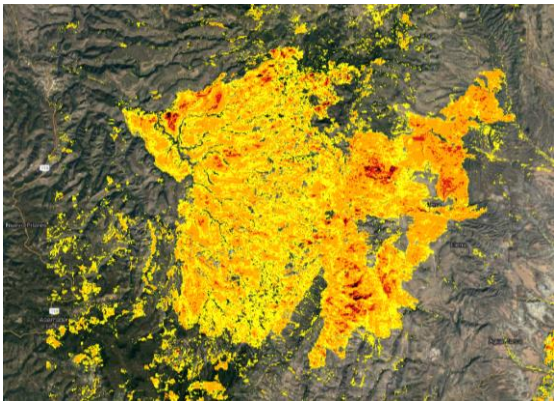
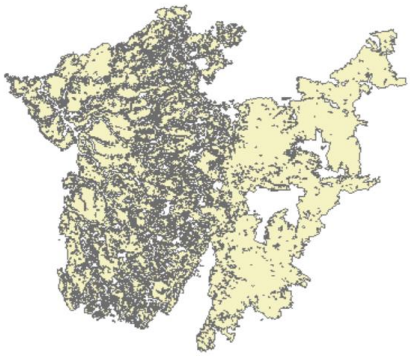
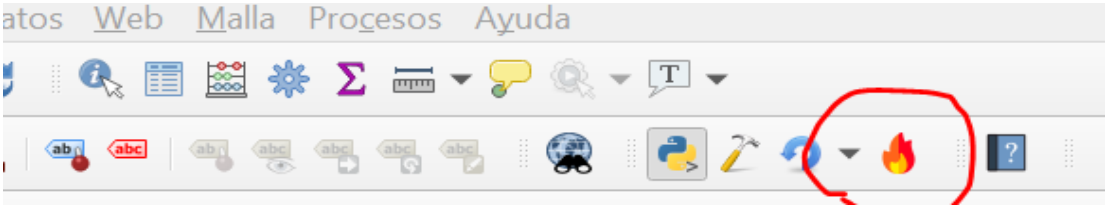
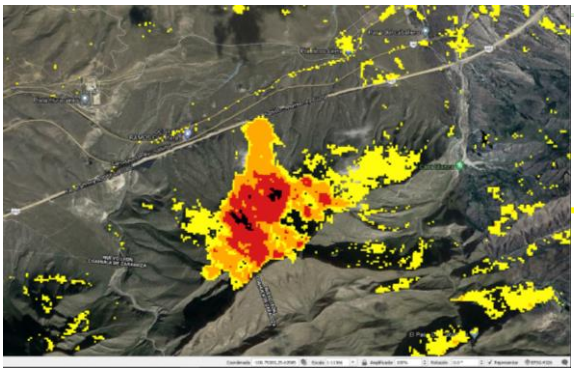
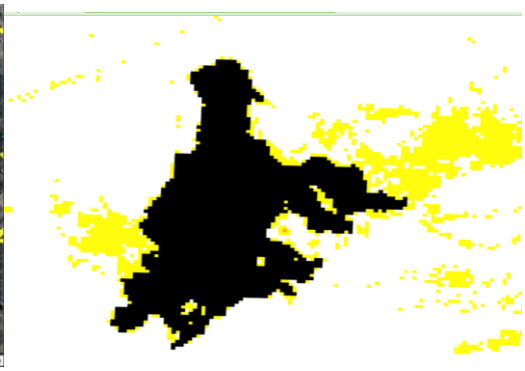
Manual de usuario de las herramientas de mapeo de área quemada y severidad de incendios forestales a partir de imágenes Sentinel.











M.C. Carlos Iván Briones-Herrera; Ing. Adrián Israel Silva Cardoza;

Dr. Daniel José Vega-Nieva; Dr. Jaime Briseño Reyes.

Universidad Juárez del Estado de Durango.

Versión 1.1. Septiembre 2021.

El presente manual ha sido financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica y Forestal CONAFOR-CONACYT, proyecto CONAFOR-CONACYT-2018-C02-B-S-131553 “Reforzamiento al sistema nacional de predicción de peligro de incendios forestales de México para el pronóstico de conglomerados y área quemada”.

Se agradece al personal de CONAFOR por la retroalimentación para el desarrollo y uso operacional del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México (http://forestales.ujed.mx/incendios2/)

Versión 1.1. Septiembre 2021.

Índice

Introducción..... 5

1. Descarga del polígono del conglomerado de puntos de calor (CPC) y puntos de calor (PC) mediante el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México (SPPIF). 8

1.1. Descarga del conglomerado de puntos de calor mediante el SPPIF. 8

1.2. Descarga de puntos de calor mediante el SPPIF. 9

2. Carga de archivos y selección de CPC individual en Q-gis 10

2.2. Zoom a incendio de interés. 11

2.3. Seleccionar incendio a exportar. 11

2.4. Exportar incendio seleccionado. 12

3. Guía para consultar fechas pre y post del incendio a partir de los puntos de calor. 12

3.1. Seleccionar por localización puntos de calor del conglomerado CPC. 12

3.2. Exportar puntos de calor seleccionados. 13

3.3. Consultar fechas pre y post de los puntos de calor seleccionados 14

4. Guía para cargar archivos shape y descarga de imágenes Sentinel II en Google Earth Engine (GEE). 15

4.1. Carga de polígono de conglomerado en GEE 16

4.2. Importar polígono de conglomerado al código. 17

4.3. Reemplazar la variable “table” por el nombre “geometry”. 18

4.4. Copiar y reemplazar la ruta del nuevo objeto geometry. 18

4.5. Definir fechas de periodo general. 19

4.6. Definir fechas previa y posterior al incendio. 19

4.7. Crear carpeta “incendios” en Google drive. 20

4.8. Correr el código. 20

4.9. Descarga de archivos. 21

5. Carga y aplicación de simbología para los índices dNBRc y RBRc en Q-gis utilizando el software Q-gis (compatible para versiones 3.16 LTR y 3.20.2).. 22

5.1. Carga de archivos shape del conglomerado y raster de área quemada 22

5.2. Aplicación de simbología de severidad a los archivos raster. 22

5.3. Añadir mapa base de Google en Q-gis. 24

6. Plug-in Área quemada para mapeo del perímetro de incendio partir de imágenes de satélite Sentinel II (compatible para versiones 3.16 LTR y 3.20.2). 26

6.1. Instalación del Plug-in Área quemada a partir de ZIP en Q-gis. 26

6.2. Mapeo de área quemada Sentinel II con el Plug-in Área quemada. 27

SECCIÓN 2. DESCARGA A PARTIR DE INCENDIO. 29

7. Descarga de registro de combate de incendio de CONAFOR en ausencia de conglomerado de puntos de calor CPC mediante el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México. 29

7.1. Descarga de incendios combatidos mediante el SPPIF. 29

7.2. Carga de archivos y selección de incendio individual en Q-gis 30

7.3. Zoom a incendio de interés. 31

7.4. Seleccionar incendio a exportar. 31

7.5. Exportar incendio seleccionado. 32

7.6. Crear columnas de FECHA y ID_CPC en Q-gis. 33

7.7. Consultar fechas pre y post del incendio en Q-gis. 33

8. Carga y aplicación de simbología para los índices dNBRc y RBRc en Q-gis utilizando el software Q-gis (compatible para versiones 3.16 LTR y 3.20.2) para imagen descargada a partir de registro de incendio. 34

8.1. Carga de archivos shape del conglomerado y raster de área quemada. 34

8.2. Aplicación de simbología de severidad a los archivos raster. 34

8.3. Añadir mapa base de Google en Q-gis. 36

8.4. Mapeo de área quemada Sentinel II con el Plug-in Área quemada para imagen bajada a partir de buffer de coordenada de incendio. 38

9. Depurado del mapa de área quemada a partir del buffer de incendio. 40

9.1. Convertir shapefile de multiparte a monoparte. 40

9.2. Seleccionar incendio a exportar. 40

9.3. Exportar incendio seleccionado. 41

9.4. Cálculo de hectáreas para polígono del incendio depurado en Q-gis. 41

Anexo 1. 44

Índices de severidad del incendio NBR, dNBR y RBR. 44

Introducción.

El presente manual de usuario muestra los procesos para el mapeo de área quemada y severidad de incendios forestales a partir de imágenes Sentinel.

Las herramientas son de libre acceso, mediante el uso de:

- Google Earth Engine:

  https://code.earthengine.google.com/

- QGIS versión 3.16:

  https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html

- Plug in para QGIS versión 3.16 de Área Quemada:

  Disponible en: http://forestales.ujed.mx/incendios2/

  Hacer clic en AREA QUEMADA-> Plugin de Área Quemada Sentinel para QGis 3.16



Ruta de descarga de Plug in de área quemada.

El manual consta de dos secciones, estructuradas como ejercicios prácticos para:

1) Descarga de imágenes a partir de conglomerado de puntos de calor (secciones 1 a 6).

2) Descarga de imágenes a partir de registro de incendio (secciones 7 a 9).

   En el caso de contar con un perímetro del conglomerado de puntos de calor, se recomienda seguir los pasos descritos en las secciones 1 a 6.

   El segundo ejercicio (secciones 7 a 9) se realizaría para pequeños incendios, que no cuenten con perímetro de conglomerado de puntos de calor, pero de los que se cuente con una coordenada de combate de incendio.

   Para el primer caso (descarga a partir de conglomerado de puntos de calor), las operaciones a realizar serán:

   A) Procesos en el Sistema de Peligro:

   1. Descarga del polígono del conglomerado de puntos de calor (CPC) y puntos de calor (PC) mediante el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México (SPPIF).

   B) Procesos en QGIS:

   2. **Selección del perímetro del conglomerado a descargar.**
   3. Consulta de fechas pre y post del incendio a partir de los puntos de calor.

   C) Procesos en Google Earth Engine:

   1. Cargar el conglomerado en GEE.
   2. Seleccionar fechas a descargar.
   3. Descargar índices RBRc y dNBRc.

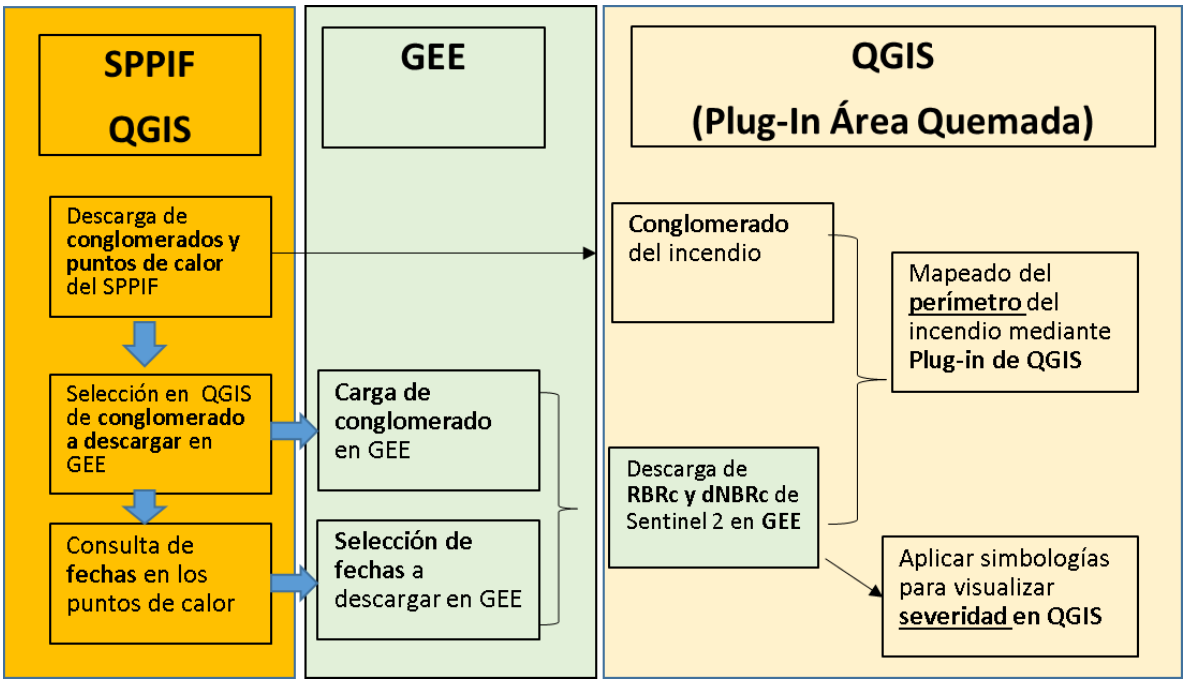
   D) Procesos mediante QGIS:

   1. Cargar RBRc y dNBRc.
   2. Aplicar simbologías de severidad en QGIS.

   E) Procesos mediante Plug In Área Quemada de QGIS 3.16:

      1. Cargar conglomerado en QGIS.
      2. Cargar RBRc en QGIS.
      3. Calcular Área Quemada.

Se resumen los procesos en la figura a continuación:



Proceso de descarga de imágenes Sentinel mediante Google Earth Engine (GEE), a partir de conglomerados y puntos de calor del SPPIF, para la visualización de mapas de severidad y cálculo de área quemada en QGIS.

El proceso será similar para el segundo ejercicio, empleando como polígono un buffer de la coordenada de incendio, o un polígono de campo, modificando los pasos:

A) Procesos en el Sistema de Peligro:

Descarga de coordenada de incendio mediante el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México (SPPIF).

B) Procesos en QGIS:

1. **Selección del perímetro del incendio a descargar.**
2. **Consulta de fechas pre y post del incendio en registro de incendio**
3. **Creación de polígono de buffer a partir de coordenada de incendio.**

Empleando los pasos C) a D) para la descarga, visualización y cálculo de área quemada.

SECCIÓN 1. DESCARGA A PARTIR DE CONGLOMERADO.

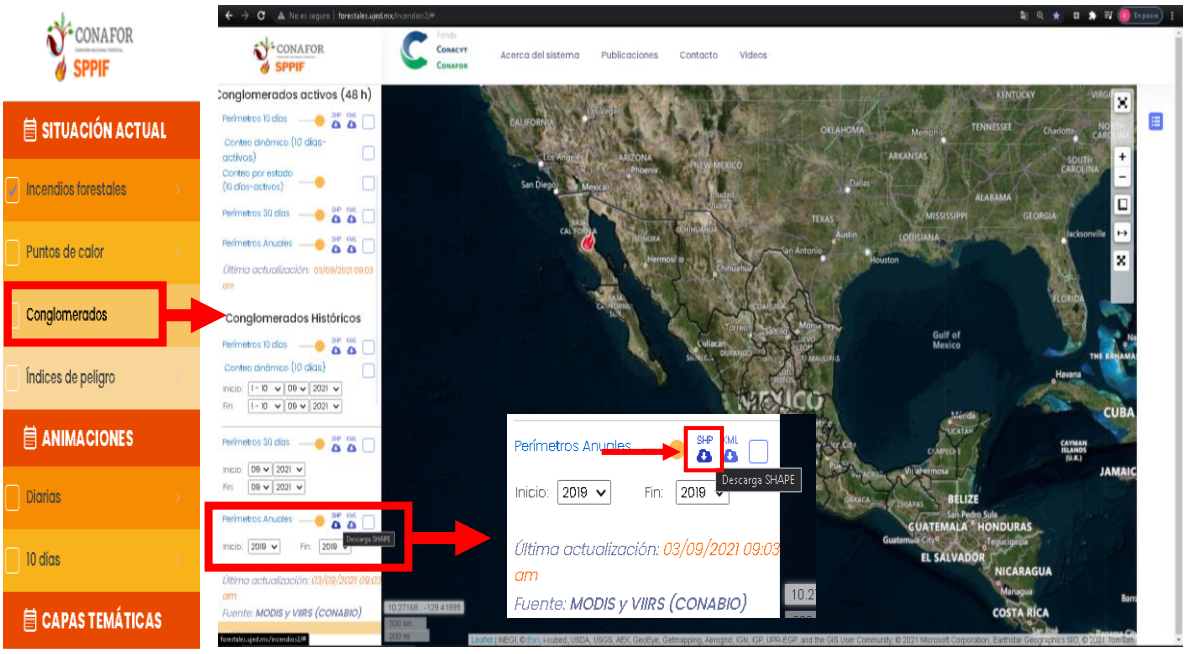
1. Descarga del polígono del conglomerado de puntos de calor (CPC) y puntos de calor (PC) mediante el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México (SPPIF).

1.1. Descarga del conglomerado de puntos de calor mediante el SPPIF.

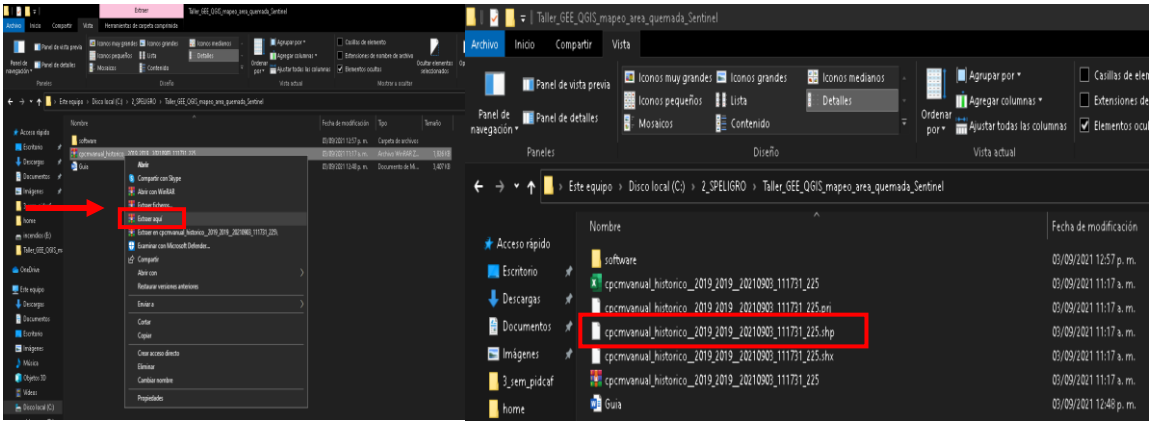
El primer paso es ingresar al Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México dando clic en el siguiente enlace

URL: http://forestales.ujed.mx/incendios2/

En la parte izquierda desplegar la sección de Conglomerados/Conglomerados Históricos/Perímetros Anuales y seleccionar **Inicio: 2019 Fin: 2019**



La descarga se realizará en la carpeta de Descargas. Extraer archivo con **clic derecho** y **Extraer aquí.**



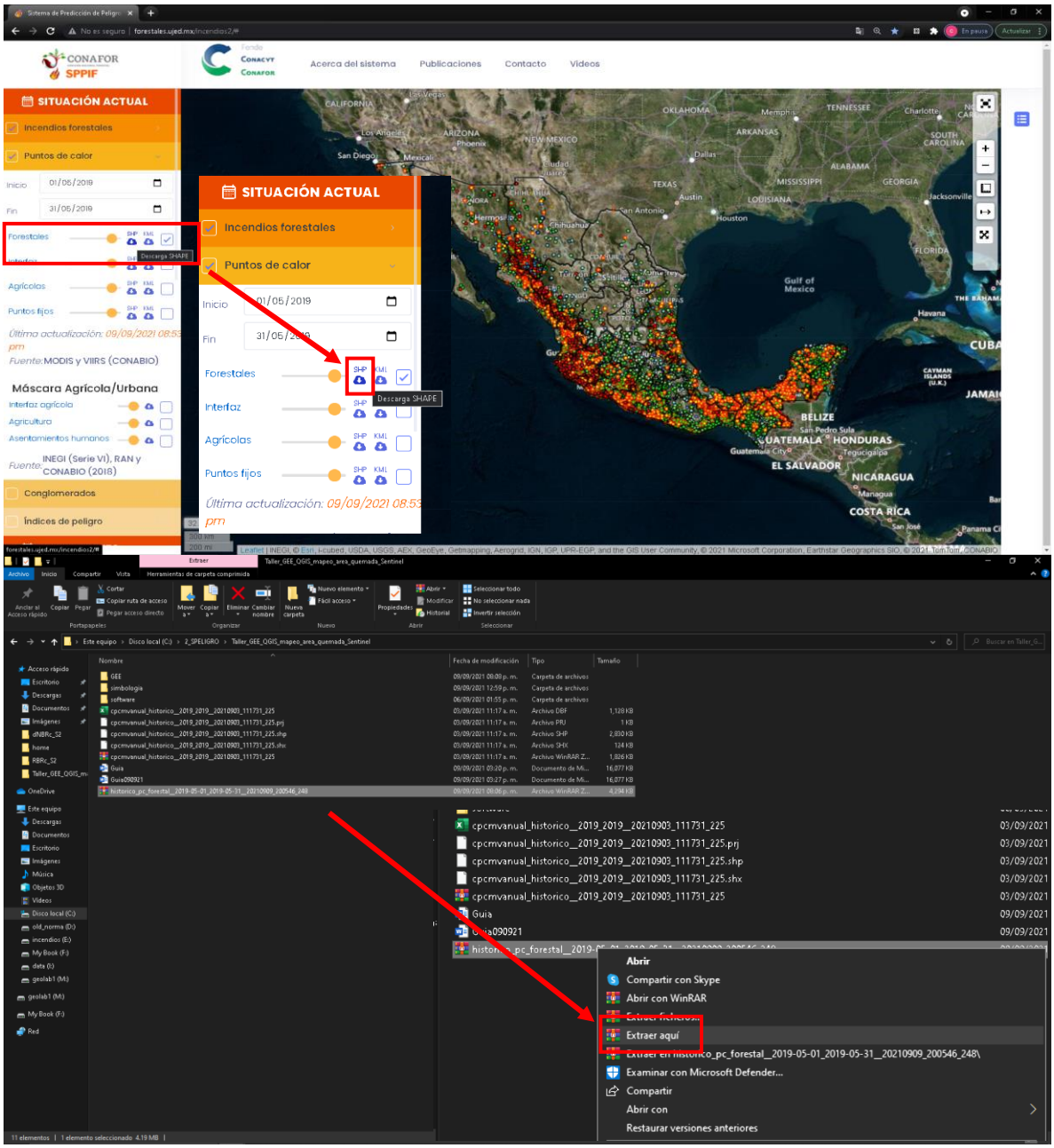
1.2. Descarga de puntos de calor mediante el SPPIF.

