



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN GEOTECNOLOGÍA Y DESARROLLO
DE PROYECTOS SIG**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA
ÁREA DE FÍSICA APLICADA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**SEV4FIRE. DESARROLLO DE UN
COMPLEMENTO DE QGIS PARA INCENDIOS
FORESTALES**

AUTORA: MARTA CUMPLIDO PIÑERA

**TUTOR: JAVIER JESÚS FERNÁNDEZ
CALLEJA**

**COTUTOR: SALVADOR MANUEL SUÁREZ
ALONSO**

JUNIO, 2024

A mi familia, por apoyarme incondicionalmente con este proyecto.

A mis chicas, por animarme y hacerme sonreír a pesar de la distancia.

A mi pareja, por recordarme que todo el trabajo valió la pena.

Y especialmente a mi padre, por darme los recursos para hacer de este trabajo lo que vemos ahora.

RESUMEN

Los incendios forestales comprenden un problema serio en España, sobre todo en algunas comunidades autónomas que sufren este fenómeno por causas tanto humanas como naturales. El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Máster es la creación de una herramienta para un software de SIG, en este caso QGIS, para estudiar la severidad de un incendio forestal según la clasificación del USGS (*Servicio Geológico de Estados Unidos*). Para completar dicho objetivo, se utilizarán las herramientas de programación y teledetección para conseguir automatizar el proceso de clasificación por severidad. Dicho proceso de automatización se realizará desde la herramienta PyQGIS y la creación del complemento se realizará con Plugin Builder. Como resultado, se obtendrá un complemento de QGIS que devolverá un archivo vectorial del incendio clasificado por su severidad y un gráfico con el total de hectáreas quemadas según la severidad. La aplicación de esta metodología ha concluido con una herramienta que ofrece resultados tanto fiables como satisfactorios.

Palabras clave: incendios forestales, PyQGIS, Teledetección, severidad.

ABSTRACT

Forest fires comprise a serious problem in Spain, especially in some autonomous communities that suffer from this phenomenon due to both human and natural causes. The main objective of this Master Thesis is the creation of a tool for a GIS software, in this case QGIS, to study the severity of a forest fire according to the USGS (United States Geological Survey) classification. To complete this objective, programming and remote sensing tools will be used to automate the severity classification process. This automation process will be carried out from the PyQGIS tool and the creation of the plug-in will be done with Plugin Builder. As a result, a QGIS plug-in will be obtained that will return a vector file of the fire classified by severity and a graph with the total burned hectares according to severity. The application of this methodology has resulted in a tool that provides both reliable and satisfactory results.

Key words: forest fires, PyQGIS, Remote Sensing, severity.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO	5
I. INTRODUCCIÓN.....	6
I.I. SITUACIÓN DE LOS INCENDIOS EN ESPAÑA.....	6
I.II. TELEDETECCIÓN EN EL ÁMBITO FORESTAL	7
II. ANTECEDENTES	9
II.I. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE LOS INCENDIOS.....	9
II.II. PROYECTO DE LOCIS SIG TECH.....	10
II.III. HERRAMIENTAS DE QGIS PARA LA APLICACIÓN EN EL ESTUDIO DE INCENDIOS	10
III. OBJETIVOS.....	11
IV. METODOLOGÍA.....	11
IV.I. ELECCIÓN DE LAS ZONAS DE TRABAJO	12
IV.II. DESCARGA DE LAS IMÁGENES PRE Y POST-INCENDIO.....	14
IV.III. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO.....	15
IV.III.I. CÁLCULO DEL ÍNDICE dNBR.....	15
IV.III.I. APLICACIÓN DE LAS MÁSCARAS Y UN UMBRAL A LA IMAGEN dNBR.....	16
IV.III.I. CREACIÓN DE LA VENTANA MOVIBLE.....	18
IV.III.I. OBTENCIÓN DE LAS ZONAS DE UN INCENDIO CLASIFICADAS SEGÚN SU SEVERIDAD.....	18
IV.IV. CONSTRUCCIÓN DEL PLUGIN	19
IV.IV.I. INSTALACIÓN DE LOS COMPLEMENTOS.....	19
IV.IV.II. IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO AL PLUGIN.....	20
V. RESULTADOS	21
VI. CONCLUSIONES.....	31
VII. ANEXOS	31
REFERENCIAS Y WEBGRAFÍA.....	32

TABLA DE CONTENIDO

Figura 1. Mapa de estadística de incendios forestales en España. Fuente: miteco.gob.es, s.f.....	6
Figura 2. Tabla de las hectáreas quemadas por decenios. Fuente: Informe del MITECO, 2019	7
Figura 3. Índices para el cálculo de la severidad de un incendio. Fuente: Global Change Unit, 2022	8
Figura 4. Visor de incendios mundiales. Fuente: geamap.com, s.f.....	8
Figura 5. Visor web de incendios nacionales. Fuente: civio.es, s.f.....	9
Figura 6. Esquema del flujo del trabajo.....	12
Figura 7. Curva de reflectividad de la vegetación típica. Fuente: NASA-ARSET, 2021	15
Figura 8. Gráfico de comparación de las respuestas espectrales de la vegetación sana y una zona quemada. Fuente: unciencia ¹⁸ , 2021	15
Figura 9. Clasificación de los resultados según el USGS. Fuente: UN-SPIDER, s.f.....	16
Figura 10. Interfaz de Qt Designer	20
Figura 11. Pestaña de complementos instalados en QGIS	21
Figura 12. Ventana emergente de sev4fire	22
Figura 13. Ventana de sev4fire modificada.....	22
Figura 14. Vista del proyecto, con la capa del incendio clasificado y los mensajes impresos.....	23
Figura 15. Vista del proyecto, con el gráfico de severidad y los mensajes impresos.....	23
Figura 16. Carpetas de guardado de las capas	24
Figura 17. Cartografía del incendio de Collado Mediano (Madrid).....	24
Figura 18. Comparativa de los datos oficiales con el resultado del plugin (Madrid).....	25
Figura 19. Gráfico de hectáreas quemadas del incendio de Collado Mediano.....	25
Figura 20. Cartografía del incendio de Mijas (Málaga)	26
Figura 21. Comparativa de los datos oficiales con el resultado del plugin (Málaga).....	27
Figura 22. Gráfico de hectáreas quemadas del incendio de Mijas	27
Figura 23. Captura del Shapefile del incendio clasificado de Mijas y su tabla de atributos	28
Figura 24. Cartografía del incendio de Trabada (Lugo).....	28
Figura 25. Gráfico de hectáreas quemadas del incendio de Trabada	29
Figura 26. Captura del Shapefile del incendio clasificado de Trabada con enfoque en las zonas de severidad Alta junto con los datos de la tabla de atributos.....	29
Ecuación 1. Cálculo del índice NBR.....	16
Ecuación 2. Cálculo del índice dNBR.....	16
Ecuación 3. Cálculo del índice NDWI	17

I. INTRODUCCIÓN

Para entender el objetivo del proyecto, primeramente se debe comprender la situación de los incendios forestales en el país y las técnicas de teledetección que se usan en este ámbito.

I.I. SITUACIÓN DE LOS INCENDIOS EN ESPAÑA

En España, el MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) tiene en su [página web](#) la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF), que permite visualizar en un mapa el número de siniestros ocurridos.

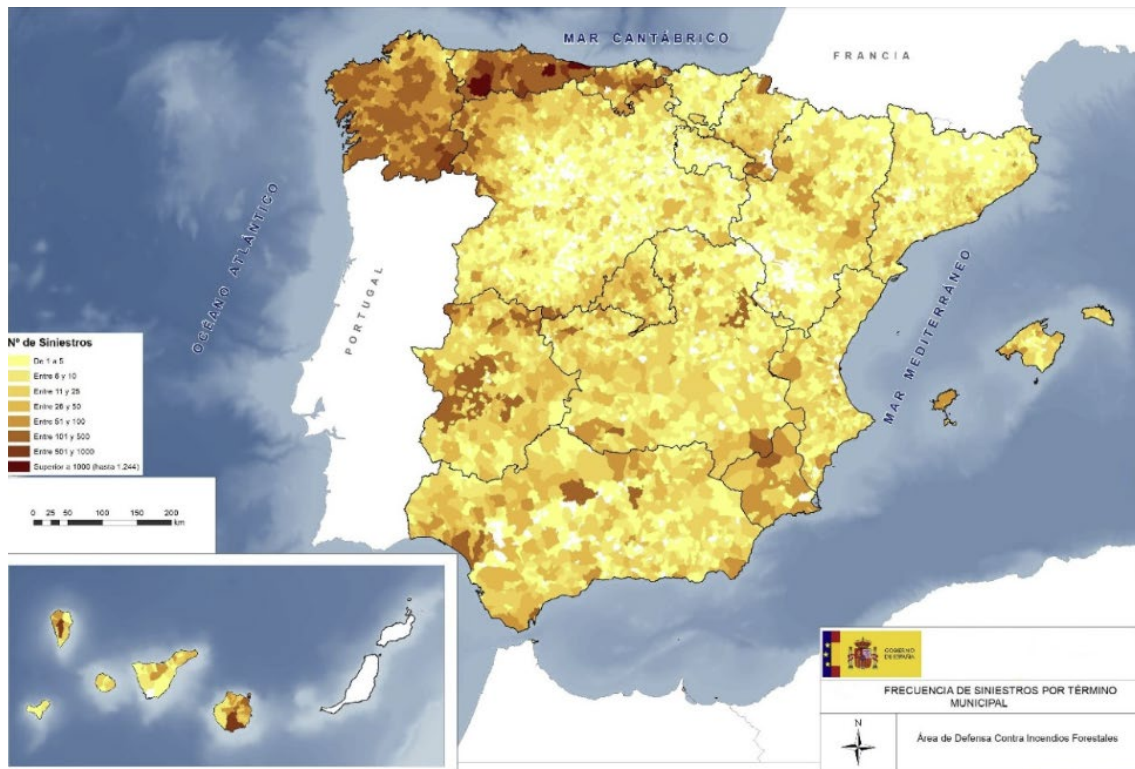


Figura 1. Mapa de estadística de incendios forestales en España. Fuente: miteco.gob.es, s.f

La estadística general muestra que la zona norte de España es la más afectada en cuanto a siniestros forestales: destacan Asturias y Galicia. Desde su página web se pueden descargar los datos nacionales desde 1968, cuando se inició esta base de datos, hasta el año 2021 en diferentes provincias y 2015 a nivel nacional.

Si se consultan los datos del año 2015¹, el más reciente, se observarán las siguientes estadísticas:

- El año finalizó con 109.782,85 ha forestales incendiadas.
- 2015 fue el cuarto peor año del último decenio con respecto a la superficie forestal afectada.
- Julio fue el mes en el que más incendios ocurrieron.
- La zona Noroeste de la península fue la más afectada, con un número de siniestros totales de 4.404 entre las comunidades de Galicia y Asturias.

Si se revisan las estadísticas que aparecen en el informe del decenio 2006-2015², se puede consultar la siguiente tabla:

Superficie forestal total (ha) recorrida por el fuego

Decenio 86-95		Decenio 91-00		Decenio 96-05		Decenio 01-10		Decenio 06-15	
Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.	Año	Sup.
1986	264.787	1991	260.303	1996	58.919	2001	93.298	2006	155.345
1987	147.340	1992	105.278	1997	98.503	2002	107.464	2007	86.122
1988	137.273	1993	89.331	1998	132.892	2003	148.172	2008	50.322
1989	407.122	1994	437.603	1999	81.681	2004	134.193	2009	120.094
1990	203.641	1995	141.082	2000	188.586	2005	188.697	2010	54.770
1991	260.303	1996	58.919	2001	93.298	2006	155.345	2011	102.161
1992	105.278	1997	98.503	2002	107.464	2007	86.122	2012	218.957
1993	89.331	1998	132.892	2003	148.172	2008	50.322	2013	61.691
1994	437.603	1999	81.681	2004	134.193	2009	120.094	2014	48.718
1995	141.082	2000	188.586	2005	188.697	2010	54.770	2015	109.783
Media	219.376	Media	159.418	Media	123.241	Media	113.848	Media	100.796

Figura 2. Tabla de las hectáreas quemadas por decenios. Fuente: Informe del MITECO, 2019

Según el informe, la superficie total afectada hasta el año 2015 fue de 7.407.008,63 ha². Esto, teniendo en cuenta que la superficie de España es de 506.030 km², queda con que hasta 2015 se quemó más de una séptima parte del territorio.

Casi diez años más tarde, los incendios no se mitigan y se encuentran nuevas situaciones meteorológicas que retan a los profesionales a enfrentarse a este fenómeno natural o intencionado, creando un problema muy presente en el territorio español.

