

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL**



**“LOS MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES (MDE).  
METODOLOGÍA, ACCESO A DATOS Y APLICACIÓN SIG.”**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**OCTUBRE-2025**

Autor: Antonio Cortijos Jimenez

Tutor: José Cordero Gracia



## RESUMEN:

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo la elaboración de una **guía práctica sobre los Modelos Digitales de Elevación (MDE)**, orientada a explicar sus características, utilidades y accesibilidad de manera clara y aplicada. En este trabajo se abordará, en primer lugar, qué son los MDE y cuáles son sus fuentes de obtención en España, destacando la relevancia de recursos oficiales como los proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional y el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Asimismo, se presentarán los principales **formatos de datos disponibles** y las plataformas desde las cuales es posible acceder a ellos de forma gratuita.

La guía incluirá también una exposición de las **aplicaciones más relevantes de los MDE en la vida cotidiana y profesional**.

Una parte esencial del trabajo estará dedicada a su integración en los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, explicando cómo estas herramientas permiten analizar y representar el relieve.

Palabras clave: Modelos Digitales de Elevación (MDEs), Modelos Digitales del Terreno (MDT), Sistemas de información Geográfica (SIG), Instituto Geográfico Nacional (IGN), Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), Modelos Digitales del Terreno (MDT).

## SUMMARY:

The present Final Degree Project aims to develop a **practical guide on Digital Elevation Models (DEMs)**, designed to clearly and effectively explain their characteristics, uses, and accessibility. This work will first address what DEMs are and their main sources of acquisition in Spain, highlighting the importance of official resources such as those provided by the National Geographic Institute (IGN) and the National Plan for Aerial Orthophotography (PNOA). Likewise, the main available data formats and the platforms through which they can be accessed free of charge will be presented.

The guide will also include an overview of the most relevant **applications of DEMs in both everyday and professional contexts**.

An essential part of the project will be devoted to their integration into **Geographic Information Systems (GIS)**, explaining how these tools make it possible to analyze and represent terrain.

Keywords: Digital Elevation Models (DEMs), Digital Terrain Models (DTMs), Geographic Information Systems (GIS), National Geographic Institute (IGN), National Plan for Aerial Orthophotography (PNOA).

## Índice

1. INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 Modelos Digitales de Elevaciones .....	8
1.2. Estructura de datos en el MDE .....	9
1.3 Creación del MDE .....	11
1.3.1 Muestreo de los datos .....	11
1.3.2.- Interpolación.....	12
1.3.3 Captura de datos .....	13
1.4 Extensiones de archivos de información para generar un MDE.....	13
1.5 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	16
1.6 Usos de MDE y análisis de superficies .....	16
2. OBJETIVOS.....	23
3. PROYECTO PNOA-LIDAR.....	23
4. ACCESO A DATOS .....	32
5. PRODUCTOS OFRECIDOS POR CNIG .....	33
5.1 Modelos Digitales del Terreno .....	34
5.2 Modelos Digitales de Superficie .....	38
5.3 Modelos Digitales de Pendientes .....	42
6. APLICACIÓN SIG DE LOS MDE .....	45
BIBLIOGRAFÍA .....	51

## Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Modelo TIN (Fuente: IGN)</i> .....	10
<i>Ilustración 2. Modelo de malla regular (Fuente: IGN)</i> .....	11
<i>Ilustración 3. Diferentes mapas de tintas hipsométricas en función de la densidad de puntos Fuente: IGN)</i> .....	12
<i>Ilustración 4. Visualización de cuenca visual con sombreado</i> .....	17
<i>Ilustración 5. Mapa de orientaciones con 4 valores en función de los puntos cardinales</i> .....	18
<i>Ilustración 6. Ráster de elevación de entrada</i> .....	19
<i>Ilustración 7. Curvas de nivel de salida</i> .....	19
<i>Ilustración 8. Altitud y altura de la fuente de iluminación</i> .....	20
<i>Ilustración 9. La altitud predeterminada del sol para el sombreado es 45º</i> .....	20
<i>Ilustración 10. Salida de sombreado (acimut 315 grados y altitud de 45º</i> .....	21
<i>Ilustración 11. Mapa de relieve combinado de tintas hipsométricas y sombreado</i> .....	21
<i>Ilustración 12. Salida de ráster de pendientes (en grados)</i> .....	22
<i>Ilustración 13. MDT y perfil longitudinal</i> .....	23
<i>Ilustración 14. Especificaciones técnicas de las coberturas LiDAR (Fuente IGN)</i> .....	24
<i>Ilustración 15. Esquema de los pasos seguidos en el tratamiento de los datos PNOA-LiDAR (Fuente IGN)</i> .....	25
<i>Ilustración 16. Clases definidas por la ASPRS y fragmento de nube de puntos clasificada (Fuente IGN)</i> .....	26
<i>Ilustración 17. Años de inicio de vuelo de la 1ª cobertura (Fuente IGN)</i> .....	27
<i>Ilustración 18. LiDAR 1ª Cobertura (Fuente IGN)</i> .....	27
<i>Ilustración 19. Mapa LiDAR de la 1ª cobertura visualizado en QGIS</i> .....	28
<i>Ilustración 20. Años de inicio de vuelo de la 2ª cobertura (Fuente IGN)</i> .....	29
<i>Ilustración 21. LiDAR 2ª Cobertura (Fuente IGN)</i> .....	29
<i>Ilustración 22. Mapa LiDAR de la 2ª cobertura visualizado en QGIS</i> .....	30
<i>Ilustración 23. Años de inicio de vuelo de la 3ª cobertura (Fuente IGN)</i> .....	31
<i>Ilustración 24. LiDAR 3ª Cobertura (Fuente IGN)</i> .....	31
<i>Ilustración 25. Estado actual de la 3ª Cobertura LiDAR (Fuente PNOA)</i> .....	32
<i>Ilustración 26. Portal del Instituto Geográfico Nacional (Fuente IGN)</i> .....	33

<i>Ilustración 27. Plan Nacional de Ortografía Aérea (Fuente PNOA LiDAR) .....</i>	33
<i>Ilustración 28. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 02 (Fuente IGN) .....</i>	34
<i>Ilustración 29. Modelo Digital del Terreno-MDT02 visualizado en una aplicación SIG..</i>	35
<i>Ilustración 30. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 05 (Fuente IGN) .....</i>	35
<i>Ilustración 31. Modelo Digital del Terreno-MDT05 visualizado en una aplicación SIG..</i>	36
<i>Ilustración 32. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 25 (Fuente IGN) .....</i>	36
<i>Ilustración 33. Modelo Digital del Terreno-MDT25 visualizado en una aplicación SIG..</i>	37
<i>Ilustración 34. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 200 (Fuente IGN) .....</i>	37
<i>Ilustración 35. Modelo Digital del Terreno-MDT20 visualizado en una aplicación SIG..</i>	38
<i>Ilustración 36. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies - 05 (Fuente IGN) .....</i>	39
<i>Ilustración 37. Modelo Digital Superficies-MDS05 visualizado en una aplicación SIG...</i>	39
<i>Ilustración 38. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies - 02 (Fuente IGN) .....</i>	40
<i>Ilustración 39. Modelo Digital Superficies-MDS02 visualizado en una aplicación SIG....</i>	40
<i>Ilustración 40. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies Edificación - 2,5 (Fuente IGN).....</i>	41
<i>Ilustración 41. Modelo Digital Superficies Edificación-MDSnE2,5 visualizado en una aplicación SIG.....</i>	41
<i>Ilustración 42. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies Vegetación - 2,5 (Fuente IGN).....</i>	42
<i>Ilustración 43. Modelo Digital Superficies Vegetación-MDSnV2,5 visualizado en una aplicación SIG.....</i>	42
<i>Ilustración 44. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Pendientes - 05 (Fuente IGN) .....</i>	43
<i>Ilustración 45. Modelo Digital de Pendientes-MDP05 visualizado en una aplicación SIG .....</i>	44

<i>Ilustración 46. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Pendientes - 02 (Fuente IGN)</i>	44
<i>Ilustración 47. Modelo Digital de Pendientes-MDP02 visualizado en una aplicación SIG</i>	45
<i>Ilustración 48. Aplicaciones de los Modelos Digitales de Elevaciones (Fuente PNOA)...</i>	45
<i>Ilustración 49. Análisis de modelos digitales del terreno (MDT) y modelos digitales de superficie (MDS). Fuente: imasgal.com</i>	46
<i>Ilustración 50. Levantamiento topográfico en vista GIS. Fuente: Topografia2.com</i>	46
<i>Ilustración 51. Zonas de riesgo de inundación en la Región de Murcia. Fuente: Romero Díaz.</i>	47
<i>Ilustración 52. Ronda de Lorca - Vista general del tramo 1. Fuente: Ciudad de Lorca blogspot</i>	48
<i>Ilustración 53. Ronda de Lorca - Vista general del tramo 2. Fuente: Ciudad de Lorca blogspot</i>	48
<i>Ilustración 54. Mapa de productividad basado en datos históricos, que identifica las zonas con mayor y menor productividad en el campo. Fuente: eos.com</i>	49
<i>Ilustración 55. Creación de modelos 3D del terreno. Fuente: altergeosistemas.com</i>	49

**\*\*Nota: Las ilustraciones en las que no se indica su procedencia han sido realizadas por cuenta propia\*\***

## 1. INTRODUCCIÓN

El término *“digital terrain model”* puede tener su origen en el Laboratorio de Fotogrametría del Instituto de Tecnología de Massachussets en la década de los años 50, donde se establecieron los primeros principios del uso de los modelos digitales para el tratamiento de problemas tecnológicos, científicos y militares. La definición del Modelo Digital del Terreno (MDT) que se mencionan en diferentes trabajos es *“una representación estadística de la superficie continua del terreno, mediante un número elevado de puntos selectos con coordenadas (x, y, z) conocidas, en un sistema de coordenadas arbitrario”*.

El Modelo Digital de Elevación (MDE), desde su creación en la década de los 50, ha constituido un medio para el conocimiento y representación del terreno y para lograr análisis de los elementos presentes en el mismo mediante el uso de equipo y software especializado para tal fin. En la actualidad los modelos constituyen un medio para lograr la representación del relieve muy versátil y funcional ya que a partir del mismo se puede conocer la conformación o morfología del terreno (Modelo Digital del Terreno) sino también los elementos de origen antrópico y la vegetación presente en el mismo (Modelo Digital de Superficie).

Hoy en día con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) el modelo digital de elevación tiene un abanico de representaciones que permiten al usuario desarrollar mejores análisis de estos datos del relieve, ya que permiten visualizar los mismos mediante tintas hipsométricas, realizar perfiles longitudinales, obtener vistas en 3D, modelamiento dinámico en 3D, gamas tradicionales de color, intervalos de color de acuerdo a la variación y rangos de la elevación, sobre posición de datos o información en formato vectorial o ráster de diferentes ámbitos, temas y aplicaciones.

### 1.1 Modelos Digitales de Elevaciones

Los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) son representaciones digitales del relieve terrestre que muestran variaciones de altura en un área determinada.

Un MDE se compone de una serie de valores de elevación o “alturas” que corresponden a puntos específicos del terreno.

Los MDE's son herramientas versátiles que proporcionan información valiosa sobre la forma y las características del relieve terrestre, siendo fundamentales en una gran variedad de disciplinas, incluyendo:

**Ingeniería:** Para el diseño de infraestructuras, análisis de estabilidad de taludes, etc.

- **Gestión ambiental:** Para estudios hidrológicos, análisis de riesgos naturales (inundaciones, desprendimientos de tierra), etc.
- **Cartografía:** Para crear mapas topográficos y modelos 3D del terreno.
- **Planeamiento urbano:** Para el desarrollo de planes de ordenamiento territorial.
- **Ciencias de la Tierra:** Para estudios de geomorfología, geología, etc.

Los datos para generar un MDE pueden provenir de diversas fuentes, como imágenes satelitales, fotogrametría aérea, datos LIDAR, o de mediciones topográficas tradicionales.

Los MDE's se subdividen en Modelo Digital del Territorio (MDT) y Modelo Digital de Superficie (MDS), las diferencias entre ambos formatos son:

#### **Modelo Digital del Terreno (MDT)**

Representa la forma del terreno sin elementos sobre él, como edificios, árboles, etc.

Son útiles para análisis topográficos, planificación de obras, cálculos de volúmenes y estudios de hidrología.

#### **Modelo Digital de Superficie (MDS)**

Incluye la altura de todos los elementos sobre el terreno, como edificios, vegetación, etc.

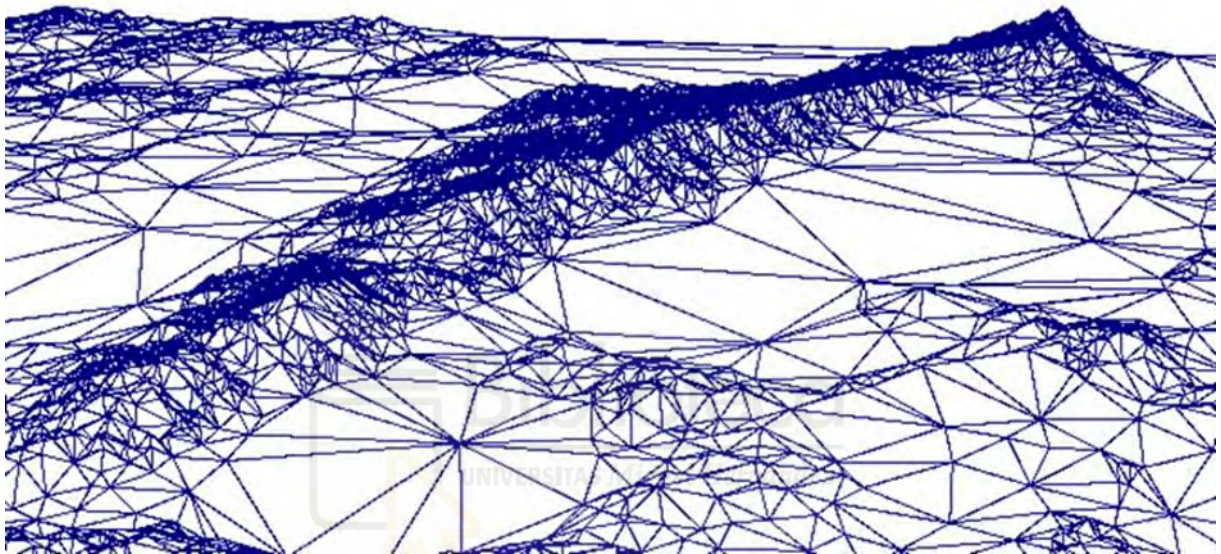
Útiles para modelados 3D, planificación urbana, análisis de obras, y en general, para representar la realidad del terreno con sus elementos.

### **1.2. Estructura de datos en el MDE**

La unidad básica de información de un MDE es el punto, definido por las coordenadas (x, y, z). La distribución de estos puntos sigue dos modelos principales según la estructura de los datos:

- **Modelo de triángulos irregulares TIN (*Triangular Irregular Network-TIN*).**

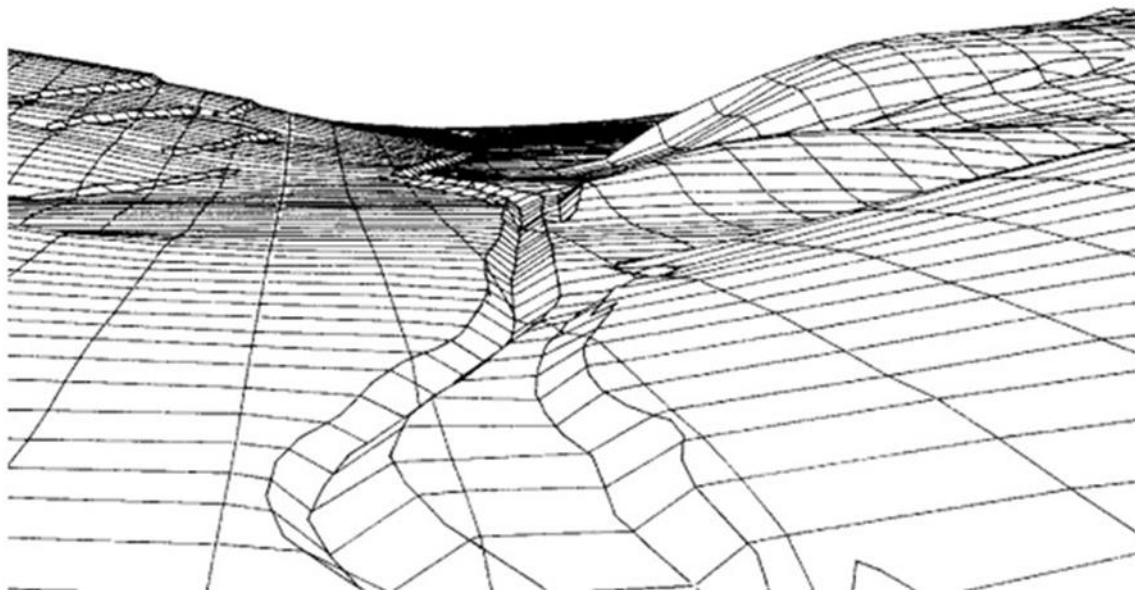
La geometría está constituida por triángulos irregulares con vértices de coordenadas conocidas, que deben definir todos los cambios significativos de la estructura del terreno para su correcta definición. Si estos puntos se eligen en las líneas de rotura del terreno (cambios de pendiente, divisorias, vaguadas, pies de talud, cabeza de talud, etc.) mejor será el modelo final.



*Ilustración 1. Modelo TIN (Fuente: IGN)*

- **Modelo de malla regular.**

Estos modelos se construyen superponiendo una retícula sobre el terreno y extrayendo el valor medio de la variable correspondiente en cada celda. Normalmente, la retícula es una red regular de malla cuadrada. La posición de cada celda se determina de forma implícita en función de su situación dentro de la matriz. La matriz vendrá definida por un origen y un valor de intervalo entre filas y columnas. Estos modelos pueden estructurarse como datos ráster donde cada elemento de la rejilla es un pixel que tiene asociada una altitud del terreno.



*Ilustración 2. Modelo de malla regular (Fuente: IGN)*

### 1.3 Creación del MDE

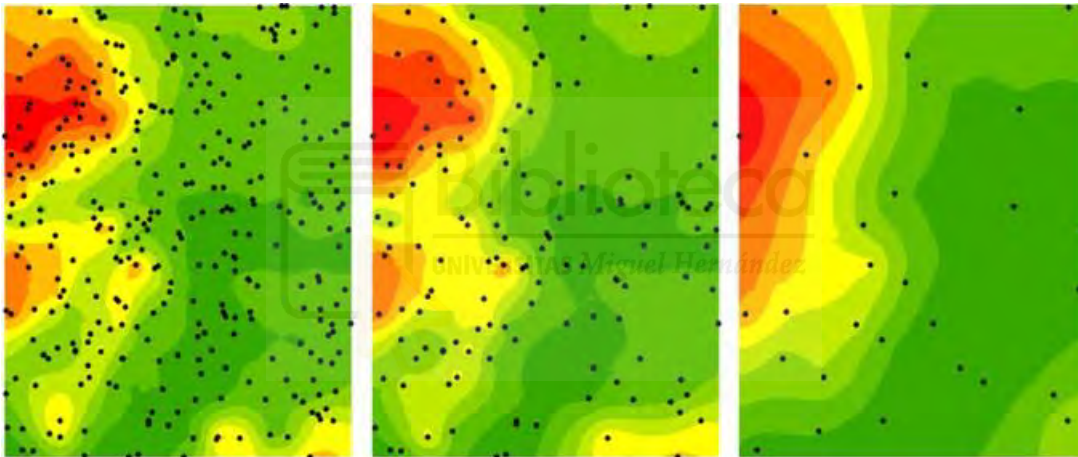
#### 1.3.1 Muestreo de los datos

La superficie del terreno es una superficie continua y a partir de ella vamos a tomar una serie de puntos para obtener un MDE, es decir, se va a hacer un muestreo. El muestreo puede ser:

- **regular** consiste en aplicar una malla regular de coordenadas (x, y) y obtener los valores z de los puntos intersección de la malla. Actualmente debido a la potencia de las herramientas informáticas el valor del paso de malla (distancia entre puntos) cada vez es menor, posteriormente estos valores se asocian a píxeles de una malla ráster, siendo este método el más utilizado en los SIG. Se trata de un método más automático y sencillo de generar y menos costoso.
- **aleatorio** supone la toma de muestras de elementos característicos del terreno, de tal modo que es más selectiva que el muestreo regular, ya que considera muy baja densidad de puntos en terrenos llanos (pocos cambios de altitud) y alto densidad de puntos en terrenos rugosos (gran cantidad de cambios en altitud). Sin embargo, este tipo de muestreo requiere una mayor intervención del operador y especialización, ya que debe definir aquellas zonas en las que obtener los puntos

Hay tres factores que pueden afectar a la calidad de MDE:

- El número de puntos: a mayor número de puntos, mayor será la precisión en la superficie obtenida; pero puede resultar una gran pérdida de tiempo en el procesamiento de la información.
- La ubicación de los puntos: la toma de puntos se debe distribuir de manera uniforme sobre la zona de interés. Si no hay suficientes puntos en zonas de alta variabilidad, la superficie interpolada no puede ser muy precisa.
- Los efectos de borde aparecen cuando no hay puntos fuera de la zona de trabajo. Se producen imprecisiones en la interpolación en los bordes de la zona. Conviene asegurarse de tomar puntos fuera de la región para obtener una buena interpolación y luego recortar la zona de interés.



*Ilustración 3. Diferentes mapas de tintas hipsométricas en función de la densidad de puntos Fuente: (IGN)*

### **1.3.2.- Interpolación**

La interpolación lineal es un proceso para la creación manual de mapas o planos de curvas de nivel. El método consiste en utilizar una secuencia de valores para predecir valores en los lugares donde falta dato.

La interpolación la usamos para generar un MDE a partir de una nube de puntos, interpolando la altitud de cada uno de ellos en función de los datos del entorno existente.

### 1.3.3 Captura de datos

Los métodos básicos para conseguir los datos de altitudes pueden dividirse en dos grupos: directos, cuando las medidas se realizan directamente sobre el terreno real, e indirectos, cuando se utilizan documentos analógicos o digitales elaborados previamente:

- **Métodos directos:** medida directa de la altitud sobre el terreno (fuentes primarias)

1. Altimetría: altímetros radar o laser transportados por plataformas aéreas o satélites (LiDAR). Gran velocidad de captura.
2. GNSS: *Global Navigation Satellite System*, sistema de navegación por satélite (GPS, GLONASS, Galileo, etc.)
3. Levantamiento topográfico: estaciones topográficas con salida digital. Limitado a zonas pequeñas.

- **Métodos indirectos:** medida estimada a partir de documentos previos (fuentes secundarias)

1. Restitución a partir de vuelos fotogramétricos (pares de imágenes estereoscópicas). Método muy extendido para zonas grandes.
2. Digitalización de mapas topográficos
  - Automática: mediante escáner y vectorización de curvas de nivel
  - Manual: mediante digitalización de mapas, los elementos a digitalizar serán las curvas de nivel, los puntos acotados y las líneas de ruptura.

### 1.4 Extensiones de archivos de información para generar un MDE

Un **Modelo Digital de Elevaciones (MDE)** puede encontrarse en distintos **formatos de archivo**, según la fuente de datos y el software que se use. Los más comunes son:

#### Formatos de MDE más utilizados

1. **GeoTIFF (.tif / .tiff)**
  - Es el formato ráster más común.

- Compatible con casi todos los SIG (QGIS, ArcGIS, GRASS, etc.).
- Puede almacenar información georreferenciada (sistema de coordenadas).

## 2. ASCII Grid (.asc)

- Formato de texto que guarda los valores de altitud en una cuadrícula.
- Ligero y fácil de leer, aunque ocupa más espacio que un GeoTIFF.
- Muy usado en análisis hidrológicos y en QGIS/ArcGIS.

## 3. ESRI Grid (.adf)

- Propietario de ESRI (ArcGIS).
- Existe en dos versiones: binario y ASCII.
- Muy utilizado en entornos ArcGIS, pero QGIS también lo lee.

## 4. IMG (Erdas Imagine)

- Ráster de alta eficiencia usado en teledetección y fotogrametría.
- Soporta pirámides y compresión.

## 5. HGT (SRTM Data)

- Formato específico de los datos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).
- Cada archivo cubre 1°x1° de la Tierra.
- Muy usado para estudios globales y regionales.

## 6. NetCDF (.nc)

- Usado en datos científicos y climáticos.
- Permite almacenar series temporales de MDE (ej. cambios en glaciares).

## 7. LAS / LAZ (LIDAR Point Cloud)

- Formato de nubes de puntos LIDAR.

- No es un MDE en sí, pero a partir de ellos se puede generar uno.
- LAZ es la versión comprimida de LAS.

### Otros formatos menos comunes

- **BIL (Band Interleaved by Line)**: ráster simple, usado en teledetección.
- **XYZ**: archivo de texto con coordenadas X, Y y valor de elevación Z.
- **DTED (Digital Terrain Elevation Data)**: estándar militar de MDE.

En resumen, los más frecuentes en la práctica con programas como QGIS son GeoTIFF (.tif), ASCII (.asc), ESRI Grid, y los HGT de SRTM.

Desde hace poco tiempo, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha incorporado el formato **COG (Cloud Optimized Geotiff)** para su catálogo de ficheros MDE, imágenes aéreas y de satélite.

El formato COG es una forma especial del formato estándar GeoTIFF que además reúne:

- Teselado
- Pirámides
- Compresión
- Optimizado para el acceso aleatorio desde servidores HTTP

De esta manera los programas pueden acceder a una parte de la imagen, sin necesidad de cargar todo el fichero. El formato COG es un TIFF y un GeoTIFF estándar, con características especiales. Por tanto, es «compatible hacia atrás» y las aplicaciones más habituales lo pueden leer: GDAL, GVSIG, QGIS, Erdas, ArcGIS, Global Mapper, etc.

Los componentes básicos de este formato están optimizados para «la nube» (*cloud computing*). El papel central que desempeñan las herramientas de código abierto que se están desarrollando, facilitarán la producción y el consumo de datos desde y para sistemas muy diversos.

### 1.5 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La historia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se remonta a la década de 1960, cuando las computadoras y la geografía computacional comenzaron a desarrollarse. El primer SIG fue el Sistema de Información Geográfica Canadiense (CGIS), creado por Roger Tomlinson para el gobierno canadiense en 1963, con el objetivo de inventariar los recursos naturales del país. Tomlinson es considerado el "padre de los SIG" por su trabajo pionero.

En la década de los 70 fue cuando se comercializaron los primeros softwares SIG, aprovechando la mejora de los ordenadores.

En la actualidad los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas informáticas que permiten capturar, almacenar, analizar, gestionar y representar información geográfica (es decir, datos vinculados a una localización en la superficie terrestre).

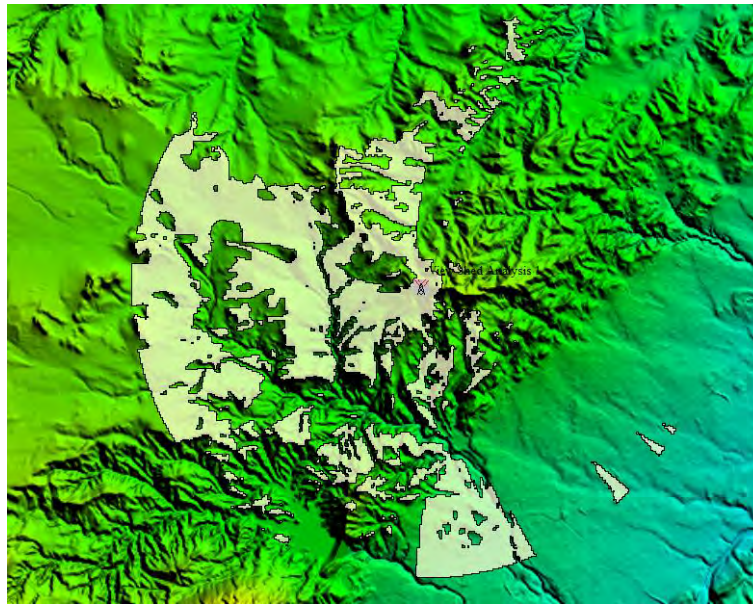
Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) están muy relacionados porque los MDE son un tipo de dato espacial fundamental que se gestiona y analiza dentro de un SIG.

Un MDE es una representación numérica de la altitud del terreno en una superficie, generalmente en forma de rejilla (ráster). Se integra en un SIG como una capa de información que puede combinarse con mapas de suelos, usos del suelo, hidrografía, carreteras, etc.

### 1.6 Usos de MDE y análisis de superficies

#### - Cálculos de visibilidad

Consiste en obtener las zonas que son visibles desde un punto dado, considerando la elevación del punto y del terreno. Se utiliza para ver las zonas vistas desde un punto, o a la inversa, para ver si ese punto es visto desde diferentes zonas. Por ejemplo, para ver desde qué ubicaciones del paisaje serán visibles los molinos de viento, o las zonas de cobertura de las antenas de telefonía, o cuáles serán las vistas desde una carretera.

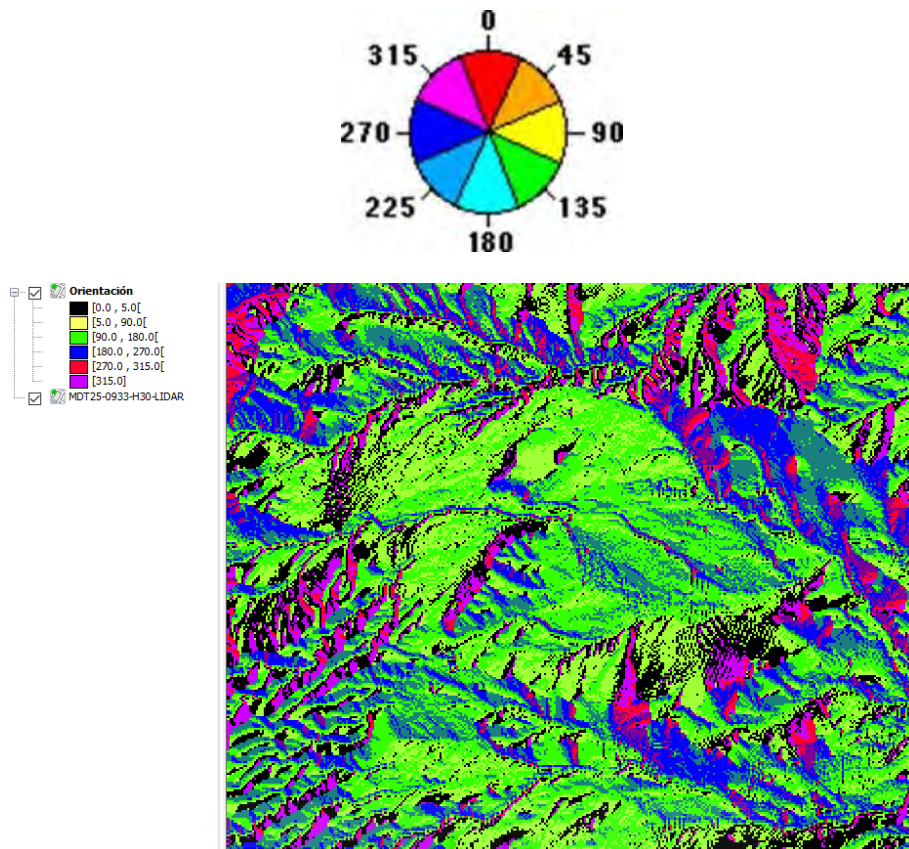


*Ilustración 4. Visualización de cuenca visual con sombreado*

No sólo puede determinar las celdas que se pueden ver desde la torre de observación, sino que también, si tiene varios puntos de observación, puede determinar los observadores que pueden ver cada ubicación observada. Saber qué observador puede ver qué ubicaciones puede afectar a la toma de decisiones. Por ejemplo, en un estudio de calidad visual para instalar un vertedero, si se determina que el vertedero propuesto se puede ver solamente desde las pistas de tierra y no desde las carreteras primarias y secundarias, puede encontrarse una ubicación favorable.

#### **- Cálculo de orientaciones**

La orientación puede definirse como el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y el vector que señala la dirección del punto, medido sobre el plano horizontal. Esta orientación nos permite saber la dirección de la pendiente. Los valores de cada celda del ráster de salida indican la dirección de la pendiente a la que apunta la superficie en esa ubicación. Se mide en el sentido de las agujas del reloj en grados de 0 (hacia el norte) a 360 (hacia el norte, nuevamente), formando un círculo completo. Las áreas planas que no tienen dirección de pendiente descendente tienen un valor de -1.



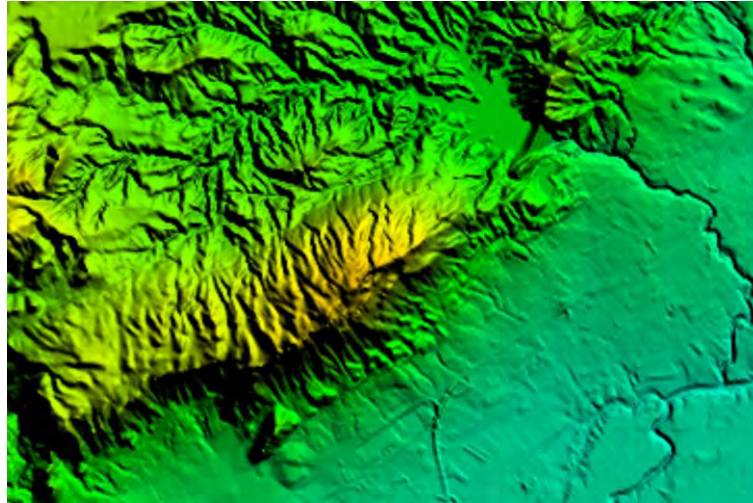
*Ilustración 5. Mapa de orientaciones con 4 valores en función de los puntos cardinales*

Entre las aplicaciones que puede tener el cálculo de orientaciones destacamos:

- Calcular la iluminación solar para cada ubicación de una región como parte de un estudio para determinar la diversidad de vida en cada sitio.
- Buscar todas las pendientes hacia el sur en una región montañosa para identificar las ubicaciones donde es posible que la nieve se derrita primero, como parte de un estudio para identificar las ubicaciones residenciales que son propensas a ser afectadas primero por la escorrentía.
- Identificar áreas de terreno plano para descubrir un área en donde pueda aterrizar un aeroplano en caso de emergencia.

#### - Cálculo de isolíneas

Las isolíneas son líneas que conectan ubicaciones de igual valor, así como podemos encontrar isoyetas (líneas que unen puntos con mismas precipitaciones) o isotermas (líneas que unan ubicaciones con mismas temperaturas). En nuestro caso las que nos interesan son las curvas de nivel que son líneas que unen puntos con igual altitud.



*Ilustración 6. Ráster de elevación de entrada*



*Ilustración 7. Curvas de nivel de salida*

La distribución de las líneas de curvas de nivel muestra cómo cambian los valores a través de una superficie. Cuando hay poco cambio en un valor, las líneas están más separadas entre sí. Cuando los valores suben o bajan rápidamente, las líneas están más juntas.

#### **- Cálculo de sombreado**

Mediante el sombreado se obtiene la iluminación hipotética de una superficie iluminada por una fuente de luz, determinando los valores de iluminación para cada celda en un ráster. Para esto, se configura la posición de una fuente de luz hipotética y se calculan los valores de iluminación de cada celda respecto de las celdas vecinas. Esto puede mejorar mucho la visualización de una superficie para su análisis o visualización gráfica, en especial cuando se utiliza la transparencia.

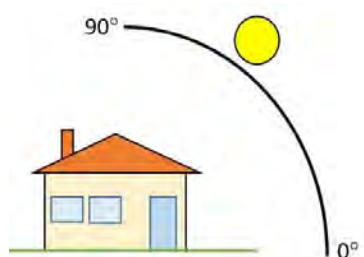
Por defecto, la sombra y la luz son tonos de grises asociados a números enteros, de 0 a 255 (aumenta de negro a blanco).

Para poder realizar el sombreado necesitamos saber la posición de la fuente de luz hipotética, para ello necesitamos saber su orientación (acimut), que puede definirse como el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y el vector que señala la dirección de la fuente de luz hipotética, medido sobre el plano horizontal. De esta forma un acimut de  $90^\circ$  corresponde al punto cardinal Este.

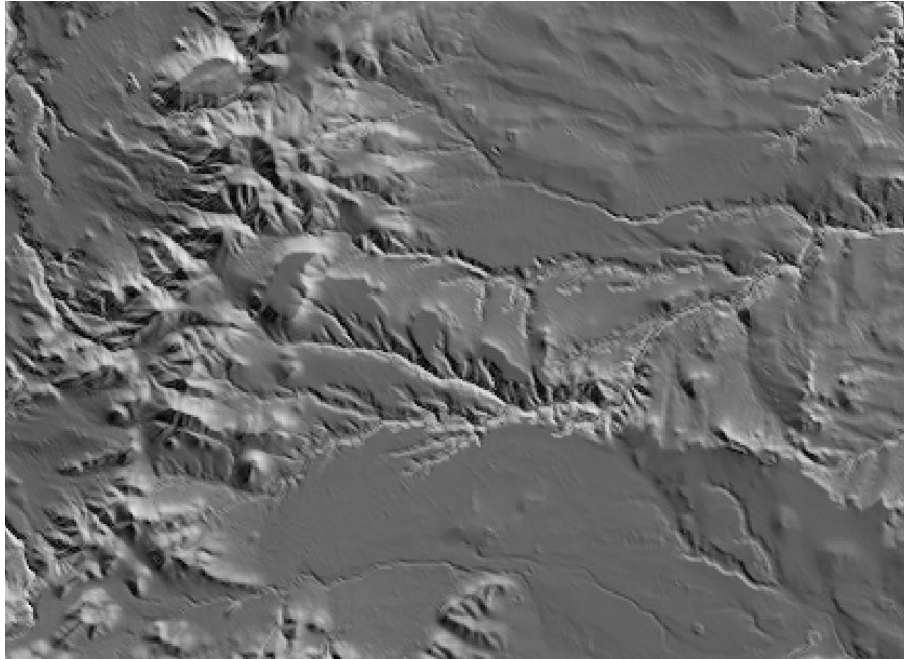


*Ilustración 8. Altitud y altura de la fuente de iluminación*

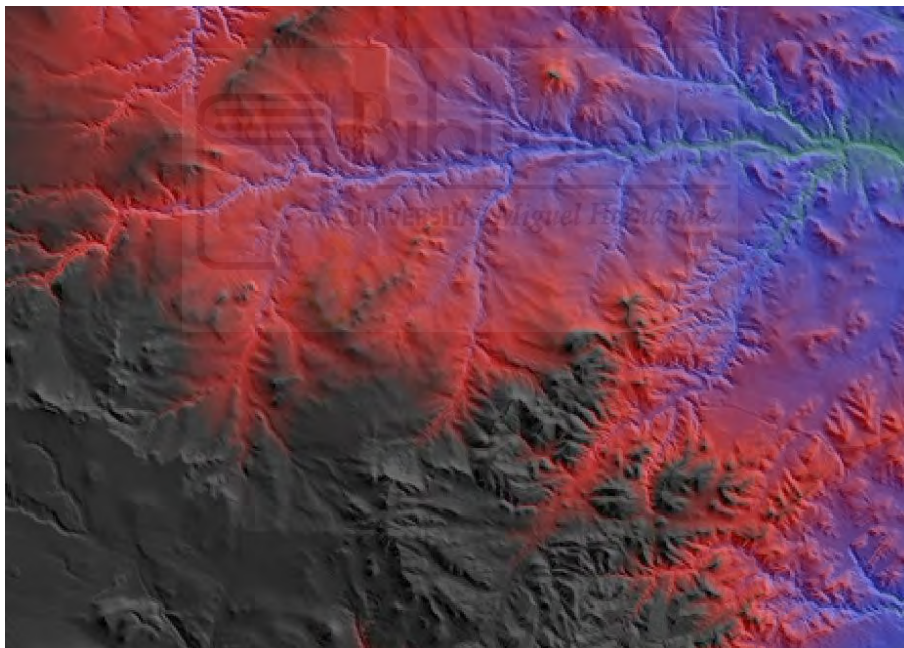
La altitud es la pendiente o el ángulo de la fuente de iluminación por encima del horizonte. Las unidades se expresan en grados, de 0 (en el horizonte) a 90 (arriba). El valor predeterminado es 45 grados.



*Ilustración 9. La altitud predeterminada del sol para el sombreado es  $45^\circ$*



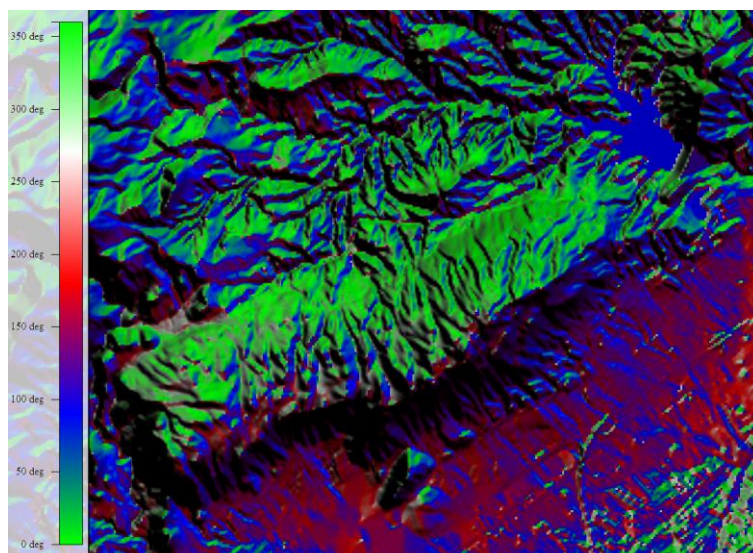
*Ilustración 10. Salida de sombreado (acimut 315 grados y altitud de 45°)*



*Ilustración 11. Mapa de relieve combinado de tintas hipsométricas y sombreado*

### **- Cálculo de pendientes**

La pendiente identifica la inclinación en cada celda de una superficie de ráster. Cuanto menor sea el valor de la pendiente, más plano será el terreno y cuanto más alto sea el valor de la pendiente, más empinado será el terreno.

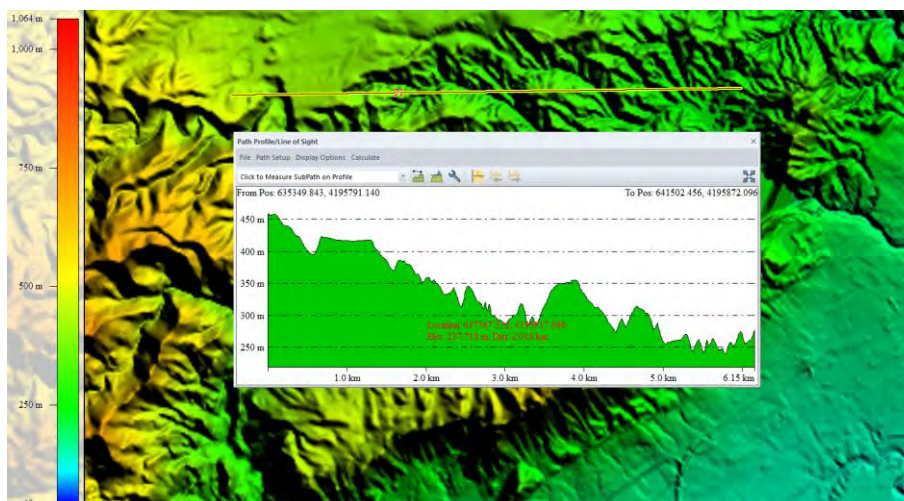


*Ilustración 12. Salida de ráster de pendientes (en grados)*

El ráster de pendientes se puede calcular en dos tipos de unidades: grados o porcentaje. La pendiente en porcentaje se calcula dividiendo la elevación entre la distancia recorrida, multiplicada por 100. Cuando el ángulo es de 45 grados, la elevación es igual a la distancia horizontal. A medida que la pendiente alcanza la vertical (90 grados), la pendiente en porcentaje comienza a acercarse al infinito. En grados, la pendiente se calcularía como la arcotangente de la diferencia de alturas entre la distancia horizontal.

#### **- Cálculo de perfiles**

Consiste en obtener una representación gráfica del corte que produce en el terreno el plano vertical de una línea dada. Con la mayoría del software SIG se pueden obtener perfiles longitudinales del terreno con tan sólo definir la línea imaginaria que determina el perfil, o seleccionar un elemento lineal existente, por ejemplo, una carretera. Dados dos puntos (A y B), se obtiene el corte vertical del terreno representando en el eje de ordenadas (X) la distancia reducida y en el eje de abcisas (Y) las altitudes.



*Ilustración 13. MDT y perfil longitudinal*

## 2. OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es generar una guía acerca de los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) en la que se expliquen las aplicaciones de estos de forma cotidiana, como acceder a estas herramientas o datos y las diferentes aplicaciones que pueden tener en Sistemas de Información Geográfica SIG.

En este trabajo vamos a utilizar el software QGIS, en primer lugar, por tratarse de software libre y estar disponible en los ordenadores de las aulas de informática de la UMH y, en segundo lugar, por ser una aplicación muy útil en los procesos de transformación que nos permita utilizar los MDE que podemos descargar desde el Centro de descargas del IGN.

En los Anexos del presente trabajo, a modo de pequeños tutoriales, se detallan los pasos a seguir en el manejo de la aplicación QGIS y sobre la utilización de los diferentes procesos para analizar los Modelos Digitales del Terreno.

## 3. PROYECTO PNOA-LIDAR

El **proyecto PNOA-LiDAR** forma parte del **Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del Instituto Geográfico Nacional** del (IGN), y tiene por objetivo principal obtener datos tridimensionales de elevación del terreno para todo el territorio español mediante tecnología LiDAR aérea

En España, la obtención de datos LiDAR se organiza a través de diferentes campañas denominadas **coberturas**. Cada cobertura corresponde a un levantamiento completo del territorio nacional en un determinado periodo de tiempo, utilizando tecnologías que han ido mejorando progresivamente en cuanto a precisión y densidad de puntos.

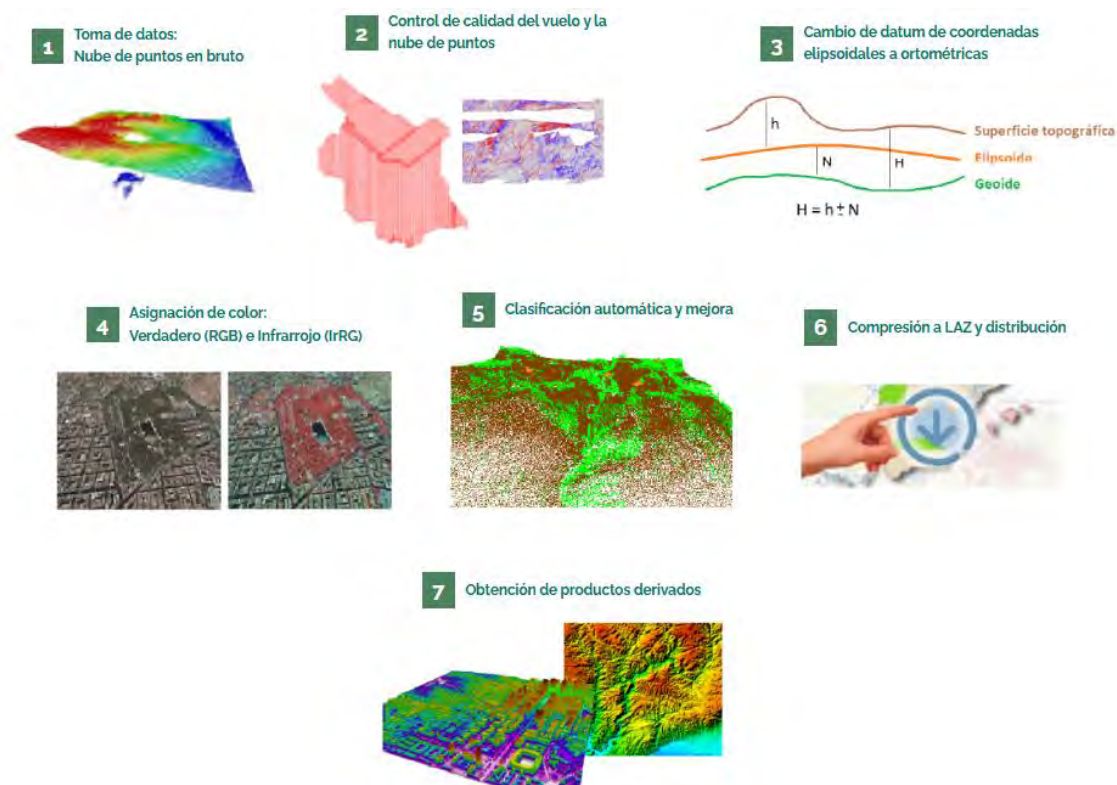
### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Característica	Primera cobertura	Segunda cobertura	Tercera cobertura
Densidad mínima de puntos	0,5 puntos/m <sup>2</sup>	0,5 - 2 puntos/m <sup>2</sup>	5 puntos/m <sup>2</sup>
Años de vuelo	2009 - 2015	2015 - 2021	2022 - 2025
Sistema geodésico de referencia	ETRS89 o REGCAN95 husos 28, 29, 30 y 31 según corresponda		
Sistema de referencia altimétrico	Altitudes ortométricas, geoide de referencia EGM08		
RMSE Z	≤ 40 cm	≤ 20 cm	≤ 10 cm
Precisión planimétrica estimada	≤ 30 cm	≤ 30 cm	≤ 25 cm
Imagen simultánea	No (excepción Baleares)	Sí, desde 2016	Sí
Tamaño ficheros	2 x 2 km	2 x 2 km (excepción Madrid)	1 x 1 km
Formato ficheros	LAS 1.2 format 3		LAS 1.4 format 8
Paso de malla del MDE	5 m x 5 m	2 m x 2 m	0,5 m x 0,5 m
RMSE Z (MDE)	≤ 50 cm	≤ 25 cm	≤ 15 cm
Precisión planimétrica estimada (MDE)	≤ 50 cm	≤ 50 cm	≤ 50 cm

*Ilustración 14. Especificaciones técnicas de las coberturas LiDAR (Fuente IGN)*

Los componentes principales de los que está compuesto un sistema de medida LiDAR incluyen una plataforma (avión, UAV, automóvil, trípode, mochila, barco, etc.), sistema de escáner láser, sistema GNSS (Sistema de posicionamiento global) e INS (sistema de navegación por inercia, mide la rotación, inclinación y encabecamiento del sistema).

Los pasos que se siguen en el tratamiento de los datos en el proyecto PNOA-LiDAR se pueden resumir en la siguiente imagen:



*Ilustración 15. Esquema de los pasos seguidos en el tratamiento de los datos PNOA- LiDAR (Fuente IGN)*

## Clasificación de puntos

Cada punto LiDAR puede tener una clasificación asignada que define el tipo de objeto que reflejó el pulso láser. Los puntos LiDAR se pueden clasificar en varias categorías que incluyen desde el suelo o terreno desnudo, a la vegetación. Las diversas clases se definen mediante códigos numéricos de enteros en el archivo LAS. Los códigos de clasificación los definió la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) para todos los formatos LAS.

Los niveles serán los siguientes:

- Fase 1: Clasificación inicial (NPC1)
  - Formato nombre: PNOA\_2024\_MAD\_XXX-YYYY\_NPC01.LAZ
  - Objetivo: clasificación rápida para disponer de un primer dato y que, además, sirva de base para la fase 2.
  - Método: clasificación automática de nubes de puntos basado en características geométricas. Podrá apoyarse en información radiométrica u otras fuentes de información externas.

- Clases: Suelo, vegetación (3 estratos de altura), edificios, + ruido y solape.
- Precisión: Se establece un valor mínimo aceptable de 0.9 para todas las clases en su conjunto. F-Score > 0.9 Se utilizarán zonas de chequeo para verificar los resultados.
- Fase 2: Edición básica (NPC2)
  - Formato nombre: PNOA\_2024\_AST\_XXX-YYYY\_NPC02.LAZ
  - Objetivo: obtener una clasificación con mayor fiabilidad.
  - Método: revisión interactiva en el que se pueda interpretar de manera simultánea la nube clasificada y la ortofoto del vuelo LiDAR, pudiéndose apoyar en productos derivados de la clasificación, de la intensidad u otras fuentes externas.
  - Clases: las obtenidas en la fase 1 + puentes.
  - Precisión: F-Score general  $\geq$  (0,97/0,96/0,90) en terreno rústico/urbano/montaña (zona rocosa o matorral) respectivamente.

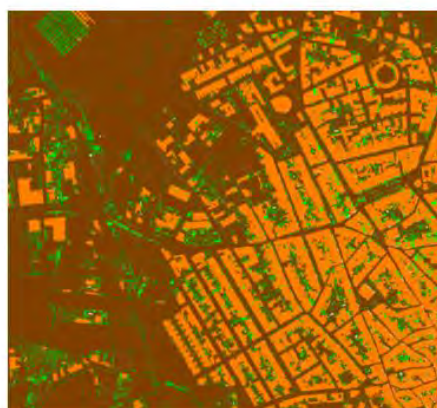
Clase Suelo:  $\geq$  0,97/0,97/0,85      Edificaciones:  $\geq$  0,95/0,90

Clase Vegetación:  $\geq$  0,97/0,90/0,60      Puentes:  $\geq$  0,95

La codificación de clases se realiza de acuerdo con el estándar establecido por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) para el formato LAS 1.4

Clases definidas por la ASPRS

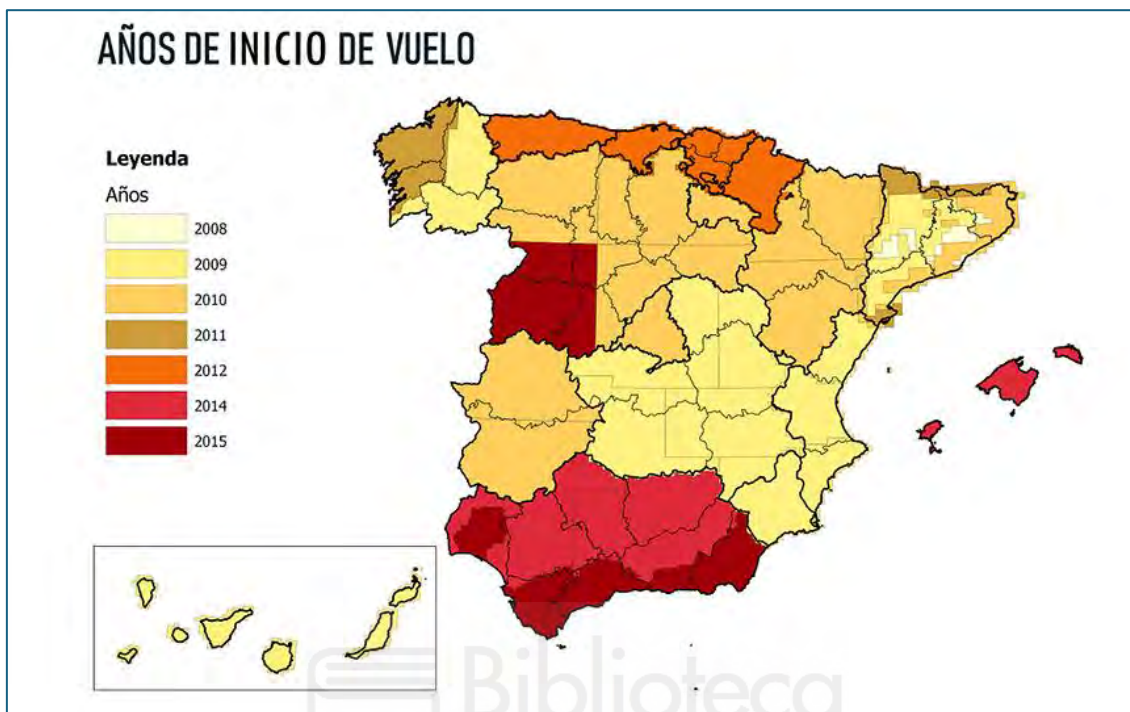
Clase	Significado
0	Sin clasificar
1	No clasificado
2	Suelo
3	Vegetación baja
4	Vegetación media
5	Vegetación alta
6	Edificación
7	Ruido
8	Clave de modelo
9	Agua
10	Reservado ASPRS
11	Reservado ASPRS
12	Solape
13-31	Reservado ASPRS



*Ilustración 16. Clases definidas por la ASPRS y fragmento de nube de puntos clasificada (Fuente IGN)*

La **primera cobertura LiDAR**, realizada entre 2008 y 2015, supuso el primer levantamiento sistemático de este tipo de datos para todo el país. Su resolución oscilaba

entre 0,5 y 2 puntos por metro cuadrado, lo que permitió generar los primeros Modelos Digitales de Elevación (MDE) y del Terreno (MDT) de carácter homogéneo en todo el territorio nacional.



*Ilustración 17. Años de inicio de vuelo de la 1ª cobertura (Fuente IGN)*

**LIDAR 1ª Cobertura (2008-2015)**

**Descripción:** Ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LiDAR y de ámbito nacional coloreados con color verdadero (RGB) o con infrarrojo (IRC).

**Formato:** Fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

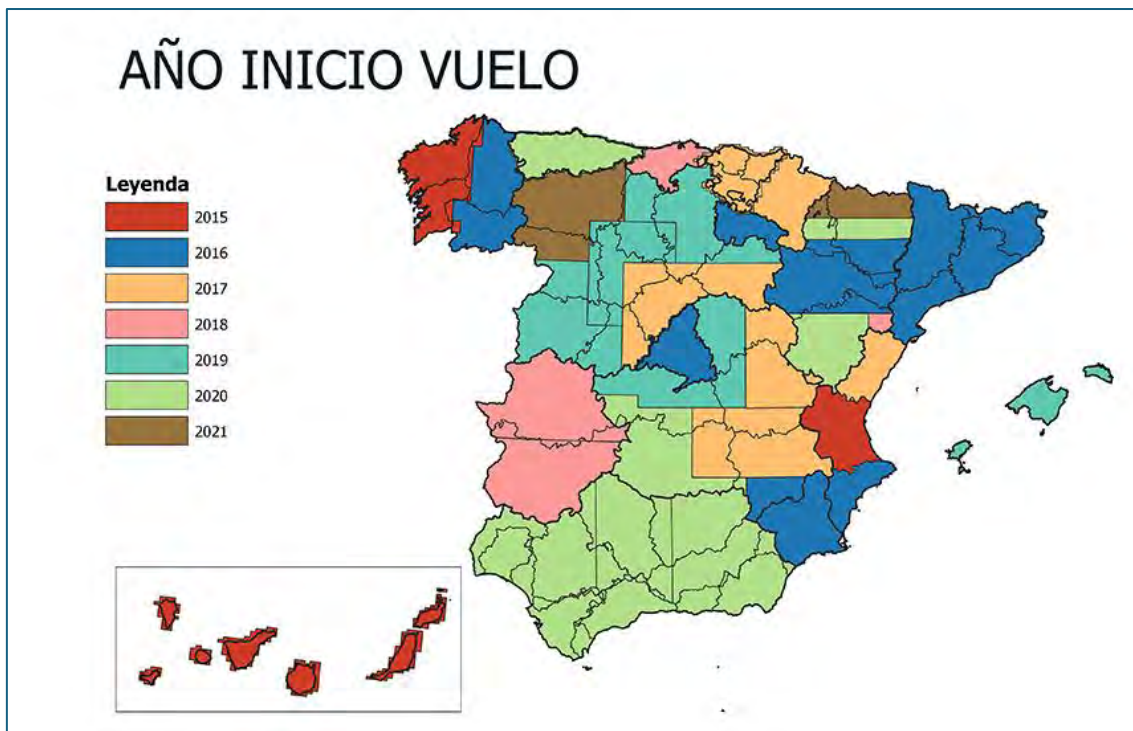
[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 18. LiDAR 1ª Cobertura (Fuente IGN)*



*Ilustración 19. Mapa LiDAR de la 1ª cobertura visualizado en QGIS*

Posteriormente, entre 2015 y 2021, se llevó a cabo la **segunda cobertura LiDAR**, que mejoró tanto en homogeneidad como en calidad de los datos. Con una densidad de aproximadamente 1 punto por metro cuadrado, proporcionó un nivel de detalle superior, abriendo nuevas posibilidades de aplicación. Gracias a esta actualización se desarrollaron estudios hidrológicos más precisos, inventarios forestales detallados y mejores herramientas para la planificación territorial.



*Ilustración 20. Años de inicio de vuelo de la 2ª cobertura (Fuente IGN)*

### LIDAR 2ª Cobertura (2015-2021)

**Descripción:** Ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LiDAR y de ámbito nacional coloreados con color verdadero (RGB) o con infrarrojo (IRC).

**Formato:** Fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

  
[Ver producto](#)

  
[Buscar en mapa](#)

*Ilustración 21. LiDAR 2ª Cobertura (Fuente IGN)*



*Ilustración 22. Mapa LiDAR de la 2ª cobertura visualizado en QGIS*

Finalmente, desde 2022 se encuentra en ejecución la **tercera cobertura LiDAR**, que constituye la campaña más ambiciosa hasta la fecha. Con un objetivo de densidad superior a 5 puntos por metro cuadrado, ofrece un nivel de detalle muy elevado. Esto permite su aplicación en proyectos de ingeniería civil, planificación urbana avanzada, gestión forestal de alta precisión y monitorización ambiental, respondiendo a la creciente demanda de información espacial más exacta y completa.



*Ilustración 23. Años de inicio de vuelo de la 3ª cobertura (Fuente IGN)*

**LIDAR 3ª Cobertura (2022-2025)**

**Descripción:** Ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LIDAR y de ámbito nacional coloreados con 4 bandas (RGBI).

**Formato:** Fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 24. LiDAR 3ª Cobertura (Fuente IGN)*

En esta tabla puedes consultar el estado de la **Tercera Cobertura** por comunidades autónomas a fecha 01/09/2025:

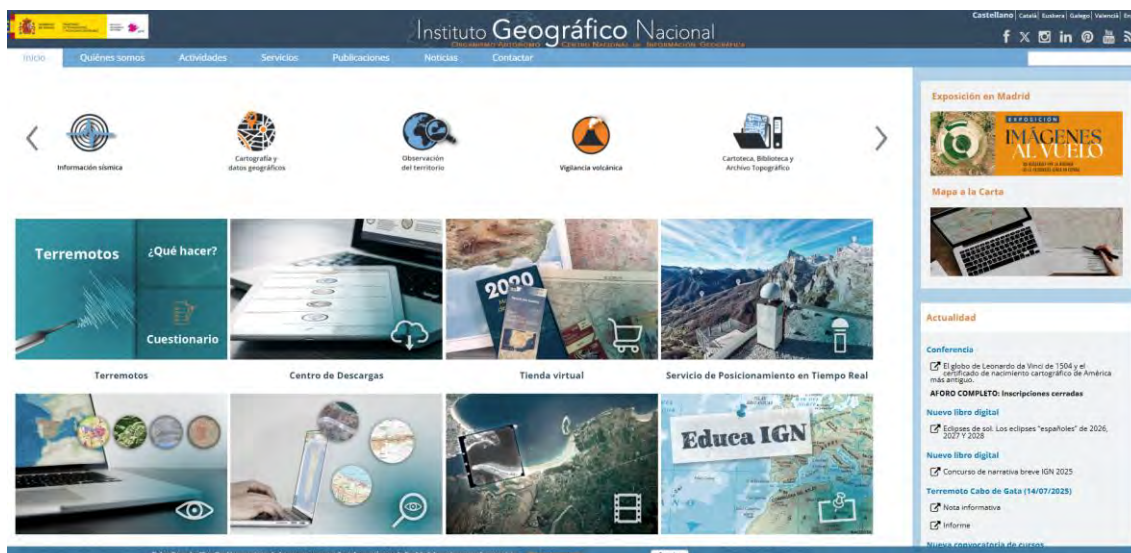
Estado actual			
Comunidad Autónoma	NPC1 Nube de puntos clasificada automáticamente	NPC2 Nube de puntos clasificada con edición básica	NPC3 Nube de puntos clasificada con edición avanzada
Aragón	Publicada		
Canarias	Publicada		
Cantabria	-	-	Publicada
Catalunya	Publicada		
Comunitat Valenciana	Previsión 2º semestre 2025		
Extremadura	-	Publicada	
Illes Balears	Previsión 2º semestre 2025		
Región de Murcia	Previsión 2º semestre 2025		
Comunidad de Madrid	Publicada		
Andalucía	Previsión 2º semestre 2025		
País Vasco, Comunidad Foral de Navarra, La Rioja	Previsión 2º semestre 2025		
Ciudad Autónoma de Ceuta	Publicada		
Ciudad Autónoma de Melilla	Publicada		
Principado de Asturias y Galicia	Previsión 2º semestre 2025		

*Ilustración 25. Estado actual de la 3ª Cobertura LiDAR (Fuente PNOA)*

#### 4. ACCESO A DATOS

En España, la disponibilidad de Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) es muy amplia gracias a los programas nacionales de cartografía y a la infraestructura de datos espaciales que gestiona el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Estos modelos constituyen una herramienta fundamental en estudios de geomorfología, ordenación territorial, gestión de recursos hídricos o prevención de riesgos naturales, y se encuentran accesibles de manera gratuita a través de diferentes plataformas.

La principal fuente de información es el **Centro de Descargas del CNIG**, que actúa como el portal oficial del IGN para la distribución de datos geográficos. A través de este servicio, se pueden obtener MDE en distintas resoluciones y formatos, adaptados a las necesidades de cada proyecto.



*Ilustración 26. Portal del Instituto Geográfico Nacional (Fuente IGN)*

El recurso fundamental es el **PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea)**, que desde hace años incluye campañas de captura de datos mediante tecnología LIDAR. Gracias a ello, se dispone de nubes de puntos de gran precisión (0,5–2 m) que permiten generar tanto Modelos Digitales de Elevación (MDE) como Modelos Digitales del Terreno (MDT). Estos productos ofrecen un detalle muy superior al de los modelos ráster convencionales, lo que los convierte en la base de numerosos estudios avanzados.



*Ilustración 27. Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (Fuente PNOA LiDAR)*

## 5. PRODUCTOS OFRECIDOS POR CNIG

El **Centro de Descargas del CNIG**, dependiente del Instituto Geográfico Nacional, ofrece diferentes **Modelos Digitales de Elevación (MDE)** generados a partir de los datos

capturados en el marco del proyecto PNOA-LiDAR. Entre ellos se incluyen el **Modelo Digital del Terreno (MDT)**, el **Modelo Digital de Superficie (MDS)** y el **Mapa de Pendientes (MDP)**, todos ellos disponibles de manera abierta y gratuita para su integración en proyectos y análisis dentro de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### 5.1 Modelos Digitales del Terreno

El **Instituto Geográfico Nacional (IGN)** pone a disposición pública diferentes **Modelos Digitales del Terreno (MDT)**, cuya principal diferencia radica en la resolución espacial de la malla. Esta resolución indica la distancia entre los puntos de muestreo de la altitud, de modo que cuanto menor es el valor, mayor es el nivel de detalle del modelo.

El producto de mayor precisión es el **MDT02**, con una resolución de **2 metros**, generado a partir de datos LiDAR del *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)*. Este modelo es especialmente útil en trabajos que requieren gran detalle, como estudios hidrológicos, análisis de riesgos naturales o planificación de infraestructuras.



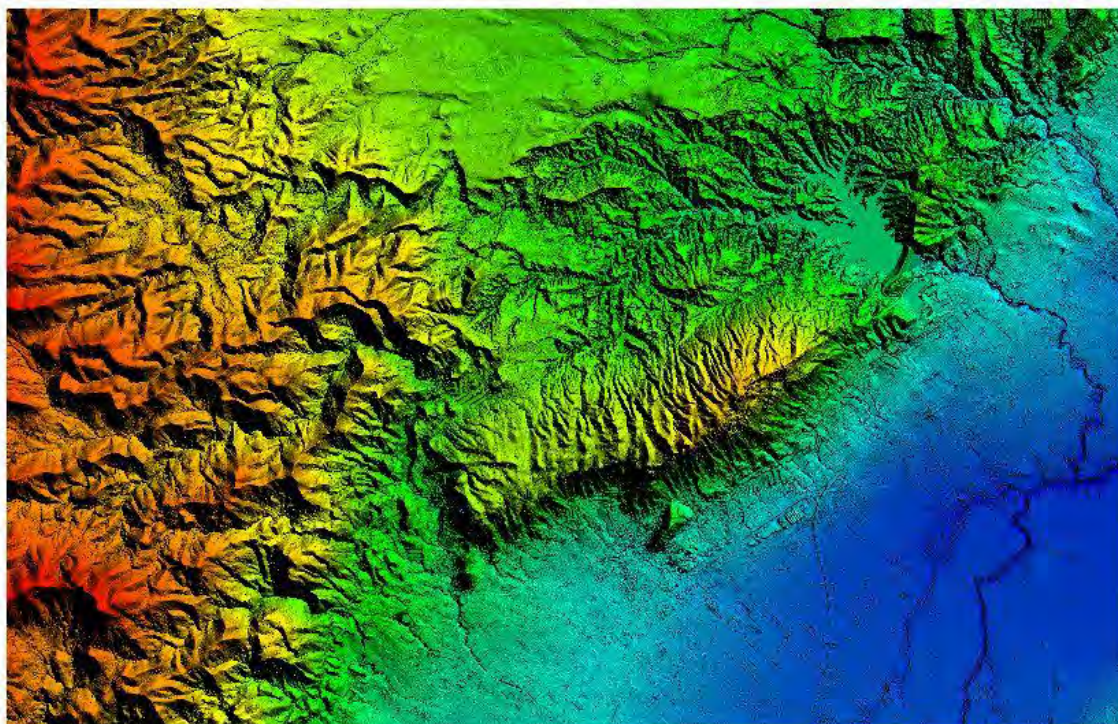
**Modelo Digital del Terreno - MDT02**

**Descripción:** Modelo digital del terreno 2ª Cobertura (2015-2021) con paso de malla de 2 metros.

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 28. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 02 (Fuente IGN)*



*Ilustración 29. Modelo Digital del Terreno-MDT02 visualizado en una aplicación SIG*

A continuación, el **MDT05**, con una resolución de **5 metros**, supone un equilibrio entre detalle y manejabilidad de los datos, lo que lo hace adecuado para proyectos de análisis territorial, planificación urbana o estudios ambientales en ámbitos locales y regionales.



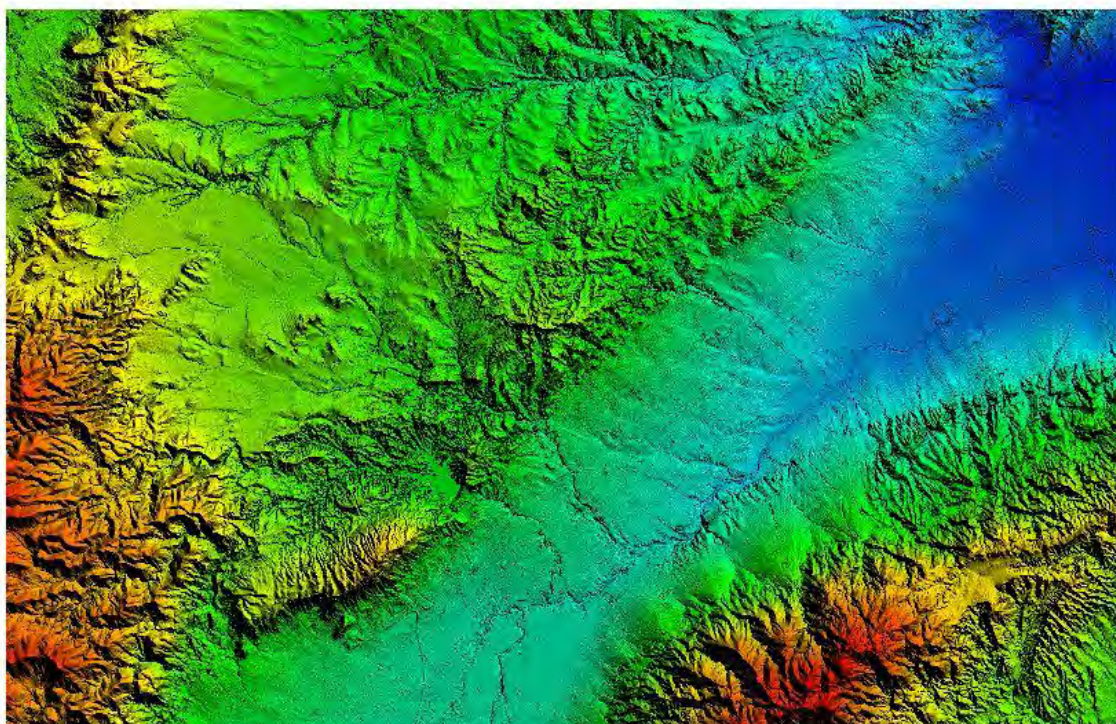
**Modelo Digital del Terreno - MDT05**

**Descripción:** Modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 5 metros.

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 30. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 05 (Fuente IGN)*



*Ilustración 31. Modelo Digital del Terreno-MDT05 visualizado en una aplicación SIG*

El **MDT25**, con resolución de **25 metros**, ofrece una visión más general del relieve y resulta idóneo para análisis a escala regional o nacional, donde no se necesita un nivel de detalle tan elevado, pero sí una representación homogénea del territorio.

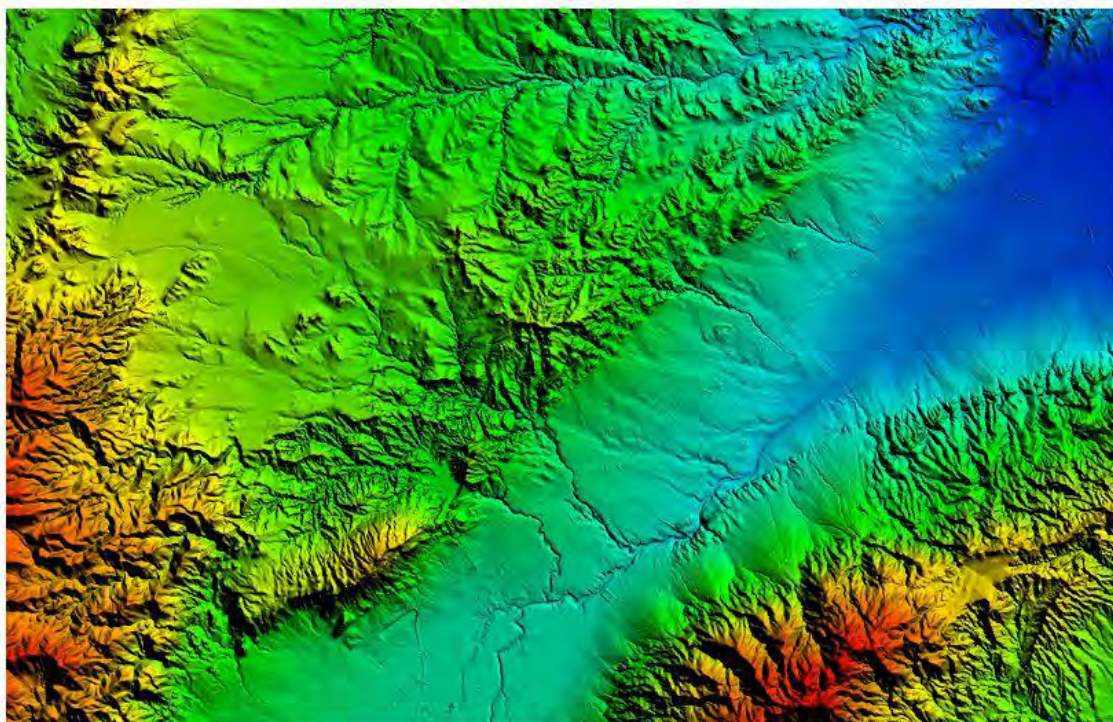
**Modelo Digital del Terreno - MDT25 1ª cobertura**

**Descripción:** Modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 25 metros.

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 32. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 25 (Fuente IGN)*



*Ilustración 33. Modelo Digital del Terreno-MDT25 visualizado en una aplicación SIG*

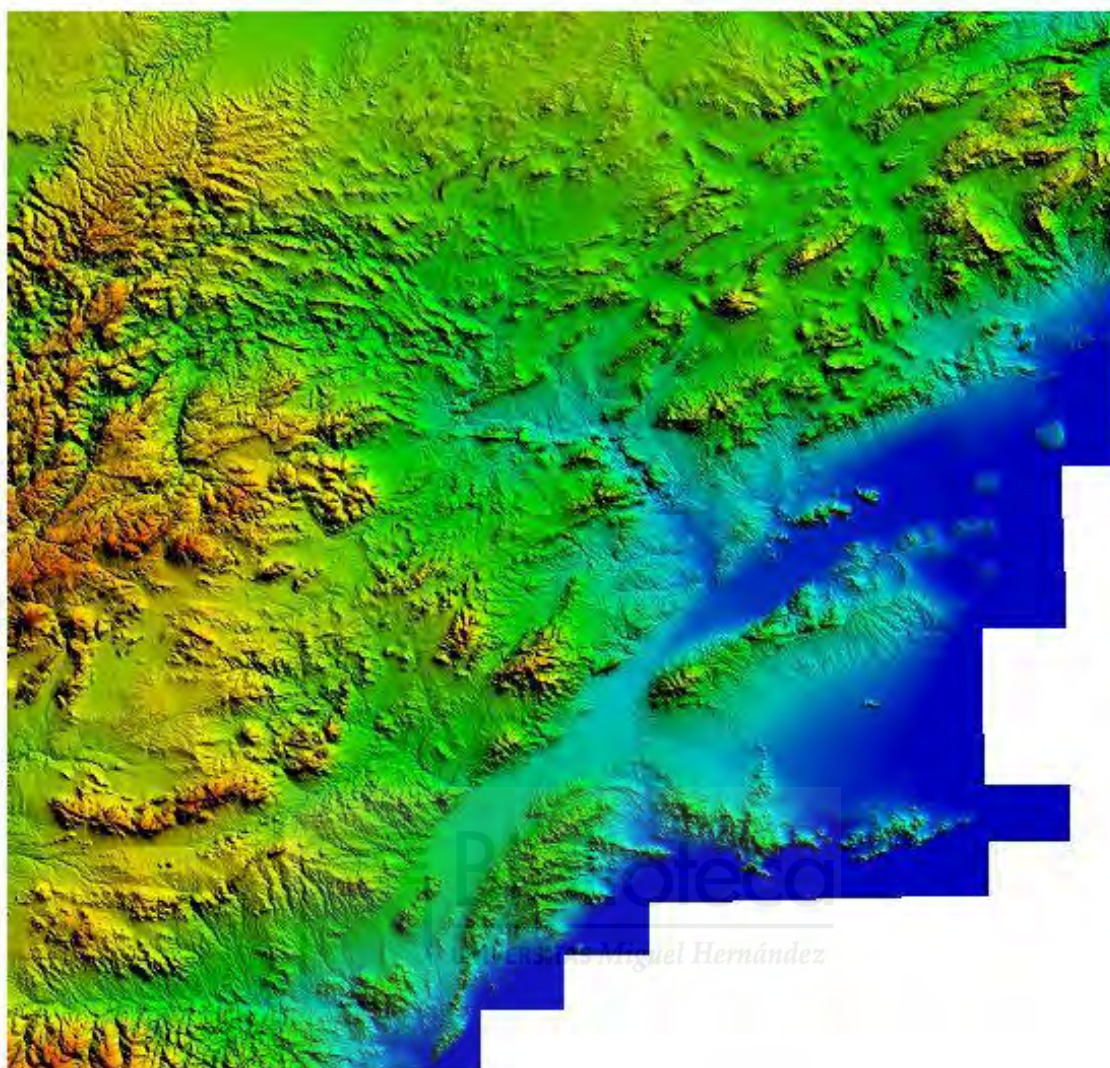
Por último, el **MDT200**, con resolución de **200 metros**, proporciona una aproximación muy generalizada al relieve español. Este modelo se emplea principalmente en estudios de gran escala, como modelos climáticos, planificación a nivel estatal o análisis comparativos amplios donde prima la extensión sobre el detalle.

**Modelo Digital del Terreno - MDT200 1ª cobertura**

**Descripción:** Modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 200 metros.  
**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 34. Modelo digital del Terreno Modelo Digital del Terreno - 200 (Fuente IGN)*



*Ilustración 35. Modelo Digital del Terreno-MDT20 visualizado en una aplicación SIG*

En conjunto, la disponibilidad de diferentes MDT permite adaptar el uso de los datos a las necesidades de cada proyecto, desde estudios locales de alta precisión hasta análisis estratégicos de ámbito nacional. Esta versatilidad convierte a los MDT en un recurso esencial dentro de los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**.

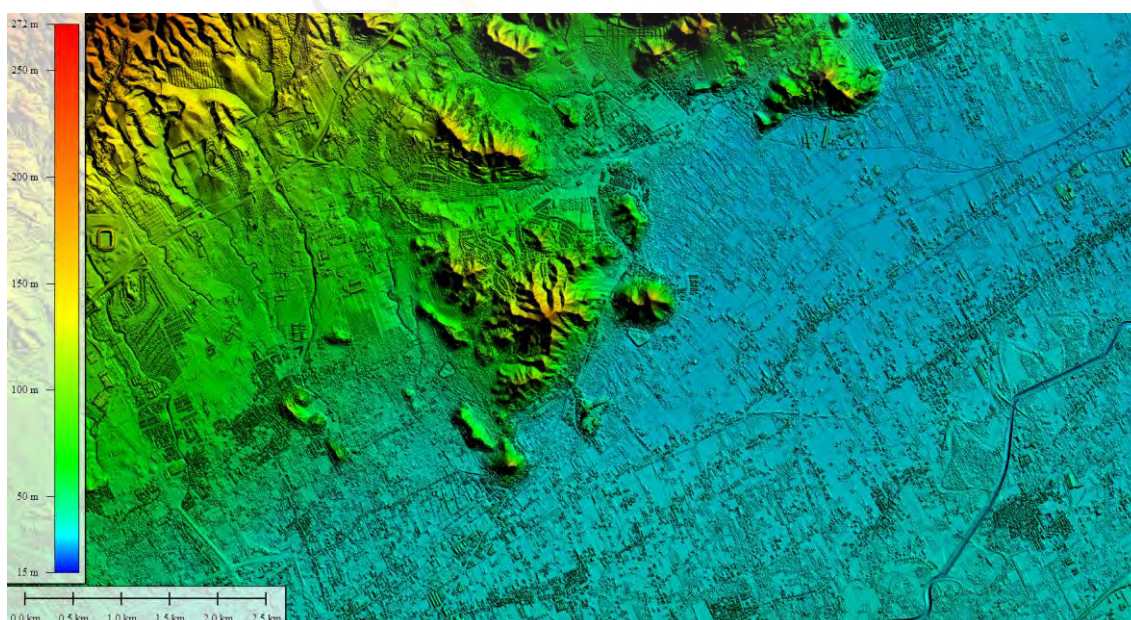
## **5.2 Modelos Digitales de Superficie**

Los MDS representan la cota más elevada dentro de cada celda de una malla (es decir, incluyen terreno más elementos sobre él: edificaciones, vegetación y otras coberturas), y se generan mediante la rasterización de las clases relevantes de la nube de puntos. Estos productos son especialmente útiles cuando se necesita una visión realista de la superficie sobre la que se asientan los objetos (urbanismo 3D, cálculo de sombras, análisis de visibilidad, modelización de volúmenes, gestión forestal, etc.).

Los **MDS05** constituyen el modelo de superficies más extendido en la primera fase de difusión, se trata de un ráster con paso de malla de **5 metros**, obtenido a partir de las clases de suelo, vegetación y edificación de las nubes LiDAR. Es una opción equilibrada para análisis urbanos y territoriales donde se busca detalle suficiente sin manejar volúmenes de datos excesivos.



*Ilustración 36. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies - 05 (Fuente IGN)*



*Ilustración 37. Modelo Digital Superficies-MDS05 visualizado en una aplicación SIG*

Además, el CNIG ofrece **MDS02** para necesidades de mayor detalle un MDS rasterizado con **paso de malla de 2 metros** en las áreas donde la cobertura LiDAR y la calidad de la

nube lo permiten. Este producto está orientado a aplicaciones que requieren precisión fina en la representación de elementos sobre el terreno (por ejemplo, análisis urbanos detallados, estudios de sombras y fachadas, modelado de corredores verdes y análisis arquitectónicos). La disponibilidad de MDS02 es dependiente de la cobertura LiDAR de cada hoja y conviene comprobar la cobertura por hoja en el catálogo del CNIG antes de planificar su uso.



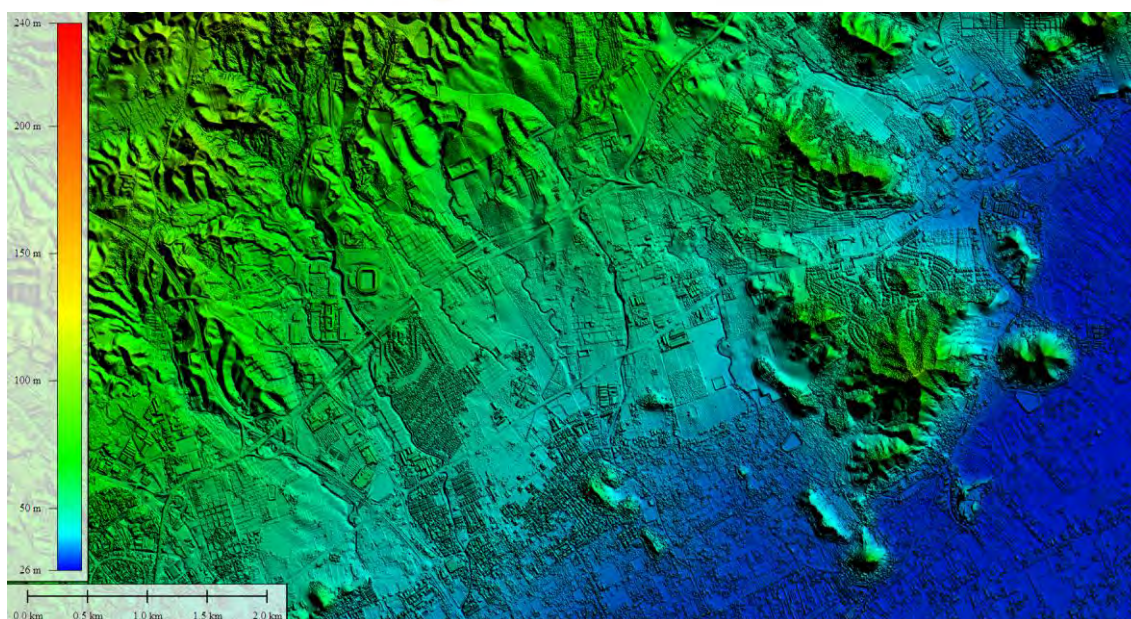
**Modelo Digital de Superficies - MDS02**

**Descripción:** Modelo digital de superficies 2ª Cobertura (2015-2022) con paso de malla de 2 metros.

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 38. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies - 02 (Fuente IGN)*



*Ilustración 39. Modelo Digital Superficies-MDS02 visualizado en una aplicación SIG*

Además, existen **MDS especializados** orientados a clases concretas de la nube de puntos. Un ejemplo destacado son los **Modelos Digitales de Superficie de Edificación normalizada (MDSnE2,5)**, con paso de **2,5 metros**, diseñados específicamente para representar la altura relativa de las edificaciones referida al suelo. Estos productos se generan interpolando la altura relativa al suelo a partir de la clase “edificación” de la nube LiDAR.



**Modelo Digital de Superficies Edificación - MDSnE2,5 2ª Cobertura**

**Descripción:** Modelo digital de superficies normalizado de la clase edificación correspondiente a la 2ª Cobertura con paso de malla de 2,5 metros.

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

Biblioteca  
UNIVERSITAT Miguel Hernández

*Ilustración 40. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies Edificación - 2,5 (Fuente IGN)*



*Ilustración 41. Modelo Digital Superficies Edificación-MDSnE2,5 visualizado en una aplicación SIG*



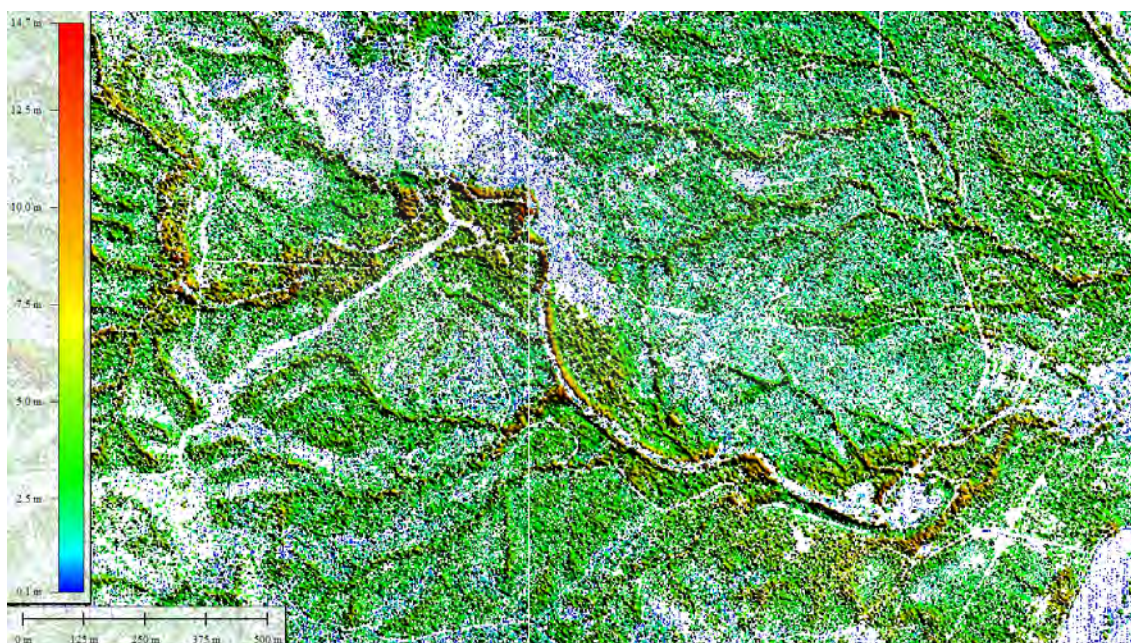
**Modelo Digital de Superficies Vegetación- MDSnV2,5 de 2ª cobertura**

**Descripción:** Modelo digital de superficies normalizado de la clase vegetación correspondiente a la 2ª Cobertura con paso de malla de 2,5 metros.

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

*Ilustración 42. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Superficies Vegetación - 2,5 (Fuente IGN)*



*Ilustración 43. Modelo Digital Superficies Vegetación-MDSnV2,5 visualizado en una aplicación SIG*

### 5.3 Modelos Digitales de Pendientes

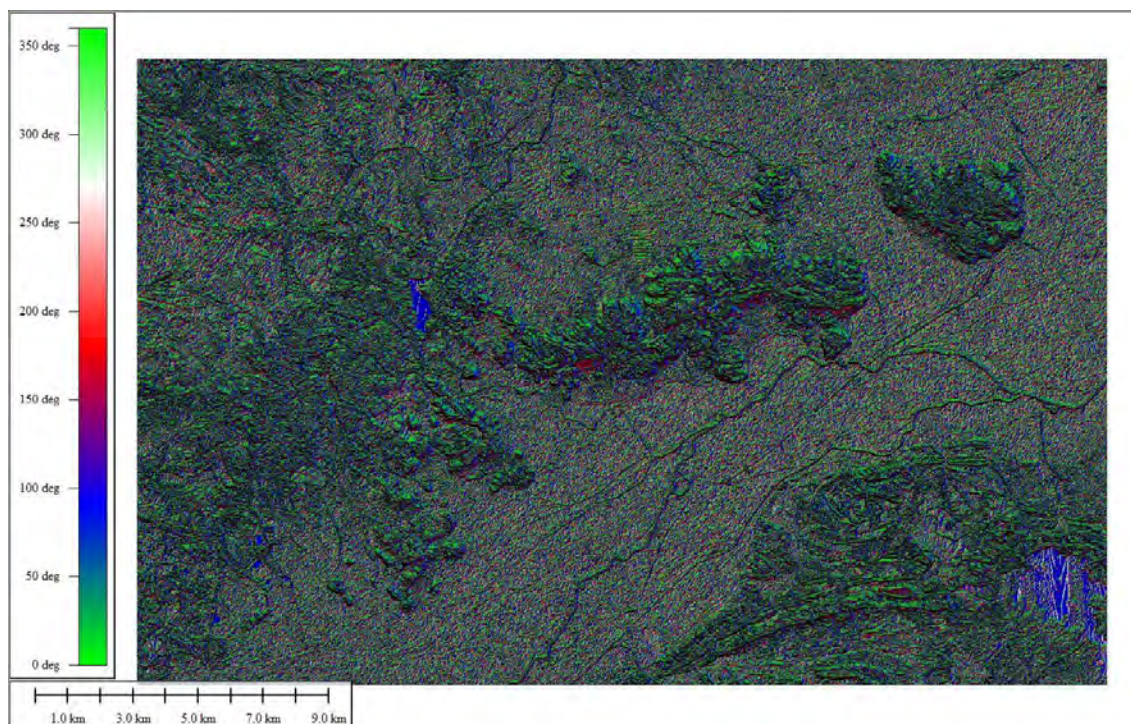
El CNIG distintos **Modelos Digitales de Pendientes (MDP)** como productos derivados de los **Modelos Digitales del Terreno (MDT-LiDAR)** generados en el marco del proyecto PNOA-LiDAR. Los MDP representan, para cada celda de una malla regular, la inclinación del terreno expresada en grados sexagesimales. Estos modelos constituyen una herramienta esencial para el análisis morfométrico del relieve, la evaluación de riesgos

naturales y la planificación territorial, ya que permiten identificar áreas con pendientes pronunciadas, analizar procesos de erosión y escorrentía o planificar infraestructuras y actividades agrícolas en función de la inclinación del terreno.

El **MDP05** tiene una resolución espacial de **5 metros**, es decir, cada píxel representa una superficie de 25 m<sup>2</sup>. Se calcula a partir del MDT-LiDAR de la primera cobertura, rasterizando las pendientes derivadas de la altimetría. Los ficheros están recortados según la cuadrícula del **Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50)**. Este producto resulta adecuado para análisis regionales o de escala municipal en los que se busca una representación continua y homogénea del relieve.

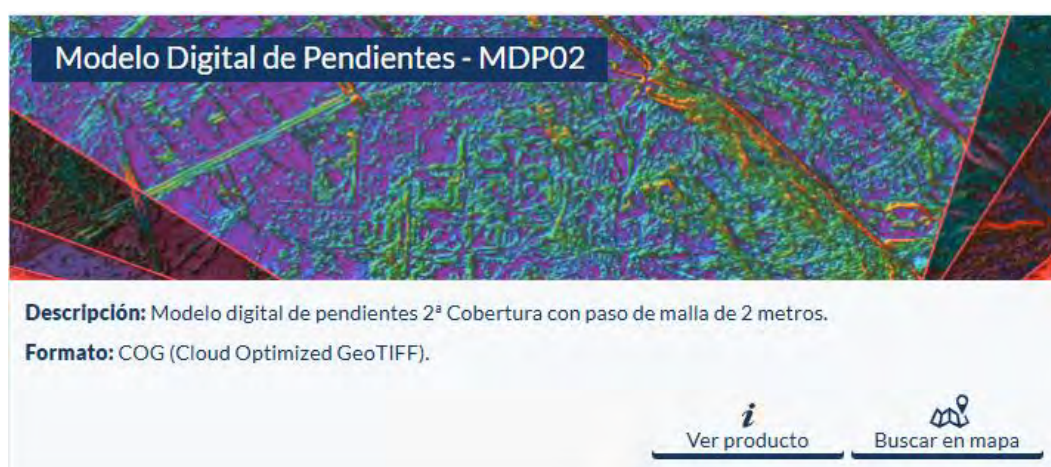


*Ilustración 44. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Pendientes - 05 (Fuente IGN)*

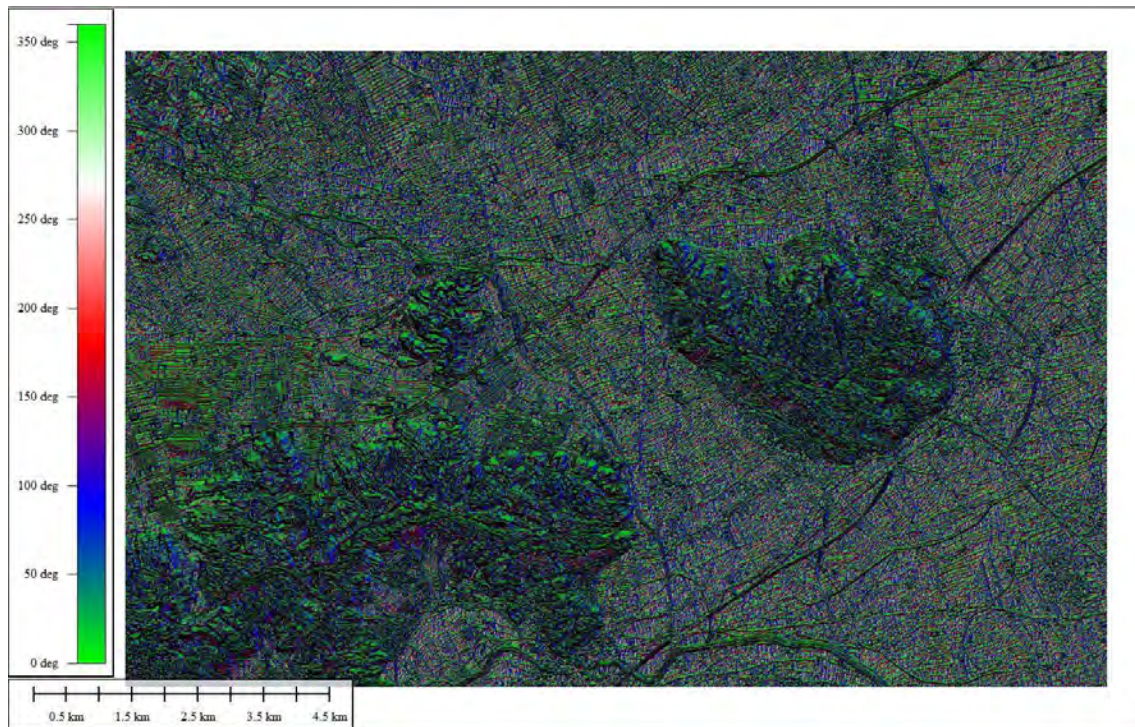


*Ilustración 45. Modelo Digital de Pendientes-MDP05 visualizado en una aplicación SIG*

Por otro lado, el **MDP02** ofrece una resolución mayor, con un paso de malla de **2 metros**, lo que permite un análisis mucho más detallado de la inclinación del terreno. Este modelo se deriva de los **MDT02** obtenidos de la segunda cobertura LiDAR, por lo que su disponibilidad puede estar limitada a aquellas áreas donde se dispone de este nivel de detalle. El MDP02 es especialmente útil para estudios locales que requieren precisión en la caracterización de la pendiente, como proyectos de urbanismo, análisis hidrológicos detallados, identificación de microcuencas, evaluación de riesgos de deslizamientos o planificación agrícola de precisión.



*Ilustración 46. Modelo digital del Terreno Modelo Digital de Pendientes - 02 (Fuente IGN)*



*Ilustración 47. Modelo Digital de Pendientes-MDP02 visualizado en una aplicación SIG*

## 6. APLICACIÓN SIG DE LOS MDE

*Ilustración 48. Aplicaciones de los Modelos Digitales de Elevaciones (Fuente PNOA)*

Los **Modelos Digitales de Elevación (MDE)** constituyen uno de los conjuntos de datos más utilizados dentro de los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, ya que aportan la dimensión vertical del territorio y permiten representar de forma precisa el relieve. Su integración en un SIG posibilita el análisis espacial avanzado, combinando la información altimétrica con otras capas de datos geográficos, lo que amplía considerablemente las posibilidades de estudio y aplicación en distintos ámbitos.



