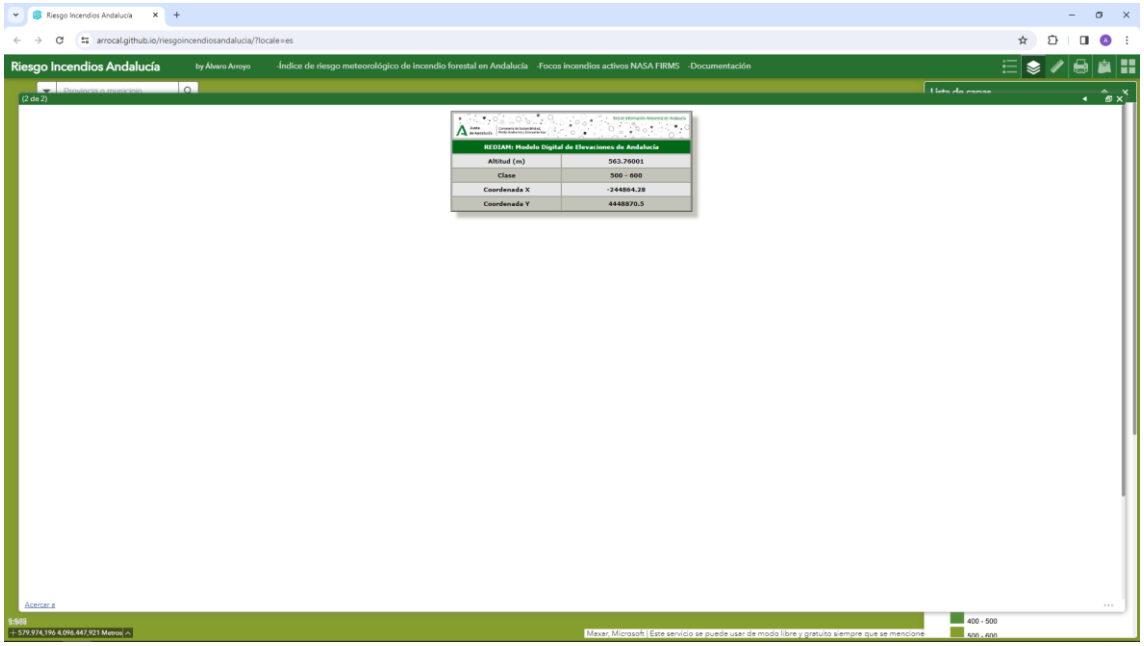

Figura 49: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Tabla 19: Información de temperatura a recopilar en el registro de focos

DATO	FUENTE DE DATOS	VALOR
Temperatura	Registros diarios provenientes de la AEMET para el municipio y día de la detección del foco de incendio	25 º C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Información de humedad a recopilar en el registro de focos

DATO	FUENTE DE DATOS	VALOR
Humedad	Registros diarios provenientes de La AEMET para el municipio y día de la detección del foco de incendio	29 º C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Información de viento a recopilar en el registro de focos

DATO	FUENTE DE DATOS	VALOR
Viento	Registros diarios provenientes de la AEMET para el municipio y día de la detección del foco de incendio	20 km\h

Fuente: Elaboración propia

Una vez recopilados todos los datos asociados al foco de incendio, se procede a registrarlos en la capa gráfica **"Focos de Incendios detectados"** con la herramienta **"Crear foco de Incendio"**, para su posterior análisis mediante gráficos con la herramienta **"Análisis de Focos de Incendios Forestales"**.

5.3.3.2 REGISTRO DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Nota: Es requisito para utilizar esta herramienta que la capa **"Foco de Incendios detectados"** esté activa. Si esta capa no está activa en la herramienta aparecerá el aviso **"La capa Focos de Incendios detectados tiene que estar activa"** (Figura 50 y 51).

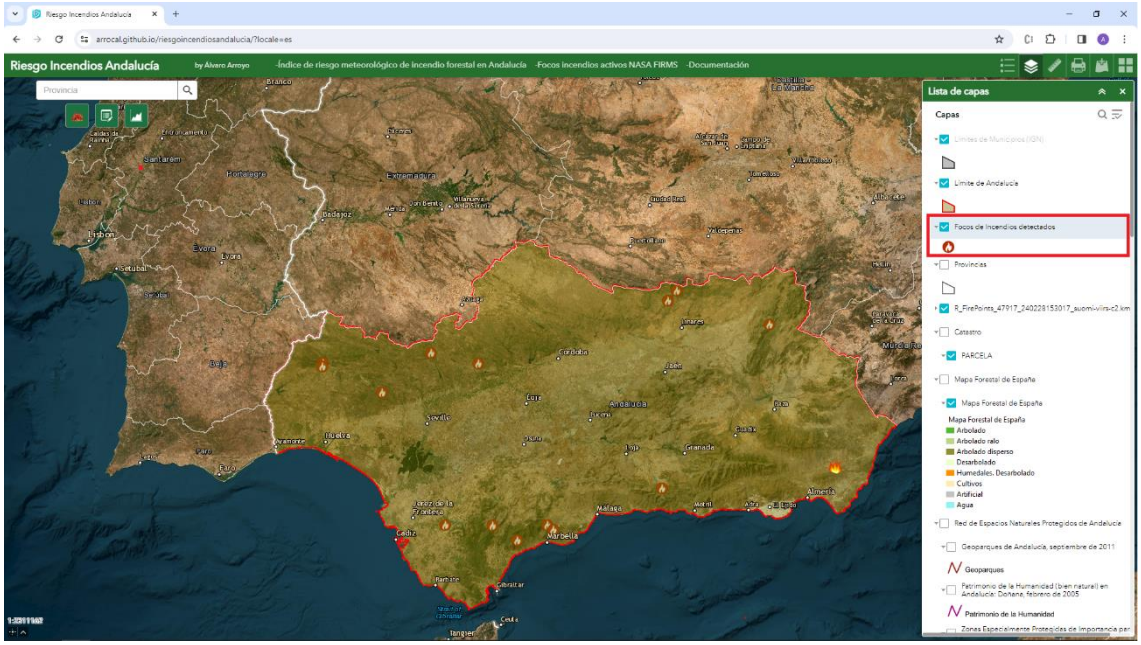

Figura 50: Activación capa foco de incendios detectados

Fuente: Elaboración propia desde el visor

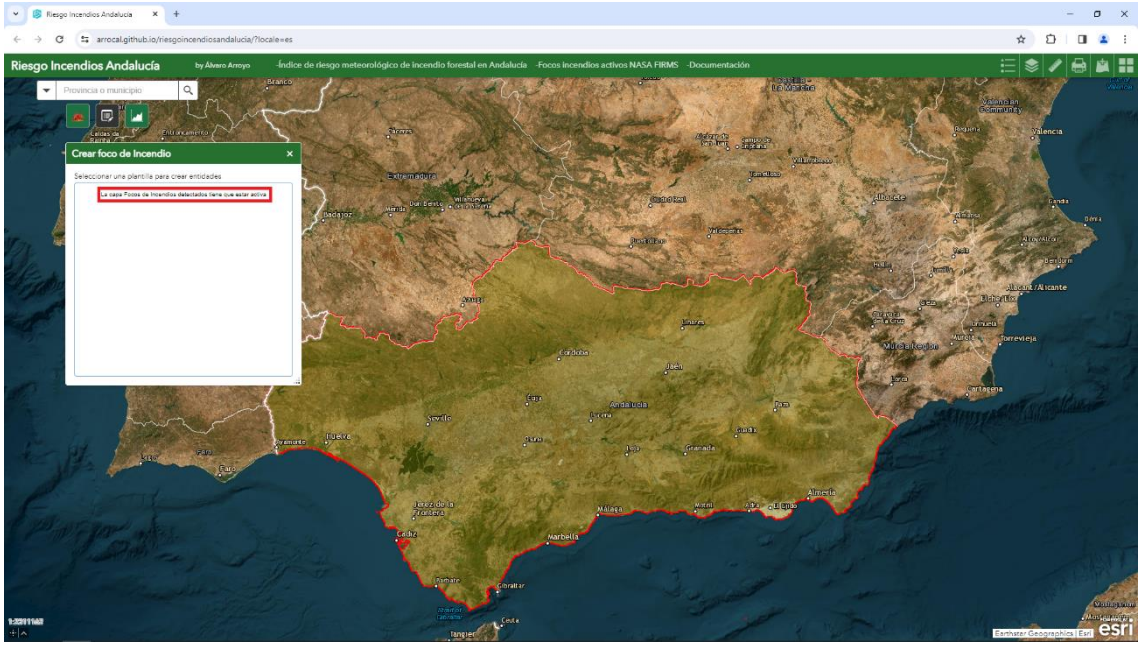

Figura 51: Aviso capa foco de incendios detectados no activa

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Para registrar un foco de incendio con sus datos asociados recopilados anteriormente se procede de la siguiente manera.

- ✓ Abrir la herramienta **"Crear foco de incendio"** (Figura 52)

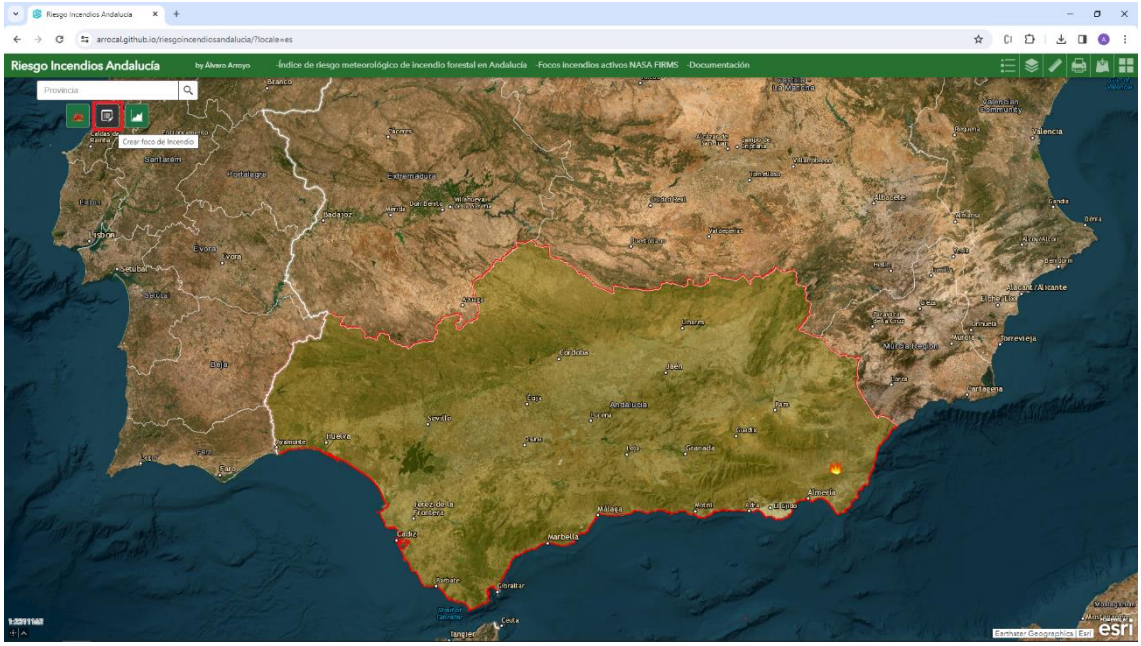

Figura 52: Abrir herramienta crear foco de incendio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Pulsar la opción “New Feature” (Figura 53)

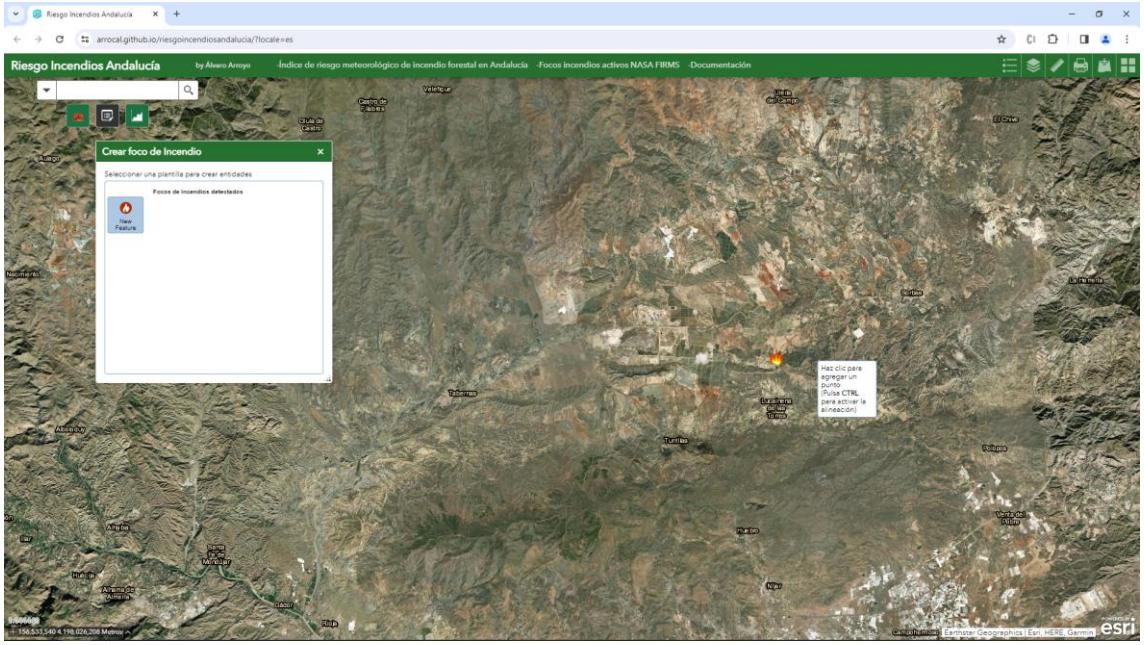

Figura 53: Pulsar la opción New Feature herramienta crear foco de incendio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Hacer con un zoom máximo “Click” (para aumentar la precisión), en el punto donde se ha situado el foco de incendio detectado por el servicio NASA FIRMS (Figura 54)

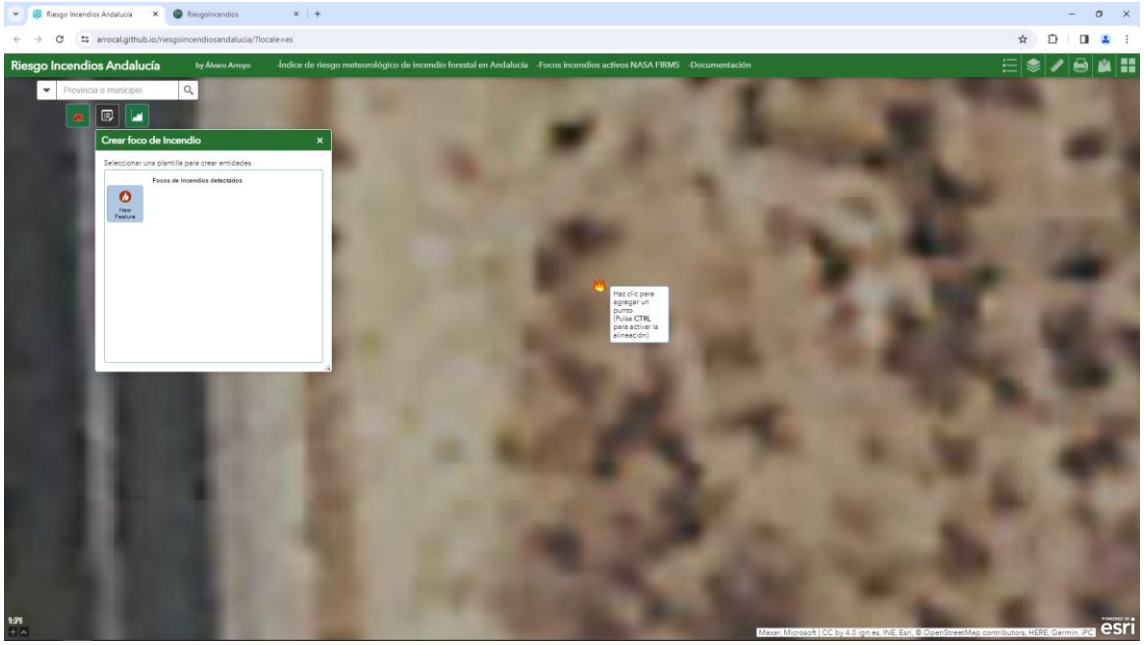

Figura 54: Zoom máximo herramienta crear foco de incendio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Rellenar el formulario con los datos recopilados anteriormente en el apartado 5.3.3.1 RECOPILACIÓN DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS y pulsar “Aceptar” (Figura 55)

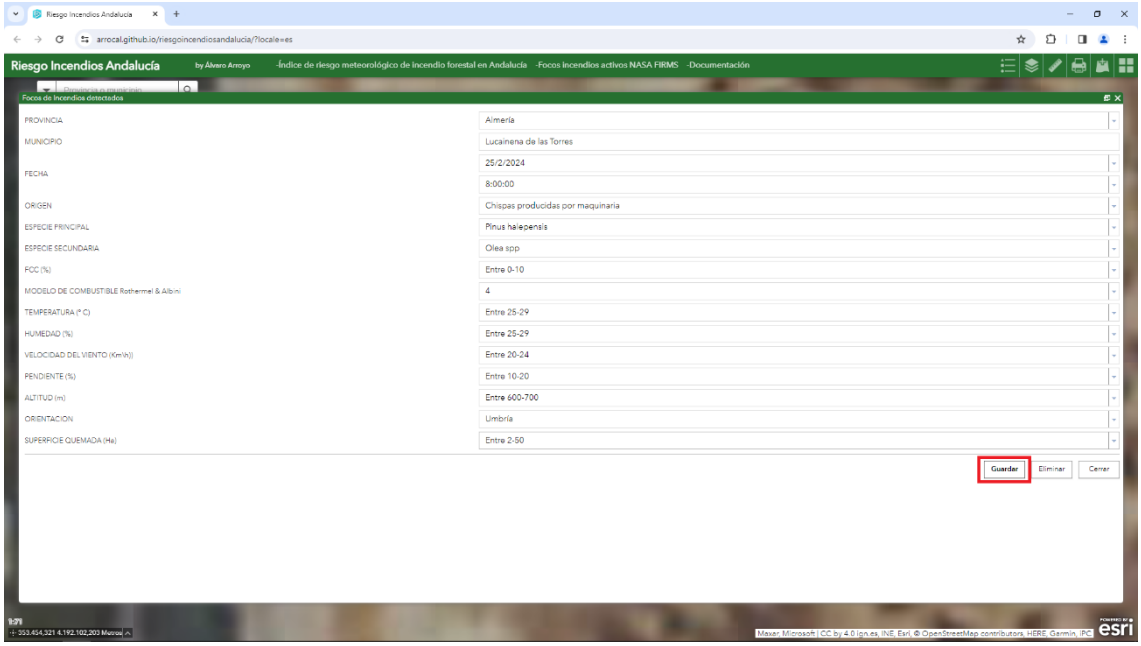

Figura 55: Rellenar datos herramienta crear foco de incendio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

El foco de incendio se guardará en la capa **"Focos de Incendios detectados"** en la ubicación y con los datos especificados (Figura 56).

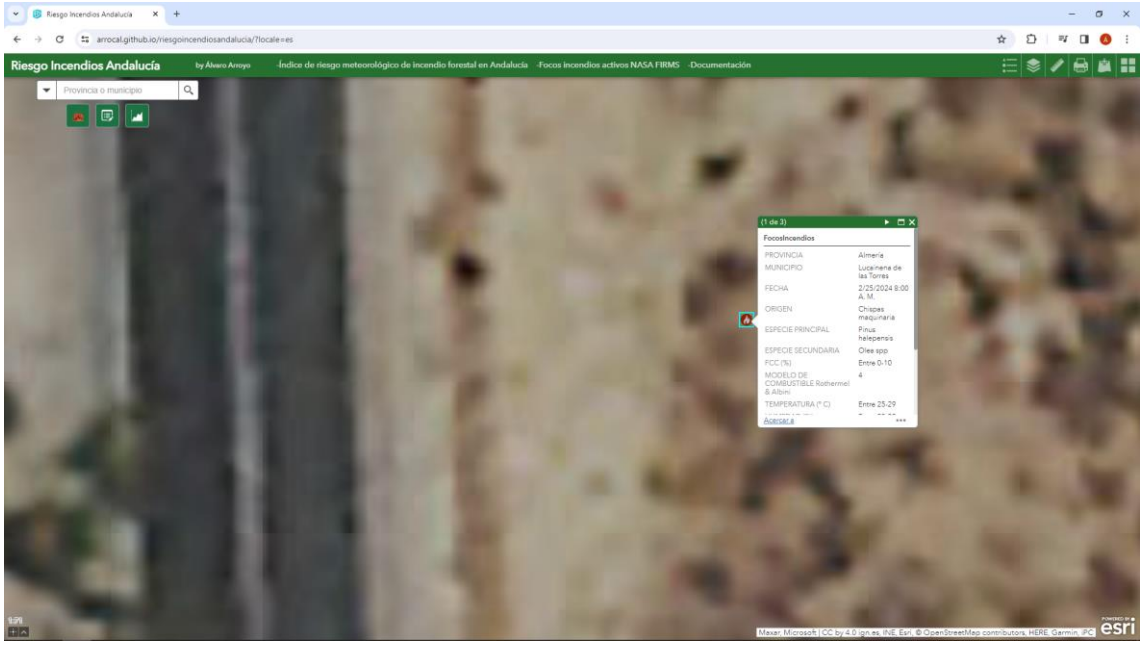

Figura 56: Resultado final herramienta crear foco de incendio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Si se quisiera eliminar un foco de incendio se procederá de la siguiente manera.