En la parte izquierda desplegar con clic la sección de Puntos de calor.

Inicio: **01/05/2019**

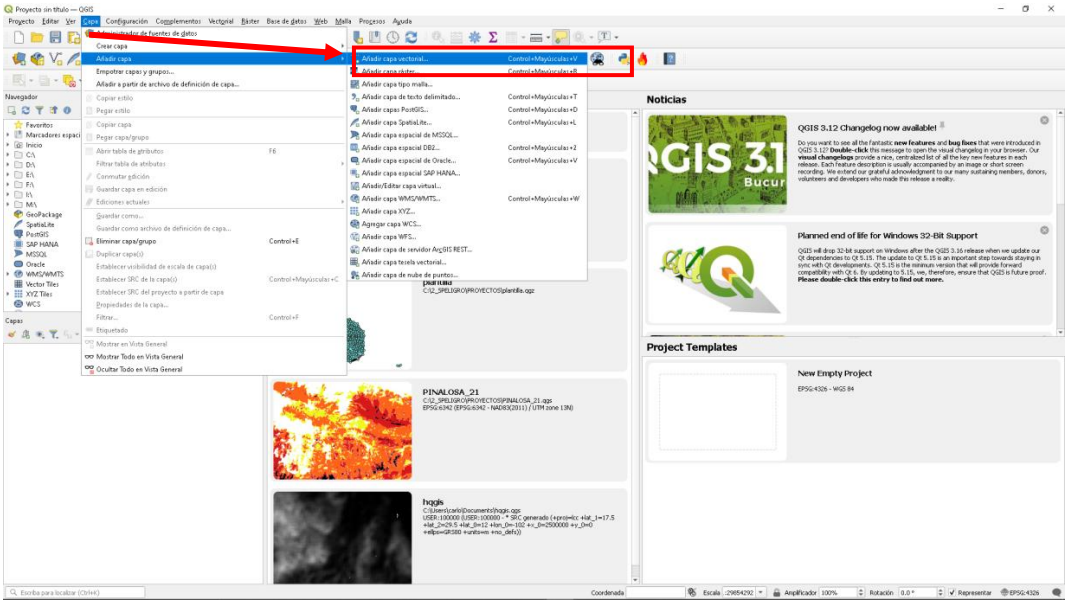
Fin: **31/05/2019**

Dar clic en descarga SHAPE de los puntos de calor Forestales. La descarga se realizará en la carpeta de Descargas. Extraer archivo con clic derecho y Extraer aquí.

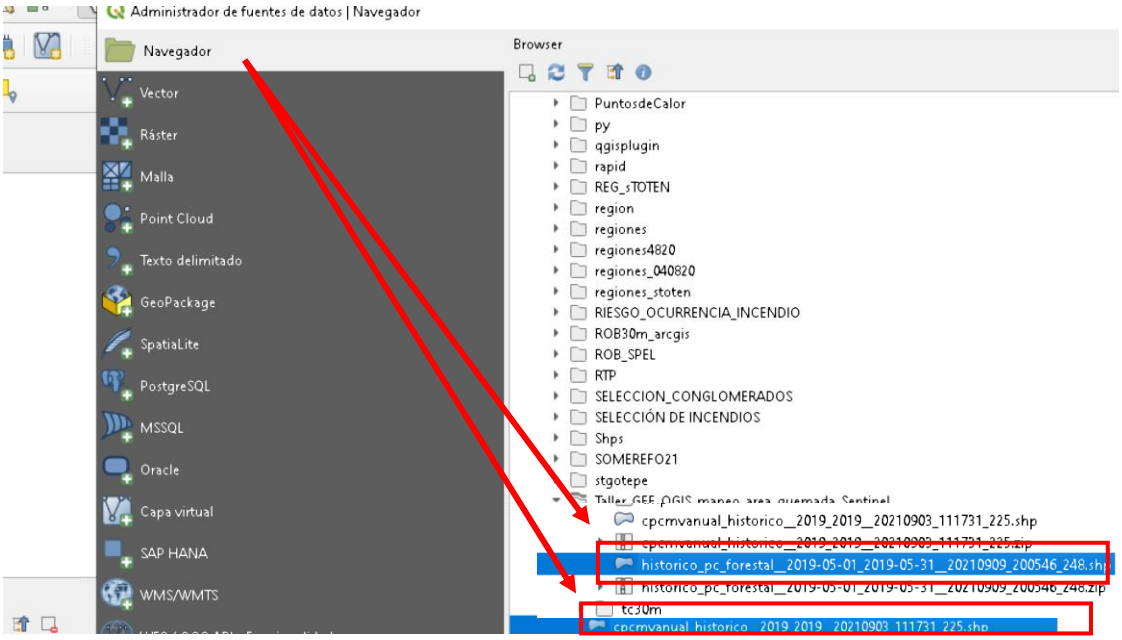


2. Carga de archivos y selección de CPC individual en Q-gis

Abrir software Q-gis y cargar los archivos cpcmvanual_historico__2019_2019__fechadescarga.shp y historico_pc_forestal__2019-05-01_2019-05-31__fechadescarga.shp a Q-gis. En la parte superior dar clic en capa/Añadir capa/Añadir capa vectorial y seleccionar el archivo.

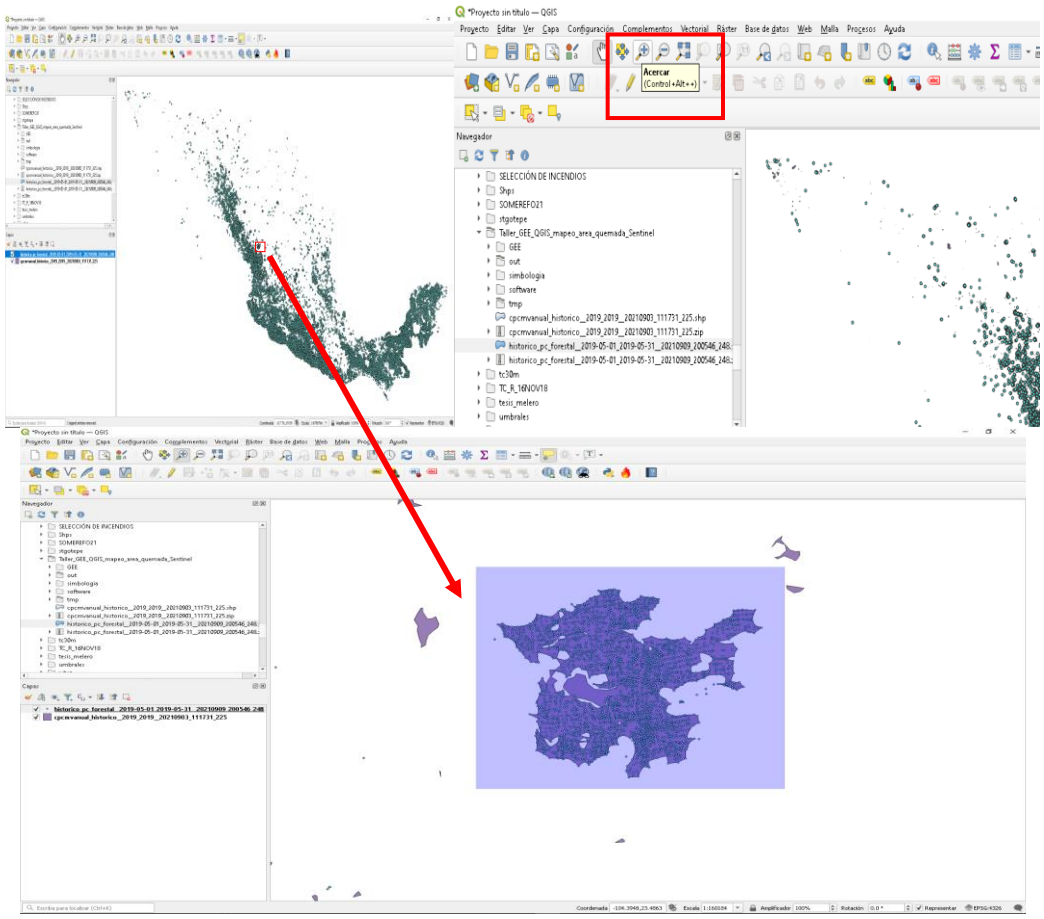


En la ventana Administrador de fuentes de datos dar clic en la parte superior izquierda en Navegador, ubicar el archivo **shape (.shp)** y dar doble clic sobre el archivo para cargarlo a la ventana de capas en Q-gis.



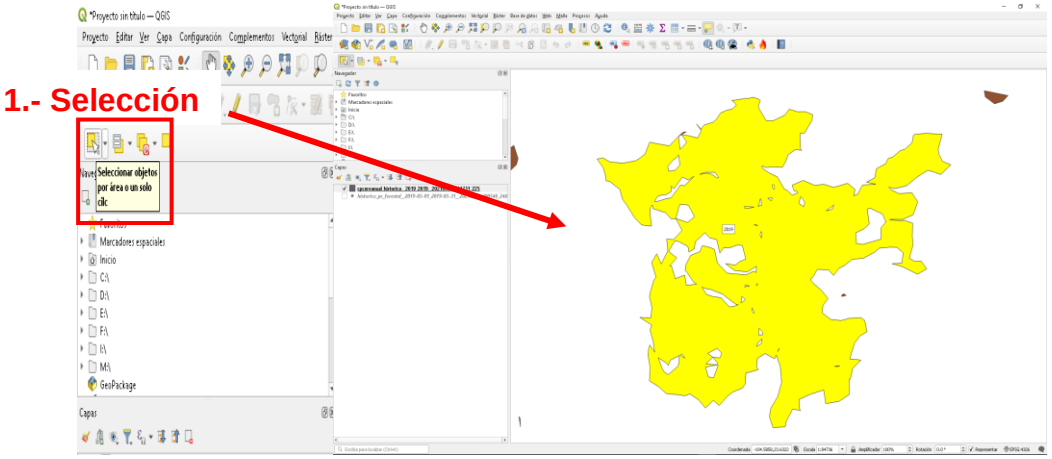
2.2. Zoom a incendio de interés.

En la parte superior dar clic en Acercar y dar acercamiento al incendio de Bayacora en Durango ocurrido en mayo del 2019.



2.3. Seleccionar incendio a exportar.

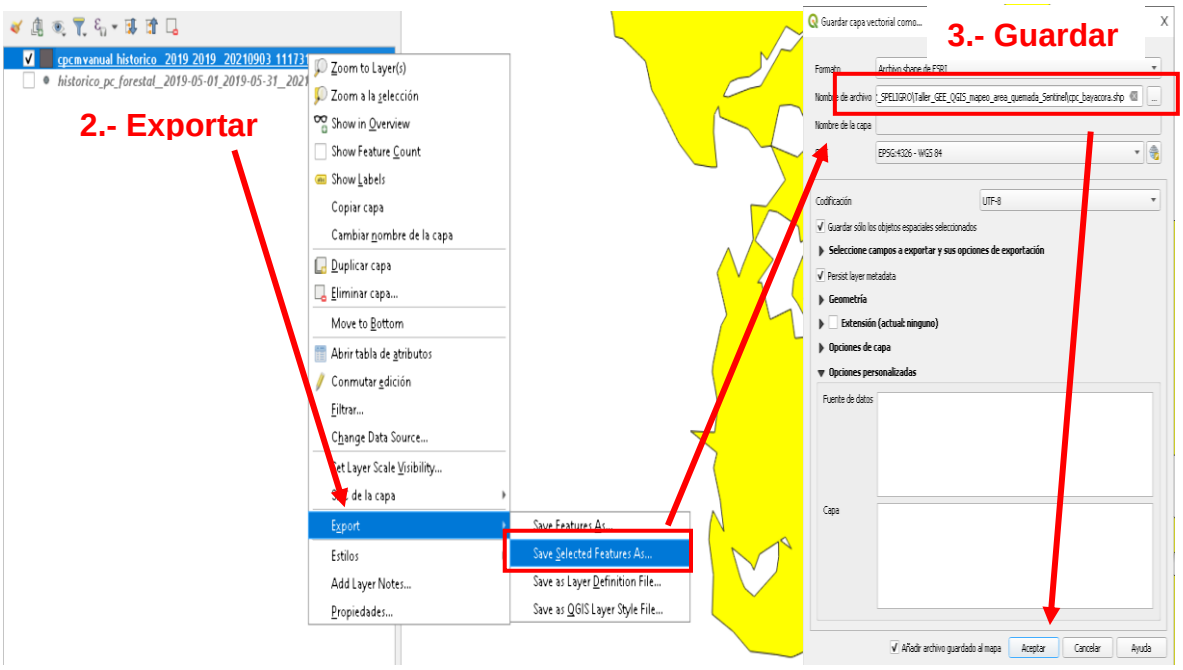
Clic en la herramienta **Seleccionar objetos por área** o un solo clic y seleccionar el polígono de Bayacora. Una vez seleccionado cambiará a color amarillo.



2.4. Exportar incendio seleccionado.

Clic derecho sobre el archivo CPC anual en la ventana de Capas. Exportar archivo seleccionado, Clic en **Export/Save Selected Features** As y seleccionar ruta y guardar el .shp con el nombre **cpc_bayacora** en la carpeta de trabajo actual. Dar clic en aceptar para guardar.

NOTA: **NO emplear caracteres especiales** (por ejemplo, NO usar guiones altos, acentos, ni dejar espacios entre palabras) en los nombres de **CARPETAS** ni de **ARCHIVOS en QGIS**, de lo contrario los procesos pueden dar **ERROR**.



3. Guía para consultar fechas pre y post del incendio a partir de los puntos de calor.

3.1. Seleccionar por localización puntos de calor del conglomerado CPC.

En la parte superior izquierda dar clic en **Seleccionar por localización**.

En la ventana Seleccionar por localización,

seleccionar objetos de

historico_pc_forestal__2019-05-01_2019-05-31__fechadescarga.shp,

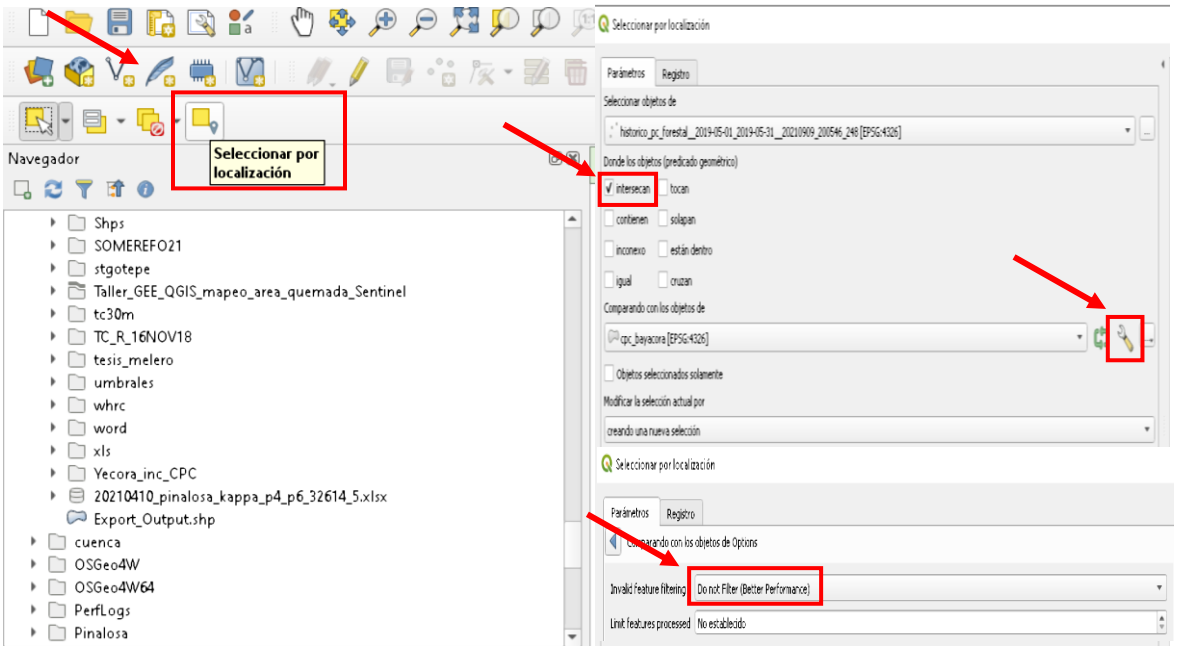
Donde los objetos

intersecan.

comparando con los objetos de

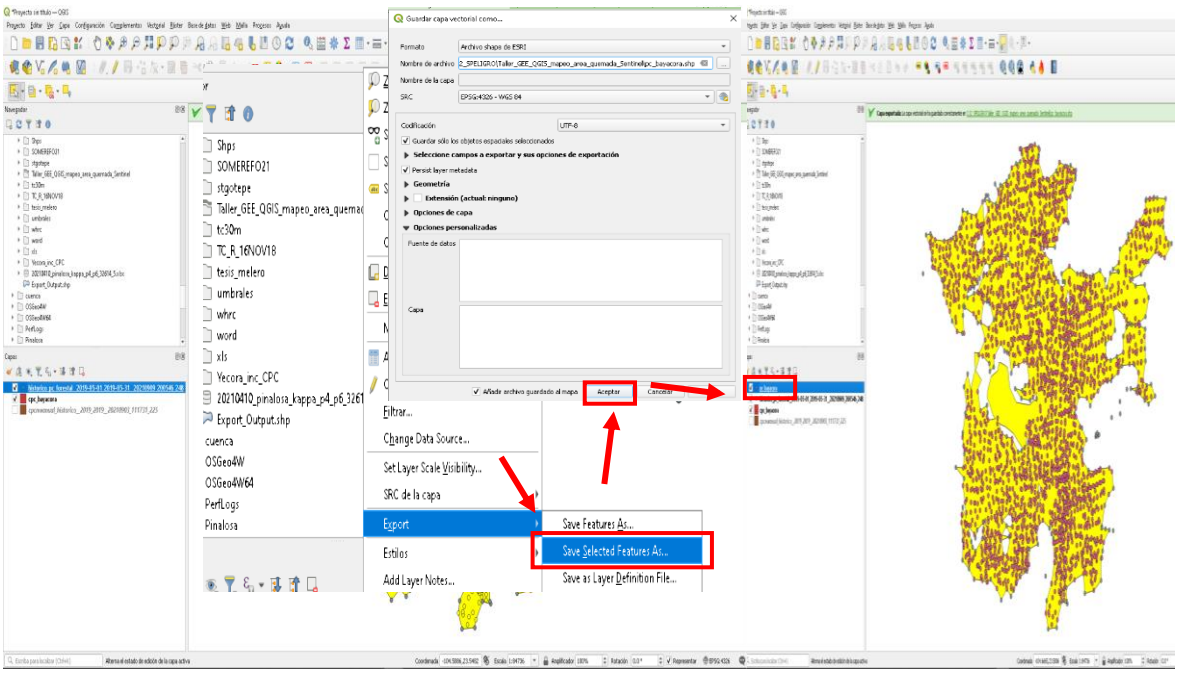
cpc_bayacora.shp.

Dar clic en el icono de herramienta para modificar los Parámetros seleccionando la opción Do not Filter (Better Performance) y clic en aceptar.



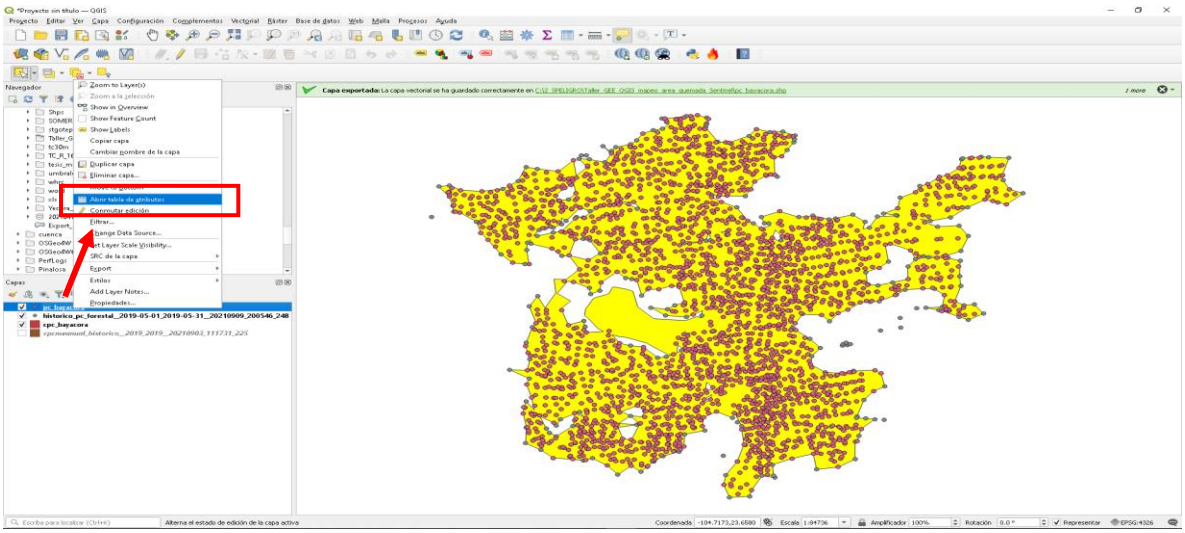
3.2. Exportar puntos de calor seleccionados.

Clic derecho sobre el archivo de puntos de calor en la ventana de Capas. Exportar archivo seleccionado. Clic en **Export/Save Selected Features As** y seleccionar ruta y guardar el .shp con el nombre pc_bayacora en la carpeta de trabajo actual. Dar clic en aceptar para guardar.