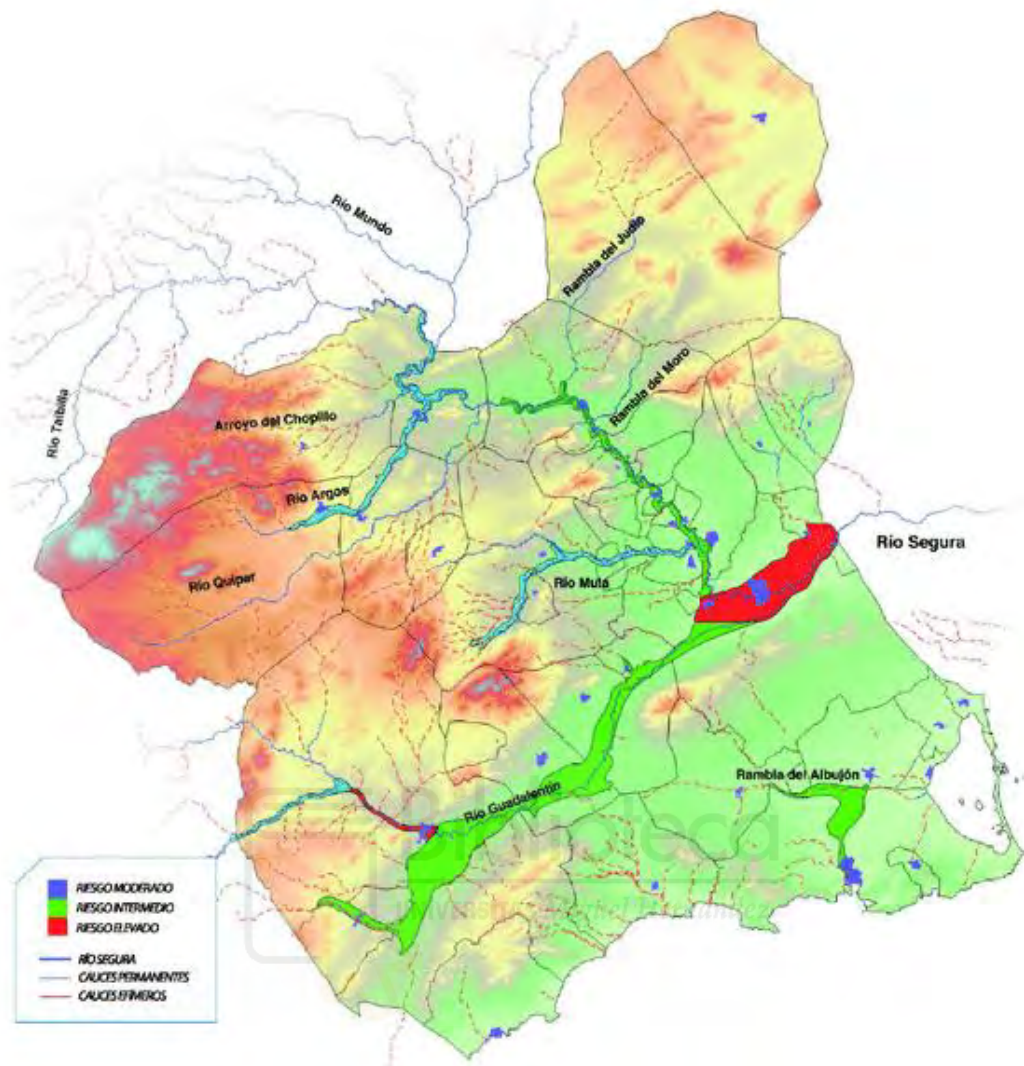
*Ilustración 49. Análisis de modelos digitales del terreno (MDT) y modelos digitales de superficie (MDS). Fuente: imasgal.com*

En primer lugar, los MDE en un SIG permiten realizar **análisis topográficos** como la obtención de mapas de pendientes, curvas de nivel, orientación de laderas o delimitación de áreas de sombra. Estos productos derivados son fundamentales en la planificación territorial, ya que facilitan la identificación de zonas con limitaciones físicas para la urbanización o la construcción de infraestructuras.



*Ilustración 50. Levantamiento topográfico en vista GIS. Fuente: Topografia2.com*

En el ámbito de la **hidrología y la gestión de riesgos naturales**, los MDE constituyen la base para modelar la red de drenaje, calcular direcciones de flujo y delimitar cuencas hidrográficas. A partir de estas operaciones es posible simular procesos de escorrentía superficial, evaluar riesgos de inundación y estudiar fenómenos como deslizamientos de tierra o erosión. Los SIG integran estas simulaciones en combinación con datos climáticos, edáficos o de cobertura del suelo, proporcionando una visión holística de los procesos ambientales.



*Ilustración 51. Zonas de riesgo de inundación en la Región de Murcia. Fuente: Romero Díaz.*

Asimismo, los MDE aplicados en un SIG tienen un papel destacado en el campo de la **ingeniería civil y la ordenación del territorio**. Permiten evaluar la idoneidad de los terrenos para la construcción de carreteras, presas, líneas eléctricas o desarrollos urbanos, optimizando los trazados y reduciendo costes asociados al movimiento de tierras. También resultan imprescindibles en estudios de impacto ambiental, donde la topografía influye en aspectos como la dispersión de contaminantes o la visibilidad de infraestructuras.



*Ilustración 52. Ronda de Lorca - Vista general del tramo 1. Fuente: Ciudad de Lorca blogspot*



*Ilustración 53. Ronda de Lorca - Vista general del tramo 2. Fuente: Ciudad de Lorca blogspot*

En relación con las **energías renovables**, los MDE se emplean dentro de los SIG para localizar emplazamientos adecuados de instalaciones solares y eólicas. El análisis de la orientación de las laderas y de la incidencia solar permite seleccionar zonas con mayor potencial fotovoltaico, mientras que el estudio de la topografía influye en la modelización de la velocidad del viento para parques eólicos.

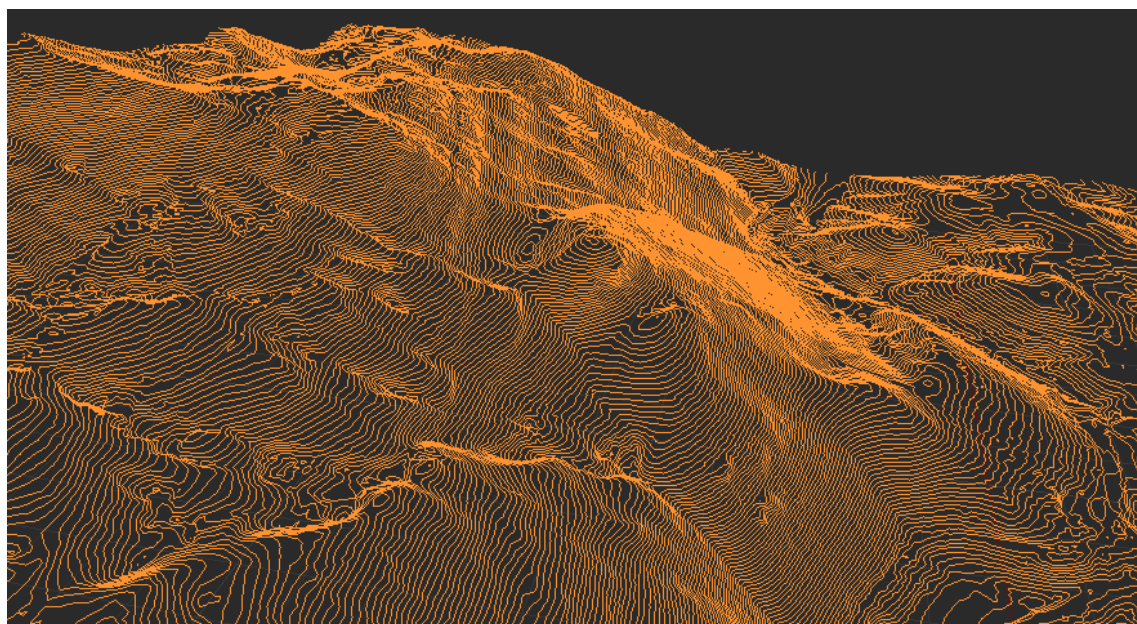
Por otra parte, en la **agricultura de precisión y la gestión forestal**, la combinación de MDE y SIG facilita la planificación del riego, el diseño de terrazas y drenajes, la identificación de zonas propensas a erosión o la evaluación de la productividad según la

topografía. Estas aplicaciones contribuyen a un uso más eficiente de los recursos y a la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas y forestales.



*Ilustración 54. Mapa de productividad basado en datos históricos, que identifica las zonas con mayor y menor productividad en el campo. Fuente: eos.com*

Finalmente, los MDE integrados en un SIG son una herramienta clave en la **investigación científica y la educación**, al permitir generar modelos tridimensionales del terreno y visualizar el relieve de manera dinámica. Estas capacidades de representación espacial favorecen la interpretación y la comunicación de la información geográfica en disciplinas como la geografía, la geología, la arqueología o la gestión ambiental.



*Ilustración 55. Creación de modelos 3D del terreno. Fuente: altergeosistemas.com*

En definitiva, la aplicación de los **MDE dentro de los SIG** se traduce en una capacidad de análisis y modelización territorial de enorme valor, que abarca desde la planificación urbana y la gestión de infraestructuras hasta la prevención de riesgos naturales y la optimización de recursos. Su papel como base de los estudios espaciales los convierte en un elemento imprescindible para la toma de decisiones fundamentadas en el territorio.



## BIBLIOGRAFÍA

- Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). (2023). *Centro de descargas del CNIG*. Instituto Geográfico Nacional. <https://centrodedescargas.cnig.es/>
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2022). *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. <https://pnoa.ign.es/>
- Plan Nacional de Ortofotografía Aérea <https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-lidar/presentacion>
- Copernicus. (2021). *Copernicus DEM user guide*. European Space Agency. <https://spacedata.copernicus.eu/>
- Aguilar, F. J., & Mills, J. P. (2008). Accuracy assessment of LIDAR-derived digital elevation models. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B3), 125–130.
- Plan Nacional de Observación del Territorio (<https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-lidar/tercera-cobertura>)
- Imasgal.com: <https://imasgal.com/analisis-modelos-digitales-del-terrenomdt-modelos-digitales-superficiemds-qgis/>
- Topografía2.com: <https://topografia2.com/levantamiento-topografico/>
- Romero Díaz: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-15-Zonas-de-riesgo-de-inundacion-en-la-Region-de-Murcia-Fuente-Romero-Diaz\\_fig5\\_312290792](https://www.researchgate.net/figure/Figura-15-Zonas-de-riesgo-de-inundacion-en-la-Region-de-Murcia-Fuente-Romero-Diaz_fig5_312290792)
- Ciudad de Lorca blogspot: <https://ciudadde-lorca.blogspot.com/2013/09/rondas-de-lorca.html>
- Altergeosistemas.com: <https://www.altergeosistemas.com/blog/2016/02/17/modelos-3d-terreno-blender/>

ANEXO N°1

DESCARGA DE UN MODELO  
DIGITAL DEL TERRENO



**EP SO**

ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE ORIHUELA

## Índice

1. ACCEDER AL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN).....	3
2. CENTRO DE DESCARGAS CNIG .....	3
3. DESCARGA DE UN MODELO DIGITAL DEL TERRENO.....	4



## 1. ACCEDER AL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN)

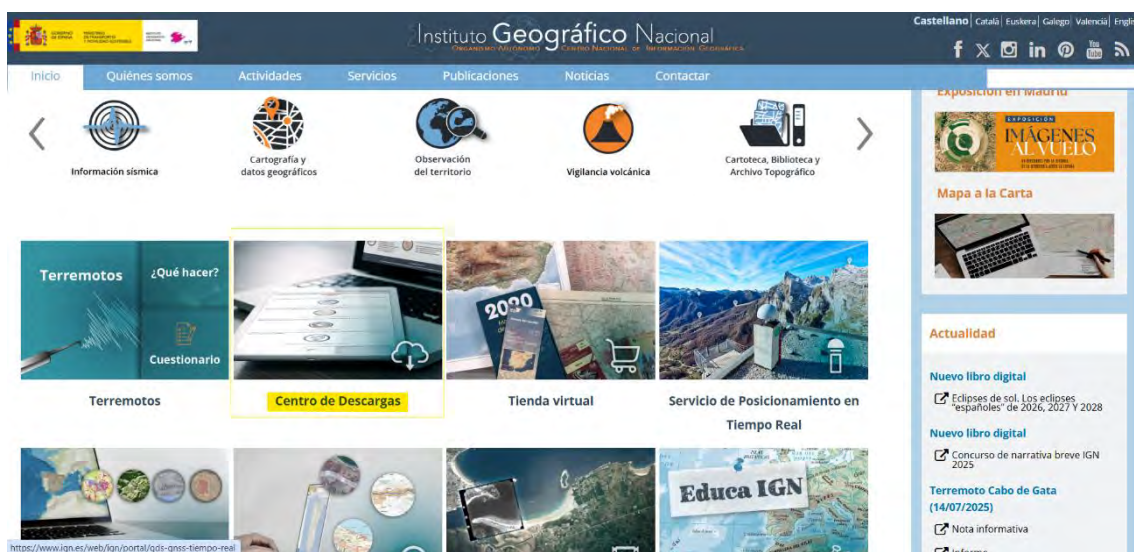
El Instituto Geográfico Nacional (IGN) es el organismo público encargado de la producción de cartografía oficial y datos geoespaciales en España. Ofrece recursos como ortofotos, modelos digitales de elevación, cartografía topográfica y datos LIDAR, todos ellos disponibles a través del Centro de Descargas del CNIG. Estos materiales son de acceso libre y gratuito para cualquier usuario, ya sea investigador, profesional, administración pública o ciudadano interesado.

El acceso a estos recursos puede realizarse fácilmente a través del siguiente enlace oficial: <https://www.ign.es/web/ign/portal>



## 2. CENTRO DE DESCARGAS CNIG

El **Centro de Descargas del CNIG** es la plataforma oficial del Instituto Geográfico Nacional para la distribución de datos geoespaciales.



Al acceder al Centro de Descargas aparece la ventana de Catálogo, donde podemos acceder al tipo de producto que nos interesa.



### 3. DESCARGA DE UN MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Ejemplo:

Para obtener el **Modelo Digital del Terreno MDT02** correspondiente al núcleo urbano de Lorca, es necesario acceder al **Centro de Descargas del CNIG**, mencionado en el apartado Nº2 del presente anexo. Una vez dentro, se selecciona el producto “Modelos Digitales de Elevaciones” y, dentro de las opciones disponibles, se elige el **MDT02**, mediante la opción “**Buscar en mapa**”.



La búsqueda del área concreta se puede realizar a través de diferentes métodos, aunque en este caso se emplea la opción “**Buscar por punto**”, que permite localizar con precisión el área de interés indicando una referencia geográfica concreta sobre el mapa interactivo.



En este caso en concreto, la búsqueda será realizada en torno al **núcleo urbano** de Lorca, (Murcia).



Al introducir la ubicación de Lorca, el sistema selecciona automáticamente las teselas correspondientes que cubren el núcleo urbano. Posteriormente, el usuario puede añadir estas teselas al carrito de descarga y generar un paquete comprimido que contiene los archivos del MDT en formato estándar (normalmente GeoTIFF o ASCII Grid), listos para ser utilizados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Centro de Descargas  
Instituto Geográfico Nacional  
Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica

Total ficheros: 2

Resultados

Modelos Digitales de Elevaciones

Modelo Digital del Terreno - MDT02 (2)

Total ficheros Modelo Digital del Terreno - MDT02 : 2

Nombre	Formato	Fecha	Resolución	MB	Acciones	Descarga
MDT02-ETRS89-HU30-0953-3-COB2.TIF	COG	2016	Resolución 2 M	128.86	[Icons]	[Download]
MDT02-WGS84-0953-3-COB2.TIF	COG	2016	Resolución 2 M	145.02	[Icons]	[Download]

Descargas

MDT02-WGS84-0953-3-COB2.tif

MDT02-WGS84-0953-3-COB2.tif

Compartir

Detalles

Tipo: ArcInfo TIF  
Tamaño: 145 MB  
Ubicación del... C:\Usuarios\antonio\Descargas  
Fecha de mod... 05/09/2025 14:47

Propiedades

Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández

ANEXO N°2

DESCARGA DE UN MODELO  
DIGITAL DEL TERRENO A  
NIVEL MUNDIAL



**EP SO**

ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE ORIHUELA

**Índice**

1. DESCARGA DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO A NIVEL MUNDIAL.....3  
2. CÓMO DESCARGAR ASTER GDEM V3 .....4



## 1. DESCARGA DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO A NIVEL MUNDIAL

La **NASA** y el **Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI)** han diseñado un nuevo mapa topográfico digital basado en las medidas recogidas por el instrumento radiométrico ASTER (Japón), que se encuentra a bordo del satélite TERRA (NASA). Este nuevo mapa obtiene la representación "más vasta y precisa" del mundo, abarcando un 99% de la superficie del planeta.

El nuevo mapa topográfico digital, **ASTER GDEM** (*ASTER Global Digital Elevation Model*), se ha creado a partir de casi 1,3 millones de imágenes estéreo recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). Este radiómetro es uno de los cinco instrumentos de observación de la Tierra que viajan a bordo del satélite americano Terra, lanzado en diciembre de 1999. ASTER recoge las imágenes del espectro visible y también las regiones de longitud de onda de las radiaciones térmicas infrarrojas, con resoluciones espaciales que van desde unos 15 a 90 metros (50 a 300 pies).

Se pueden descargar los Modelos Digitales de Elevación a través de dos plataformas:

- desde la plataforma **Earthdata Search** y descargando los tiles territoriales necesarios (previo login).

<https://search.earthdata.nasa.gov/search>

- una forma más rápida y limpia es acceder a la plataforma del **Japan Space Systems** desde donde podrás identificar los tiles de la nueva versión activando la malla de cuadrículas y descargar los fragmentos, sin necesidad de login, definiendo la zona de interés.

<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

Los ficheros se encuentran en formato GeoTIFF con coordenadas geográficas lat/long (WGS84), y cuentan con una resolución espacial de 30 metros. Las altitudes están referidas al Geoide WGS84/EGM96.

Las precisiones globales de los datos se estiman en 20 m en altimetría y 30 m en planimetría a un 95% de intervalo de confianza.

Proporcionan información topográfica de buena calidad, cuyos datos pueden ser utilizados en una amplia gama de aplicaciones.

Junto al ASTER Global DEM también se dispone de la versión actualizada de la base de datos de masas de agua (**ASTWBD**) con una capa adicional ráster para identificar zonas

terrestres, marinas, ríos y lagos entre las latitudes 83° Norte y 83° Sur. Los tiles del ASTWBD y el ASTER GDEM comparten resolución y cobertura espacial.

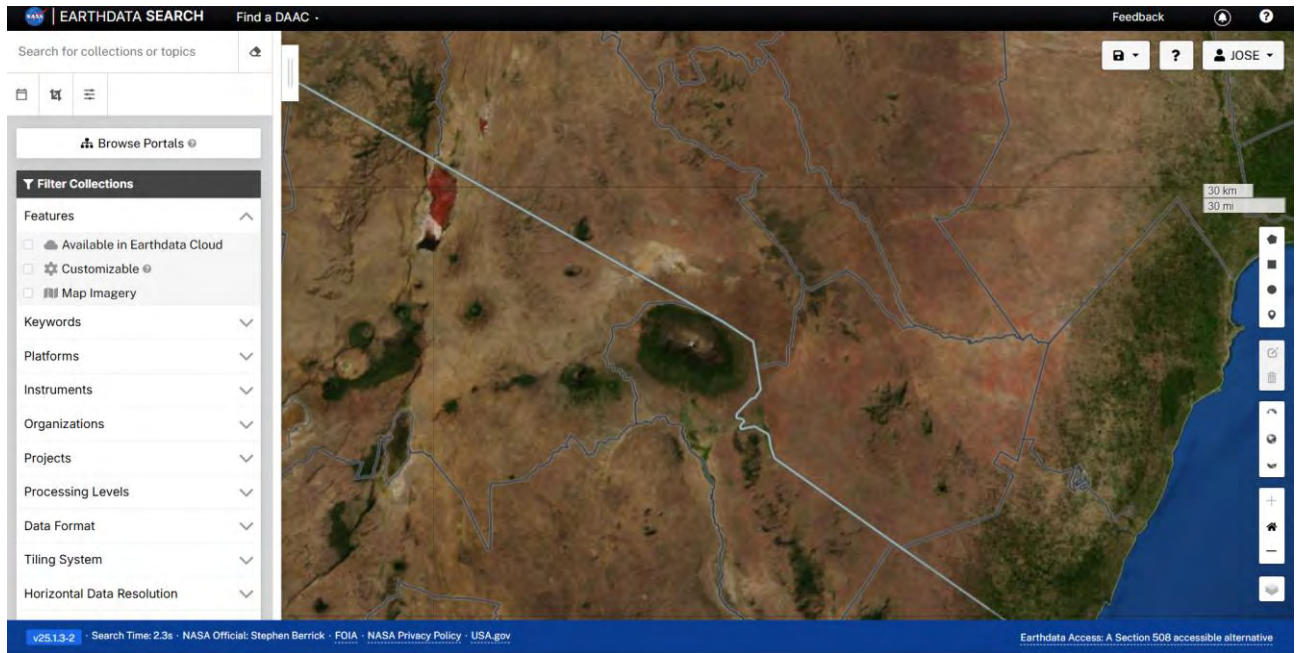
## 2. CÓMO DESCARGAR ASTER GDEM V3

Accedemos a la web: <https://search.earthdata.nasa.gov/search>





Es necesario estar registrados e introducir el login.



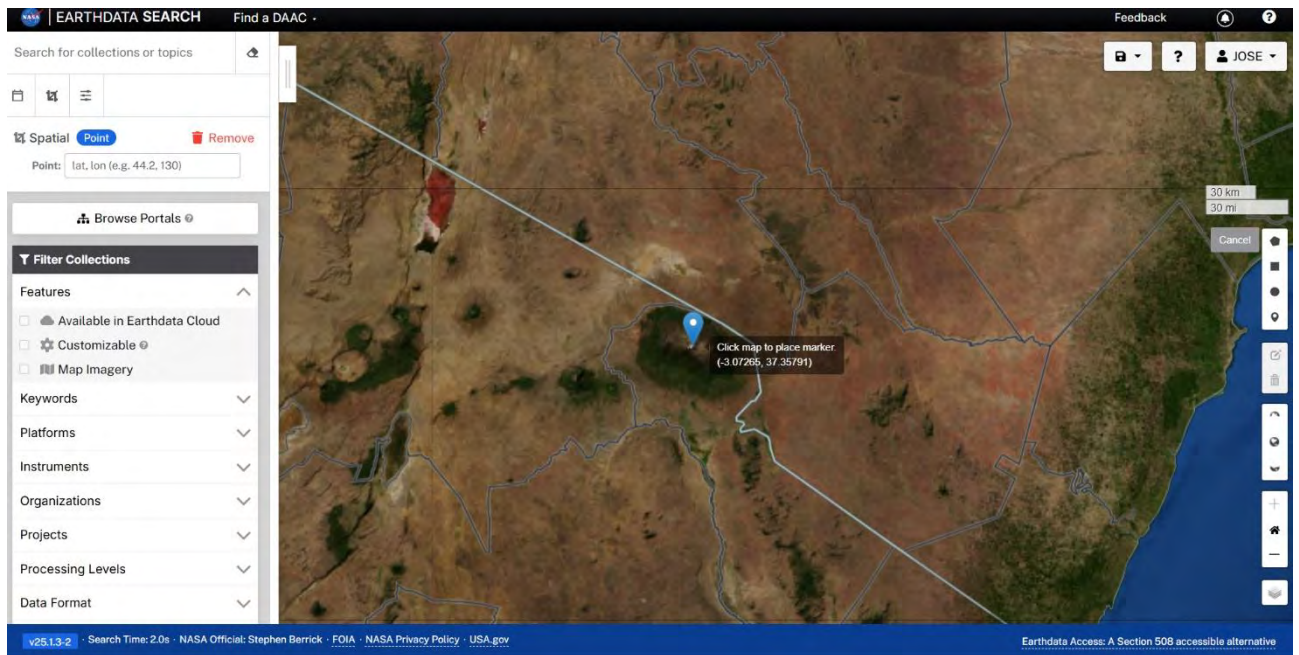
Haremos zoom a la zona donde queremos descargar la información. En este ejemplo, nos situamos sobre el Parque Nacional del Kilimanjaro en Tanzania, con frontera con Kenia, en el continente africano.



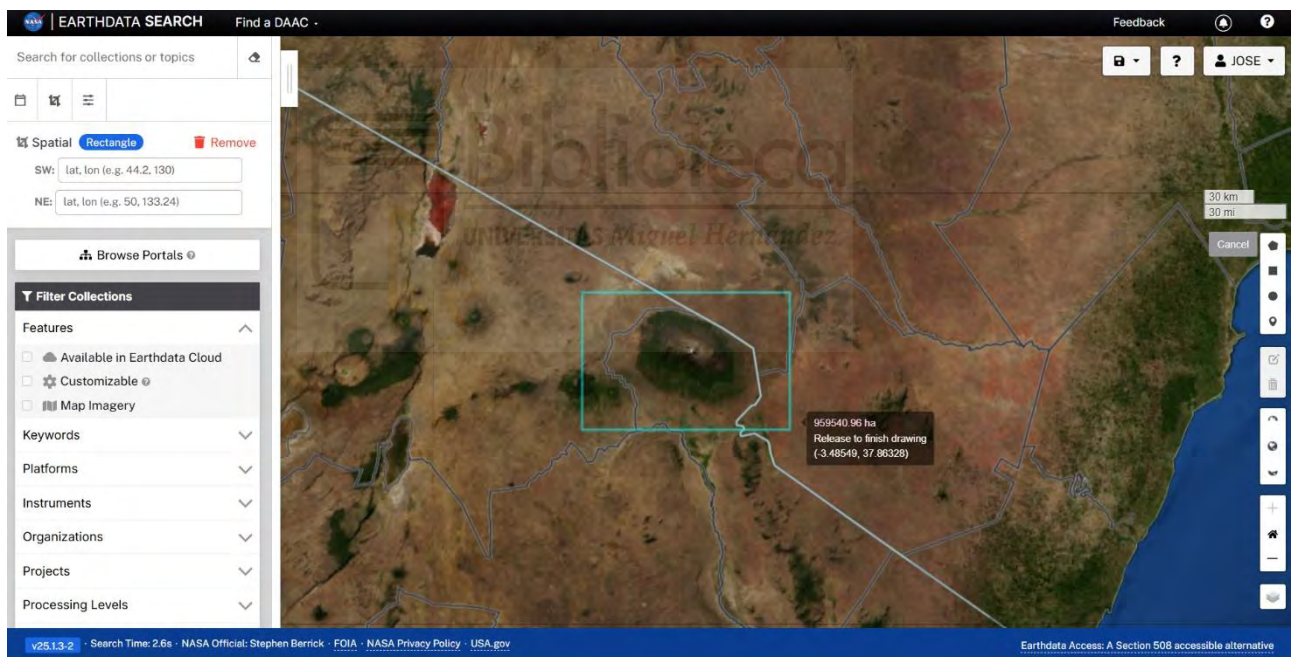
Una vez situados sobre la zona, podemos realizar la selección con ayuda de la herramienta:

	Seleccionar por un polígono ( <i>search for spatial polygon</i> )
	Seleccionar por un rectángulo ( <i>search by spatial rectangle</i> )
	Seleccionar por un círculo ( <i>search by spatial circle</i> )
	Seleccionar por un punto ( <i>search by spatial coordinate</i> )

Puede ser mediante un punto de coordenadas, haciendo clic sobre la zona:



O dibujando un rectángulo sobre la zona:



Una vez seleccionada la zona, en el buscador de colecciones escribimos "ASTER GDEM"

## ASTER GDEM

---

**Instrument:**  
ASTER

---

**Organization:**  
Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)

---

**Project:**  
ASTER GED

---

**Organization:**  
ASTER Ground Data System (GDS)

---

Press **Enter** to search for "ASTER GDEM"

Pulsamos **Enter** para realizar la búsqueda y expandimos el panel. En el panel se muestran los resultados de la búsqueda.

NASA | EARTHDATA SEARCH
Find a DAAC

Search
28 Matching Collections

Temporal
Spatial

**Spatial** Circle

Center: -3.06925,37.34928

Radius (m): 10035

**Filter Collections**

Features

- Available in Earthdata Cloud
- Customizable
- Map Imagery

Keywords

Platforms

Instruments

Organizations

Showing 20 of 28 matching collections

Sort: Usage View: List

**NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second V003**

2 Granules 2000-02-11 to 2000-02-21

The Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) is responsible for the archive and distribution of the NASA Making Earth Syst...

GEOSS · SRTMGL1 v003 - LP DAAC

**ASTER Global Digital Elevation Model V003**

2 Granules 2000-03-01 to 2013-11-30

The Terra Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM) Version 3 (ASTGTM) provides...

GEOSS · ASTGTM v003 - LP DAAC

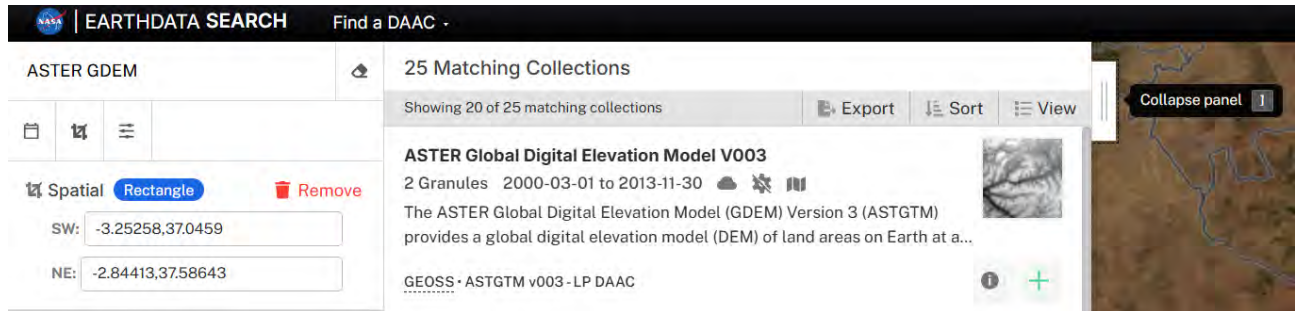
**NASADEM Merged DEM Global 1 arc second V001**

2 Granules 2000-02-11 to 2000-02-21

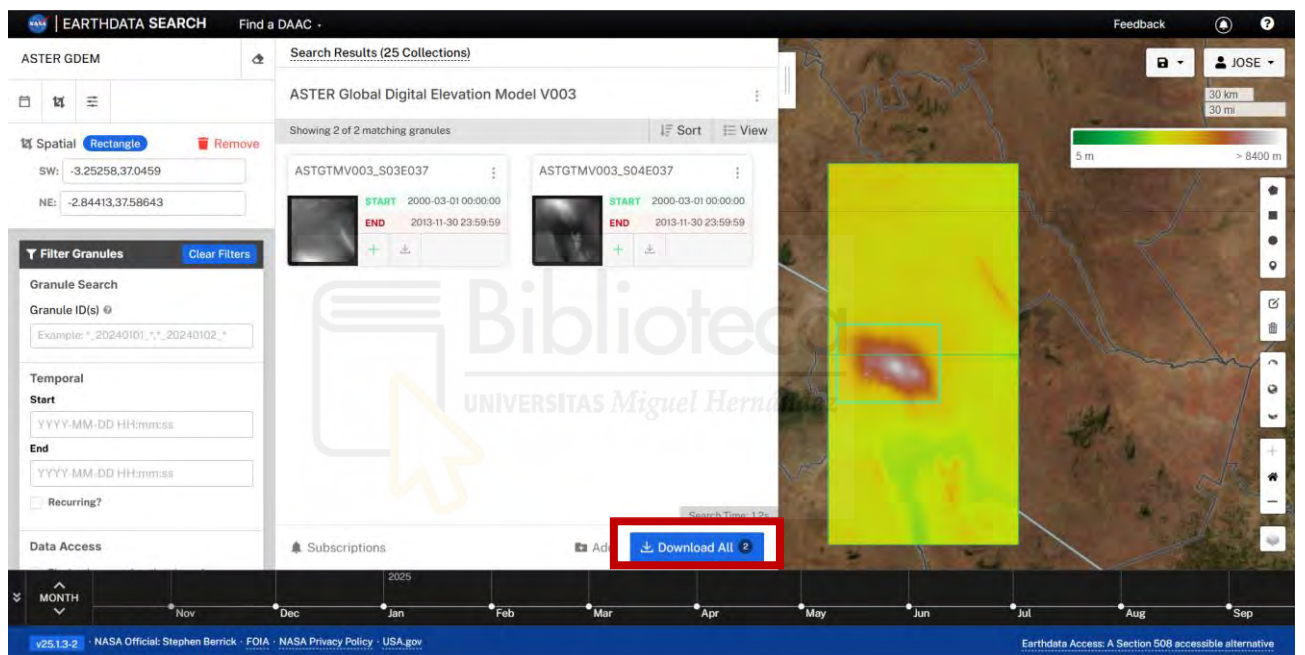
The Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) is responsible for the archive and distribution of the NASA Making Earth Syst...

GEOSS · NASADEM\_HGT v001 - LP DAAC

En este caso seleccionamos “ASTER Global Digital Elevation Model V003”.



En el panel se muestran los dos ficheros (“granules”) a descargar y los tiles ubicados sobre el visualizador.



Hacemos clic en “Download All” y procedemos a la descarga de los dos ficheros.

The screenshot shows the EarthData Search interface for the project 'ASTER Global Digital Elevation Model V003'. The interface includes a search bar, project details, and download options. The 'Download all data' option is selected, and the 'Download Data' button is highlighted with a red box.

Se abre la ventana de descarga con los ficheros descargables. Haciendo clic en cada uno de ellos, se van descargando.

### Download Status

This page will automatically update as your orders are processed. The Download Status page can be accessed later by visiting <https://search.earthdata.nasa.gov/downloads/4436496330> or the [Download Status and History](#) page.

The screenshot shows the Download Status page for the project 'ASTER Global Digital Elevation Model V003'. The status is 'Complete (100%)' and the download is 'Download'. The page shows download links for 2 granules. A progress bar indicates 100% completion. The download links are:

- [https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003\\_S03E037\\_dem.tif](https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003_S03E037_dem.tif)
- [https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003\\_S03E037\\_num.tif](https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003_S03E037_num.tif)
- [https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003\\_S04E037\\_dem.tif](https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003_S04E037_dem.tif)
- [https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003\\_S04E037\\_num.tif](https://data.lpdaac.earthdatacloud.nasa.gov/lp-prod-protected/ASTGTM.003/ASTGTMV003_S04E037_num.tif)

También se pueden descargar uno a uno cada uno de los ficheros dem.

**Search Results (25 Collections)****ASTER Global Digital Elevation Model V003**

Showing 2 of 2 matching granules

Sort

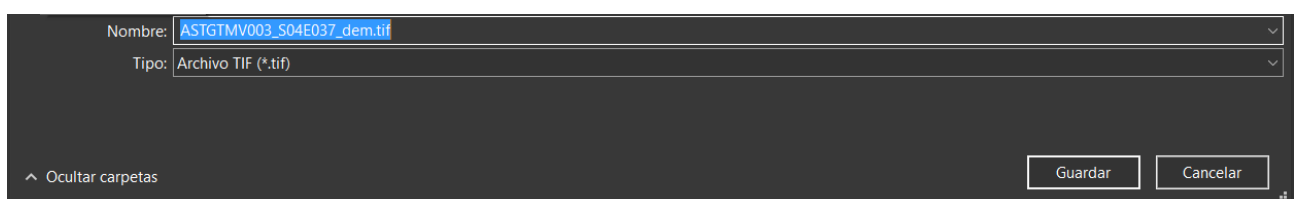
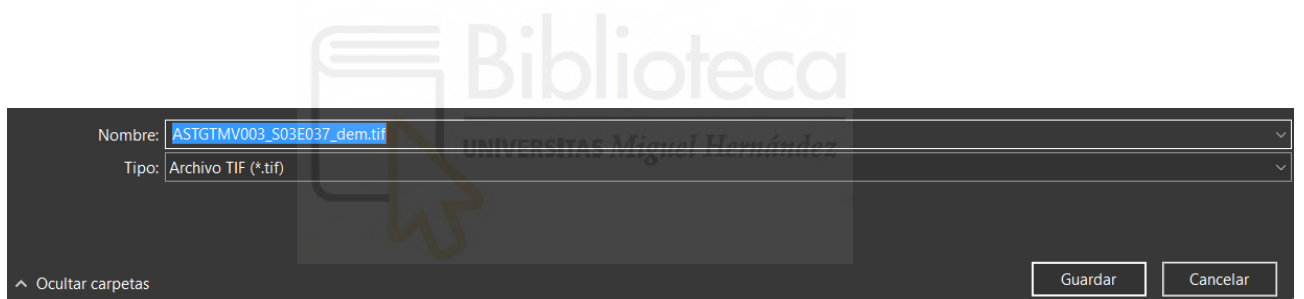
View

Granule ID	START	END
ASTGTMV003_S03E037	2000-03-01 00:00:00	2013-11-30 23:59:59
ASTGTMV003_S04E037	2000-03-01 00:00:00	2013-11-30 23:59:59

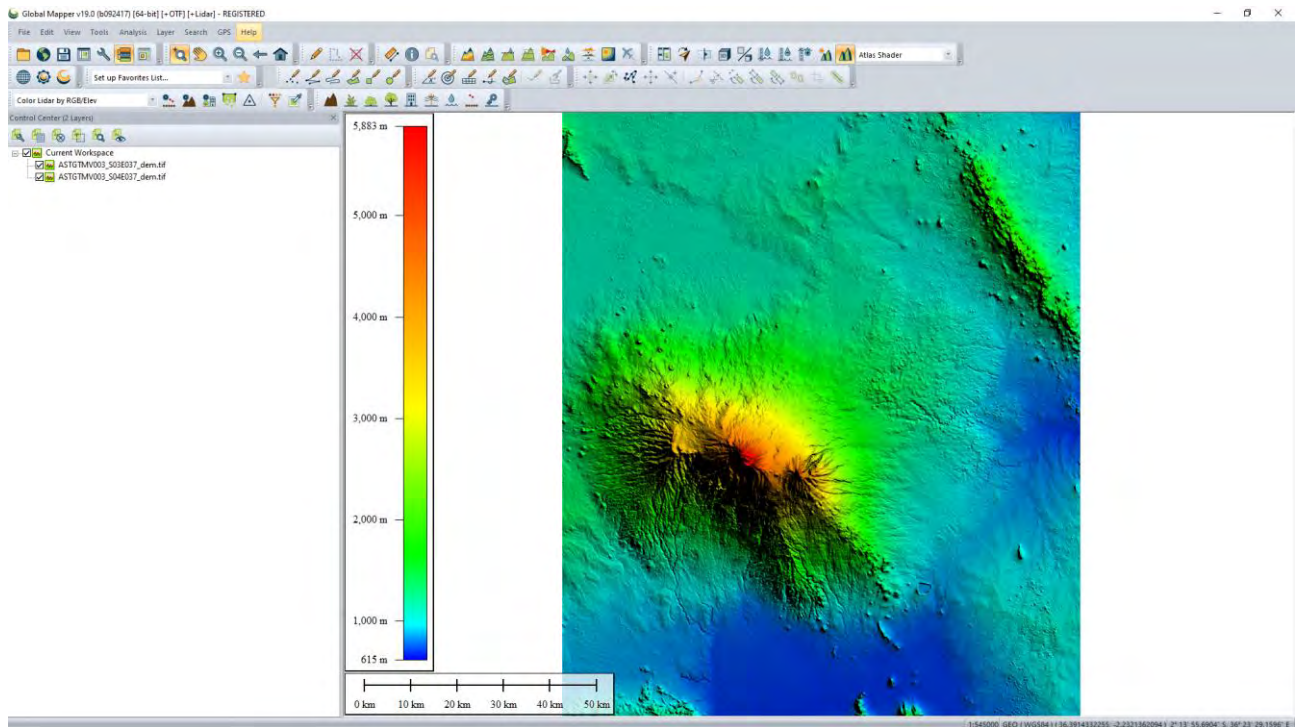
Download Files    AWS S3 Access

- ASTGTMV003\_S03E037\_dem.tif    Download file
- ASTGTMV003\_S03E037\_num.tif

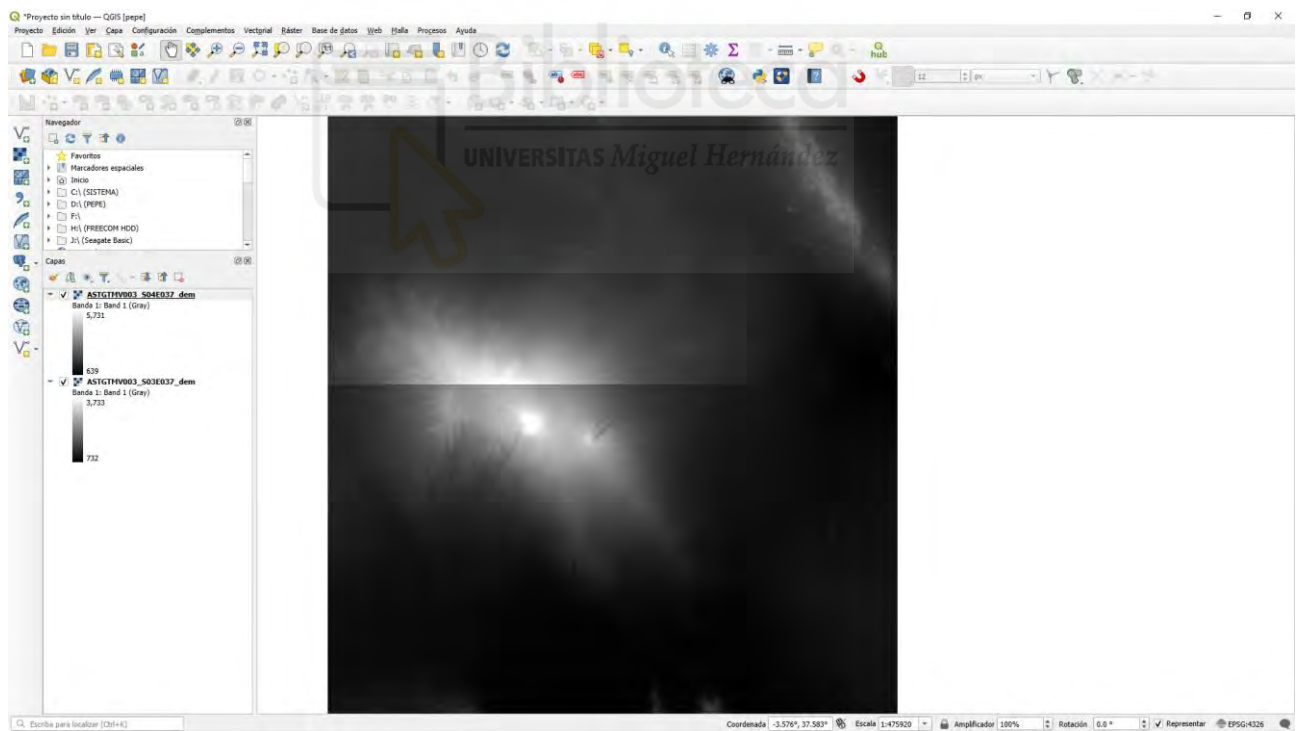
Al descargar cada archivo, se abre el explorador de nuestro PC para indicar la ruta donde se guardarán los archivos. En este ejemplo, los dos ficheros \*\_dem.tif.



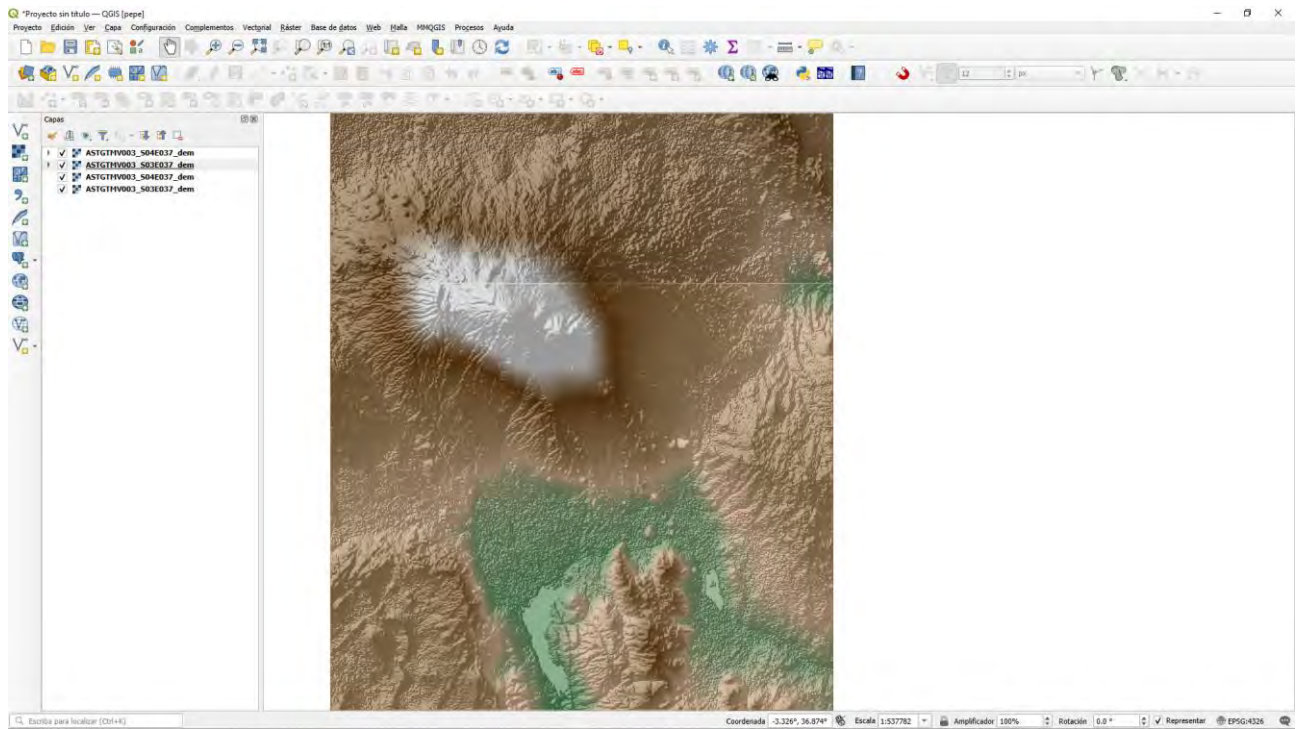
Una vez descargados y guardados en nuestro PC, podemos abrirlos con las aplicaciones SIG.



Visualización de los dos ficheros .tif en una aplicación SIG



Visualización de los dos ficheros .tif en la aplicación QGIS con simbología, por defecto, “Gris monobanda”.



Visualización de los dos ficheros .tif en la aplicación QGIS con simbología, “Pseudocolor monobanda”.



ANEXO N°3

TUTORIAL DE VISUALIZACIÓN  
DE UN MDT



**E P S O**

ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE ORIHUELA

## Índice

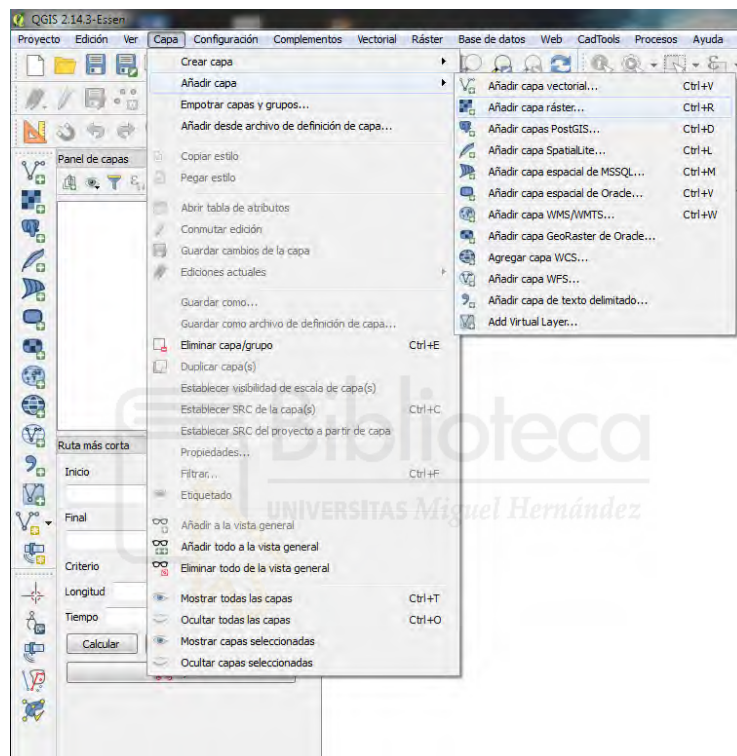
VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE MDT CON QGIS.....	3
1.- VISUALIZAR EL MDT CON QGIS .....	3
1.1.- PROPIEDADES DEL RÁSTER.....	5
1.2.- SIMBOLOGÍA.....	9
2.- ANÁLISIS DEL MDT CON QGIS .....	18
2.1.- ELIMINAR DEPRESIONES .....	18
2.2.- MAPA DE SOMBRAS .....	20
2.3.- RELIEVE.....	27
2.4.- PENDIENTES .....	29
2.5.- CURVAS DE NIVEL.....	35
2.6.- MAPA DE INUNDACIÓN .....	43
2.7.- PERFILES .....	48
2.7.1.- Perfiles de eje a mano alzada .....	48
2.7.2.- Perfiles de eje en base a una línea dada .....	51
2.8.- ANÁLISIS DE VISIBILIDAD.....	57
2.9.- RECORTAR UNA CAPA RÁSTER.....	64
2.9.1.- Recortar una capa ráster por extensión .....	64
2.9.2.- Recortar una capa ráster por polígono.....	66
2.10.- VISUALIZACIÓN EN 3D.....	71
2.10.1.- Vista de Mapa 3D .....	71
2.10.2.- Complemento Qgis2treejs.....	75
3.- MDT A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL .....	81


## VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE MDT CON QGIS

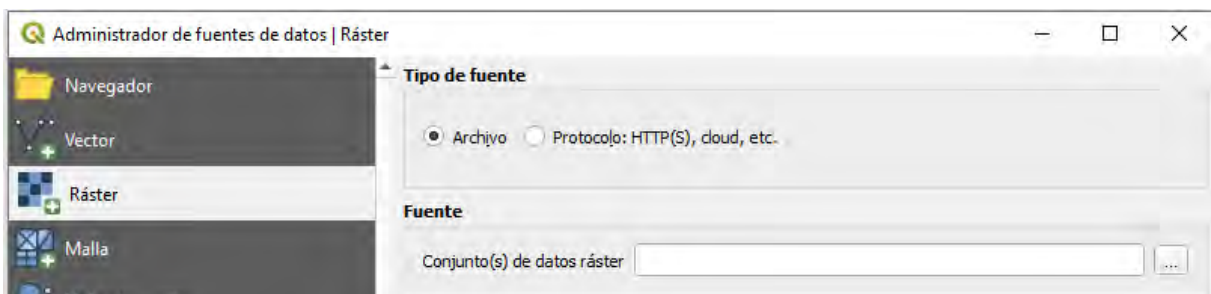
En este apartado vamos a cargar y visualizar un Modelo Digital del Terreno (*PNOA\_MDT25\_ETRS89\_HU30\_0933\_LID.tif*) y a utilizar diferentes procesos en QGIS para analizar esa capa ráster del modelo.


### 1.- VISUALIZAR EL MDT CON QGIS

En el menú **Capa <> Añadir capa <> Añadir capa ráster...**, seleccionando el archivo ascii del MDT descargado.

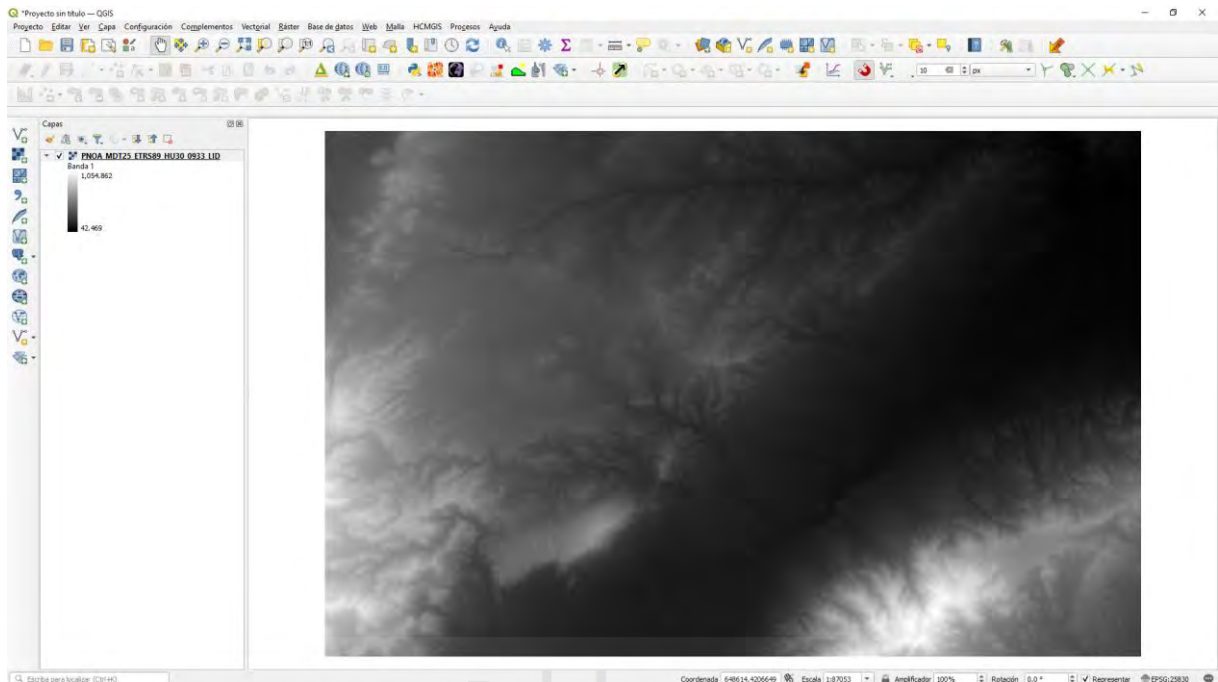


O haciendo clic en **Añadir capa ráster**  en la barra de herramientas **Administrar capas**.

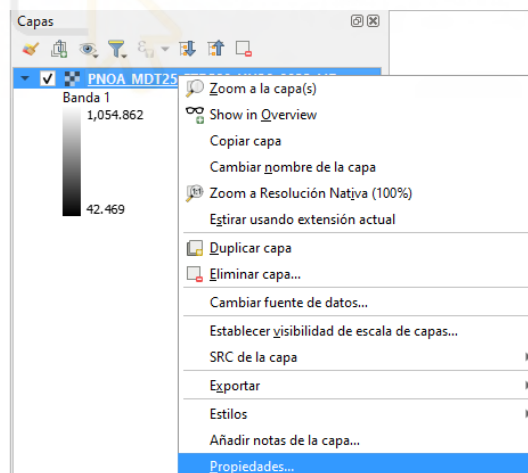


Buscamos  el archivo (*PNOA\_MDT25\_ETRS89\_HU30\_0933\_LID.tif*) en el explorador y lo añadimos a la Vista.

De esta forma se obtiene la visualización de la imagen ráster del MDT. La tabla de color por defecto corresponde a la configuración de las preferencias a la hora de cargar capas ráster.



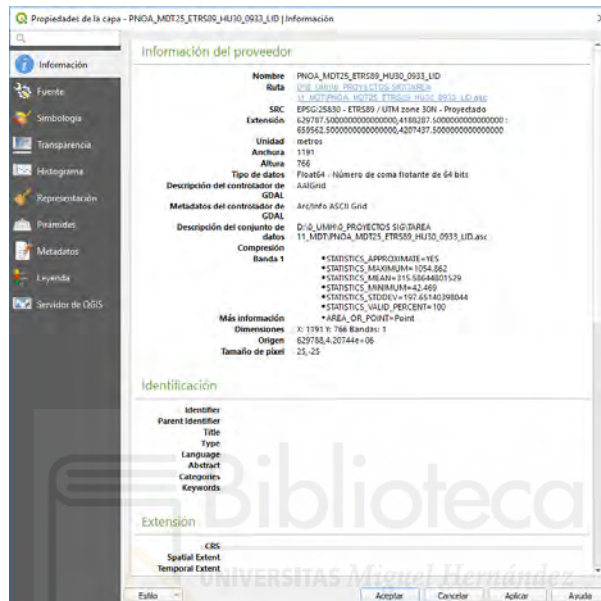
Seleccionando la capa ráster recién añadida, y pulsando el botón derecho del ratón, seleccionamos **Propiedades**.



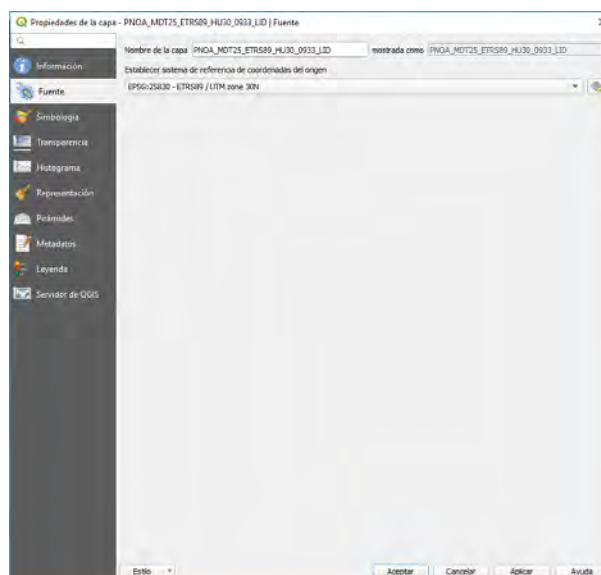
### 1.1.- PROPIEDADES DEL RÁSTER

Las **Propiedades de la capa ráster** presenta las siguientes pestañas:

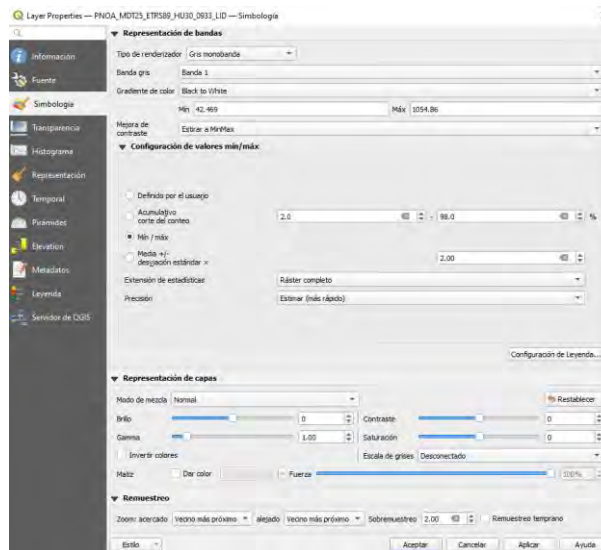
**Información:** proporciona información general sobre la capa ráster como la ruta del fichero, el número de bandas, las dimensiones en píxeles, el tipo de dato y las coordenadas geográficas de las cuatro esquinas.



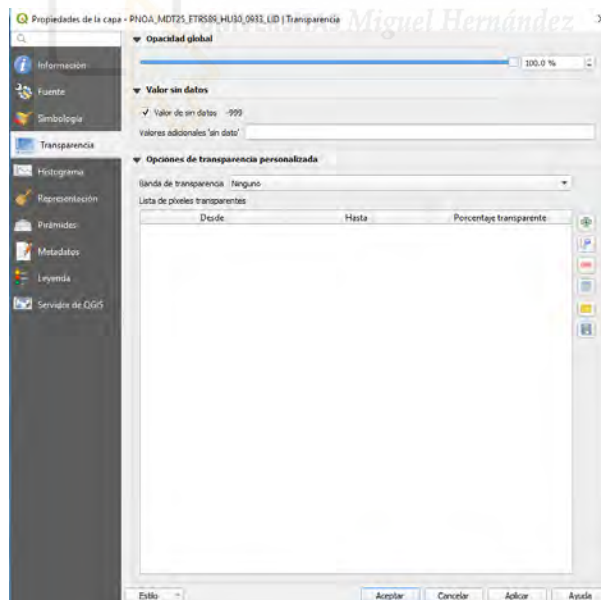
**Fuente:** proporciona información sobre el nombre de la capa ráster y permite establecer el sistema de referencia de coordenadas.



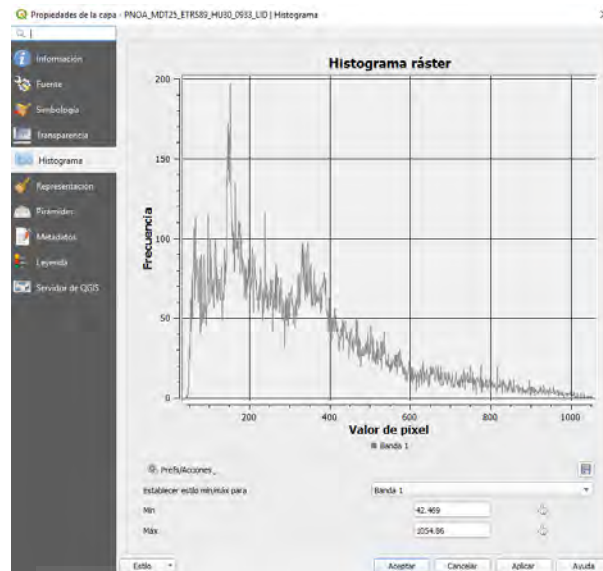
**Simbología:** aparece por defecto el **Tipo de renderización “Gris monobanda”**, por lo que la imagen ráster se ve en tonos de negro a blanco.



**Transparencia:** proporciona herramientas para modificar los niveles de transparencia que se pueden aplicar a una cobertura ráster.

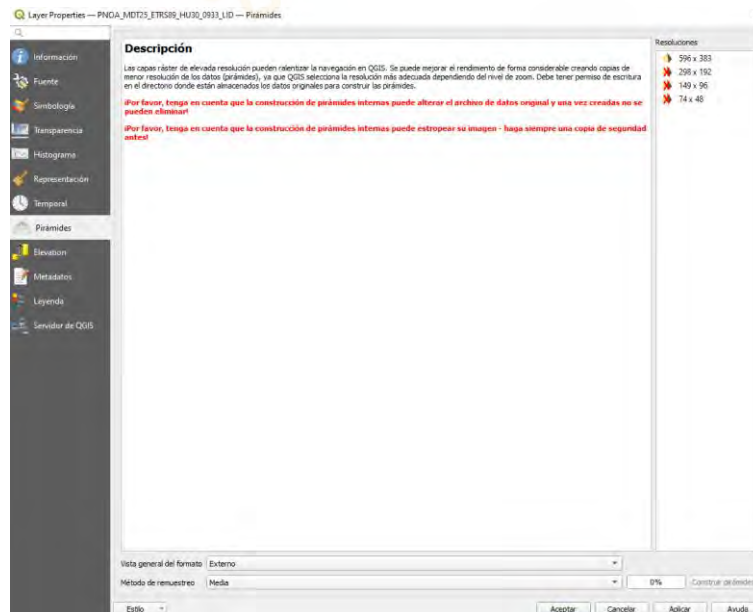



**Histograma:** permite consultar y modificar el histograma del ráster. Al hacer clic en el botón Calcular histograma, podemos observar la estadística de los valores de elevación sobre el gráfico.



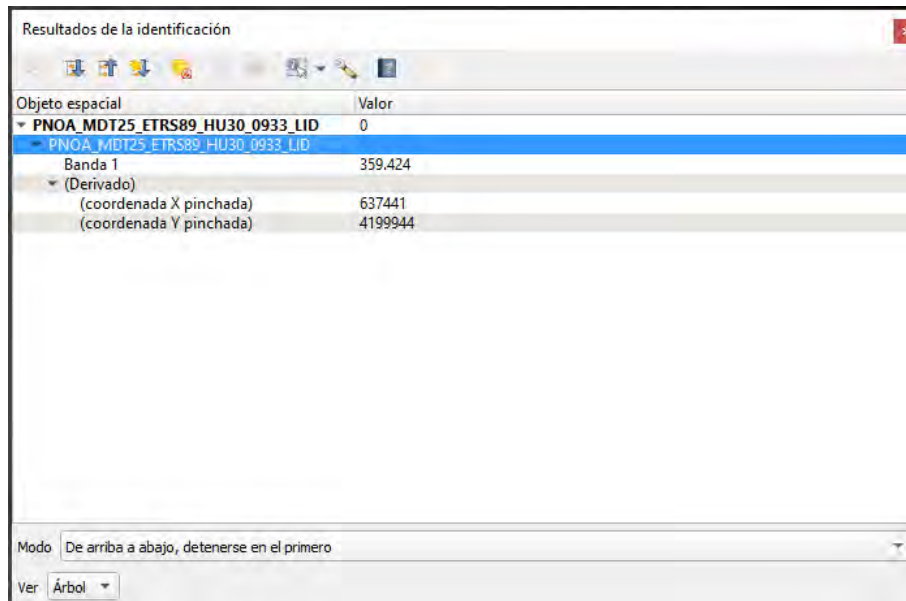
El histograma nos informa del valor mínimo (altura 42,469 m) y del valor máximo (altura 1054,86 m).

**Pirámides:** la creación de pirámides permite trabajar de forma más ágil con imágenes de gran resolución.



Si queremos conocer el valor de un pixel en concreto en una imagen podemos emplear la herramienta **Identificar objetos espaciales** .

Selecciona dicha herramienta y haz clic en cualquier píxel de la imagen, aparecerá una ventana en la interfaz con los resultados de la consulta sobre ese píxel.

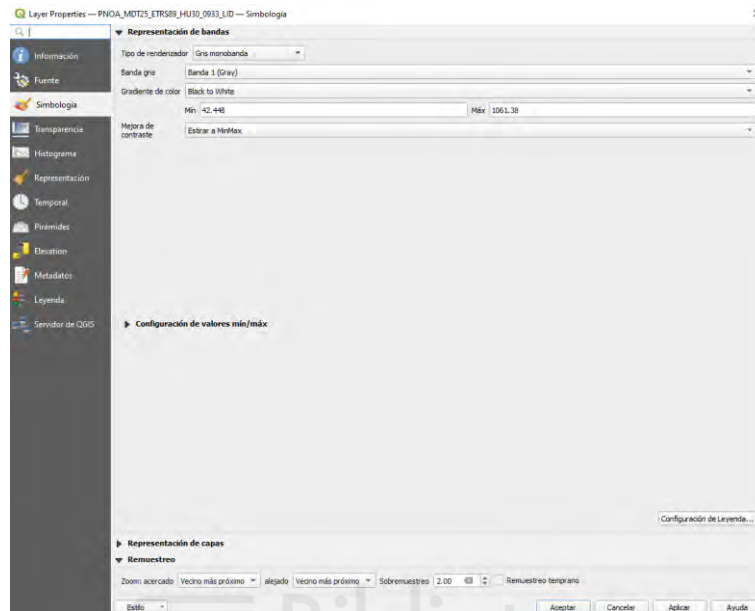


Nos proporciona el valor por banda de la imagen. Además, nos informa de las coordenadas X e Y del píxel en función del Sistema de Coordenadas asociado.



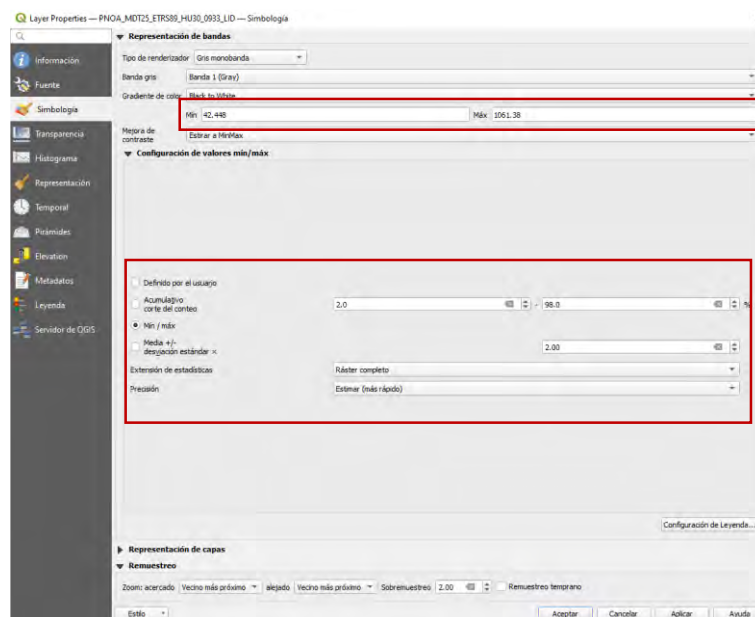
## 1.2.- SIMBOLOGÍA

Permite asociar a un ráster de una sola banda un valor RGB por rangos de valores de píxeles. Podemos aplicar rampas de color existentes, incluso modificarlas o crear nuevas rampas de color.

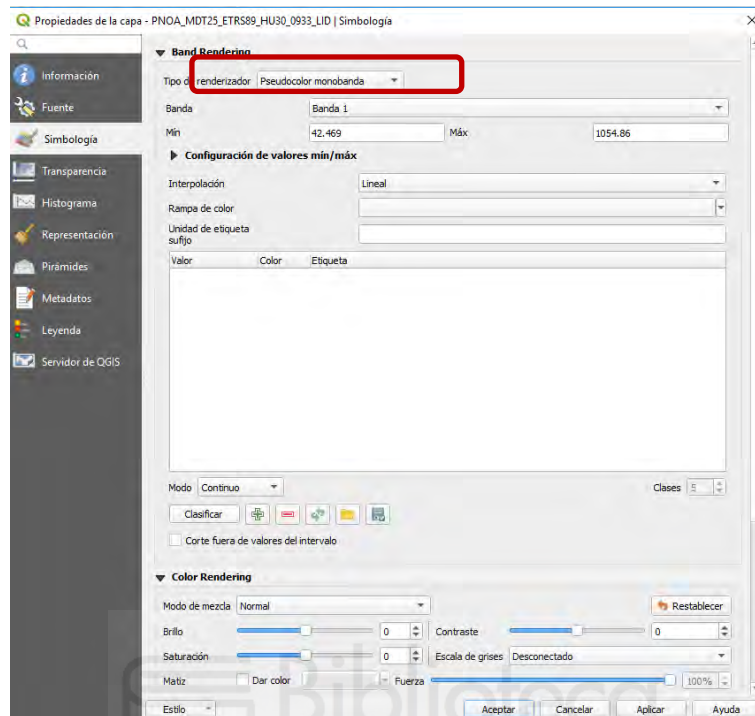


En la opción de **Configuración de valores min/max**, debemos activar la casilla **Min/max**, para que aparezcan los valores de altura del MDT mínimo y máximo en las ventanas superiores.

El valor mínimo (altura 42,448 m) y el valor máximo (altura 1061,38 m).

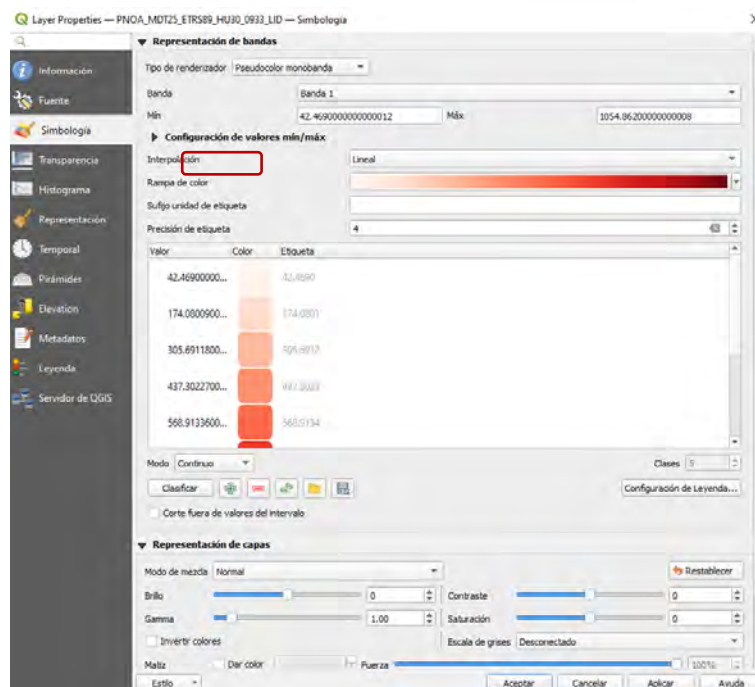


En **Tipo de renderizador** seleccionamos “Pseudocolor monobanda”. La ventana se modifica.

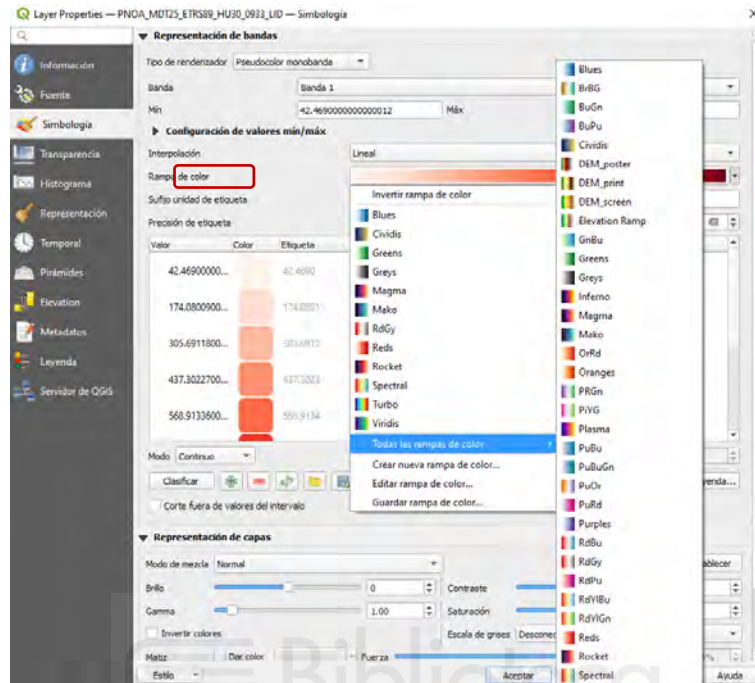


Actuamos sobre los siguientes parámetros:

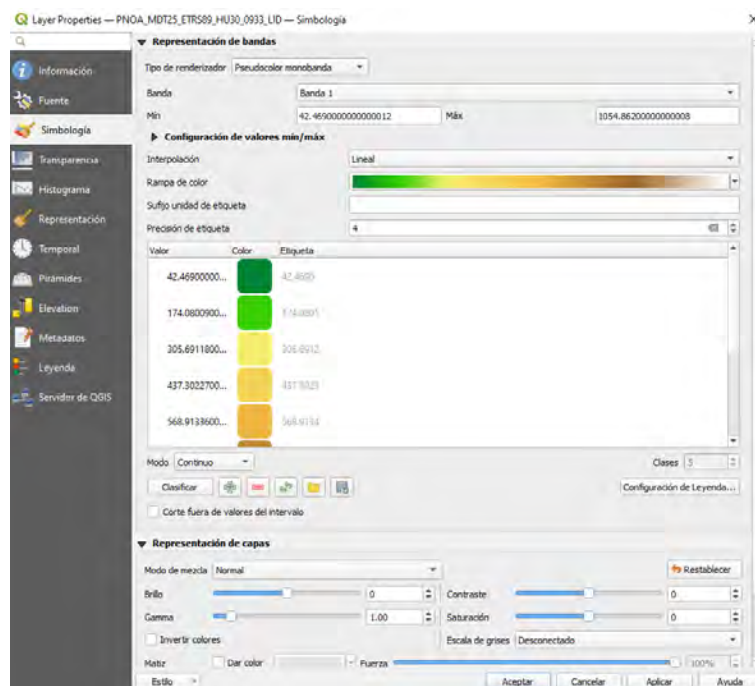
- **Interpolación:** seleccionamos Lineal



- **Rampa de color:** seleccionamos una rampa, podemos elegir una de las paletas de colores predefinidos, aunque posteriormente podamos editarla y modificarla, o podemos generar una nueva rampa de colores aleatoria o crear una nueva a nuestro gusto.

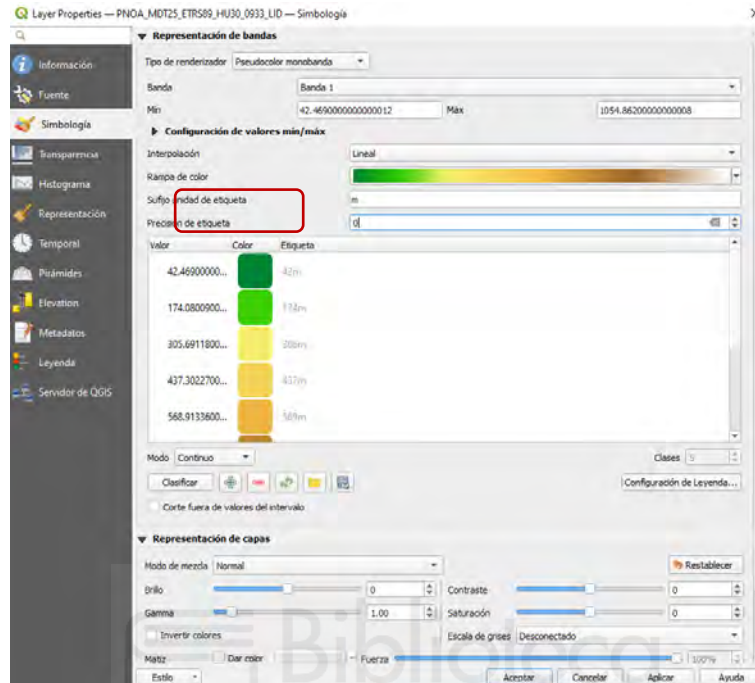


Seleccionamos una rampa de color, elegida entre el desplegable de **Todas las rampas de color**, con el fin de asignar colores fríos para las elevaciones más altas y colores cálidos a las elevaciones más bajas.

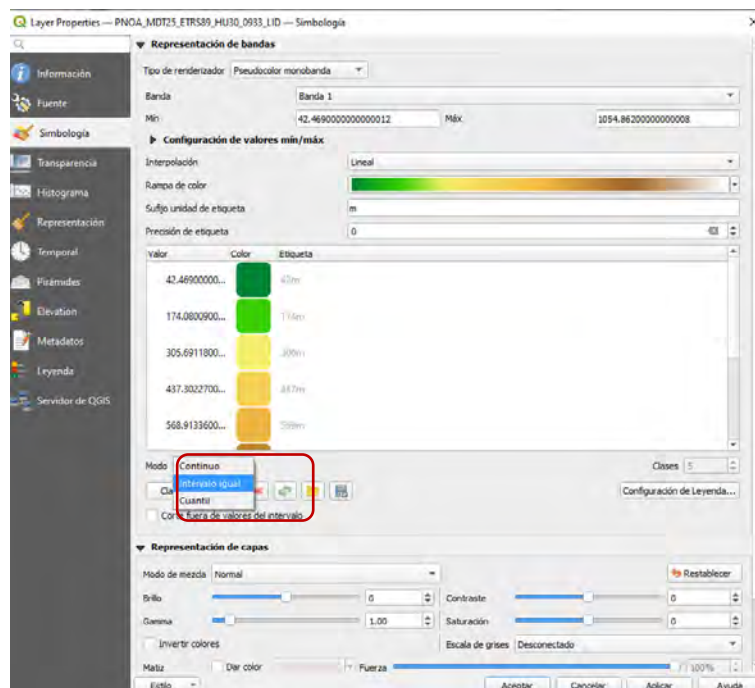


- **Sufijo unidad de etiqueta:** escribimos “m” para indicar que, en las etiquetas de la leyenda, la unidad de los valores corresponde a metros.

- **Precisión de etiqueta:** bajamos al valor “0” para indicar que, en las etiquetas de la leyenda, no queremos decimales.

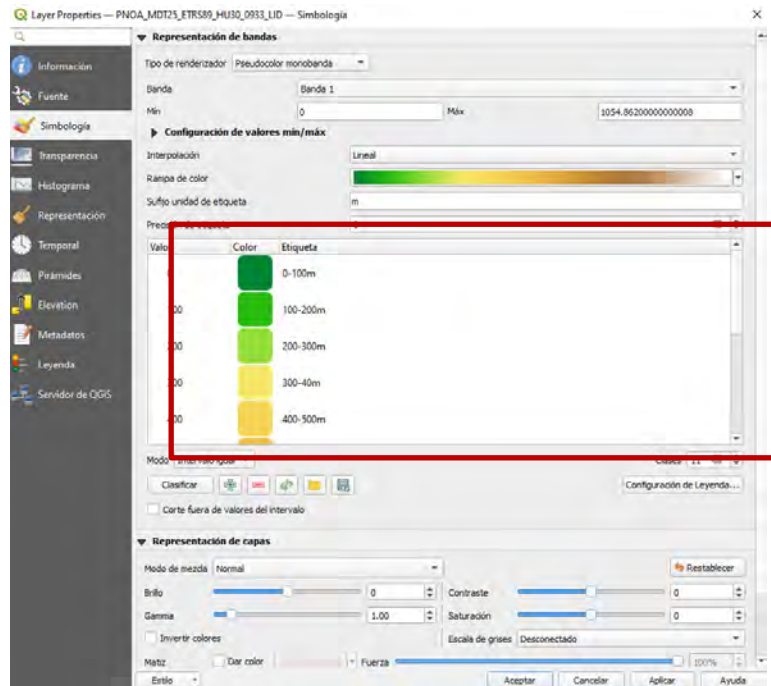


- **Modo:** seleccionamos *Intervalo igual*. La idea es obtener intervalos de elevación cada 100 m.

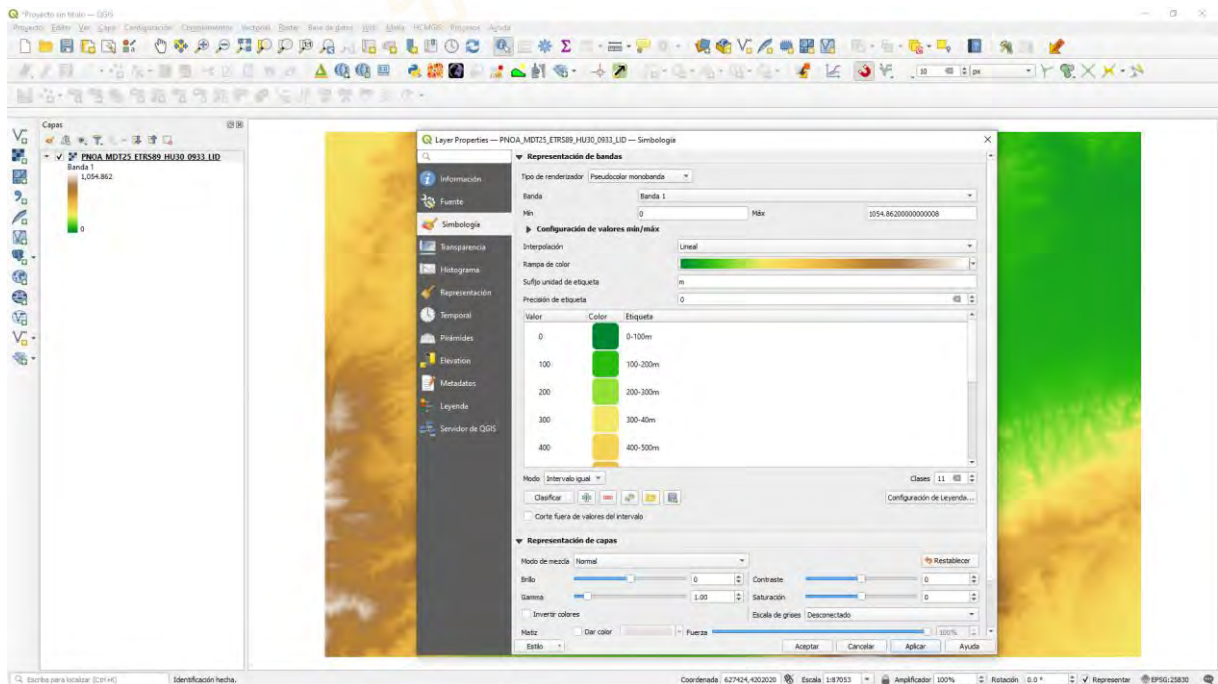




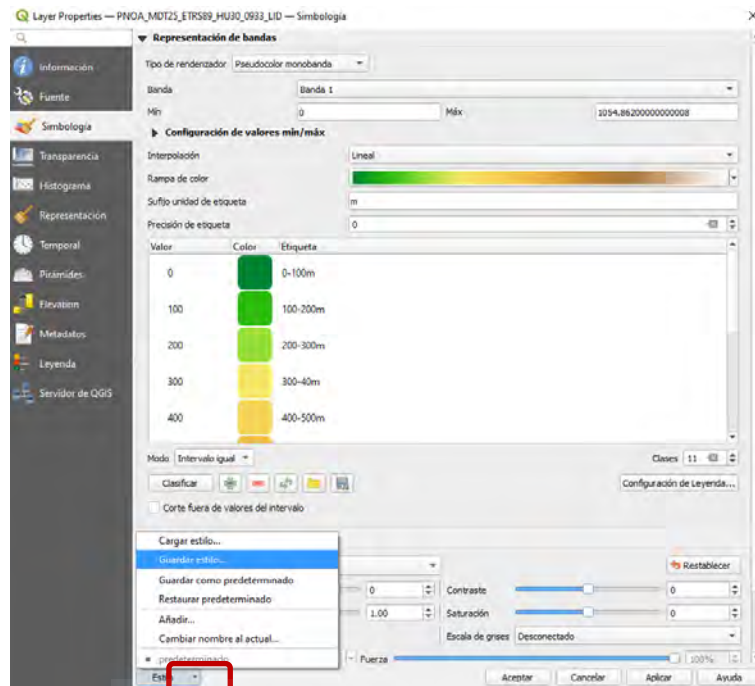
Procedemos a modificar los **valores** según los intervalos de la hipsometría a realizar y escribimos las **etiquetas** que se mostrarán en la leyenda de la capa.



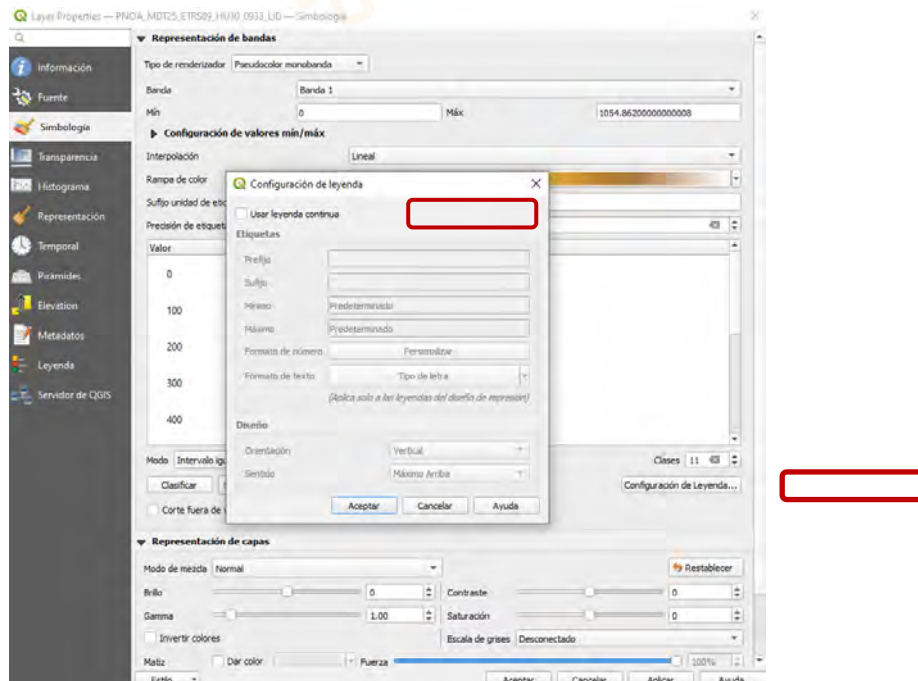
Pulsamos **Aplicar** y el MDT se ajusta a la nueva tabla de color creada.



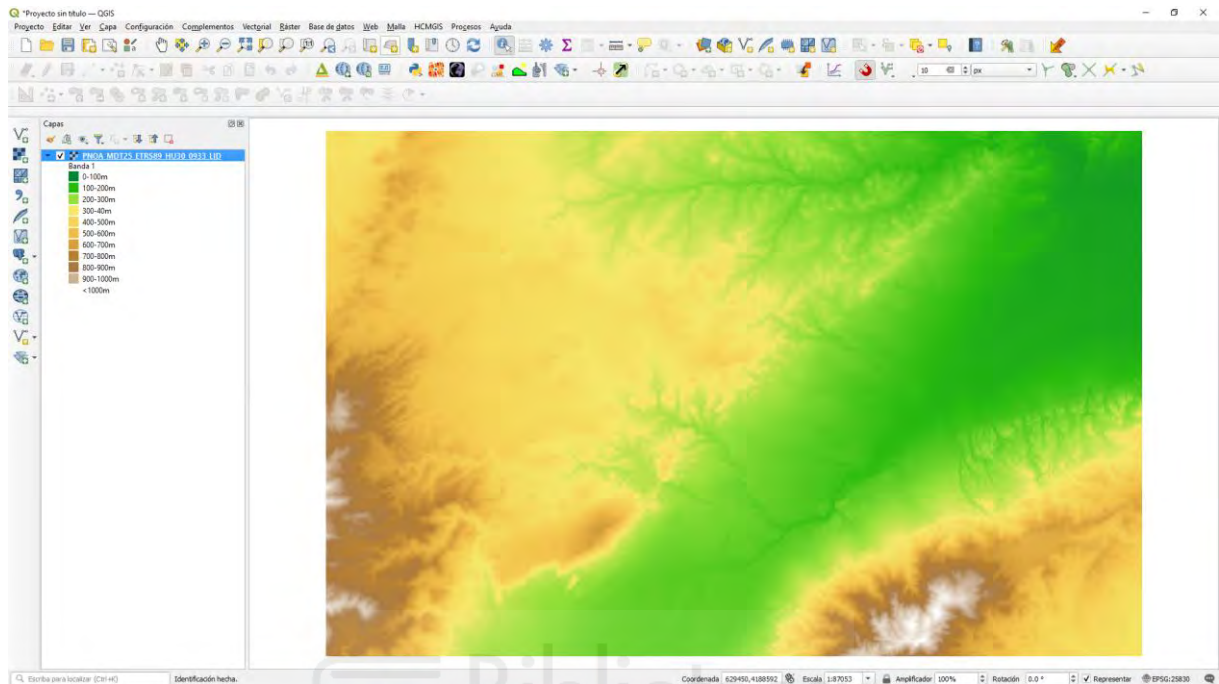
Ahora, antes de **Aceptar**, podemos **Guardar estilo...**, guardándola en el disco duro para poder usarla o modificarla en otras ocasiones, mediante **Cargar estilo...**



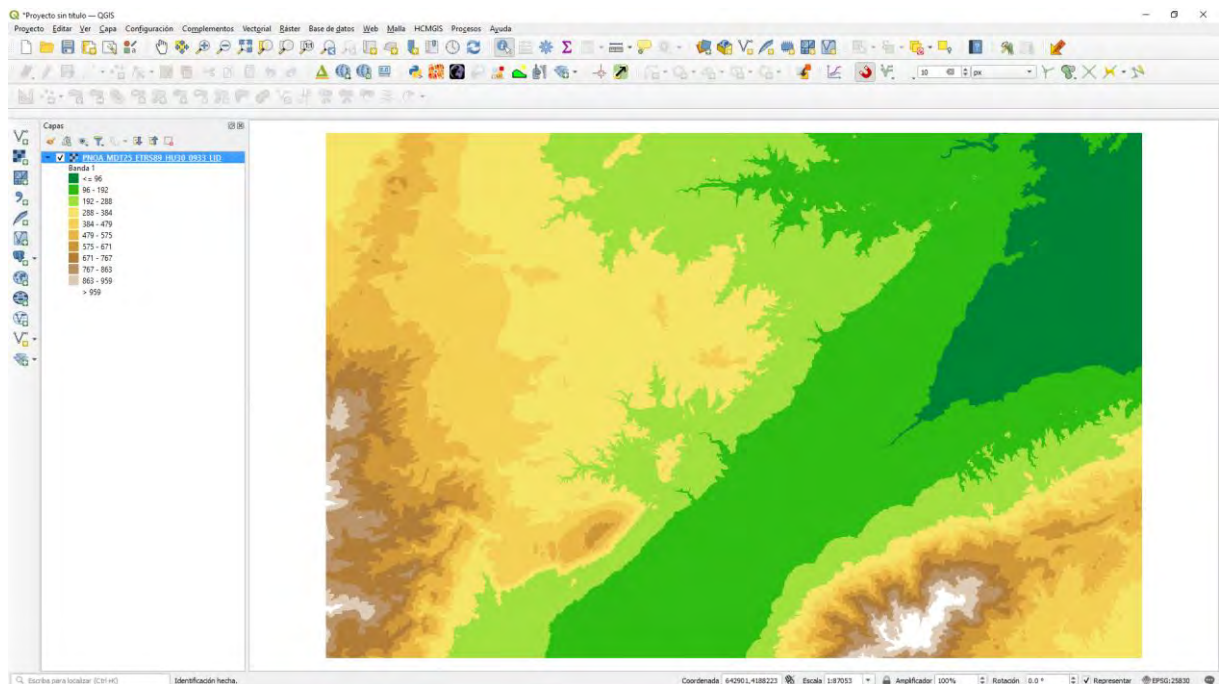
Si en el **Panel de capas** no aparece la leyenda que hemos establecido, hacemos clic en el botón **Configurador de Leyenda...** y desmarcamos la casilla superior **Usar leyenda continua**.



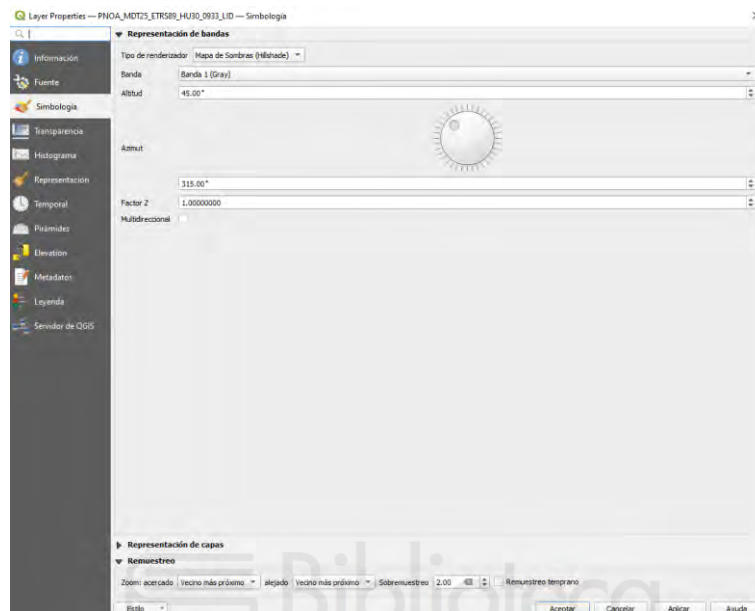
En la Vista tenemos el MDT con la hipsometría generada en las etiquetas de la simbología.



En la simbología podemos optar por una interpolación de tipo **Discreto**, obteniendo un resultado con la hipsometría generada diferente. A diferencia de la interpolación *Lineal*, donde los cambios de color son más atenuados y suaves, en la interpolación *Discreta* los cambios de color son más bruscos y definidos.



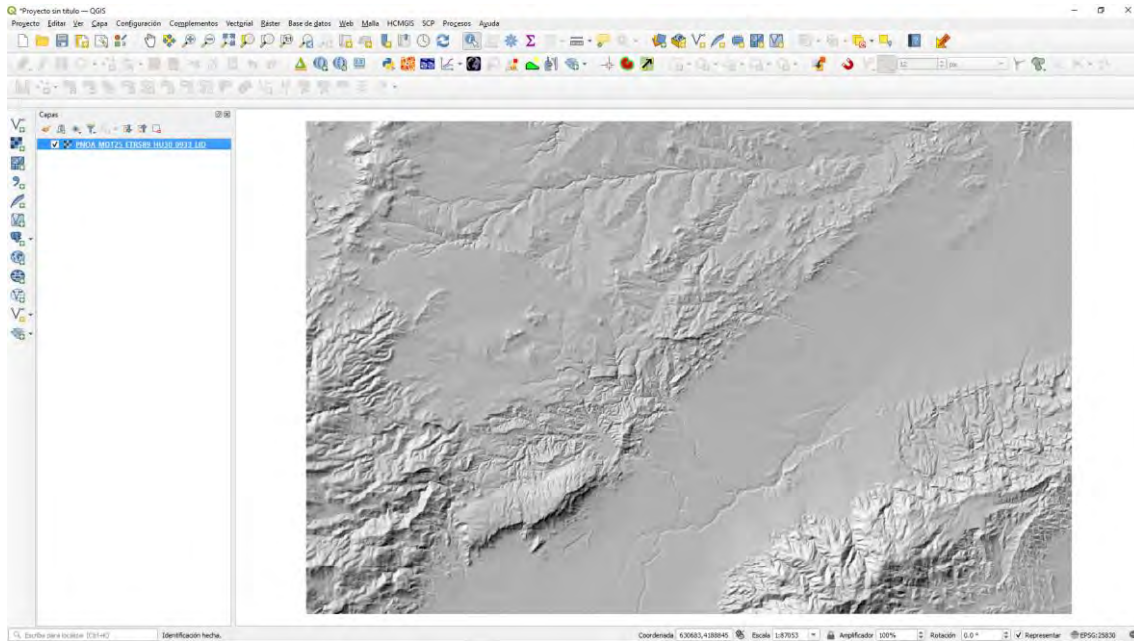
Desde la **Simbología** de la capa ráster también podemos generar un modelo de sombras (*Hillshade*) a partir del MDE. En **Tipo de renderizador** seleccionamos “*Mapa de Sombras (Hillshade)*”.



Podemos actuar en los siguientes parámetros:

- Altitud: 45,00°
- Azimut (ángulo horizontal): 315,00°
- Factor Z: 1 (valor para exagerar el relieve)

El resultado es un mapa de sombras del MDE:



## 2.- ANÁLISIS DEL MDT CON QGIS

Para el análisis del MDT cargado en la vista, QGIS cuenta con varios procesos (propios de QGIS, SAGA, GDAL, GRASS) y complementos instalados o instalables (como Análisis del terreno, Perfiles del terreno...), con diversos algoritmos de análisis espacial.

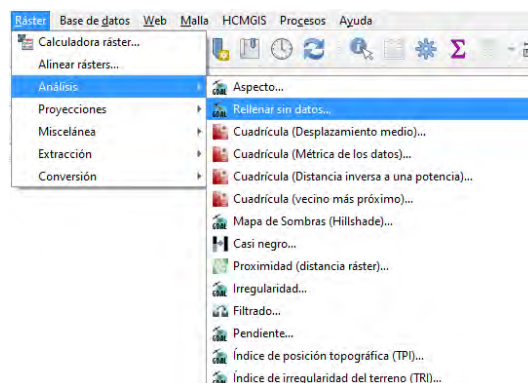
A continuación, se muestran algunas aplicaciones de los algoritmos de QGIS relacionados con los Modelos Digitales del Terreno.

### 2.1.- ELIMINAR DEPRESIONES

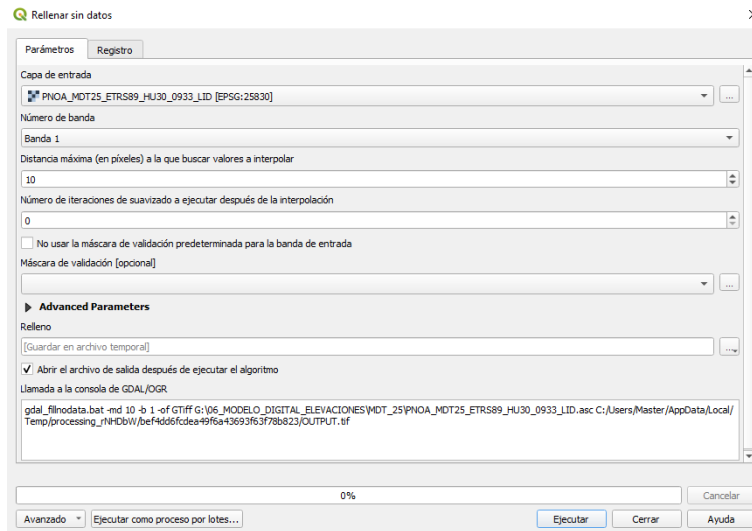
Este algoritmo elimina las depresiones existentes en un MDE, "rellenándolas". Esta operación es un paso previo para poder **analizar hidrológicamente el MDE**, posibilitando la asignación de direcciones de flujo en todas las celdas.