- ✓ Pulsar la opción “Nueva selección” de la herramienta (Figura 57)

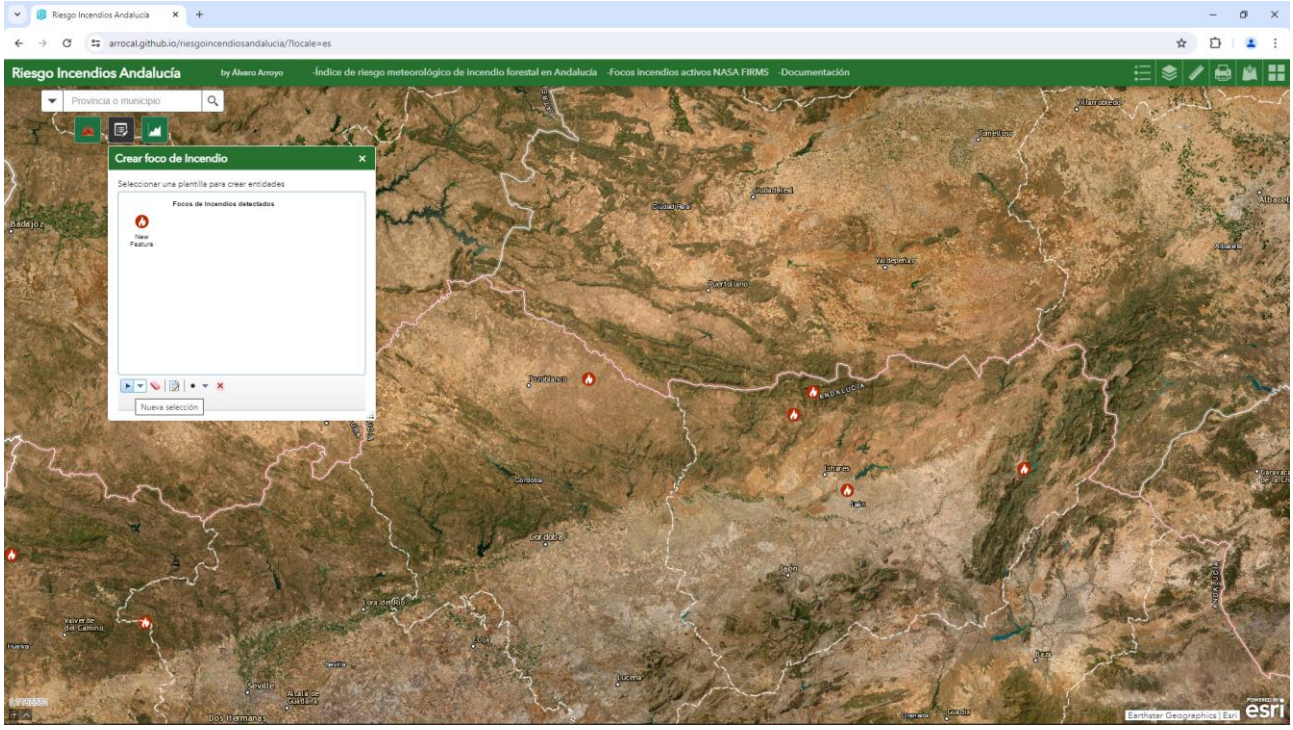

Figura 57: Selección foco para su posterior eliminación 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Seleccionar el foco a borrar (Figura 58)

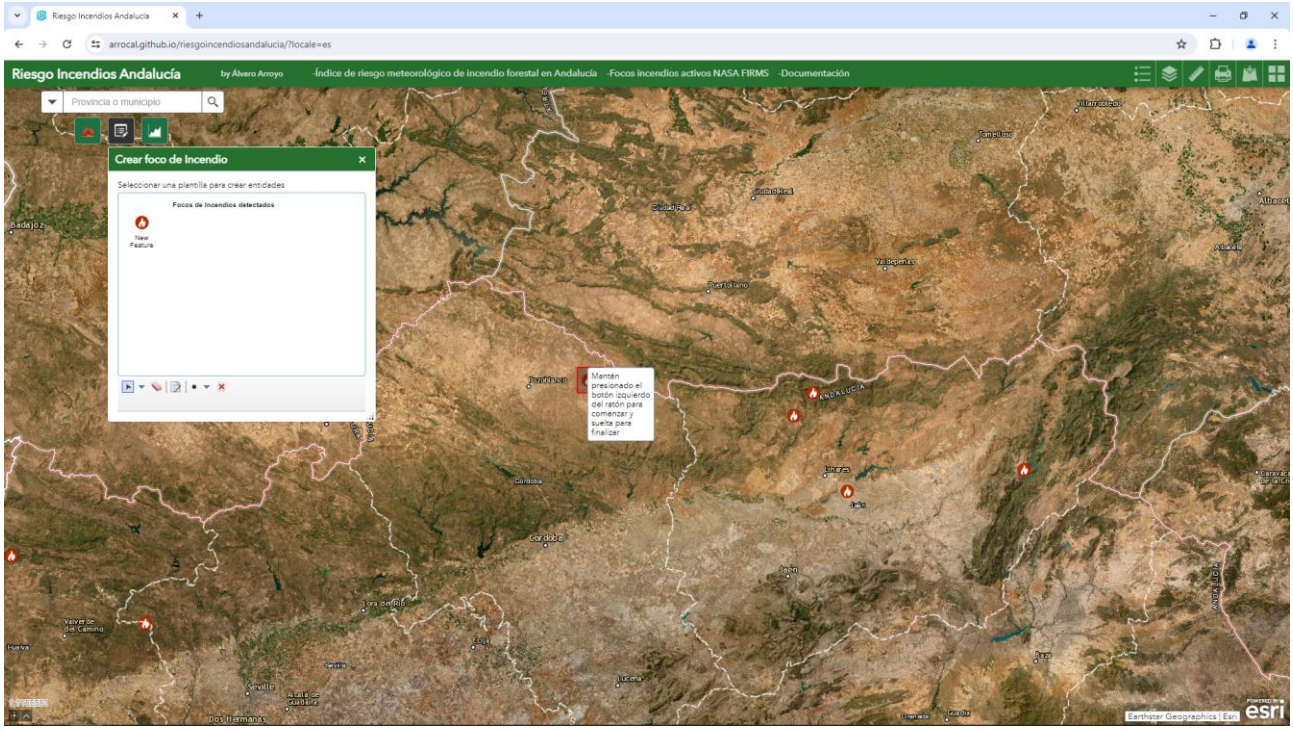

Figura 58: Selección foco para su posterior eliminación 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Pulsar en la opción “Eliminar” de la herramienta (Figura 59)

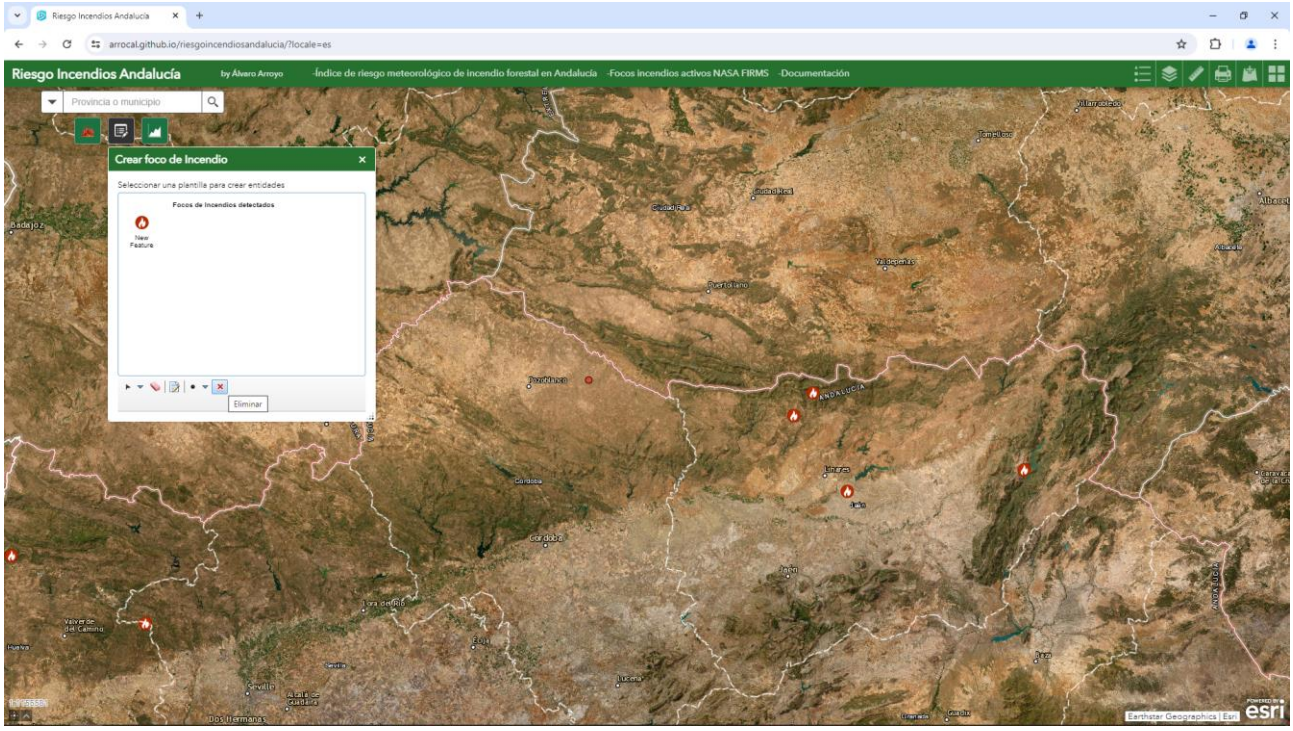

Figura 59: Eliminar foco

Fuente: Elaboración propia desde el visor

5.3.3.3 ANÁLISIS DE FOCOS DE RIESGO DE INCENDIOS

A-INTRODUCCIÓN

Con las variables registradas en el apartado anterior 5.3.3.2 REGISTRO DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS con la herramienta **"Crear foco de Incendio"** en la capa **"Focos de Incendios detectados"**, la herramienta **"Análisis de Focos de Incendios Forestales"** permite mediante gráficos analizar la frecuencia con la que intervienen los valores de las variables en el origen de un incendio forestal.

Estos parámetros son.

- Origen
- Provincia
- Municipio
- Especie principal
- Especie secundaria
- FCC (%)
- Pendiente (%)
- Altitud (m)

- Temperatura (º C)
- Humedad (%)
- Velocidad del viento (Km\h)
- Superficie quemada (Ha)

Para tener unos datos de muestra se han creado 12 focos de incendios con sus respectivos datos en la capa **"Focos de Incendios detectados"** (Figura 60).

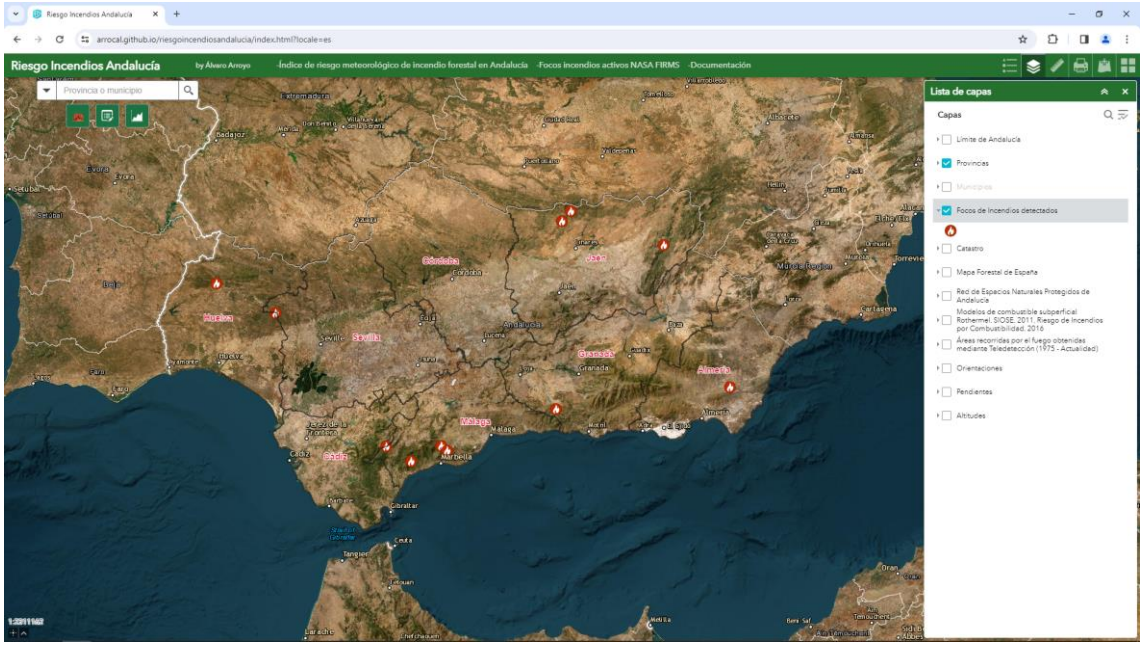

Figura 60: Focos de incendios detectados

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Para cada una de estas variables se muestra un gráfico. Estos gráficos pueden ser generados para focos de incendios de toda Andalucía o para focos de una extensión concreta dibujada a mano sobre el mapa (por ejemplo, provincia).

B-PROCEDIMIENTO OPERATIVO

- ✓ Abrir la herramienta **"Análisis de Focos de Incendios Forestales"** (Figura 61)

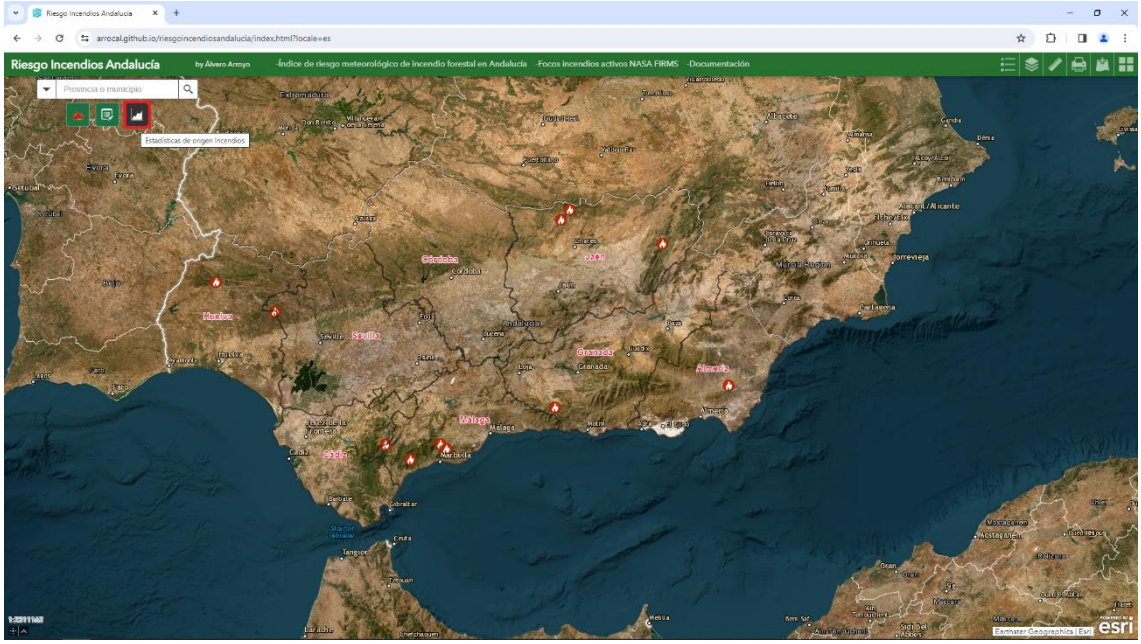

Figura 61: Abrir herramienta análisis de focos de incendios

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Seleccionar la categoría del gráfico a mostrar haciendo "Click" sobre ella (Figura 62)

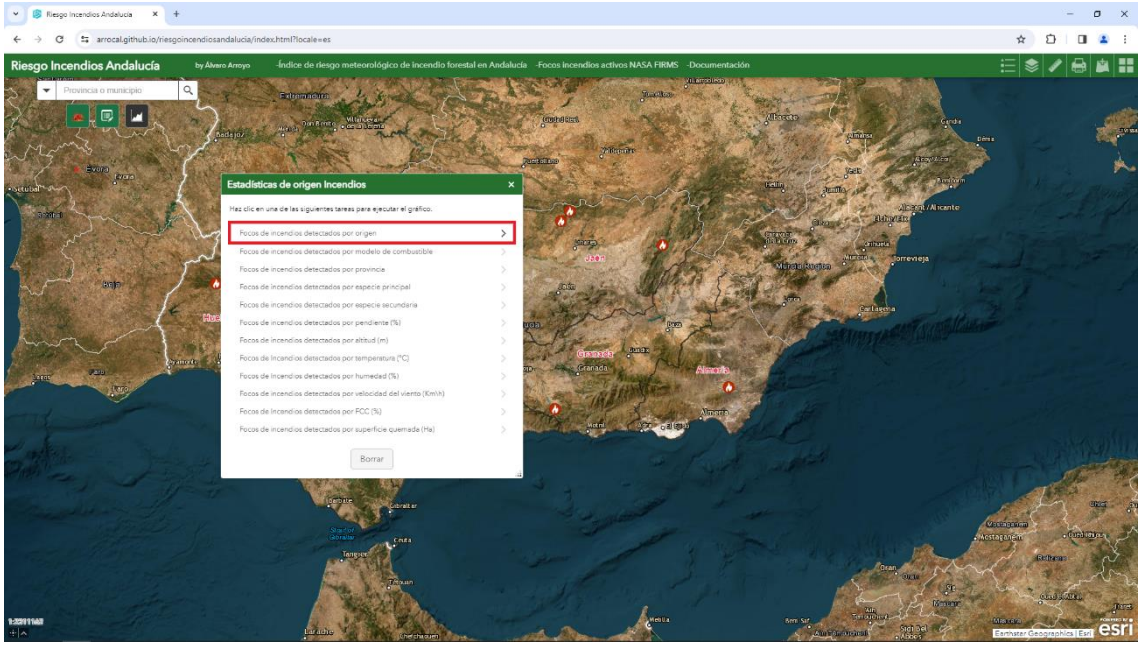

Figura 62: Selección categoría gráfico herramienta análisis de focos de incendios

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Si se desea generar el gráfico con datos de una zona en concreto, por ejemplo de una provincia únicamente, chequear la opción **"Usar filtro espacial para limitar las entidades"** (Figura 62)

- ✓ Dibujar el área con alguna de las 3 herramientas que existen (rectángulo, polígono, polígono a mano alzada) (Figura 63).

En la Figura 63 se muestra un ejemplo dibujando el contorno de la provincia de Jaén.