I.II. TELEDETECCIÓN EN EL ÁMBITO FORESTAL

La teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales³ y se utiliza para realizar análisis multiespectrales en el ámbito forestal, pudiendo identificar y analizar las zonas afectadas por un incendio⁴.

La teledetección se utiliza en muchos países, entre ellos España, para obtener datos de los incendios de manera inmediata para tomar decisiones a tiempo. Se calculan índices y se visualizan los incendios a través de composiciones RGB de color natural e infrarrojo⁴, por ejemplo, las composiciones (4-3-2) y (12-8A-4) de Sentinel-2, respectivamente.

Existen muchos estudios que comparan diferentes índices, pero el más usado es el dNBR. A continuación, se presentan los índices espectrales del proyecto EPyRIS⁵ y las operaciones para obtenerlos como ejemplo de otros métodos de obtención de índices para estudios sobre incendios:

Indices	Description	Algorithm
NBR	Normalized Burn ratio	$(B8-B12)/(B8+12)$
BAI	Burn Area Index	$(1/((0.1-B4)^2+(0.06-B8)^2))$
BAIM	Burn Area Index Modified	$(1/((0.06-B8A)^2+(0.215-B12)^2))$
BAIS2	Burn Area Index S2	$(1-\text{sqrt}((B6*B7*B8A/B4))*((B12-B8A)/\text{sqrt}(B12+B8A)+1))$
MIRBI	Mid-Infrared Burnt Index	$10*B12-9.8*B11+2$
dNBR	Differenced NBR	$NBR_{PRE} - NBR_{POST}$
dBAI	Differenced BAI	$BAI_{PRE} - BAI_{POST}$
dBAIM	Differenced BAIM	$BAIM_{PRE} - BAIM_{POST}$
dBAIS2	Differenced BAIS2	$BAIS2_{PRE} - BAIS2_{POST}$
dMIRBI	Differenced MIRBI	$MIRBI_{PRE} - MIRBI_{POST}$
RdNBR	Relativized dNBR	$dNBR/\text{abs}(NBR_{PRE})^{0.5}$
RBR	Relativized Burn Ratio	$dNBR/(NBR_{PRE}+1.001)$
MULTIINDEX	Combination of NBR, SWIR and MIRBI	$((1-NBR) * SWIR * MIRBI)_{PRE} - ((1-NBR) * SWIR * MIRBI)_{POST}$

Figura 3. Índices para el cálculo de la severidad de un incendio. Fuente: Global Change Unit, 2022

Incluso la teledetección está presente en visores web, ya que hoy día existen muchos que monitorizan focos de calor e incluso muestran incendios detectados tanto en España como en el mundo.

Visor de los últimos incendios detectados en el mundo

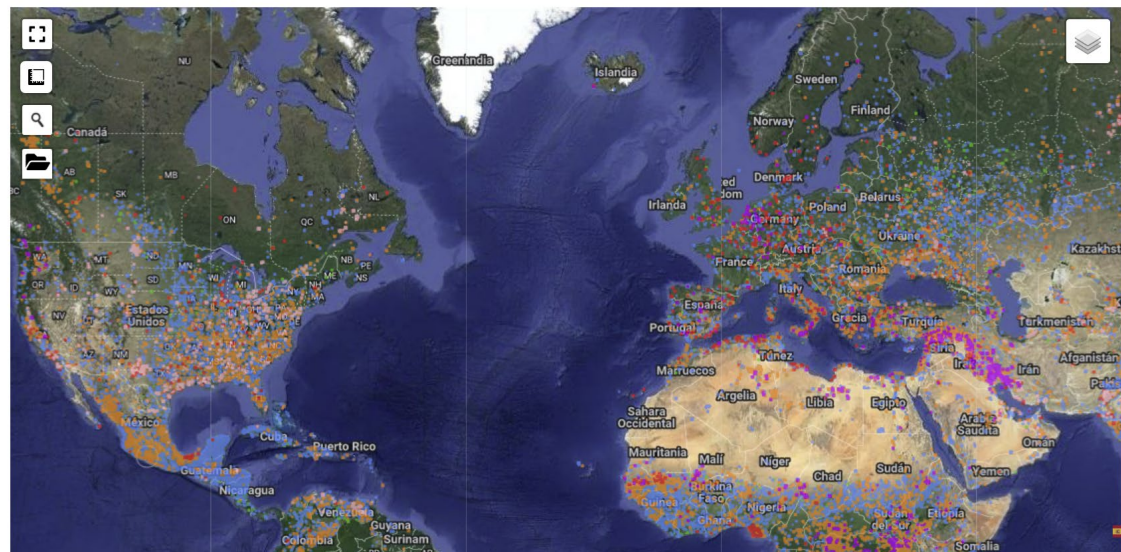


Figura 4. Visor de incendios mundiales. Fuente: geemap.com, s/f

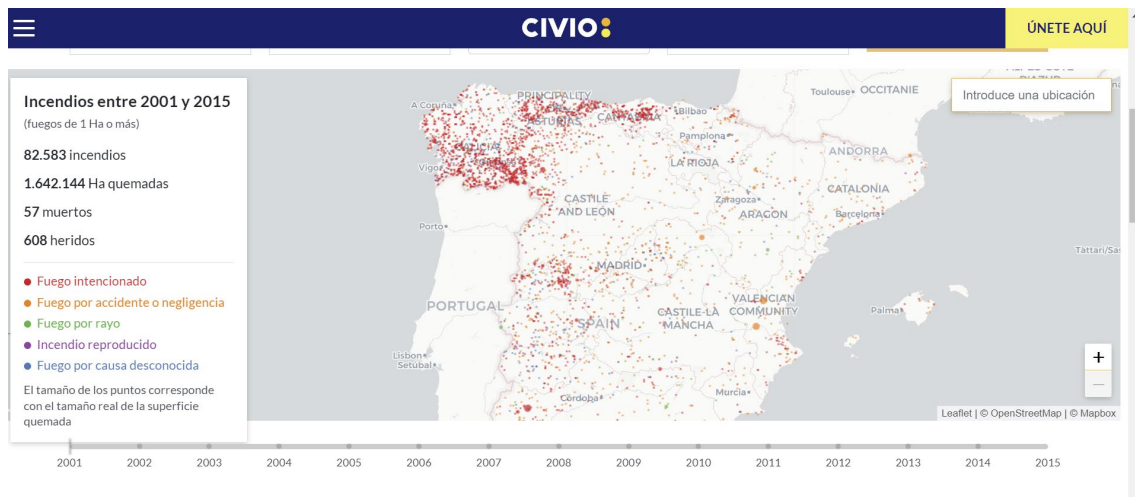


Figura 5. Visor web de incendios nacionales. Fuente: civio.es, s.f

Los incendios comprenden un problema que requiere solución, no solo en España, sino en el mundo entero. El estudio de este fenómeno debe ser rápido y lo más preciso posible para futuras intervenciones, ya que estos, aunque pueden ser un proceso natural, afectan tanto a la vegetación y a la fauna como a la vida humana.

II. ANTECEDENTES

El tema del trabajo surgió de un proyecto que hizo la empresa LOCIS SIGTech, en la cual se hicieron las Prácticas de empresa del Máster. En este capítulo se exploran los antecedentes del proyecto: se consultaron páginas web de grupos que estudian los incendios para conocer la función de este trabajo, se hizo un breve estudio del proyecto de LOCIS en el que se basa la idea del tema y se exploraron herramientas de QGIS que pueden intervenir en un proyecto sobre incendios forestales.

II.I. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE LOS INCENDIOS

Los incendios forestales, como se ha mencionado anteriormente, comprenden un problema serio en España. Tanto el grupo de investigación del INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) como los técnicos y analistas del grupo de bomberos de cada comunidad, se encargan de estudiar estos incendios forestales para su correcta gestión⁶. Sus líneas de investigación abarcan:

- La prevención de incendios: caracterizando y gestionando el combustible forestal.
- La extinción: estudiando el comportamiento del fuego.
- La restauración: aprendiendo los efectos del fuego y la gestión post-incendio.

Estos siguen un procedimiento dependiendo de la comunidad y de los recursos, pero, sobre todo, se utiliza la teledetección como proceso más rápido y menos costoso. En algunos casos, se puede llevar a un técnico a campo que explore el perímetro del incendio mediante GPS o se puede utilizar un sensor propio de la institución.

En la Comunidad Valenciana, el GOIIF (Grupo Operativo de Investigación de Incendios Forestales) es el que se encarga de investigar las causas y los daños ocurridos en los incendios de toda la comunidad. Estos siguen una metodología dispuesta en fases: la

primera, la fase de campo; la segunda, contrastar información con varias fuentes; y la tercera, averiguación del centro y las causas (humanas o naturales)⁷.

Y en Asturias, las BRIPAS (Brigadas de Investigación de Causas de Incendios Forestales) sigue una metodología similar a la del GOIIF: se hace un trabajo preliminar en el que se investigan los datos del incendio (desarrollo horario, medios de actuación, registros meteorológicos e históricos...), se hace un trabajo de campo en el que se recorre el perímetro del incendio para estudiar la evolución del incendio y por último, realizan un informe para la base de datos de las Brigadas⁸.

Como se puede ver, cada institución lleva una metodología distinta, pero el objetivo es el mismo: estudiar los incendios para su prevención y así mejorar la respuesta contra ellos y minimizar los costes y daños.

II.II. PROYECTO DE LOCIS SIG TECH

El proyecto en el que se basa el presente trabajo es uno que se realizó también en la empresa LOCIS SIGTech, por la alumna Eva Cabal Villanueva titulado “*Aplicación de técnicas de teledetección al análisis de severidad y regeneración de un incendio forestal*”.

En este proyecto se abordó el análisis de un incendio forestal en Asturias y se delimitó y estudió mediante los índices espectrales NDVI, NBR y dNBR con el software SNAP. Su trabajo concluye con que la metodología utilizada resulta altamente eficaz para el estudio de los incendios⁹.

Esto derivó en la creación de este proyecto: un complemento en QGIS que estudia la severidad de un incendio implicando la automatización de un proceso y la posibilidad de utilizar un software SIG para tratar con datos directamente cartografiados en la propia aplicación.

II.III. HERRAMIENTAS DE QGIS PARA LA APLICACIÓN EN EL ESTUDIO DE INCENDIOS

Aunque sean poco conocidos, existen otros plugin de QGIS que facilitan el estudio de los incendios. En este capítulo se explicarán tres de esas herramientas y la diferencia que tienen con el complemento sev4fire.

En primer lugar, existe la herramienta SACP (Semi-Automatic Classification Plugin), que permite descargar y trabajar con imágenes Landsat y/o Sentinel-2 directamente desde QGIS. Esta herramienta, desarrollada por Luca Congedo, permite además la clasificación y el pre y post-procesamiento de las imágenes¹⁰. Al permitir la descarga directa desde QGIS, se planteó complementar esta herramienta con sev4fire, ya que esta, aparte de simular el proceso de obtención de imágenes desde *Copernicus Browser* (elegir la zona de trabajo, las fechas y el porcentaje de cubierta de nubes), también permite solo la descarga de las bandas que se necesitan.

Esto hubiese supuesto un avance en el trabajo, ya que el producto ocuparía menos memoria; sin embargo, las máscaras (en este caso de nubes) no se podían descargar. Sin la opción de descargar individualmente todas las bandas y máscaras necesarias para el trabajo, este plugin no se incluye como parte de este, pero sí como una herramienta futura que puede ayudar al estudio de los incendios, ya que, como se mencionó anteriormente,

permite descargar solo las bandas necesarias que se impliquen en el estudio (Bandas 8A, 12 y 3 de Sentinel-2) y así trabajar solo con los datos necesarios y no un producto completo.

Existe un curso online sobre el [mapeo de severidad de incendios forestales](#) en el que se trabaja con esta herramienta y se explica paso a paso cómo usarla. La diferencia entre este proyecto y la aplicación SACP reside en la automatización de la clasificación de la severidad por parte de sev4fire.

Otra herramienta es QGIS FMT (Fire Mapping Tool). Este plugin permite la evaluación de incendios, tanto de su perímetro como de su severidad, desde QGIS y, aunque la función sea parecida a la de sev4fire, esta herramienta contiene más procesos añadidos y son semiautomáticos¹¹. Existe un documento de la NASA que muestra un [ejercicio práctico](#) para realizar y comprender este plugin.

Por último, existe otro complemento de QGIS llamado Qflame. Este plugin tiene como objetivo estudiar las áreas susceptibles a incendios forestales mediante la automatización y obtención de cartografía de factores que suman al riesgo de incendios: tipo de vegetación, clima y orografía, entre otros¹². En este caso, el plugin estudia la situación pre-incendio, pero es interesante tener en cuenta estos datos a la hora del análisis posterior al incendio ocurrido.

