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 GIS EN ENTORNO WEB PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL EN ANDALUCÍA

ALUMNO/A: ALVARO ARROYO CALZADA

DIRECTOR/A: Pulse aquí para escribir el nombre y apellidos del Director/a.

CONVOCATORIA	JUNIO	**CURSO ACADÉMICO**	2023/2024

1 ÍNDICE DE TABLAS

2 ABREVIATURAS

REDIAM

AEMET

GIS

NASA

WMS

FEATURE SERVER

WEBMAP

FIRMS: Fire Information for Resource Management System

3 RESUMEN

Con el cambio climático, el riesgo de incendio forestal se ha visto multiplicado en los últimos años, por 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), de ha desarrollado un Visor GIS (en adelante visor) público, en entorno Web con software y datos gratuitos y de libre acceso, con el que poder estimar el riesgo de incendio forestal en la Comunidad Autónoma de Andalucía (en adelante Andalucía) a partir de variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento), de la vegetación existente y de la pendiente. Además de estos datos, el visor permite la visualización de otros datos auxiliares. Todos los datos junto con su proveedor se pueden consultar en la siguiente tabla:

DATO	TIPO	PROVEEDOR
Servicio web de consulta de datos de la AEMET	No aplica	Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
Mapas base	MapServer de ESRI	ESRI inc

Límite Andalucía	FearureLayer de ESRI	Contenidos ESRI España e IGN
Provincias	FearureLayer de ESRI	Contenidos ESRI España e IGN
Municipios	FearureLayer de ESRI	Contenidos ESRI España e IGN
Mapa forestal de España	WMS OGC	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España
Red de espacios naturales protegidos de Andalucía	WMS OGC	REDIAM* (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)
Modelos de combustible	WM OGC	REDIAM (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)
Focos de incendios detectados	FeatureLayer de ESRI	Producción propia
Áreas recorridas por el fuego (1975-Actualidad)	WMS	REDIAM (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)
Parcelas catastrales	WMS	Sede Electrónica de Catastro (Ministerio de Hacienda y Función Pública)
Orientaciones	WMS	REDIAM (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)
Pendientes	WMS	REDIAM (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)
Altitudes	WMS	REDIAM (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)

* Red de Información Ambiental de Andalucía

A nivel técnico, el visor está desarrollado utilizando la siguiente tecnología:

Servicio de hosting	Github Pages

Repositorio de código fuente	Git Hub
Constructor de aplicaciones	Web Appbuilder
Servidor GIS de alojamiento de mapas	ArcGIS Online
Lenguajes de programación	Javascript, Dojo, HTML, CSS

La URL del visor es:

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

4 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

5 OBJETIVOS

El presente TFG tiene como objetivo el desarrollo de un visor GIS 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

- Registrar los focos de incendios detectados por el servicio NASA Firms, recibidos en una cuenta de correo electrónico. 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 (ºC)
    - 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 en el pasado, 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 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 municpio

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

Estadísticas de origen de incendios. Para analizar mediante gráficos las variables 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 del mapa

El ámbito de trabajo del visor es Andalucía.

6 ANTECEDENTES

7 ESTADO NATURAL

7.1 CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural._Uso_Y_Gestion/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap03_clima_informacion_meteorologica.pdf

Andalucía, dada su situación geográfica, está sometida al clima mediterráneo caracterizado por prolongados periodos de sequía, principalmente en los meses estivales, acompañados de altas temperaturas muchas veces superiores a los 40ºC y humedad relativa muy baja, que llega a ser inferior al 30%. Por el contrario el resto del año, entre octubre y abril, se producen precipitaciones cuya media es de 650 mm, si bien se reparten irregularmente de un año a otro. Estas condiciones hacen que el clima se erija como uno de los principales factores que elevan el riesgo de incendios en determinadas épocas del año, coincidentes con los periodos de escasez de precipitaciones y más calor, lo que explica la temporalidad con la que se producen los incendios forestales. Ahora bien, lo que diferencia a la meteorología de otros factores como pueden ser la orografía o la vegetación, es que puede ser objeto de predicción, y de ahí la importancia de su conocimiento a la hora de planificar y dimensionar un dispositivo lo más eficaz posible. Por ello dentro de este capítulo se recogen tanto las regiones climáticas de Andalucía, obtenidas del estudio, en el transcurso del tiempo, de variables tales como temperatura, precipitación o viento, como aquellos instrumentos que nos sirven para valorar las distintas variables meteorológicas y su influencia sobre la predicción del riesgo de incendios y sobre la posible evolución del comportamiento del fuego en caso de producirse.

La región de Andalucía se caracteriza por la diversidad, debida tanto a su extensión y posición geográfica, como a las características de su medio físico, así como una complejidad climática, con matices muy diversos dentro del clima de tipo mediterráneo. Desde el punto de vista del riesgo de incendio, interesa conocer el régimen de precipitaciones y vientos, la distribución de temperaturas y la humedad relativa, tanto en su variación diaria, como en su evolución a lo largo del año y especialmente en los meses estivales, durante los cuales dicho riesgo de incendio es mayor. Otro elemento de interés en el momento de evaluar el riesgo de incendios, es el estado de humedad de la vegetación; no obstante, antes de realizar una estimación de esta variable, parece necesario conocer la distribución de las distintas cubiertas vegetales presentes en la región y los despojos que ellas proporcionan (combustibles muertos), ya que no todas las formaciones vegetales responden de igual modo a los cambios en las condiciones meteorológicas. El mecanismo atmosférico que explica el desarrollo del clima mediterráneo en Andalucía depende de las condiciones de origen y evolución del anticiclón de las Azores y de la depresión de Islandia. El anticiclón subtropical cálido de las Azores, actúa coma controlador de la circulación atmosférica según la época del año. Durante la época invernal, la banda de altas presiones se encuentra situada entre los 40º N y 30º N, siguiendo el movimiento aparente del sol, por lo que Andalucía se ve afectada por las borrascas del frente polar, con influencia directa de la depresión de Islandia que entran por el flanco portugués, y se desplazan hacia el mediterráneo, produciendo lluvias. Durante el verano, se invierte el sentido del movimiento aparente del sol y el anticiclón de las Azores suele situarse con eje horizontal y gran persistencia entre los 45° N y 35° N, dejando bajo su acción la Península y Baleares. El aire anticiclónico cálido y seco, provoca la persistente y habitual sequedad de los periodos estivales mediterráneos. A veces, el anticiclón se sitúa entre los 45°–55° N, desplazando hacia posiciones más septentrionales los sistemas nubosos del frente polar, pudiendo quedar entonces la península afectada por el chorro subtropical, con tiempo perturbado tormentoso procedente del sur. Otros mecanismos de menor importancia meteorológica, pero que generan situaciones extremas de sequedad y, por tanto, de interés en lo que refiere al riesgo de incendio, son las entradas de aire cálido procedente del sur. Aunque se pueden producir en

cualquier época del año, sólo deben considerarse como olas de calor en verano, debido a que se suman a los rigores térmicos de esta época, llegando a elevarse la temperatura por encima de los 40°C, incluidas las costas, que no son capaces de contrarrestar éstas altas temperaturas. Los daños en la vegetación son tanto más importantes cuanto más se adelanten estos excesos térmicos, ya que en primavera pueden producir condiciones de estrés hídrico poco habituales en estas fechas, de esta forma, generan condiciones propicias para los incendios; y por otro lado, la aparición, repentina y a veces imprevisible de estas olas de calor, pueden generar condiciones de propagación de gran severidad, ocasionando pérdidas y daños importantes. El efecto de las diferentes masas de aire que atraviesan la geografía andaluza se ve modificado por la posición de los grandes conjuntos orográficos que la conforman.

El Valle del Guadalquivir influye sobre las masas de aire que se estacionan o cruzan la cuenca, así los vientos del W–SW, cargados de aire subtropical cálido y húmedo, dirigen los sistemas nubosos hacia la cuenca alta del Guadalquivir, produciendo precipitaciones abundantes que se refuerzan en la cabecera, con aislamiento de nubes en las sierras de Cazorla y Segura, mientras que a sotavento, las tierras almerienses quedan sin recibir el influjo de las precipitaciones. En la zona oriental de Andalucía, la diversidad bioclimática es más intensa que en la zona occidental en función del relieve y su situación. La mayor altitud del relieve bético provoca un gradiente altitudinal que facilita el desarrollo de las temperaturas más frías de la Comunidad, incluso ejerce de barrera que dificulta la entrada de los flujos suaves del oeste, incrementando, de esta forma, la continentalidad en algunas zonas. De igual forma, el gradiente pluviométrico altitudinal se combina con efectos de orientación y disposición del relieve, ocasionando la aparición de zonas en sombra de lluvias. Se enfrentan así a un litoral mediterráneo tropicalizado, las tierras altas interiores y un complejo de montañas medias y llanuras litorales. 1.1. Temperaturas Andalucía es la región más cálida de la Península. La mayor parte de su superficie posee una temperatura media anual superior a los 16°C, diferenciándose las zonas térmicas que se recogen a continuación: La depresión del Guadalquivir, ampliamente abierta al océano Atlántico, en donde se registran temperaturas medias anuales entorno a los 18,5°C. Los valores nocturnos estivales nunca descienden de los 12°C, pero a veces, se dan situaciones particulares motivadas por los efectos desecantes de influencia orográfica, en las que se superan los 18°C. Las temperaturas máximas se registran, en especial, en el sector comprendido entre Córdoba y Sevilla, debido a su baja altitud y al encuadre montañoso. El litoral es un espacio donde las altas temperaturas se ven suavizadas por la acción del mar, en mayor medida en el golfo de Cádiz. La temperatura media anual es de 18°C. La amplitud térmica estacional oscila en torno a los 2,6°C y las temperaturas nocturnas durante el invierno casi nunca descienden de 6°C, si bien existen diferencias entre

el litoral atlántico y el mediterráneo. Durante el verano la temperatura rara vez sobrepasa los 36°C. En este comportamiento influye la acción del mar, que se difumina sólo en puntos alejados de la costa, o ante la presencia de una orografía mas o menos próxima, que favorece el desarrollo de vientos terrales secos (Valle del Guadalhorce, Málaga). La costa andaluza también presenta estructuras topográficas, donde la acción reguladora del mar se intensifica Tarifa (Cádiz), pues el estrecho de Gibraltar determina y condiciona el fenómeno de entubamiento y de aceleración del viento. Otro espacio con características peculiares

comprende las altas depresiones intrabéticas de las provincias de Granada y Jaén (depresiones de Guadix y Baza, vegas de Granada y Úbeda). En invierno son zonas frías a causa de los descensos de aire frío procedente de las sierras. En contraste con el frío invernal, es frecuente durante el verano la aparición de días de intenso calor. Los movimientos de las masas de aire por corrientes subtropicales y advecciones u olas de calor, en combinación con la estructura y ubicación topográfica que dificulta la influencia marina, encuentran unas superficies planas y de gran extensión, siendo éstas muy favorables a una intensa radiación solar. Esta zona se corresponde estrechamente con la mayoría de las regiones montañosas en las sierras de Cazorla y Segura. En altitudes entre los 1.000–2.000 m la temperatura media anual se sitúa en torno a 10°C. En este sector, la amplitud térmica es la más elevada de toda Andalucía, sobre todo en los puntos más alejados del mar. 1.2. Precipitaciones Desde el punto de vista de las precipitaciones la región andaluza presenta características de región semiárida. La precipitación media anual es de 650 mm y, en líneas generales, desciende en sentido oeste–este. En las zonas occidentales predominan las precipitaciones en invierno o finales de otoño y comienzos de primavera, pero a mayor distancia del golfo de Cádiz, las lluvias máximas ocurren en primavera o en otoño. En el análisis pluviométrico, los factores que determinan la desigual distribución de las precipitaciones son la exposición a los vientos procedentes del NW, W y SW, junto con la ubicación relativa a las áreas de frecuente localización de depresiones, especialmente el golfo de Cádiz. Como consecuencia de ello Andalucía es una región con fuertes diferencias pluviométricas. En efecto, en la zona suroriental de la región se recogen precipitaciones medias inferiores a 250 mm anuales, encontrándose en la costa oriental de Almería, en la zona del Cabo de Gata, registros no superiores a 113 mm anuales. Ello es debido a que en dicha zona, se produce la confluencia de las líneas de progresiva reducción pluviométrica asociadas a la mayoría de los núcleos de bajas presiones. Otras zonas de escasa precipitación se sitúan también en el sureste de Almería. La precipitación oscila entre 200–300 mm y la torrencialidad de sus precipitaciones está muy marcada. Estos espacios quedan bajo la influencia de las aguas cálidas del Mediterráneo y esto provoca una fuerte inestabilidad cuando en altura hay depresiones activas. Las lluvias tienen un máximo generalizado en otoño y dos mínimos en verano e invierno. También el volumen de precipitación es muy bajo en la zona de la vega de Granada, y fondo de las hoyas de Guadix–Baza. En estas zonas, se registran precipitaciones comprendidas entre 300–400 mm, las lluvias son escasas y poco copiosas, y la torrencialidad no es frecuente. Una amplia zona que oscila entre 400–500 mm comprende los altiplanos de Baza–Guadix, el piedemonte de la hoya de Granada y la depresión de

Antequera. Dos apéndices prolongan este dominio: el valle del Genil hasta la campiña cordobesa y el pasillo de Pozo Alcón. También pertenece a este tipo de pluviosidad parte del valle de los Pedroches. La máxima pluviosidad peninsular, con 2.500 mm anuales, se encuentra en la sierra de Grazalema, en el extremo más occidental de la serranía de Ronda. Si bien en verano las precipitaciones, con algo menos de 32 mm, no diferencian este área de otras en Andalucía, en este sector son características las precipitaciones regularmente intensas. Al margen de estos valores extremos, se puede decir que, gran parte de la región recibe precipitaciones medias entre 500 y 700 mm, mientras que son sólo algunas zonas aisladas las que reciben precipitaciones mayores a 1.000 mm anuales. Estas corresponden a las sierras de Ubrique (2.000 mm) y de Aracena (1.000–1.500 mm) y a las zonas de mayor altura como Sierra Nevada (1.500 mm) o la Sagra (1.200 mm). 1.3. Régimen de vientos En Andalucía se localizan diferentes tipos de vientos que resultan de interés por la influencia en el riesgo de incendios y en el comportamiento del fuego. Un ejemplo de ellos son los vientos del E–NE, que después de

haber remontado el Sistema Penibético, tienen carácter terral y seco. Estos vientos en la comarca de Cádiz, son conocidos como «matacabras». También pueden traer consigo ocasiones de riesgo de incendios los vientos de componente sur, procedentes de África. Estos vientos se cargan de humedad en el mar de

Alborán, pero después de cruzar el Sistema Subbético, llegan al Guadalquivir secos y cálidos, sobre todo los del E–SE, que llegan por el valle del Genil. También son conocidos por su efecto de sequedad los vientos de componente norte, vientos terrales secos, muy cálidos en verano, que llegan a la Sierra de Aracena y Sierra Morena después de atravesar Extremadura y Castilla–La Mancha. En la zona del mar de Alborán, los vientos húmedos del W proceden del Atlántico, mientras que los cálidos y húmedos del E, vienen del Mediterráneo. La influencia continental se nota en los vientos terrales de la Meseta o de la cuenca del Guadalquivir. Son vientos cálidos y secos de componente norte, como, los vientos terrales de Málaga encauzados a lo largo del río Guadalhorce. Los vientos de componente sur provienen de los desiertos africanos, son secos y recalentados, y llegan cargados de polvo y arena en suspensión. La zona del estrecho de Gibraltar es un punto de encuentro de vientos de distintos componentes. El viento de levante es el más constante y persistente, pudiendo llegar a soplar varios días consecutivos, y alcanzar velocidades de hasta 120 km/h. Sopla un promedio anual de ciento cincuenta días. Los vientos de componente oeste, también llamados de poniente, pueden llegar a manifestarse con rachas de hasta 80–100 km/h. Abarcan un sector más amplio y se encuentran asociados a los frentes fríos de las borrascas que se desplazan desde el golfo de Cádiz hacia el mar de Alborán y Baleares. Su promedio anual es de noventa a cien días. En la zona sur de la región y en el entorno de Tarifa, el régimen de vientos en calma en términos porcentuales a lo largo del año, no llega a superar el 7% 1.4. Regiones climáticas de Andalucía La conjunción de los factores de localización, del relieve y del régimen climático, da como resultado una división de la región en diferentes zonas con características bioclimáticas diferenciadas y, por tanto, con distintos modelos de seriación ecológica. Una primera zona, importante no sólo por su extensión, sino por poseer los rasgos más característicos del clima mediterráneo (altas temperaturas, irregulares precipitaciones y fuerte insolación), es el valle del Guadalquivir, a través del cual penetra la influencia húmeda atlántica. A medida que se avanza al interior, se agudizan los rasgos de continentalidad, especialmente notables en el curso alto. Las zonas de montaña, con una enorme significación territorial, presentan una cierta gradación, influida por la altitud que favorece un descenso de las temperaturas, un mayor riesgo de heladas y un incremento de las precipitaciones. En cualquier caso, la amplia extensión de territorios montañosos determina que existan variaciones notables entre unas zonas y otras. La influencia atlántica, tiene especial incidencia sobre las áreas montañosas más occidentales de Sierra Morena y, especialmente, de las Béticas (sierras de Cádiz y Málaga, primeras receptoras de los frentes de Poniente), lo que las convierten en áreas de máxima pluviometría junto con las sierras de Cazorla y Segura. Conforme nos desplazamos hacia el interior y hacia el este, así como puntualmente en las vertientes de las sierras litorales no expuestas a los vientos atlánticos, descienden sustancialmente los niveles de precipitación y, por tanto, hace que aumente la aridez. La mayor continentalidad y altura de la Andalucía oriental lleva a que en lugares como Sierra Nevada, Cazorla, Segura y Filabres, se registren las temperaturas medias más frías. Un caso particular lo constituyen las altiplanicies orientales de Baza y Los Vélez, en las que aparecen muy acusados todos los rasgos de continentalidad mediterránea (escasas precipitaciones, temperaturas más bajas y mayor presencia de heladas). El área de Sierra Nevada, por su parte, tiene especial relevancia desde el punto de vista climático, en tanto que, como forma residual de la glaciación más meridional del continente,

es el único enclave receptor de precipitaciones de nieve que permanece la mayor parte del año, suponiendo una llamativa singularidad climática y ecológica. Otra transición significativa es la que se produce en la franja litoral, en la que confluyen por un lado, la influencia marina y, por otro, los más elevados niveles de insolación (por ejemplo, el bajo Guadalquivir, con más de tres mil horas de sol al año). Dentro de esa franja, se establece una diferenciación entre las vertientes atlánticas y mediterráneas. El valle del Guadalquivir, abierto al Atlántico y sin barreras orográficas significativas, favorece la existencia de un clima más húmedo en todo el litoral, al permitir la influencia de los frentes húmedos de Poniente. En las vertientes mediterráneas de los sistemas béticos, la mayor aridez se combina con lluvias torrenciales que desaguan a través de ramblas, secas la mayor parte del año. El abrigo de las sierras litorales, permite que se alcancen aquí las temperaturas medias más suaves de la región. Un hecho de enorme trascendencia que ha favorecido, por ejemplo, la adaptación de muchas plantas subtropicales, o el moderno desarrollo del turismo de masas. Otro de los extremos de diversidad climática lo constituye el sureste árido. Las condiciones aquí existentes (muy alta insolación y temperatura, fuerte escasez de precipitaciones) lo convierten en un frente de progresión del medio desértico, presentando adaptaciones de especies características de la flora y la fauna saharianas.

ÁREAS GEOGRÁFICAS	LITORAL ATLÁNTICO	DEPRESIÓN DEL GUADALQUIVIR	SIERRA MORENA	LITORAL MEDITERRÁNEO (HASTA ADRA)	LITORAL MEDITERRÁNEO Y SURESTE	SURCO INTRABÉTICO	SIERRAS BÉTICAS
Tipo de clima	**Mediterráneo oceánico**	**Mediterráneo continental**	**Mediterráneo semiárido**	**Mediterráneo subtropical**	**Mediterráneo subdesertico**	**Continental mediterráneo**	**Mediterráneo de montaña**
Tempertura media anual (ºC)	17–19	17–18	16–17	17–19	17–21	13–15	12–15
Precipitación media anual (mm)	500–700	500–700	60–800	400–900	< 300	300–600	400–1.000
Número de días de lluvia al año	75–85	75–100	75–100	50–75	< 50	60–80	60–100
Número de meses del período seco	4–5	4–5	3–5	4–5	6–8	4–5	3–4
Amplitud térmica anual (ºC)	10–16	18–20	18–20	13–15	13–16	17–20	16–20
Número de días con heladas	Libre	2–20	20–40	Libre	0–10	30–60	30–90

Depresión del Guadalquivir
Litoral Atlántico
Litoral Mediterráneo
Litoral Mediterráneo y Sureste
Sierra Morena
Sierras Béticas
Surco Intrabético

7.2 METEROLOGIA

7.3 EDAFOLOGIA

7.4 VEGETACIÓN

Andalucía cuenta con un Patrimonio Natural de enorme valor y diversidad, que se pone de manifiesto con la multitud de ecosistemas y hábitats presentes en el territorio. Uno de los factores determinantes para la presencia y distribución de la biodiversidad es la cobertura vegetal.

La importancia del factor vegetación radica en que se encuentra en la base de las cadenas tróficas como productor primario de biomasa, sobre el que se sustentan los ecosistemas, y además, por establecer relaciones con el resto de los componentes bióticos y abióticos del medio: estabilización de pendientes, control de la erosión, hábitat y refugio de especies, generación de microclimas, etc. Debido a todas estas circunstancias, el estudio de la vegetación proporciona un conocimiento que va más allá del análisis de las especies de flora que forman parte de las comunidades vegetales, pues proporciona información sobre los ecosistemas de los que forma parte.

La Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) lleva trabajando desde los 90 en caracterizar sistemáticamente la vegetación y la flora del territorio. Conocer la vegetación y las especies que definen un territorio permite gestionarlo y conservarlo de manera consciente y eficiente.

1. Formaciones singulares

Las comunidades vegetales presentes en el territorio son el resultado de la combinación de las condiciones ambientales, por tanto, se puede decir que las comunidades vegetales son representativas del ecosistema del que forman parte. De esta manera, podremos reconocer los diferentes ecosistemas de un área por delimitación de las comunidades vegetales allí presentes.

La vegetación andaluza ha sido objeto de numerosas intervenciones desde que el hombre está presente en estas tierras. Las roturaciones de bosques para expansionar los cultivos, el uso de leñas para abastecer la industria metalúrgica, el pastoreo, la extracción de madera para la construcción de barcos y viviendas e incluso la quema de bosques durante innumerables guerras han formado el actual paisaje andaluz.

El Plan Forestal Andaluz, marco de referencia sobre la política forestal en nuestra comunidad, en su Tercera Adecuación Horizonte 2015, define un total de 30 formaciones vegetales desde el punto de vista de utilidad para la futura gestión forestal, no obstante, podemos destacar aquéllas que por su alto valor ecológico o repercusión socioeconómica tienen un papel importante en nuestra comunidad:

Formaciones adehesadas

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

La Ley 7/2010 de 14 de julio para la Dehesa define como **formación adehesada** aquella "*superficie forestal ocupada por un estrato arbolado, con una fracción de cabida cubierta (superficie de suelo cubierta por la proyección de la copa de los árboles) comprendida entre el 5% y el 75%, compuesto principalmente por encinas, alcornoques, quejigos o acebuches, que permita el desarrollo de un estrato esencialmente herbáceo (pasto) para el aprovechamiento del ganado o de las especies cinegéticas"*.

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)*.

Respecto a la fauna, ésta es muy rica. El principal aprovechamiento de estas formaciones es ganadero, siendo explotado por ganado vacuno, ovino, caprino o porcino, en régimen extensivo, aunque, de modo alternativo o complementario, son aprovechados por ungulados silvestres como ciervos (Cervus elaphus), jabalíes (Sus scrofa), gamos (Dama dama) o corzos (Capreolus capreolus), etc., generalmente con uso cinegético. Además, esta formación es fundamental para la fauna natural de muy diverso tipo, especialmente si las formaciones adehesadas se alternan con zonas de bosques o matorrales en sus proximidades. Junto a especies animales más comunes y abundantes, estos medios son aprovechados por especies muy amenazadas actualmente, destacando las aves rapaces (águila imperial ibérica), la grulla común (Grus grus), la cigüeña negra, el lince ibérico (Lynx pardinus), etc.

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.

Encinares y alcornocales son las formaciones más características de la Dehesa andaluza.

Ver más información sobre las Dehesas.

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. Ver más información sobre **Pinares de Pino piñonero.**

- **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. El pinsapo está considerado un vestigio de época pasadas que ha sobrevivido a duras penas hasta convertirse en un endemismo estricto de la **Serranía de Ronda**, estando emparentado con especies norteafricanas. 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. Los suelos donde se asienta pueden ser muy pedregosos, con pendientes en algunos casos muy pronunciadas. De forma natural elige como lugar de residencia zonas sombreadas y umbrías, con elevada humedad ambiental y clima fresco, en exposiciones norte principalmente. Se desarrolla sobre calizas grises, calizas dolomíticas y peridotitas. Prefiere suelos frescos y bien drenados, aunque requiere a la vez que estos mismos tengan una elevada capacidad de retención de agua de lluvia.

Aunque en sus áreas relícticas puede considerarse como un bosque climácico, 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

Ver más información sobre los **Pinsapares**.

Bosques de ribera

Los **bosques de ribera** o también llamados **bosques en galería**, reciben este nombre por el modo en que las copas de los árboles se cierran sobre los cauces de agua. Se desarrollan en zonas cercanas a ríos o arroyos, o en la misma orilla de estos, por lo que las especies vegetales que nos vamos a encontrar, han de estar muy ligadas a la presencia de agua para desarrollar su ciclo vital. Entre las peculiaridades de estos bosques encontramos: que mayoritariamente están compuestos por especies de hoja caduca, muy adaptadas a las avenidas fluviales como riadas estacionales y que suelen tener una distribución en bandas paralelas al curso fluvial, según sus necesidades de agua de manera que la zona más pegada al agua estaría ocupada por sauces, muy adaptados a avenidas e inundaciones; a continuación, encontraríamos alisos, fresnos y

álamos negros; finalmente, las bandas más alejadas del agua estarían ocupadas por olmos.

