UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ÁVILA

Facultad de Ciencias y Artes

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: ALVARO ARROYO CALZADA

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

CONVOCATORIA	JUNIO	**CURSO ACADÉMICO**	2023/2024

ÍNDICE

1. ÍNDICE DE TABLAS 5
2. ÍNDICE DE IMÁGENES 5
3. ABREVIATURAS 7
4. RESUMEN 8
5. INTRODUCCIÓN 11
6. OBJETIVOS 11
7. ANTECEDENTES 13
8. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO 13
   8.1 CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA 13
   8.2 EDAFOLOGIA Y GEOLOGÍA 15
   8.3 VEGETACIÓN 16
   8.4 OROGRAFÍA 19
   8.5 INCENDIOS FORESTALES 20
      8.5.1 INTRODUCCIÓN 20
      8.5.2 NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES 21
      8.5.3 SUPERFICIE AFECTADA POR LOS INCENDIOS FORESTALES 22
      8.5.4 CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES 23
   8.6 MEDIO SOCIO-ECONÓMICO 23
9. DATOS UTILIZADOS 24
   9.1 ÍNDICE METEOROLÓGICO DE RIESGO DE INCENDIO 24
   9.2 SERVICIO WEB DE CONSULTA DE DATOS DE LA AEMET 24
   9.3 MAPAS BASE 25
   9.4 RELACIÓN MUNICIPIOS-PROVINCIAS 25
   9.5 LÍMITE ANDALUCÍA 26
   9.6 PROVINCIAS 26
   9.7 MUNICIPIOS 26
   9.8 MAPA FORESTAL DE ESPAÑA 26
   9.9 RED DE ESPACIOS NATURALES 27
   9.10 MODELOS DE COMBUSTIBLE 27
   9.11 FOCOS DE INCENDIOS DETECTADOS 27
   9.12 MUNICIPIOS CON PELIGRO DE INCENDIO 28
   9.13 RIESGO OROGRÁFICO DE INCENDIOS 28
   9.14 ÁREAS RECORRIDAS POR EL FUEGO 28
   9.15 CATASTRO 29
   9.16 ORIENTACIONES 29

9.17 PENDIENTES 29
9.18 ALTITUDES 30
9.19 FOCOS DE INCENDIOS DEL SERVICIO NASA FIRMS 30
10. COMPONENTES DEL VISOR 30
11. FUNCIONALIDADES DEL VISOR 32
11.1 INTRODUCCIÓN 32
11.2 ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL 33
11.2.1 ELECCIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS 33
11.2.2 ESTIMACIÓN MEDIANTE VARIABLES METEOROLÓGICAS 37
11.2.2.1 DATOS DE PARTIDA 37
11.2.2.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 37
11.2.3 ANÁLISIS MEDIANTE MODELO DE COMBUSTIBLE 38
11.2.3.1 DATOS DE PARTIDA 38
11.2.3.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 38
11.2.4 ANÁLISIS MEDIANTE LA PENDIENTE 41
11.2.4.1 DATOS DE PARTIDA 41
11.2.4.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 41
11.3 RECOPILACIÓN, REGISTRO Y ANÁLISIS DE FOCOS DE INCENDIO FORESTAL 43
11.3.1 RECOPILACIÓN DE DATOS FOCOS DE INCENDIOS 43
11.3.1.1 DATOS DE PARTIDA 43
11.3.1.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 48
11.3.2 REGISTRO DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS 62
11.3.2.1 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 62
11.3.3 ANÁLISIS DE FOCOS DE RIESGO DE INCENDIOS 65
11.3.3.1 INTRODUCCIÓN 65
11.3.3.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 66
11.4 HERRAMIENTAS ASOCIADAS 76
12. ENTORNO TECNOLÓGICO 89
12.1 SERVIDOR SIG ARCGIS ONLINE 89
12.2 CONSTRUCTOR DE APLICACIONES WEB APPBUILDER 90
12.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN 93
12.4 REPOSITORIO DE CÓDIGO FUENTE Y SERVICIO DE HOSTING 93
13. CONCLUSIONES 94
14. BIBLIOGRAFÍA 94

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.

A todas las personas que de forma altruista responde a las consultas que cientos de personas escriben en foros de Tecnologías de la Información, que los hacen una inestimable fuente de conocimiento Algunos de estos foros son.

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

1. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos utilizados 10
Tabla 2: Tecnología utilizada 10
Tabla 3: Unidades geológico-edáficas. 16
Tabla 4: Unidades de relieve 20
Tabla 5: Enlaces pantalla principal 31
Tabla 6: Valores del riesgo de incendio por variables meteorológicas 38
Tabla 7: Valores del riesgo de incendio por modelo de combustible. 41
Tabla 8: Valores del riesgo de incendio por pendiente 43
Tabla 9: Datos cuenta correo para la recepción de focos de incendios de la NASA FIRMS 44
Tabla 10: Datos asociados a focos de incendios 48
Tabla 11: Información de provincias a recopilar en el registro de focos 54
Tabla 12: Información de municipios a recopilar en el registro de focos 54
Tabla 13: Información catastral a recopilar en el registro de focos 55
Tabla 14: Información de especies, y FCC a recopilar en el registro de focos 56
Tabla 15: Información de modelos de combustible a recopilar en el registro de focos 57
Tabla 16: Información de orientación a recopilar en el registro de focos 58
Tabla 17: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos 59
Tabla 18: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 60
Tabla 19: Información de temperatura a recopilar en el registro de focos 61
Tabla 20: Información de humedad a recopilar en el registro de focos 61
Tabla 21: Información de viento a recopilar en el registro de focos 61

2. ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Tabla regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía 14
Imagen 2: Imagen regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía 14
Imagen 3: Unidades de relieve 20
Imagen 4: Evolución incendios forestales 1990-2021 21
Imagen 5: Evolución superficie afectada por incendio forestal 1988-2020 22
Imagen 6: Nº incendios por causas 1990-2020 23
Imagen 7: Panel de introducción 31
Imagen 8: Pantalla principal 32
Imagen 9: Enlace índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía 34
Imagen 10: Aviso cambio URL del índice de riesgo meteorológico de incendio forestal 34
Imagen 11: Descarga imagen índice de riesgo meteorológico de incendio forestal 35
Imagen 12: Ejemplo índice de riesgo meteorológico de incendio forestal 35
Imagen 13: Visualización capa "Riesgo Orográfico de Incendios" 36
Imagen 14: Visualización capa "Municipios con Peligro de Incendio" 36
Imagen 15: Herramienta predicción meteorológica 37
Imagen 16: Herramienta búsqueda de provincia y municipio 39
Imagen 17: Activación capa modelos de combustible superficial Rothermel 39
Imagen 18: Visualización de datos de modelo de combustible 1 40
Imagen 19: Visualización de datos de modelo de combustible 2 40
Imagen 20: Activación de capa de pendientes 41
Imagen 21: Visualización de datos de pendientes 1 42

Imagen 22: Visualización de datos de pendientes 2 _____ 42
Imagen 23: Ámbito recepción correos focos de incendios del servicio NASA FIRMS _____ 43
Imagen 24: Visualización correo de recepción de focos de incendios de NASA FIRMS _____ 48
Imagen 25: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS_____ 49
Imagen 26: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS_____ 49
Imagen 27: Apertura herramienta "Añadir capas"_____ 50
Imagen 28: Navegación al fichero KML _____ 50
Imagen 29: Carga del foco de incendio en el mapa _____ 51
Imagen 30: Visualización del foco de incendio en el mapa _____ 52
Imagen 31: Visualización de información del foco de incendio_____ 52
Imagen 32: Recopilación de información de capas _____ 53
Imagen 33: Maximización de la ventana emergente 1 _____ 53
Imagen 34: Maximización de la ventana emergente 2 _____ 54
Imagen 35: Información de provincias a recopilar en el registro de focos de incendios_____ 54
Imagen 36: Información de municipios a recopilar en el registro de focos _____ 55
Imagen 37: Información de referencia catastral a recopilar en el registro de focos _____ 55
Imagen 38: Datos de la parcela catastral _____ 56
Imagen 39: Información de especies, FCC a recopilar en el registro de focos 1 _____ 56
Imagen 40: Información de especies, y FCC a recopilar en el registro de focos 2 _____ 57
Imagen 41: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 1_____ 57
Imagen 42: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 2_____ 58
Imagen 43: Información de orientación a recopilar en el registro de focos 1 _____ 58
Imagen 44: Información de orientación a recopilar en el registro de focos _____ 59
Imagen 45: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos1 _____ 59
Imagen 46: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos 2 _____ 60
Imagen 47: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 1 _____ 60
Imagen 48: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 2 _____ 61
Imagen 49: Activación capa foco de incendios detectados _____ 62
Imagen 50: Aviso capa foco de incendios detectados no activa _____ 62
Imagen 51: Abrir herramienta crear foco de incendio_____ 63
Imagen 52: Pulsar la opción New Feature herramienta crear foco de incendio _____ 63
Imagen 53: Zoom máximo herramienta crear foco de incendio _____ 64
Imagen 54: Rellenar datos herramienta crear foco de incendio _____ 64
Imagen 55: Resultado final herramienta crear foco de incendio_____ 65
Imagen 56: Focos de incendios detectados _____ 66
Imagen 57: Abrir herramienta análisis de focos de incendios _____ 66
Imagen 58: Selección categoría gráfico herramienta análisis de focos de incendios _____ 67
Imagen 59: Dibujo zona de análisis herramienta análisis de focos de incendios_____ 67
Imagen 60: Generación gráfico herramienta análisis de focos de incendios_____ 68
Imagen 61: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 1_____ 68
Imagen 62: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 2_____ 69
Imagen 63: Volver atrás herramienta análisis de focos de incendios 1 _____ 69
Imagen 64: herramienta análisis de focos de incendios 2 _____ 70
Imagen 65: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por origen _____ 70
Imagen 66: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por modelo de combustible _____ 71
Imagen 67: : Resultados herramienta análisis de focos de incendios por provincia _____ 71
Imagen 68: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie principal _____ 72
Imagen 69: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie secundaria _____ 72
Imagen 70: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por pendiente _____ 73

Imagen 71: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por altitud 73
Imagen 72: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por temperatura 74
Imagen 73: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por humedad 74
Imagen 74: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por velocidad del viento 75
Imagen 75: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por FCC 75
Imagen 76: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por superficie quemada 76
Imagen 77: Herramienta identificación 77
Imagen 78: Resultados herramienta identificación 77
Imagen 79: Herramienta búsqueda de provincia o municipio 78
Imagen 80: Resultados herramienta búsqueda de provincia o municipio 78
Imagen 81 Herramienta lista de capas 79
Imagen 82: Activación capas herramienta lista de capas 79
Imagen 83: Herramienta medición 80
Imagen 84: Herramienta medición superficies 80
Imagen 85: Selección unidades herramienta medición superficies 81
Imagen 86: Dibujo área medición y resultados herramienta medición superficies 81
Imagen 87: Herramienta medición longitud 82
Imagen 88: Selección unidades herramienta medición longitud 82
Imagen 89: Dibujo línea medición y resultados herramienta medición longitud 83
Imagen 90: Herramienta impresión 83
Imagen 91: Selección parámetros herramienta impresión 84
Imagen 92: Impresión mapa herramienta impresión 1 84
Imagen 93: Impresión mapa herramienta impresión 2 85
Imagen 94: Resultados herramienta impresión 85
Imagen 95: Herramienta mapas base 86
Imagen 96: Selección mapa base herramienta mapas base 86
Imagen 97: Selección sistema de coordenadas herramienta coordenadas 87
Imagen 98: Activación herramienta coordenadas 87
Imagen 99: Elección punto herramienta coordenadas 88
Imagen 100: Herramienta escala 88
Imagen 101: Mapa web en ArcGIS Online 89
Imagen 102: Contenido de la carpeta principal del visor 91
Imagen 103: Estructura de carpetas y ficheros de las herramientas 91
Imagen 104: Contenido del fichero manifest.json y descripción de propiedades 92

3. 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

4. RESUMEN

Con el cambio climático, el riesgo de incendio forestal se ha visto multiplicado en los últimos años, 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 (en adelante visor) público, 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 viendo), 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 en 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 siguiente tabla.

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	Producción 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	Producción propia
Municipios con peligro de incendio	Servicio web WMS	REDIAM
Riesgo orográfico de incendio	Servicio web WMS	REDIAM
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

Tabla 1: Datos utilizados

A nivel técnico, el visor está desarrollado con la siguiente tecnología.

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

Tabla 2: Tecnología utilizada

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

En esta memoria, para tener un contexto de los factores que influyen en el riesgo de incendio forestal, se han resumido las carácter del medio físico y social de Andalucía en el punto 8. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO QUE INFLUYEN EN EL RIESGO DE INCENDIO

No es objetivo principal del presente TGF detallar estos aspectos.

5. INTRODUCCIÓN

Con el cambio climático, el incremento de temperaturas y la situación de sequía, los incendios forestales ha 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 cómo 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 incendios forestales.

6. 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 viendo), 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. Estas características son.

    - ✓ Origen
    - ✓ Provincia
    - ✓ Municipio
    - ✓ Especie principal
    - ✓ Especie secundaria
    - ✓ FCC (%)
    - ✓ Pendiente (%)
    - ✓ Altitud (m)
    - ✓ Temperatura (º C)

- ✓ Humedad (%)
- ✓ Velocidad del viento (Km\h)
- ✓ Superficie quemada (Ha)

- Analizar las variables 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, ya que lo ocurrido en el pasado puede volver a ocurrir en el futuro. Y de esta manera nos podremos adelantar al inicio de un incendio forestal.

Para lograr estos objetivos 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

El ámbito de uso del visor es Andalucía.

El presente TFG no tiene como objetivo.

- Analizar los resultados dados por las herramientas antes citadas

- Hacer un estudio detallado del medio natural y socio-económico y sus relaciones con el riesgo de incendio forestal de Andalucía, en sus características de vegetación, climatología y meteorología, geología y edafología, usos del suelo, e incendios forestales.

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.

El visor está desarrollado y probado en los navegadores Google Chrome y Microsoft Edge, para su uso en ordenadores personales, y tablets de tamaño mínimo de pantalla 10 pulgadas y en modo horizontal.

7. 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 web desarrollados por la Junta de Andalucía, 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

Todos estos servicios se utilizan en el visor y se describen en el apartado 9. DATOS UTILIZADOS

No se tiene constancia de la existencia de ninguna herramienta pública con las funcionalidades del visor del presente TFG.

Aunque no se puede considerar propiamente como una herramienta o servicio que sirva de antecedente al presente TFG, es obligado nombrar el Plan INFOCA El Plan INFOCA 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.

8. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

8.1 CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA

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

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.

- Litoral atlántico
- Depresión del Guadalquivir
- Litoral mediterráneo
- Litoral mediterráneo y sureste
- Surco intrabético
- Sierra Morena y béticas

En la siguiente tabla se describen la características climáticas y meteorológicas de cada una de las zonas.

Área geográfica	Litoral atlántico	Depresión del Guadalquivir	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 (°C)	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
N° de **días de lluvia al año**	75-85	75-100	50-75	<50	60-80	60-100
N° de **meses del período seco**	4-5	4-5	4-5	6-8	4-5	3-5
Amplitud térmica anual (°C)	10-16	18-20	13-15	13-16	17-20	16-20
N° de **días con helada al año**	Libre	2-20	Libre	0-10	30-60	20-90

Imagen 1: Tabla regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía

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

Imagen 2: Imagen regiones y subáreas bioclimáticas de Andalucía

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

Cada una de las zonas se corresponde con las siguientes subzonas.

- El litoral atlántico, de clima mediterráneo oceánico, se corresponde con las áreas del Litoral Gaditano y el Litoral Onubense.
- La depresión del Guadalquivir, de clima mediterráneo continental, se compone de las áreas del Alto, Medio, Medio-Bajo y Bajo Guadalquivir.
- El litoral mediterráneo (hasta Adra), de clima mediterráneo subtropical, se compone del área del Litoral de la Costa del Sol.
- El litoral mediterráneo y sureste, de clima mediterráneo subdesértico, se compone del litoral almeriense y de las comarcas interiores.
- El surco intrabético, de clima continental mediterráneo, se compone del Surco intrabético Septentrional, Central y Occidental.

- Sierra Morena y Sierras Béticas, de clima mediterráneo de montaña, se componen, por un lado, de Sierra Morena Oriental y Occidental y, por otro de los sistemas Subbéticos y Penibéticos.

8.2 EDAFOLOGIA Y GEOLOGÍA

Fuente: TIPOLOGÍA DE SUELOS EN LA COMUNIDAD ANDALUZA.
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Tipologia.pdf

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 siguiente tabla se describen las características geológico-edáficas de estas regiones.

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 extensiva asociada con montes adehesados. Aprovechamientos cinegéticos y 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
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	Forestal-maderero. Aprovechamientos cinegéticos y piscícolas, Ganadería extensiva. Plantas aromáticas y medicinales. Apicultura.

			colinas sobre materiales calcáreos y yesos; sustrato deleznable profundo	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.

Tabla 3: Unidades geológico-edáficas.

Fuente: TIPOLOGÍA DE SUELOS EN LA COMUNIDAD ANDALUZA. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Tipologia.pdf

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).

8.3 VEGETACIÓN

Fuentes:

"Caracterización de la vegetación de Andalucía". Portal Ambiental de Andalucía.

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

"Formaciones singulares". Portal Ambiental de Andalucía.

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

La vegetación andaluza 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 Cazorla, 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 Catril-La Sagra

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

- 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 boscosas formadas por *Abies pinsapo* pueblan las laderas y cumbres montañosas que se sitúan entre los 1.000 y 1.800 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 función de qué especie arbórea sea la dominante, nos encontraremos con alamedas, alisedas, fresnedas o choperas. Por regla general, las plantas que conforman el bosque de ribera son de crecimiento rápido, pero no muy longevas. 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 mayor 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

8.4 OROGRAFÍA

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_de_Andalucía

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 siguiente tabla.

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

Tabla 4: Unidades de relieve

Fuente: Elaboración a partir de https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_de_Andalucía

Imagen 3: Unidades de relieve

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_de_Andaluc%C3%ADa#/media/Archivo:Relieve_andalucia.png

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

8.5 INCENDIOS FORESTALES

8.5.1 INTRODUCCIÓN

Fuente: "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

Andalucía cuenta con una serie de problemas en 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 el cambio climático.

A continuación, se presentan una sería de gráficos por categoría

8.5.2 NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES

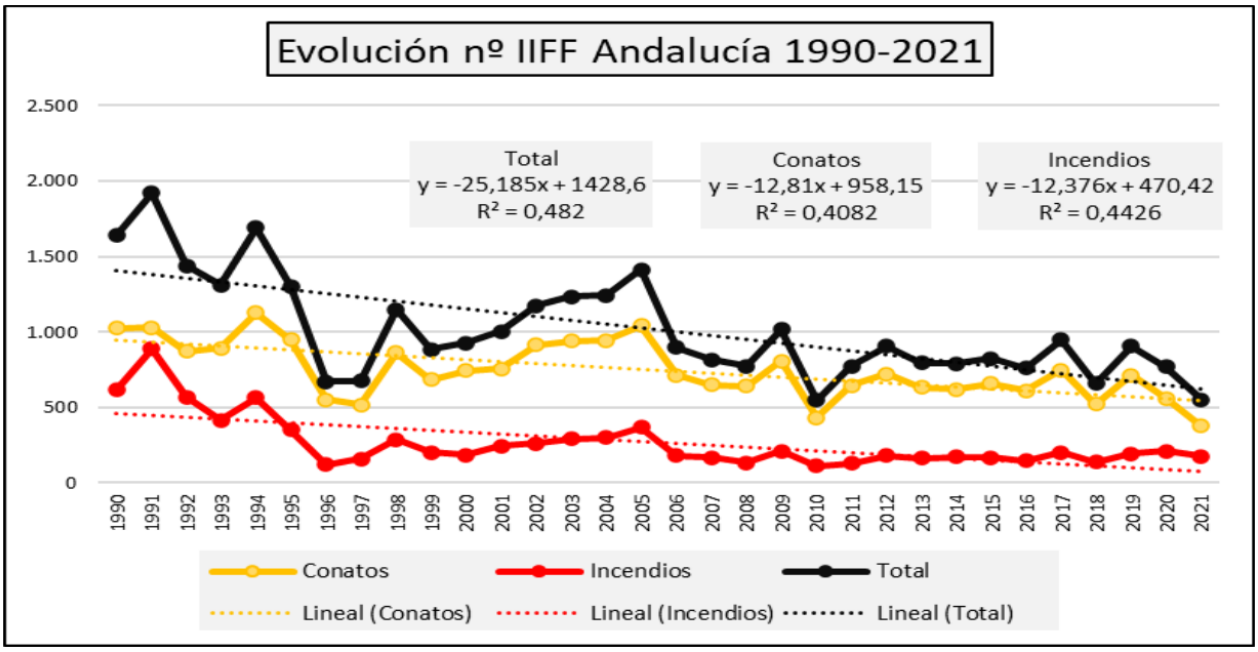

Imagen 4: Evolución incendios forestales 1990-2021

Fuente: "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

Interpretación: Según el gráfico existe 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.

8.5.3 SUPERFICIE AFECTADA POR LOS INCENDIOS FORESTALES

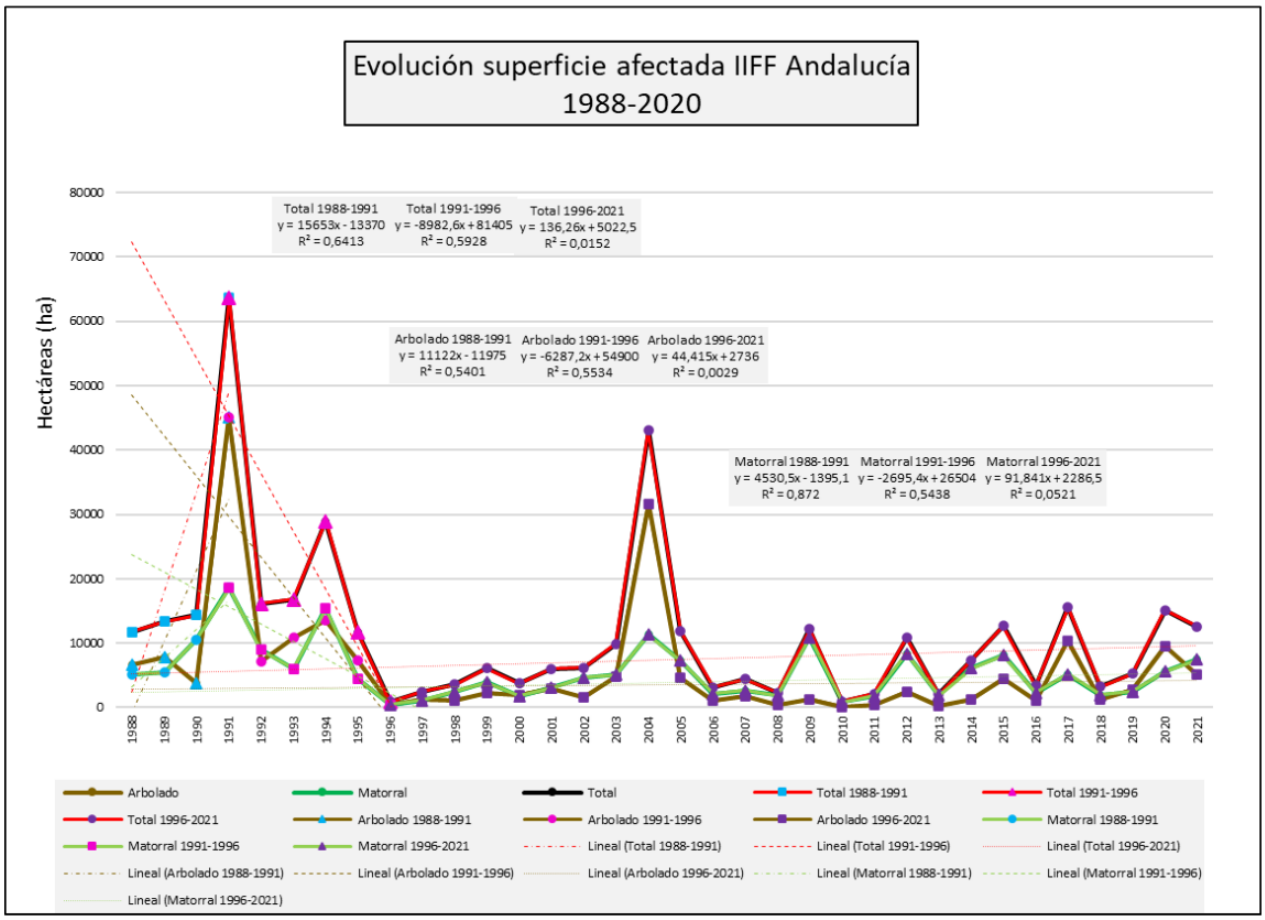

Imagen 5: Evolución superficie afectada por incendio forestal 1988-2020

Fuente: "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

Interpretación: Se puedes 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.

8.5.4 CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES

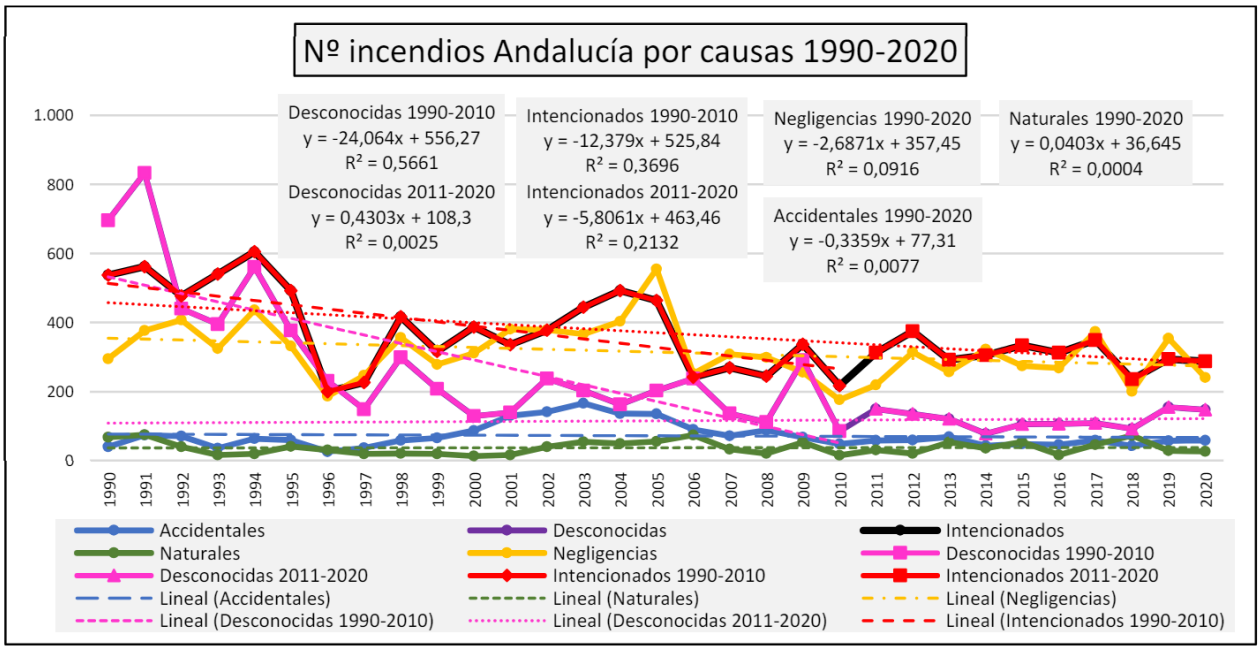

Imagen 6: Nº incendios por causas 1990-2020

Fuente: "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

Interpretación: 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.

8.6 MEDIO SOCIO-ECONÓMICO

Entre los factores socio-económicos 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
- Roturaciones
- Quemas de restos agrícolas y para uso silvo-pastoral
- Conflictos relacionados con la declaración de zonas protegidas
- Cultivos forestales con una alta continuidad de la masa
- Basureros mantenidos por el fuego
- 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.

9. DATOS UTILIZADOS

9.1 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

9.2 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.eyJzdWIiOiJhcnJvY2FsQGhvdG1haW

wuY29tIiwianRpIjoiOWY0OGQ5YTktMTBmMy00ZTQ0LTk3NDItYjFhOGVjYmQ3YmNkIiwiaXNzIjoiQUVNRVQiLCJpYXQiOjE2OTQ5NjI4NTQsInVzZXJJZCI6IjlmNDhkOWE5LTEwZjMtNGU0NC05NzQyLWIxYThlY2JkN2JjZCIsInJvbGUiOiIifQ.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?.

9.3 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

9.4 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

9.5 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

9.6 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

9.7 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 1:750 000
- ✓ 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

9.8 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

9.9 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

9.10 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

9.11 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

9.12 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

9.13 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

9.14 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

9.15 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

9.16 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

9.17 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

9.18 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

9.19 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

10. COMPONENTES DEL VISOR

El visor está compuesto de los siguientes componentes.

- Panel de introducción

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

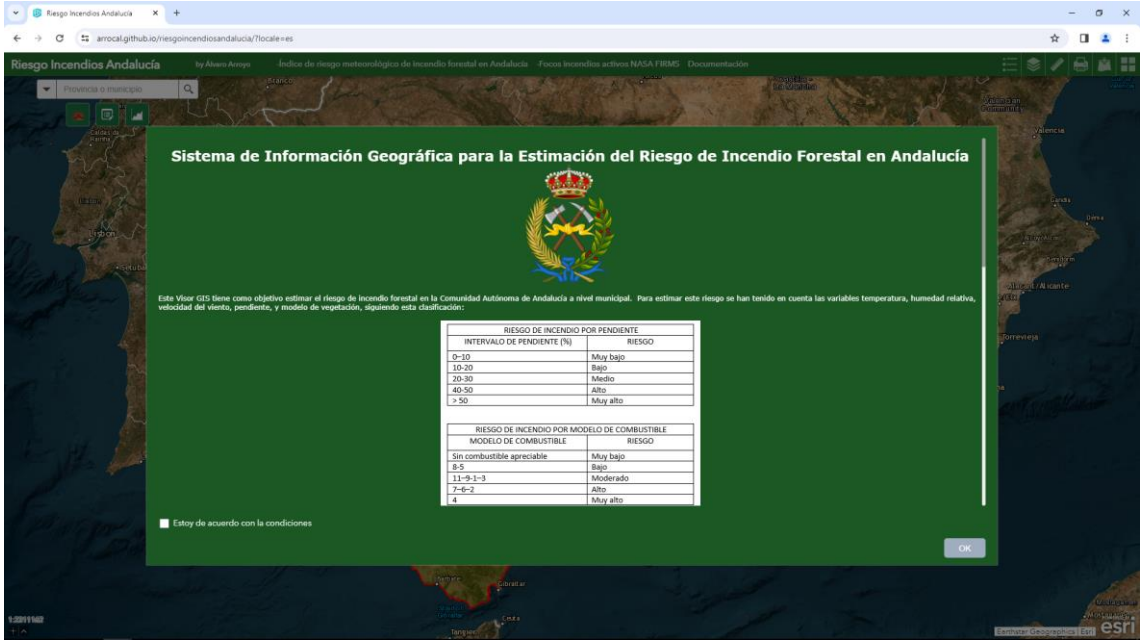

Imagen 7: Panel de introducción

- <u>Pantalla principal</u>

La pantalla principal está formada por el mapa con las capas, las herramientas, y 3 enlaces a distinta información útil. Estos enlaces se detallan a continuación.

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
Memoria del visor	https://arrocal.github.io/riesgoincendiosandalucia/MEMORIA.pdf

Tabla 5: Enlaces pantalla principal

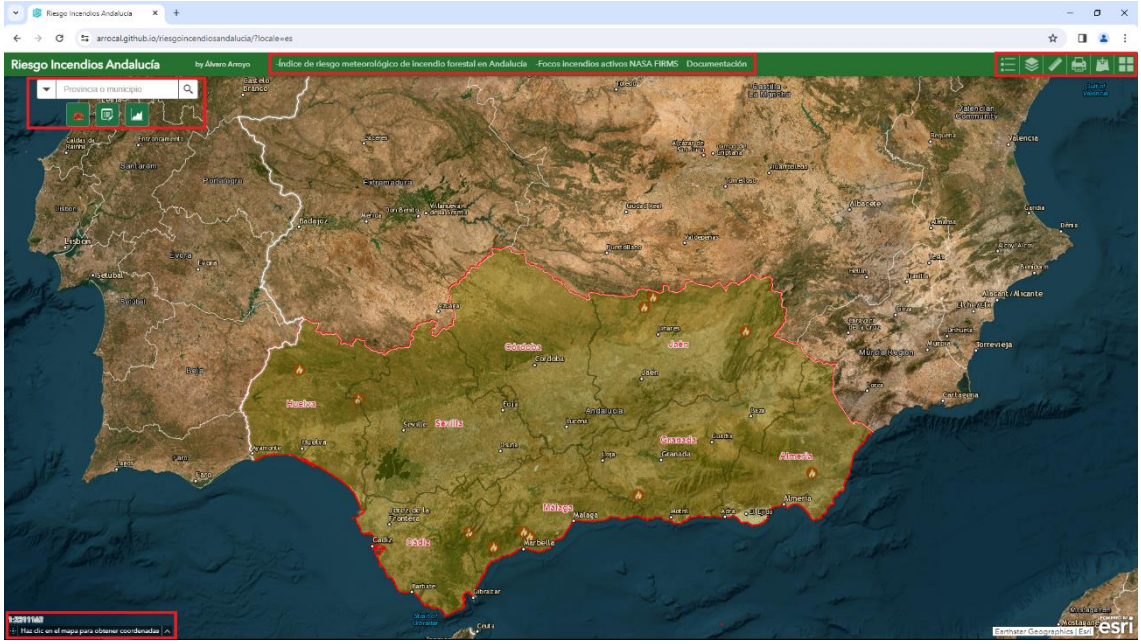

Imagen 8: Pantalla principal

- <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 11 FUNCIONALIDADES DEL VISOR.