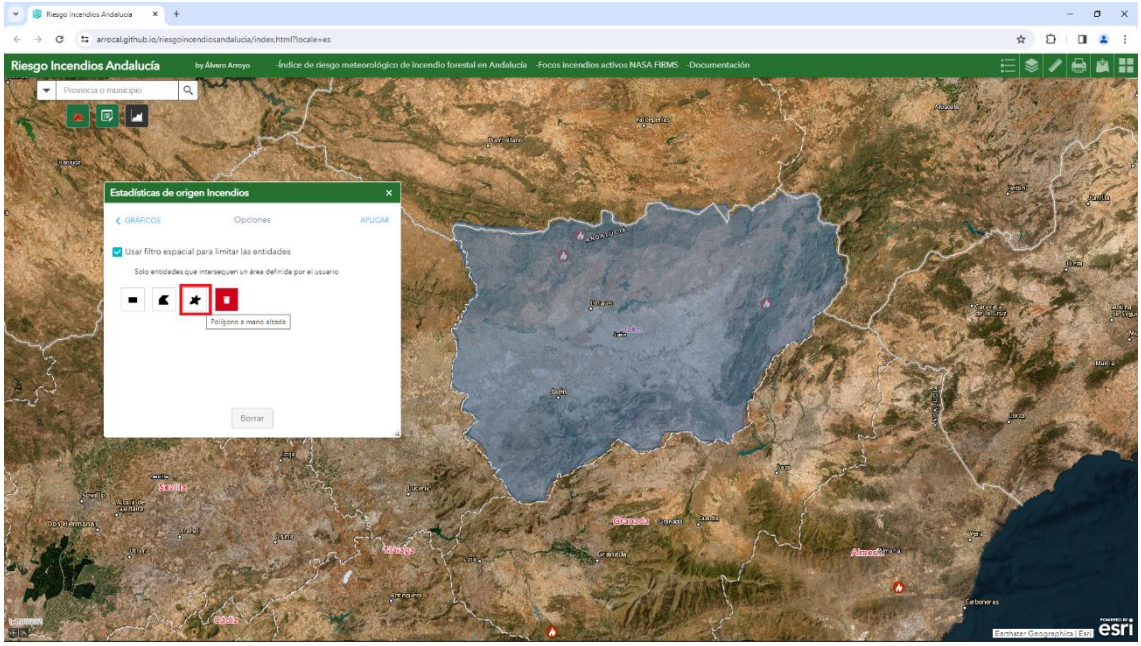

Figura 63: Dibujo zona de análisis herramienta análisis de focos de incendios

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Pulsar “Aceptar” para generar el gráfico (Figura 64)

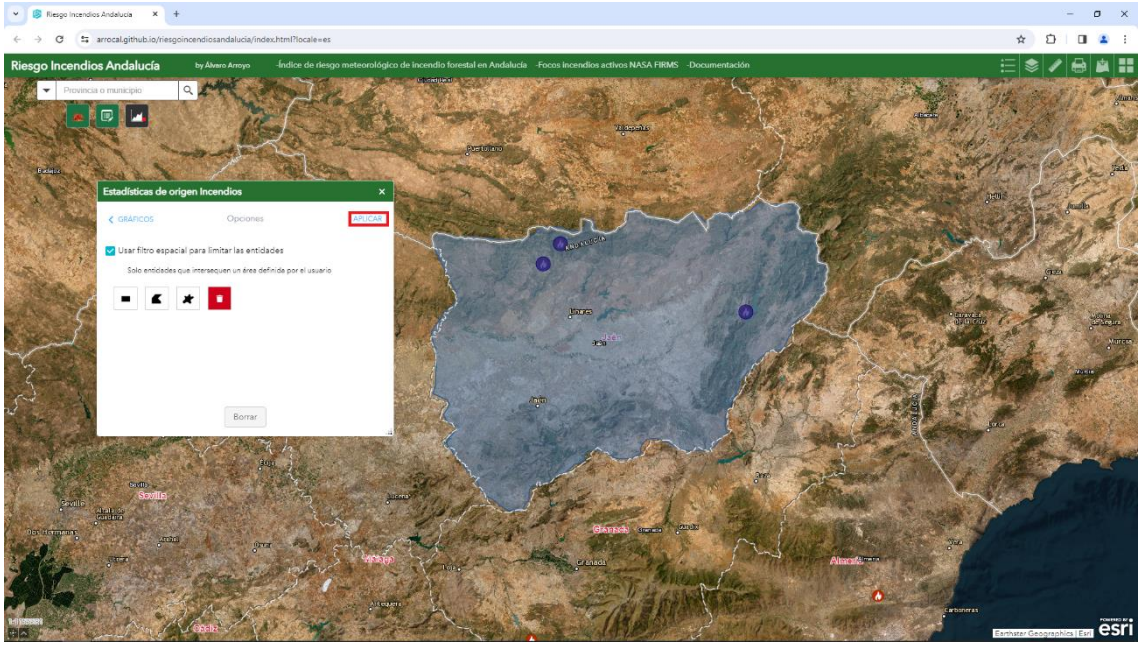

Figura 64: Generación gráfico herramienta análisis de focos de incendios

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Una vez generado el gráfico, automáticamente se hace zoom al área donde caen los focos de incendios. Pasando el ratón por encima de las barras de los gráficos se ve el número de incendios que corresponden a cada categoría.

En las Figura 65 y 66 se puede ver que de los 3 incendios registrados en la provincia de Jaén, 2 tuvieron como origen “Quemas no autorizadas” y 1 “Colillas de cigarrillo”.

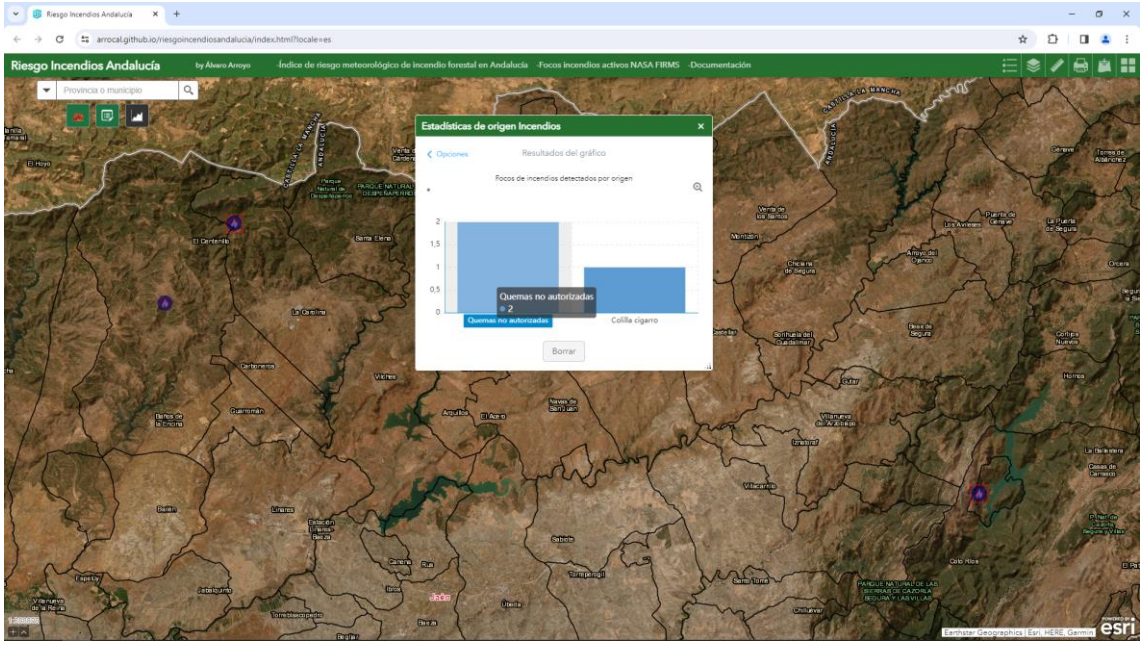

Figura 65: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

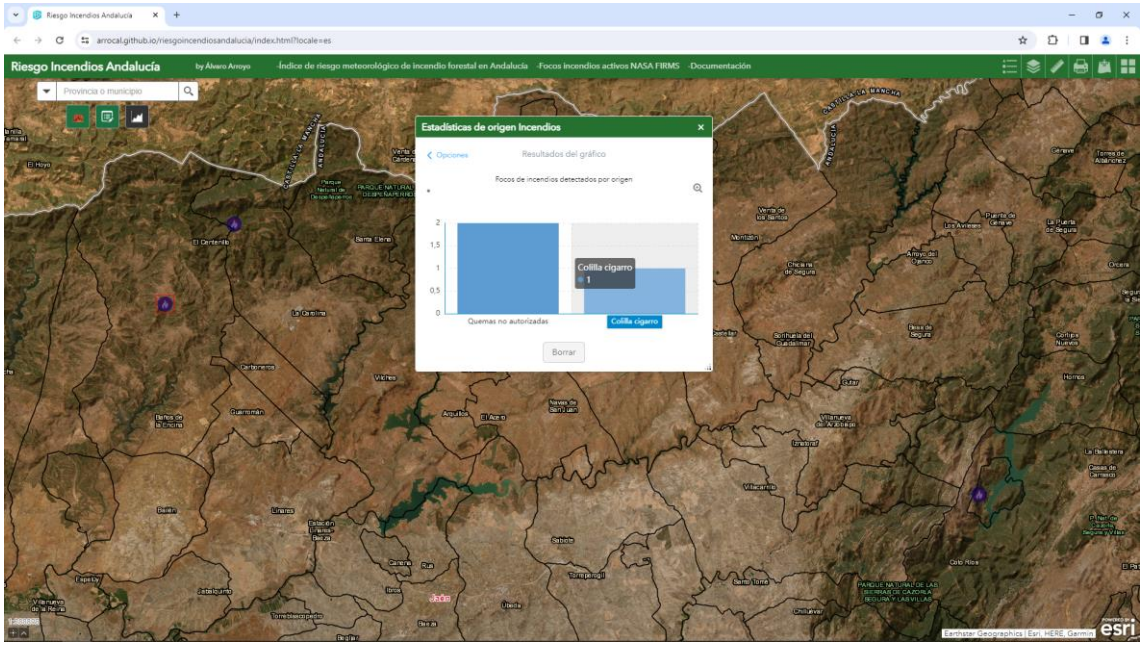

Figura 66: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Una vez generado el gráfico, para volver atrás y generar otro hay que pulsar en “Opciones” (Figura 67)

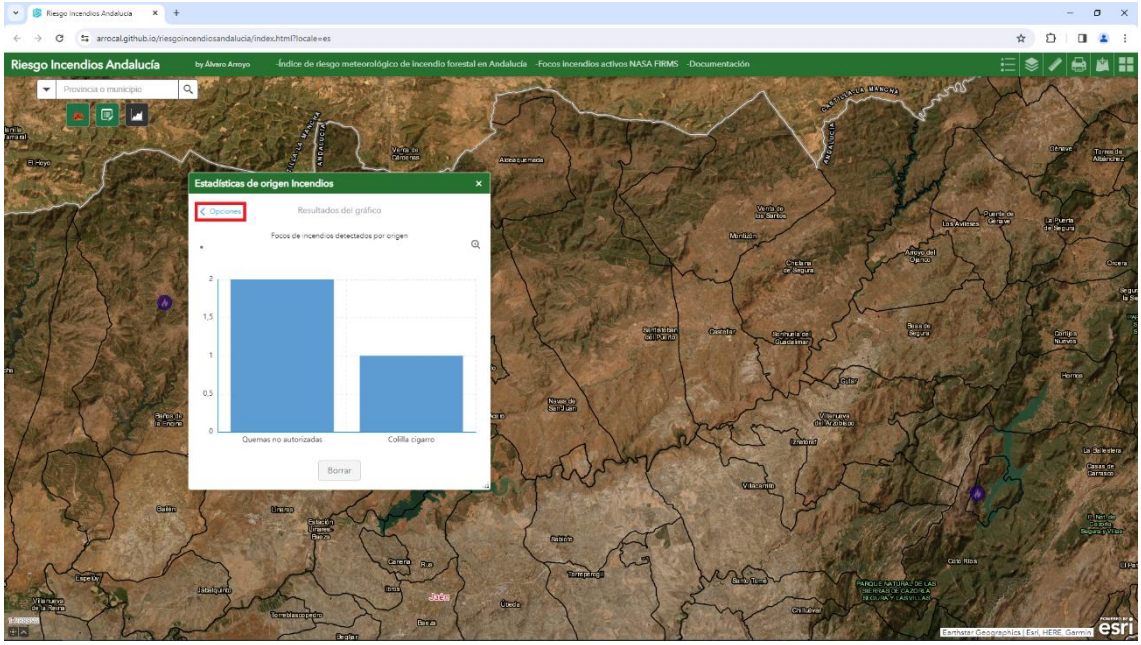

Figura 67: Volver atrás herramienta análisis de focos de incendios 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Y en “GRÁFICOS” (Figura 68).

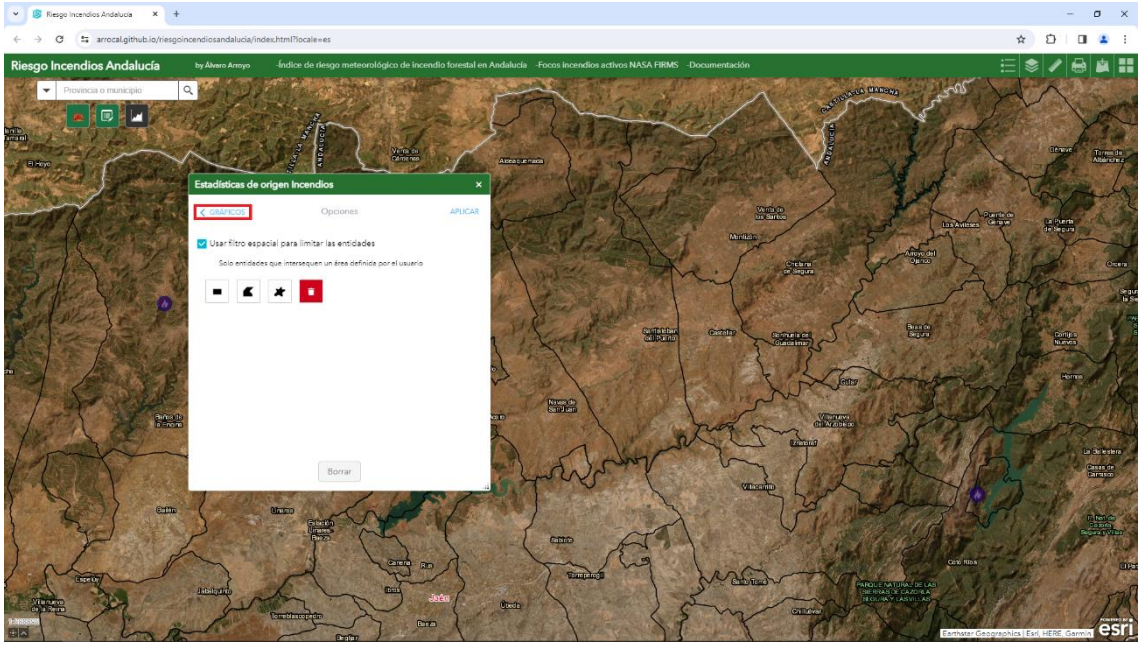

Figura 68: herramienta análisis de focos de incendios 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

A continuación, se muestran los gráficos para todas las categorías, pero para el total de Andalucía, no para una zona en particular.

- Focos de incendios detectados por **Origen** (Figura 69)

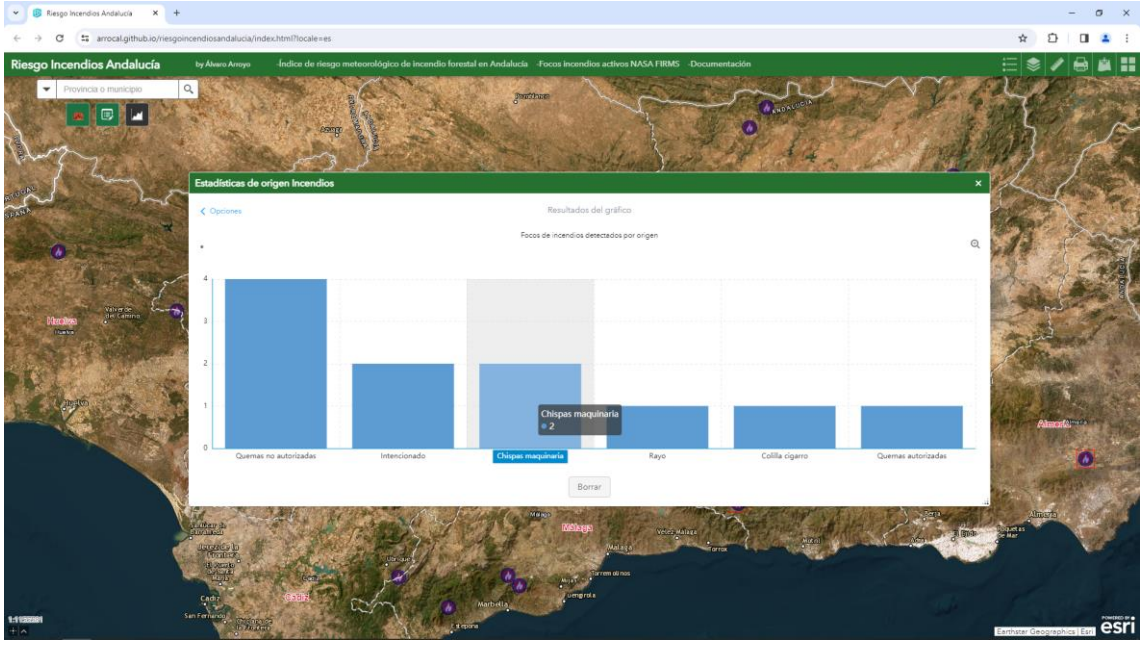

Figura 69: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por origen

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Modelo de Combustible** (Figura 70)

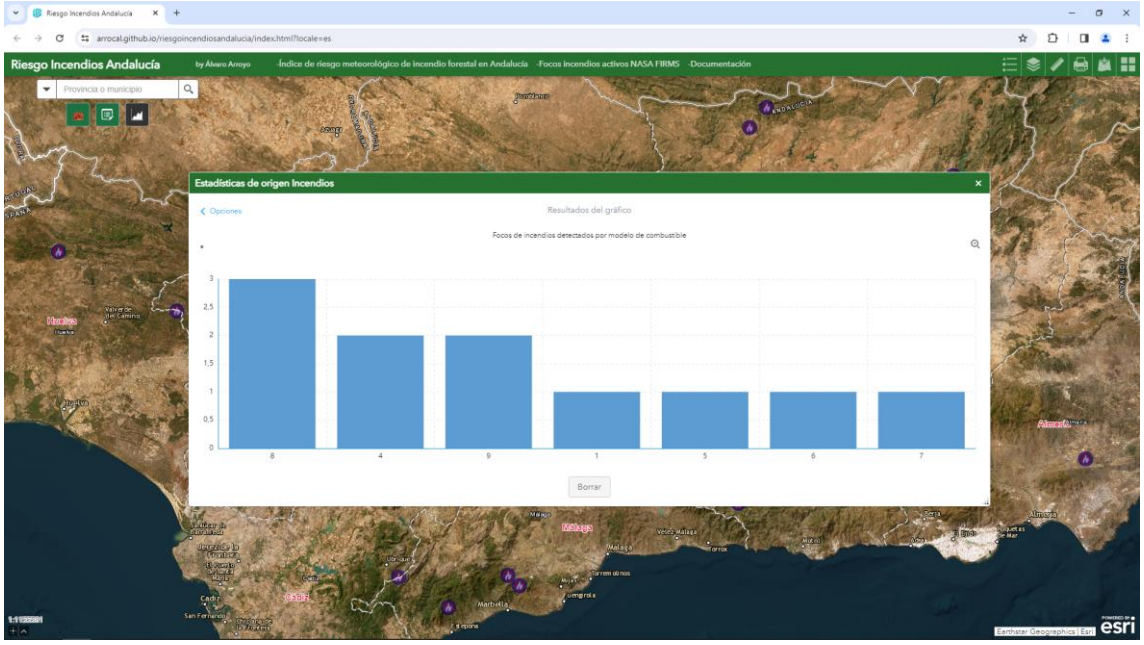

Figura 70: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por modelo de combustible

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Provincia** (Figura 71)

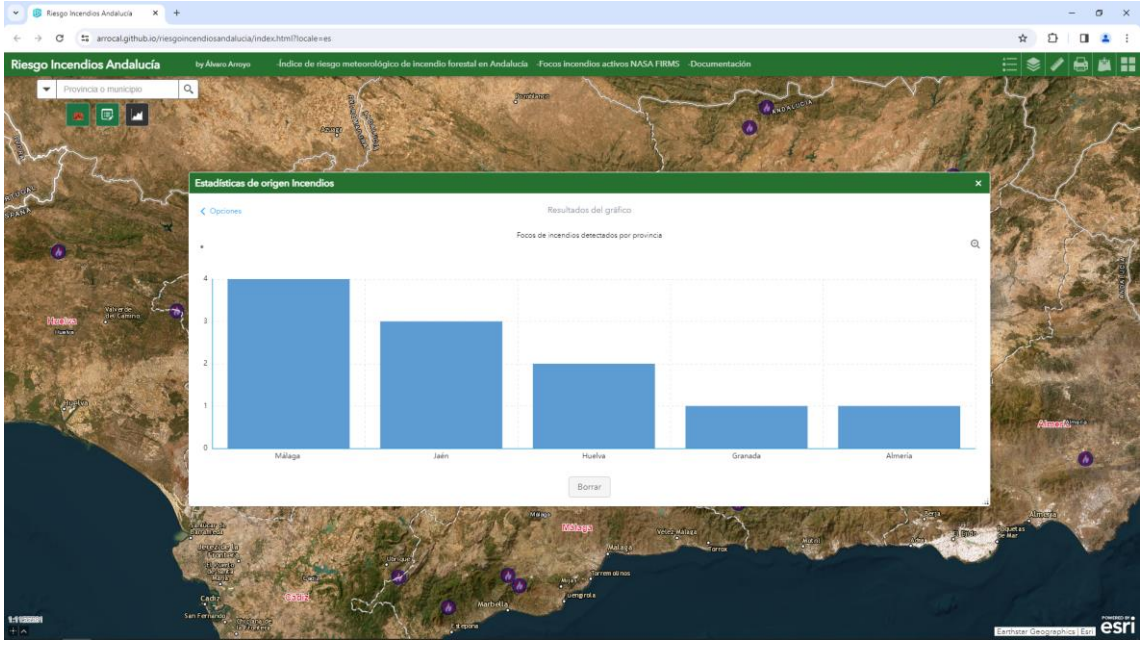

Figura 71: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por provincia

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Especie Principal** (Figura 72)