Con estos complementos se concluye que el estudio de los incendios es algo muy demandado y que existen múltiples herramientas que ayudan en su proceso. Sev4fire, por su parte, automatiza el proceso de cálculo de imágenes desde QGIS y genera datos tanto gráficos como visuales para el estudio de severidad, posteriormente utilizados para estudiar el perímetro del incendio, a diferencia de los otros complementos que requieren de un proceso manual y en algunos casos semiautomáticos.

III. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto consiste en crear una herramienta, o complemento, de QGIS para clasificar las áreas afectadas por un incendio por su severidad mediante teledetección y programación.

Este objetivo se conseguirá completando los siguientes objetivos específicos:

1. Elegir las zonas de trabajo: revisión de datos de incendios ocurridos recientemente.
2. Descargar las imágenes pre y post-incendio: mediante la página de *Copernicus Browser*.
3. Automatizar el proceso mediante PyQGIS: cálculo del índice dNBR, aplicación de las máscaras y un umbral, creación de la ventana movable y obtención de las zonas incendiadas clasificadas por su severidad.
4. Construir el plugin: instalación de complementos e implementación del código a la herramienta.

En el capítulo **METODOLOGÍA** se describen los procesos seguidos para conseguir los objetivos específicos.

IV. METODOLOGÍA

Como se ha mencionado anteriormente, en este capítulo se desarrollarán los procesos para conseguir los objetivos específicos y los resultados de estos.

Se seguirá el siguiente esquema del flujo de trabajo:

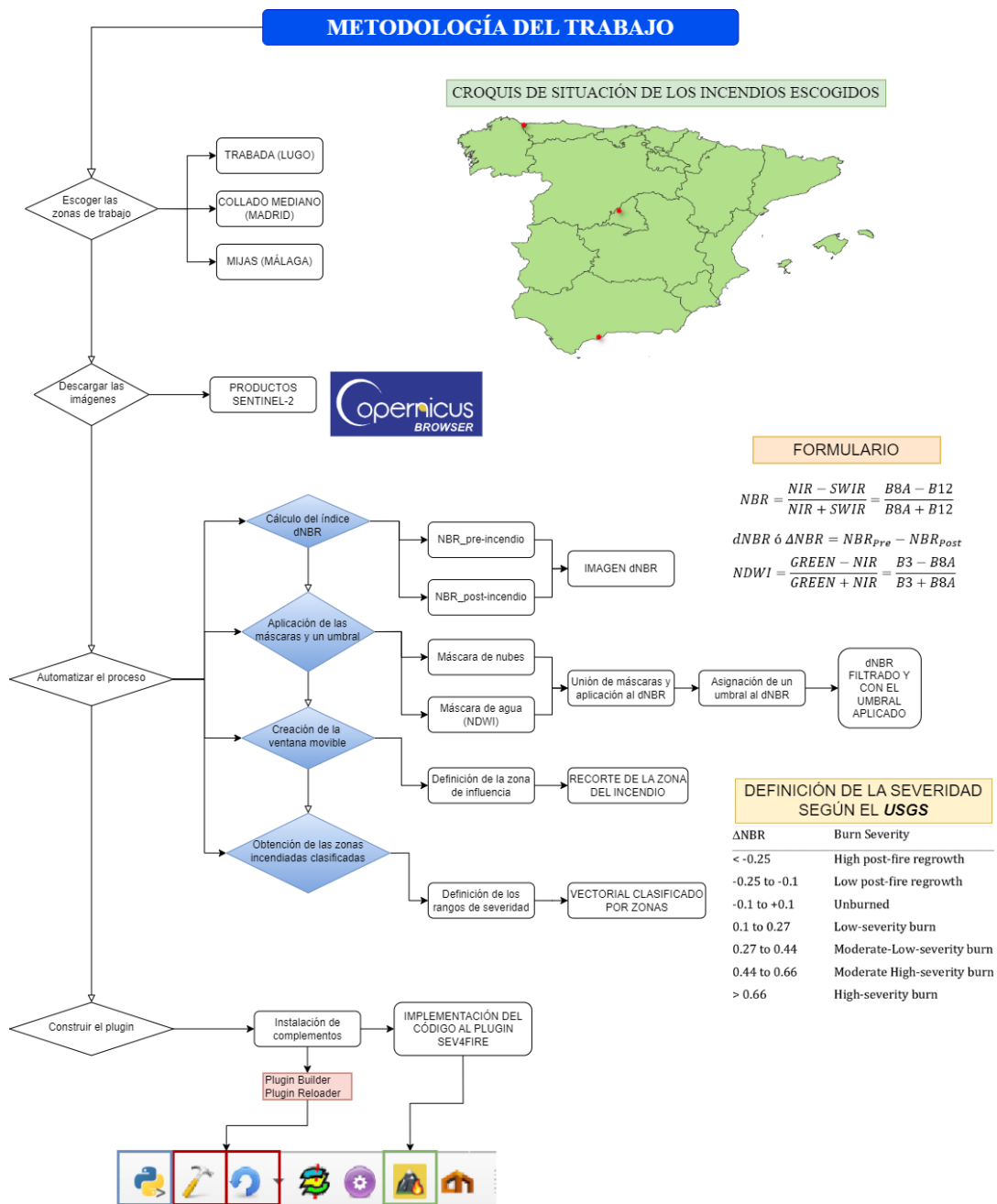


Figura 6. Esquema del flujo del trabajo

IV.I. ELECCIÓN DE LAS ZONAS DE TRABAJO

Primeramente, se escogió una zona de trabajo en la que se pudieran encontrar incendios fácilmente. La zona norte de España, como se menciona en el apartado **SITUACIÓN DE LOS INCENDIOS EN ESPAÑA**, es la que presenta más casos con respecto al número de siniestros que ocurren a lo largo del año. Por lo tanto, se seleccionó un incendio ocurrido entre las comunidades autónomas de Galicia y Asturias. Por motivación personal, se escogió un incendio que ocurrió en Lugo en los últimos años, ya que es ahí donde interesa adquirir la formación profesional.

El incendio del monte de Trabada (Lugo), fue encontrado gracias a los noticieros disponibles en la web. Al ser uno de los más recientes, se optó por utilizar este caso como primera prueba de la automatización de procesos para determinar la severidad de un incendio.

Este incendio ocurrió entre el día 12 y el 15 de octubre de 2023 y calcinó más de 2.300 hectáreas de zona arbolada. Hasta ese momento, fue el peor incendio de ese año¹³. Es importante saber las fechas de inicio y final del incendio, ya que estas servirán de rango para seleccionar las imágenes pre y post incendio necesarias para desarrollar el proceso de automatización.

Al comenzar a hacer pruebas de código con este incendio, se concluyó, tras hacer varias pruebas, que el incendio era demasiado grande para iniciar el proceso de automatización. Esto se debe a que el código no estaba perfeccionado en el momento y realizar múltiples pruebas de ejecución de script requería mucho tiempo para “leer” la imagen, lo que provocaba que en ocasiones QGIS se cerrara automáticamente al no soportar el peso del proceso. Por ello, se decidió buscar un incendio más pequeño.

Desde la página de [DatosRTVE](#), se revisaron los incendios ocurridos en 2022¹⁴. Usando el visor interactivo de la página web, se escogió el incendio de la Sierra de Guadarrama (Madrid) por extensión y ya que fue en esa comunidad donde me crie.

Este incendio comenzó entre las localidades de Collado Mediano y Navacerrada el día 12 de Julio de 2022¹⁵ y, al no encontrar datos sobre la finalización del incendio, se estimó, mediante artículos de prensa e imágenes del Sentinel-2, que debió finalizar sobre el 15 de julio (ya que los días 13 y 14 estaba en fase de control). Por lo tanto, se escogió la imagen de ese día como post-incendio.

Más adelante, se pudo contactar con un bombero, por contactos personales, que trabajó en aquel incendio de Collado Mediano, quien facilitó la siguiente información:

“El día 12, a las 16:17 se inicia el incendio y es controlado el día 13. El incendio se declara extinguido definitivamente el día 19 a las 9:23. Aunque se hayan escogido imágenes del día 15, no pasa nada, porque en fase de control solo hay puntos calientes y el fuego ya no se extiende. El día 15, el incendio estaba controlado y en fase de perimetración y refrigeración. Las hectáreas quemadas totales fueron 78,63. Si se quiere conocer los datos sobre la severidad de un incendio, se debe contactar con el medio forestal.” (Bombero de la CAM, conversación privada, 24 de mayo de 2024).

Cabe señalar, que estos datos se obtuvieron por vía telefónica y no son las palabras textuales del profesional, sino un resumen de unas notas tomadas el día que se habló con él.

A continuación, y tras hablar con el bombero, este facilitó el contacto del ingeniero forestal del equipo de bomberos forestales de Madrid, que a su vez proporcionó el contacto de un técnico GIS de su equipo para obtener los datos de severidad solicitados de ese incendio en cuestión. Para ello, y mediante la dirección de email forestales.bomberos@madrid.org, se tuvo que solicitar de nuevo la información rellenando un formulario para los bomberos de la CAM (Comunidad Autónoma de Madrid). El técnico GIS contactó mediante llamada telefónica para explicar el proceso de obtención de datos y contestar algunas preguntas. Posteriormente, se obtuvieron los datos solicitados en el formulario. Estos consisten en:

las imágenes de las bandas que se utilizaron para realizar el estudio por satélite del incendio y tres archivos *Shapefile* con los perímetros obtenidos por tres procesos diferentes (por cálculo con imágenes Sentinel-2, por lecturas de un sensor que voló desde un helicóptero tras la declaración de la extinción del incendio y por datos obtenidos por un técnico que fue a campo para perimetrar el incendio por GPS), todos válidos y oficiales.

Estos datos sirvieron para conocer el proceso de obtención de los datos y el resultado que, más adelante, se compararía con lo obtenido en proceso de automatización.

Por último, y tras declarar con los superiores que el proceso de automatización había terminado, se escogió una última zona de trabajo para comprobar la eficacia de los scripts en una tercera área de trabajo diferente.

Esta vez, porque un familiar directo trabaja en Andalucía, se escogió la zona al sur de España. Se habló con un bombero que trabajó en la extinción de varios incendios en la zona y, tras visualizar las zonas quemadas en imágenes del Sentinel-2, se optó por escoger el incendio más visible de las opciones disponibles. Este es el incendio de Mijas (Málaga), ocurrido entre el 12 y 14 de noviembre de 2023 y que quemó hasta 210,81 ha según el informe recibido del equipo técnico de bomberos de Andalucía.

Como se puede observar, al final se eligieron tres casos de incendios que ocurrieron en diferentes partes de España, con diferente morfología del terreno, clima, biodiversidad forestal y tamaño. Esto demostraría la eficacia del proceso en distintos entornos de trabajo y si influyen en los resultados tanto el tamaño del incendio como el entorno donde se encuentran.

IV.II. DESCARGA DE LAS IMÁGENES PRE Y POST-INCENDIO

Una vez se estimó cuándo ocurrió cada incendio, se navegó hasta la página de *Copernicus Browser* para descargar las imágenes. Había que elegir una serie de datos que se deben tener en cuenta: el tipo de producto con el que se va a trabajar y la cobertura nubosa máxima de la imagen. El tipo de producto deberá ser, en la medida de lo posible, el producto Sentinel-2 L2A, que significa que el producto fue corregido para los efectos de la atmósfera, de manera que los datos son reflectancia del suelo. En el caso de la cobertura nubosa, es recomendable que esta no sobrepase del valor 20%, ya que más podría cubrir parte del incendio en caso de que este sea grande.

Por un lado, en los todos los casos que se trataron, se escogieron los días en los que el recubrimiento de nubes fue igual o menor al 10% (por elección propia y porque entra en el rango en el que se puede trabajar) y se aseguró que las nubes no cubriesen las zonas del incendio. Para el caso del incendio de Trabada, en Lugo, se escogieron las fechas del 12 y 15 de octubre de 2023; para el caso del incendio de Madrid, el 12 y el 15 de julio de 2022; y para el incendio de Mijas, el 12 y el 14 de noviembre de 2023.

Cabe señalar que, como se dijo anteriormente, del incendio de Madrid se descargó una imagen cuando el incendio estaba controlado y no extinto. Más adelante se descargaría una imagen del día 20 de julio para probar el funcionamiento del plugin para semejar un proceso más realista con el mismo porcentaje de recubrimiento de nubes.

IV.III. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

El siguiente objetivo específico se realizó desde el complemento PyQGIS, una librería de QGIS para ejecutar código Python¹⁶. Desde este complemento, se puede realizar el proceso de automatización sin utilizar un programa (en este caso Python) fuera del entorno de QGIS y desde el que se pueden ver los resultados inmediatamente en el proyecto.