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.

Ver más información sobre los **Bosques de Ribera.**

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.

Ver más sobre **bosques isla y setos.**

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.).

Son diversos los factores de amenaza que explican la situación actual de la flora de altas cumbres en Andalucía. En primer lugar es preciso reseñar, que aunque en la actualidad no se sabe a ciencia cierta de qué forma pueden afectar los **cambios ambientales en el clima** a los hábitats y ecosistemas de alta montaña. Por otra parte, los **factores de fragilidad intrínseca de origen natural (endemicidad y aislamiento)** hacen que la flora resulte más vulnerable a la presión humana.

Ver más información sobre **Flora de altas cumbres**.

Artales

Los **artales** son las únicas formaciones semiáridas arborescentes, junto con los zaufaifales, cornicales, 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.

En general, son comunidades espinosas con especies de hojas pequeñas que pueden desaparecer en la estación seca o durante todo el periodo de sequía.

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.

Enebrales y sabinares costeros

Son formaciones típicas de dunas estabilizadas cubiertas con matorrales o arbolillos 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 (apenas unos fragmentos) 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*).

1. Seguimiento del estado de la vegetación

7.5 INCENDIOS FORESTALES

7.6 DATOS UTILIZADOS (meter año y resolución/escala si aplica)

DATO	TIPO	PROVEEDOR	Objetivo	Observaciones	Más información
Servicio web de consulta de datos de la AEMET	No aplica	Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)	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, utilizándolas como parámetro junto con la pendiente y el modelo de combustible. Además de esto, las variables se utilizarán para registrar su valor a los datos de los focos de incendios		https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio

			para tener estadísticas.		
Mapas base	MapServer de ESRI	ESRI inc	Visualización de los mapas base		
Límite Andalucía	FearureLayer de ESRI	Contenidos ESRI España e IGN	Visualización de Andalucía		
Provincias Andalucía	FearureLayer de ESRI	Contenidos ESRI España e IGN	Visualización de las provincias de Andalucía		
Municipios Andalucía	FearureLayer de ESRI	Contenidos ESRI España e IGN	Visualización de los municipios de Andalucía		
Mapa forestal de España	WMS OGC	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España	Visualización y consulta del Mapa forestal de España para tener información de las especies asociadas a incendios forestales. Además de esto, las especies se utilizará para registrar su valor a los datos de los focos de incendios para tener estadísticas		
Red de espacios	WMS OGC	REDIAM* (Consejería de	Visualización y consulta de		

naturales protegidos de Andalucía		Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía)	información de los Espacios Naturales Protegidos para tener especial cuidado en la estimación del riesgos de incendios forestal en ellos		
Modelos de combustible	WMS OGC	REDIAM	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, utilizará para registrar su valor a los datos de los focos de incendios para tener estadísticas		
Focos de incendios detectados	FeatureLayer de ESRI	Producción propia	Visualización y consulta los focos de incendios que han originado un incendio forestal,		

			asociando datos de vegetación, temperatura, superficie de incendio, etc		
Áreas recorridas por el fuego (1975-Actualidad)	WMS	REDIAM	Visualización y consulta de Áreas recorridas por el fuego (1975-Actualidad)		
Parcelas catastrales	WMS	Sede Electrónica de Catastro (Ministerio de Hacienda y Función Pública)	Visualizar y consultar las parcelas catastrales donde se ha originado un incendio forestal, para poder identificar al propietario (previa autorización por el servicio correspondiente)		
Orientaciones	WMS	REDIAM	Visualización y consulta de las orientaciones del terreno para poder asociarlas al foco origen de un incendio y posteriormente sacar estadísticas		
Pendientes	WMS	REDIAM	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 tener estadísticas		
Altitudes	WMS	REDIAM	Visualización y consulta de las altitudes del terreno para poder asociarlas al foco origen de un incendio y posteriormente sacar estadísticas		
Focos de incendios de la NASA	KML	NASA	Obtener la geometría de los puntos de los focos de incendios detectados por los		

			satélites X, Y de la NASA, para poder crear una capa con la geometría y los datos asociados al foco de incendios (vegetación, pendiente, orientación , etc)		

El Índice de Riesgo de Incendio Forestal en Andalucía está basado en la metodología del índice canadiense FWI (Fire Weather Index) para la caracterización del peligro por incendio forestal en todo el conjunto del territorio andaluz, con el objeto de captar las circunstancias meteorológicas fruto de nuestra ubicación, las cuales condicionan la propagación y virulencia de los incendios forestales durante todo el año.

El Índice de Riesgo de Incendios Forestales de Andalucía se representa en el mapa de la Comunidad con un **horizonte temporal de 3 días**; clasificado en niveles de riesgo bajo, moderado, alto, muy alto y extremo.

8 ENTORNO TECNOLÓGICO

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

8.1 CONSTRUCTOR DE APLICACIONES WEB APPBUILDER

El visor se ha desarrollado con el constructor de aplicaciones Web AppBuilder Developer Edition. Web AppBuilder es una aplicación 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"**, **"Estadísticas de origen de incendios"**.

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

- Leyenda
- Splash (para el Panel informativo)
- Añadir datos
- Lista de capas
- Medición
- Galería de mapas base
- Imprimir

Además de todo esto, 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

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

8.2 SERVIDOR GIS ARCGIS ONLINE

ArcGIS Online es un servidor web GIS 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 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 7.6 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)

- Crear y alojar el WebMap con los datos de los 2 apartados anteriores, y que será el que se cargará y visualizará en el visor

ArcGIS Online está alojado en www.arcgis.com.

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

8.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

- Javascript

- 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.

8.4 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

9 COMPONENTES DEL VISOR

El visor está compuesto de los siguientes componentes.

- Panel de introducción

Con información necesaria para hacer un uso correcto del visor

- WebMap
- Pantalla principal
- Widgets

  - ✓ Crear foco de incendio
  - ✓ Estadificas de origen de incendios
  - ✓ Leyenda
  - ✓ Splash (para el Panel informativo)
  - ✓ Añadir datos
  - ✓ Lista de capas
  - ✓ Medición

- ✓ Galería de mapas base
- ✓ Imprimir
- ✓ Escala
- ✓ Coordenadas

El funcionamiento de los Widgets se detallará en el siguiente punto 10 FUNCIONALIDADES DEL VISOR.

10 FUNCIONALIDADES DEL VISOR

10.1 INTRODUCCIÓN

El visor tiene 3 funcionalidades principales. Por una parte, la Estimación del Riesgo de Incendio Forestal por Variables Meteorológicas, de Pendiente y de modelo de combustible a nivel de municipios de Andalucía. Por otra el registro de los focos de incendio detectados por el servicio FIRMS de la NASA, con sus características asociadas (origen, provincia, municipio, especie principal, especie secundaria, FCC, pendiente, altitud, temperatura, humedad, velocidad del viento, superficie quemada), que han ocasionado un incendio forestal. Y por último el posterior análisis de las características de estas variable 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 nos podremos adelantar al inicio de un incendio forestal poniendo los medios de viglilancia en los lugares potencialmente peligrosos cuando se dan condiciones pontecialmente 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. Conociendo estas zonas de antemano, se podrán poner los medios de vigilancia apropiados para evitar que se produzcan incendios forestales.

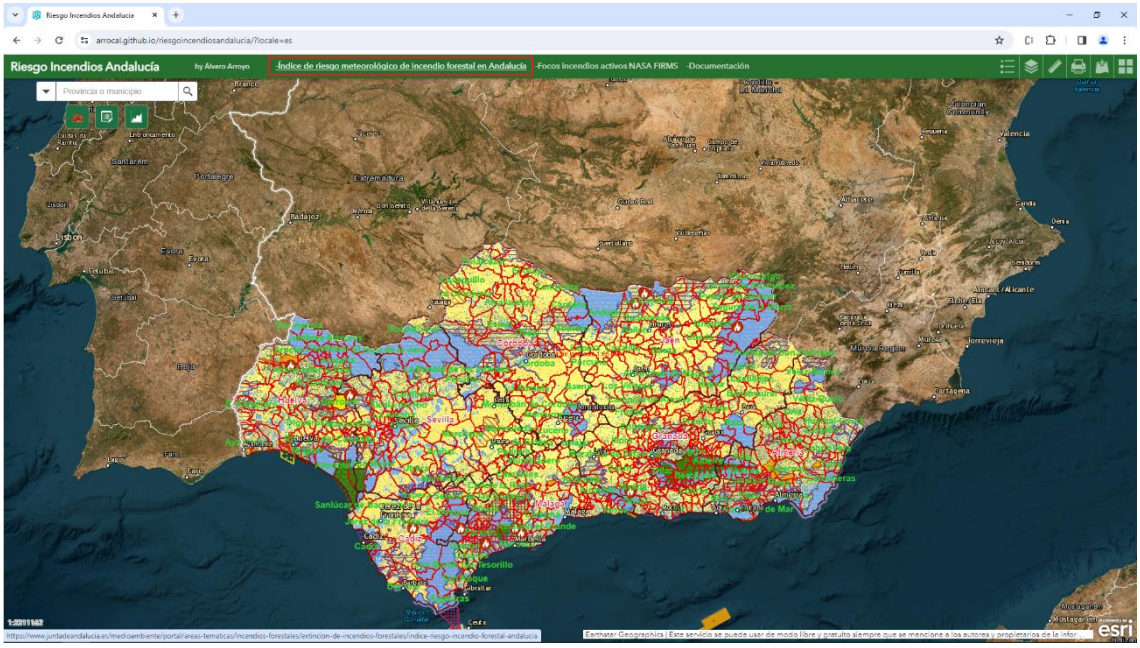
10.2 ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

ANÁLISIS MEDIANTE VARIABLES METEOROLÓGICAS

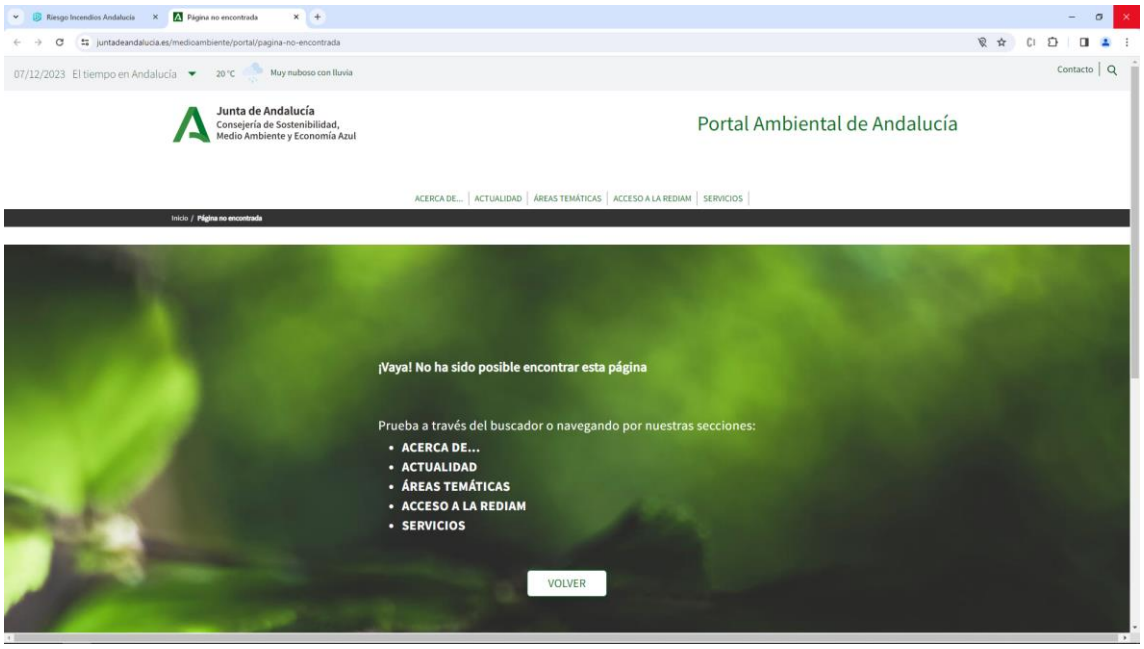
Para estimar el riesgo de incendio forestal se procederá de la siguiente manera

.

1-Una vez abierto el visor, abrir el enlace página web de la Junta de Andalucía Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía (los datos solo están disponibles los meses de junio, julio y agosto), para poder identificar las zonas con mayor riesgo de incendio.

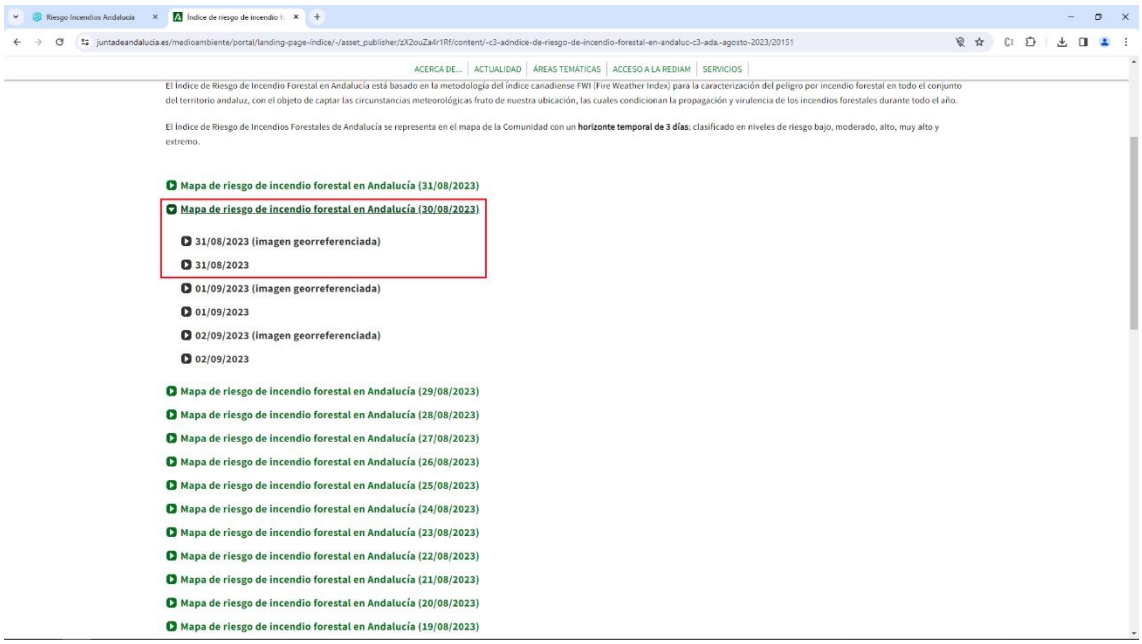


Si la URL de la página ha cambiado se mostrará la siguiente pantalla

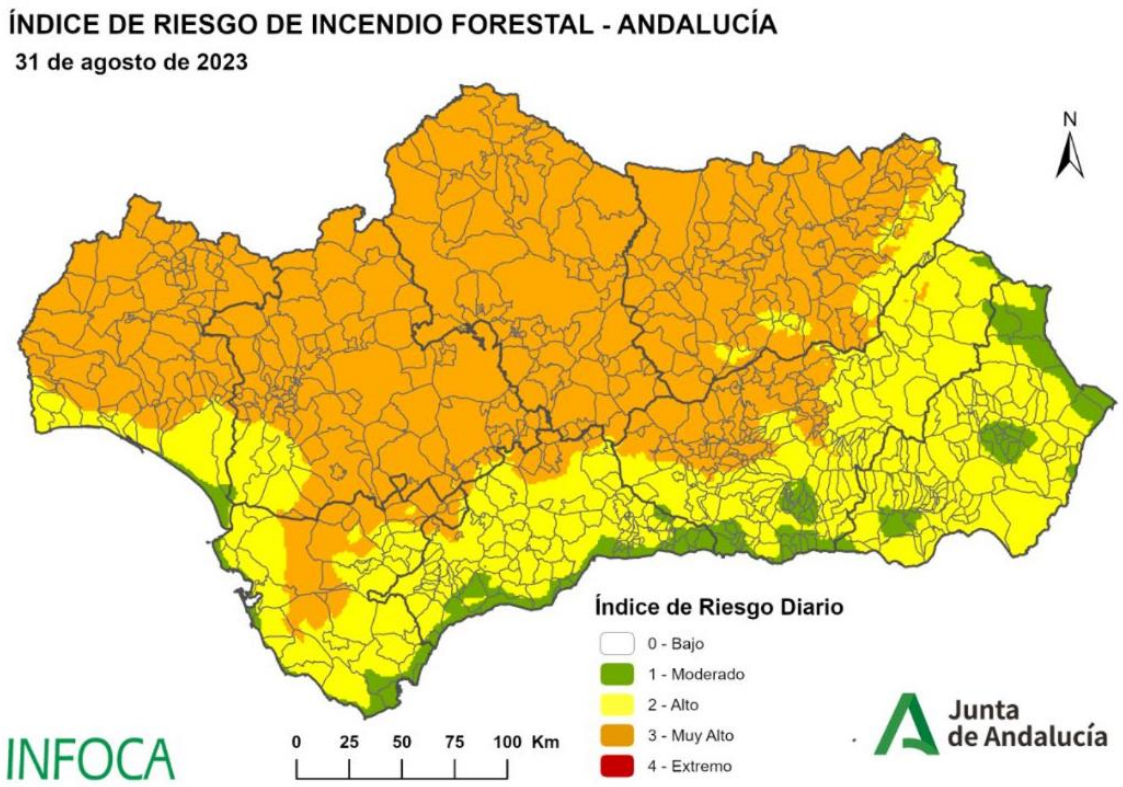


Y habrá que buscar la nueva página escribiendo “Índice de riesgo meteorológico de incendio forestal en Andalucía” en un buscador de internet.

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)



Una vez descargada la imagen se podrá ver los riesgos de incendios

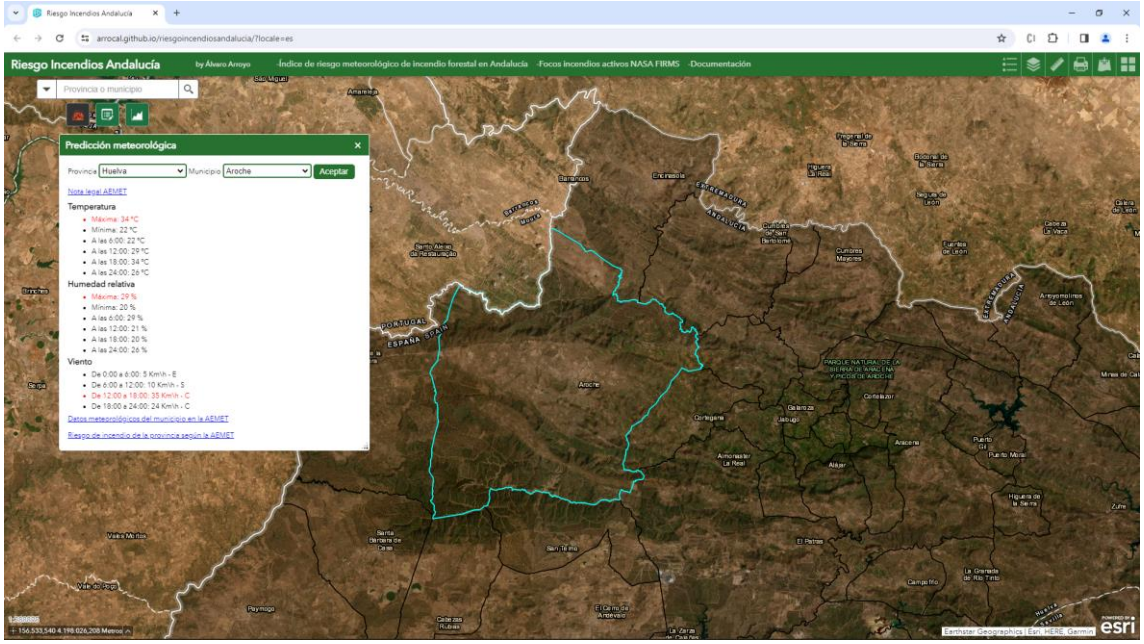


El usuario del visor según el riesgo de incendio en un municipio elegido por él, pasará a analizar sus variables meteorológicas, de modelo de combustible, y de pendiente en el visor.

Nota: En vez de seguir estos pasos también se puede elegir libremente el municipio deseado directamente desde la herramienta “Predicción meteorológica”

ANÁLISIS MEDIANTE VARIABLES METEOROLÓGICAS

Para analizar las variables meteorológicas está 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.



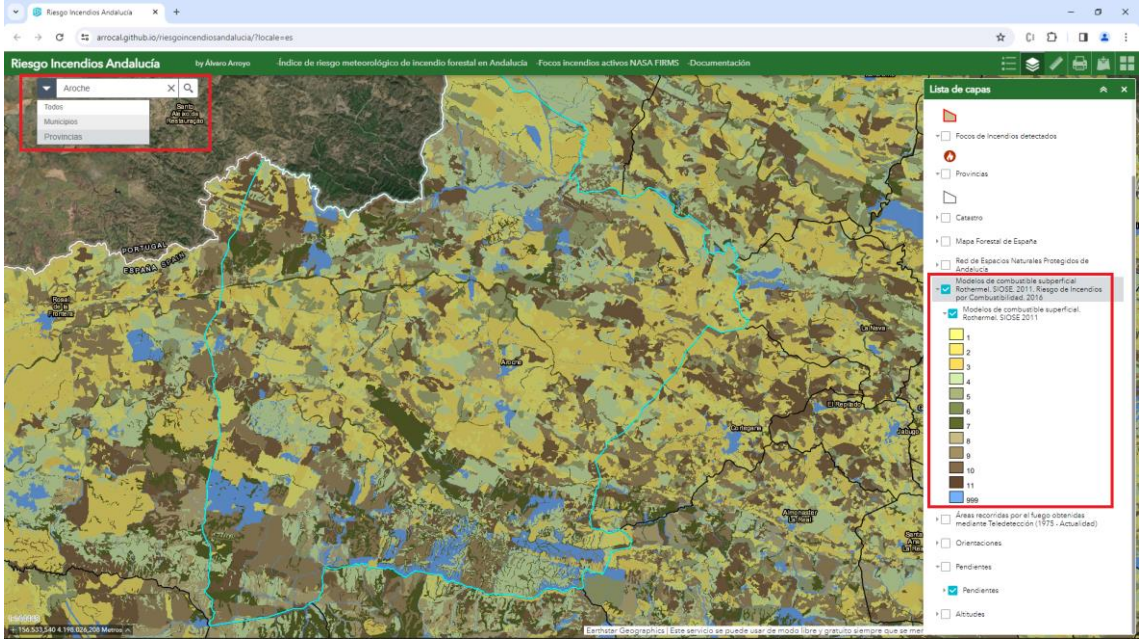
Si el valor de la temperatura máxima es mayor de 30 º C, la humedad máxima es menor de 30 % y si la velocidad del viento a cualquier hora es mayor de 30 Km\h, estos valores se resaltarán en rojo, debido a con estos valores los riesgos de incendio aumentan notablemente.

Para cuantificar el riesgo de incendio se tendrá en cuenta 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	

ANÁLISIS MEDIANTE MODELO DE COMBUSTIBLE

Para estimar el riesgo de incendio por modelo de combustible se buscará y se hará zoom al municipio de estudio, en este caso Aroche (Huelva) con la herramienta “Buscar” y se cargará la capa con la herramienta “Lista de capas” (si no estuviera ya activa) donde se verá el modelo de combustible predominante. Una vez cargada la capa se hara zoom a la zona forestal donde se quiere ver el modelo de combustible.



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

Nota: La capa de Modelo de Combustible debido a su tamaño tarda en cargar uno segundos y solo es visible a escalas grandes por lo que habrá que hacer zoom

Para cuantificar el riesgo de incendio por el modelo de combustible se tendrá en cuenta 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

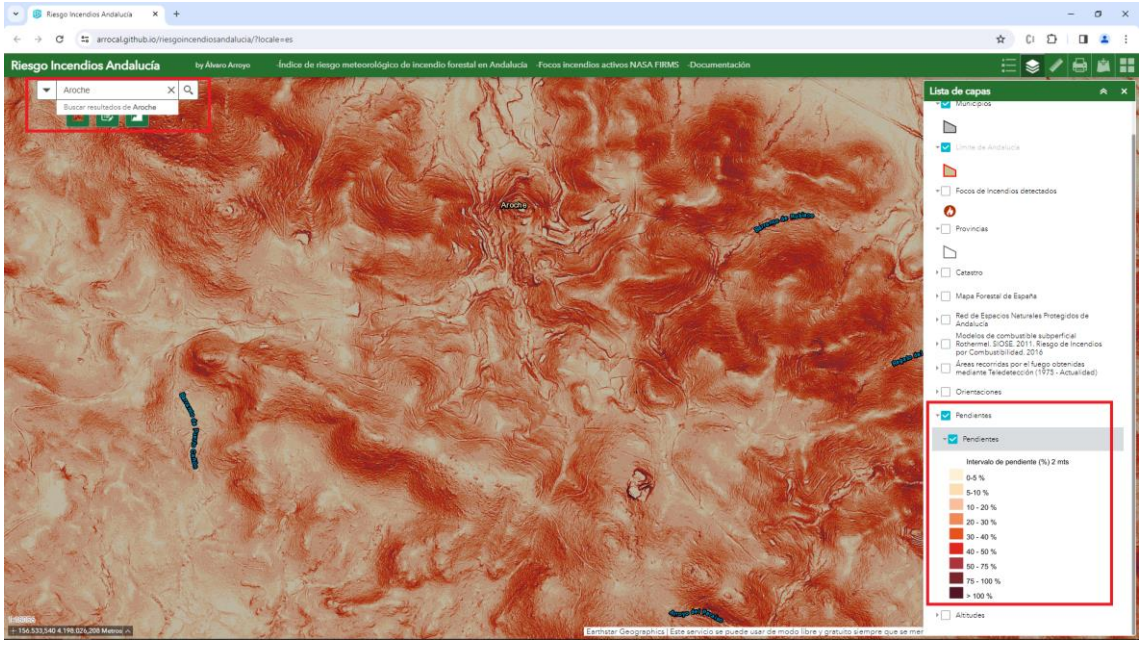
Fuente: Plan de Lucha contra los Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Andalucía (INFOCA).