11. FUNCIONALIDADES DEL VISOR

11.1 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.

11.2 ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

11.2.1 ELECCIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS

Para estimar el riesgo de incendio forestal, primero hay que 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.

- Enlace al Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía
- Capa Riesgo Orográfico de Incendio
- Capa Zonas de Peligro de Incendio

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

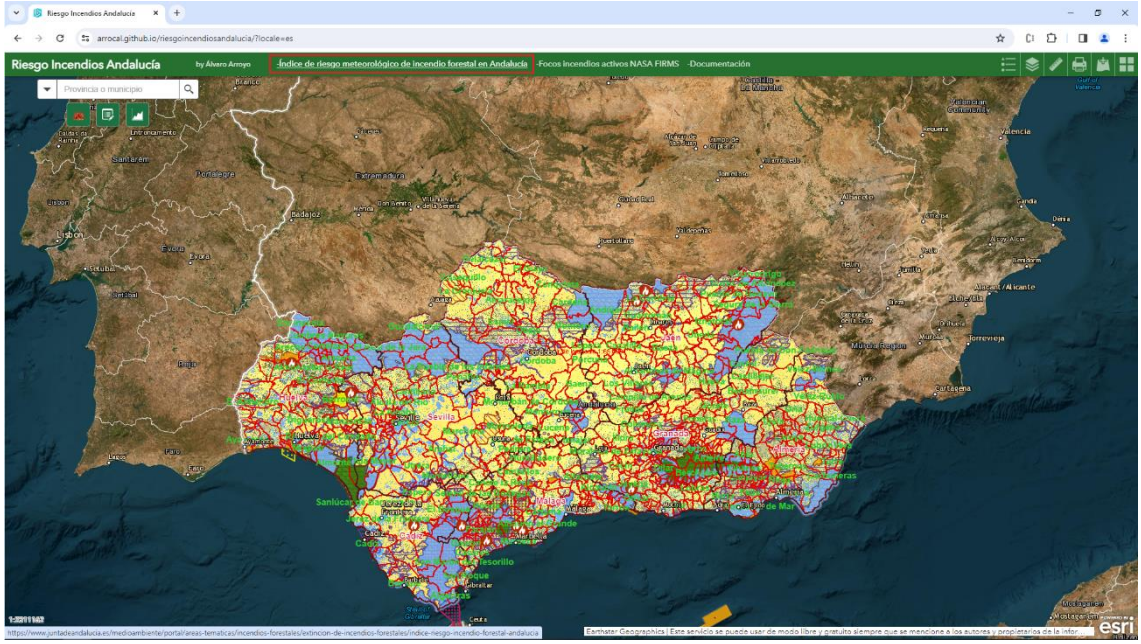

Imagen 9: Enlace índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía

- ✓ Si la URL de la página ha cambiado se mostrará la siguiente pantalla.

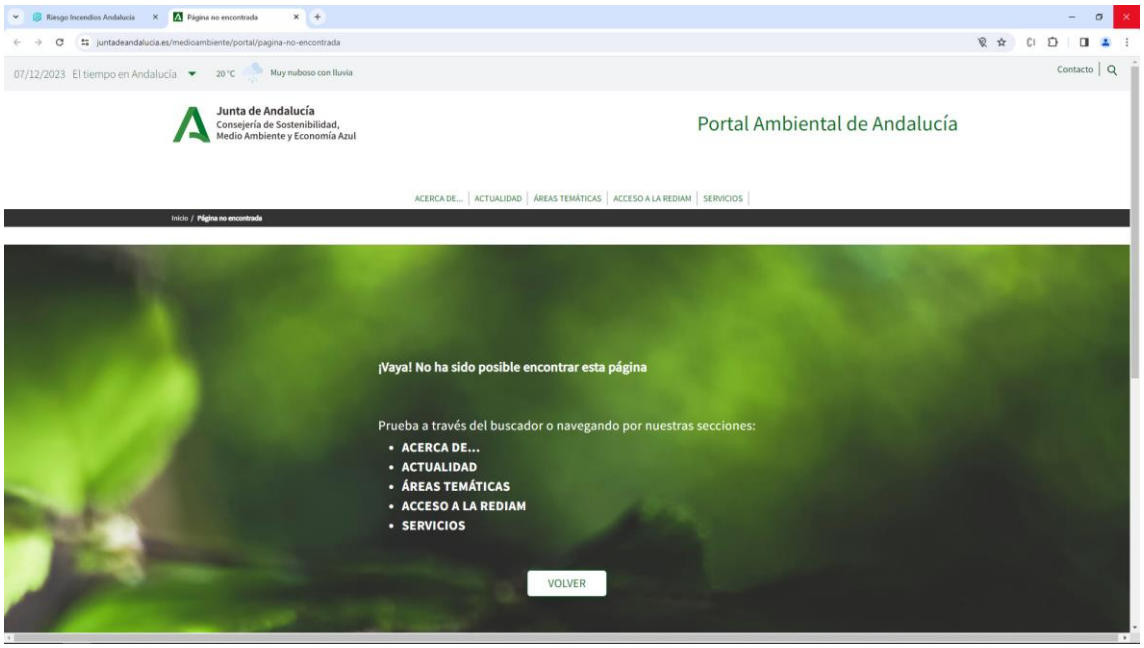

Imagen 10: Aviso cambio URL del índice de riesgo meteorológico de incendio forestal

- ✓ 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)

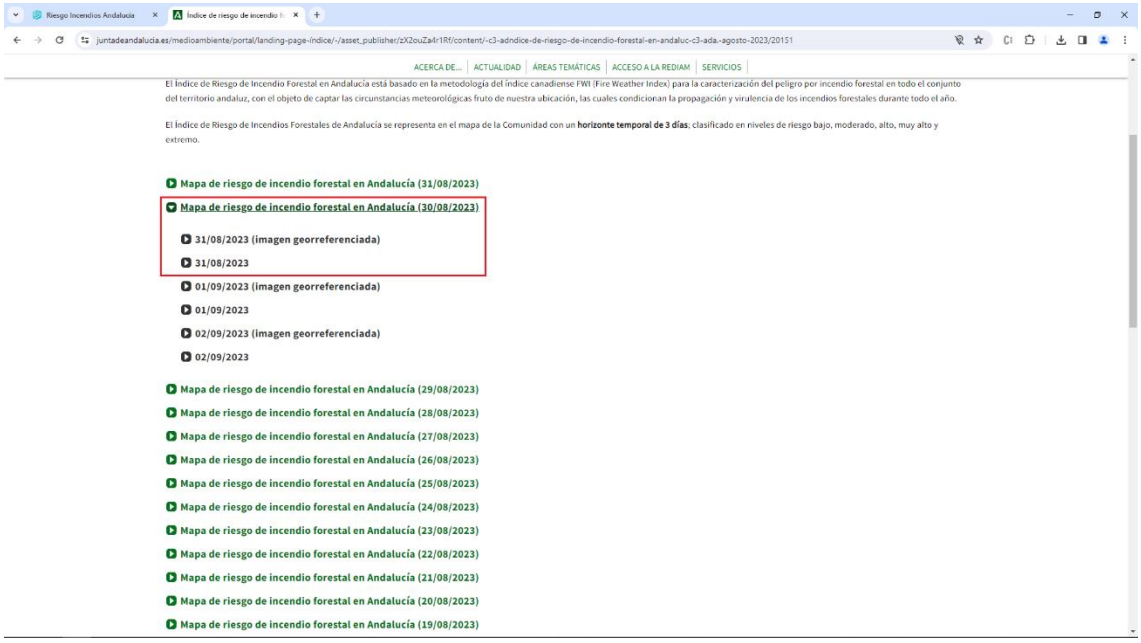

Imagen 11: Descarga imagen índice de riesgo meteorológico de incendio forestal

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

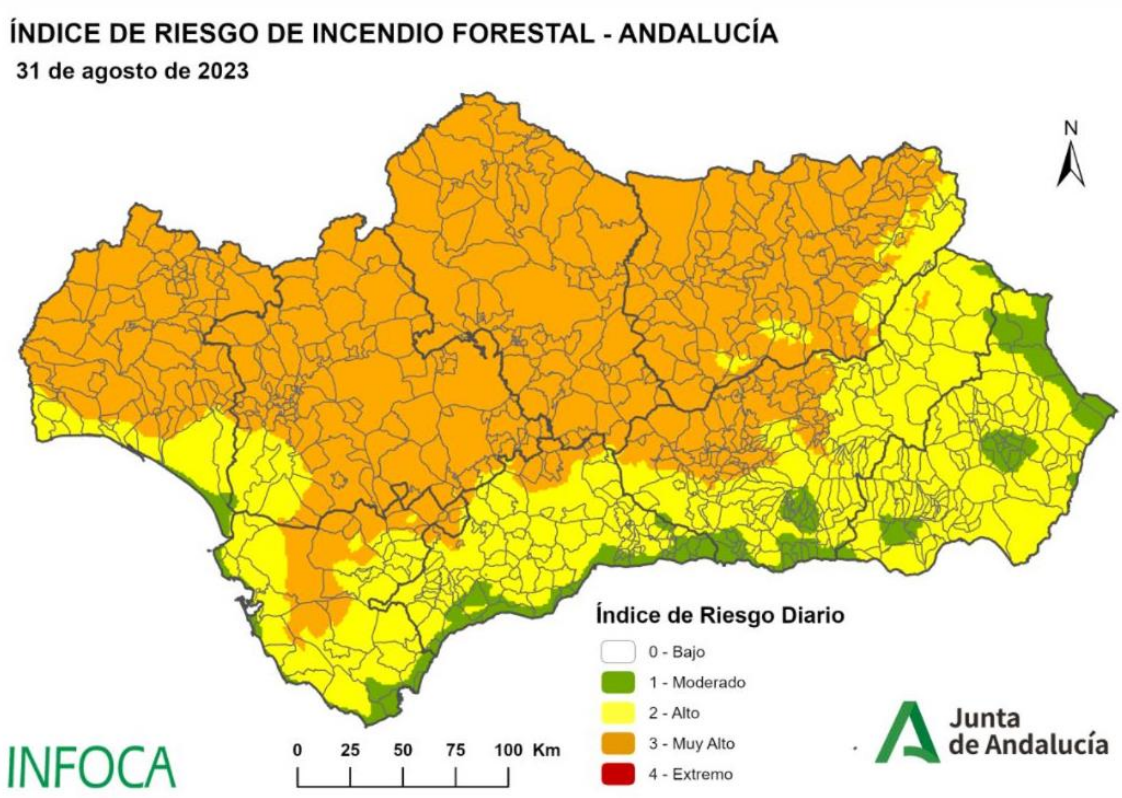

Imagen 12: Ejemplo índice de riesgo meteorológico de incendio forestal

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.

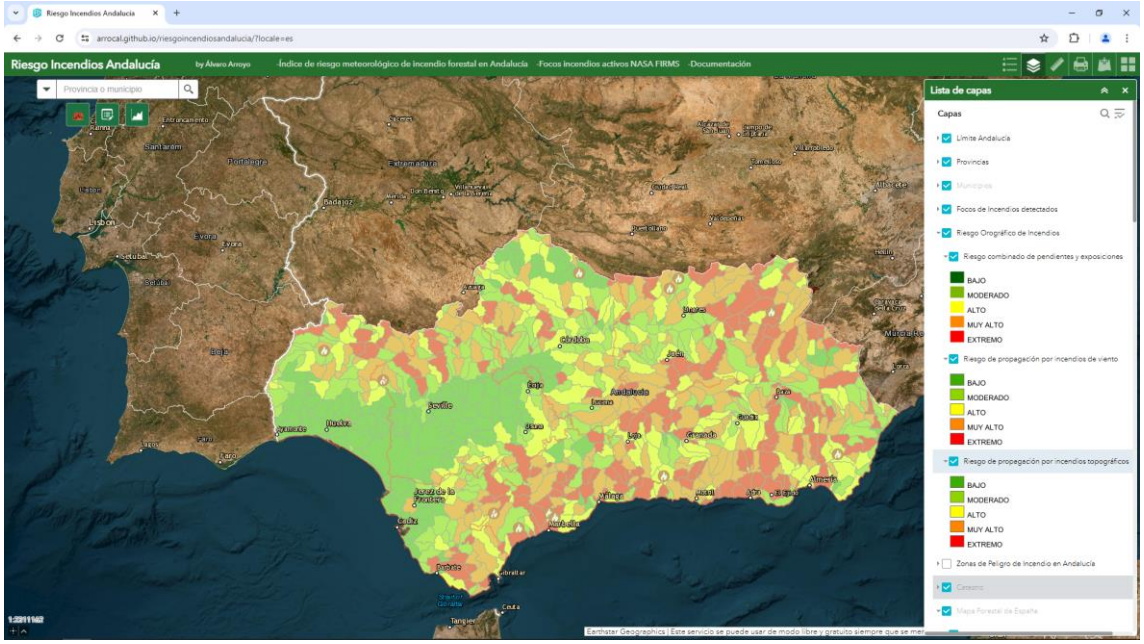

Imagen 13: Visualización capa “Riesgo Orográfico de Incendios”

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.

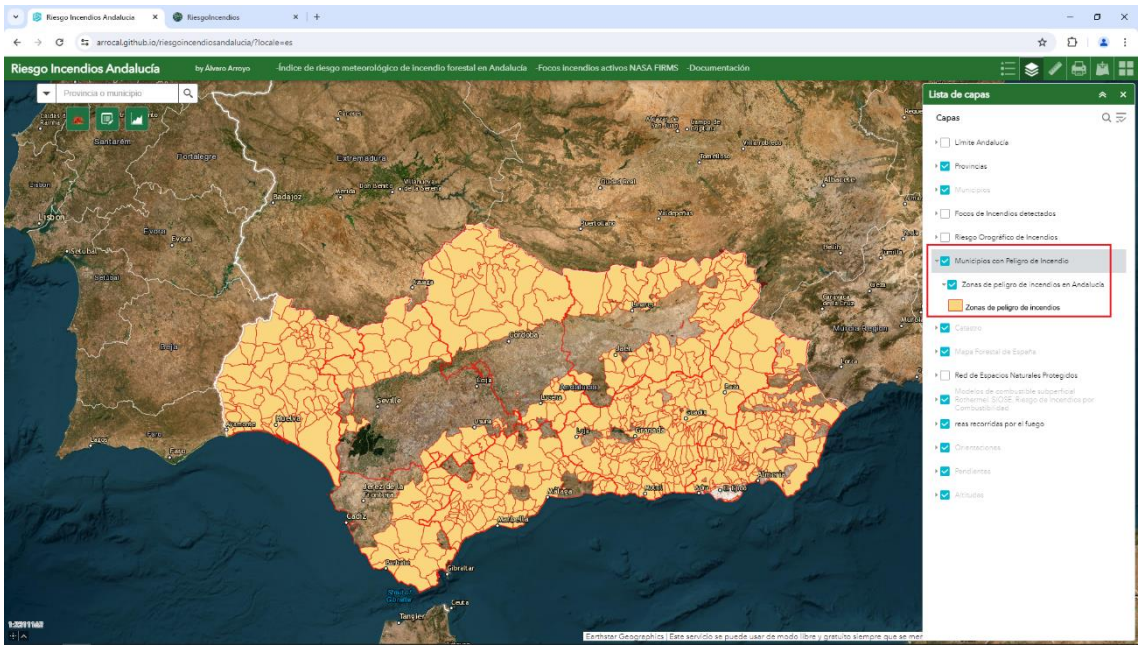

Imagen 14: Visualización capa “Municipios con Peligro de Incendio”

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

11.2.2 ESTIMACIÓN MEDIANTE VARIABLES METEOROLÓGICAS

11.2.2.1 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 9.2 SERVICIO WEB DE CONSULTA DE DATOS DE LA AEMET

11.2.2.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Para este ejemplo se ha escogido el municipio de Arocha (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.

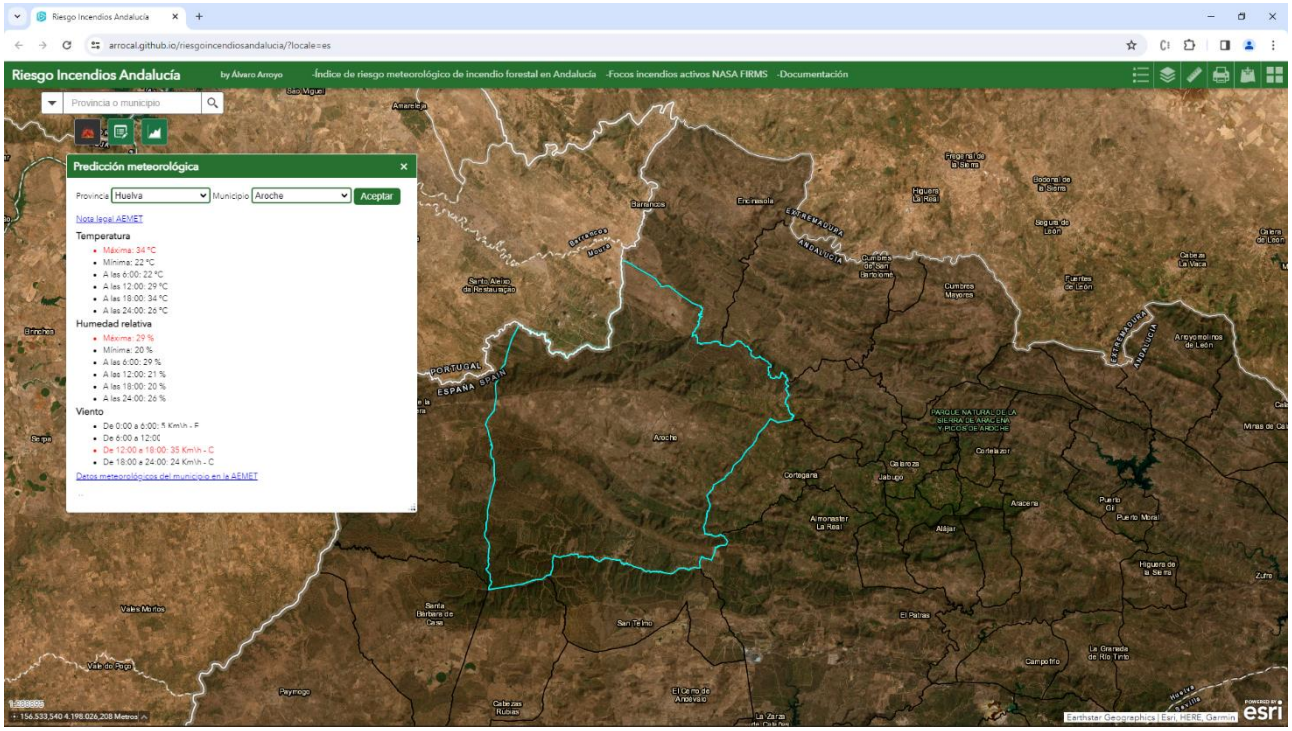

Imagen 15: Herramienta predicción meteorológica

- ✓ 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 con estos valores el riesgo de incendio aumentan notablemente.

- ✓ Para cuantificar el riesgo de incendio se tendrá en cuenta los datos de la siguiente tabla.

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	

Tabla 6: Valores del riesgo de incendio por variables meteorológicas

Nota: No existe en la literatura nacional sobre riesgos 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

11.2.3 ANÁLISIS MEDIANTE MODELO DE COMBUSTIBLE

11.2.3.1 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.

11.2.3.2 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”**

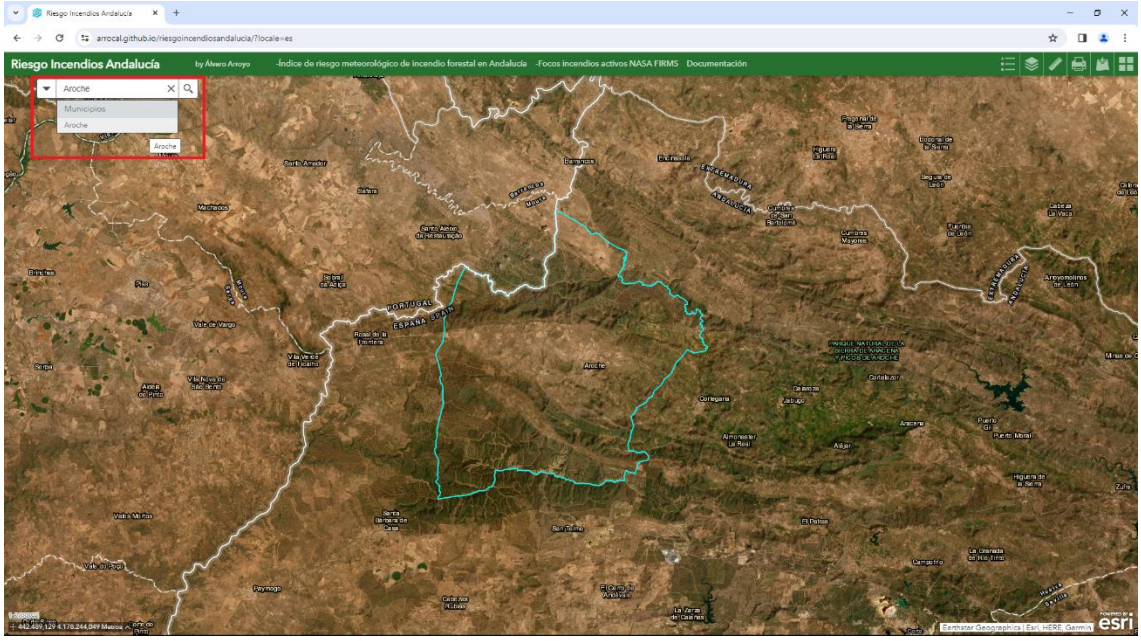

Imagen 16: Herramienta búsqueda de provincia y municipio

- ✓ 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.

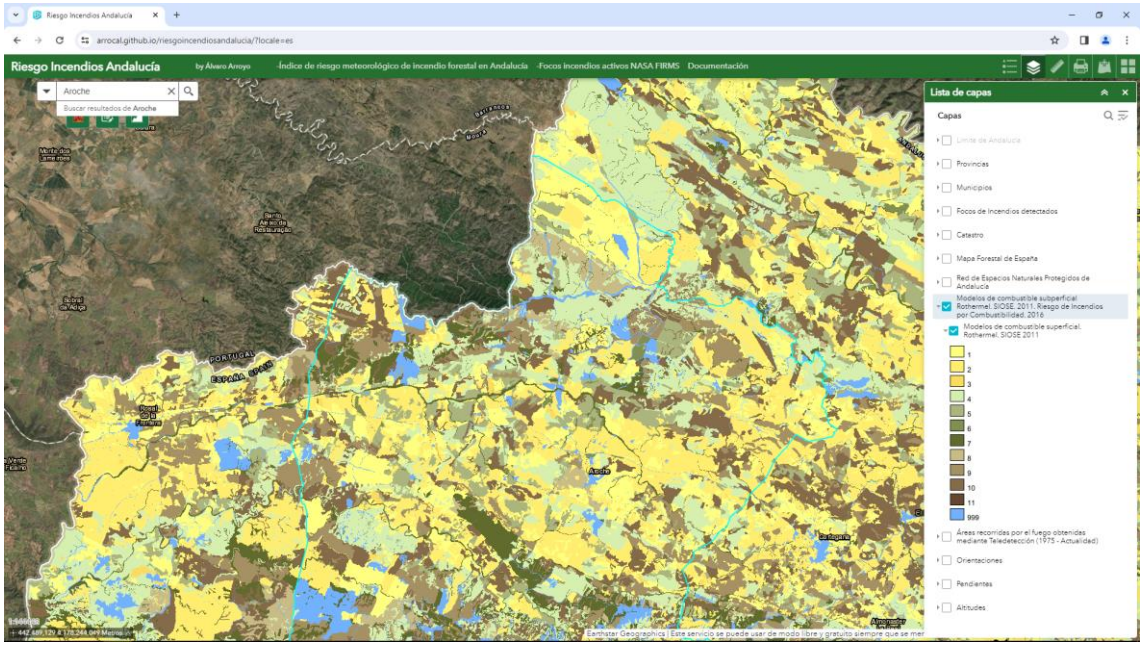

Imagen 17: Activación capa modelos de combustible superficial Rothermel

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.

- ✓ 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.

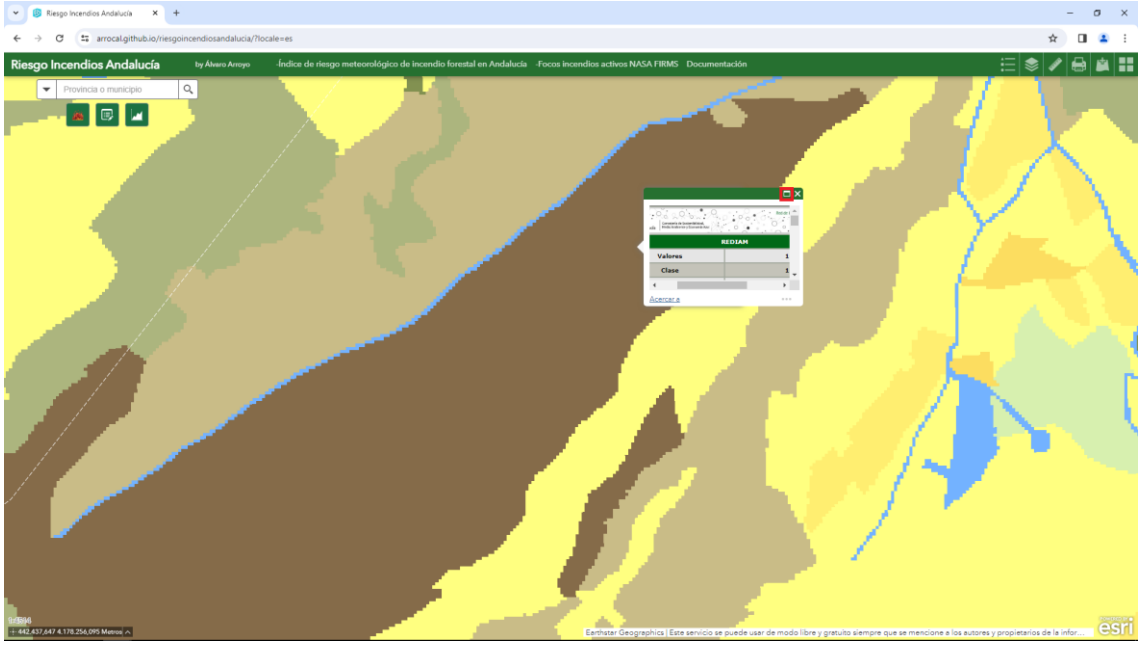

Imagen 18: Visualización de datos de modelo de combustible 1

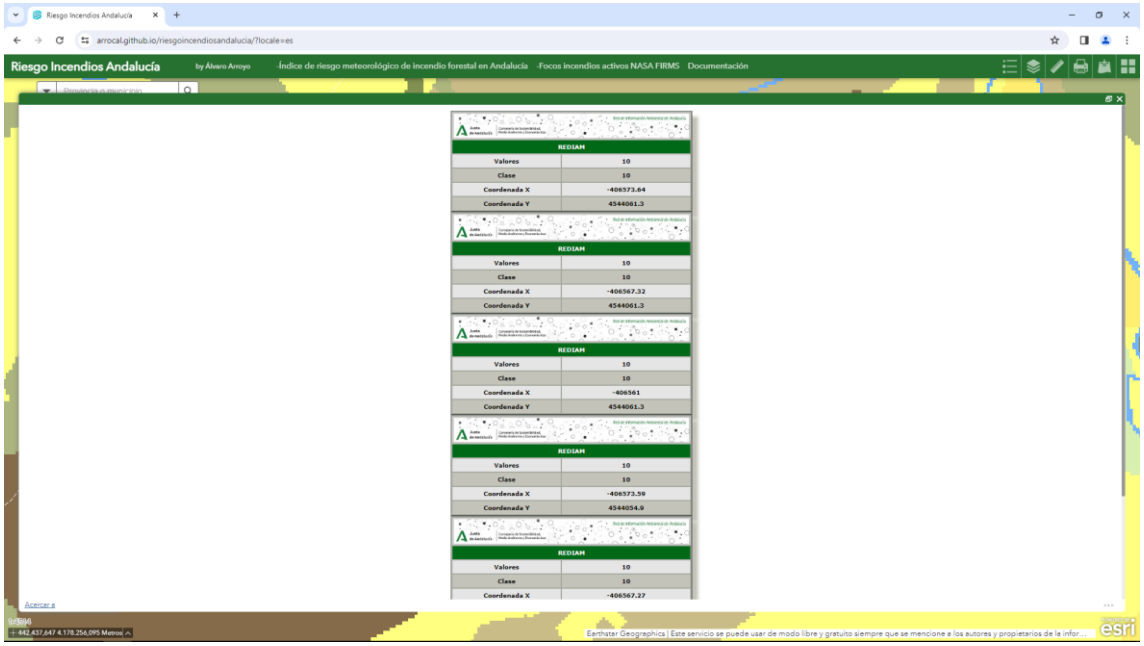

Imagen 19: Visualización de datos de modelo de combustible 2

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

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

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

Fuente: ANÁLISIS DEL RIESGO. INFOCA

11.2.4 ANÁLISIS MEDIANTE LA PENDIENTE

11.2.4.1 DATOS DE PARTIDA

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

11.2.4.2 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"

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

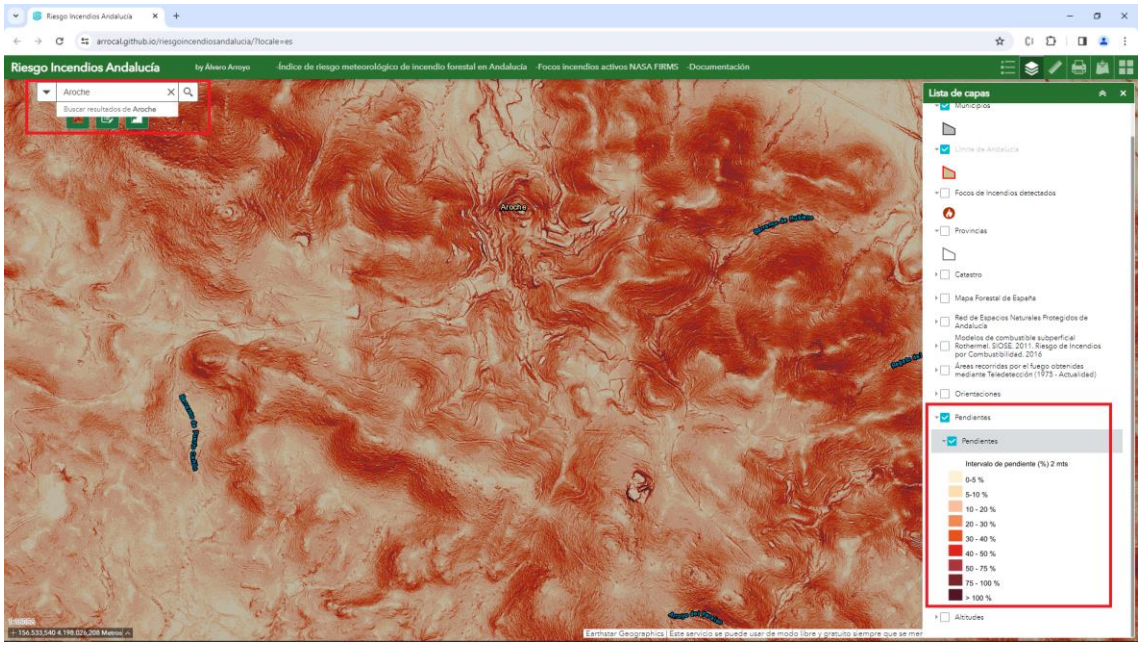

Imagen 20: Activación de capa de pendientes

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.

- ✓ 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.