IV.III. I. CÁLCULO DEL ÍNDICE dNBR

El índice NBR o Normalizado de Área Quemada (Normalized Burn Ratio), es un índice diseñado para resaltar las zonas quemadas de una imagen¹⁷.

Este índice resulta de la comparación de las bandas NIR (Near Infrared) o Infrarrojo Cercano y SWIR (Shortwave Infrared) o Infrarrojo Medio de onda corta. Estas bandas se corresponden con la 8 (0.78 – 0.9 μm) y la 12 (2.10 – 2.28 μm), respectivamente. Sin embargo, para este cálculo se utilizará la banda 8A, propia de Sentinel-2, que detecta la vegetación y lee en el rango de 0.85 a 0.87 μm del espectro.

Estas bandas son clave para la detección de zonas quemadas, ya que en ellas se observan los picos de reflectividad de la vegetación y de las áreas incendiadas.

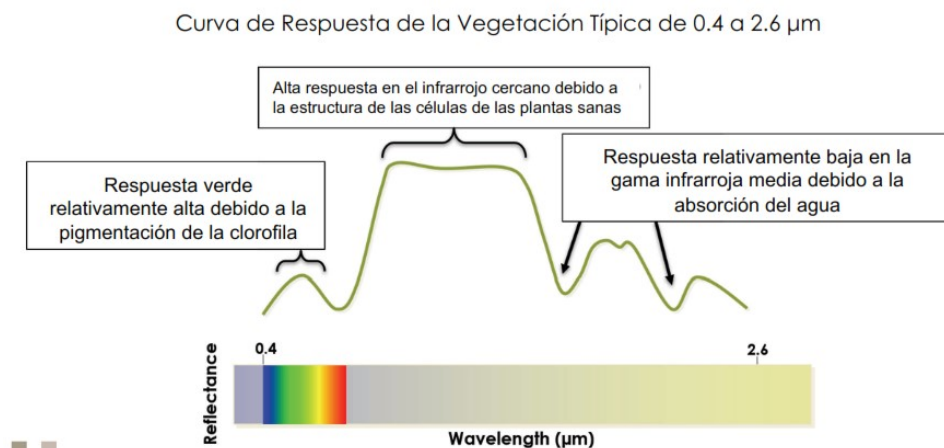


Figura 7. Curva de reflectividad de la vegetación típica. Fuente: NASA-ARSET, 2021

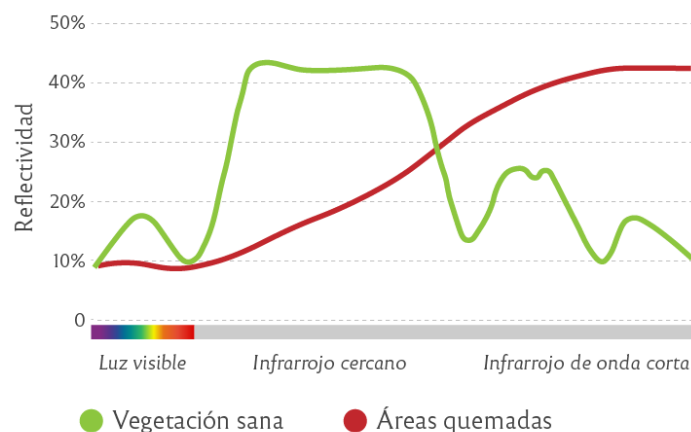


Figura 8. Gráfico de comparación de las respuestas espectrales de la vegetación sana y una zona quemada. Fuente: unciencia¹⁸, 2021

Como se puede observar en el gráfico anterior, la vegetación saludable muestra valores de alta reflectividad en el infrarrojo cercano (banda 8A), mientras que las zonas quemadas

reflejan valores muy bajos. Por el contrario, en el infrarrojo medio de onda corta, las zonas quemadas presentan valores muy altos, mientras que la vegetación sana refleja valores más bajos.

La diferencia entre estos picos se utiliza para calcular el índice NBR de cada una de las imágenes seleccionadas: pre-incendio y post-incendio.

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} = \frac{B8A - B12}{B8A + B12}$$

Ecuación 1. Cálculo del índice NBR

Con esta fórmula, se obtiene el valor del píxel: un valor positivo indica que existe vegetación saludable, mientras que un valor negativo representa un suelo quemado o desnudo.

Para calcular la severidad, se utiliza el índice dNBR, o el diferencial del índice NBR entre las imágenes pre y post-incendio.

$$dNBR \text{ ó } \Delta NBR = NBR_{pre} - NBR_{post}$$

Ecuación 2. Cálculo del índice dNBR

El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) definió la escala utilizada hoy día en muchas partes del mundo, entre ellas España, para clasificar la severidad de una zona tras un incendio según el valor del píxel resultante de la diferencia de índices¹⁷.

ΔNBR	Burn Severity
< -0.25	High post-fire regrowth
-0.25 to -0.1	Low post-fire regrowth
-0.1 to +0.1	Unburned
0.1 to 0.27	Low-severity burn
0.27 to 0.44	Moderate-Low-severity burn
0.44 to 0.66	Moderate High-severity burn
> 0.66	High-severity burn

Figura 9. Clasificación de los resultados según el USGS. Fuente: UN-SPIDER, s.f.

Este último punto se abordará con más detalle en el subapartado **OBTENCIÓN DE LAS ZONAS DE UN INCENDIO CLASIFICADAS SEGÚN SU SEVERIDAD.**

Con este paso, se conseguirá la automatización del proceso del cálculo y se obtendrá la imagen dNBR, con la cual se continuará el análisis.

IV.III. II. APLICACIÓN DE LAS MÁSCARAS Y UN UMBRAL A LA IMAGEN dNBR

Aunque el usuario pueda escoger imágenes con pocas nubes y que estas no cubran el área incendiada, es importante tenerlas en cuenta, ya que en el índice dNBR los valores de la zona quemada y las nubes pueden llegar a confundirse.

Los productos descargados de Copernicus incluyen una capa de alta probabilidad de nubes que se usó en el proyecto de QGIS para eliminarlas (hay que tener en cuenta que hay que escoger la máscara con la misma resolución que las bandas que se usan en el proyecto).

Creando una máscara binaria, donde todos los valores mayores a 10 en la máscara original se conviertan en 1 y el resto 0, se creó un filtro que se usó más adelante para asegurar que no existía ese obstáculo en o cerca de la zona de estudio. Se siguió el mismo proceso con las máscaras de los productos pre y post-incendio, para posteriormente unirlos.

En este caso, el valor de 10 se estableció mediante pruebas, ya que puede ocurrir que el valor máximo en cada máscara sea diferente y, además, clasificando valores mayores de 0 como 1 y el resto 0, se podía perder gran cantidad de información en la imagen.

La segunda máscara que se creó es la del agua, obtenida mediante el cálculo del NDWI (Normalized Difference Water Index) o Índice de Agua de Diferencia Normalizada. Este índice destaca las masas de agua en la imagen, simplificando en este caso su procesamiento, especialmente si la imagen en la que se encuentra el incendio contiene una gran área de mar u océano.

Para las imágenes del sensor Sentinel-2, la fórmula que se aplica es la siguiente:

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} = \frac{B3 - B8A}{B3 + B8A}$$

Ecuación 3. Cálculo del índice NDWI

Este índice consigue que las masas de agua tengan valores positivos, mientras que el suelo y la vegetación tengan valores negativos. Esto se debe al contraste de las longitudes de onda del verde, que maximizan la reflectancia de la superficie del agua, y el infrarrojo cercano, que maximiza la reflectancia de las zonas terrestres (vegetación y suelo)¹⁹.

De nuevo, se repitió el proceso de crear una máscara binaria para cada imagen (pre y post), donde todos los valores mayores a 0 son 1 y el resto 0. Esto es porque, como se ha mencionado anteriormente, los valores positivos corresponden a masas de agua e interesa eliminarlas de la imagen con el umbral dNBR aplicado.

Una vez se obtuvieron ambas máscaras, estas se unieron (o se “sumaron” como ráster), obteniendo una máscara completa donde los valores 1 pertenecen a nubes y a masas de agua y 0 al terreno. Esta máscara se aplicó entonces a la imagen dNBR.

Finalmente, se fijó un umbral en esa imagen dNBR donde ya se habían aplicado las máscaras de nubes y agua. Esto se hace para agilizar el proceso de lectura de la imagen, definiéndose el valor 0.1, ya que es el mínimo que se utiliza en la escala de severidad como zona quemada, como se puede ver en la [Figura 9](#).

La aplicación del umbral se hace de la siguiente manera: con la imagen dNBR filtrada con las máscaras, se aplica el umbral del valor 0.1. Los valores menores a este pasarán a ser -9999 (el mínimo valor del ráster, interpretado como nulo) y el resto conservará el valor de la imagen dNBR filtrada.

Con este paso, se obtuvo una imagen fácil de procesar, libre de ruido de las nubes, que se utilizó en el siguiente punto del proceso.

IV.III. III. CREACIÓN DE LA VENTANA MOVIBLE

La funcionalidad principal de la ventana movable es reducir el área de estudio para facilitar su análisis, ya que analizar la imagen completa podría suponer una carga en el proceso de lectura de los valores de los píxeles. Reduciendo el tamaño de la imagen mediante un recorte, se liberaría memoria que agilizaría el proceso.

Para ello, se tomó como referencia el punto central del incendio, que podrá ser aproximado o exacto, y no necesariamente donde comenzó el incendio. El código estudia los valores de los píxeles de la imagen dNBR filtrada alrededor de ese punto y crea buffers o zonas de influencia en caso de que encuentre píxeles “quemados” (valor ≥ 0.27).

Se calculan buffers incrementales alrededor del punto central, comenzando con un radio de 1 kilómetro e incrementándolo en 2 kilómetros en cada iteración si se encuentran píxeles quemados dentro del último buffer. El bucle se detiene cuando el área cubierta por el buffer sea igual o mayor que el área total de los píxeles quemados, que se van calculando a medida que el bucle recorre la imagen desde el punto central del incendio. Este último buffer se utiliza como recorte para obtener una versión más reducida de la imagen original, enfocándose en el área incendiada.

Esto se decidió así para tratar de eliminar los cultivos cercanos a los incendios como zonas quemadas, ya que podía pasar que los cultivos tuviesen valores de píxel entre 0.1 y 0.27.

Posteriormente, se calculan en hectáreas el área de las zonas de influencia y el área quemada, imprimiéndose en pantalla ambos valores como información para el usuario.

IV.III. IV. OBTENCIÓN DE LAS ZONAS DE UN INCENDIO CLASIFICADAS SEGÚN SU SEVERIDAD

Una vez obtenida la imagen dNBR con el recorte, se procedió a recorrer la imagen, estudiando los valores de los píxeles para clasificarlos según su severidad.

Aunque existen muchas escalas de severidad, se optó por utilizar la anteriormente mencionada del USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos), ya que es la que se estudió en el Máster para clasificar incendios y la que se utiliza en la CAM.

Una vez se hubiera clasificado el ráster según la severidad, se utilizó el algoritmo *sieve* para eliminar pequeñas regiones aisladas en el ráster. Posteriormente, se convirtió ese ráster en polígonos vectoriales con los campos de “Severidad” y “Hectáreas” en su tabla de atributos. El campo “Severidad” de la tabla se extrajo de la clasificación hecha en el ráster, mientras que el campo “Hectáreas” se rellenó por cálculo del área de cada polígono.

A continuación, se cambió la simbología de la capa, definiendo las categorías basadas en el campo de “Severidad”, asignando colores específicos a cada nivel: rojo para la severidad alta, naranja para moderada alta, amarilla para la moderada baja y verde para la baja.

Por último y a mayores, se imprimió y guardó un gráfico de barras que muestra las hectáreas totales de cada categoría en formato PNG.

IV.IV. CONSTRUCCIÓN DEL PLUGIN

Una vez obtenidos todos los scripts que conformarían el código del plugin completo, el paso final fue desarrollar el complemento de QGIS para su uso futuro. Para ello, se debieron instalar una serie de complementos y se implementó el código final al script del plugin para su correcta ejecución.

IV.IV. I. INSTALACIÓN DE COMPLEMENTOS

Para definir la estructura del plugin, se necesitó instalar una serie de complementos que ayudaron a una creación más sencilla de sev4fire.

- **Plugin builder:** es una herramienta que facilita la creación de complementos en QGIS y que permite generar la estructura básica y los archivos necesarios para el desarrollo del complemento que se quiere crear.