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

ANÁLISIS MEDIANTE LA PENDIENTE

Para estimar el riesgo de incendio por la Pendiente, de la misma manera que en el caso del Modelo de Combustible, se buscará y se hará zoom al municipio de estudio, en este caso Aroche (Huelva) con la herramienta “Buscar” y se cargará la capa “Pendientes” con la herramienta “Lista de capas” (si no estuviera ya activa) donde se verá el valor de la pendiente

predominante. Una vez cargada la capa se hara zoom a la zona forestal donde se quiere la pendiente



Nota: La capa de Pendientes debido a su tamaño tarda en cargar uno segundos, y solo es visible a escalas grandes por lo que habrá que hacer zoom

Para cuantificar el riesgo de incendio por la Pendiente se tendrá en cuenta 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

Fuente: Plan de Lucha contra los Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Andalucía (INFOCA).

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

10.3REGISTRO Y ANÁLISIS DE FOCOS DE INCENDIO FORESTAL

INTRODUCCIÓN

Íntimamente relacionado con el riesgo de incendio forestal está el análisis 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. Para poder

responder a estas preguntas se han desarrollado 2 herramientas. Una para poder registrar en una capa gráfica llamada “Focos incendios” la ubicación y características de los focos de incendios que han dado lugar incendio. Y otra para poder analizar dicha información alojada en la capa gráfica mediante gráficos.

REGISTRO DE FOCOS DE INCENDIOS

DATOS

Para obtener la ubicación sobre el terrano de foco de incendio se parte de los datos obtenidos por los satélites X, Y de servicio FIRMS de la NASA (https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov). 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. La fercuendo de paso de los satélites es de XXXXXXX

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

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

DATO	VALORES POSIBLES	FUENTE
PROVINCIA	Almeria	Capa Provincias
	Cádiz	
	Córdoba	
	Cádiz	
	Granada	
	Huelva	
	Jaen	
	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	
	Acer spp	
	Adenocarpus spp	
	Alnus spp	

	Arbutus unedo	Capa del Mapa Forestal
	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	

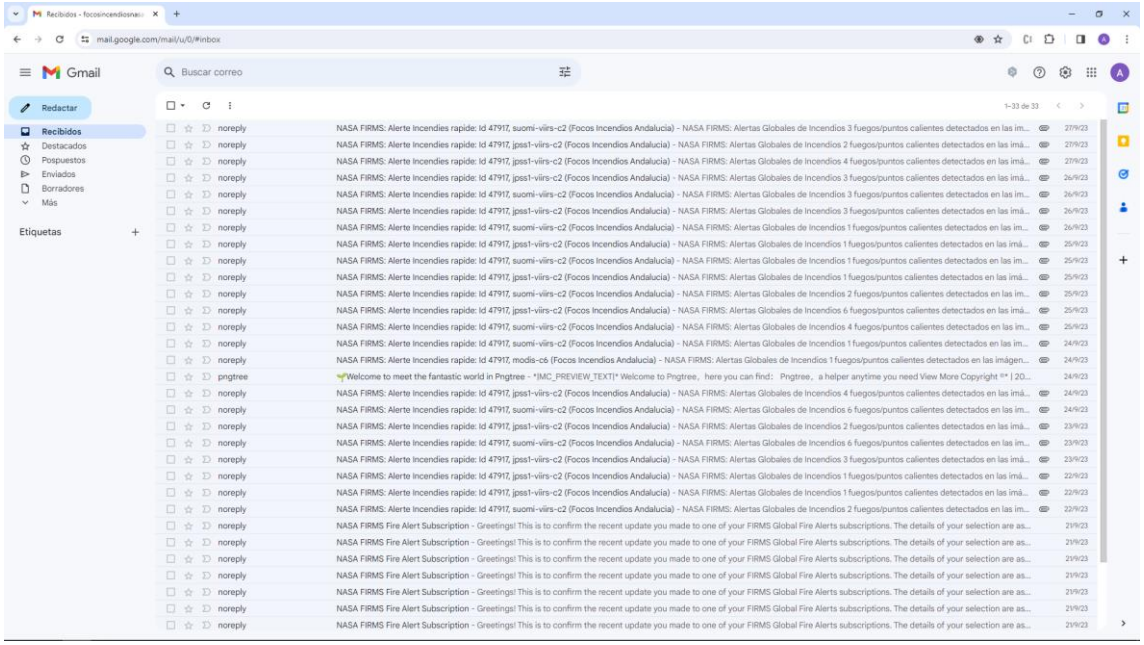
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
TEMPERATURA (º C)	Menor de 10	AEMET
	Entre 10-14	
	Entre 15-19	
	Entre 20-24	
	Entre 25-29	
	Entre 30-34	
	Entre 35-39	
	Entre 40-45	
	Mayor de 46	
HUMEDAD (%)	Menor de 14	AEMET
	Entre 15-19	
	Entre 20-24	
	Entre 25-29	
	Entre 30-34	
	Entre 35-39	
	Entre 40-45	
	Entre 46-50	
	Entre 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	
PENDIENTE (%)	Entre 0-5	Capa de Pendientes
	Entre 5-10	
	Entre 10-20	
	Entre 20-30	
	Entre 30-40	

	Entre 40-50	
	Entre 50-75	
	Entre 75-100	
	Mayor de 100	
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	

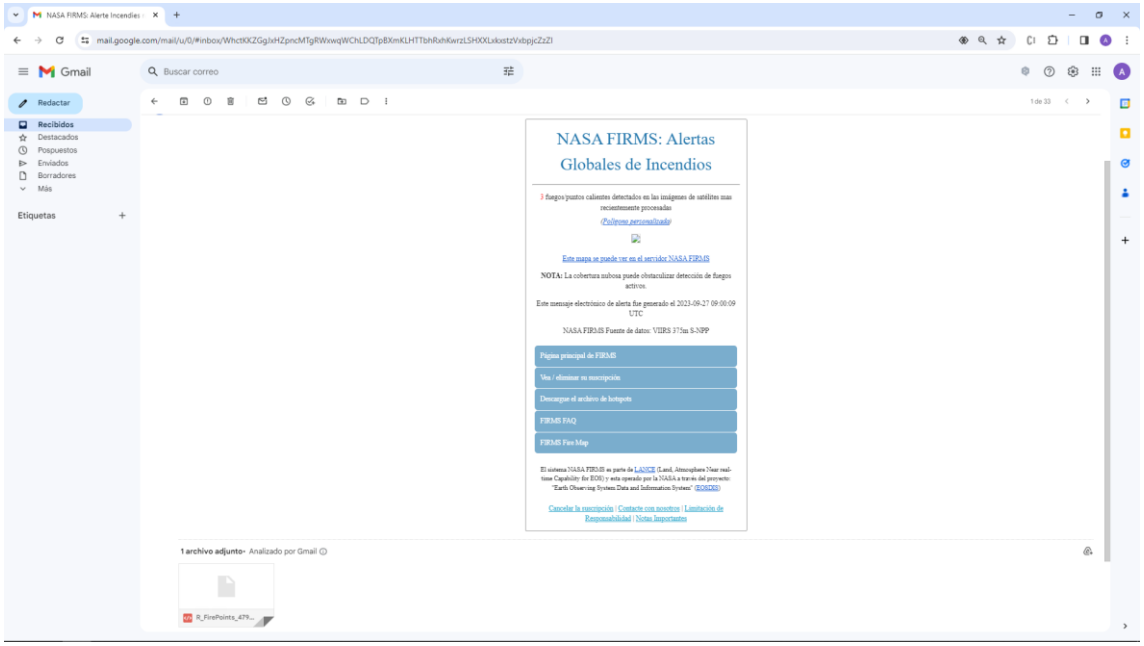
PROCEDIMIENTO OPERATIVO

El proceso para realizar el registros de los Focos de Incencdios registrados por el servicio NASA Firms es el siguiente:

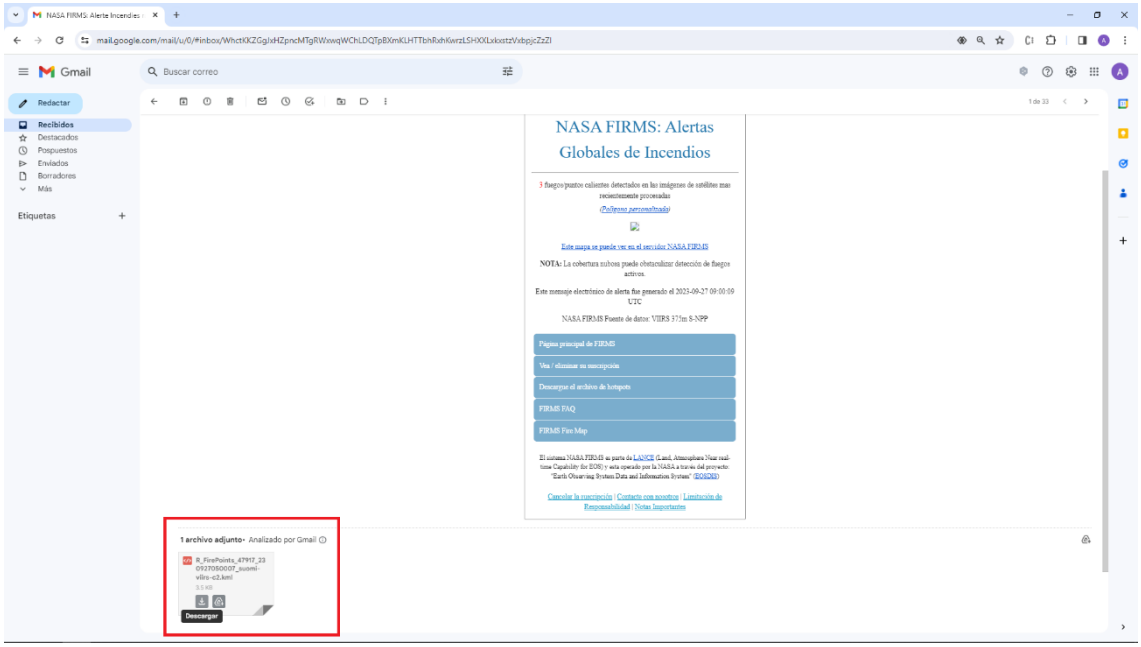
-Con la frecuencia deseda, o incluso en tiempo real, porque teniendo abierta la cuenta de correo anteriomente indicada suena un sonido indicando que se ha recibido unu nuevo correo, se procederá a abrir el correo de GMAIL



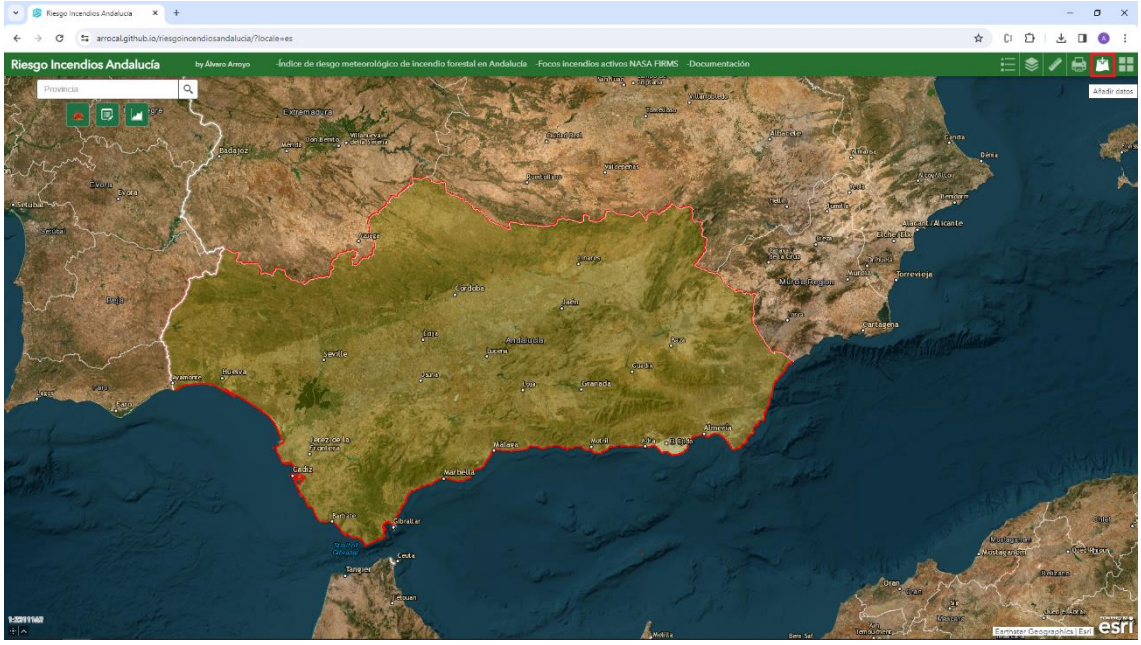
-Se abrirá el último correo recibido



-Se descarga el fichero adjunto

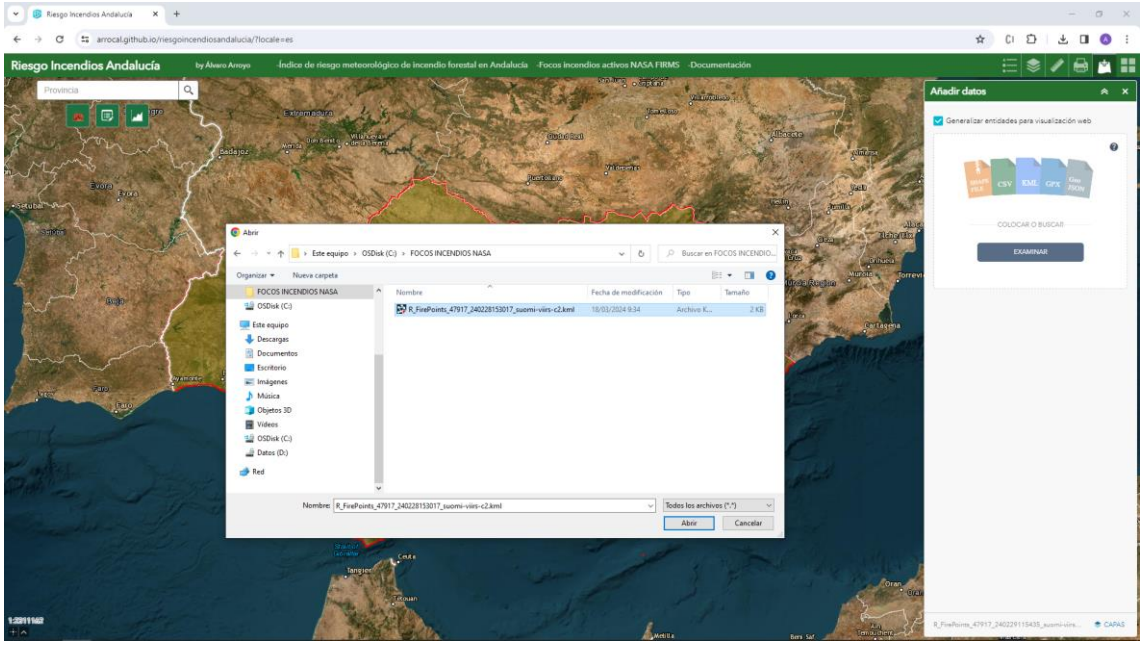


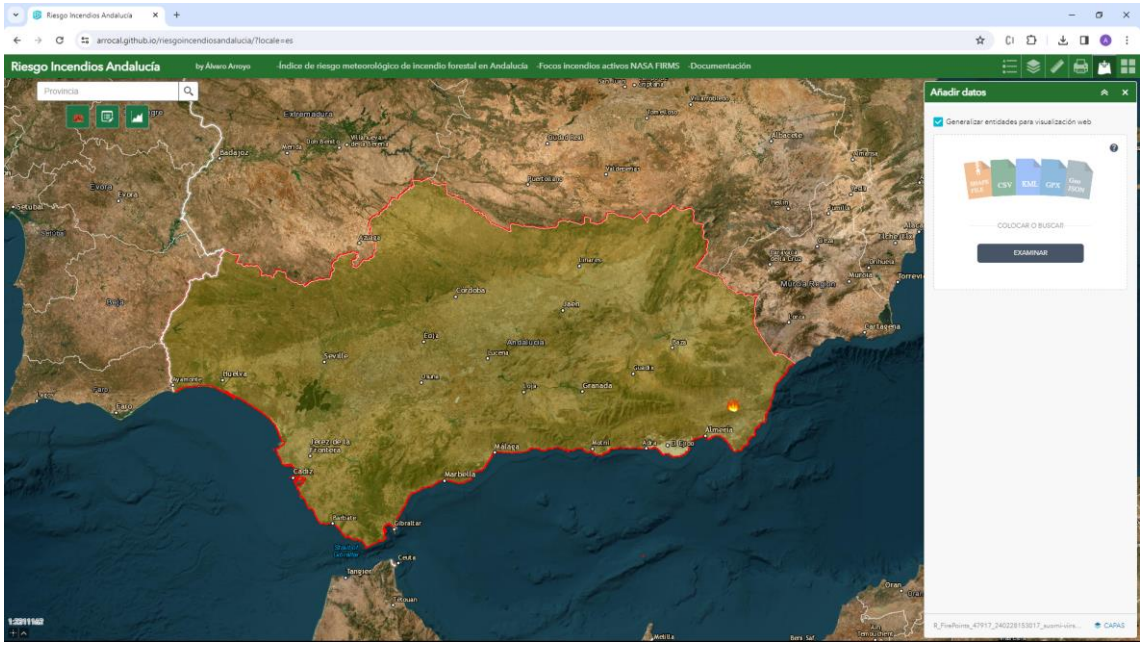
-Se abre la herramienta “Añadir datos” del visor



-Se pulsa el el botón “Excaminar” para y se navega a la ubicación donde se ha descqagado el fichero KML con la ubicación del foco de incendio detectado

-Pulsar “Abrir” en el formulario de navegación de Windows





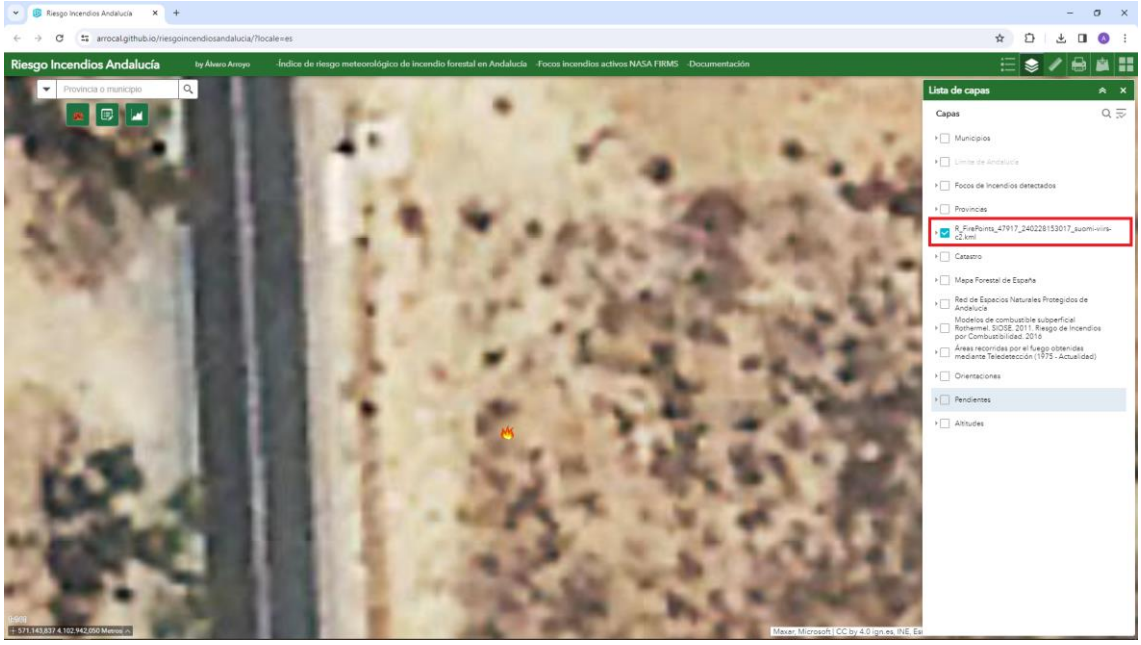
Hay que tener en cuenta que los focos de incendios detectados por el servicio NASA Firms se pueden localizar en cualquier tereno (agrícola, forestal, urbana). En el caso del presente TFG solo interesarían los focos de incendios en terreno forestal o en otro tipo de terreno siempre y cuando hayan originado incendio forestal. A simple sobre la ortofoto se puede ver si el incendio forestal se ha producido en terreno forestal, agrícola o urbano. Tambie´n 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 a que la fuente de calor detectada por el servicio NASA Firms provenga sea debida a chumenenas de compolejos industriales. Es responsabilidad de los técnicos de incendio o usaurio del visor discernir si se trata o no de un faltso positivo examinando sobre el terreno la ubicación del foco de incendio. Y en caso de sí serlo no tenerlo en cuenta en el registro

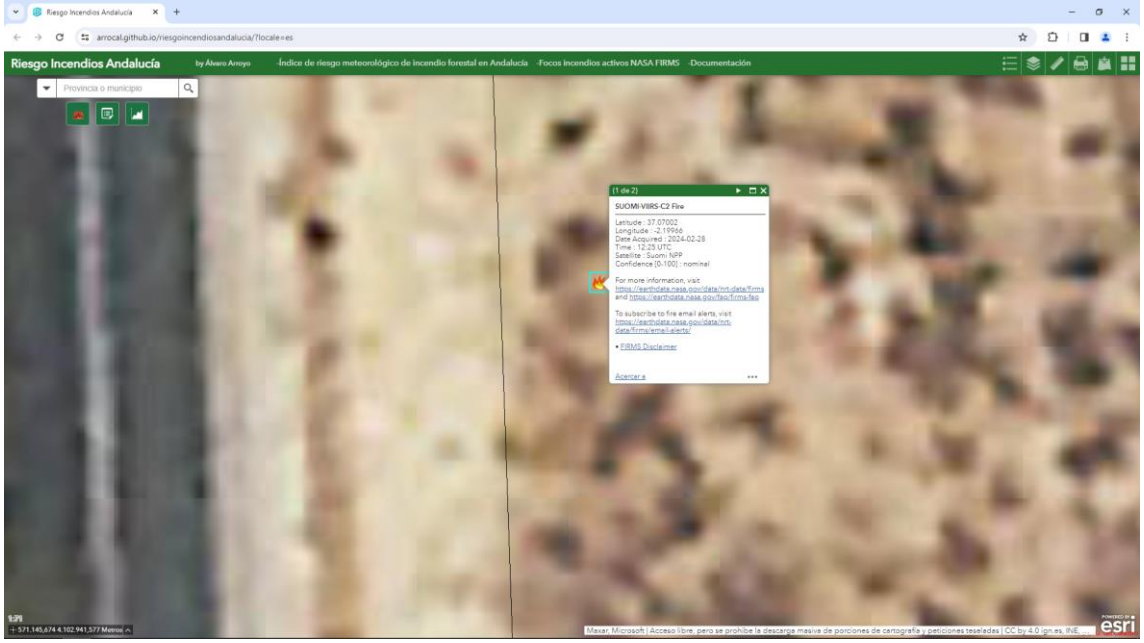
Una vez cargado el foco de incendio se procederá a recopilar la información asociada a él y que es la que se va registrar en la capa gráfica “Focos de incendios detectados” con la herramienta “Crear foco de incendio”.

aaaaaaaEsta información es la indicada en el apartado XXX junto con sus capas origen de datos. Para recopilar esta información hay que hacer click sobre el foco de incendio teniendo cargada uinicamente la capa de la que se va a extraer la información , y la capa que representa el foco de incendio. Esta capa se llama

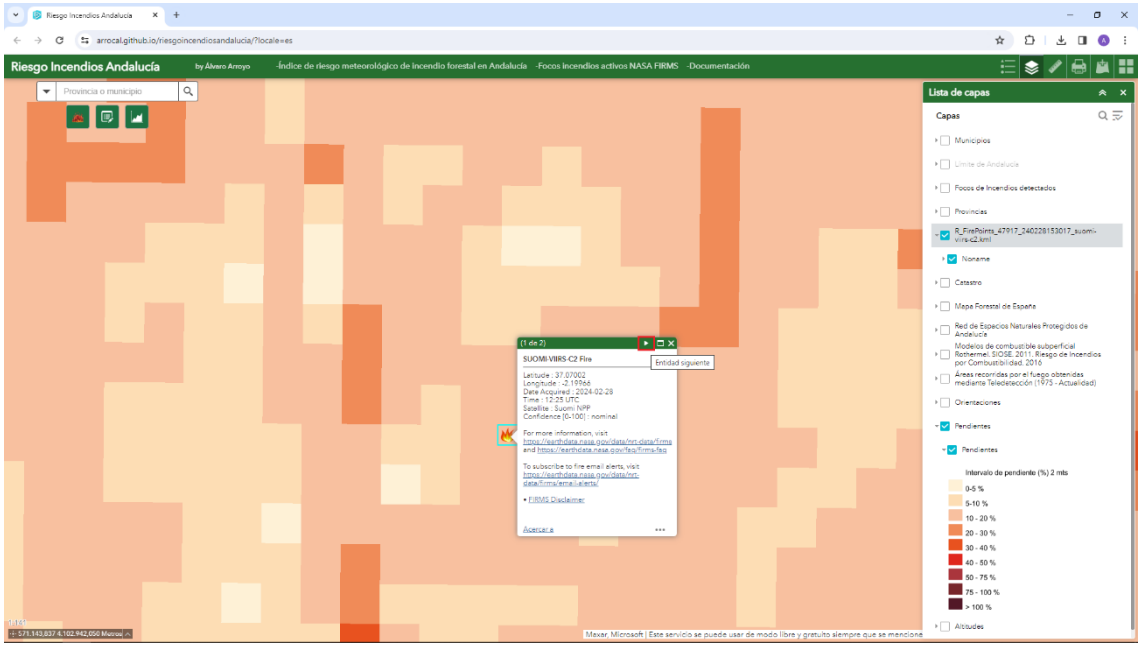
`R_FirePoints_CODIGO_NUMERICO_suomi-viirs-c2.kml`



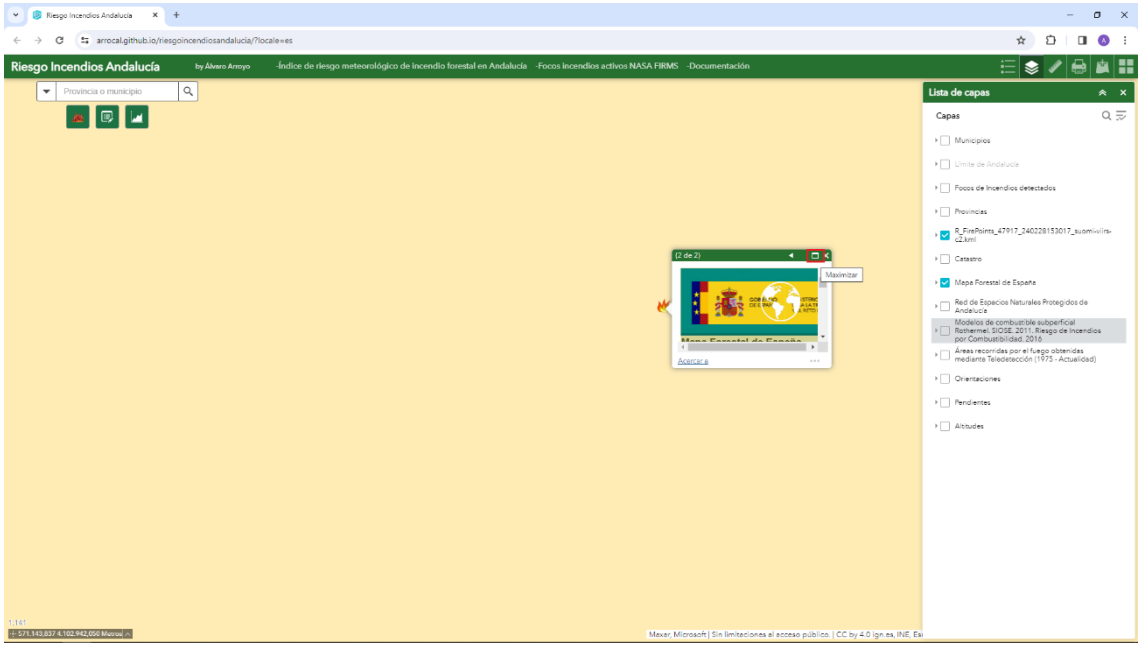
Al hacer “click” se mostrará una ventana emergente con la información del foco de incendio en primer plano.