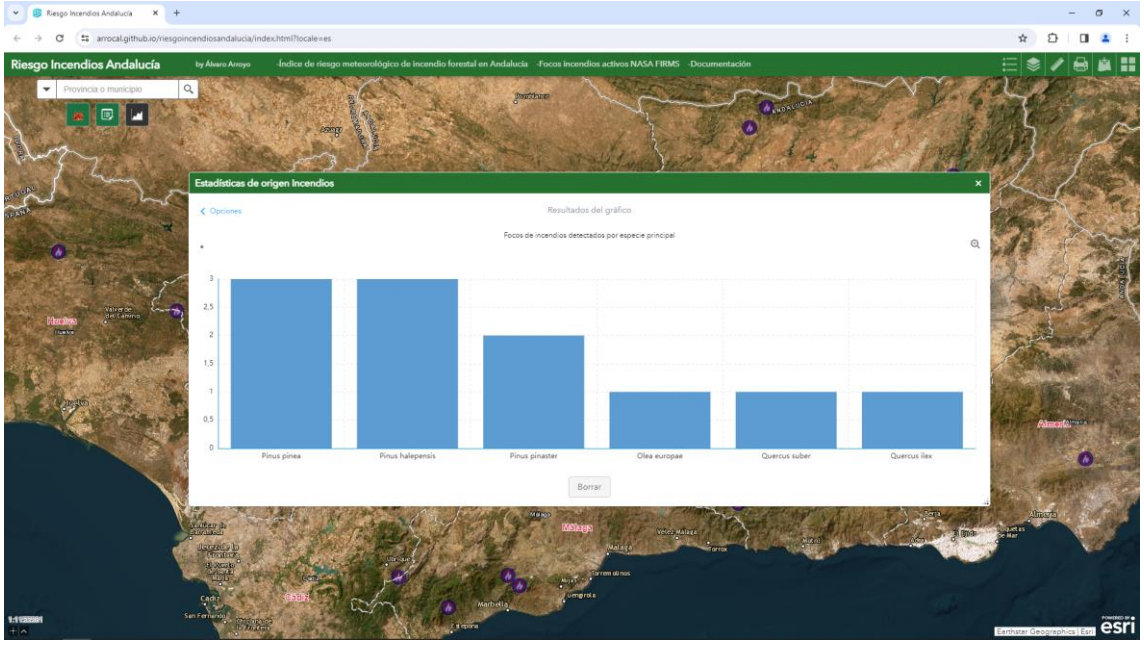

Figura 72: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie principal

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Especie Secundaria** (Figura 73)

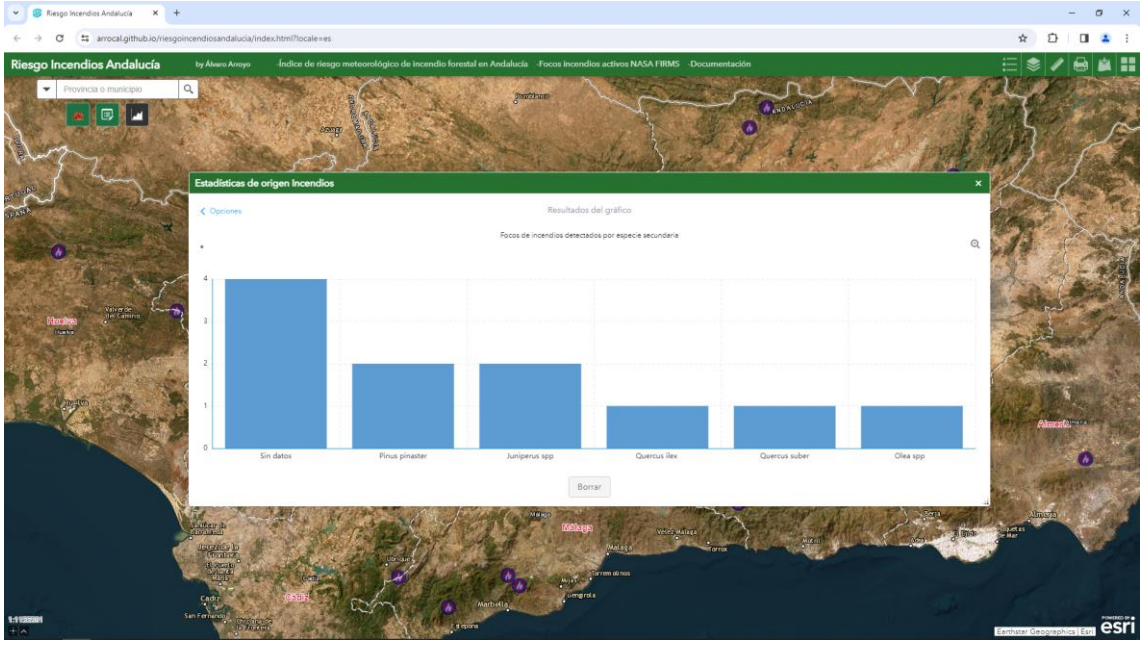

Figura 73: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie secundaria

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Pendiente** (Figura 74)

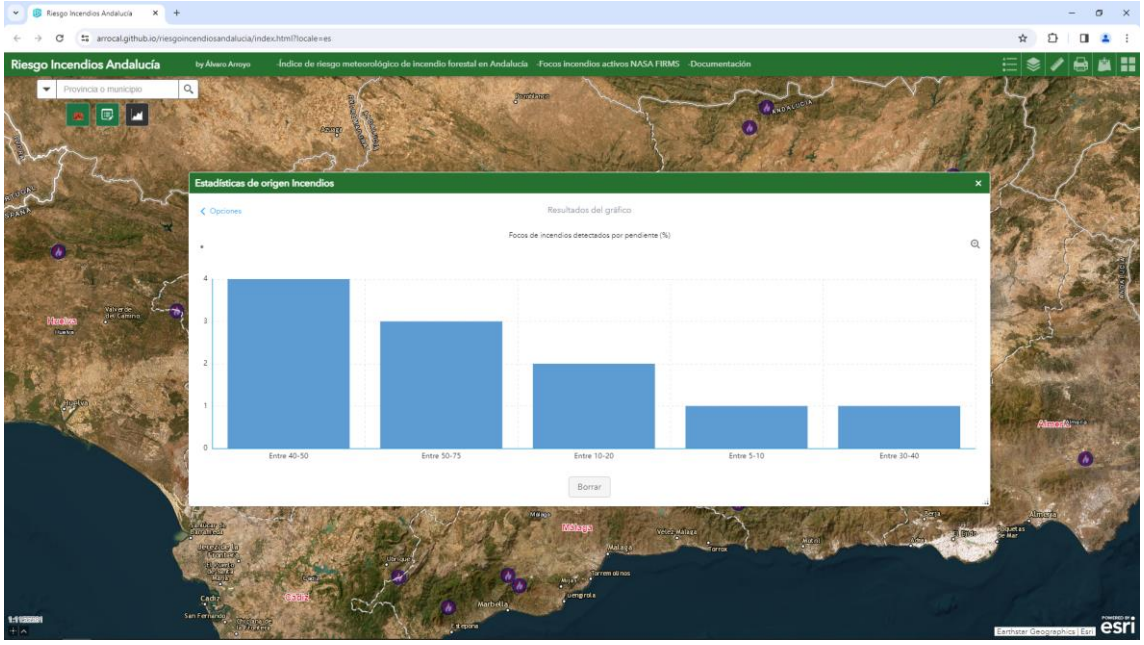

Figura 74: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por pendiente

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Altitud** (Figura 75)

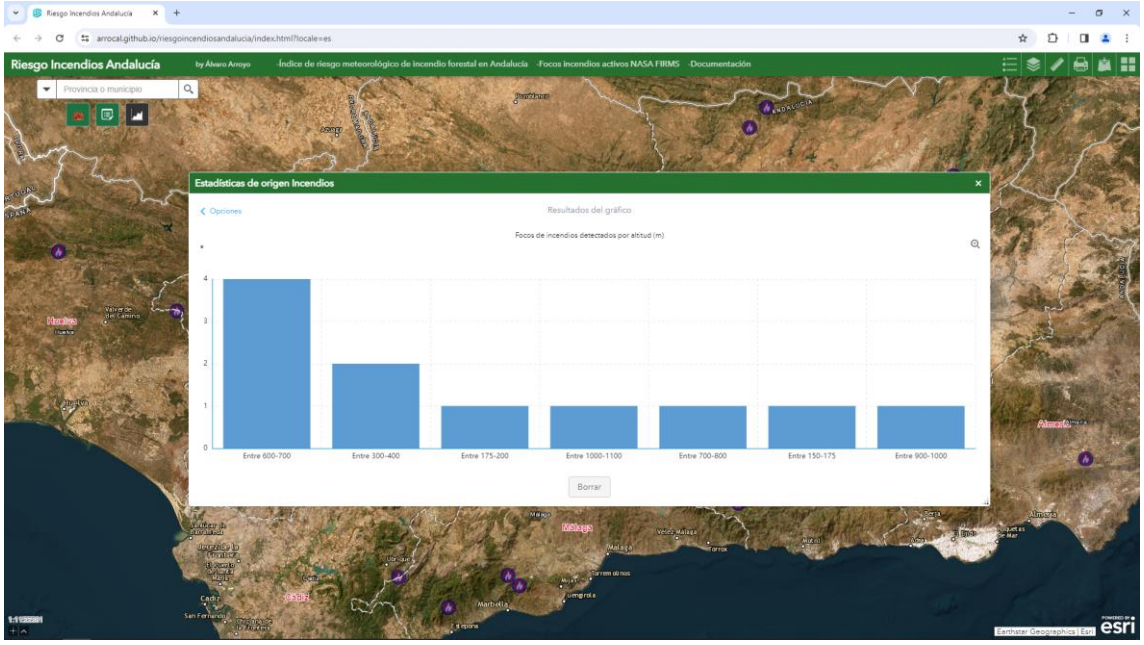

Figura 75: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por altitud

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Temperatura** (Figura 76)

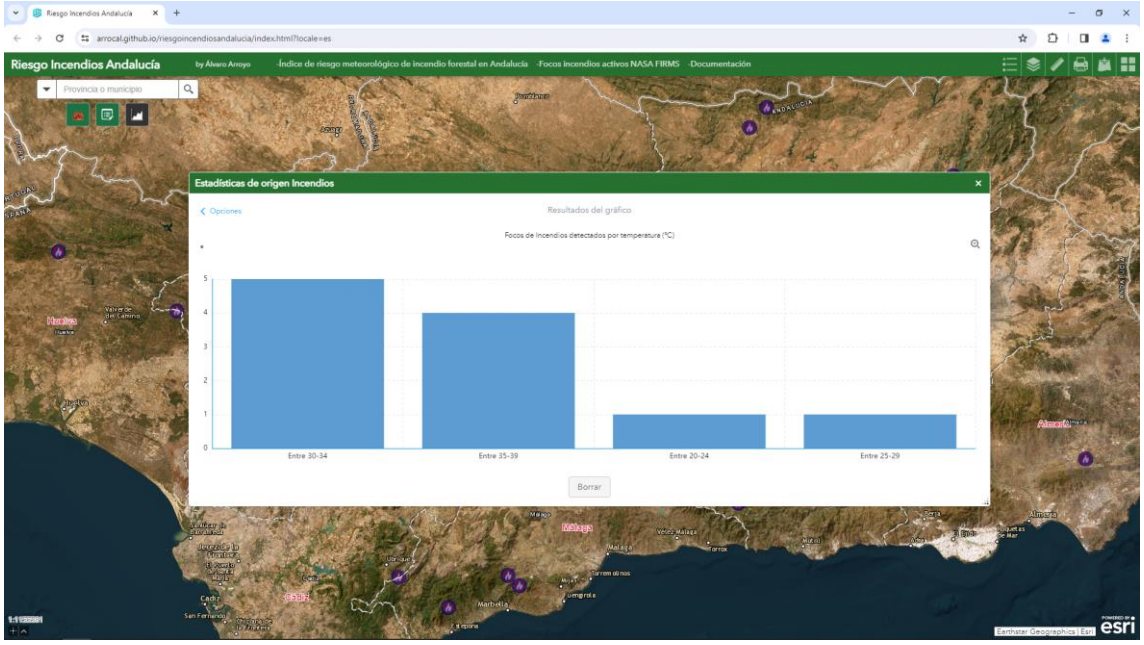

Figura 76: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por temperatura

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Humedad** (Figura 77)

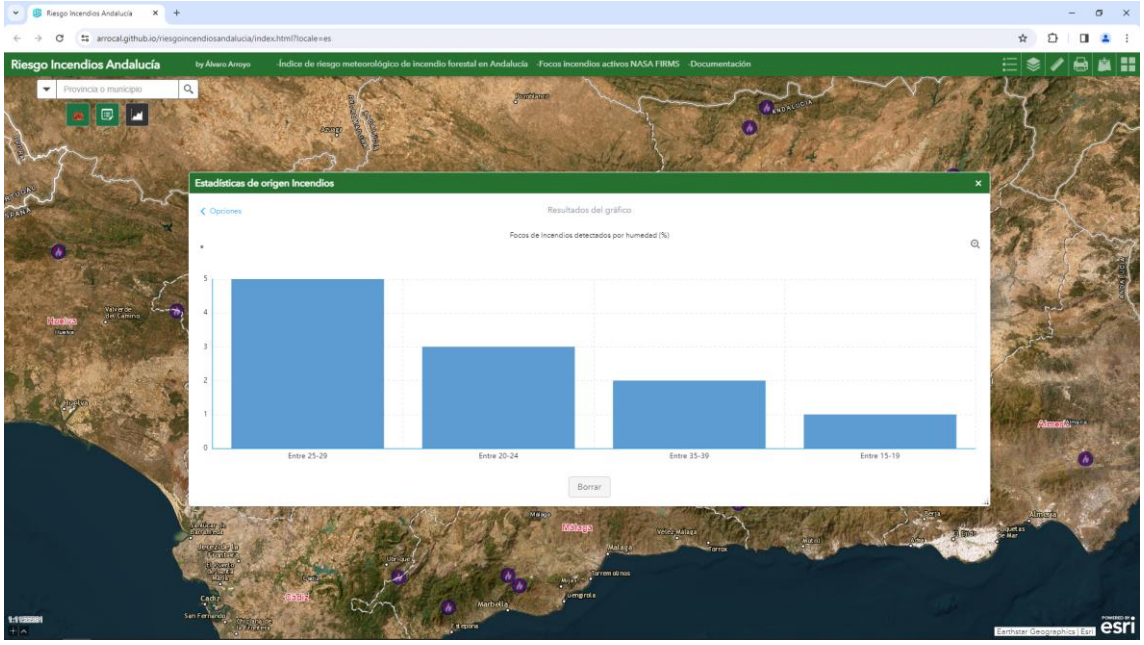

Figura 77: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por humedad

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Velocidad del Viento** (Figura 78)

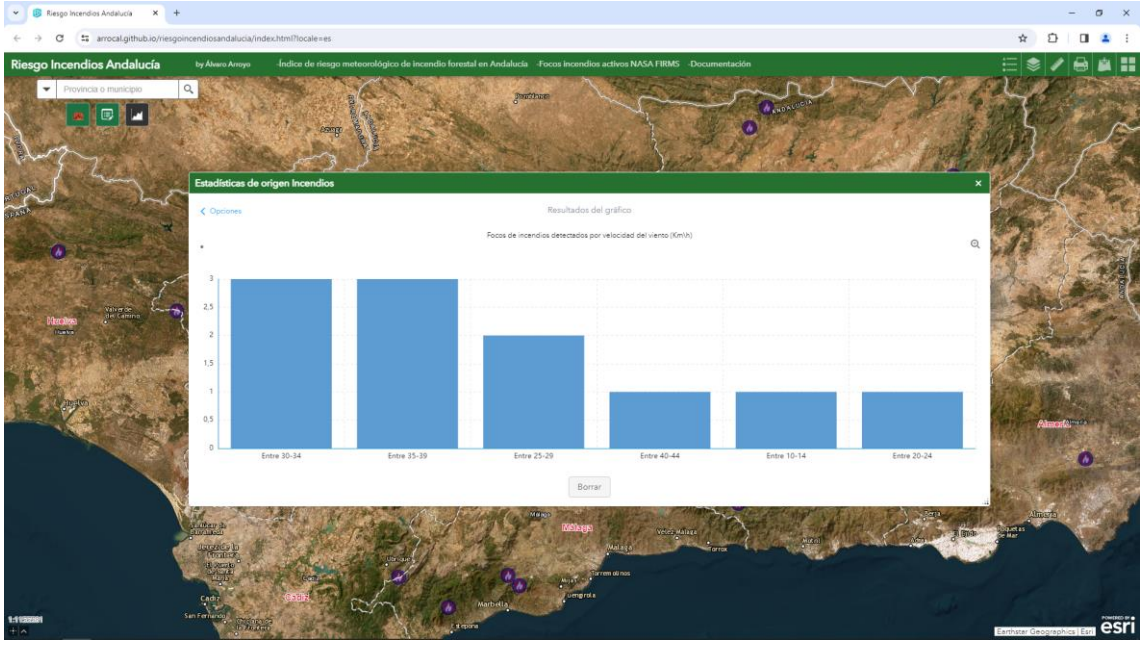

Figura 78: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por velocidad del viento

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **FCC** (Figura 79)

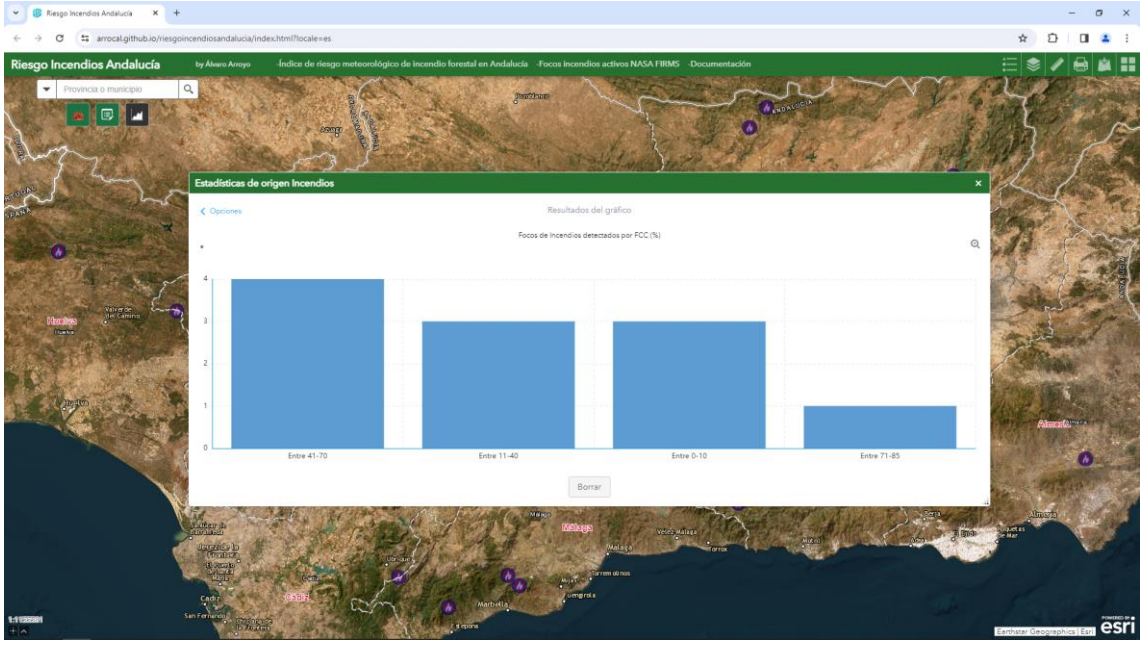

Figura 79: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por FCC

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Focos de incendios detectados por **Superficie Quemada** (Figura 80)

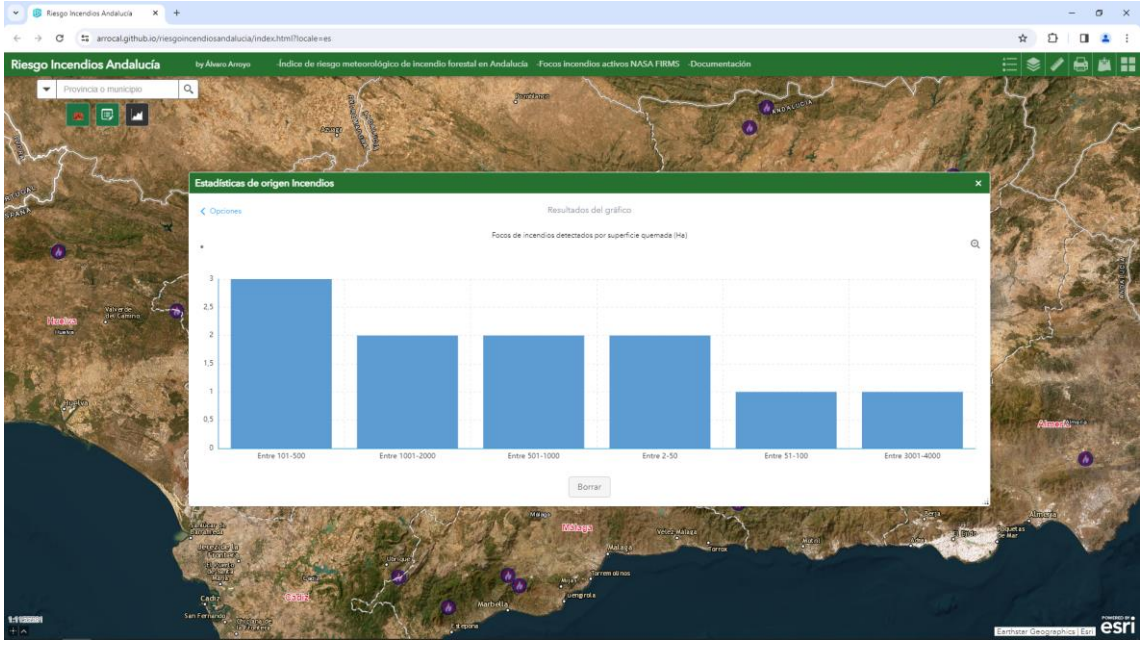

Figura 80: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por superficie quemada

Fuente: Elaboración propia desde el visor

Nota: No es objeto del presente TFG analizar los resultados generados por esta herramienta, ya que son datos creados para la Memoria. Para un análisis detallado se necesitarán datos de varios años.