Lo primero que aparece al seleccionar el complemento *Plugin builder* una vez instalado en QGIS, es una ventana emergente con un formulario donde se fueron rellenando campos tales como: el nombre del plugin, su descripción, la versión (por defecto 0.1 al ser la primera vez que se ejecuta), el autor, el correo electrónico, etc. Cuando se complete el formulario, Plugin Builder generará una serie de directorios con los archivos básicos (metadatos, diálogos y cuerpo del plugin generado) y estos se podrán editar para completar el funcionamiento del plugin.

Para que el complemento, en este caso sev4fire, aparezca en pantalla, se deberá guardar en la carpeta donde esté QGIS instalado, en la carpeta de plugins. Cerrando QGIS y volviendo a cargarlo, aparecerá en sev4fire en la parte de complementos junto con otros instalados.
- **Plugin Reloader:** es una herramienta que, como dice su nombre, se encarga de recargar el plugin tras guardar los cambios generados en cualquiera de sus archivos. Se debe instalar para monitorizar los cambios tanto en el código como en el diseño del complemento que se seleccione: en este caso, sev4fire.

Cabe señalar que, además de QGIS, se debe tener instalado el programa *Qt Designer with QGIS X.XX custom widgets*. Este programa, en teoría, viene por defecto cuando se instala QGIS, pero se debe comprobar que se tiene por si se necesita instalarlo.

Qt Designer es un programa que permite desarrollar interfaces gráficas de usuario, permitiendo componer y personalizar ventanas y cuadros de diálogo para su empleo en QGIS²⁰. En este caso, se utilizará para personalizar la ventana emergente que aparecerá cuando se seleccione el complemento sev4fire. El archivo que se debe editar es aquel con extensión .ui

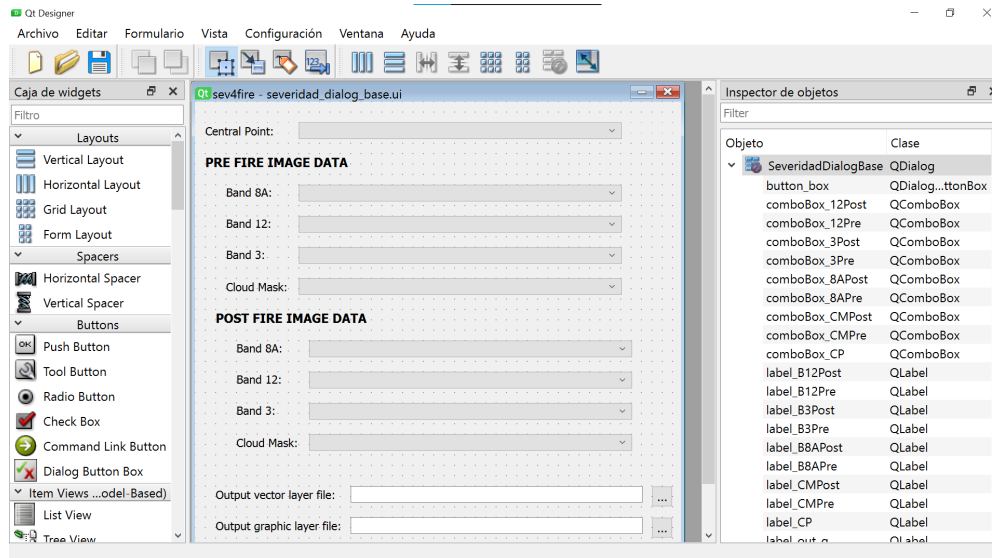


Figura 10. Interfaz de Qt Designer

Las herramientas que se utilizaron para diseñar la ventana emergente fueron:

- **Combo Box:** una pestaña deslizante que permite escoger entre las capas que se encuentran en el proyecto.
- **Etiquetas:** para indicar el archivo que debe colocarse en cada “caja”.
- **Push Buttons:** con los tres puntos (...), para que el usuario elija la ruta donde se guardarán los resultados finales de proceso.
- **Líneas Editables:** para que aparezca la ruta donde se guardarán los archivos finales elegidos por el usuario.
- **Caja de botones:** Con los botones de “Aceptar”, para ejecutar el programa, y “Cancelar”, para cerrar la ventana sin ejecutar el complemento.

Este diseño y el funcionamiento de los botones se obtuvo del tutorial de qgistutorials.com *Construyendo un Complemento Python (QGIS3)*.

Además, para que el complemento funcione, se deben tener instalados los siguientes paquetes o librerías:

- **GDAL:** es una biblioteca para leer y escribir formatos de datos geoespaciales. Se puede instalar desde QGIS (*Administrar complementos*)²¹.
- **numpy:** este paquete se utiliza para hacer operaciones numéricas y se puede instalar desde el símbolo del sistema (*pip install numpy*).
- **matplotlib:** es un paquete para crear gráficos y visualizaciones y se puede instalar desde el símbolo del sistema (*pip install matplotlib*).

Una vez se hubiesen instalado los complementos necesarios para el correcto funcionamiento del plugin y se hubiese modificado la parte visual para el usuario, se incorporaron al código principal (archivo .py) los scripts que fueron automatizando el proceso.

IV.IV. II. IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO AL PLUGIN

Primeramente, se debía escoger cómo iba a funcionar el plugin: mediante botones que se fuesen ejecutando o solo cargándolo tras darle al botón de “Aceptar”. Se optó por lo segundo, ya que no tenía sentido crear botones cuando el código es secuencial: es decir,

no se puede aplicar la máscara sin antes haber creado la imagen dNBR, y así con el resto del código.

Una vez tomada la decisión, se fueron uniendo y modificando en un mismo script todos los códigos automatizados para luego implementar el código completo al código principal del plugin.

Se hicieron las siguientes modificaciones:

- Se declararon las funciones de las “Combo Boxes” y se sustituyeron en el código original para que coincidiesen con el nombre de las capas que se utilizan en el proyecto QGIS. De esta manera, se puede usar cualquier imagen.
- Se declararon las funciones para guardar los archivos en el directorio correspondiente (seleccionado por el usuario).
- Se definió una carpeta de partida en C: llamada Incendio (**C:\Incendio**) donde se guardarían todas las imágenes y capas que participan en el proceso de la creación de los resultados.
- Se situaron las líneas de código encargadas del proceso, cálculo y guardado de las capas en la función del botón “Aceptar”, para que cuando se seleccionase, se ejecutara todo el proceso de una sola vez.
- Se estableció que, en *Mensajes*, apareciera información del proceso que el usuario pudiera consultar.
- Se modificó la imagen del plugin, creando un nuevo icono desde *canva.com*.

Una vez se hubo comprobado que los cambios en el script original no dieron errores y se hicieron varias pruebas, se concluyó el resultado del trabajo.

V. RESULTADOS

A continuación, se presentarán los resultados del plugin y las cartografías resultantes del proceso de automatización.

Para empezar, aparecerá en la pestaña de los complementos el plugin sev4fire con el icono modificado.

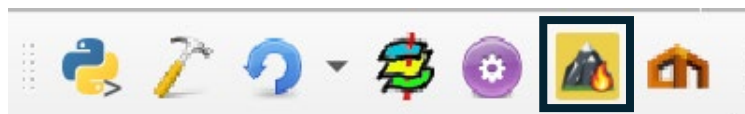


Figura 11. Pestaña de complementos instalados en QGIS

Una vez se clique en el botón, aparecerá la ventana emergente del plugin. Como se mencionó anteriormente, esta tendrá Combo boxes que permitirán la selección de las capas.

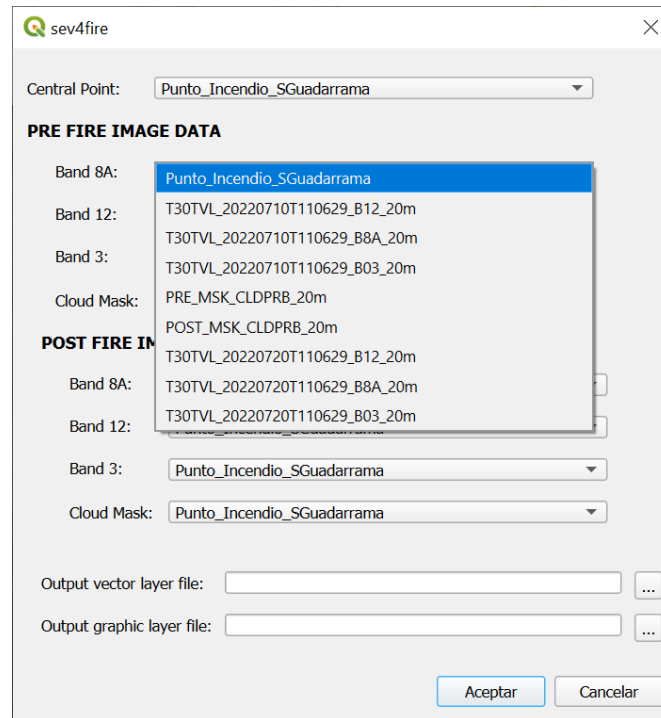


Figura 12. Ventana emergente de sev4fire

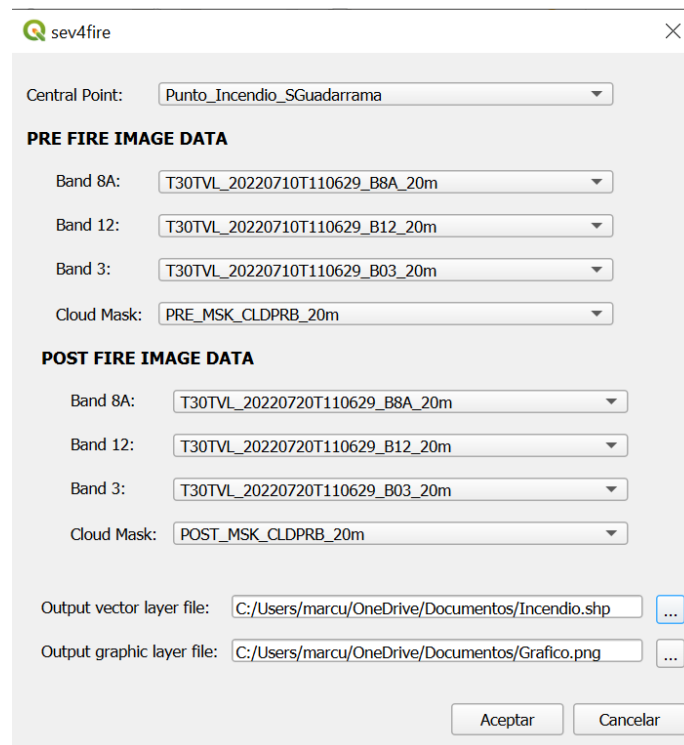


Figura 13. Ventana de sev4fire modificada

Seleccionando el botón de “Aceptar”, el complemento comenzará a funcionar y, tras varios segundos, mostrará en pantalla las capas finales.

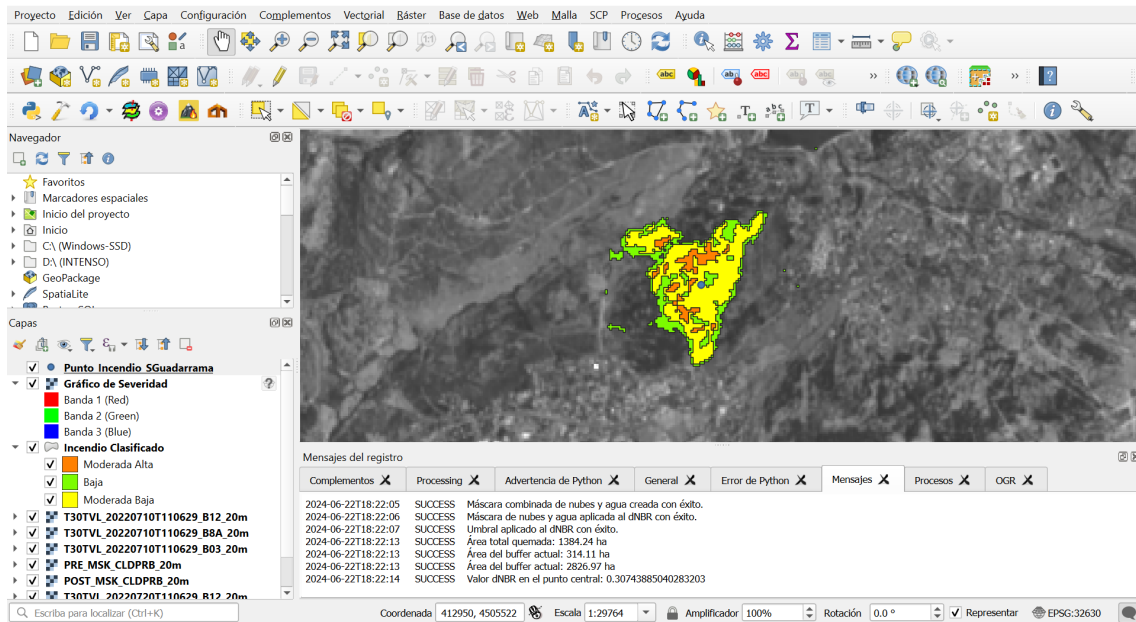


Figura 14. Vista del proyecto, con la capa del incendio clasificado y los mensajes impresos