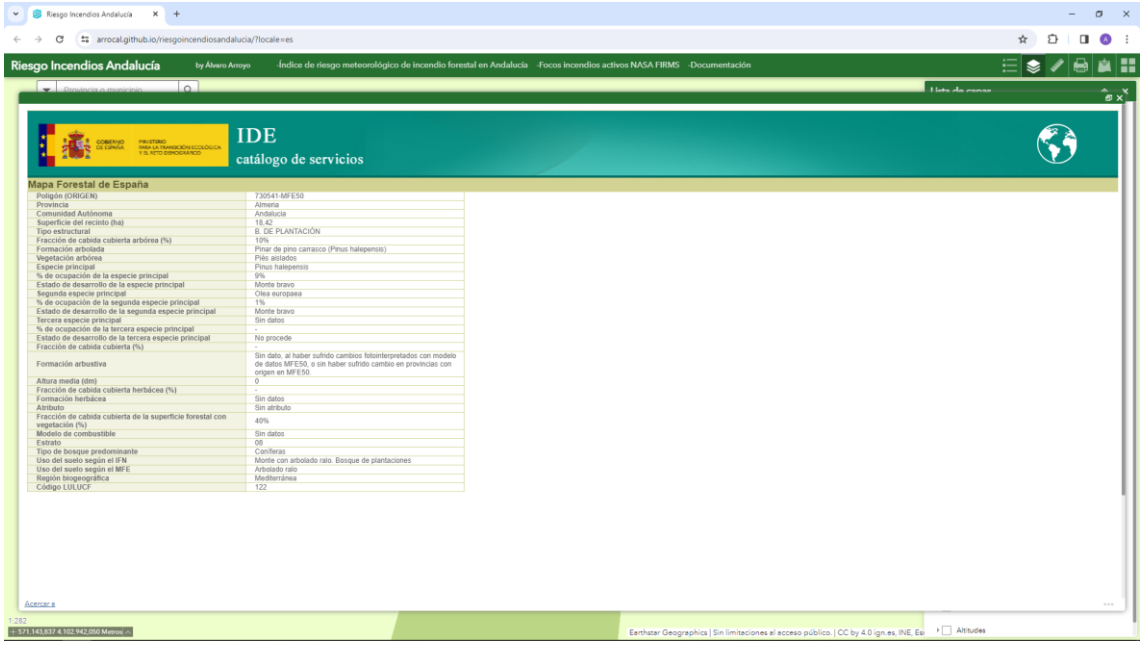


Para recopilar la información de las capas hay que pulsar el icono “Entidad siguiente” del panel informativo.



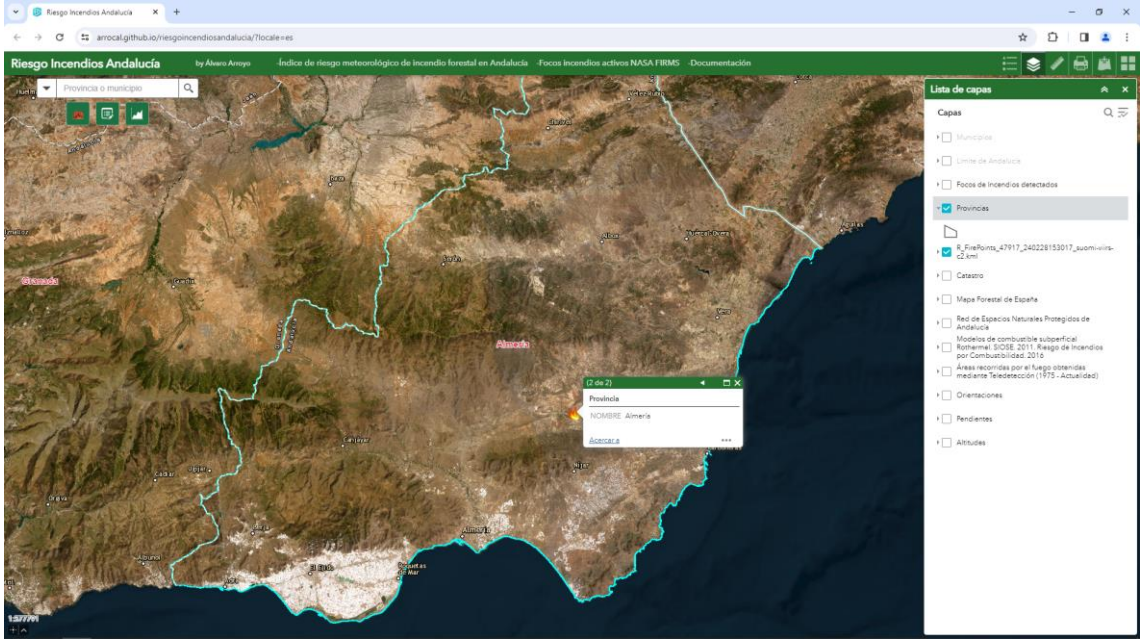
Y posteriormente maximizar el panel para ver la información a un tamaño más grande, pulsando en el icono “Maximizar” del panel información



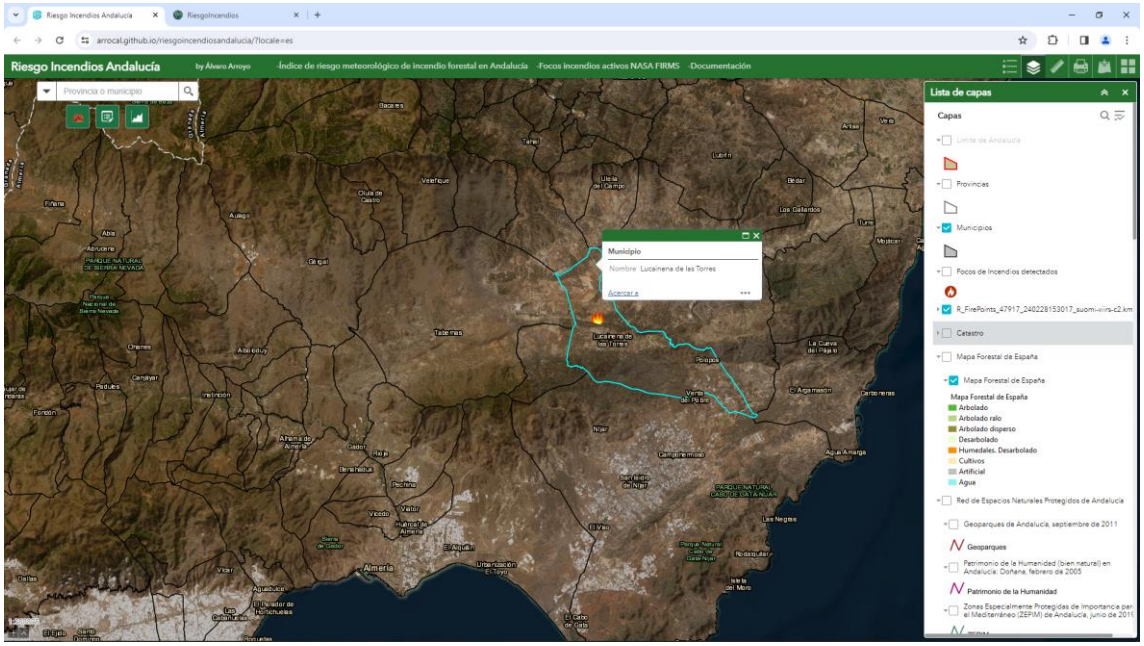


A continuación se muestra la información a recopilar junto con su capa origen de datos

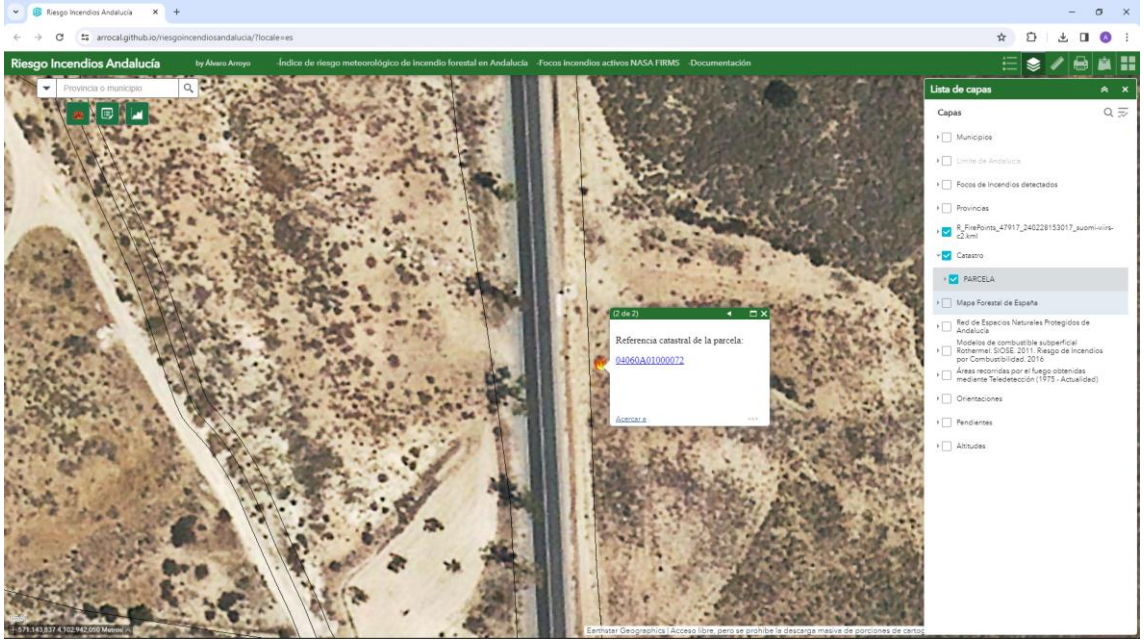
INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Provincia	Provincias	Almería



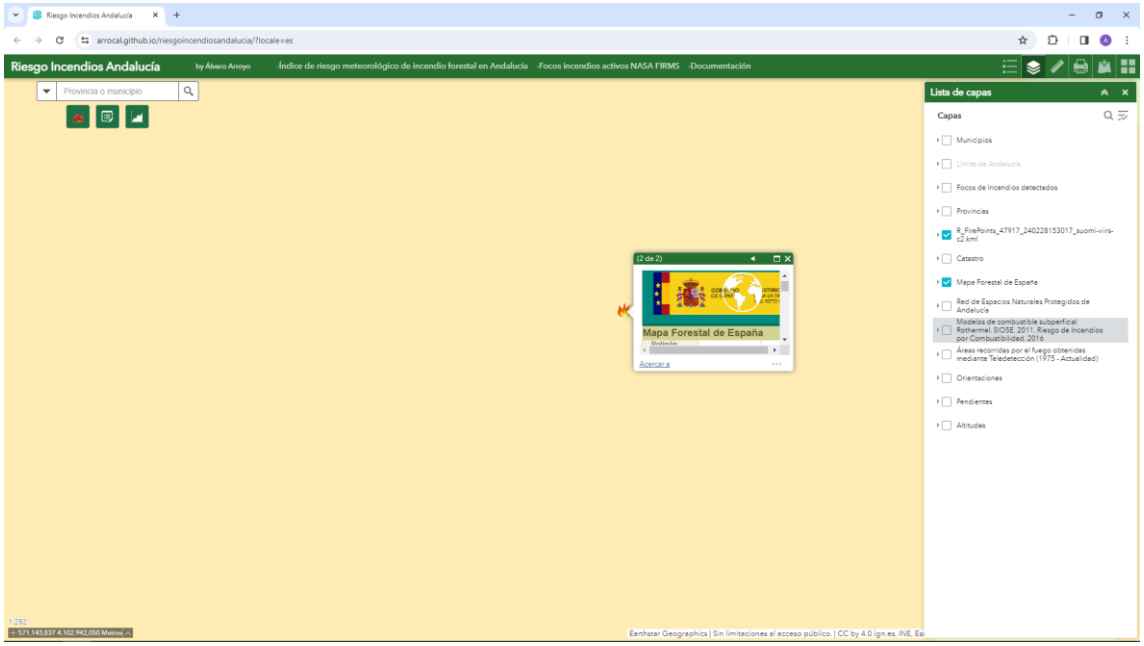
INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Municipio	Municipios	Lucainena de las Torres

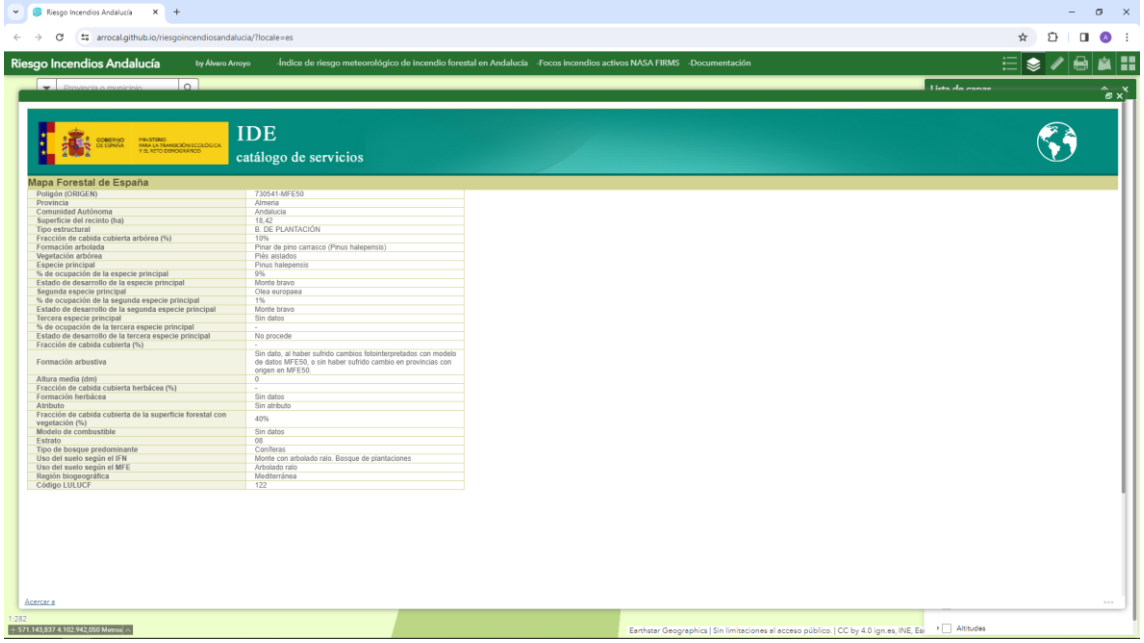


INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Referencia catastral	Catastro	04060A01000072

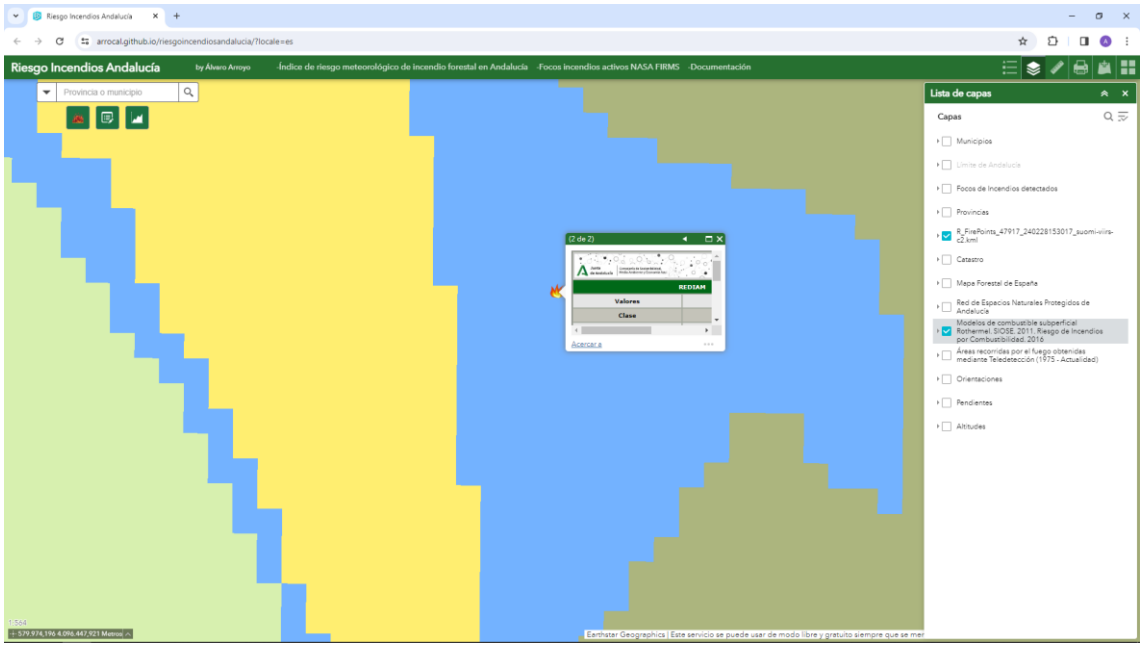


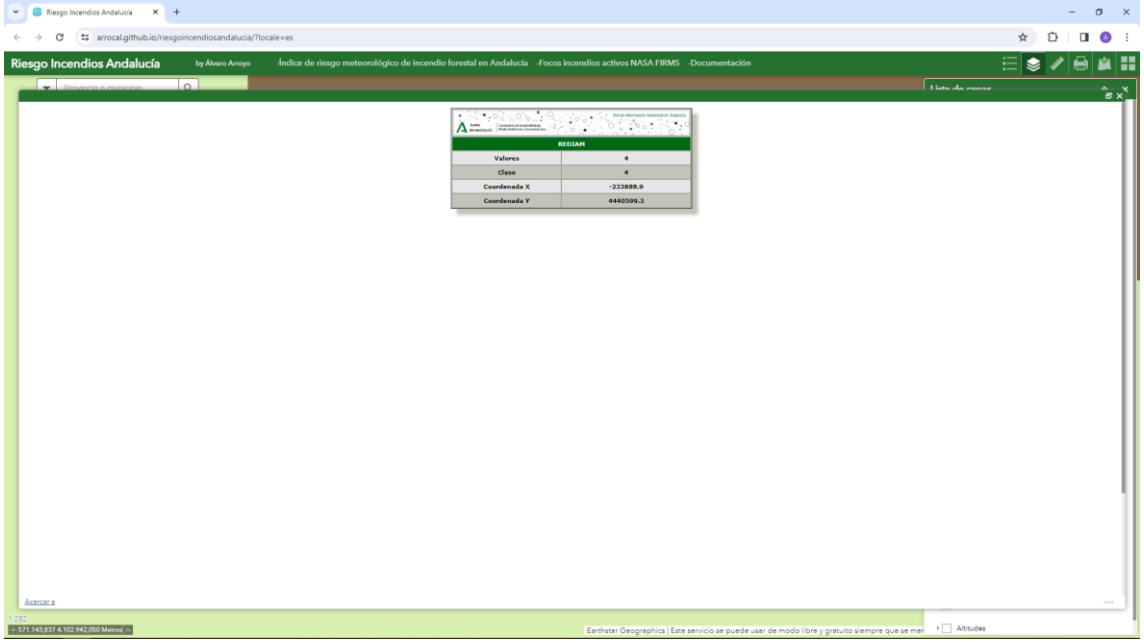
INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Especie principal	Mapa Forestal de España	*Pinus halepensis*
Especie secundaria		*Olea europaea*
FCC		5 %



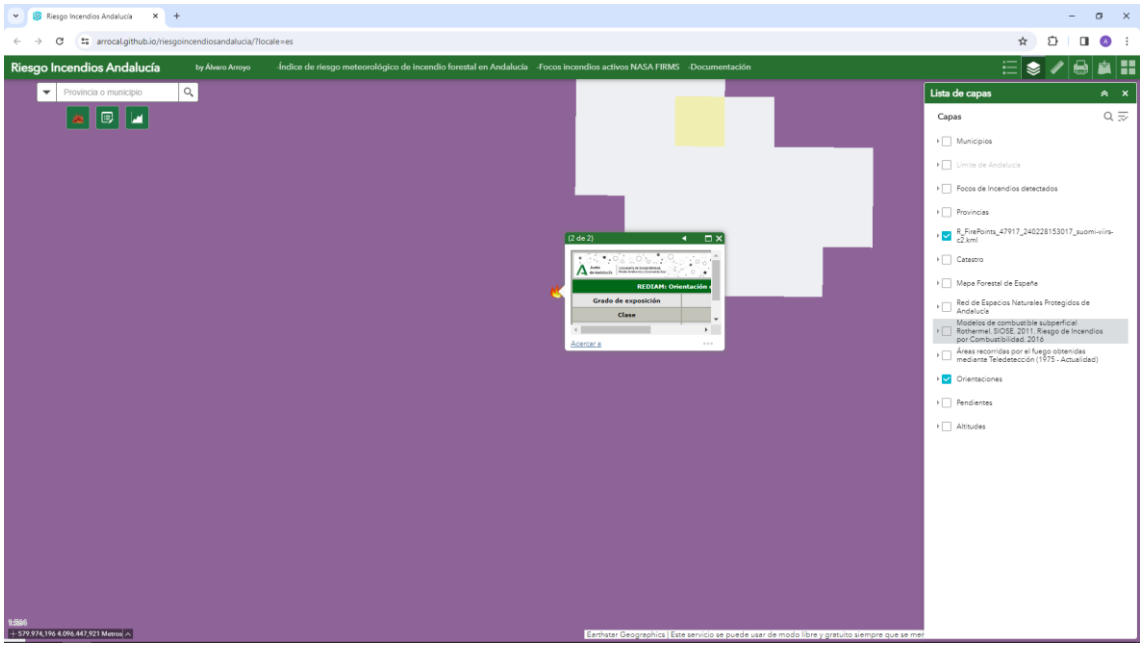


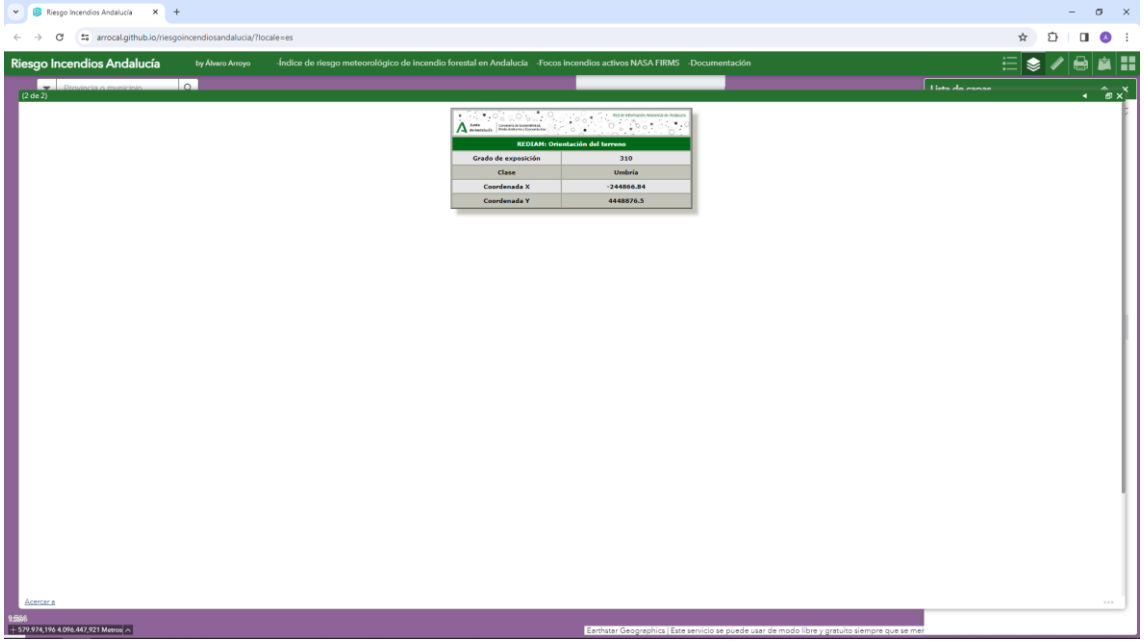
INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Modelo de combustible	Modelos de combustible subperficial Rothermel. SIOSE. Riesgo de Incendios por Combustibilidad. 2016	4