5.4 HERRAMIENTAS ASOCIADAS

Además de estas 3 herramientas principales descritas anteriormente, el visor cuenta con otras herramientas de apoyo a las principales, que se describen a continuación.

- Identificación

Para identificar un elemento de las capas del mapa se procede de la siguiente manera.

✓ Hacer “Click” sobre cualquier elemento de una capa gráfica cargada en el mapa (Figura 81)

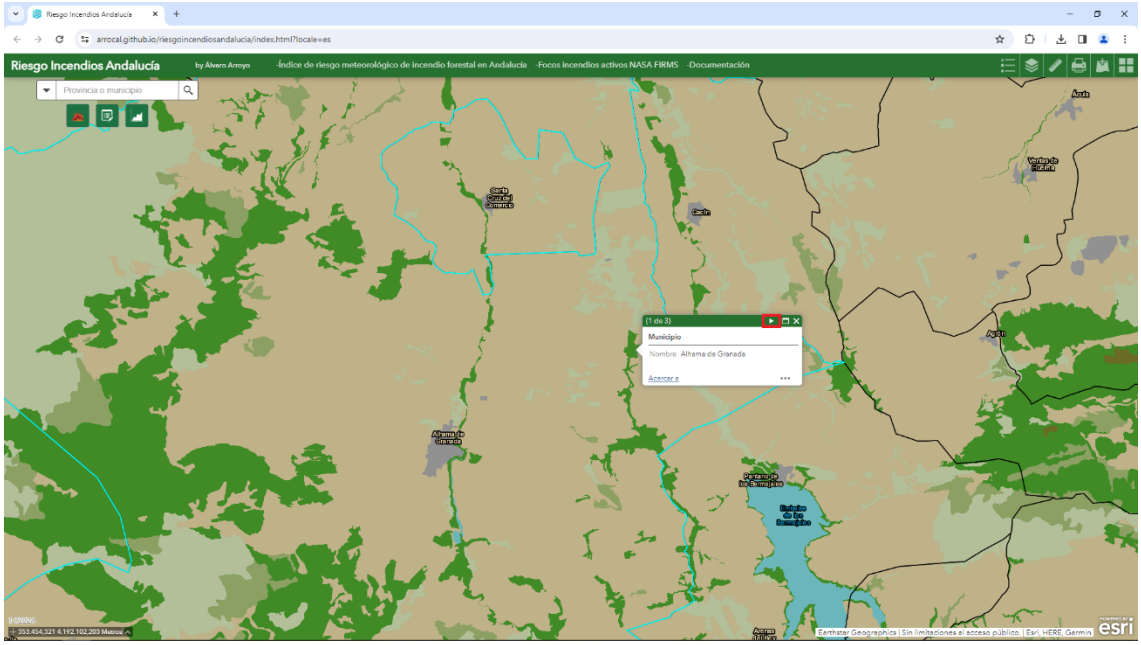

Figura 81: Herramienta identificación

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Se mostrará un panel con la información del elemento (Figura 82)
- ✓ Si hay varias capas cargadas, se mostrarán la información de los elementos de las distintas capas. Para poder visualizar la información de cada uno de los elementos hay que pulsar el icono ▶ del panel (Figura 82)

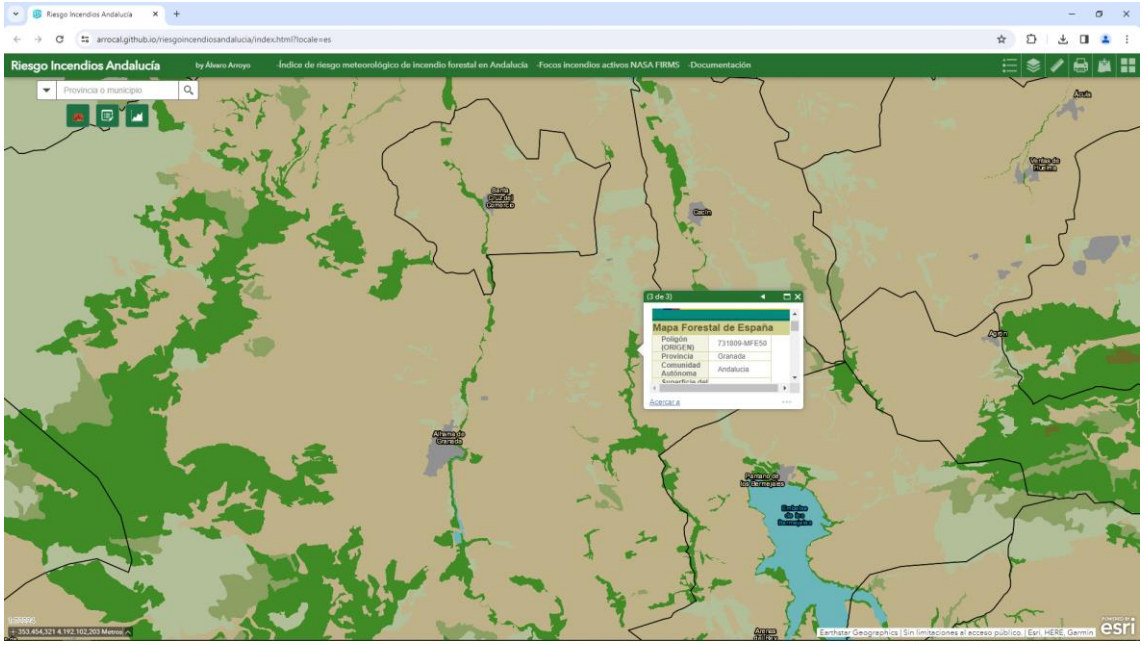

Figura 82: Resultados herramienta identificación

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Búsqueda de provincia o municipio

Para buscar una provincia o un municipio se procede de la siguiente manera.

- ✓ Escribir una provincia o municipio de Andalucía en la caja de texto de la herramienta (Figura 83)

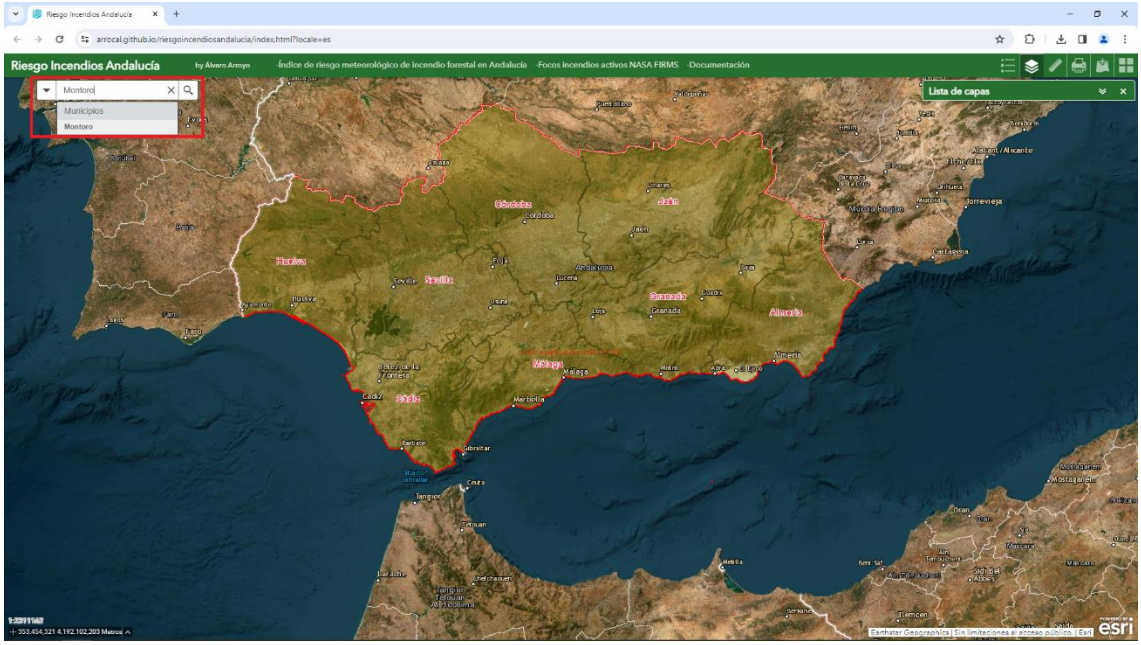

Figura 83: Herramienta búsqueda de provincia o municipio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Se hará un zoom a la zona y resaltará en azul la provincia o municipio elegido (Figura 84)

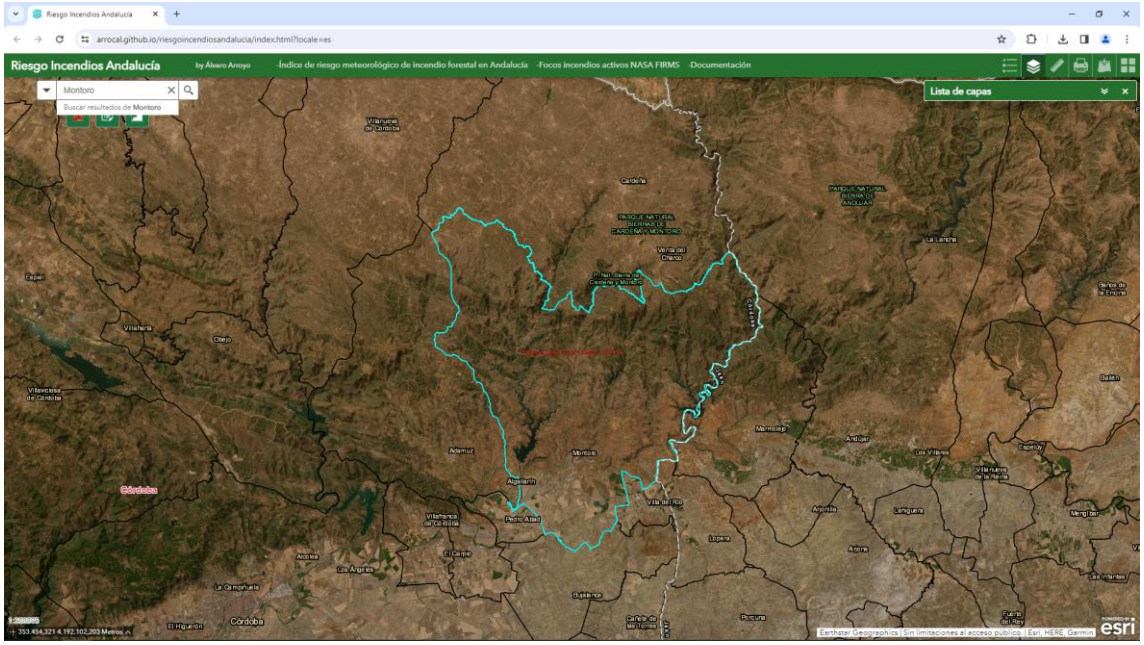

Figura 84: Resultados herramienta búsqueda de provincia o municipio

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Lista de capas

Para visualizar u ocultar una capa del mapa se procede de la siguiente manera.

✓ Abrir la herramienta **"Lista de capas"** (Figura 85)

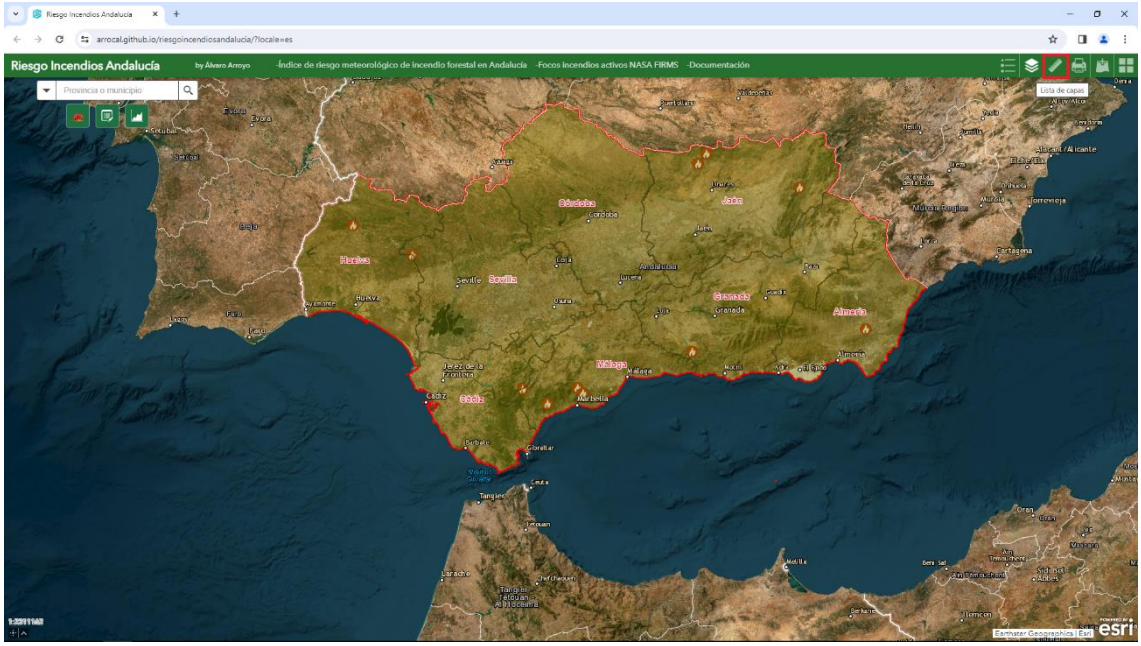

Figura 85 Herramienta lista de capa

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Chequear/deschequear para visualizar u ocultar las capas del mapa (Figura 86)

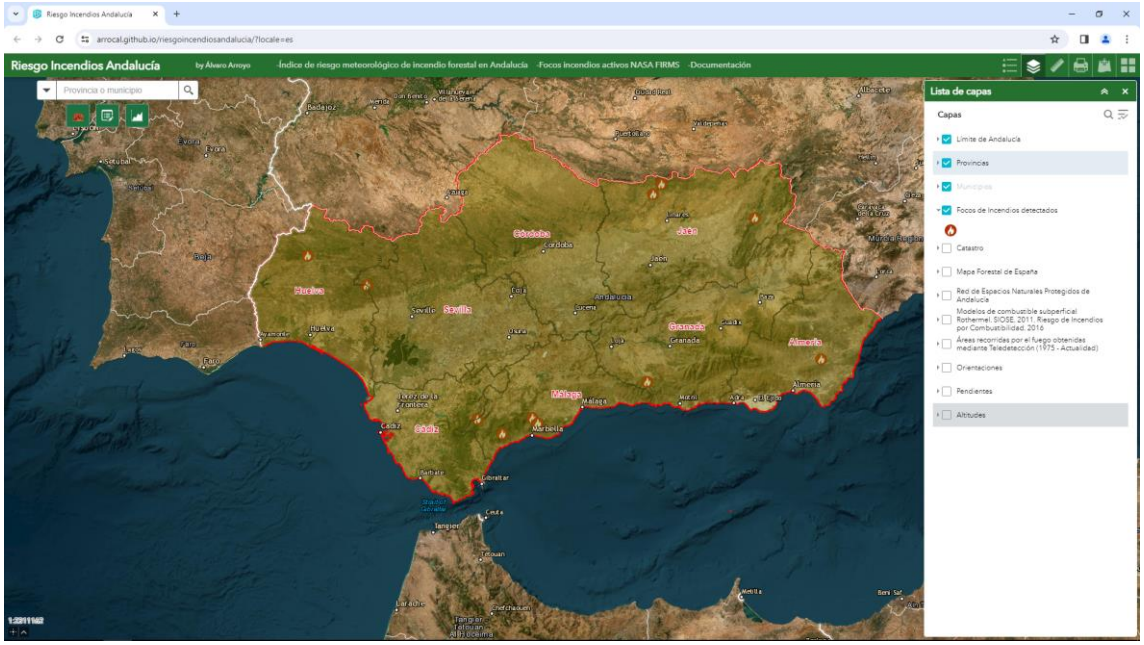

Figura 86: Activación capas herramienta lista de capas

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Medición de superficie y distancias

Para abrir la herramienta hay que pulsar el icono **"Medición"** (Figura 87)

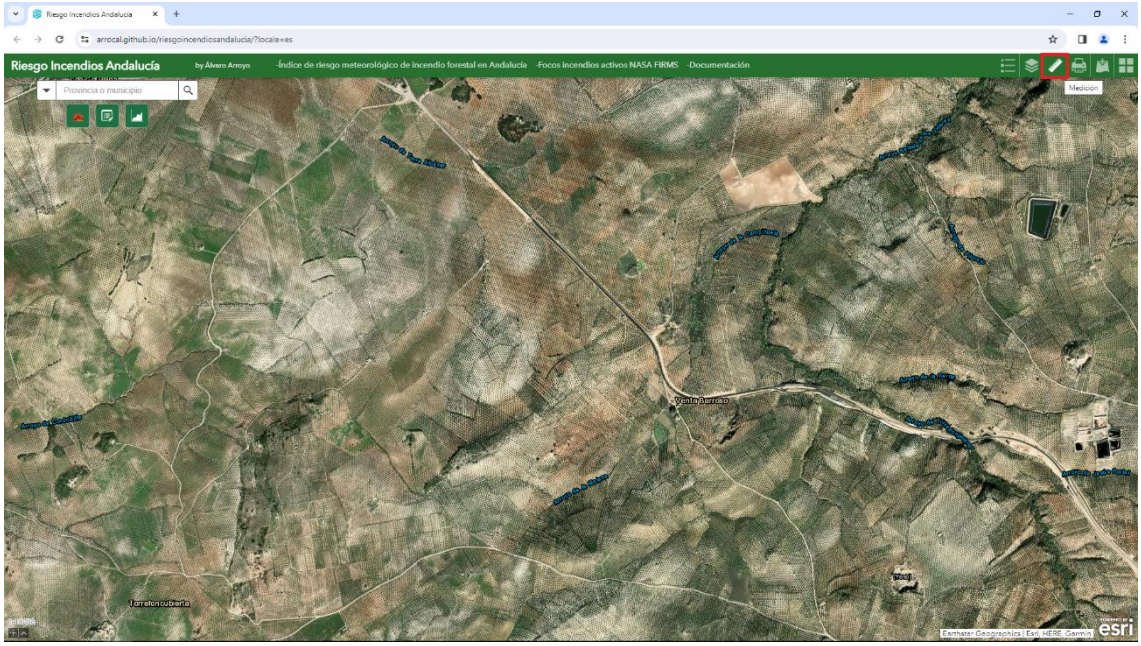

Figura 87: Herramienta medición

Fuente: Elaboración propia desde el visor

1. Medición de superficie

Para medir la superficie de una zona se procede de la siguiente manera.