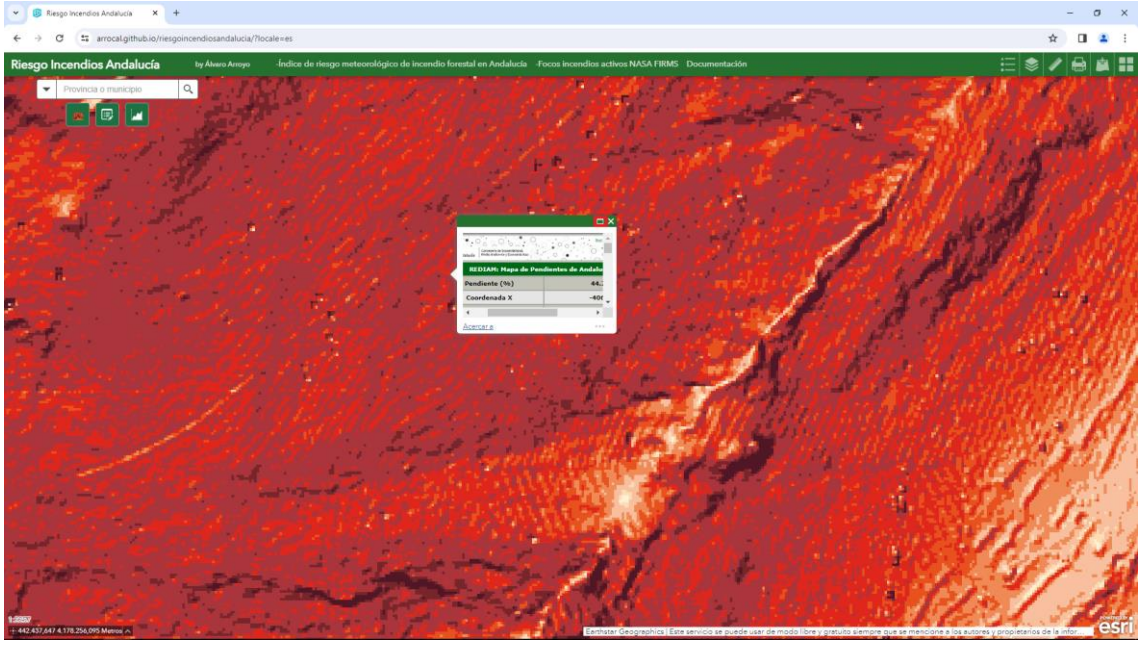

Imagen 21: Visualización de datos de pendientes 1

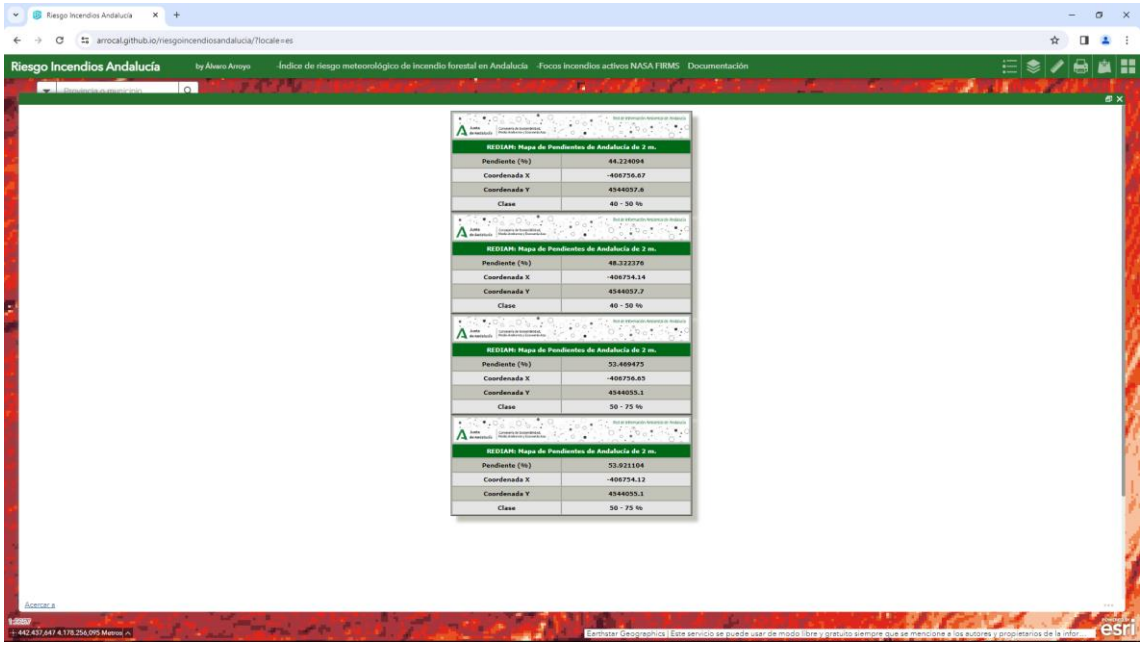

Imagen 22: Visualización de datos de pendientes 2

- ✓ Para cuantificar el riesgo de incendio por la pendiente se tendrá en cuenta los dato de la siguiente tabla.

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

Tabla 8: Valores del riesgo de incendio por pendiente

Fuente: ANALISIS RIESGO. INFOCA

11.3 RECOPILACIÓN, REGISTRO Y ANÁLISIS DE FOCOS DE INCENDIO FORESTAL

11.3.1 RECOPILACIÓN DE DATOS FOCOS DE INCENDIOS

11.3.1.1 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 9.18 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, debido a la imposibilidad de que sea solo para Andalucía, y porque los incendios originados en zonas limítrofes pueden entrar en territorio andaluz.

Imagen 23: Ámbito recepción correos focos de incendios del servicio NASA FIRMS

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

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

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

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

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
PROVINCIA	Almería	Capa Provincias
	Cádiz	
	Córdoba	
	Cádiz	
	Granada	
	Huelva	
	Jaén	
	Málaga	
	Sevilla	
MUNICIPIO	Cualquier municipio de Andalucía	Capa Municipios
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	
ESPECIE SECUNDARIA	*Sin datos*	
	Sin especie secundaria	
	Otras	

	Abies pinsapo	Capa del Mapa Forestal
	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	
	Phillyrea spp	
	Quercus canariensis	
	Quercus faginea	
	Quercus ilex	
	Quercus pyrenaica	
	Quercus robur	
	Quercus suber	
	Retama spp	
	Rosmarinus spp	
	Rubus spp	
	Sorbus spp	
	Spartium spp	
	Thymus spp	
	Viburnum spp	
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	
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	
	Entre 0-5	
	Entre 5-10	

PENDIENTE (%)	Entre 10-20	Capa de Pendientes
	Entre 20-30	
	Entre 30-40	
	Entre 40-50	
	Entre 50-75	
	Entre 75-100	
	Mayor de 100	
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	
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	

Tabla 10: Datos asociados a focos de incendios

11.3.1.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

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

- ✓ Abrir el correo de GMAIL con los datos especificados en el apartado anterior 11.3.1.1 DATOS DE PARTIDA

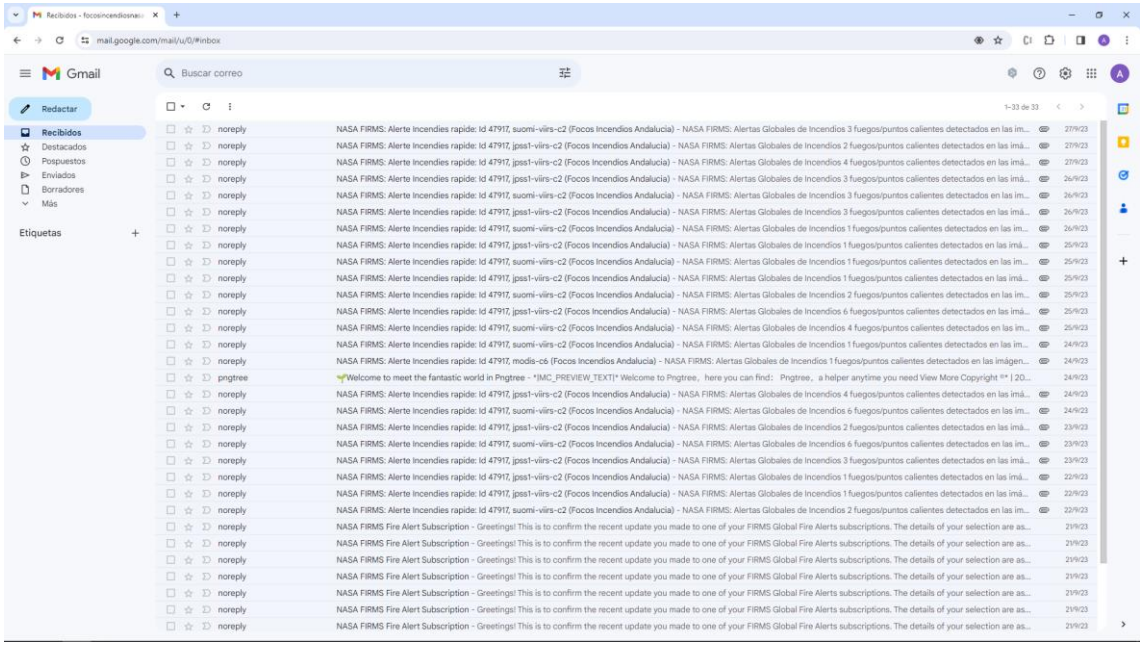

Imagen 24: Visualización correo de recepción de focos de incendios de NASA FIRMS

- ✓ Abrir el último correo recibido

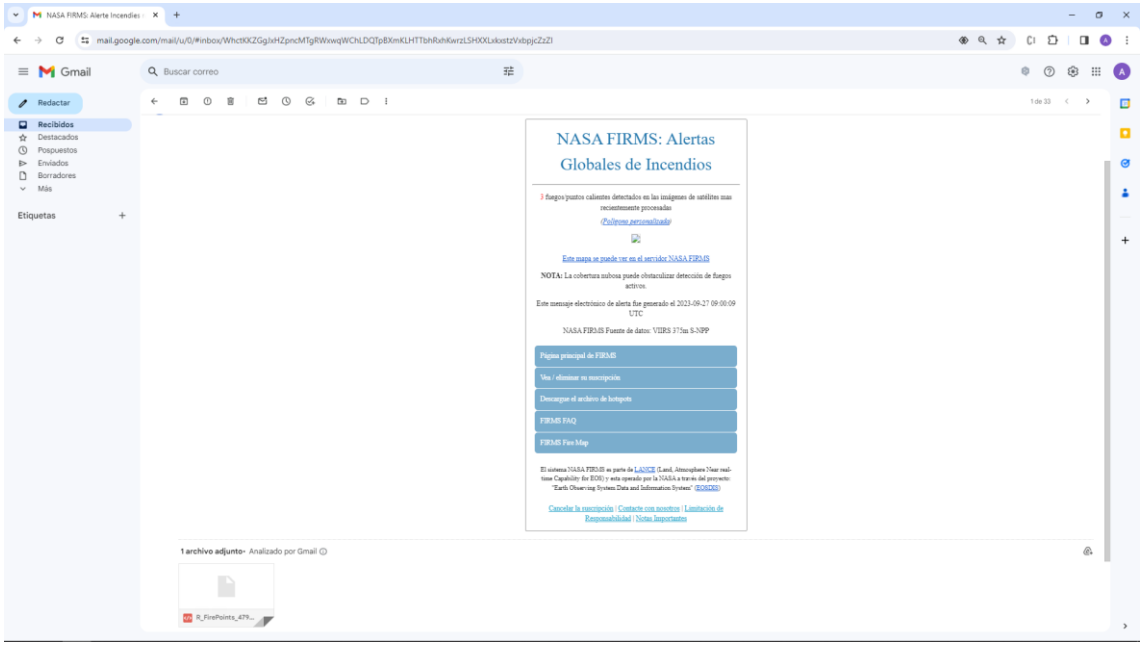

Imagen 25: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS

✓ Descargar el fichero adjunto

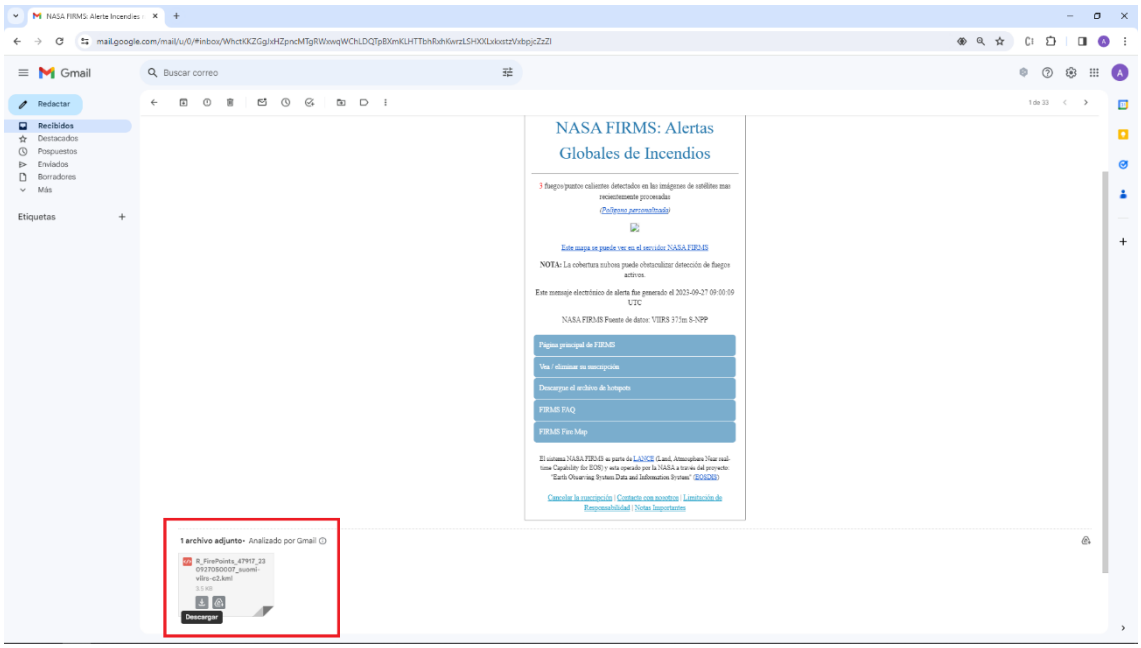

Imagen 26: Apertura correo recibido del servicio NASA FIRMS

✓ Abrir la herramienta **“Añadir capas”** del visor

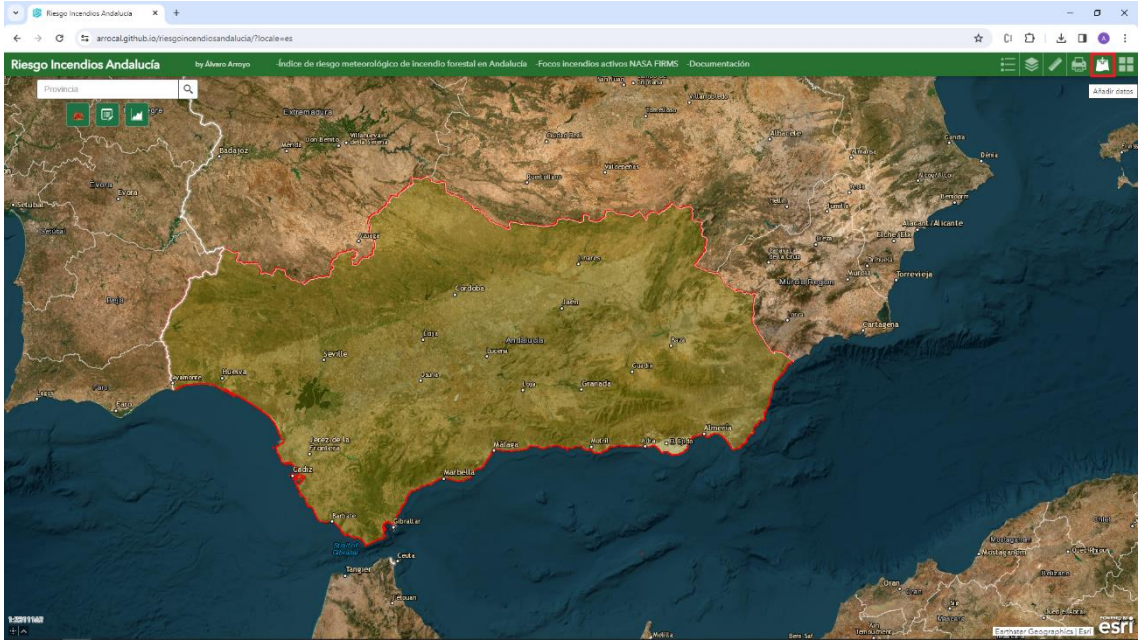

Imagen 27: Apertura herramienta "Añadir capas"

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

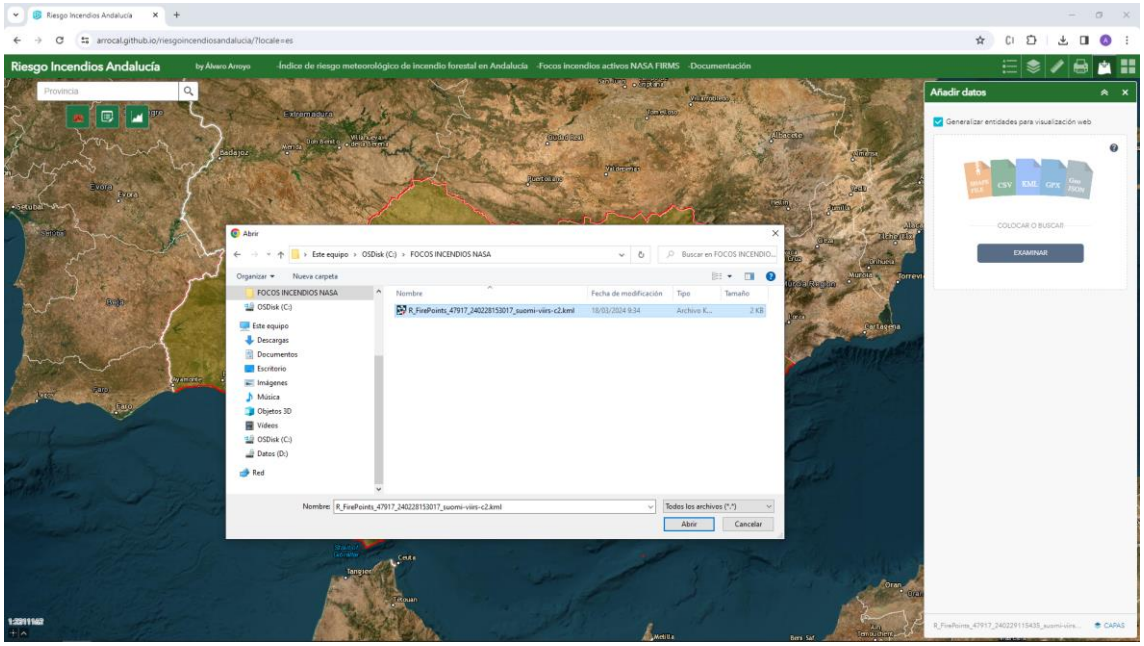

Imagen 28: Navegación al fichero KML

- ✓ El foco de incendio se cargará en el mapa

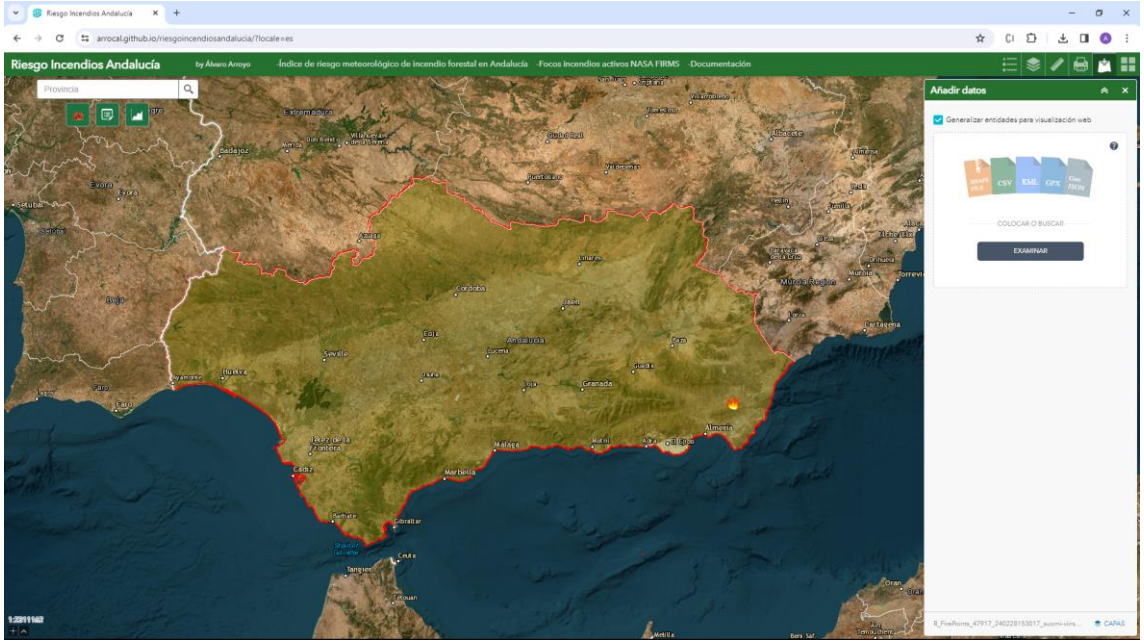

Imagen 29: Carga del foco de incendio en el mapa

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 el ortófono 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 definida en el apartado 11.3.1.1 DATOS DE PARTIDA que se va 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, etc), y la capa que representa el foco de incendio. Esta capa se llama:

  R_FirePoints_CODIGO_NUMERICO_suomi-viirs-c2.kml

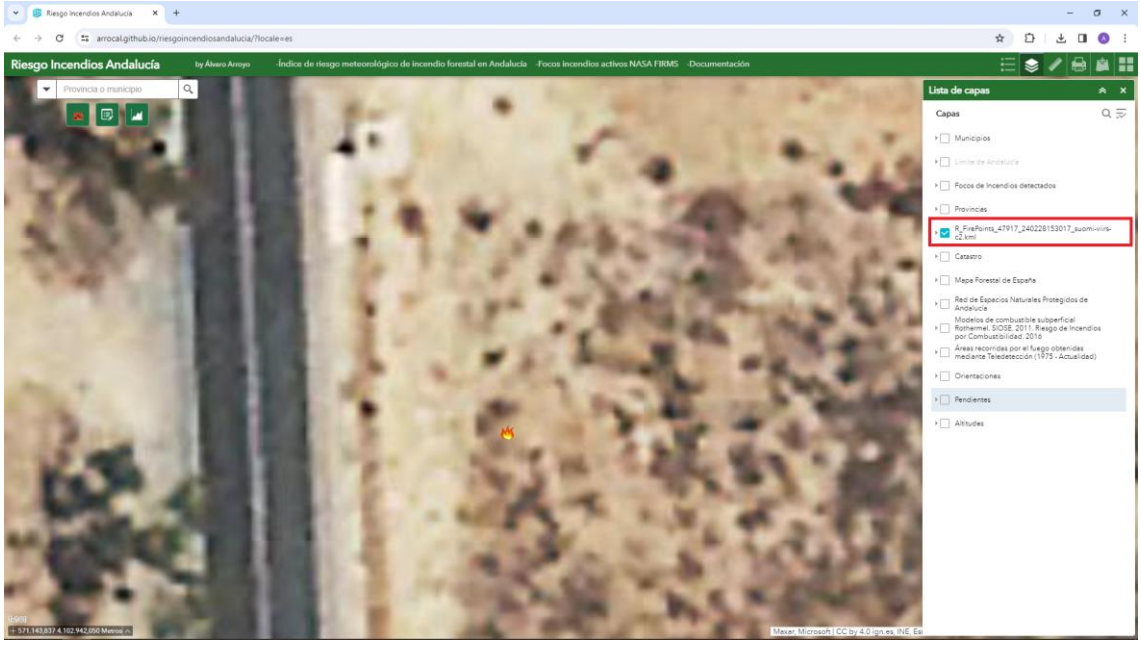

Imagen 30: Visualización del foco de incendio en el mapa

- ✓ Hacer “click” sobre el foco de incendio cargado para mostrar la ventana emergente con la información del foco de incendio en primer plano.

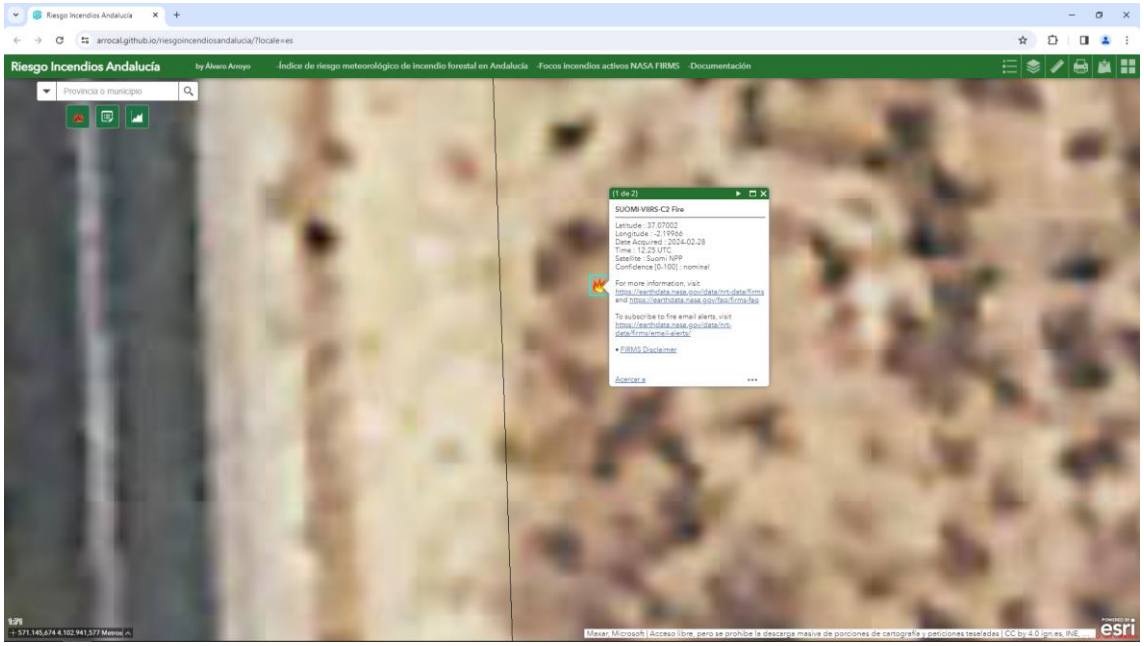

Imagen 31: Visualización de información del foco de incendio

- ✓ Recopilar la información de las capas pulsando “Entidad siguiente” de la ventana emergente

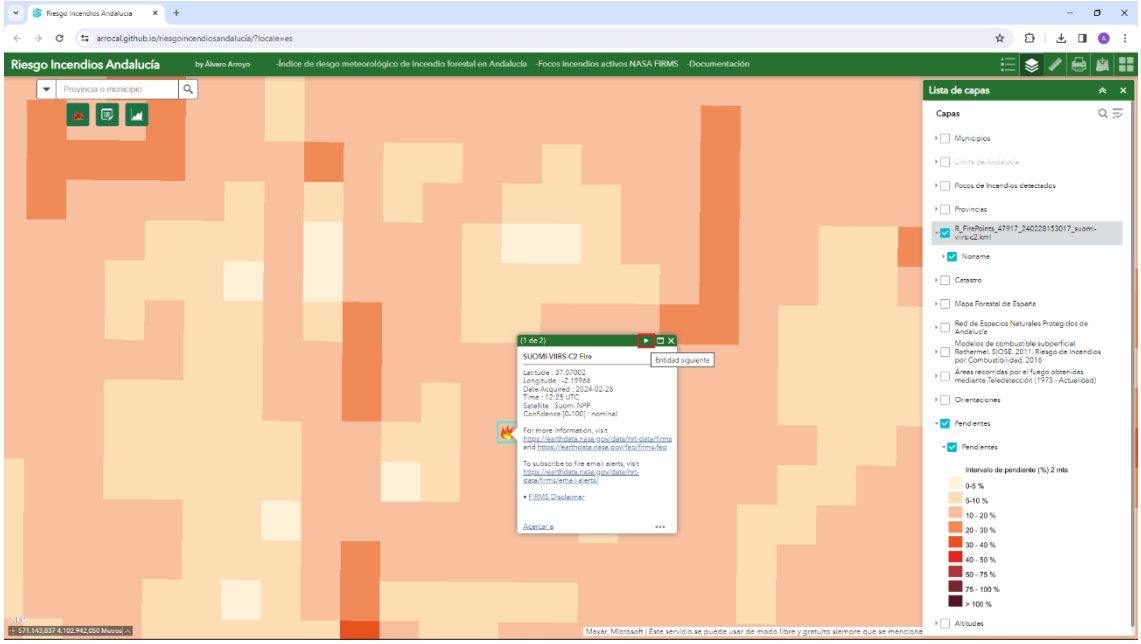

Imagen 32: Recopilación de información de capas

✓ Maximizar la ventana emergente para ver la información a un tamaño más grande, pulsando en el icono **"Maximizar"**

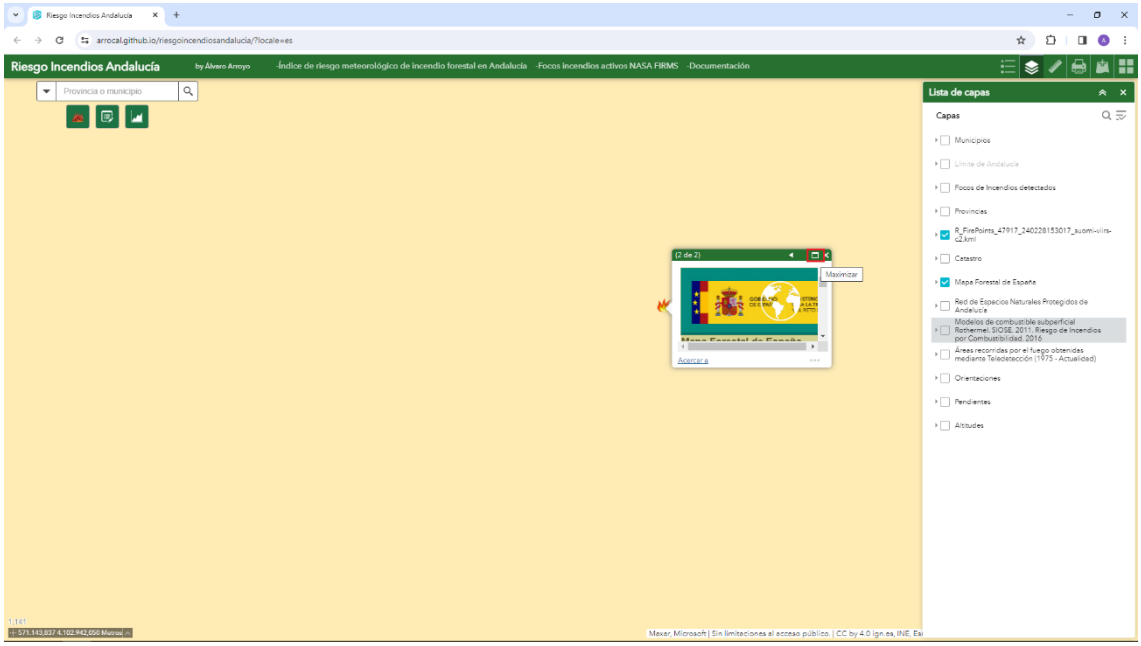

Imagen 33: Maximización de la ventana emergente 1

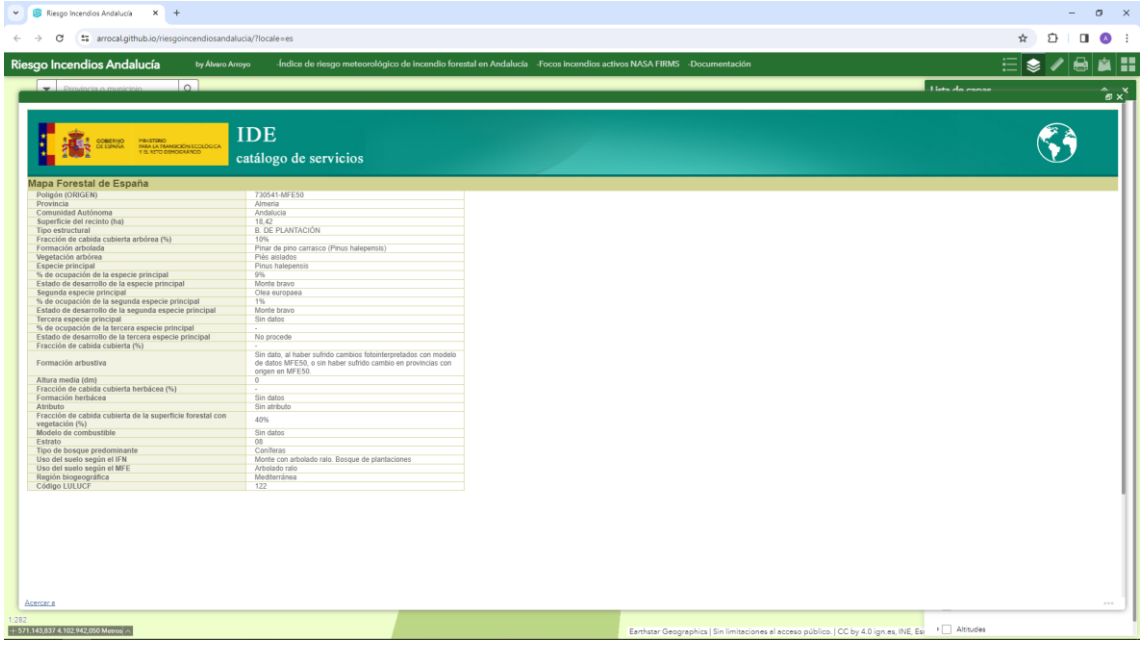

Imagen 34: Maximización de la ventana emergente 2

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

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Provincia	Provincias	Almería