3.3. Consultar fechas pre y post de los puntos de calor seleccionados

En la ventana de capas dar clic derecho sobre el archivo de puntos de calor y dar clic en **abrir tabla de atributos.**



Dar clic en la columna FECHA en la parte superior izquierda en el icono de triangulo para cambiar el orden ascendente y descendente de las fechas y poder consultar el primer y último registro de puntos de calor observados dentro del conglomerado.

pc_bayacora — Features Total: 2834, Filtered: 2834, Selected: 0

	IDPUNTOCAL	FECHA	LATLON	ID_PAIS	ID_ESTADO	ID_MUN	NOM_PAIS	NOM_ESTADO	NOM_MUN	VE
1	0	2019-05-01	POINT(-104.608...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
2	0	2019-05-01	POINT(-104.619...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
3	0	2019-05-01	POINT(-104.620...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL

	IDPUNTOCAL	FECHA	LATLON	ID_PAIS	ID_ESTADO	ID_MUN	NOM_PAIS	NOM_ESTADO	NOM_MUN	VE
1	0	2019-05-29	POINT(-104.513...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
2	0	2019-05-27	POINT(-104.544...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
3	0	2019-05-27	POINT(-104.538...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
4	0	2019-05-27	POINT(-104.543...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
5	0	2019-05-27	POINT(-104.547...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
6	0	2019-05-27	POINT(-104.551...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
7	0	2019-05-27	POINT(-104.541...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
8	0	2019-05-27	POINT(-104.548...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
9	0	2019-05-27	POINT(-104.547...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
10	0	2019-05-26	POINT(-104.544...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
11	0	2019-05-25	POINT(-104.674...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
12	0	2019-05-25	POINT(-104.672...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
13	0	2019-05-25	POINT(-104.638...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
14	0	2019-05-25	POINT(-104.645...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL
15	0	2019-05-25	POINT(-104.646...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NUL

La consulta de las fechas pre y post resultantes de la consulta a los puntos de calor mediante selección por conglomerado fueron:

Inicio: 01/05/2019

Fin: 29/05/2019

Las fechas que los puntos de calor indican se emplearán para definir el periodo de estudio de la descarga de imágenes Sentinel II en la plataforma Google Earth Engine (GEE).

NOTA: Se recomienda iniciar la búsqueda de imágenes un día antes a la fecha de inicio y un día después a la fecha final, resultando en las siguientes fechas:

Inicio: 30/04/2019

Fin: 30/05/2019

---

4. Guía para cargar archivos shape y descarga de imágenes Sentinel II en Google Earth Engine (GEE).

NOTA: Es importante **DESACTIVAR el TRADUCTOR DE GOOGLE** de páginas web. Las funciones y objetos del código deberán de estar en idioma **INGLÉS.**

Es importante que el usuario tenga una cuenta abierta en la plataforma Google Earth Engine (GEE), para registrarse puede dar clic en el siguiente enlace utilizando su correo electrónico en Gmail.

URL: https://code.earthengine.google.com/

Dentro de la plataforma dar clic en el siguiente enlace para abrir el código para mapeo de área quemada a partir de imágenes Sentinel II en México.

URL:
https://code.earthengine.google.com/31978c1745953c424e92ff6ddb93272c?noload=true

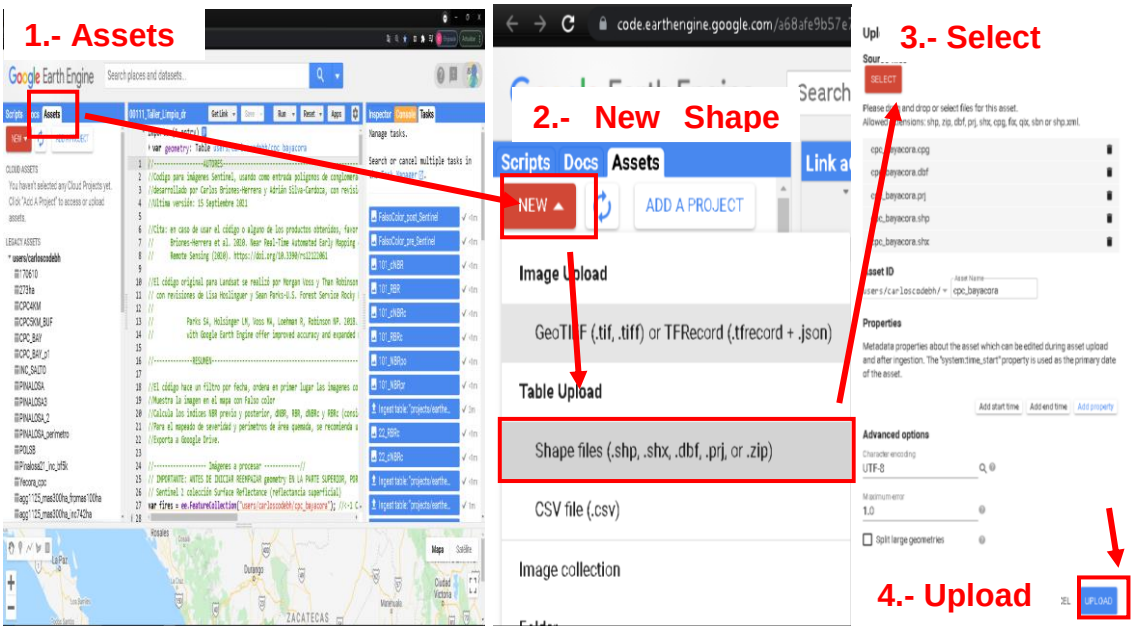
---

CITACIÓN: En caso de usar el código o alguno de los productos obtenidos del mismo, favor de citar como fuente el presente manual y el estudio de Briones-Herrera et al. (2020), para la adaptación a Sentinel del código de Parks et al. (2018), usando como entrada polígonos de conglomerados de puntos de calor MODIS y VIIRS (Briones-Herrera et al., 2020).

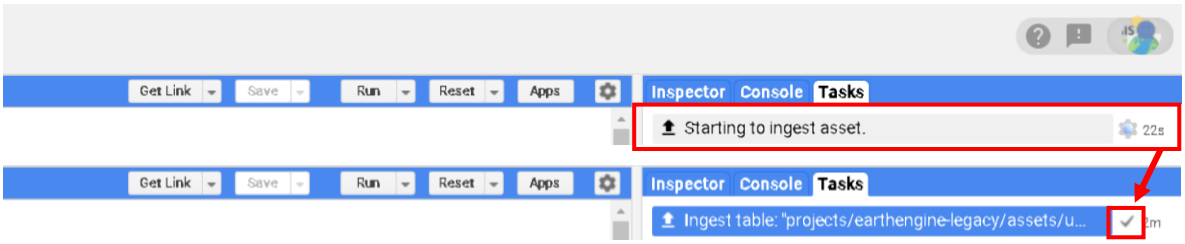
CITA. Briones-Herrera, C.I.; Vega-Nieva, D.J.; Monjarás-Vega, N.A.; Briseño-Reyes, J.; López-Serrano, P.M.; Corral-Rivas, J.J.; Alvarado-Celestino, E.; Arellano Pérez, S.; Álvarez-González, J.G.; Ruiz González, A.D.; Jolly ,W.M.; Parks, S.A. 2020. Near Real-Time automated early mapping of the perimeter of large forest fires from the aggregation of VIIRS and MODIS active fires in Mexico. Remote Sensing, 12(12): 2061. https://doi.org/10.3390/rs12122061

4.1. Carga de polígono de conglomerado en GEE

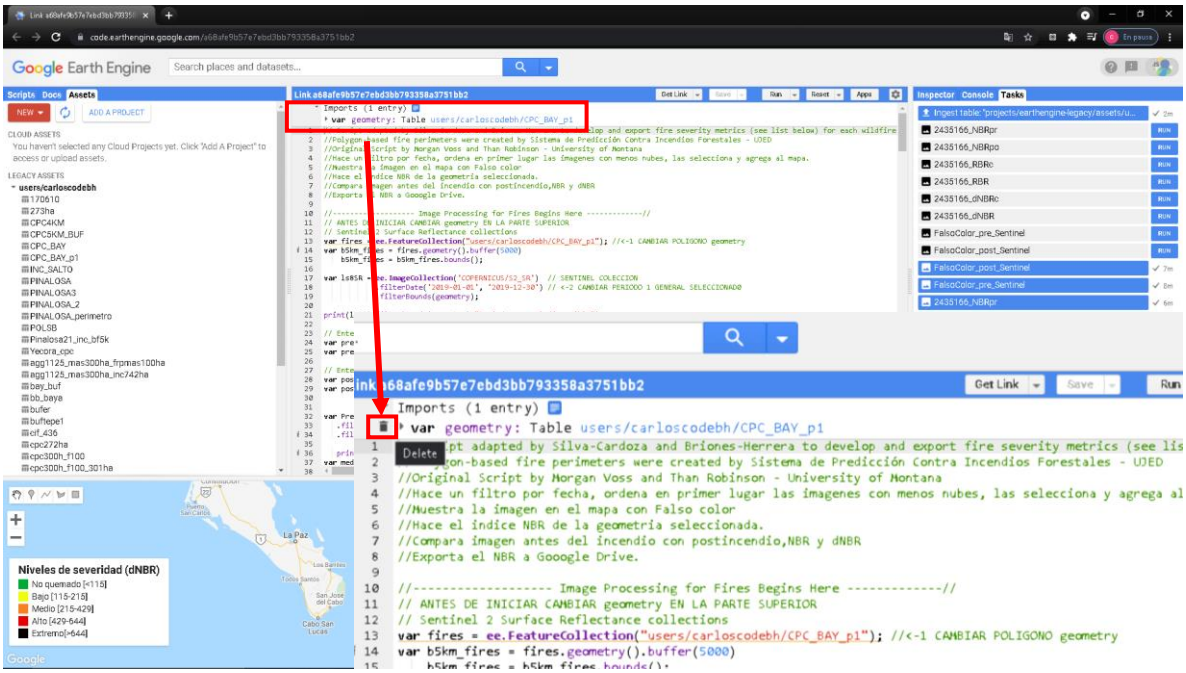
En la parte superior izquierda dar clic en **Assets/ NEW/ Shape Files** (.shp). Seleccionar el archivo **cpc_bayacora** con sus extensiones (cpg, dbf, prj, .shp y .shx) es importante **excluir el archivo .qmd** que Q-gis genera automáticamente. Dar clic en **UPLOAD** para iniciar la subida del archivo.



Para consultar la subida del archivo en la parte superior derecha dar clic en **Tasks,** observando el progreso de carga del archivo. Cuando este totalmente cargado el poligono aparecera como subida completada (en color azul).

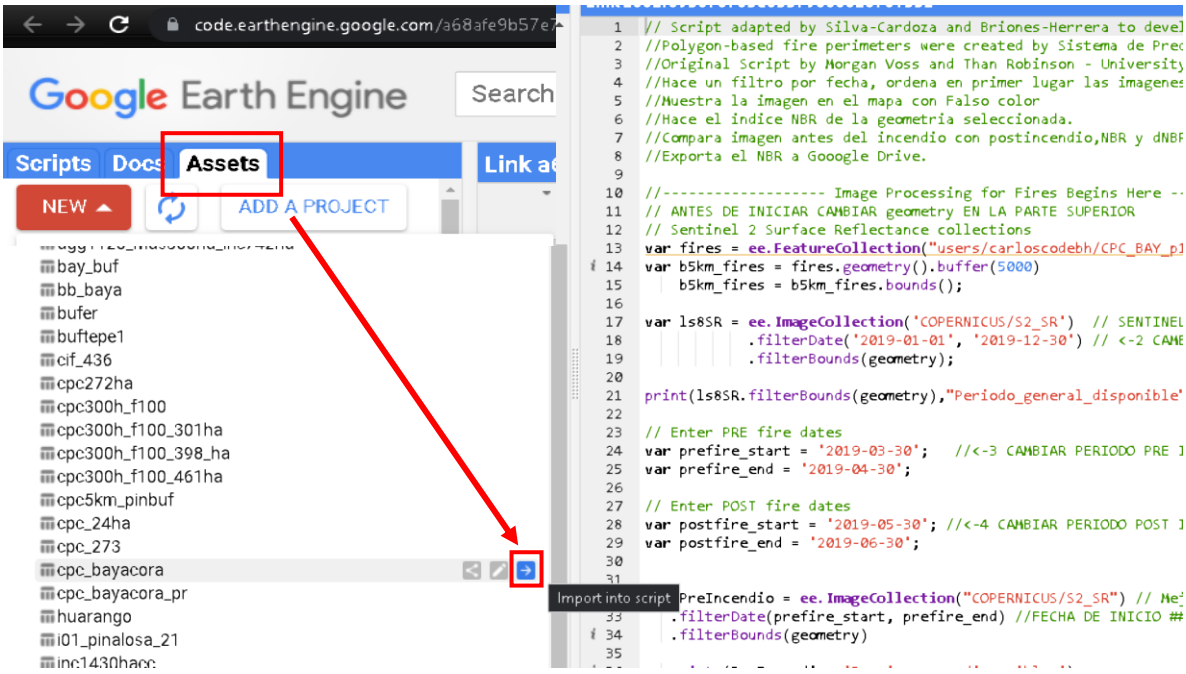


La importación del archivo **cpc_bayacora** al código GEE se realiza dando clic en la parte superior. Primero se elimina el polígono antes procesado mediante un clic en **Delete.**



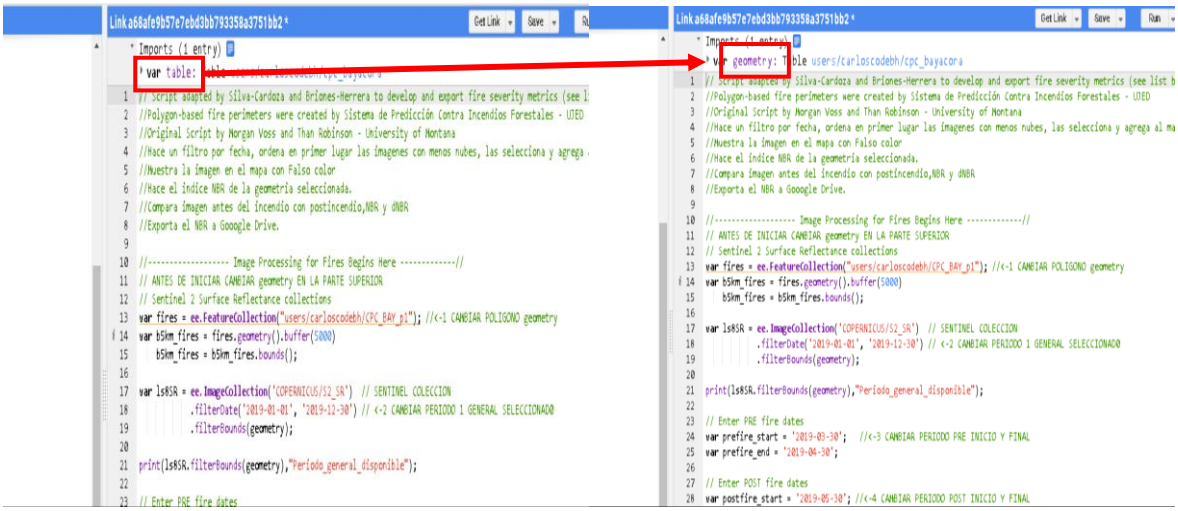
4.2. Importar polígono de conglomerado al código.

En la sección de **Assets,** identificar el polígono **cpc_bayacora** y dejar el cursor sobre el archivo enlistado. Se habilitará **Import into script,** dar clic para agregar el polígono al código. Una vez cargado aparecerá en la parte superior.



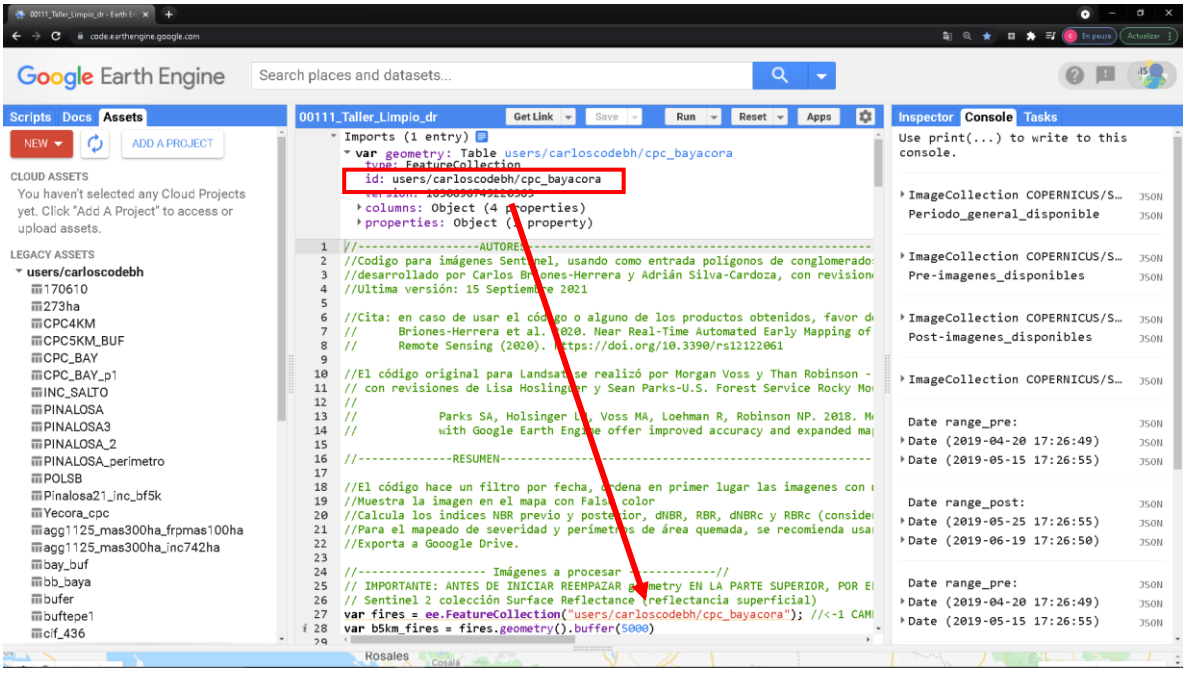
4.3. Reemplazar la variable “table” por el nombre “geometry”.

En la parte superior (**var)** remplazar el nombre **table** por el nombre **geometry** para remplazar el nombre del objeto a procesar.



4.4. Copiar y reemplazar la ruta del nuevo objeto geometry.

Desplegar las propiedades del objeto **geometry** dando clic en la pestaña de la izquierda. Copiar la ruta **id:** dando tres clics seguidos y pegar en la **línea 27** del código para **remplazar la ruta del objeto geometry**, con lo que queda actualizada al nuevo polígono cargado.



4.5. Definir fechas de periodo general.

La **línea 32** define el periodo general de estudio, se recomienda abrir una **ventana de un año** para aligerar la memoria del computador. Ingresar las fechas deseadas.

Inicio: '2019-01-01' Fin: '2019-12-30'

```
31  var ls8SR = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')  // SENTINEL 2 COLECCIÓN
32              .filterDate('2019-01-01', '2019-12-30') // <-2 CAMBIAR PERIODO 1 GENER
33              .filterBounds(geometry);
```

4.6. Definir fechas previa y posterior al incendio.

Remplazar las fechas de las **líneas 38 y 39** que definen la fecha de inicio y final del periodo de selección de imágenes Sentinel II para el momento **pre** al incendio.

Introducimos como fechas previas, un **mes antes de la fecha de inicio** del incendio ('2019-04-30'):

Inicio: '2019-03-30'
Fin: '2019-04-30'

```
37  // Ingrese fechas PRE del incendio
38  var prefire_start = '2019-03-30';   //<-3 CAMBIAR PERIODO PRE INICIO Y FINAL
39  var prefire_end = '2019-04-30';
```

Remplazar las fechas de las **líneas 42 y 43** que definen la fecha de inicio y final del periodo de selección de imágenes Sentinel II para el momento **post** al incendio

Introducimos como fechas previas, un **mes después de la fecha de fin** del incendio ('2019-05-30'):

Inicio: '2019-05-30'
Fin: '2019-06-30'

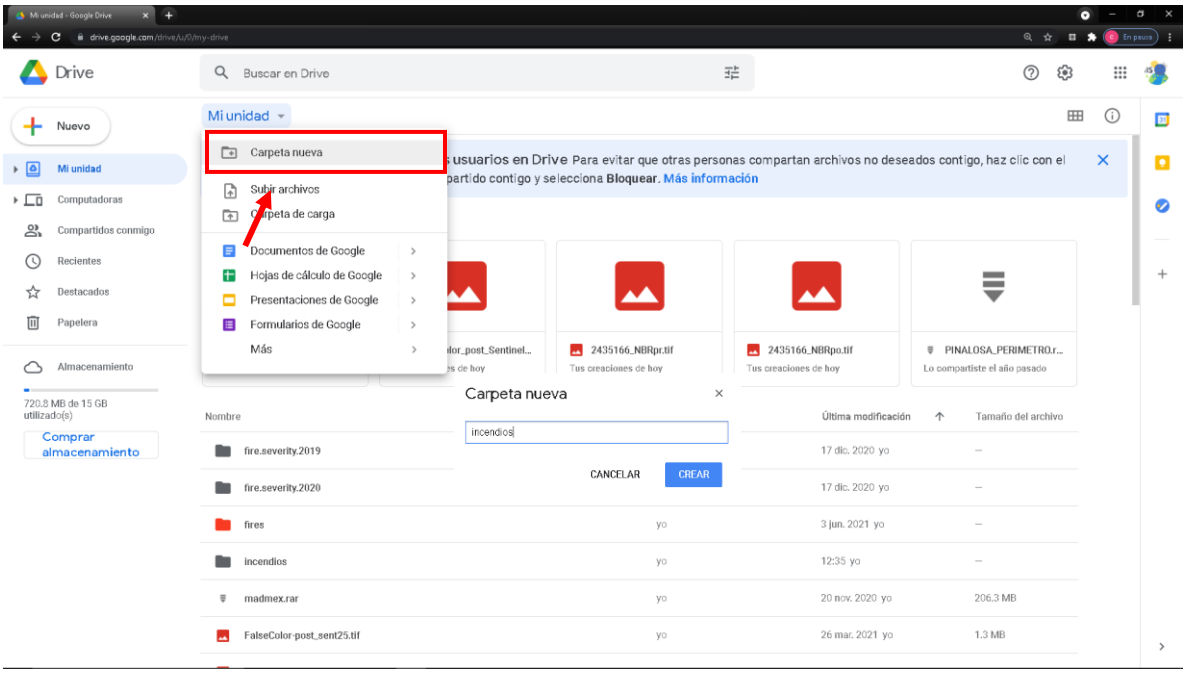
```
41  // Ingrese fechas POST del incendio
42  var postfire_start = '2019-05-30'; //<-4 CAMBIAR PERIODO POST INICIO Y FINAL
43  var postfire_end = '2019-06-30';
```

Para evaluación de efectos de primer orden, se recomienda utilizar imágenes lo más inmediatamente próximas al fin del incendio, que captan el daño inmediato después del incendio. Se recomienda una búsqueda de fecha **de un mes antes y un mes después**. En caso de haber nubes en el periodo de un mes, se puede realizar una consulta de un periodo de 2 o hasta 3 meses. Una búsqueda de más de 3 meses mostrará la recuperación del ecosistema, pero posiblemente no sea lo idóneo para captar el daño inmediato de los efectos de primer orden del incendio.