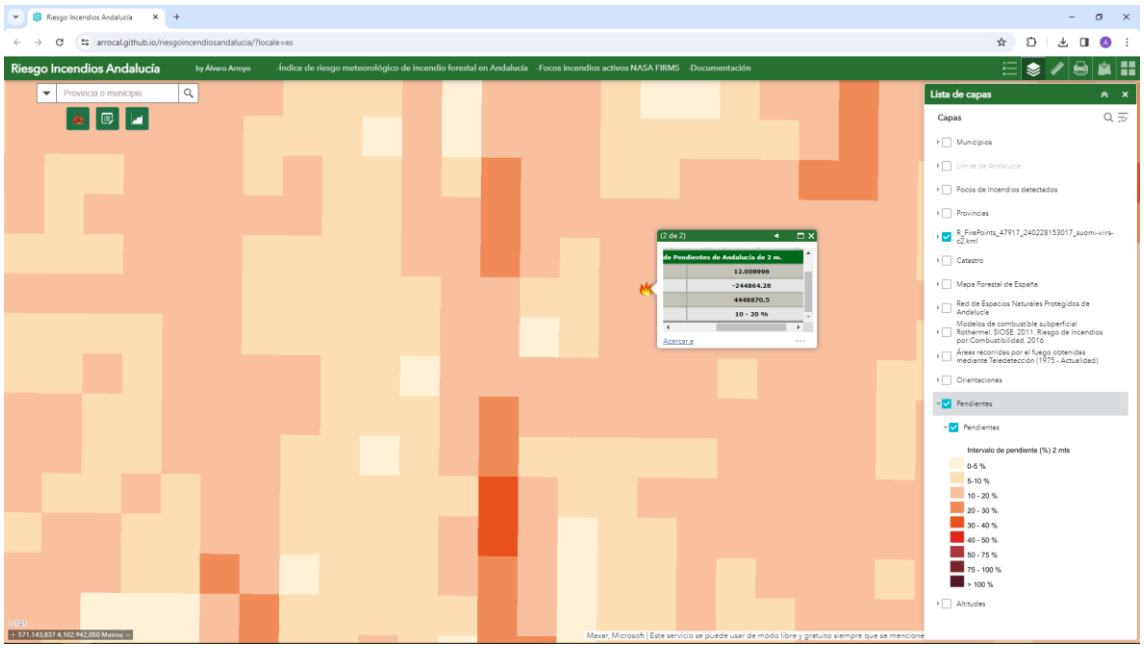


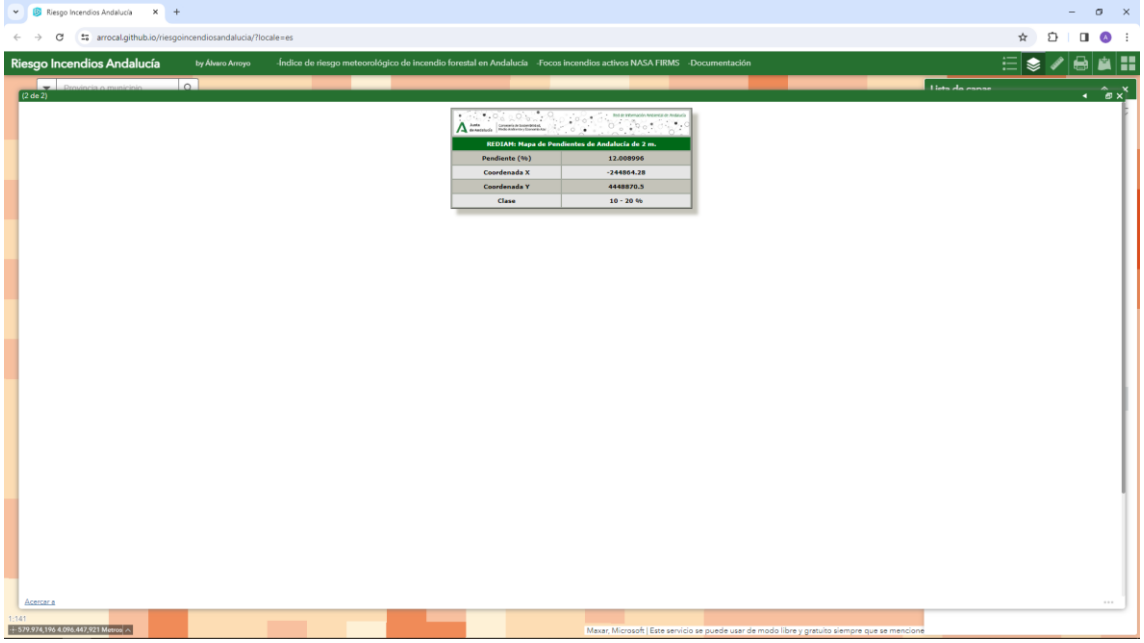
INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Orientación	Orientaciones	Umbría



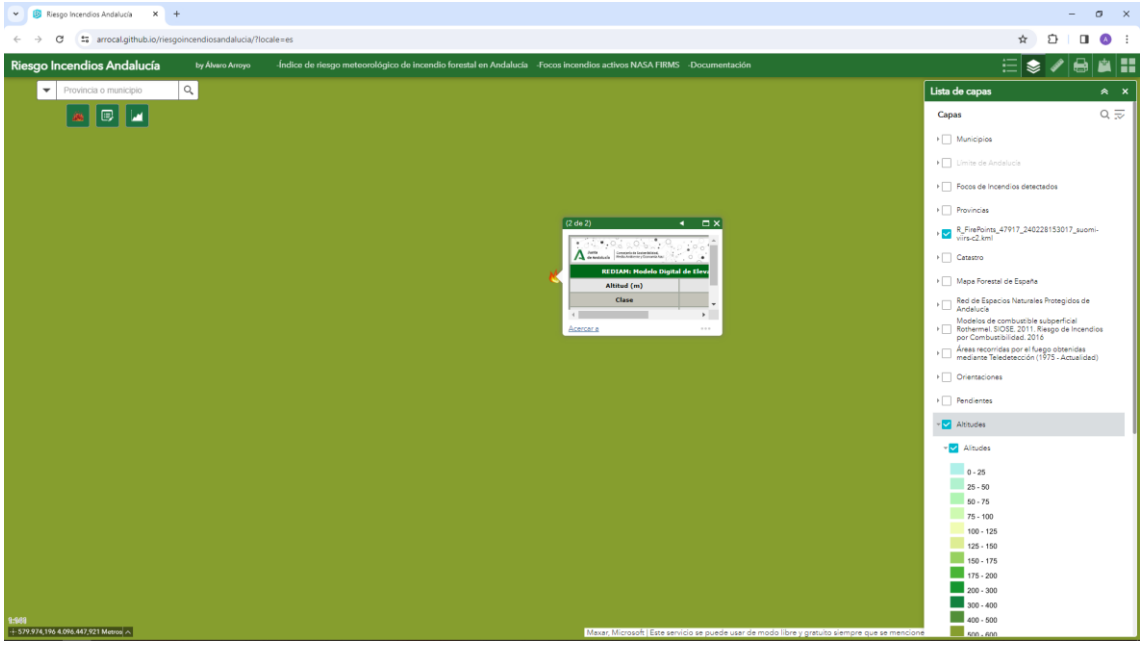


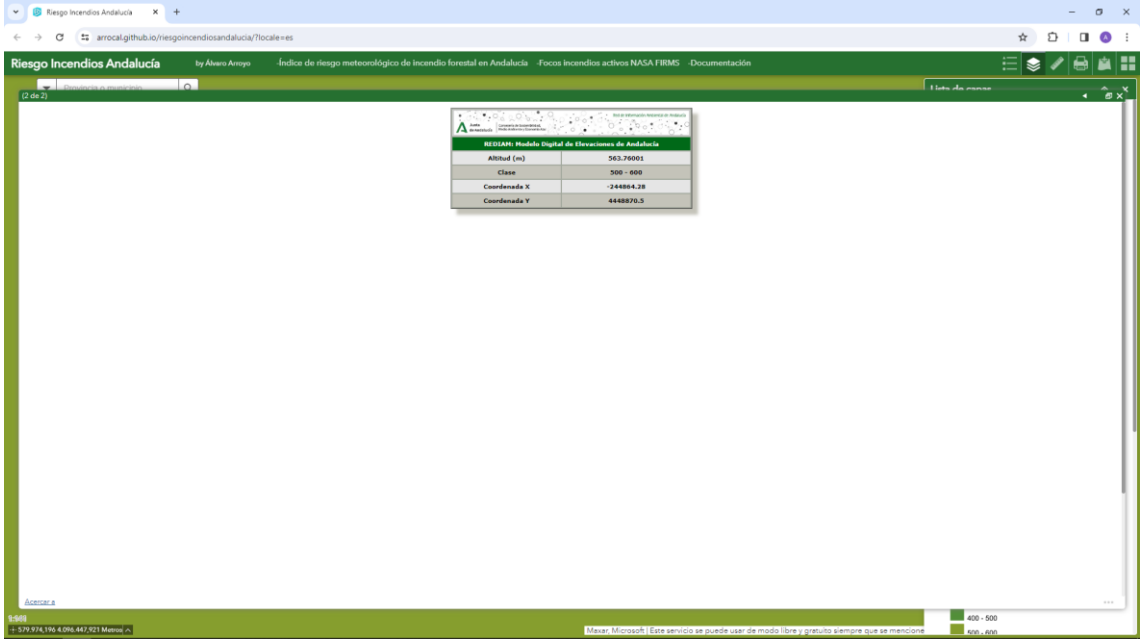
INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Pendiente	Pendientes	10-20 %





INFORMACIÓN	CAPA ORIGEN	VALOR
Altitud	Altitudes	500-600 m





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

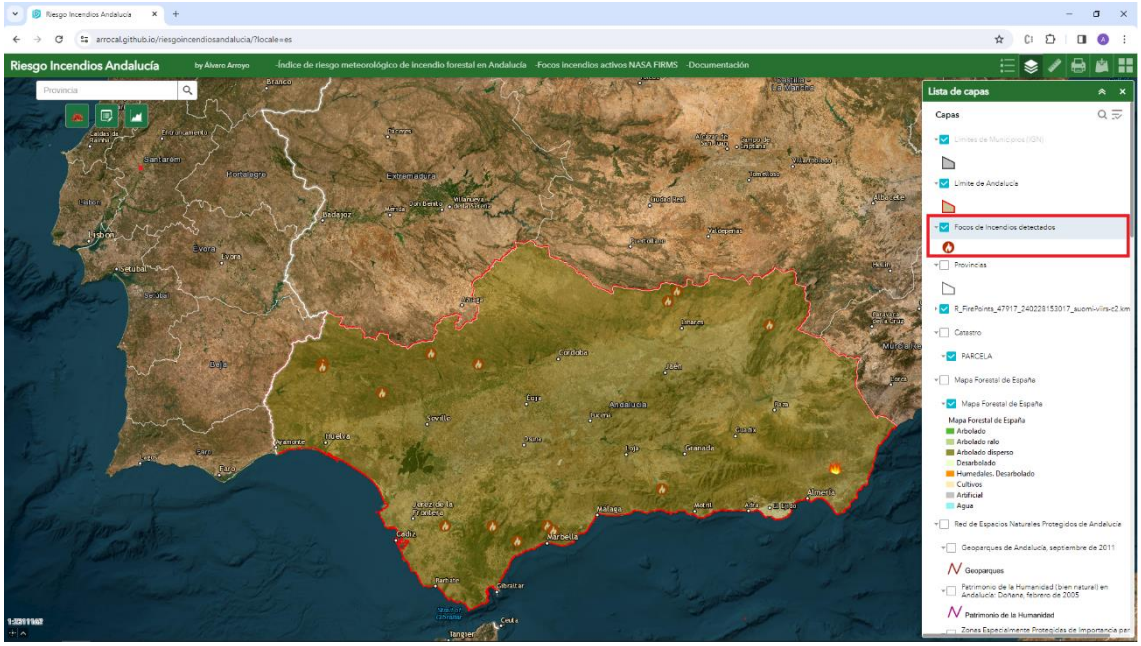
DATO	FUENTE DE DATOS	VALOR
Humedad	Registros diarios provenientes de La AEMET para el municipio y día de la detección del foco de incendio	29 º C

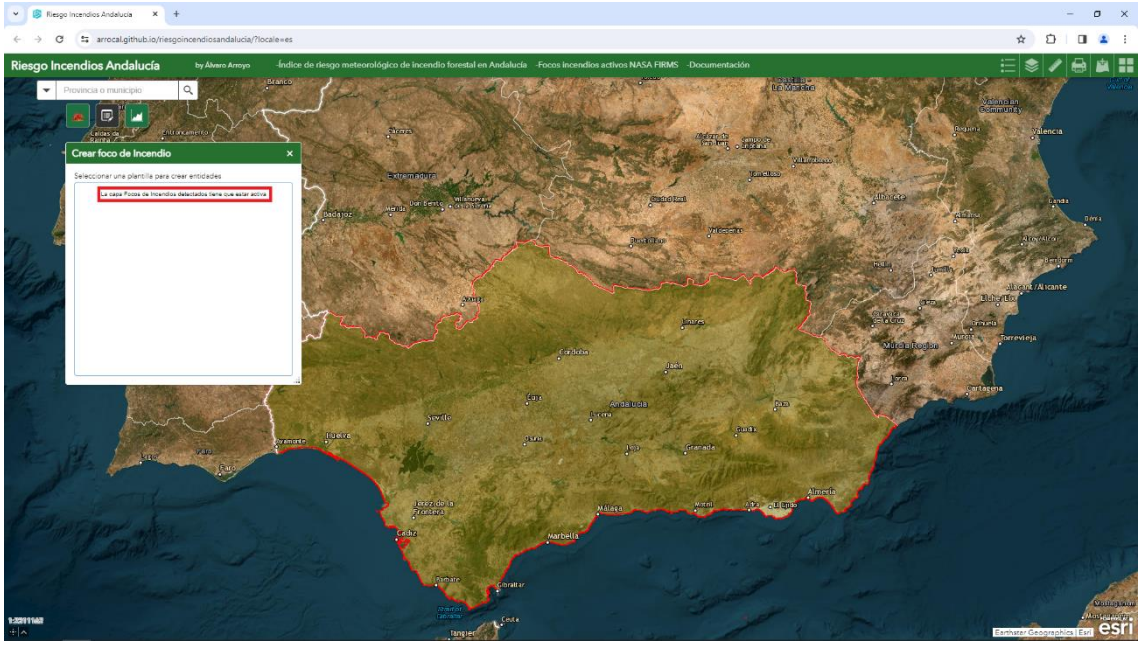
DATO	FUENTE DE DATOS	VALOR
Viento	Registros diarios provenientes de La AEMET para el municipio y día de la detección del foco de incendio	20 Km\h

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 “Estadísticas de origen de Incendios”

CRERAR FOCO DE INCENDIO

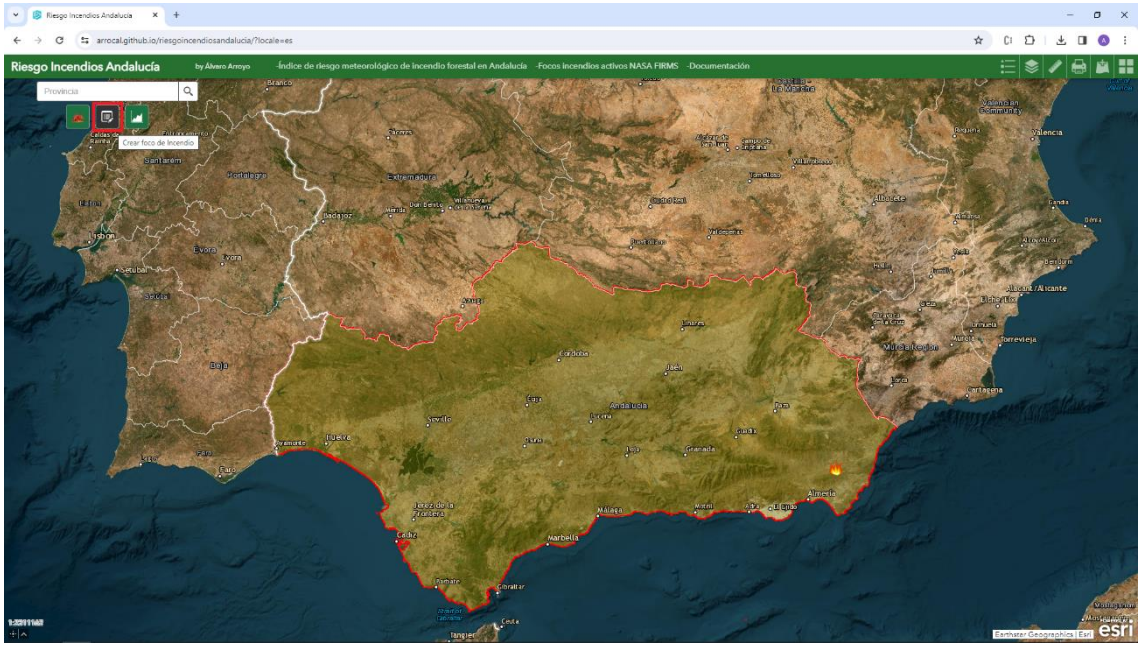
Nota: Es requisito para utilizar esta herramienta que la capa “Foco de Incendios detectados” esté activa. Si esta capa no está activa en la herramienta aparecerá el aviso “La capa Focos de Incendios detectados tiene que estar activa”



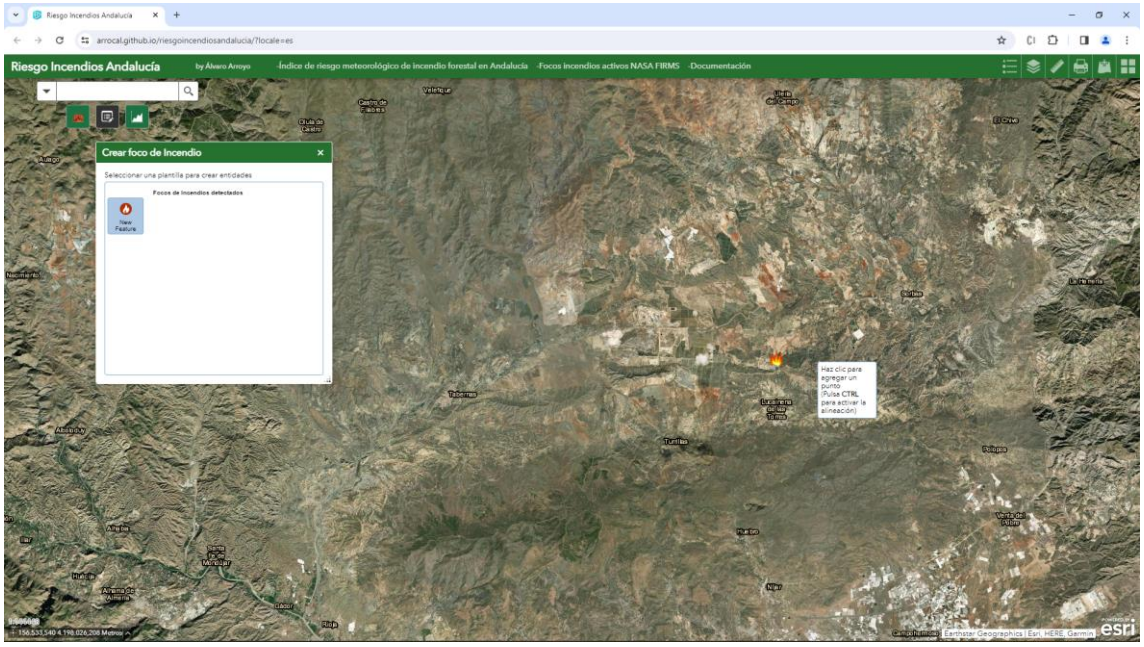


Para registrar un foco de incendios con sus datos asociados se procederá de la siguiente manera.

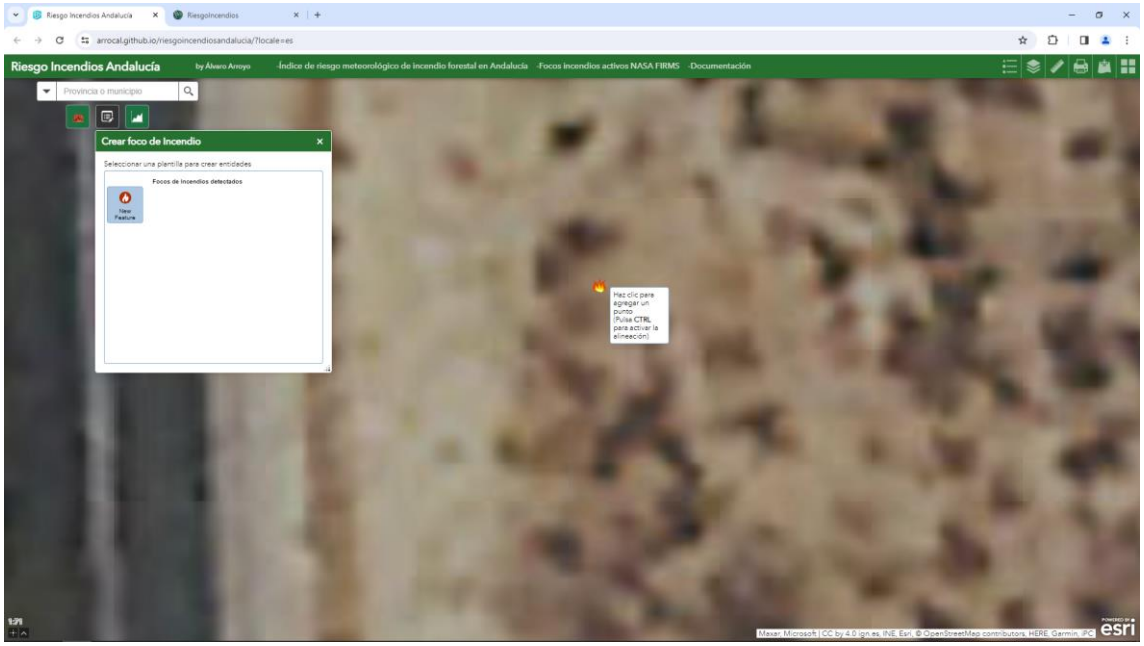
Abrir la herramienta “Crear foco de incendio”



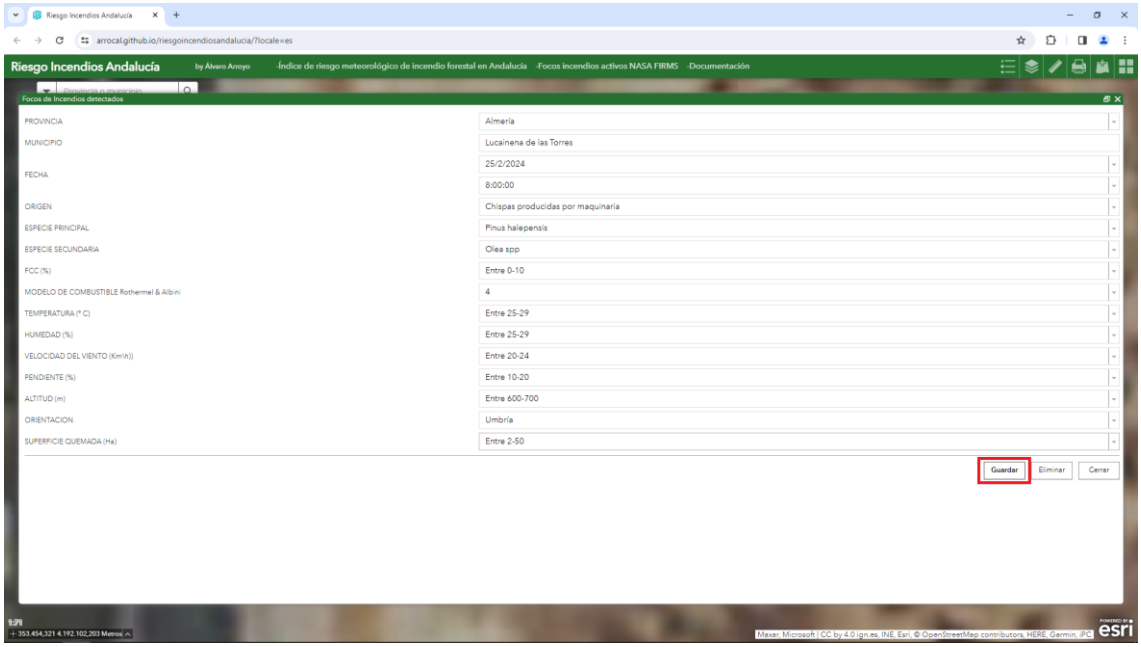
Pulsar la opción “New Feature”



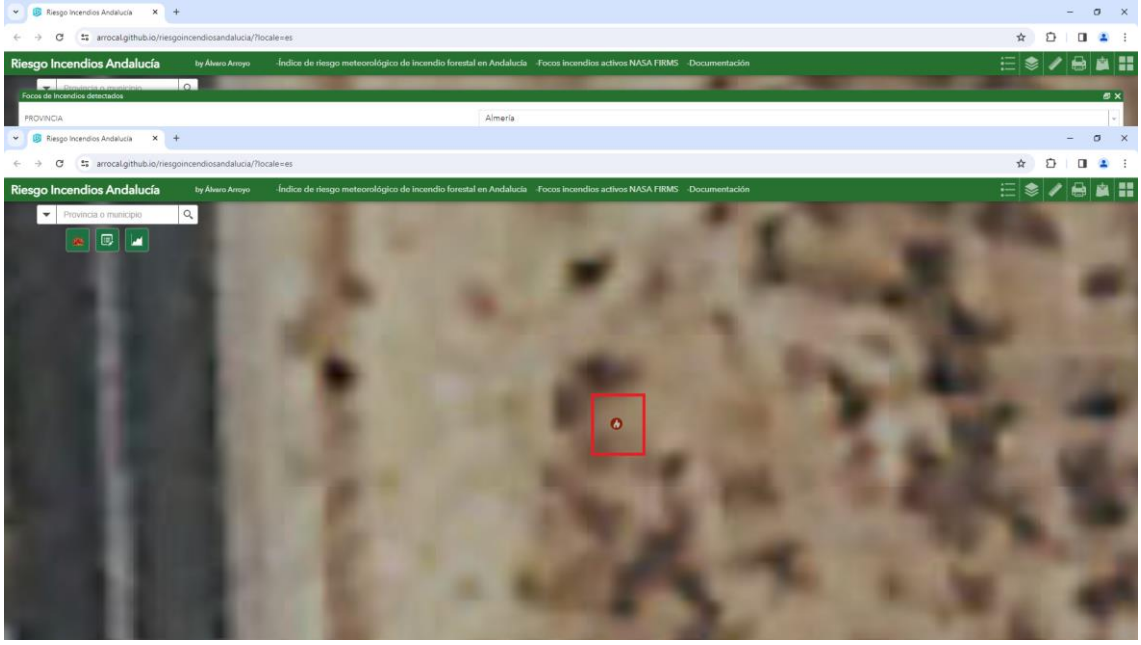
Hacer con un zoom máximo “click” en el punto donde se ha cargado el foco de incendio



Rellenar el formulario con los datos recuperados anteriormente en el apartado XXXXXXX y pulsar “Aceptar”



El foco de incendio se grabará en la capa “Focos de Incendios detectados” en la ubicación y con los datos detallados.