QGIS ofrece varios geoprocesos para la eliminación de depresiones (Fill sinks o Rellenar datos). Aquí vamos a utilizar el geoproceso que ofrece el proveedor GDAL.

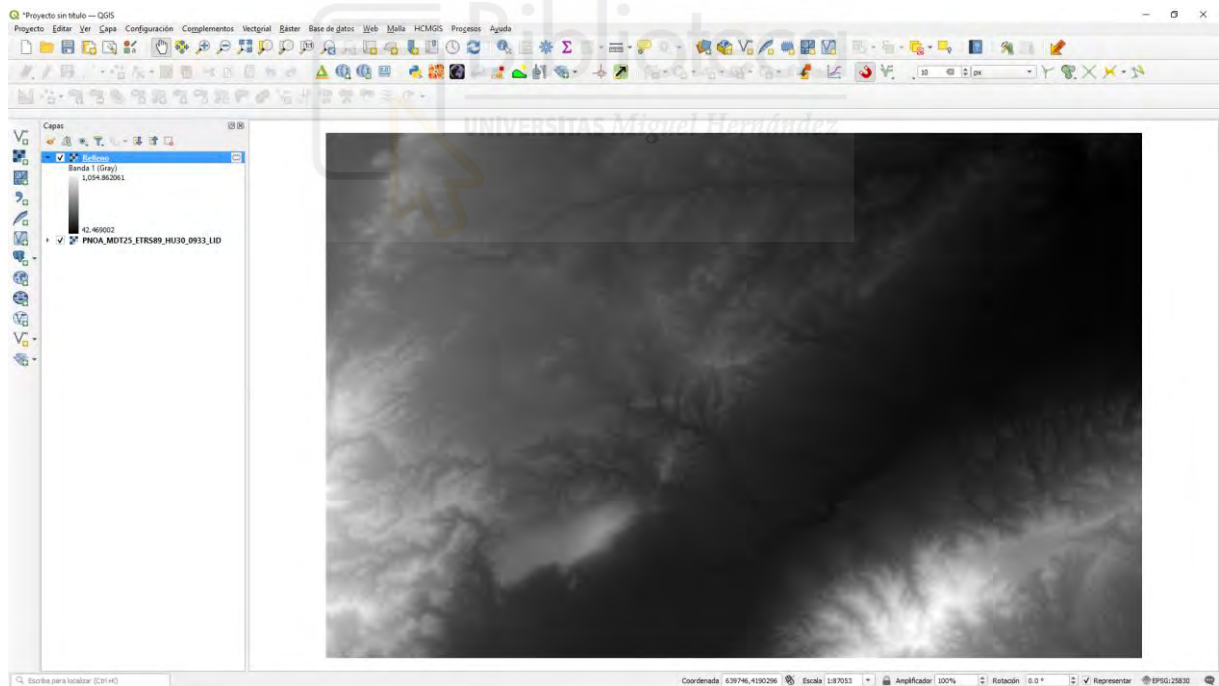
En el menú Ráster<>Análisis<>Rellenar sin datos...




En la pestaña **Parámetros**, seleccionamos en *Capa de entrada* la capa ráster y la capa de salida *Relleno* se deja como un archivo temporal o se puede guardar en el disco duro con su nombre. El resto de parámetros se dejan por defecto.

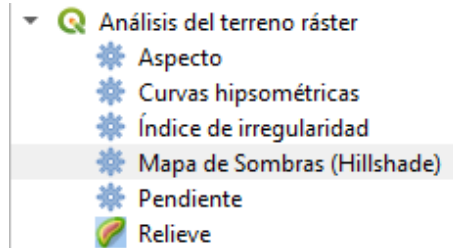


Ejecutamos el proceso y el resultado es una nueva capa temporal *“Relleno”* donde se han eliminado las depresiones.

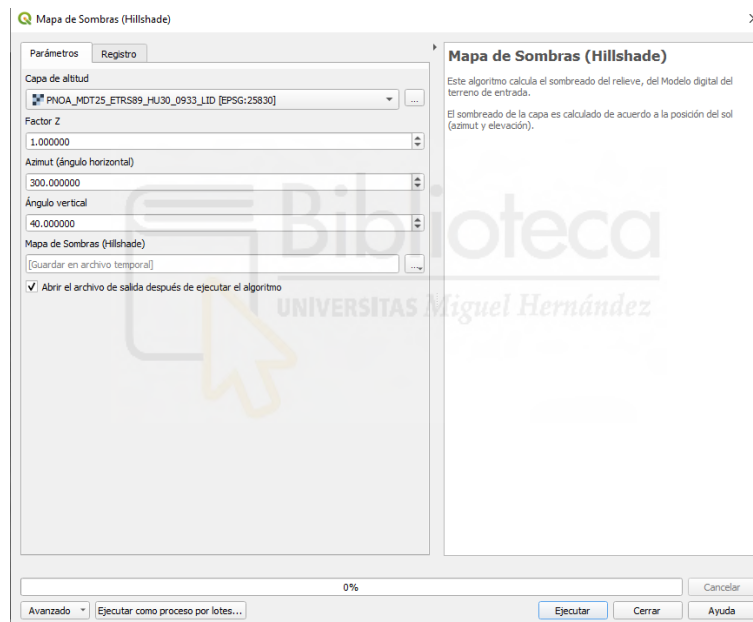


## 2.2.- MAPA DE SOMBRAS

En la Caja de herramientas de Procesos , desplegamos Análisis del terreno ráster y seleccionamos Mapa de Sombras (Hillshade).

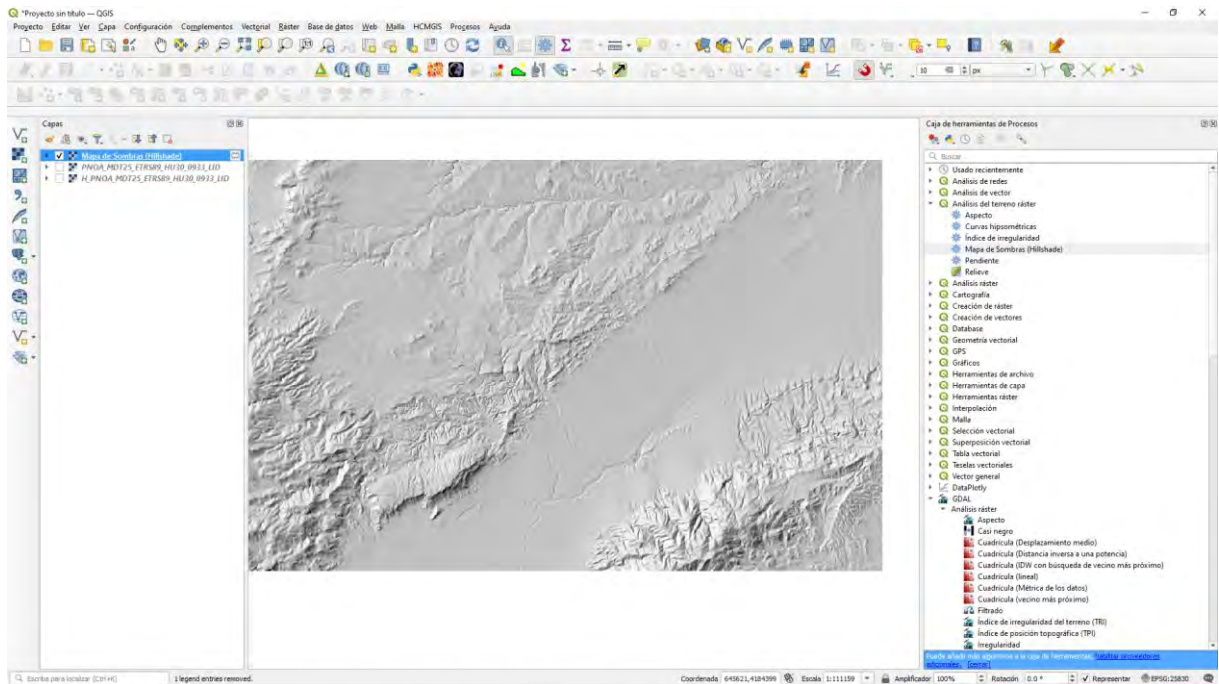



En la pestaña **Parámetros**, seleccionamos la capa ráster de entrada y la capa de salida *Mapa de Sombras* se deja como un archivo temporal o se puede guardar en el disco duro con su nombre. El resto de parámetros se dejan por defecto.

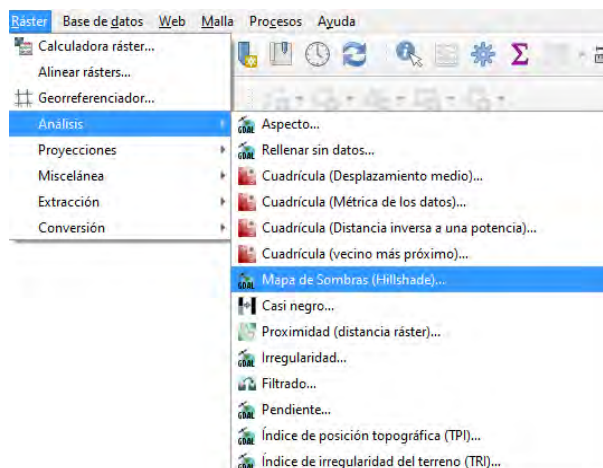


Ejecutamos el proceso y el resultado es una nueva capa temporal “*Mapa de Sombras*”. A medida que variamos el valor de Factor Z (exageración vertical), se obtienen diferentes resultados.

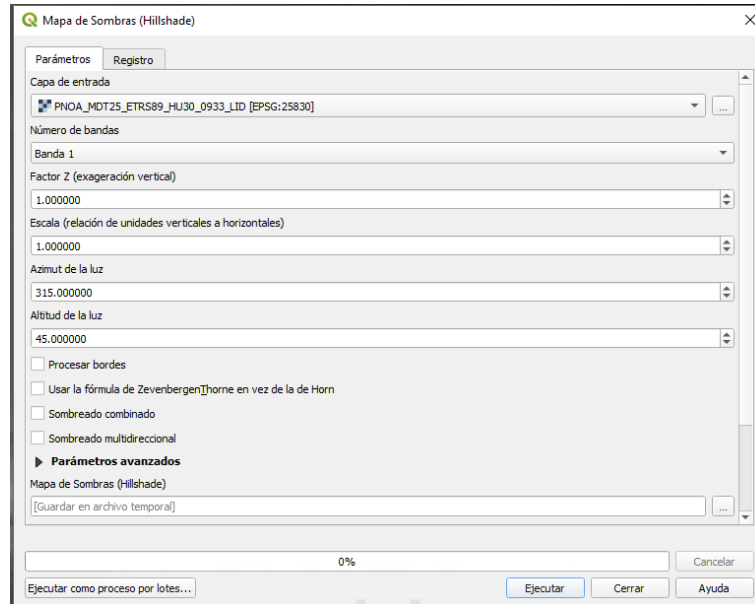
Valor de Factor Z = 1.



También podemos usar el proceso que proporciona GDAL  GDAL .  
En el menú Ráster<>Análisis<>Mapa de Sombras (Hillshade).

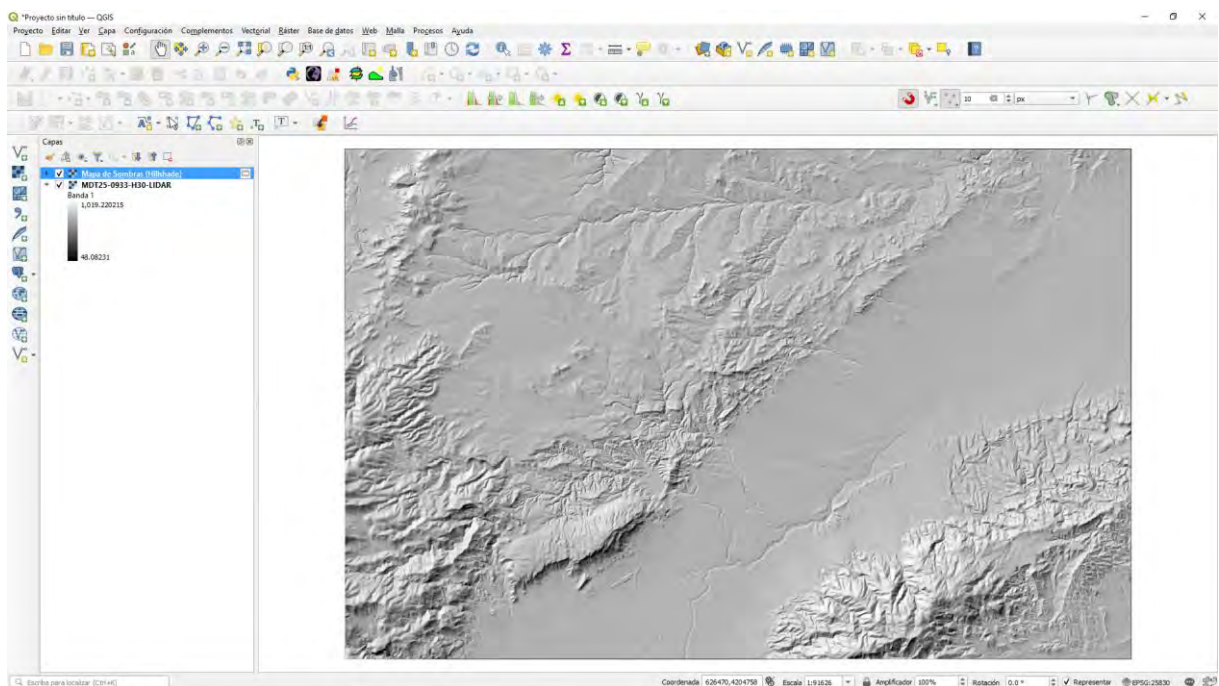


En la pestaña **Parámetros**, seleccionamos la capa ráster de entrada y la capa de salida **Mapa de Sombras** se deja como un archivo temporal o se puede guardar en el disco duro con su nombre. El resto de parámetros se dejan por defecto.

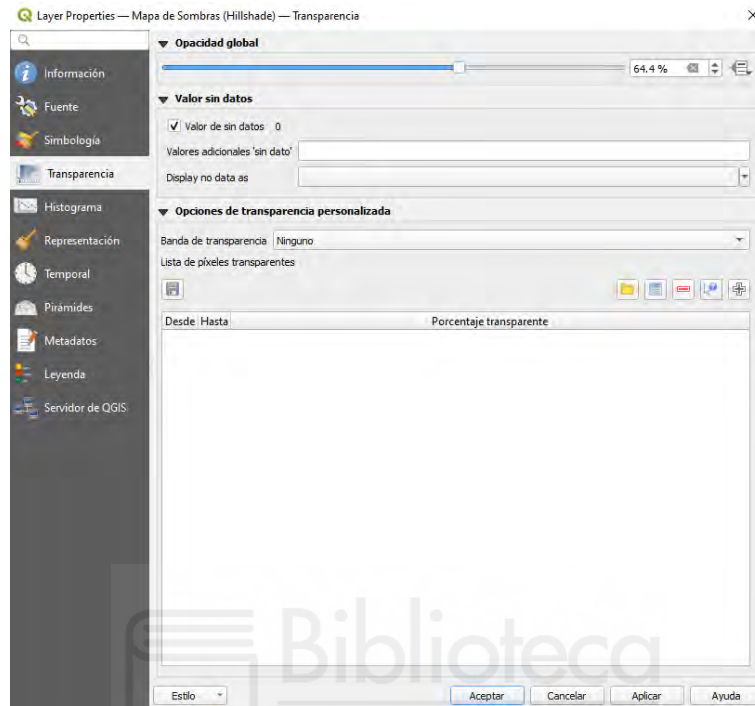


Ejecutamos el proceso y el resultado es una nueva capa temporal “**Mapa de Sombras**”. A medida que variamos el valor de **Factor Z (exageración vertical)**, se obtienen diferentes resultados.

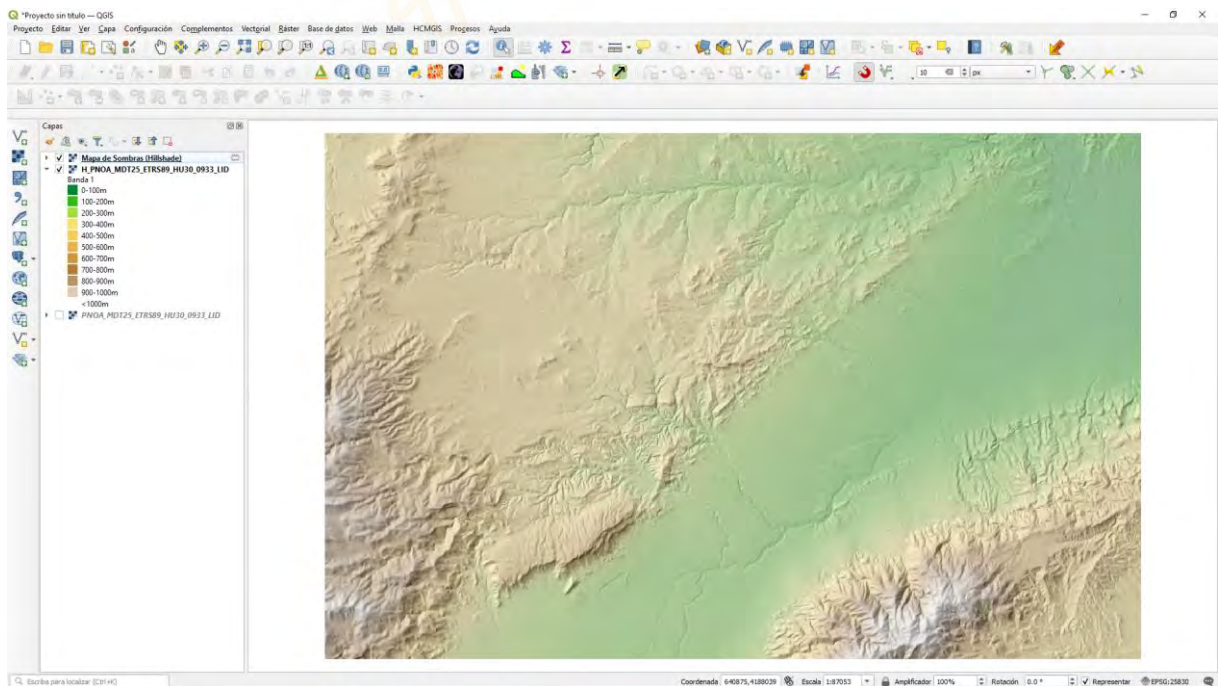
Valor de Factor Z = 1.




Si a este ráster de relieve sombreado, le aplicamos transparencia en la **Propiedades del ráster**, y lo colocamos por encima del MDT original con la hipsometría de color obtenida anteriormente,

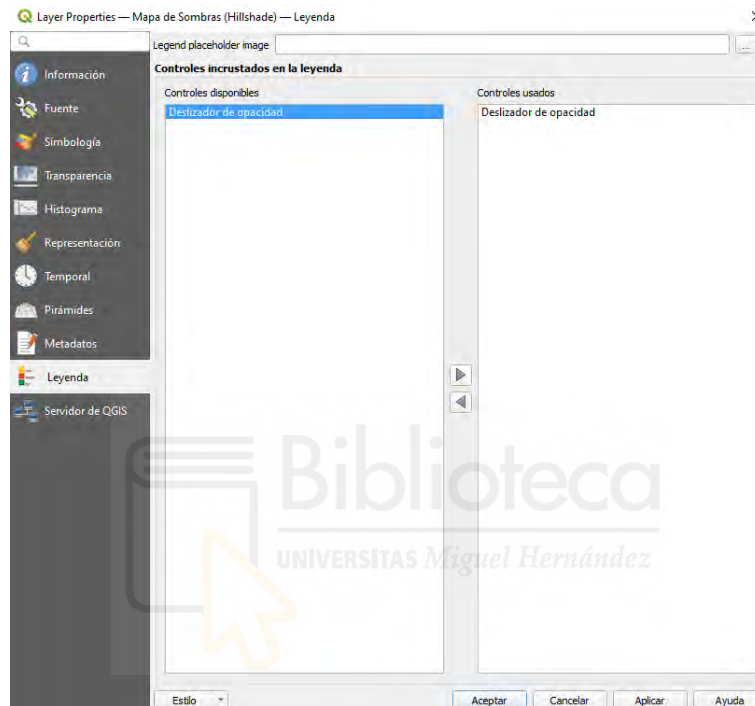


el resultado es el siguiente: una vista de la hipsometría del MDT en relieve.

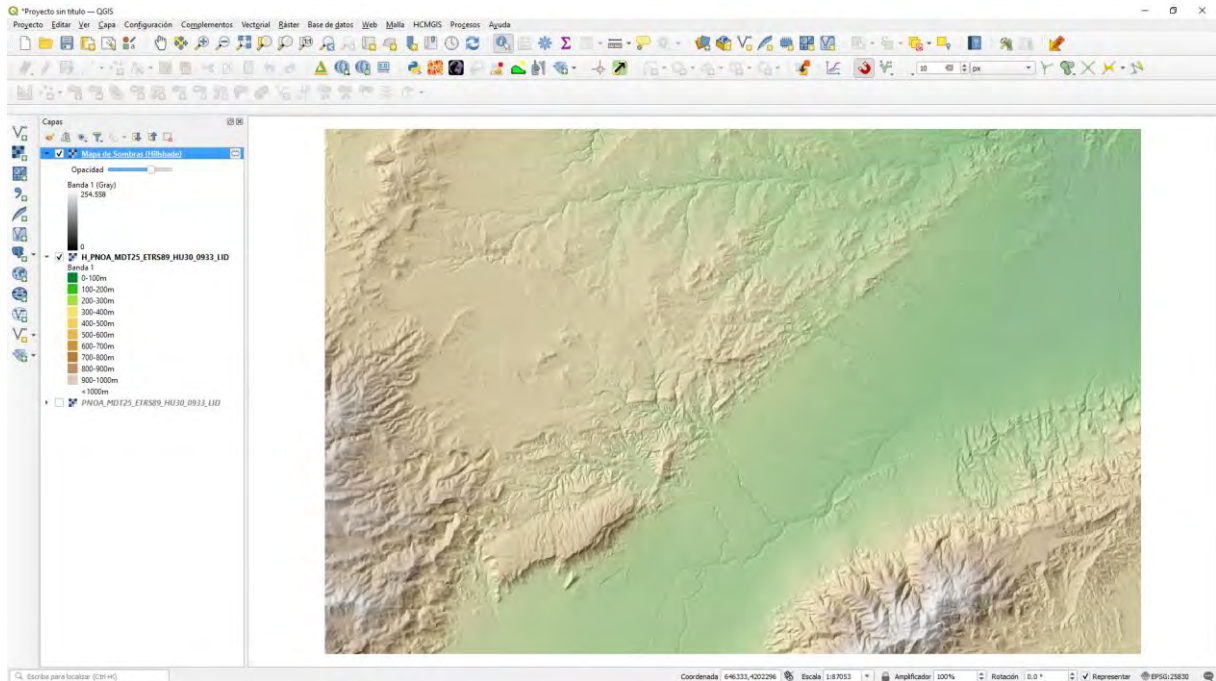


Otra opción interesante es proporcionar a la leyenda de una capa en el **Panel de capas** de diferentes controles, uno de ellos, el deslizador de opacidad.

Seleccionamos la capa creada *Mapa de sombras* y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos **Propiedades**. En la pestaña de **Leyenda**, seleccionamos **Deslizador de opacidad** en la ventana de *Controles disponibles* y pulsamos en la flecha  para que se incorpore a la ventana de la derecha de *Controles usados*.

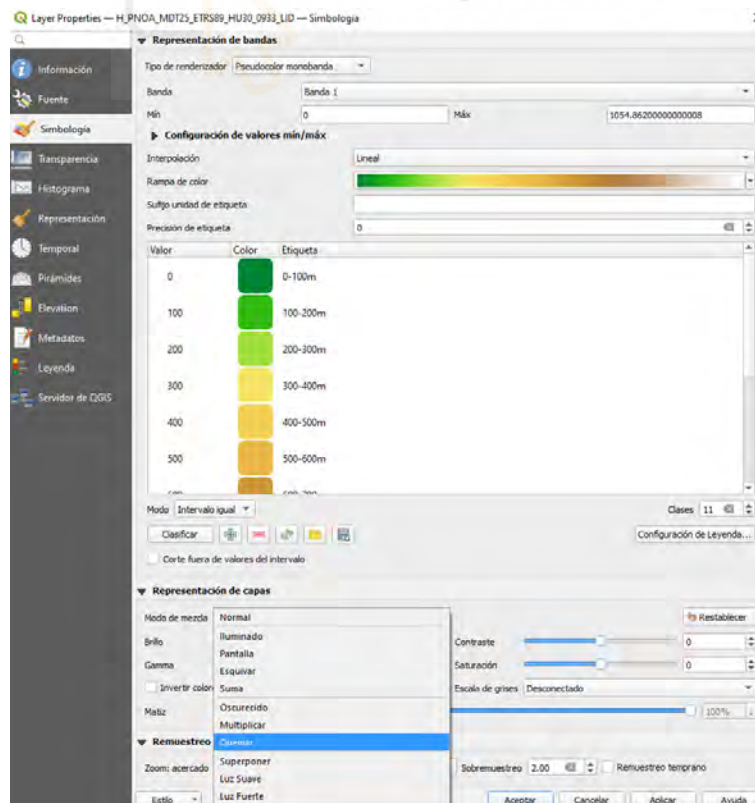


Ahora, la capa *Mapa de Sombras* muestra en su leyenda el **Deslizador de opacidad** y podemos establecer en cualquier momento el porcentaje de opacidad de la capa.

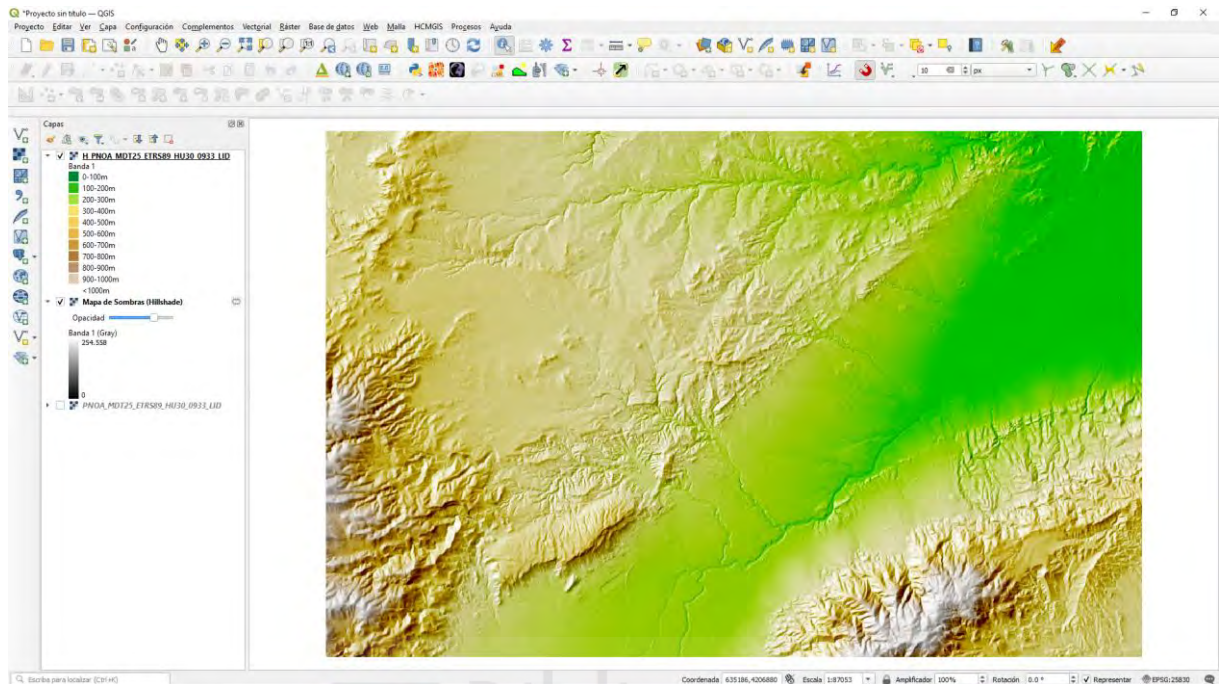


También existe otra posibilidad. Seleccionamos la capa del MDT original con la hipsometría y en la pestaña de **Simbología** de la ventana de **Propiedades** vamos a modificar el renderizado.

Con la **Tabla de color** establecida, desplegamos la pestaña de **Representación de capas** y en el **Modo de mezcla** desplegamos y seleccionamos la opción **Quemar**.



Al colocar la capa del MDT con la hipsometría por encima de la capa de *Mapa de sombras* y jugando con la opacidad de esta última, el resultado es el siguiente: una vista de la hipsometría del MDT en relieve.

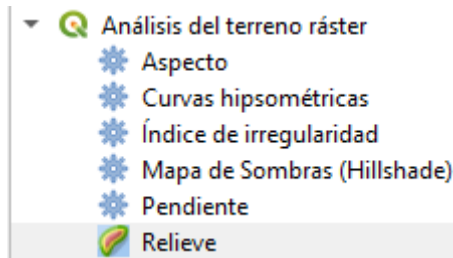


Conviene recuperar el *Modo de mezcla Normal* para volver a la simbología de la hipsometría del MDT que hemos configurado.

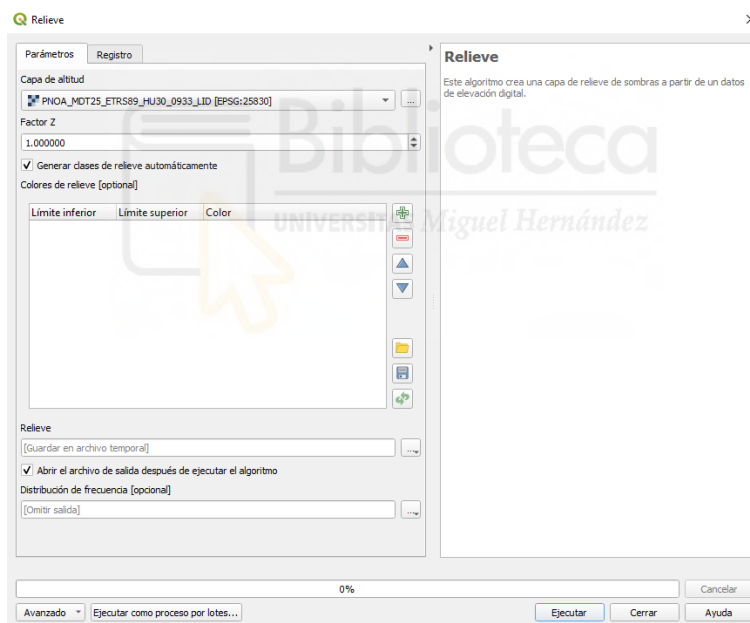
## 2.3.- RELIEVE

Podemos crear también un ráster de relieve a partir del ráster del MDT.

En la Caja de herramientas de Procesos  , desplegamos Análisis del terreno ráster y seleccionamos Relieve.



En la pestaña de **Parámetros**, seleccionamos el ráster del MDT, como **Factor Z** de elevación, podemos jugar con diferentes valores y marcamos la casilla **Generar clases de relieve automáticamente**.

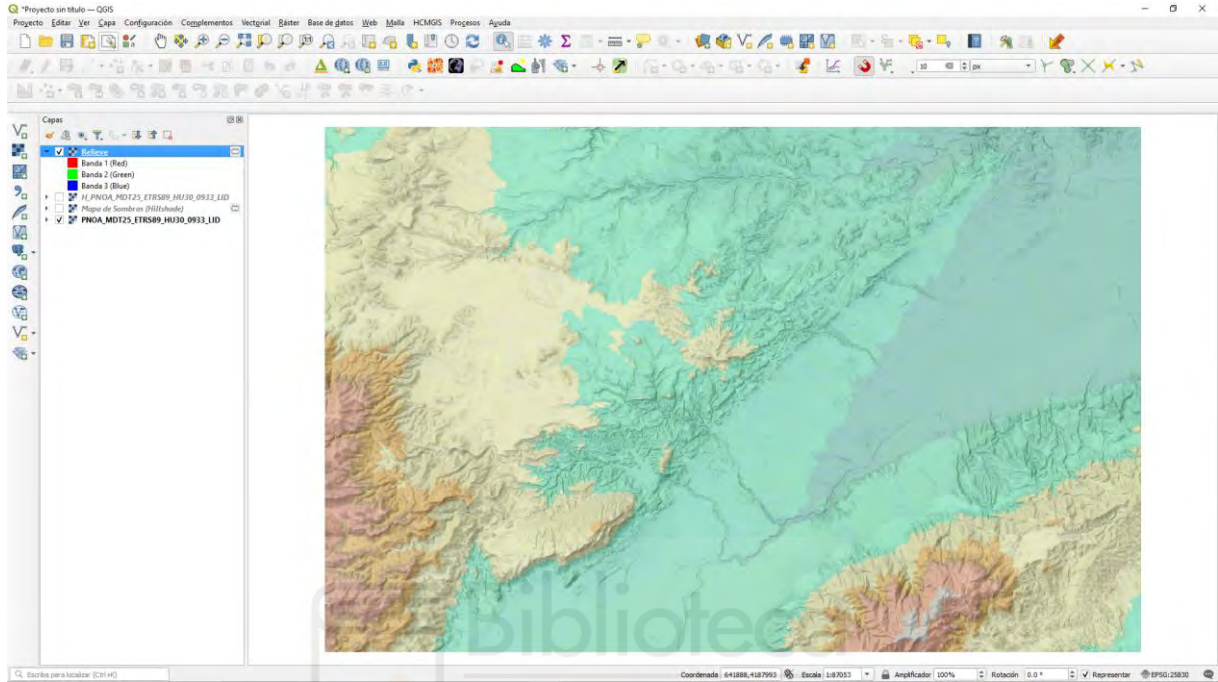


También podemos realizar una clasificación del relieve personalizada en la ventana inferior, estableciendo el número de clases, limitando los valores mínimo y máximo y asignando un color determinado a cada clase.

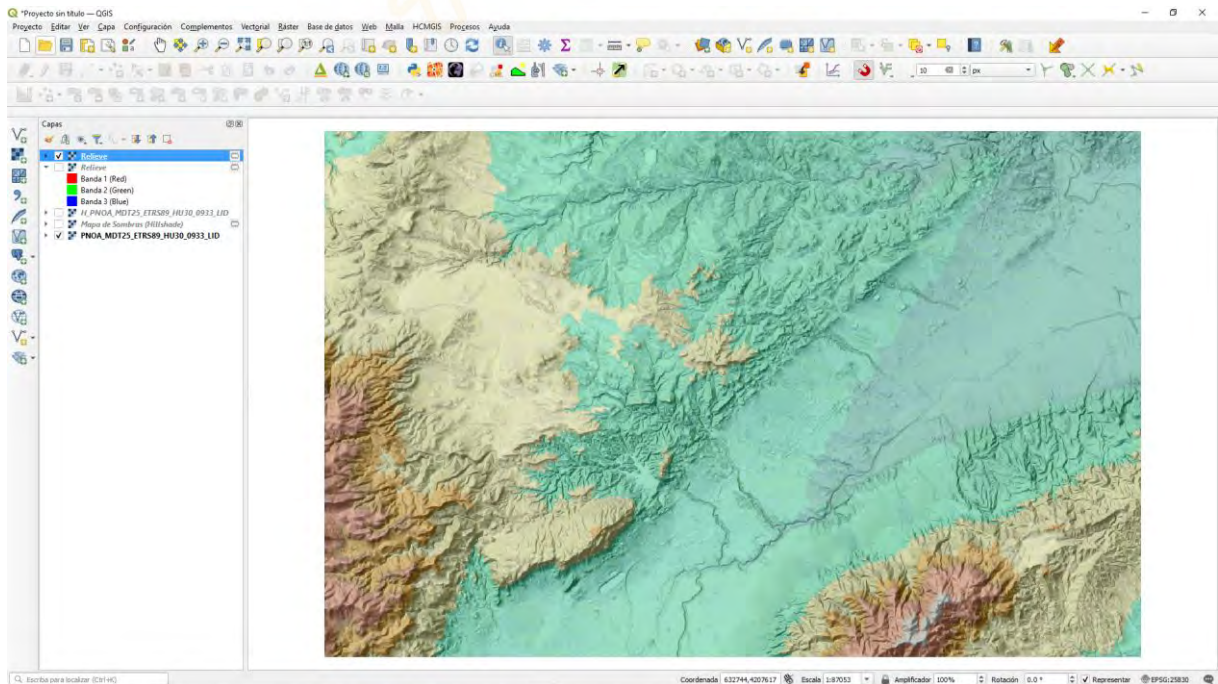
Hacemos clic en **Ejecutar**.

Obtenemos un ráster de 3 bandas que nos da información visual del relieve del terreno.

Factor Z=1

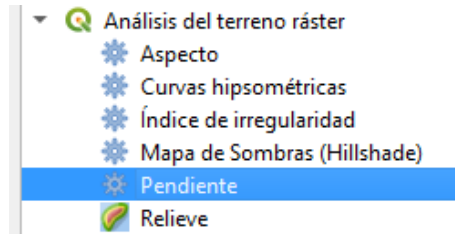


Factor Z=3

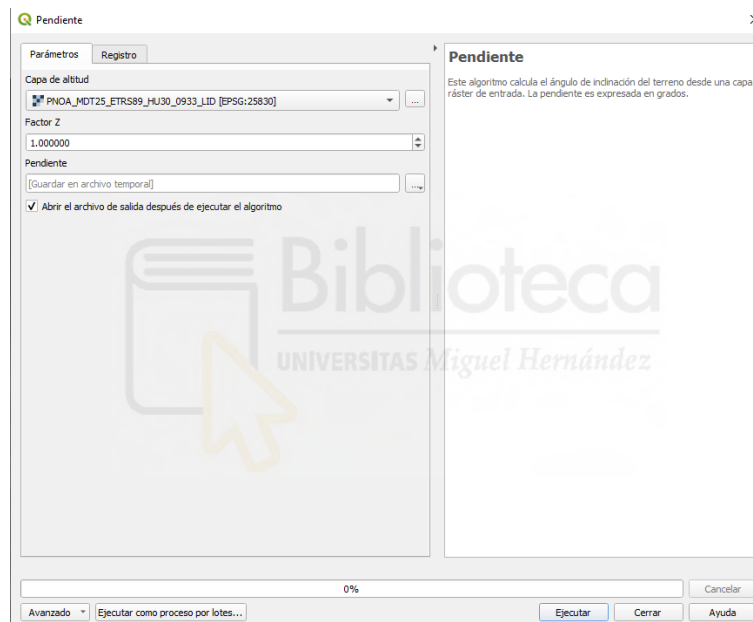


## 2.4.- PENDIENTES

En la Caja de herramientas de Procesos  , desplegamos Análisis del terreno ráster y seleccionamos Pendiente.

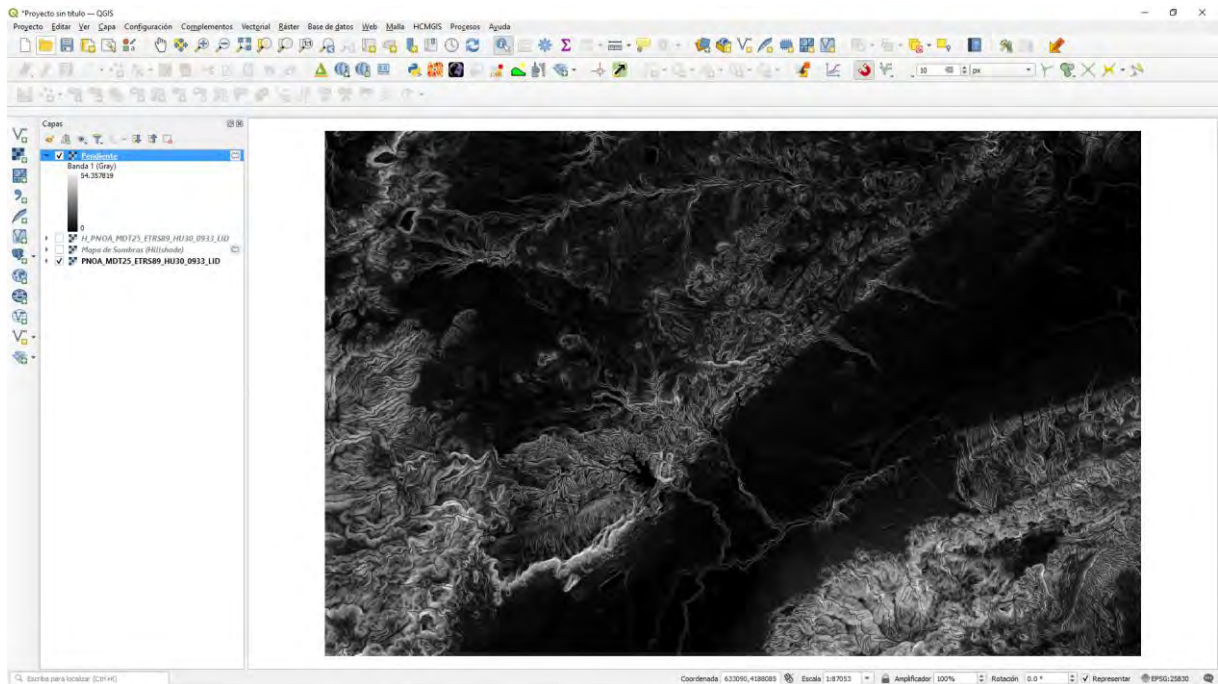


En la pestaña de **Parámetros**, seleccionamos el ráster del MDT y como **Factor Z**, podemos jugar con diferentes valores.

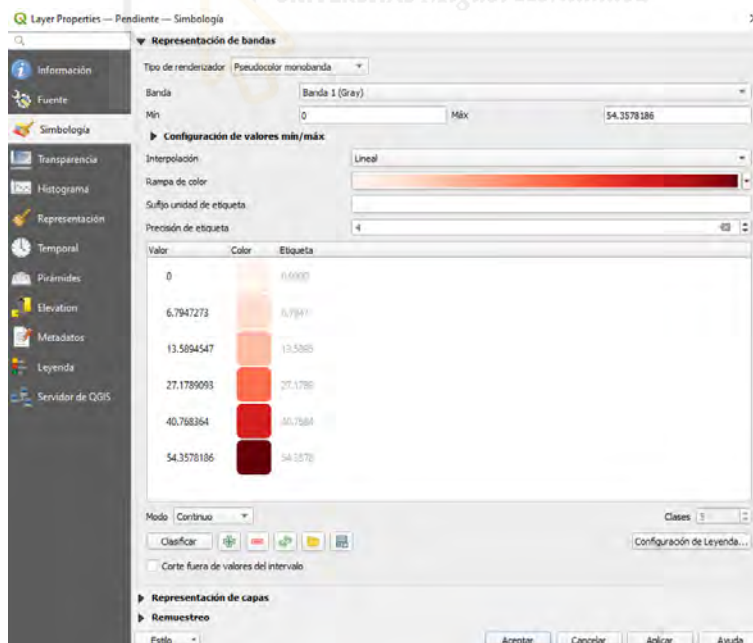


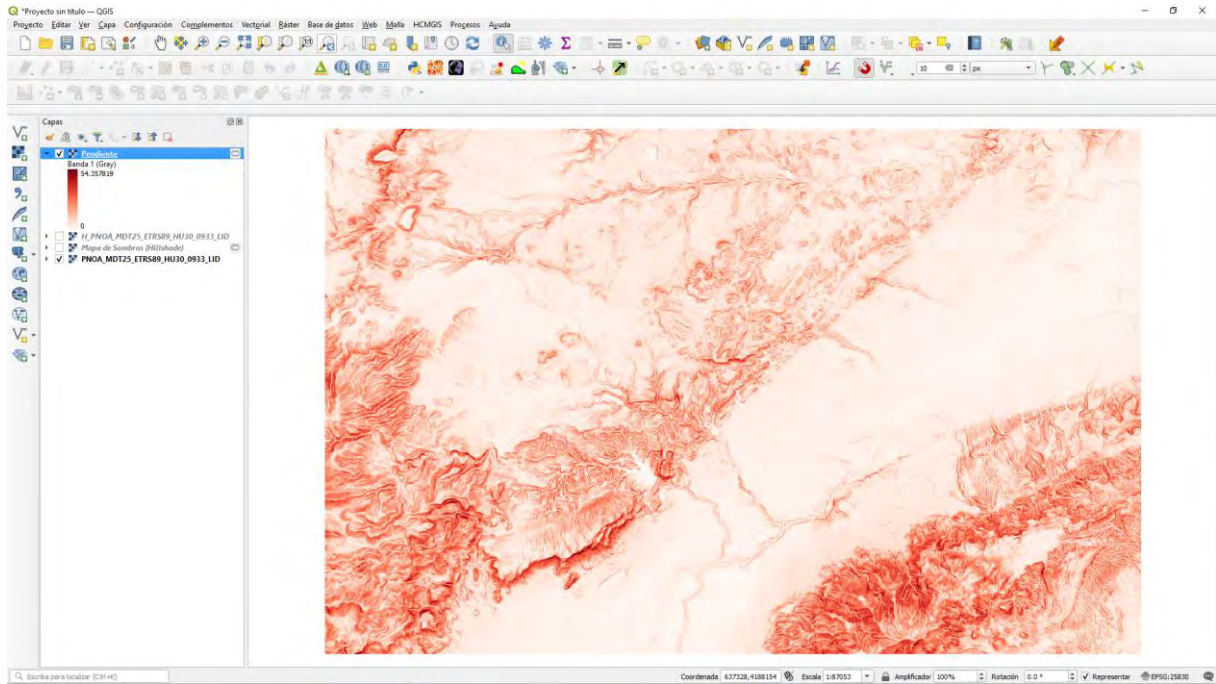
Hacemos clic en **Ejecutar**.


Obtenemos un ráster de pendientes con valores expresados en **grados**.



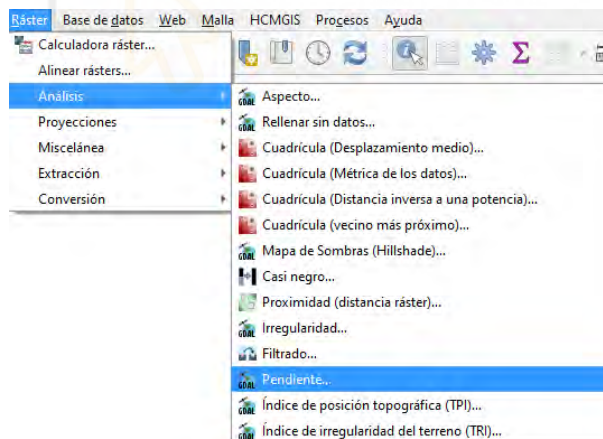
A este ráster le podemos establecer una simbología **Pseudocolor monobanda** que clasifique la pendiente en varias clases, según el grado de la pendiente.



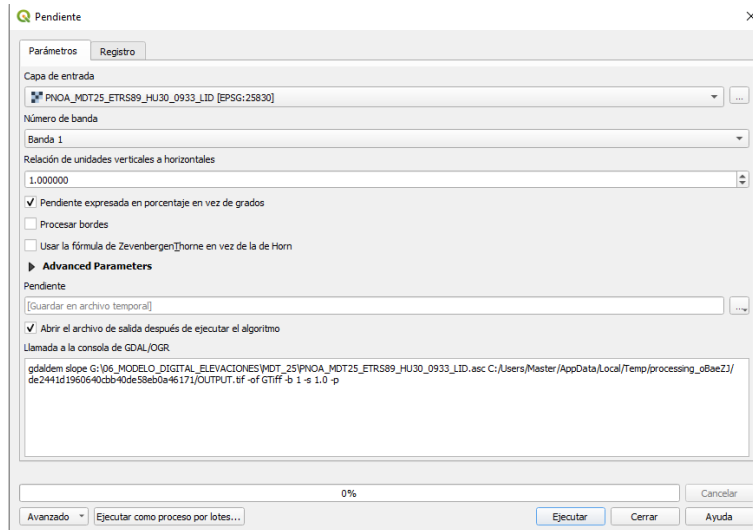


También podemos usar el proceso que proporciona GDAL . La ventaja de este proceso es que nos permite calcular la pendiente en valores de **porcentaje (%)**.

En el menú Ráster<>Análisis<>Pendiente.

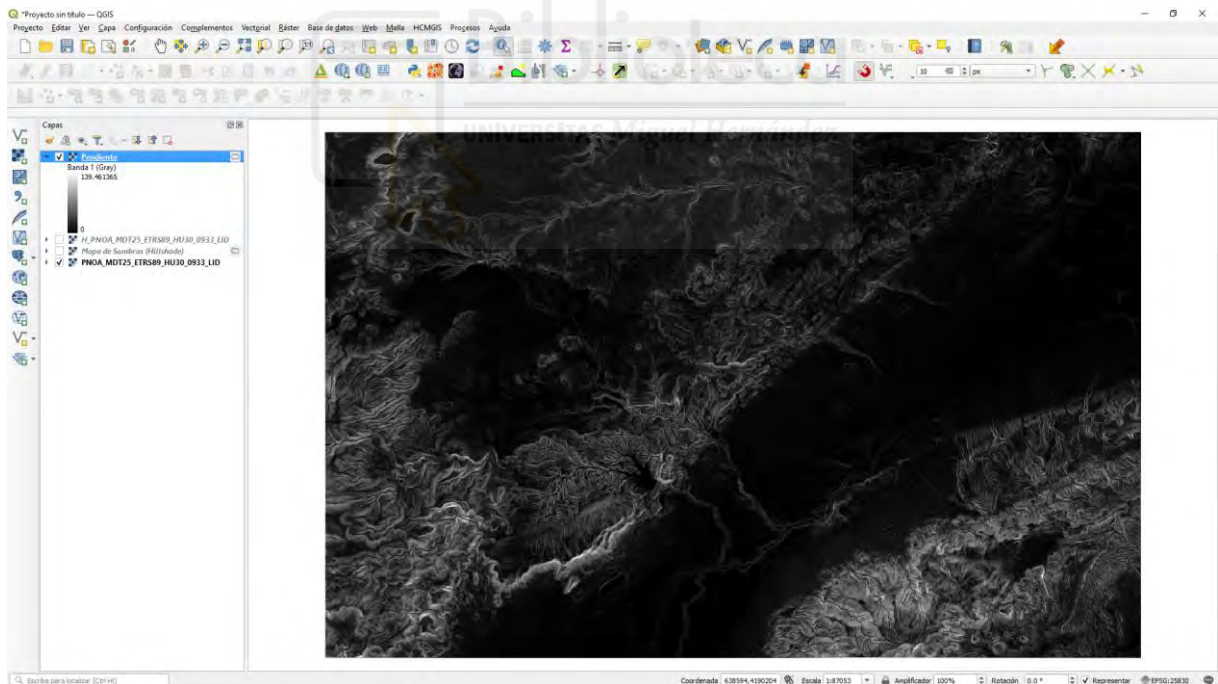


En la pestaña **Parámetros**, seleccionamos la capa ráster de entrada, marcamos la casilla **Pendiente expresada en porcentaje en vez de grados** y la capa de salida **Pendiente** se deja como un archivo temporal o se puede guardar en el disco duro con su nombre. El resto de parámetros se dejan por defecto.

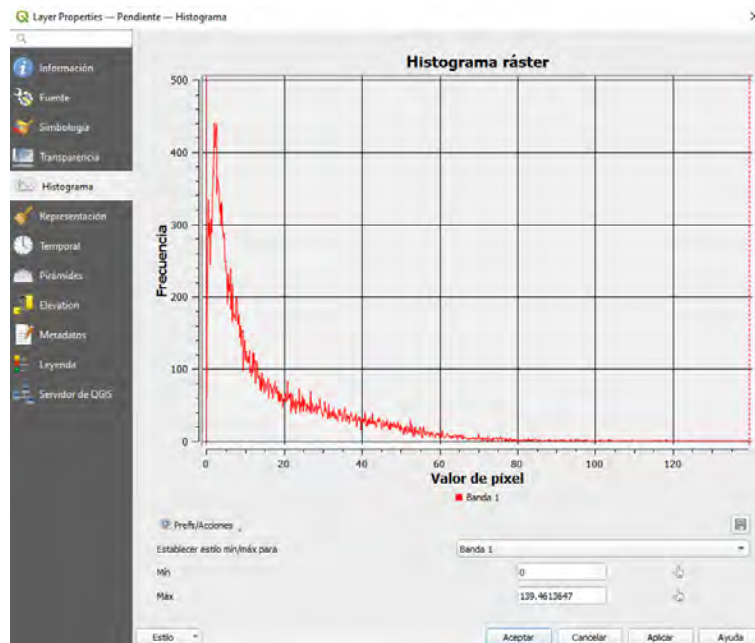


Ejecutamos el proceso y el resultado es una nueva capa temporal “Pendiente”, similar a la que hemos obtenido anteriormente, pero los valores corresponden a porcentaje de pendiente (%).

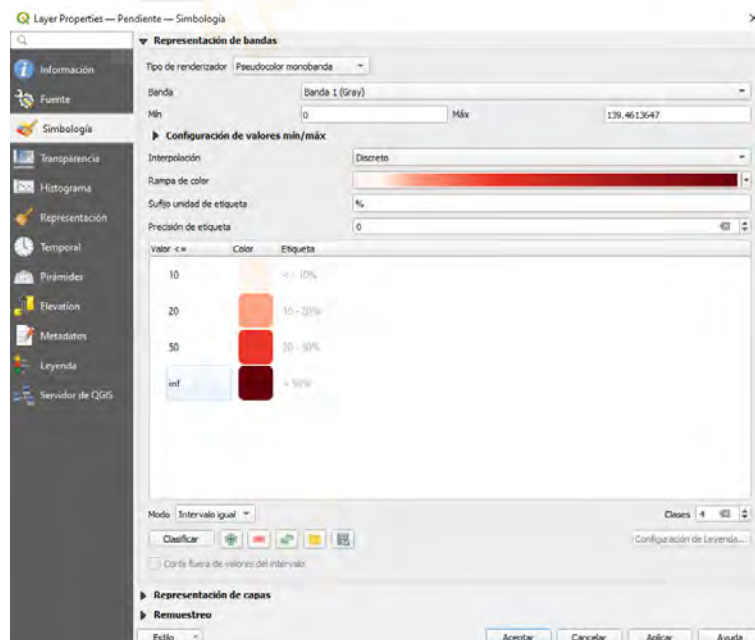
La capa aparece por defecto con un estilo de simbología “Gris monobanda”, por lo que la imagen ráster se ve en tonos de negro a blanco.



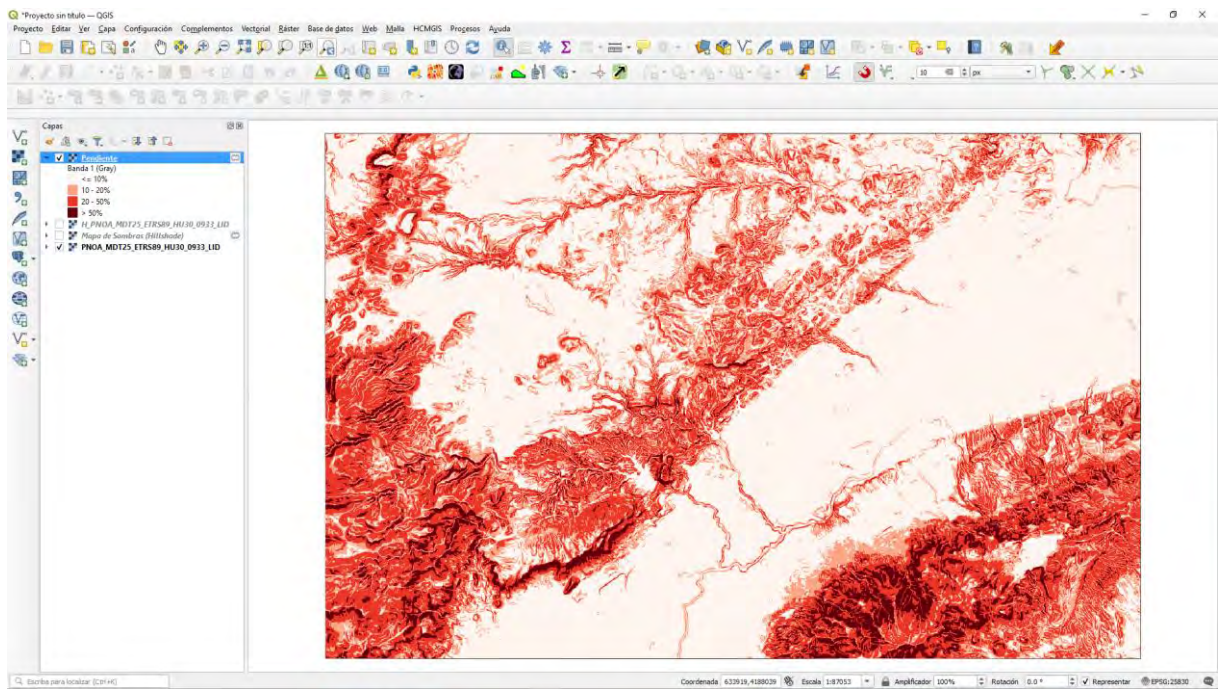
Podemos visualizar los valores de su histograma.



A este ráster le podemos establecer una simbología **Pseudocolor monobanda** que clasifique la pendiente en varias clases, según el porcentaje de la pendiente. En este caso, seleccionamos una interpolación **Discreta**, con una determinada rampa de color y **4 clases**.

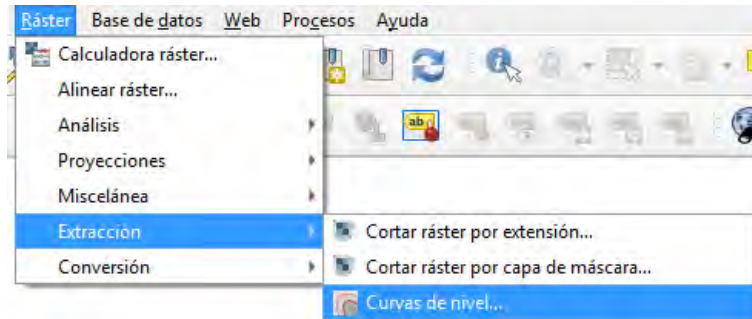


Estableciendo un intervalo de pendientes, según su porcentaje.

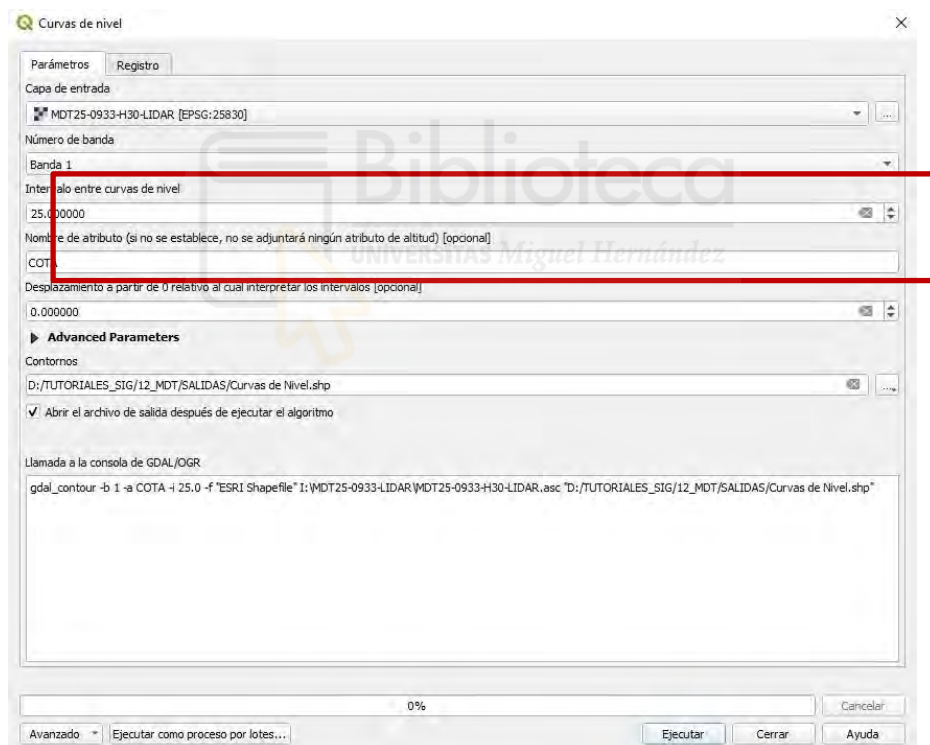


## 2.5.- CURVAS DE NIVEL

Para obtener las curvas de nivel del MDT con QGIS, seleccionamos menú **Ráster<>Extracción<>Curvas de nivel...**



En la ventana de **Curvas de nivel**, seleccionamos el archivo de entrada y el archivo de salida (o podemos dejar por defecto que genere el archivo temporal y luego guardarlo como archivo shape).

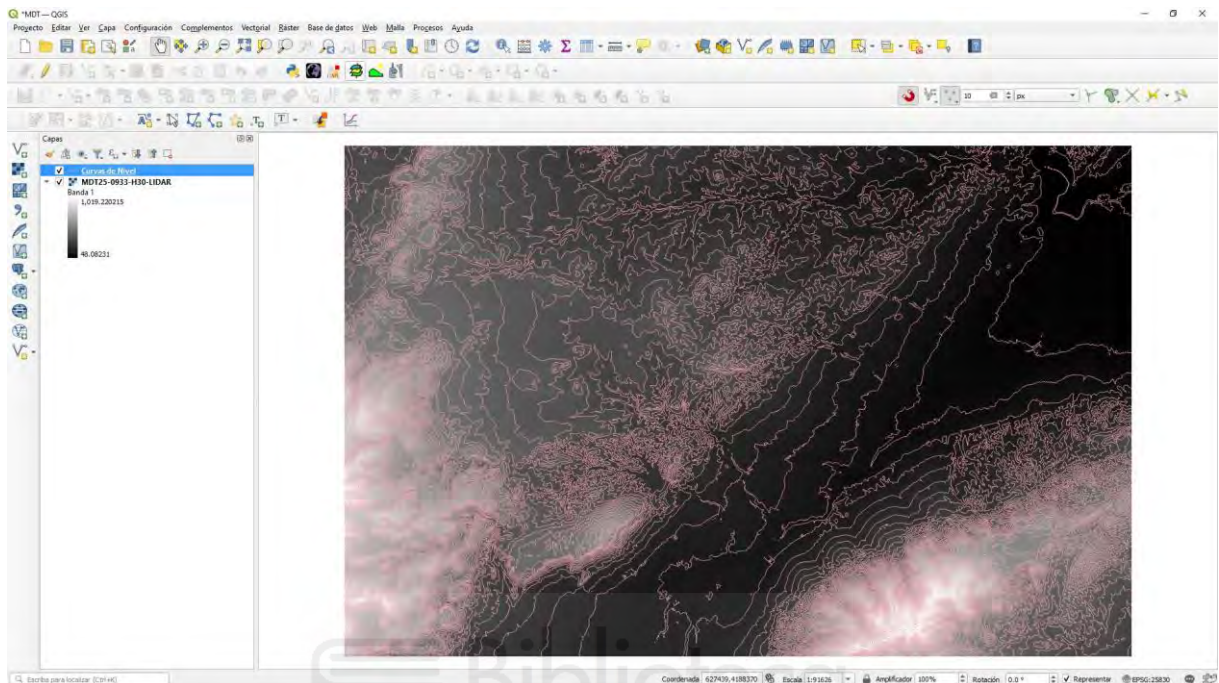


Además, será necesario definir:

- El **intervalo entre curvas de nivel** (equidistancia) que es la distancia de cota que habrá entre curvas de nivel consecutivas (en metros).
- El **nombre de atributo** para almacenar la información de la altitud (por si se quiere categorizar o etiquetar las curvas de nivel).

La equidistancia entre curvas de nivel se debe seleccionar en función del tamaño del MDT.

Ejecutamos el proceso y obtenemos una capa vectorial con las curvas de nivel.



Si abrimos su tabla de atributos comprobamos que se ha creado un campo denominado "COTA" con las elevaciones de cada una de las curvas de nivel.


Curvas de Nivel—Objetos Totales: 2837, Filtrados: 2837, Seleccionados: 0

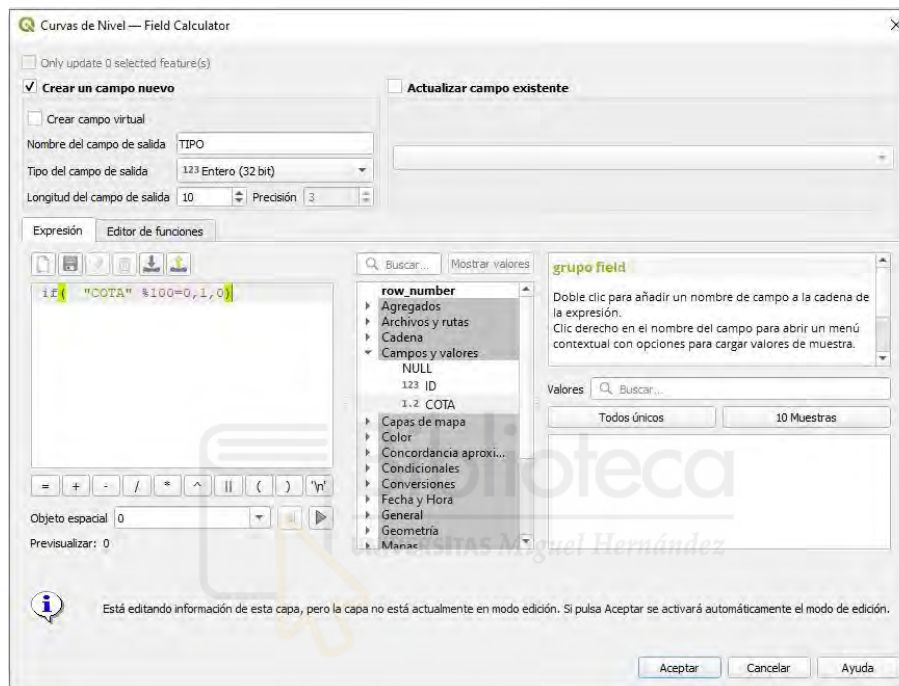
ID	COTA
1	0 75.0000000000000...
2	1 225.0000000000000...
3	2 250.0000000000000...
4	3 375.0000000000000...
5	4 425.0000000000000...
6	5 525.0000000000000...
7	6 150.0000000000000...
8	7 150.0000000000000...
9	8 175.0000000000000...
10	9 200.0000000000000...

Podemos modificar las propiedades de la capa de **Curvas de Nivel** en cuanto a color y grosor de las líneas e incluso exportar la capa a otros formatos.

A continuación, vamos a hacer una serie de tareas que nos servirán para mejorar la visualización de esta nueva capa de curvas de nivel.

En primer lugar, se puede determinar cuáles son las curvas de nivel maestras (aquellas que representan una cota que se establece como principal, y que suelen ser aquellas, múltiplo de 250 metros, por ejemplo, para remarcar 1 de cada 5 curvas en el caso de que el intervalo entre curvas sea de 50 metros).

Para ello debemos visualizar la *Tabla de atributos* de la capa de curvas de nivel y añadir un nuevo campo utilizando la **Calculadora de campos** .

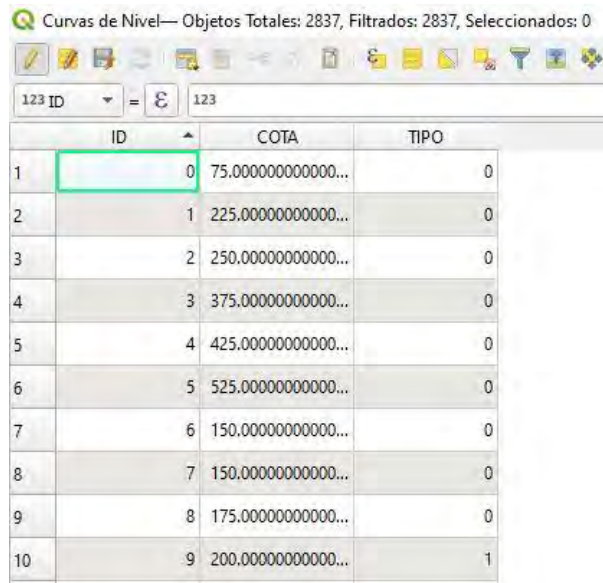


Creamos un nuevo campo, de tipo número entero, al que denominamos “TIPO” y el cálculo consistirá en añadir un condicional para que, en el caso de que el resto de la división de la elevación de cada curva de nivel entre 100 sea 0 (lo que significa que la elevación será múltiplo de 100 y por tanto la curva buscada), el valor que tome el campo “TIPO” sea 1, si no lo es que tome el valor de 0.

Este cálculo en QGIS se corresponde con la siguiente expresión:

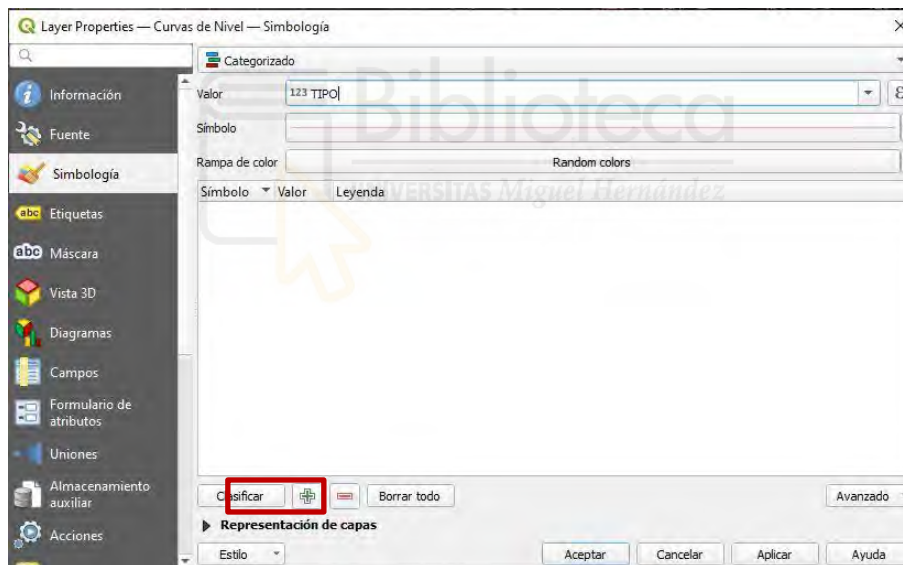
if( "COTA" % 100=0,1,0).

Tras realizar esta operación, la tabla asociada a la capa de curvas de nivel tendrá un campo, “TIPO” con valores 0 y 1.



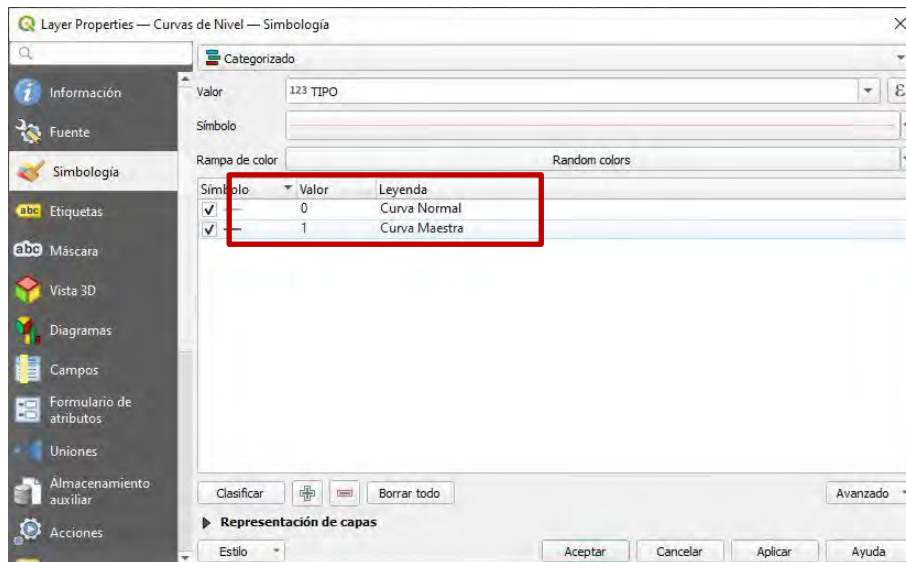
ID	COTA	TIPO	
1	0	75.000000000000...	0
2	1	225.000000000000...	0
3	2	250.000000000000...	0
4	3	375.000000000000...	0
5	4	425.000000000000...	0
6	5	525.000000000000...	0
7	6	150.000000000000...	0
8	7	150.000000000000...	0
9	8	175.000000000000...	0
10	9	200.000000000000...	1

Tras esto, vamos a modificar la visualización de las curvas en la Vista. Para ello, abrimos la ventana de **Propiedades** de la capa **Curvas de nivel** (haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el nombre de la capa) y abrimos la pestaña de **Simbología**.

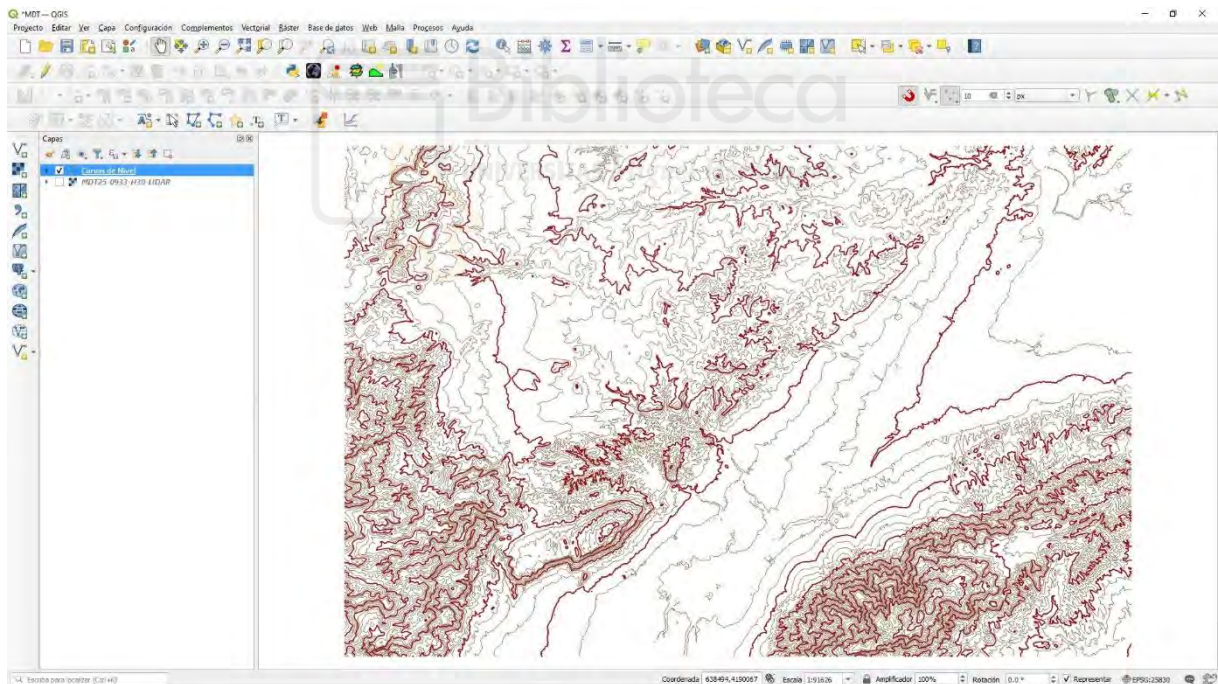


En esta nueva ventana modificamos el tipo de Símbolo a **Categorizado**, usando la columna **TIPO** para clasificarlo. Hacemos clic en **Clasificar**.

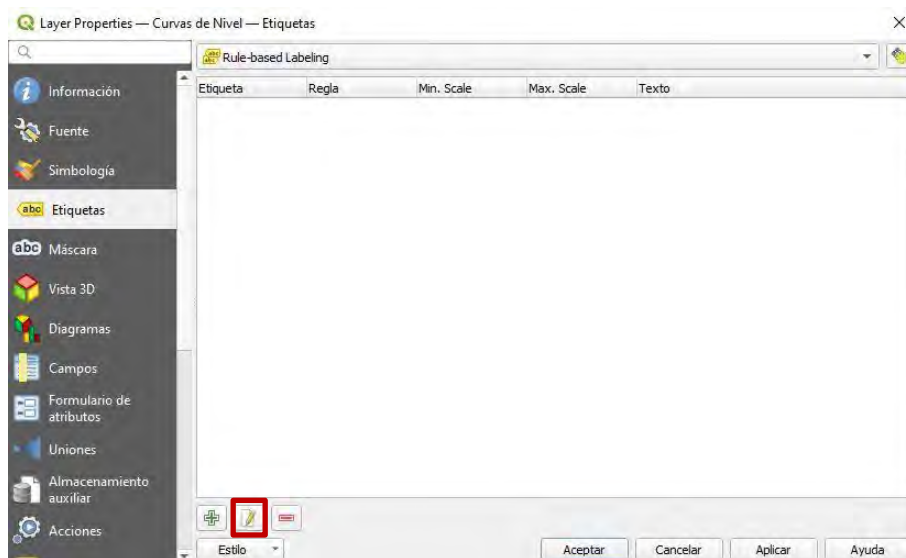
Se han creado dos categorías, correspondientes al valor 0 y al valor 1. Editamos la simbología de cada categoría, en cuanto a color y grosor de las líneas y editamos la leyenda de cada una de ellas.




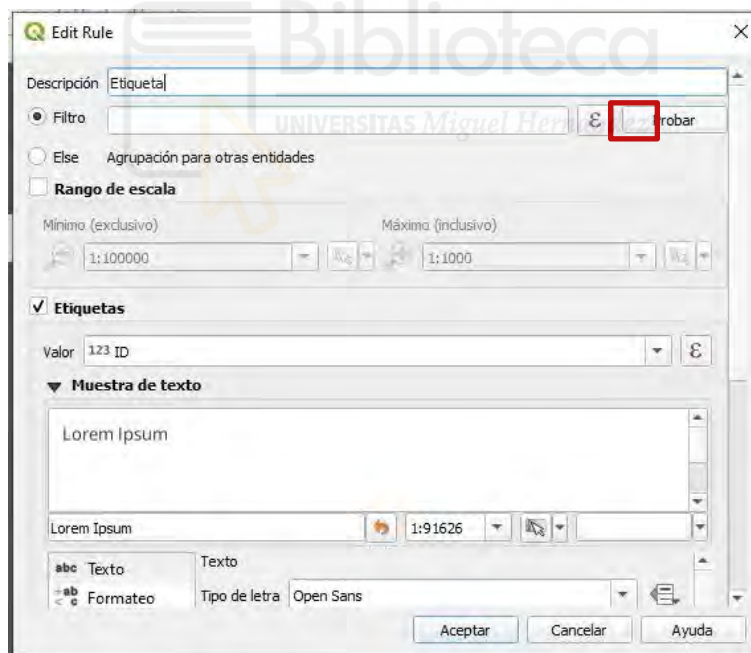
Para modificar los colores y los grosores de cada tipo de línea debemos hacer doble clic sobre la línea para poder visualizar la ventana de modificación de dichos valores. Una vez que están ambos tipos como se desea, hacemos clic en **Aceptar** y en la Vista visualizamos la capa de **Curvas de nivel**.



Por otro lado, también vamos a etiquetar las curvas maestras (aquellas con valor 1 en el campo TIPO) para que nos aparezca su cota en el mapa. Para ello, dentro de la ventana de **Propiedades de la capa**, abrimos ahora la pestaña de **Etiquetas** y seleccionamos **"Etiquetado basado en reglas"** y haciendo clic en añadimos una nueva etiqueta.



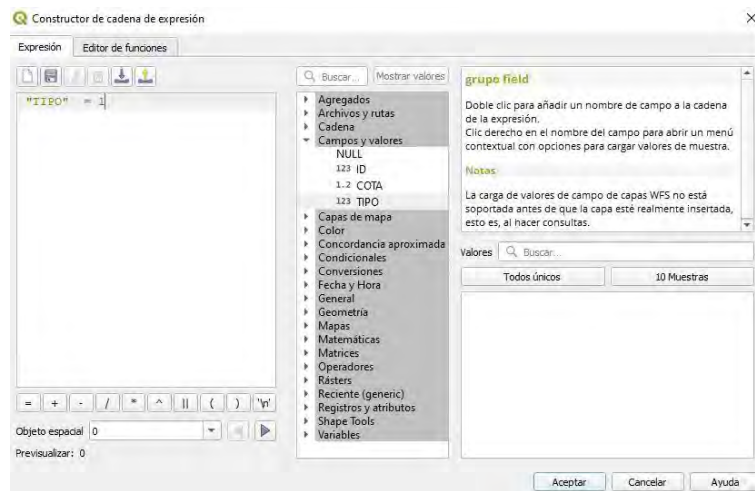
Por otro lado, también vamos a etiquetar las curvas maestras (aquellas con valor 1 en el campo TIPO) para que nos aparezca su cota en el mapa. Para ello, dentro de la ventana de **Propiedades de la capa**, abrimos ahora la pestaña de **Etiquetas** y seleccionamos “*Etiquetado basado en reglas*” y haciendo clic en  añadimos una nueva etiqueta, a la que denominamos “*Etiqueta*”.



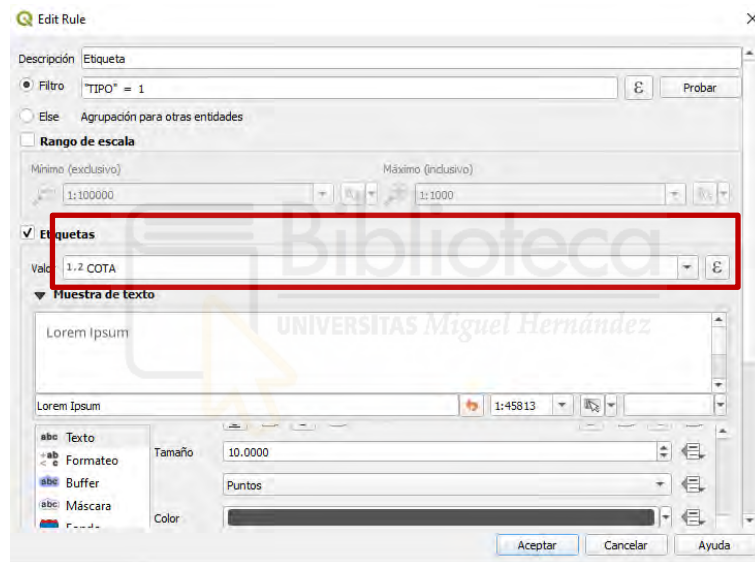
Si añadimos una nueva regla nos aparecerá otra ventana en la que debemos introducir la siguiente expresión:

“TIPO” = 1

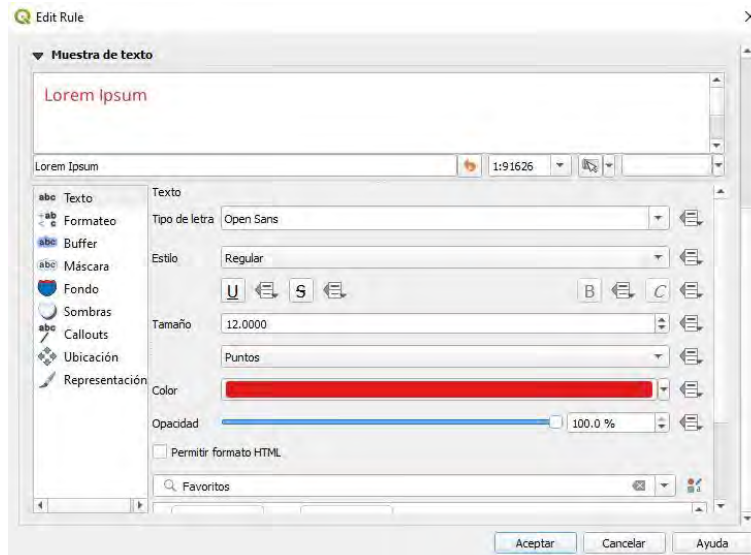
La regla se aplicará a las entidades del campo “*TIPO*” con valor 1.



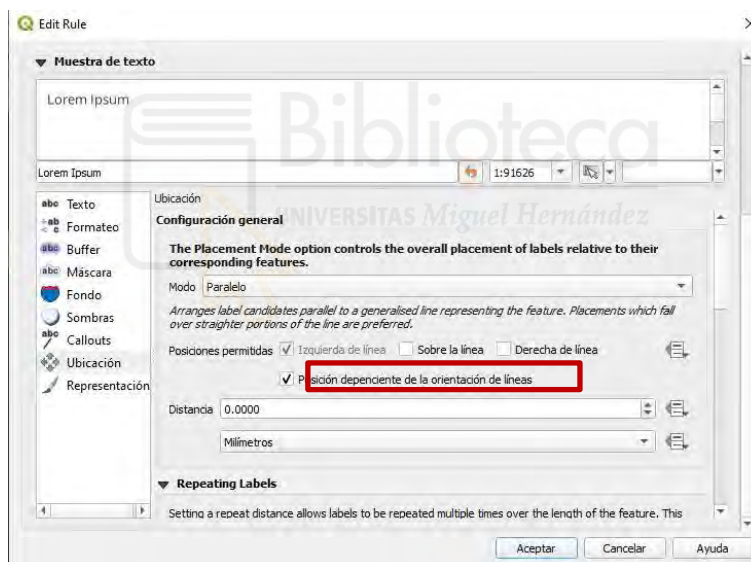
En el Valor de Etiquetas debemos elegir el campo “COTA” que contiene las elevaciones.



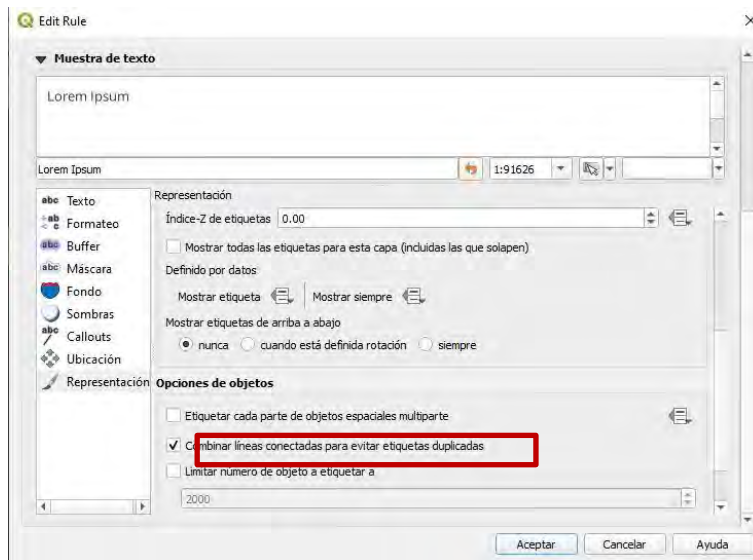
En la pestaña de **Texto** modificamos color, tamaño, estilo, etc... del texto.



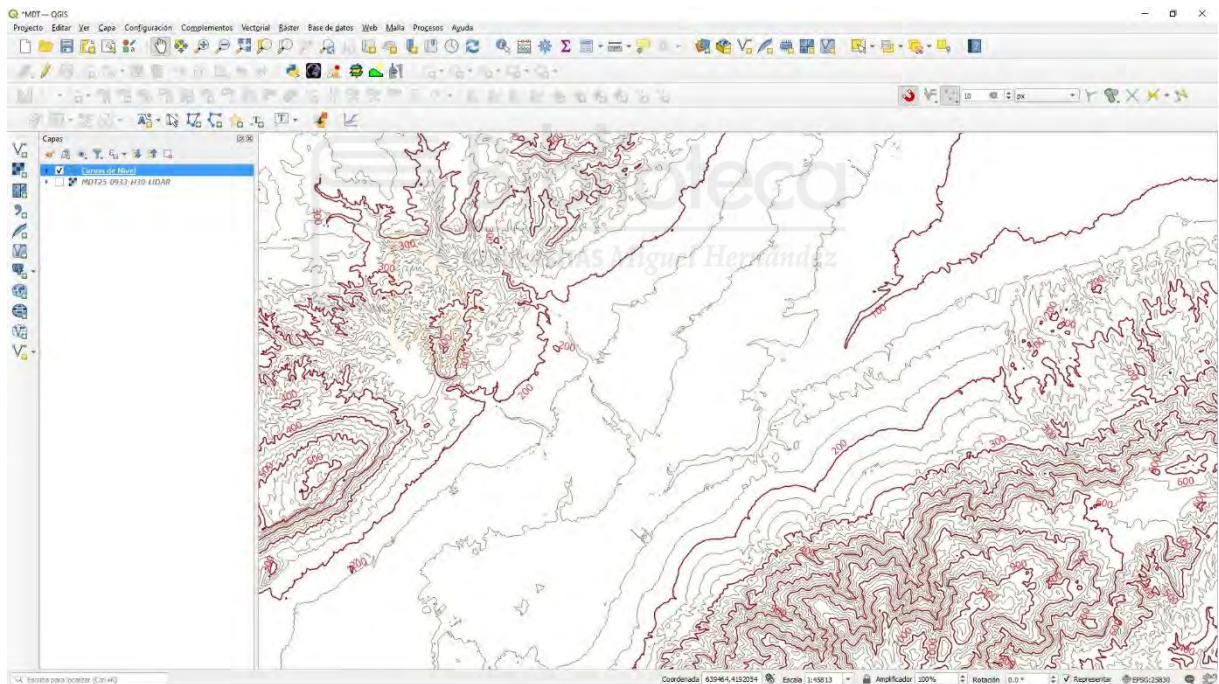
En la pestaña de **Ubicación** marcamos la casilla de “*Posición dependiente de la orientación de las líneas*”, para que el texto se visualice siguiendo la orientación de las curvas de nivel.



En la pestaña de **Representación** marcamos la opción de “*Combinar líneas conectadas para evitar etiquetas duplicadas*”.



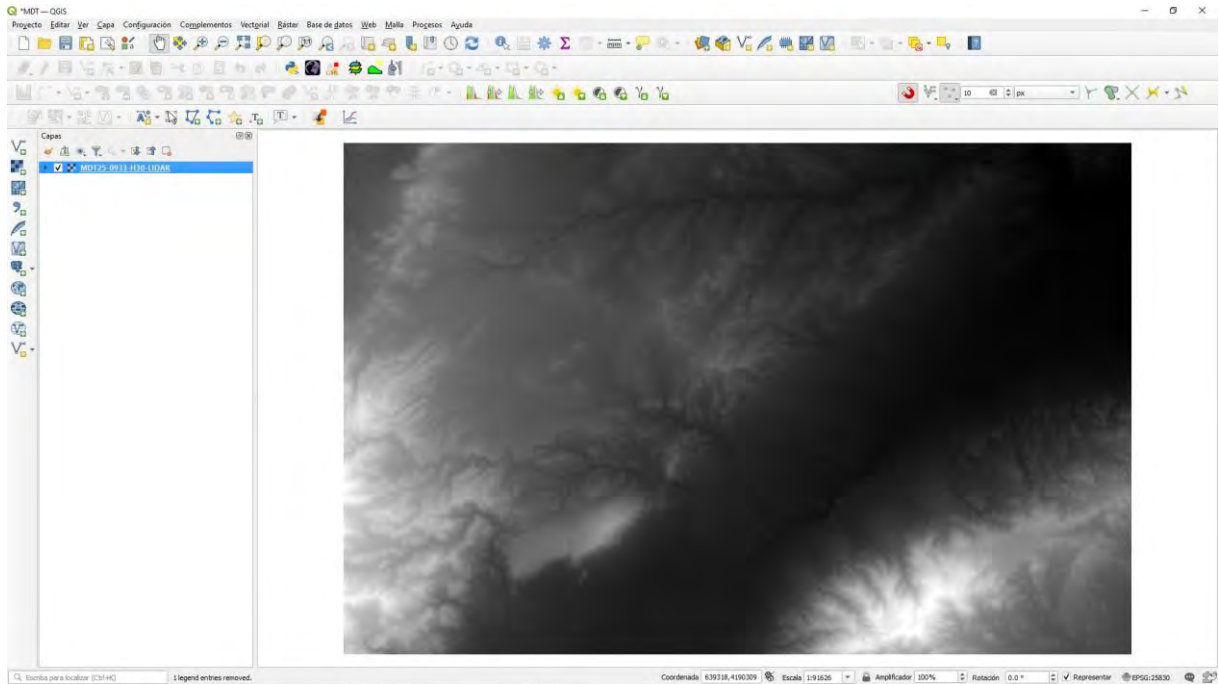
Una vez modificado todo lo anterior, si aceptamos los cambios en la ventana de propiedades de la capa el resultado deber quedar como puede verse a continuación.



## 2.6.- MAPA DE INUNDACIÓN

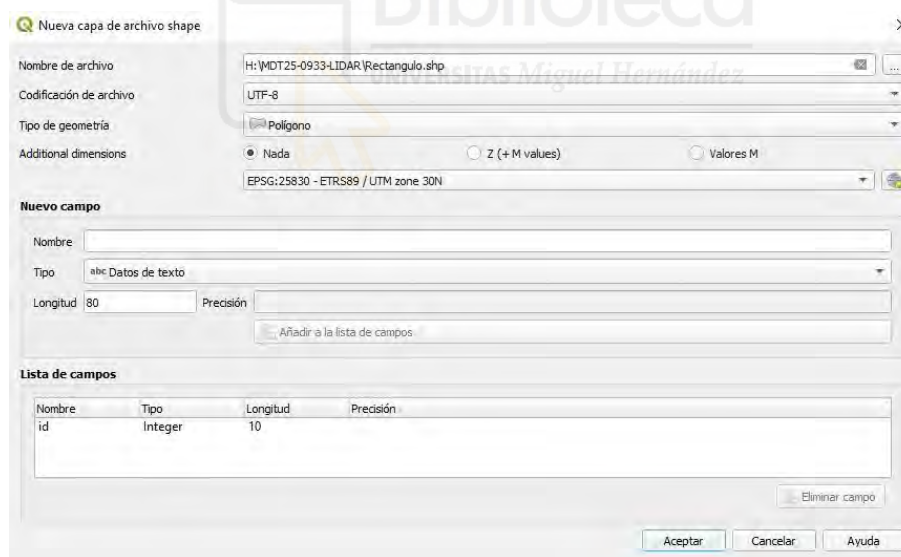
El objetivo es obtener una representación 2D de la zona inundada para una determinada cota del terreno, a partir del MDT.

Partimos de la capa del MDT.





1. **Crearemos una capa vectorial de tipo polígono** que representará el nivel de agua. Para ello basta con crear una capa vectorial.

En el menú **Capa<>Crear capa<>Nueva capa de archivo shape...**

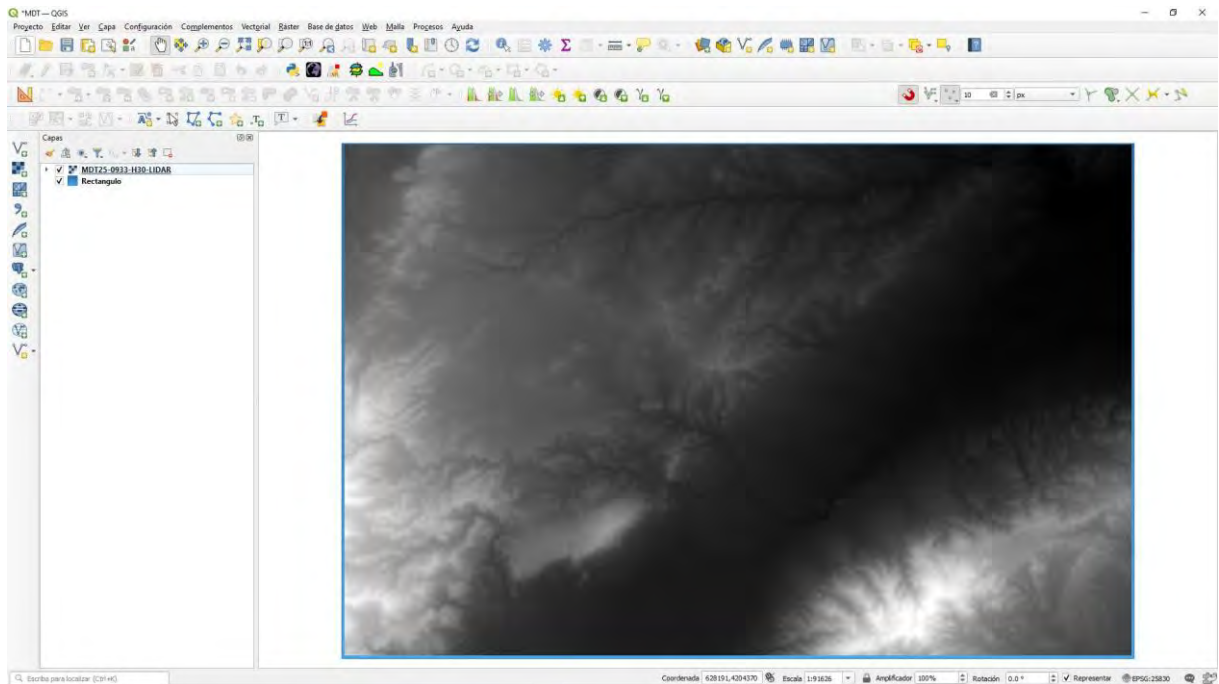


Lo guardamos con el nombre **“Rectangulo”**, capa de tipo **Polígono** y en el mismo **EPSG:25830** que el MDT.

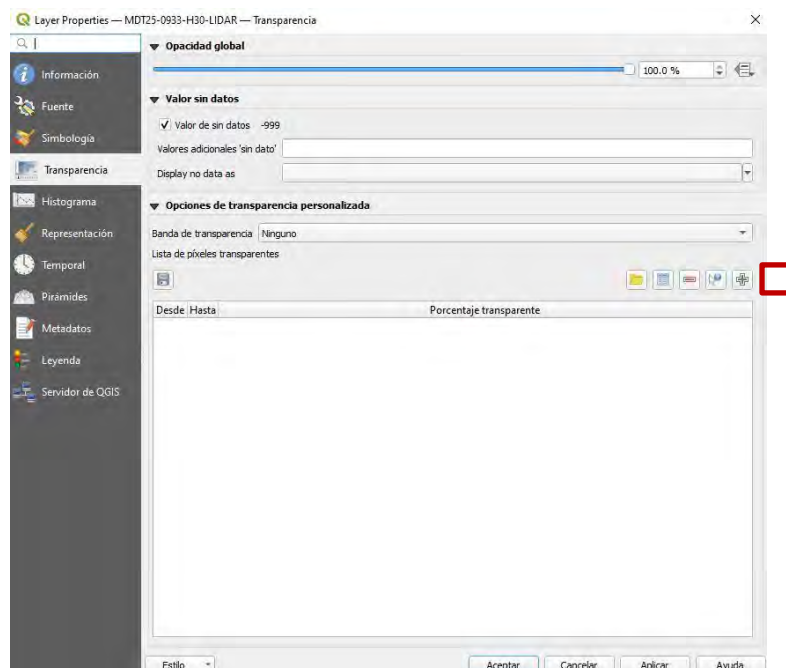
Con la capa nueva creada en el **Panel de capas**, establecemos un color de relleno azul en su simbología, la seleccionamos y la ponemos en edición .