- ✓ Pulsar el icono “Área” (Figura 88)

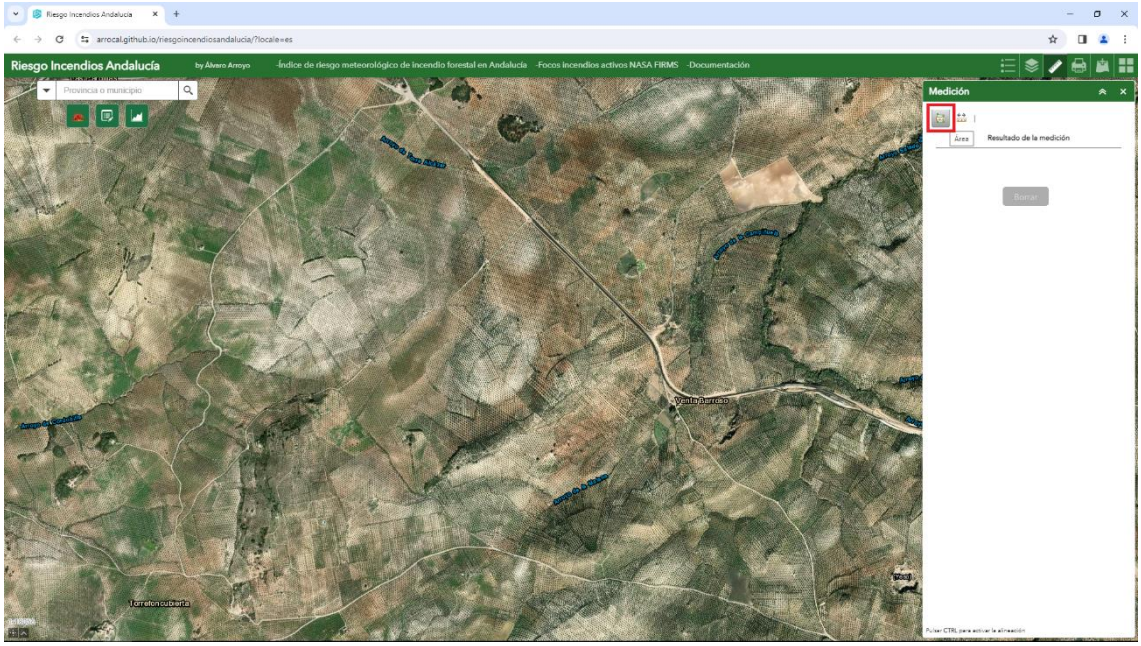

Figura 88: Herramienta medición superficies

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Seleccionar la unidad de medida en el desplegable (Figura 89)

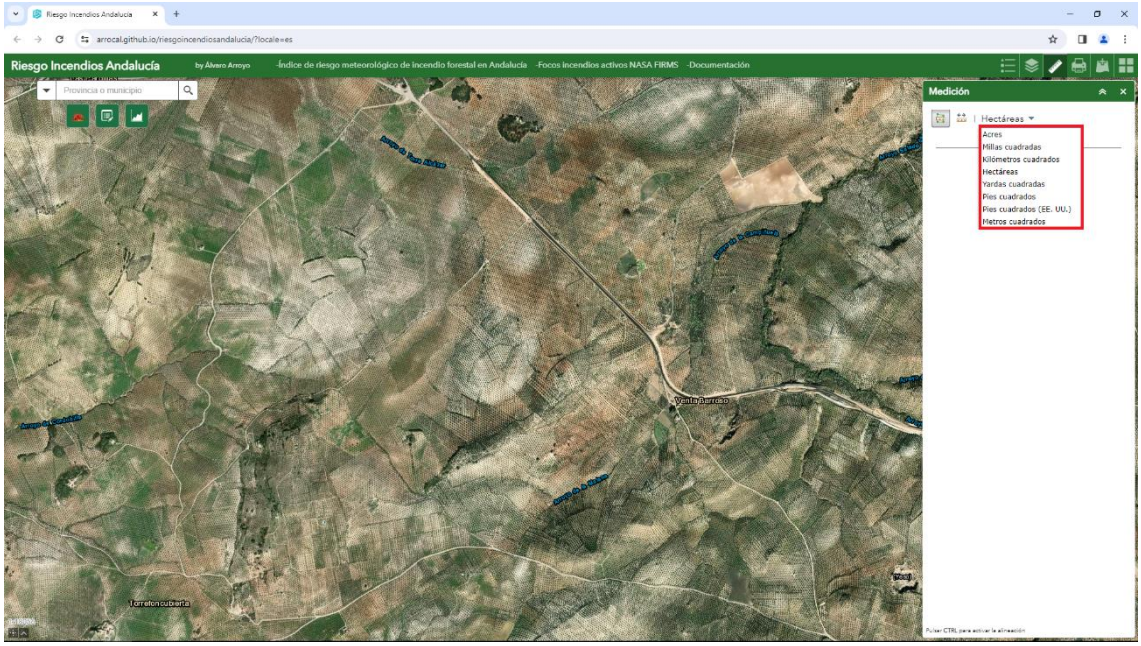

Figura 89: Selección unidades herramienta medición superficies

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Dibujar sobre el mapa el polígono del que se quiere medir su superficie. El resultado se muestra en el panel de la herramienta (Figura 90)

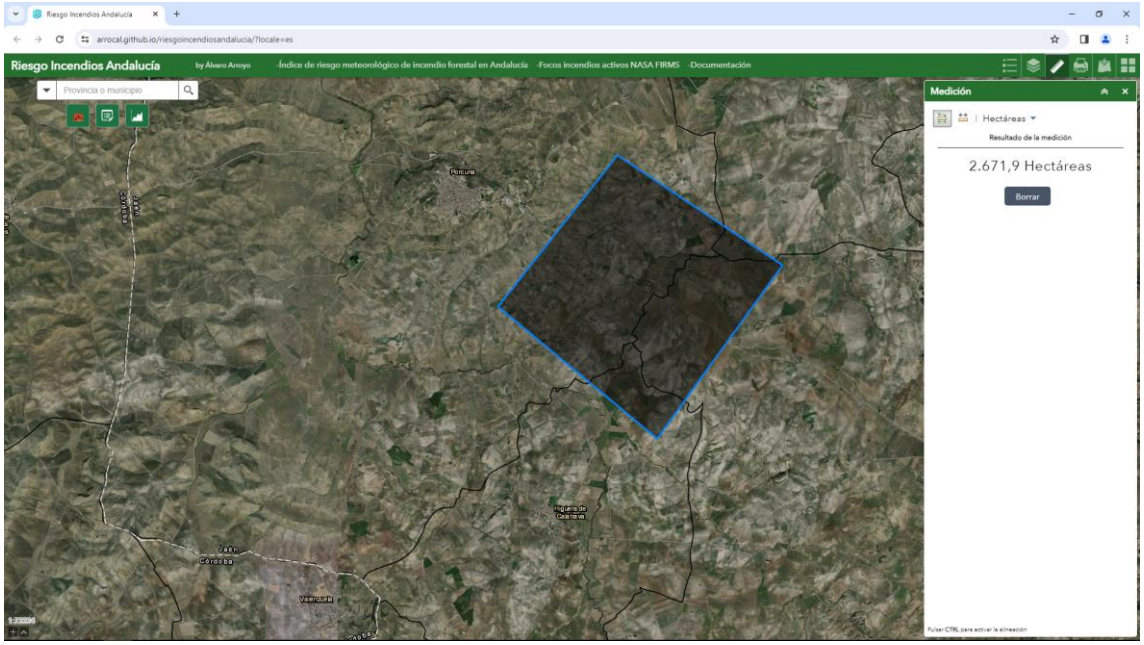

Figura 90: Dibujo área medición y resultados herramienta medición superficies

Fuente: Elaboración propia desde el visor

2. Medición de longitud

Para medir la longitud se procede de la siguiente manera.

- ✓ Pulsar el icono “Distancia” (Figura 91)

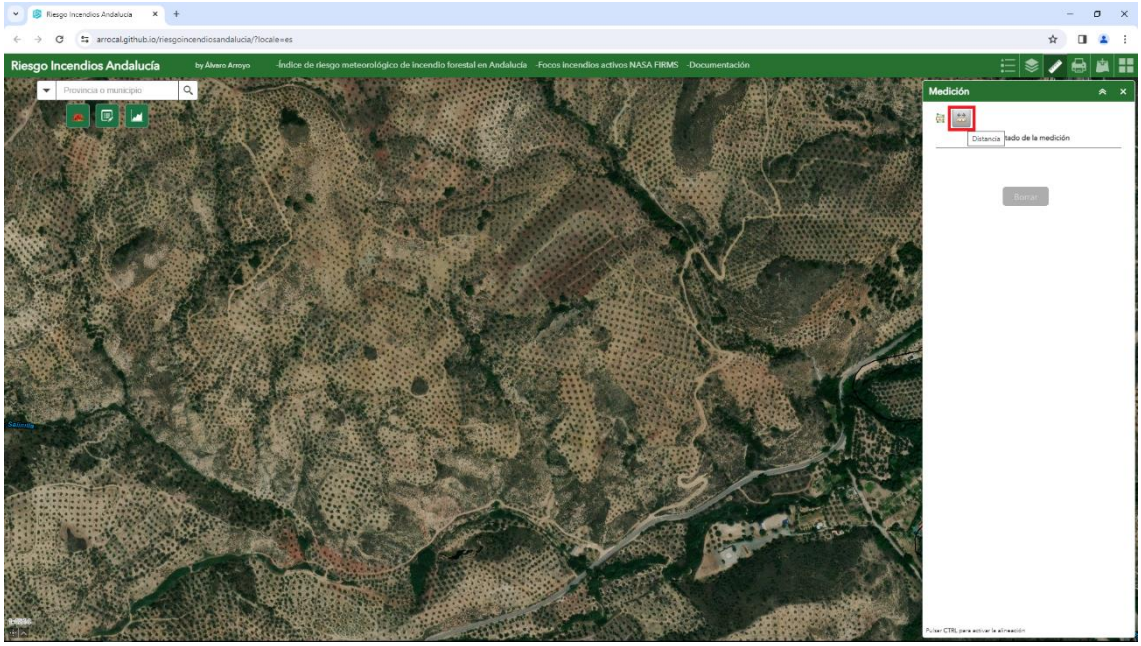

Figura 91: Herramienta medición longitud

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Seleccionar la unidad de medida en el desplegable (Figura 92)

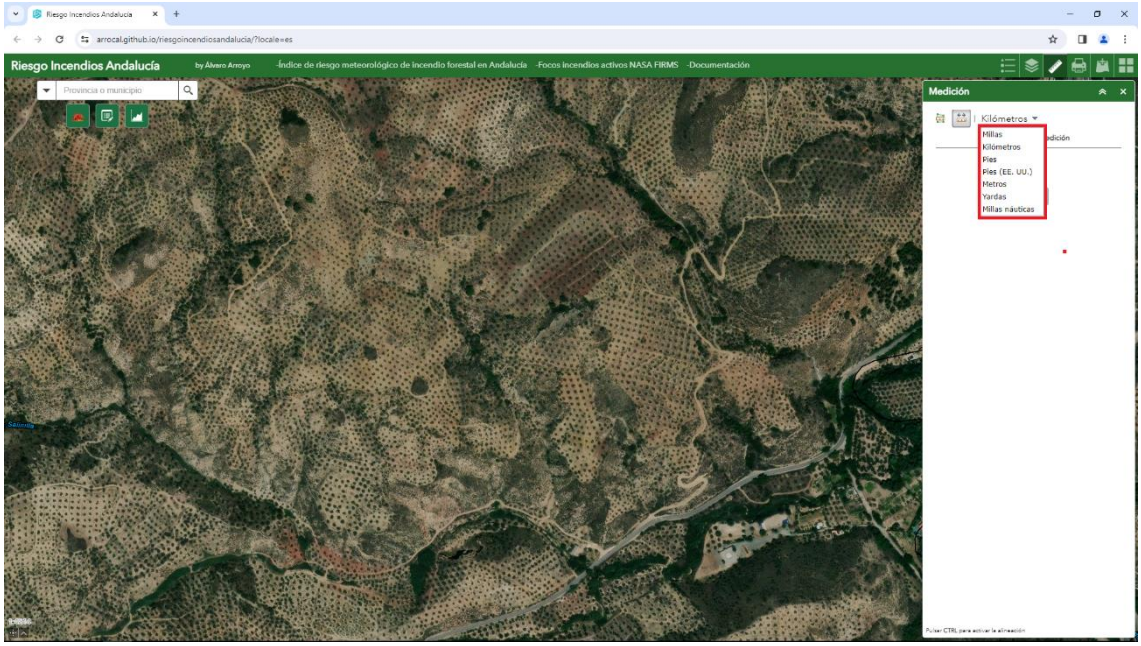

Figura 92: Selección unidades herramienta medición longitud

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Dibujar sobre el mapa la línea de la que se quiere medir su longitud. El resultado se muestra en el panel de la herramienta (Figura 93)

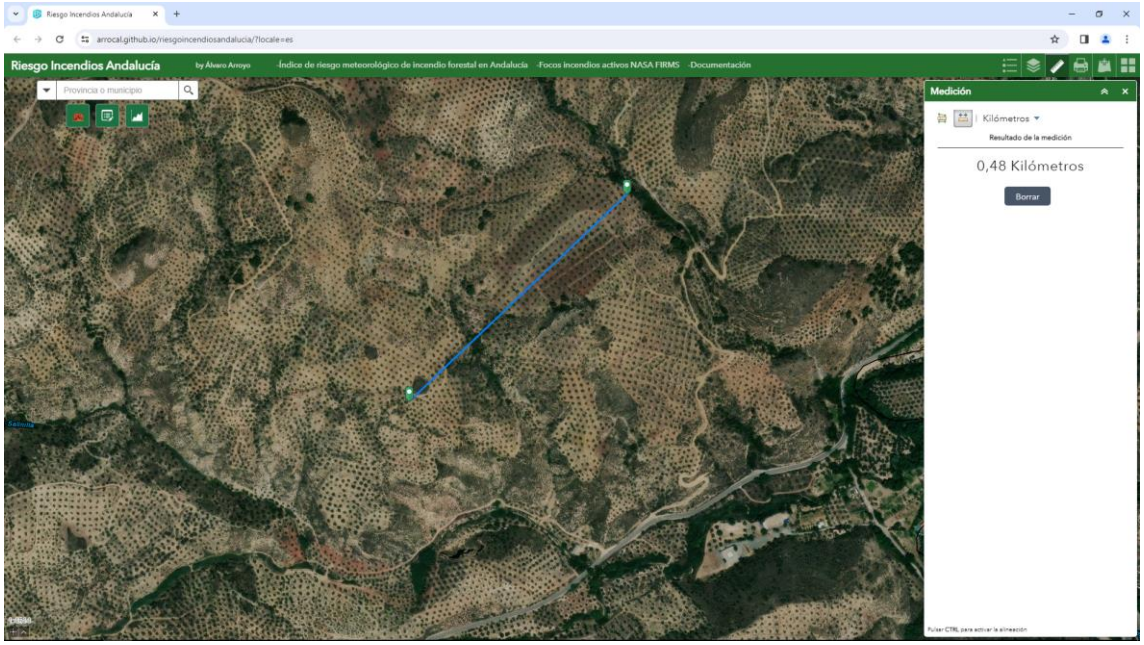

Figura 93: Dibujo línea medición y resultados herramienta medición longitud

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Impresión

  Para realizar un plano del mapa e imprimirlo se procede de la siguiente manera.

  ✓ Abrir herramienta pulsando el icono **"Imprimir"** (Figura 94)

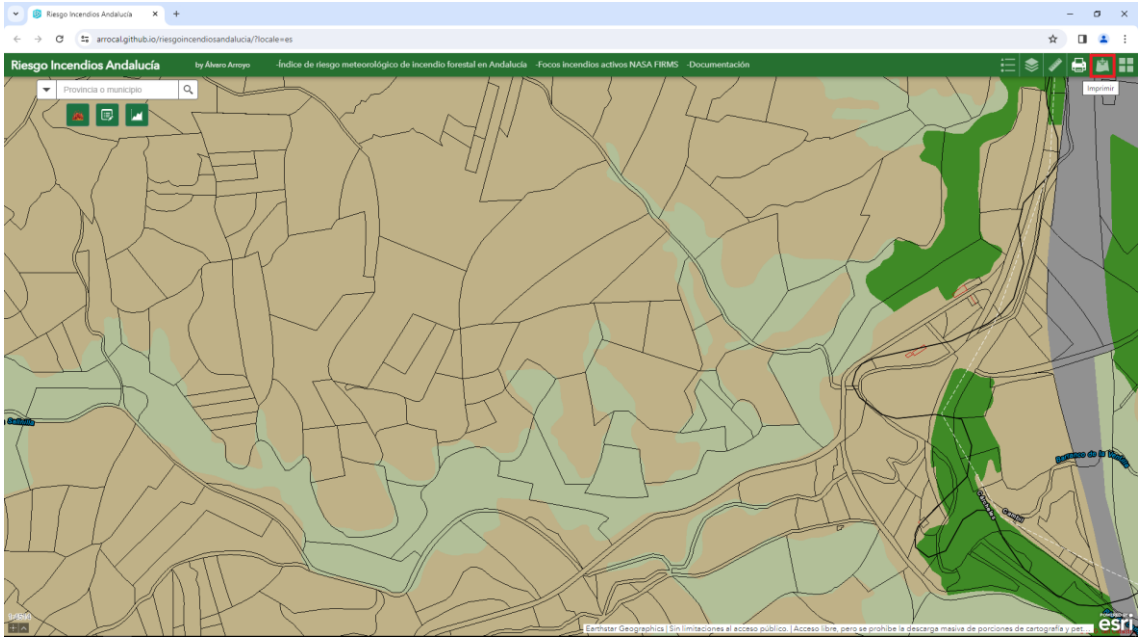

Figura 94: Herramienta impresión

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Seleccionar el título, diseño, formato y opciones avanzadas del mapa a imprimir (Figura 95)

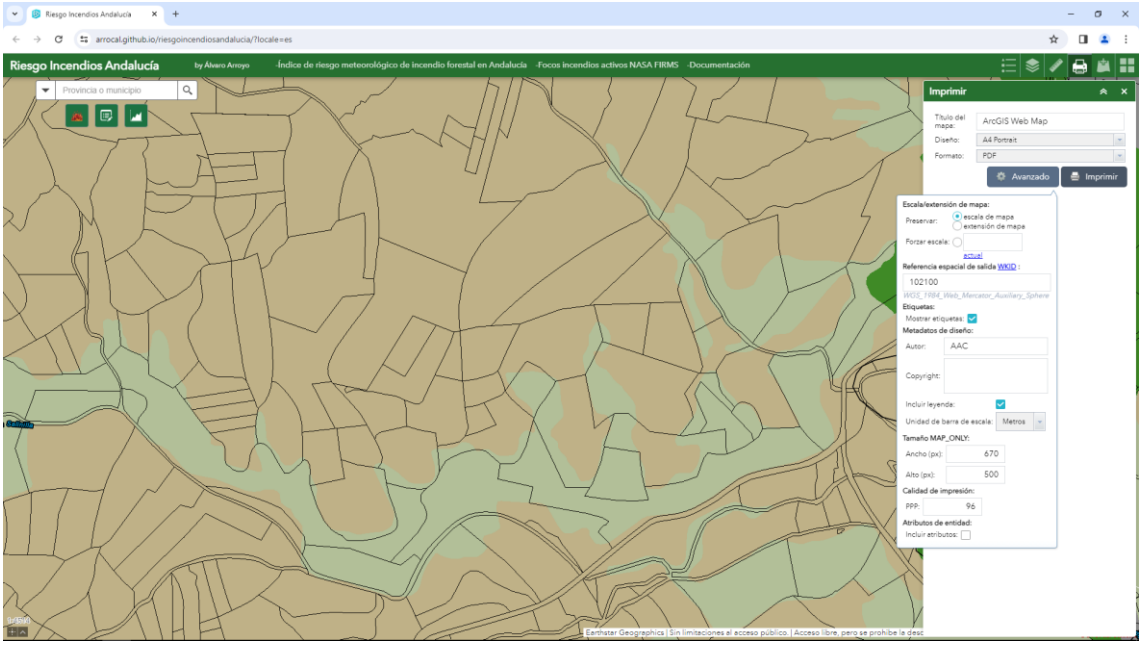

Figura 95: Selección parámetros herramienta impresión

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Pulsar en “Imprimir” (Figura 96)