En caso de haber sólamente algunos “huecos” con nubes en la imagen, se podría descargar una imagen de 1 mes con algunos datos vacíos por nubes, y “rellenar” esos huecos con una imagen de 2 o 3 meses, mediante las herramientas de mosaico de Q-gis (“Caja de procesos-GDAL-miscelanea raster-combinar”) o de Arcgis (“Mosaic to New Raster).

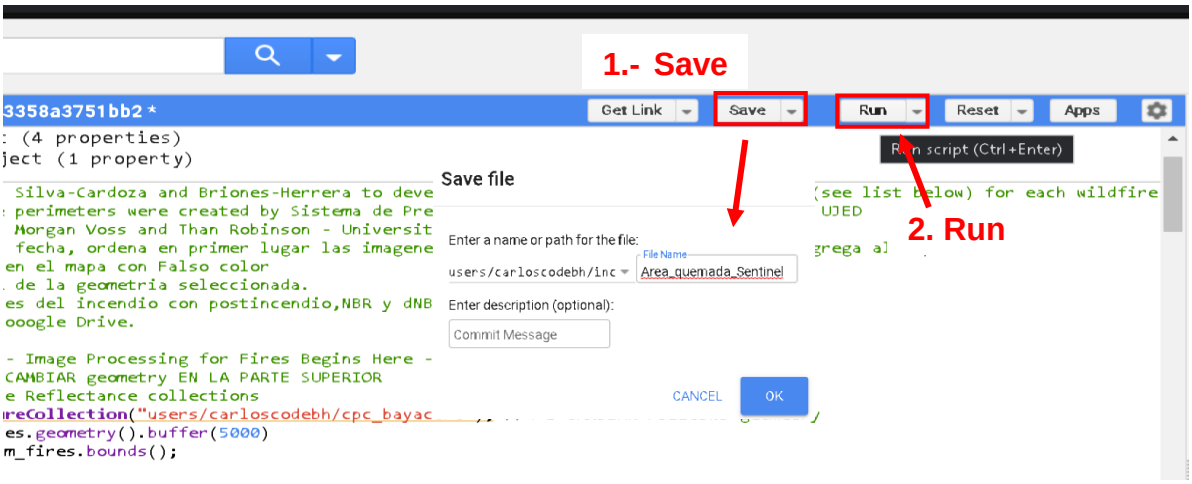
4.7. Crear carpeta “incendios” en Google drive.

Es importante que el usuario haga en su cuenta de DRIVE una carpeta con el nombre de **incendios**



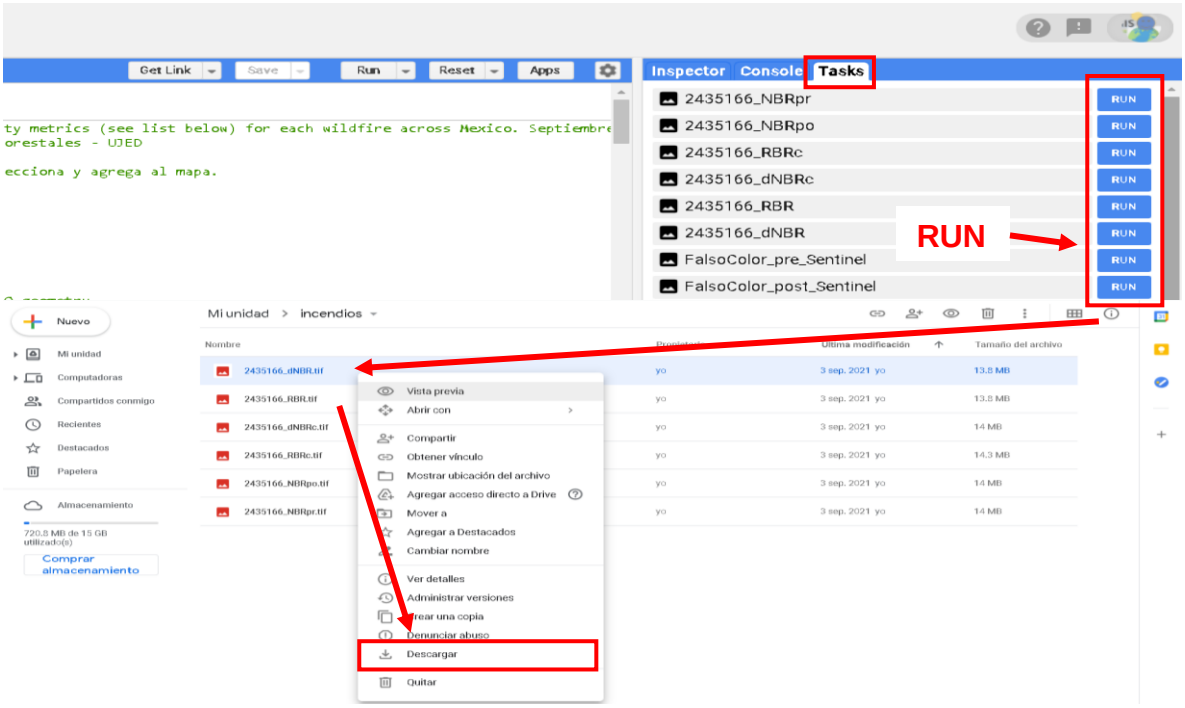
4.8. Correr el código.

En la parte superior central dar clic en **Save** y asignar nombre al código área_quemada_Sentinel y después clic en **RUN** para iniciar procesamiento de imágenes.



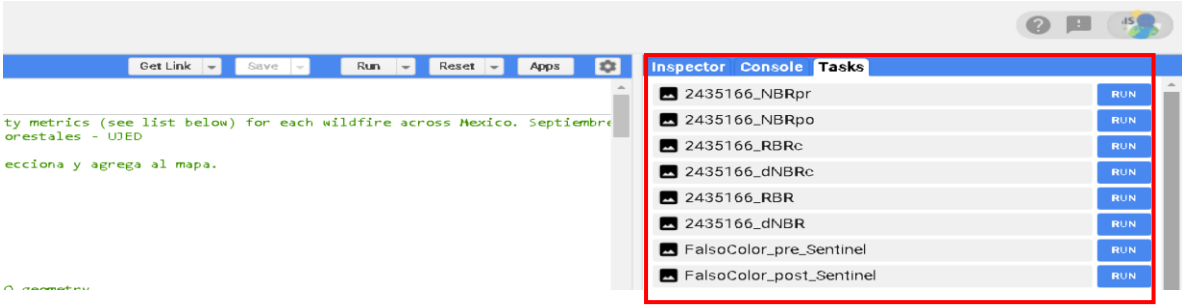
4.9. Descarga de archivos.

En la parte superior derecha seleccionar **Tasks** para ver los archivos generados. El archivo de salida estará en formato raster y podrá ser descargado dando clic en RUN, este se podrá descargar desde la carpeta incendios que se creó en Google Drive. En la carpeta incendios ubicar el archivo y dar clic derecho para seleccionar la opción **descargar.** La descarga se realizará en la carpeta de descargas o en la que el usuario en su defecto tenga configurada en su ordenador local.



Los que se generan son los índices **NBRpr** y **NBRpo** que representa el estado de la vegetación antes y después del incendio, respectivamente (anexo 1). Los índices **dNBR** y **RBR,** así como los índices **dNBRc** y **RBRc** representan la severidad del incendio sin y con corrección fenológica, respectivamente (anexo 1). Las fórmulas de estos índices pueden ser consultadas en **Anexo 1**. Las imágenes **Falso Color pre y post** del incendio son las imágenes Sentinel II visualizadas directamente en la interfaz de GEE.

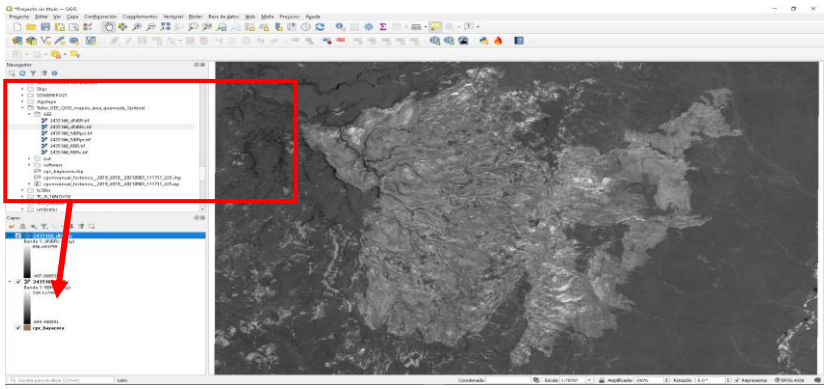
Para el mapeo de severidad y perímetros de área quemada, se recomienda la descarga de los índices de severidad **con corrección fenológica** (**dNBRc** y **RBRc**).



5. Carga y aplicación de simbología para los índices dNBRc y RBRc en Q-gis utilizando el software Q-gis (compatible para versiones 3.16 LTR y 3.20.2).

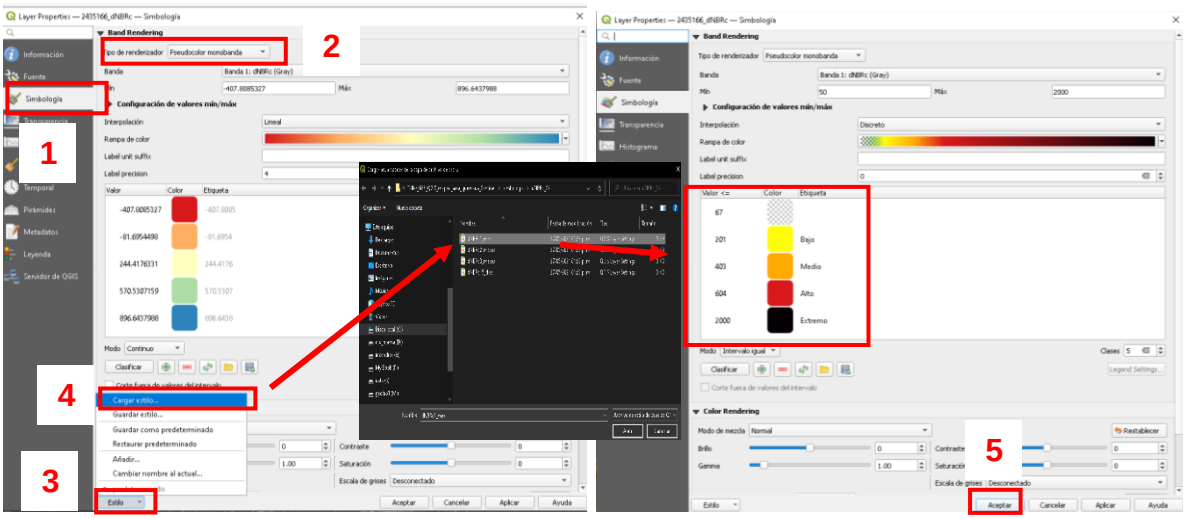
5.1. Carga de archivos shape del conglomerado y raster de área quemada

Abrir Q-gis, para cargar los archivos en la ventana de navegador ubicada en la parte superior izquierda ubicar los archivos y con un clic seleccionar y arrastrar a la ventana de capas**.** Cargar el archivo shape **cpc_bayacora** seguido de los archivos raster **2435166_dNBRc** y **2435166_RBRc,** que contienen los índices dNBRc, y RBRc del incendio de Bayacora, descargados de GEE según el proceso descrito en la sección anterior.

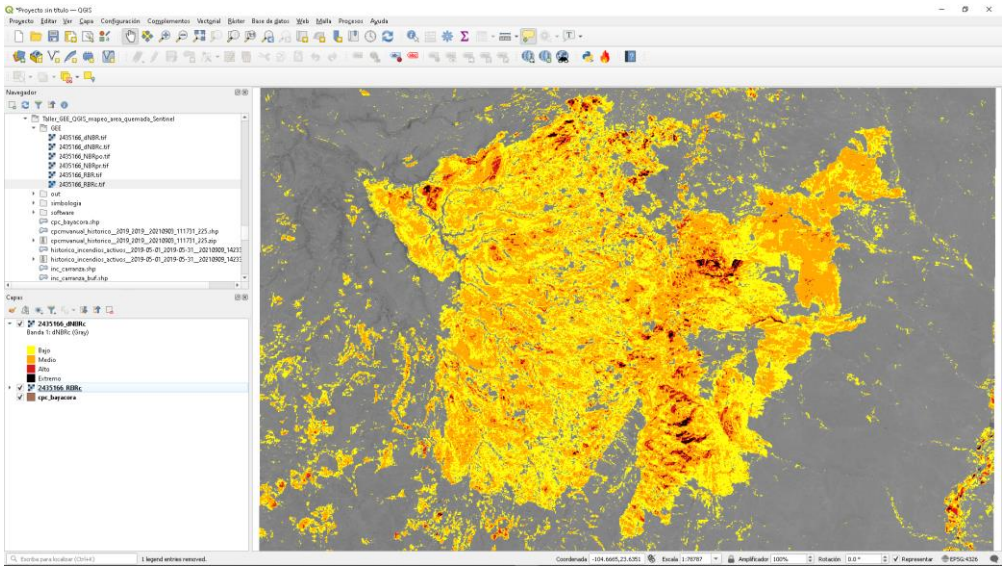


5.2. Aplicación de simbología de severidad a los archivos raster.

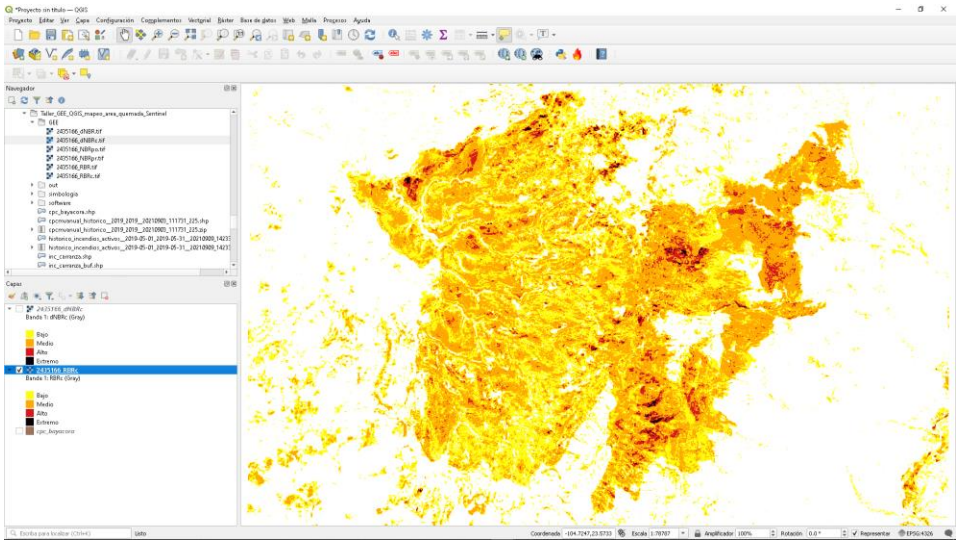
Doble clic sobre el archivo dentro de la ventana **Capas**. En la ventana de **Layer Properties** clic en simbología y seleccionar en la parte superior tipo de renderizador **Pseudocolor monobanda.** En la parte inferior dar clic en **Estilo** y seleccionar la parte **Cargar estilo dNBRc1_mes,** ubicada en la ruta **simbología/dNBRc_S2 dNBRc1_mes** de los archivos disponibles en la sección ÁREA QUEMADA del SPPIF (http://forestales.ujed.mx/incendios2/). La rampa de color de la capa dNBRc cambiará a colores de amarillo que representa un daño bajo, naranja daño medio, rojo daño alto y negro daño extremo (Silva-Cardoza, 2021), dar clic en aceptar.



El resultado será un archivo raster dNBRc con la simbología de severidad de incendio.

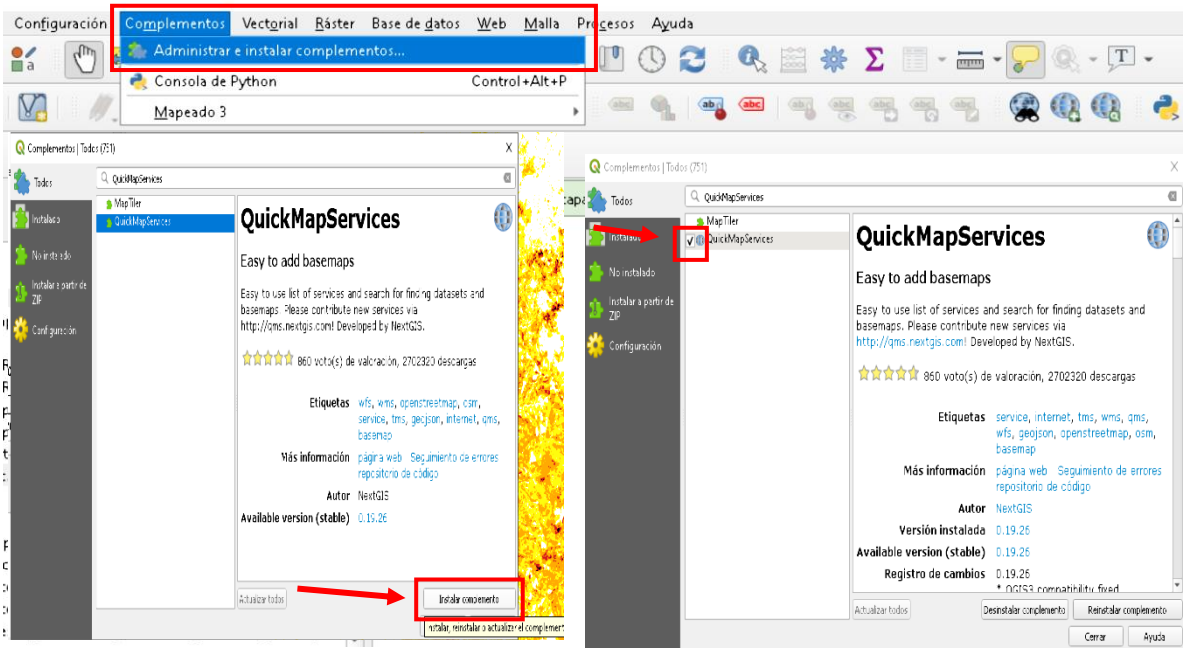


Para aplicar la simbología al archivo raster **2435166_RBRc repetir el procedimiento anterior.** Dar doble clic sobre el archivo dentro de la ventana **Capas**. En la ventana de **Layer Properties** clic en simbología y seleccionar en la parte superior tipo de renderizador **Pseudocolor monobanda.** En la parte inferior dar clic en **Estilo** y seleccionar la parte **Cargar estilo RBRc1_mes** ubicado en la ruta **simbología/dNBRc_S2/dNBRc_1mes** de los archivos disponibles en la sección ÁREA QUEMADA del SPPIF (http://forestales.ujed.mx/incendios2/). La rampa de color de la capa RBRc cambiará a colores de amarillo que representa un daño bajo, naranja daño medio, rojo daño alto y negro daño extremo (Silva-Cardoza, 2021), dar clic en aceptar. Para visualizar únicamente el archivo **2435166_RBRc** con la simbología aplicada Dar clic para apagar las capas de dNBR y cpc_bayacora en la ventana de capas.