ESTADÍSTICAS DE RIESGO DE INCENDIOS

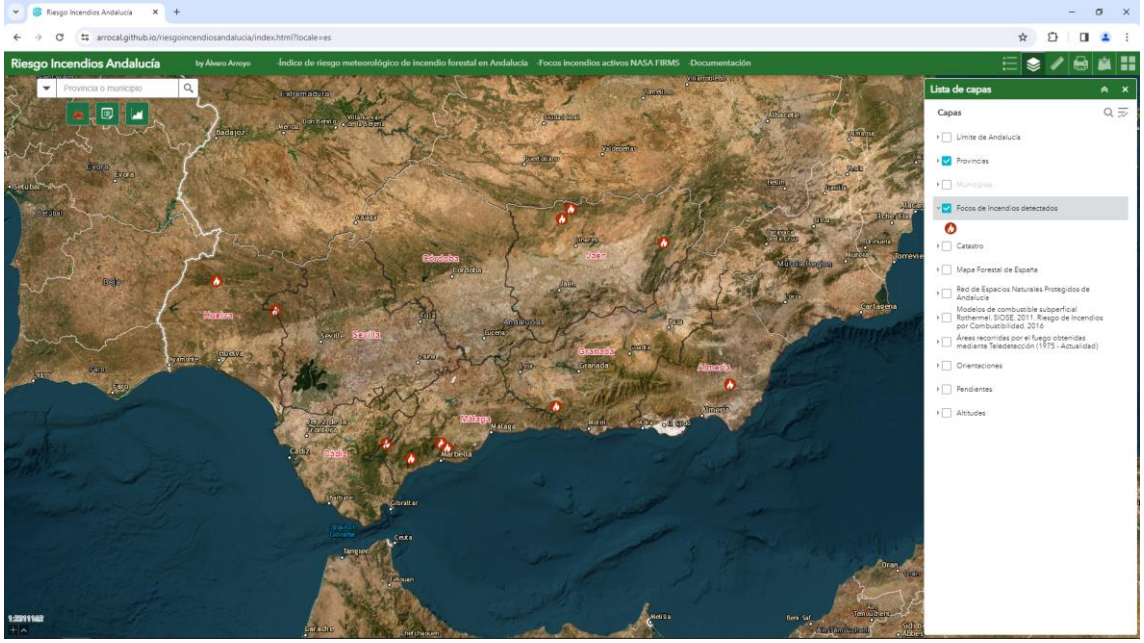
INTRODUCCIÓN

Con los parámetros registrados en el apartado anterior en la capa “Focos de Incendios detectados” la herramienta “Estadísticas de riesgo de Incendios” permite mediante gráficos analizar la frecuencia con la que intervienen los valores de los parámetros en el origen o formación de incendio forestal

Estos parámetros son

- Origen
- Provincia
- Municipio
- Especie principal
- Especie secundaria
- FCC (%)
- Pendiente (%)
- Altitud (m)
- Temperatura (ºC)
- Humedad (%)
- Velocidad del viento (Km\h)
- Superficie quemada (Ha)

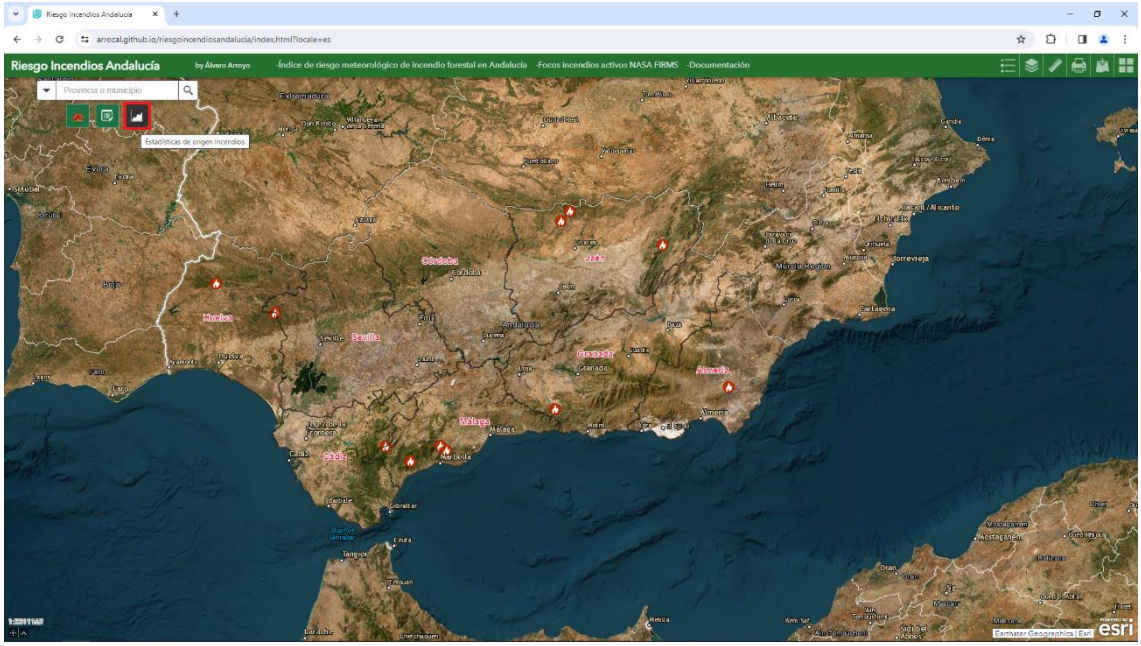
Para tener unos datos de muestra se han registrado 12 focos de incendios con sus respectivos datos en la capa “Focos de Incendios detectados”



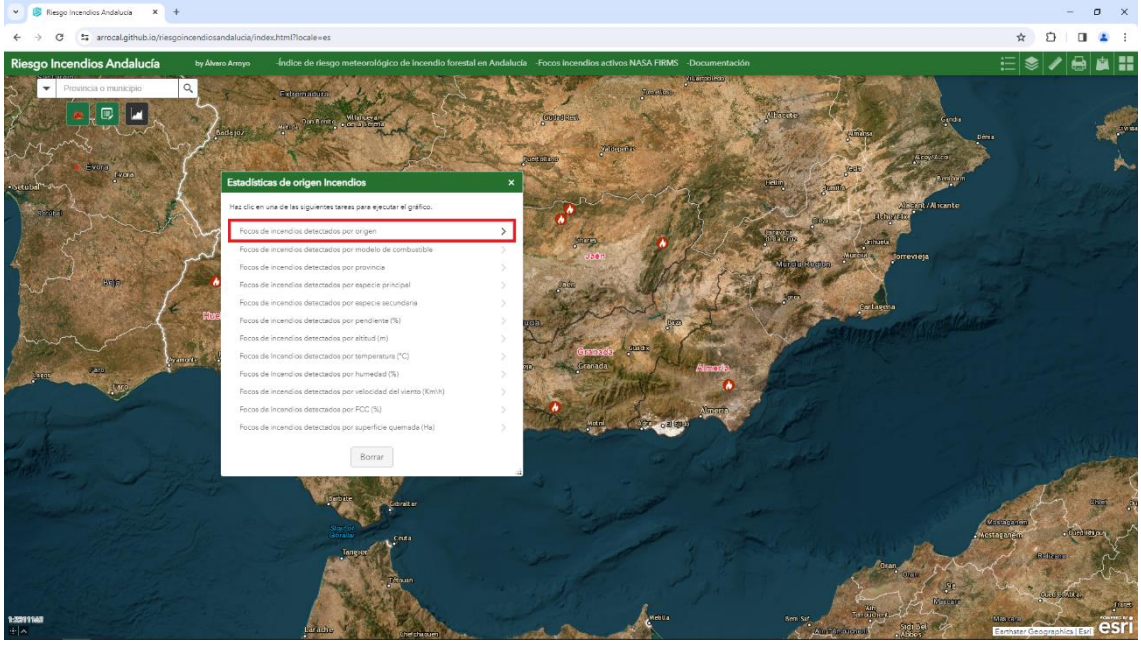
Para cada uno de estos parámetro se muestra un gráfico. Estos gráficos pueden ser generados para toda Andalucía o para una extenxión concreta dibujada a mano sobre el mapa.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Abrir la herramienta “Estadísticas de origen de Incendios”

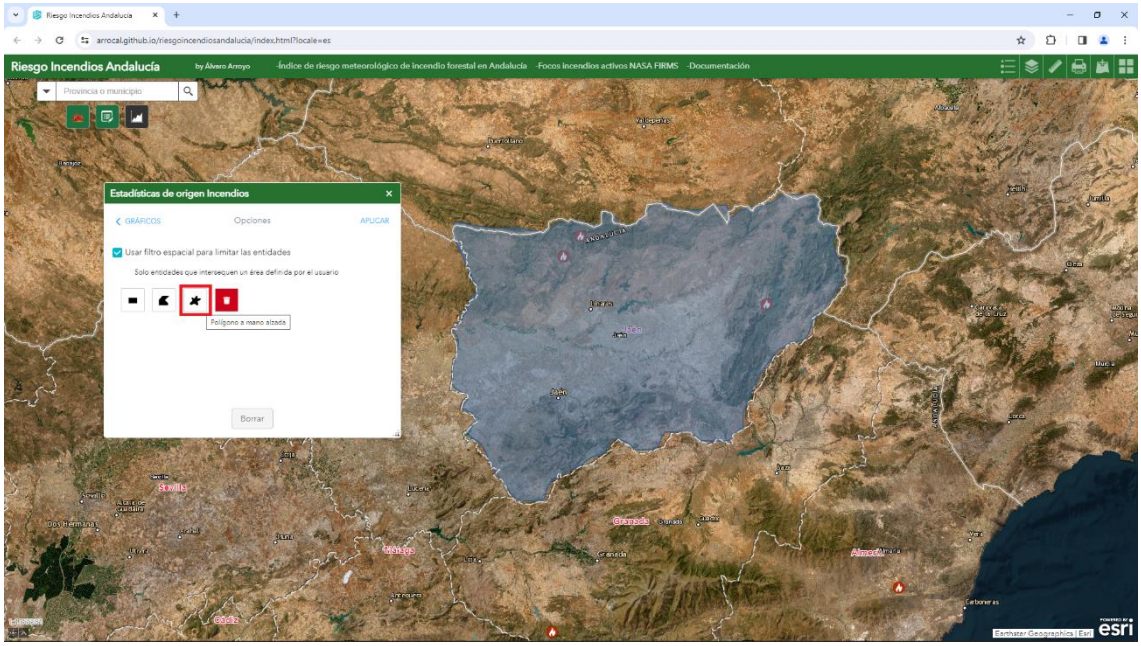


Hacer “click” la categoriía del gráfíco a ,mostrar

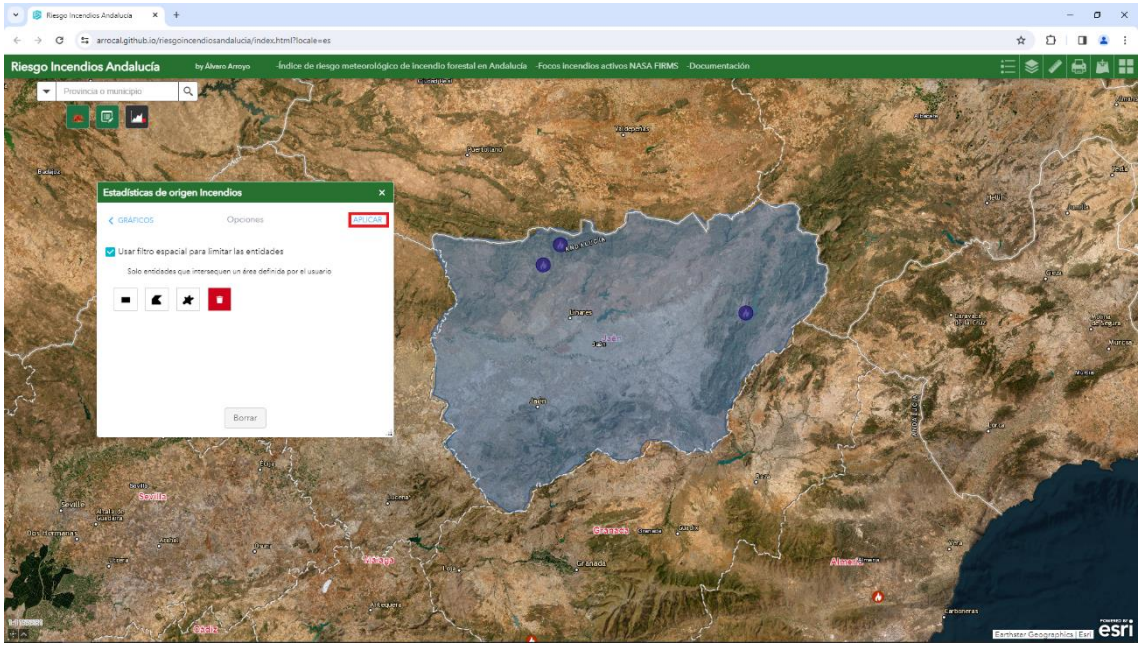


Si se desea generar el gráfico de una zona en concreto, por ejemplo de una provincia unicamemente, chequear la opción “Usar filtro espacial para limitar las entidades” y dibujar el área con alguna de las 3 herramientas que existen (rectángulo, polígono, poígono a mano alzada).

En las siguiente imágene se muestra un ejemplo dibujando el contorno de la provincia de Jaén.

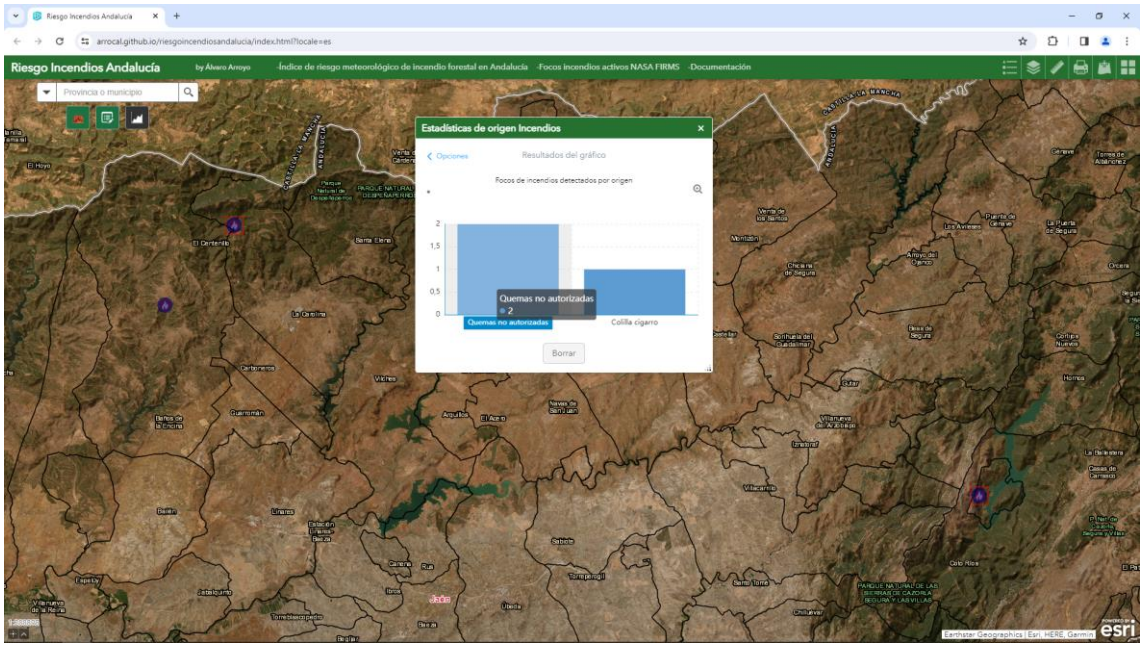


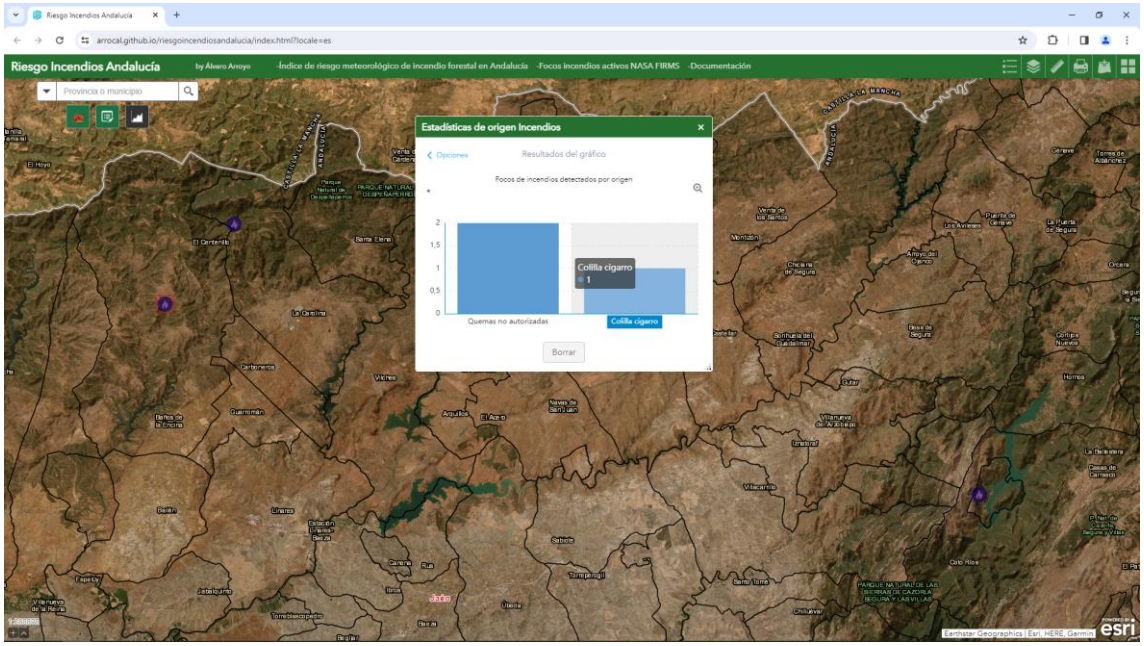
Una vez dibujada el área de estudio se pulsará “Aceptar” para generar el gráfico



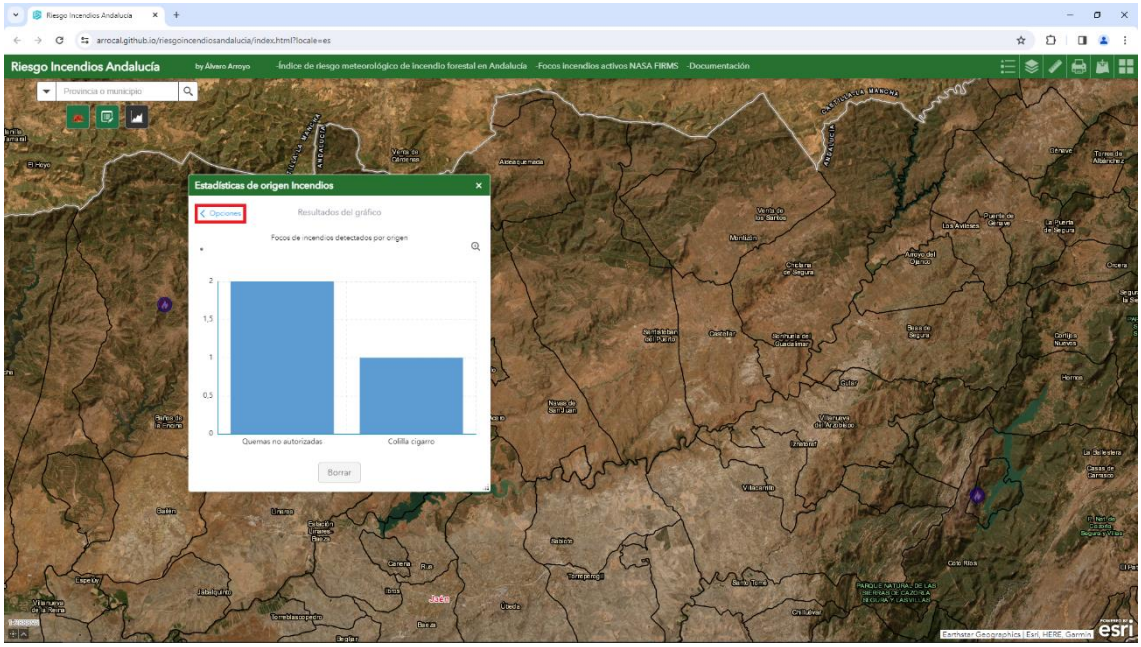
Una vez generado el gráfico automamaticamente se hace zoom al área donde caen los focos de incendios. Pasando el ratón por encima de las barras se ve el número de incendios que corresponden a cada categoría.

En la siguiente imagen se puede ver que de los 3 incendios resgistrados en la provincia de Jaen, 2 tuvieron como origen “Quemas no autorizadas” y 1 “Colillas de cigarrirrilo” resaltándose

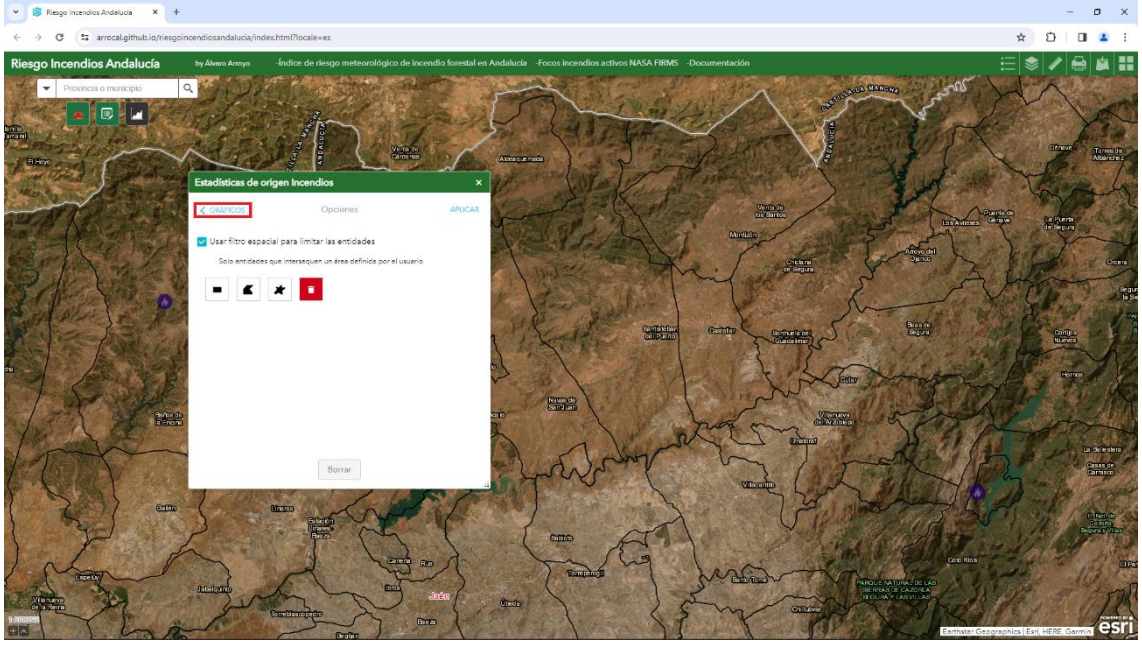




Una vez generado el gráfico, para volver atrás y generar otro hay que pulsar en “Opciones”



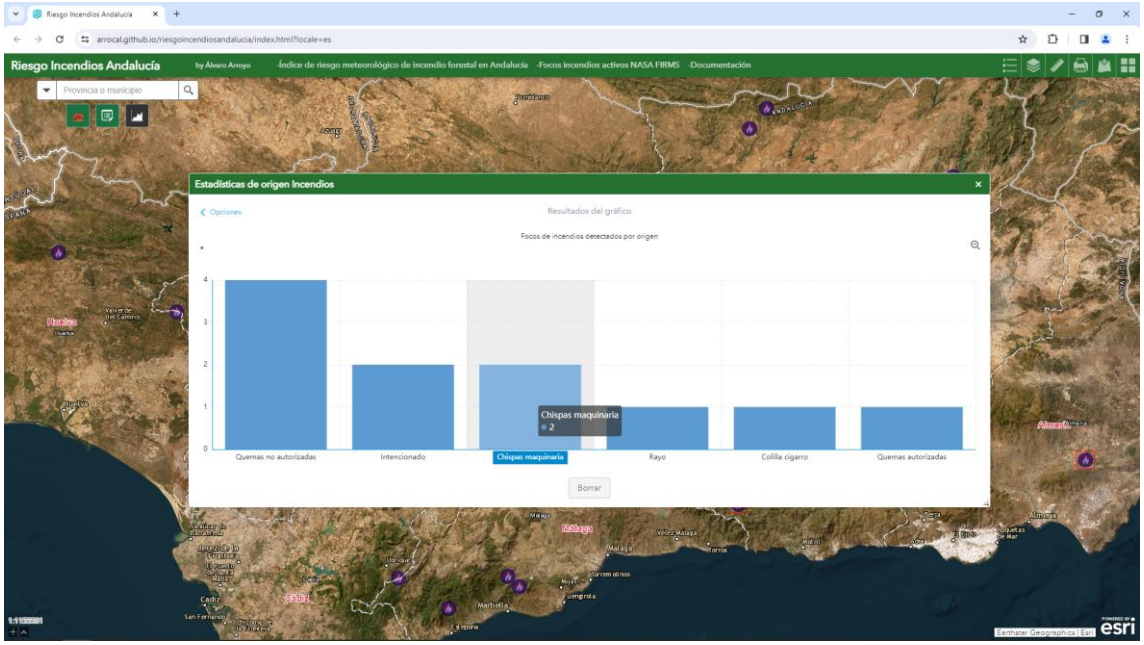
Y en “GRAFICOS”