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

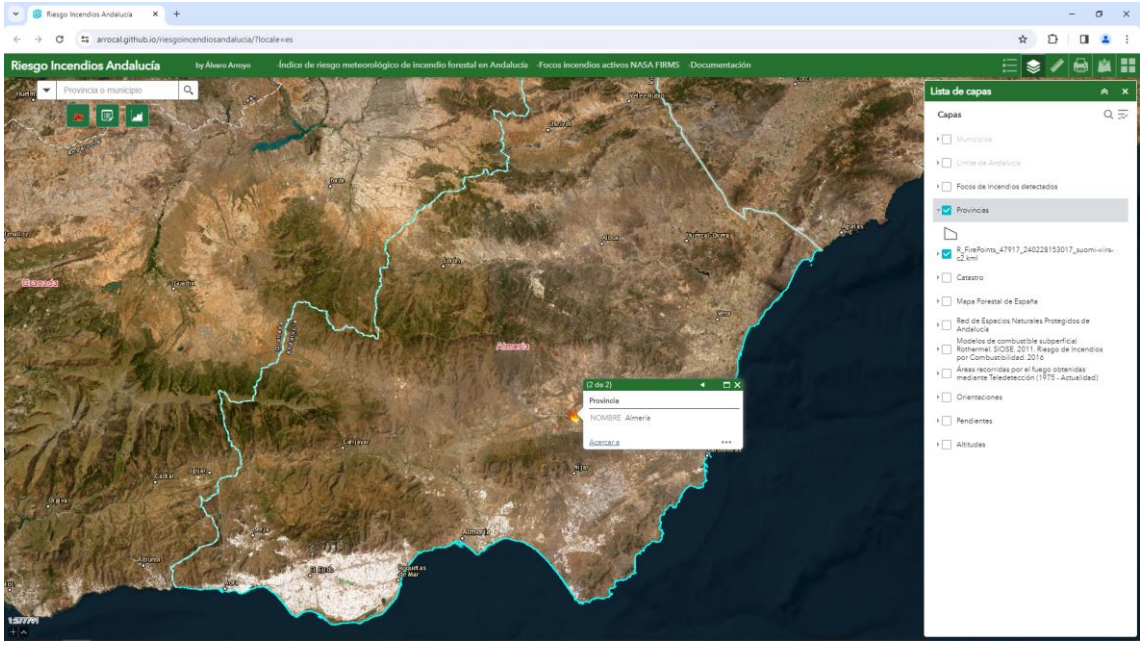

Imagen 35: Información de provincias a recopilar en el registro de focos de incendios

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Municipio	Municipios	Lucainena de las Torres

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

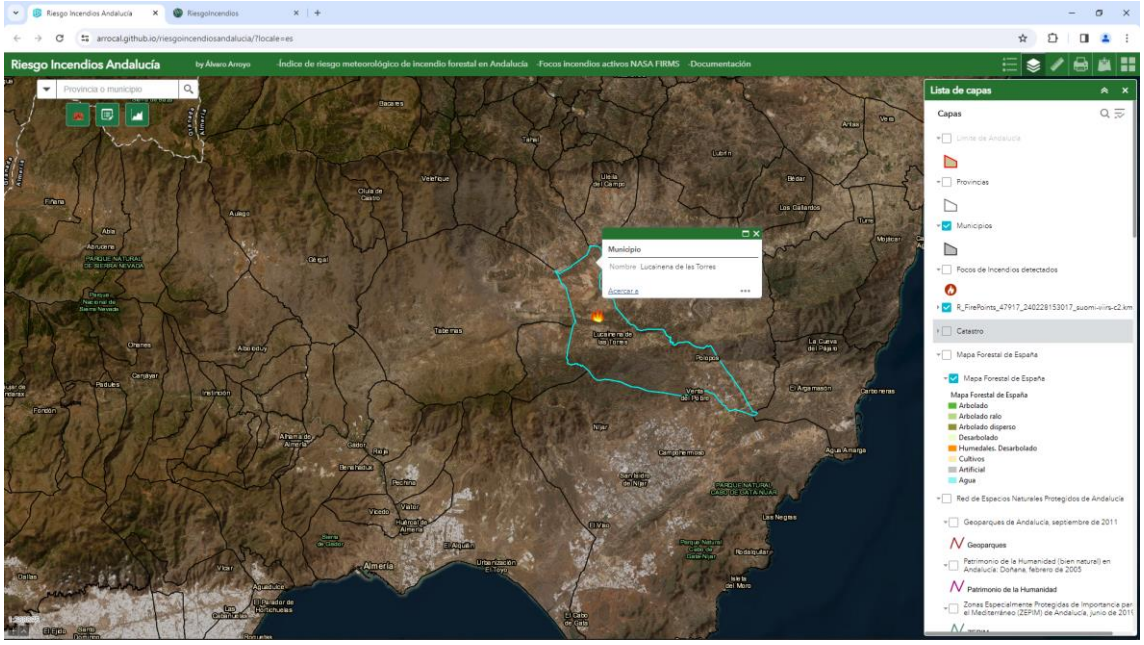

Imagen 36: Información de municipios a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Referencia catastral	Catastro	04060A01000072

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

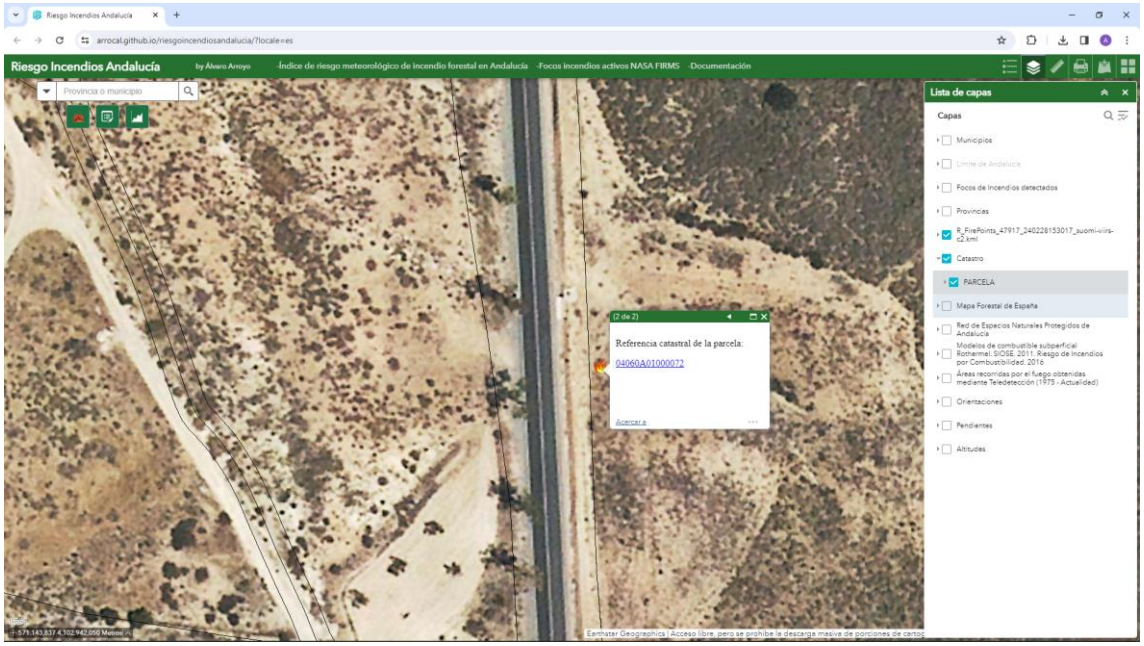

Imagen 37: Información de referencia catastral a recopilar en el registro de focos

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

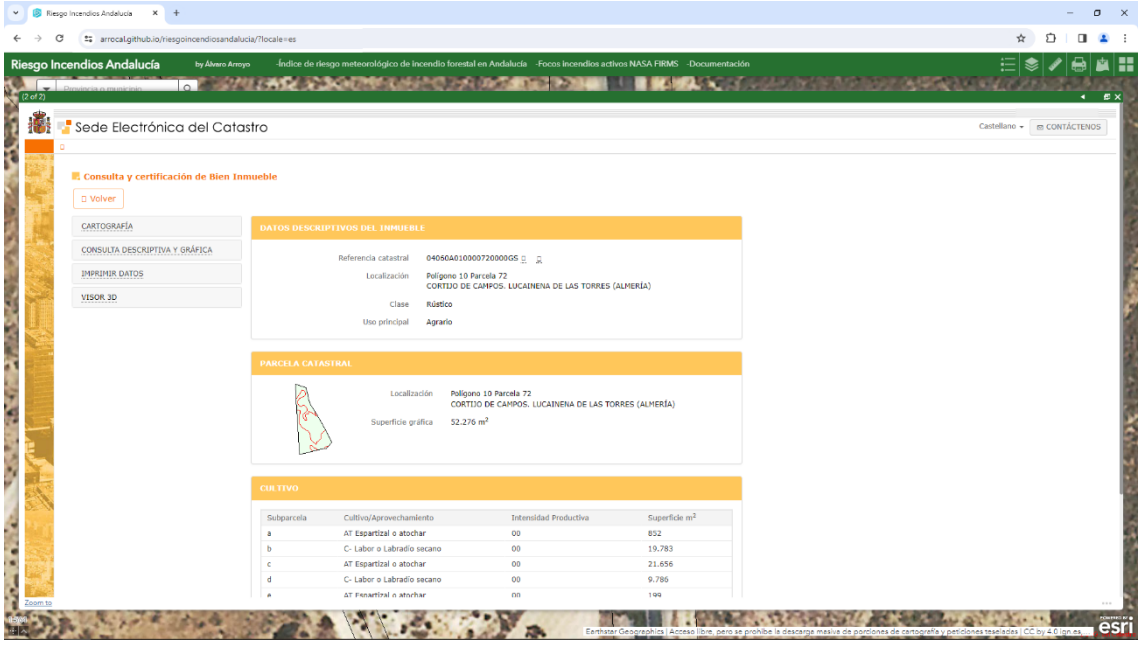

Imagen 38: Datos de la parcela catastral

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

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

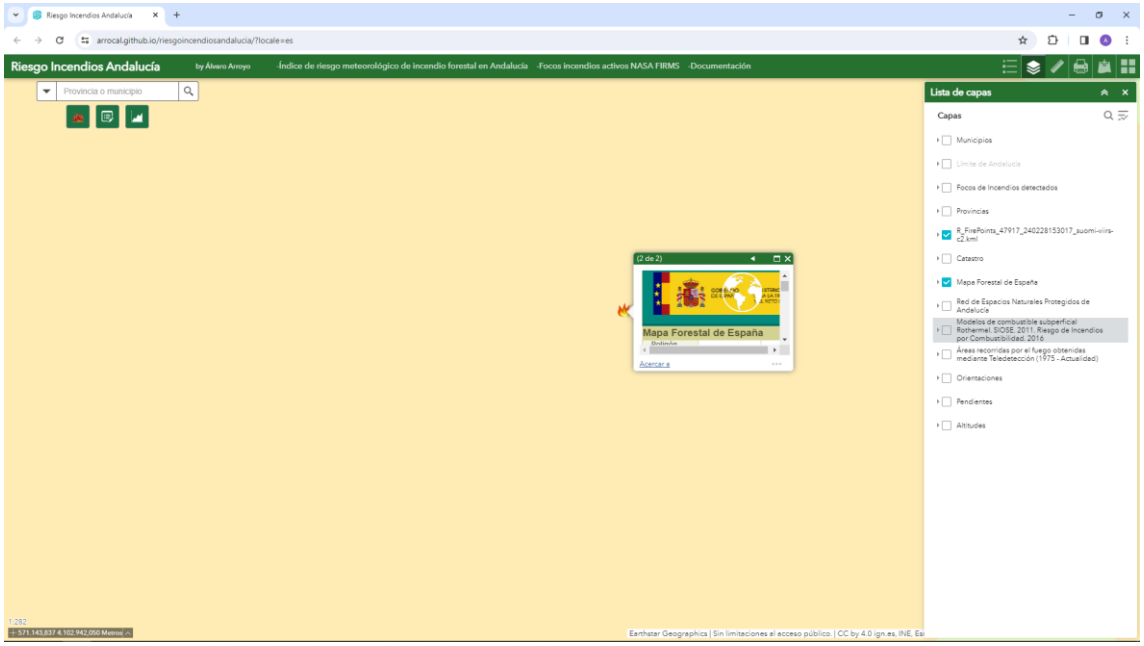

Imagen 39: Información de especies, FCC a recopilar en el registro de focos 1

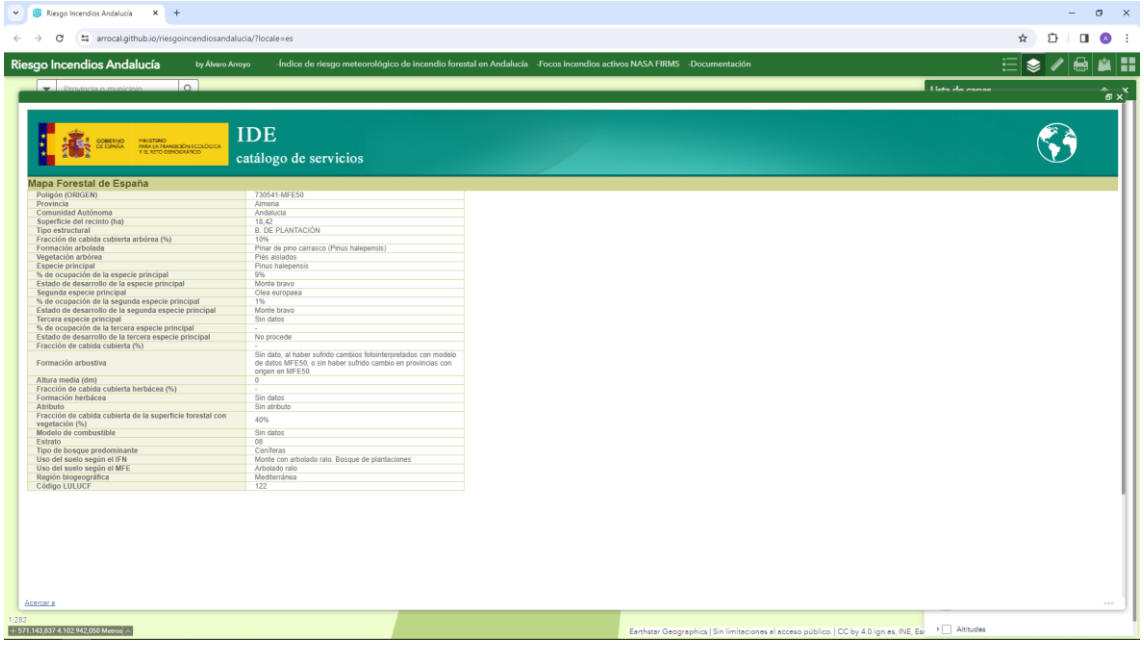

Imagen 40: Información de especies, y FCC a recopilar en el registro de focos 2

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

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

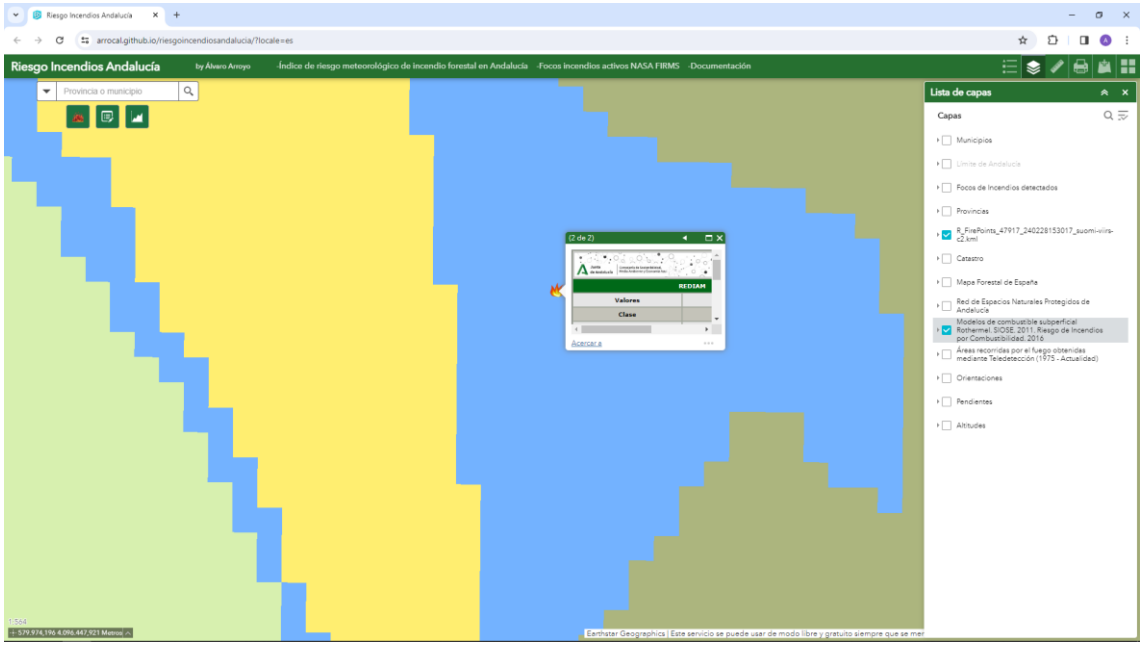

Imagen 41: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 1

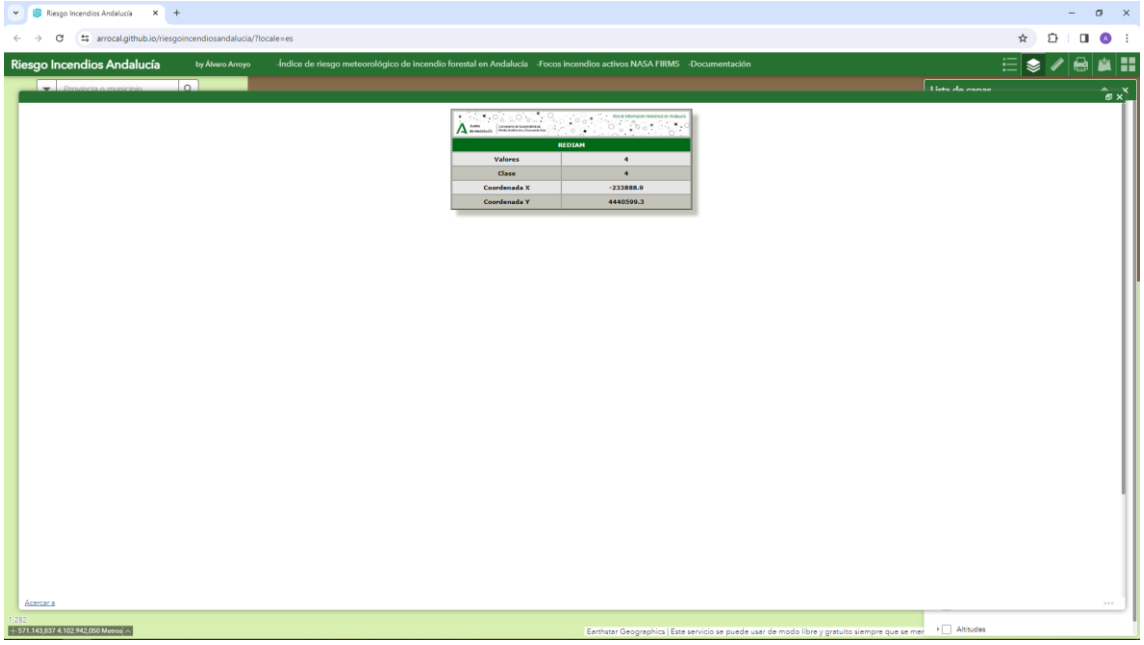

Imagen 42: Información de modelos de combustible recopilar en el registro de focos 2

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Orientación	Orientaciones	Umbría

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

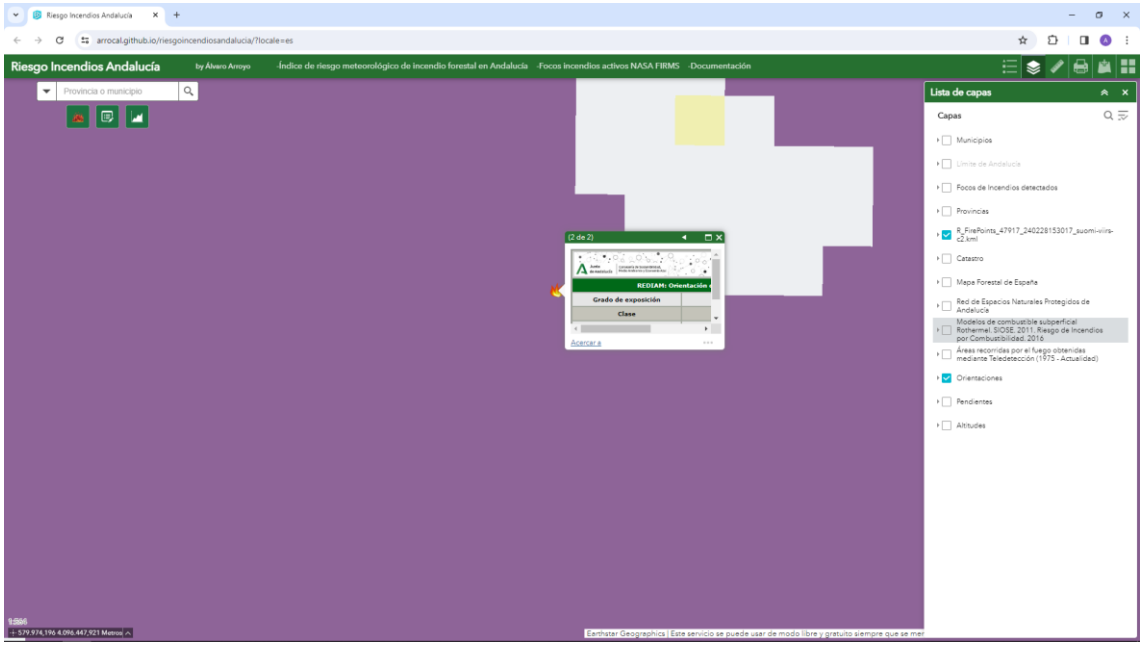

Imagen 43: Información de orientación a recopilar en el registro de focos 1

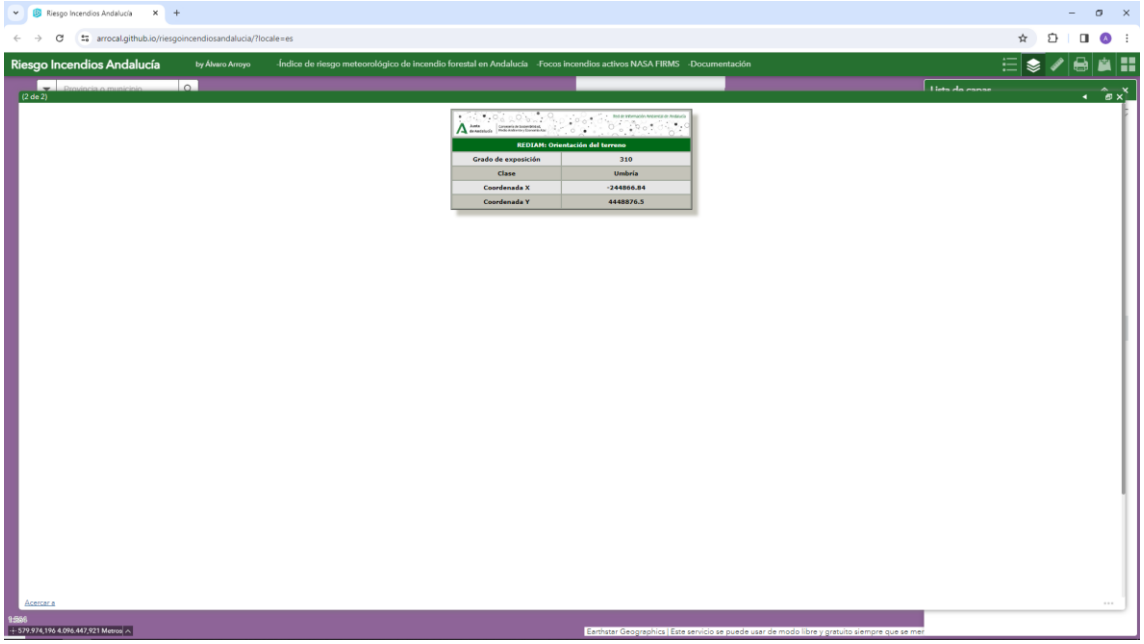

Imagen 44: Información de orientación a recopilar en el registro de focos

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Pendiente	Pendientes	10-20 %

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

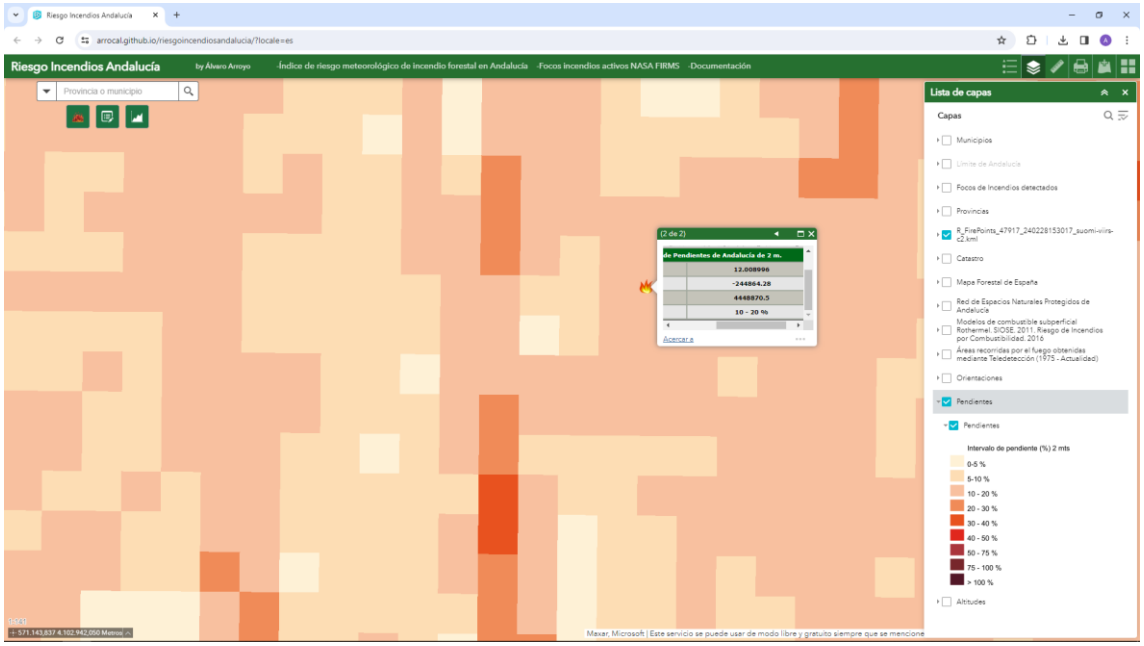

Imagen 45: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos1

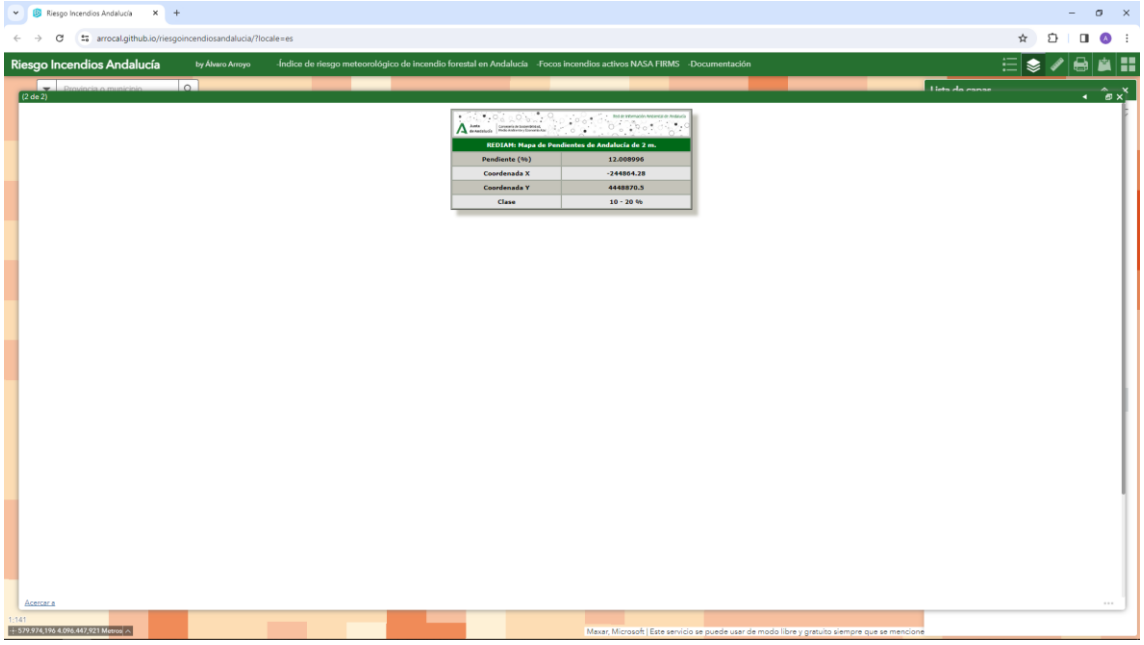

Imagen 46: Información de pendiente a recopilar en el registro de focos 2

INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Altitud	Altitudes	500-600 m

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

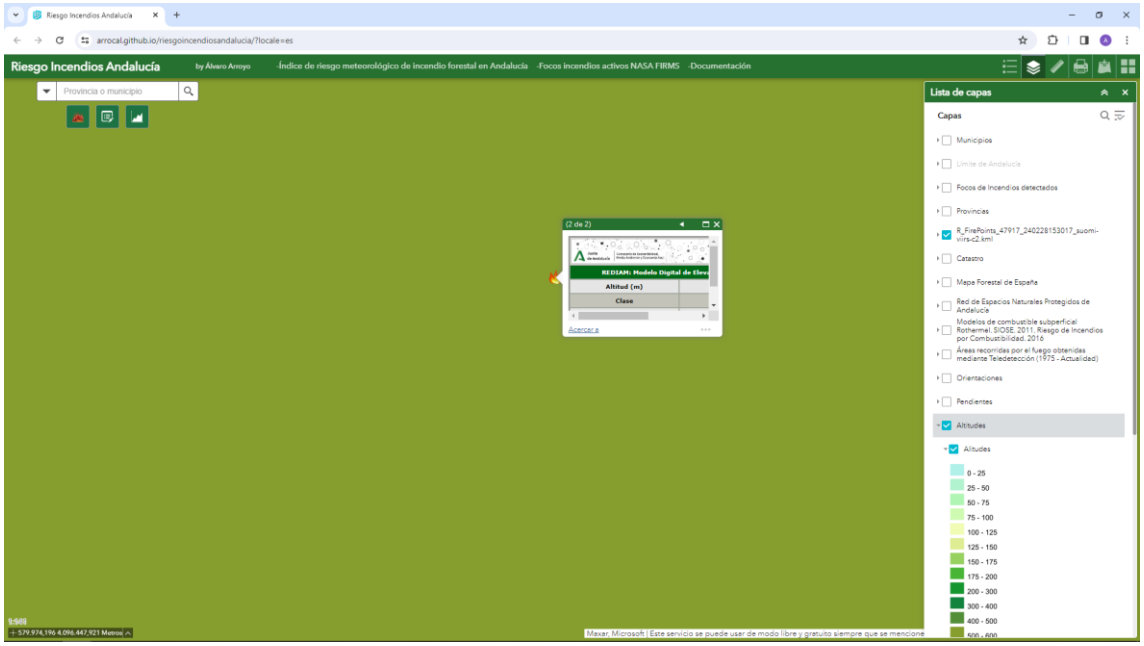

Imagen 47: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 1

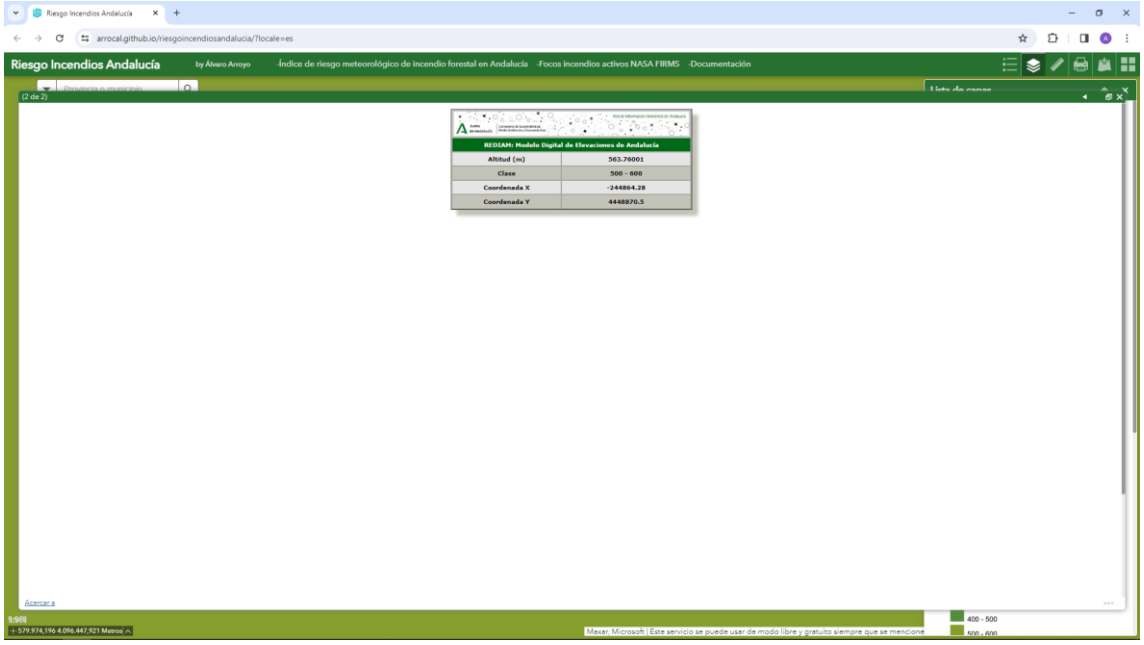

Imagen 48: Información de altitud a recopilar en el registro de focos 2

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

Tabla 19: Información de temperatura 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