Vamos a digitalizar en esta capa un rectángulo  **Añadir rectángulo a partir de extensión** (nos aseguramos que tenemos visible la barra de herramienta de **Digitalización avanzada**, desde el menú **Ver<>Barras de herramientas**) que cubra los

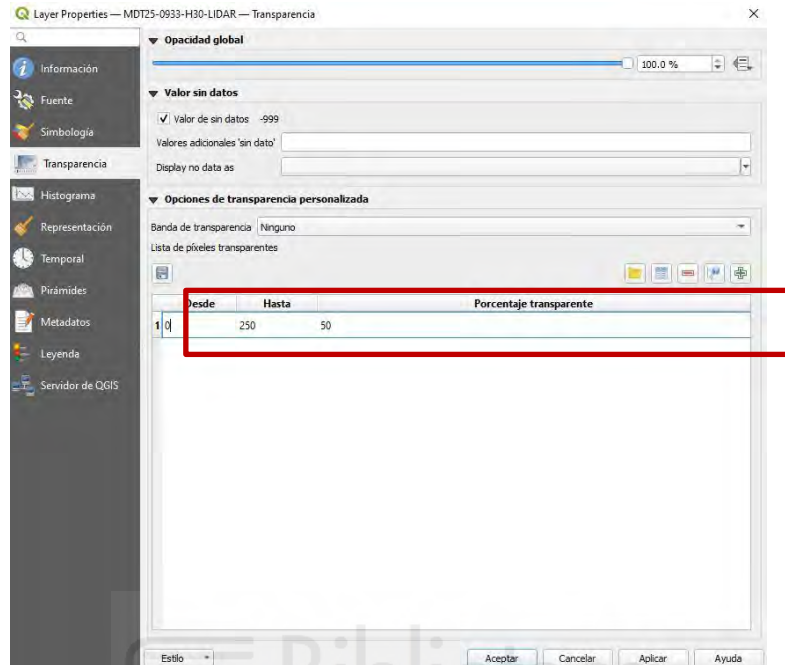
límites del MDT cargado. Conmutamos la edición y guardamos los cambios. Esta capa la visualizaremos por debajo de la capa del MDT.



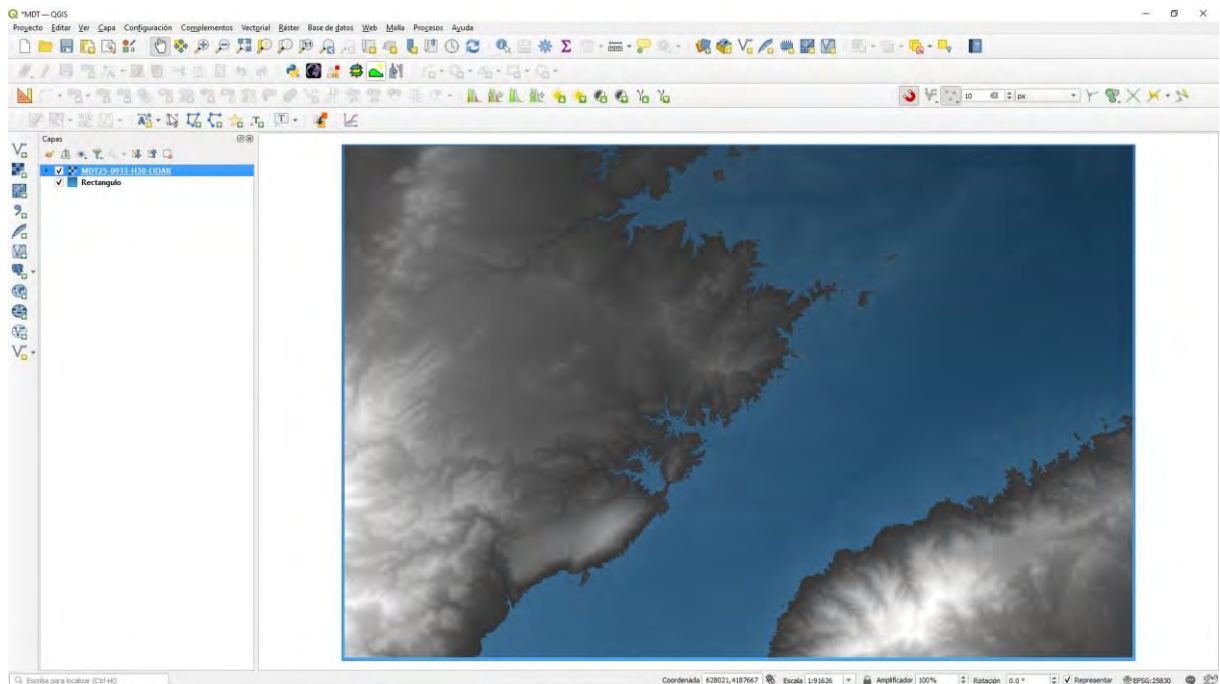
2. Controlaremos la transparencia de la capa ráster del MDT. Para ello, en las propiedades de la capa, abriremos la pestaña de **Transparencia** y añadiremos un rango de valores de altura que serán transparentes en las “Opciones de transparencia personalizada”.



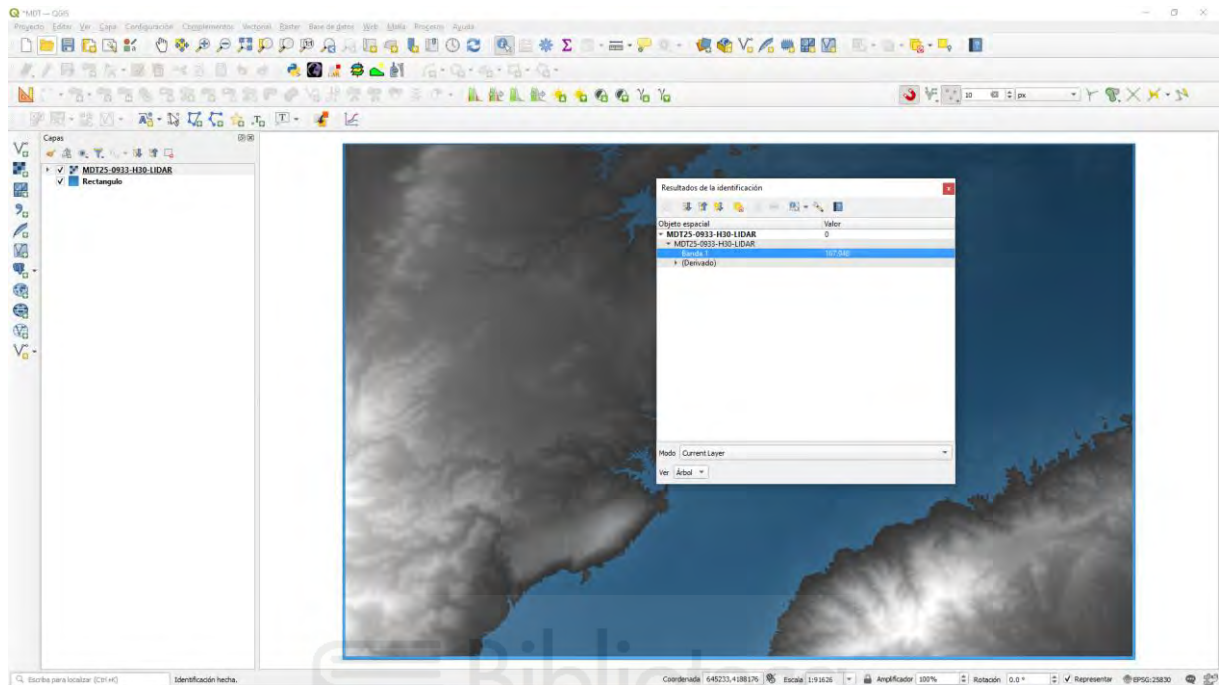
En este ejemplo vamos a fijar como cota de la lámina de agua **250 metros**. De modo que los píxeles del MDT con cota inferior a 250 metros tendrán un valor de transparencia del 50 % y dejarán ver la capa vectorial creada anteriormente de lámina de agua.



Al aceptar, veremos en azul, sobre el MDT la zona que se inundaría hasta la cota 250 m.



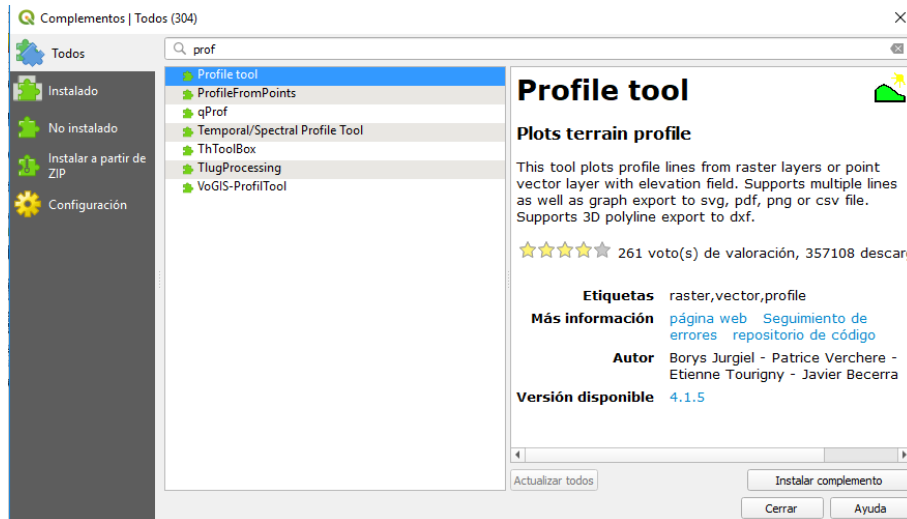
Si identificamos algún valor puntual del mapa de inundación con la herramienta de **Identificar objetos espaciales**, obtendremos el valor de la cota de ese píxel en concreto y veremos que todos los que aparecen con un nivel de azul alto tiene cota inferior a la cota de la lámina de agua.



Este mapa de inundación no es un producto en sí, pues no hemos generado una capa nueva que almacene valores de una variable que no tuviéramos ya, sino que es más bien una vista del MDT que podremos almacenar como una imagen (por ejemplo, en extensión JPG o PNG y sin valores de cotas).


## 2.7.- PERFILES

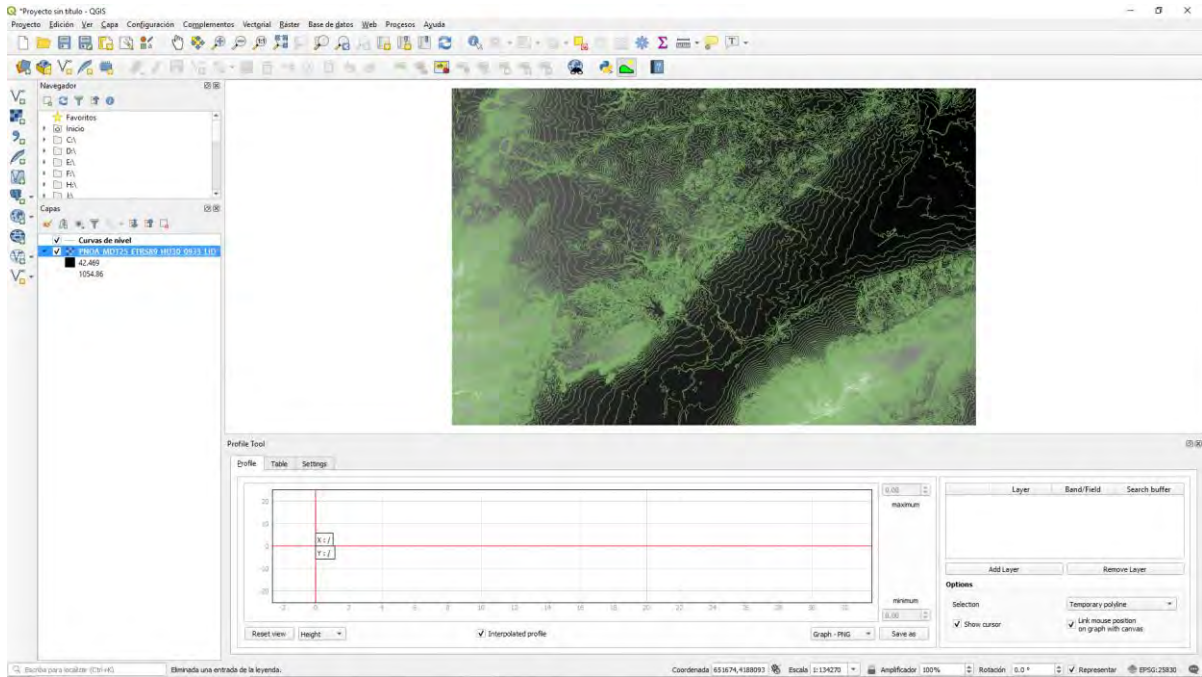
Para generar perfiles del terreno es necesario instalar el complemento **Profile Tool** desde el menú **Complementos<>Administrar e instalar complementos...**



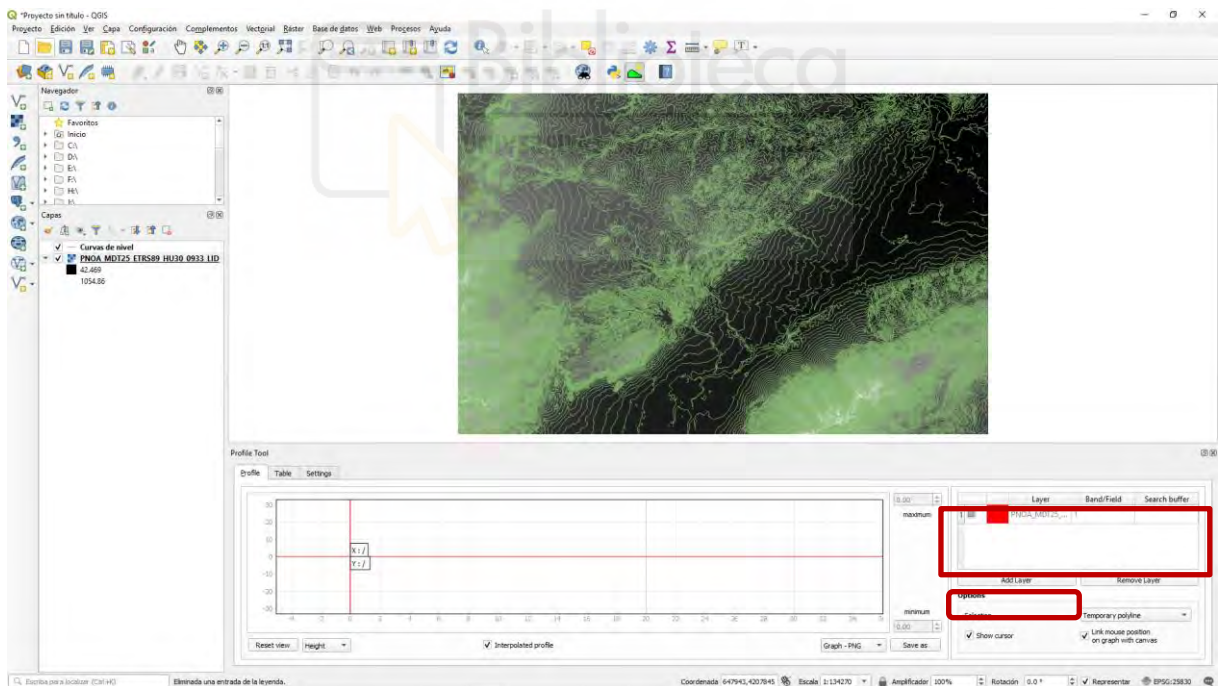
El perfil del terreno lo podemos realizar a partir de un eje trazado a mano alzada sobre el ráster del MDT, o podemos realizarlo a partir de una capa vectorial (polilínea) que defina el eje del perfil longitudinal que queremos dibujar.

### 2.7.1.- Perfiles de eje a mano alzada

1. Seleccionamos la capa ráster del MDT en el panel de capas.
2. Hacemos clic en el icono de **Terrain profile**. 
3. Se abre la ventana del perfil vacía.



4. Con la capa ráster del MDT seleccionada, pulsamos **Add layer**, se carga la capa en la ventana superior.

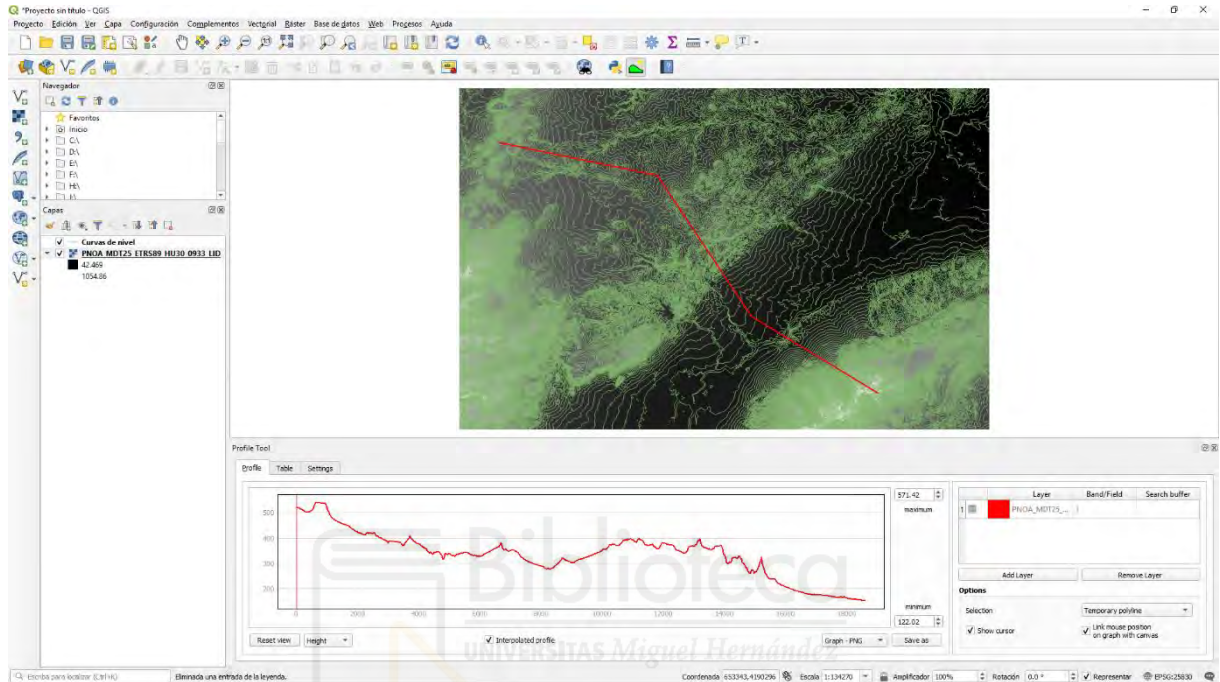


Necesitamos tener un elemento lineal a lo largo del cual se generará un plano vertical con el que cortar el terreno. Esta línea puede proceder de 3 fuentes diferentes que se detallan a continuación, y que pueden escogerse en el desplegable de "Selection", más abajo en **Opciones**.

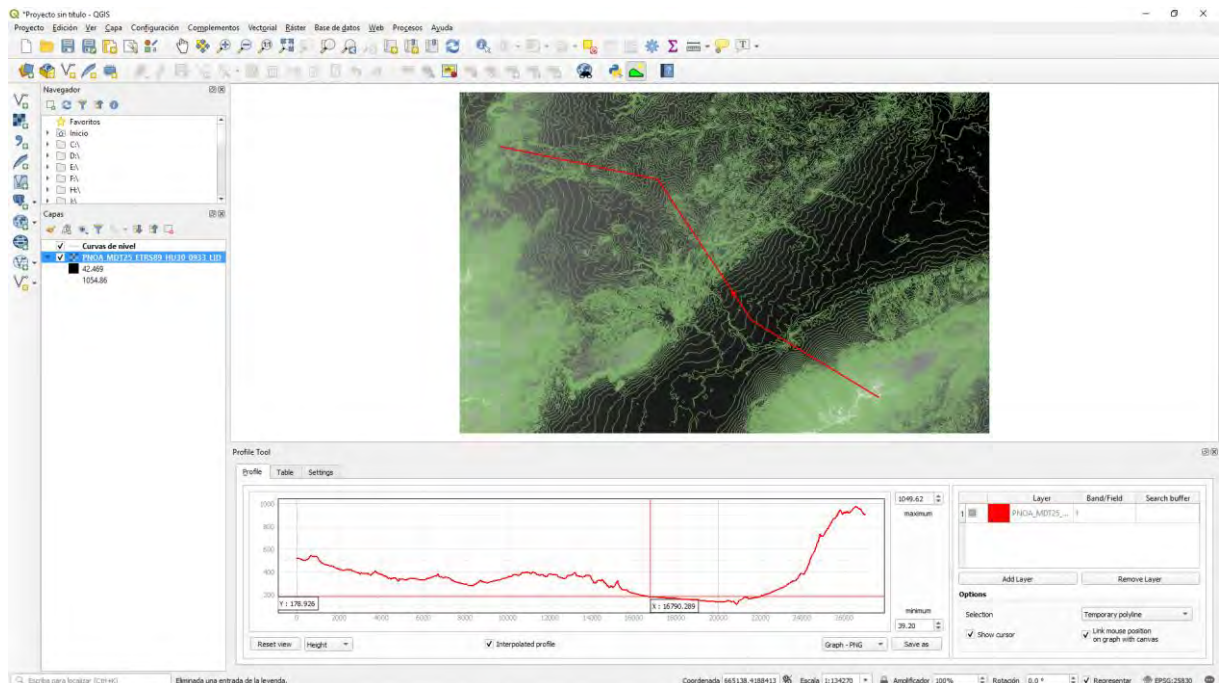
**Temporary polyline:** se corresponde con una línea temporal que se dibujará manualmente sobre el visualizador en la zona que se requiera. Basta con situarnos en la zona del MDE que queremos y hacer clic con el botón izquierdo del ratón sobre los

puntos extremos de la línea que queremos estudiar. La línea puede tener tantos vértices como se desee que se irán añadiendo con cada clic que se realice. Para finalizar el dibujo de la línea basta con hacer doble clic con el botón izquierdo del ratón y directamente nos aparecerá el perfil dibujado sobre los ejes cartesianos de la ventana de Profile Tool.

5. Sobre la vista, trazamos una línea poligonal sobre el ráster que defina el eje, haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón para finalizar el trazado.



Automáticamente se genera el gráfico del perfil.

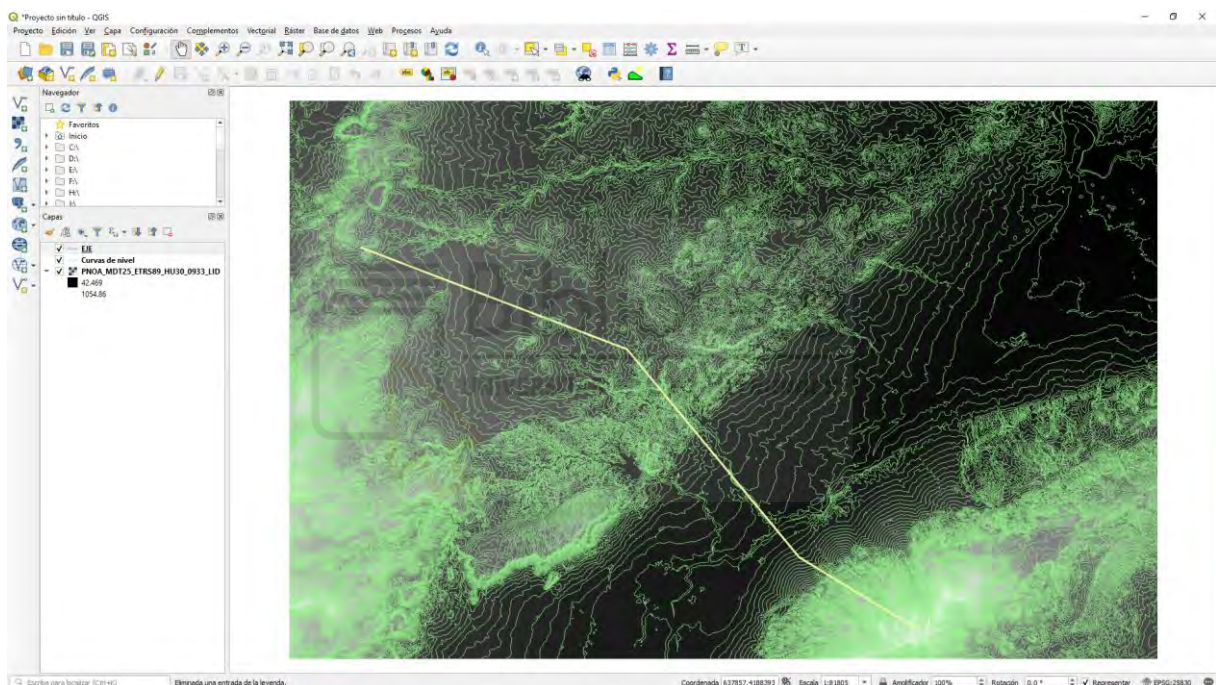



### 2.7.2.- Perfiles de eje en base a una línea dada

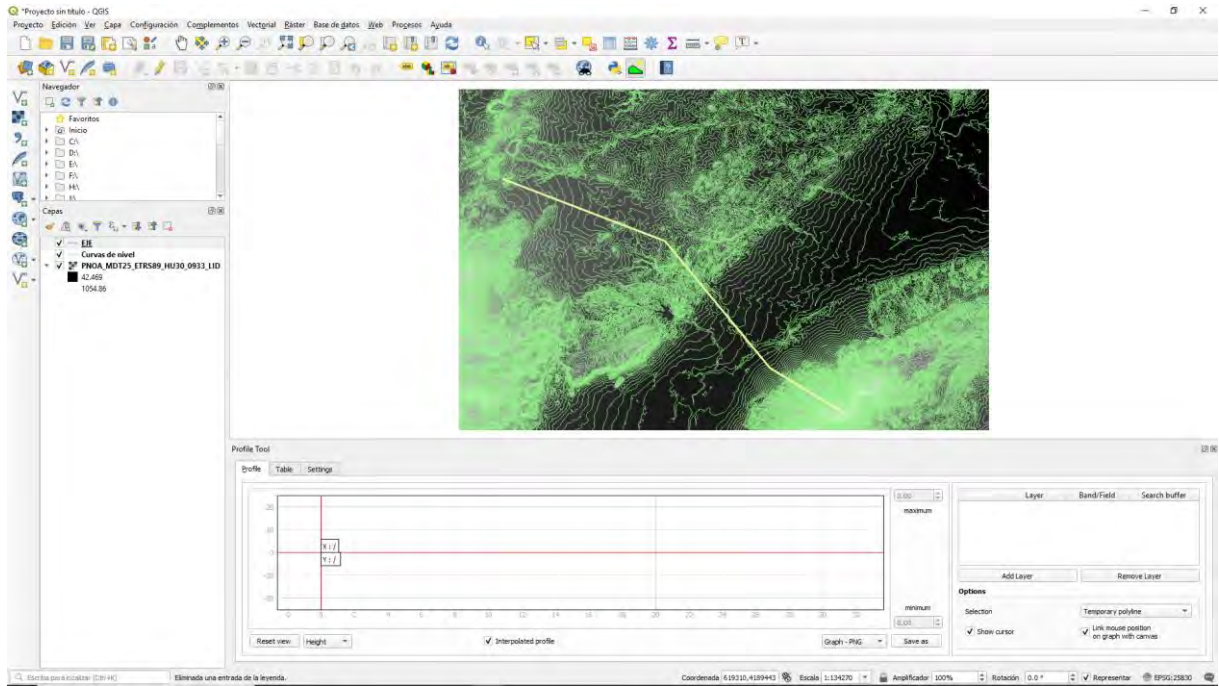
**Selected polyline:** esta opción es adecuada cuando la línea sobre la que queremos calcular el perfil ya existe en alguna capa vectorial con diferentes elementos lineales. Debemos seleccionar la línea que nos interesa sobre esa capa vectorial lineal y tras esto seleccionar esta opción de “Selected polyline”. Especialmente útil cuando se quiere realizar el cálculo sobre una línea compleja (por ejemplo, que representa un camino) y que se tiene digitalizado previamente.

**Selected layer:** similar al caso anterior, pero en este caso cuando se tiene una única línea almacenada en una capa vectorial lineal.

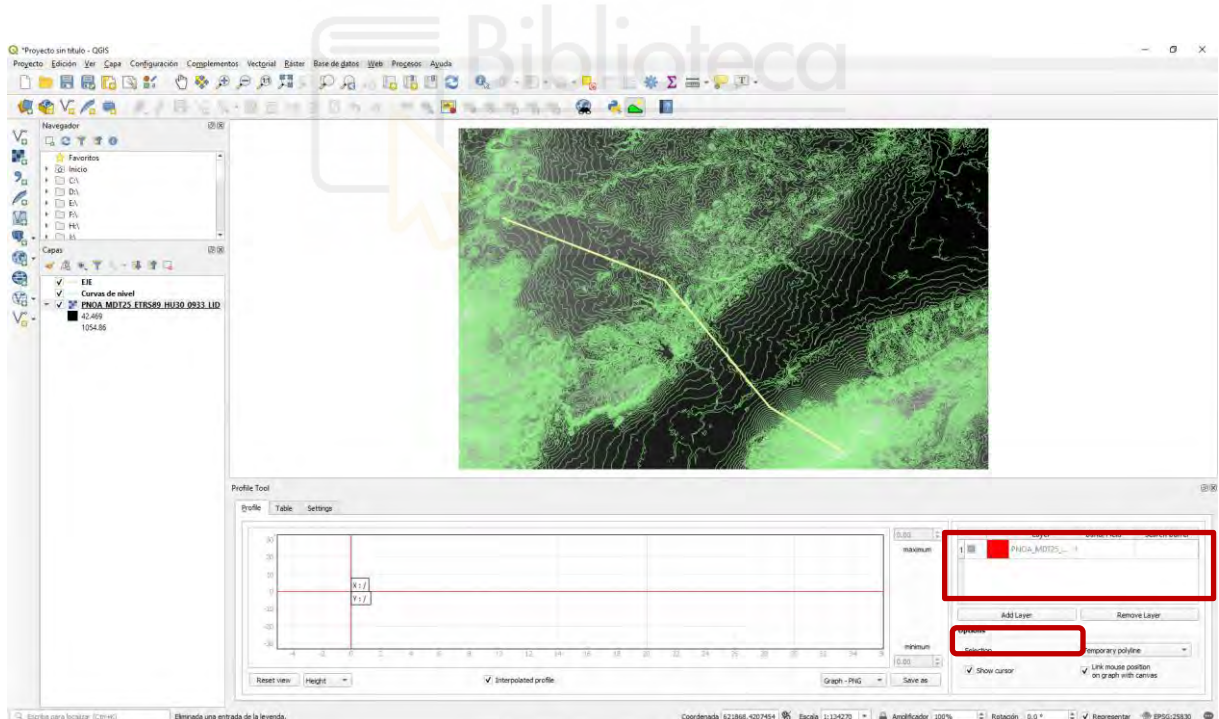
Previamente será necesario tener cargada una capa vectorial (polilínea) que defina el eje del perfil longitudinal que queremos dibujar (**EJE.shp**).



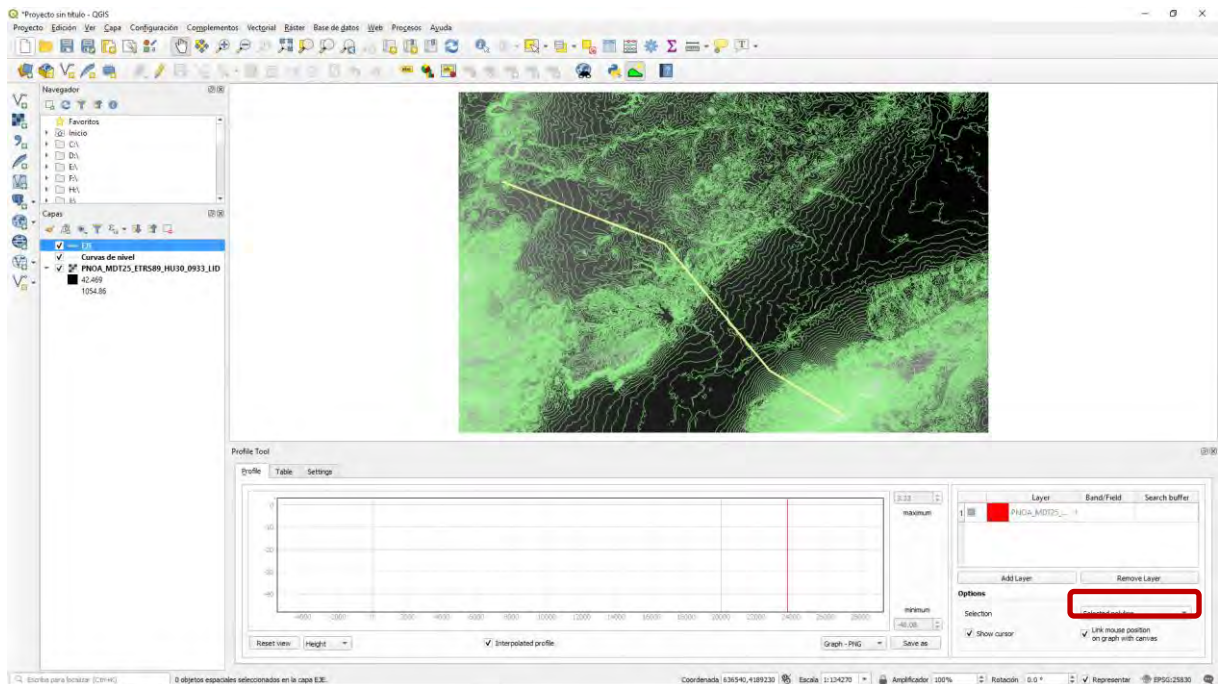
1. Seleccionamos la capa ráster del MDT en el panel de capas.
2. Hacemos clic en el icono de **Terrain profile**. 
3. Se abre la ventana del perfil vacía.



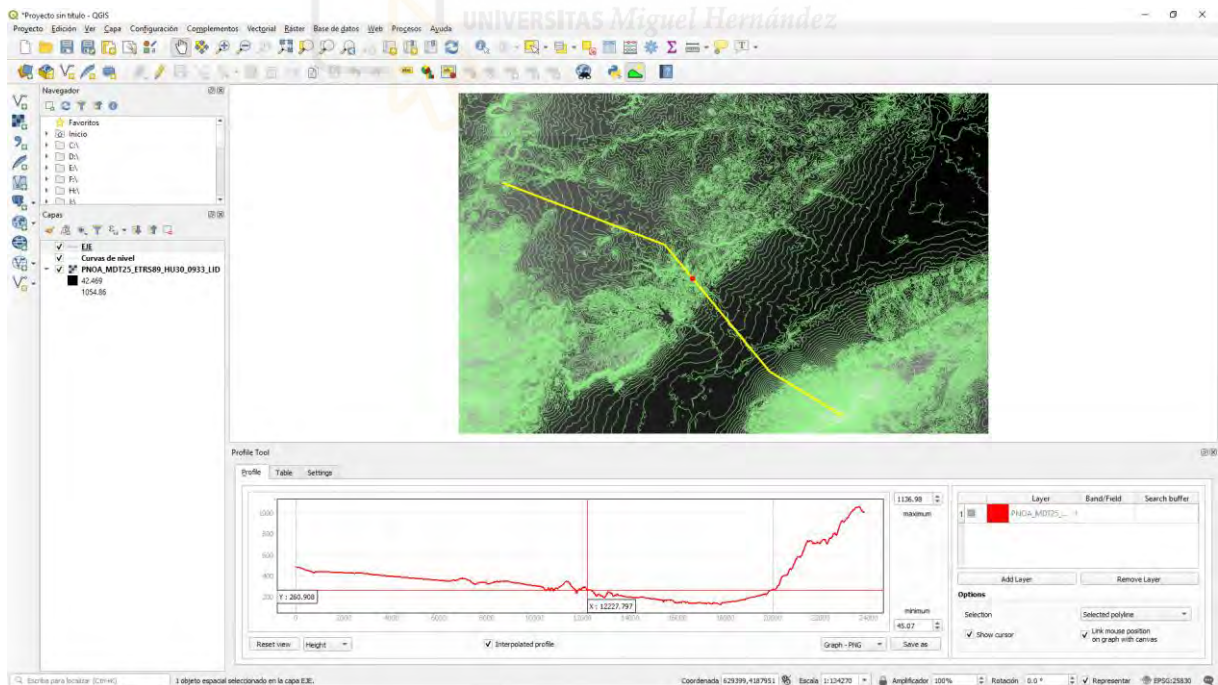
4. Con la capa ráster del MDT seleccionada, pulsamos **Add layer**, se carga la capa en la ventana superior.



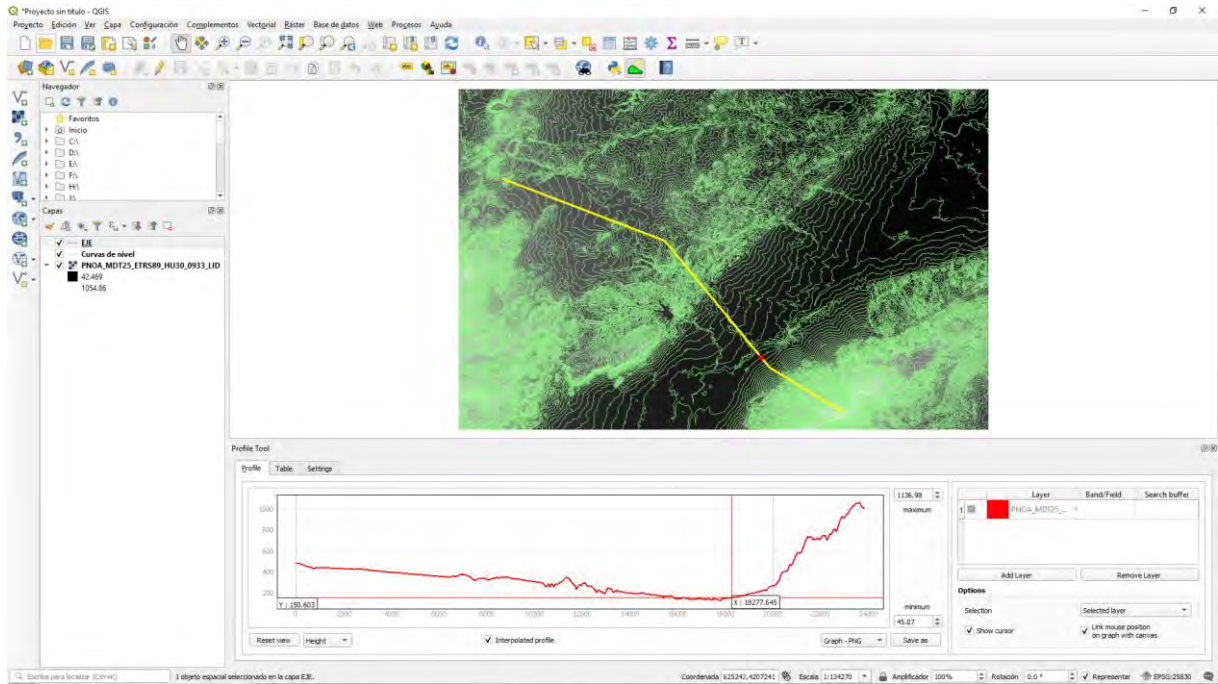
5. En **Opciones**, seleccionamos Selected polyline.



6. En la vista, hacemos clic sobre la polilínea que define el eje. Se podrá de color amarillo y automáticamente se generará el gráfico del perfil.



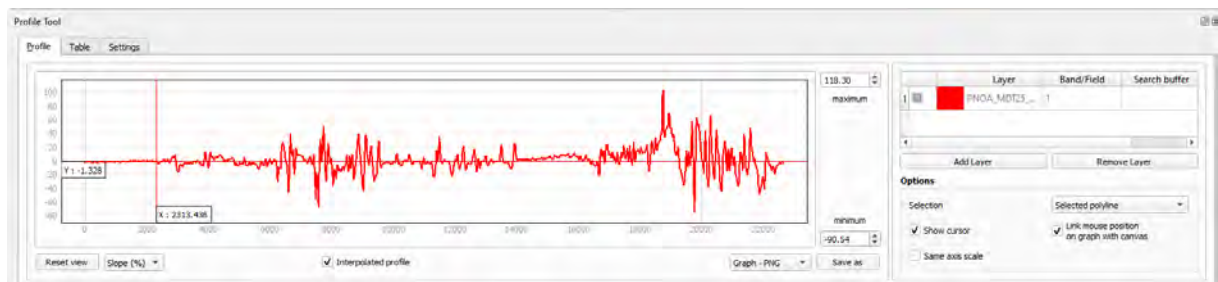
Automáticamente se genera el gráfico del perfil.



La vista del perfil representa en el eje horizontal la distancia en metros recorrida horizontalmente a lo largo de la línea (si vamos desplazando el ratón sobre el gráfico veremos que sobre la ventana de visualización de QGIS aparece un recuadro que se desplaza simultánea y que muestra el punto de la línea sobre el MDE al que hace referencia el punto sobre el que estamos localizados en el perfil). En el eje vertical se muestran los valores de cota (Z) sobre el sistema de referencia altimétrico del MDE.

Otras opciones que permite este complemento:

- Visualizar la pendiente sobre el perfil: Si desplegamos el menú de “Height” vemos que podemos visualizar la pendiente en grados y en tanto por ciento.



- Visualizar el perfil sobre una línea sobre varios modelos diferentes. Esto es útil en el caso de tener el MDT y el MDS de una misma zona o 2 MDE de épocas diferentes. Podemos añadir ambas capas con “Add Layer” y asignarles diferentes colores haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón sobre el color asignado por defecto.



Podemos exportar (**Save as**) el gráfico del perfil longitudinal a varios formatos:

- Imagen: (.png o .svg)
- DXF: (2D profile o 3D line)



Podemos visualizar valores de coordenadas X-Z concretas de la línea, para ello se despliega la pestaña de **Table** de la ventana de “Profile Tool” y se visualizará la tabla, la cual se puede guardar incluso como una capa shape de puntos distribuidos a lo largo de la línea de perfil “Create temporary layer”.

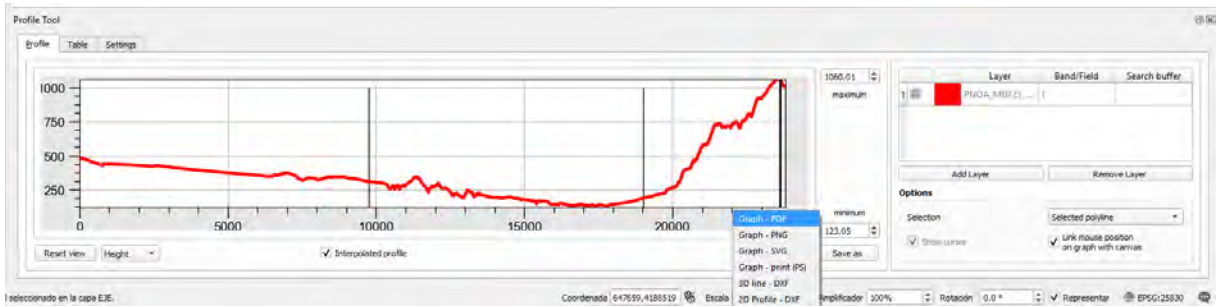
The screenshot shows the 'Table' tab of the 'Profile Tool' window. It displays a table with 24 columns and 2 rows of coordinate data. Below the table are three buttons: 'Copy to clipboard', 'Copy to clipboard (with coordinates)', and 'Create Temporary layer'.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1:0	25.4224	50.8447	76.2671	101.689	127.112	152.534	177.957	203.379	228.801	254.224	279.646	305.068	330.491	355.913	381.336	406.758	432.18	457.603	483.025	508.447	533.87	559.292	584.714	
2:390.521	389.757	389.536	389.018	388.407	387.934	387.279	386.826	386.18	385.57	384.927	384.336	383.688	383.19	382.605	381.969	381.123	380.265	379.781	379.544	378.661	378.49	378.372	377.613	

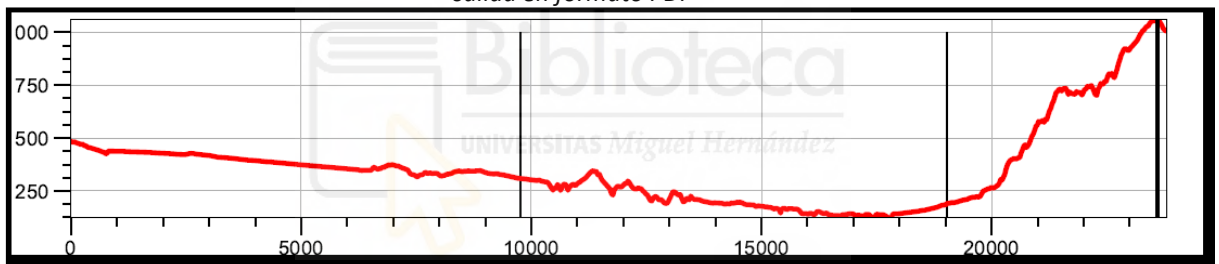
En la pestaña **Settings**, seleccionamos en la ventana **Plot library: Matplotlib**.



Y en la pestaña **Save as**, podemos guardar el gráfico del perfil como **PDF**.



*salida en formato PDF*



## 2.8.- ANÁLISIS DE VISIBILIDAD

El objeto del análisis de visibilidad es determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos, bien simultáneamente o en secuencia, con vistas a la posterior evaluación de la medida en que cada área contribuye a la percepción del paisaje y la obtención de ciertos parámetros globales que permitan caracterizar un territorio en términos visuales.

Los análisis de visibilidad son de gran interés, especialmente en trabajos medioambientales, siendo muy útil en la evaluación de impacto ambiental. En definitiva, se trata de conocer qué áreas pueden ser vistas desde uno o más puntos dados, o lo que es igual, desde que áreas pueden ser vistos esos mismos puntos.

El plugin **Visibility Analysis** permite realizar avanzados análisis de visibilidad con QGIS, devolviendo una imagen ráster que indica valores sí/no para cada píxel.

Entre sus principales características se encuentran:

- **Generación de visibilidad.** Con ella podemos conocer la cuenca visual desde un punto dado, es posible generarlas además de forma acumulada desde más de un punto
- **Extracción del horizonte visible.** Permite conocer el horizonte topográfico que puede ver el observador desde un punto dado.
- **Profundidad de invisibilidad.** Indica el tamaño que debe de tener un objeto para ser visible desde el punto de observación.
- **Generación de redes de intervisibilidad.** Crea una red de relaciones visuales entre dos conjuntos de puntos (o dentro de un mismo conjunto).

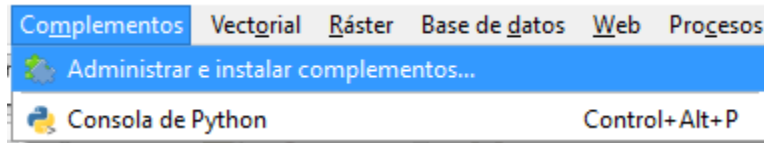
Para la descarga del complemento, accedemos al repositorio de plugins de QGIS donde se encuentran las diferentes versiones del complemento.

<https://plugins.qgis.org/plugins/ViewshedAnalysis/>

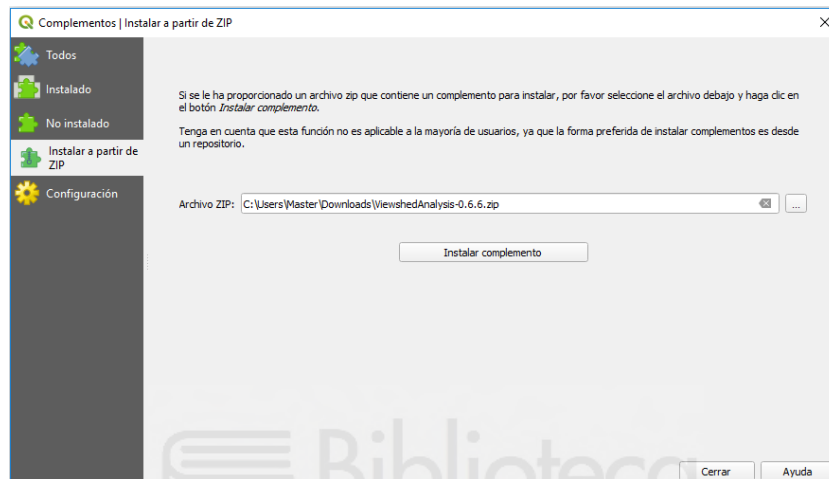
Version	Experimental	Minimum QGIS version	Downloads	Uploaded by	Date
1.8	no	3.0.0	6483	zorran14	April 1, 2022, 9:13 a.m.
1.7	no	3.0.0	17613	zorran14	June 27, 2021, 11:53 a.m.
1.6	no	3.0.0	8735	zorran14	March 6, 2021, 11:14 p.m.
1.5	no	3.0.0	1253	zorran14	Feb. 24, 2021, 8:24 a.m.
1.4	no	3.0.0	3504	zorran14	Jan. 14, 2021, 12:42 p.m.

Descargamos el fichero comprimido **ViewshedAnalysis-xx.zip** y lo guardamos sin descomprimir en el ordenador.

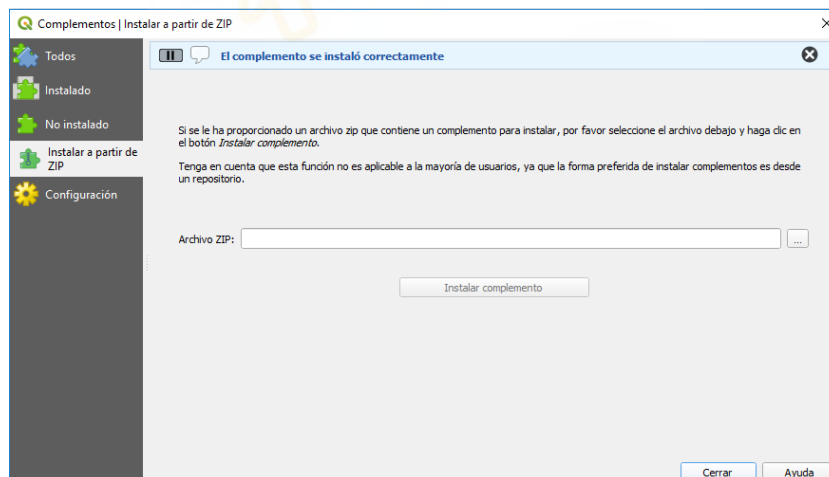
Para instalar el complemento Viewshed Analysis, desde el menú Complementos<>Administrar e instalar de complementos...



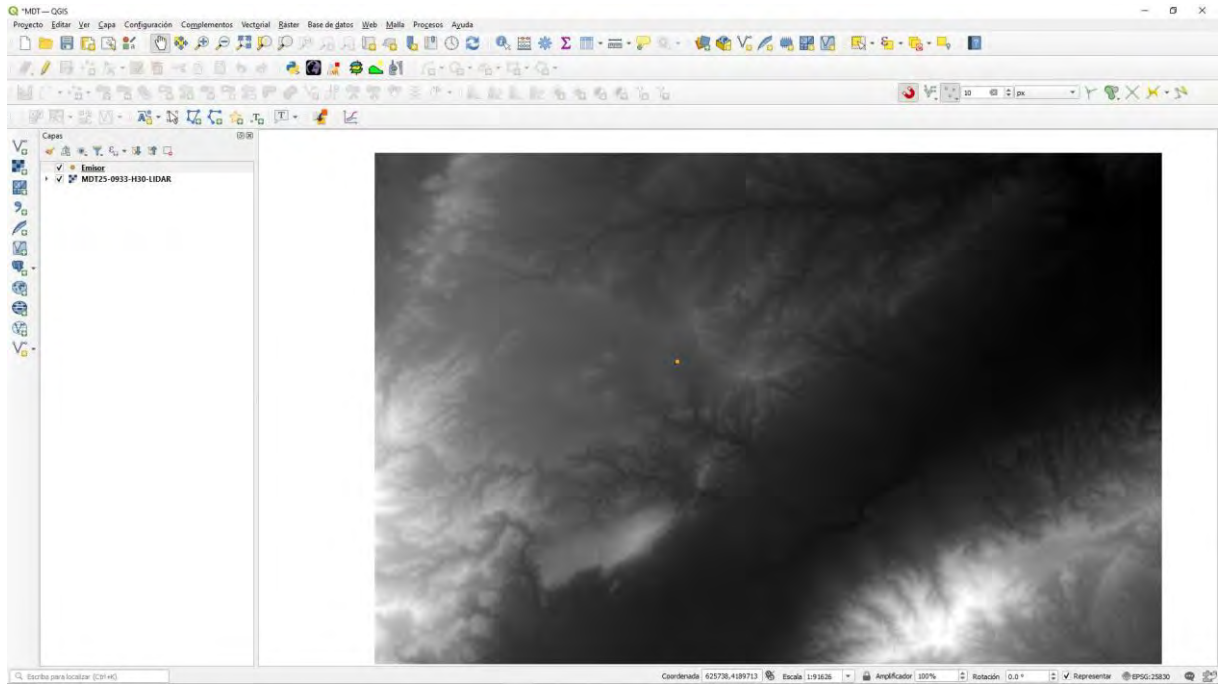
Seleccionamos **Instalar a partir de ZIP** y buscamos la ruta donde se encuentra el plugin guardado.




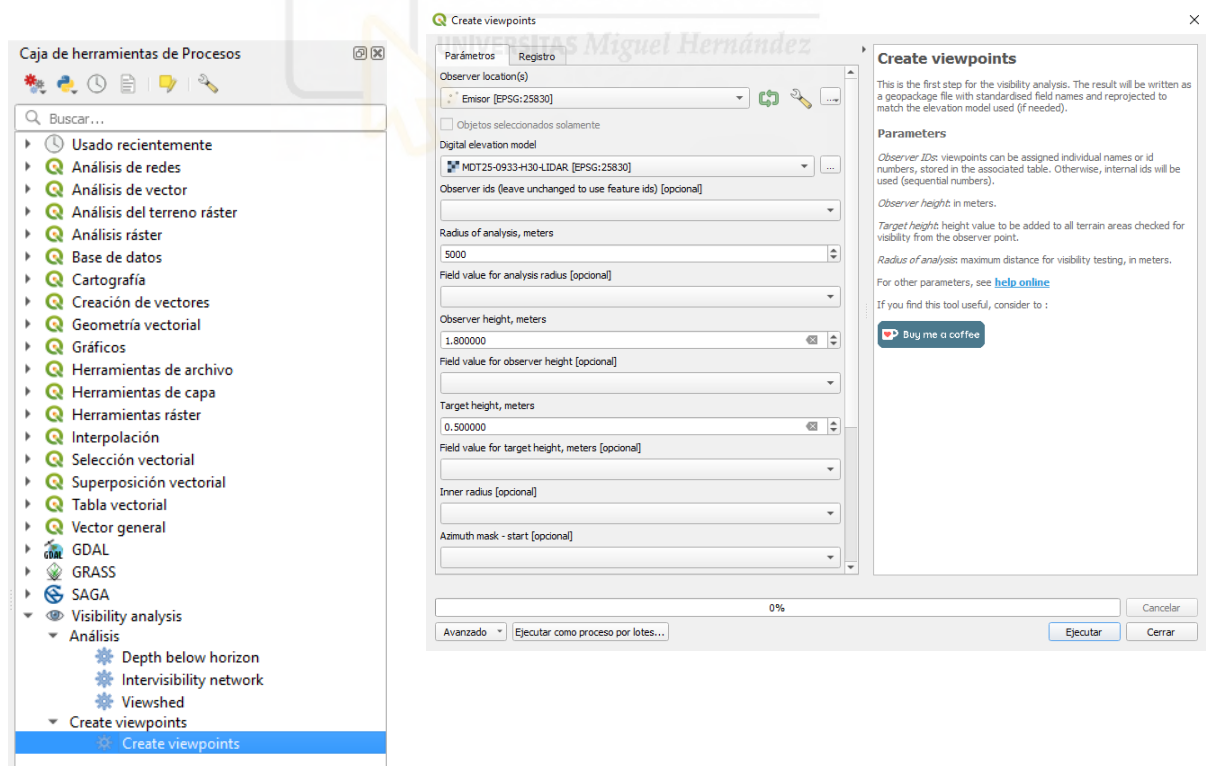
Pulsamos **Instalar complemento**. Una vez instalado, aparece un breve mensaje de que el complemento se instaló correctamente.



Antes de ejecutar esta herramienta es necesario previamente, cargar o crear una capa vectorial (tipo punto) con las coordenadas XY (en el mismo sistema de proyección que el ráster) del punto o puntos de observación (**emisor.shp** o **puntos.shp**).



En la Caja de herramientas de Procesos, desplegamos los geocalgoritmos de  Visibility analysis y dentro del grupo Create viewpoints seleccionamos [Create viewpoints](#).



Establecemos los siguientes parámetros:

**Observer location:** seleccionamos el fichero *Emisor.shp* guardado que se corresponde a un punto de coordenadas UTM-ETRS89-H30 **X:644634 Y:4198253** del punto emisor.

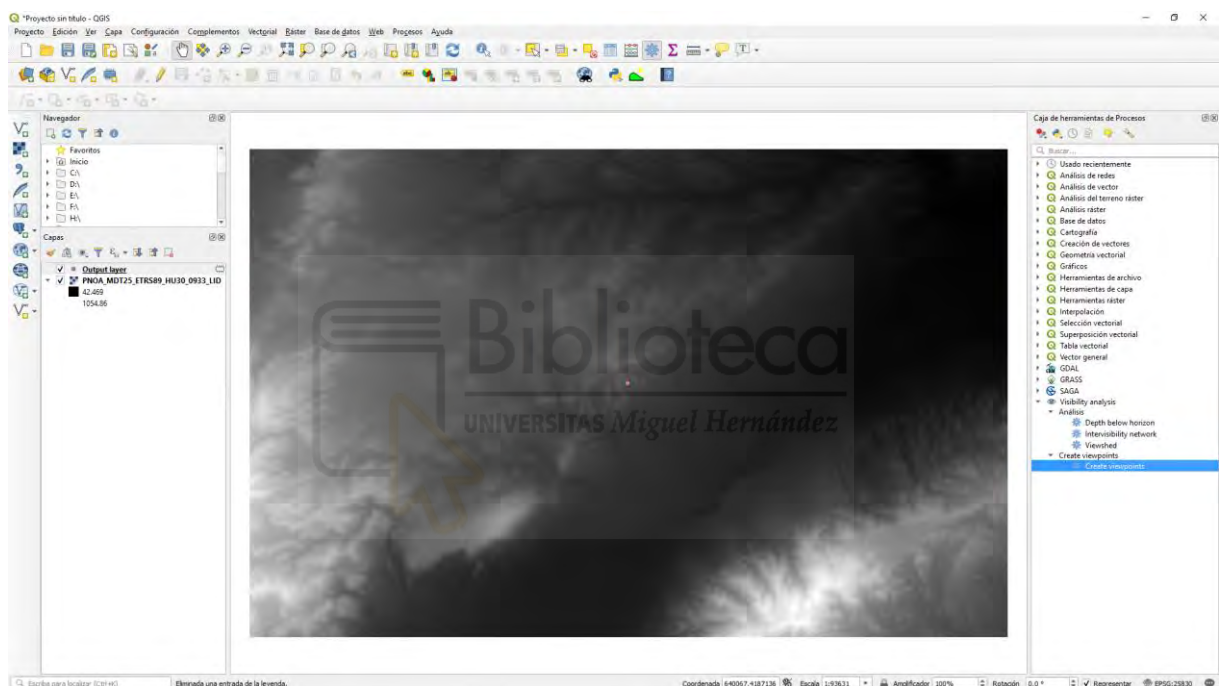
**Digital elevation model:** seleccionamos la capa ráster del MDT.

**Radius os analysis:** establecemos un radio de **5000 m** (5 km).

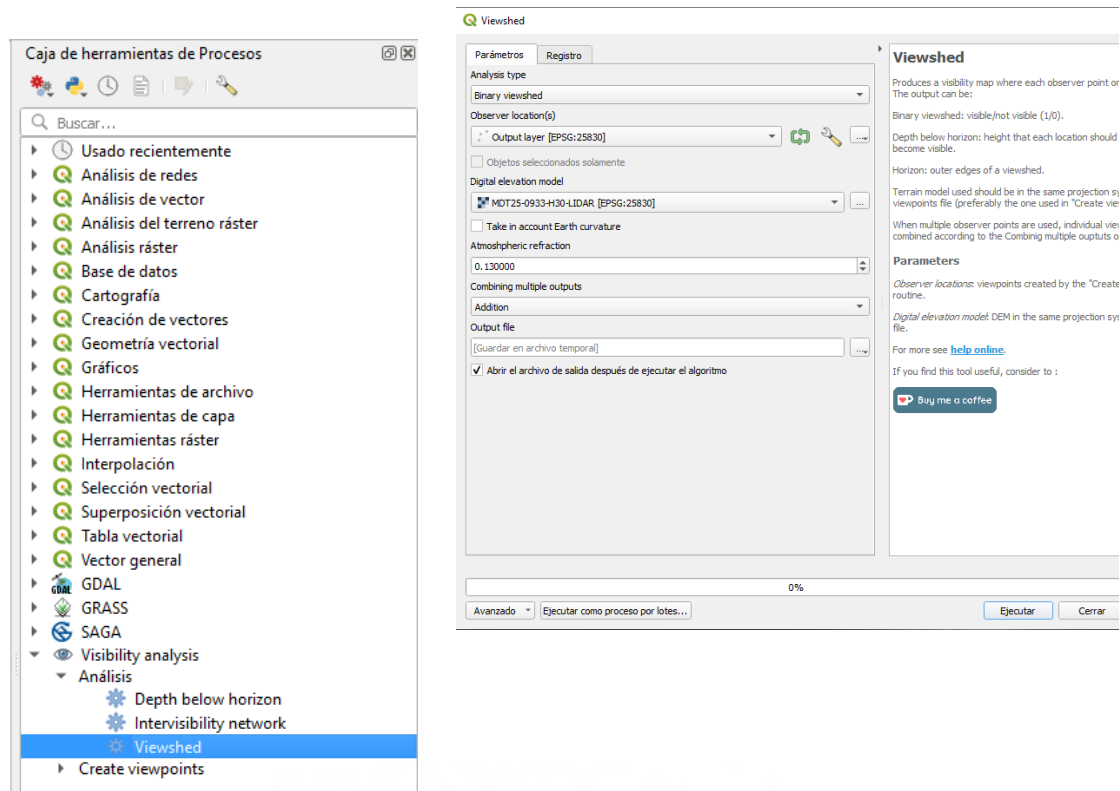
**Observerheight:** una altura del emisor de **1,8 m**.

**Target height:** una altura del receptor de **0,5 m**.

Obtenemos una nueva capa temporal denominada *“Output layer”* que representa el punto emisor sobre el MDT.



En la **Caja de herramientas de Procesos**, desplegamos los geocalgoritmos de **Visibility analysis** y dentro del grupo **Analysis** seleccionamos **Viewshed**.



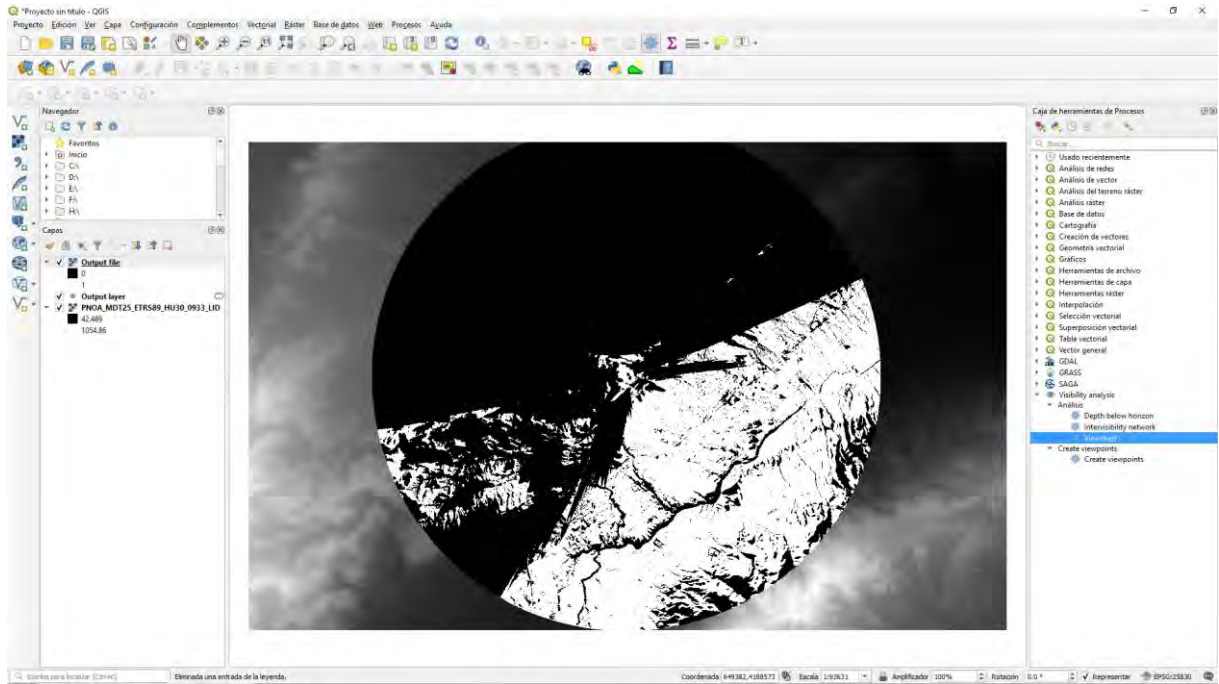
Establecemos los siguientes parámetros:

**Analysis type:** Binary viewshed.

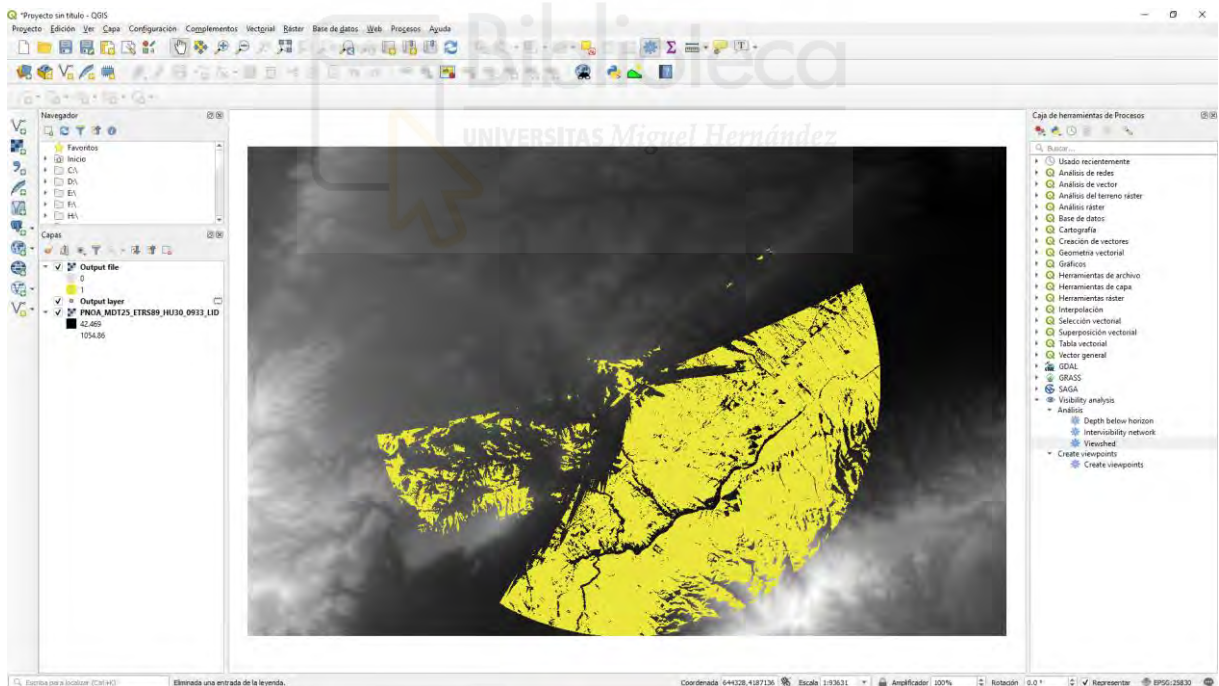
**Observer location:** Output layer capa generada en el proceso anterior.

**Digital elevation model:** seleccionamos la capa ráster del MDT.

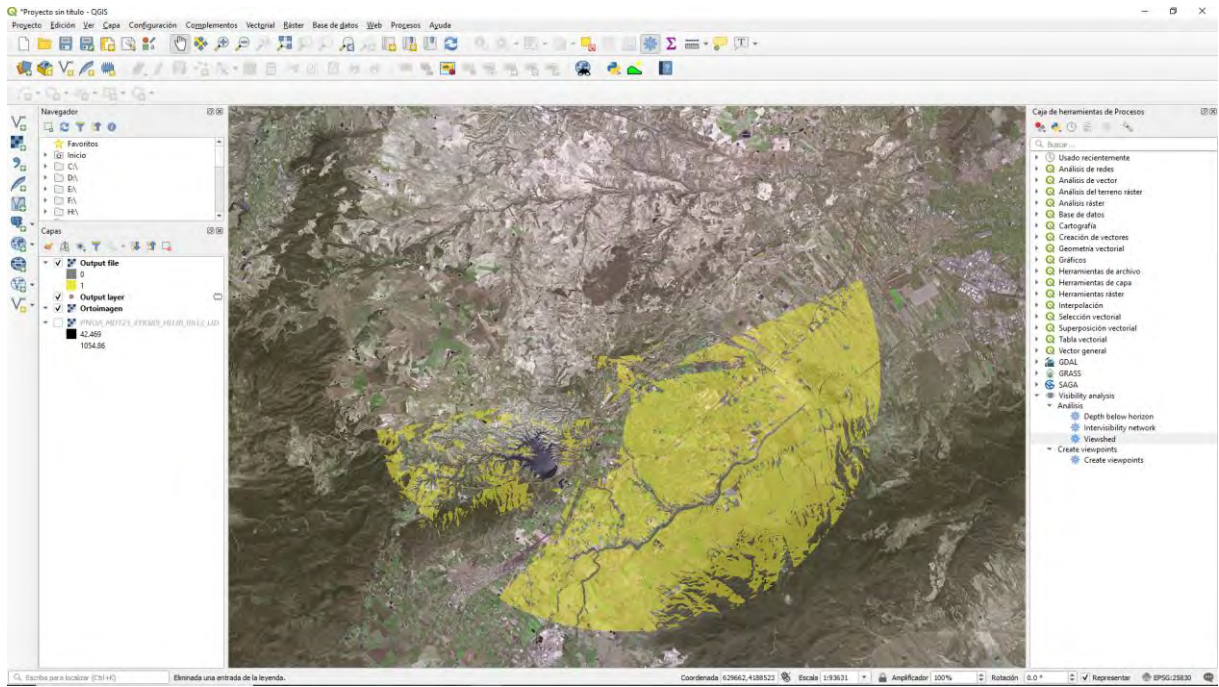
El resto de parámetros se dejan por defecto. Ejecutamos el proceso y obtenemos la capa temporal "Output file". En un color (blanco) aparecen todas las celdas visibles (valor 1) y en color (negro) las celdas no visibles (valor 0).



Se pueden modificar los colores de la capa ráster temporal en su correspondiente tabla de color.



También podemos modificar la transparencia de los colores del ráster para visualizarlo sobre la ortofoto del PNOA.

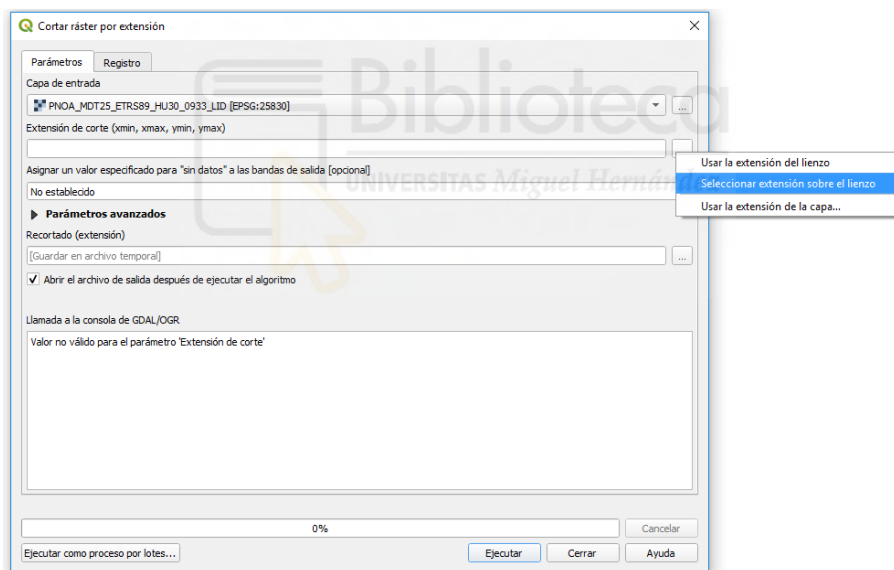
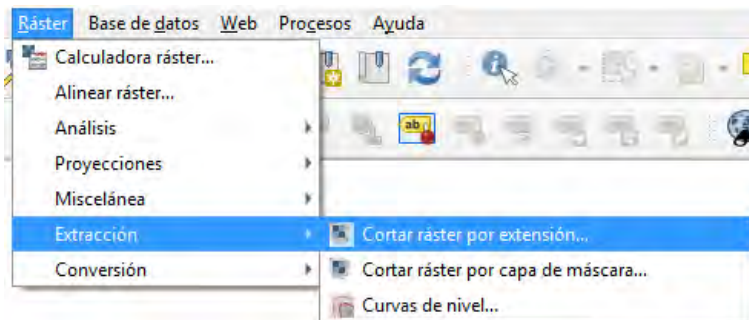


## 2.9.- RECORTAR UNA CAPA RÁSTER

Podemos recortar el MDT a partir de una poligonal que defina nuestra área de trabajo o mediante las coordenadas de un rectángulo (esquina inferior izquierda y esquina superior derecha). Para ello será necesario crear una nueva capa shape que defina el recorte que vamos a realizar.

### 2.9.1.- Recortar una capa ráster por extensión

Para ello, menú Ráster <> Extracción <> Cortar ráster por extensión...

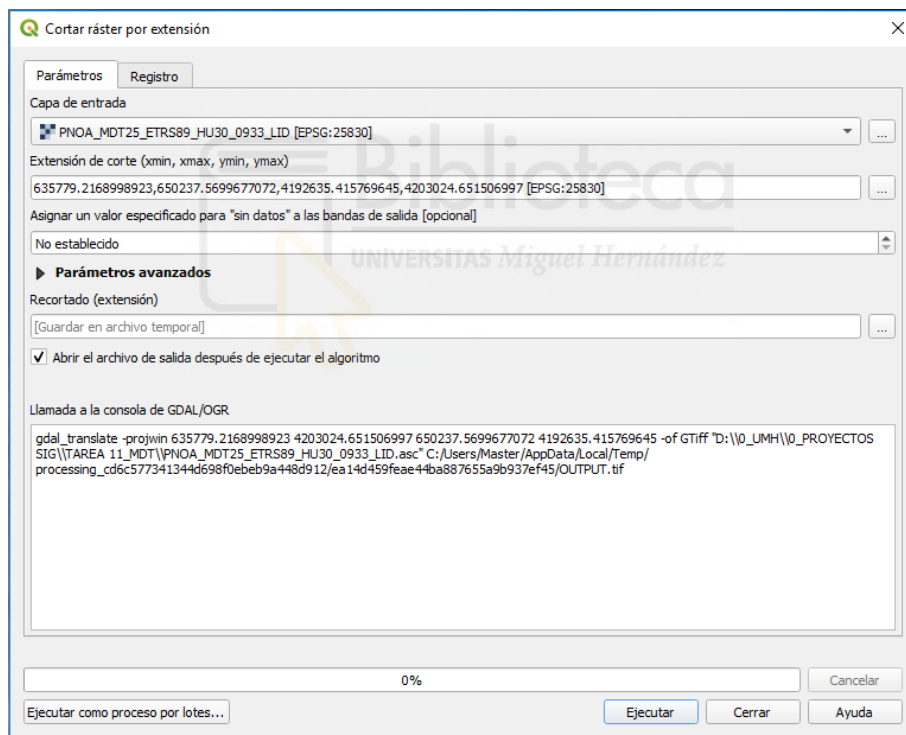
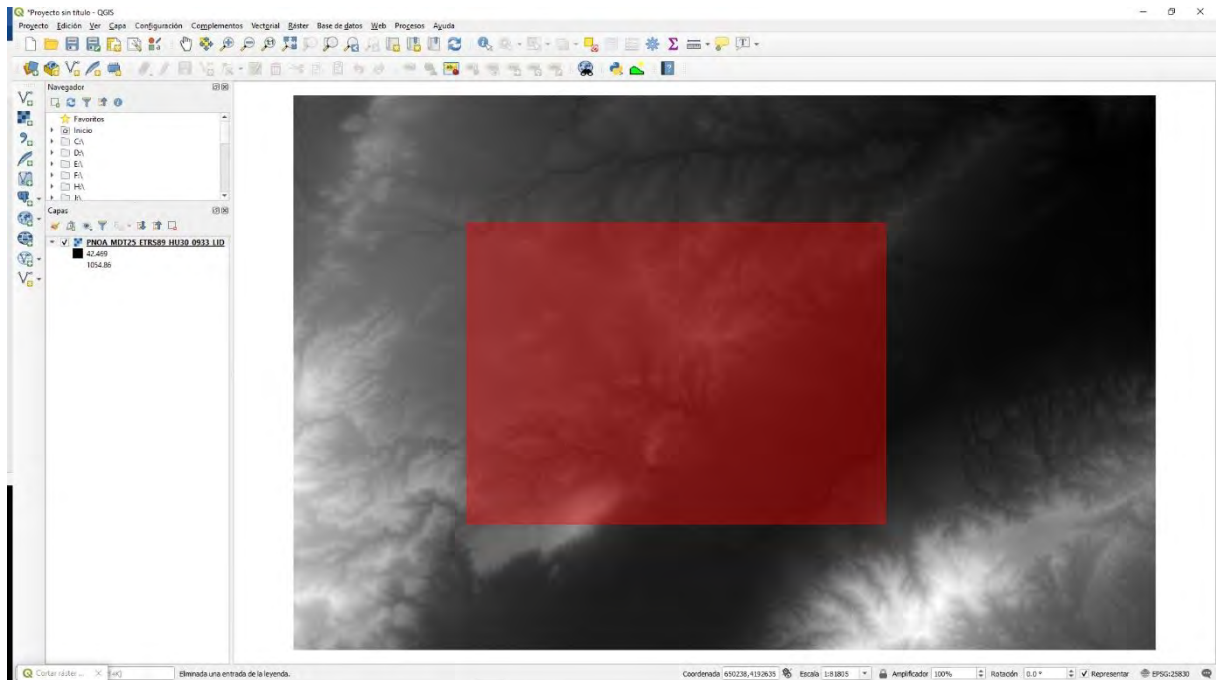


Establecemos los siguientes parámetros:

**Capa de entrada:** la capa ráster del MDT.

Extensión de corte: desplegamos y seleccionamos Seleccionar extensión sobre el lienzo...

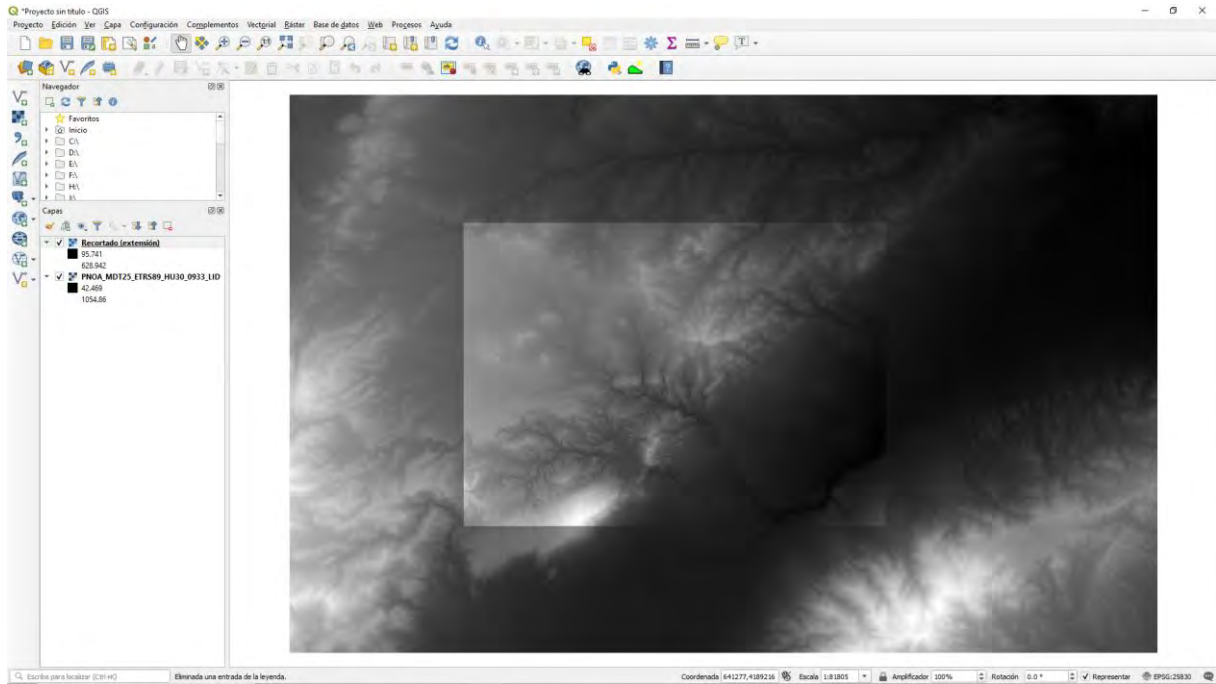
A continuación, dibujamos un rectángulo haciendo clic sobre la esquina superior izquierda y sobre la esquina inferior derecha que determine el rectángulo.



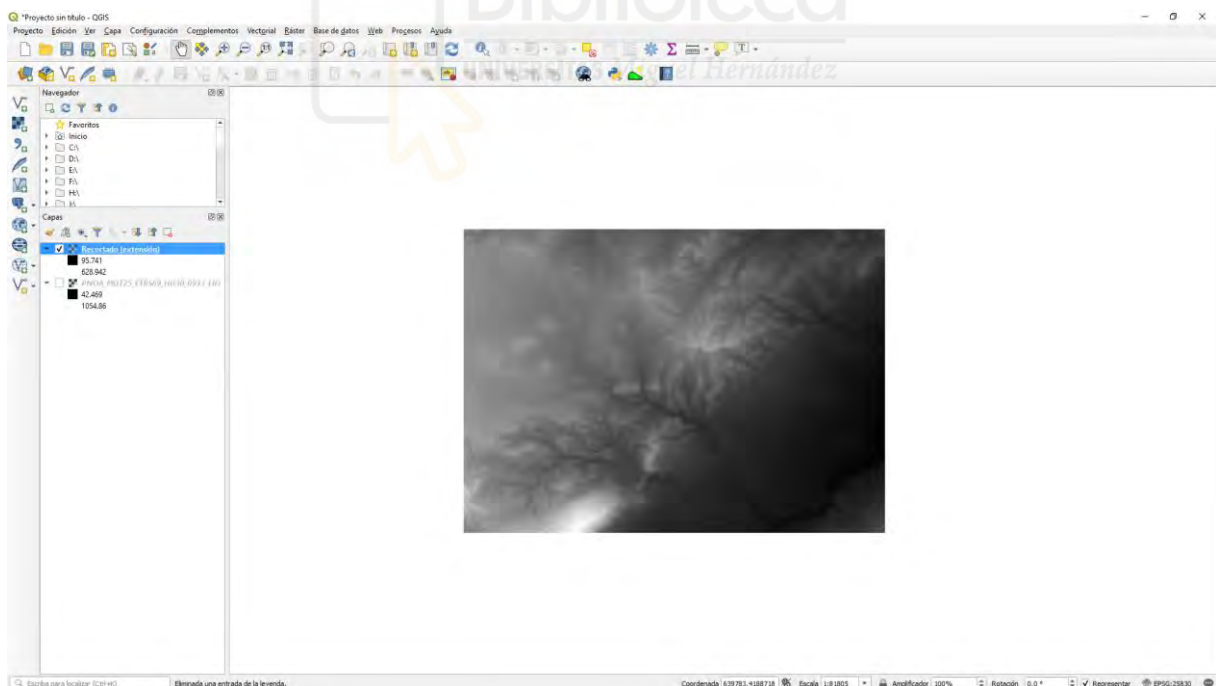
En la ventana de Extensión, aparecen las coordenadas del rectángulo.

**Recortado (extensión de corte):** dejamos que se guarde un archivo temporal o guardamos en el disco duro con un nombre.

Ejecutamos el proceso y obtenemos una capa temporal “*Recortado (extensión)*” del trozo de MDT recortado.

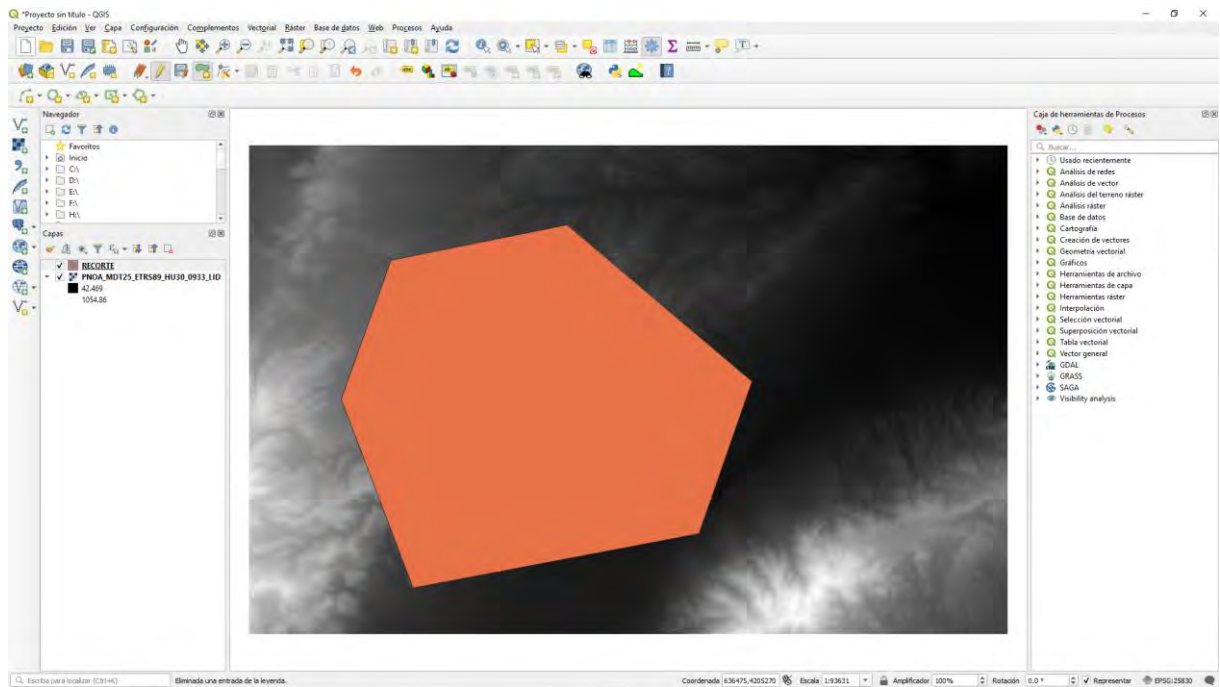


Si desactivamos la capa del MDT original nos queda la capa temporal “*Recortado (extensión)*” para exportarla como ráster y guardarla en el disco duro.

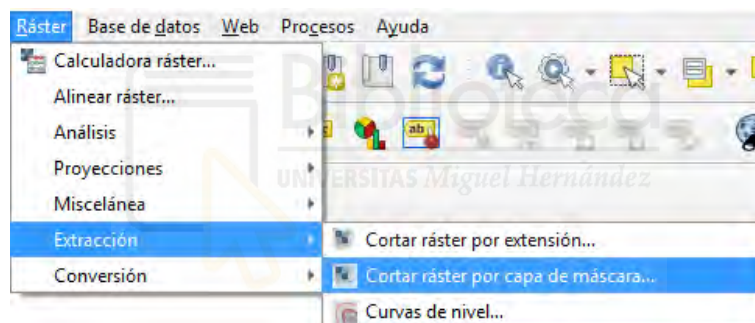


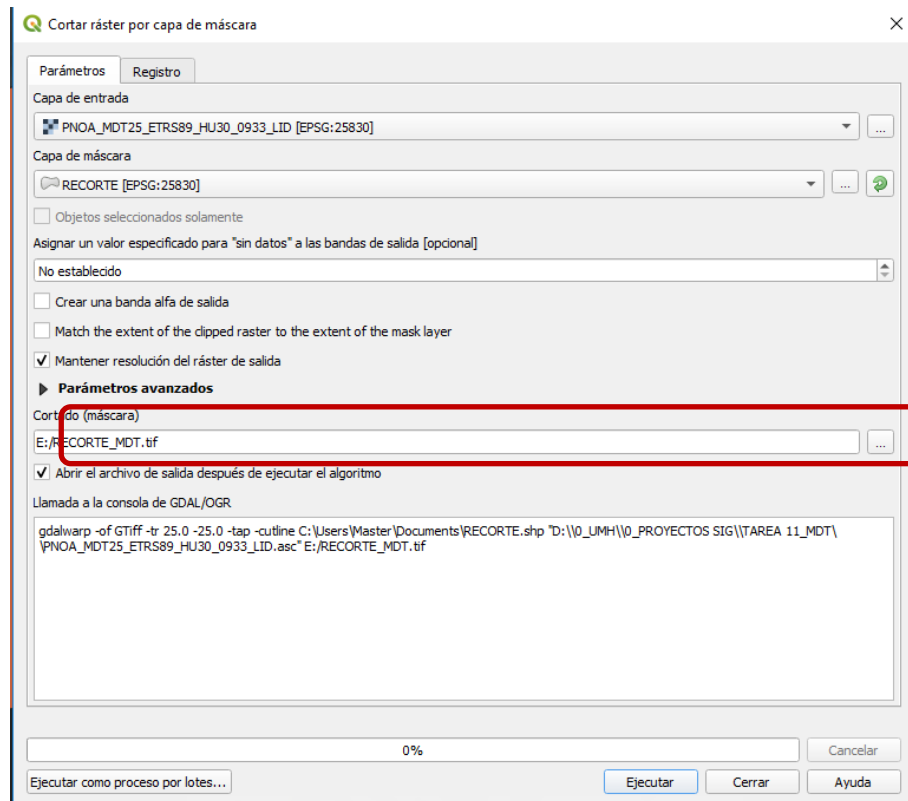
### 2.9.2.- Recortar una capa ráster por polígono

Ahora tenemos una capa vectorial (*RECORTE.shp*) sobre la que vamos a recortar el ráster del MDT.



Para ello, menú Ráster <> Extracción <> Cortar ráster por capa de máscara...





Establecemos los siguientes parámetros:

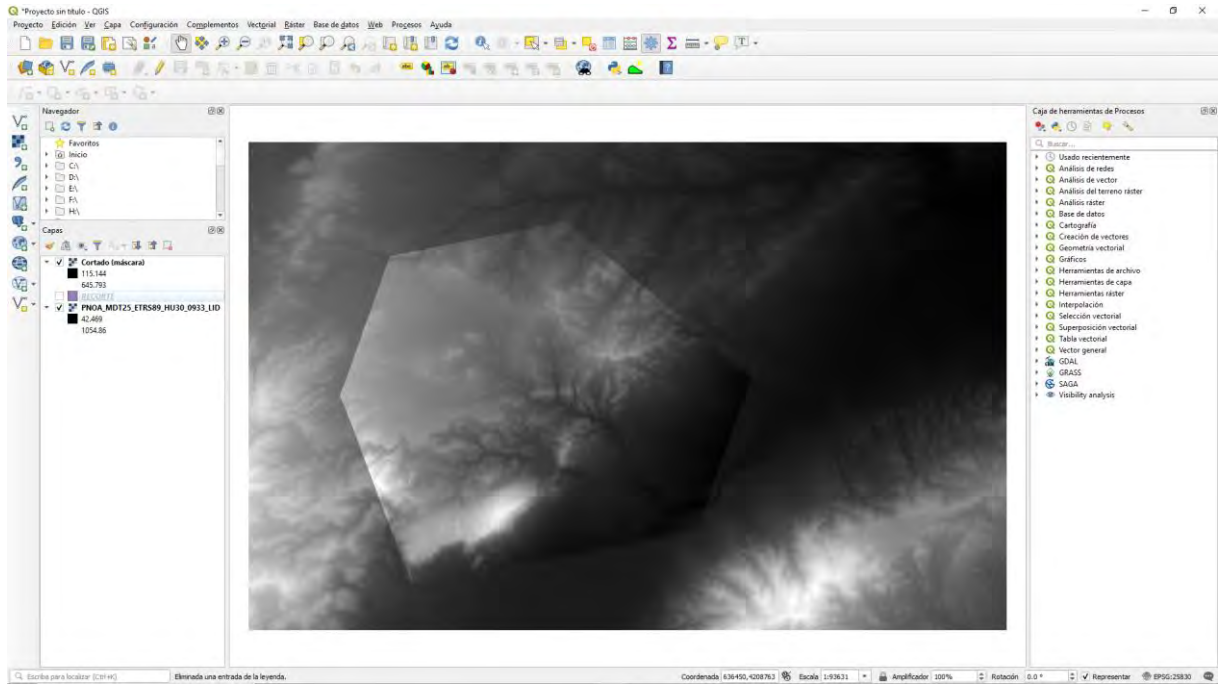
**Capa de entrada:** la capa ráster del MDT.

**Capa de máscara:** desplegamos y seleccionamos el fichero vectorial RECORTE.shp

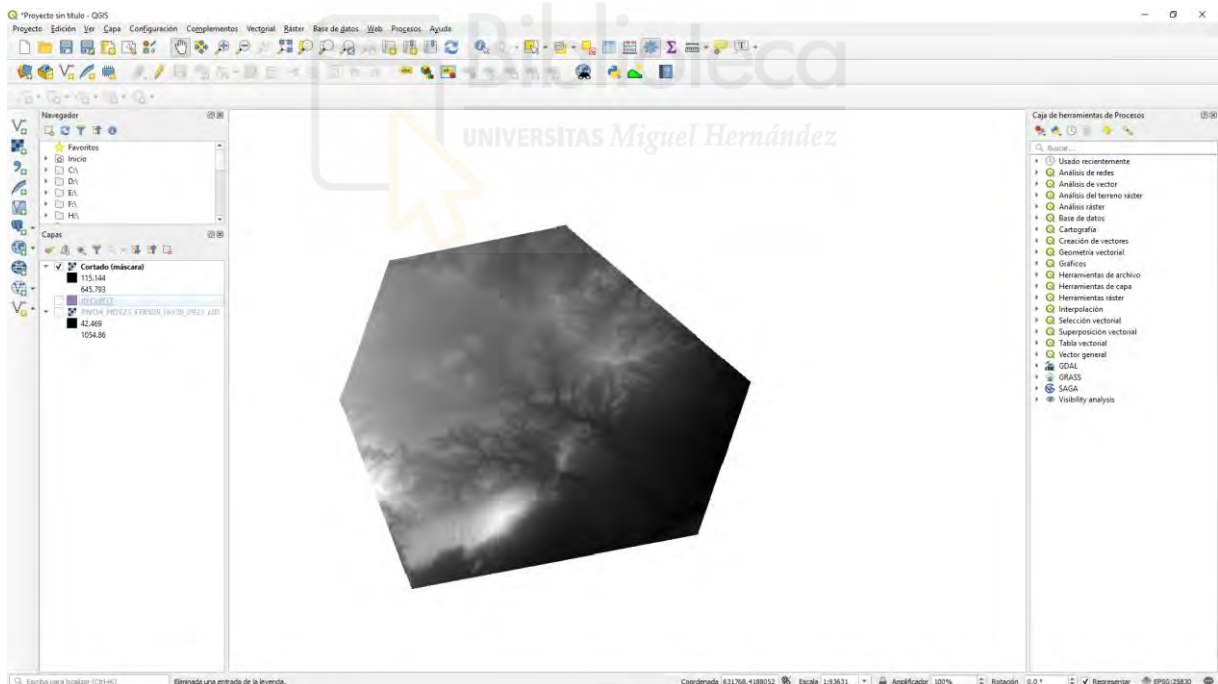
Activamos la casilla Mantener la resolución del ráster de salida.

**Cortado (máscara):** guardar en el disco duro con un nombre y extensión .tif.

Ejecutamos el proceso y obtenemos una capa temporal "Recortado (extensión)" del trozo de MDT recortado.

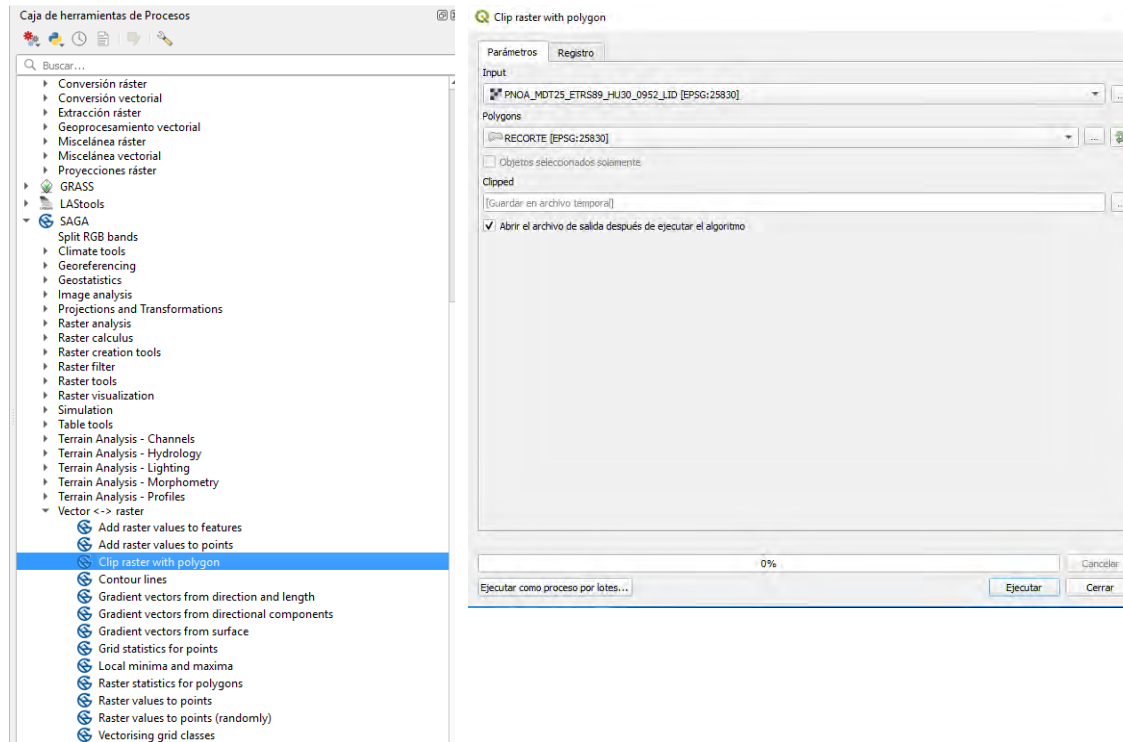


Si desactivamos la capa del MDT original nos queda la capa temporal “Recortado (extensión)” para exportarla como ráster y guardarla en el disco duro.

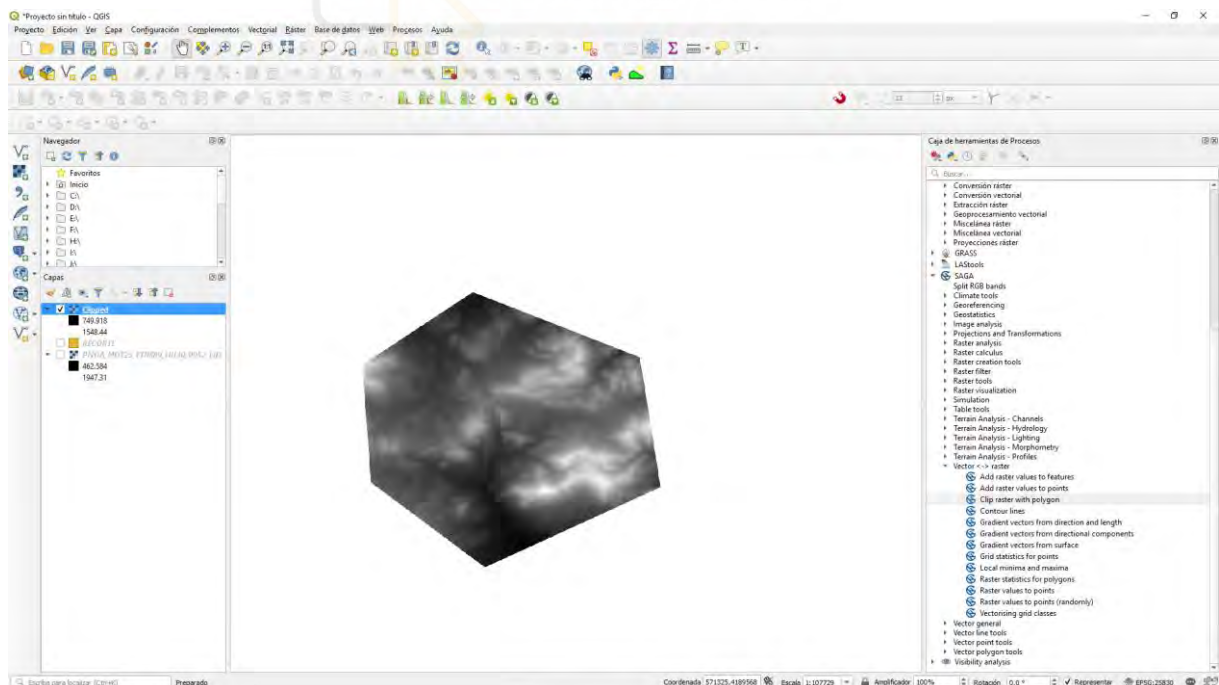


**Nota importante:** si falla este Modo de recorte, recomiendo utilizar otro geoproceso que se indica a continuación.

Otro geoproceso que se puede utilizar es el que se encuentra en la **Caja de herramientas de procesado**, desplegando los geoalgoritmos de **SAGA** y dentro del grupo **Vector <-> ráster** seleccionamos **Clip raster with polygon**.