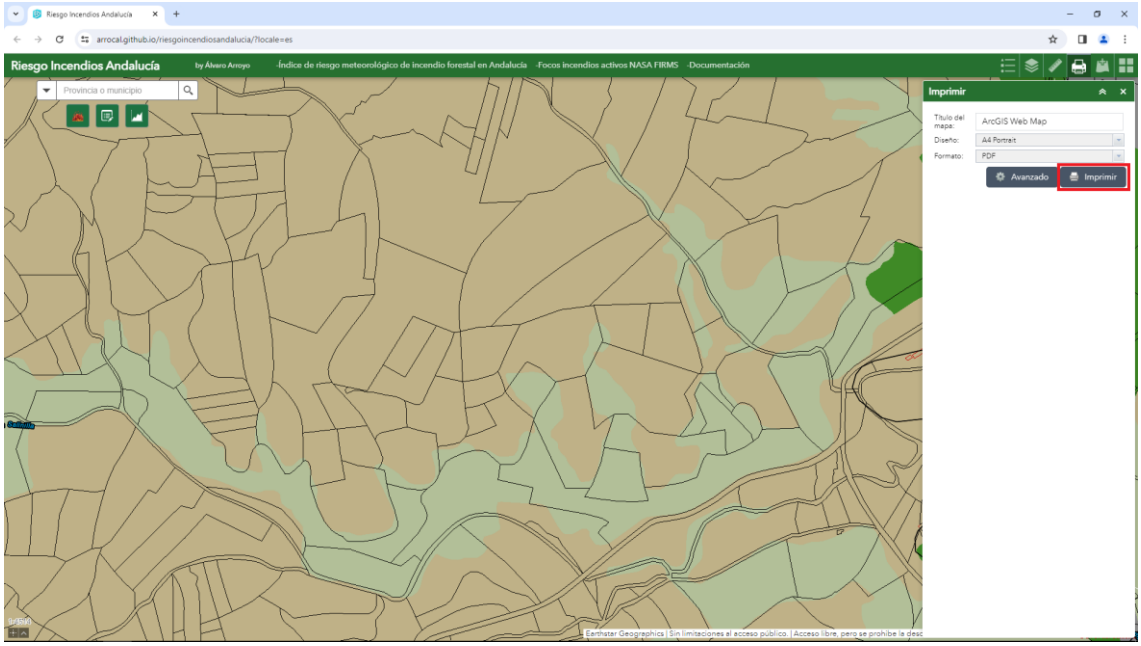

Figura 96: Impresión mapa herramienta impresión 1

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Pulsar en el enlace generado para visualizar el mapa (Figura 97)

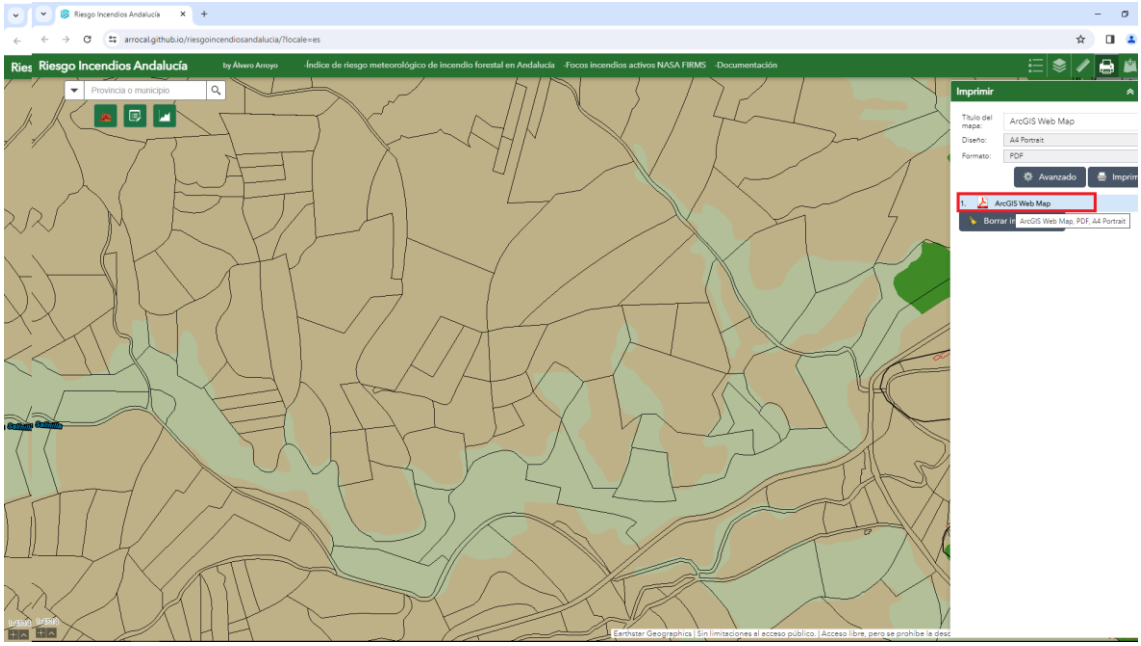

Figura 97: Impresión mapa herramienta impresión 2

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ El mapa se abrirá en formato PDF en una nueva pestaña del navegador listo para su impresión (Figura 98)

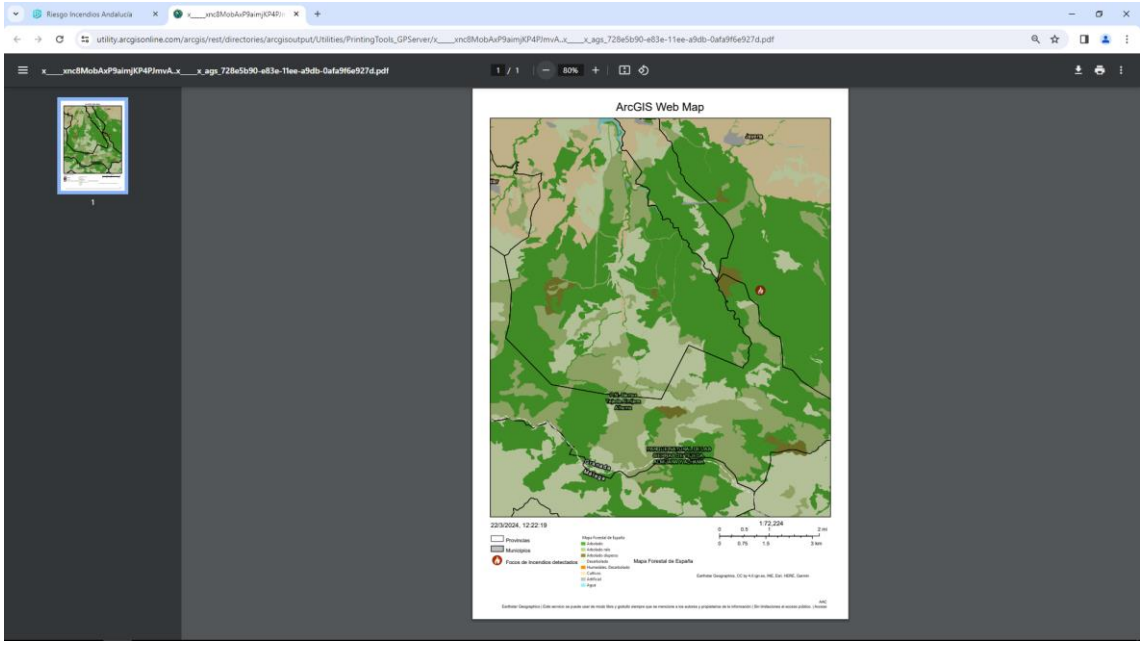

Figura 98: Resultados herramienta impresión

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Añadir capas

Mediante esta herramienta se pueden añadir capas al mapa con un máximo de 1000 elementos en los siguientes formatos.

- ✓ Shapefile comprimido en formato .zip
- ✓ CSV con direcciones postales o Latitud-Longitud separado por comas
- ✓ KML
- ✓ GPX
- ✓ Geojson

Esta herramienta ya se ha detallado en el apartado B-PROCEDIMIENTO OPERATIVO DE LA RECOPILACIÓN DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS por lo que no se describe en este apartado.

- Galería de mapas base (callejero, ortofoto, topográfico)

Para cargar sobre el mapa un mapa base se procede de la siguiente manera.

✓ Abrir la herramienta **"Galería de mapas base"** (Figura 99)

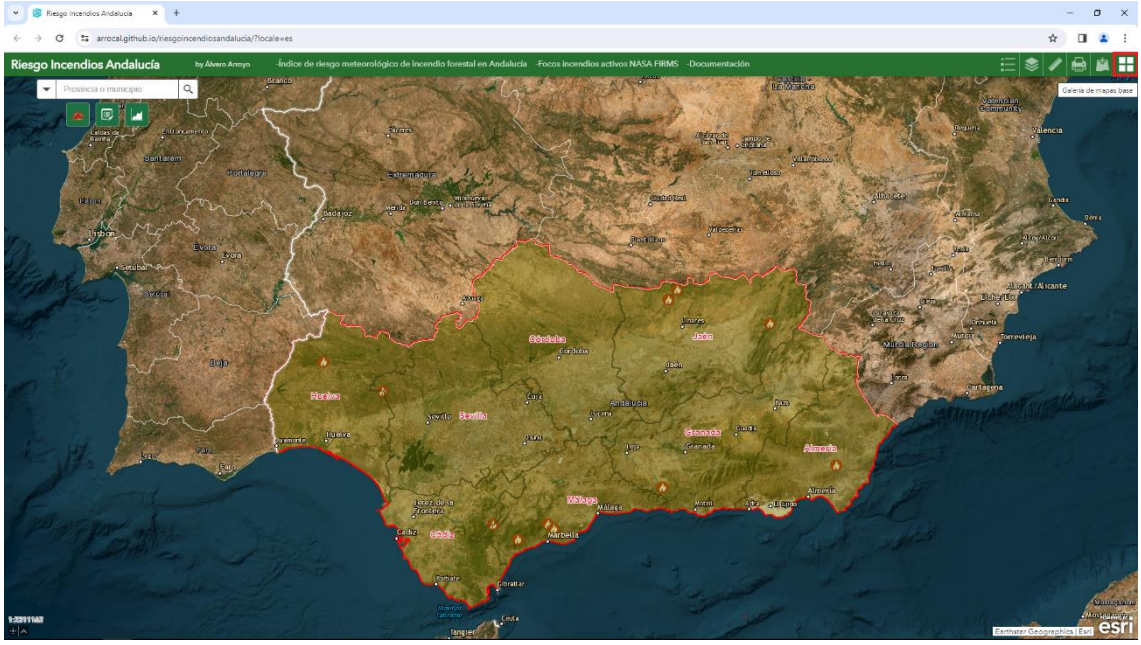

Figura 99: Herramienta mapas base

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Seleccionar uno de los 3 mapas base disponibles (callejero, ortofoto, topográfico) (Figura 100)

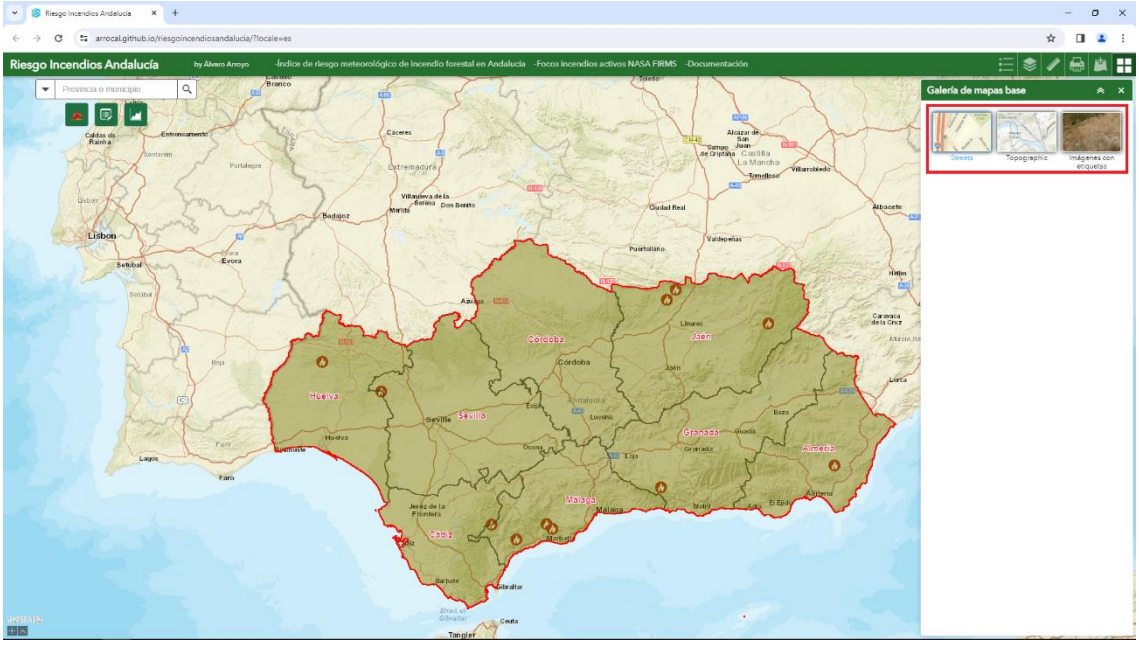

Figura 100: Selección mapa base herramienta mapas base

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Obtener coordenadas

Para obtener las coordenadas de un punto en el mapa se procede de la siguiente manera.

- ✓ Seleccionar el sistema de coordenadas (Longitud-Latitud GCS_WGS_1984 (EPSG:4326), X-Y ETRS_1989_UTM_Zone_30N (EPSG: 25830)) (Figura 101)

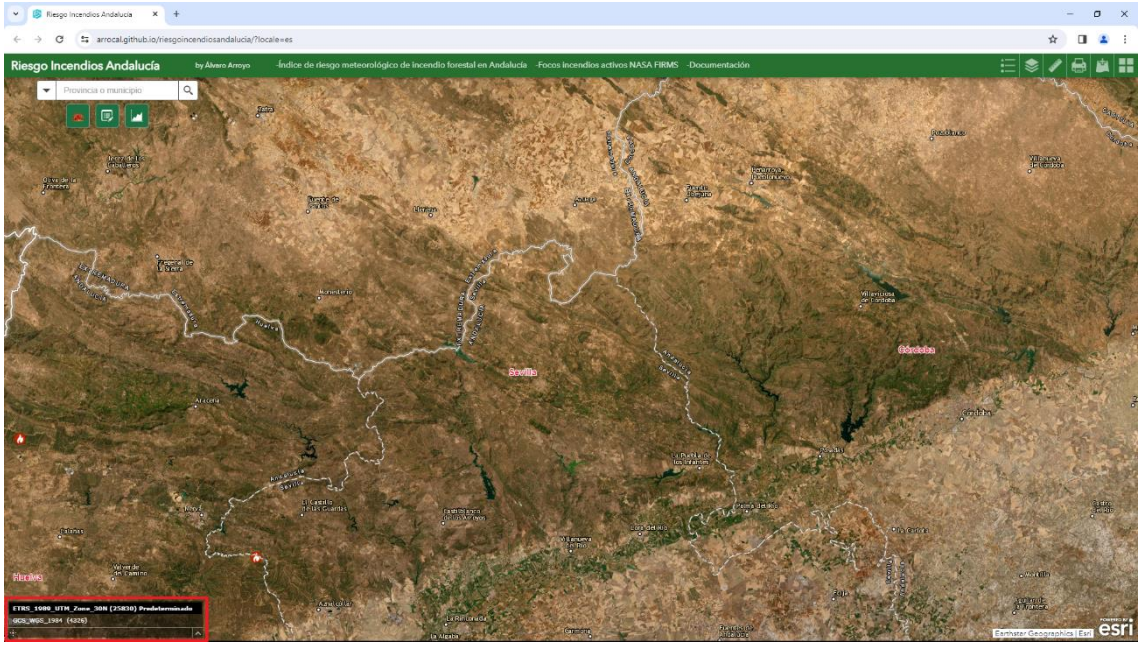

Figura 101: Selección sistema de coordenadas herramienta coordenadas

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Hacer “Click” en el icono de la Figura 102

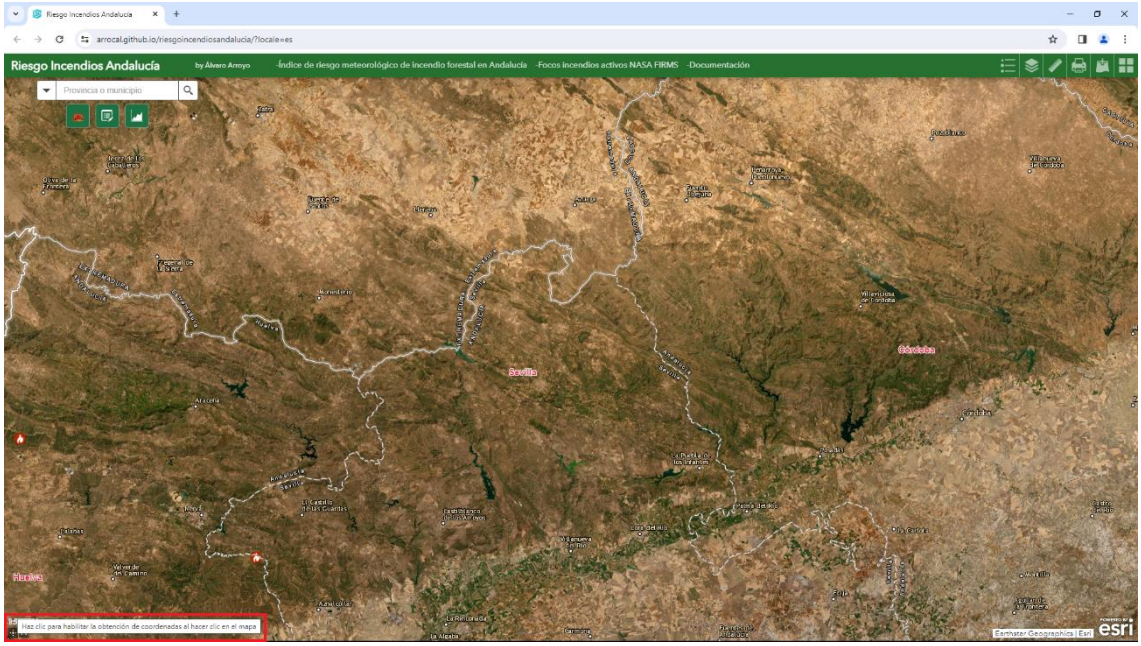

Figura 102: Activación herramienta coordenadas

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- ✓ Hacer “Click” en el punto del que se quieren conocer sus coordenadas (Figura 103)

  Las coordenadas aparecerán en la parte inferior izquierda del visor.

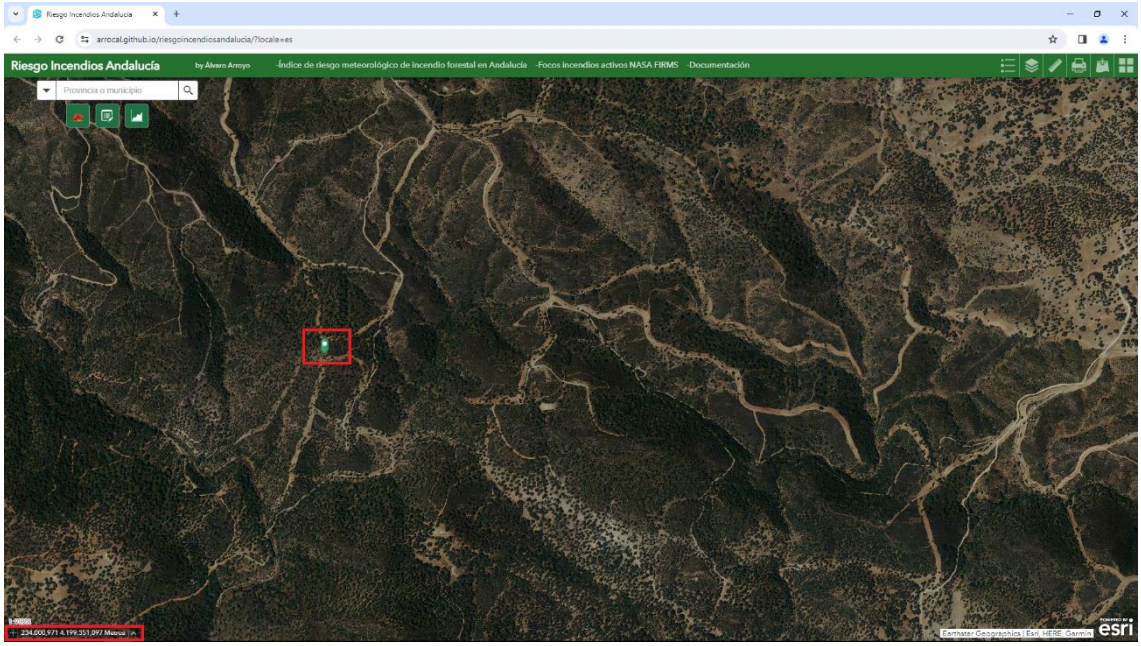

Figura 103: Elección punto herramienta coordenadas

Fuente: Elaboración propia desde el visor

- Escala

La escala del mapa se muestra en la parte inferior izquierda del visor y van cambiando a media que se hace zoom sobre el mapa (Figura 104)

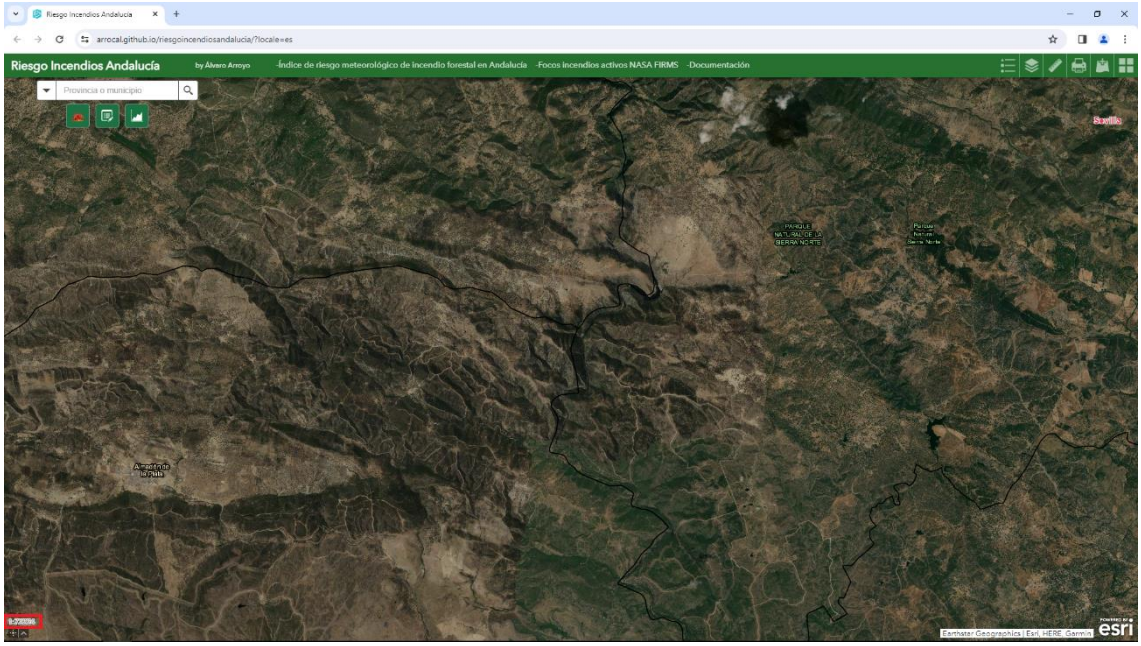

Figura 104: Herramienta escala

Fuente: Elaboración propia desde el visor

5.5 ENTORNO TECNOLÓGICO

Para el desarrollo del visor y sus herramientas se han utilizado las siguientes herramientas.