Tabla 20: Información de humedad 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

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

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".**

11.3.2 REGISTRO DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS

11.3.2.1 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"**

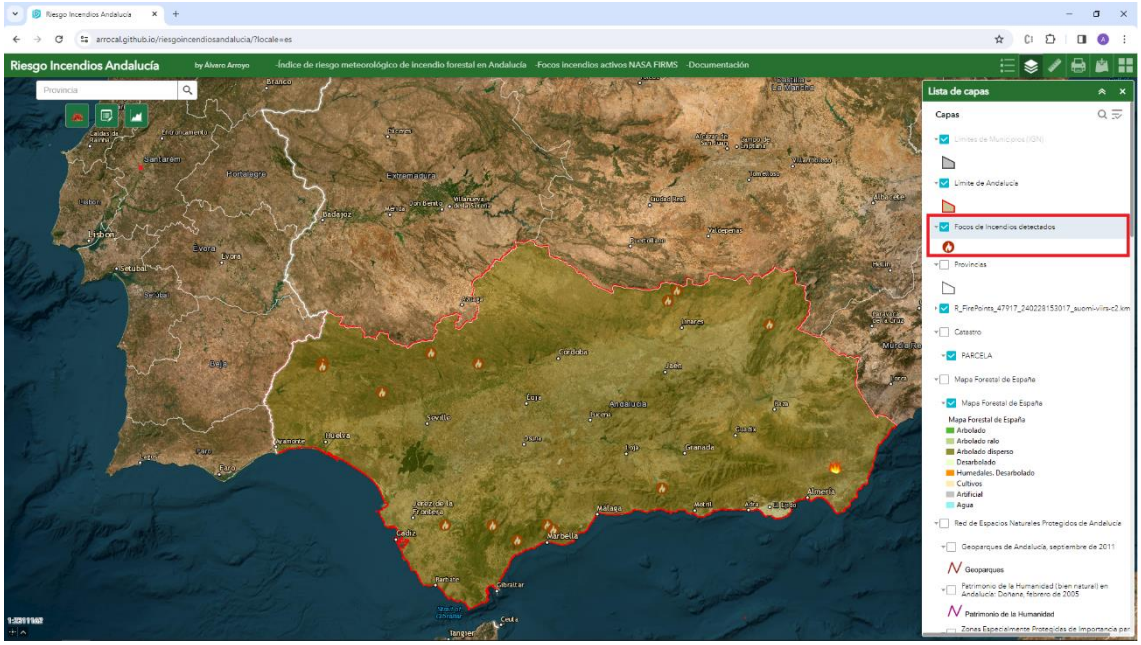

Imagen 49: Activación capa foco de incendios detectados

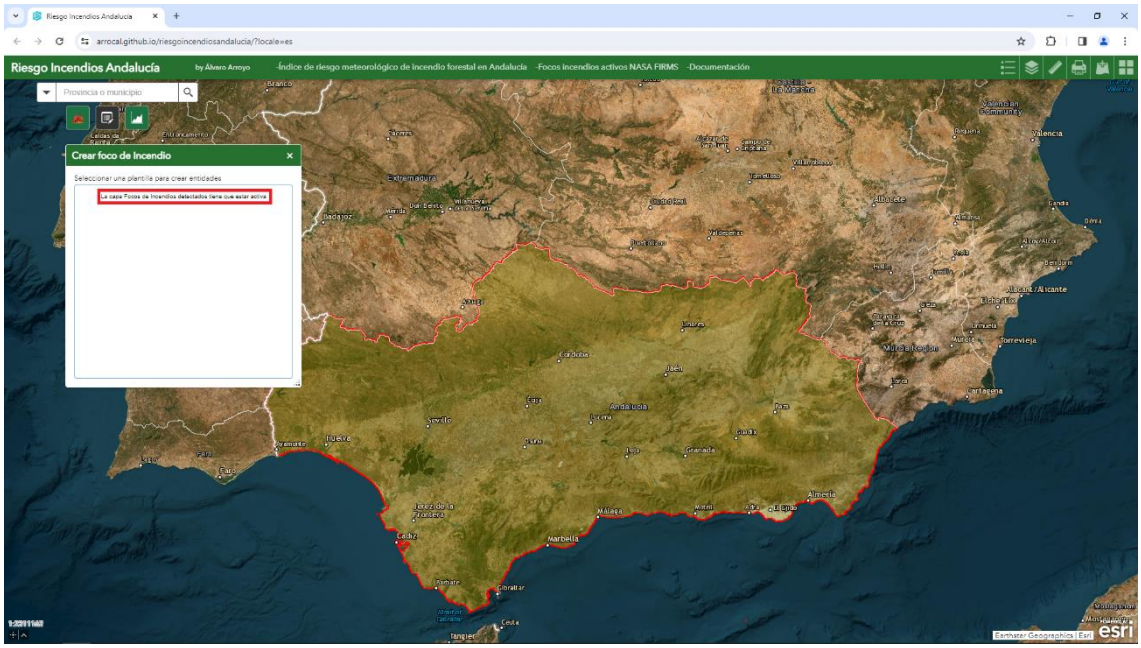

Imagen 50: Aviso capa foco de incendios detectados no activa

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

✓ Abrir la herramienta **“Crear foco de incendio”**

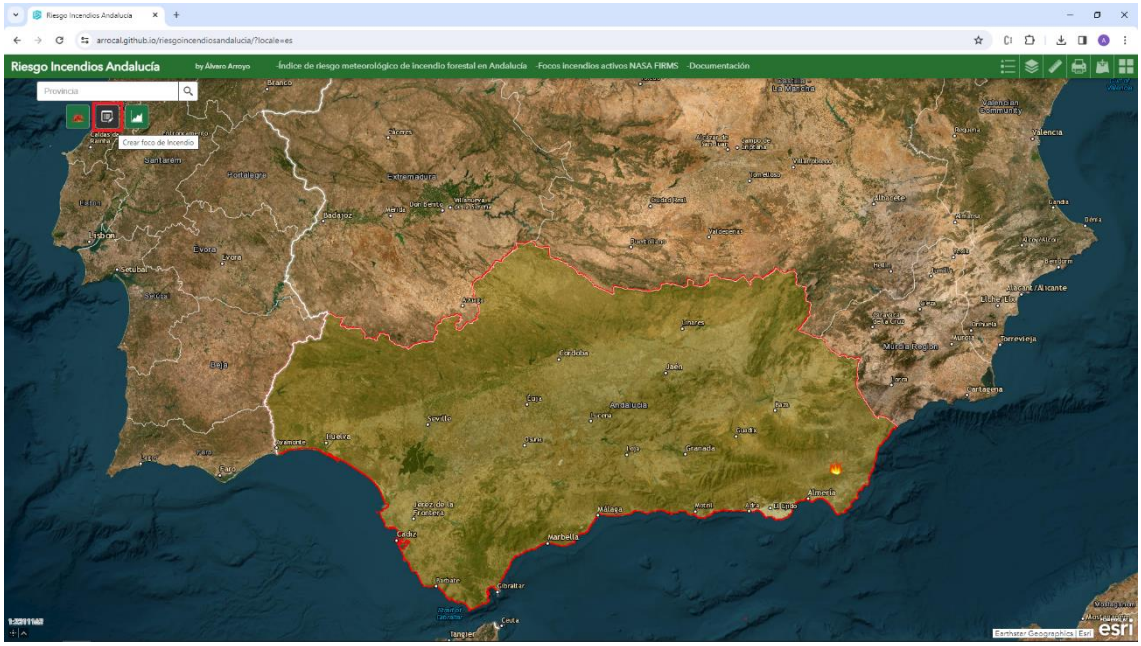

Imagen 51: Abrir herramienta crear foco de incendio

✓ Pulsar la opción “New Feature”

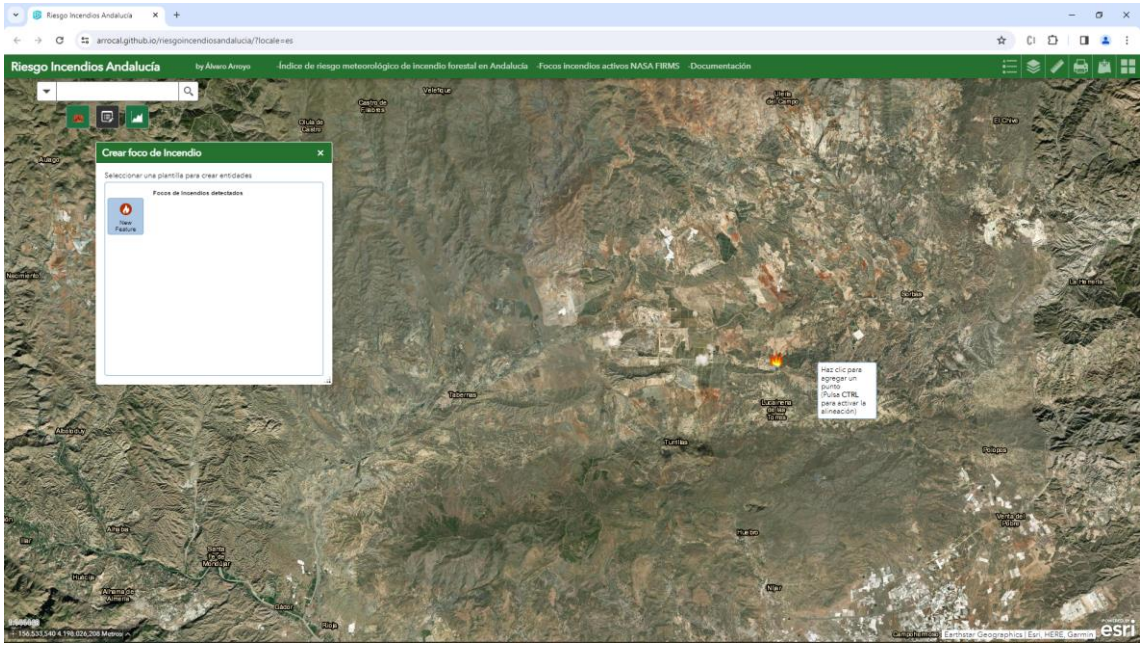

Imagen 52: Pulsar la opción New Feature herramienta crear foco de incendio

✓ Hacer con un zoom máximo “click” para aumentar la precisión, en el punto donde se ha situado el foco de incendio previamente

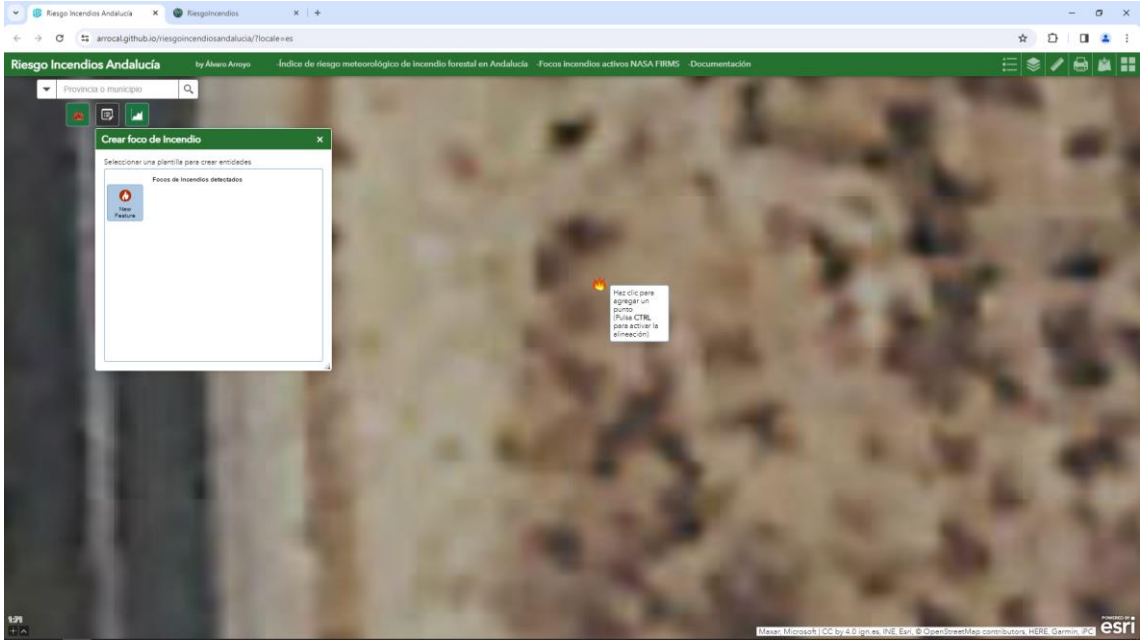

Imagen 53: Zoom máximo herramienta crear foco de incendio

- ✓ Rellenar el formulario con los datos recopilados anteriormente en el apartado [11.3.1 RECOPILACIÓN DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS](#) y pulsar “Aceptar”

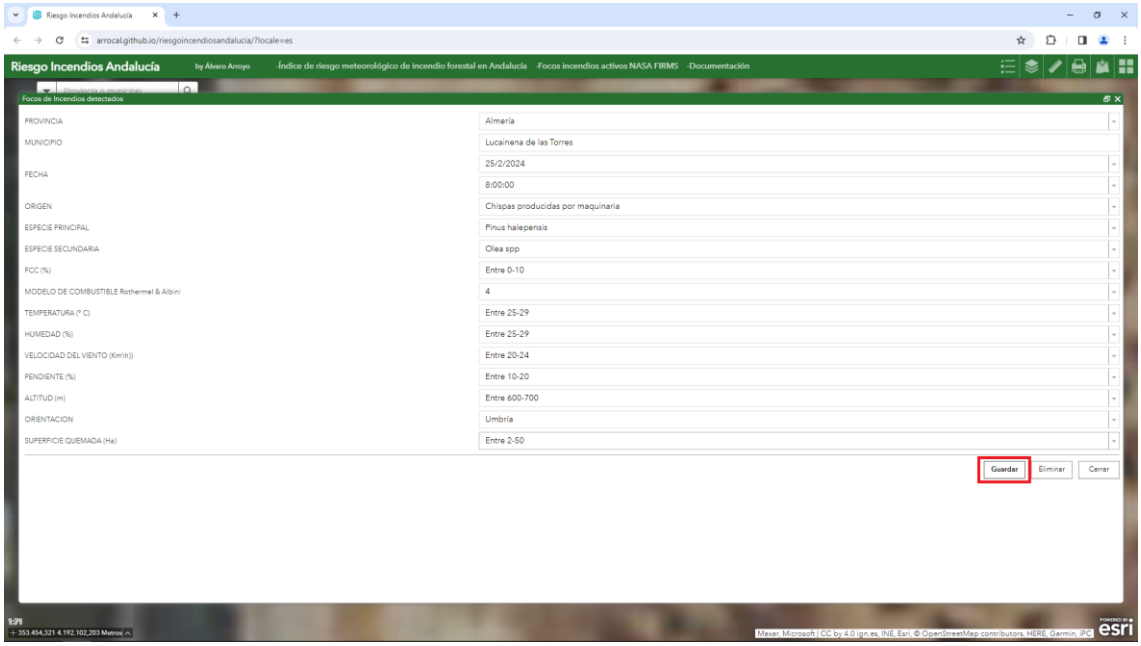

Imagen 54: Rellenar datos herramienta crear foco de incendio

El foco de incendio se guardará en la capa **“Focos de Incendios detectados”** en la ubicación y con los datos especificados.

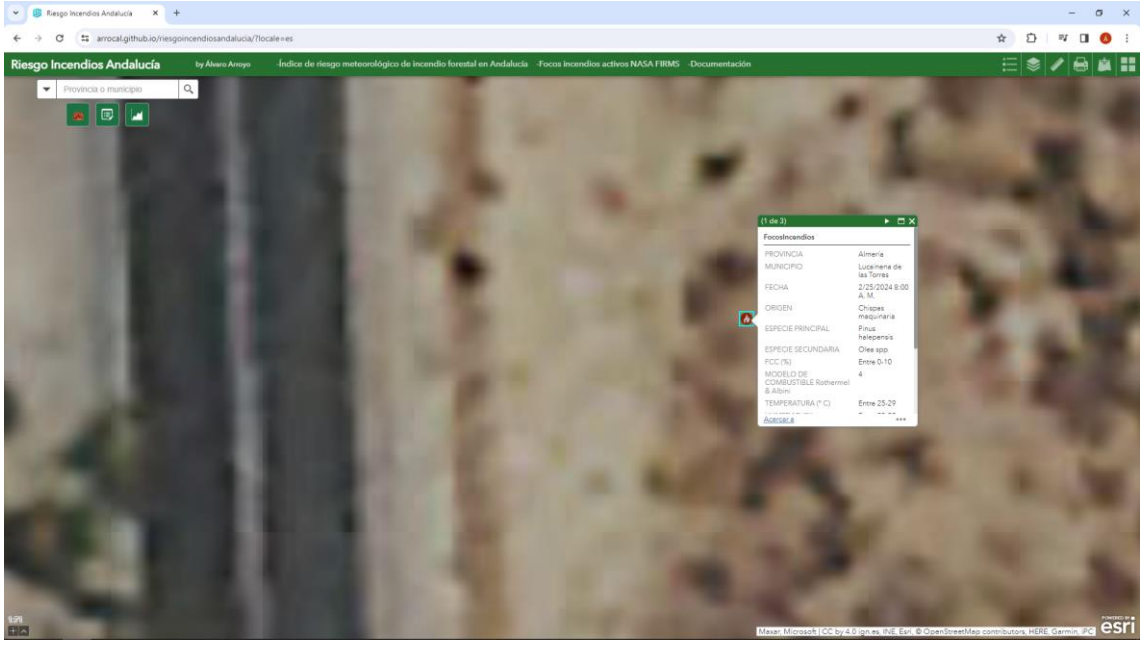

Imagen 55: Resultado final herramienta crear foco de incendio

11.3.3 ANÁLISIS DE FOCOS DE RIESGO DE INCENDIOS

11.3.3.1 INTRODUCCIÓN

Con las variables registradas en el apartado anterior 11.3.2 REGISTRO DE DATOS DE FOCOS DE INCENDIOS en la capa **"Focos de Incendios detectados"** con la herramienta **"Crear foco de Incendio"**, la herramienta **"Análisis de Focos de Incendios Forestales"** permite mediante gráficos analizar la frecuencia con la que intervienen los valores de las variable 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".**

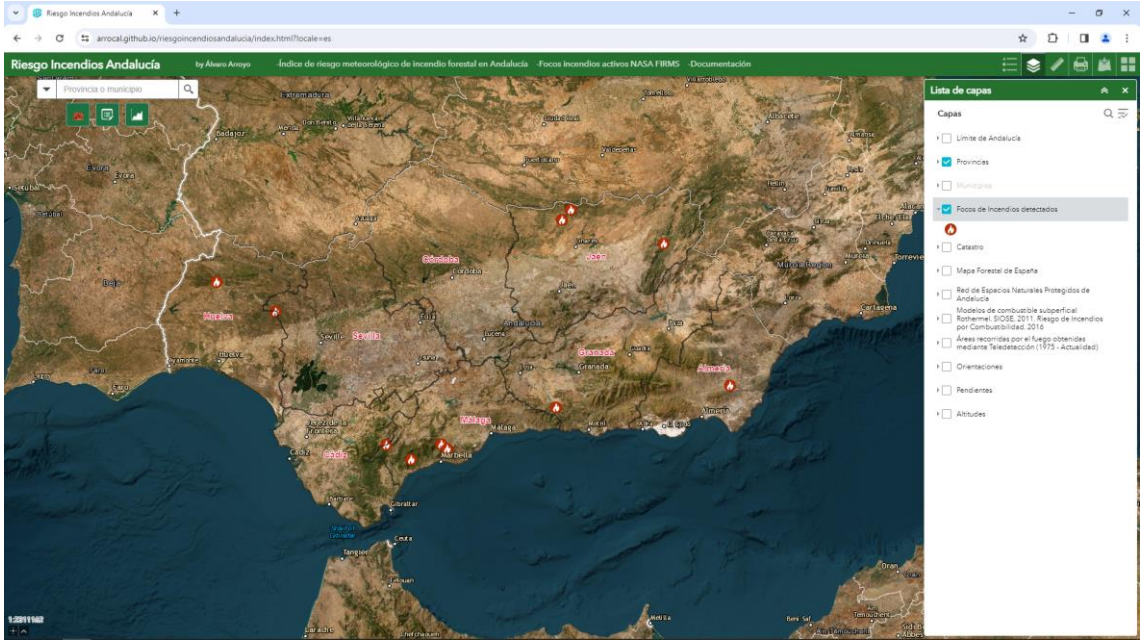

Imagen 56: Focos de incendios detectados

Para cada uno 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).

11.3.3.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

- ✓ Abrir la herramienta **"Análisis de Focos de Incendios Forestales"**

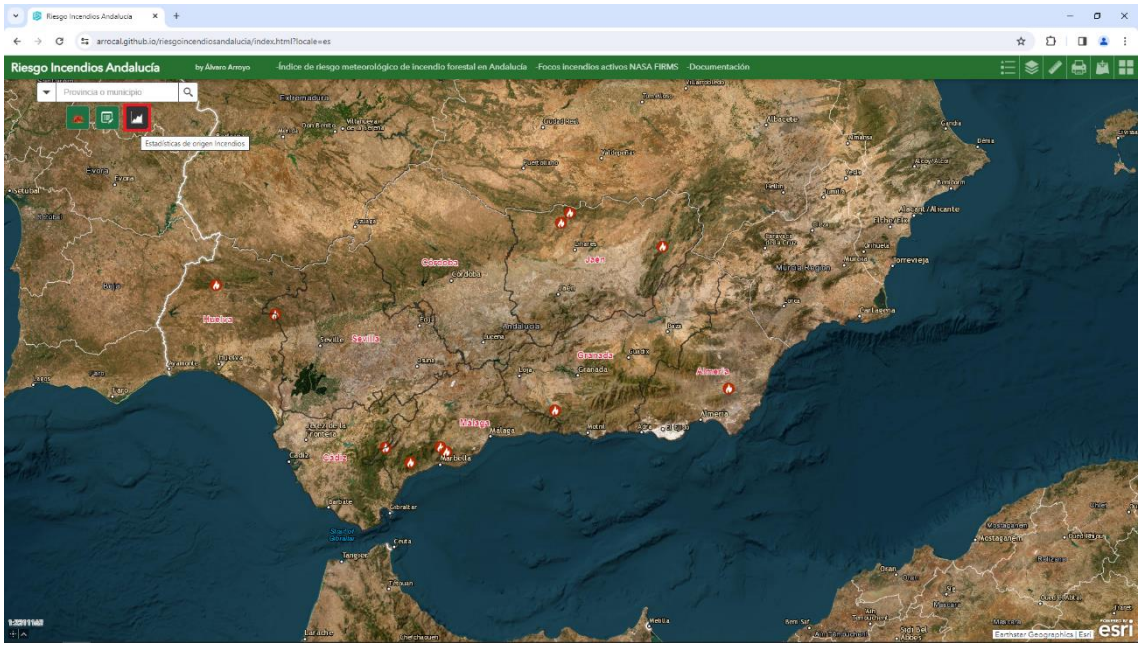

Imagen 57: Abrir herramienta análisis de focos de incendios

- ✓ Seleccionar la categoría del gráfico a mostrar haciendo "click" sobre ella

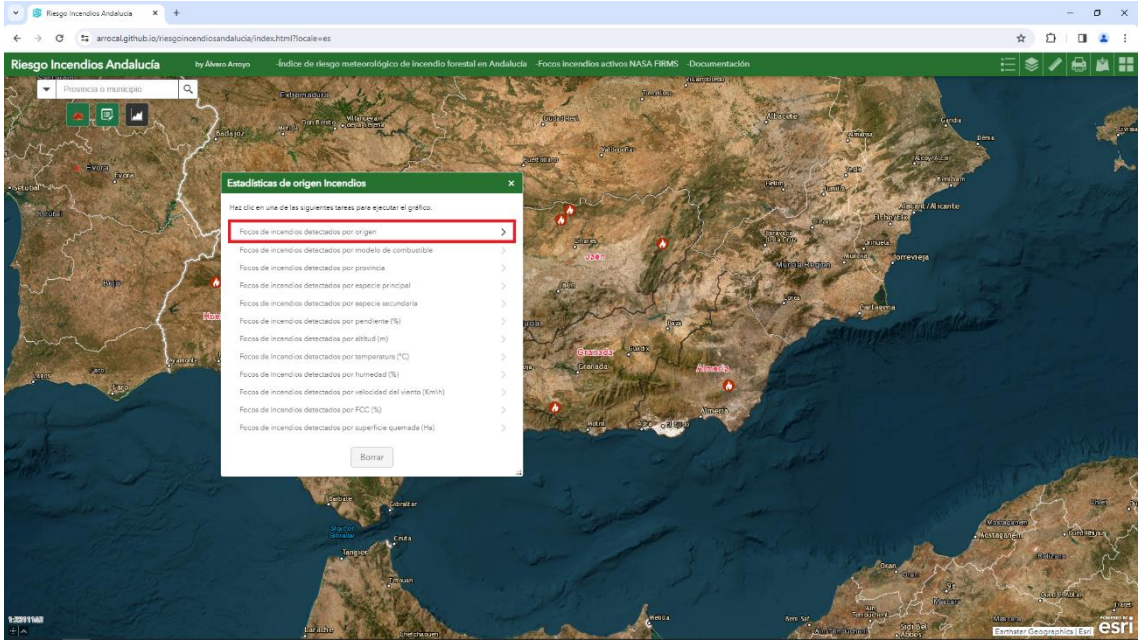

Imagen 58: Selección categoría gráfico herramienta análisis de focos de incendios

- ✓ 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"**

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

En las siguientes imágenes se muestra un ejemplo dibujando el contorno de la provincia de Jaén.

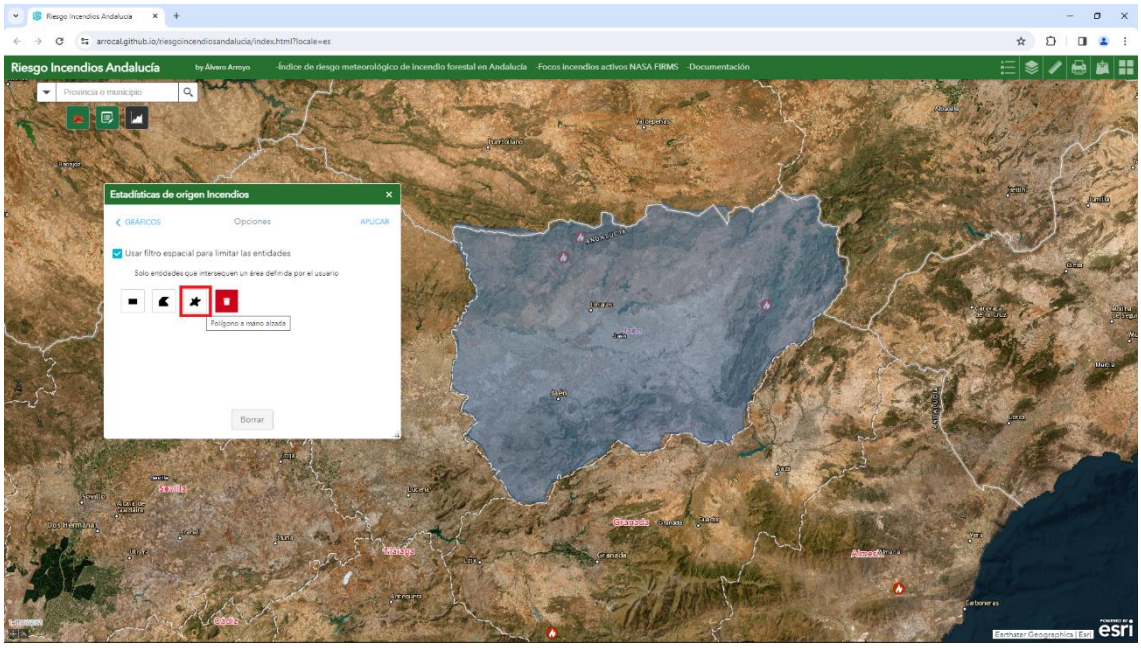

Imagen 59: Dibujo zona de análisis herramienta análisis de focos de incendios

- ✓ Pulsar "Aceptar" para generar el gráfico

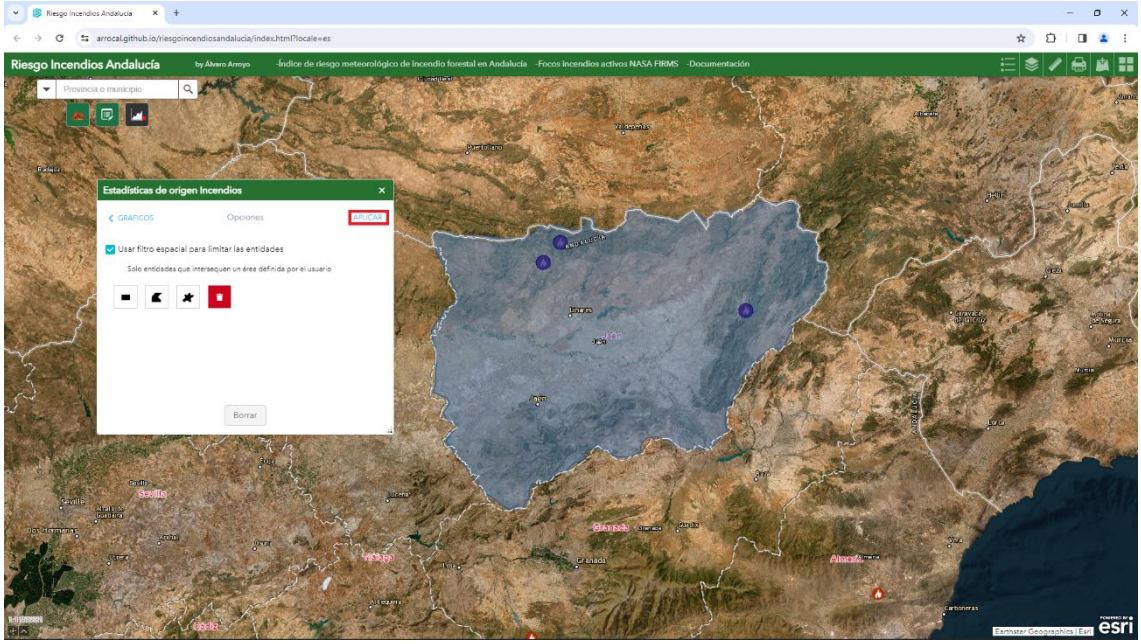

Imagen 60: Generación gráfico herramienta análisis de focos de incendios

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 se ve el número de incendios que corresponden a cada categoría.

En la siguiente imagen 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”.