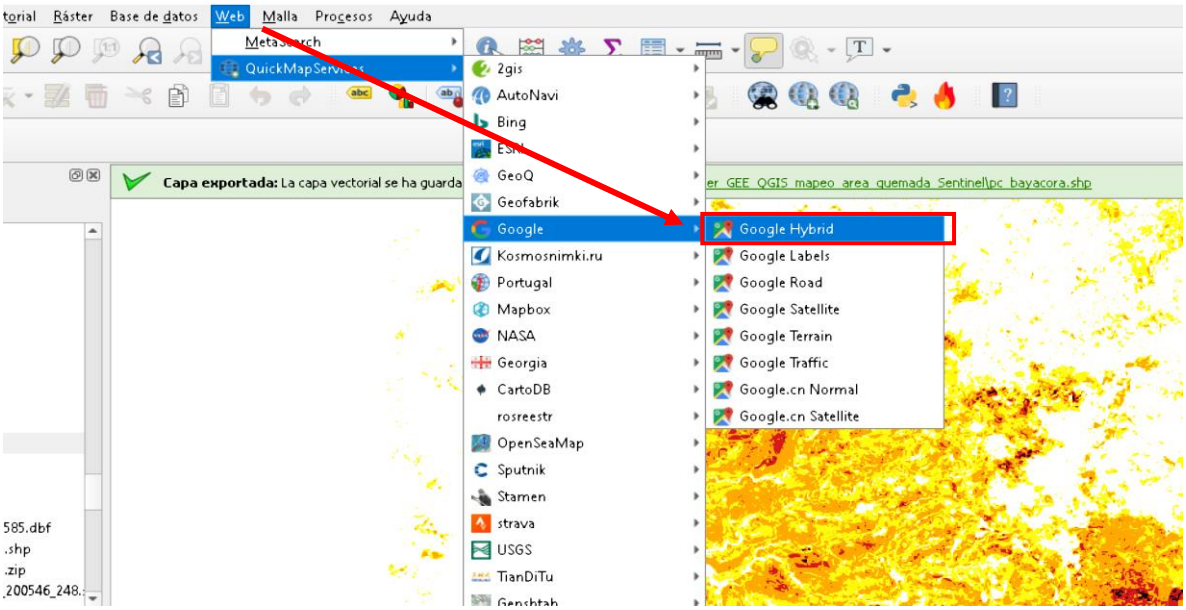


5.3. Añadir mapa base de Google en Q-gis.

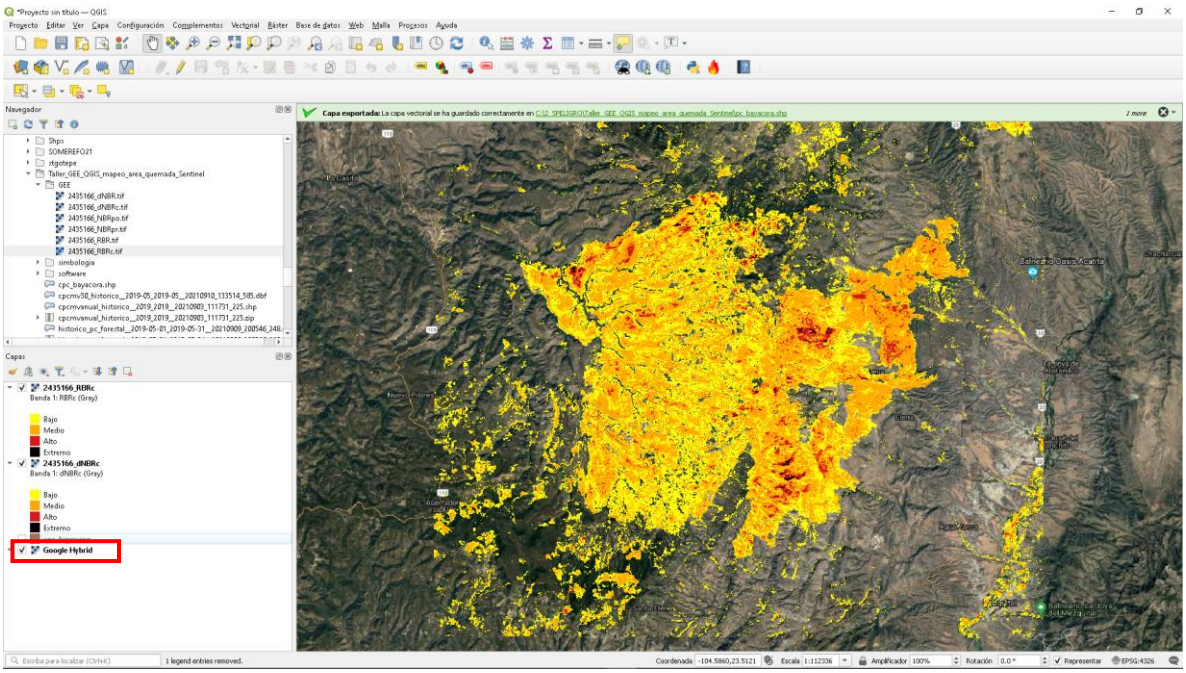
En la parte superior dar clic en **Administrar e instalar complementos**. Dar clic en Todo y escribir en la parte superior en la barra de búsqueda **QuickMapServices**, dar clic en instalar complemento. Deberá quedar activado el complemento.



En la parte superior dar clic en **Web** y seleccionar **QuickMapServices,** se recomienda desplegar Google y el mapa Google Hybrid.



El mapa base aparecerá por debajo de las demás capas.



NOTA: El ejercicio se muestra para el caso de realizar la descarga de imágenes de dNBRc y RBRc con la ventana de búsqueda en GEE **de 1 mes**. En caso de realizar una consulta de 2 o 3 meses, por existir nubes en el primer mes, se recomienda emplear las simbologías correspondientes (con el nombre terminado en "_2meses" o "_3meses"), disponibles en la carpeta **SIMBOLOGÍA-> dNBRc** o **RBRc**, respectivamente, de los **Archivos raster para ejercicios de Área Quemada** disponibles en la sección **ÁREA QUEMADA** del SPPIF (http://forestales.ujed.mx/incendios2/).

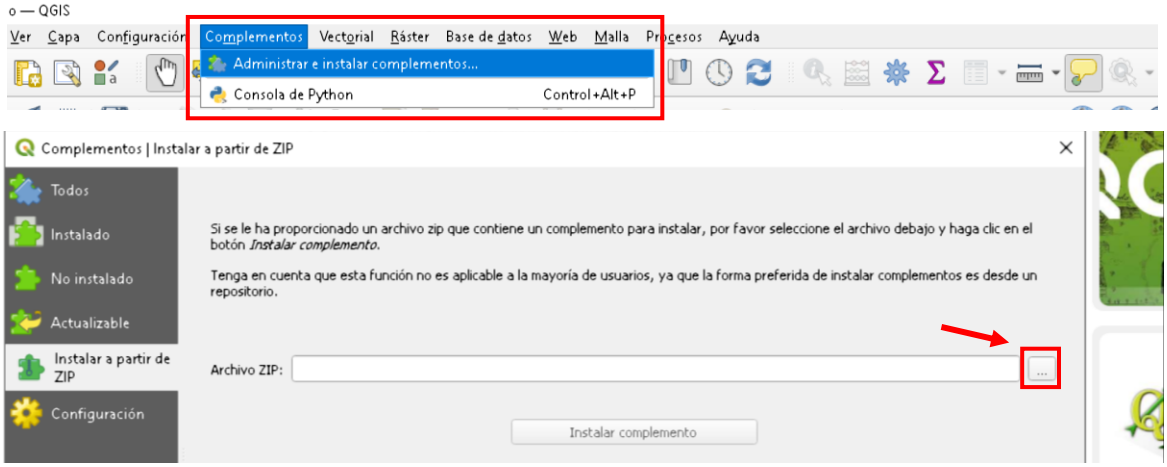
Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
dNBRc1_mes	18/09/2021 07:23 p. m.	ArcGIS Layer	15 KB
dNBRc1_mes	09/09/2021 02:39 p. m.	QGIS Layer Settings	5 KB
dNBRc2_meses	18/09/2021 07:23 p. m.	ArcGIS Layer	15 KB
dNBRc2_meses	18/09/2021 07:03 p. m.	QGIS Layer Settings	5 KB
dNBRc3_meses	18/09/2021 07:24 p. m.	ArcGIS Layer	15 KB
dNBRc3_meses	18/09/2021 07:04 p. m.	QGIS Layer Settings	5 KB
dNBRc15_dias	18/09/2021 07:22 p. m.	ArcGIS Layer	15 KB
dNBRc15_dias	18/09/2021 07:06 p. m.	QGIS Layer Settings	5 KB

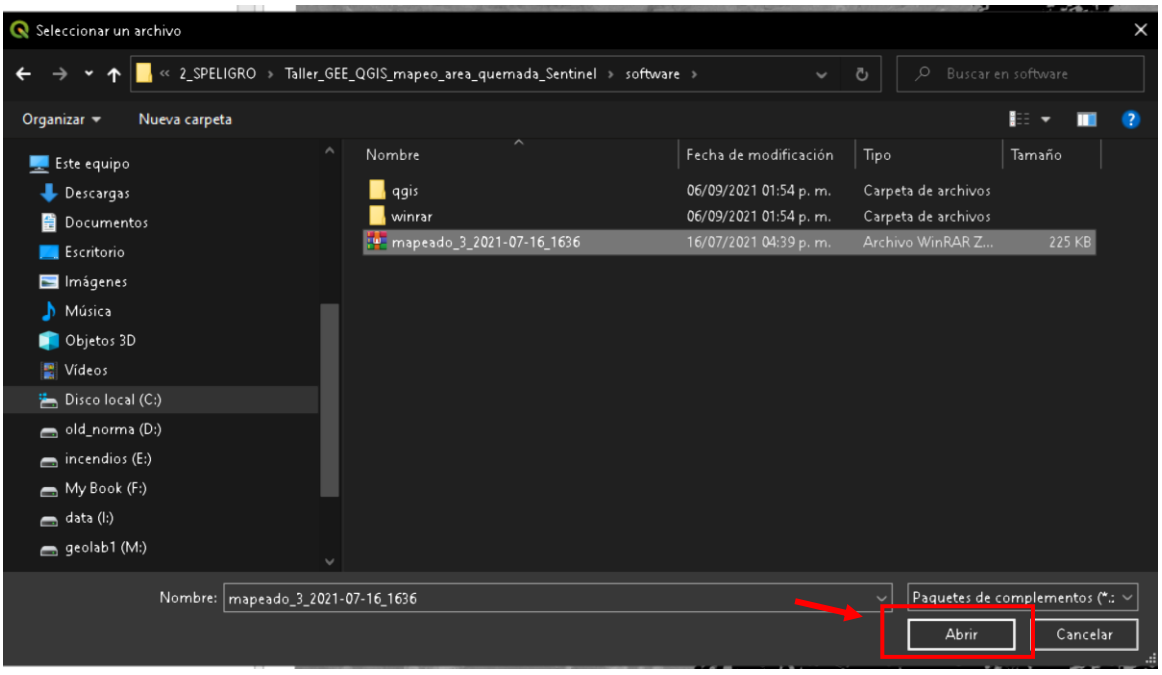
Estas simbologías reflejan unos umbrales algo más reducidos que los de 1 mes que se han observado al atenuarse el cambio en el índice NBR en 2 y 3 meses, respectivamente (Silva-Cardoza, 2021), posiblemente causados por el inicio de la recuperación de la vegetación. Recordar que existe la opción de "rellenar" los huecos por nubes de la imagen de 1 mes con los compuestos de 2 o 3 meses, mediante las herramientas de mosaico de Q-gis ("Caja de procesos-GDAL-miscelanea raster-combinar") o de Arcgis ("Mosaic to New Raster).

6. Plug-in Área quemada para mapeo del perímetro de incendio partir de imágenes de satélite Sentinel II (compatible para versiones 3.16 LTR y 3.20.2).

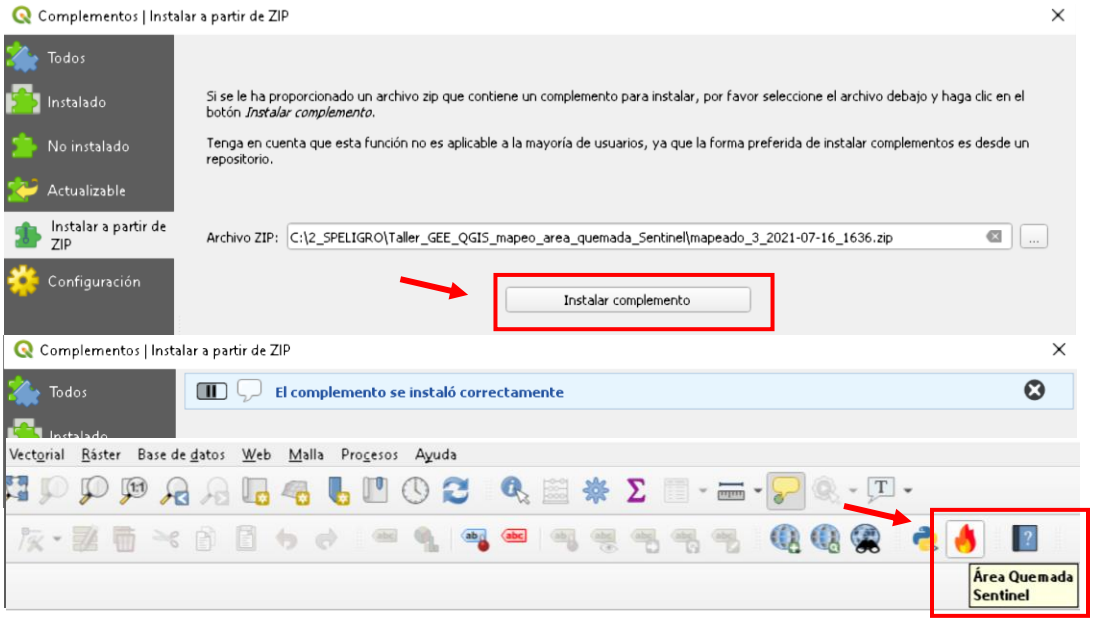
6.1. Instalación del Plug-in Área quemada a partir de ZIP en Q-gis.

Abrir el software Q-gis y en la parte superior derecha dar clic en **Complementos y Administrar e instalar complementos**. En la parte izquierda seleccionar **Instalar a partir de ZIP** y clic en el recuadro de la derecha para buscar la carpeta comprimida **mapeado_3_2021-07-16_1636** ZIP en el equipo y clic en abrir.



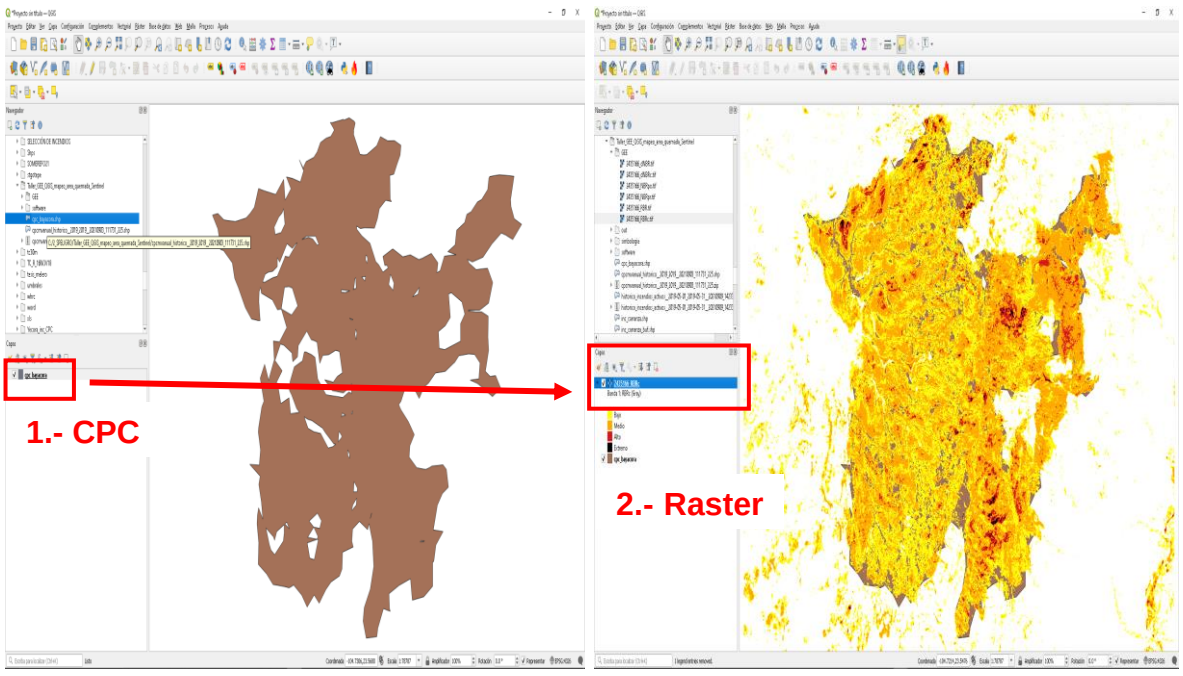


Clic en **instalar complemento** y al finalizar aparecerá un mensaje indicando que el complemento de instaló correctamente. El icono de flama aparece en la parte superior.



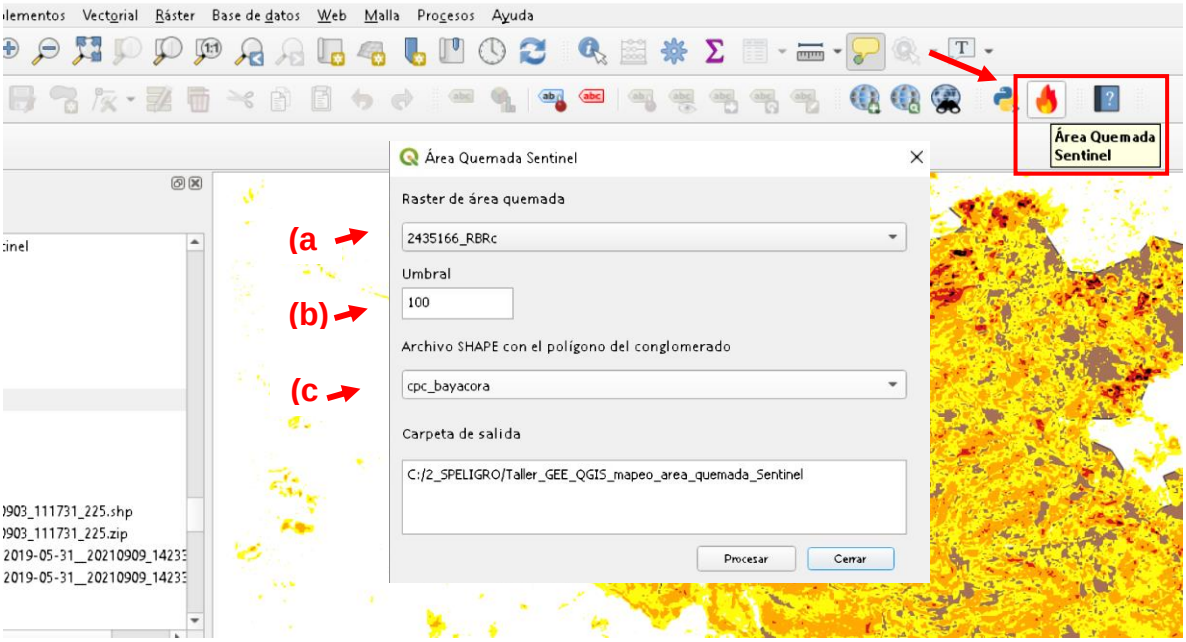
6.2. Mapeo de área quemada Sentinel II con el Plug-in Área quemada.

El mapeo de área quemada se lleva a cabo a partir del CPC y un raster de área quemada. Abrir Q-gis y cargar el archivo shape **cpc_bayacora** seguido del raster **2435166_RBRc.** En la parte de navegador ubique los archivos y arrástrelos a la ventana de capas**. IMPORTANTE: Dado que el primer archivo define el sistema de coordenadas es importante que primero se cargue el archivo CPC en el proyecto nuevo de Q-gis y después el archivo raster.**

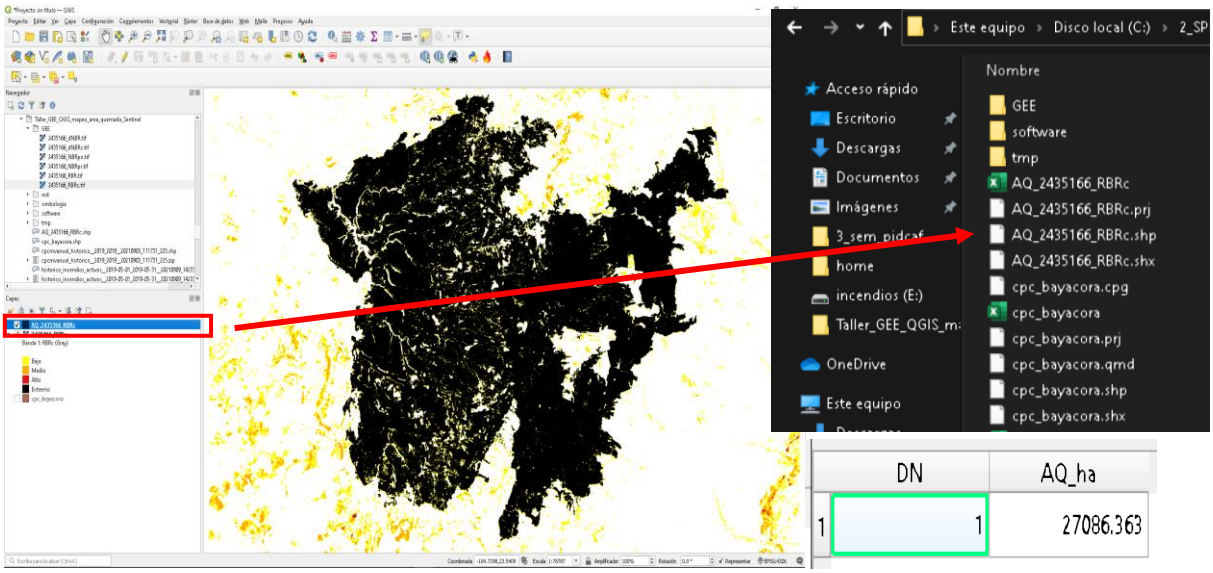


En la parte superior dar clic en el icono de flama **Área Quemada Sentinel.** En los parámetros de entrada seleccionar:

(a) = Raster de área quemada: **2435166_RBRc**
(b) = Umbral: 100
(c) = Archivo SHAPE con el polígono del conglomerado: **cpc_bayacora**
Dar clic en procesar.



El archivo de salida será un polígono shape de área quemada a partir de imagen de satélite Sentinel II. Este se guardará en la misma carpeta donde se encuentra guardado el archivo SHAPE con el polígono del conglomerado seleccionado. El polígono de área quemada contiene una columna llamada **AQ_ha** la cual indica las hectáreas quemadas a partir de imágenes Sentinel II.



SECCIÓN 2. DESCARGA A PARTIR DE INCENDIO.

7. Descarga de registro de combate de incendio de CONAFOR en ausencia de conglomerado de puntos de calor CPC mediante el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México.