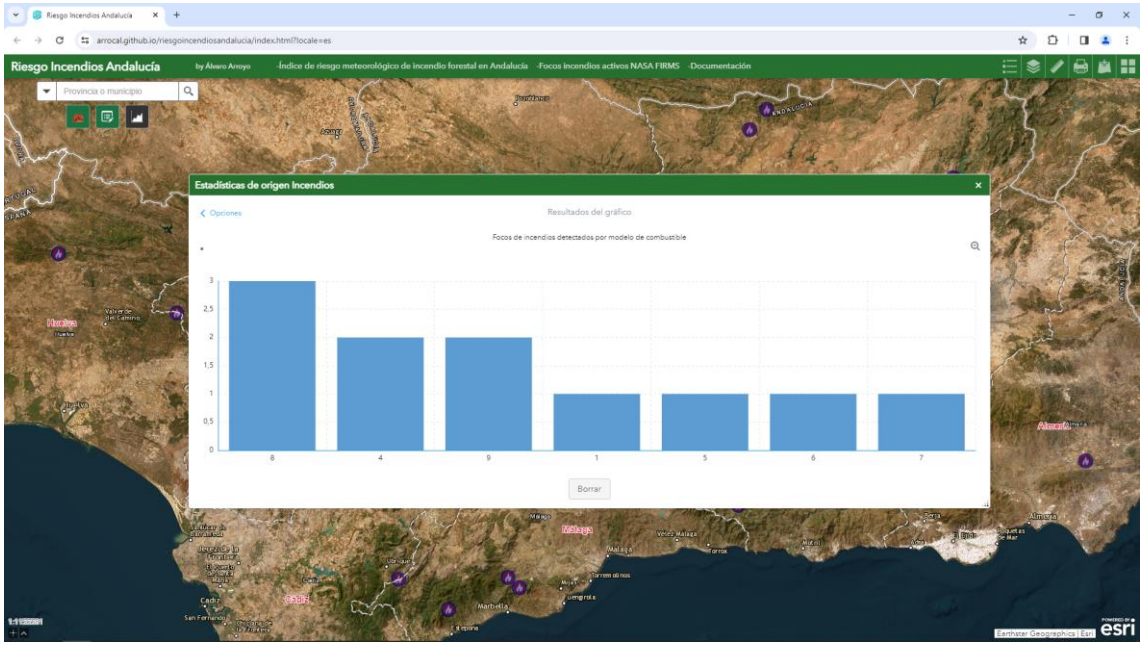
A continuación se muestran los gráficos para todas las categorías pero para el total de Andalucía, sin tener ninguna zona en concreto dibujandoola sobre el mapa

---

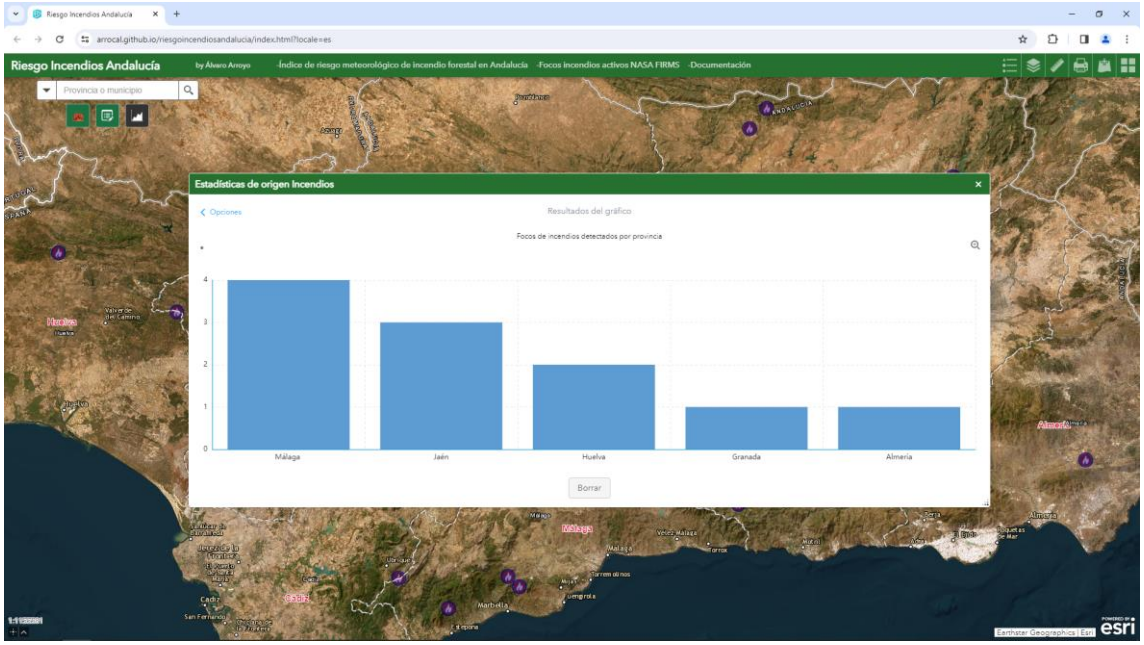
Focos de incendios detectados por Origen



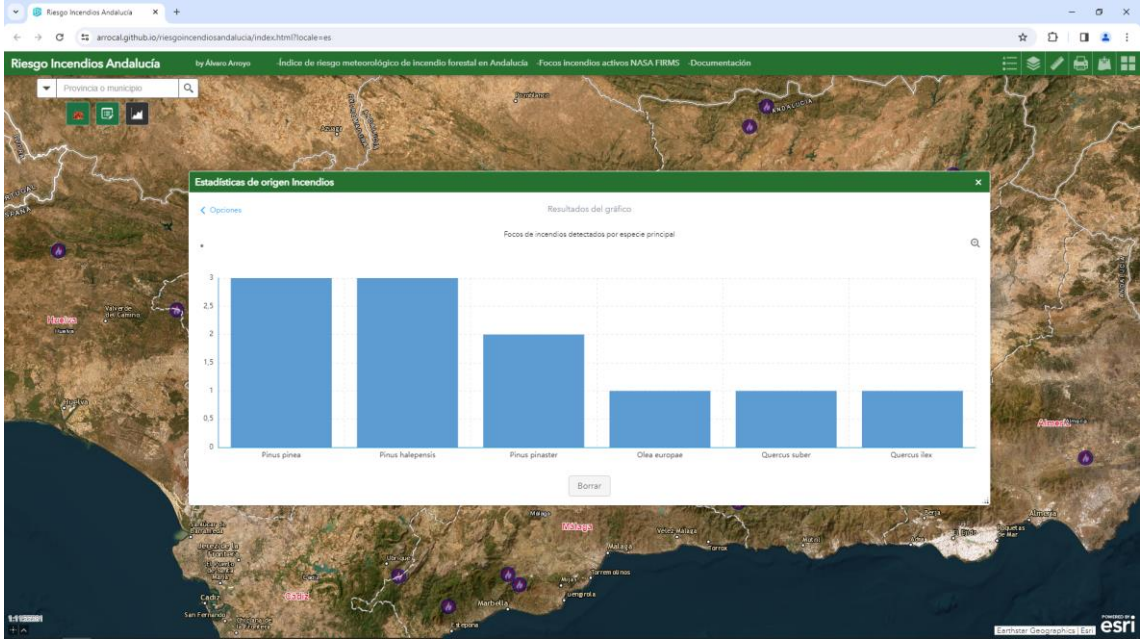
Focos de incendios detectados por Modelo de Conbustible



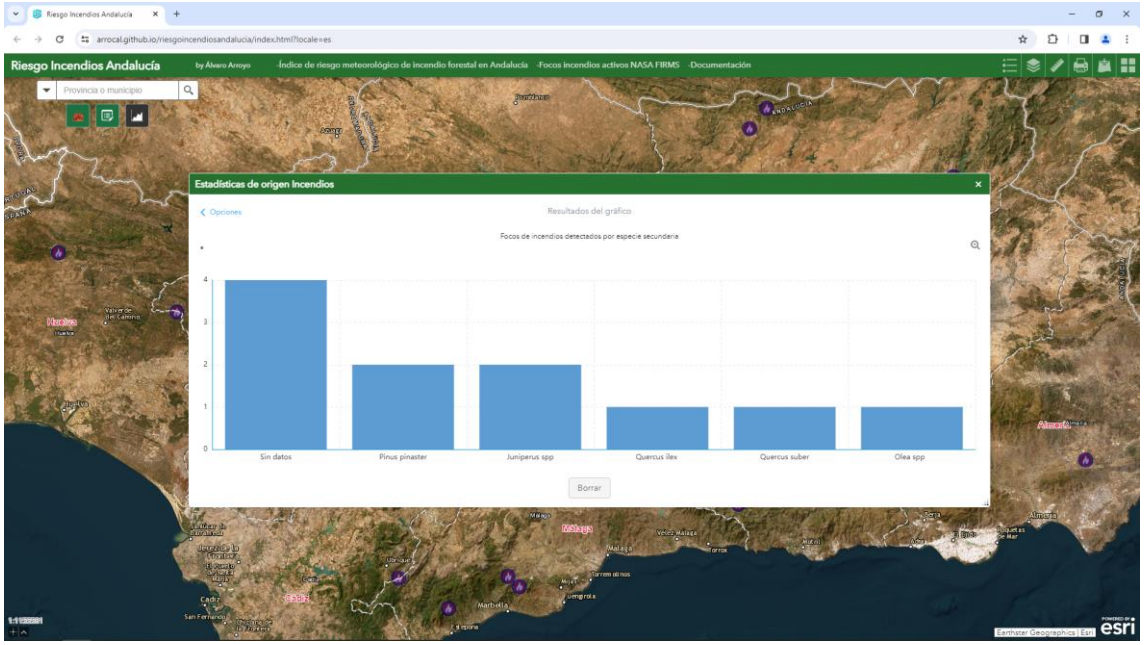
Focos de incendios detectados por Provincia



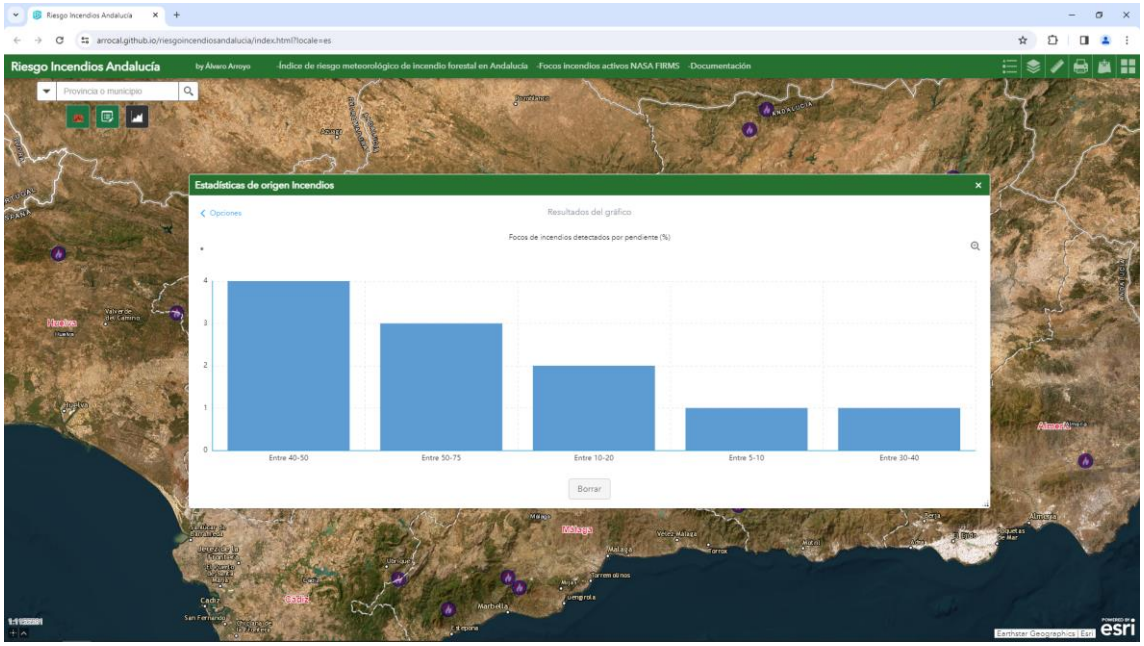
Focos de incendios detectados por Especie Principal



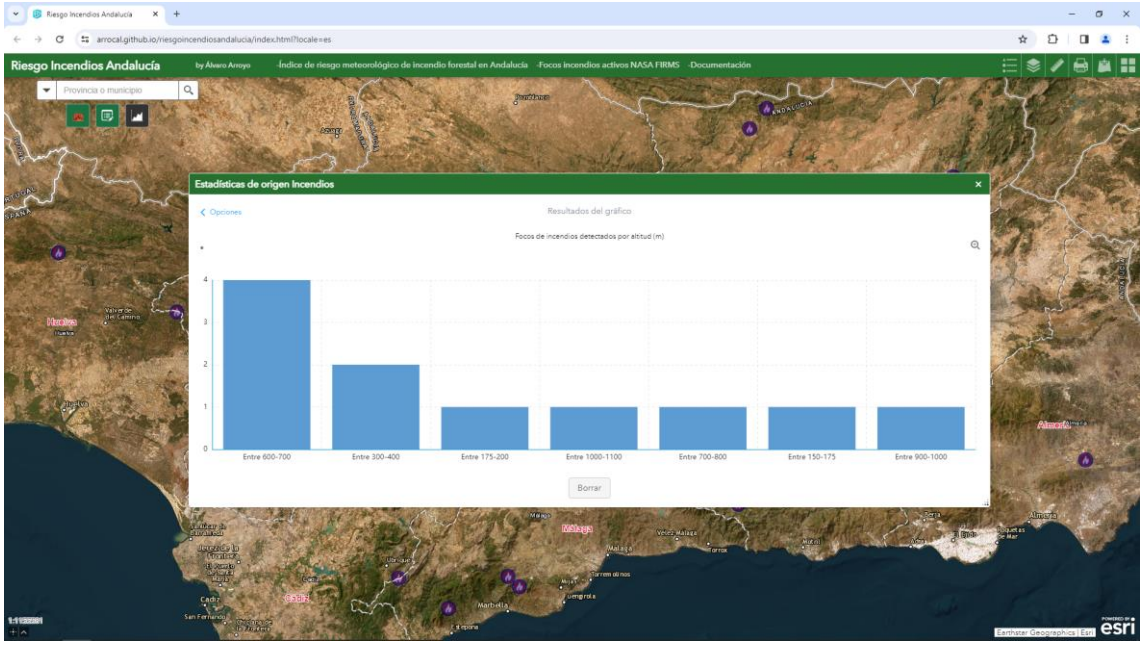
Focos de incendios detectados por Especie Secundaria



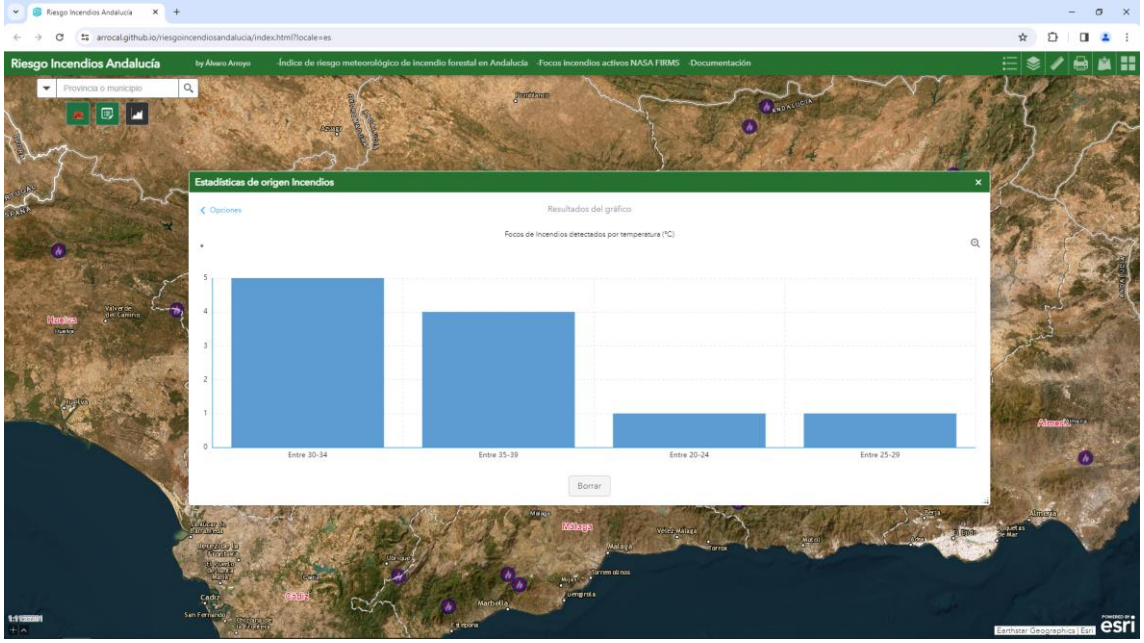
Focos de incendios detectados por Pendiente



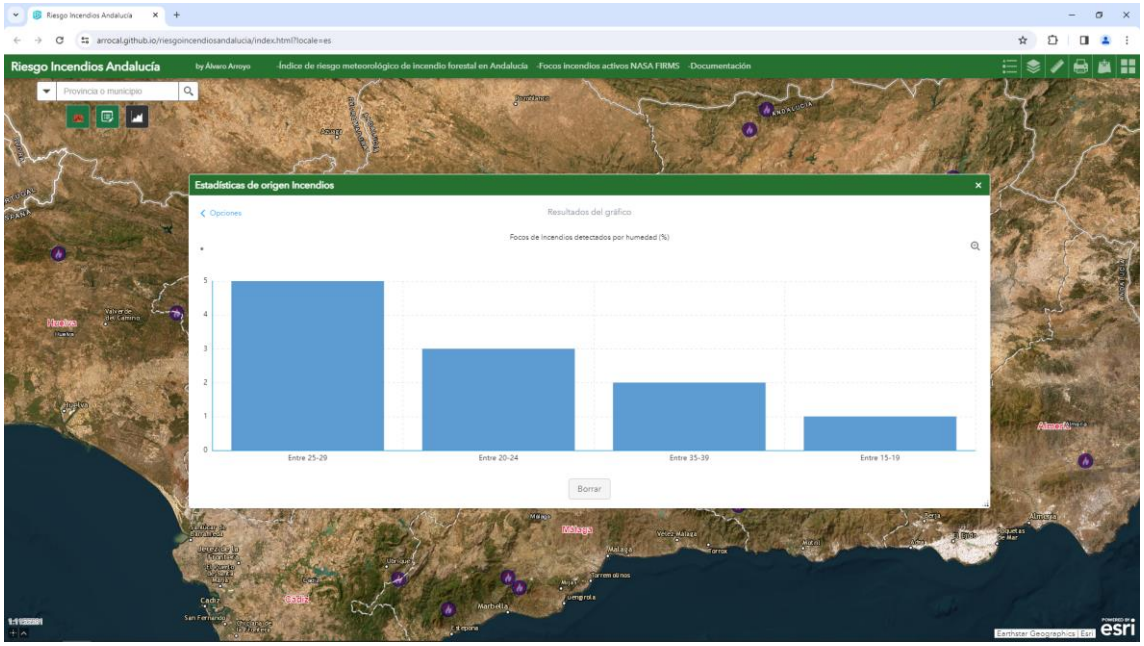
Focos de incendios detectados por Altitud



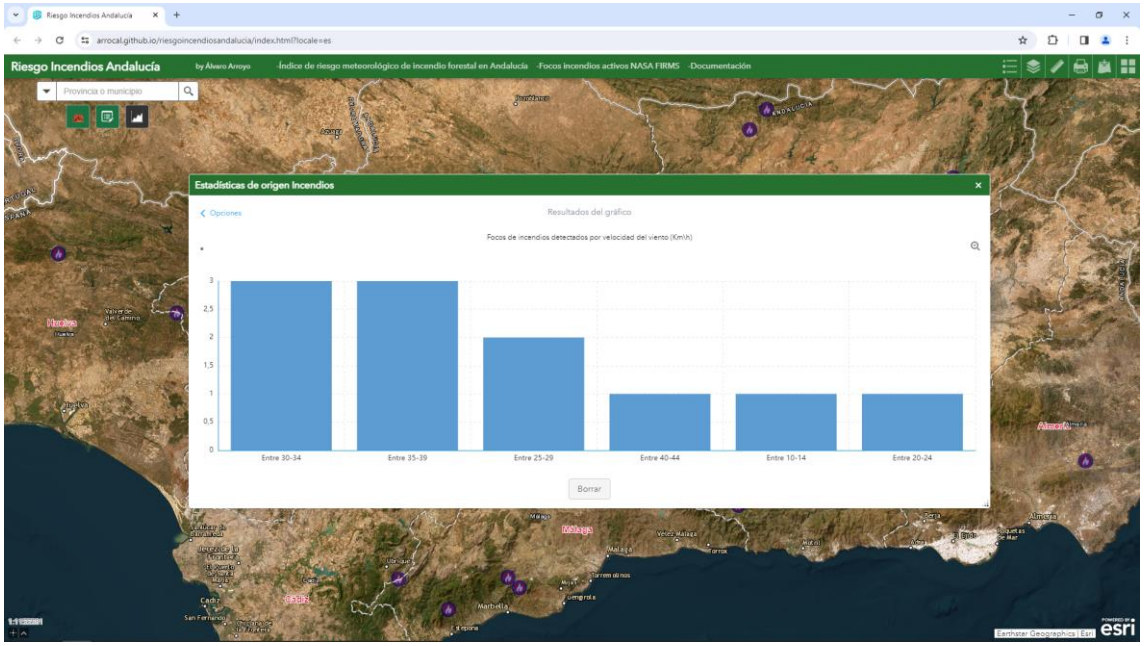
Focos de incendios detectados por Temperatura (%)



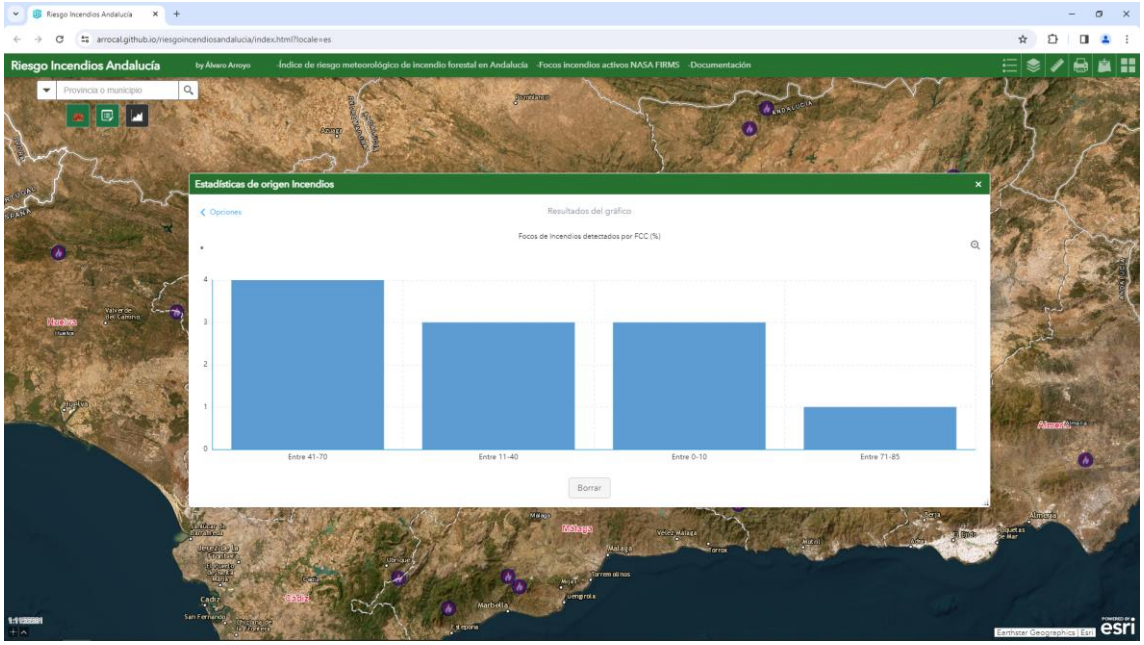
Focos de incendios detectados por Humedad (%)



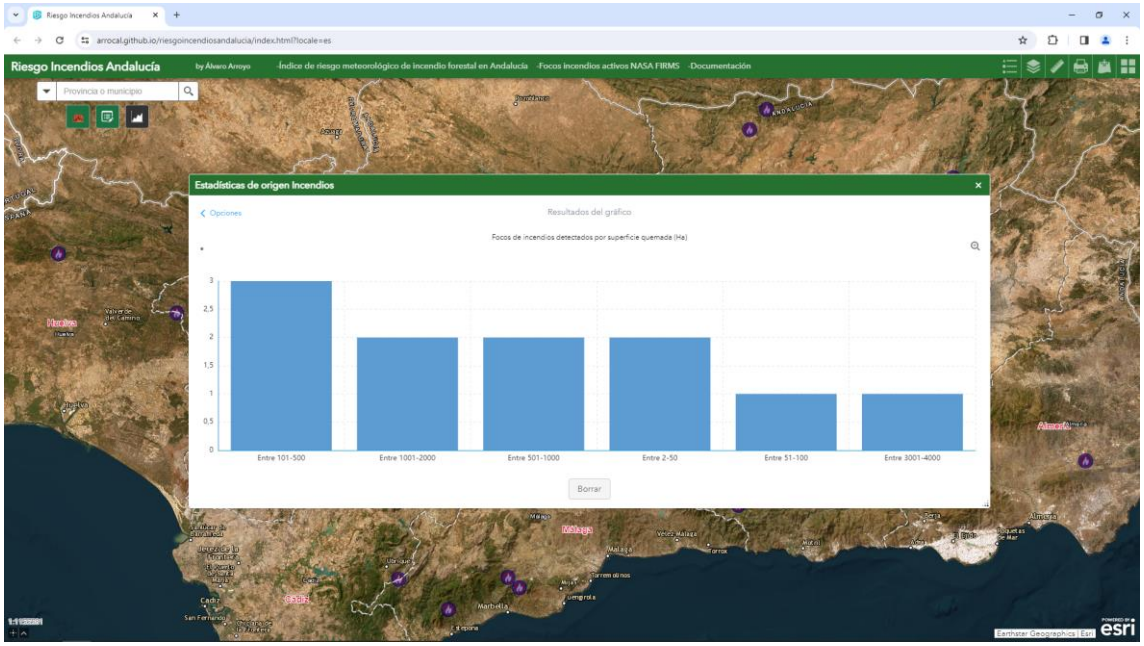
Focos de incendios detectados por Velocidad del Viento