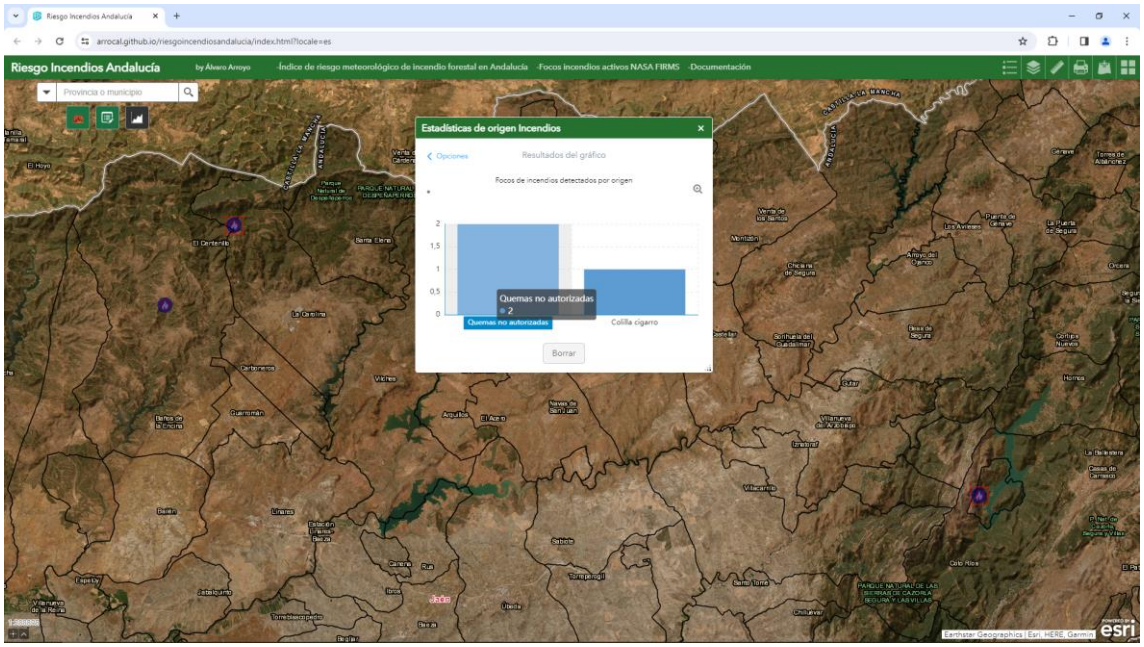

Imagen 61: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 1

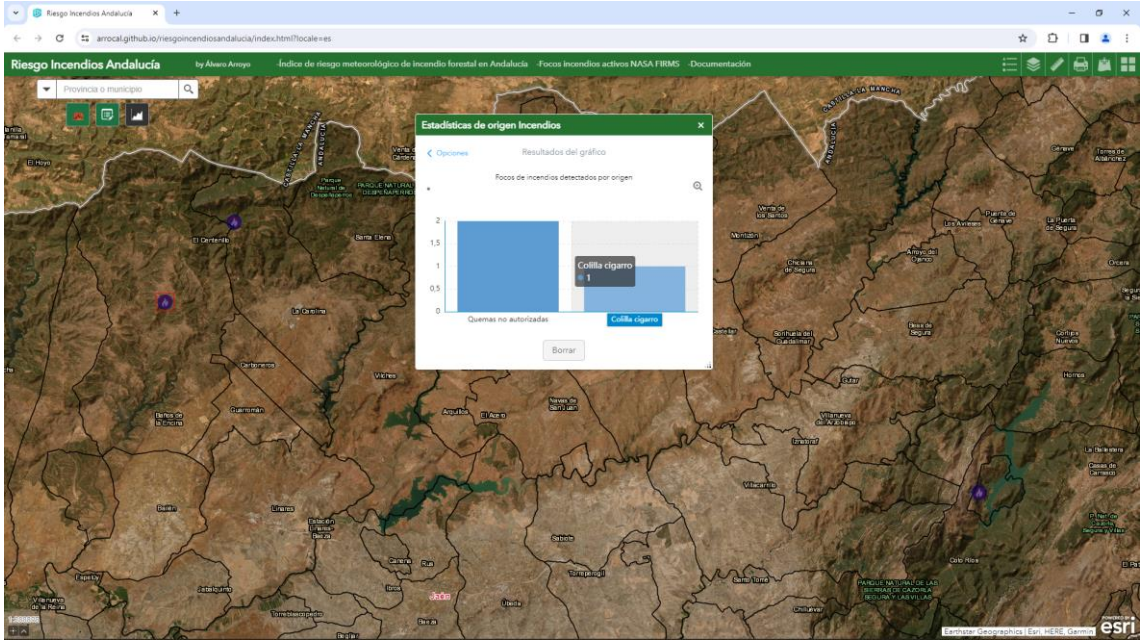

Imagen 62: Resultados herramienta análisis de focos de incendios 2

Una vez generado el gráfico, para volver atrás y generar otro hay que pulsar en “Opciones”.

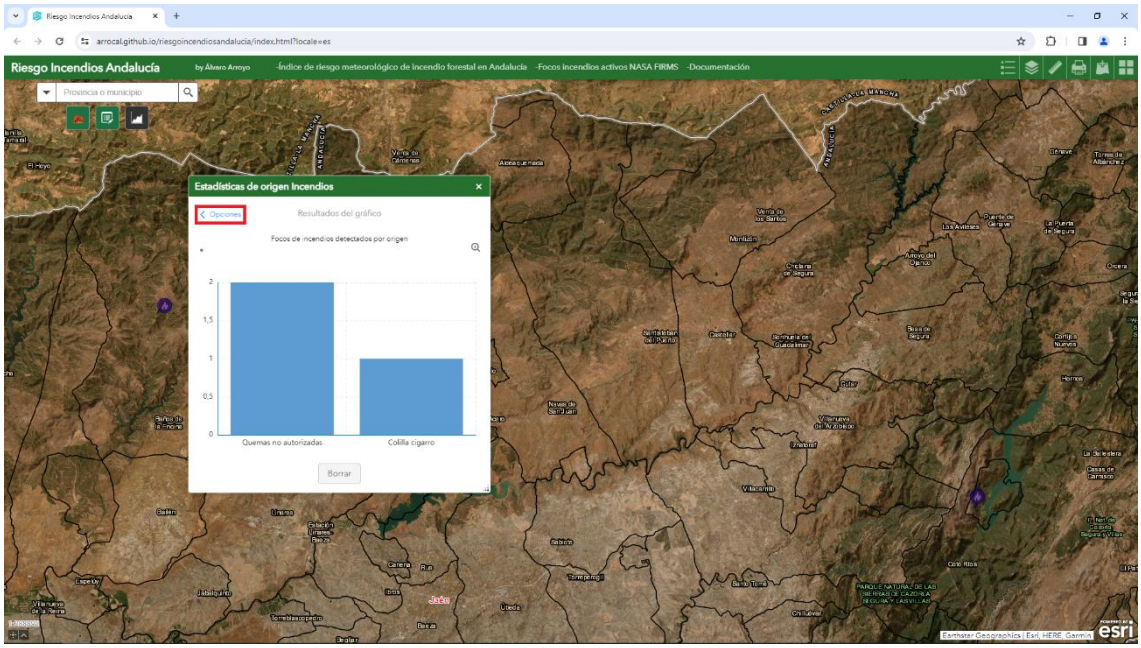

Imagen 63: Volver atrás herramienta análisis de focos de incendios 1

Y en “GRAFICOS”.

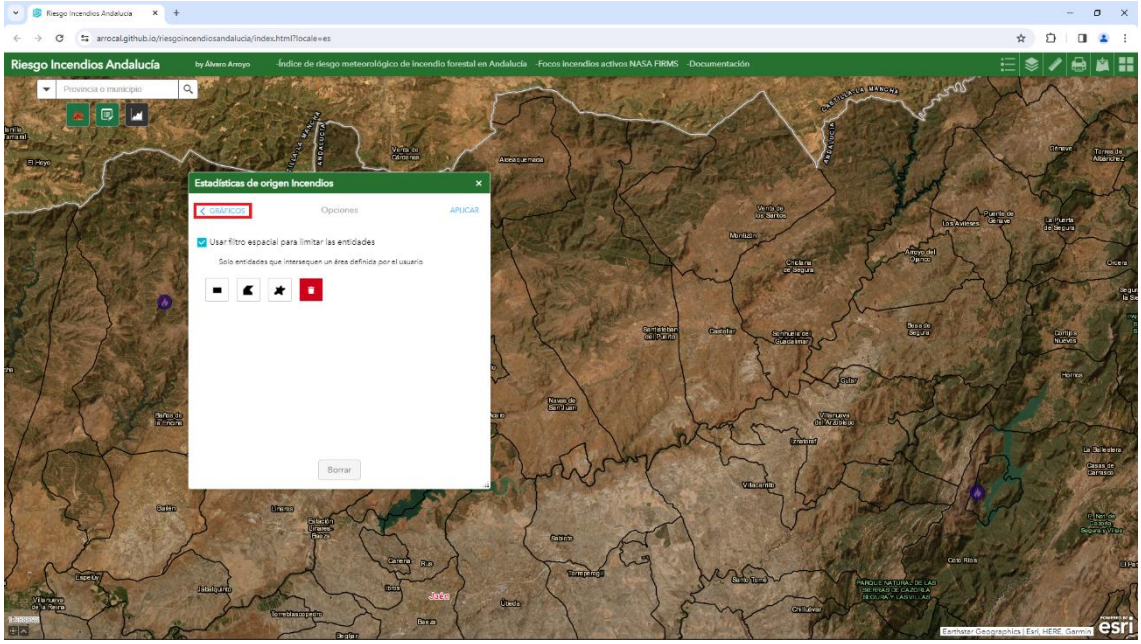

Imagen 64: herramienta análisis de focos de incendios 2

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**

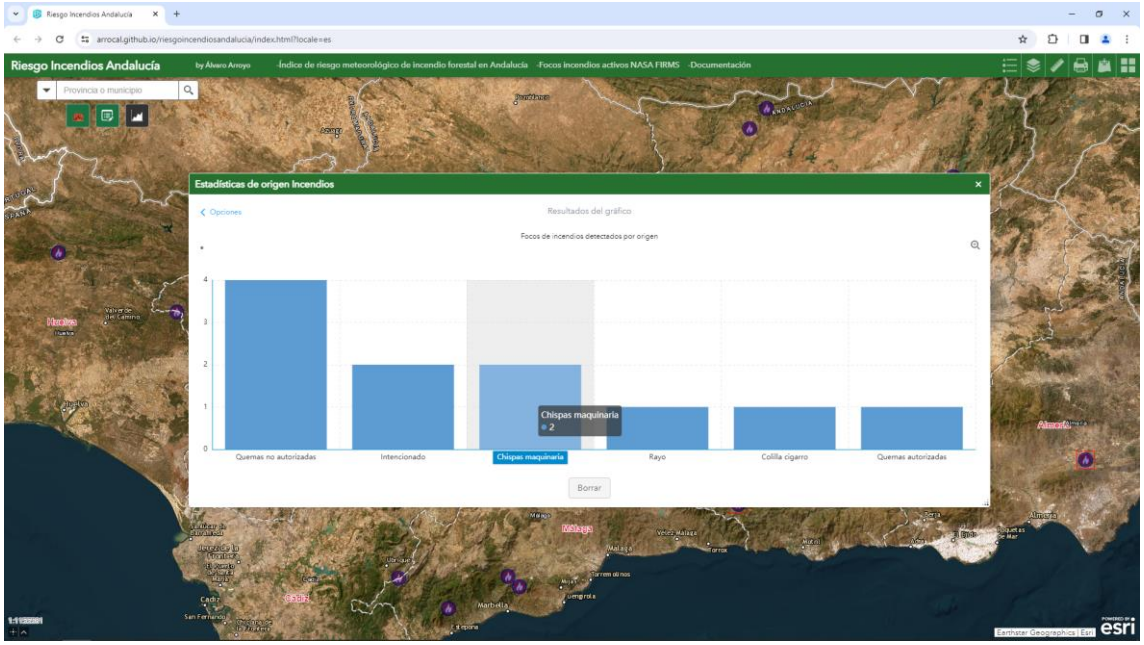

Imagen 65: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por origen

- Focos de incendios detectados por **Modelo de Combustible**

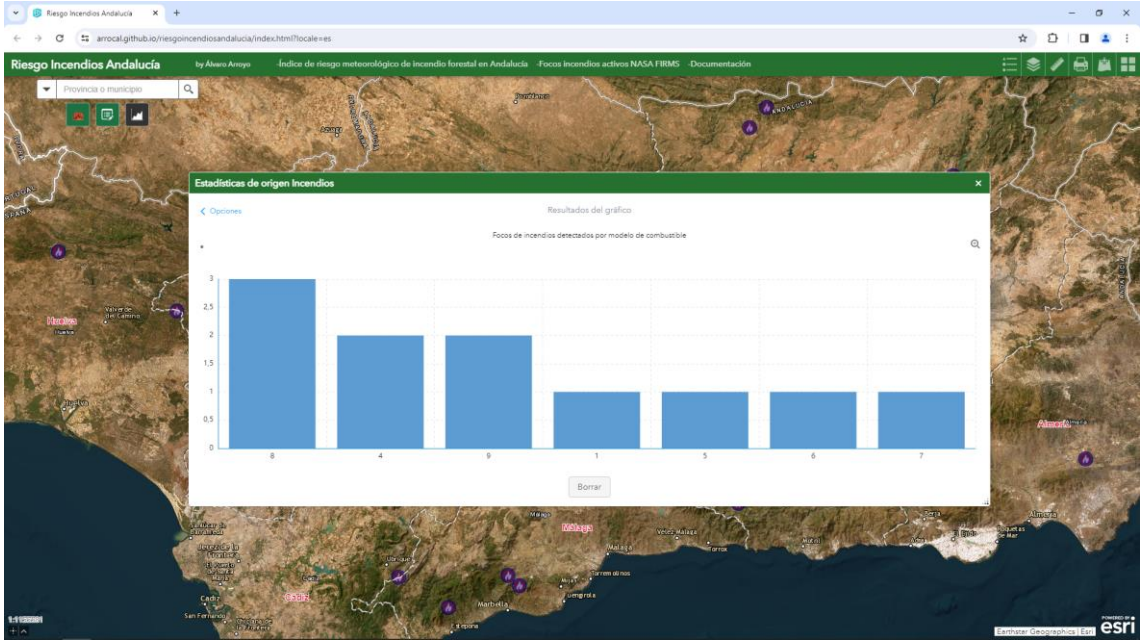

Imagen 66: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por modelo de combustible

- Focos de incendios detectados por **Provincia**

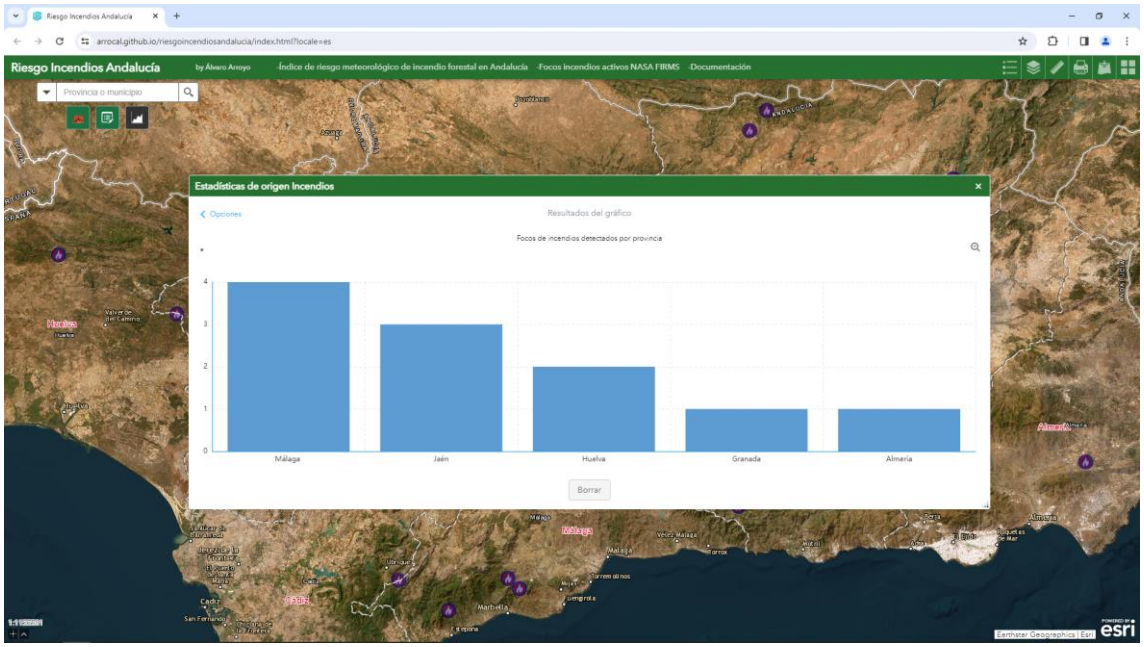

Imagen 67: : Resultados herramienta análisis de focos de incendios por provincia

- Focos de incendios detectados por **Especie Principal**

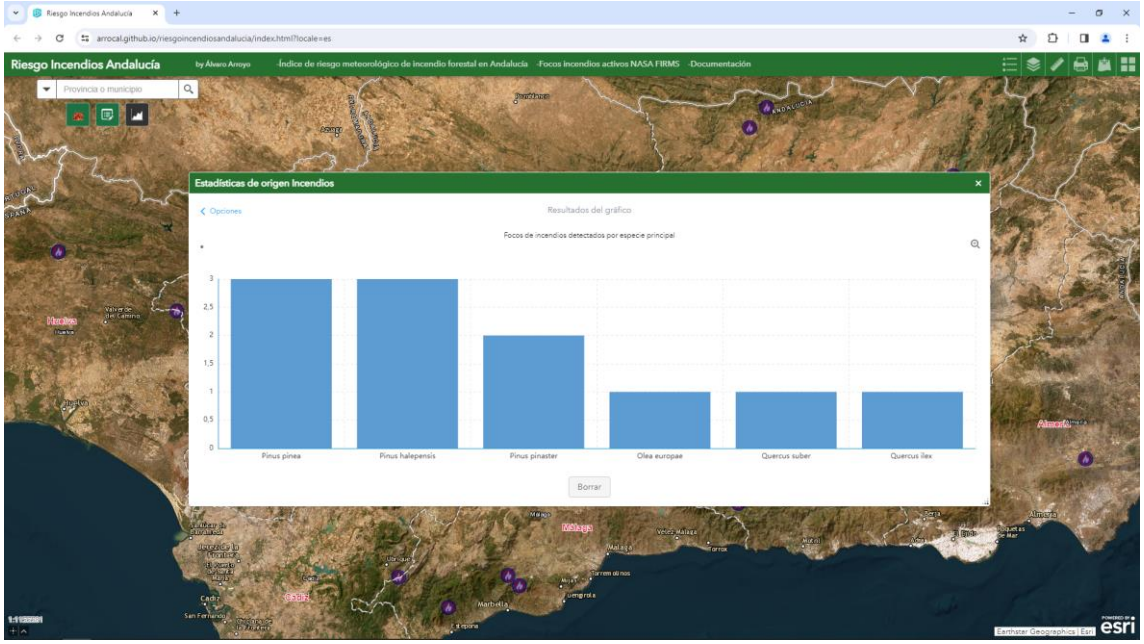

Imagen 68: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie principal

- Focos de incendios detectados por **Especie Secundaria**

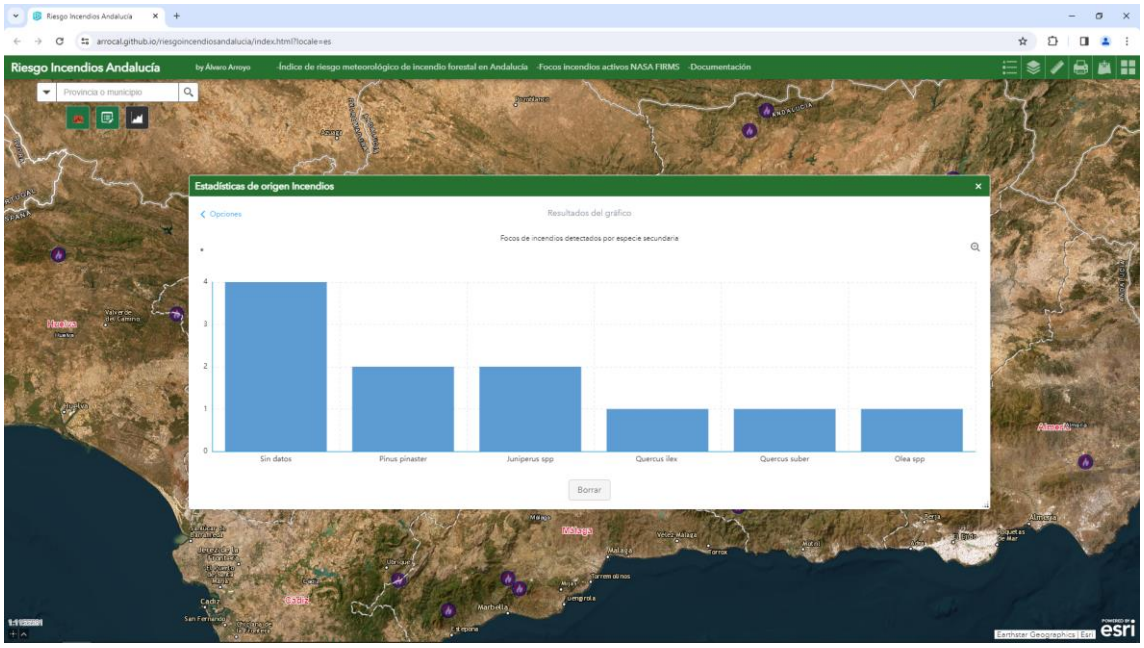

Imagen 69: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por especie secundaria

- Focos de incendios detectados por **Pendiente**

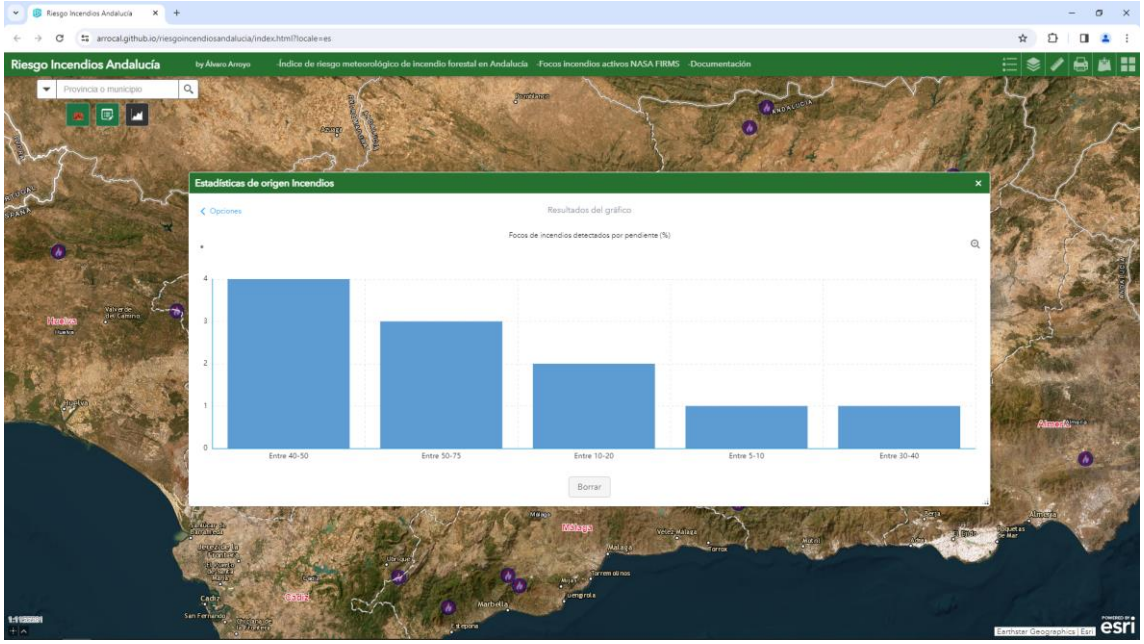

Imagen 70: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por pendiente

- Focos de incendios detectados por **Altitud**

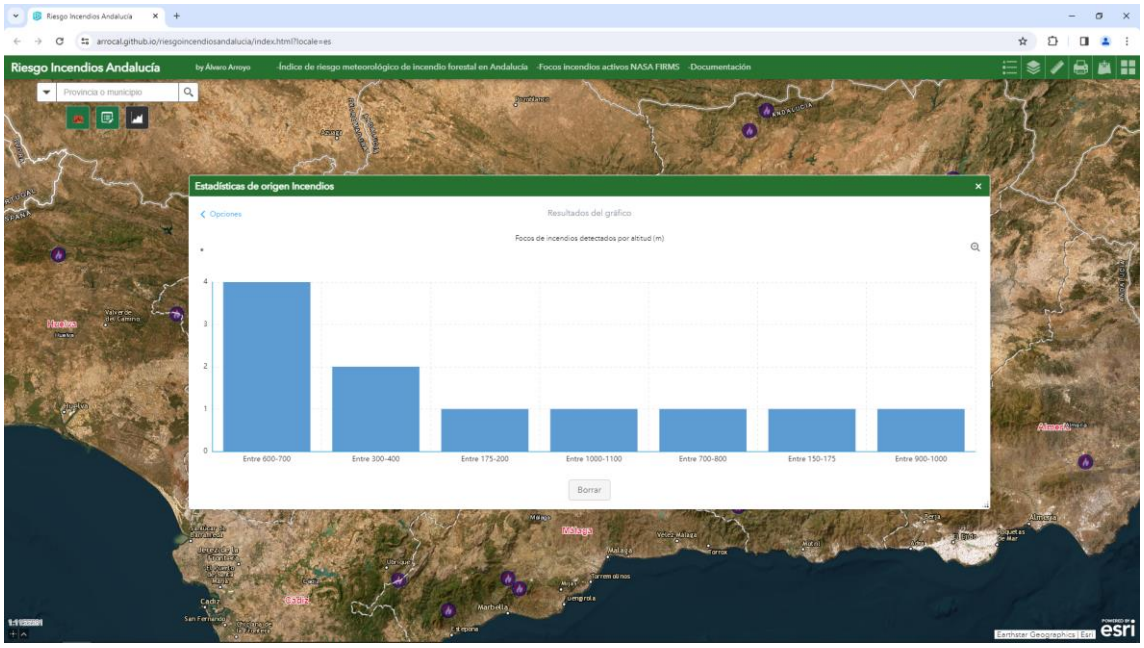

Imagen 71: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por altitud

- Focos de incendios detectados por **Temperatura**

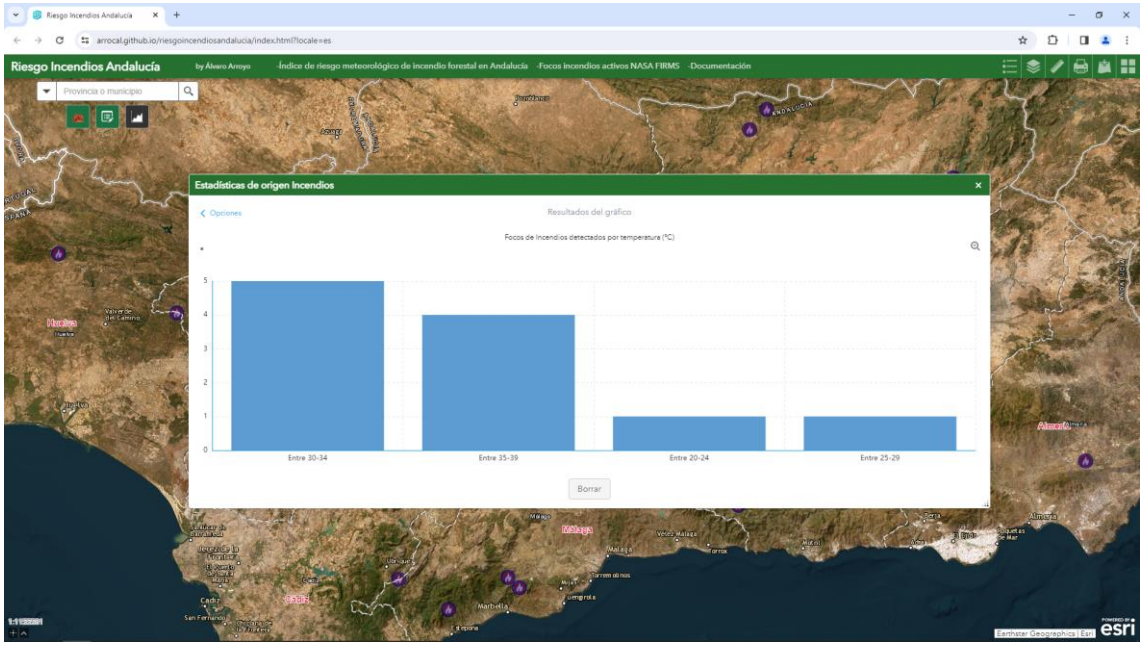

Imagen 72: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por temperatura

- Focos de incendios detectados por **Humedad**

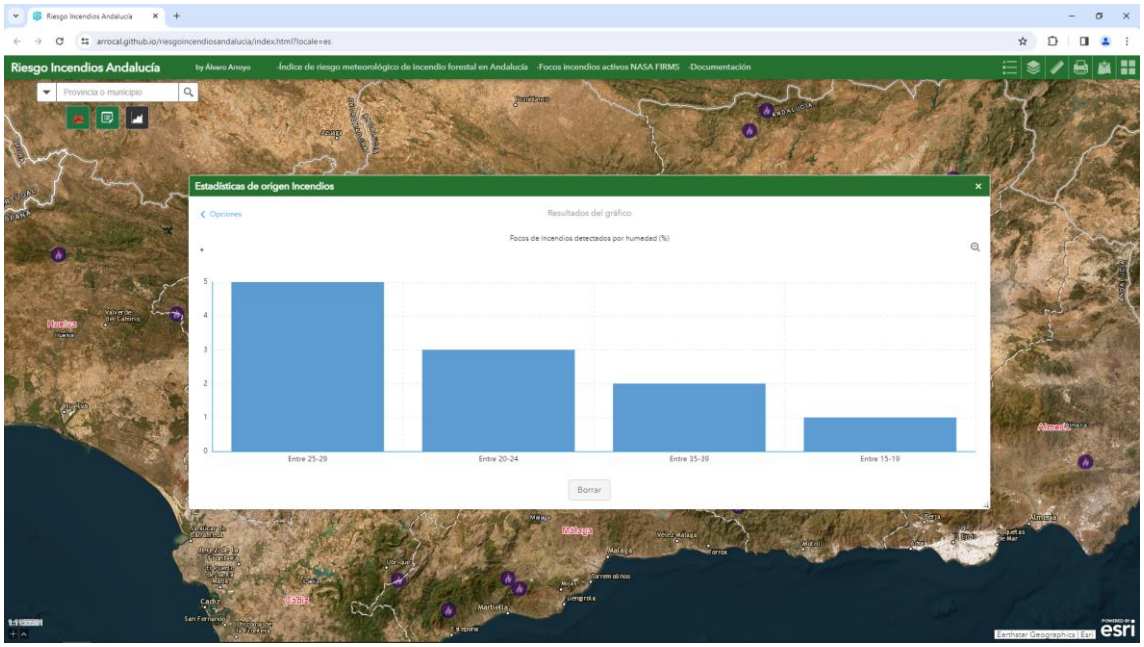

Imagen 73: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por humedad

- Focos de incendios detectados por **Velocidad del Viento**

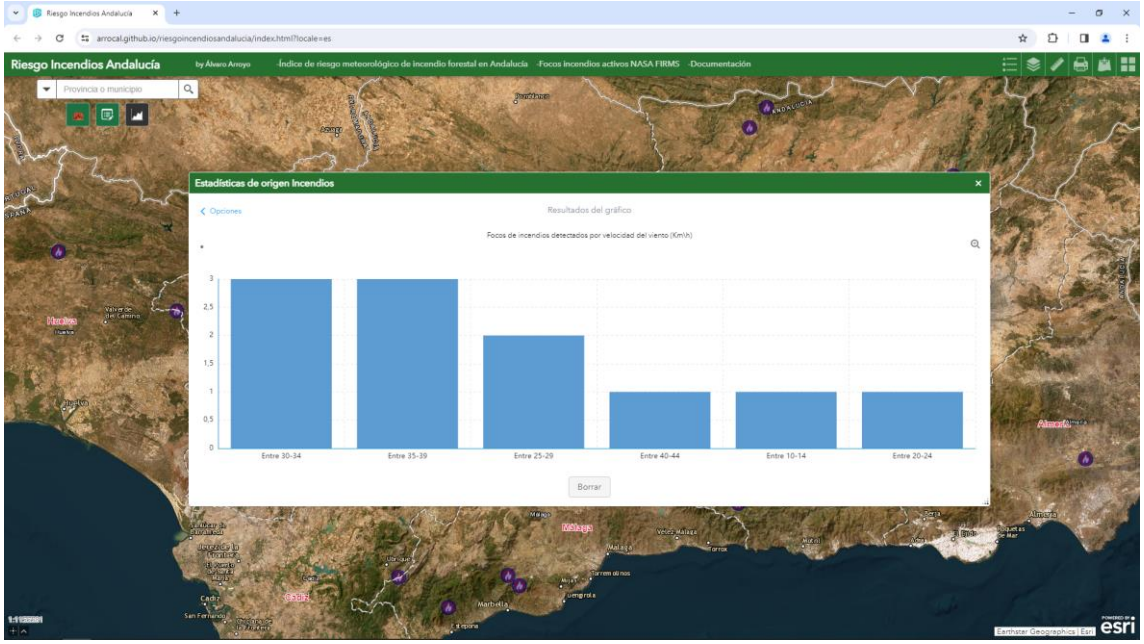

Imagen 74: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por velocidad del viento