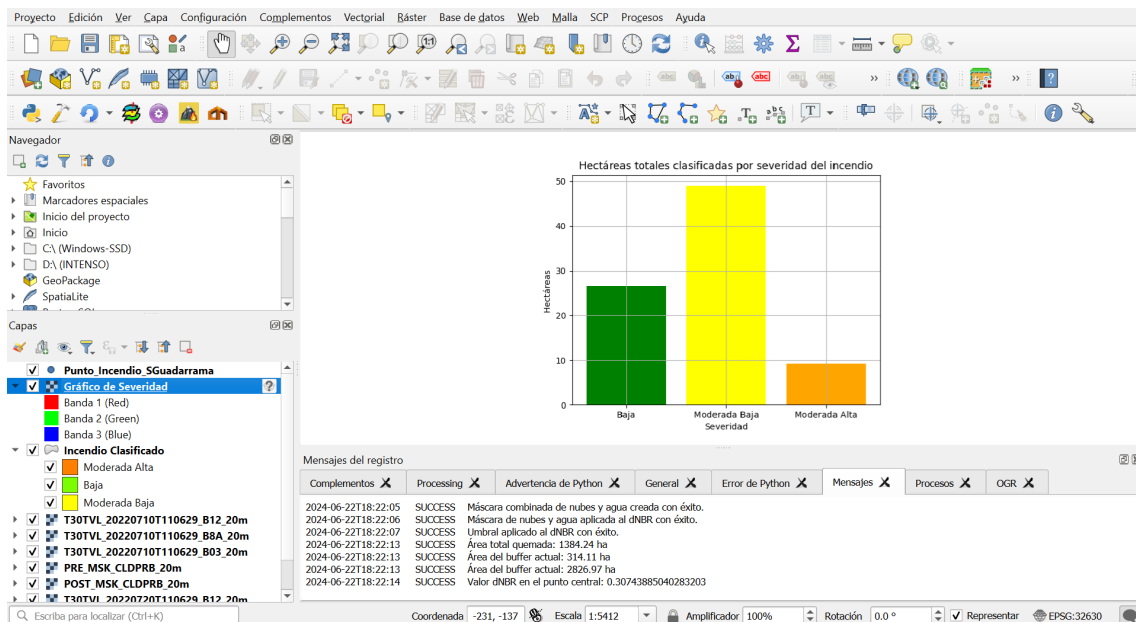


Figura 15. Vista del proyecto, con el gráfico de severidad y los mensajes impresos

También se podrá comprobar que en la carpeta de C:/Incendio se guardaron las capas que participan en el proceso y en la carpeta seleccionada para guardar los archivos finales estarán las capas que se mostraron en el proyecto de QGIS.

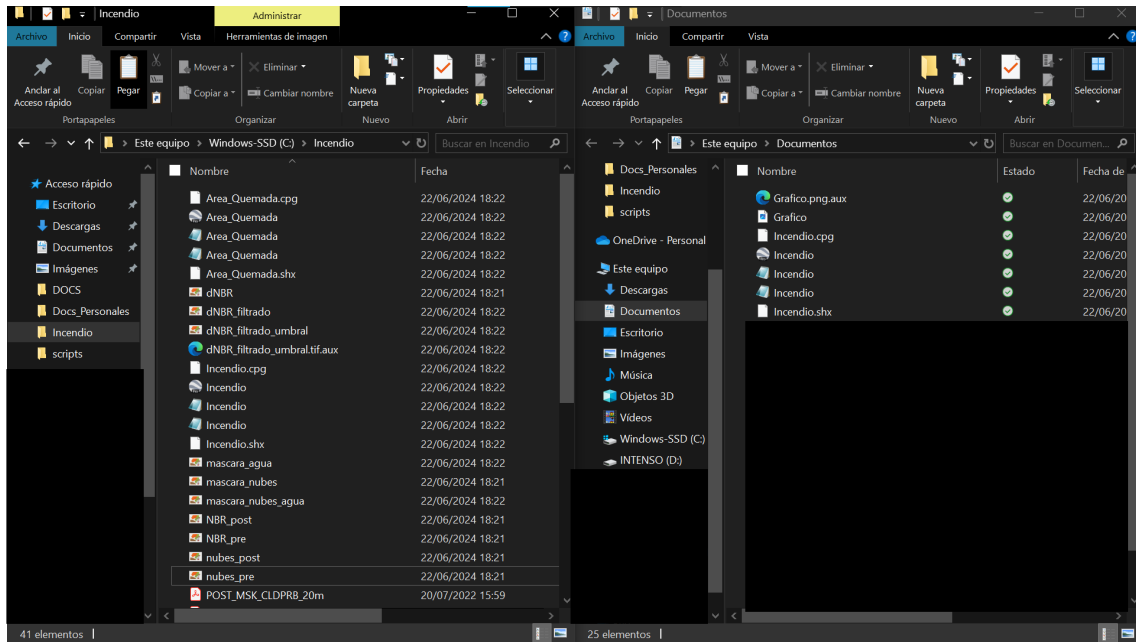


Figura 16. Carpetas de guardado de las capas

A continuación, se muestran las cartografías creadas y los gráficos obtenidos tras ejecutar el plugin con las imágenes de los incendios escogidos.

En primer lugar, se presenta la cartografía del incendio de Collado Mediano (julio 2022).

CARTOGRAFÍA DEL INCENDIO OCURRIDO EN LA SIERRA DE GUADARRAMA EN JULIO DEL 2022

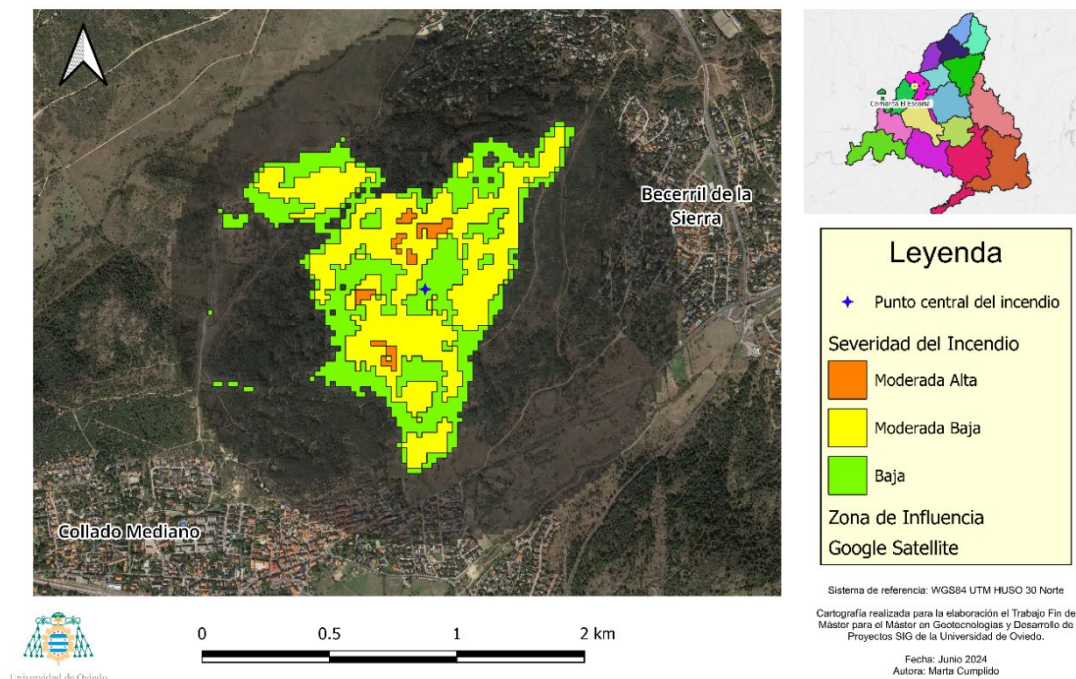


Figura 17. Cartografía del incendio de Collado Mediano (Madrid)

Esta cartografía presenta un resultado claro, ya que se trata de un incendio pequeño en plena Sierra de Guadarrama; esto ayuda a que no existan cultivos alrededor que puedan crear “ruido” que pueda interferir en laimetración del incendio. Aun así, siguen existiendo pequeñas zonas fuera del perímetro del incendio que siguen apareciendo como

zonas de baja severidad. Estas zonas pueden ser partes de caminos que responden a la reflectividad que se busca.

Con la información recibida del bombero de la CAM, se realizó una comparativa de los datos para demostrar la fiabilidad del plugin:

CARTOGRAFÍA COMPARATIVA DE LOS DATOS OFICIALES CON EL RESULTADO

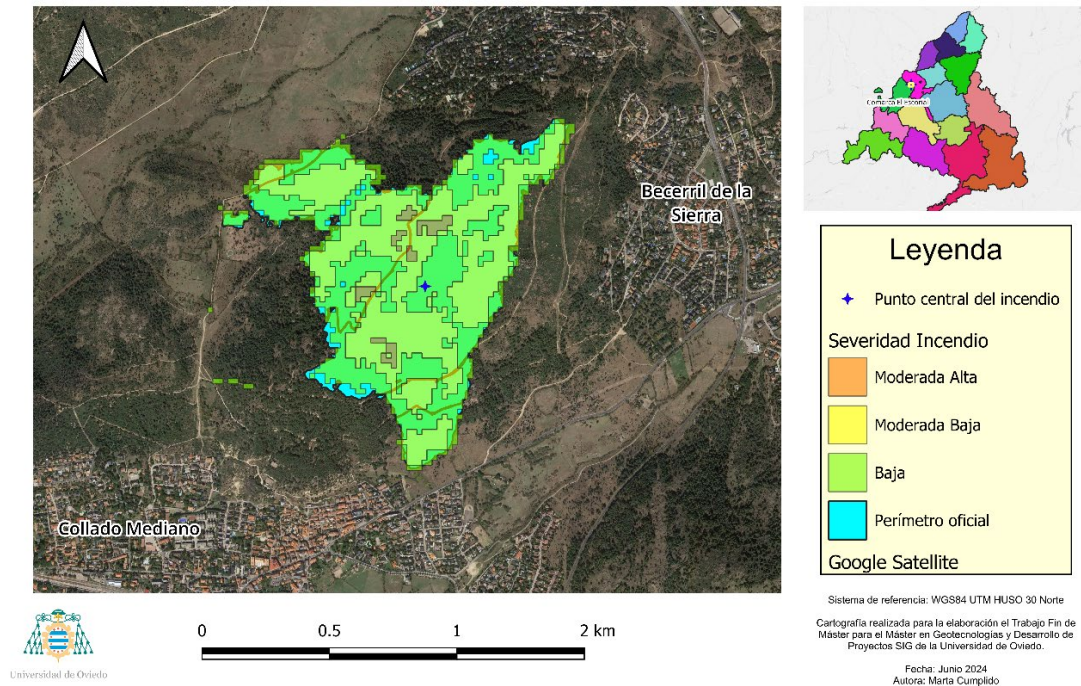


Figura 18. Comparativa de los datos oficiales con el resultado del plugin (Madrid)

Como se puede observar, el resultado del proceso se asemeja en gran medida a los datos oficiales, a excepción de pequeñas “islas” vacías en la zona incendiada y la geometría de la severidad (sin suavizar para conservar la forma de los píxeles). Cabe señalar que esta comparación se hizo con el perímetro realizado por el técnico en campo y suavizado mediante procesos SIG, por ello aparecen los caminos como zonas que no forman parte del perímetro incendiado.

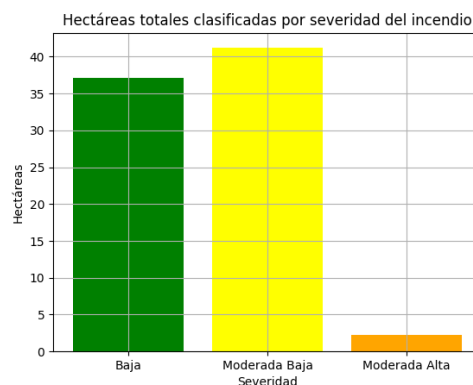


Figura 19. Gráfico de hectáreas quemadas del incendio de Collado Mediano

Por otra parte, el gráfico obtenido tras ejecutar el plugin muestra un cálculo aproximado de 78 ha. Si se utilizan como referencia los datos oficiales el ingeniero forestal que participó

en el incendio de Collado Mediano, se verá que la diferencia entre ambos resultados será muy pequeña, ya que el perímetro oficial exacto es de 78.63 ha.