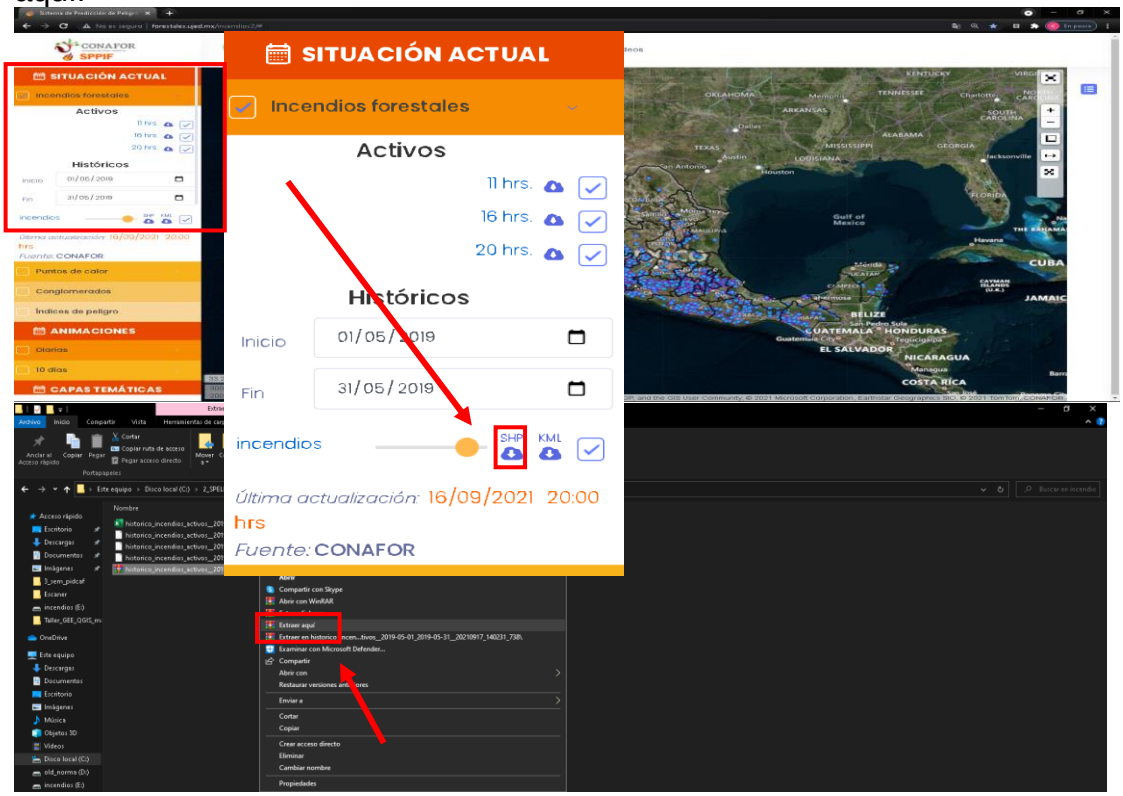
NOTA: La siguiente sección se realizaría en caso de no estar disponible un conglomerado de puntos de calor (puede suceder en algunos incendios más pequeños, con pocos puntos de calor o ausencia de puntos de calor), pero sí contar con un registro de combate de incendio (disponibles en la sección “incendios” del SPPIF).

7.1. Descarga de incendios combatidos mediante el SPPIF.

En la parte izquierda desplegar con clic la sección de Incendios forestales.

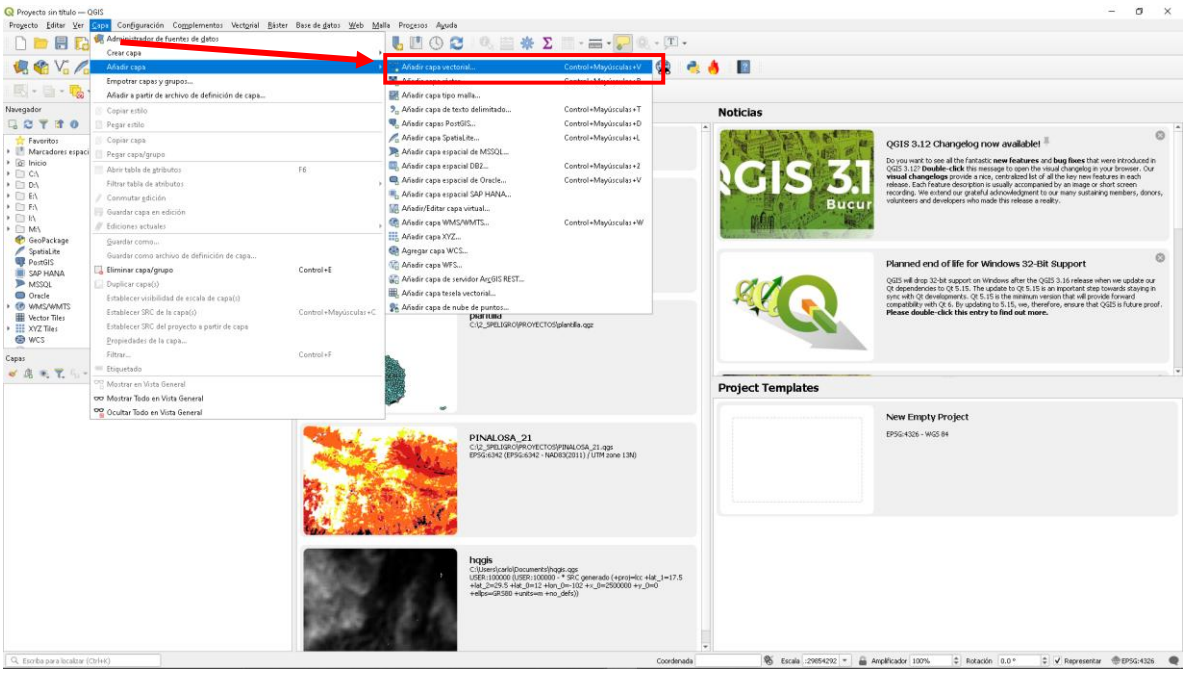
Inicio: **01/05/2019**
Fin: **31/05/2019**

Dar clic en descarga SHAPE de los puntos de calor Forestales. La descarga se realizará en la carpeta de Descargas. Extraer archivo con clic derecho y Extraer aquí.

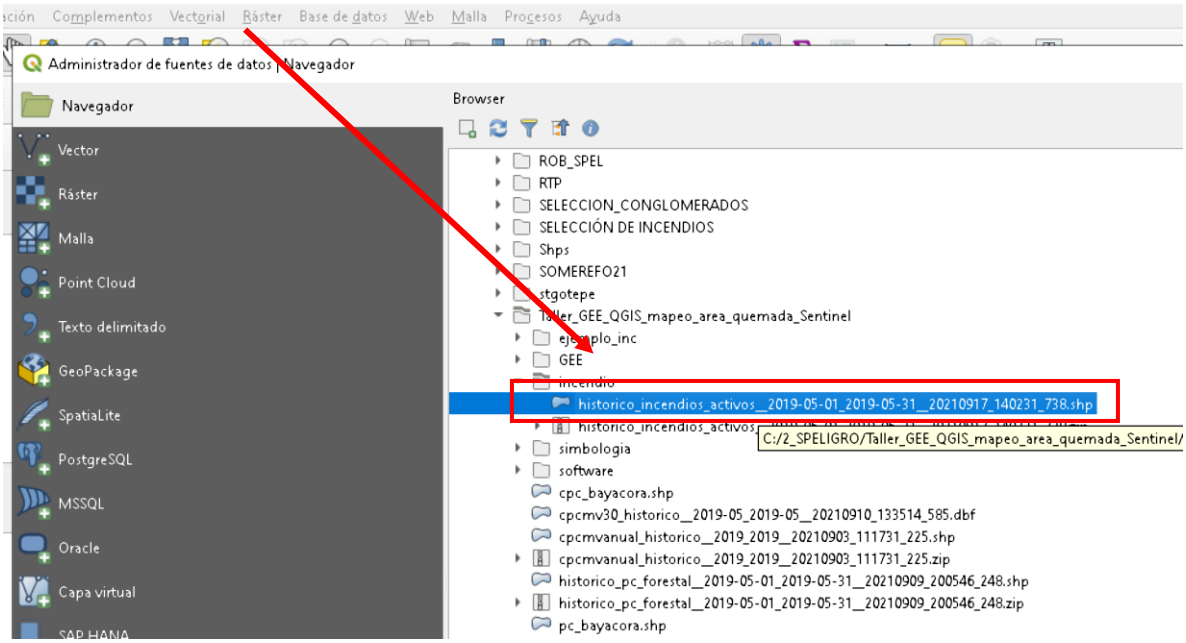


7.2. Carga de archivos y selección de incendio individual en Q-gis

Abrir software Q-gis y cargar el archivo **historico_incendios_activos__2019-05-01_2019-05-31__fechadescarga** a Q-gis. En la parte superior dar clic en **capa/Añadir capa/Añadir capa vectorial** y seleccionar el archivo.

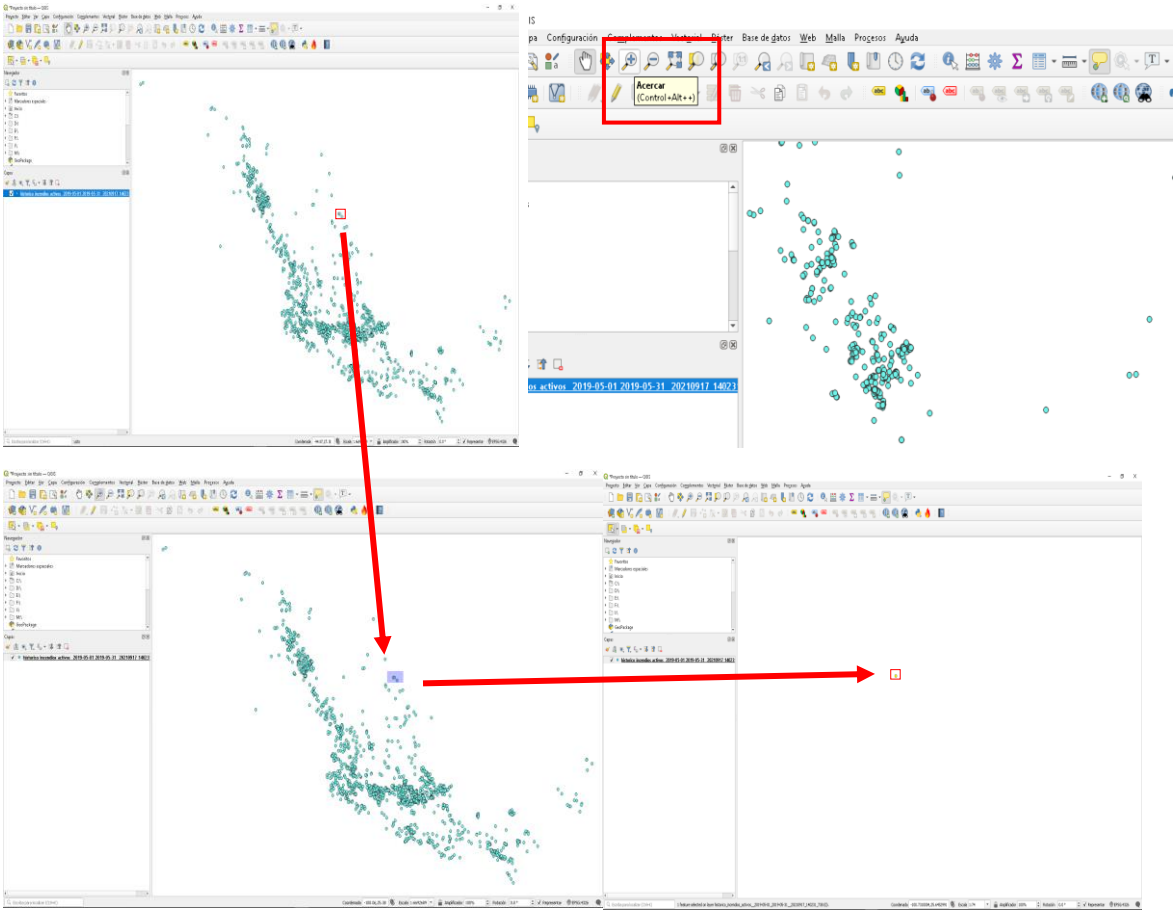


En la ventana Administrador de fuentes de datos dar clic en la parte superior izquierda en Navegador, ubicar el archivo **shape (.shp**) y dar doble clic sobre el archivo para cargarlo a la ventana de capas en Q-gis.



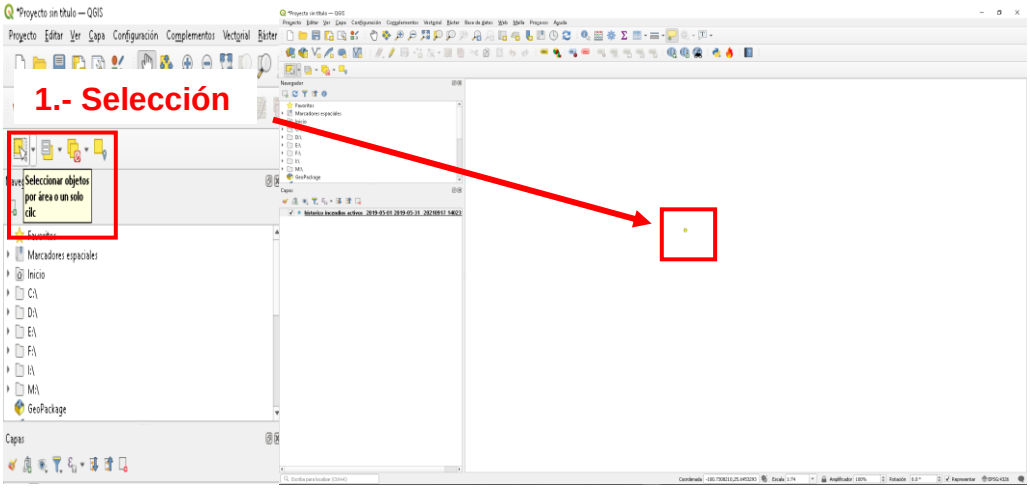
7.3. Zoom a incendio de interés.

En la parte superior dar clic en Acercar y dar acercamiento al incendio de Nuevo León ocurrido en mayo del 2019 con clave de incendio **19-19-0028.**



7.4. Seleccionar incendio a exportar.

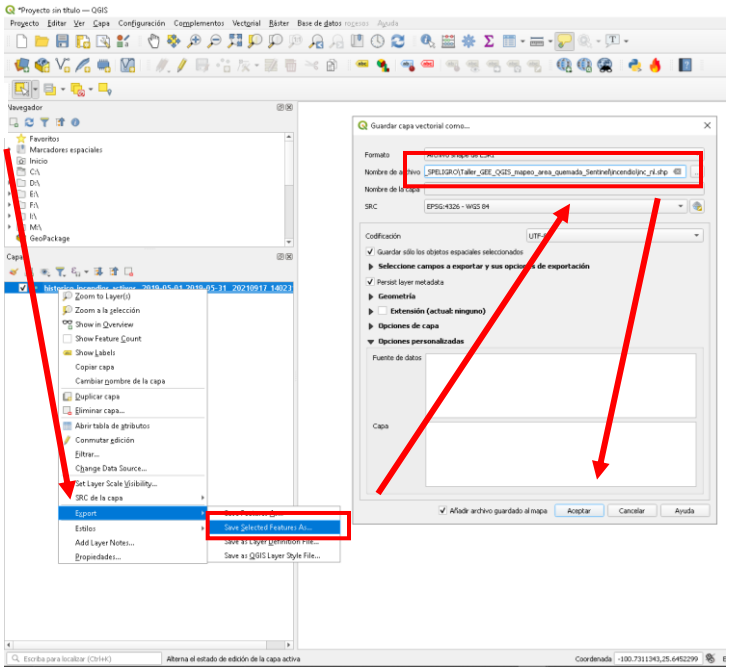
Clic en la herramienta **Seleccionar objetos por área** o un solo clic y seleccionar el punto del incendio. Una vez seleccionado cambiará a color amarillo.



7.5. Exportar incendio seleccionado.

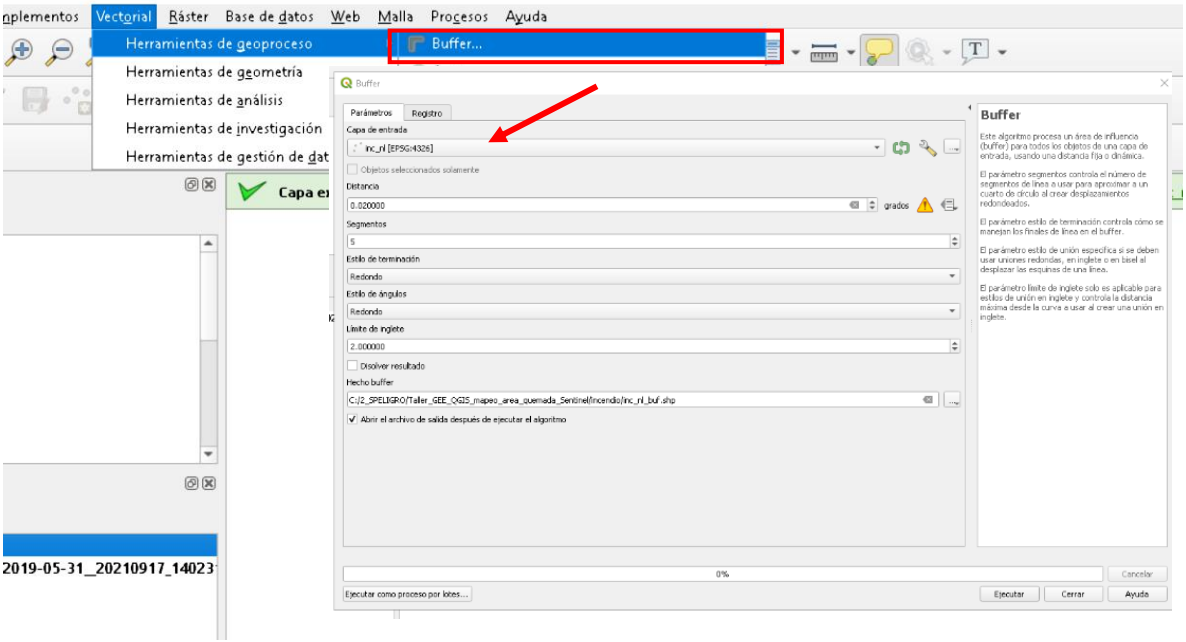
Clic derecho sobre el archivo .shp de incendios en la ventana de Capas. Exportar archivo seleccionado, Clic en **Export/Save Selected Features** As y seleccionar ruta y guardar el .shp con el nombre **inc_nl** en la carpeta de trabajo actual. Dar clic en aceptar para guardar.

2.- Exportar



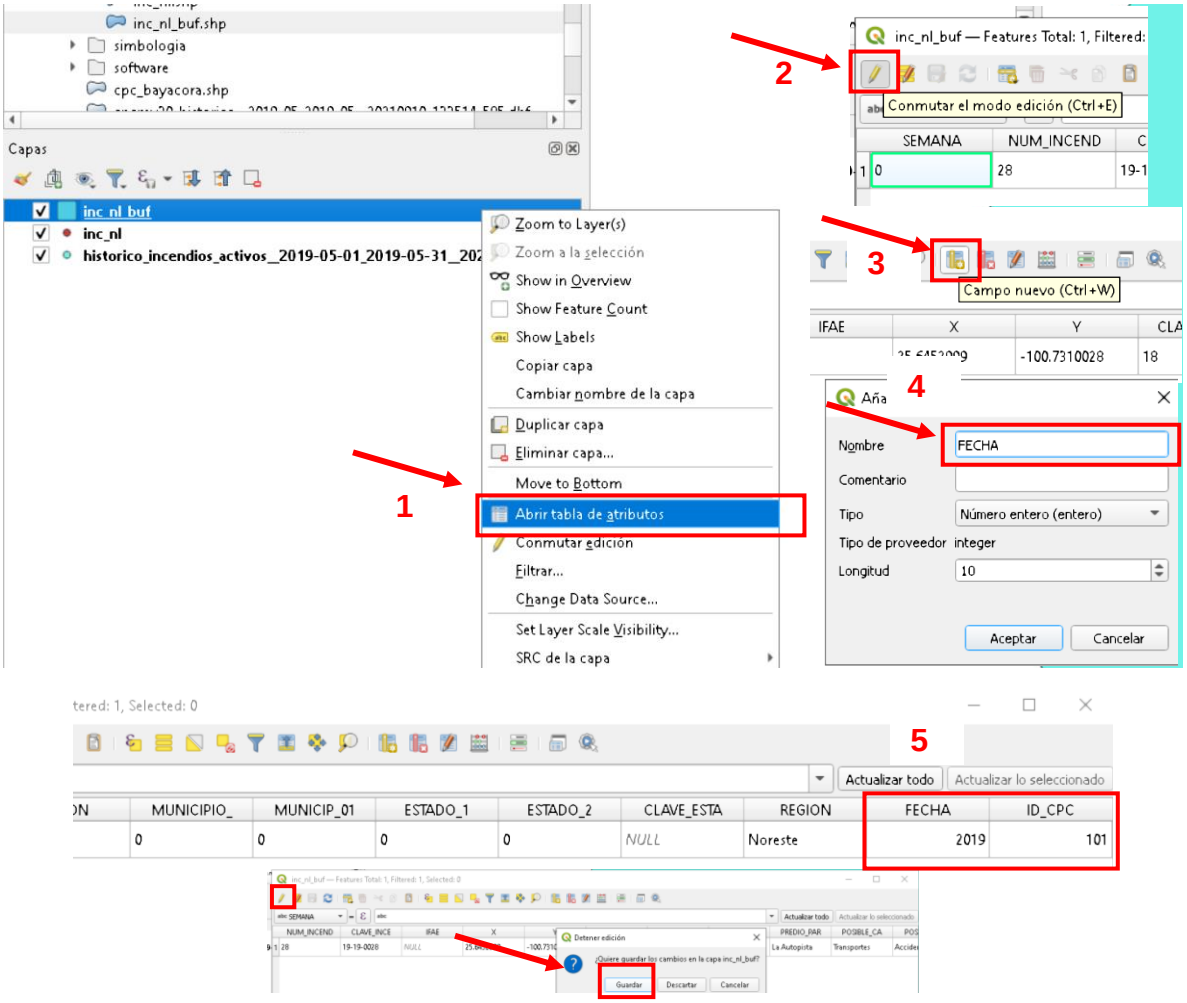
3.- Guardar

En la parte superior seleccionar Vectorial/Herramientas de geoprocesos/Buffer y hacer un buffer con un radio de 0.02 grados. Guardar el archivo con el nombre de **inc_nl_buf.shp**.



7.6. Crear columnas de FECHA y ID_CPC en Q-gis.

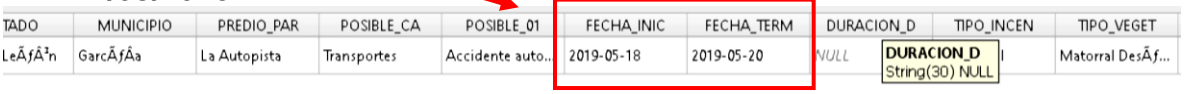
Dar clic derecho sobre el archivo y seleccionar Abrir tabla de atributos. En la tabla de atributos dar clic en la parte superior izquierda para comenzar a **Conmutar el modo edición**. Clic en **campo nuevo** y Agregar las columnas Número entero y nombrar **FECHA y ID_CPC**, escribir 2019 y 101, respectivamente. Dar clic en Conmutar el modo edición para salir y **guardar cambios**.