- Focos de incendios detectados por **FCC**

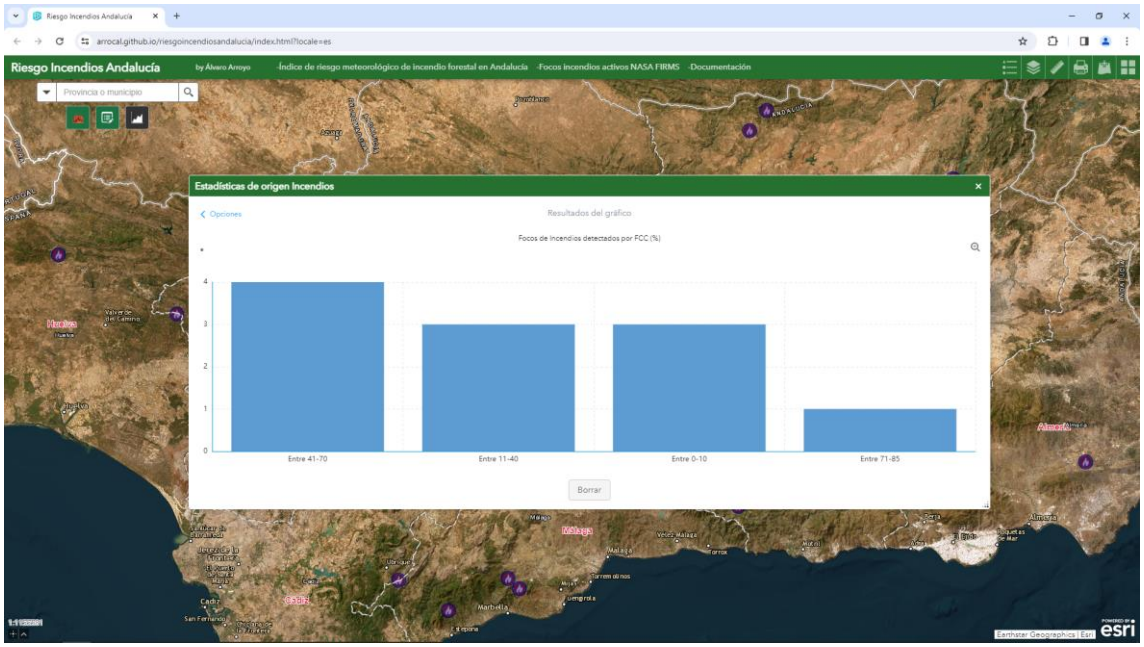

Imagen 75: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por FCC

- Focos de incendios detectados por **Superficie Quemada**

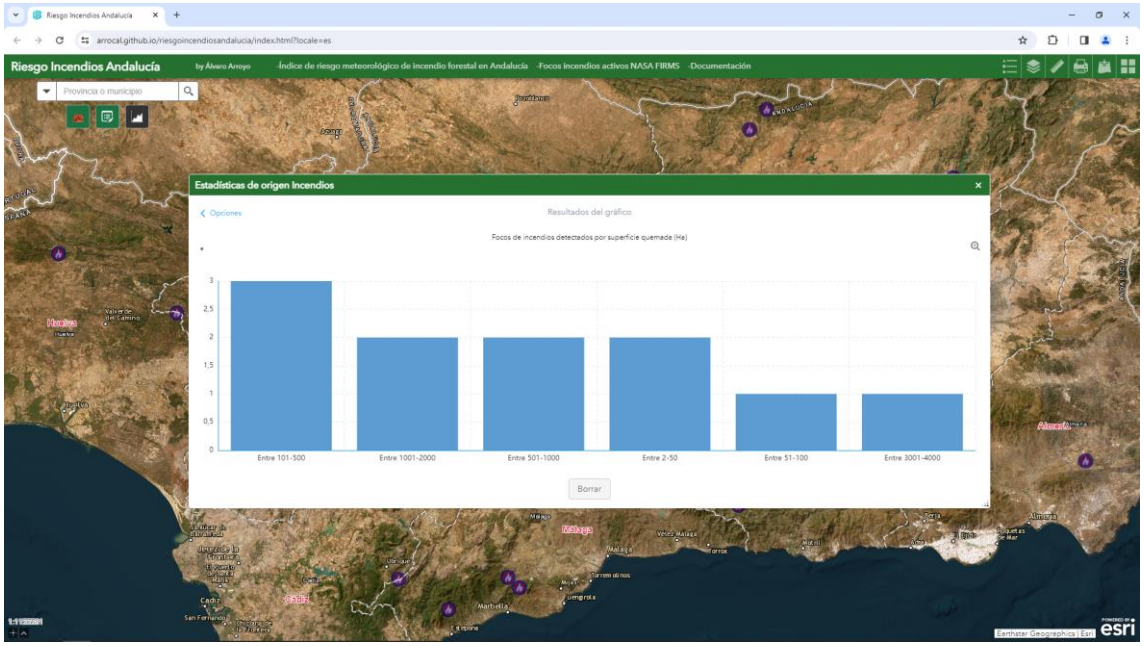

Imagen 76: Resultados herramienta análisis de focos de incendios por superficie quemada

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

11.4 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

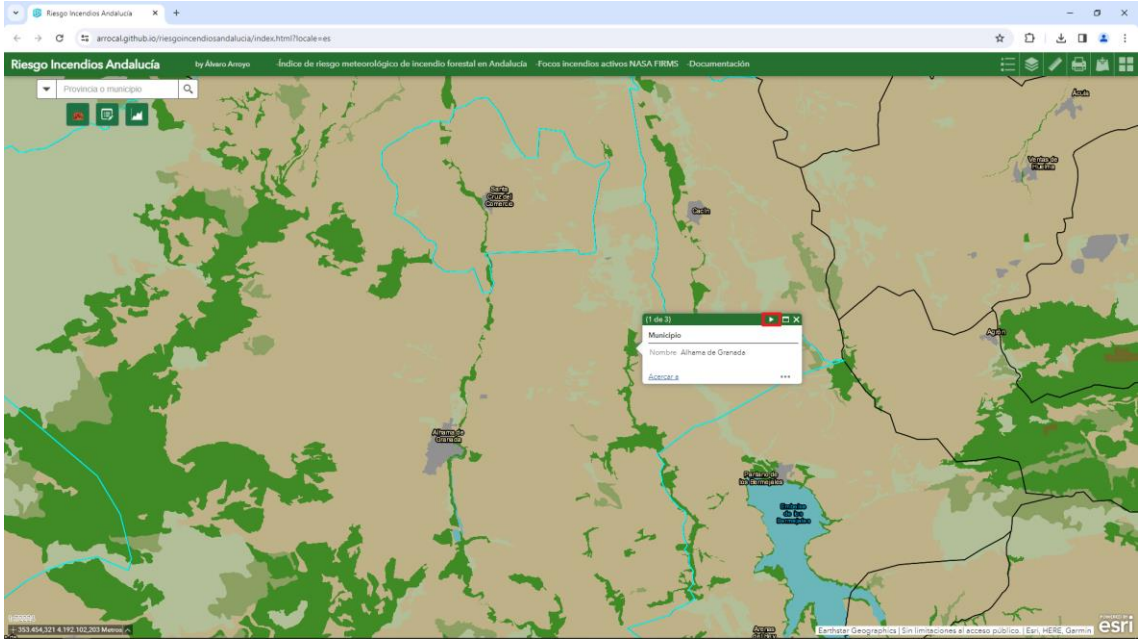

Imagen 77: Herramienta identificación

- ✓ Se mostrará un panel con la información del elemento

- ✓ 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

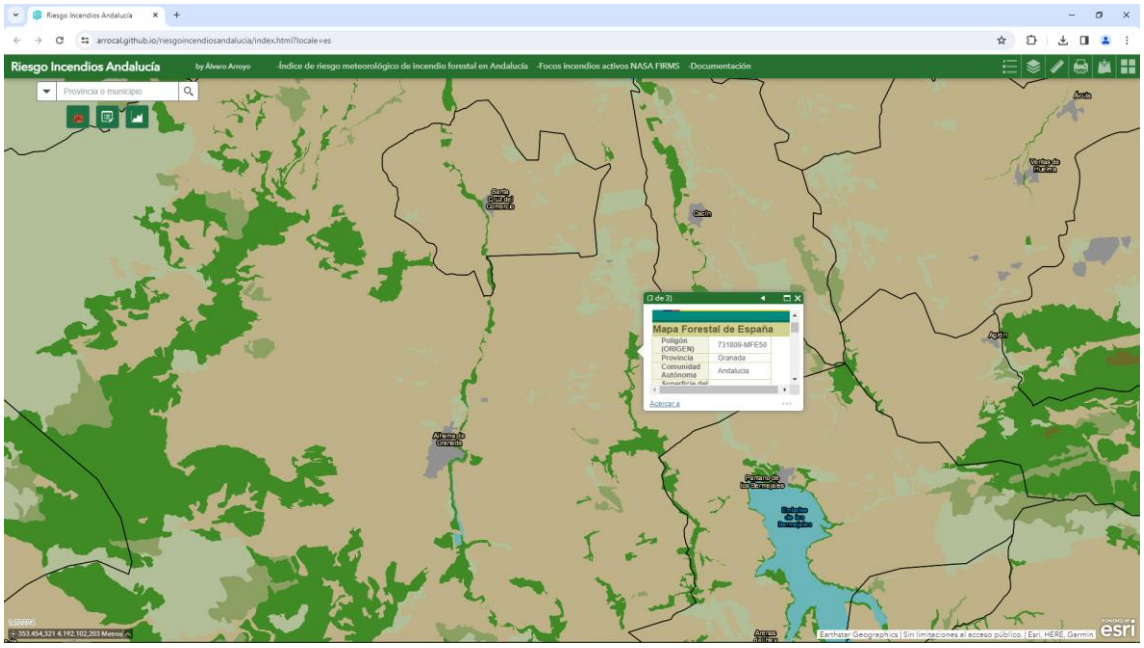

Imagen 78: Resultados herramienta identificación

- 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

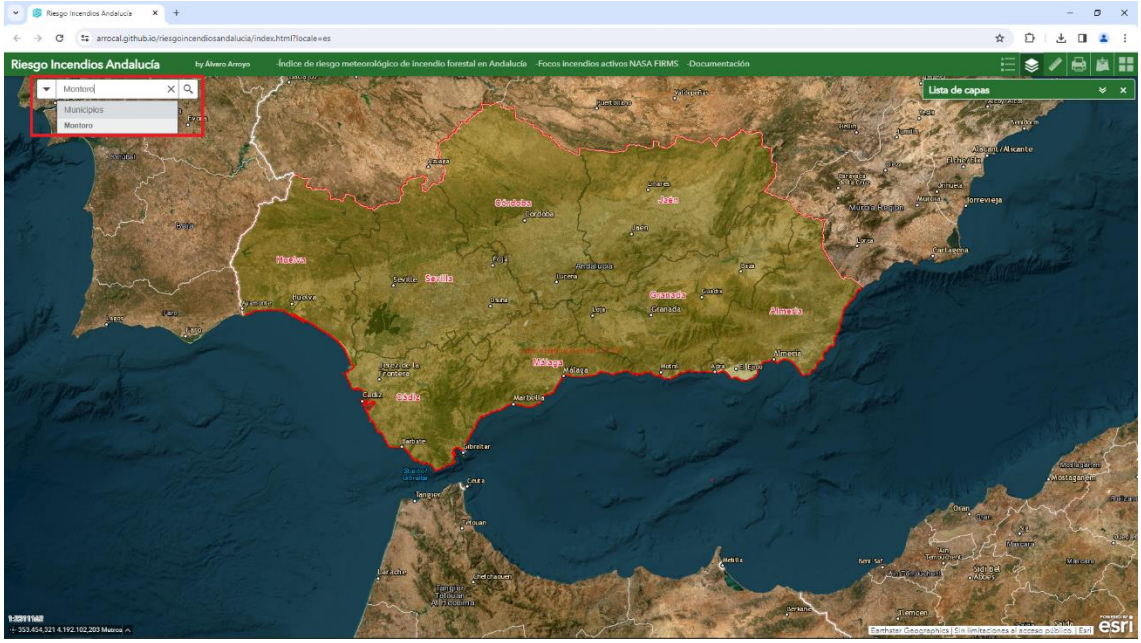

Imagen 79: Herramienta búsqueda de provincia o municipio

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

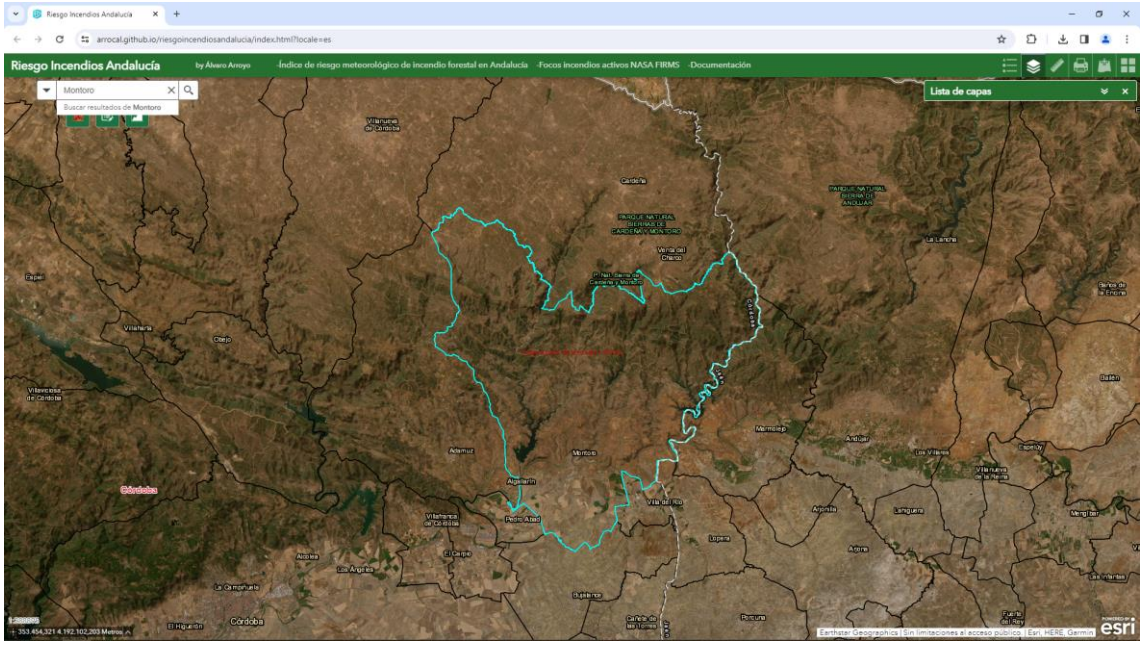

Imagen 80: Resultados herramienta búsqueda de provincia o municipio

- Lista de capas

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

- ✓ Abrir la herramienta **“Lista de capas”**

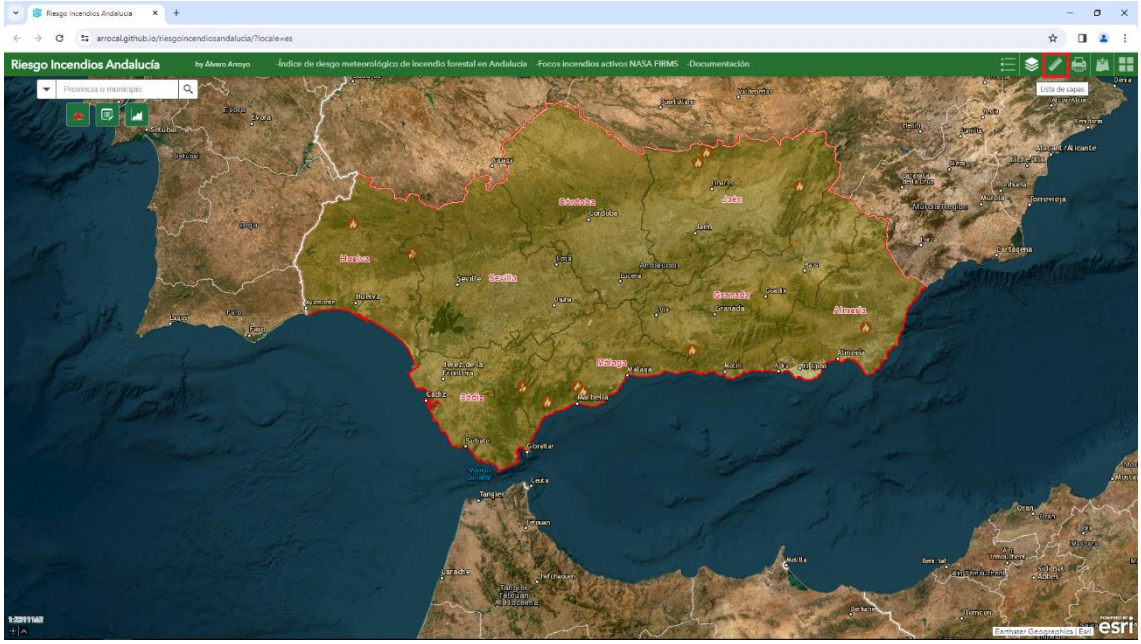

Imagen 81 Herramienta lista de capas

- ✓ Chequear/deschequear para visualizar u ocultar las capas del mapa

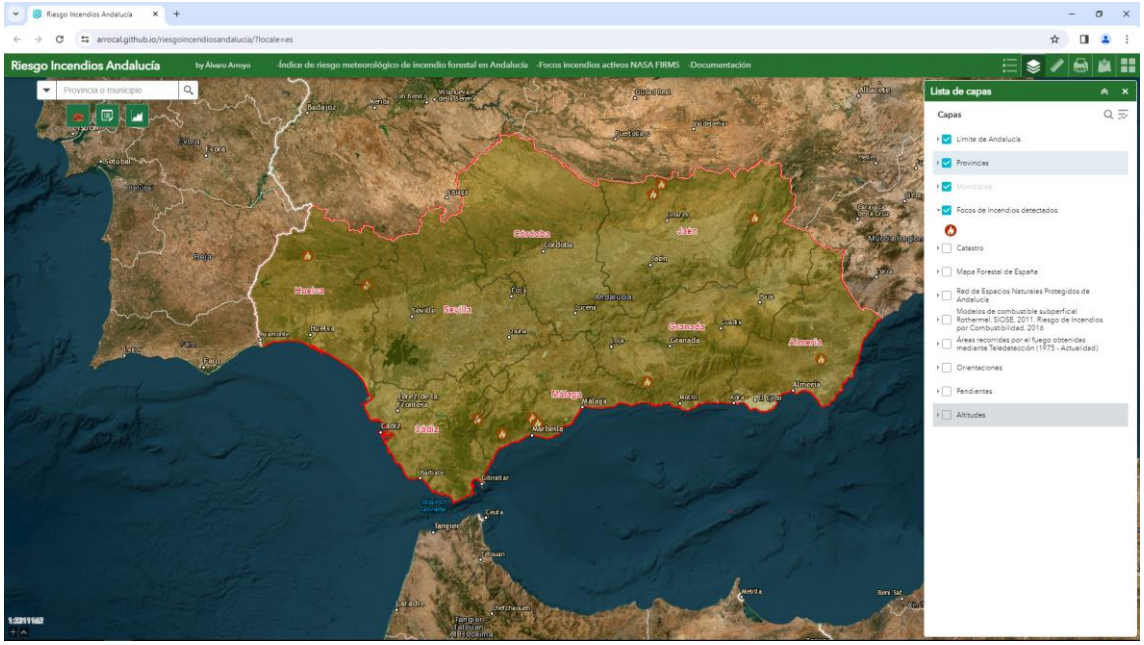

Imagen 82: Activación capas herramienta lista de capas

- Medición de superficie y distancias

Para abrir la herramienta hay que pulsar el icono **“Medición”**.

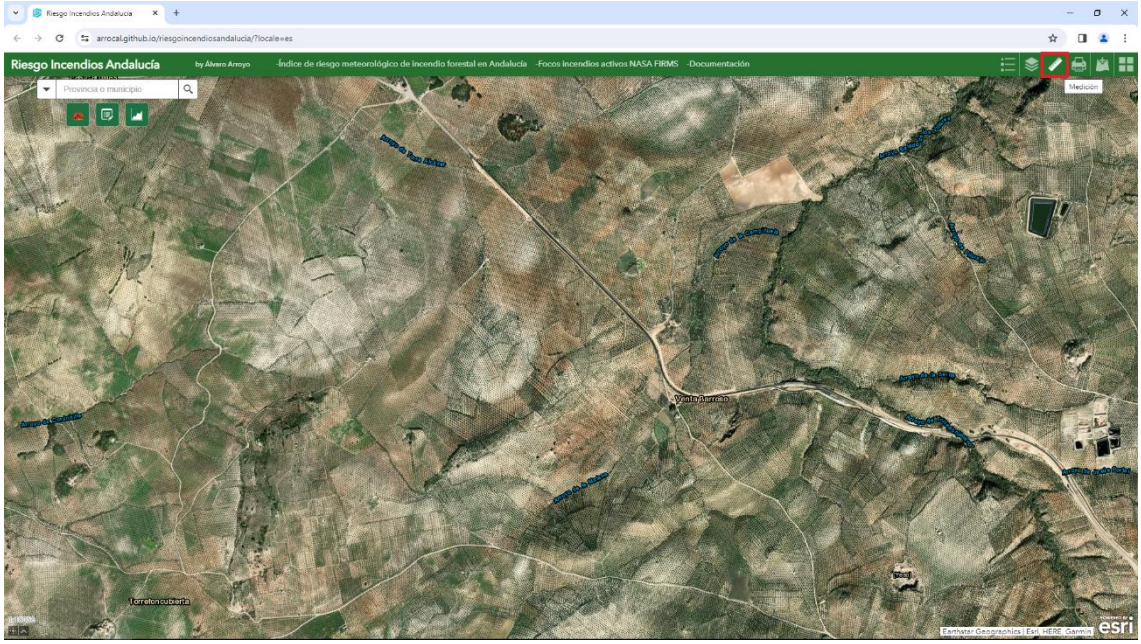

Imagen 83: Herramienta medición

1. Medición de superficie

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

- ✓ Pulsar el icono “Área”

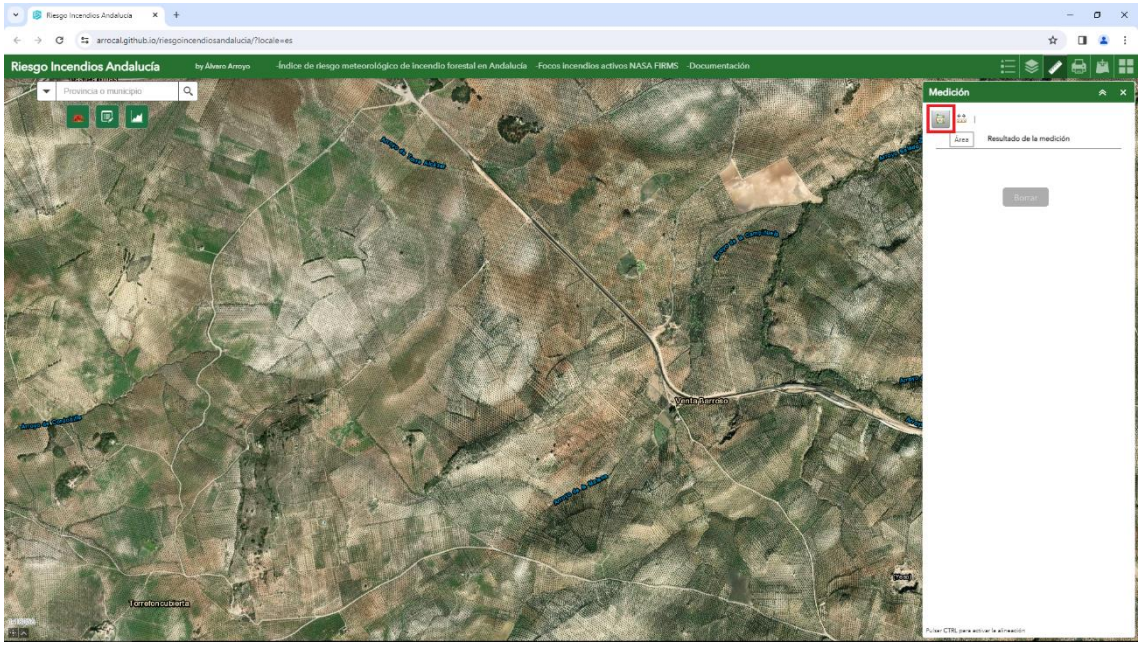

Imagen 84: Herramienta medición superficies

- ✓ Seleccionar la unidad de medida en el desplegable.

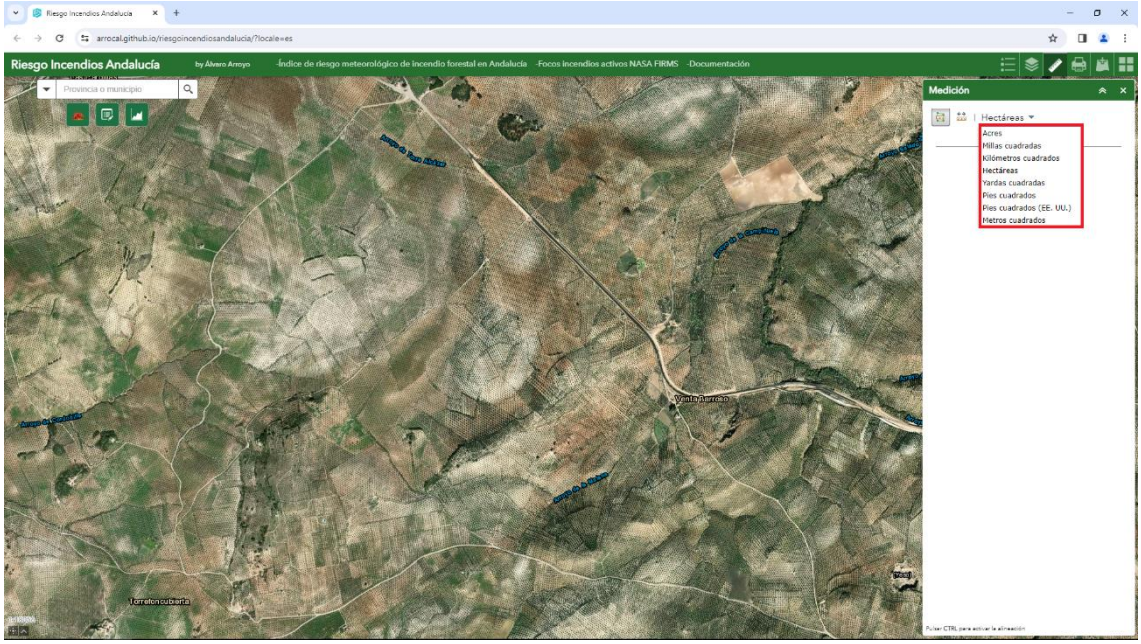

Imagen 85: Selección unidades herramienta medición superficies

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

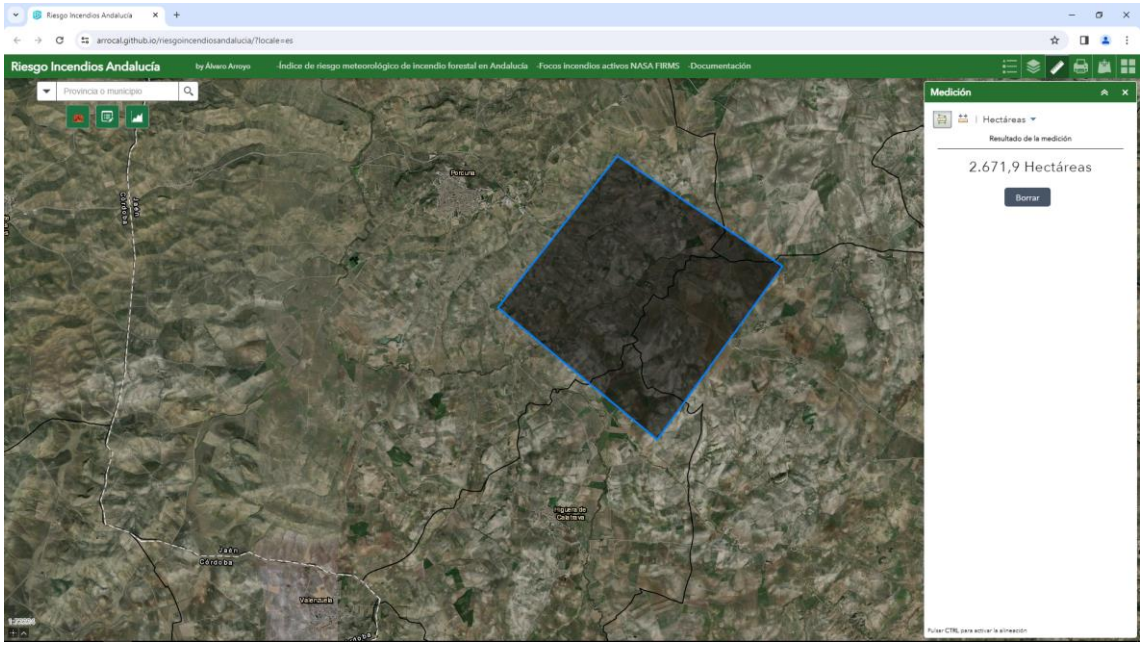

Imagen 86: Dibujo área medición y resultados herramienta medición superficies

2. Medición de longitud

Para medir la longitud procede de la siguiente manera.