5.5.1 SERVIDOR SIG ARCGIS ONLINE

ArcGIS Online es un servidor web SIG que permite crear mapas, capas, analizar datos, alojarlos y compartirlos. Los datos y mapas se almacenan en una infraestructura en la nube segura y privada.

Existe una versión para desarrolladores gratuita que es la que se ha utilizado.

Para el presente TFG ArcGIS Online se ha utilizado para las siguientes tareas.

- Alojar los servicios web de mapas (WMS, Map Server, Feature Server) ya existentes mediante las URLs indicadas en el apartado 5.2 DATOS UTILIZADOS

- Crear y alojar el servicio de mapas “Focos de Incendios detectados”, creado a partir de la información dada por el servicio NASA FIRMS, y sus datos asociados (origen, provincia,

municipio, especie principal, especie secundaria, FCC, pendiente, altitud, temperatura, humedad, velocidad del viento, superficie quemada). Este mapa es el que se vinculará al constructor de aplicaciones

- Crear y alojar el mapa con los datos de los 2 apartados anteriores, y que será el que se cargará y visualizará en el visor (Figura 105)

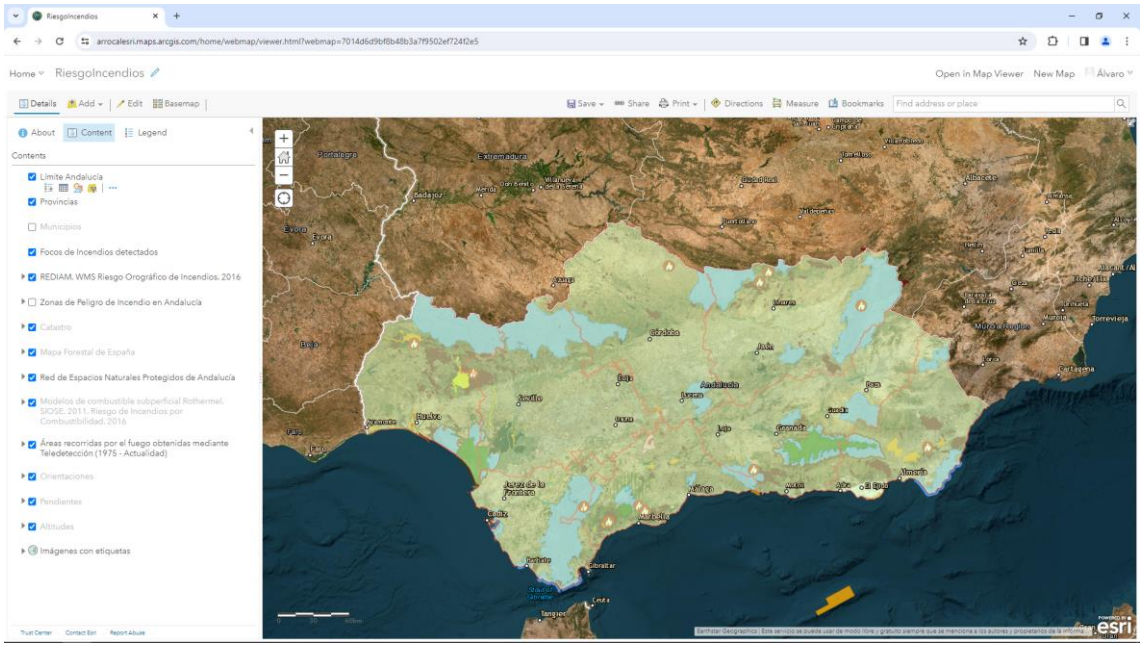

Figura 105: Mapa web en ArcGIS Online

Fuente: Elaboración propia desde ArcGIS Online

ArcGIS Online está alojado en www.arcgis.com. Para más información consulte https://www.arcgis.com/index.html.

5.5.2 CONSTRUCTOR DE APLICACIONES WEB APPBUILDER

El visor se ha desarrollado con el constructor de aplicaciones ArcGIS Web AppBuilder Developer Edition 2.27. ArcGIS Web AppBuilder es una aplicación web que permite crear aplicaciones 2D y 3D web para ser utilizadas en cualquier dispositivo, sin necesidad de escribir una sola línea de código. Aunque también permite el desarrollo de herramientas personalizadas con Javascript, HTML y CSS como es el caso de las herramientas **"Predicción meteorológica", "Crear foco de Incendio", "Análisis de Focos de Incendios Forestales"**.

También incluye herramientas listas para usar. En el caso del presente TFG se han incluido las siguientes herramientas.

- Búsqueda de provincia y municipio
- Leyenda
- Panel informativo
- Añadir datos
- Lista de capas
- Medición
- Galería de mapas base
- Imprimir
- Escala
- Coordenadas

Además de todo esto, ArcGIS Web AppBuilder permite personalizar la interfaz de usuario con un amplio número de temas y colores.

En algunos casos no permite la traducción de algunos componentes de la interfaz de usuario y se muestra en inglés.

El visor está compuesto por 2.305 archivos, 1.290 carpetas y millones de líneas de código Javascript, HTML y CSS (Figura 106).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
browser-message	02/06/2023 14:48	Carpeta de archivos	
configs	19/03/2024 15:41	Carpeta de archivos	
dynamic-modules	02/06/2023 14:48	Carpeta de archivos	
images	21/09/2023 17:06	Carpeta de archivos	
jimu.js	02/06/2023 14:48	Carpeta de archivos	
libs	02/06/2023 14:48	Carpeta de archivos	
themes	02/06/2023 15:06	Carpeta de archivos	
widgets	22/03/2024 8:49	Carpeta de archivos	
.jshintignore	10/03/2023 10:59	Archivo JSHINTIGNORE	1 KB
.jshintrc	10/03/2023 10:59	Archivo de origen JSHint RC	6 KB
3rd-party-license.txt	10/03/2023 10:59	Documento de texto	21 KB
config.json	22/03/2024 13:10	Archivo de origen JSON	13 KB
config-readme.txt	10/03/2023 10:59	Documento de texto	16 KB
env.js	10/03/2023 10:59	Archivo JS	16 KB
index.html	05/10/2023 12:43	Chrome HTML Document	7 KB
init.js	23/09/2023 21:10	Archivo JS	9 KB
modelosRyA.png	05/10/2023 16:18	Archivo PNG	428 KB
readme.html	10/03/2023 10:59	Chrome HTML Document	4 KB
service-worker.js	10/03/2023 10:59	Archivo JS	4 KB
service-worker-registration.js	10/03/2023 10:59	Archivo JS	1 KB
simpleLoader.js	10/03/2023 10:59	Archivo JS	5 KB
web.config	10/03/2023 10:59	XML Configuration File	1 KB

Figura 106: Contenido de la carpeta principal del visor

Fuente: Elaboración propia desde el ordenador del autor

Tanto las herramientas desarrolladas, como las que vienen de forma predeterminada, tienen una estructura definida de carpetas y ficheros, cada uno con una funcionalidad diferente (Figura 107).

Widget.js	10/10/2023 18:38	Archivo JS	11 KB
Widget.html	29/03/2024 13:03	Chrome HTML Document	2 KB
manifest.json	21/09/2023 17:41	Archivo de origen JSON	1 KB
config.json	27/03/2024 12:31	Archivo de origen JSON	1 KB
nls	10/09/2023 9:49	Carpeta de archivos	
images	03/10/2023 14:07	Carpeta de archivos	
css	10/09/2023 9:49	Carpeta de archivos	

Figura 107: Estructura de carpetas y ficheros de las herramientas

Fuente: Elaboración propia desde el ordenador del autor

El constructor tiene como origen de datos el mapa web creado con el servidor SIG ArcGIS Online, explicado en el punto anterior. El mapa web está disponible para el constructor ArcGIS Web AppBuilder porque tanto éste como ArcGIS Online tiene que estar vinculados con la misma suscripción.

A continuación, se explican estas carpetas y ficheros para el caso de la herramienta **"Predicción meteorológica"**.

- Fichero Widget.js: Fichero que contiene el código Javascript para dar funcionalidad a la herramienta

- Widget.html: Fichero con el código HTML para crear la interfaz de usuario de la herramienta

- Fichero manifest.json: Con las propiedades descriptivas y técnicas de la herramienta (Figura 108)

```
{
  "name": "Prediccion_meteorologica",
  "platform": "HTML",
  "version": "1.0",
  "wabVersion": "2.27",
  "author": "Álvaro Arroyo Calzada",
  "description": "Herramienta para recuperar los datos meteorológicos (temperatura, humedad, velocidad del viento) para municipios de Andalucía",
  "copyright": "©Álvaro Arroyo Calzada",
  "license": "Uso y modificación libre citando al autor",
  "properties": {
        "inPanel":true, Para indicar si la herramienta está contenida en un panel. En este caso la herramienta sí está contenida en panel
        "hasLocale": true, Para indicar si la herramienta tiene opción de ser multidioma. En este caso la herramienta  sí puede ser multidioma pero no está implementado
        "hasStyle":true, Para indicar si la herramienta tiene estilos CSS. En este caso la herramienta  sí tiene estilos CSS en el fichero css\style.css
        "hasConfig":true, Para indicar si la herramienta tiene configuración. En este caso la herramienta  sí tiene configuración en el fichero config.json
        "hasUIFile":true, Para indicar si la herramienta tiene fichero de interfaz de usuario. En este caso la herramienta  sí tiene fichero de interfaz de usuario Widget.html
  }
}
```

Figura 108: Contenido del fichero manifest.json y descripción de propiedades

Fuente: Elaboración propia desde el ordenador del autor

Para una descripción completa de las propiedades consultar.

https://developers.arcgis.com/web-appbuilder/guide/widget-manifest.htm

- Fichero config. json: Con los parámetros de entrada que utiliza la herramienta desde el código Javascript

En el caso de la herramienta "**Predicción meteorológica**" los parámetros de entrada son.

- ✓ **urlAemet**: Con la URL del servicio web de la AEMET para consultar los datos meteorológicos de los municipios. En esta URL se incluye la clave para poder hacer peticiones al servicio web

- ✓ **urlMunicipiosPorProvincia**: Con la URL del servicio de ArcGIS Online para consultar la relación municipio-provincia de Andalucía

- ✓ **valorPeligro**: Con el valor "30" para indicar a la herramienta a partir de qué valor los datos meteorológicos se tienen que remarcar en rojo

El contenido del fichero config.json es el siguiente.

{

"**urlAemet**":"https://opendata.aemet.es/opendata/api/prediccion/especifica/municipio/diaria/{muni}/?api_key=eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJzdWIiOiJhcnJvY2FsQGhvdG1haWwuY29tIiwianRpIjoiOWY0OGQ5YTktMTBmMy00ZTQ0LTk3NDItYjFhOGVjYmQ3YmNkIiwiaXNzIjoiQUVNRVQiLCJpYXQiOjE2OTQ5NjI4NTQsInVzZXJJZCI6IjlmNDhkOWE5LTEwZjMtNGU0NC05NzQyLWIxYThlY2JkN2JjZCIsInJvbGUiOiIifQ.qiiwiL0_48T_ssh3pepNMwkTiu0Uu9tKVADm60ZkWMw",

"**urlMunicipiosPorProvincia**":"https://services6.arcgis.com/hGh8eanLacYgrx0E/ArcGIS/rest/services/PROV_MUNI_ANDALUCIA/FeatureServer/0/query?where=PROVINCIA={provincia}&outFields=*&f=json",

"**valorPeligro**": "30"

}

- Carpeta css: Para albergar el fichero style.css con el código CSS para dar aspecto a la interfaz de usuario
- Carpeta nls: Para albergar el fichero string.js con los textos en distintos idiomas. En esta herramienta no aplica multiidioma.
- Carpeta images: Con el icono del botón que abre la herramienta

Todos estos ficheros se pueden visualizar en la siguientes URL de Git Hub.

https://github.com/ARROCAL/riesgoincendiosandalucia/tree/main/widgets/RiesgoIncendios

Nota: No es objetivo del presente TFG detallar todos los componentes y ficheros del visor debido a su ingente número.

Para más información sobre ArcGIS Web AppBuilder consultar https://www.esri.es/es-es/arcgis/productos/web-appbuilder-for-arcgis/introduccion.

5.5.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

- Javascript

  Javascript es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y orientado a objetos, utilizado principalmente en el desarrollo web, pensado para agregar potencial de interacción y dinamismo a las páginas web.

Es compatible con todos los navegadores modernos y se ejecuta del lado del cliente, lo que significa que se ejecuta en el navegador web del usuario final.

Javascript proporciona una amplia gama de funcionalidades, como manipulación del DOM (Document Object Model) para interactuar con elementos de una página web, manejo de eventos, comunicación con servidores a través de AJAX, creación de animaciones, validación de formularios. Es un lenguaje flexible y dinámico que permite a los desarrolladores crear experiencias interactivas y ricas en contenido.

- Dojo Framework:

  Dojo es un framework de Javascript que proporciona código y controles HTML de usuario para desarrollar aplicaciones de una forma más eficiente y cómoda, y asíncronamente, lo que redunda en un mejor rendimiento y experiencia de usuario.

- HTML

  HTML es un lenguaje de marcas que permite crear interfaces de usuario de aplicaciones y herramientas web (páginas y herramientas). En el caso del presente TFG se ha utilizado para para crear la interfaz de usuario del visor y de sus herramientas.

- CSS

  CSS es un lenguaje que especifica cómo se muestran (colores, formas, tipos de letra, tamaños, etc) los componentes creados con HTML. En el caso del presente TFG se ha utilizado para para diseñar el aspecto de la interfaz de usuario del visor y de sus herramientas.

5.5.4 REPOSITORIO DE CÓDIGO FUENTE Y SERVICIO DE HOSTING

El código fuente del visor está alojado en el repositorio Github, en la URL https://github.com/ARROCAL/riesgoincendiosandalucia, desde donde se publica a la URL https://arrocal.github.io/riesgoincendiosandalucia/?locale=es a través del servicio de hosting público y gratuito Github Pages.

Para más información consultar https://github.com y https://pages.github.com

6. CONCLUSIONES Y MEJORAS

Las conclusiones obtenidas en el presente TFG son.

- La potencia que tienen los SIG en la estimación del riesgo de incendio forestal. Con los datos libres y gratuitos disponibles ya comentados, hoy en día, se pueden construir aplicaciones gratuitas y públicas, que hace años era impensable construir en el mismo tiempo, y por lo tanto con el mismo coste

- Además de esto, con conocimientos de Javascript, HTML y CSS se pueden desarrollar herramientas personalizadas para resolver problemas que los constructores de aplicaciones no traen de forma predeterminada

Todo SIG está en constante evolución, ya sea por el avance del conocimiento científico\técnico, que obliga a implementar en los SIG este conocimiento. O bien por la usabilidad y experiencia del usuario, que siempre demandará herramientas más potentes, cómodas y rápidas de utilizar.

En este sentido, y como evolución y mejora del presente visor, se han pensado 2 mejoras.

- Para informar sobre el riesgo de incendio de un municipio, ahora hay que realizar una serie de pasos manualmente (ver los parámetros meteorológicos, el modelo de combustible y la pendiente), y comparar estos datos con unos de referencia para poder cuantificar el riesgo. Se podría evolucionar el visor para que el usuario, simplemente seleccionara un municipio o dibujara una zona sobre el mapa y automáticamente la herramienta consultara las variables meteorológicas, el modelo de combustible, y la pendiente, y se calculara el riesgo por cada uno de estos parámetros, y de forma agregada teniendo en cuenta todos. Los resultados se podrían generar en PDF con un mapa de la zona.

- Respecto a la herramienta de análisis de focos de incendios, actualmente permite generar gráficos con datos de toda Andalucía y para una zona dibujada en el mapa por el usuario. Una posible mejora por realizar sería poder generar los gráficos con datos de focos a nivel de provincia y de municipio, seleccionándolos en unos desplegables.

REFERENCIAS

-Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul Junta de Andalucía. (s.f). Tipología de suelos en la comunidad andaluza. Consultado en marzo de 2024.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Tipologia.pdf

-ESRI. 2023. ArcGIS Online Implementación Guía.

https://www.esri.com/content/dam/esrisites/es-es/media/pdf/implementation-guides/implement-arcgis-online.pdf

-ESRI. (s.f). ArcGIS Online. Consultado en agosto de 2023.

https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview

-ESRI. (s.f). ArcGIS Web AppBuilder. Consultado en julio de 2023.

https://developers.arcgis.com/web-appbuilder/

-ESRI. (s.f). Web AppBuilder for ArcGIS. Consultado en julio de 2023.

https://www.esri.es/es-es/arcgis/productos/web-appbuilder-for-arcgis/introduccion

-González, María Teresa. 2023. Evolución, factores de peligrosidad y gestión de los incendios forestales en la provincia de Málaga.

https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/28395/TFG%20Mar%C3%ADa%20Teresa%20Gonz%C3%A1lez%20Moreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y

-INFOCA. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía (s.f, a). Objeto, Ámbito y Contenido. Consultado en marzo de 2024.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural._Uso_Y_Gestion/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap01_objeto_ambito_contenidos.pdf

- INFOCA. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía (s.f, b). Análisis de riesgo. Consultado en agosto de 2023.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural._Uso_Y_Gestion/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap05_analisis_riesgo.pdf

-Portal Ambiental de Andalucía. (s.f, a). Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. Regiones climáticas de Andalucía. Consultado en marzo de 2024.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/regiones-clim-c3-a1ticas-de-andaluc-c3-ada/20151

-Portal Ambiental de Andalucía. (s.f, b). Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. Caracterización de la vegetación de Andalucía. Consultado en abril de 2024

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/biodiversidad-y-vegetacion/caracterizacion-de-la-vegetacion-de-andalucia

-Portal Ambiental de Andalucía. (s.f, c). Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. Formaciones singulares. Consultado en marzo de 2024.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/biodiversidad-y-vegetacion/caracterizacion-de-la-vegetacion-de-andalucia/formaciones-singulares

-Portal Ambiental de Andalucía. (s.f, d). Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía. Índice de riesgo de incendio forestal en Andalucía. Consultado en agosto de 2023.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/%C3%8Dndice-de-riesgo-de-incendio-forestal-en-andaluc%C3%ADa.-noviembre-2023/20151

-Vélez, Ricardo (2000). La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias.

-Wikipedia. (s.f, a). Relieve de Andalucía. Consultado en marzo de 2024.

https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_de_Andaluc%C3%ADa

-Wikipedia. (s.f, b). Hidrografía de Andalucía. Consultado en marzo de 2024.

https://es.wikipedia.org/wiki/Hidrograf%C3%ADa_de_Andaluc%C3%ADa