Focos de incendios detectados por FCC (%)



Focos de incendios detectados por Superficie Quemada



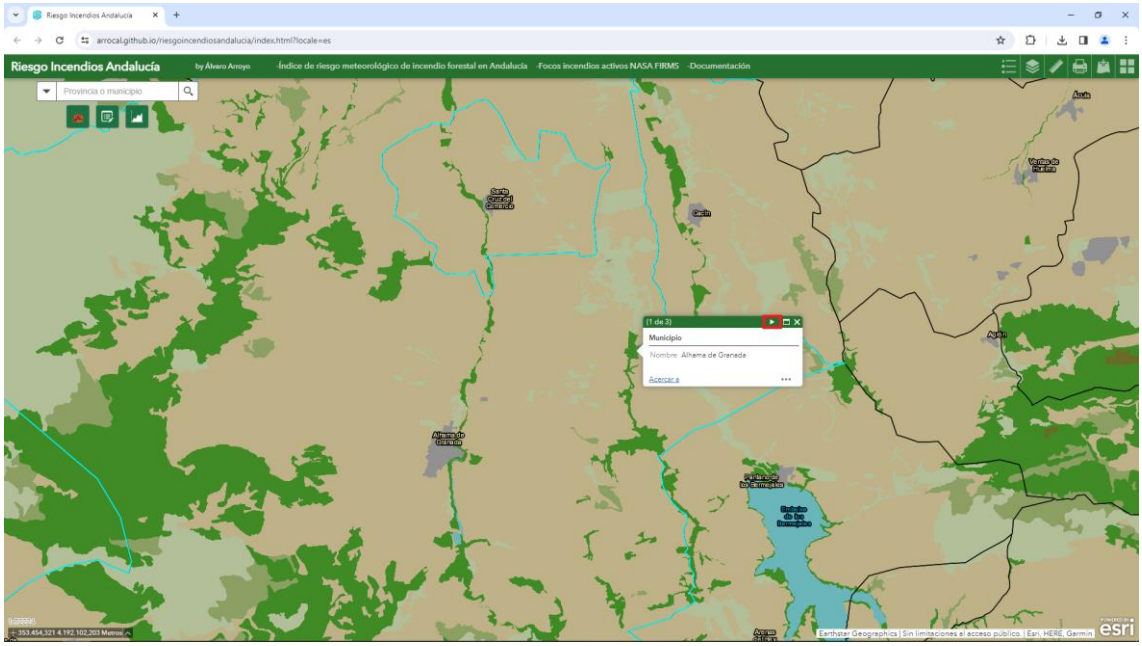
Nota: No es objeto del presente TFG analizar los resultados generados por esta herramienta

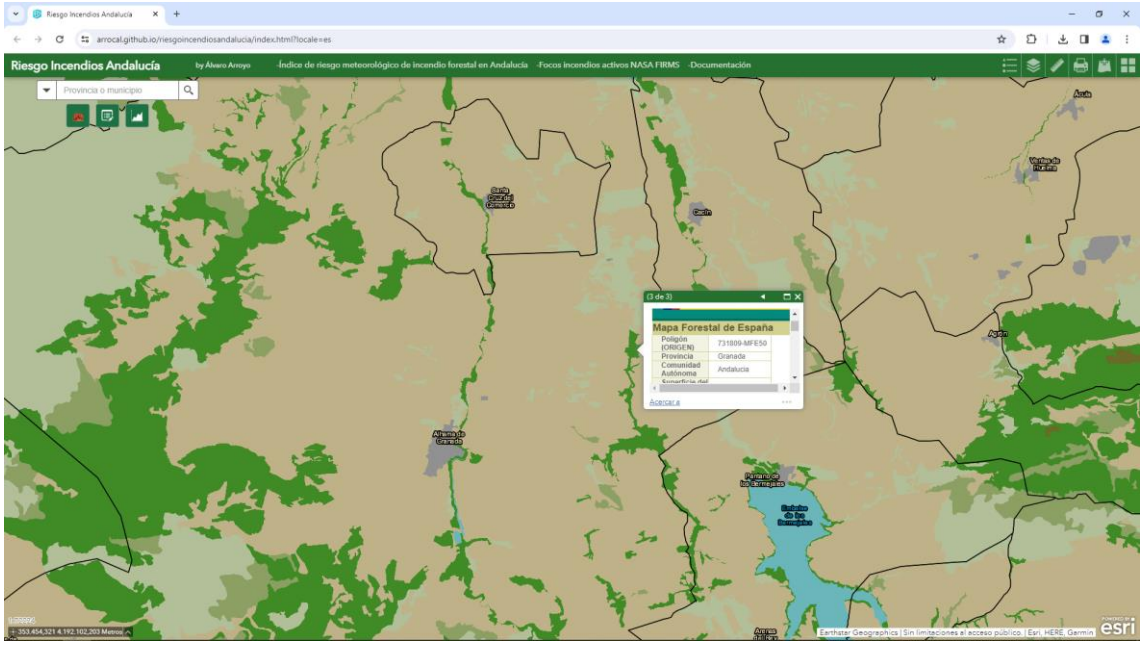
HERRAMIENTAS ASOCIADAS

Además de estas 3 herramientas principales descritas anteriormente, el visor cuenta otras herramientas de apoyo que se describen a continuación. Debido a la simplicidad de uso no detalla su funcionamiento.

Identificación

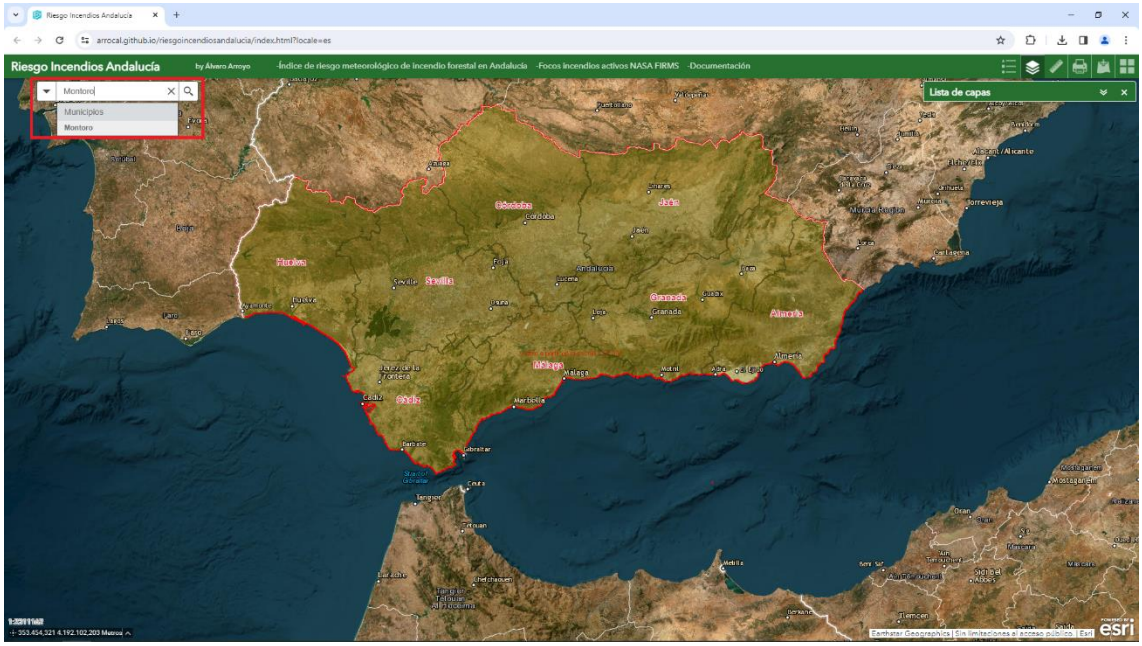
Haciendo click sobre cualquier elemento de una capa gráfica cargada en el mapa se mostrará un panel con la información del elemento. Si hay varias capas cargadas se mostrarán la información de los elementos de las distintas capas. Para poder visualizar la información de cada uno de los elementos hay que pulsar el icono ▶ del panel

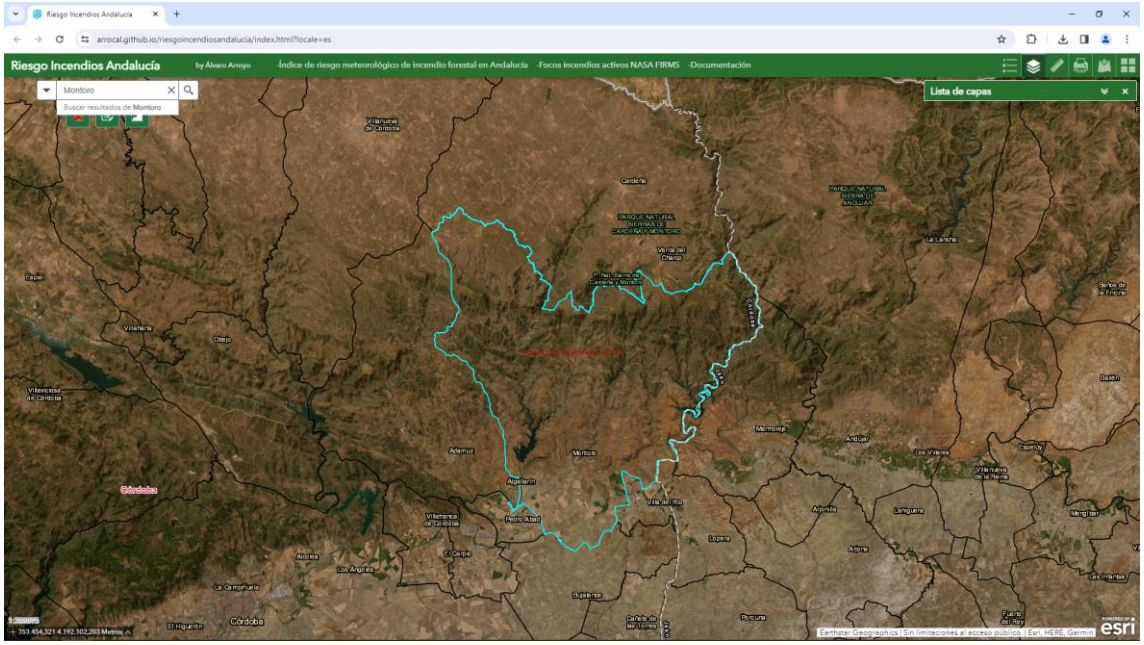




Búsqueda de provincia o municipio

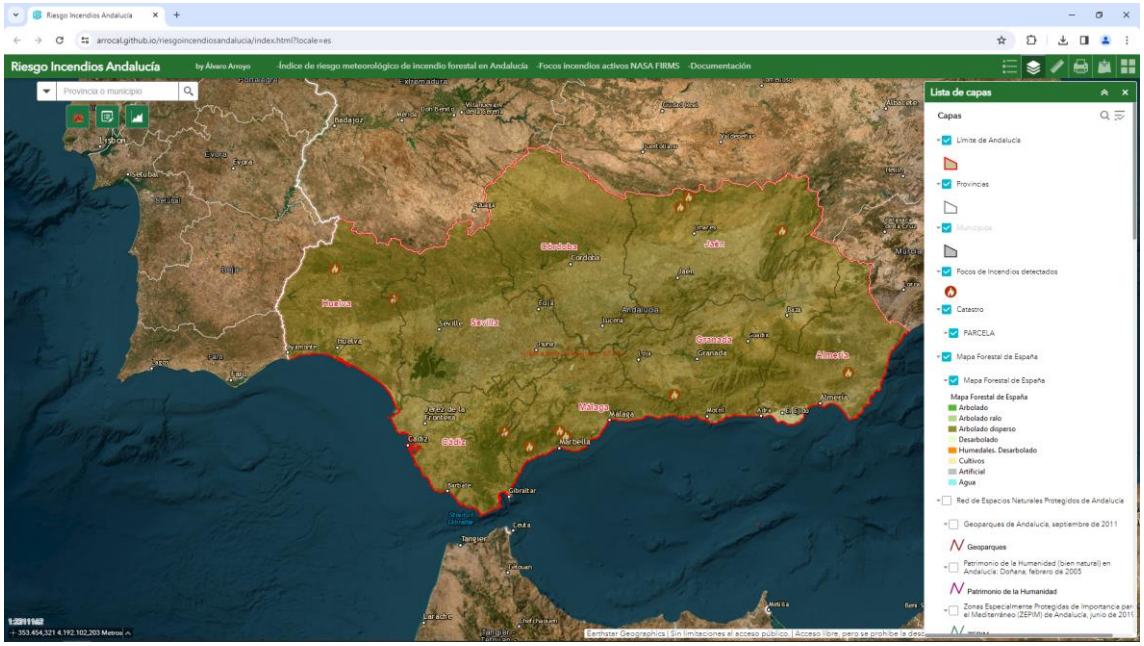
Escribiendo una provincia o municipio de Andalucía el mapa hará un zoom a la zona y resaltará en azul la provincia o municipio elegido.



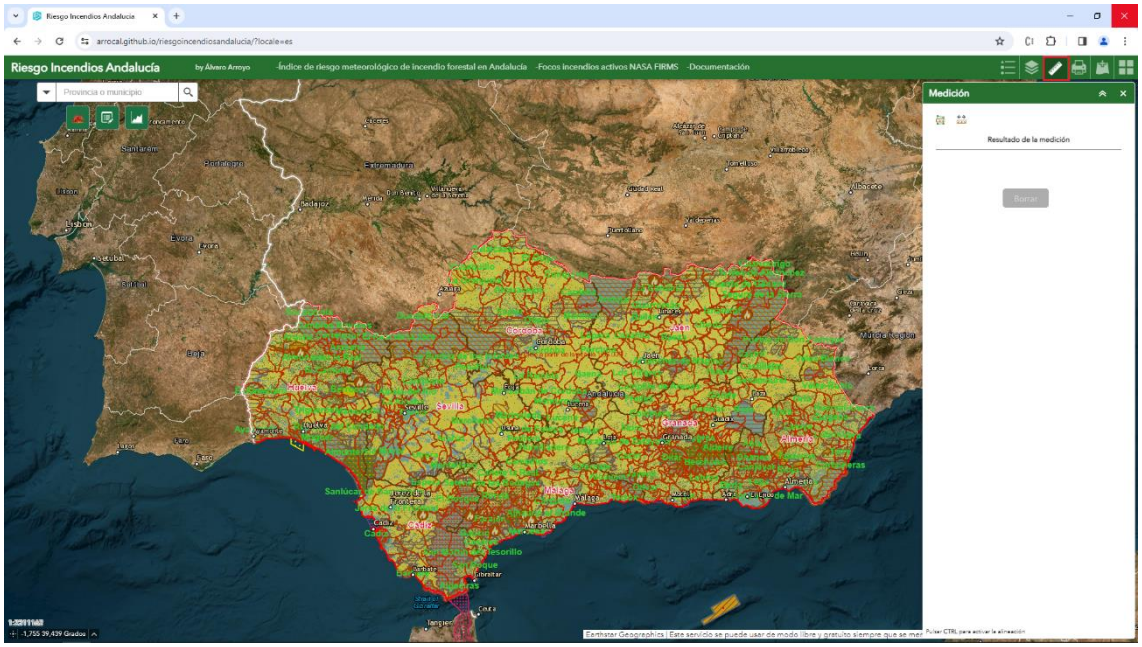


Lista de capas

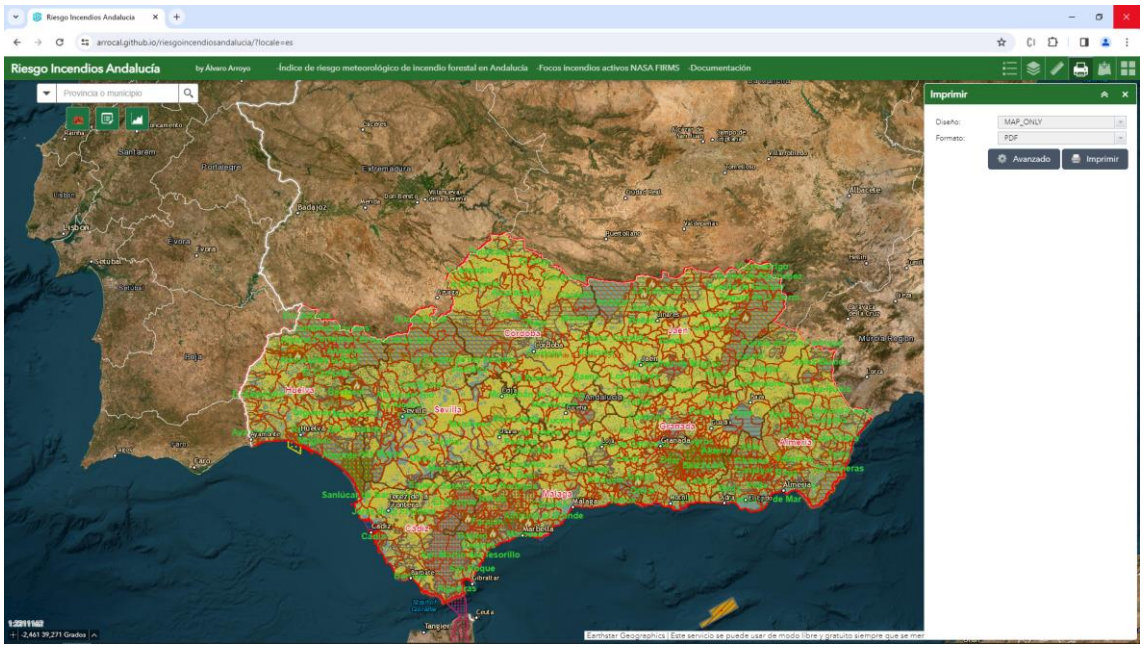
Chequeando o deschequeando las capas se visualizarán o se dejarán de visualizar las capas en el mapa.



Medición de superficies y distancias



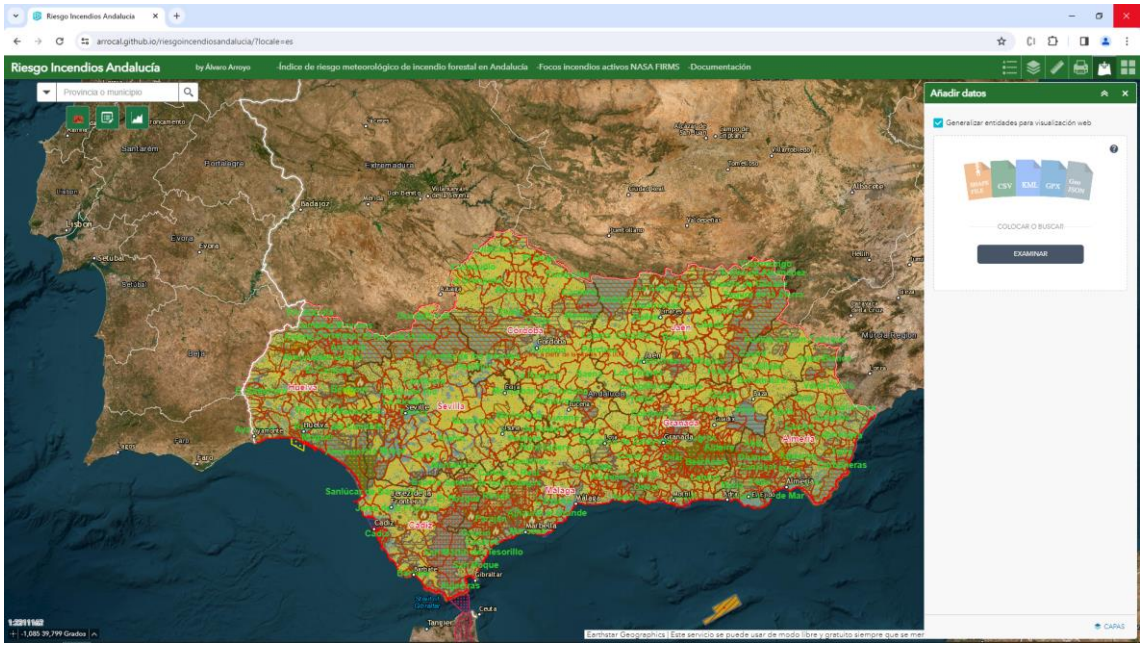
Impresión



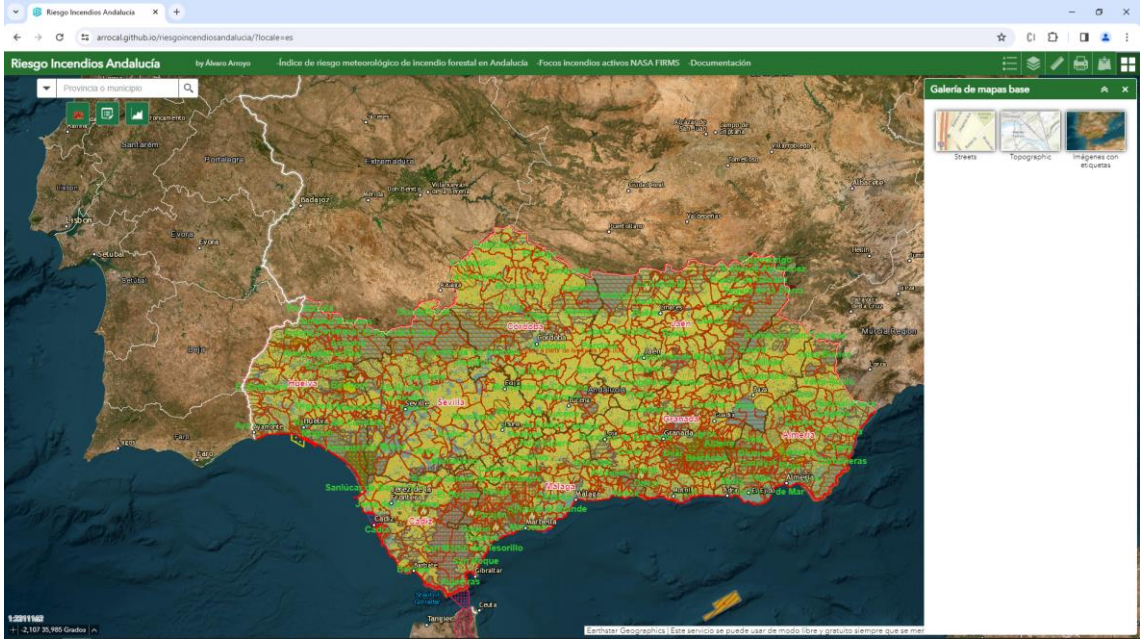
Añadir datos

Se permite añadir capas gráficas al mapa con un máximo de 1000 datos en formato:

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



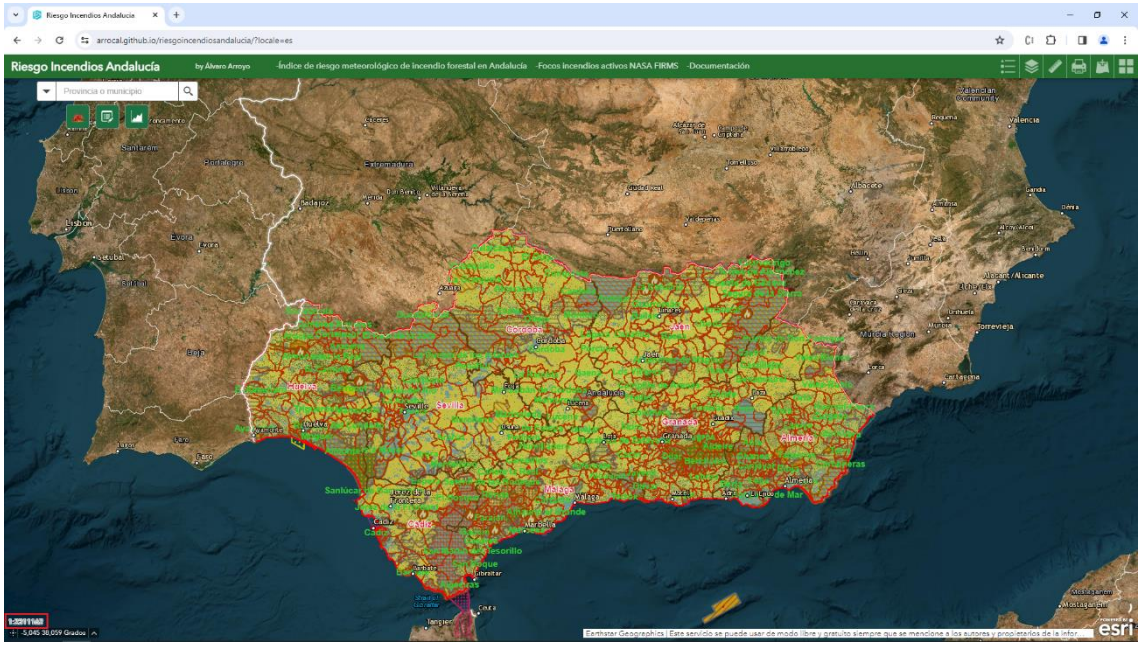
Galería de mapas base (callejero, ortofoto, topográfico)



Coordenadas

Con el formato Longitud-Latitud para el sistema de coordenadas `GCS_WGS_1984 (EPSG:4326)` y `X-Y para ETRS_1989_UTM_Zone_30N (EPSG: 25830)`

Escala



11 DISCUSIÓN

12 BIBLIOGRAFÍA