- ✓ Pulsar el icono “Distancia”

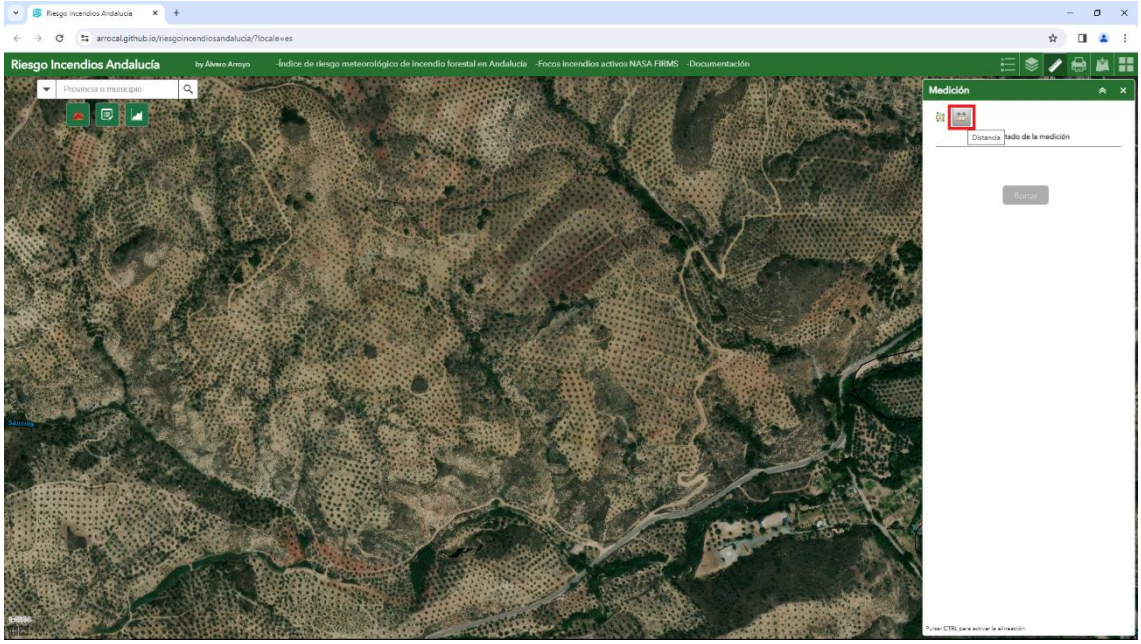

Imagen 87: Herramienta medición longitud

- ✓ Seleccionar la unidad de medida en el desplegable

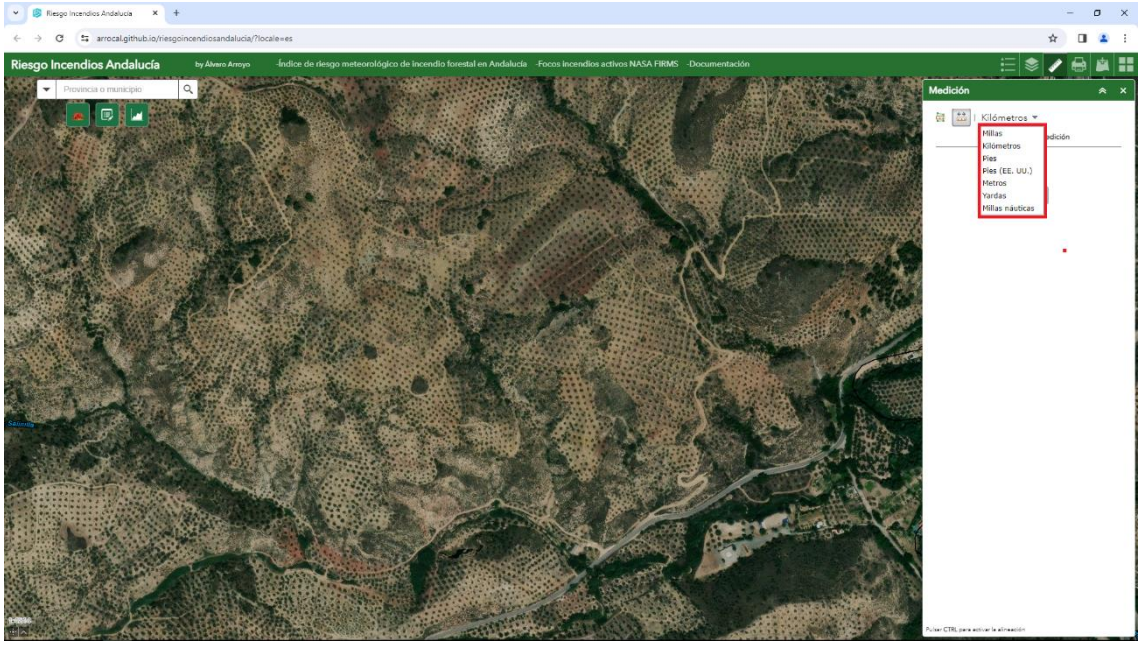

Imagen 88: Selección unidades herramienta medición longitud

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

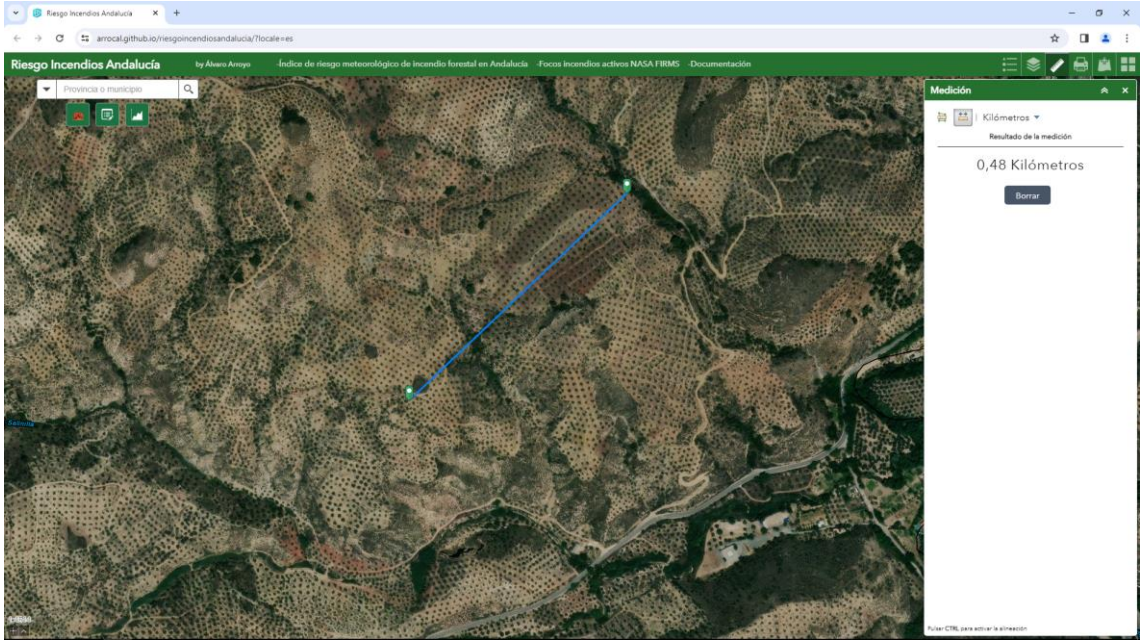

Imagen 89: Dibujo línea medición y resultados herramienta medición longitud

- Impresión

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

✓ Abrir herramienta pulsando el icono **"Imprimir"**

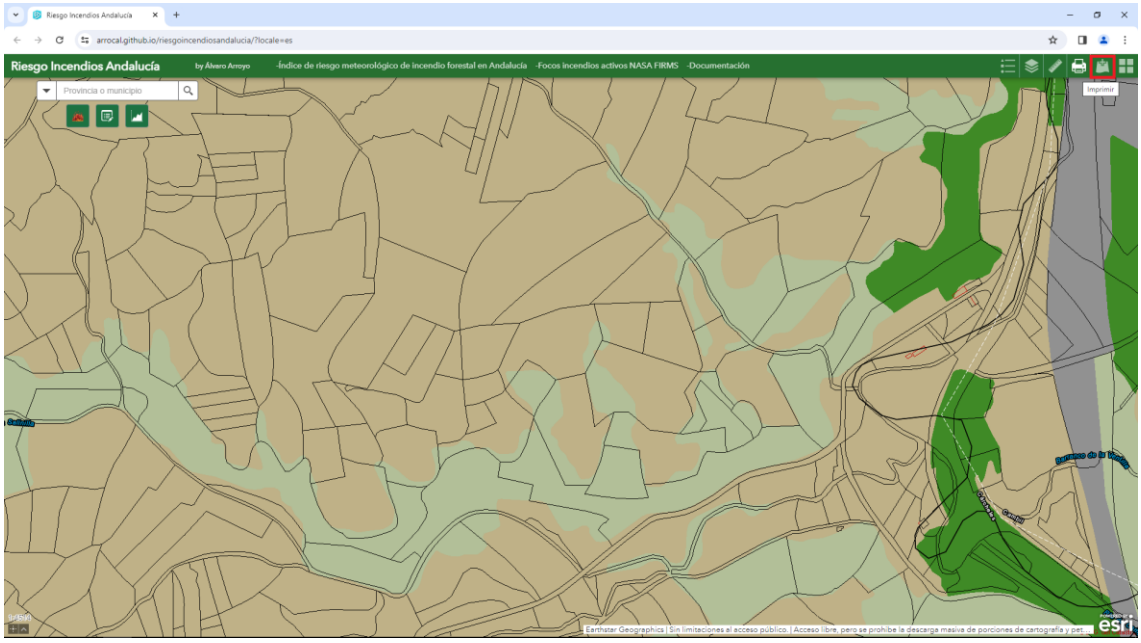

Imagen 90: Herramienta impresión

✓ Seleccionar el título, diseño, formato y opciones avanzadas del mapa a imprimir

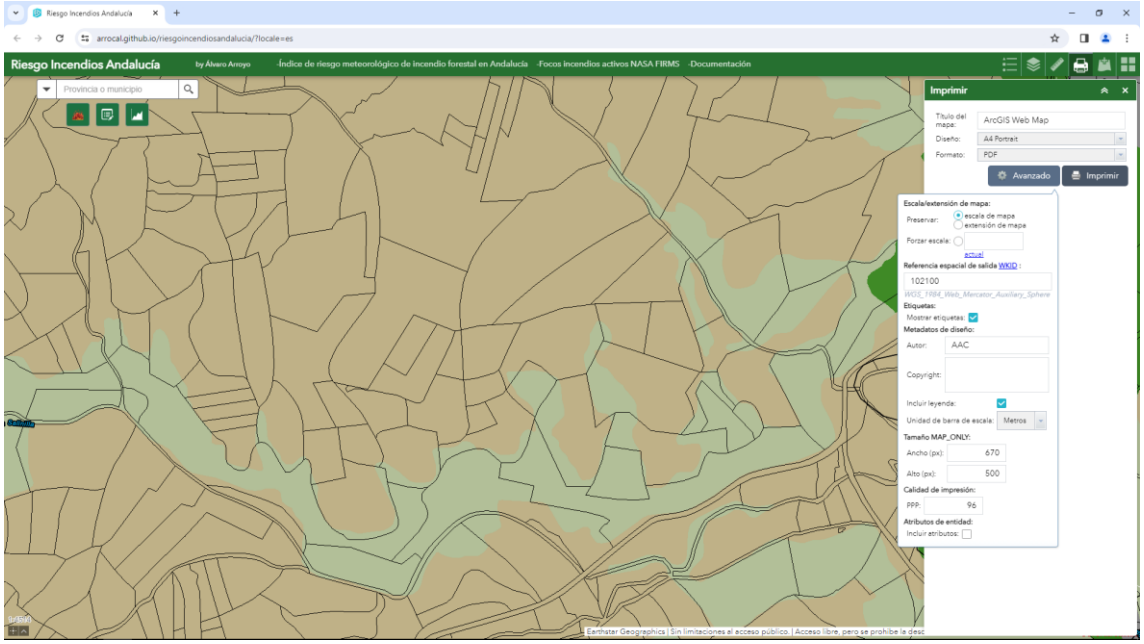

Imagen 91: Selección parámetros herramienta impresión

✓ Pulsar en “Imprimir”

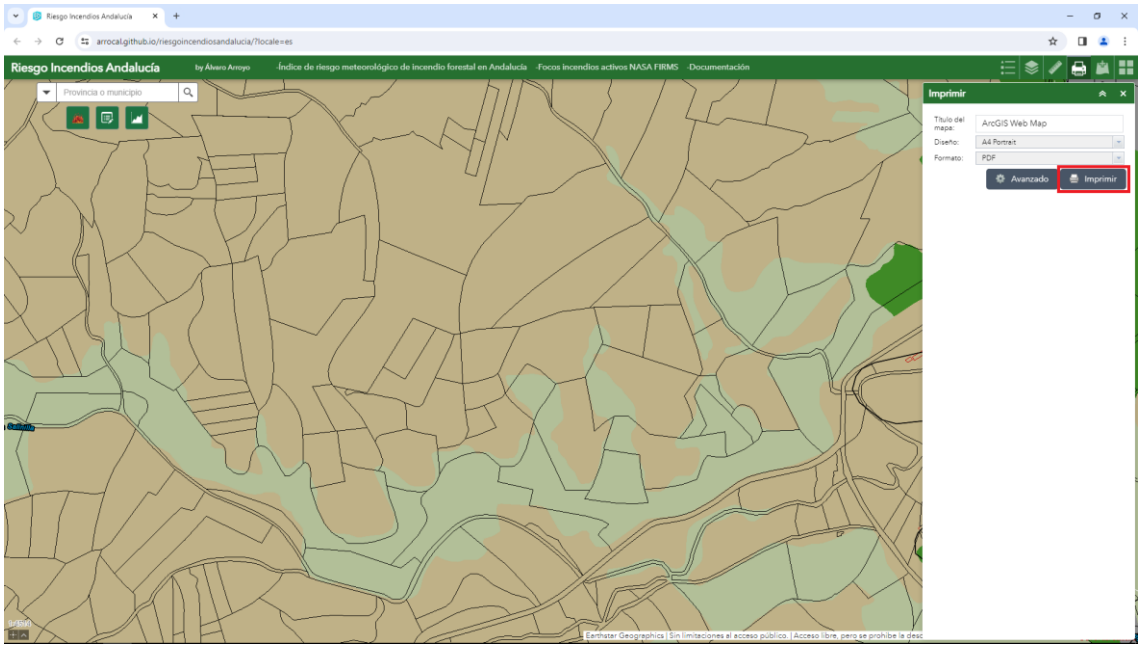

Imagen 92: Impresión mapa herramienta impresión 1

✓ Pulsar en el enlace generado para visualizar el mapa

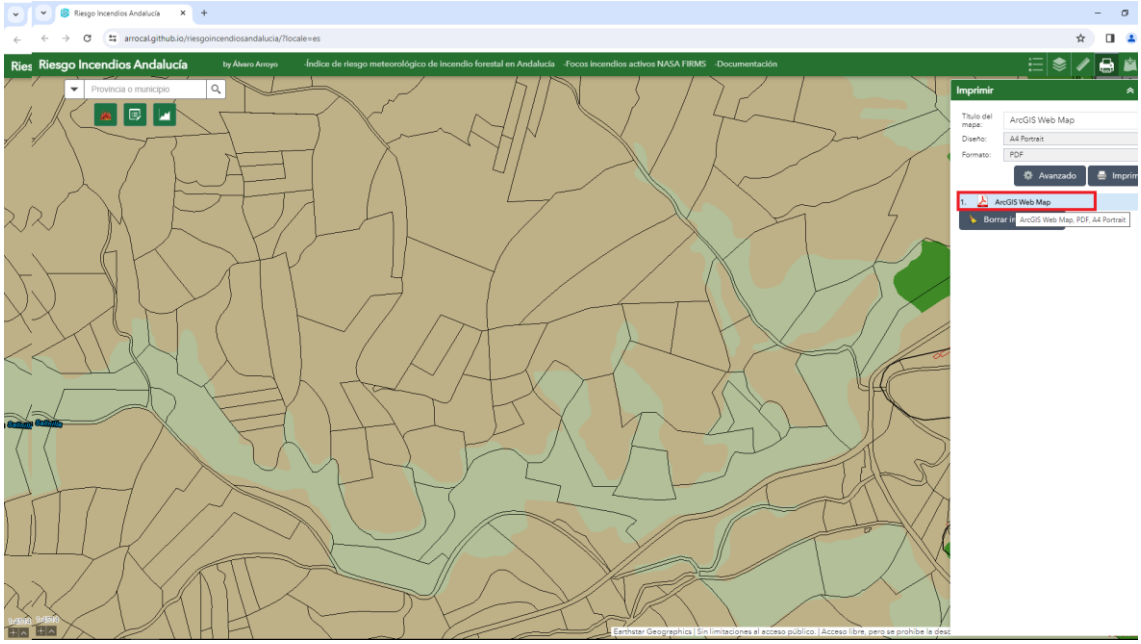

Imagen 93: Impresión mapa herramienta impresión 2

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

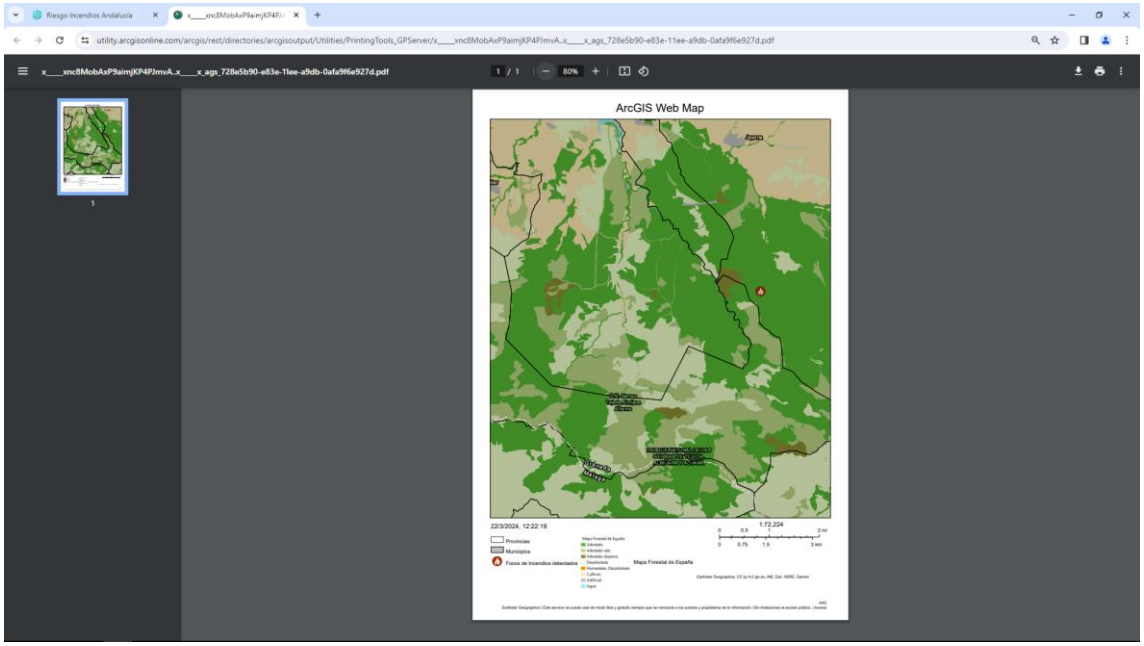

Imagen 94: Resultados herramienta impresión

- 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 11.3.1.2 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"**

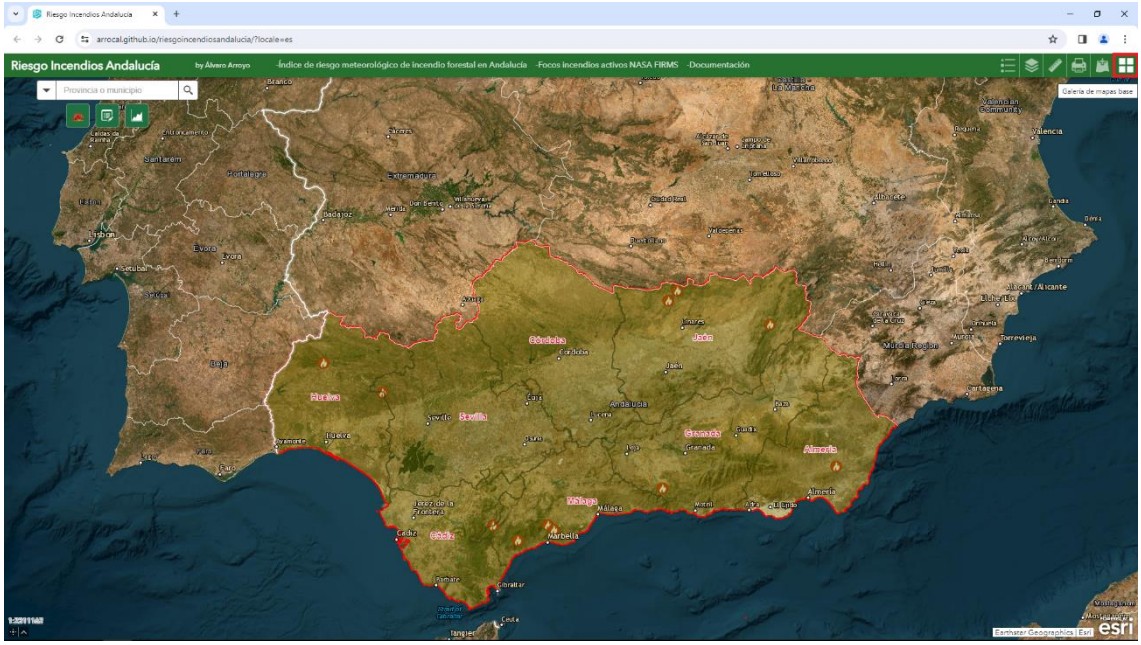

Imagen 95: Herramienta mapas base

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

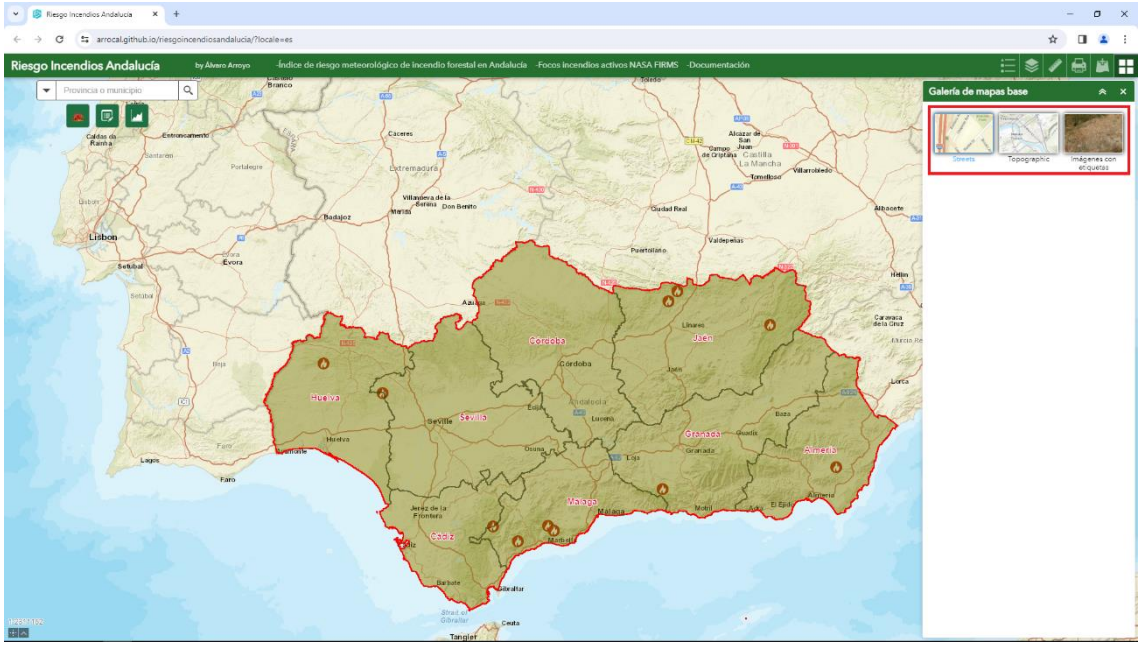

Imagen 96: Selección mapa base herramienta mapas base

- 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))

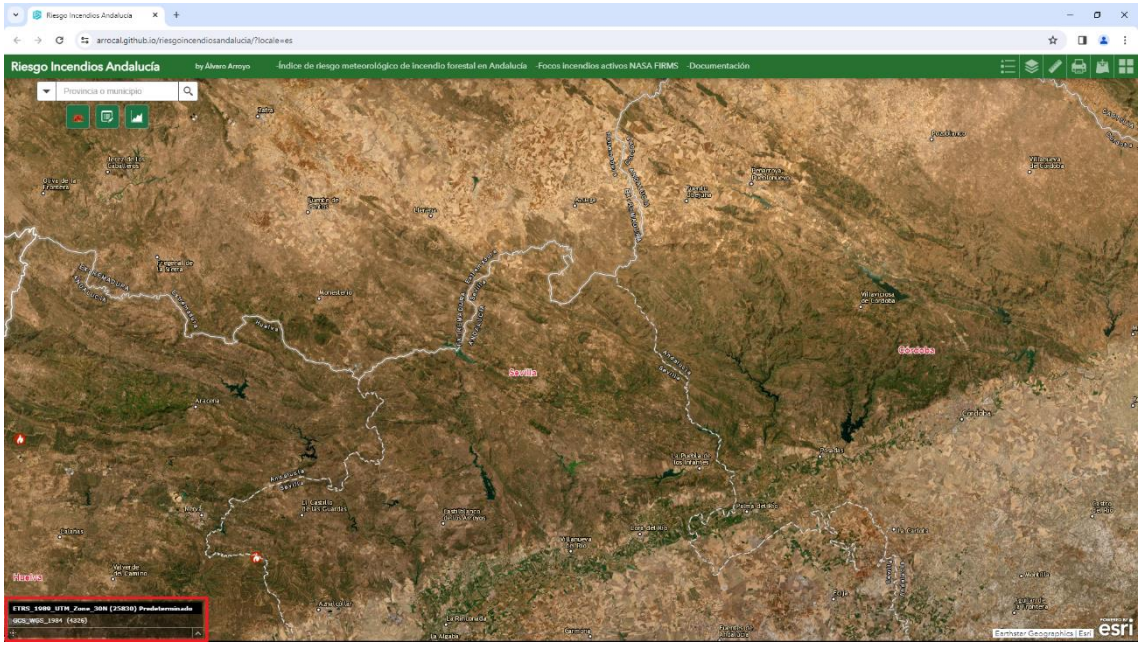

Imagen 97: Selección sistema de coordenadas herramienta coordenadas

✓ Hacer click en el icono de la siguiente imagen

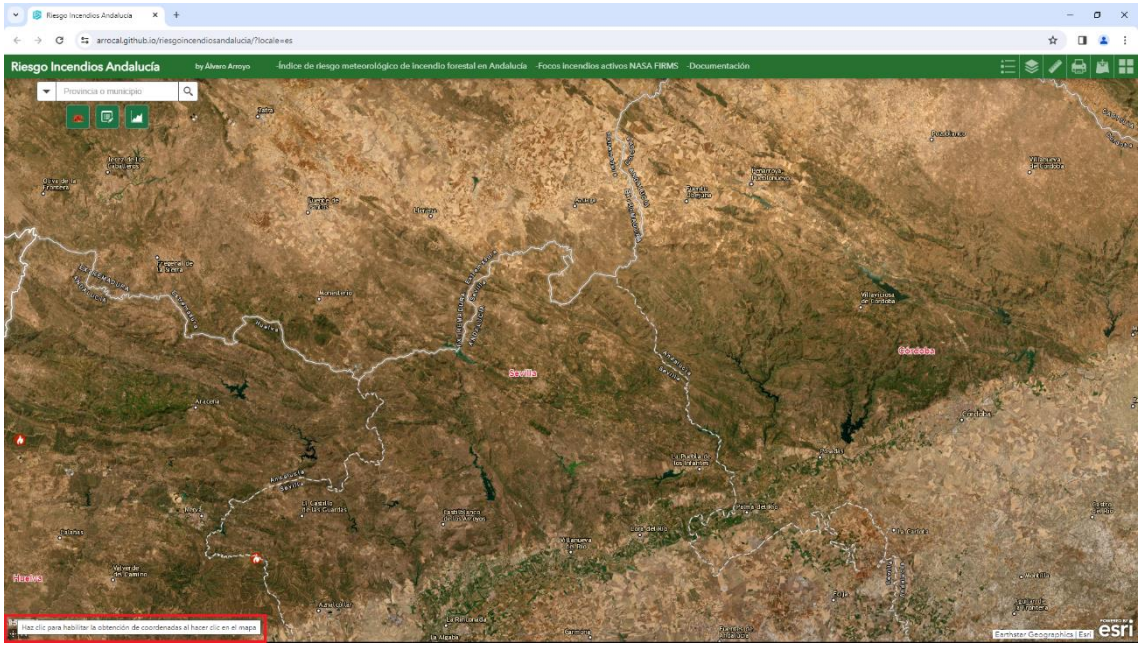

Imagen 98: Activación herramienta coordenadas

✓ Hacer “click” en el punto del que se quieren conocer sus coordenadas. Las coordenadas aparecerán en la parte inferior izquierda del visor.

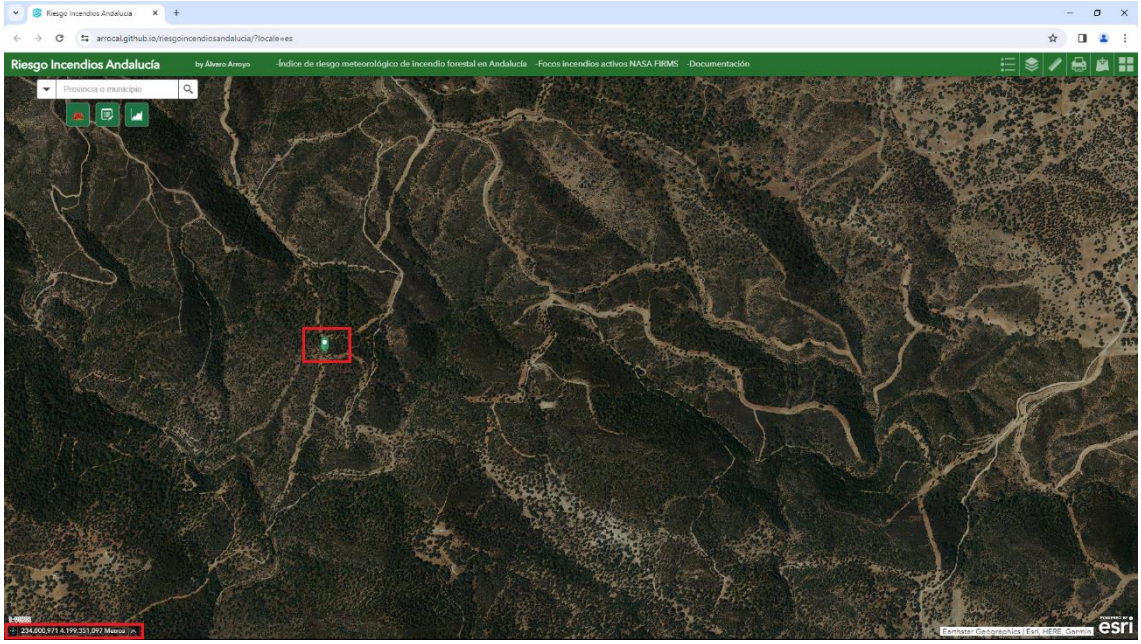

Imagen 99: Elección punto herramienta coordenadas

- 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

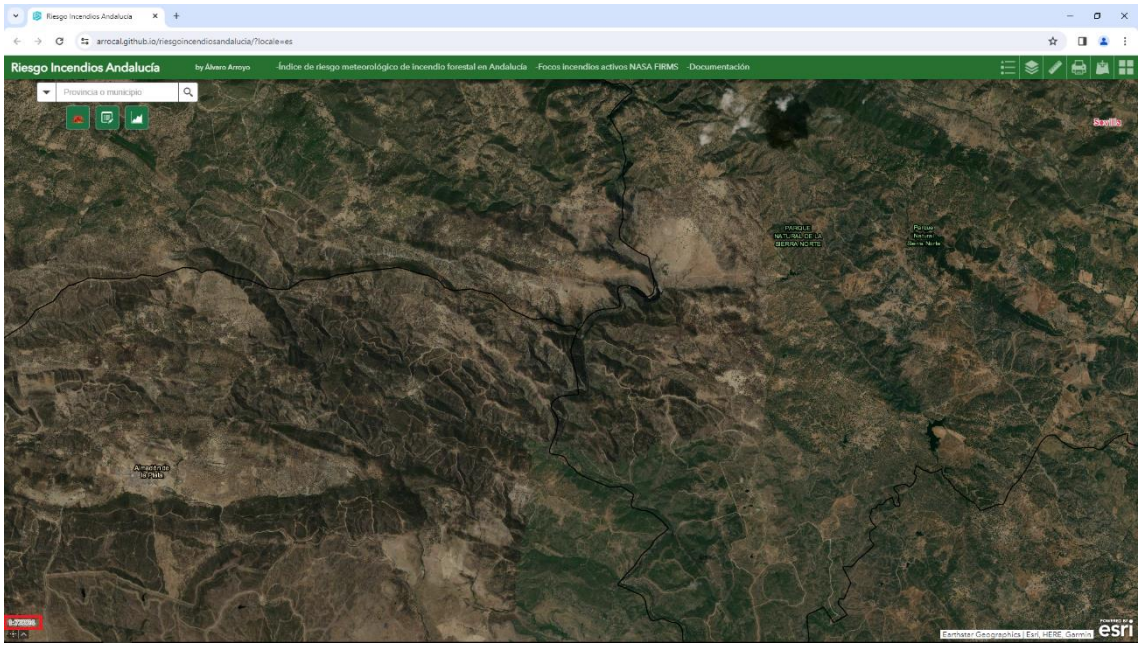

Imagen 100: Herramienta escala

12. ENTORNO TECNOLÓGICO

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

12.1 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 9. 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

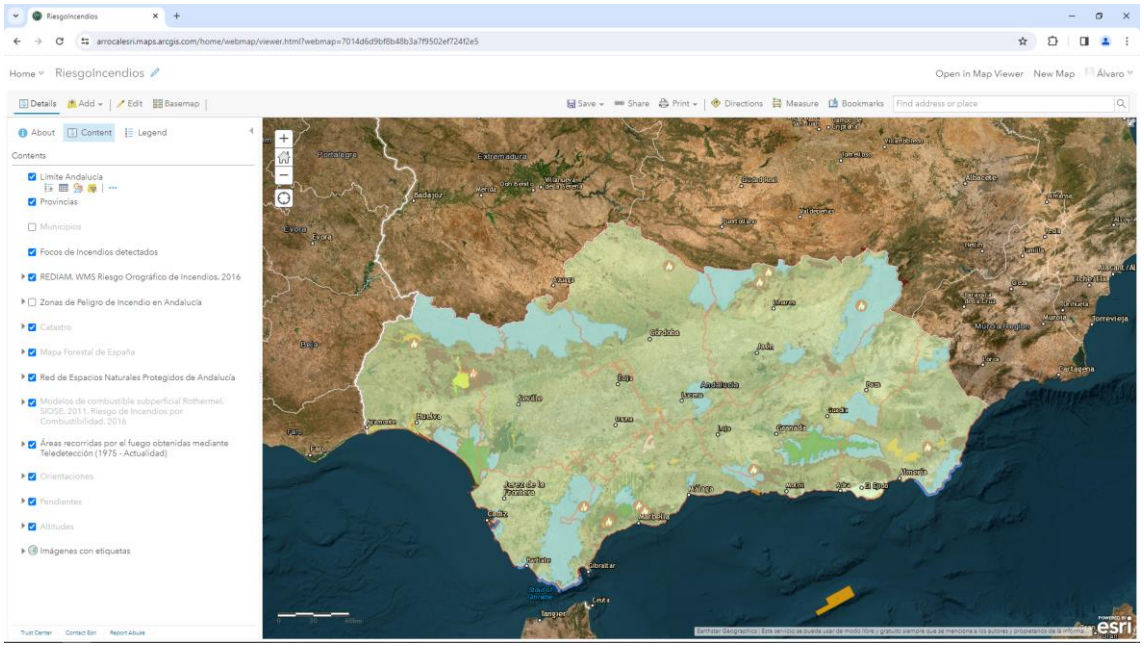

Imagen 101: Mapa web en ArcGIS Online

ArcGIS Online está alojado en www.arcgis.com.

Para más información consulte https://www.arcgis.com/index.html.

12.2 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 la interfaz de usuario 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.

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

Imagen 102: Contenido de la carpeta principal del visor

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.

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	

Imagen 103: Estructura de carpetas y ficheros de las herramientas

El constructor tiene como origen de datos el mapa web creado con el servidor GIS 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

```
{
  "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
  }
}
```

Imagen 104: Contenido del fichero manifest.json y descripción de propiedades

Para una descripción completa de las propiedades visitar.

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

{

"**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.

12.3 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 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.

12.4 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 consulte https://github.com y https://pages.github.com

13. CONCLUSIONES

A lo largo del presente TFG se ha visto la potencia de 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.

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.

14. BIBLIOGRAFÍA

-Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. 2024. Plan INFOCA.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural._Uso_Y_Gestion/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap01_objeto_ambito_contenidos.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. 2024. ArcGIS Online.

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

-ESRI. 2024. ArcGIS Web AppBuilder.

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

-ESRI. 2024. Web AppBuilder for ArcGIS.

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

-Portal Ambiental de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. 2024. Regiones climáticas de Andalucía.

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. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. 2024. Caracterización de la vegetación de Andalucía.

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

-Portal Ambiental de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. 2024. Formaciones singulares.

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

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