7.7. Consultar fechas pre y post del incendio en Q-gis.

En la tabla de atributos consultar la FECHA_INIC y FECHA_TERM. **NOTA**: Se recomienda iniciar la búsqueda de imágenes un día antes a la fecha de inicio y un día después a la fecha final, resultando en las siguientes fechas:

Inicio: 17/05/2019
Fin: 21/05/2019

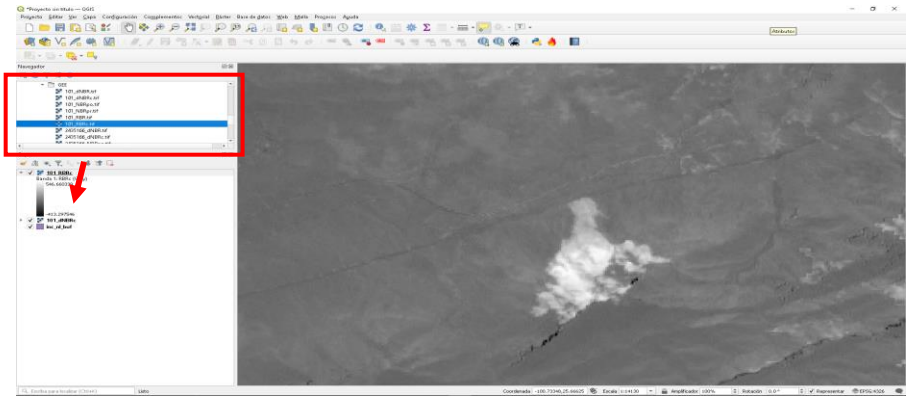


NOTA: En Google Earth Engine (GEE) hacer sección 4 utilizando como entradas las fechas obtenidas en el punto anterior y el polígono **inc_nl_buf.shp**.

8. Carga y aplicación de simbología para los índices dNBRc y RBRc en Q-gis utilizando el software Q-gis (compatible para versiones 3.16 LTR y 3.20.2) para imagen descargada a partir de registro de incendio.

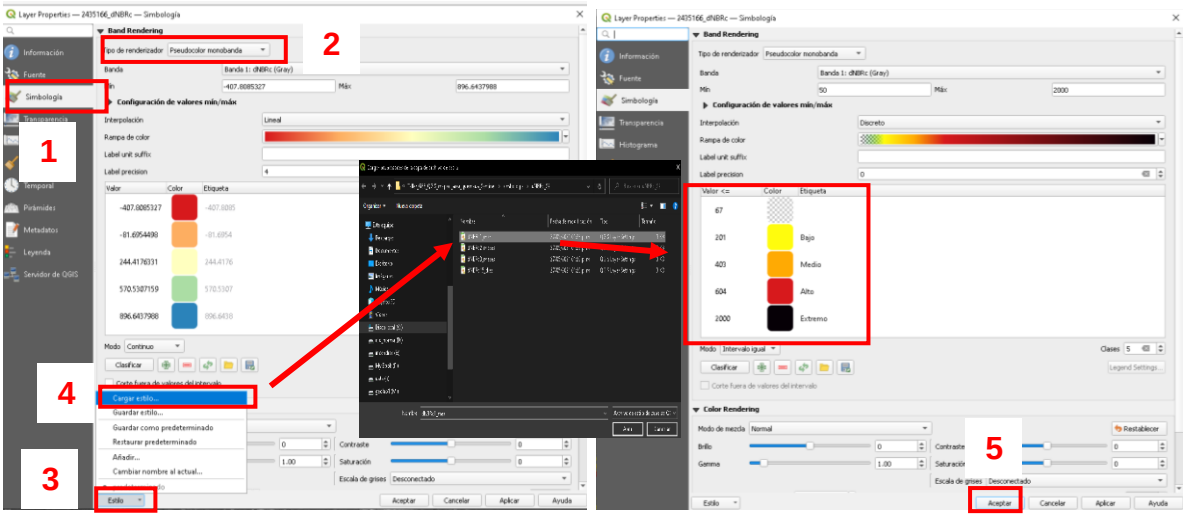
8.1. Carga de archivos shape del conglomerado y raster de área quemada

Abrir Q-gis, para cargar los archivos en la ventana de navegador ubicada en la parte superior izquierda ubicar los archivos y con un clic seleccionar y arrastrar a la ventana de capas**.** Cargar el archivo shape **inc_nl_buf.shp** seguido de los archivos raster **101_dNBRc** y **101_RBRc,** que contienen los índices dNBRc, y RBRc del incendio de Nuevo León, descargados de GEE según el proceso descrito en la sección 4.

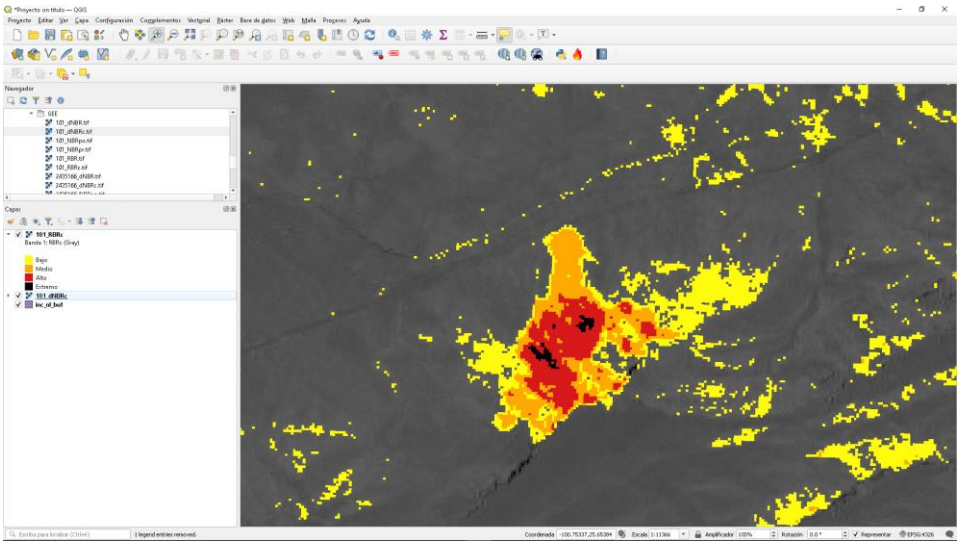


8.2. Aplicación de simbología de severidad a los archivos raster.

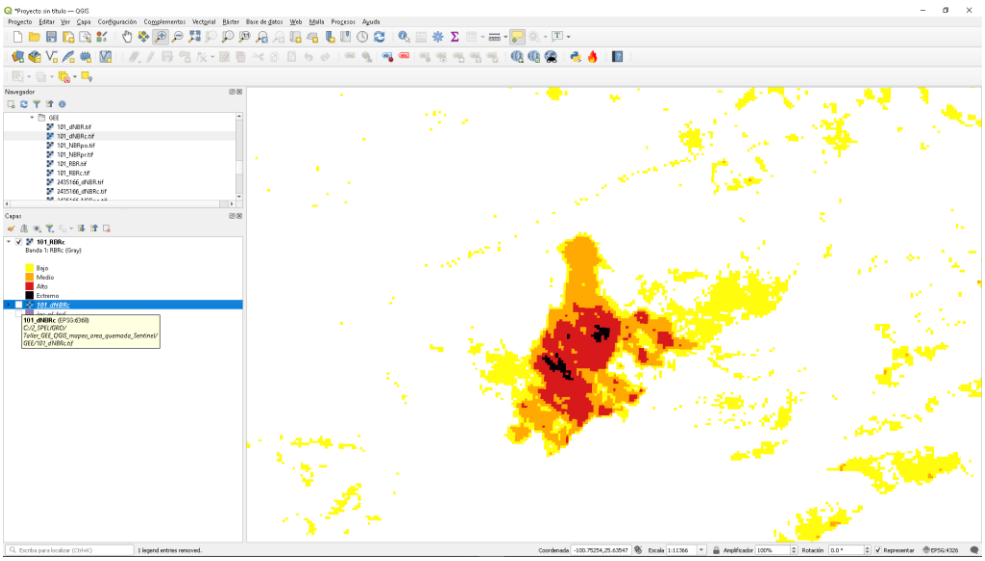
Doble clic sobre el archivo dentro de la ventana **Capas**. En la ventana de **Layer Properties** clic en simbología y seleccionar en la parte superior tipo de renderizador **Pseudocolor monobanda.** En la parte inferior dar clic en **Estilo** y seleccionar la parte **Cargar estilo dNBRc1_mes,** ubicada en la ruta simbología/dNBRc_S2 dNBRc1_mes. La rampa de color de la capa dNBRc cambiará a colores de amarillo que representa un daño bajo, naranja daño medio, rojo daño alto y negro daño extremo, clic en aceptar.



El resultado será un archivo raster dNBRc con la simbología de severidad de incendio.

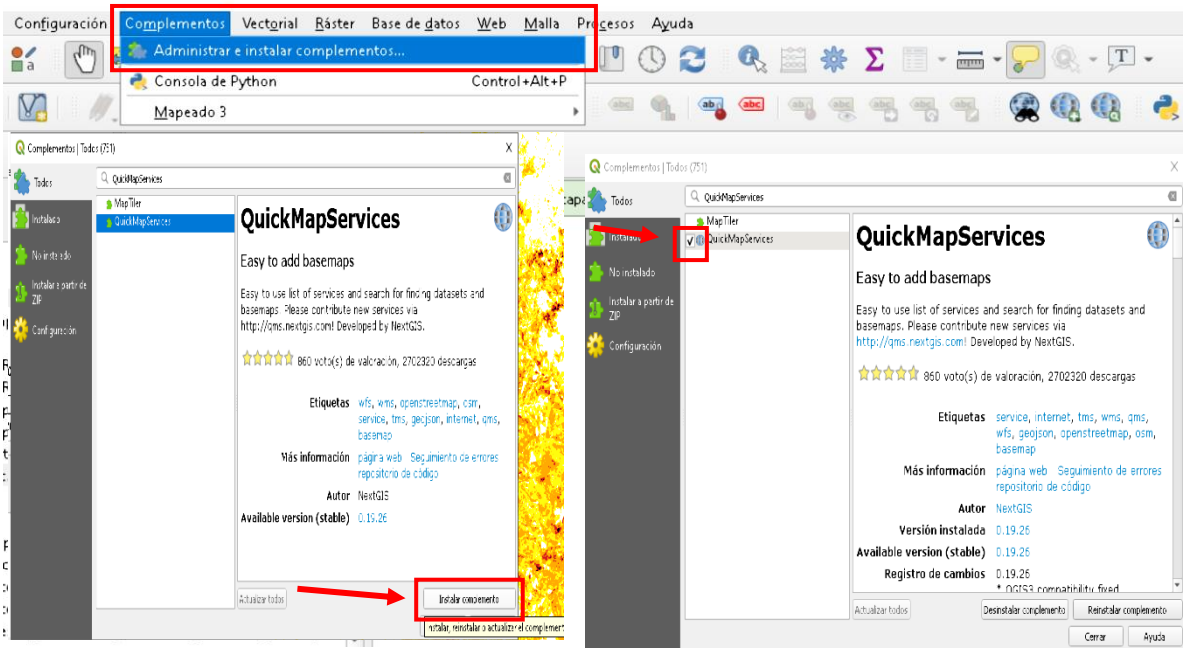


Para aplicar la simbología al archivo raster **101_RBRc repetir el procedimiento anterior.** Dar doble clic sobre el archivo dentro de la ventana **Capas**. En la ventana de **Layer Properties** clic en simbología y seleccionar en la parte superior tipo de renderizador **Pseudocolor monobanda.** En la parte inferior dar clic en **Estilo** y seleccionar la parte **Cargar estilo RBRc1_mes** ubicado en la ruta simbología/dNBRc_S2/RBRc1_mes. La rampa de color de la capa RBRc cambiará a colores de amarillo que representa un daño bajo, naranja daño medio, rojo daño alto y negro daño extremo, clic en aceptar. Para visualizar únicamente el archivo **101_RBRc** con la simbología aplicada Dar clic para apagar las capas de dNBR y inc_nl_buf en la ventana de capas.

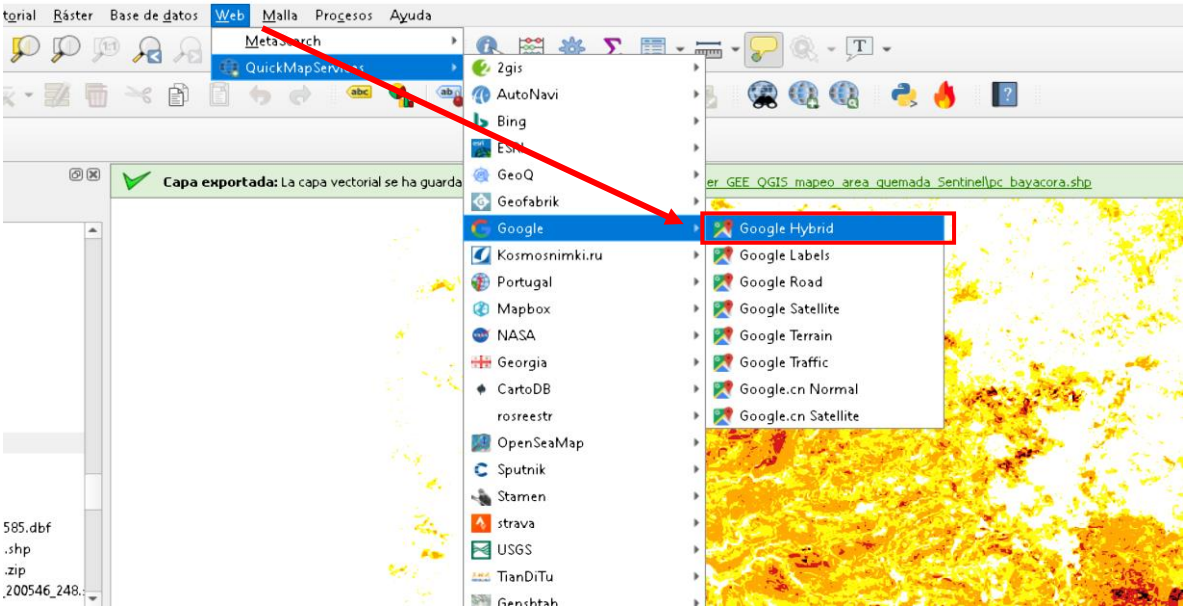


8.3. Añadir mapa base de Google en Q-gis.

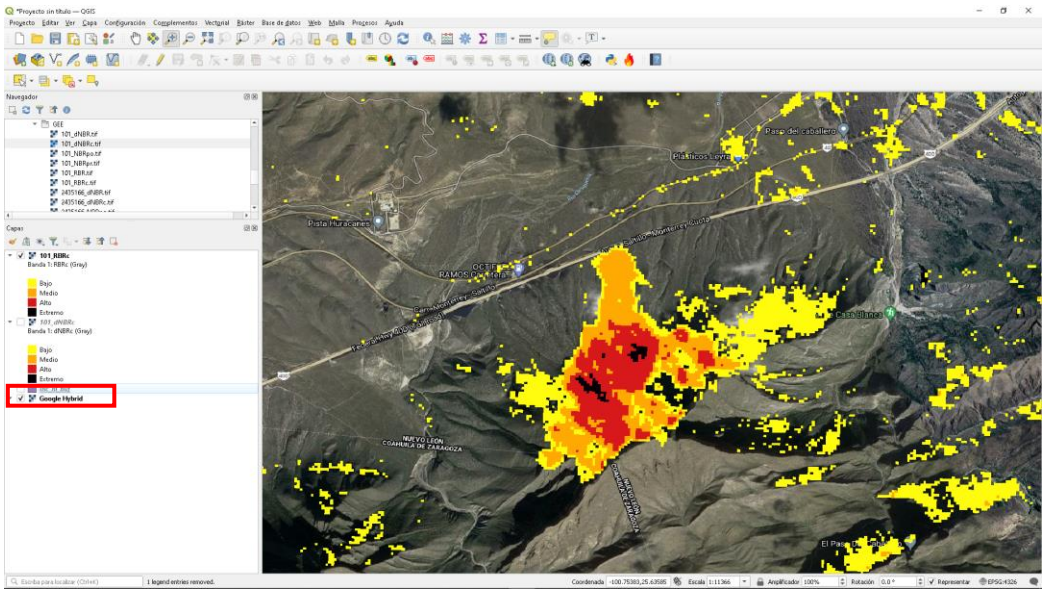
En la parte superior dar clic en **Administrar e instalar complementos**. Dar clic en Todo y escribir en la parte superior en la barra de búsqueda **QuickMapServices**, dar clic en instalar complemento. Deberá quedar activado el complemento.



En la parte superior dar clic en **Web** y seleccionar **QuickMapServices,** se recomienda desplegar Google y el mapa Google Hybrid.

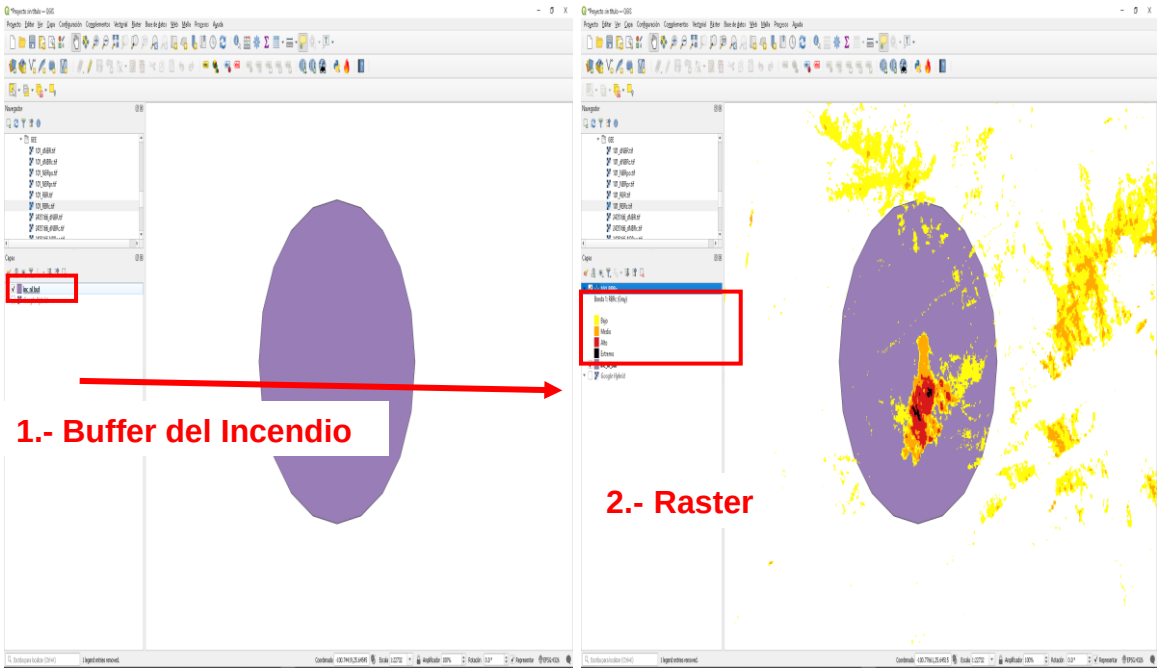


El mapa base aparecerá por debajo de las demás capas.



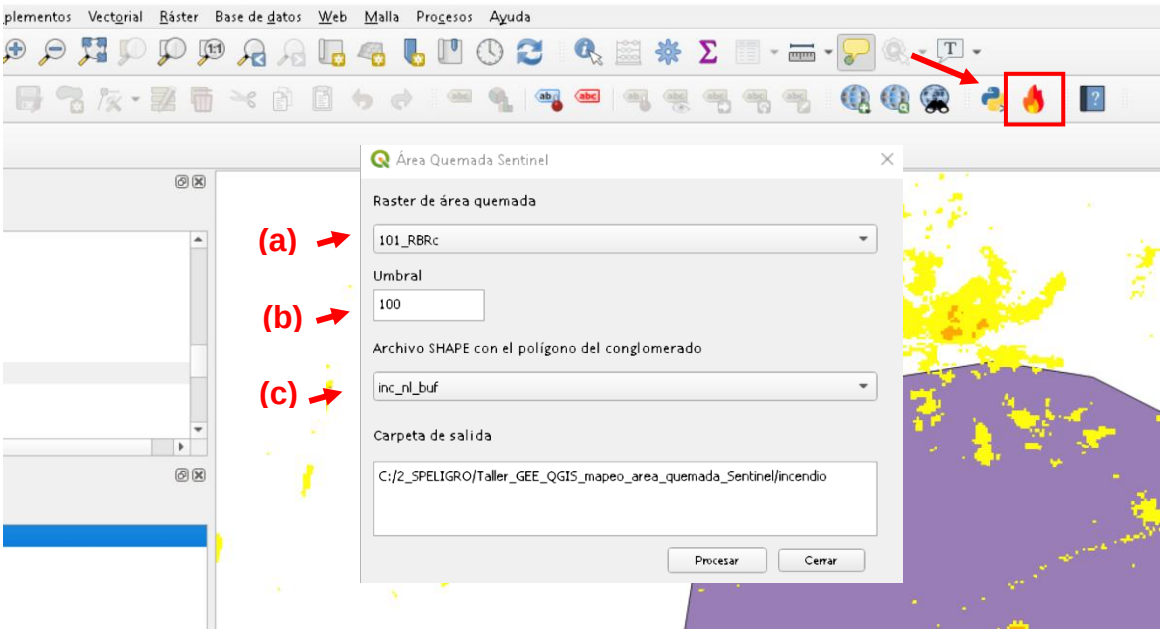
8.4. Mapeo de área quemada Sentinel II con el Plug-in Área quemada para imagen bajada a partir de buffer de coordenada de incendio.