Obtenemos la capa temporal "Clipped" para exportarla como ráster y guardarla en el disco duro.

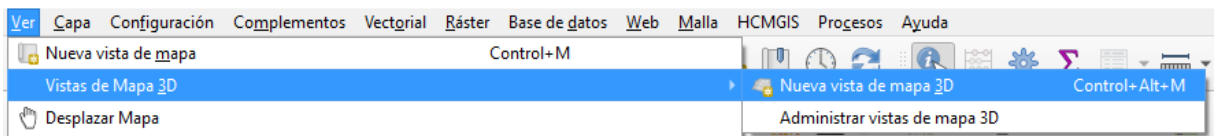


## 2.10.- VISUALIZACIÓN EN 3D

### 2.10.1.- Vista de Mapa 3D

Además de la visualización en 2D (o comúnmente conocida como 2,5D debido a que los valores de los píxeles representan la tercera dimensión) del MDT, QGIS permite visualizar modelos digitales en 3 dimensiones a través de la nueva **Vista de Mapa 3D**.

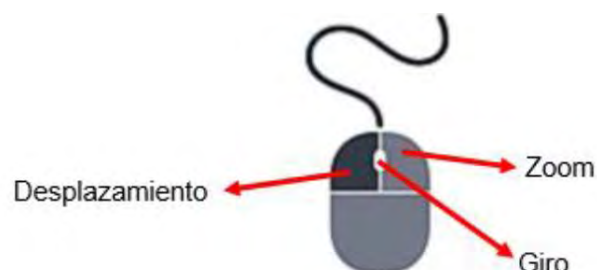
En la barra de herramientas de QGIS ir a Ver<>Vista de Mapa 3D<>Nueva vista de mapa 3D.




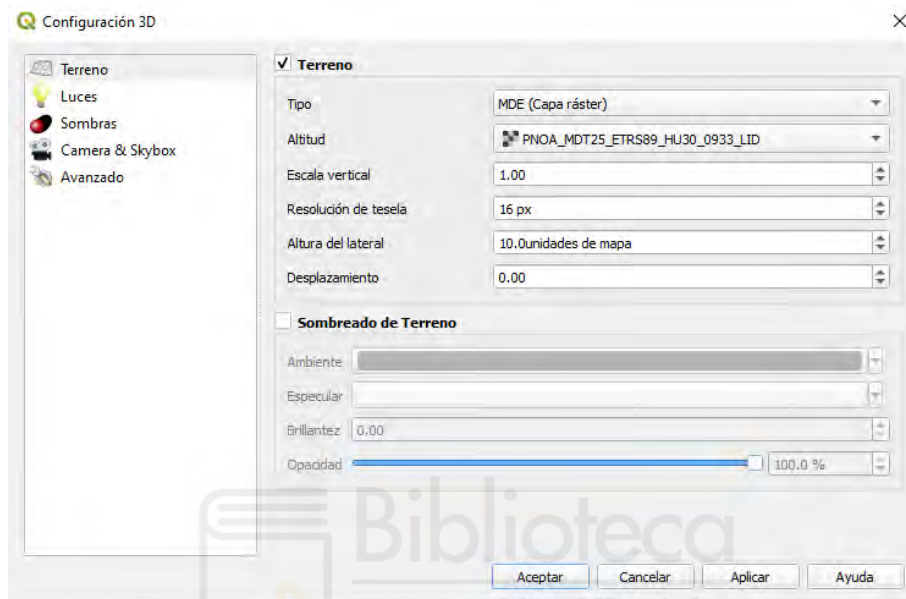
Al abrir la ventana de vista 3D nos aparece por defecto una pequeña barra de herramientas y la vista en planta del modelo.



Es posible navegar por esta vista pulsando los botones del ratón y desplazándolo:

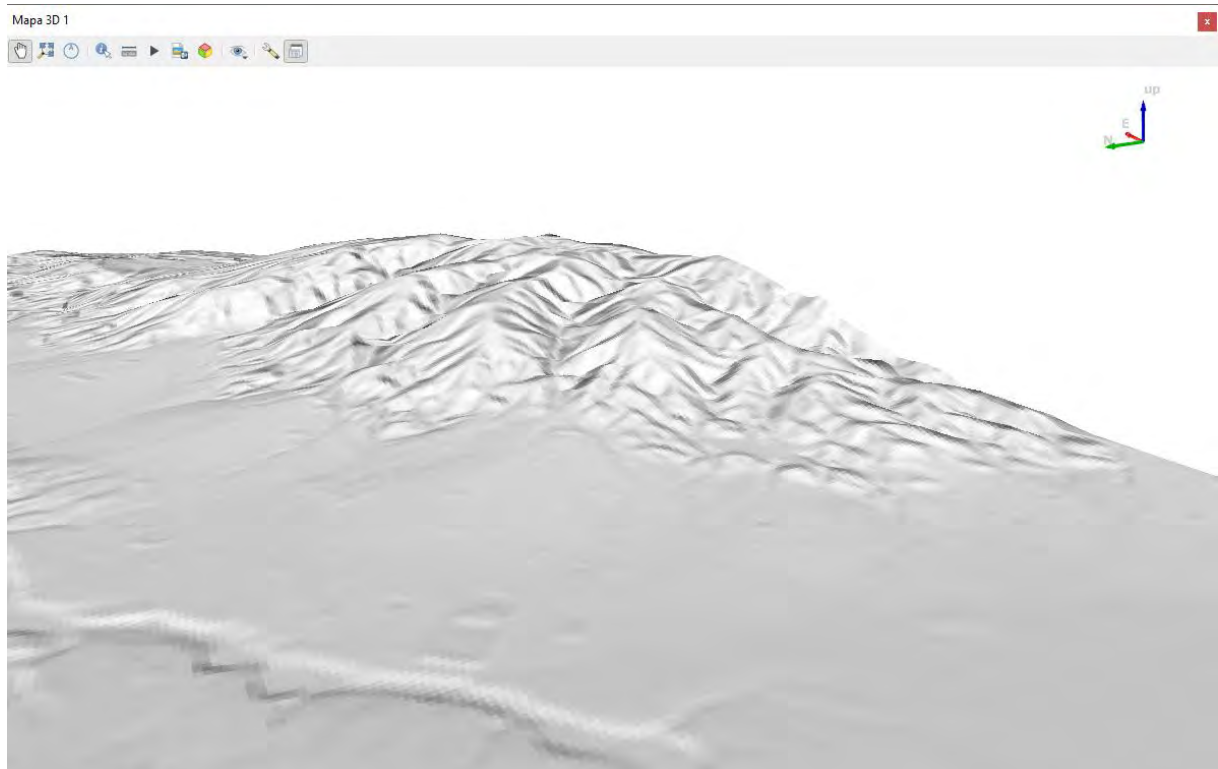


Para la correcta visualización en 3D es necesario configurar la vista. Para ello, hay que pulsar sobre el botón de configurar  del menú de la ventana Mapa 3D y seleccionar la fuente de elevación, que en este caso es el MDT (PNOA\_MDT25\_ETRS89\_HU30\_0933\_LID) cargado en QGIS.

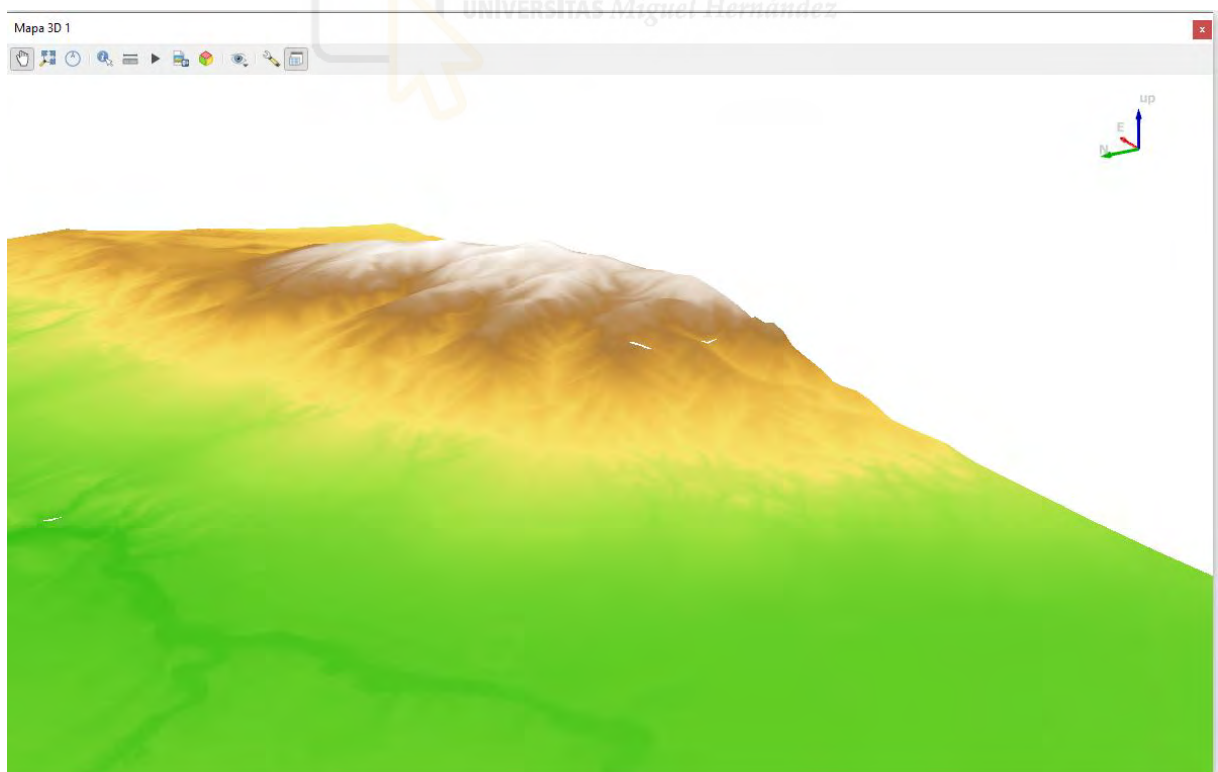


También se puede modificar la resolución de la vista introduciendo los valores de “Resolución de tesela” y “Resolución de tesela de mapa” de modo que si se incrementa su valor se podrá visualizar el modelo con mayor detalle. Es importante destacar que valores altos hacen que empeore el rendimiento del visualizador.


Otro parámetro que es interesante analizar es el de “Escala vertical”, que nos permite exagerar el relieve y hacer que la vista 3D sea más visual, aunque si se introducen valores altos podría quedar deformado el modelo.



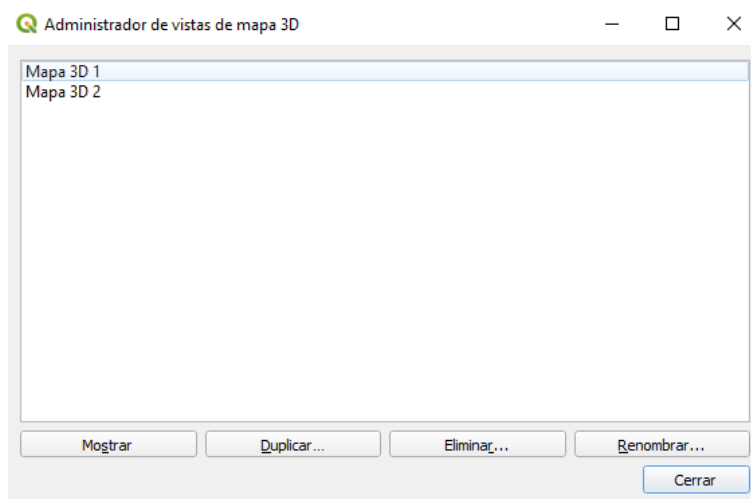
Además, si tenemos otra capa de información cargada en QGIS, como una ortofotografía de la misma zona o una geometría vectorial, el visor 3D permite representar estas capas de manera simultánea con el MDE en 3D.





También es posible guardar capturas de estas vistas 3D en formato ráster (opción de “Guardar como imagen”  del menú).

En el **Administrador de vistas de mapa 3D** se irán almacenando las diferentes vistas que vayamos realizando y podremos ir mostrándolas, eliminar o renombrar.

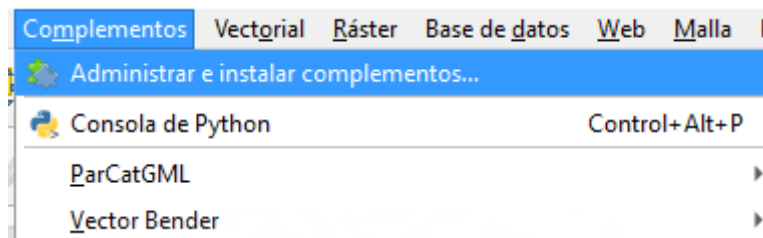


### 2.10.2.- Complemento Qgis2threejs

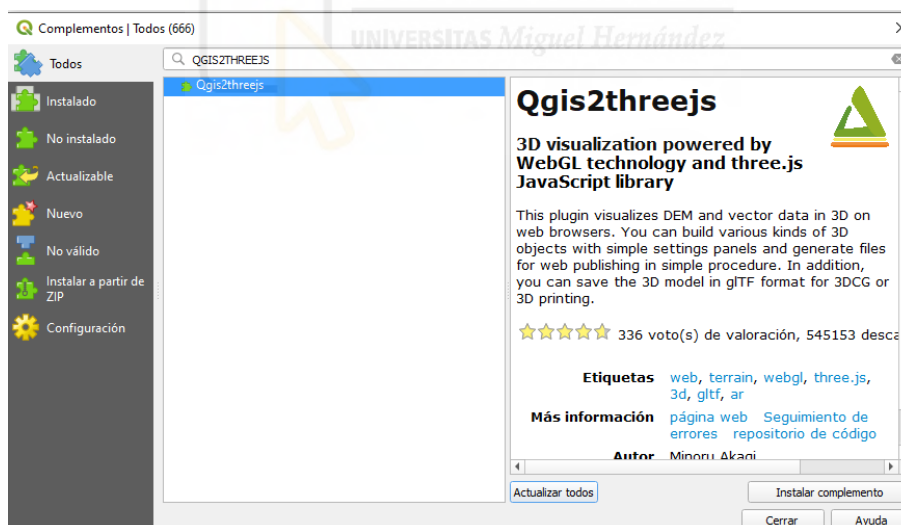
QGIS cuenta con el complemento **Qgis2threejs** que visualiza MDE y datos vectoriales en 3D, con ellas se puede construir varios tipos de objetos tridimensionales con paneles de configuración simples y generar archivos para publicación web en un procedimiento muy sencillo de ejecutar. Además, este modelo tridimensional, puede guardarse en formato glTF para impresión 3DCG o 3D.

Se hace muy ventajoso el poder visualizar los datos MDE en 3D y de esa manera resaltar las diferencias de elevación del terreno de la superficie terrestre, en lugar de tener una vista plana de la misma zona.

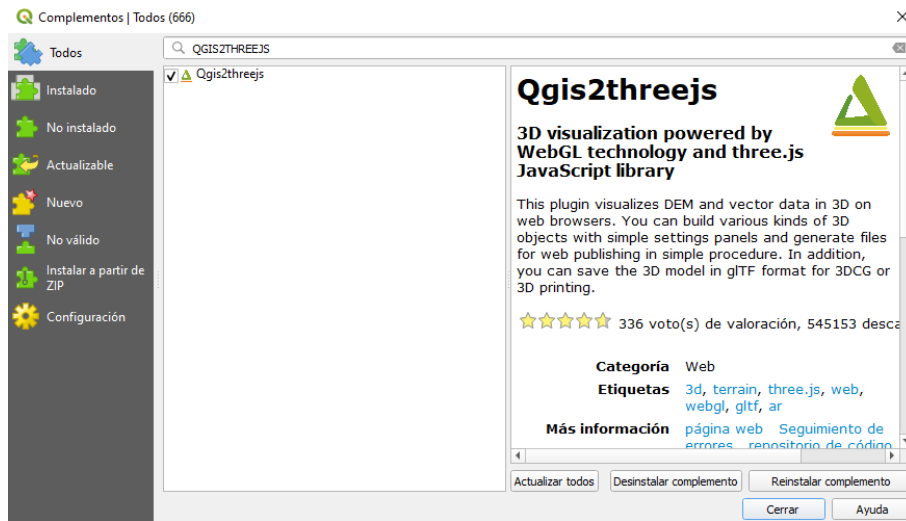
El primer paso consiste en instalar el complemento Qgis2threejs. En el menú **Complementos**, seleccionamos **Administrar e instalar complementos...**



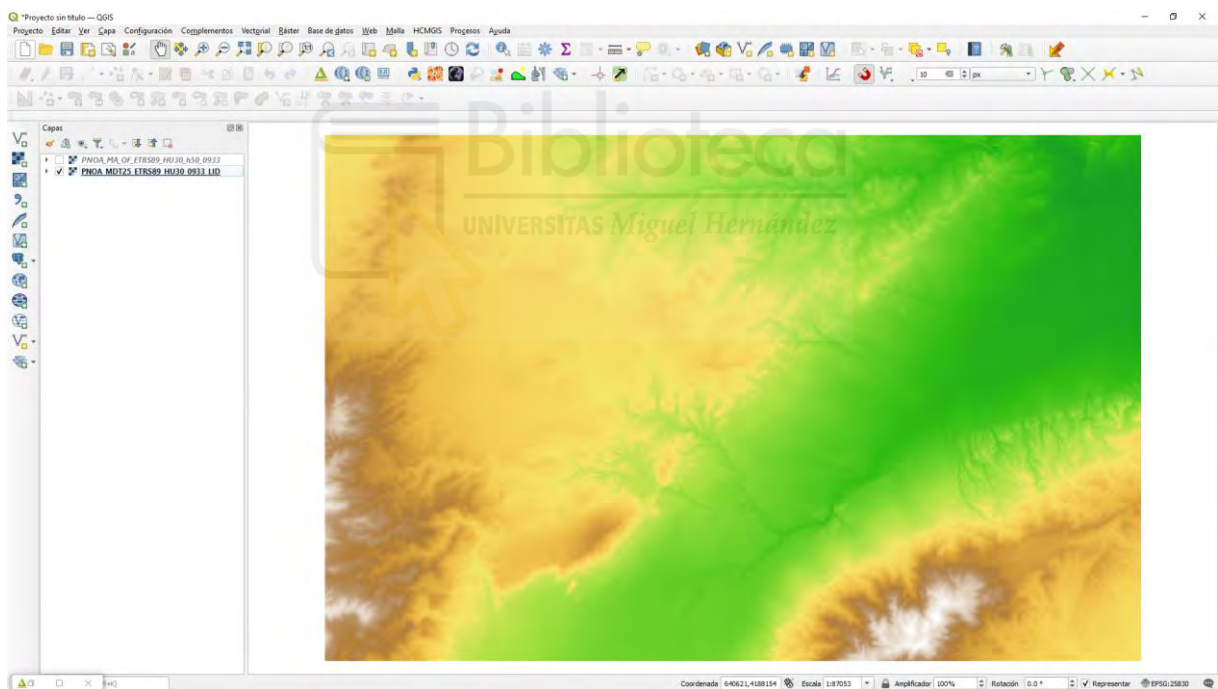
Realizamos la búsqueda del complemento y lo instalamos.



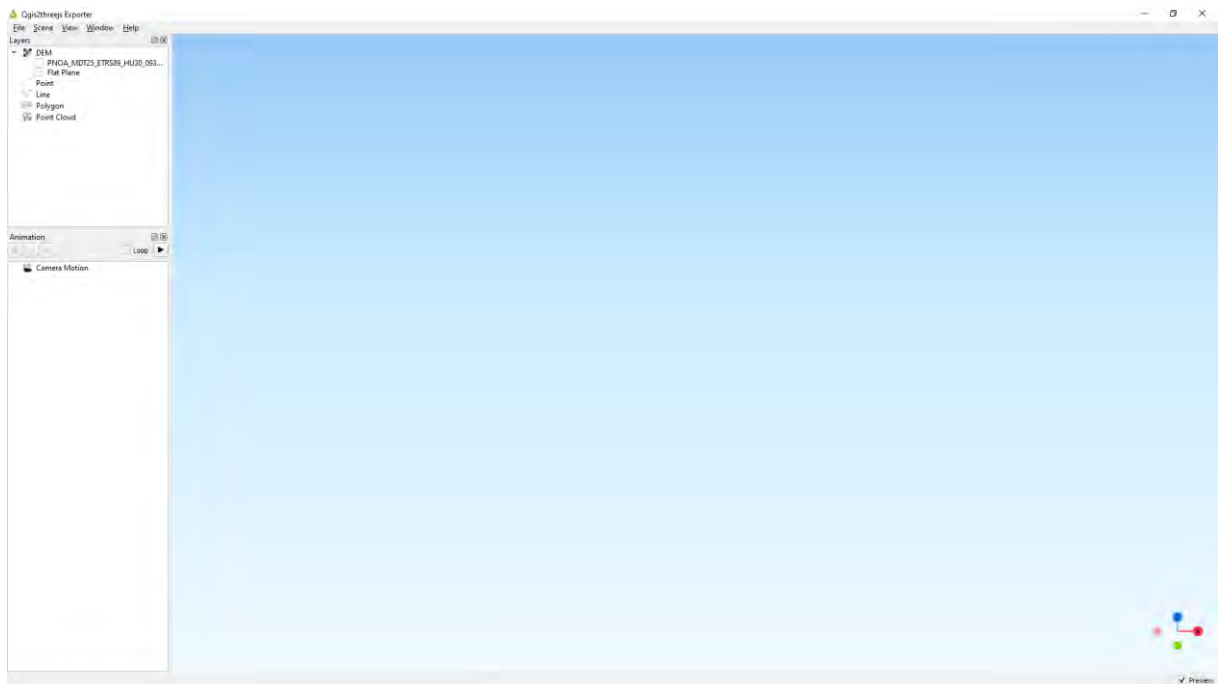
Una vez terminado el proceso, nos informa de la instalación correcta y cerramos la ventana.



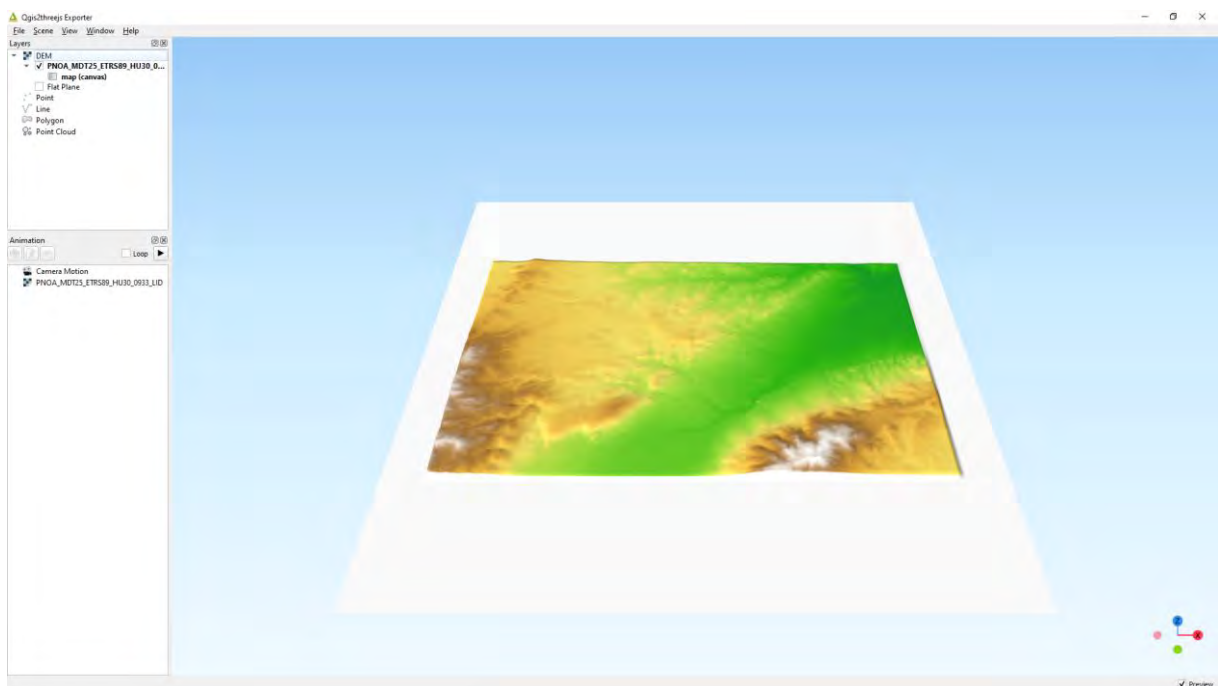
En la Vista tenemos el MDT con una simbología de tabla de color adecuada.



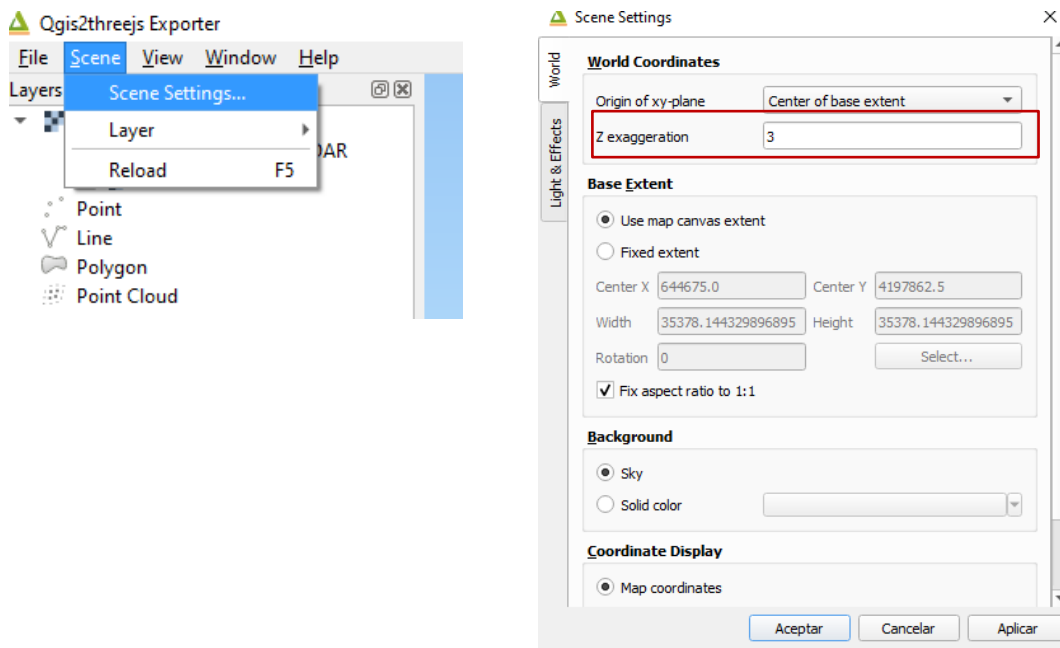
Ejecutamos el complemento  y se abre la ventana de visualización.



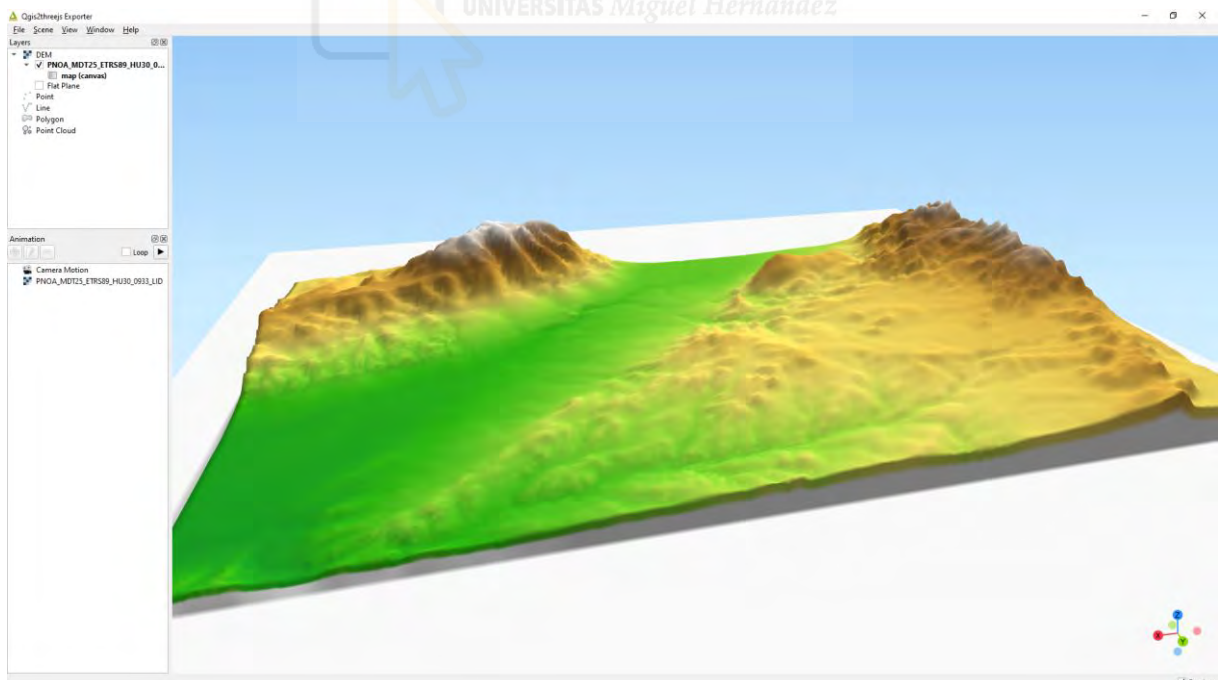
Existe un panel de Capas en el lado izquierdo de la ventana, que enumera las capas de la Vista en el proyecto actual de QGIS. Los elementos de capa se agrupan en DEM, Punto, Línea y Polígono. El grupo de capas **DEM** tiene capas ráster de 1 banda (proveedor GDAL) en el proyecto actual de QGIS y **Flat Plane** (un plano a altitud cero). Agregamos la capa MDT a la escena y luego simplemente hacemos clic en la casilla de verificación a la izquierda de la capa MDT debajo del grupo de capas DEM.



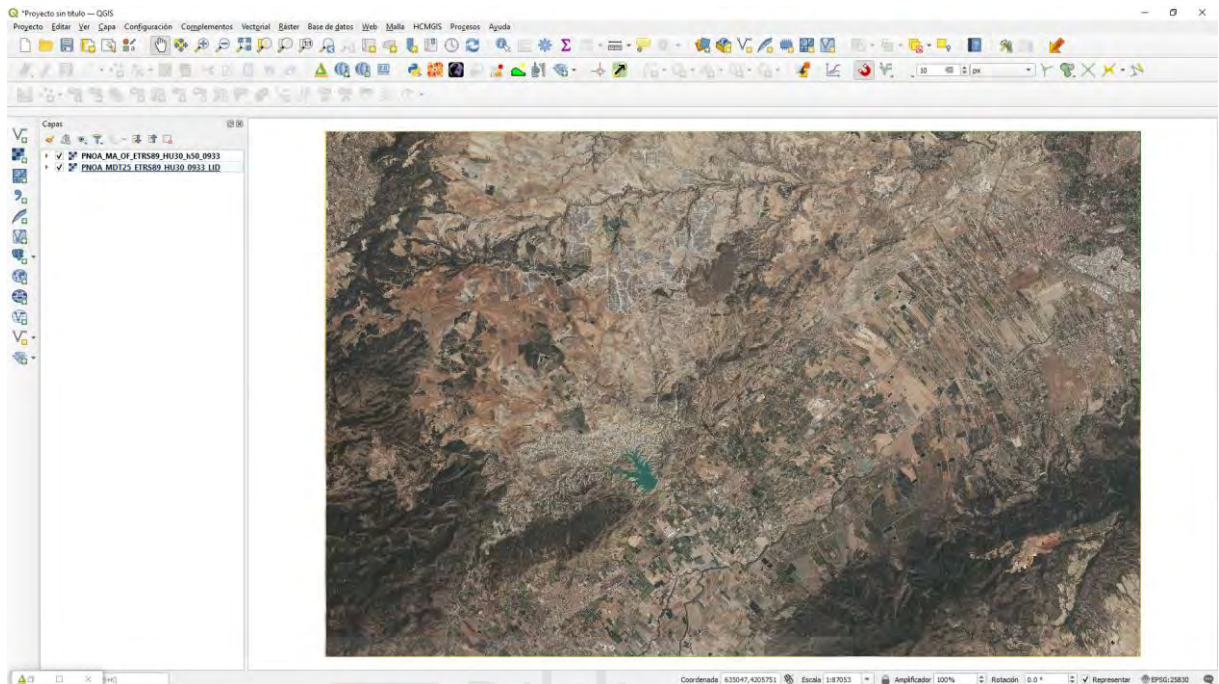
En el menú **Scene** podemos configurar diferentes parámetros, entre ellos, el valor de exageración de la elevación.



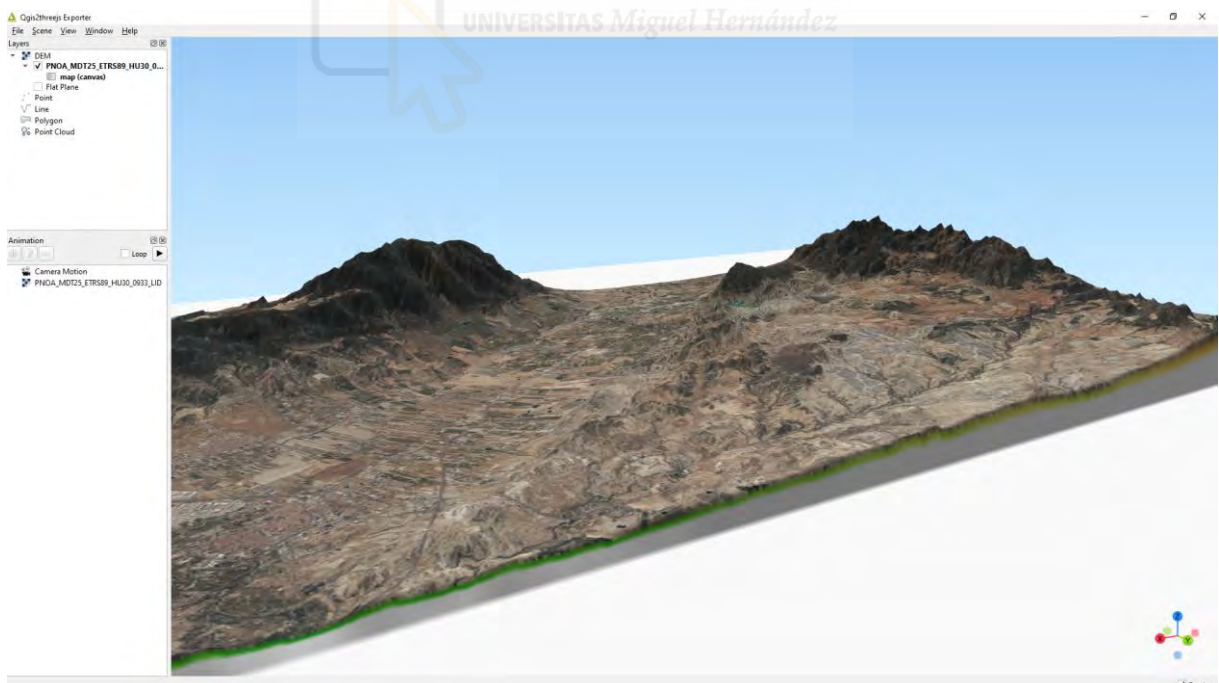
En la ventana se visualiza el modelo 3D con una exageración vertical mayor.



También es posible agregar un estilo de los mapas bases proporcionados por QGIS (Google, ESRI, Bing), solo se debe anexar la capa al navegador. O podemos agregar la capa de la ortofoto del PNOA.



Se puedes editar el fondo a tu estilo y agregar las capas que desees.



El último paso es exportar tu modelo, Qgis2threejs permite exportar a navegador web, a formato imagen (png) y un archivo glTF. El glTF (formato de transmisión GL) es un formato de archivo para escenas y modelos 3D.

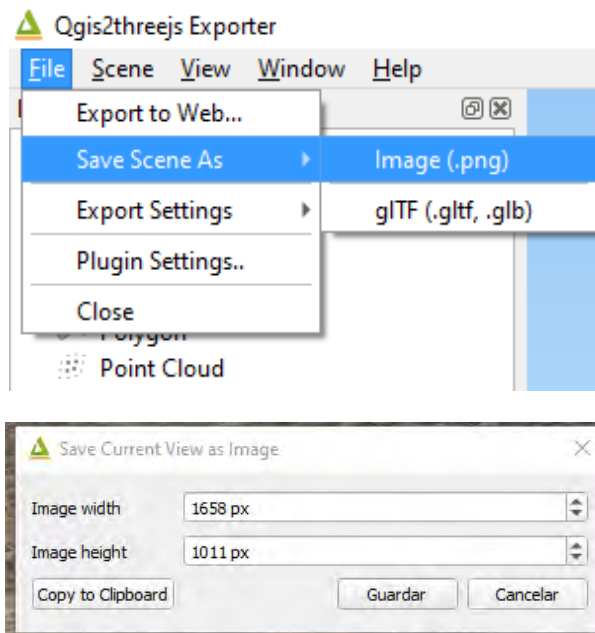
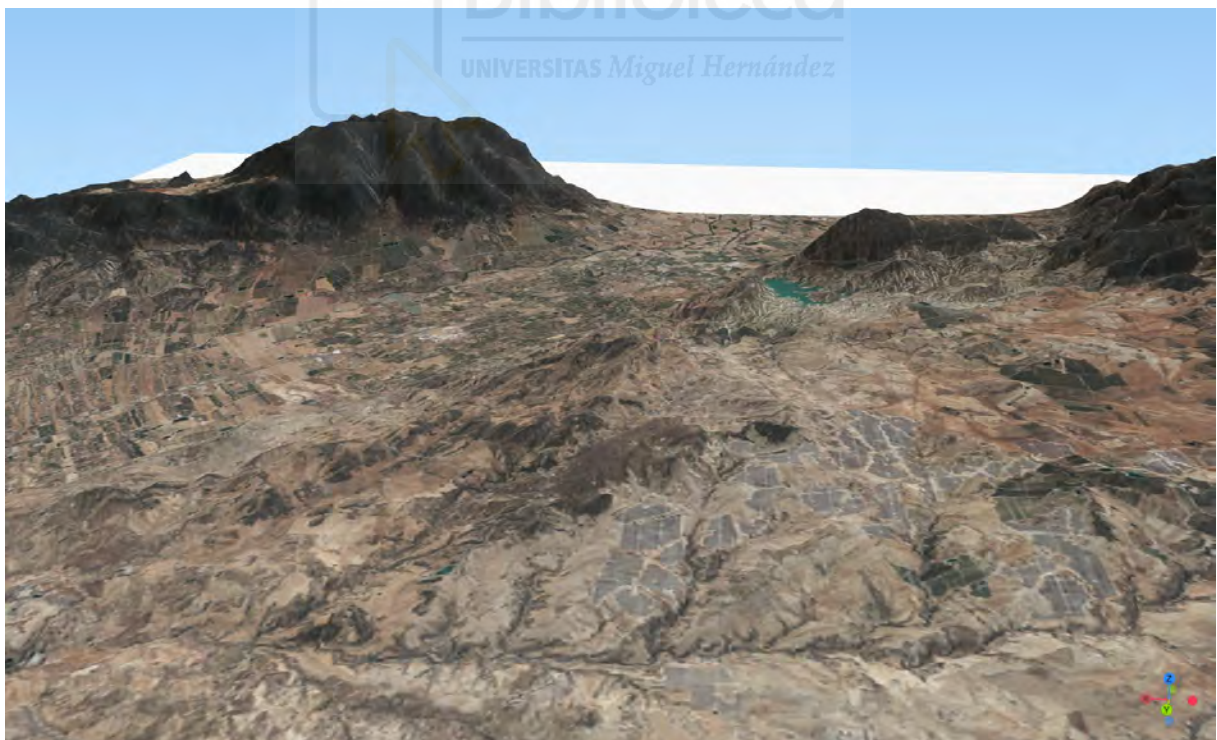


Imagen .png exportada desde el complemento.



### 3.- MDT A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL

Podemos crear un Modelo Digital del Terreno (MDT) a partir de curvas de nivel y de un número suficiente de puntos cuyas coordenadas tridimensionales X,Y,Z sean conocidas.

En este tutorial vamos a aprender a crear un MDE a partir de un fichero vectorial de curvas de nivel con información de cota (elevación Z) y un fichero vectorial de puntos con cota (elevación Z).

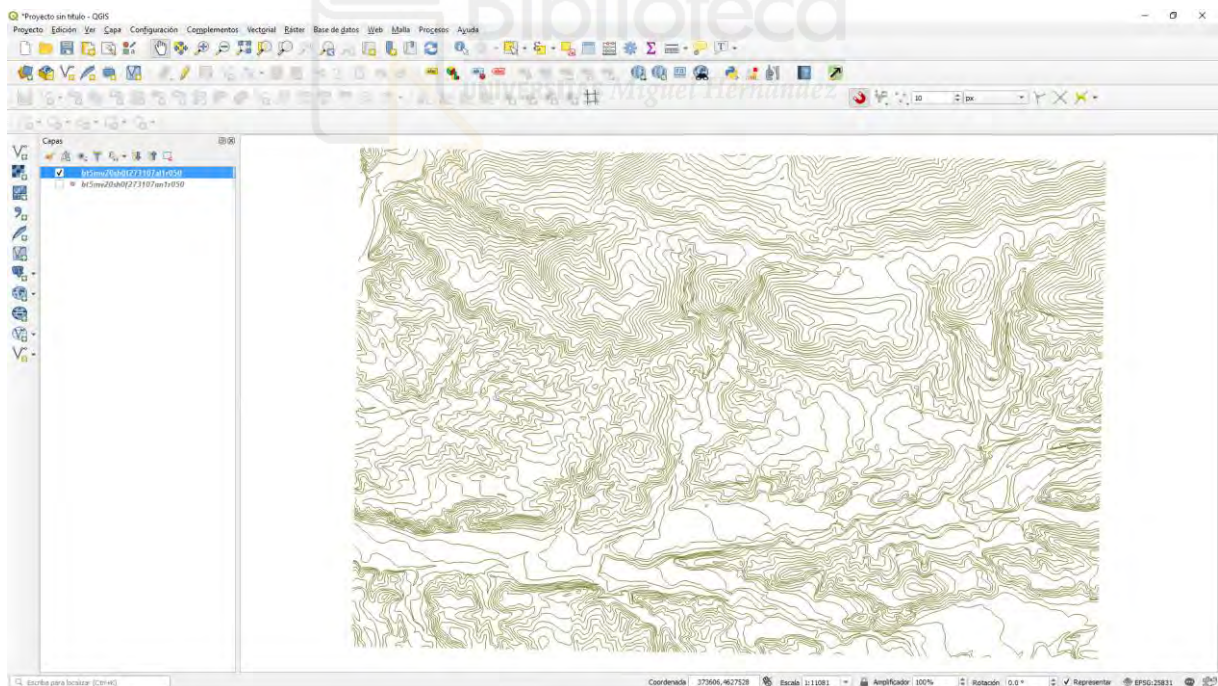
Partimos de los ficheros vectoriales siguientes:

- *bt5mv20sh0f273107a1r050.shp* (vectorial de curvas de nivel).
- *bt5mv20sh0f273107an1r050.shp* (vectorial de puntos con cota).

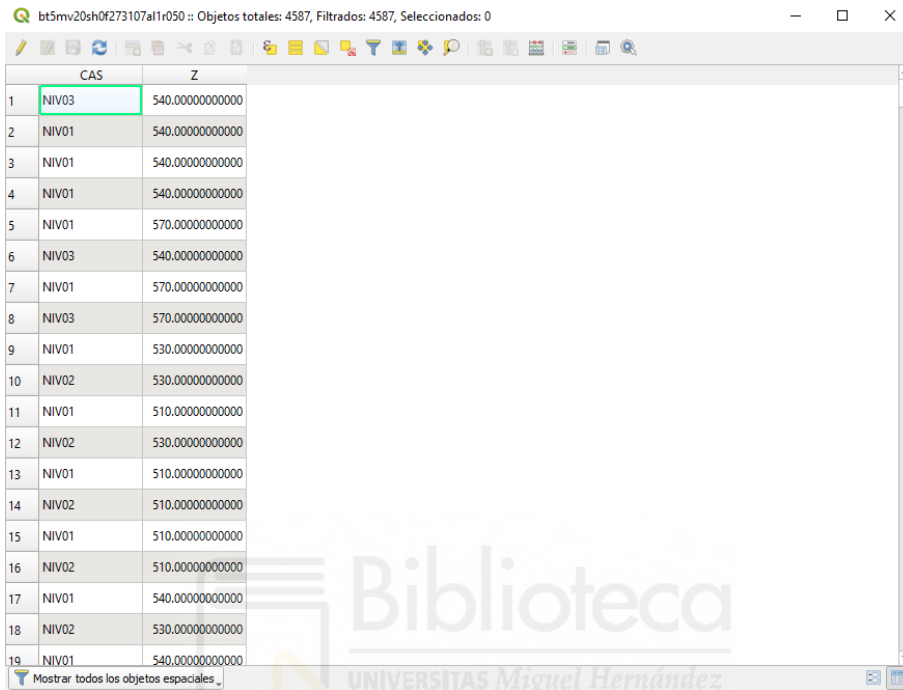
Obtenidos de la Base topográfica 1:5.000 del Centro de descargas del *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya* (ICGC).

En un nuevo Proyecto de QGIS vamos a trabajar con el Sistema ETRS89/UTM zona 31 (EPSG:25831) y cargamos los dos ficheros vectoriales.

En la Vista tenemos la capa vectorial de las curvas de nivel.

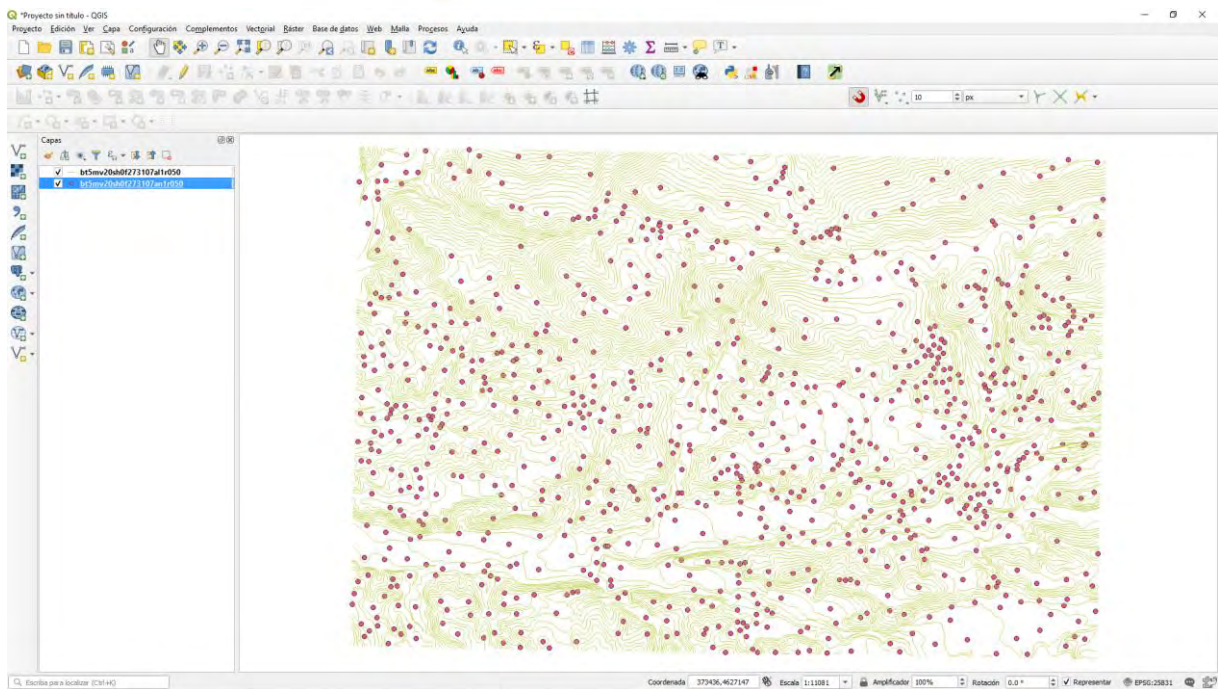


Su Tabla de atributos presenta dos campos, uno de ellos con la elevación Z.

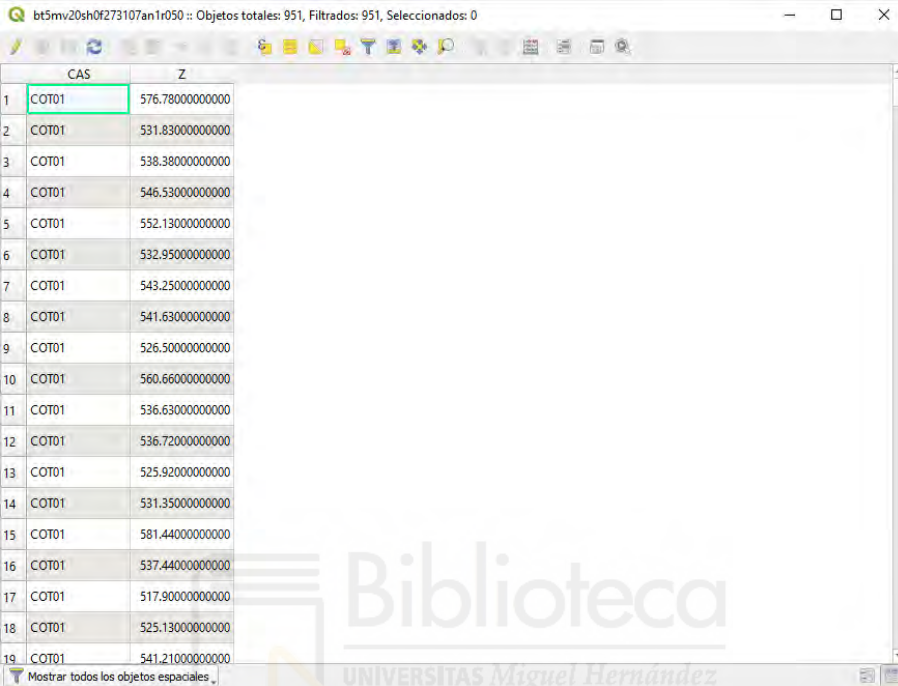


	CAS	Z
1	NIV03	540.000000000000
2	NIV01	540.000000000000
3	NIV01	540.000000000000
4	NIV01	540.000000000000
5	NIV01	570.000000000000
6	NIV03	540.000000000000
7	NIV01	570.000000000000
8	NIV03	570.000000000000
9	NIV01	530.000000000000
10	NIV02	530.000000000000
11	NIV01	510.000000000000
12	NIV02	530.000000000000
13	NIV01	510.000000000000
14	NIV02	510.000000000000
15	NIV01	510.000000000000
16	NIV02	510.000000000000
17	NIV01	540.000000000000
18	NIV02	530.000000000000
19	NIV01	540.000000000000

En la Vista tenemos la capa vectorial de puntos.




Su Tabla de atributos presenta dos campos, uno de ellos con la elevación Z.

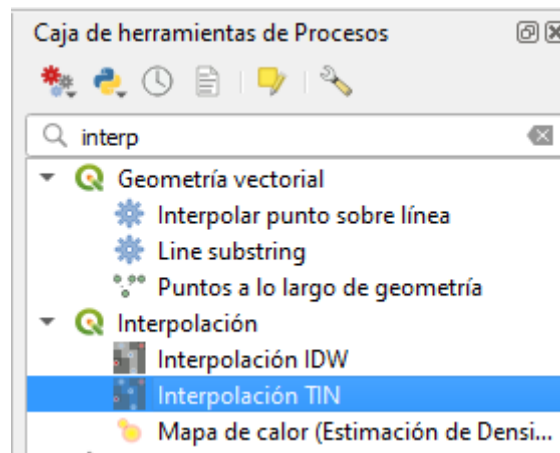


	CAS	Z
1	COT01	576.780000000000
2	COT01	531.830000000000
3	COT01	538.380000000000
4	COT01	546.530000000000
5	COT01	552.130000000000
6	COT01	532.950000000000
7	COT01	543.250000000000
8	COT01	541.630000000000
9	COT01	526.500000000000
10	COT01	560.660000000000
11	COT01	536.630000000000
12	COT01	536.720000000000
13	COT01	525.920000000000
14	COT01	531.350000000000
15	COT01	581.440000000000
16	COT01	537.440000000000
17	COT01	517.900000000000
18	COT01	525.130000000000
19	COT01	541.210000000000

Para crear el MDT vamos a utilizar un geoproceto que realice una interpolación lineal empleando la elevación Z de las curvas de nivel y de los puntos de cota.

Abrimos la Caja de herramienta de Procesos  y realizamos la búsqueda introduciendo el texto "interp". En seguida nos aparece el filtrado de la búsqueda y seleccionamos **Interpolación TIN** incluida en el geoproceto de QGIS **Interpolación**.

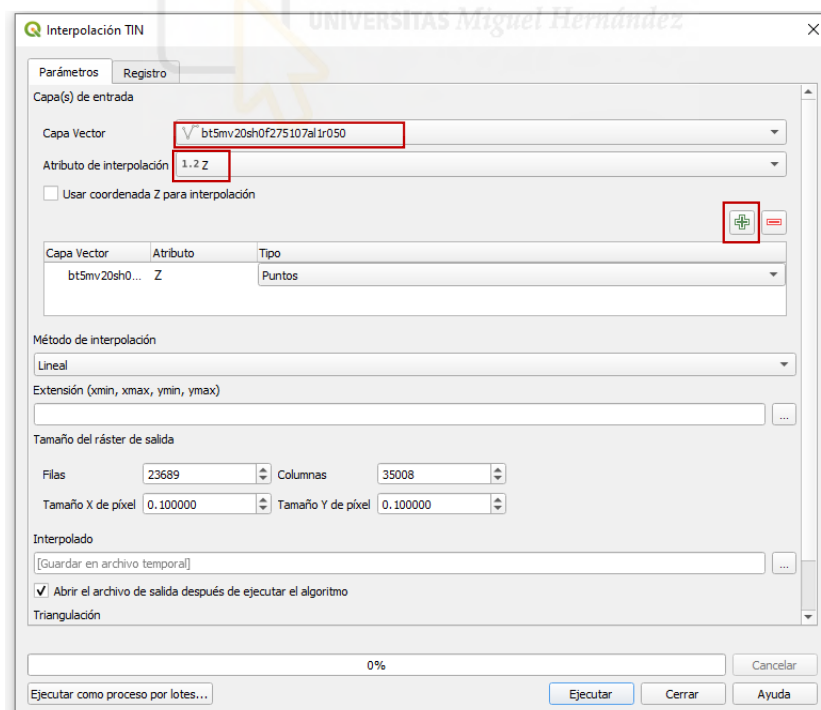
La interpolación TIN es un modelo de interpolación bastante ajustado para los modelos de elevaciones.




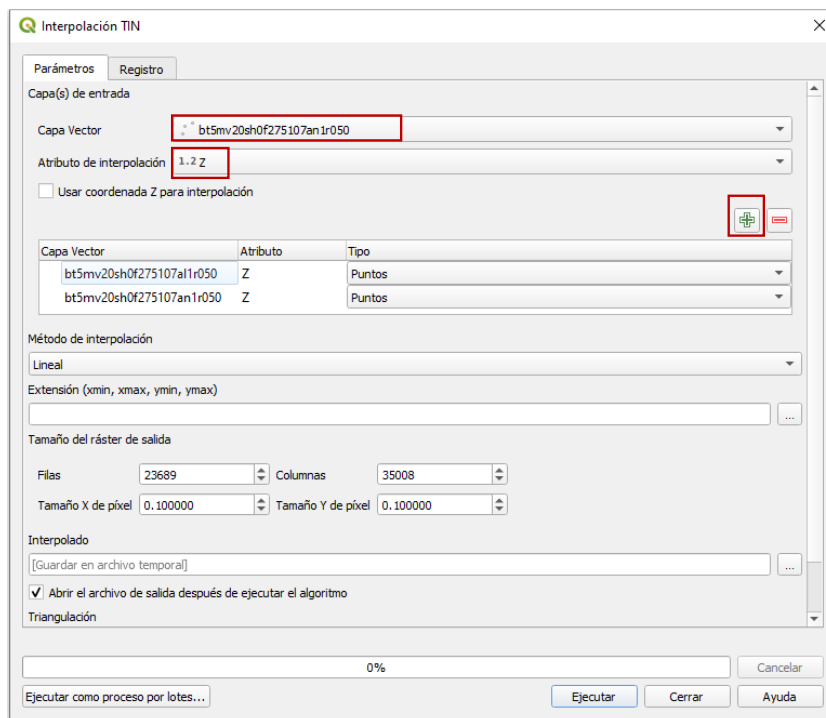
En la ventana de **Interpolación TIN** vamos a seleccionar ambas capas como Capas de entrada.

En primer lugar, seleccionamos la **Capa vector** de curvas de nivel y como **atributo de interpolación** seleccionamos el campo Z.

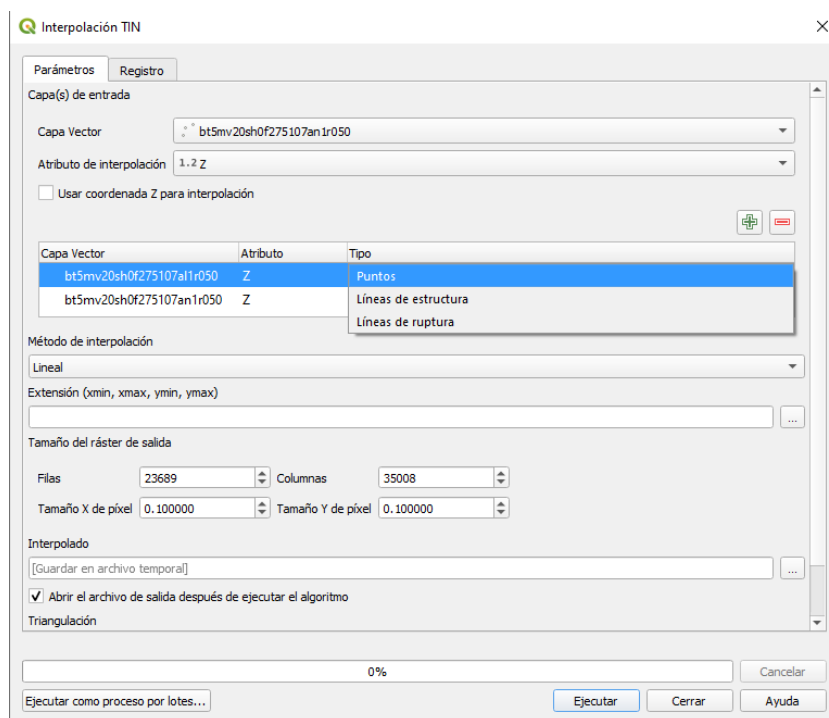
A continuación, hacemos clic en . Se añade a la lista de capas a interpolar.



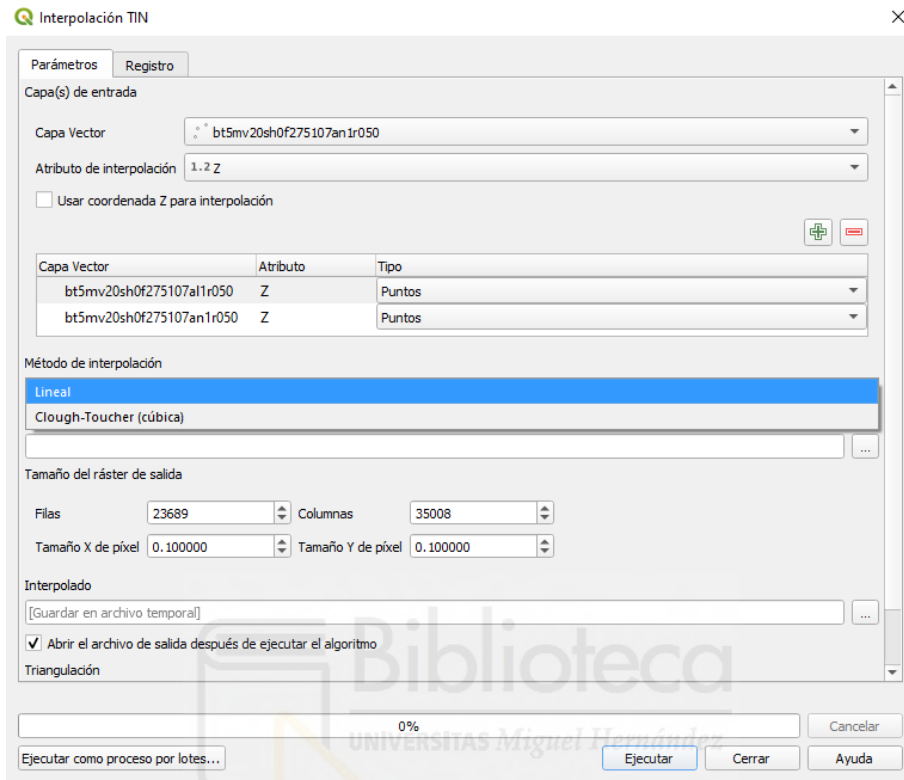
Ahora seleccionamos la **Capa vector** de puntos y como **atributo de interpolación** el campo Z. Volvemos a hacer clic en  y se añade a la lista de capas a interpolar.



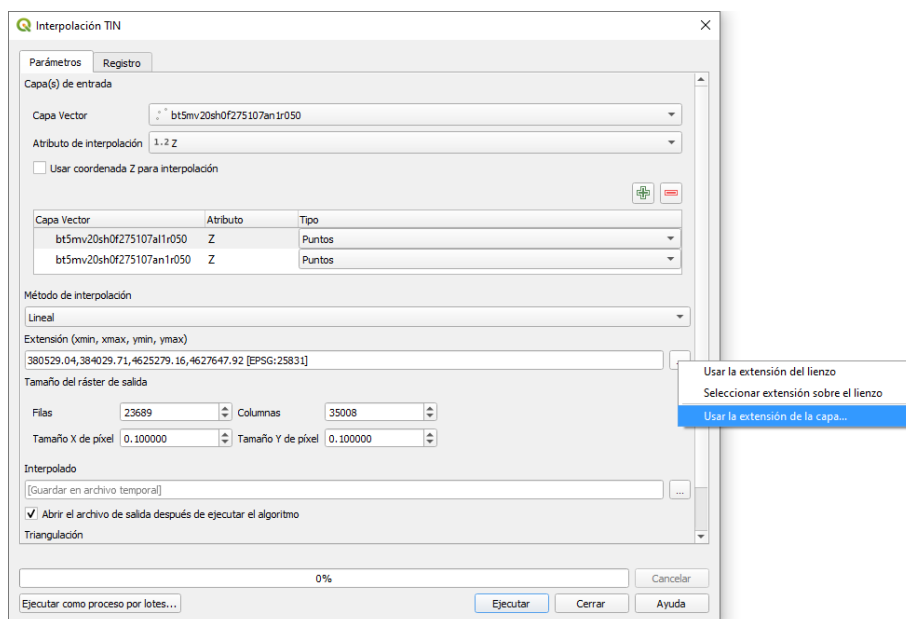
Con las dos capas en la lista de capas a interpolar debemos seleccionar del desplegable el **Tipo** de interpolación. En el caso de la capa de puntos está claro que será del tipo “Puntos”. Pero en el caso de la capa de curvas de nivel, como no se trata de “Líneas de rotura” o “líneas de estructura”, nos interesa que utilice todos los vértices de la línea como si fuesen puntos para interpolar entre ellos. Así que, seleccionamos también “Puntos”.



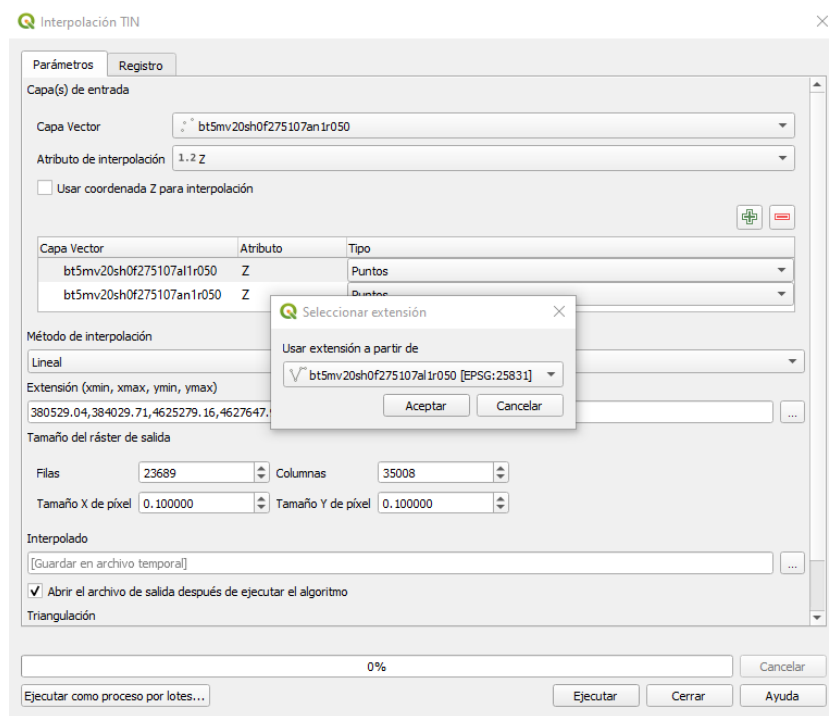
Ahora debemos seleccionar el **Método de interpolación**. En este caso, nos vale con elegir el método **“Lineal”**. En el caso de un terreno con una topografía más irregular, se podría optar por el método **“Cúbico”**.



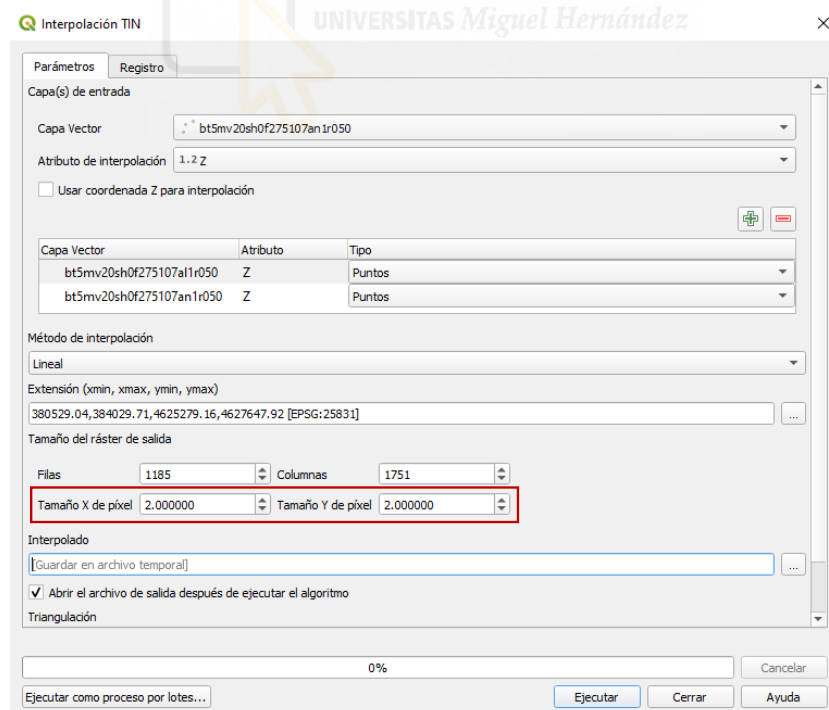
En cuanto a la **Extensión** tenemos varias opciones.



Optamos por usar la extensión de la capa de curvas de nivel, para que interpole en esa extensión.

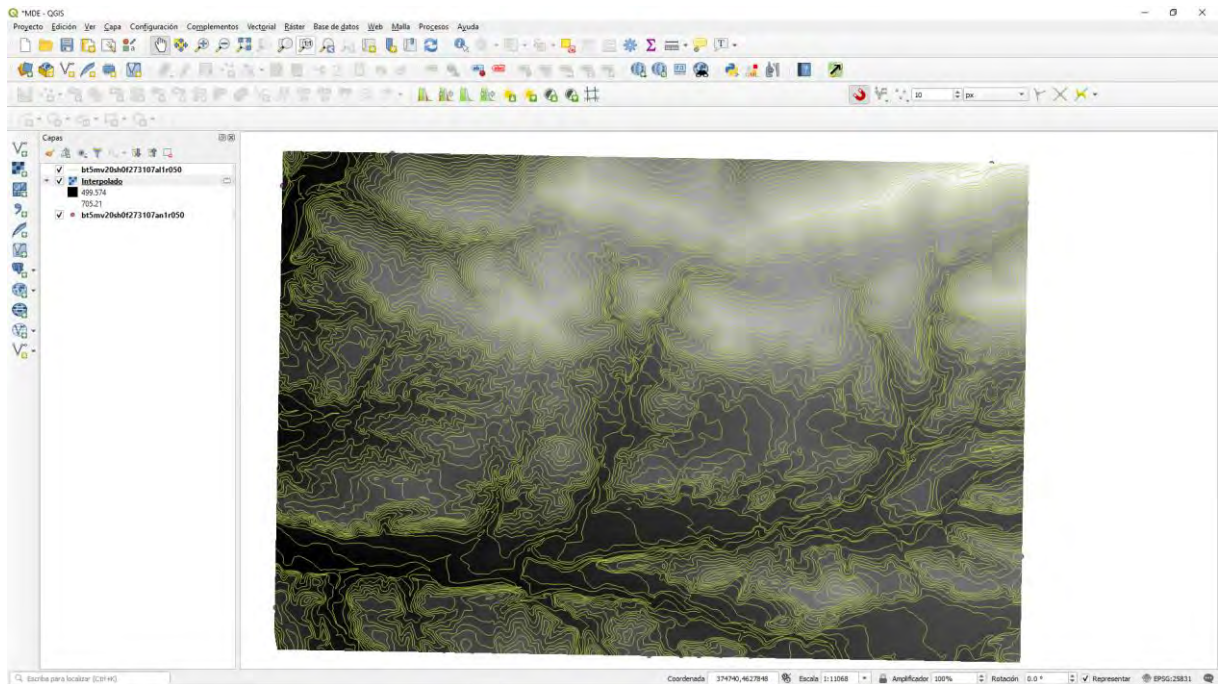


Para el Tamaño del ráster de salida debemos indicar el tamaño del píxel en X e Y. Cuanto más pequeño sea el tamaño mayor tiempo tardará en realizar la interpolación y mayor resolución tendrá el ráster. En este caso optamos por un tamaño de píxel de 2, pudiendo bajar a 1 o a 0,5.

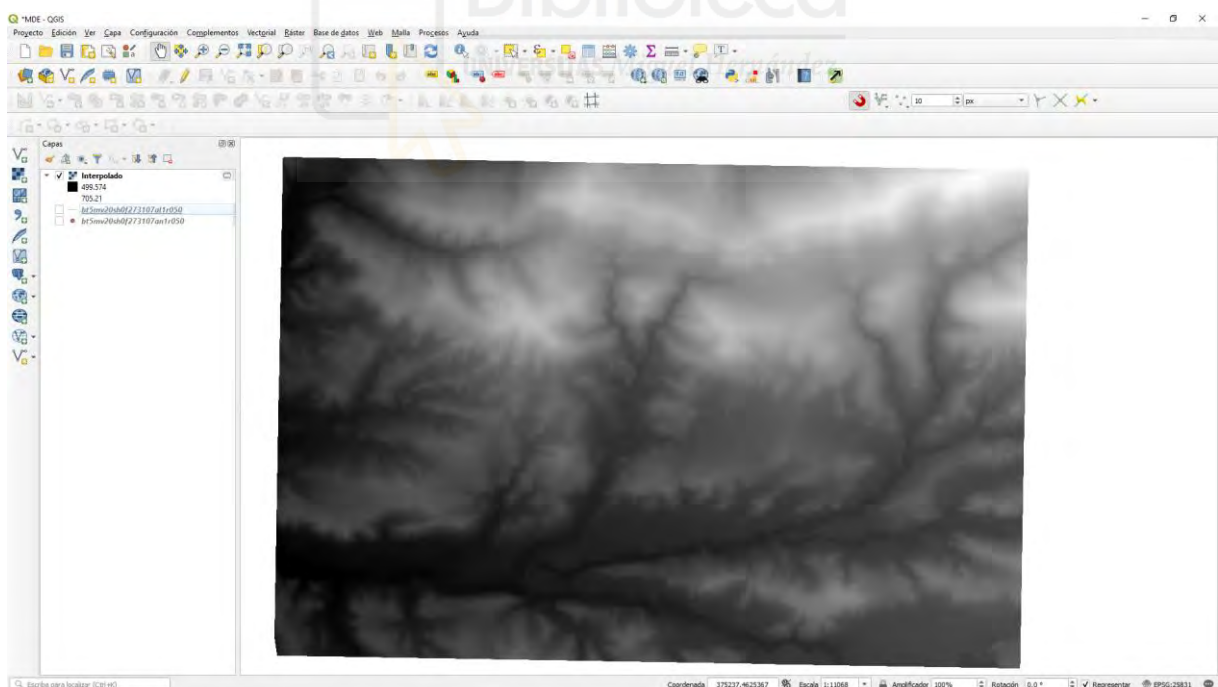


Por último, dejamos que el fichero interpolado se guarde como un archivo temporal y pulsamos en **Ejecutar**.

Al finalizar el geoproceso se crea una nueva capa ráster **“Interpolado”** con la tabla de color por defecto en blanco y negro.



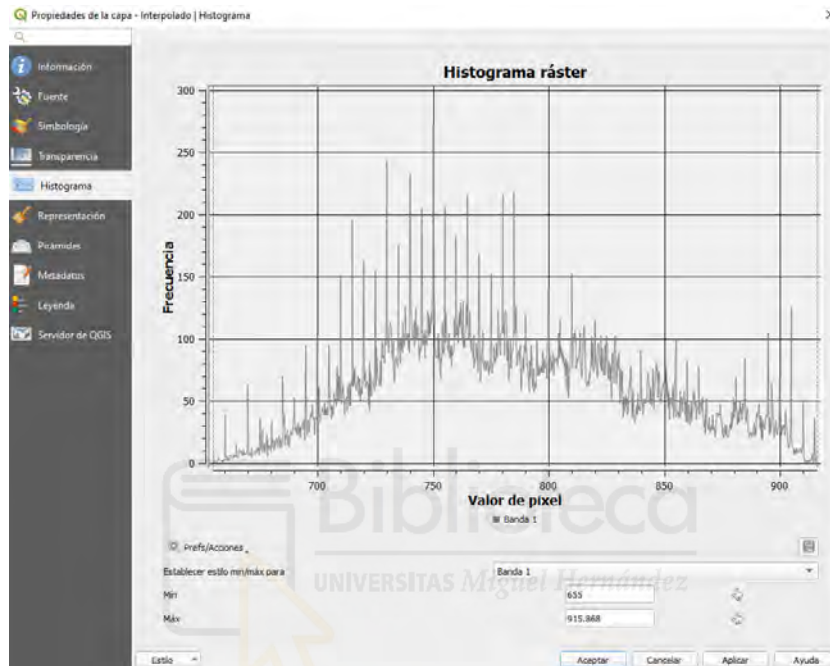
Si desactivamos las curvas de nivel este el aspecto que tiene el ráster interpolado.



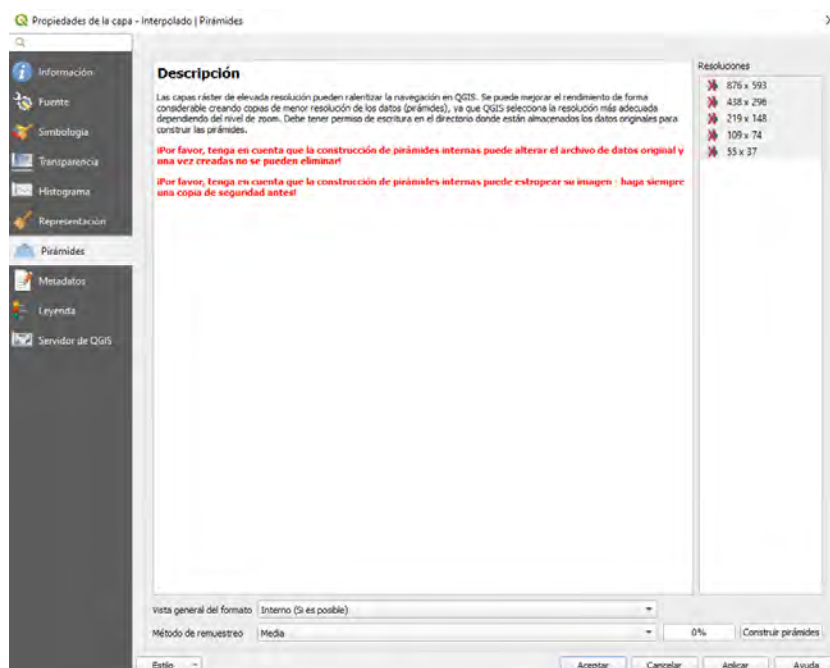
Con el algoritmo de **Curvas de nivel** visto en el apartado 2.5, podemos crear las curvas de nivel de este ráster generado y compararlas con las curvas de nivel del fichero shape original.

Ahora podemos trabajar con esta capa ráster tal y como se ha descrito en los tutoriales de Modelos Digitales con QGIS y podemos guardarla como un fichero Si desactivamos las curvas de nivel este el aspecto que tiene el ráster interpolado.

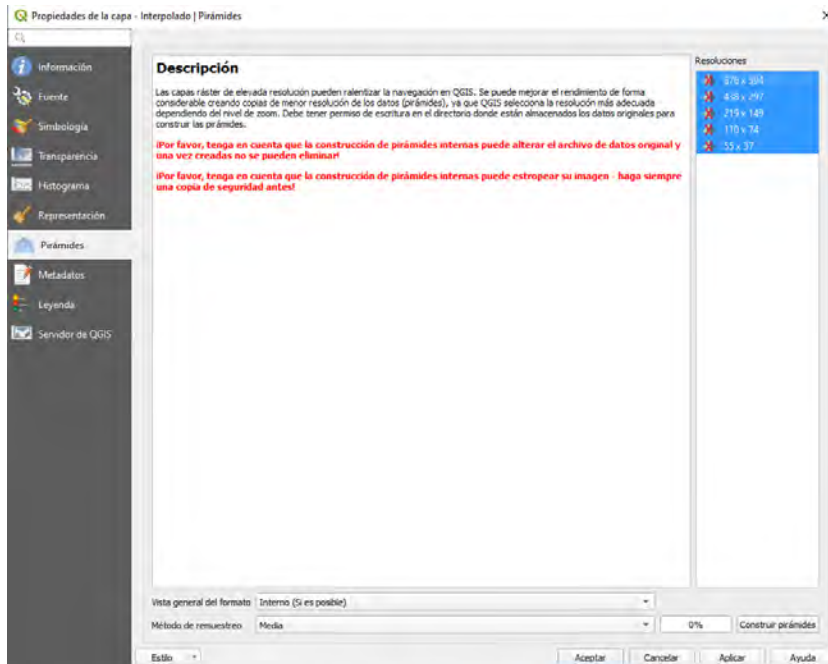
En las **Propiedades de la capa** podemos visualizar el **Histograma** para comprobar la cota mínima y máxima y las frecuencias del valor de cada pixel que representa la cota Z.



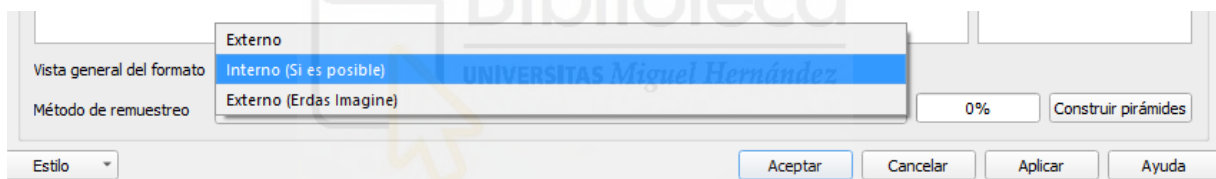
También es importante construir las **Pirámides** del ráster. Esto permitirá que el ráster se mueva mejor por la pantalla de nuestro ordenador.



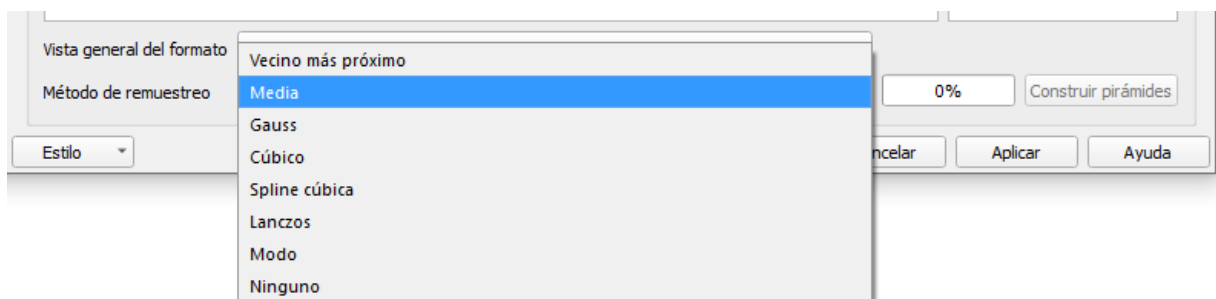
Para ello, seleccionamos las pirámides que están desactivadas.



En la **Vista general del formato** seleccionamos Interno.

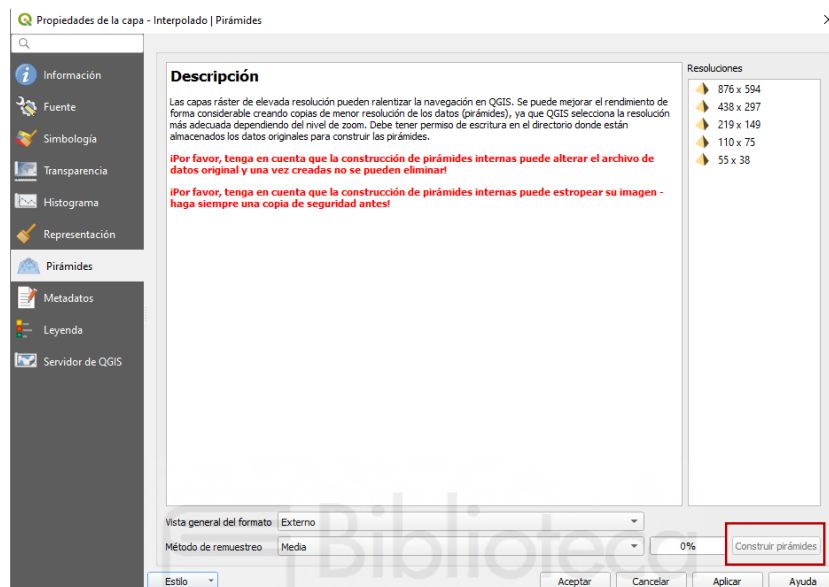


Y en el **Método de remuestreo**, para que vaya más rapidito, seleccionamos Media.

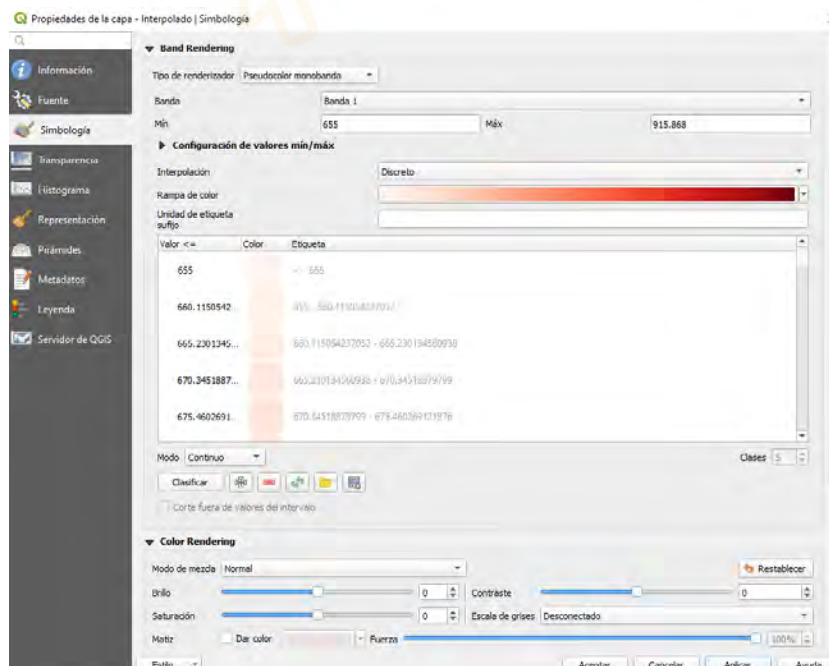


Por último, hacemos clic en Construir pirámides y finaliza el proceso, activándose los iconos de las pirámides. Aplicamos y aceptamos.

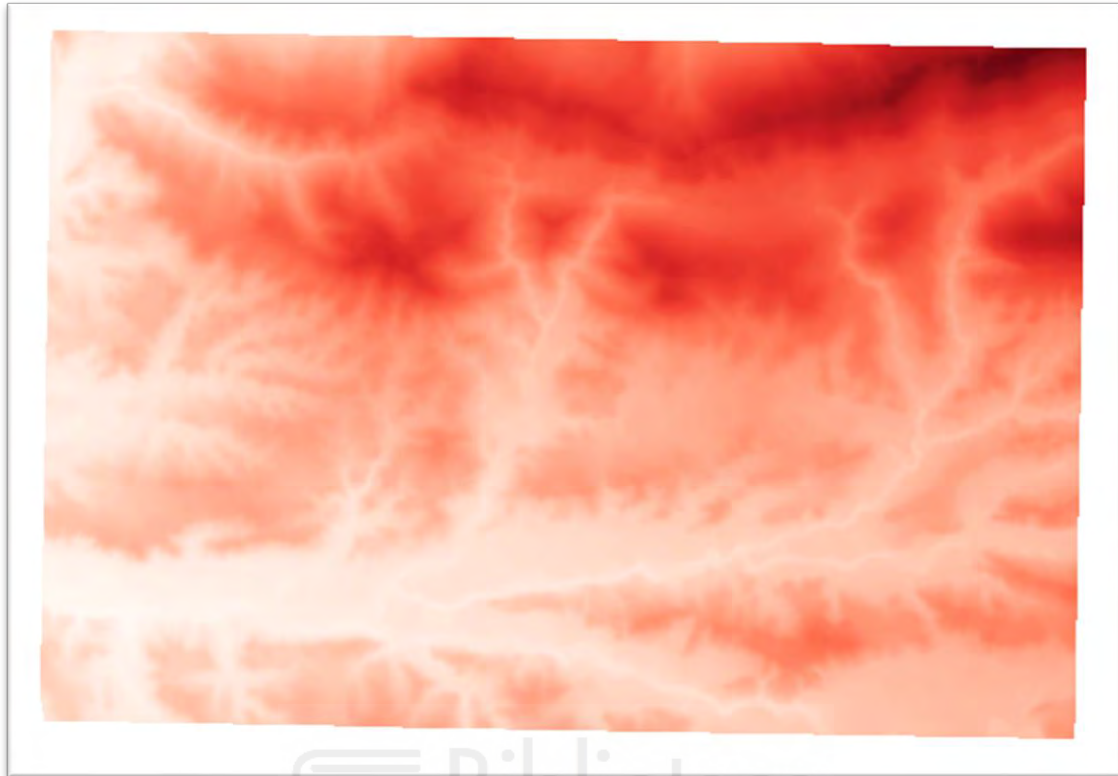
Las capas ráster de elevada resolución pueden ralentizar la navegación en QGIS. Se puede **mejorar el rendimiento** mediante el uso de pirámides (copias de menor resolución de los datos).



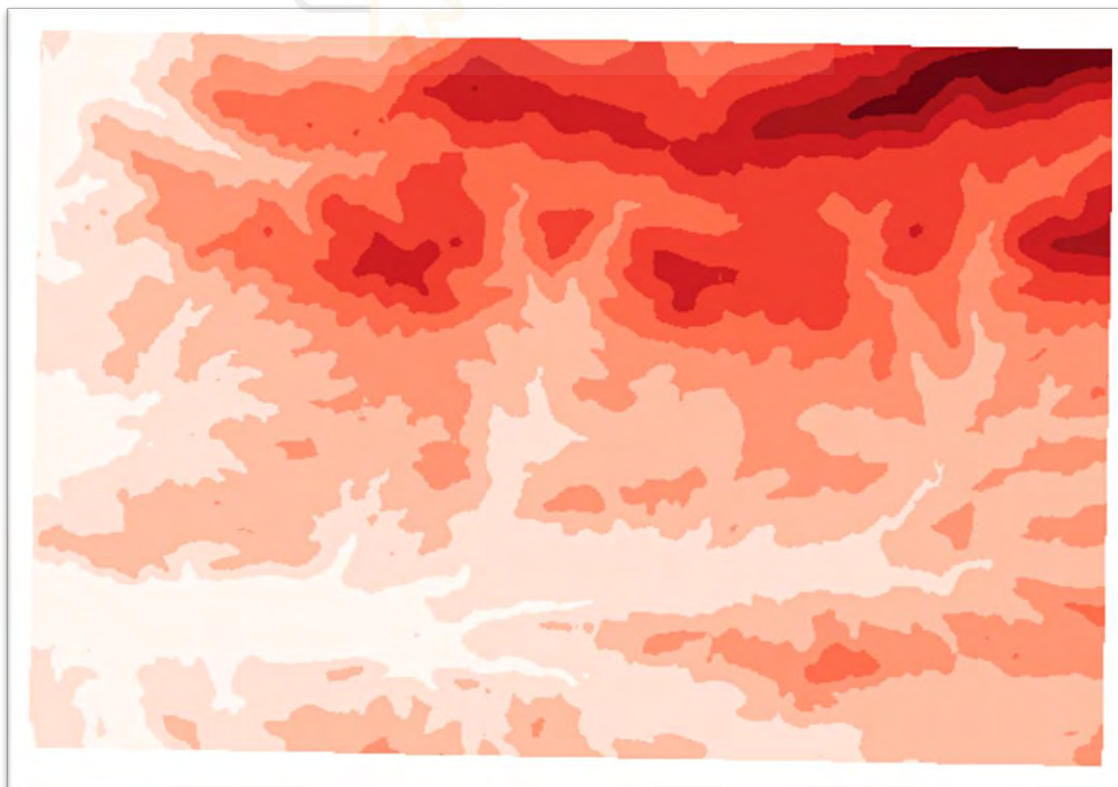
Y en Simbología podemos establecer diferentes estilos de renderizado.



Pseudocolor monobanda Lineal



Pseudocolor monobanda Discreto



ANEXO N°4

TUTORIAL DE VISUALIZACIÓN  
LiDAR



**EP SO**

ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE ORIHUELA

## Índice

VISUALIZACIÓN DE PUNTOS LiDAR EN QGIS .....	3
1.- INTRODUCCIÓN .....	3
2.- PUNTOS LiDAR CON QGIS .....	3
2.1.- Nube de puntos.....	3
2.2.- Vista 3D de la nube de puntos .....	9
2.3.- La herramienta «perfil de elevación» en QGIS .....	13
2.4.- Complemento LAStools .....	16
2.4.1.- El visor LASview .....	20
2.4.2.- Generación de modelos digitales .....	30
Herramienta blast2dem .....	30
Herramienta lasground .....	35
Herramienta las2dem.....	39
2.4.3.- Procesado LiDAR con LAStools .....	42
Extracción curvas de nivel de un fichero .LAS .....	42
Herramientas de conversión de formato .....	44
Conversión .las a .txt .....	49
Otras herramientas de interés LAStools.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## VISUALIZACIÓN DE PUNTOS LIDAR EN QGIS

### 1.- INTRODUCCIÓN

No es hasta 2020, cuando la empresa *Lutra Consulting* comienza un *Crowdfunding* para recoger fondos y financiar el proyecto de implementar la lectura y procesado de nubes de puntos de forma nativa en QGIS.


Hasta esa fecha, en QGIS ya se podía procesar nubes de puntos usando los plugins de *FUSION LiDAR* y *LAStools*, como veremos más adelante. No obstante, ambos plugins NO son nativos de la instalación de QGIS por defecto y su funcionalidad y practicidad son limitadas.

Es más, los plugins de *LAStools* y *FUSION* no permiten cargar y visualizar nubes de puntos, simplemente ejecutan los algoritmos de ambos softwares valiéndose de la interfaz de QGIS.

En cuanto a la funcionalidad nativa de procesado de nubes de puntos, existen tres versiones claves:

- Versión 3.18: por primera vez, permite leer nubes de puntos en formato LAS/LAZ.
- Versión 3.28: mejoras en la visualización de nubes de puntos y permite generar perfiles del terreno.
- Versión 3.32: permite usar un gran número de algoritmos para procesar nubes de puntos y crear productos derivados de las mismas.

En este tutorial se trabaja con el siguiente fichero descargado (se adjunta como material en el tema):

 PNOA\_2009\_Lote3\_CLM\_MUR\_ALI\_638-4192\_ORT-CLA-COL.laz

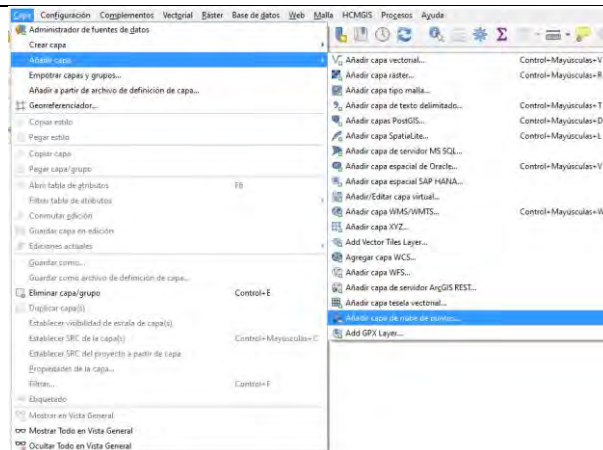
### 2.- PUNTOS LIDAR CON QGIS

En este tutorial se verán las funcionalidades en la versión **3.28 Firenze**, por ser la versión más estable en el momento de realizar el presente tutorial.

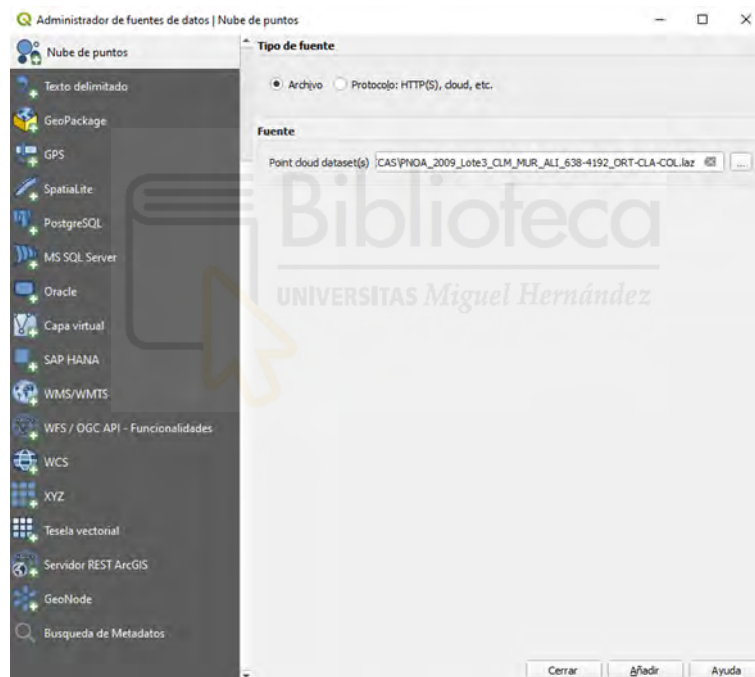
#### 2.1.- Nube de puntos

QGIS, desde la versión 3.18, permite visualizar nubes de puntos LiDAR como si de cualquier otro formato de datos espaciales se tratase.

Directamente podemos cargar los ficheros LAS/LAZ arrastrándolos desde el explorador de archivos o desde el menú **Capa<>Añadir capa<>Añadir capa de nube de puntos...**

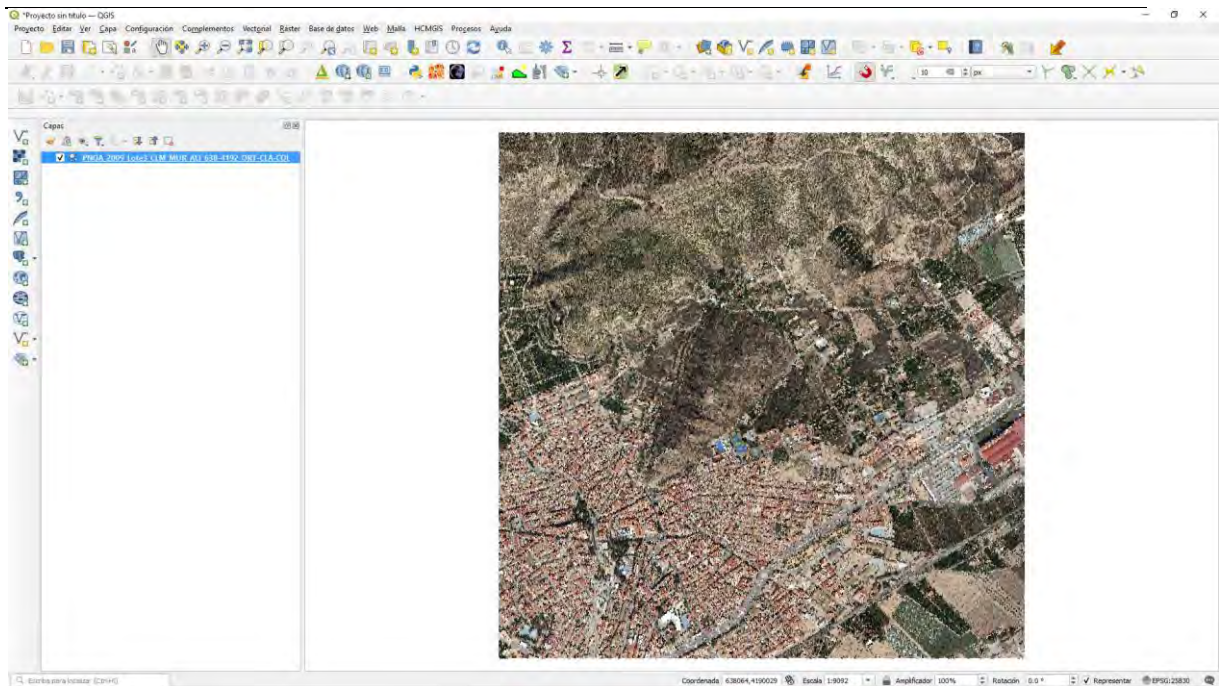


Buscamos la ruta del fichero y lo añadimos a la Vista. Se pueden seleccionar de forma indistinta ficheros **.LAS** como ficheros **.LAZ**.