A continuación, se muestra la cartografía resultado del incendio de Mijas (noviembre 2023).

CARTOGRAFÍA DEL INCENDIO OCURRIDO EN MIJAS EN NOVIEMBRE DE 2023

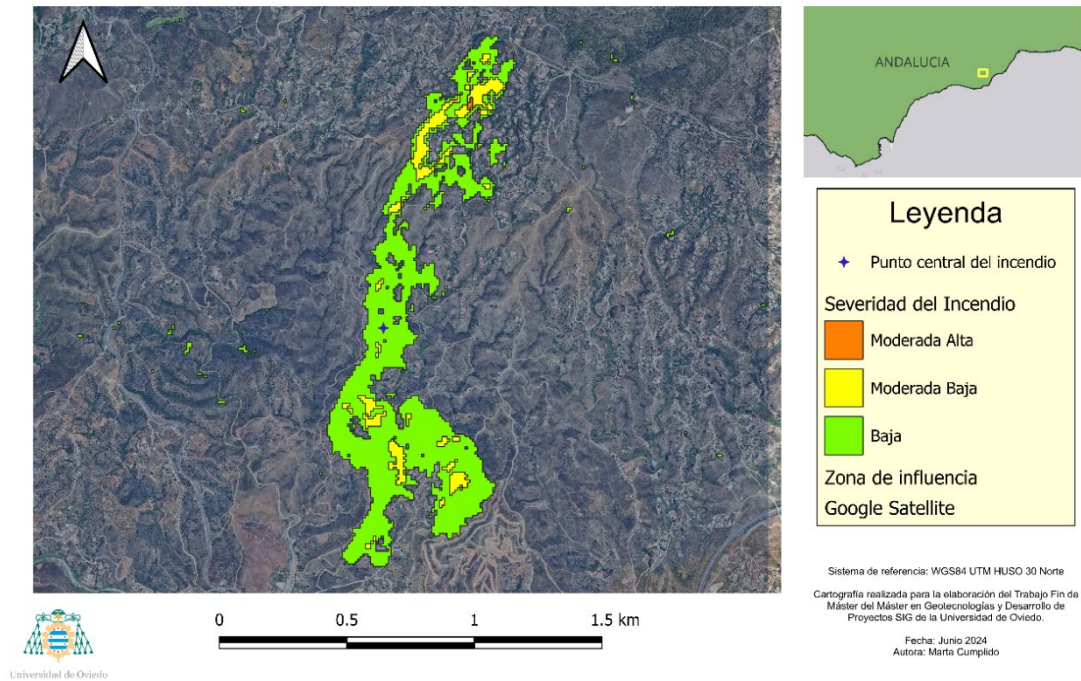


Figura 20. Cartografía del incendio de Mijas (Málaga)

En el caso de que un incendio más grande ocurra en una zona donde no hay cultivos por la orografía, aparece “ruido” más disperso. En algunas zonas parece ser monte, por lo que podría ser que ocurriese una tala o una sequía. Se pueden observar también “islas” dentro de la zona incendiada. Eso podría ser porque no hubiese zona de arbolada en aquellas áreas y el fuego se extendiese por los alrededores. Para obtener respuestas más específicas y acertadas, se debería estudiar el terreno previamente.

En este caso también existen datos para hacer una comparativa, por lo que se presenta a continuación:

CARTOGRAFÍA COMPARATIVA DE LOS DATOS OFICIALES CON EL RESULTADO

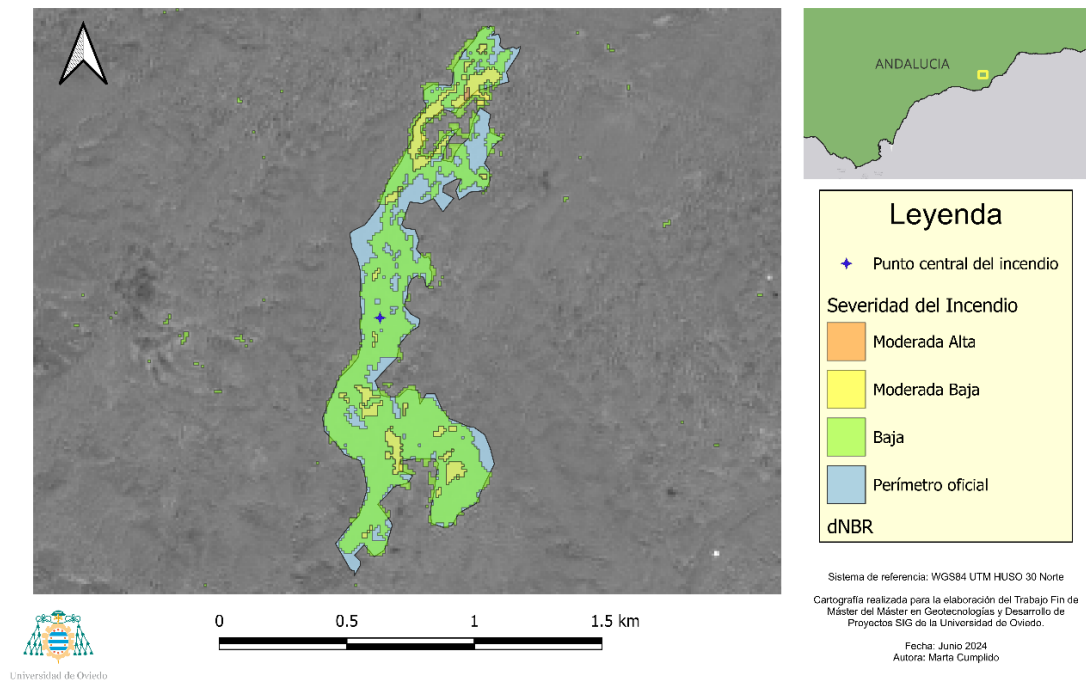


Figura 21. Comparativa de los datos oficiales con el resultado del plugin (Málaga)

Como se puede observar de nuevo, el resultado muestra un área similar al perímetro oficial del incendio a excepción de algunas zonas al norte del área incendiada. Este perímetro se realizó mediante el proceso de cálculo con imágenes satélite para luego crear el polígono a mano, dibujando sobre la imagen dNBR.

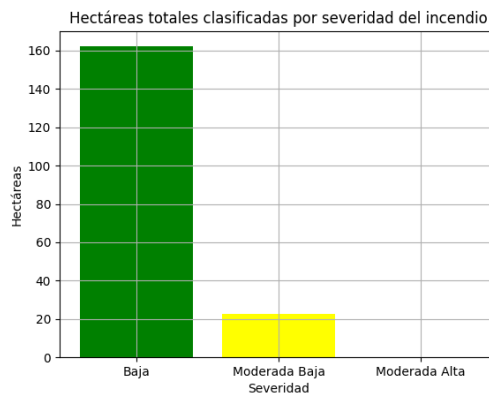
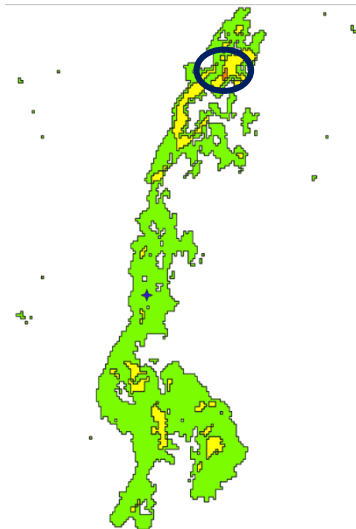


Figura 22. Gráfico de hectáreas quemadas del incendio de Mijas

Del gráfico obtenido del incendio en Andalucía, aunque parezca que la tabla no muestra una unidad en las hectáreas de Severidad Moderada Alta, si se revisa la tabla de atributos o el Shapefile del proyecto, se comprobará que sí que existe esa clasificación, pero es muy pequeña para que se muestre:



	DN	Severidad	Hectareas
1	3	Moderada Alta	0.28
2	2	Moderada Baja	0.4

En la parte norte del incendio, como se puede ver en la figura, existe una pequeña zona que corresponde a la severidad Moderada Alta, pero esta es muy pequeña; por ello, no se muestra en la tabla en comparación con el resto de las hectáreas totales de los otros grados de severidad.

Una vez realizado este apunte, se tomará como referencia el parte oficial del incendio, en el que se concluye que la superficie incendiada fue un total de 210,81 ha.

Comparando esa información con la del gráfico, se estima que las hectáreas totales incendiadas calculadas por el plugin son más de 180 ha, consiguiendo una diferencia aproximada de 30 ha.

Figura 23. Captura del Shapefile del incendio clasificado de Mijas y su tabla de atributos

Por último, se presenta la cartografía final del incendio de Trabada (octubre 2023).

CARTOGRAFÍA DEL INCENDIO OCURRIDO EN TRABADA EN OCTUBRE DE 2023

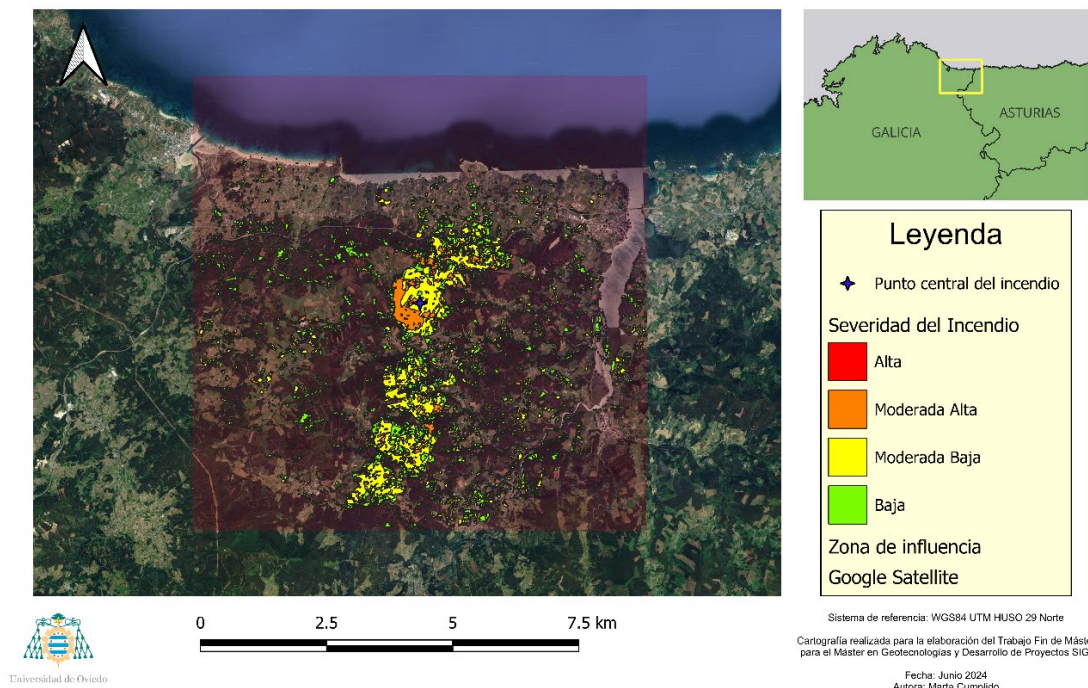


Figura 24. Cartografía del incendio de Trabada (Lugo)

Como se puede ver en la cartografía, existen zonas de baja severidad e incluso de moderada baja dentro de la zona de influencia que no corresponden al incendio. Este “ruido” son cultivos cercanos a la zona quemada, que tienen lecturas similares a la zona por diferentes posibles razones: sequía, poda o cultivo reciente o por ser suelo expuesto.

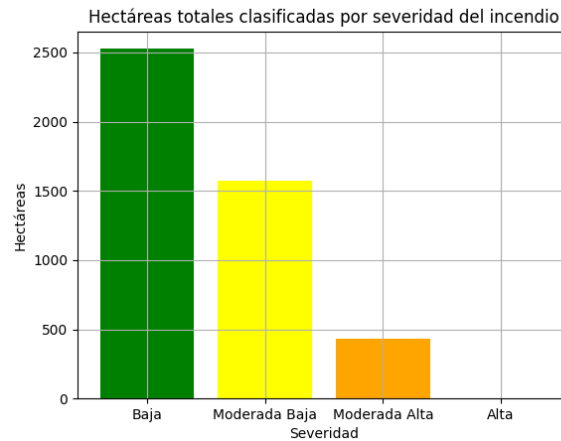


Figura 25. Gráfico de hectáreas quemadas del incendio de Trabada

En el gráfico relacionado con el incendio, de nuevo parece que no se han calculado las hectáreas de severidad Alta, pero si se consulta la tabla de atributos y se buscan las áreas en el proyecto, se verá que estas sí existen, pero son muy pequeñas, quedando opacadas por las áreas de severidad Baja y Moderada Baja.