El mapeo de área quemada se lleva a cabo a partir del buffer de incendio y el raster de RBRc descargado de GEE. Abrir Q-gis y cargar el archivo shape **inc_nl_buf** seguido del raster **101_RBRc.** En la parte de navegador ubique los archivos y arrástrelos a la ventana de capas**. IMPORTANTE: Dado que el primer archivo define el sistema de coordenadas es importante que primero se cargue el archivo buffer del incendio en el proyecto nuevo de Q-gis y después el archivo raster.**

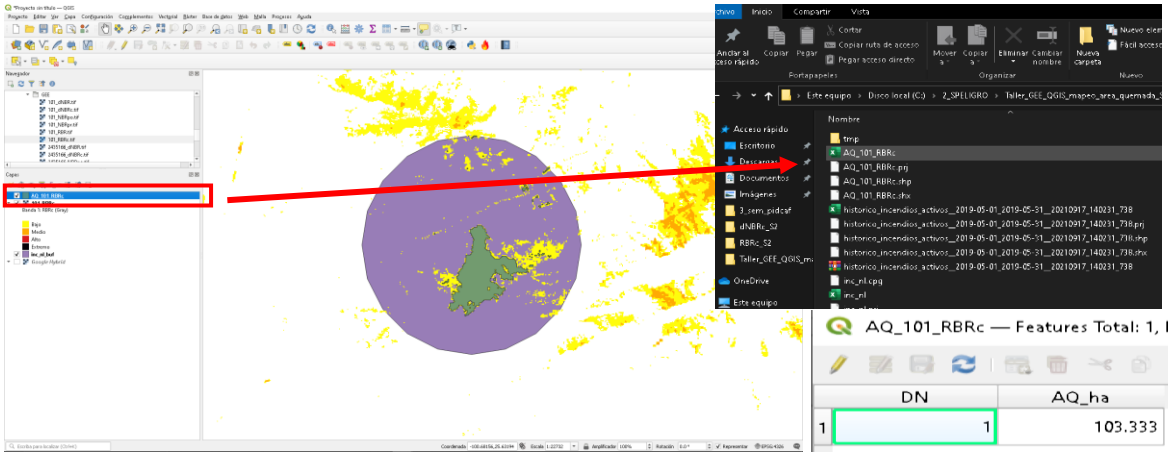


En la parte superior dar clic en el icono de flama **Área Quemada Sentinel.** En los parámetros de entrada seleccionar:

(a) = Raster de área quemada: **101_RBRc**
(b) = Umbral: 100
(c) = Archivo SHAPE con el buffer del incendio: **inc_nl_buf**
Dar clic en procesar.



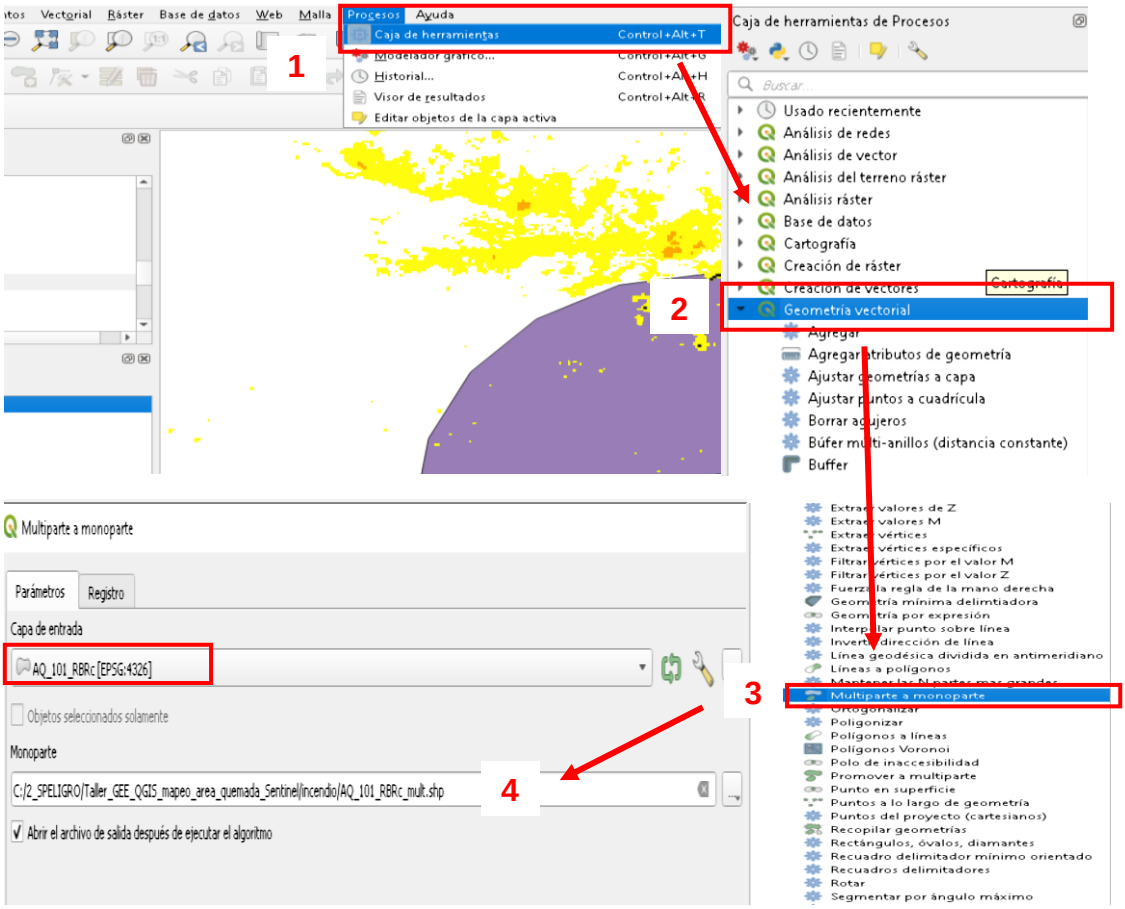
El archivo de salida será un polígono shape de área quemada a partir de imagen de satélite Sentinel II. Este se guardará en la misma carpeta donde se encuentra guardado el archivo SHAPE con el buffer del incendio seleccionado. El polígono de área quemada contiene una columna llamada **AQ_ha** la cual indica las hectáreas quemadas a partir de imágenes Sentinel II.



9. Depurado del mapa de área quemada a partir del buffer de incendio.

9.1. Convertir shapefile de multiparte a monoparte.

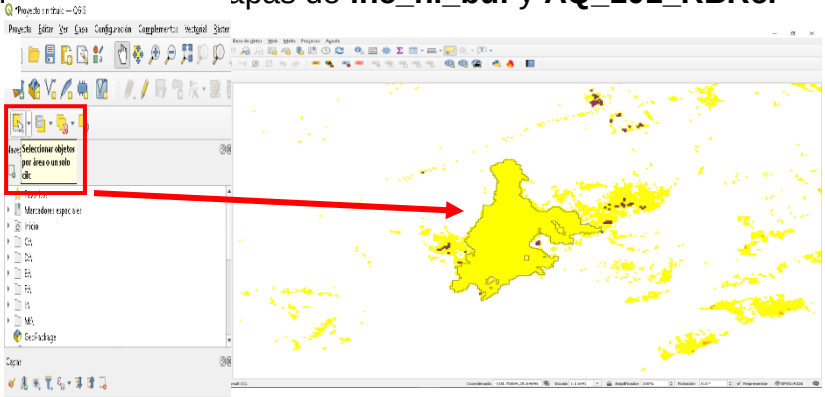
En la parte superior dar clic en **Procesos/Caja de herramientas/Geometría vectorial/Multiparte a monoparte.** Seleccionar como entrada el polígono **AQ_101_RBRc.shp** y guardar archivo en la carpeta de trabajo actual con el nombre **AQ_101_RBRc_mult.shp.**



9.2. Seleccionar incendio a exportar.

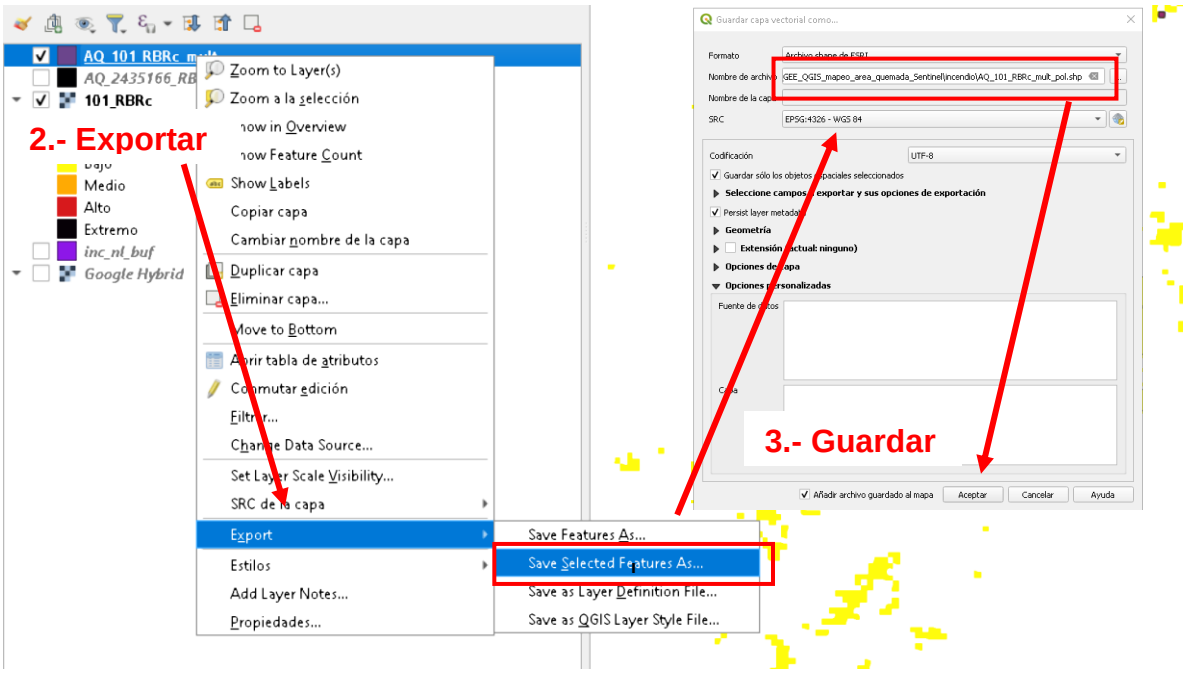
Clic en la herramienta **Seleccionar objetos por área** o un solo clic y seleccionar el **polígono central** del incendio de Nuevo León. Una vez seleccionado cambiará a color amarillo. Apagar las capas de **inc_nl_buf** y **AQ_101_RBRc.**

1.- Selección



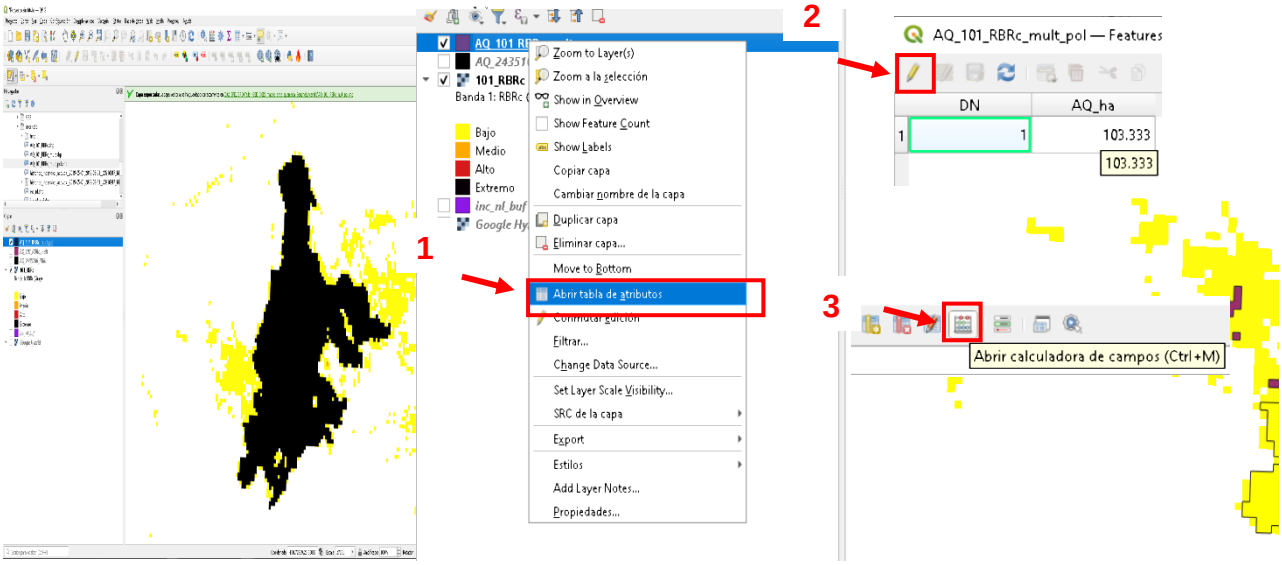
9.3. Exportar incendio seleccionado.

Clic derecho sobre el archivo shape multiparte **AQ_101_RBRc_mult.shp** en la ventana de Capas. Exportar archivo seleccionado, Clic en **Export/Save Selected Features** As y seleccionar ruta y guardar el .shp con el nombre **AQ_101_RBRc_mult_pol.shp** en la carpeta de trabajo actual. Dar clic en aceptar para guardar.



9.4. Cálculo de hectáreas para polígono del incendio depurado en Q-gis.

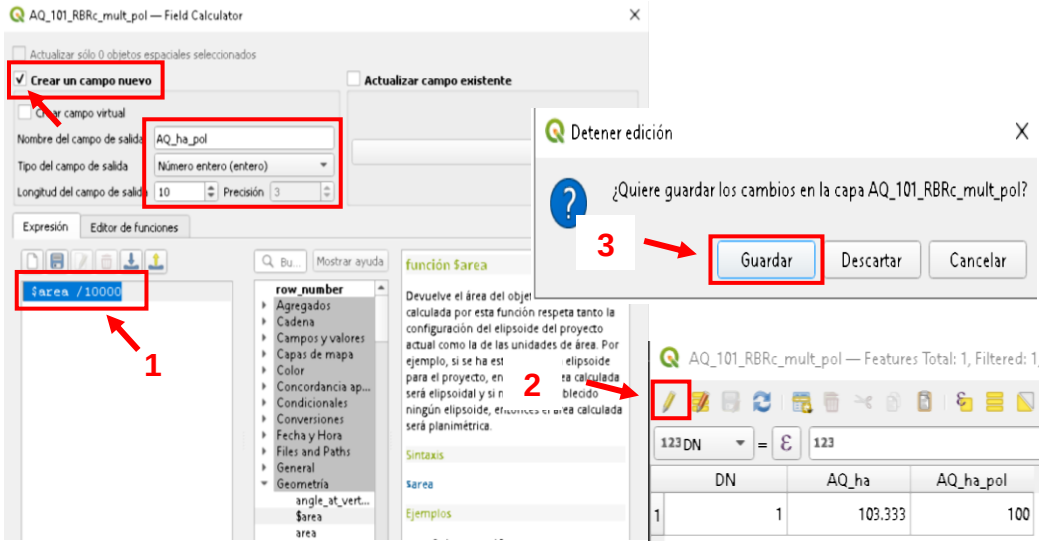
Dar clic derecho sobre el archivo y seleccionar **Abrir tabla de atributos** del archivo **AQ_101_RBRc_mult_pol.shp**. Dentro de la tabla de atributos dar clic en la parte superior izquierda para comenzar a **Conmutar el modo edición**. En la parte superior dar clic en **Abrir calculadora de campos**.

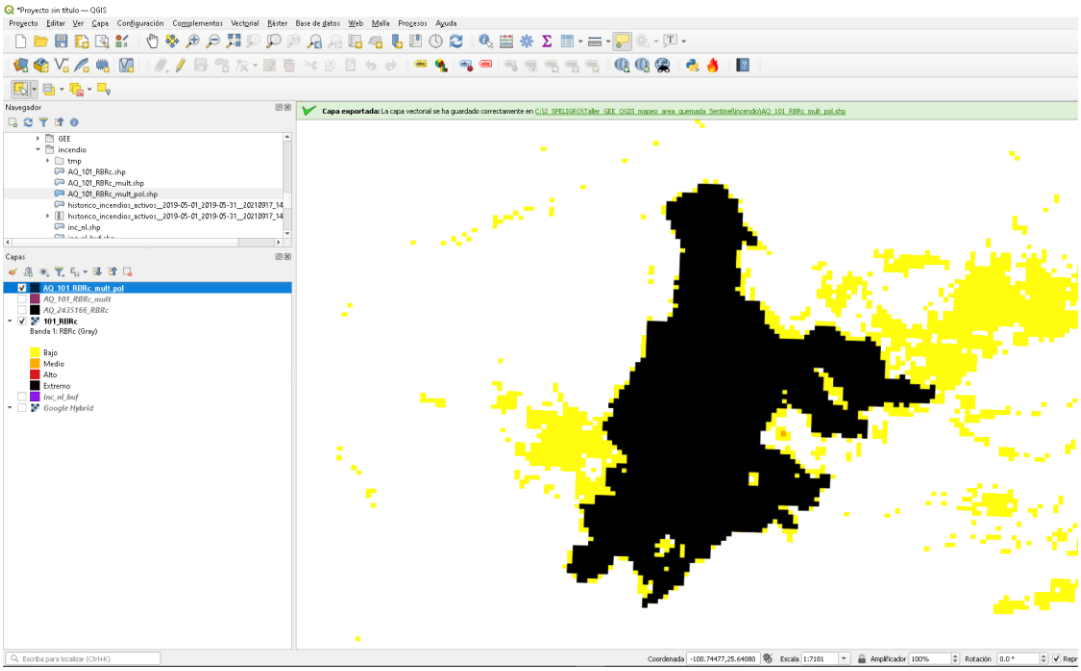


En la calculadora de campos seleccionar Crear un campo nuevo, escribir las siguientes entradas:

Nombre del capo de salida: **AQ_ha_pol**
Tipo del capo de salida: **Número entero (entero)**
Expresión: **$area/10000**

Dar clic en aceptar. El resultado será el **área quemada** depurada en **hectáreas**.





Resultado final: mapa de área quemada.

Anexo 1.

Índices de severidad del incendio NBR, dNBR y RBR.

La composición basada en las bandas del NIR y el SWIR y la diferencia entre estas permite obtener el índice de calcinación de área quemada (NBR) (Ecuación 1). El cálculo de la diferencia dNBR de los índices entre el momento previo y posterior al incendio se realiza mediante la Ecuación 2. El índice RBR se calcula mediante la Ecuación 3 (Parks et al., 2014).

$$NBR = \frac{\text{NIR}-\text{SWIR}}{\text{NIR}+\text{SWIR}} \quad (1)$$

$$dNBR = (NBRpre - NBRpost) \text{ x } 1000 \quad (2)$$

$$RBR = \frac{dNBR}{NBRpre+1.001} \quad (3)$$

La corrección fenológica es el dNBR promedio de los píxeles fuera del perímetro CPC (es decir, no quemado) y toma en cuenta las diferencias entre las imágenes previas y posteriores al incendio que surgen debido a las variables de fenología o precipitación entre los períodos de tiempo respectivos (Parks et al., 2018). Para cada incendio, se determina el dNBRc calculando el valor medio de dNBR en todos los píxeles ubicados desde 3 km hasta 5 km fuera del perímetro del incendio. Este valor es restado a los archivos raster dNBR y RBR. Las pruebas indicaron que un umbral de distancia de 2 km a partir de los 3 km cuantifica adecuadamente las diferencias de dNBR entre píxeles no quemados (Briones-Herrera et al., 2020).

El índice NBR describe el estado de la superficie y los bajos valores corresponden a bajas coberturas forestales y suelo desnudo mientras que valores positivos indican mayor cantidad de biomasa acumulada que se relaciona con la humedad presente.

El índice dNBRc describe el cambio absoluto (es decir, la biomasa total consumida). Por tanto, presentará valores más altos en áreas donde el consumo total de biomasa sea más alto. Un área de matorral o pasto, aun completamente consumida, puede no mostrar valores muy altos de dNBRc, por representar un consumo de biomasa inferior al de un área arbolada completamente consumida. El índice dNBRc es más útil cuando el interés es identificar en qué áreas se ha consumido más biomasa y en particular, para detectar dónde han sucedido las mayores afectaciones a la cobertura del arbolado.

El índice RBRc describe el cambio relativo, es decir, la biomasa consumida, relativa a la biomasa inicial. Por lo tanto, un área de matorral completamente consumida presentará valores más altos de RBRc. El índice presenta más alta correlación que el dNBRc con medidas de daño relativo, tales como el porcentaje de soflamado de copa, tanto para arbolado como para áreas de matorral (Parks et al., 2014, 2018; Silva-Cardoza, 2021; Silva-Cardoza et al. 2021).

Referencias.

Briones-Herrera, C.I.; Vega-Nieva, D.J.; Monjarás-Vega, N.A.; Briseño-Reyes, J.; López-Serrano, P.M.; Corral-Rivas, J.J.; Alvarado-Celestino, E.; ArellanoPérez, S.; Álvarez-González, J.G.; Ruiz González, A.D.; Jolly ,W.M.; Parks, S.A. 2020. Near Real-Time automated early mapping of the perimeter of large forest fires from the aggregation of VIIRS and MODIS active fires in Mexico. Remote Sensing, 12(12): 2061. https://doi.org/10.3390/rs12122061

Parks, S. A., G. K. Dillon, and C. Miller. 2014. A new metric for quantifying burn severity: the relativized burn ratio. Remote Sensing 6:1827–1844

Parks SA, Holsinger LM, Voss MA, Loehman R, Robinson NP. 2018. Mean composite fire severity metrics computed with Google Earth Engine offer improved accuracy and expanded mapping potential. Remote Sensing 2018, 10(879).

Silva-Cardoza, A. 2021. Evaluación y mapeo de la severidad en la sierra madre occidental de Durango. Tesis de Maestría. 55 pg. Maestría en Geomática Aplicada a Recursos Ambientales y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.

Silva-Cardoza A., Vega-Nieva, D.J., Briones-Herrera C.I., López-Serrano P.M., Corral-Rivas J.J., Briseño-Reyes J., Alvarado-Celestino E. 2021. Evaluación de severidad de incendios forestales con imágenes Sentinel en el Estado de Durango. XV Congreso Mexicano de Recursos Forestales 2021. SOMEREFO. Guadalajara, Jalisco.