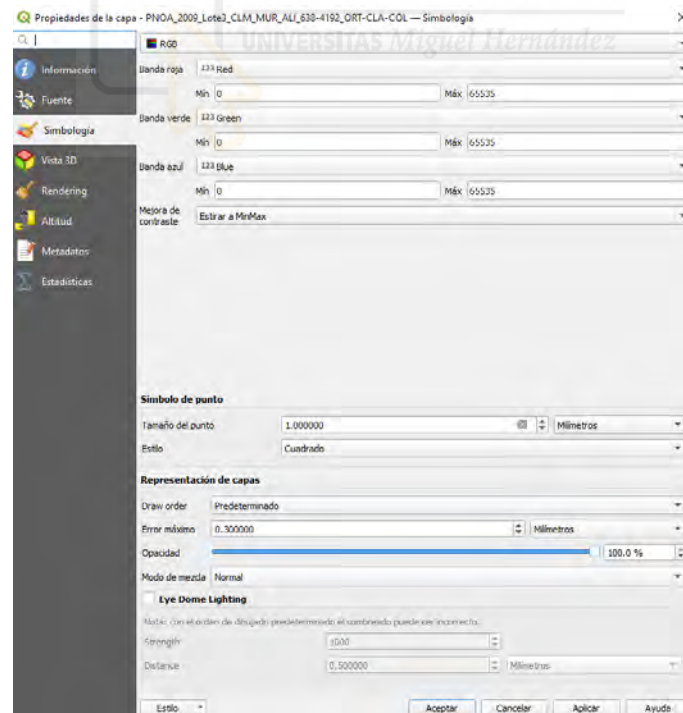


La nube de puntos puede tardar unos segundos en visualizarse, esto dependerá de la densidad del LiDAR y del tamaño del archivo.

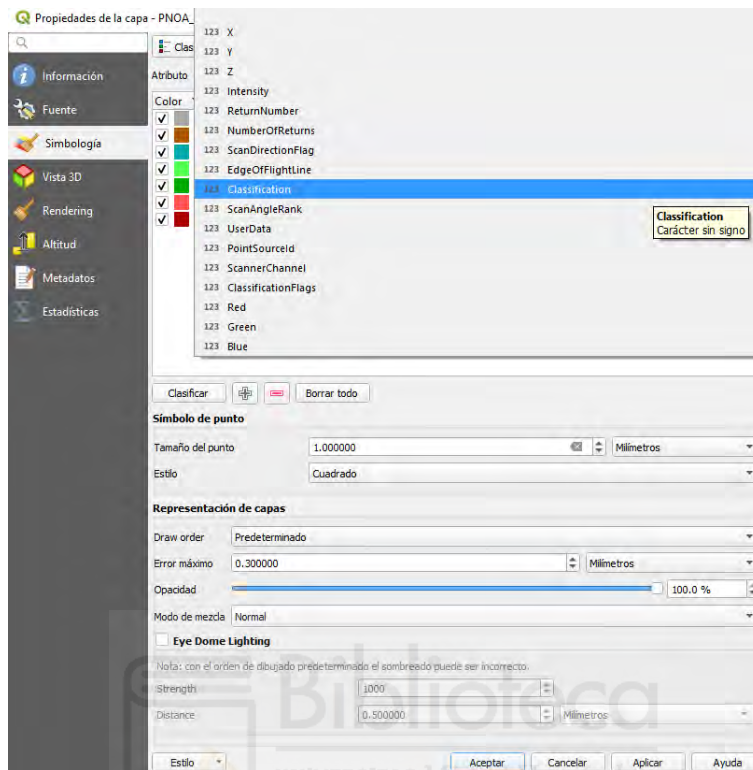
Una vez cargada la nube de puntos se visualiza por defecto con la simbología **RGB**. Aunque a primera vista parezca una imagen ráster, en realidad, al acercarnos comprobamos que se trata de una nube de puntos.



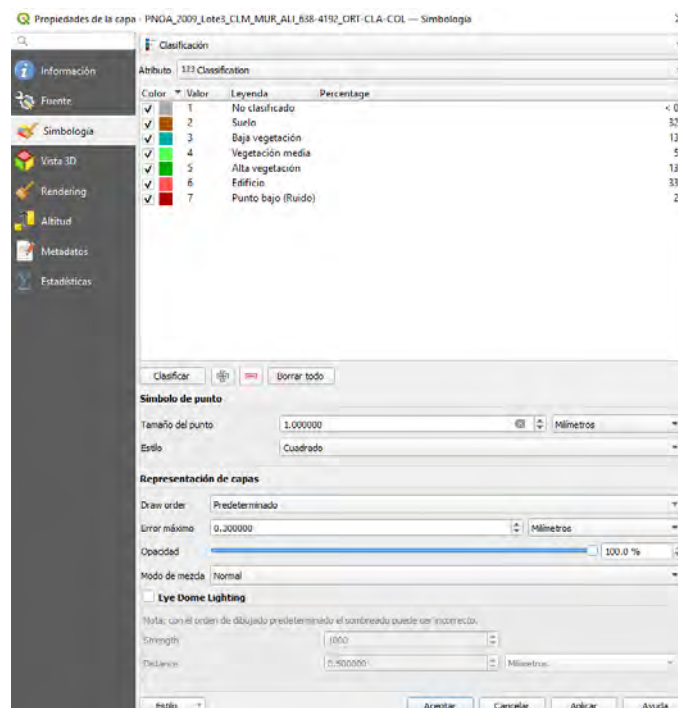
Podemos cambiar el tipo de visualización desde la pestaña de **Simbología**.



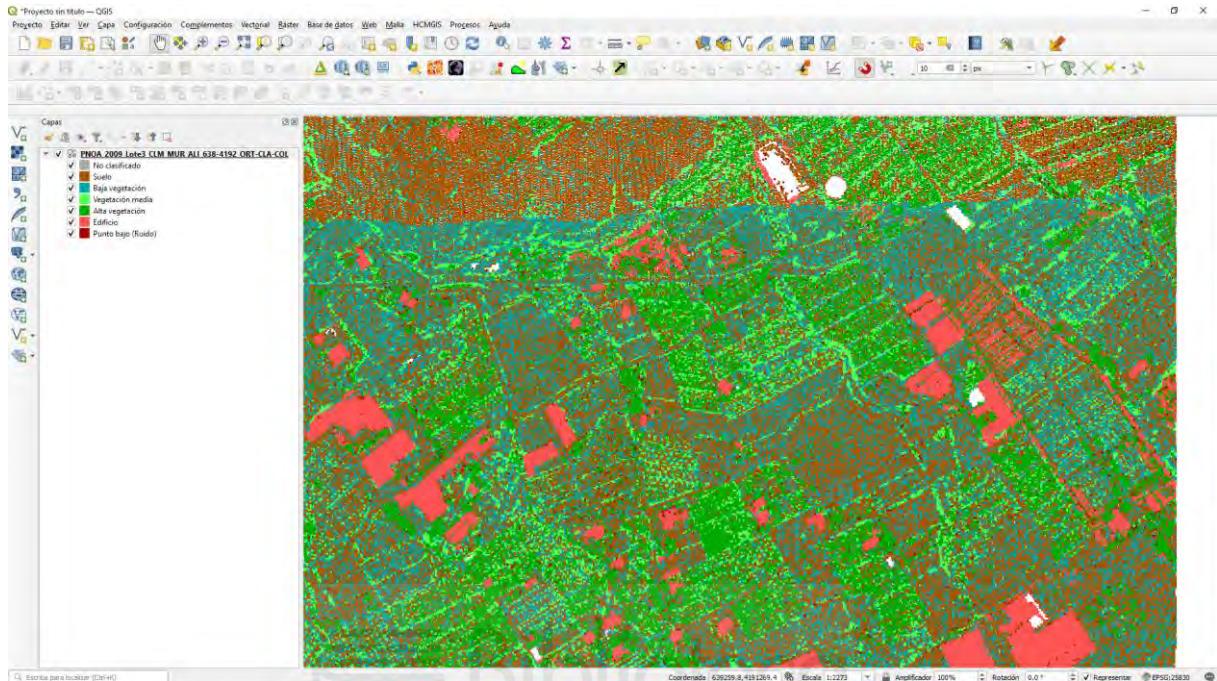
Por ejemplo, si cambiamos al tipo **Clasificación**, podemos realizarla con los diferentes atributos de la capa.



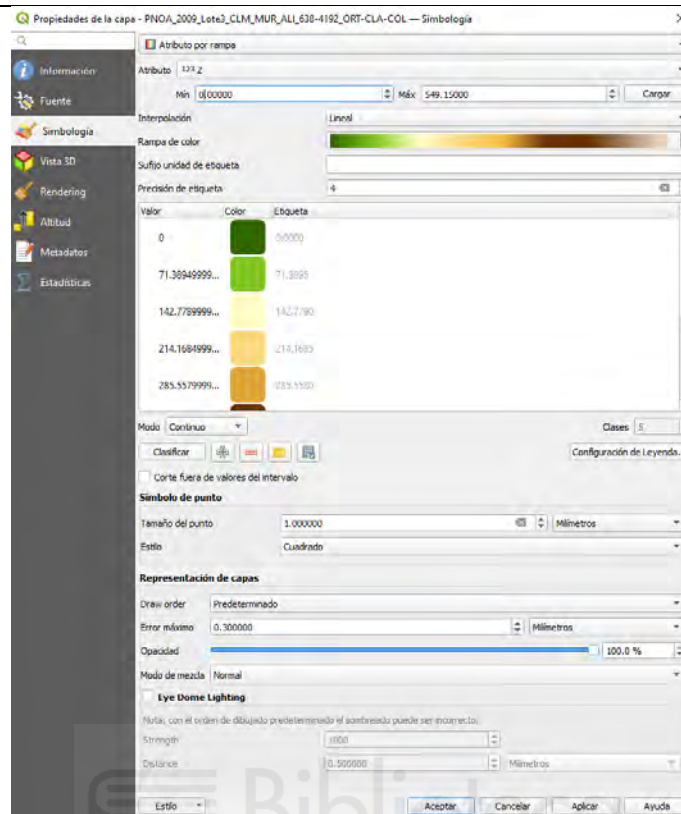
Al seleccionar el atributo **Classification** se clasifica en los 7 valores que contiene ese atributo, estableciendo una simbología de colores de forma personalizada.



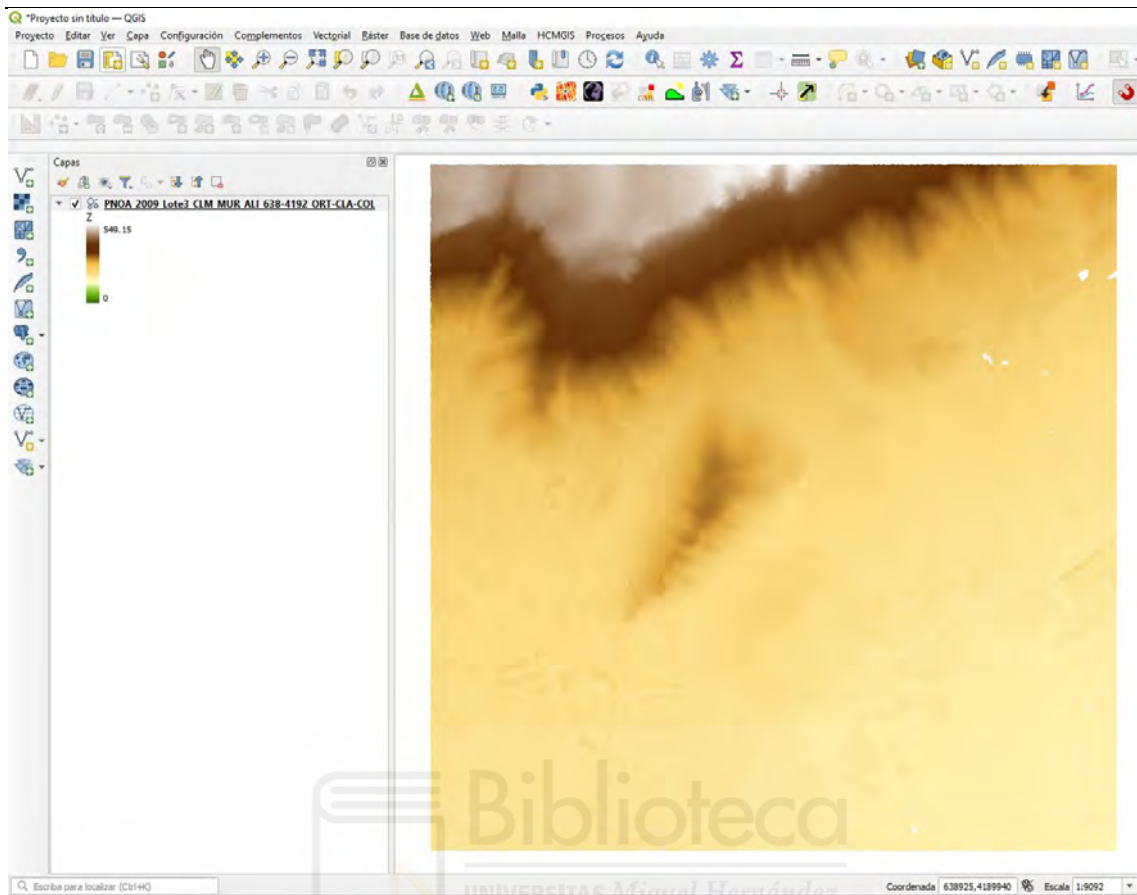
En la Vista tenemos la nube de puntos clasificada.



Si seleccionamos el tipo **Atributo por rampa**, podemos establecer una simbología utilizando una rampa de colores, lo que nos permite, por ejemplo, visualizar la altitud de la nube de puntos a través del campo **Z**.



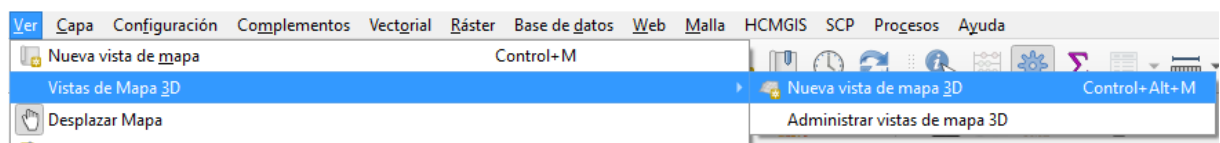
En la Vista tenemos la nube de puntos clasificada por la cota de elevación Z.



## 2.2.- Vista 3D de la nube de puntos

Desde la **versión 3.28**, la vista 3D ahora viene con numerosas opciones para mejorar la visualización 3D de las nubes de puntos.

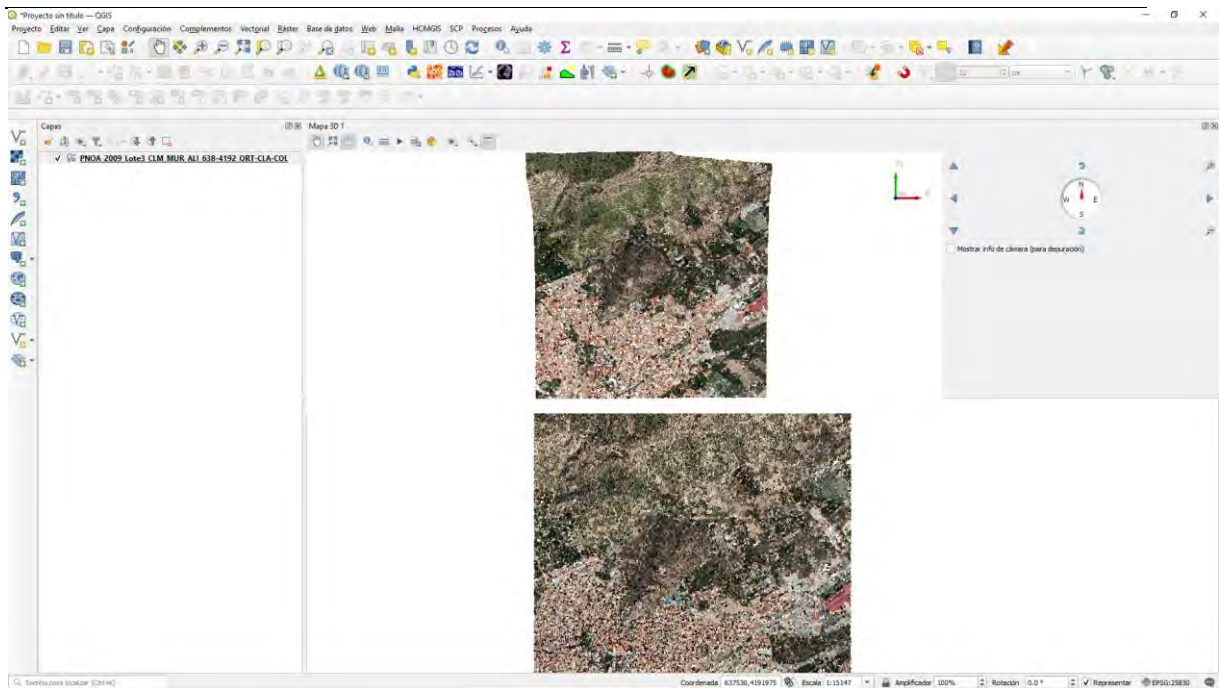
En el menú Ver<>Vista de mapa 3D seleccionamos Nueva vista de mapa 3D.



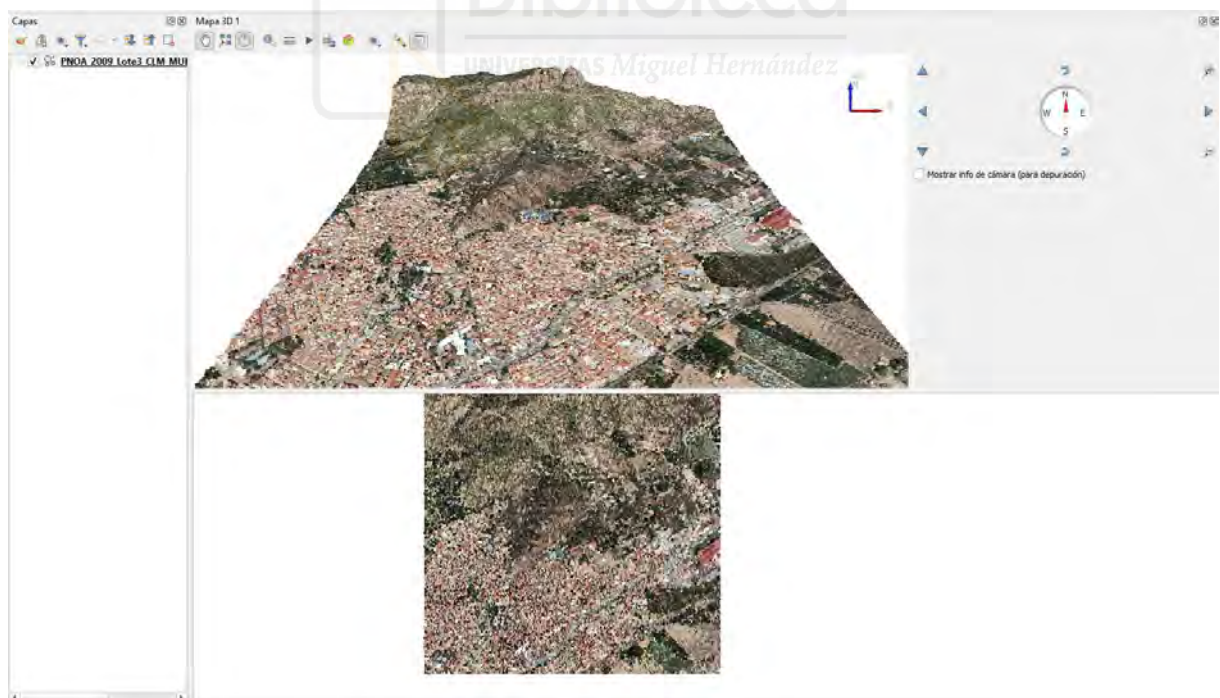
Aparece un nuevo panel QGIS flotante y que podemos acoplar en la Vista. Tiene la misma extensión y vista que el mapa 2D principal y proporciona un conjunto de herramientas de navegación para convertir la vista en 3D.


Más información:

[https://docs.qgis.org/3.28/es/docs/user\\_manual/map\\_views/3d\\_map\\_view.html](https://docs.qgis.org/3.28/es/docs/user_manual/map_views/3d_map_view.html)



En la barra superior tenemos diferentes herramientas y a la derecha tenemos un panel con opciones de navegación y explorar la vista de mapa en 3D.



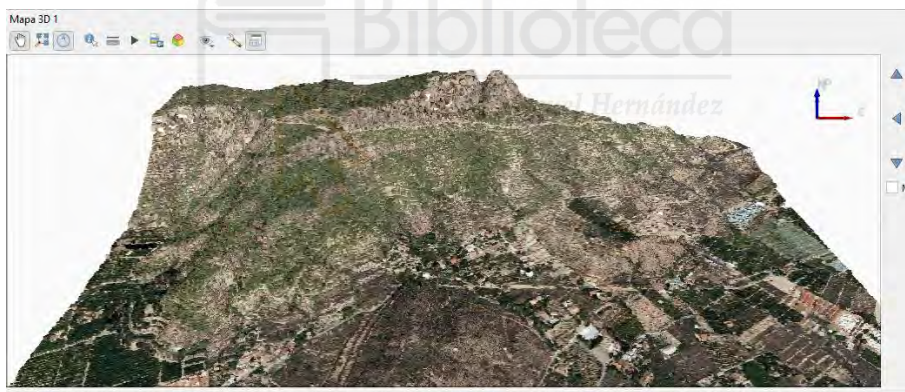
En la herramienta de **Opciones**  podemos añadir efectos visuales al renderizado 3D, sincronizar ambas vistas (la vista de mapa 2D sigue a la cámara 3D y/o la cámara 3D sigue a la vista de mapa 2D)

Destacamos las siguientes opciones:

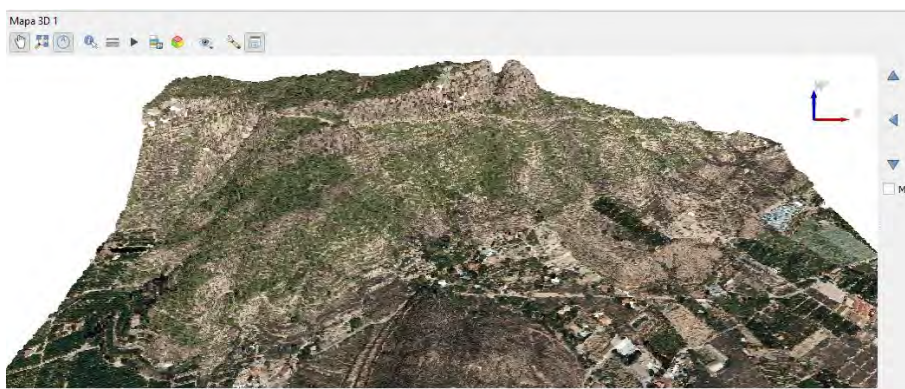
«**Mostrar iluminación de cúpula focal**»: un efecto de posprocesamiento que mejora la percepción de profundidad. La profundidad de cada píxel (según distancia de la cámara) se compara con la profundidad de los píxeles vecinos y se resalta de acuerdo con esa diferencia de profundidad, haciendo que los bordes se destaquen.



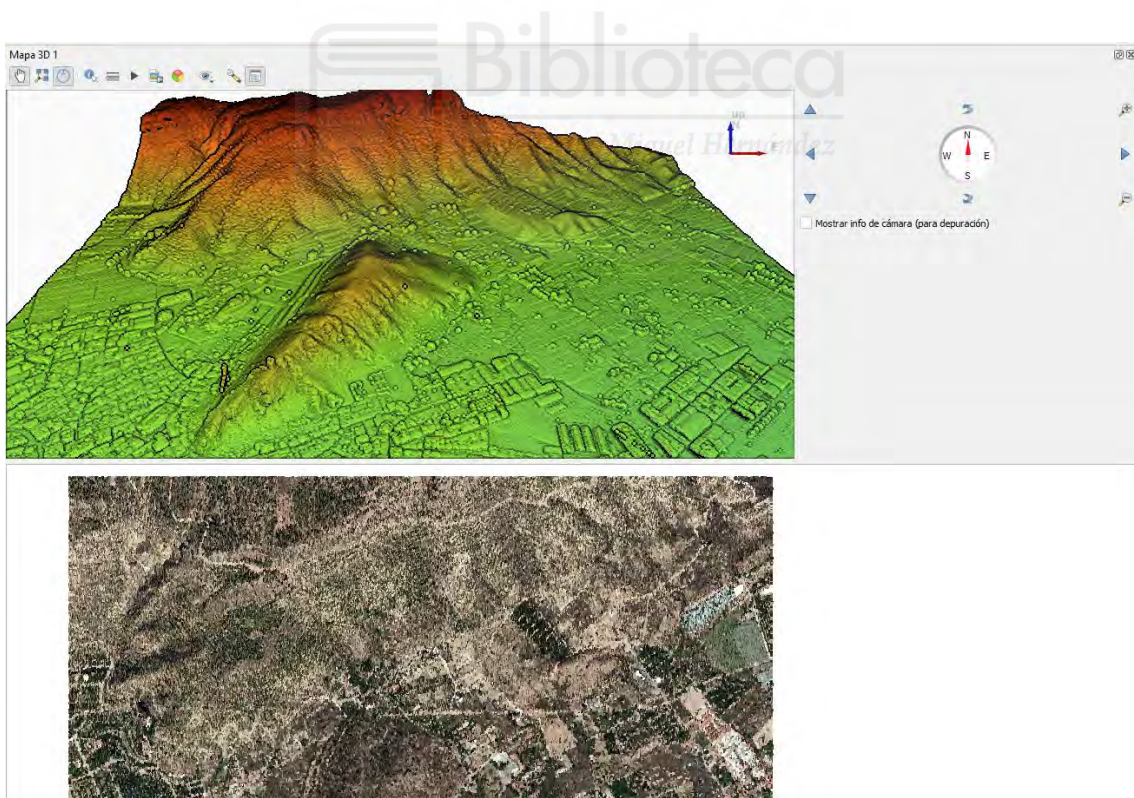
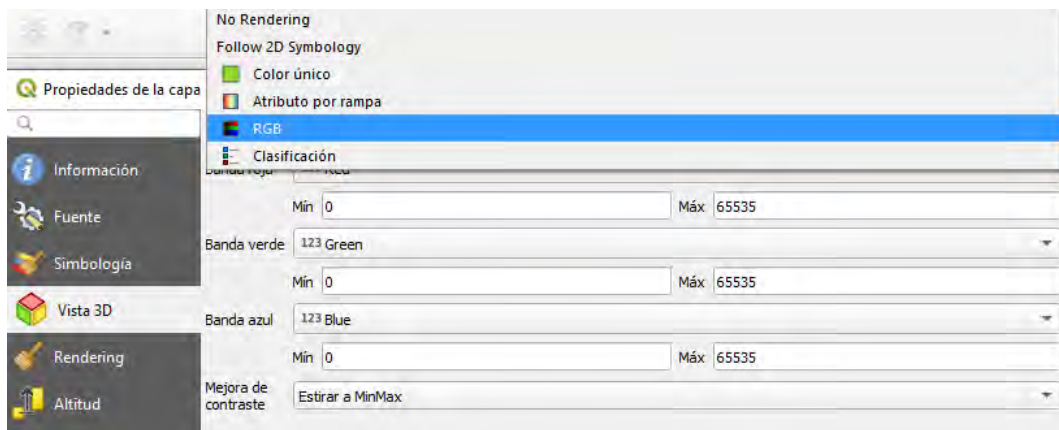
«**Show ambient occlusion**»: Un efecto de posprocesamiento que también mejora la percepción de profundidad al aplicar un sombreado más oscuro en áreas que están menos expuestas a la iluminación ambiental.

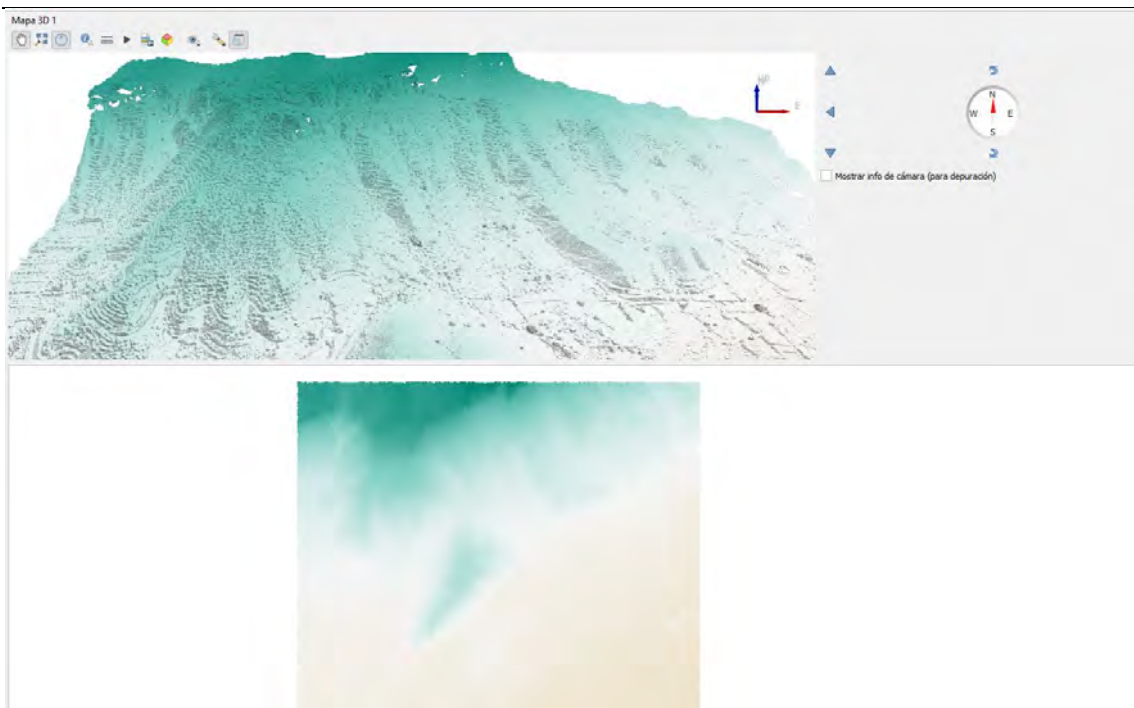


«**Mostrar sombras**»: crea una percepción de sombreado en la escena de acuerdo a un foco de luz.



Desde la pestaña de Vista 3D de las propiedades de la capa, podemos establecer diferente simbología, al igual que hemos visto con la vista del mapa 2D, pudiendo visualizar la vista 3D por la clasificación de los puntos, por la elevación según el campo Z e incluso podemos sincronizar la simbología con la vista del mapa 2D.

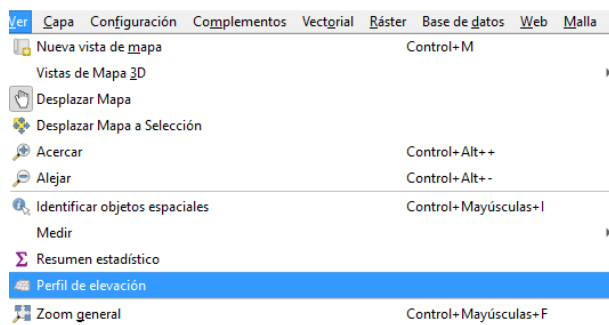




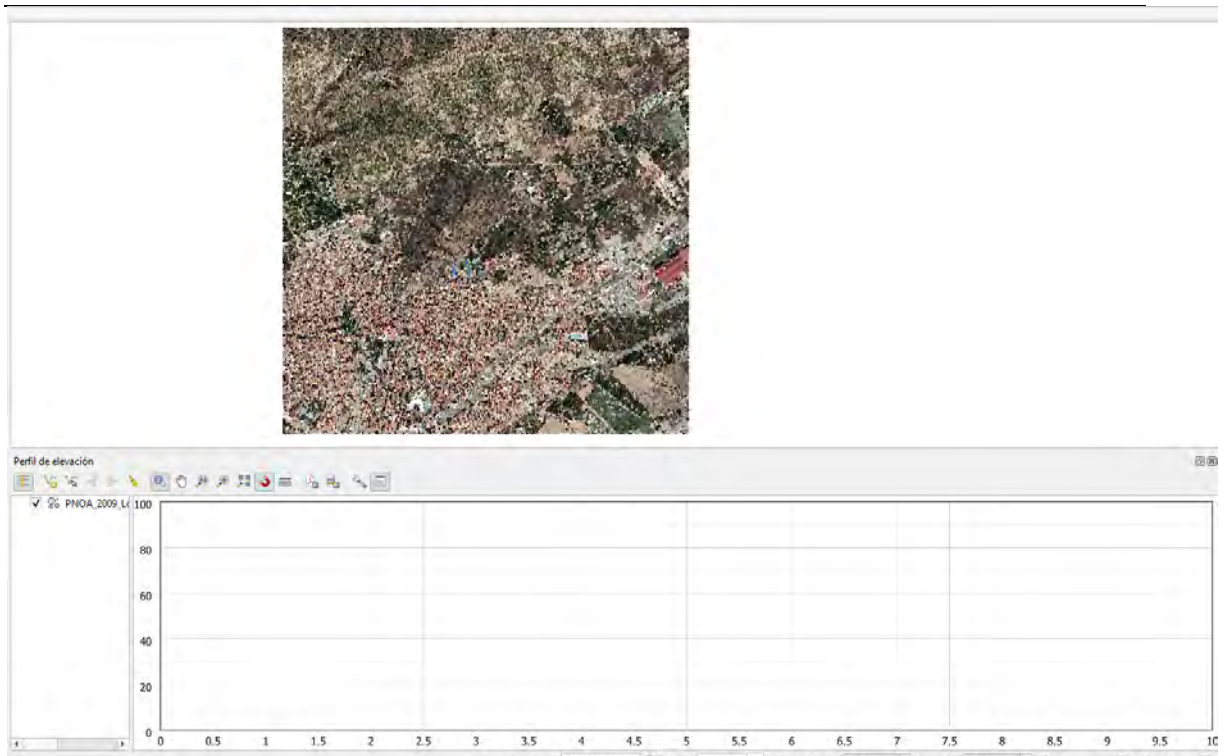
### 2.3.- La herramienta «perfil de elevación» en QGIS


Desde la versión **3.26 Buenos Aires** de QGIS, viene con la opción de crear y exportar perfiles del terreno a partir de una nube de puntos. La herramienta es muy sencilla y de una gran utilidad.

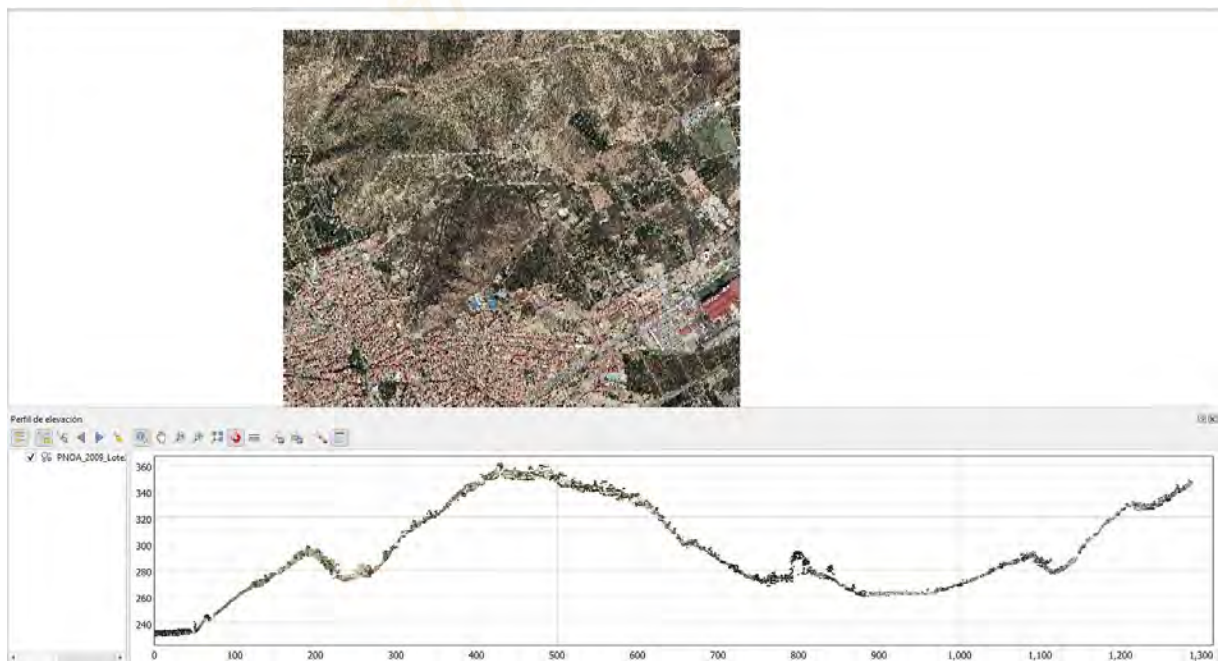
En el menú Ver<>Perfil de elevación.



La ventana principal de QGIS, se dividirá en 2 partes. En la parte inferior, aparecerá una nueva ventana con las opciones de la herramienta perfil de elevación. En la parte superior, tendremos nuestro archivo LiDAR.







Para crear un perfil de elevaciones, utiliza la herramienta de perfil de elevación llamada **Capture Curve** . Dibuja una línea recta o poligonal sobre la nube de puntos y haz clic en el botón derecho del ratón para finalizar y para generar el perfil de elevaciones.



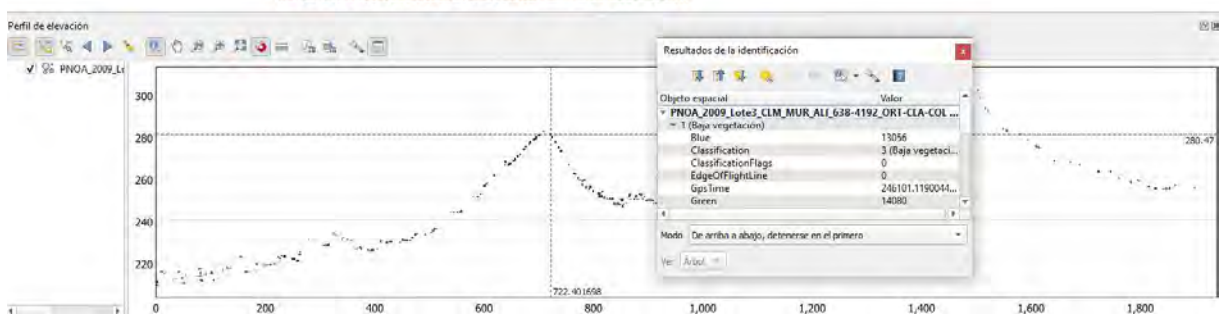
Opciones de la herramienta perfil de elevaciones



La herramienta es bastante intuitiva, las opciones principales que tenemos son:


- Podemos usar el botón “clear”  para eliminar el perfil generado y crear otro nuevo.
- Con la herramienta “capture curve from feature”  podemos usar una capa vectorial de tipo línea existente para generar nuestro perfil de elevaciones, basta con seleccionar la herramienta y hacer clic en la capa sobre el LiDAR y el perfil se generará automáticamente.
- Con las flechas , podemos desplazar nuestro perfil sobre la nube de puntos y «avanzar» en nuestra sección transversal.
- También podemos trazar líneas a lo largo de un elemento del terreno, como por ejemplo una carretera para conocer su perfil. Para añadir un nuevo trazo, usa clic izquierdo del ratón y para generar el perfil, usar clic derecho.
- El botón de «información»  sirve para seleccionar un retorno del perfil de elevaciones y obtener toda su información disponible.

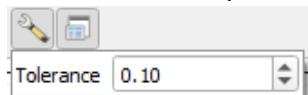


reca  
Hernández



- Con la herramienta “measure distance”  se pueden hacer mediciones en nuestro perfil de elevaciones para conocer la altura de objetos y también distancias horizontales.
- La herramienta “Snap”  sirve para hacer mediciones más precisas que se ajusten a los retornos LiDAR.

- Los perfiles también se pueden exportar  como una imagen o como un archivo PDF.
- Por último, podemos cambiar la opción de "tolerance"



para que nuestro perfil sea más «ancho» y abarque un mayor número de retornos. En la captura inferior se ve un ejemplo donde usamos una tolerancia de 25 metros:



## 2.4- Complemento LAStools

**LAStools** es un producto de *rapidlasso GmbH*, una colección de herramientas altamente eficientes para el tratamiento de datos LiDAR.

Todas las herramientas pueden ser ejecutadas en una interfaz gráfica de usuario y están disponibles como cajas de herramientas de procesamiento LiDAR tanto para ArcGIS (a partir de su versión 9.3) como para QGIS (a partir de su versión 1.8).

El manejo de datos LiDAR dentro de **QGIS** es posible empleando la *Caja de herramientas de procesamiento* y los algoritmos provistos por **LAStools**.

En primer lugar, debemos de configurar el marco de trabajo **Procesos** para trabajar correctamente con **LAStools**. Para ello, sigue los siguientes pasos:

- 1) Si tienes iniciado QGIS, debes cerrarlo.

- 2) Obtén la versión más reciente de LAStools descargando el archivo lastools.zip desde la página: <http://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/download/>

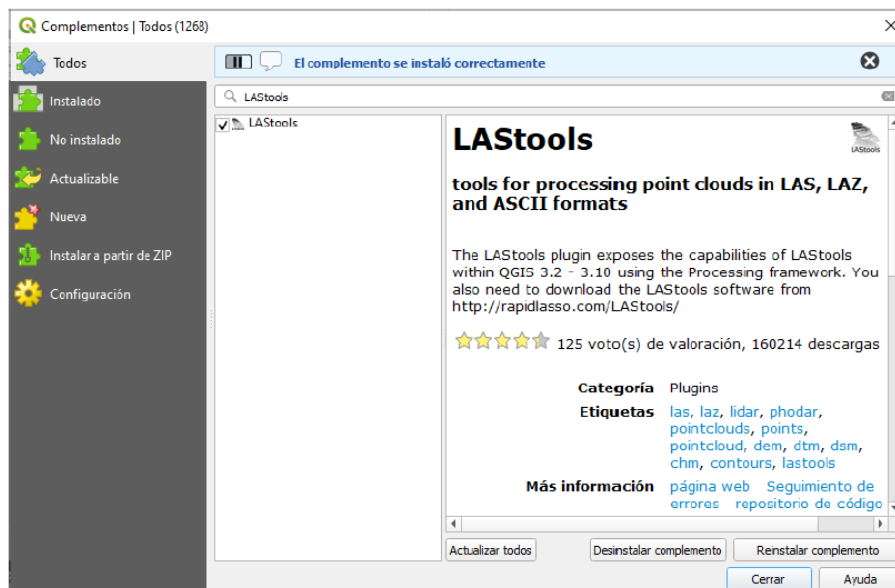
## Index of /~isenburg/lastools/download

<a href="#">Name</a>	<a href="#">Last modified</a>	<a href="#">Size</a>	<a href="#">Description</a>
<a href="#">Parent Directory</a>	-	-	-
<a href="#">CHANGES.txt</a>	2020-01-01 17:42	70K	
<a href="#">LAS_1_4_alt.pdf</a>	2011-09-10 10:22	122K	
<a href="#">LASlib.zip</a>	2020-01-02 10:50	58M	
<a href="#">LAStools.zip</a>	2020-01-02 10:50	58M	
<a href="#">LAStoolsForIMAGINE2014.zip</a>	2015-03-15 13:34	443K	
<a href="#">LASzip.zip</a>	2020-01-02 10:50	58M	
<a href="#">LICENSE.txt</a>	2020-01-01 18:35	3.3K	
<a href="#">QGIS_1_8_toolbox.zip</a>	2014-03-25 10:45	59K	
<a href="#">QGIS_2_0_toolbox.zip</a>	2014-03-25 10:44	58K	
<a href="#">QGIS_2_2_toolbox.zip</a>	2014-05-16 07:38	76K	
<a href="#">QGIS_2_4_toolbox.zip</a>	2014-10-16 11:03	1.5M	
<a href="#">README.txt</a>	2015-04-06 20:02	4.0K	

Guarda el archivo .zip en tu pc y extrae su contenido directamente en C:\

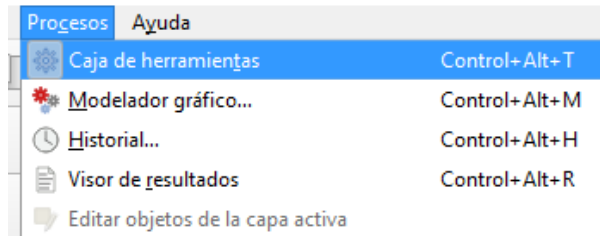
**Nota:** La ruta a la carpeta *LAStools* no puede contener espacios ni caracteres especiales, por ello te recomendamos colgar dichos archivos directamente en el disco duro.

- 3) Inicia QGIS y accede al **Administrador e Instalador complementos**, busca el plugin **LAStools** e instálalo.

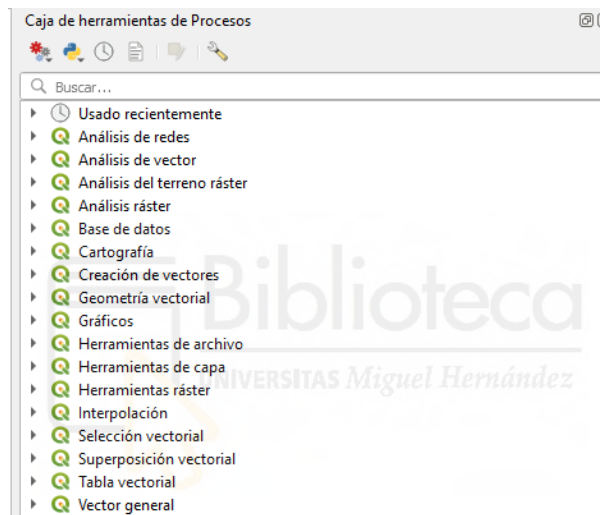


Cierra el **Administrador de complementos** y activa la Caja de herramientas de Procesos.

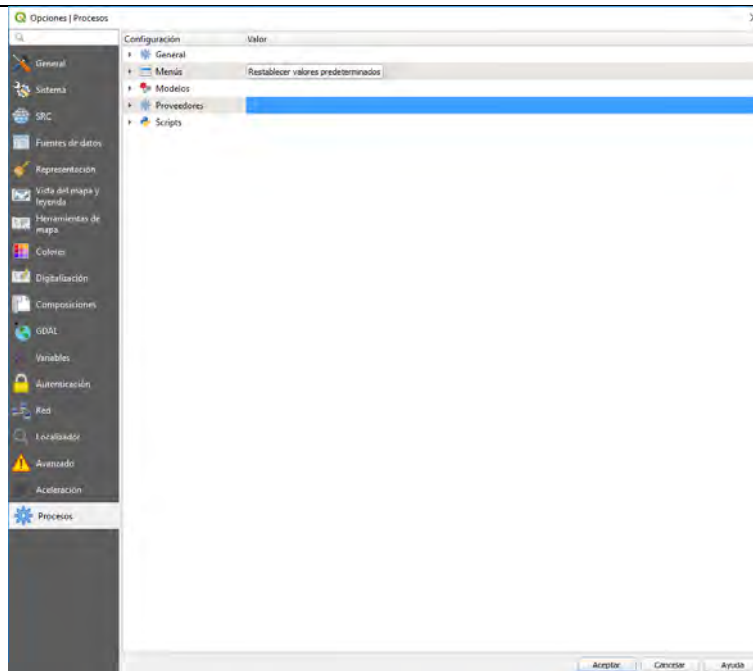
4) En el menú **Procesos** se selecciona **Caja de herramientas** para configurarla



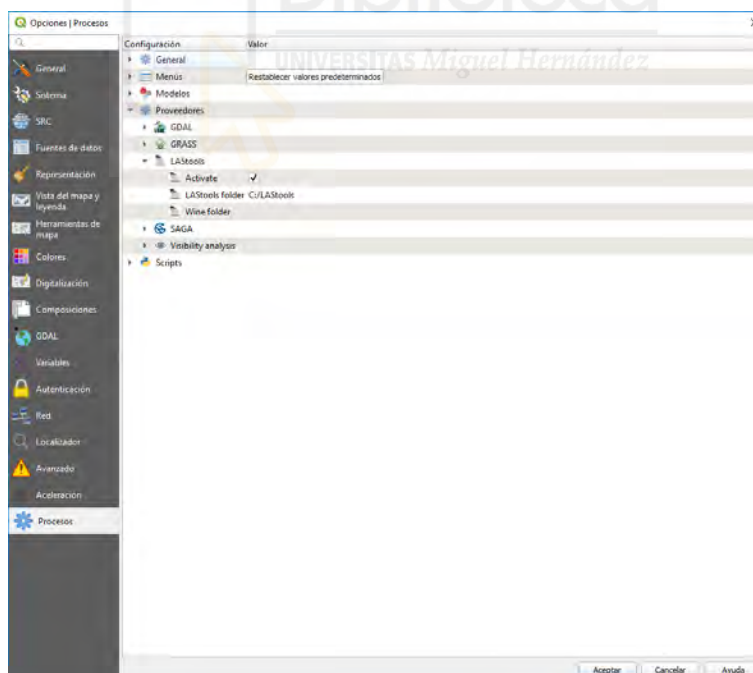
5) Haz clic en el icono **Opciones**



6) Despliega la lista de **Provedores**

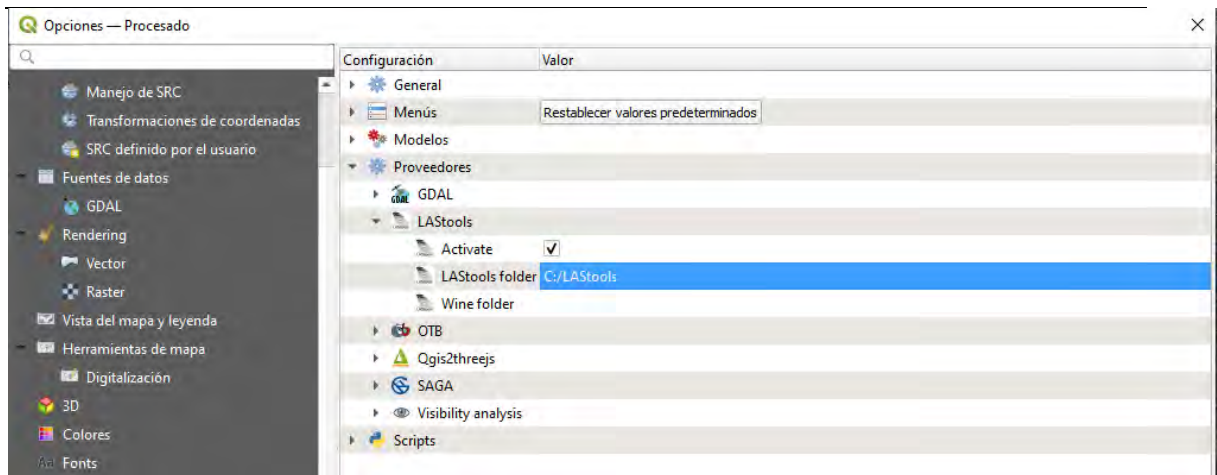


7) Y a continuación, despliega la lista de **LASools**

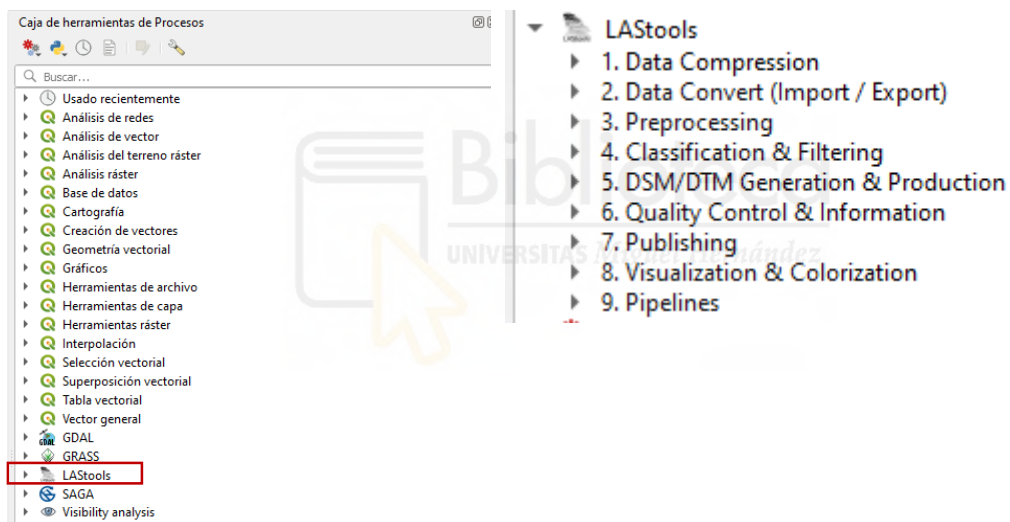


y marca la casilla de verificación **Activate**.

8) En el apartado **LAStools folder** introduce la ruta a la carpeta en la que has extraído el contenido del archivo **lastools.zip**.



Acepta los cambios y, en la **Caja de herramientas de procesado**, asegúrate de que se han cargado los algoritmos para datos **LiDAR**.

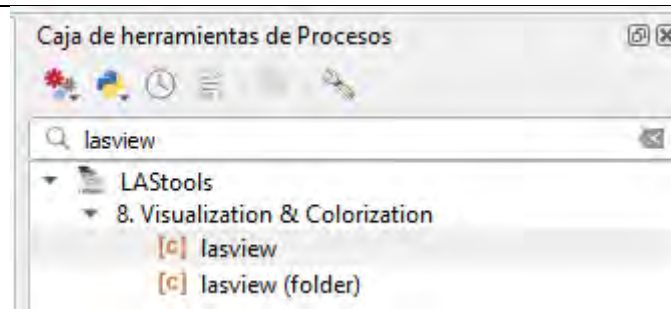


Reinicia QGIS, si aparece un mensaje de error de Python deberás repetir el proceso de nuevo.

#### **2.4.1.- El visor LASview**

El objetivo de este apartado es que seas capaz de manejar el visor **LASview** gratuito que nos proporcionan **LAStools**.

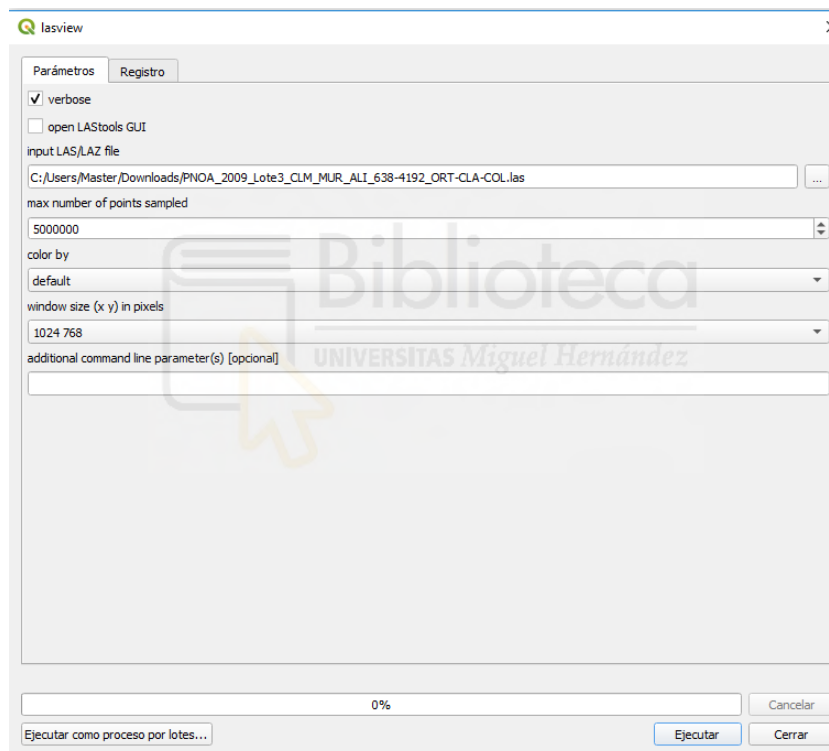
Expande la categoría de **LAStools** (Herramientas para datos LIDAR) y desplázate hasta encontrar el algoritmo **lasview** dentro del conjunto **LAStools/8.Visualization&Colorization** o utiliza el buscador para localizarlo.



Hacemos doble clic sobre el algoritmo **Lasview**.

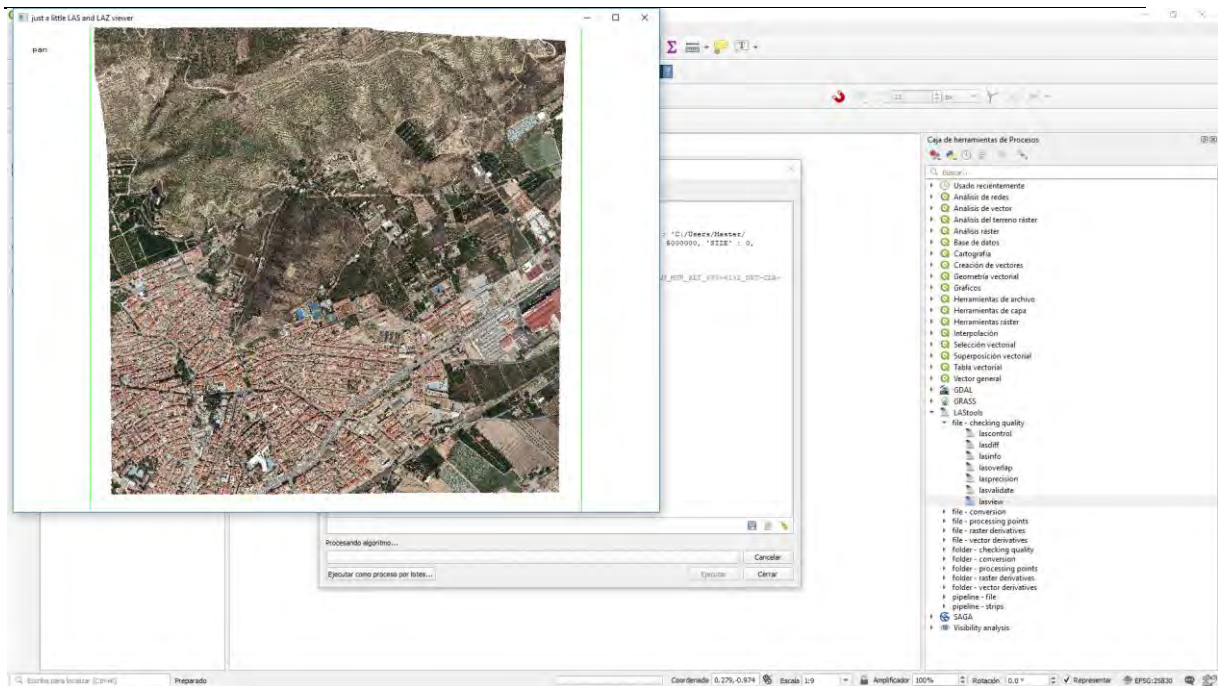
Se abre la ventana *lasview*, en la que podemos cargar el fichero **.las/laz** del tutorial.

Input LAS/LAZ file: Indica el fichero que has descargado.



Dejamos el resto de parámetros por defecto. Hacemos clic en **Ejecutar**.

Se abre una ventana independiente de visualización de los datos LIDAR.



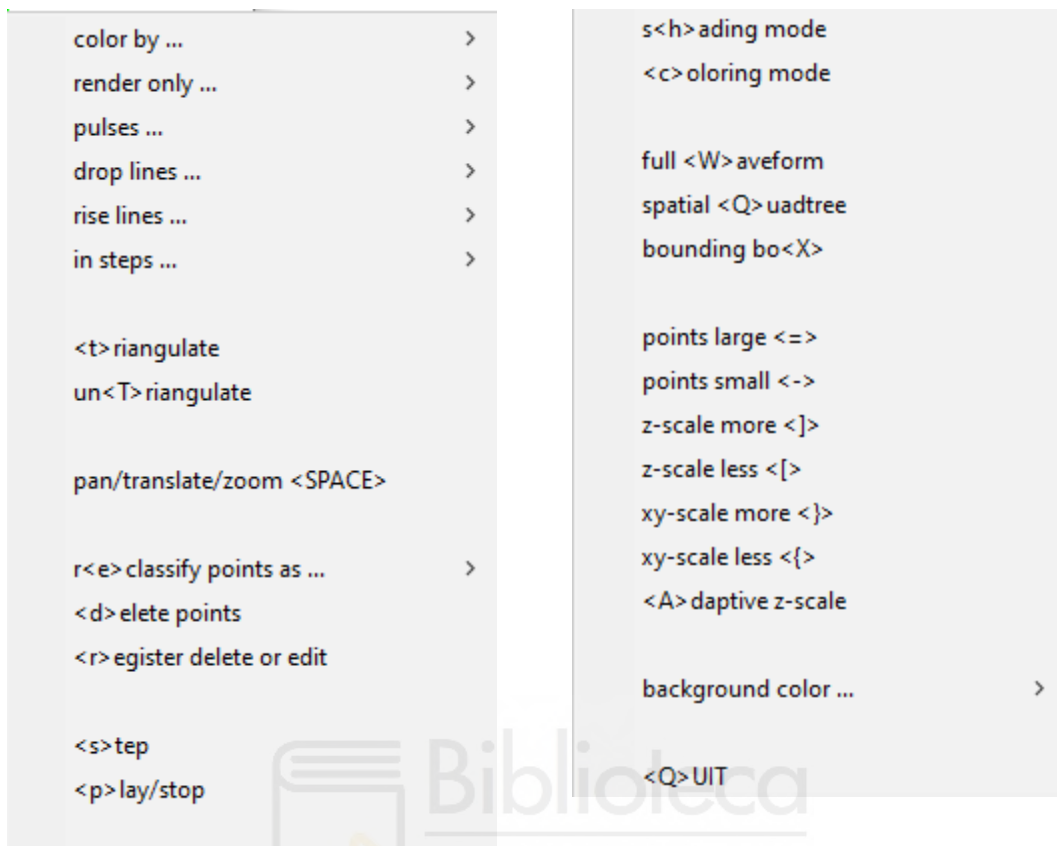
**Nota:** Si no aparece dicha ventana y, en la herramienta, aparece un mensaje indicando que no se encontró la ruta especificada, seguramente se haya creado una carpeta intermedia y el directorio sea C:/LAStools/LAStools/bin, en lugar de C:/LAStools/bin.

Inserta la ruta correcta en la configuración del proveedor, o bien elimina esa carpeta intermedia en el explorador de archivos y carpetas.

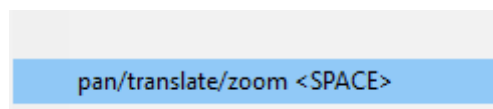


LASview es un visor que podemos emplear para comprobar la calidad de los datos LiDAR y obtener una visión de la nube de puntos de la que contamos, también permite la edición manual de datos LiDAR.

Pulsando el botón derecho del ratón se abre una ventana desplegable en la que aparecen diferentes opciones de visualización y propiedades, que dejamos que exploréis por vuestra cuenta.

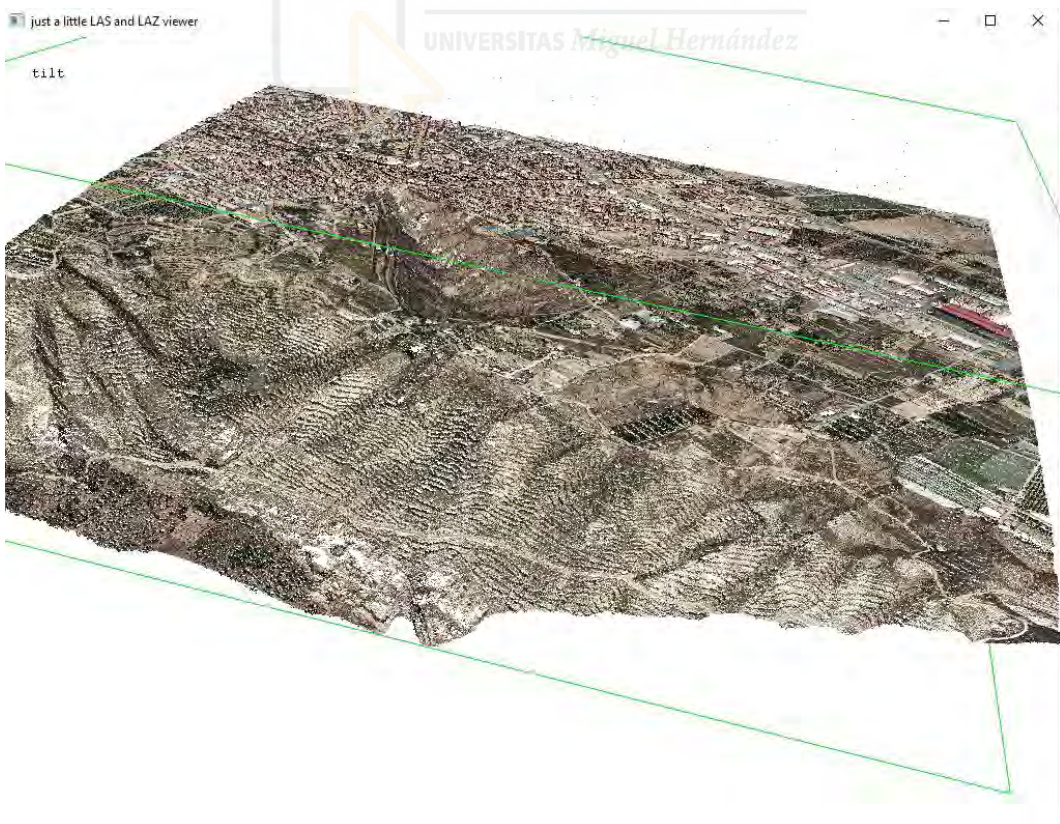
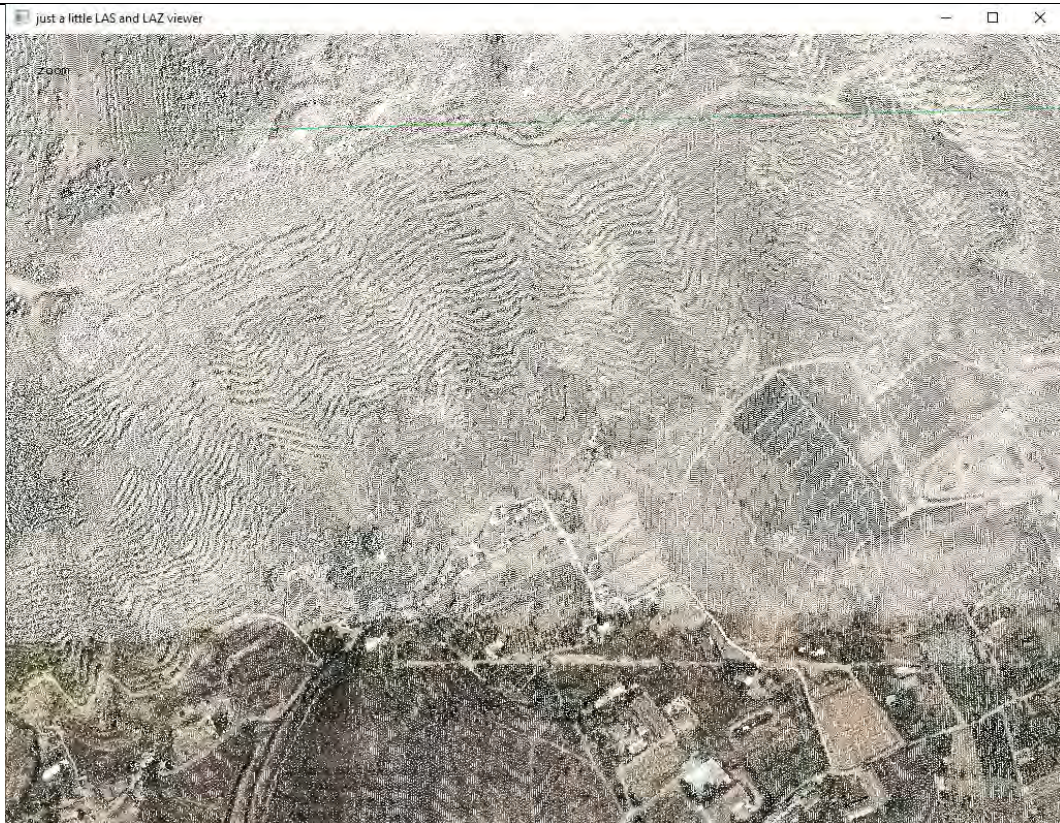


En el visor puedes realizar las acciones de **pan**, **translate**, **zoom** y **tilt**, puedes pasar de una a otra presionando la **barra espaciadora**, en la parte superior izquierda de la ventana aparecerá el modo en el que te encuentras.

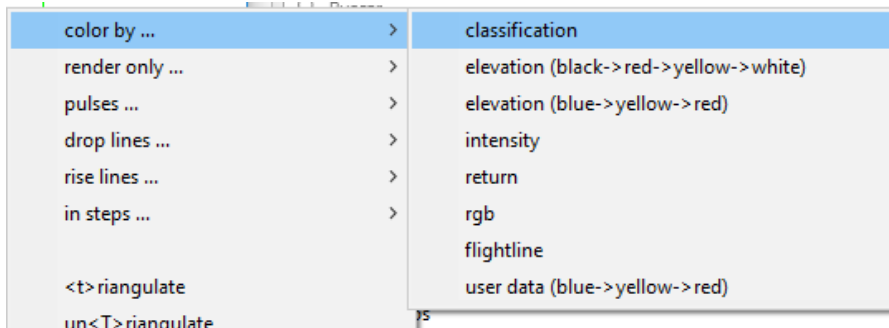


Pinchando con el botón izquierdo del ratón sobre la vista y sin soltarlo, moviendo el ratón, podemos realizar una vista 3D (tipo órbita 3D), jugando con las cuatro acciones que acabamos de indicar.

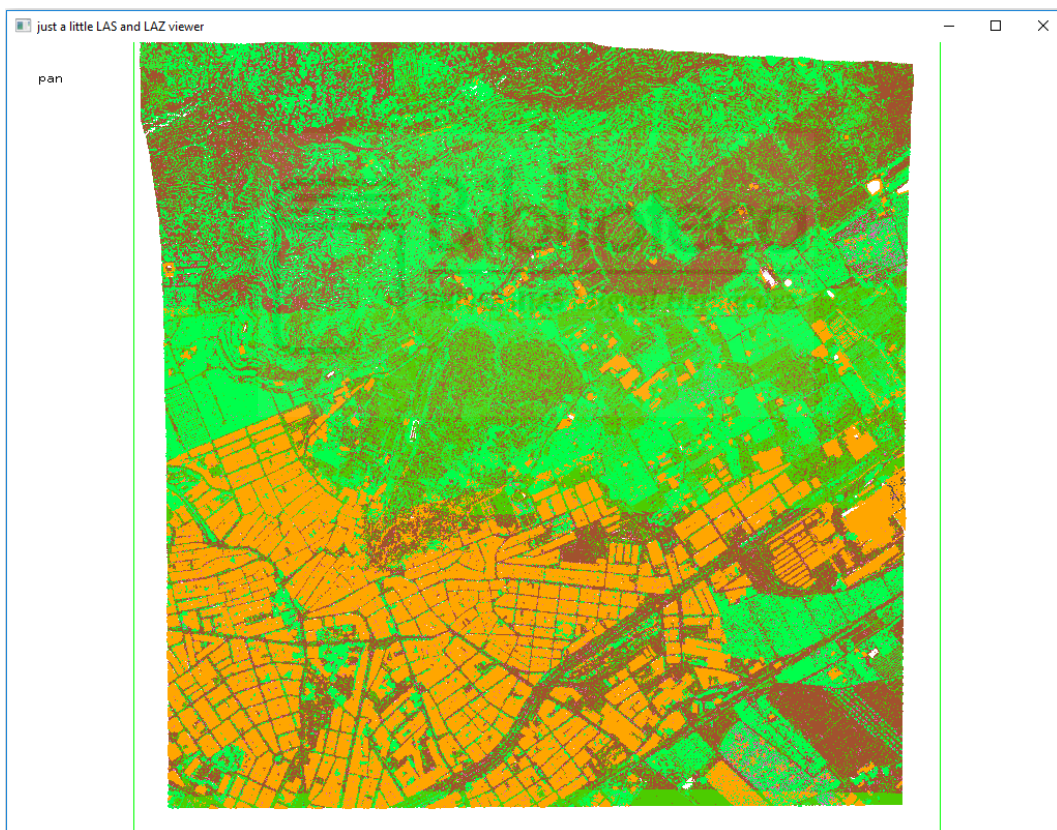




Con *lasview* podemos saltar por diferentes métodos de visualización en la opción **color by...** del desplegable.

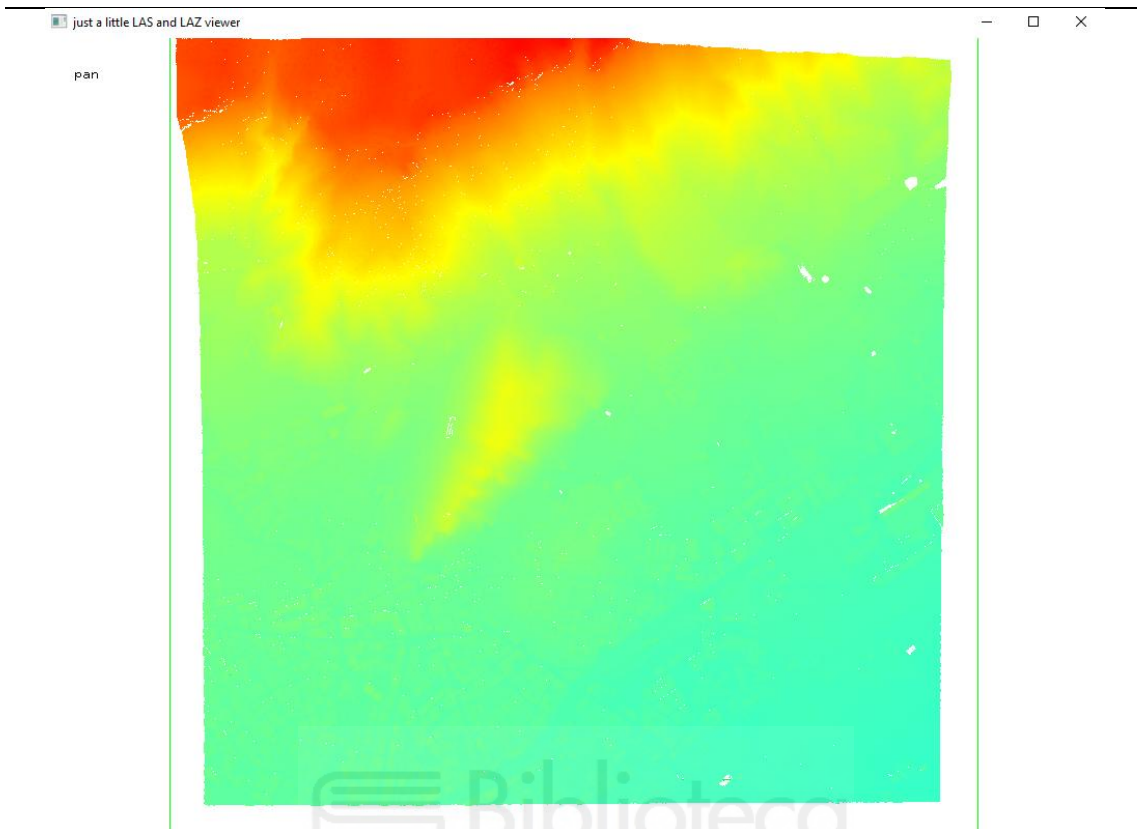


Por defecto, el fichero se presenta en formato **RGB**, si el fichero no tuviese dicha clasificación se mostraría por defecto en **classification** (valores de la nube de puntos).

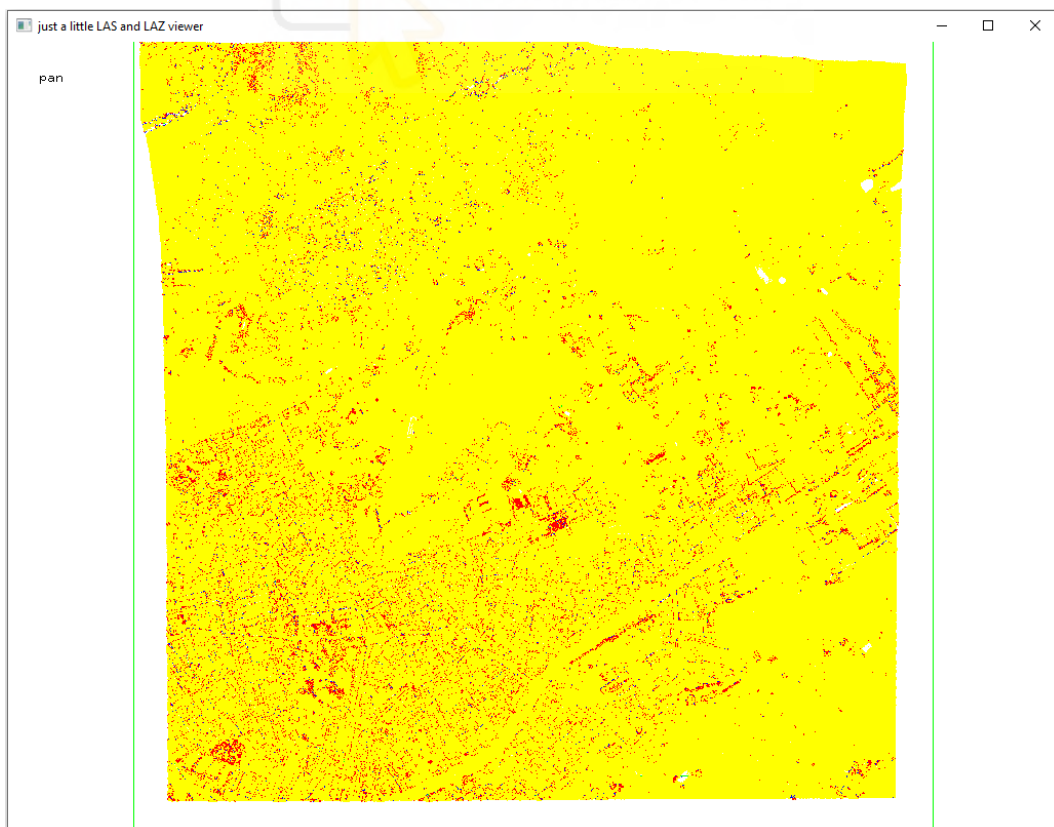


*Color by classification*

Si pulsas la tecla **"c"** en la interfaz puedes ir saltando automáticamente por cada uno de ellos. Podemos representar también el fichero por la cota de elevación (**elevation**), por la intensidad del haz láser reflejado (**intensity**), línea de vuelo (**flightline**) o retornos (**return**) como destacados.



Color by elevation



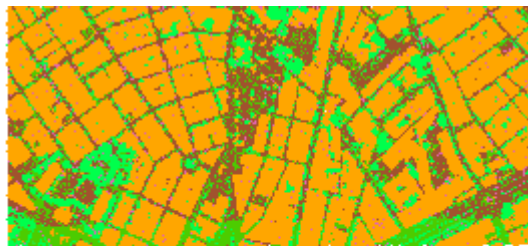
Color by return



Color by intensity

Al situar el puntero del ratón sobre uno de los puntos y presionando la tecla “i” se obtiene información sobre las coordenadas y atributos del mismo.

```
x: 638945,700  
y: 4191097,660  
z: 273,010  
intensity: 115 , user data 172 , class: 3 , veg (low)  
return: 1 , first , last , point source: 98  
RGB: 33 23 11
```



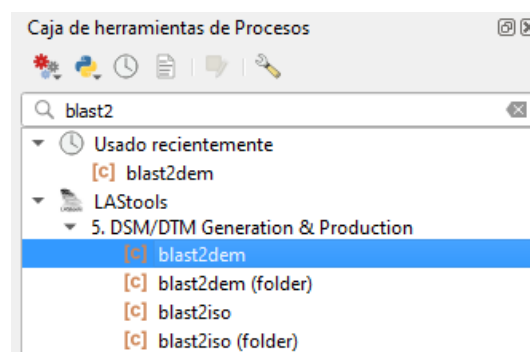
### 2.4.2.- Generación de modelos digitales

A partir de la nube de puntos LiDAR podemos obtener un modelo digital de elevaciones (MDE). *LAStools* tiene dos herramientas que permiten la triangulación TIN de la nube de puntos:

- ***las2dem***: es una herramienta que triangula puntos LIDAR del formato LAS/LAZ (o algún formato ASCII) en un TIN temporal y luego rastrea el TIN para crear un MDE. La herramienta puede rasterizar los valores de “-elevación”, “-pendiente”, “-intensidad”, “-rgb” o un color “-hillshade”, “gris” o “-false”. La salida está en formato BIL, ASC, IMG, FLT, XYZ, DTM, TIF, PNG o JPG.
- ***blast2dem***: es casi idéntico a *las2dem* excepto que puede procesar entradas mucho más grandes. Mientras que *las2dem* opera en el núcleo y, por lo tanto, está limitado a un máximo de alrededor de 20 millones de puntos, *blast2dem* utiliza una tecnología única de "transmisión TIN" y puede procesar sin problemas hasta 2 mil millones de puntos. Esta herramienta es parte de la extensión BLAST de *LAStools*.

#### Herramienta *blast2dem*

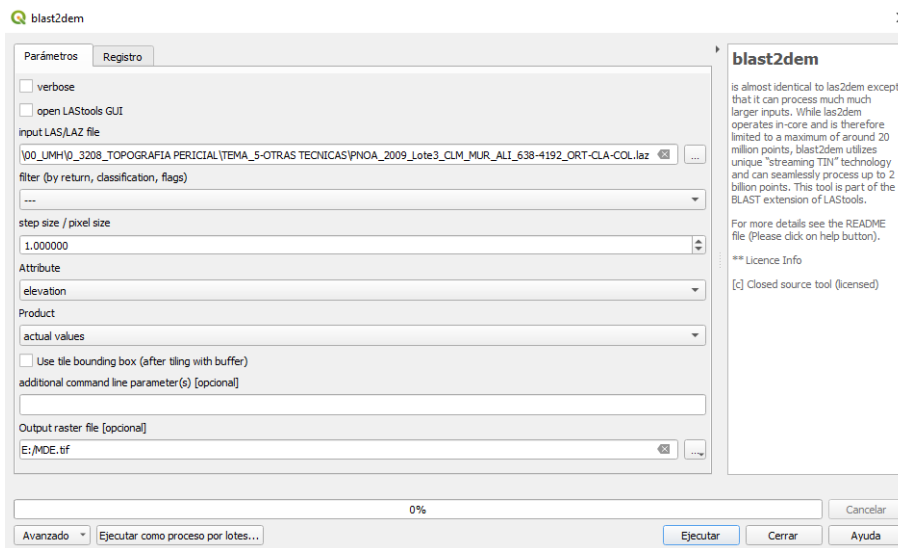
Expande la categoría de ***LAStools*** (Herramientas para datos LIDAR) y desplázate hasta encontrar el algoritmo ***blast2dem*** dentro del conjunto *LAStools/5.DSM/DTM Generation&Production* o utiliza el buscador para localizarlo.



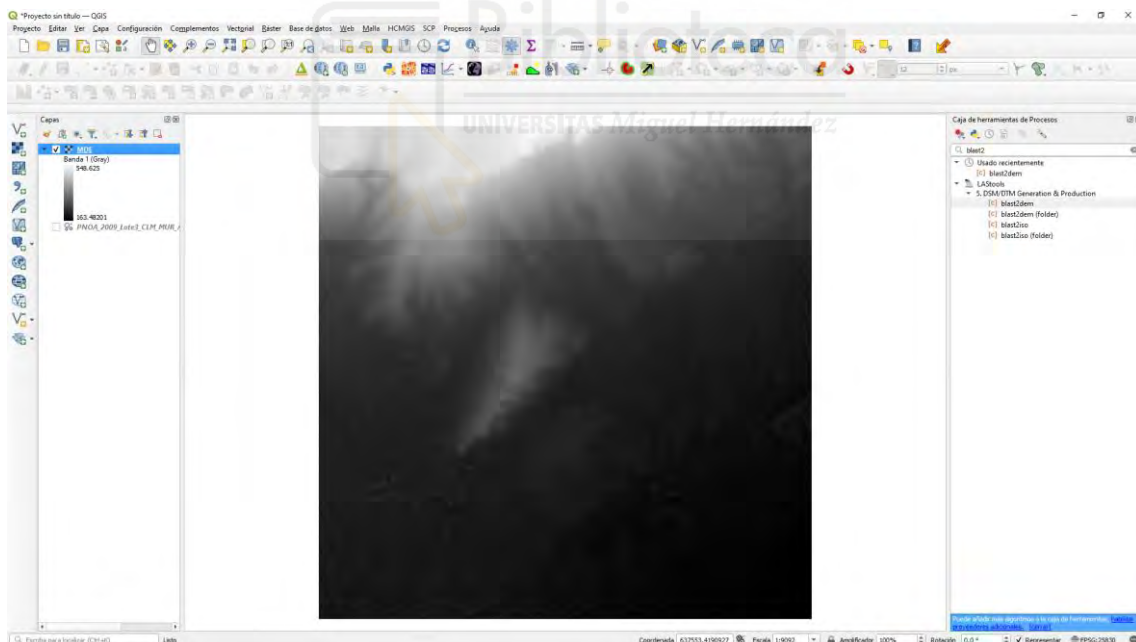
Hacemos doble clic sobre el algoritmo ***blast2dem***.

Se abre la ventana *blast2dem*, en la que podemos cargar el fichero ***.las/laz*** del tutorial.

- ***Input LAS/LAZ file***: Indica el fichero que has descargado.
- Deja el resto de parámetros por defecto.
- ***Output ráster file***: ponle nombre y guarda el archivo con la extensión ***.tif*** en el disco duro.



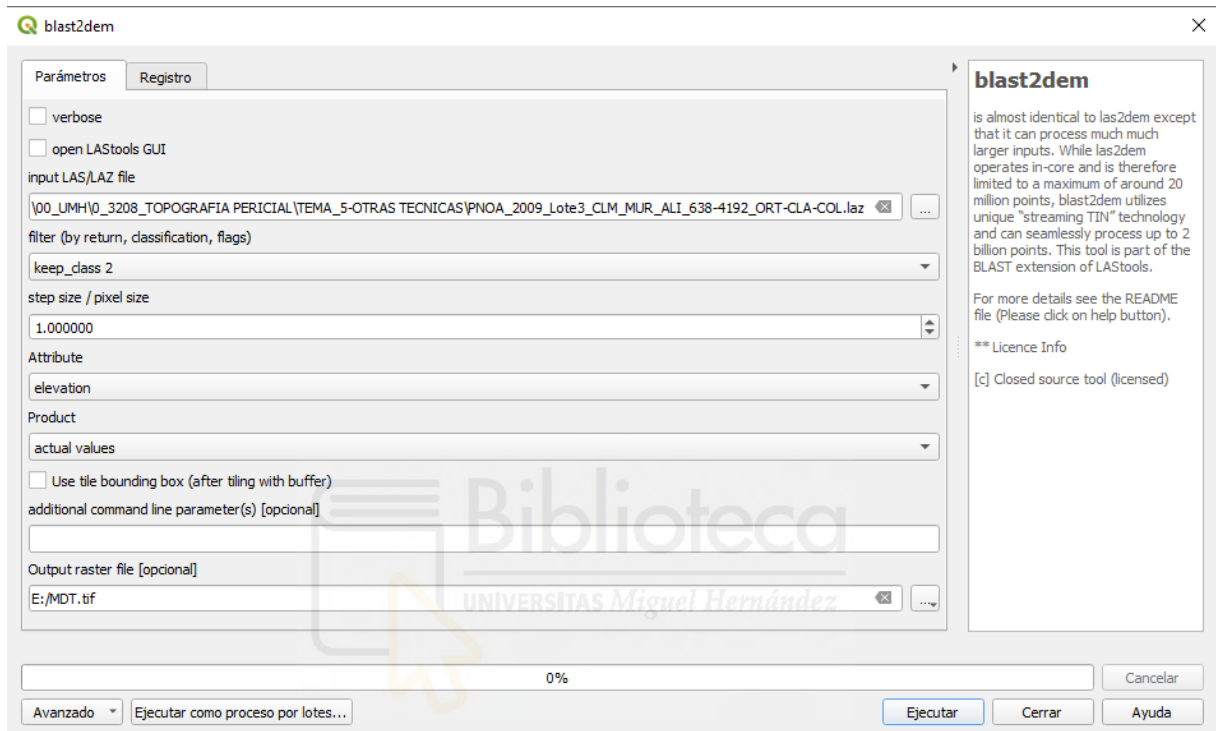
Haz clic en **Ejecutar** y carga el archivo ráster que se acaba de generar. Se ha generado un ráster que contiene celdas con la información de altitud.



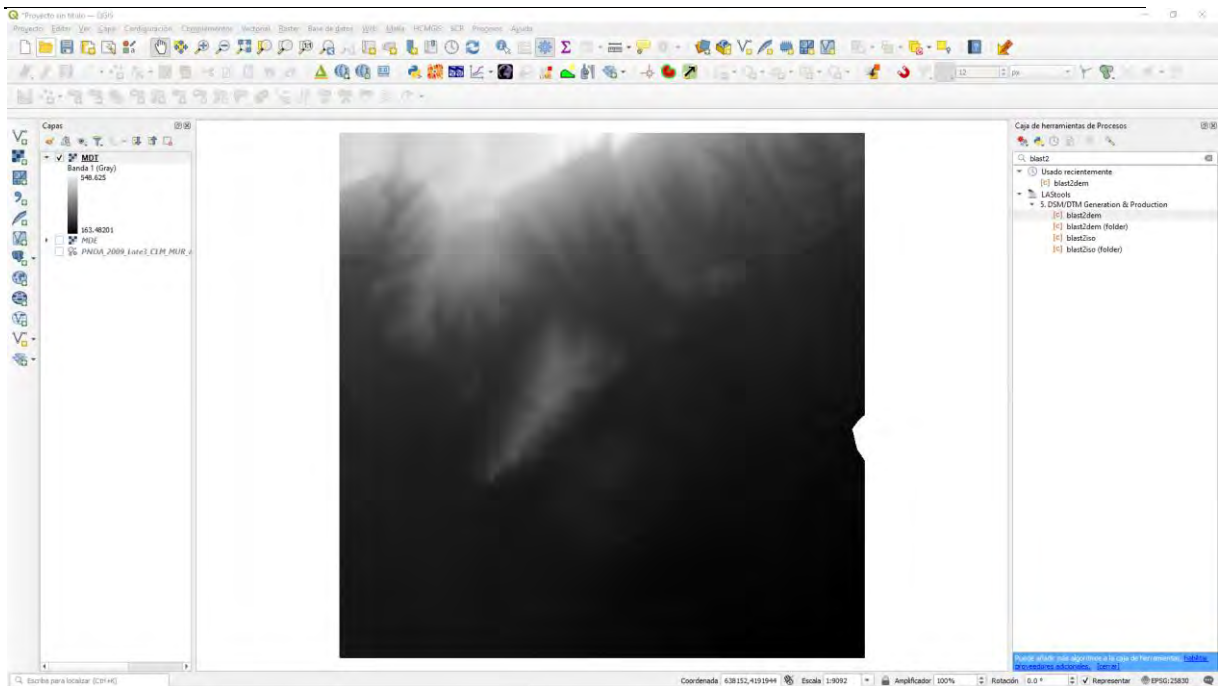
Realmente hemos generado un modelo digital de superficie (MDS), ya que contiene la altitud de todos los elementos que componen la nube de puntos, es decir, la altitud de los edificios, de la vegetación, del suelo, ... Si lo que nos interesa es un modelo digital del terreno (MDT) necesitaremos realizar un filtro para quedarnos solo con los datos de elevación del suelo.

Para ello, utilizamos de nuevo la herramienta blast2dem, introduciendo los siguientes parámetros:

- **Input LAS/LAZ file:** Indica el fichero que has descargado.
- **filter:** seleccionamos un filtro por la clase 2 (*keep\_class 2*) que se corresponde con la clasificación “ground” del LiDAR, es decir, la clasificación de suelo de la nube de puntos.
- **Output ráster file:** ponle nombre y guarda el archivo con la extensión .tif en el disco duro.



Haz clic en **Ejecutar** y carga el archivo ráster que se acaba de generar. Se ha generado un ráster que contiene celdas con la información de altitud, pero solo de puntos de suelo.



En este nuevo ráster nos ha eliminado los edificios, la vegetación, es decir, solo los datos del suelo. Podemos comparar la diferencia entre ambos ráster generados.

A partir de aquí, podemos trabajar con los modelos ráster de la misma forma que hemos visto en el tutorial de los MDE con QGIS.

### Clasificación de datos LIDAR

Una vez que se ha obtenido una nube de puntos clasificada, se pueden generar productos derivados tales como los MDT's.

La creación de un MDE con LAStools puede hacerse en dos pasos, en primer lugar, clasificar la nube de puntos **ground** (puntos clasificados) y **no ground** (puntos no clasificados) y, después, calcular un MDE utilizando solo los puntos **ground**.

La clasificación de los datos LiDAR se lleva a cabo para almacenar cada punto en el grupo o clase que corresponda. Algunos programas producen un conjunto de puntos que representen solo los retornos que rebotan en suelo desnudo, almacenando el resto de puntos como un conjunto "sin clasificar". Otros programas, de mejor desarrollo, son capaces de clasificar todos los puntos según grupos establecidos (vegetación alta, media y baja, edificaciones, etc...).

Cuando se crea el MDE es posible la eliminación de todos los puntos sobrantes y realizar una representación lo más fiel posible de la superficie terrestre.

Los datos LiDAR pueden contener una o varias clasificaciones. Estas se crean durante el proceso de filtrado de datos y consiste en agrupar un conjunto de puntos que representen unas respuestas láser concretas.

Por norma general, existe un mínimo de dos clasificaciones: suelo y cubierta vegetal, aunque también se incluyen edificios, líneas de tendido eléctrico, etc... el resto de puntos se agrupa formando un grupo denominado sin clasificar.

La clasificación más completa es la establecida por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Percepción Remota/Teledetección (ASPRS):

VALOR	DESCRIPCIÓN
0	Creados, nunca clasificados
1	Sin clasificar
2	Suelo
3	Vegetación baja
4	Vegetación media
5	Vegetación alta
6	Edificios
7	Puntos bajos (ruido)
8	Nube de puntos
9	Agua
10	Reservado para APRS
11	Reservado para APRS
12	Puntos solapados
13 - 31	Reservado para APRS

### Número de retornos

La capacidad de diferenciar múltiples retornos de los pulsos láser es la principal ventaja de la tecnología LiDAR. En sus orígenes estos sistemas únicamente informaban acerca del primer y el último retorno.

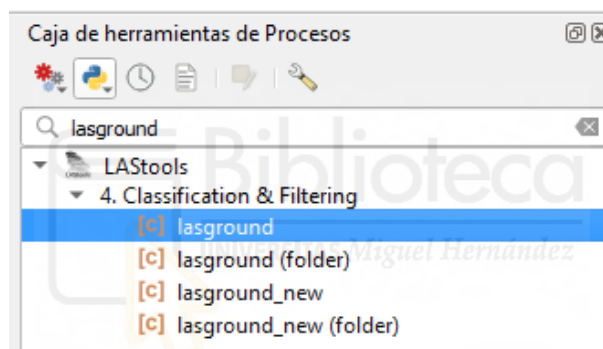
El número de retornos y su orden proporciona información importante para posteriores clasificaciones.

Conviene recordar que los archivos *.las* contienen los datos registrados de los puntos LiDAR. Los datos se almacenan en este formato que combina la información de posicionamiento (*GPS*), los datos inerciales del avión (*INS*) y el rango de datos de los pulsos láser que permite obtener los datos x,y, z de cada punto.

### Herramienta lasground

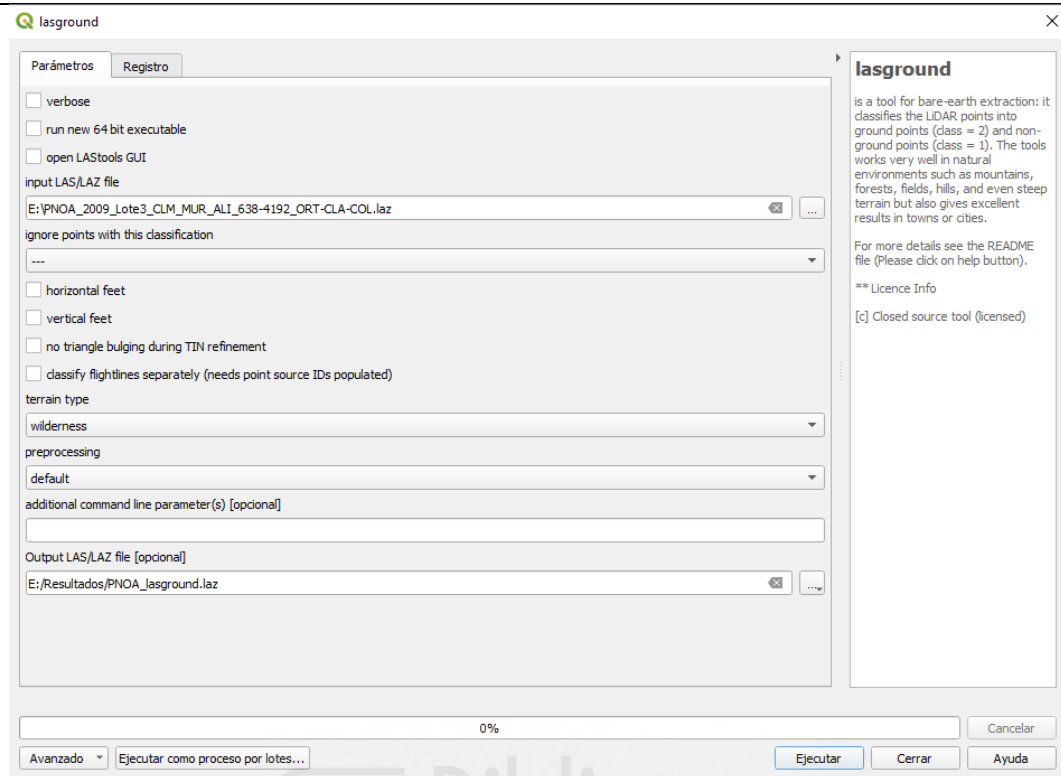
Vamos a clasificar la nube de puntos LiDAR en puntos de terreno 'clase = 2' (**ground**) y puntos de no terreno 'clase = 1' (**non-ground**). Esta herramienta genera grandes resultados en zonas naturales como montañas, bosques, campos, etc...

Accede a la *Caja de herramientas de procesamiento* y localiza la herramienta **lasground**, puedes digitalizar su nombre en el buscador para que esto sea más rápido.