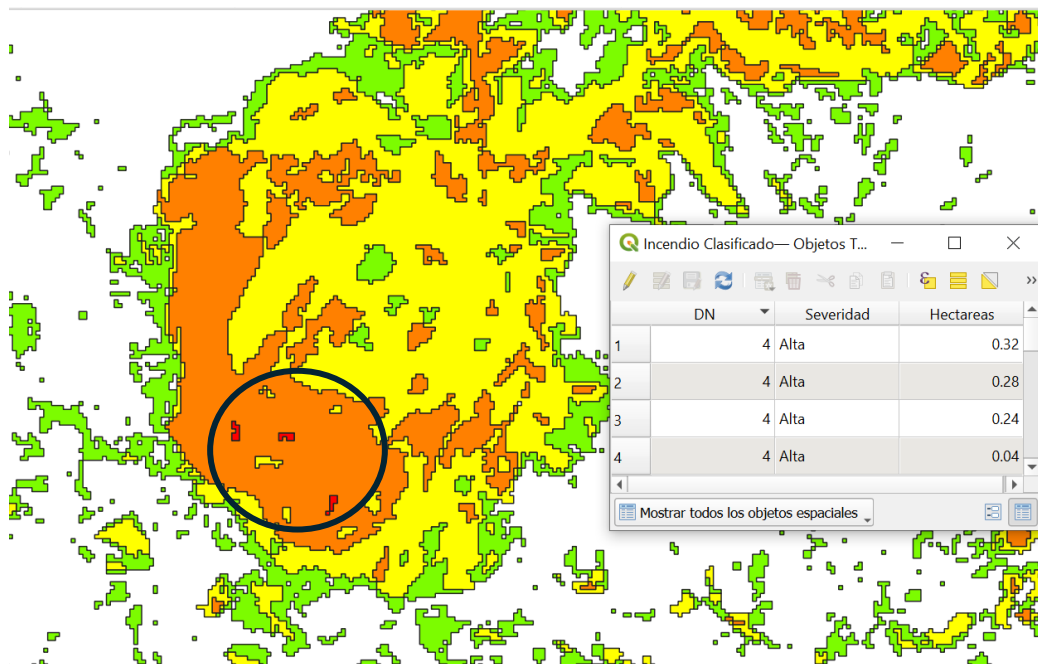


Figura 26. Captura del Shapefile del incendio clasificado de Trabada con enfoque en las zonas de severidad Alta junto con los datos de la tabla de atributos

Como se puede apreciar, las hectáreas totales de la severidad Alta existen, pero son muy pocas en comparación el resto de las áreas, por lo que pueden pasar desapercibidas en el gráfico.

También se puede hacer una comparación con los datos encontrados en la web: como se mencionó anteriormente en el capítulo **ELECCIÓN LAS ZONAS DE TRABAJO**, este incendio calcinó más de 2.300 ha de zona arbolada. Si se estudia el gráfico con atención, se verá que las cifras sobrepasan esta, por lo que habría que fijarse en la cartografía resultante. Esta, como se muestra y se mencionó anteriormente, incluye partes de cultivos

en el recuento de hectáreas que suman al cálculo y a la representación gráfica de los datos.

Aunque la metodología ha sido útil y ha conseguido completar el objetivo del trabajo, visualizando los resultados se llegan a detectar ciertas limitaciones que en su momento se llegaron a tener en cuenta, pero que, por falta de tiempo y recursos, no se llevaron a cabo.

La primera de ellas y la más evidente, es el hecho de que se detecten los cultivos alrededor de un incendio cuando lo único que se quiere tener en cuenta son los incendios forestales. Este obstáculo se iba a superar haciendo uso a otro complemento de QGIS: SIGPAC Downloader.

El SIGPAC Downloader es un complemento desarrollado por CETEMAS que permite la descarga de las parcelas agrícolas directamente desde QGIS, seleccionando el tipo de archivo de descarga (Shapefile o geopackage) y el municipio del que se quieren obtener los datos²².

Aunque se iba a trabajar con los datos del SIGPAC para utilizarlos como segundo “filtro” por el que no pasarían las parcelas agrícolas, a la hora de utilizar el complemento, este no funcionaba correctamente, por lo que se buscó otra opción que pudiera sustituir su función.

Esta se concluyó que podía ser la descarga el Mapa Forestal de España y, aunque no hubiera un complemento que permitiera la descarga directa desde QGIS del paquete Shapefile, se podría indicar al usuario que se necesitaba ese archivo para hacer el filtro correspondiente.

Se descargó el mapa forestal de la provincia de Lugo y se seleccionaron solo las parcelas de Arbolado y Arbolado Ralo, y una vez seleccionadas, se hizo una intersección con el Shapefile del incendio clasificado, obteniendo una diferencia ínfima en el resultado. Por ello, se descartó este proceso, ya que una automatización de un proceso más que no supone gran diferencia en el resultado, haría que el complemento tardara más en ejecutarse y cargaría de más memoria al proceso, pudiendo ralentizarlo.

Por otro lado, el plugin solo procesa dos imágenes: la pre-incendio y la post-incendio, pero puede existir el caso de un incendio que aparezca en dos imágenes Sentinel-2 (una imagen no cubre el incendio en su totalidad y se tienen que descargar dos imágenes pre-incendio y dos post-incendio). Este caso no funcionaría en este plugin, a no ser que previamente se hubiesen unido las dos imágenes pre-incendio y luego las post-incendio. Esto implica hacer 8 uniones por cada pestaña del plugin que se pide. Este obstáculo, aunque es un limitante actual, podría tenerse en cuenta como actualización del plugin en líneas futuras.

También, otra actualización para líneas futuras podría ser hacer un estudio de series temporales para estimar el tiempo de recuperación de la vegetación del incendio seleccionado. Esto devolvería una gráfica con el tiempo de recuperación para informar al usuario del tiempo que tendría que pasar para que la zona forestal pudiera volver a su estado previo al incendio, teniendo en cuenta el daño que sufrió durante el incendio.

Para finalizar, queda concluido que la metodología de estudio de la severidad es adecuada para conseguir un plugin rápido y sencillo y, aunque no dé resultados precisos en algunas zonas, realiza una aproximación que el usuario puede usar para ahorrarse tiempo en el

proceso de perimetrar el incendio. Además, una de las ventajas de hacer un plugin, es que este puede seguir desarrollándose en caso de una alta demanda sin necesidad de desechar todo lo automatizado anteriormente.

VI. CONCLUSIONES

Este proyecto ha conseguido crear una herramienta funcional y útil para el estudio de incendios desde el software libre QGIS.

Con los resultados del procesamiento se consigue un perímetro muy definido comparable con los datos oficiales recibidos de los respectivos técnicos y analistas GIS de los bomberos, así como el cálculo del perímetro automático que cubre cada nivel de severidad.

Dependiendo del tamaño y de la situación del incendio (lo que rodea a este), se hace una estimación más aproximada.

A pesar de las limitaciones expuestas anteriormente, sev4fire puede seguir desarrollándose en un futuro para mostrar resultados más exactos con varias imágenes Sentinel-2 en caso necesario.

VII. ANEXOS

A continuación, se presentan los anexos que acompañarán a la memoria de este Trabajo Final de Máster:

- ANEXO I. USO DE SEV4FIRE
Archivo PDF del manual para el usuario. En él se explican detalladamente los pasos que hay que seguir para ejecutar correctamente el plugin.
- ANEXO 2. CARTOGRAFÍA
Archivo ZIP donde se encuentran todas las cartografías resultado y los mapas comparativos con los datos oficiales presentados anteriormente.

REFERENCIAS Y WEBGRAFÍA

- ¹ Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (s.f.). *Incendios Forestales en España Año 2015*.
- ² Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (s.f.). *Decenio 2006-2015 Los Incendios Forestales en España*.
- ³ Instituto Geográfico Nacional (s.f.). *Teledetección*.
<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>
- ⁴ GIS & Beers (2017, 28 de mayo). *Teledetección para el análisis de incendios forestales*. <https://www.gisandbeers.com/teledeteccion-para-el-analisis-de-incendios-forestales/>
- ⁵ Global Change Unit (2022, 25-27 de abril). *Incendios Forestales: Estimación del perímetro y mapas de severidad mediante teledetección desde satélite*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/patrimonio-natural/20220427_sobrino_josea_llorens_rafael_teledeteccion_incendios_forestales_tc_m30-540477.pdf
- ⁶ INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (s.f.). *Incendios forestales*.
<https://www.inia.es/investigacion/forestal/Gesti%C3%B3n%20forestal/Incendios%20forestales/Pages/Home.aspx>
- ⁷ Consellería de Justicia e Interior, Generalitat Valenciana (s.f.). *Investigación de incendios forestales (GOIIF)*. <https://cjusticia.gva.es/es/web/prevencion-de-incendios/investigacion-de-incendios-forestales>
- ⁸ Martín Herrero, J., Pérez Rodríguez, L. A., Sarmiento Prieto, D. I. (2013). *La investigación de causas de incendios forestales en el Principado de Asturias en el período 2002-2012*.
<https://coordinadoraecoloxista.org/images/documentos/249027158-La-Investigacion-de-Causas-de-Incendios-Forestales-en-El-Principado-de-Asturias-en-El-Periodo-2002-2012.pdf>
- ⁹ Cabal Villanueva, E. (2023). *Aplicación de técnicas de teledetección al análisis de severidad y regeneración de un incendio forestal* [Trabajo Final de Máster, Universidad de Oviedo].
- ¹⁰ QGIS Python Plugins Repository (s.f.). *Semi-Automatic Classification Plugin*.
<https://plugins.qgis.org/plugins/SemiAutomaticClassificationPlugin/>
- ¹¹ Applied remote sensing training program (2018, 12 y 19 de julio). *Ejercicio 1: QGIS-Fire Mapping Tool (FMT)*. NASA.
https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/AdvancedWildfires_Exercise1_span_Final.pdf

¹² Hernández Ramos, F. A. (2018). Qflame: Plugin de QGIS para la Generación de Áreas Susceptibles a Incendios Forestales Bajo la Metodología Definida por el IDEAM. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)].

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13725/HernandezRamosFabianAlonso2018.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

¹³ *Extinguido el peor incendio del año en Galicia tras calcinar más de 2.300 hectáreas de monte en Trabada (Lugo)* (2023, 16 de octubre). elDiario.es Galicia.

https://www.eldiario.es/galicia/extinguido-peor-incendio-ano-galicia-calcinar-2-300-hectareas-monte-trabada-lugo_1_10600728.html

¹⁴ DatosRTVE (2022, 13 de diciembre). *Mapa de incendios en España en 2022: el fuego arrasa más de 309.000 hectáreas*. rtve.es.

<https://www.rtve.es/noticias/20221213/incendios-ultima-hora/2355461.shtml>

¹⁵ EP (2022, 13 de Julio). *Desalojadas dos urbanizaciones por un incendio en la sierra de Madrid*. Diario de Mallorca.

<https://www.diariodemallorca.es/sociedad/2022/07/12/desalojadas-urbanizaciones-incendio-collado-mediano-68264638.html>

¹⁶ Morales, A. (s.f.). *PyQGIS para novatos: primeros pasos con Python en QGIS*. mappingGIS. <https://mappinggis.com/2014/02/primeros-pasos-con-pyqgis/#Que es PyQGIS>

¹⁷ Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal (s.f.). *Índice Normalizado de Área Quemada (NBR)*. United Nations. <https://un-spider.org/es/node/10959>

¹⁸ Argañaraz, J.P, Marinelli, V., Orazzi, A., Fernández, A. (2021, 12 de julio). *El Instituto de Gulich cartografió los incendios que afectaron las sierras de Córdoba entre 1987 y 2018*. UNCiencia. <https://unciencia.unc.edu.ar/medioambiente/el-instituto-gulich-cartografió-los-incendios-que-afectaron-las-sierras-de-cordoba-entre-1987-y-2018/>

¹⁹ EOS Data Analytics (s.f.). *Índice De Agua De Diferencia Normalizada (NDWI)*. <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndwi/>

²⁰ Alonso, D. (s.f.). *Cómo crear formularios para QGIS con Qt Designer*. mappingGIS. <https://mappinggis.com/2018/12/como-crear-formularios-para-qgis-con-qt-designer/>

²¹ Wikipedia (s.f.). *GDAL*. <https://es.wikipedia.org/wiki/GDAL>

²² Grupo TYCGIS Formación (2023, 5 de mayo). *Uso del complemento "SIGPAC Downloader" en QGIS*. CursosGIS.com. <https://www.cursosgis.com/uso-del-complemento-sigpac-downloader-en-qgis/>