Haz doble clic sobre la misma para abrirla e introduce los siguientes parámetros:

- **Input LAS/LAZ file:** introduce el fichero *.LAZ* del tutorial.
- **Tipo de terreno:** *wilderness* (para que únicamente se tengan en cuenta los puntos que representan el terreno y no las infraestructuras, vegetación, etc...)
- **Preprocesado:** *default* (para terrenos con mucha pendiente, puede intensificarse la búsqueda de puntos con *fine* o *extra\_fine* y de manera similar para terrenos planos, puede simplificarse la búsqueda con *coarse*. Pero la configuración predeterminada (*default*) suele ser suficiente.
- **Output LAS/LAZ file:** pon el nombre que desees y guárdalo en el disco duro (es probable que tengas que introducir manualmente la ruta y el nombre de archivo en este parámetro, puedes copiarla desde el explorador de Windows y añadir el nombre del archivo resultado con la extensión *.laz*)

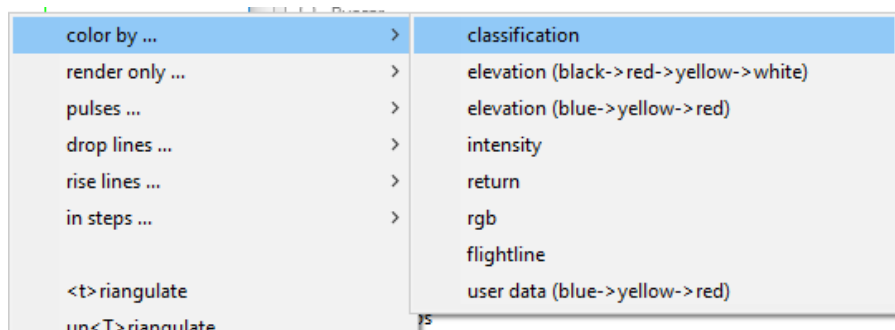


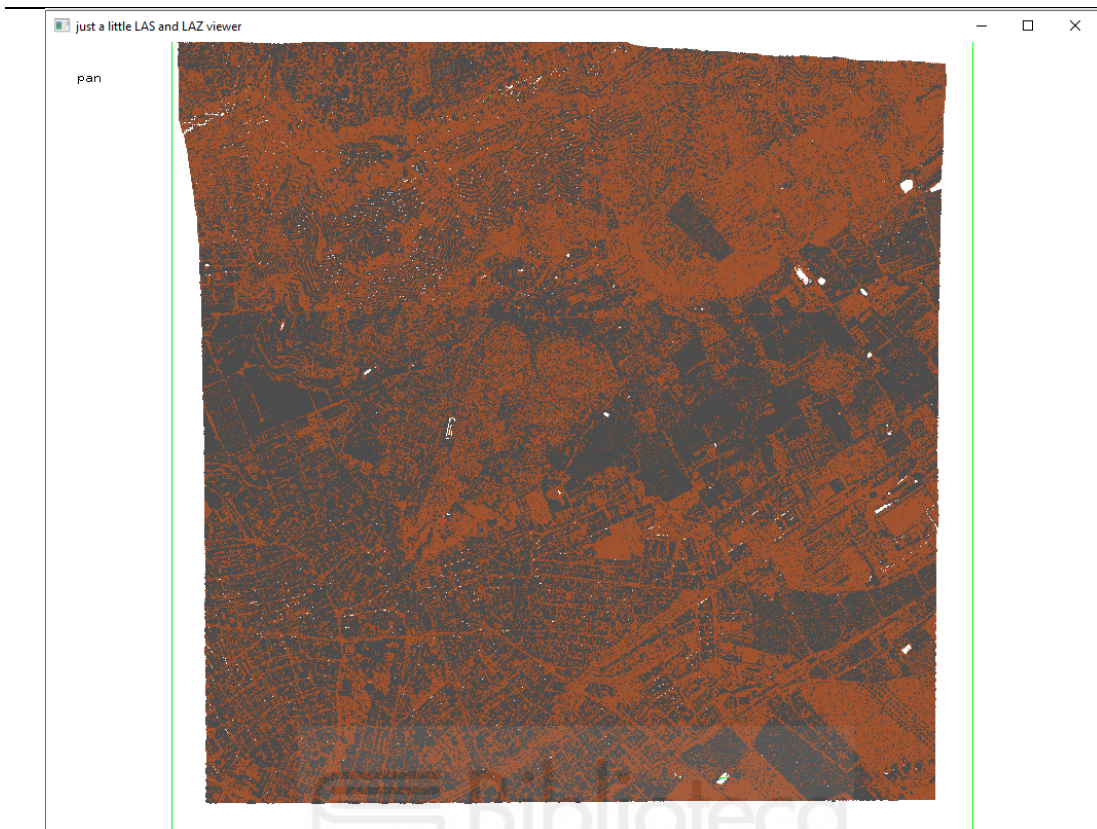
**Nota:** Debido al gran volumen de datos con los que opera LiDAR, la ejecución de sus herramientas puede llevar varios minutos de tiempo, dependiendo del rendimiento de tu pc.

Una vez haya finalizado la herramienta, asegúrate de que se ha creado el nuevo archivo en el directorio seleccionado.

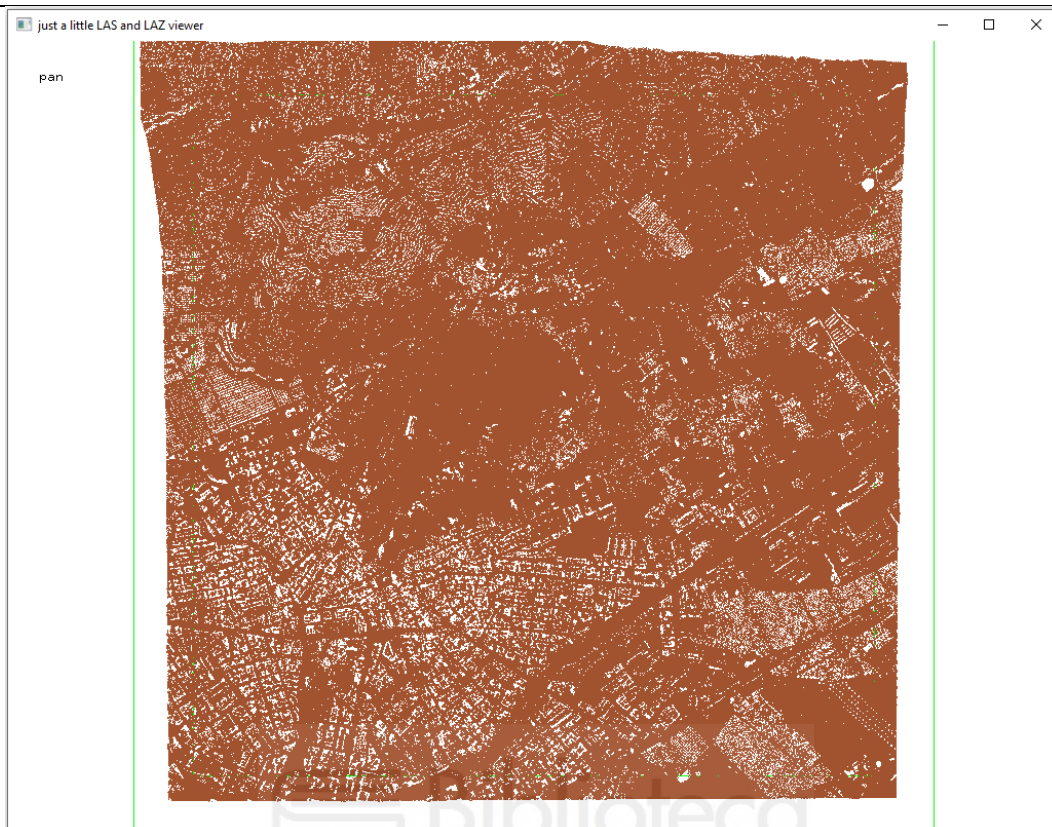
Accede ahora a la herramienta **lasview** para abrir el visor **LASview** y visualizar este nuevo fichero que hemos creado.

En **LASview** escoge en el menú desplegable la opción **Color by.../classification**





Los puntos en tonalidad marrón son los puntos clasificados como **ground** (clasificados) y los grises los clasificados como **no ground** (no clasificados). Puedes pulsar la tecla “g” para visualizar solo los puntos *ground* o la letra “u” para ver solo los puntos *no ground*.



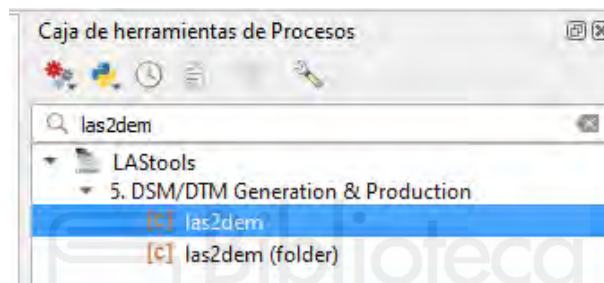
Emplea la tecla "a" para volver a ver todos los puntos de nuevo

### Herramienta las2dem

Vamos a crear un MDE a través de la nube de puntos LiDAR que acabamos de clasificar. Para ello emplearemos el algoritmo **las2dem**.

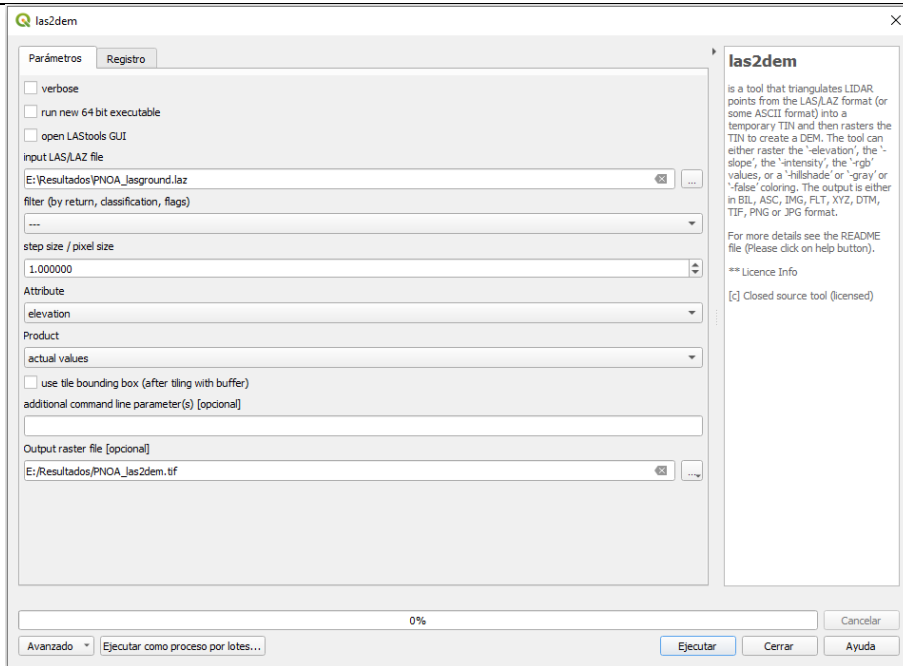
Esta herramienta lee la nube de puntos LiDAR, los triangula temporalmente en un TIN y, posteriormente convierte dicho TIN en un MDE. Para generar dicho archivo necesitamos indicar que el atributo a partir del cual debemos partir sean los valores de altitud (elevation).

Accede de nuevo a la Caja de herramientas de Procesos y, en el buscador, digitaliza las2dem para localizar dicha herramienta.

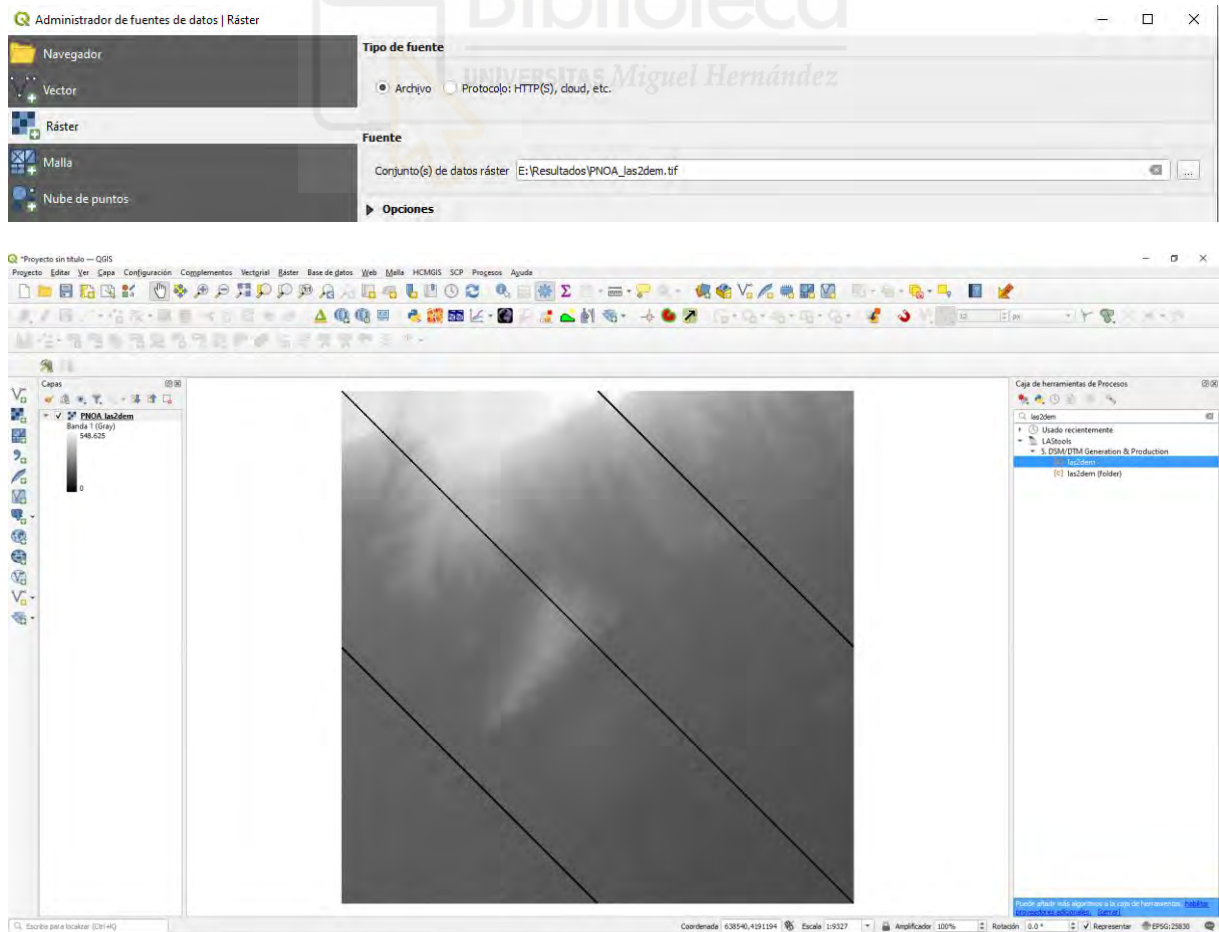


Haz doble clic sobre ella para abrirla e introduce los siguientes parámetros:

- **Input LAS/LAZ file:** introduce el fichero creado con lasground y que guardaste en el directorio datos\_curso\_qgis/resultados
- **Atributo:** elevation
- **Producto:** actual values
- Deja el resto de valores por defecto.
- **Output raster file:** otorga el nombre que desees para el resultado y guárdalo en el directorio datos\_curso\_qgis/resultados (Es probable que tengas que introducir manualmente la ruta y el nombre de archivo en este parámetro, puedes copiarla desde el explorador de Windows y añadir el nombre del archivo resultado con la extensión .tif)

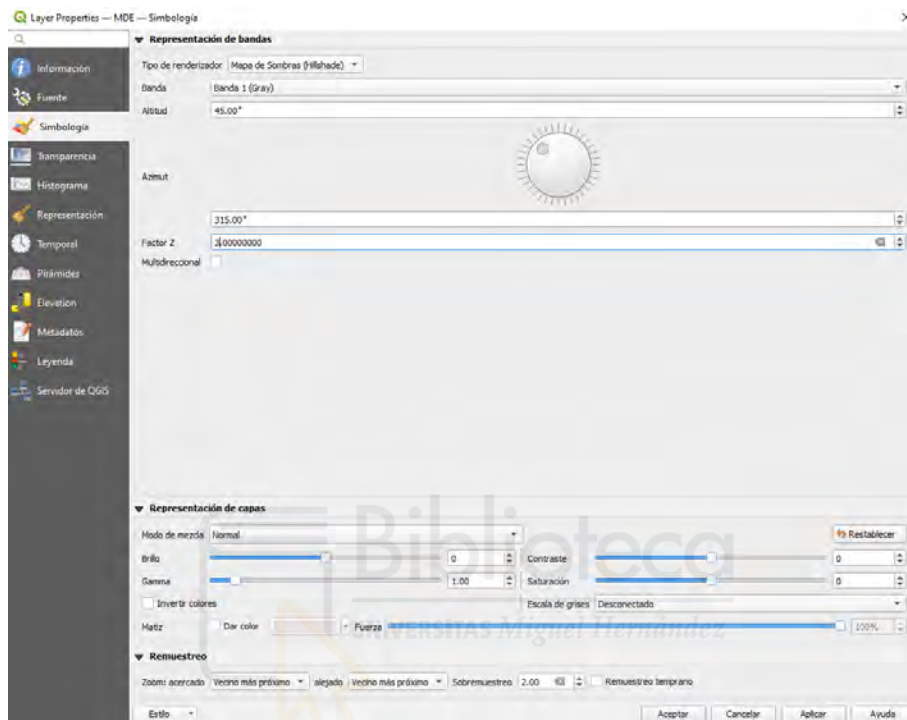


Hacemos clic en **Ejecutar** y una vez finalice el proceso de creación del archivo **.tif** tenemos que añadirlo a la interfaz de QGIS.



**Nota:** Debido a que se trata de una licencia de educación, el MDE generado presentará unas líneas negras diagonales por la limitación de puntos que esta impone (en la licencia estándar estas no aparecerían ya que no existe limitación).

A partir del ráster generado, podemos trabajar con la simbología y obtener un **Mapa de sombras (Hillshade)**, variando el factor Z de exageración de la elevación.





### 2.4.3.- Procesado LiDAR con LAStools

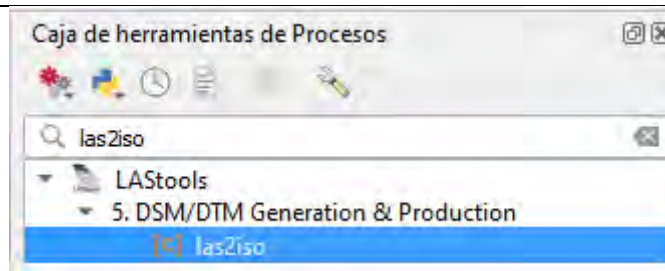
#### Extracción curvas de nivel de un fichero .LAS

Desde las herramientas que **LAStools** proporciona para QGIS también es posible la extracción de curvas de nivel a partir de un fichero LAS/LAZ mediante la construcción e interpolación de un TIN temporal. Se trata de la herramienta **las2iso**.

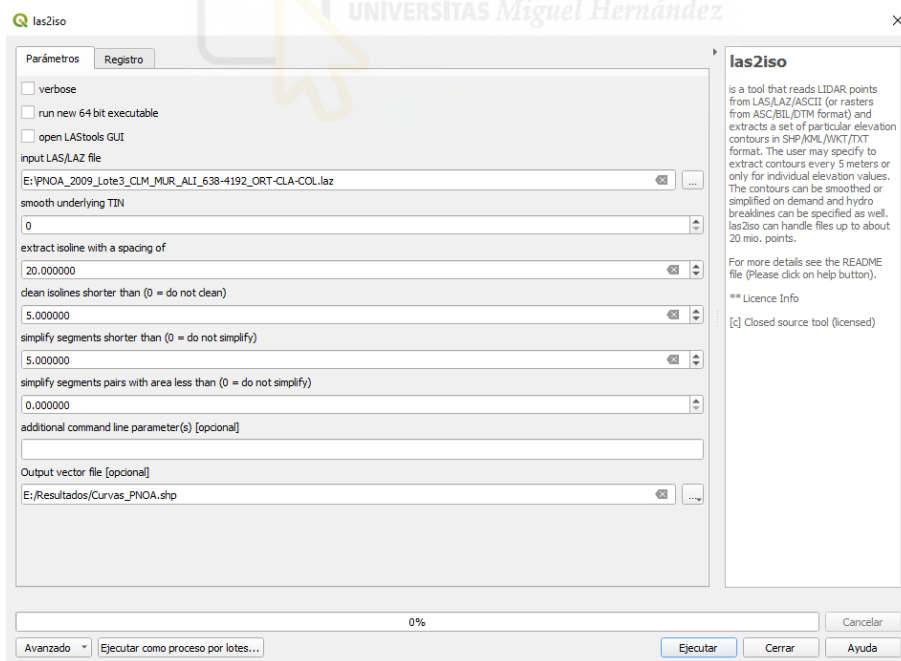
El archivo con las curvas de nivel resultantes puede almacenarse en formato shape de ESRI, como archivo de texto *.txt* o en formato *kml* de Google Earth para su visualización inmediata, entre otros.

Opcionalmente también podemos suavizar el TIN subyacente, así como simplificar y limpiar las curvas de nivel.

Haz doble clic sobre la herramienta **las2iso** para abrirla e introduce los siguientes parámetros:



- **Input LAS/LAZ file:** introduce el fichero .laz que descargaste en el ejercicio 2
- **Suavizar TIN subyacente:** deja el valor por defecto
- **Extraer isolinia con un espaciado de:** 20 metros (equidistancia entre curvas)
- Limpiar isolinias más cortas de: 5 metros
- Simplificar segmentos más cortos de: 5 metros
- Simplificar pares de segmentos con área inferior a: deja el valor en 0
- **Output vector file:** Guarda el archivo con nombre “*curvas\_PNOA.shp*” en el disco duro (es probable que tengas que introducir manualmente la ruta y el nombre de archivo en este parámetro, puedes copiarla desde el explorador de Windows y añadir el nombre del archivo resultado con la extensión .shp).



Ejecuta la herramienta y carga en la interfaz de QGIS el resultado obtenido.

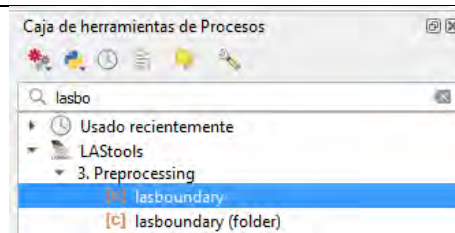


### **Herramientas de conversión de formato**

Mediante las herramientas **las2shp** y **lasboundary** podemos convertir la nube de puntos que guarda el fichero **.las** en un shapefile de tipo punto, y extraer en una capa poligonal los límites dentro de los que se encuentra dicha nube de puntos (marco de trabajo), respectivamente.

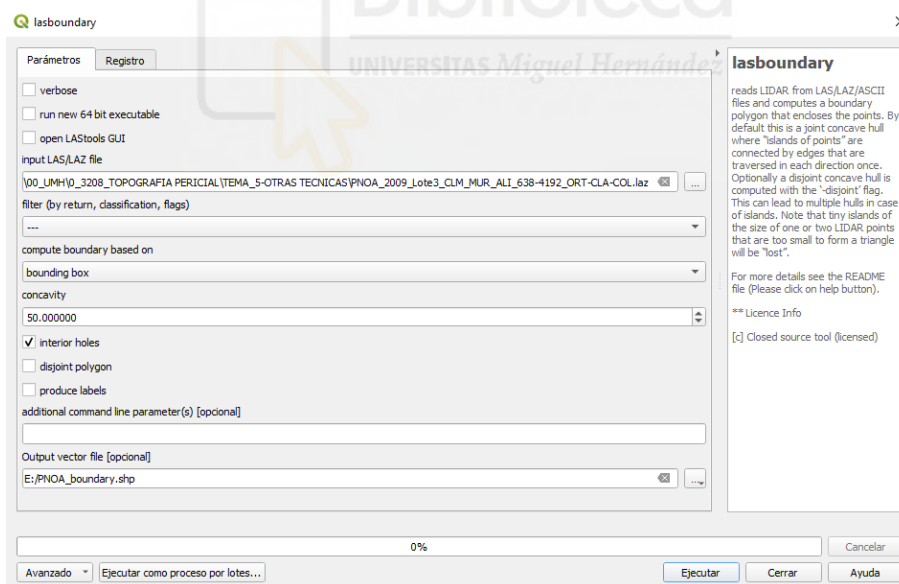
Hemos de tener en cuenta que, con grandes volúmenes de información, puede ocurrir que QGIS trabaje demasiado lento si no contamos con un pc de gran rendimiento. Por ello, podemos valernos de la herramienta **lasclip** para extraer del fichero una selección de la nube de puntos más reducida.

Vamos a extraer, en primer lugar, un polígono que marque los límites en los que se encuadra la nube de puntos del fichero LAZ.

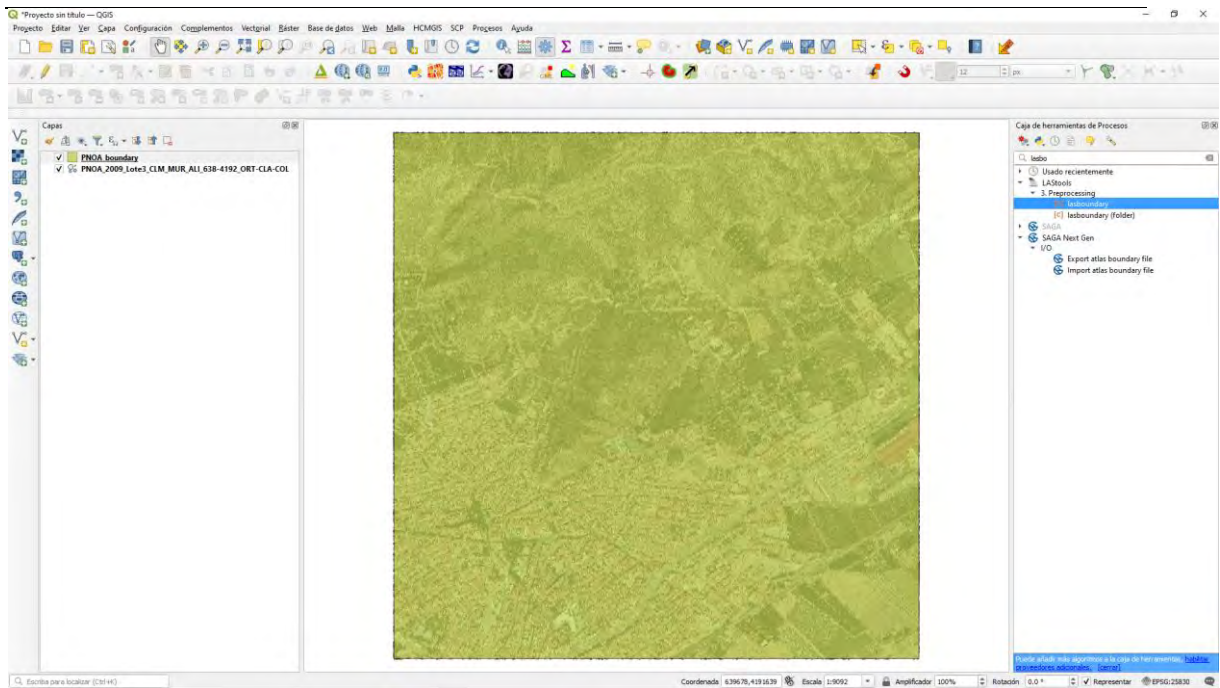


Haz doble clic sobre la herramienta **lasboundary** e introduce los siguientes parámetros:

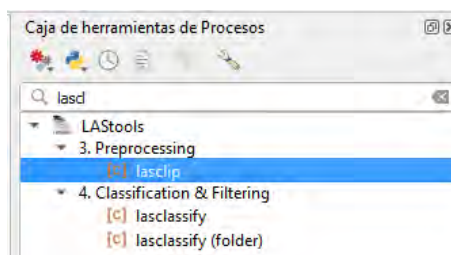
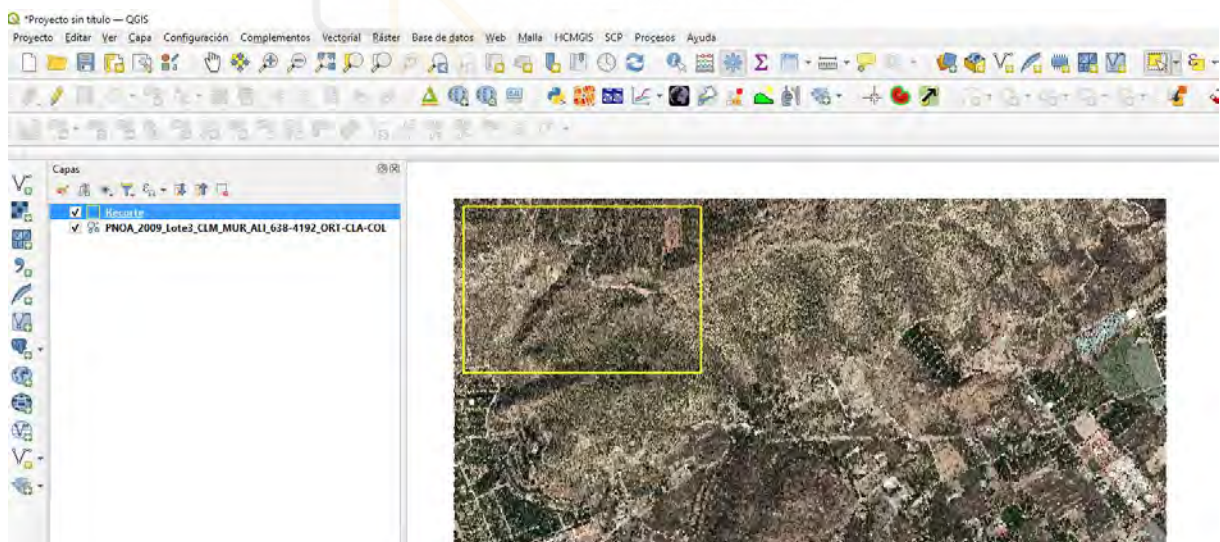
- **Input LAS/LAZ file:** introduce el fichero .laz
- Procesar contorno en base a: bounding box
- **Concavidad:** 50 (esto significa que los huecos con más de 50 metros se consideran parte de un “agujero” interior).
- **Marca la casilla agujeros interiores.** De este modo, la herramienta también podría calcular “agujeros” o islas en los datos
- **Output LAS/LAZ file:** ponle el nombre que desees y guárdalo en el disco duro (es probable que tengas que introducir manualmente la ruta y el nombre de archivo en este parámetro, puedes copiarla desde el explorador de Windows y añadir el nombre del archivo resultado con la extensión .shp)



Ejecuta el proceso y carga la capa vectorial (shapefile) con los límites de la nube de puntos.

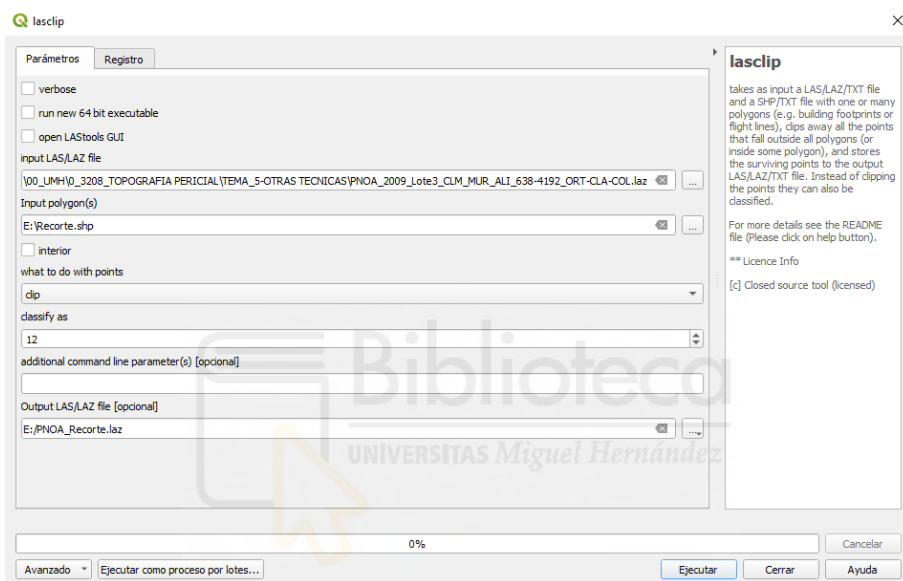


Vamos a crear ahora la selección de una zona concreta de la nube de puntos. Para ello, es preciso contar previamente con una capa vectorial (shapfile) que delimite el recorte que queremos realizar. Tenemos una capa "Recorte" que nos delimita la nube de puntos a recortar.

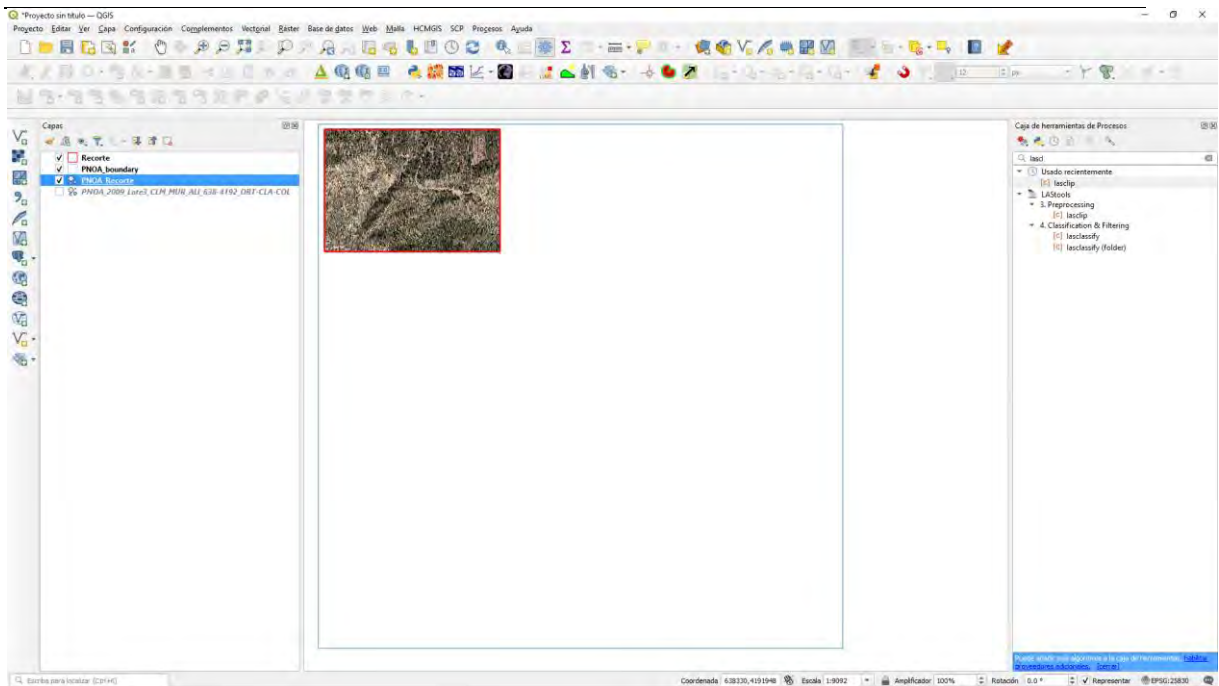


Haz doble clic sobre la herramienta **lasclip** e introduce los siguientes parámetros:

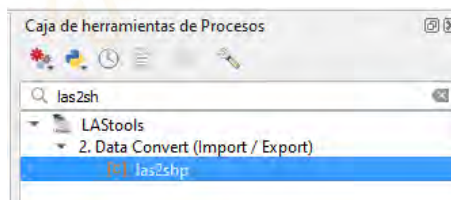
- **Input LAS/LAZ file:** introduce el fichero *.laz*
- **Polígono/s de entrada:** lasclip (abrimos el fichero shape del recorte)
- Qué hacer con los puntos: clip (cortar)
- **Output LAS/LAZ file:** otorga el nombre que desees y guárdalo en el disco duro (es probable que tengas que introducir manualmente la ruta y el nombre de archivo en este parámetro, puedes copiarla desde el explorador de Windows y añadir el nombre del archivo resultado con la extensión *.laz*)



Una vez finalizado el proceso abrimos la nube de puntos recortada.

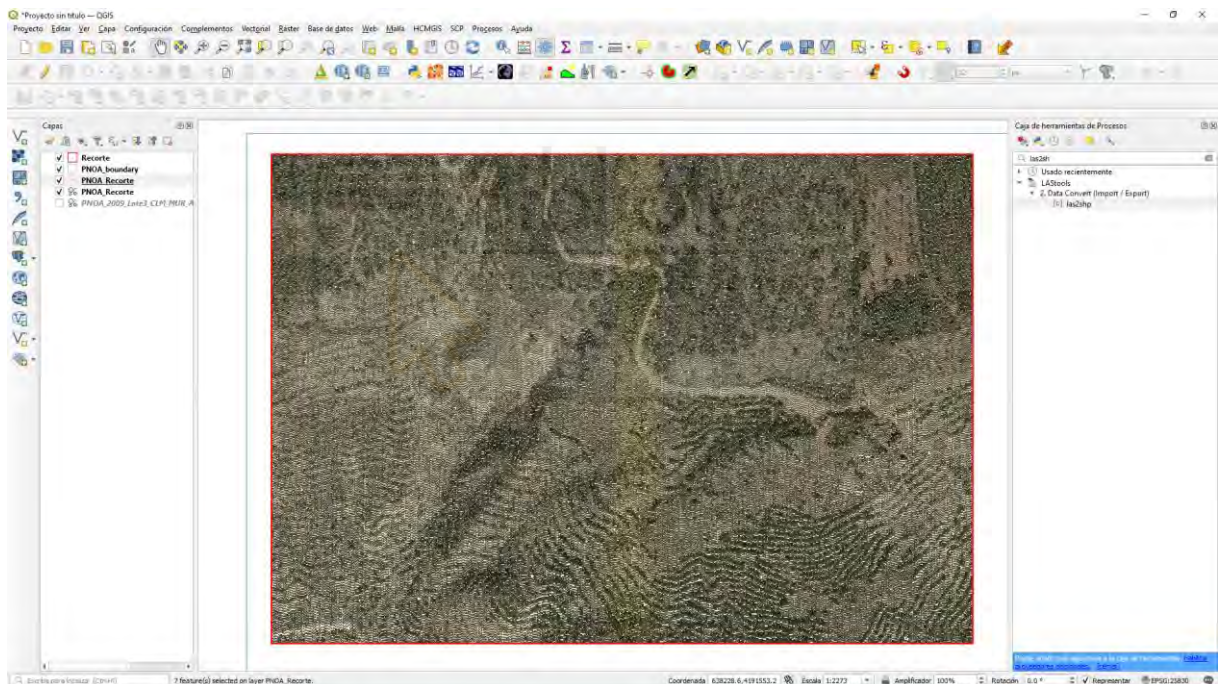
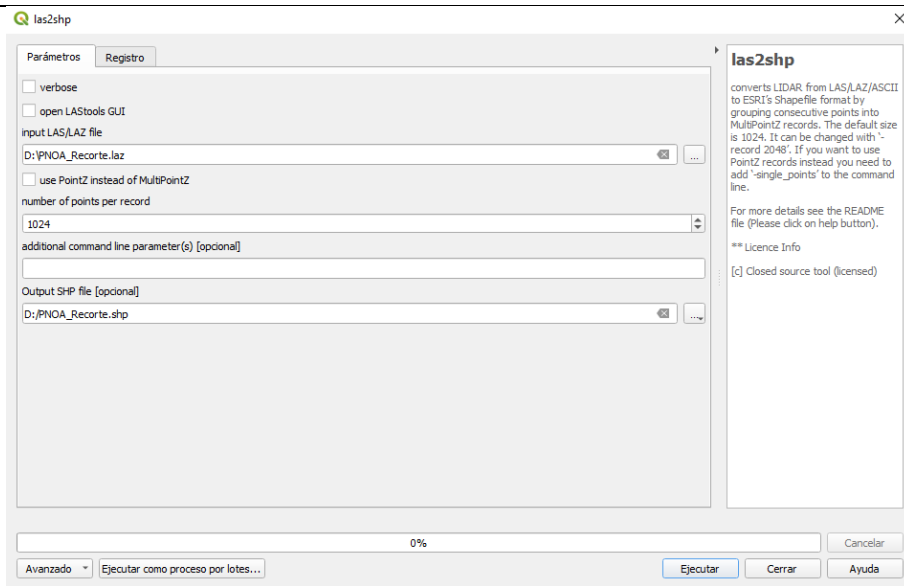


El siguiente paso es convertir en formato shapefile el fichero .laz que hemos generado con *lasclip*, para ello emplearemos la herramienta ***las2shp***.



Haz doble clic sobre la misma e introduce los siguientes parámetros:

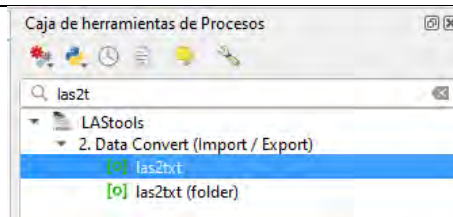
- ***Input LAS/LAZ file***: introduce el fichero generado en el paso anterior
- ***Número de puntos por registro***: 1024 (la herramienta agrupa puntos consecutivos en registros MultiPointZ).
- ***Output LAS/LAZ file***: otorga el nombre que desees y guárdalo en el disco duro (es probable que tengas que introducir manualmente la ruta y el nombre de archivo en este parámetro, puedes copiarla desde el explorador de Windows y añadir el nombre del archivo resultado con la extensión .shp)



### Conversión .las a .txt

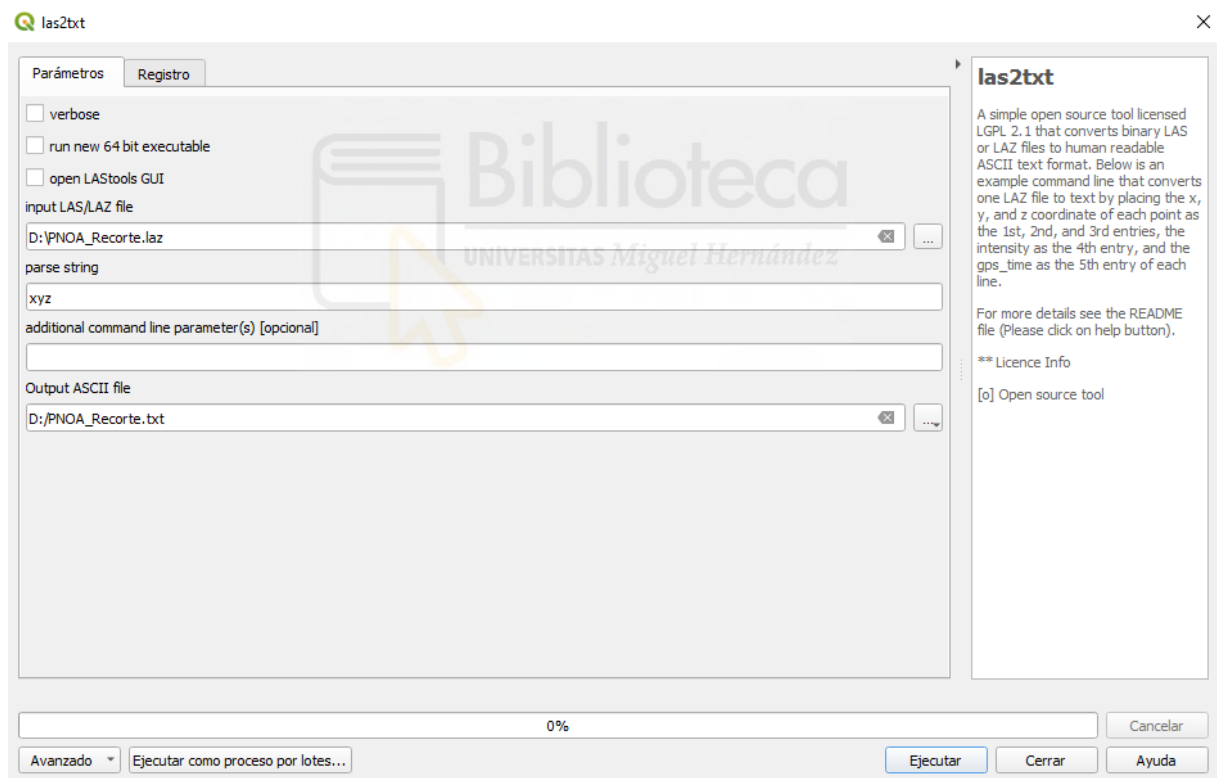
El conjunto de herramientas LAStools también nos proporciona un método para extraer a un fichero de texto *.txt* los valores x, y, z de la nube de puntos de un fichero LiDAR, se trata de la herramienta **las2txt**.

Vamos a extraer los valores de la selección de la nube de puntos que hemos realizado en el ejercicio anterior.



Haz doble clic sobre la herramienta **las2txt** e introduce los siguientes parámetros:

- **Input LAS/LAZ file:** introduce el fichero PNOA\_Recorte.laz
- Analizar cadena: xyz
- **Output LAS/LAZ file:** otorga el nombre que desees y guárdalo en el disco duro (es probable que tengas que introducir manualmente la ruta y el nombre de archivo en este parámetro, puedes copiarla desde el explorador de Windows y añadir el nombre del archivo resultado con la extensión .txt)



Una vez hayas ejecutado la herramienta accede al directorio de salida y abre el fichero .txt generado con el bloc de notas.

PNOA\_Recorte.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

638023.699 4191946.949 487.749  
638023.952 4191960.632 492.872  
638024.242 4191966.941 487.908  
638024.289 4191968.968 487.881  
638024.131 4191962.969 487.928  
638024.501 4191978.769 490.568  
638023.821 4191956.558 493.542  
638024.178 4191965.011 487.859  
638023.751 4191948.969 487.838  
638023.909 4191954.948 487.991  
638025.531 4191978.659 490.478  
638025.551 4191976.808 487.152  
638024.449 4191976.818 490.071  
638024.359 4191971.019 487.319  
638025.319 4191968.398 487.831  
638025.441 4191972.629 487.328  
638024.452 4191975.021 487.408  
638024.412 4191973.012 487.292  
638025.201 4191968.078 492.242  
638024.069 4191960.959 488.109



# ANEXO Nº5

# TUTORIAL DE INTERPOLACIÓN



**EP SO**

ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE ORIHUELA

## TUTORIAL ATLAS CON QGIS

TUTORIAL INTERPOLACIÓN.....	3
1.- CARGAR LAS CAPAS AL PROYECTO.....	3
2.- INTERPOLACIÓN.....	5



## TUTORIAL INTERPOLACIÓN

Podemos crear un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) a partir de curvas de nivel y de un número suficiente de puntos cuyas coordenadas tridimensionales X,Y,Z sean conocidas.

En este tutorial vamos a aprender a crear un MDE a partir de un fichero vectorial de curvas de nivel con información de cota (elevación Z) y un fichero vectorial de puntos con cota (elevación Z).

Partimos de los ficheros vectoriales siguientes:

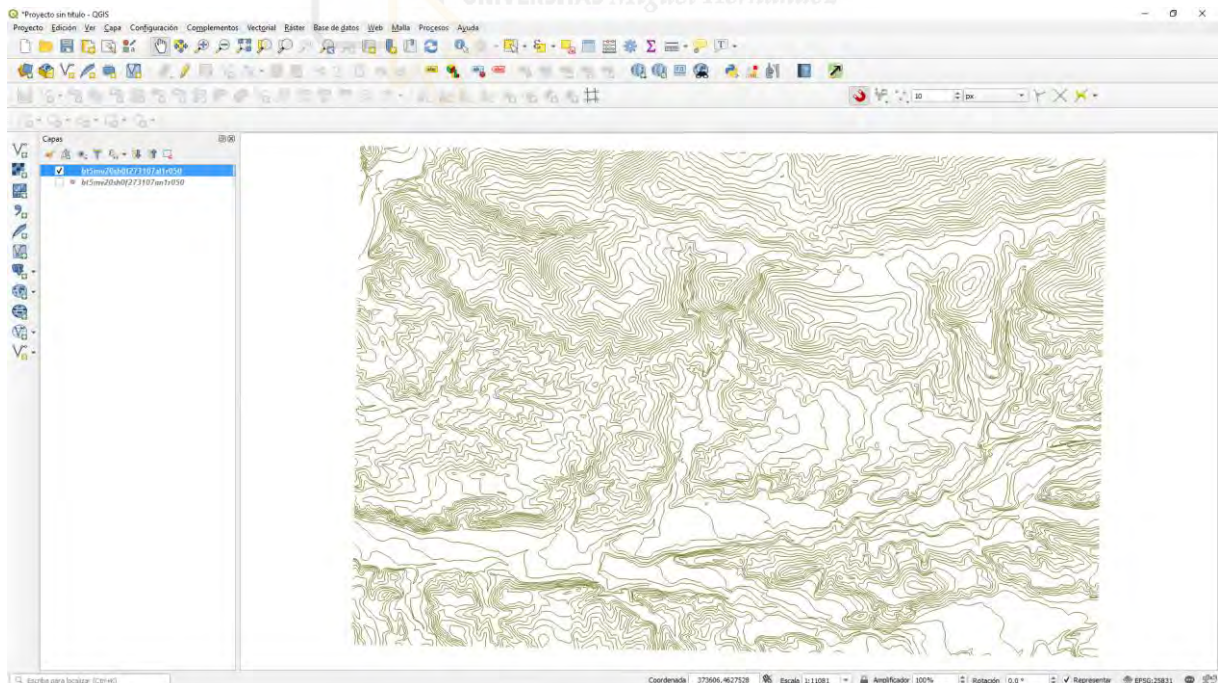
- *bt5mv20sh0f273107a1r050.shp* (vectorial de curvas de nivel).
- *bt5mv20sh0f273107an1r050.shp* (vectorial de puntos con cota).

Obtenidos de la Base topográfica 1:5.000 del Centro de descargas del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

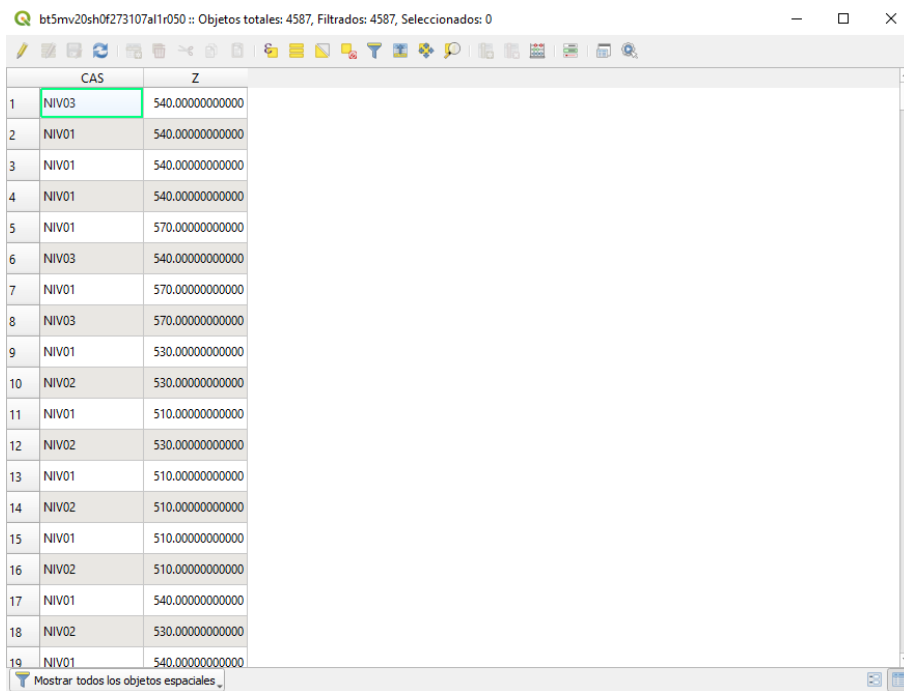
### 1.- CARGAR LAS CAPAS AL PROYECTO

En un nuevo Proyecto de QGIS vamos a trabajar con el Sistema ETRS89/UTM zona 31 (EPSG:25831) y cargamos los dos ficheros vectoriales.

En la Vista tenemos la capa vectorial de las curvas de nivel.

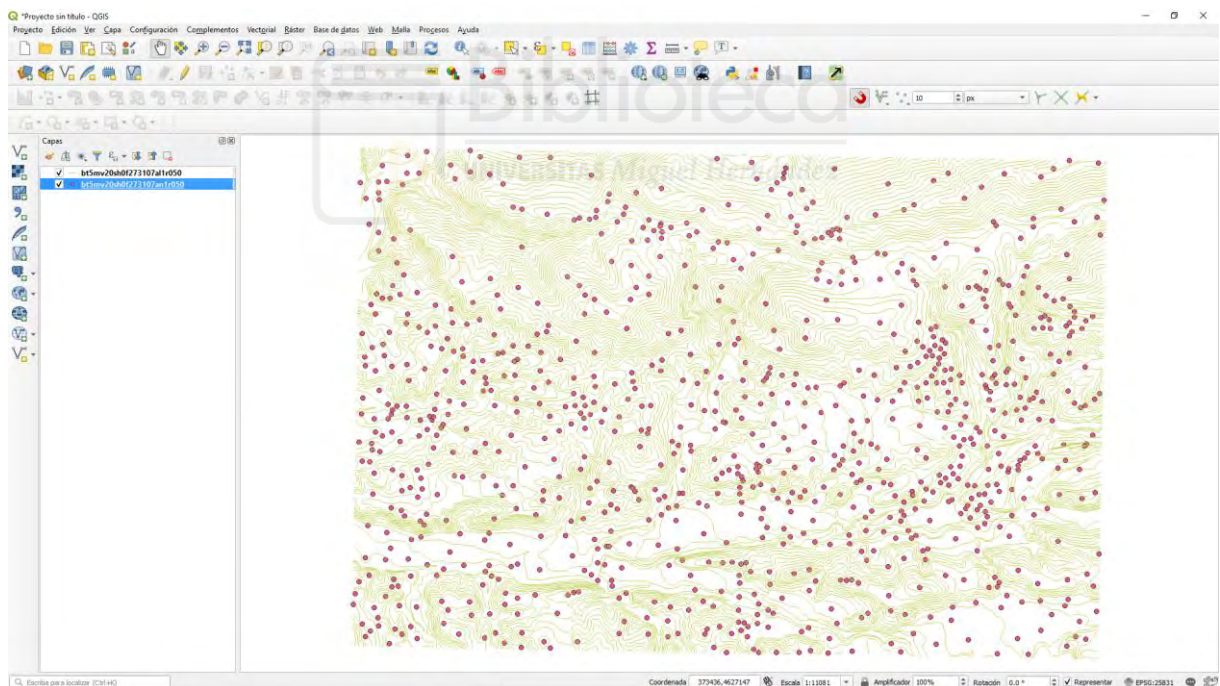


Su Tabla de atributos presenta dos campos, uno de ellos con la elevación Z.

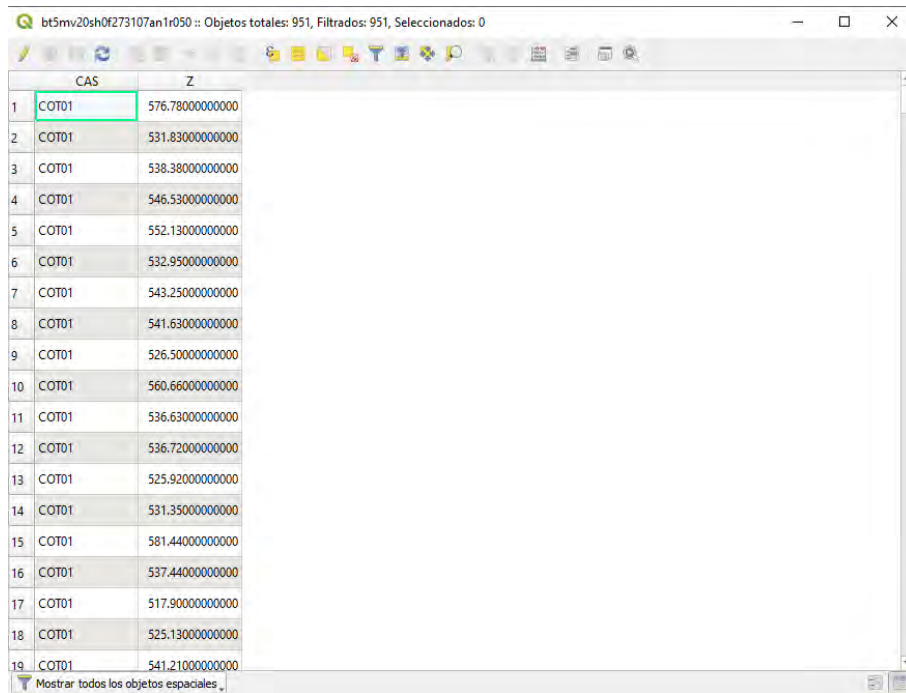


	CAS	Z
1	NIV03	540.000000000000
2	NIV01	540.000000000000
3	NIV01	540.000000000000
4	NIV01	540.000000000000
5	NIV01	570.000000000000
6	NIV03	540.000000000000
7	NIV01	570.000000000000
8	NIV03	570.000000000000
9	NIV01	530.000000000000
10	NIV02	530.000000000000
11	NIV01	510.000000000000
12	NIV02	530.000000000000
13	NIV01	510.000000000000
14	NIV02	510.000000000000
15	NIV01	510.000000000000
16	NIV02	510.000000000000
17	NIV01	540.000000000000
18	NIV02	530.000000000000
19	NIV01	540.000000000000

En la Vista tenemos la capa vectorial de puntos.




Su Tabla de atributos presenta dos campos, uno de ellos con la elevación Z.



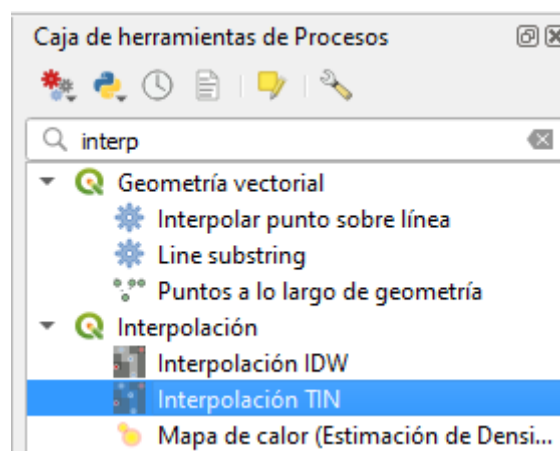
	CAS	Z
1	COT01	576.780000000000
2	COT01	531.830000000000
3	COT01	538.380000000000
4	COT01	546.530000000000
5	COT01	552.130000000000
6	COT01	532.950000000000
7	COT01	543.250000000000
8	COT01	541.630000000000
9	COT01	526.500000000000
10	COT01	560.660000000000
11	COT01	536.630000000000
12	COT01	536.720000000000
13	COT01	525.920000000000
14	COT01	531.350000000000
15	COT01	581.440000000000
16	COT01	537.440000000000
17	COT01	517.900000000000
18	COT01	525.130000000000
19	COT01	541.210000000000

## 2.- INTERPOLACIÓN

Para crear el MDT vamos a utilizar un geoproceso que realice una interpolación lineal empleando la elevación Z de las curvas de nivel y de los puntos de cota.


Abrimos la Caja de herramienta de Procesos  y realizamos la búsqueda introduciendo el texto “*interp*”. En seguida nos aparece el filtrado de la búsqueda y seleccionamos **Interpolación TIN** incluida en el geoproceso de QGIS **Interpolación**.

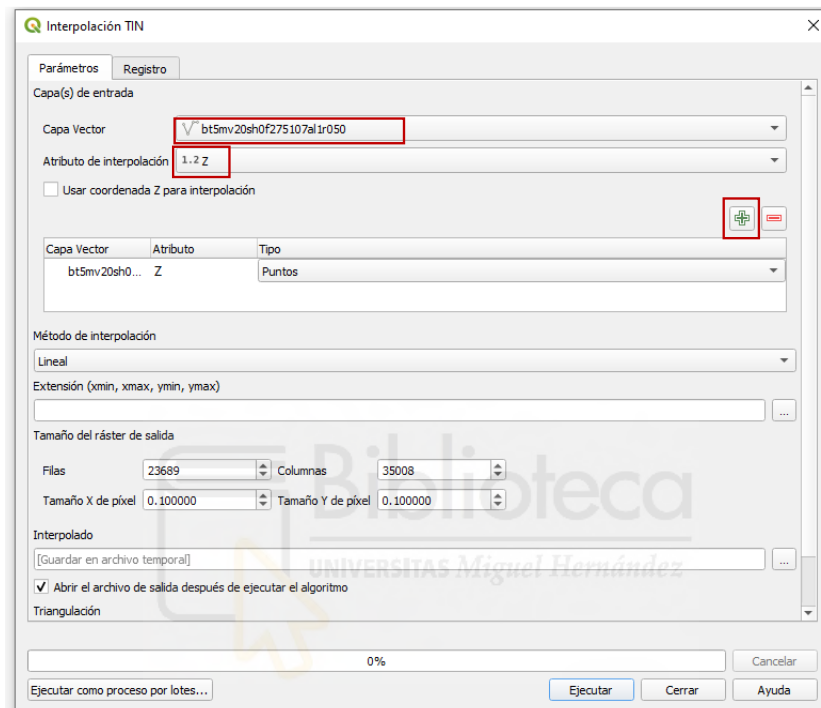
La interpolación TIN es un modelo de interpolación bastante ajustado para los modelos de elevaciones.




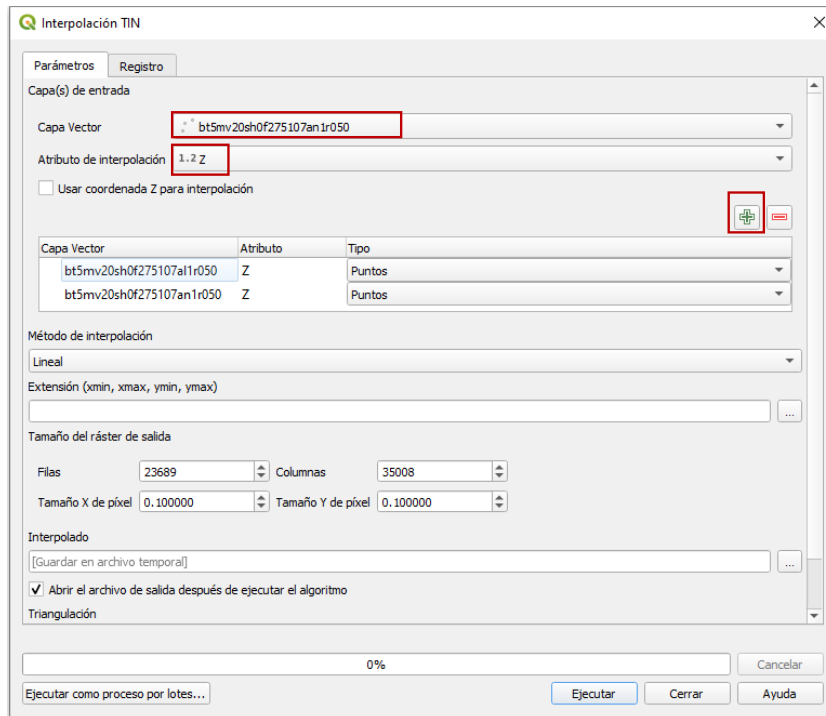
En la ventana de **Interpolación TIN** vamos a seleccionar ambas capas como Capas de entrada.

En primer lugar, seleccionamos la **Capa vector** de curvas de nivel y como **atributo de interpolación** seleccionamos el campo Z.

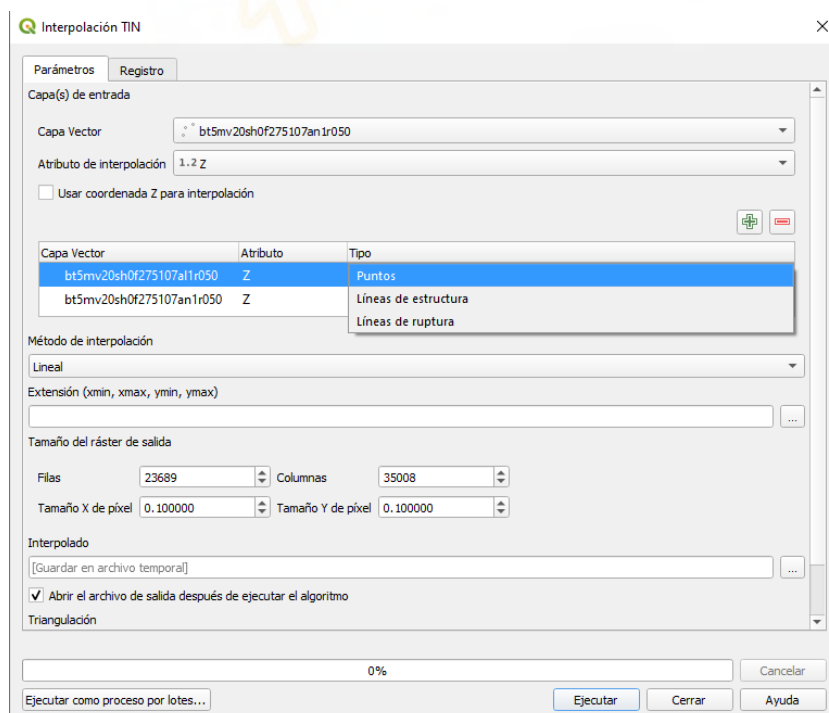
A continuación, hacemos clic en . Se añade a la lista de capas a interpolar.



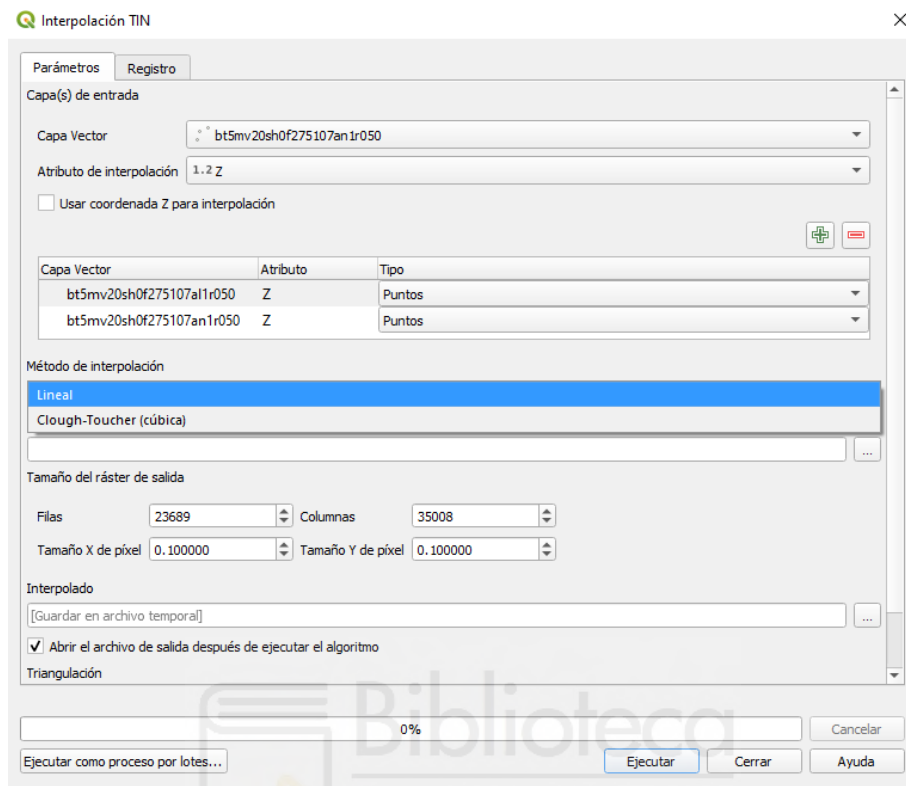
Ahora seleccionamos la **Capa vector** de puntos y como **atributo de interpolación** el campo Z. Volvemos a hacer clic en  y se añade a la lista de capas a interpolar.



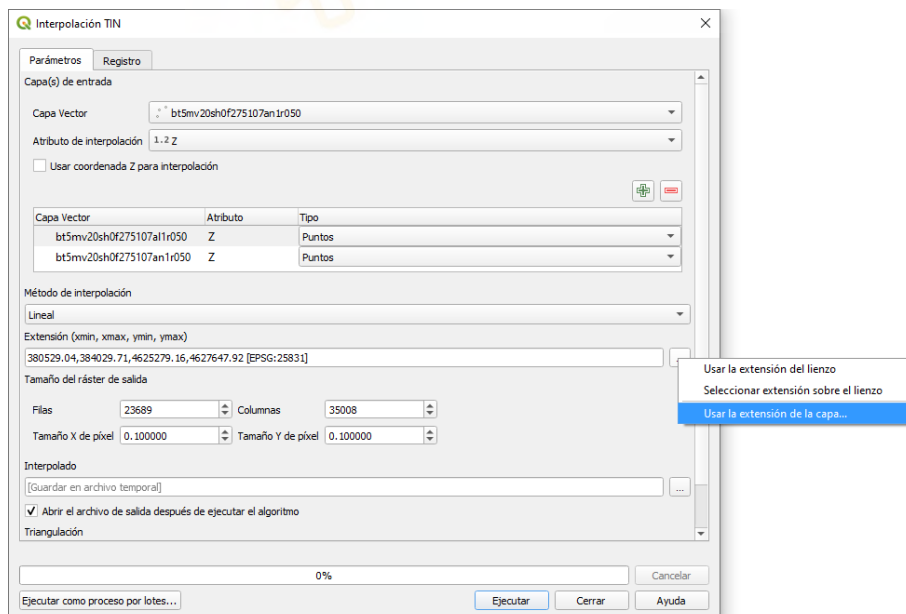
Con las dos capas en la lista de capas a interpolar debemos seleccionar del desplegable el **Tipo** de interpolación. En el caso de la capa de puntos está claro que será del tipo “Puntos”. Pero en el caso de la capa de curvas de nivel, como no se trata de “Líneas de rotura” o “líneas de estructura”, nos interesa que utilice todos los vértices de la línea como si fuesen puntos para interpolar entre ellos. Así que, seleccionamos también “Puntos”.



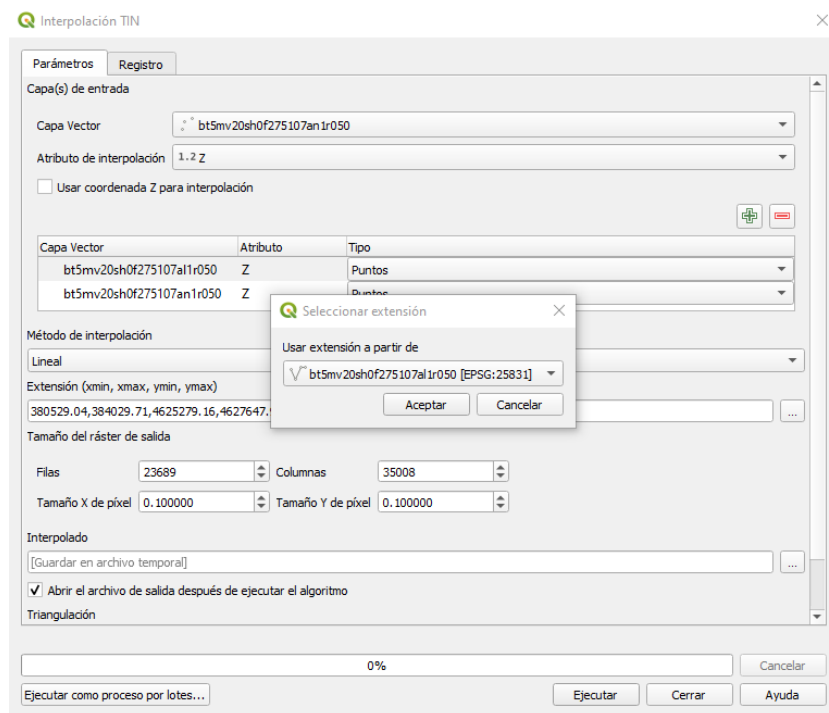
Ahora debemos seleccionar el **Método de interpolación**. En este caso, nos vale con elegir el método *“Lineal”*. En el caso de un terreno con una topografía más irregular, se podría optar por el método *“Cúbico”*.



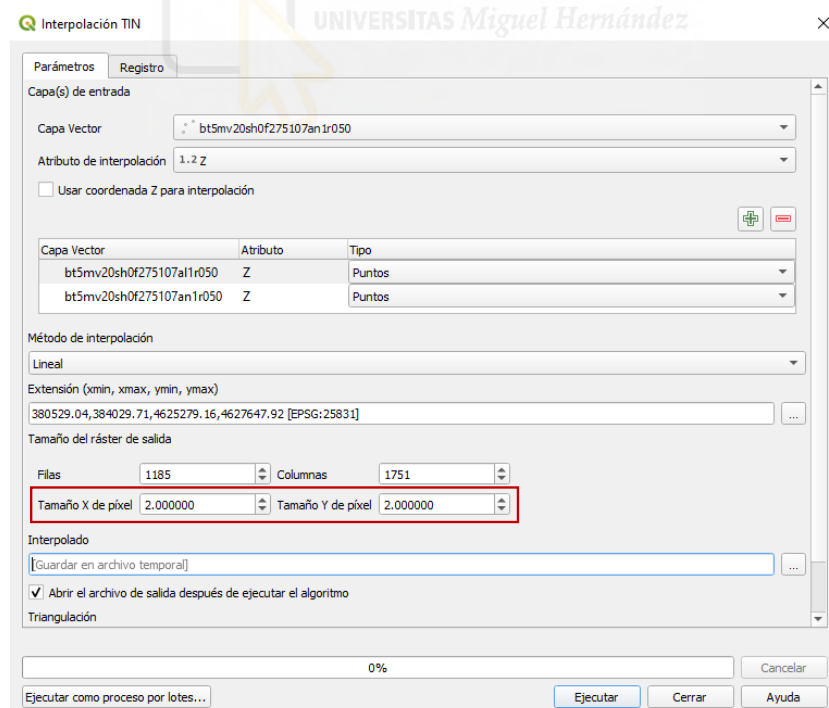
En cuanto a la **Extensión** tenemos varias opciones.



Optamos por usar la extensión de la capa de curvas de nivel, para que interpole en esa extensión.

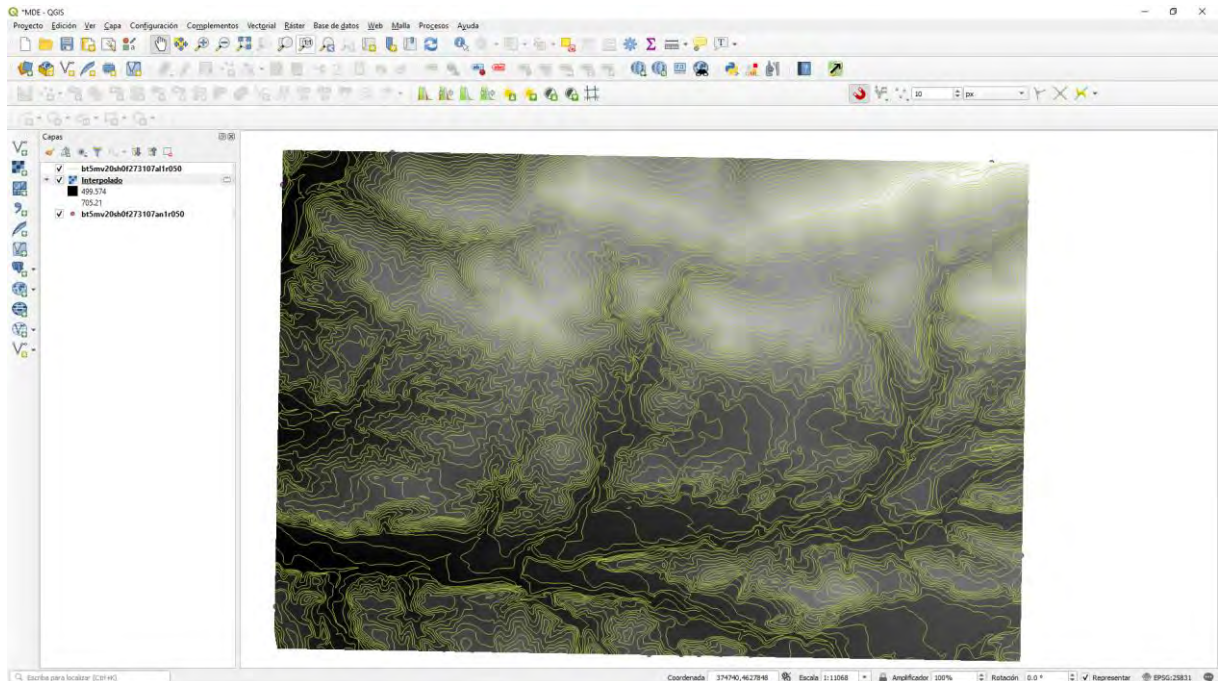


Para el Tamaño del ráster de salida debemos indicar el tamaño del pixel en X e Y. Cuanto más pequeño sea el tamaño mayor tiempo tardará en realizar la interpolación y mayor resolución tendrá el ráster. En este caso optamos por un tamaño de pixel de 2, pudiendo bajar a 1 o a 0,5.

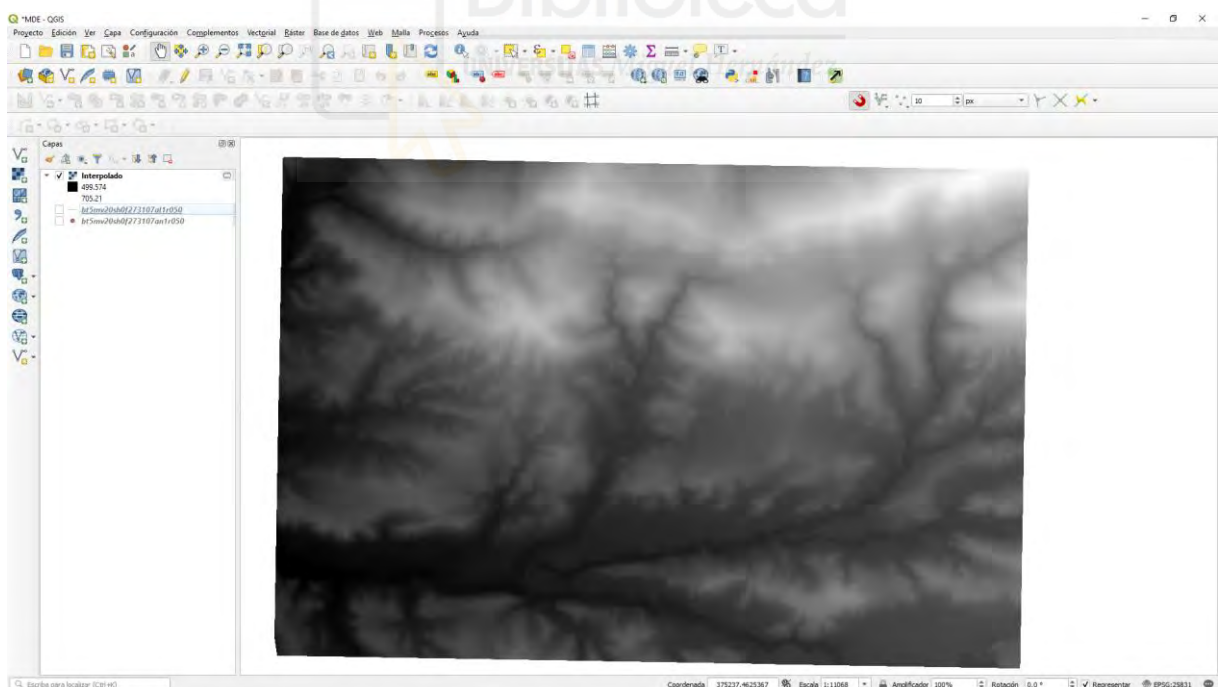


Por último, dejamos que el fichero interpolado se guarde como un archivo temporal y pulsamos en **Ejecutar**.

Al finalizar el geoproceso se crea una nueva capa ráster **“Interpolado”** con la tabla de color por defecto en blanco y negro.

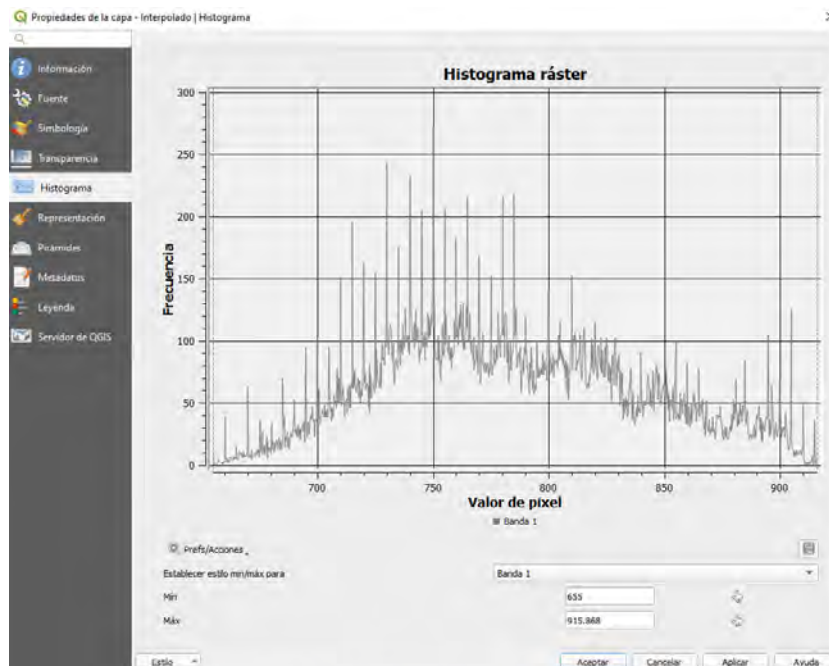


Si desactivamos las curvas de nivel este el aspecto que tiene el ráster interpolado.

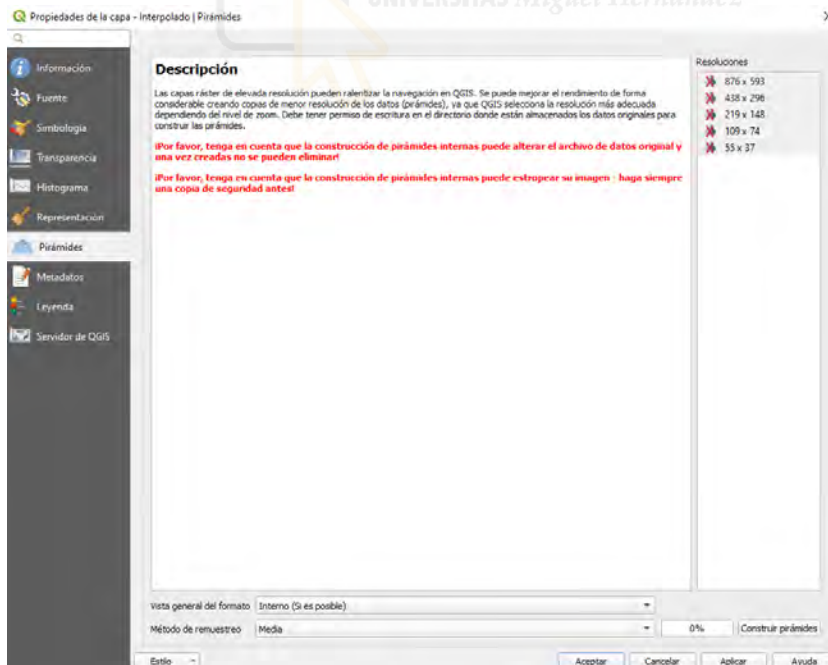


Ahora podemos trabajar con esta capa ráster tal y como se ha descrito en los tutoriales de Modelos Digitales con QGIS y podemos guardarla como un fichero Si desactivamos las curvas de nivel este el aspecto que tiene el ráster interpolado.

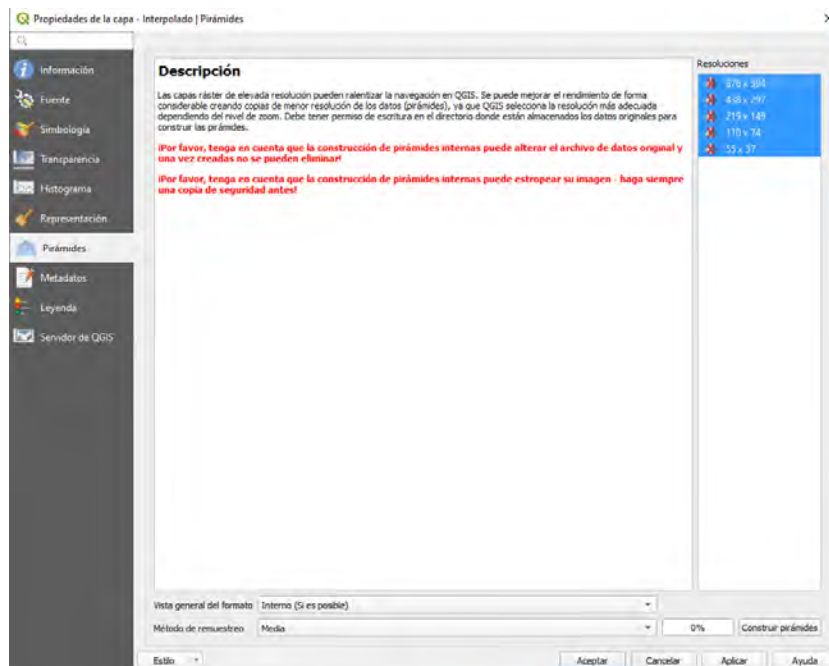
En las **Propiedades de la capa** podemos visualizar el **Histograma** para comprobar la cota mínima y máxima y las frecuencias del valor de cada pixel que representa la cota Z.



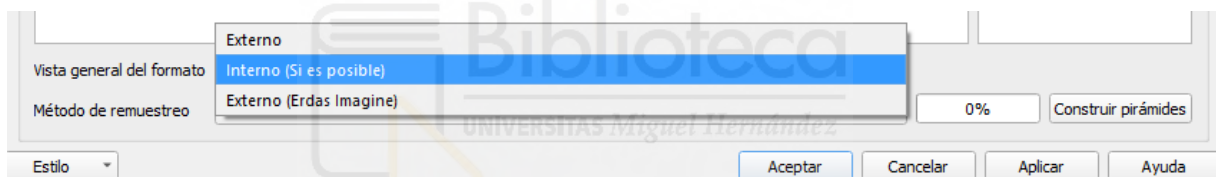
También es importante construir las **Pirámides** del ráster. Esto permitirá que el ráster se mueva mejor por la pantalla de nuestro ordenador.



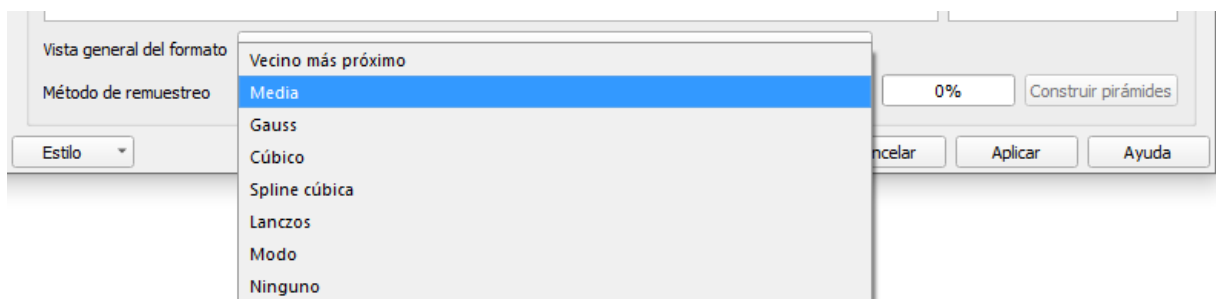
Para ello, seleccionamos las pirámides que están desactivadas.



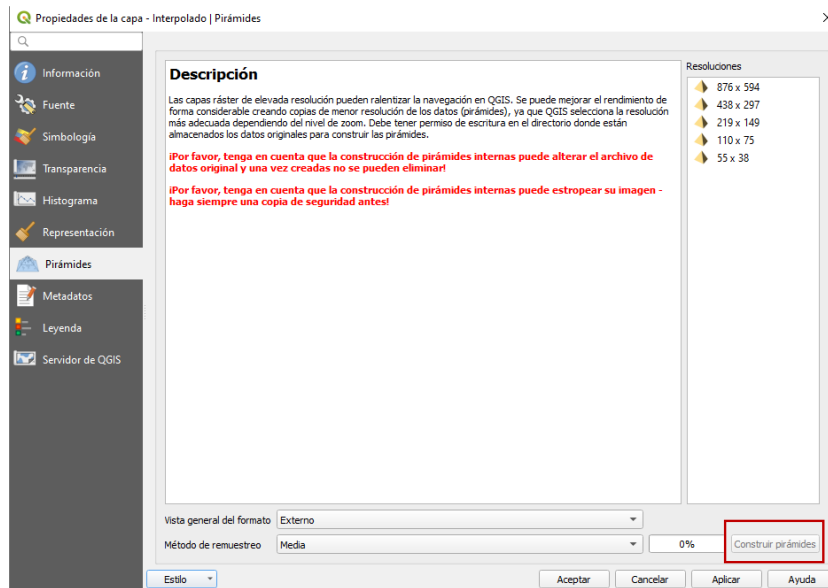
En la **Vista general del formato** seleccionamos Interno.



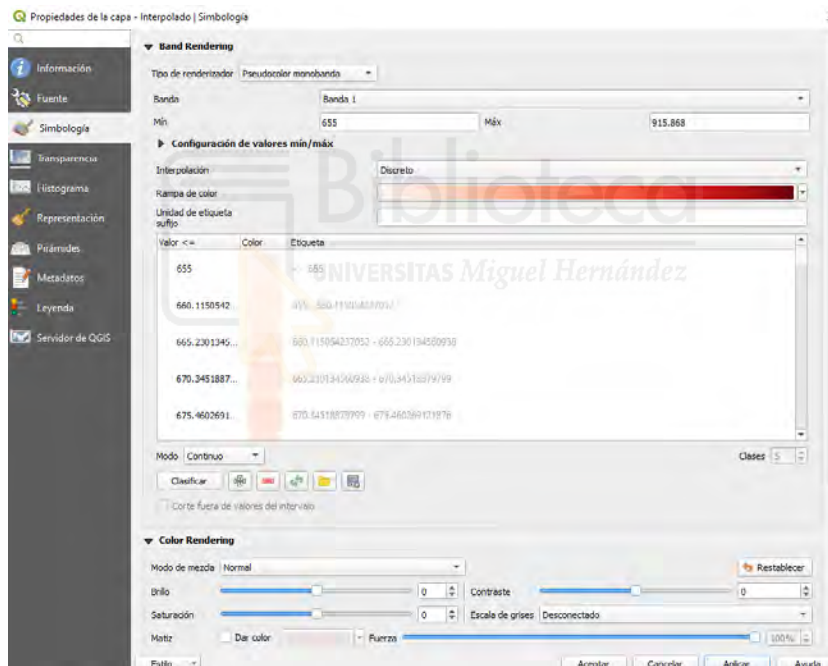
Y en el **Método de remuestreo**, para que vaya más rapidito, seleccionamos Media.



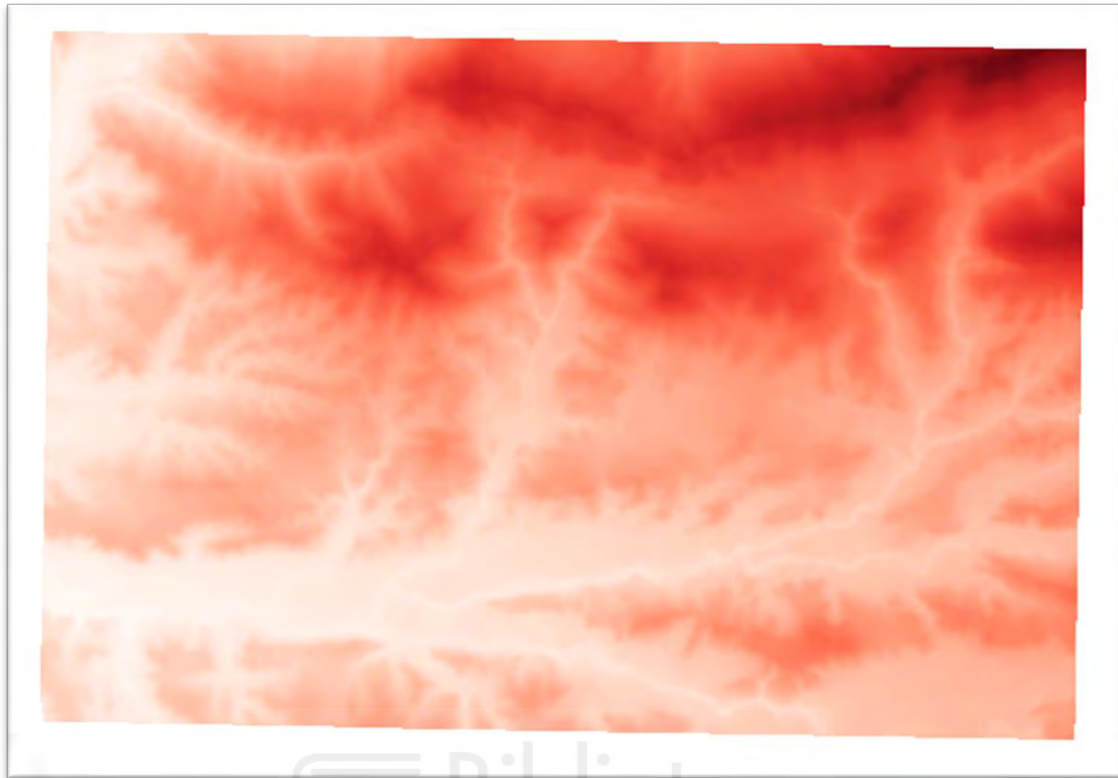
Por último, hacemos clic en Construir pirámides y finaliza el proceso, activándose los iconos de las pirámides. Aplicamos y aceptamos.



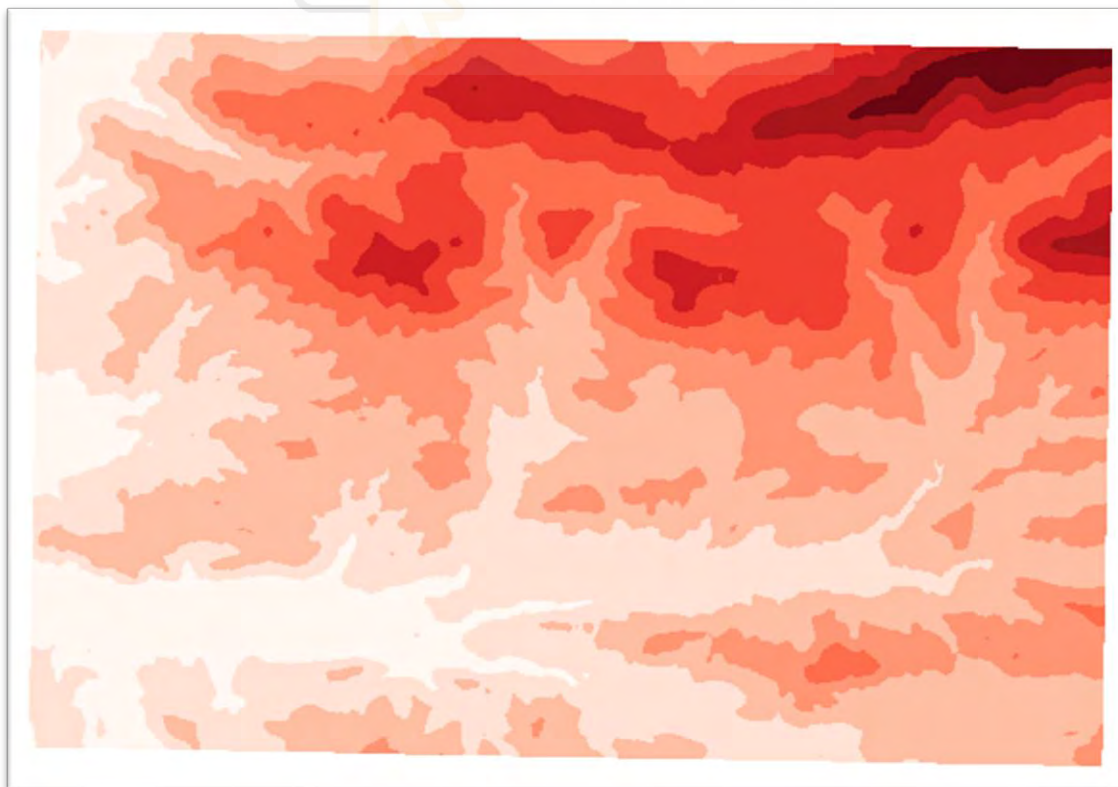
Y en Simbología podemos establecer diferentes estilos de renderizado.



Pseudocolor monobanda Lineal



Pseudocolor monobanda Discreto



ANEXO N°6

TUTORIAL GENERACIÓN DE  
UN MAPA URBANO



**EP SO**

ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE ORIHUELA

## Índice

MAPAS URBANOS CON QGIS.....	3
1.- DESCARGA DE DATOS.....	3
1.1.- Descarga de capa building de Catastro Inspire desde QGIS (recomendado) 3	
1.2.- Descarga de capa <i>building</i> de Catastro Inspire desde ATOM .....	6
1.3.- Descarga de la capa <i>ráster</i> de la altura de las edificaciones desde IGN .....	11
MAPA DE ALTURA DE EDIFICIOS CON QGIS.....	12
3.1.- Llevar el valor de altura a una capa de puntos .....	14
3.2.- Unir la capa de edificios con la capa de puntos que contiene la altura .....	19
3.3.- Representación de la capa .....	21
4.- ANIMACIÓN DE DATOS DE SERIES DE TIEMPO CON QGIS.....	24



## MAPAS URBANOS CON QGIS

### 1.- DESCARGA DE DATOS

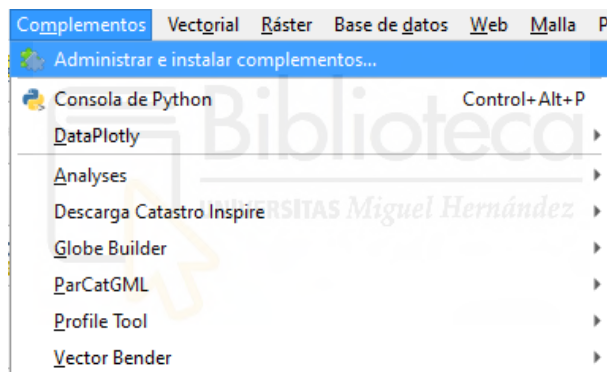
Estas últimas semanas se han hecho virales un conjunto de imágenes visualmente muy atractivas que reflejaban el crecimiento urbano de distintas ciudades españolas, usando los datos geográficos del servicio del Catastro Inspire.

Vamos a realizar un tutorial para obtener estos mapas urbanos partiendo de dos formas diferentes de obtener los datos catastrales, una desde el servicio de descarga ATOM y otra desde el complemento específico para QGIS.

#### 1.1.- Descarga de capa building de Catastro Inspire desde QGIS (recomendado)

Otra forma de acceder a estos datos catastrales, directamente desde QGIS, es utilizando el complemento **Spanish Inspire Cadastral Downloader**

En el menú Complementos<>Administrar e instalar complementos...



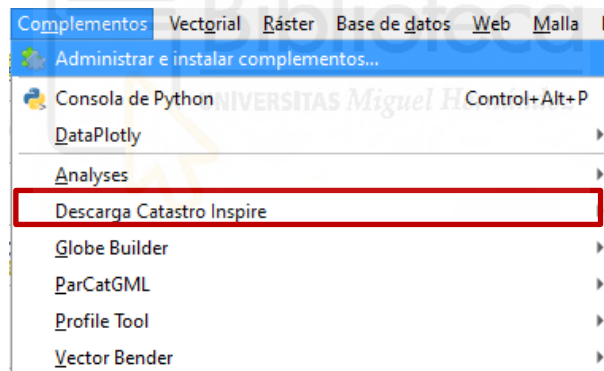
Se abre la ventana de **Complementos**.



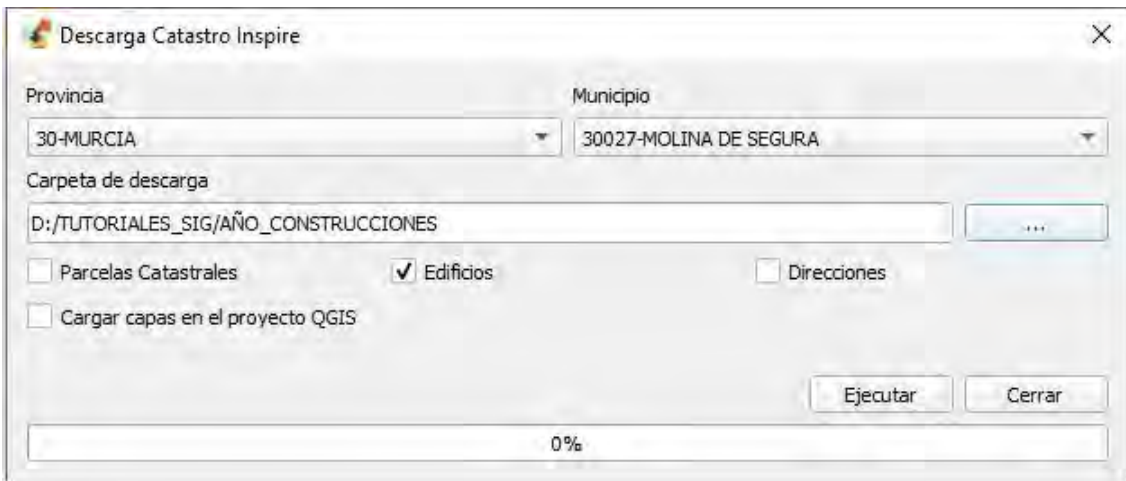
Buscamos el complemento escribiendo las primeras cuatro letras “Span” y aparece en la ventana de la izquierda el complemento filtrado. Hacemos clic en **Instalar complemento**.



Una vez instalado, podemos ejecutarlo desde la barra de herramientas o bien desde el menú **Complementos<>Descarga Catastro Inspire<>Descarga Catastro Inspire**.



En el menú que se abre, seleccionaremos la provincia y municipio (en este tutorial vamos a utilizar la provincia de Murcia y el municipio de Molina de Segura). Seleccionamos una carpeta de descarga y marcamos la casilla **Edificios**:



Comienza el proceso de descarga en la carpeta especificada de nuestro PC.

En la ruta especificada se ha creado una carpeta con el código del municipio, denominada **30027** con los siguientes ficheros, uno comprimido en formato ZIP y el resto sueltos:

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
30027-MOLINA DE SEGURA_Buildings.zip	30/05/2022 10:58	Archivo WinRAR Z...	9,272 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.building.geojson	30/05/2022 10:58	Archivo GEOJSON	31,551 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.building.gfs	30/05/2022 10:58	Archivo GFS	5 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.building.gml	30/05/2022 10:58	Archivo GML	78,139 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.buildingpart.geojson	30/05/2022 10:58	Archivo GEOJSON	62,825 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.buildingpart.gfs	30/05/2022 10:58	Archivo GFS	3 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.buildingpart.gml	30/05/2022 10:58	Archivo GML	160,984 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.otherconstruction.geojson	30/05/2022 10:58	Archivo GEOJSON	4,541 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.otherconstruction.gfs	30/05/2022 10:58	Archivo GFS	2 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.otherconstruction.gml	30/05/2022 10:58	Archivo GML	9,961 KB
A.ES.SDGC.BU.MD.30027.xml	30/05/2022 10:58	Documento XML	20 KB

El contenido del fichero **30027-MOLINA DE SEGURA\_Buildings.zip** de Edificios es el mismo que hemos obtenido desde el Servicio ATOM:

- A.ES.SDGC.BU.MD.30027.xml: Fichero de metadatos.
- A.ES.SDGC.BU.30027.building.gml: Fichero GML de edificios.
- A.ES.SDGC.BU.30027.buildingpart.gml: Fichero GML de partes de edificio.
- A.ES.SDGC.BU.30027.otherconstruction.gml: Fichero GML de otras construcciones (piscinas).

Pero el archivo que nos interesa será el archivo suelto **A.ES.SDGC.BU.30027.building.geojson**.

## 1.2.- Descarga de capa *building* de Catastro Inspire desde ATOM

Los servicios ATOM son ficheros publicados en la red con una estructura específica XML que los navegadores identifican como ATOM y muestra sus contenidos con un estilo propio que añade funcionalidad al servicio.

No todos los navegadores permiten esta funcionalidad. Antes de su desaparición, **Internet Explorer** permitía el acceso mediante un entorno de página que incorporaba hipervínculos para la descarga, además de opciones de filtrado por texto y ordenación por fecha y título.

Actualmente, es necesario realizar un proceso de instalación de una extensión en un navegador web (como puede ser Chrome).

El proceso de instalación de una extensión en un navegador web suele consistir en 3 pasos:

- Acceder al repositorio de extensiones del navegador.
- Seleccionar la extensión a instalar.
- Instalar la extensión.

En el anexo final de este tutorial se adjunta el documento “Instalación de un cliente Atom como extensión en navegadores web” publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



Servicios ATOM de conjuntos de datos predefinidos INSPIRE

Estos servicios permiten la descarga completa por municipios de los diferentes conjuntos de datos INSPIRE. Los datos se actualizan 2 veces al año.

Descripción del servicio



ATOM de parcela catastral (CP)

.../INSPIRE/CadastralParcels/ES.SDGC.CP.atom.xml

XML con los METADATOS



ATOM de direcciones (AD)

.../INSPIRE/Addresses/ES.SDGC.AD.atom.xml

XML con los METADATOS



ATOM de Edificios (BU)

.../INSPIRE/buildings/ES.SDGC.BU.atom.xml

XML con los METADATOS

Este servicio web proporciona la siguiente información como archivos en formato GML versión 3.2.1:

- Servicio ATOM de Parcela Catastral (CP):

<https://www.catastro.hacienda.gob.es/INSPIRE/CadastralParcels/ES.SDGC.CP.atom.xml>

- Servicio ATOM de Direcciones (AD):

<https://www.catastro.hacienda.gob.es/INSPIRE/Addresses/ES.SDGC.AD.atom.xml>

- Servicio ATOM de Edificios (BU):

<https://www.catastro.hacienda.gob.es/INSPIRE/buildings/ES.SDGC.BU.atom.xml>

Abrimos el navegador Chrome y entramos con la URL del servicio ATOM de **Edificios (BU)**. Se establecen 2 niveles de acceso para llegar a la descarga de los datos de un término municipal.

El primer acceso muestra entradas por cada gerencia territorial e incluye un listado de los términos municipales. Buscamos la gerencia territorial de Murcia y hacemos clic en el enlace.

Download service of Buildings. Territorial Office

Suscribirse

<b>Territorial office 02 Albacete</b> Suscribirse	<b>Territorial office 03 Alicante</b> Suscribirse	<b>Territorial office 04 Almería</b> Suscribirse	<b>Territorial office 05 Avila</b> Suscribirse	<b>Territorial office 06 Badajoz</b> Suscribirse
<b>Territorial office 07 Baleares</b> Suscribirse	<b>Territorial office 08 Barcelona</b> Suscribirse	<b>Territorial office 09 Burgos</b> Suscribirse	<b>Territorial office 10 Cáceres</b> Suscribirse	<b>Territorial office 11 Cádiz</b> Suscribirse

Download service of Building. Territorial Office 30 - Murcia

Suscribirse

<b>30001-ABANILLA buildings</b> Suscribirse	<b>30002-ABARAN buildings</b> Suscribirse	<b>30003-AGUILAS buildings</b> Suscribirse	<b>30004-ALBUDEITE buildings</b> Suscribirse	<b>30005-ALCANTARILLA buildings</b> Suscribirse
<b>30006-ALEDO buildings</b> Suscribirse	<b>30007-ALGUAZAS buildings</b> Suscribirse	<b>30008-ALHAMA DE MURCIA buildings</b> Suscribirse	<b>30009-ARCHENA buildings</b> Suscribirse	<b>30010-BENIEL buildings</b> Suscribirse
<b>30011-BLANCA buildings</b> Suscribirse	<b>30012-BULLAS buildings</b> Suscribirse	<b>30013-CALASPARRA buildings</b> Suscribirse	<b>30014-CAMPOS DEL RIO buildings</b> Suscribirse	<b>30015-CARAVACA DE LA CRUZ buildings</b> Suscribirse
<b>30017-CEHEGIN buildings</b> Suscribirse	<b>30018-CEUTI buildings</b> Suscribirse	<b>30019-CIEZA buildings</b> Suscribirse	<b>30020-FORTUNA buildings</b> Suscribirse	<b>30022-JUMILLA buildings</b> Suscribirse
<b>30038-LAS TORRES DE COTILLAS buildings</b> Suscribirse	<b>30023-LIBRILLA buildings</b> Suscribirse	<b>30024-LORCA buildings</b> Suscribirse	<b>30025-LORQUI buildings</b> Suscribirse	<b>30045-LOS ALCAZARES buildings</b> Suscribirse

Buscamos el municipio que nos interesa (Molina de Segura) y hacemos clic en el enlace **30027-MOLINA DE SEGURA buildings**. Se procede a la descarga del fichero comprimido "A.ES.SDGC.BU.30027.zip".



Comienza el proceso de descarga en la carpeta especificada de nuestro PC.

Abriendo la carpeta de ubicación encontramos el fichero comprimido **A.ES.SDGC.BU.30027.zip**.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
A.ES.SDGC.BU.30027.zip	17/12/2023 17:16	Archivo WinRAR Z...	9,119 KB

El contenido del fichero ZIP de Edificios es el siguiente:

- A.ES.SDGC.BU.MD.30027.xml: Fichero de metadatos.
- A.ES.SDGC.BU.30027.building.gml: Fichero GML de edificios.
- A.ES.SDGC.BU.30027.buildingpart.gml: Fichero GML de partes de edificio.
- A.ES.SDGC.BU.30027.otherconstruction.gml: Fichero GML de otras construcciones (piscinas).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
A.ES.SDGC.BU.30027.building.gml	26/08/2023 8:53	Archivo GML	77,946 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.buildingpart.gml	26/08/2023 8:53	Archivo GML	161,462 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.otherconstruction.g...	26/08/2023 8:53	Archivo GML	9,884 KB
A.ES.SDGC.BU.MD.30027.xml	26/08/2023 8:53	Microsoft Edge H...	20 KB

**AVISO: en caso de problemas con el servicio ATOM en los navegadores actuales, proceder según se indica a continuación:**

Debido a que el estándar Atom se basa en XML, es recomendable usar un cliente que interprete su contenido y lo muestre de forma amigable para facilitar su uso. Al ser Atom un formato de uso en la web, dicho cliente solía estar integrado en los navegadores web, de los que MS Internet Explorer 11 sigue siendo un caso aún vigente. Sin embargo, los navegadores actuales, como Chrome, Edge, Firefox o Safari, ya no lo incorporan, por lo que se requiere la instalación de una extensión que añada esa funcionalidad al navegador (Instalación de un cliente Atom como extensión en navegadores web).

¿Cómo descargar cartografía de parcelas desde servicios ATOM?

Hacemos clic en el enlace del servicio ATOM de edificios (BU):



Servicios ATOM de conjuntos de datos predefinidos INSPIRE

Estos servicios permiten la descarga completa por municipios de los diferentes conjuntos de datos INSPIRE. Los datos se actualizan 2 veces al año.

Descripción del servicio



**ATOM de parcela catastral (CP)**  
..INSPIRE/Cadastra/Parcela/ES\_SDGC/CP.atom.xml  
XML con los METADATOS



**ATOM de direcciones (AD)**  
..INSPIRE/Adreses/ES\_SDGC/AD.atom.xml  
XML con los METADATOS



**ATOM de Edificios (BU)**  
..INSPIRE/buildings/ES\_SDGC/BU.atom.xml  
XML con los METADATOS

<https://www.catastro.hacienda.gov.es/INSPIRE/buildings/ES.SDGC.BU.atom.xml>

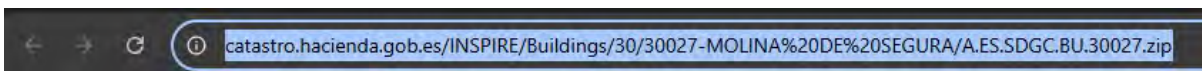
Accedemos a la página con los XML de todas las provincias con sus municipios.



En primer lugar, debemos seleccionar el **XML** de la provincia a la que pertenece el municipio que queremos descargar (en este ejemplo, MURCIA).



Al ejecutar, se nos descarga un fichero **ZIP** con los edificios del municipio de Molina de Segura.



Una vez descargado, tenemos el fichero comprimido .ZIP



Una vez descomprimido, tenemos la carpeta **A.ES.SDGC.BU.30027** con los ficheros.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
A.ES.SDGC.BU.30027.building.gml	21/09/2024 2:24	Archivo GML	78,166 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.buildingpart.gml	21/09/2024 2:24	Archivo GML	153,612 KB
A.ES.SDGC.BU.30027.otherconstruction.gml	21/09/2024 2:24	Archivo GML	10,172 KB
A.ES.SDGC.BU.MD.30027.xml	21/09/2024 2:24	Microsoft Edge HT...	20 KB

### 1.3.- Descarga de la capa ráster de la altura de las edificaciones desde IGN

El Instituto Geográfico Nacional, a través del Centro Nacional de Información Geográfica pone a nuestra disposición un Modelo Digital de Superficies Edificación. Este modelo digital de superficies normalizado contiene la clase edificación correspondiente a la 1ª Cobertura con paso de malla de 2,5 m. Alturas normalizadas, referidas al nivel del suelo.

Podemos acceder a la descarga en el apartado **MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES**:

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/modelos-digitales-elevaciones>

**Modelo Digital de Superficies Edificación - MDSnE2,5 1ª Cobertura**

**Descripción:** Modelo digital de superficies normalizado de la clase edificación correspondiente a la 1ª Cobertura con paso de malla de 2,5 metros.

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

[Ver producto](#) [Buscar en mapa](#)

Desde aquí podemos seleccionar la opción «Ver producto» y filtrar nuestro municipio (Molina de Segura).

Modelo digital de superficies normalizado de la clase edificación correspondiente a la 1ª Cobertura con paso de malla de 2,5 metros.

Se ha obtenido por interpolación de la altura relativa al suelo a partir de la clase edificación de vuelos LIDAR de la primera cobertura del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), a excepción de las hojas de Ceuta, Melilla e Isla de Alborán (1110, 1111, 1070E). A diferencia de otros modelos digitales de elevaciones en los que se almacenan altitudes ortométricas, en este producto se rasterizan las alturas relativas al suelo de la clase edificación (sienta) de los archivos LAS correspondientes a la primera cobertura del proyecto PNOA\_LIDAR.

Sistema de Referencia Geodésico: ETRS89 en la Península y en las Baleares, y REGCAN15 en Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. Alturas normalizadas, referidas al nivel del suelo.

Unidad de descarga: Hoja del MTN50.

Formato: COG (Cloud Optimized GeoTIFF).

Más información | Licencia | Necesidades

Total ficheros Modelo Digital de Superficies Edificación – MDSnE2,5 1ª Cobertura : 4

Filtrar

Municipio: Molina de Segura (Murcia) x

Nombre	Formato	Fecha	Resolución	MB	Acciones	Descarga
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0891-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	4.20		
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0892-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	4.30		
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0912-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	7.77		
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0913-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	12.57		

Seleccionar todos | Quitar todos

Buscar en mapa

Inspeccionar resultados

De los 4 productos filtrados, procedemos a descargar el archivo ráster **NDSM-Edificacion-ETRS89-H30-0912-COB1.TIF**. En este caso corresponde a la hoja 912 del MTN50.

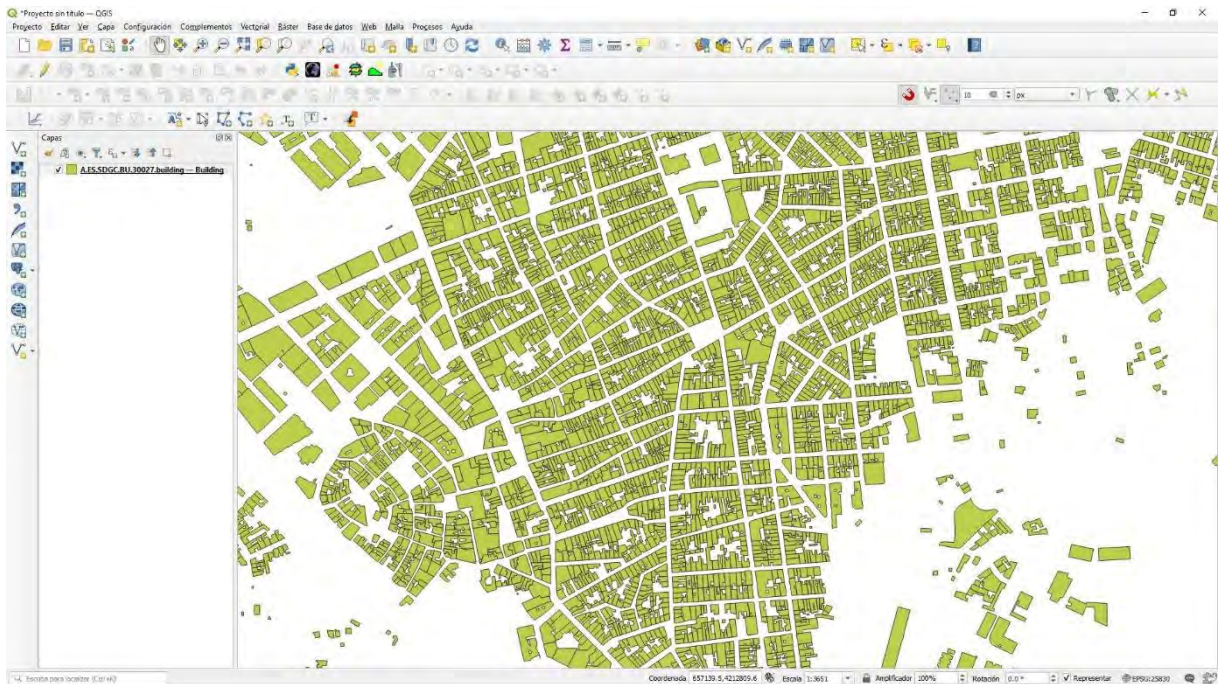
Municipio: Molina de Segura (Murcia) x

Nombre	Formato	Fecha	Resolución	MB	Acciones	Descarga
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0891-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	4.20		
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0892-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	4.30		
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0912-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	7.77		
NDSM-EDIFICACION-ETRS89-H30-0913-COB1.TIF	COG	2009	Resolución 2,50 M	12.57		

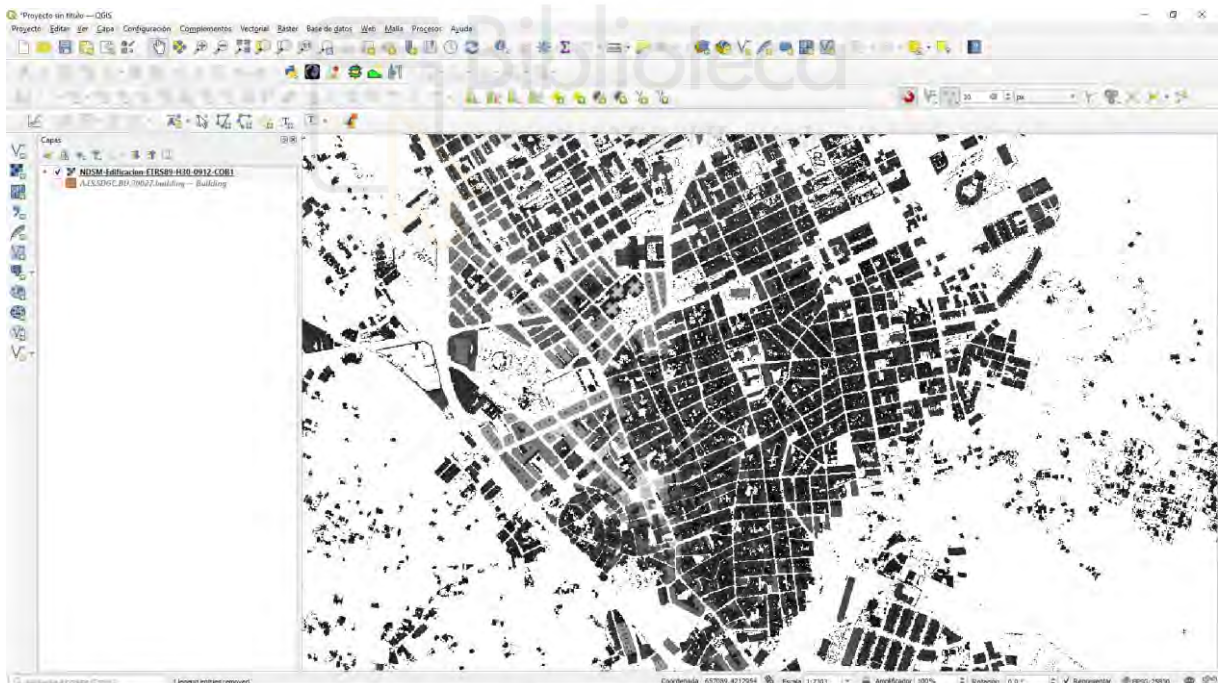
## MAPA DE ALTURA DE EDIFICIOS CON QGIS

En un nuevo Proyecto de QGIS añadimos la capa vectorial *A.ES.SDGC.BU.30027.building.geojson*:

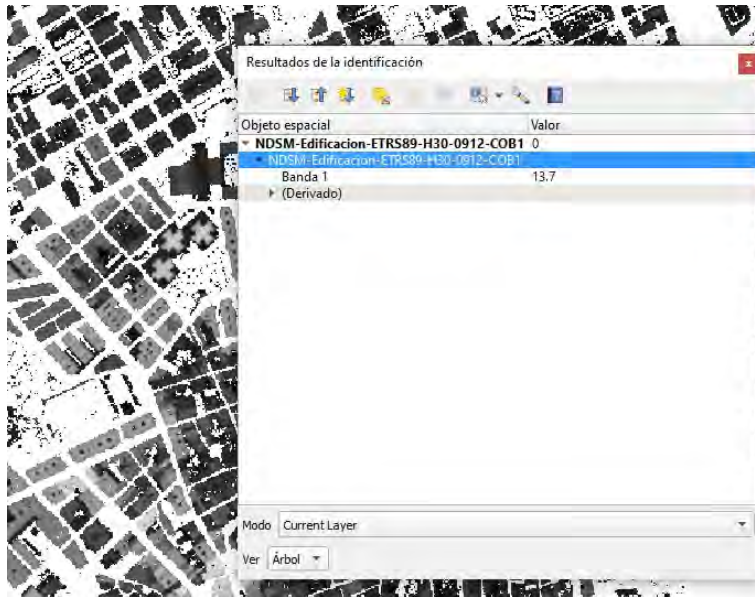




Añadimos el archivo ráster del *Modelo Digital de Superficies de Edificación* descargado anteriormente.



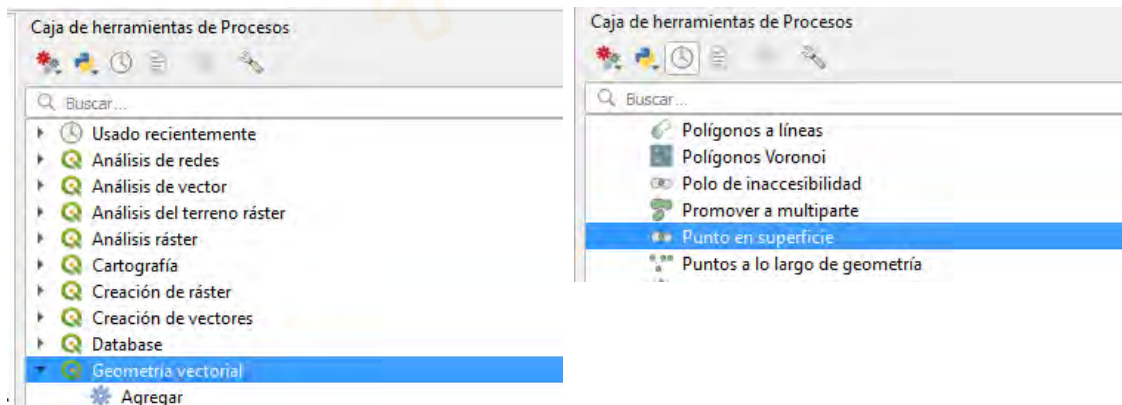
Si hacemos clic con el botón de información veremos que el valor de altura se guarda en la banda 1:



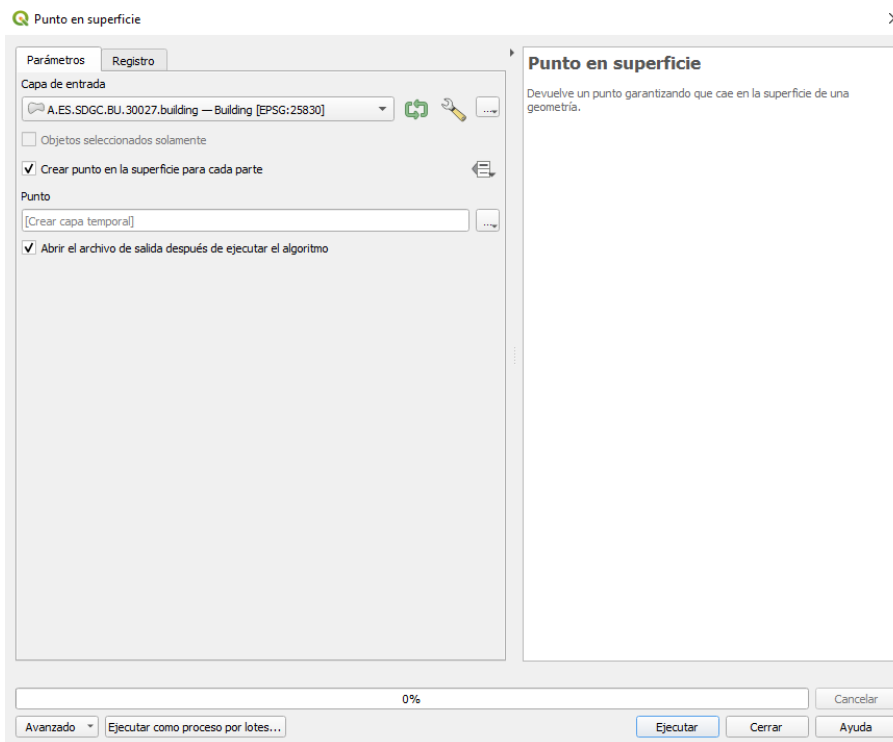
### 3.1.- Llevar el valor de altura a una capa de puntos

El siguiente paso es **convertir la capa de edificios a puntos** para poder asignar posteriormente el valor de altura a la capa de puntos.

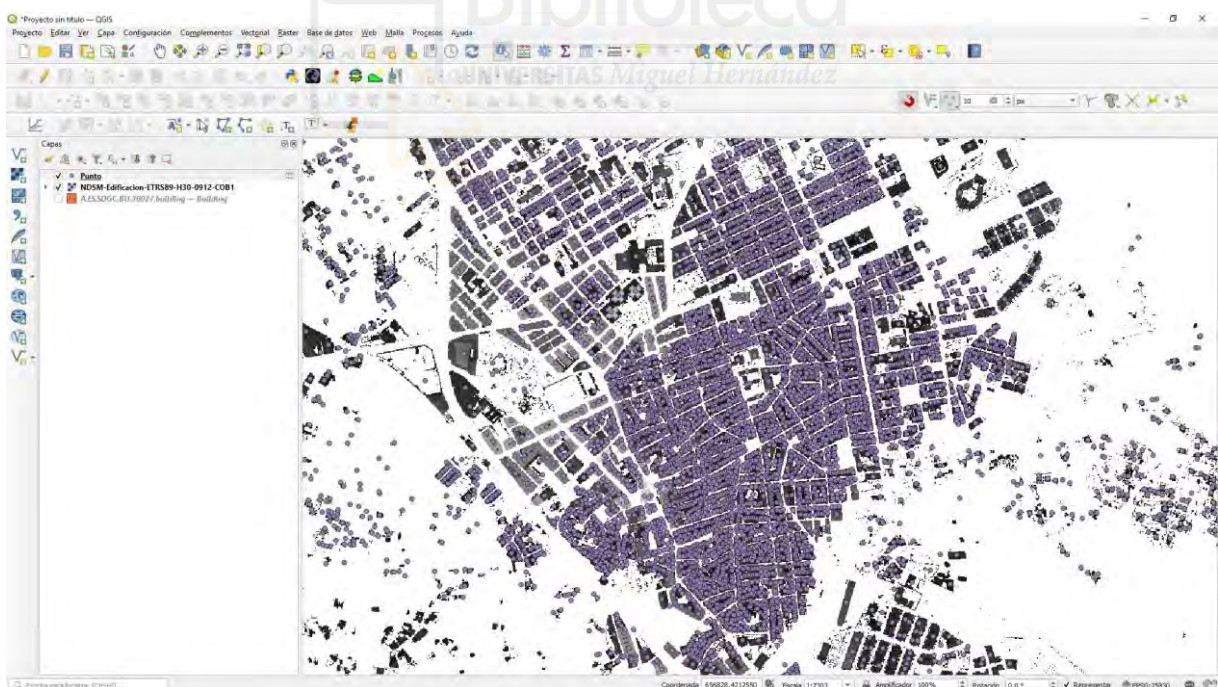
Utilizaremos la herramienta Punto en superficie (*PointOnSurface*), de este modo nos garantizamos que todos los puntos estarán encima de los edificios. Para abrir la herramienta vamos a la **Caja de herramientas de Procesos <> Geometría vectorial <> Punto en superficie**.



Basta con indicar que la capa de entrada es la capa de edificios y activar **Crear punto en la superficie para cada parte**:



Ejecutamos el algoritmo y se creará una nueva capa temporal de puntos. De momento no tiene ningún atributo.



A continuación, vamos a vincular el valor de altura del ráster a cada punto.

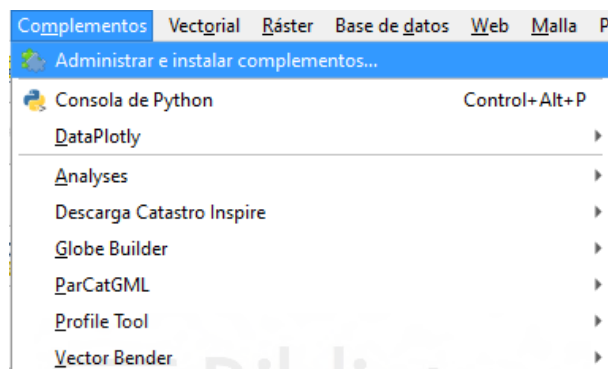
Para ello, vamos a utilizar el plugin **Point Sampling Tool**.

El plugin *Point Sampling Tool* es capaz de recopilar atributos de una capa vectorial de tipo polígono o valores de una imagen ráster a partir de una serie de puntos de muestreo.

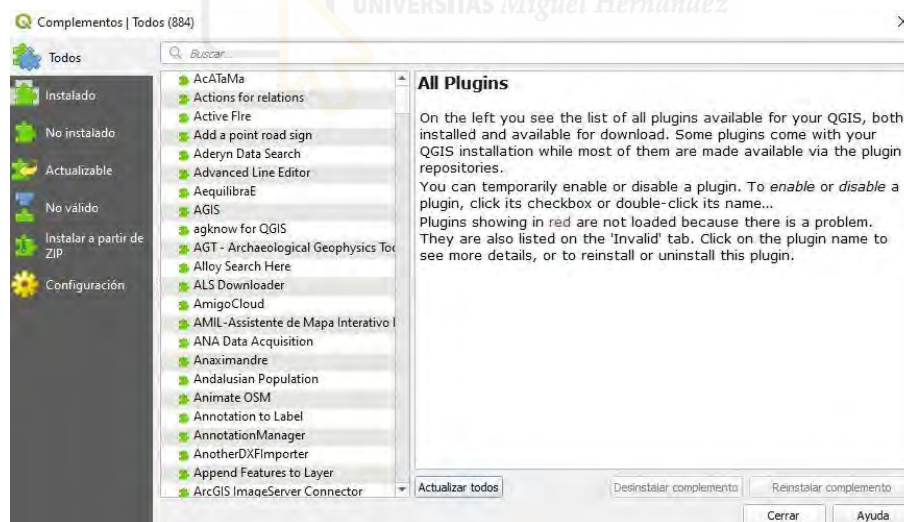
Este plugin crea una nueva capa de puntos en la que se guardarán los atributos o valores tomados de un ráster o capa vectorial de tipo polígono. En nuestro caso, los valores de altura de un MDS.

El plugin *Point Sampling Tool* puede descargarse e instalarse desde el Administrador de complementos de QGIS, a través del menú Complementos.

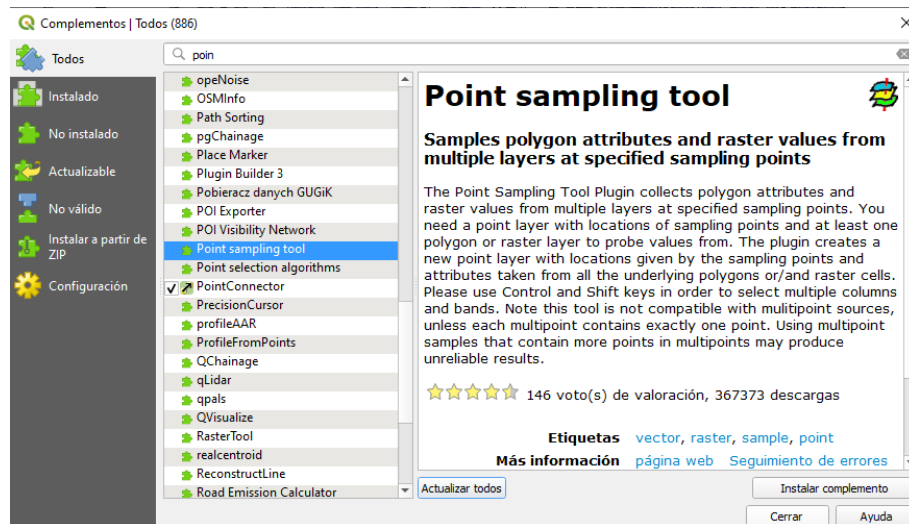
En el menú Complementos<>Administrar e instalar complementos...




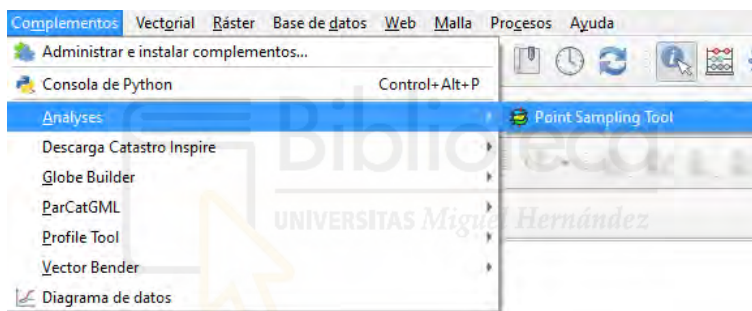
Se abre la ventana de **Complementos**.



Buscamos el complemento escribiendo las primeras cuatro letras “poin” y aparece en la ventana de la izquierda el complemento filtrado. Hacemos clic en **Instalar complemento**.



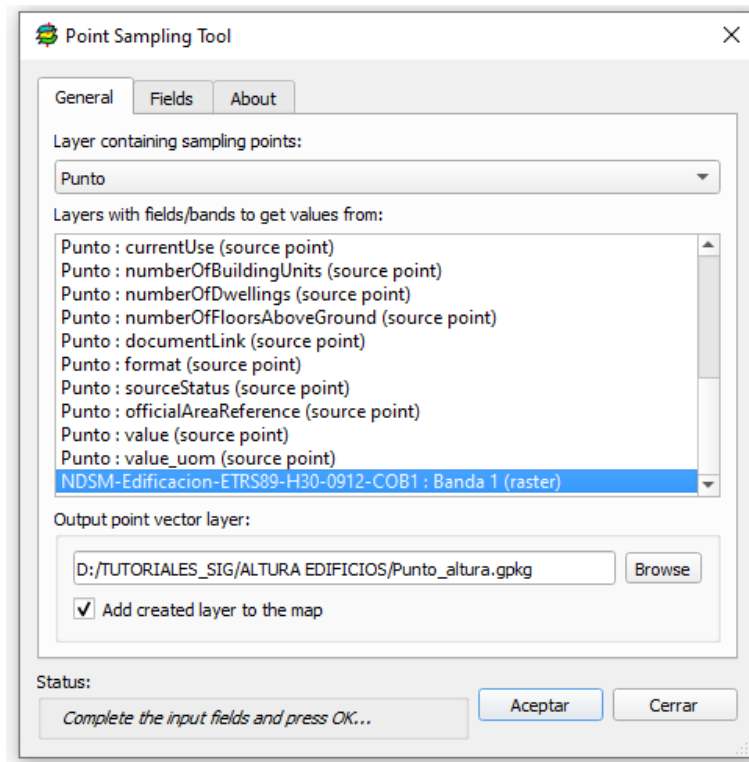
Una vez instalado, podemos ejecutarlo desde la barra de herramientas  o podemos encontrar el plugin en el menú **Complementos > Analyses > Point Sampling Tool**.



En la ventana de la herramienta debemos de especificar los siguientes parámetros:

- **Layer containing sampling points:** indica aquí la capa vectorial (**Punto**) de tipo punto con los centroides de los edificios.
- **Layers with fields/bands to get values from:** Indica aquí el ráster del que queremos extraer los valores de celda, es decir, el MDS de edificaciones.
- **Output point vector layer:** guarda el resultado como **Punto\_altura** en formato GeoPackage.

Puedes marcar la casilla **Add created layer to the map** para que se añada el resultado de forma automática a QGIS una vez ejecutado y finalizado el proceso.



Pulsa el botón **Aceptar** para iniciar la ejecución del algoritmo.

Una vez se añade el resultado a la interfaz de QGIS, accede a la tabla de atributos para comprobar que el proceso se ha realizado con éxito.

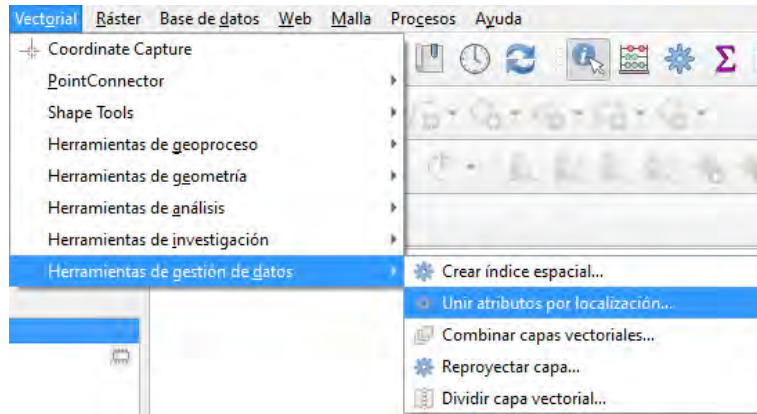
Punto\_altura.gpkg — Objetos Totales: 23127, Filtrados: 23127, Seleccionados: 0

	fid	NDSM-Edifi
1	1	3.8
2	2	4.6
3	3	NULL
4	4	NULL
5	5	NULL
6	6	NULL
7	7	NULL
8	8	NULL
9	9	3.2
10	10	2.7

El último paso sería asociar este valor de altura a la capa de edificios y, de este modo, ya tendríamos el valor de altura de los edificios en la capa vectorial de edificaciones disponible para representar.

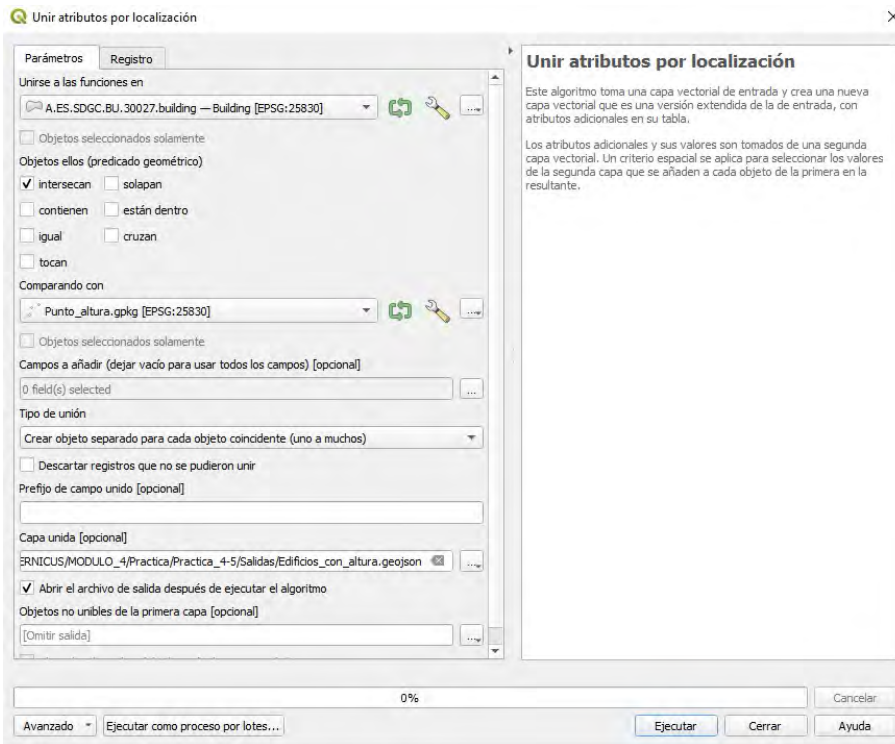
### 3.2.- Unir la capa de edificios con la capa de puntos que contiene la altura

Para asociar el valor de altura del terreno (puntos) a la capa de edificaciones (polígonos) podemos emplear la herramienta **Unir atributos por localización...** que se encuentra en el menú **Vectorial<>Herramientas de gestión de datos**.

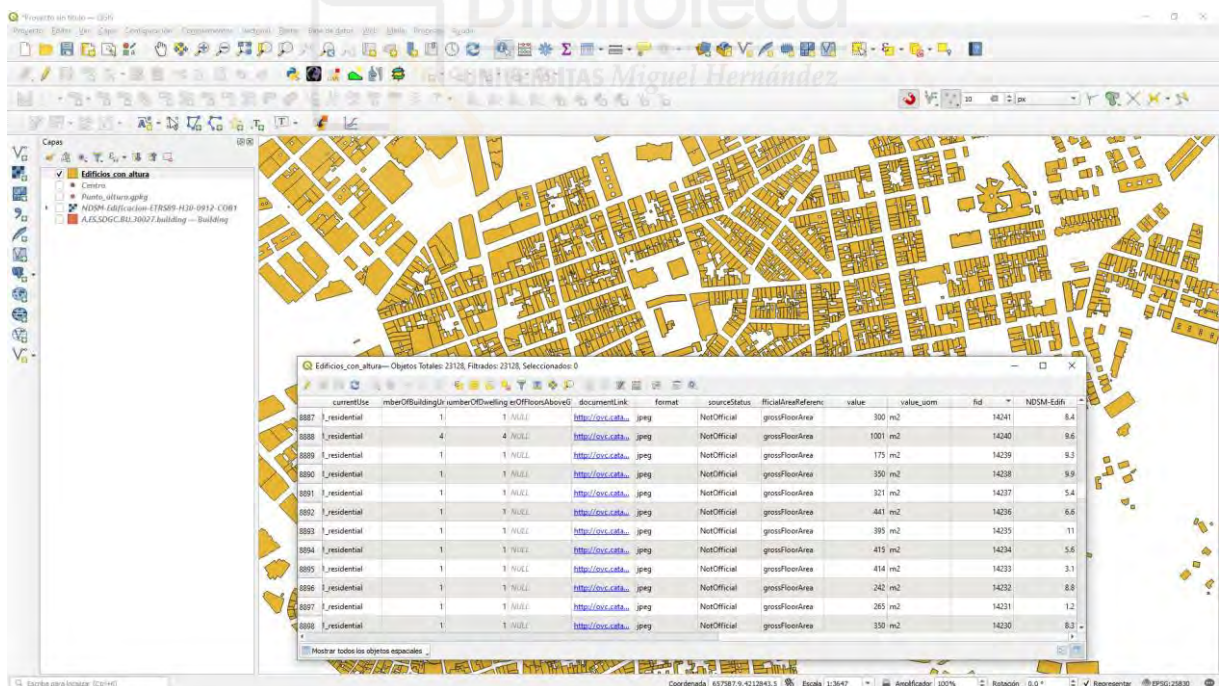


En la ventana de la herramienta introduce los siguientes parámetros:

- Capa de entrada: A.ES.SDGC.BU.30027.building
- Unir capa: Punto\_altura.gpkg
- Predicado geométrico: selecciona *intersecan*
- Deja por defecto tanto los campos a añadir de la capa de entrada como de unión, ya que nos interesan todos.
- Tipo de unión: Se trata de una unión uno a uno, ya que sólo puede haber un centroide por manzana
- Capa unida: Denomina al resultado, por ejemplo, edificios con altura y guárdalo como geojson por ejemplo:

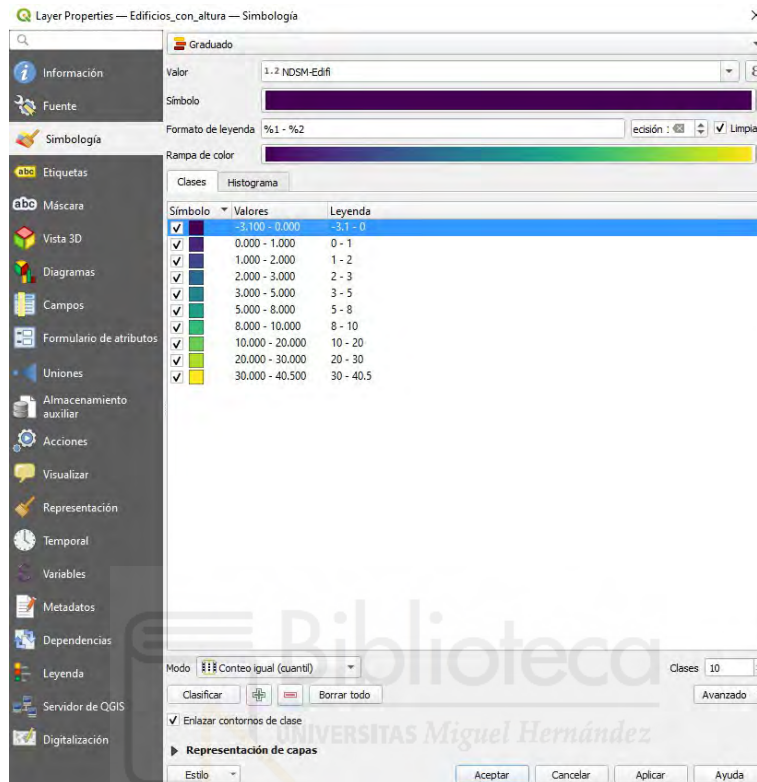


Pulsamos el botón **Ejecutar** y observamos la tabla de atributos de la nueva capa y el campo de altura (NDSM-edifi):

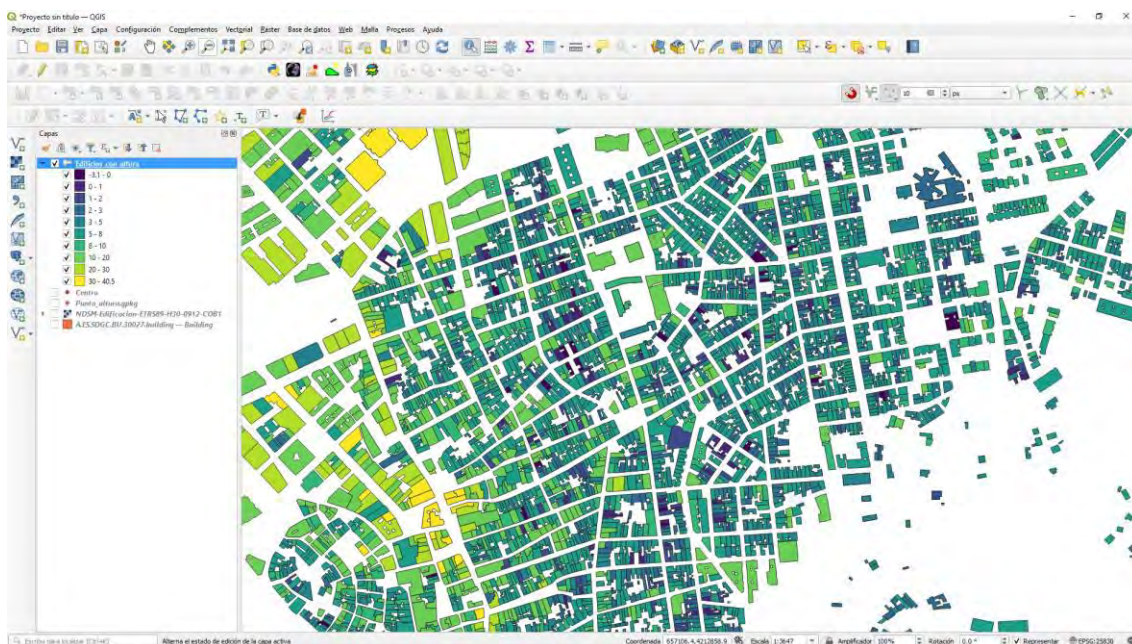


### 3.3.- Representación de la capa

En las propiedades de la capa iremos a la pestaña **Simbología**, allí seleccionaremos la opción **Graduado** sobre el campo **NDSM-Edifi** aplicando el modo **Equal Count (Quantile)** y estableceremos 10 clases:

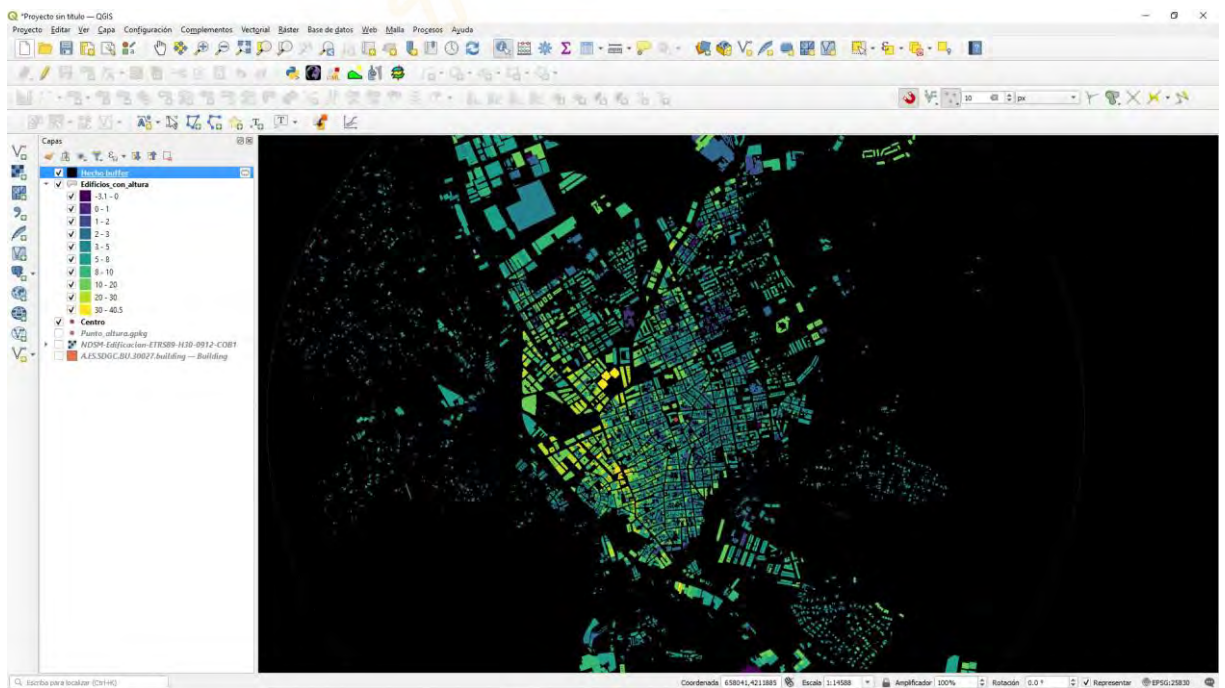
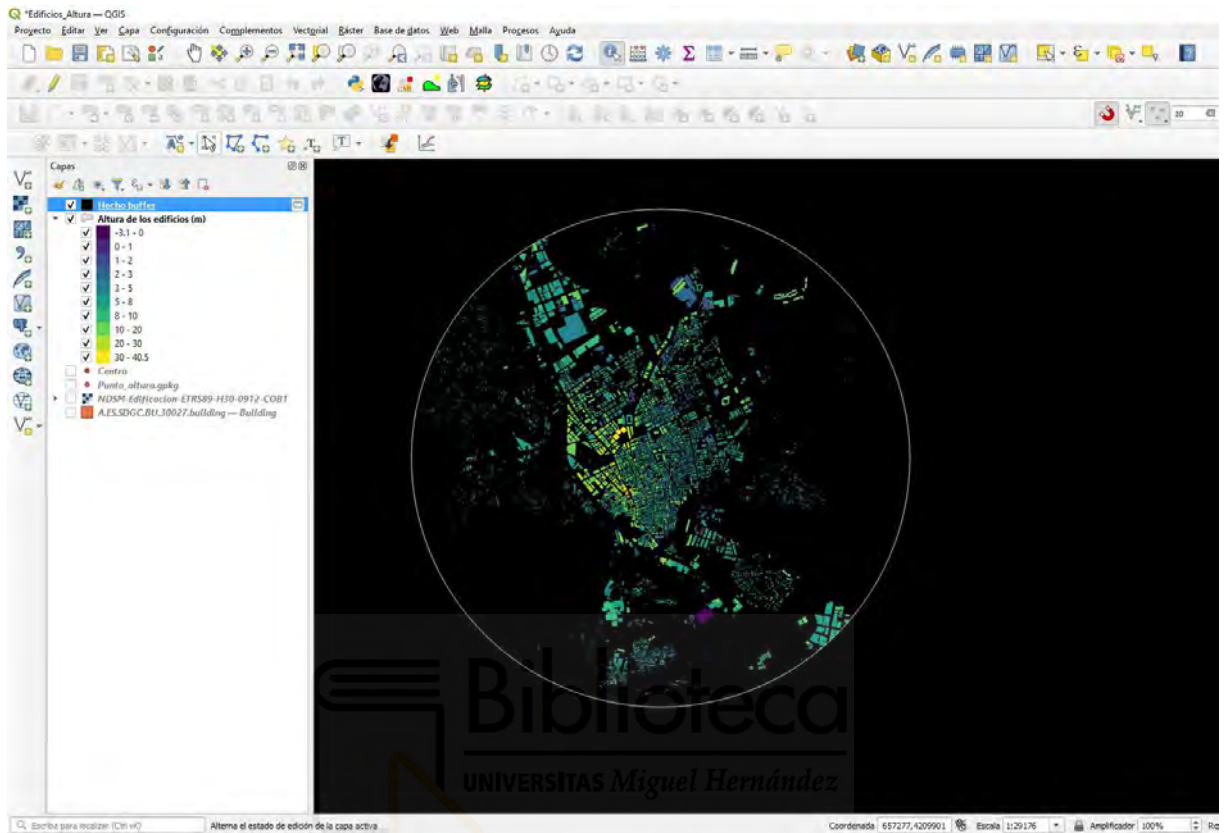


En la vista tenemos los edificios clasificados por su altura.

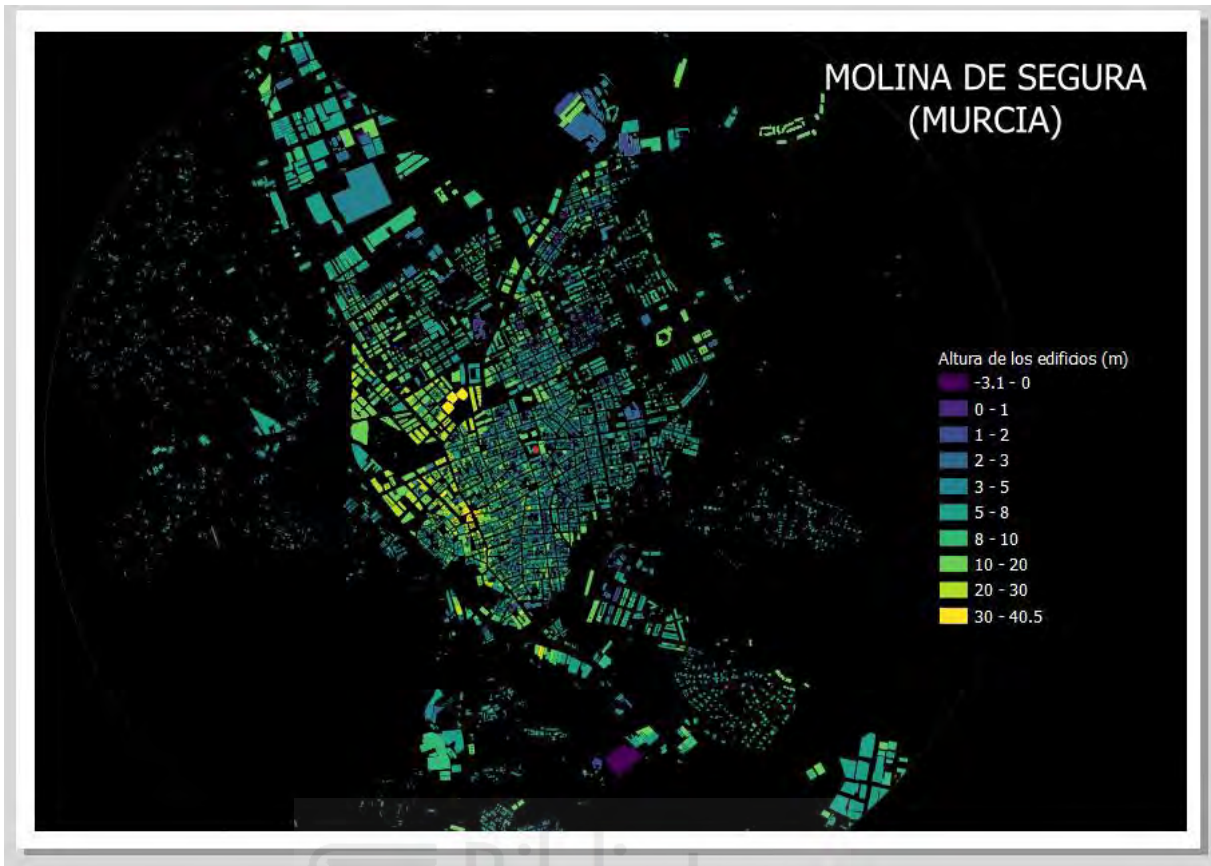


Podemos establecer una simbología análoga a la que hemos realizado con la capa del año de construcción, siguiendo los mismos pasos.

Estableciendo un fondo negro, un buffer y una composición de mapa similar.



El resultado es el siguiente:

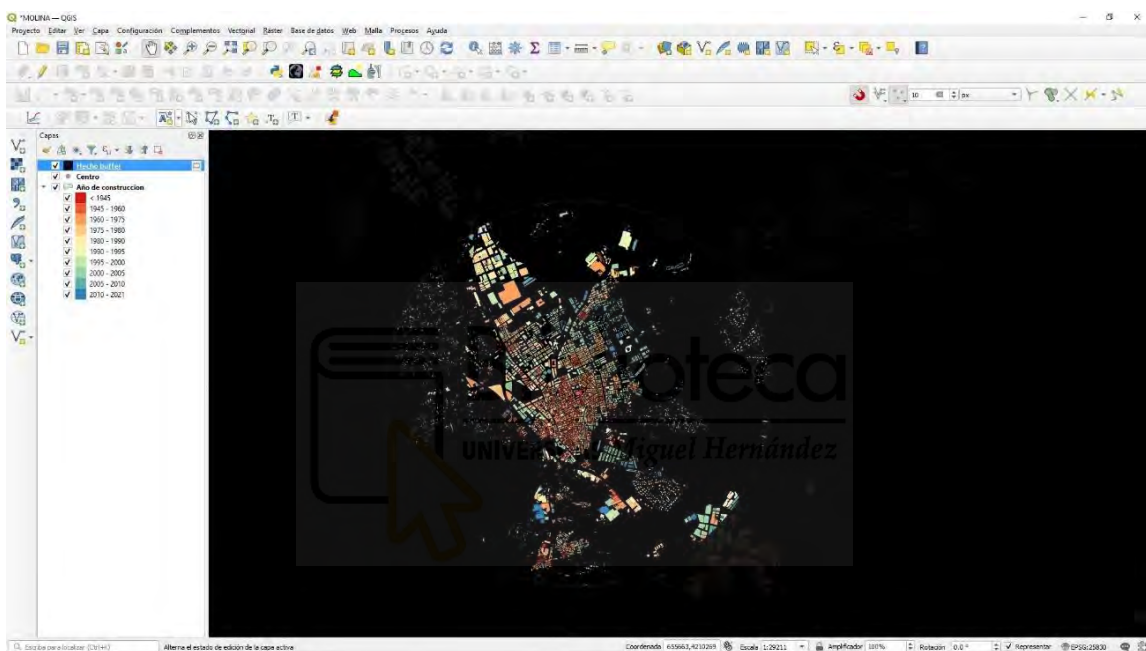


Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández

#### 4.- ANIMACIÓN DE DATOS DE SERIES DE TIEMPO CON QGIS

El tiempo es un componente importante de varios conjuntos de datos espaciales. Junto con la información de ubicación, el tiempo provee otra dimensión para el análisis y visualización de los datos. Si estás trabajando con conjuntos de datos que contienen marcas de tiempo o tienen observaciones registradas en múltiples intervalos de tiempo, puedes fácilmente visualizarlos usando la propiedad **Temporal Controller**. Temporal Controller te permite ver y exportar “porciones” de datos entre ciertos intervalos de tiempo que pueden ser combinados en animaciones.

Partimos de la simbología categorizada por año de construcción de la capa vectorial *A.ES.SDGC.BU.30027.building.geojson* creada en el **apartado 2** de este tutorial.

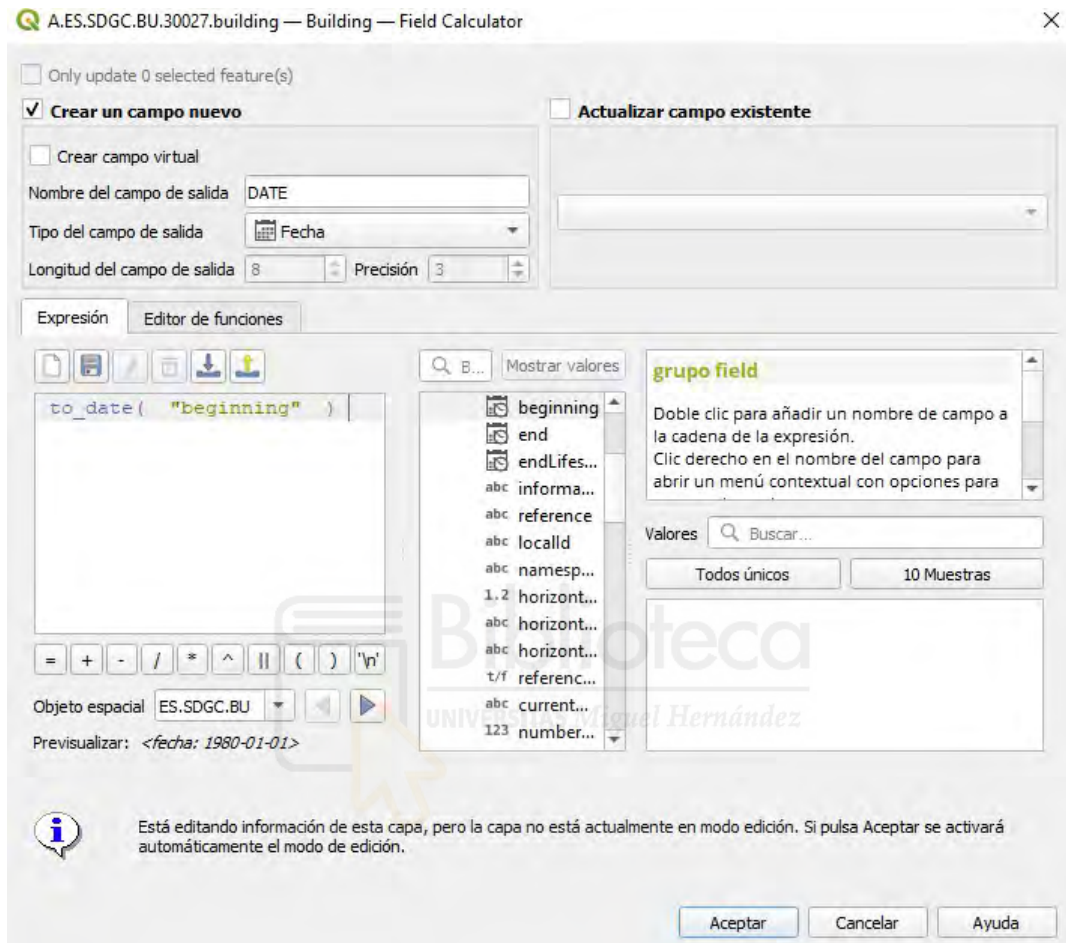


En esta capa vectorial se creó un nuevo campo, denominado **“AÑO”** (de tipo numérico), para poder establecer una simbología categorizada por intervalos de año de construcción.

Si queremos utilizar el dato del año de construcción para realizar una animación basada en la serie temporal, vamos a crear un campo nuevo a partir del campo “beginning”, denominado **“DATE”** de tipo (**Fecha**) con la siguiente expresión:

```
to_date ("beginning" )
```

Abrimos la Calculadora de campos



Seleccionamos la variable *to\_date* del grupo *Fecha y Hora* para aplicarlo sobre el campo *“beginning”*, sin olvidar que este nuevo campo debe ser de tipo **Fecha**.

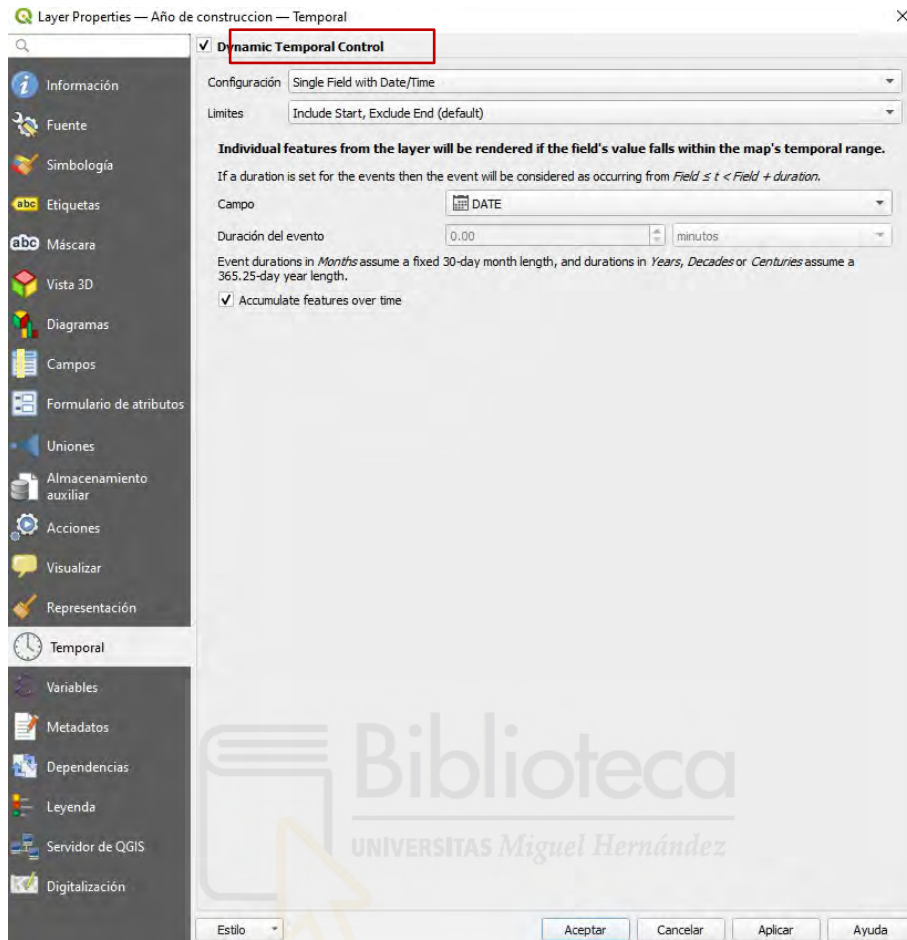
En la **Tabla de atributos** hemos creado un nuevo campo **“DATE”**, que representa la fecha en la que se realizó la construcción. Este es el campo que usaremos para determinar las construcciones que serán representados para cada periodo de tiempo.

G	documentLink	format	sourceStatus	officialAreaReferenc	value	value_uom	AÑO	DATE
1	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	129	m2	1675	01/01/1675
2	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	654	m2	1789	01/01/1789
3	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	296	m2	1789	01/01/1789
4	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	108	m2	1789	01/01/1789
5	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	178	m2	1789	01/01/1789
6	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	69	m2	1812	01/01/1812
7	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	263	m2	1840	01/01/1840
8	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	183	m2	1859	01/01/1859
9	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	128	m2	1879	01/01/1879
10	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	937	m2	1880	01/01/1880
11	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	1590	m2	1881	01/01/1881
12	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	147	m2	1889	01/01/1889
13	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	130	m2	1889	01/01/1889
14	<a href="http://ovc.cata...">http://ovc.cata...</a>	jpeg	NotOfficial	grossFloorArea	596	m2	1900	01/01/1900

Ahora vamos a animar estos datos para mostrar el mapa temporal de las construcciones del municipio. Seleccionamos la capa "Año de construcción", hacemos clic con el botón derecho del ratón en la capa y seleccionamos **Propiedades**.



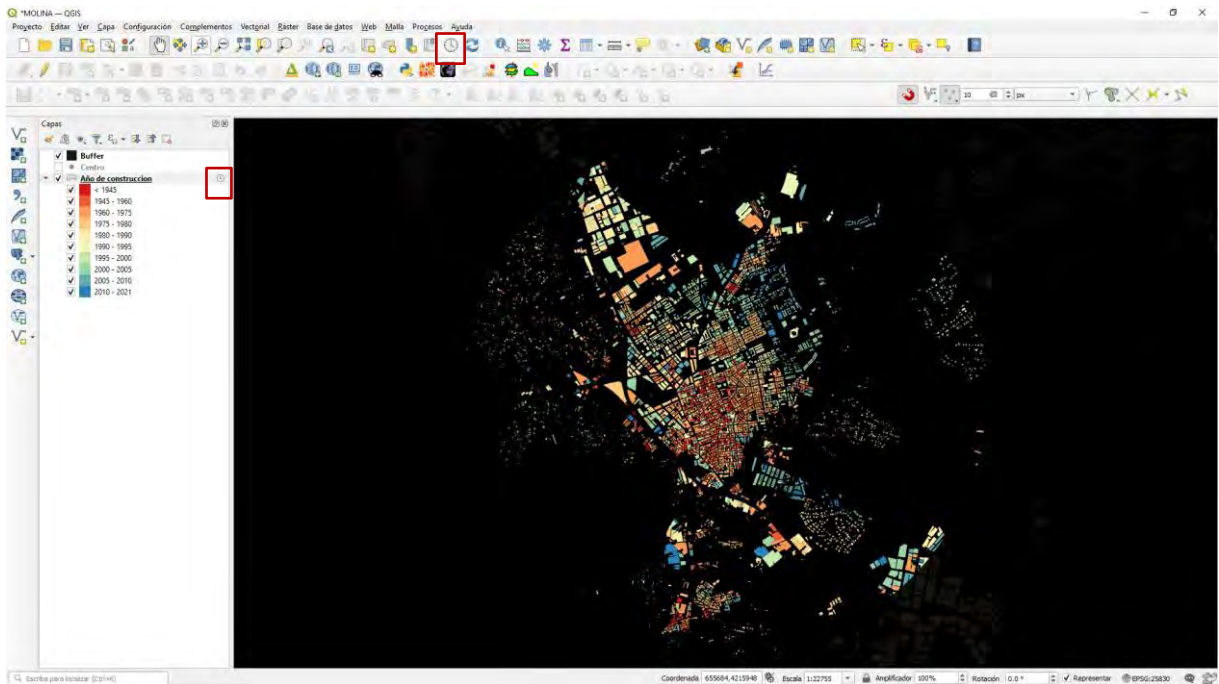
En la caja de diálogo **Propiedades de Capa**, seleccionamos la pestaña **Temporal** y la habilitamos haciendo clic en la casilla de verificación.




En el menú desplegable **Configuración** seleccionamos **Campo Único con Fecha/Hora** (Single Field with Date/Time), en el menú desplegable **Límites** seleccionamos Include Start, Exclude End (default) y en el menú **Campo**, seleccionamos **DATE** como campo.

Por último, activamos la casilla de **Accumulate features over time** para que vaya acumulando las construcciones de cada período de tiempo. Aplicamos y pulsamos **Aceptar**.

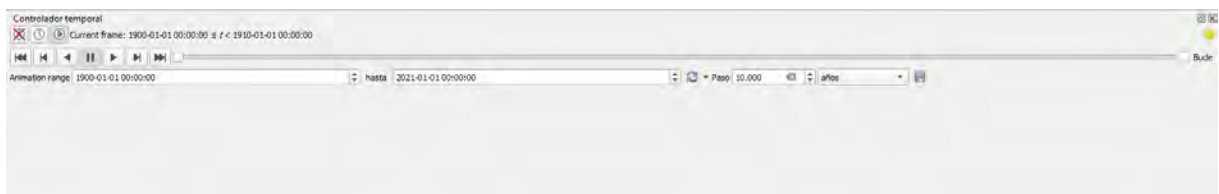
Ahora aparecerá un *símbolo de reloj* junto al nombre de la capa.




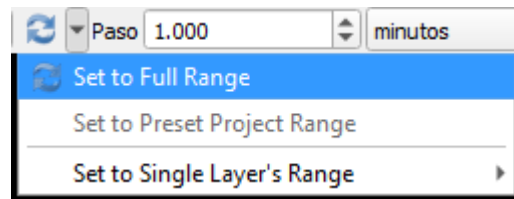
Hacemos clic en el Panel de **Controlador Temporal**  de la **Barra de Herramientas Navegación de Mapa**. Se abre el panel en el que vamos a configurar algunos parámetros.



Hacemos clic en la **Navegación Temporal Animada**  para activar los controles de animación.

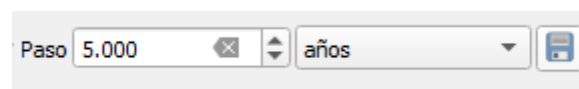


Hacemos clic en el icono el **Definir a Rango Completo**  (icono refrescar) junto a **Rango** para definir automáticamente el rango de tiempo para coincidir con el conjunto de datos.

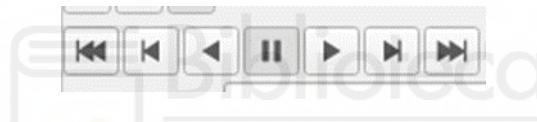


También podemos definir manualmente el rango de animación, modificando las fechas de inicio y fin.

Ahora está listo para previsualizar la animación. A continuación, en la opción **Paso** establecemos cada cuantos años se mostrará la serie temporal (5 o 10 años).



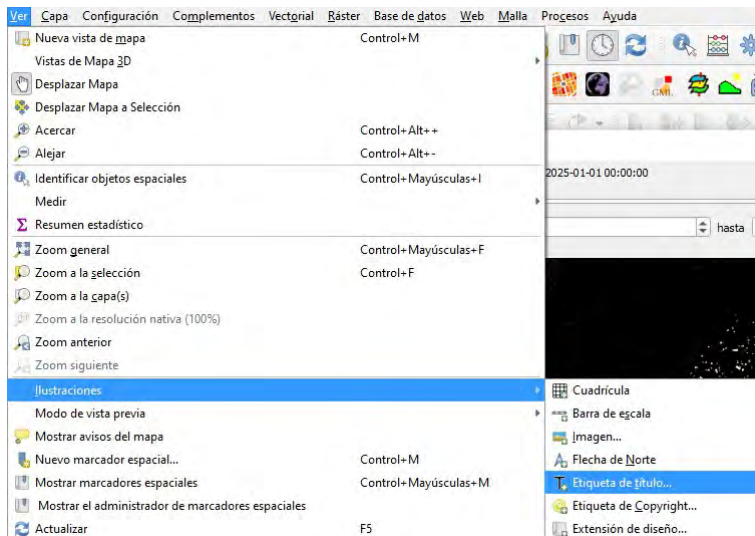
Hacemos Clic en el botón Reproducir para comenzar la animación.



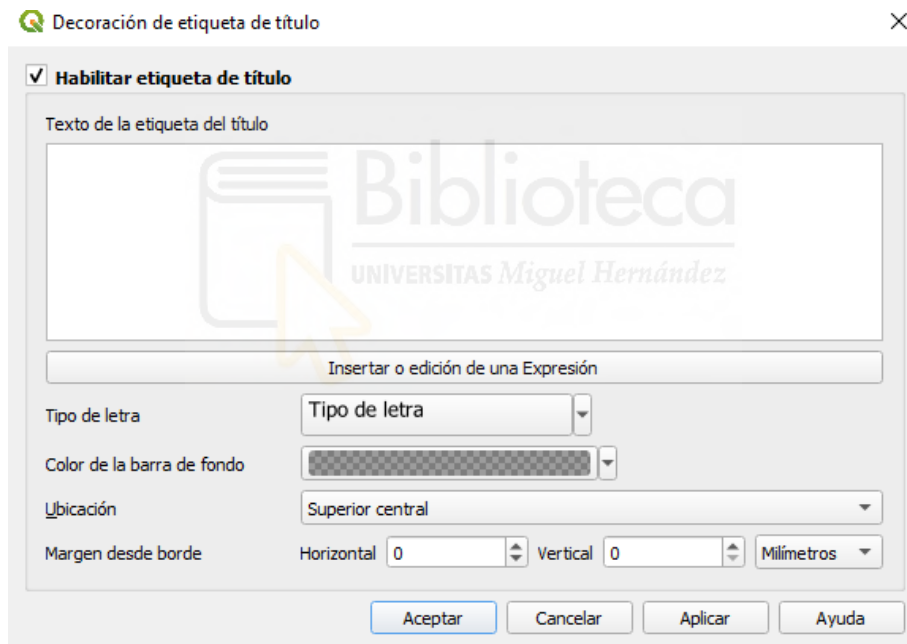
Si la animación fuera demasiado rápida, se puede ajustar la *tasa de frame* haciendo clic en **Configuración Temporal** (icono engranaje amarillo) en la esquina superior derecha del panel *Controlador Temporal*. Reduciendo los *cuadros por segundo* se desacelerará la animación.



Sería útil también mostrar una etiqueta que muestre el año actual en el mapa. Podemos hacer esto usando la ilustración incorporada. En el menú **Ver<>Ilustraciones<>Etiqueta de título**.



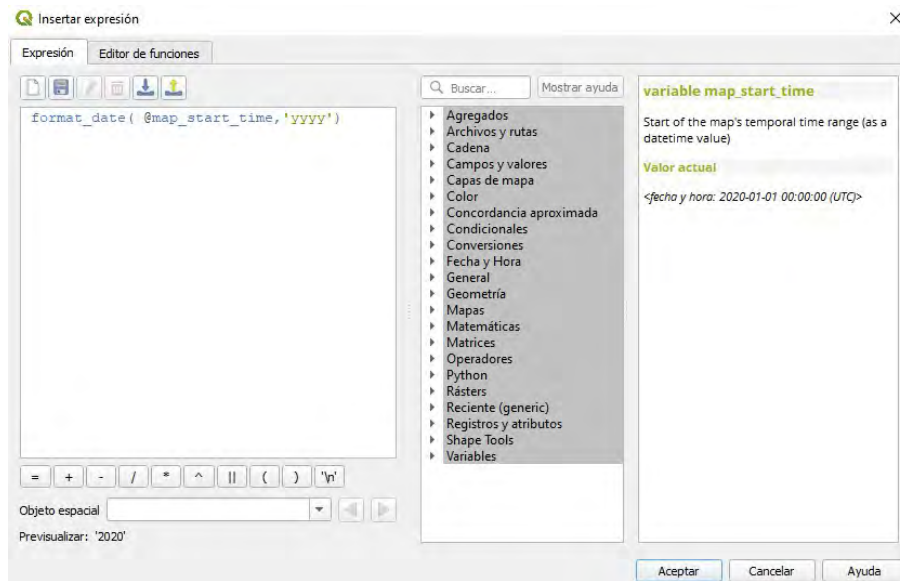
Hacemos clic en la casilla de verificación para habilitarla y clic el botón ***Insertar una Expresión***



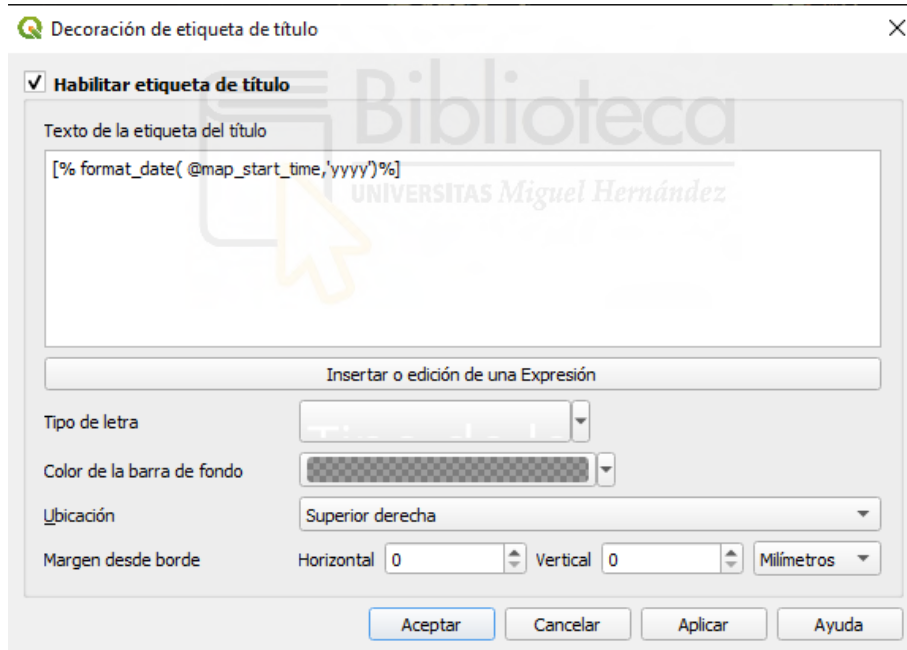
Insertamos la siguiente expresión para mostrar el año.

`Format_date (@map_start_time, 'yyyy')`

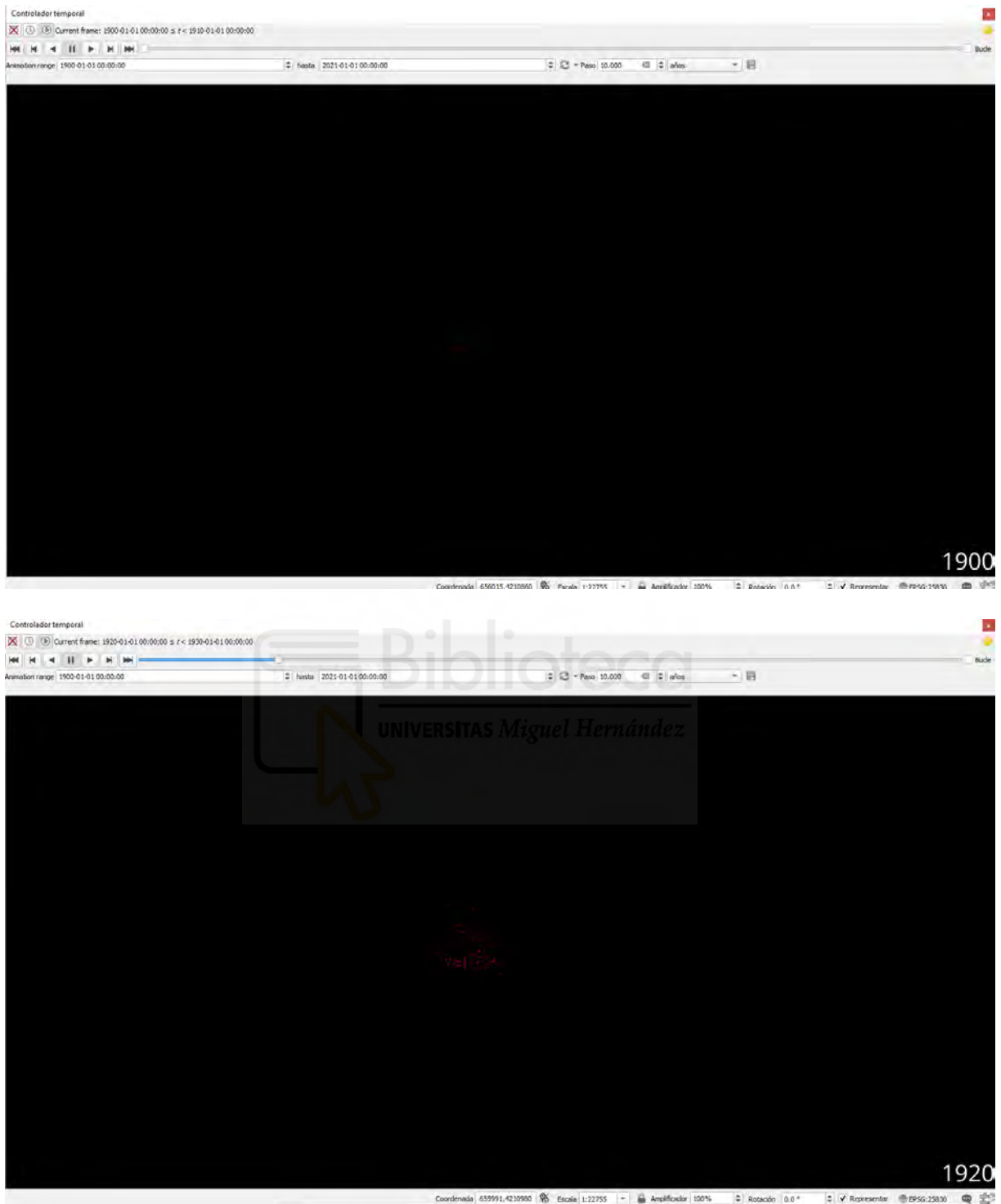
Aquí la variable `@map_start_time` contiene la marca de tiempo de la porción de tiempo actual que se muestra. Podemos usar esta marca de tiempo y formatearla para mostrar el año de ocurrencia.

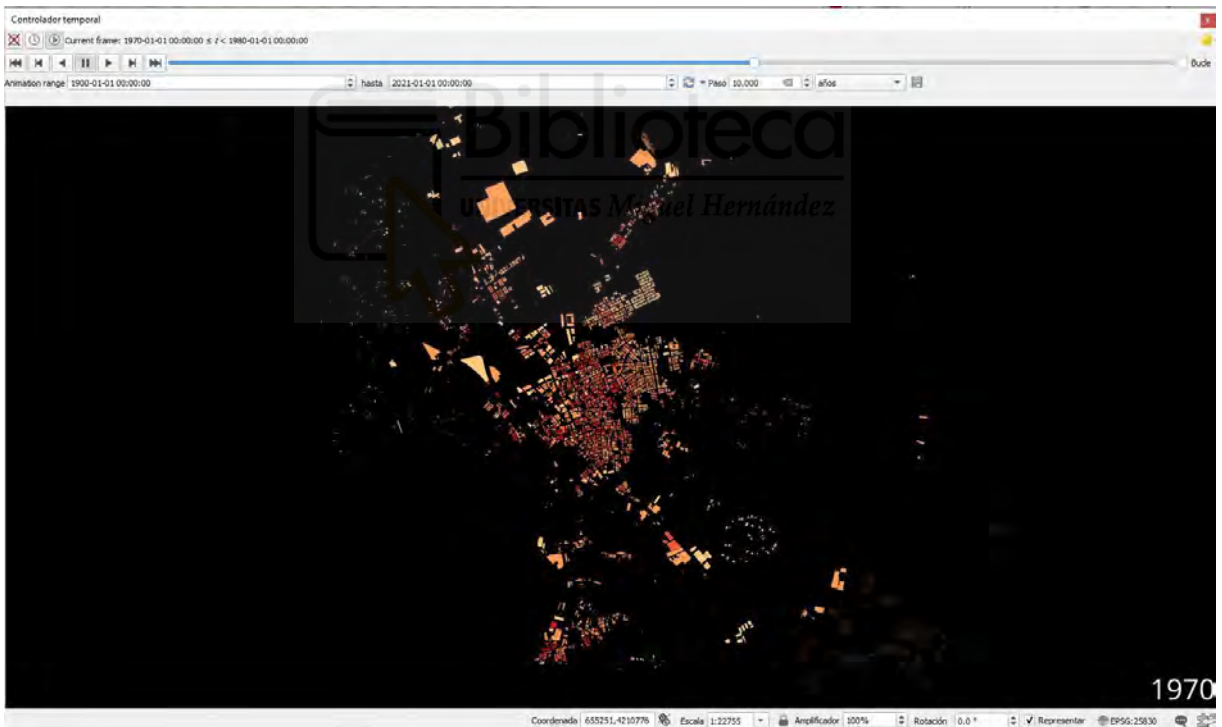
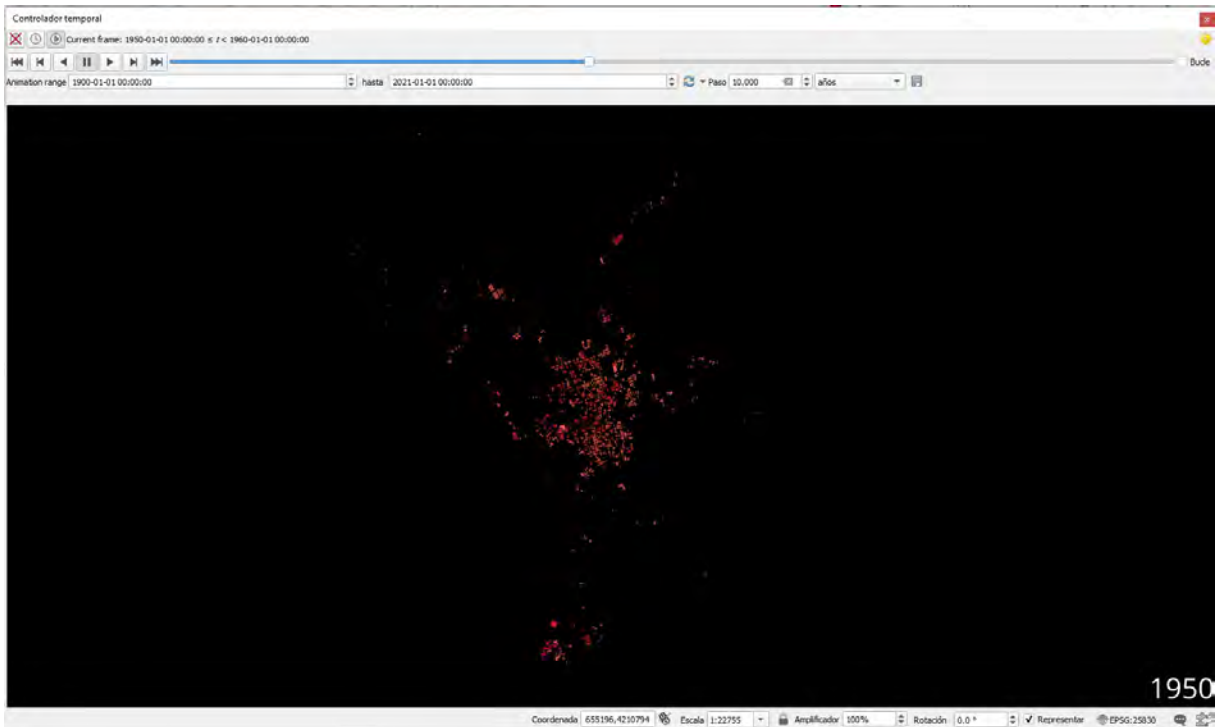


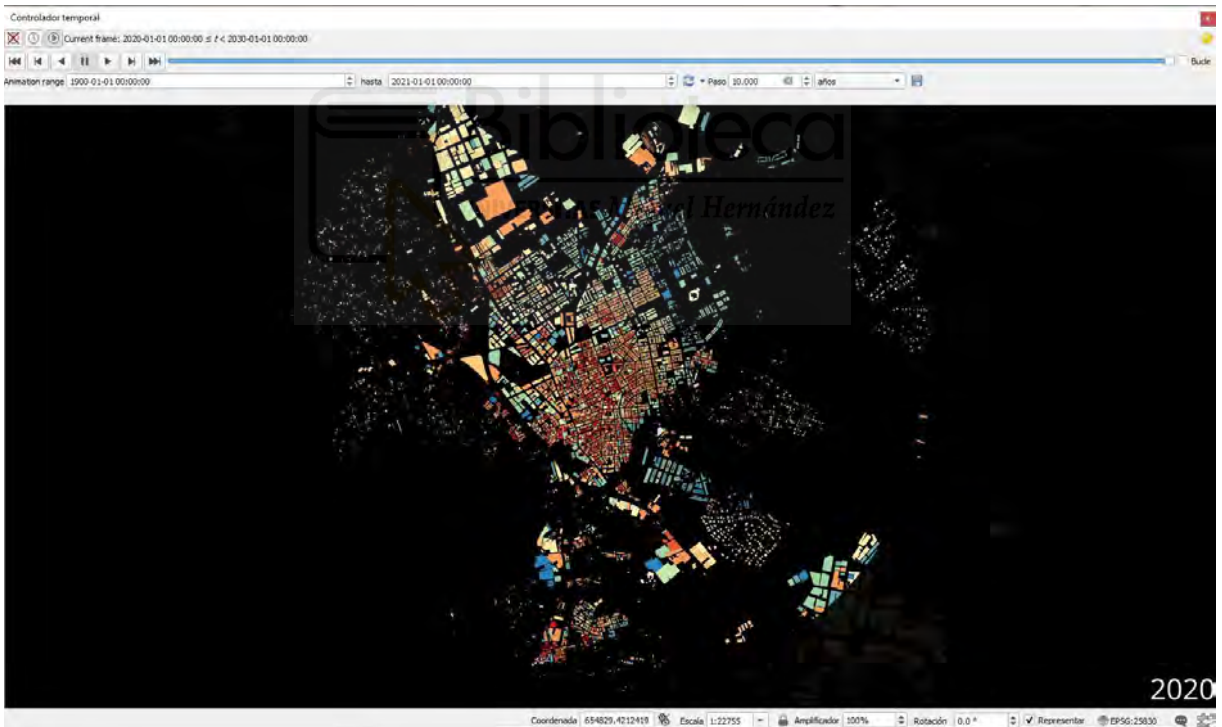
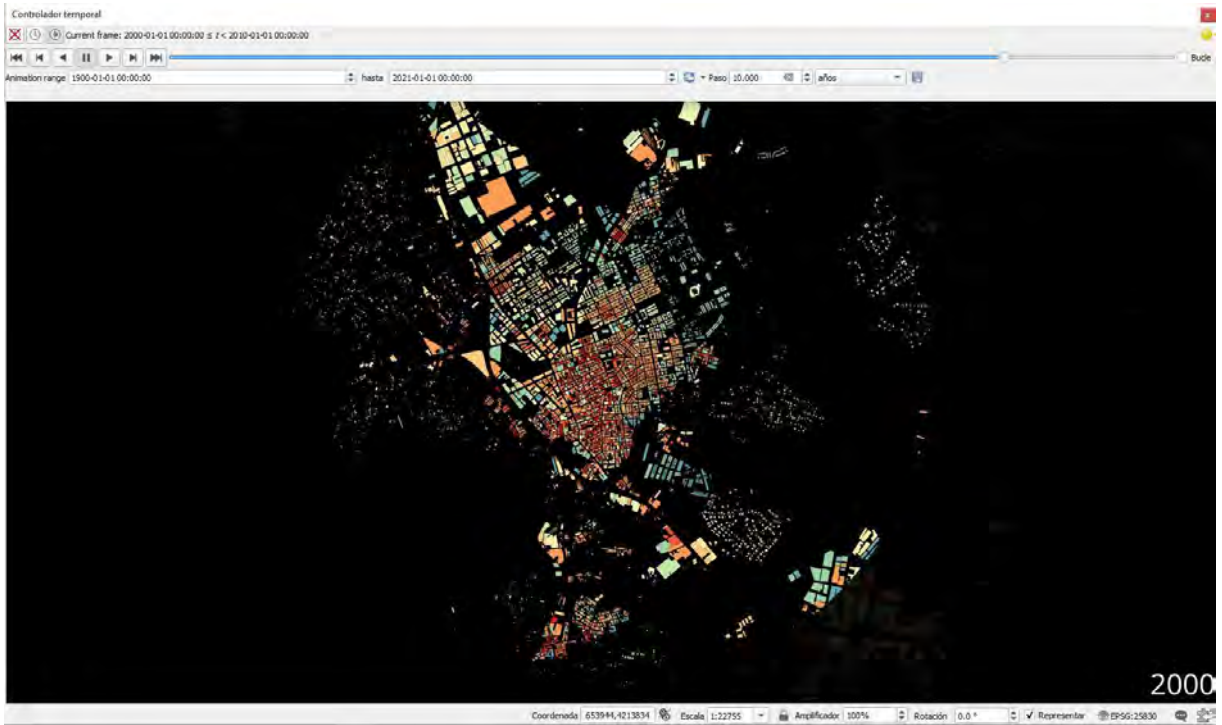
Seleccionamos un tamaño de fuente, definimos la barra de color de fondo como **White** y definimos la transparencia a 50%. En **Ubicación** elegimos *Abajo derecha*. Ahora clic en **Aceptar**.



Una vez que los parámetros estén definidos respectivamente, el año se mostrará como se ve.







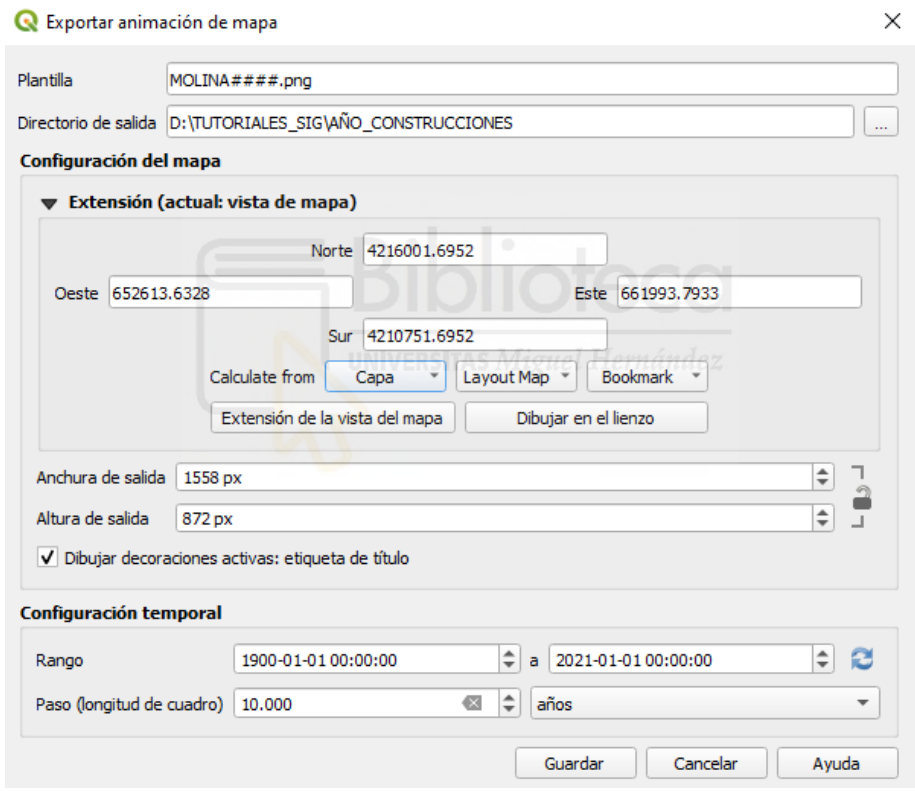
Podemos exportar cada uno de los *frame* como imágenes y convertirlas como *GIF*.

Seleccionamos **Exportar Animación**  (icono guardar) en la ventana de *Control Temporal*.

Hacemos clic en ... *Directorio de salida* para elegir el directorio donde se guardarán las imágenes.

Bajo la *Extensión* seleccionamos la capa *Calcular desde Capa* ▶ A.ES.SDGC.BU.30027.building — Building.

Por último, establecemos el **Rango** del período de tiempo y el **Paso** (número de años)



Exportar animación de mapa

Plantilla: MOLINA####.png

Directorio de salida: D:\TUTORIALES\_SIG\AÑO\_CONSTRUCCIONES

**Configuración del mapa**

Extensión (actual: vista de mapa)

Norte: 4216001.6952  
Oeste: 652613.6328      Este: 661993.7933  
Sur: 4210751.6952

Calculate from: Capa    Layout Map    Bookmark

Extensión de la vista del mapa    Dibujar en el lienzo

Anchura de salida: 1558 px  
Altura de salida: 872 px

Dibujar decoraciones activas: etiqueta de título

**Configuración temporal**

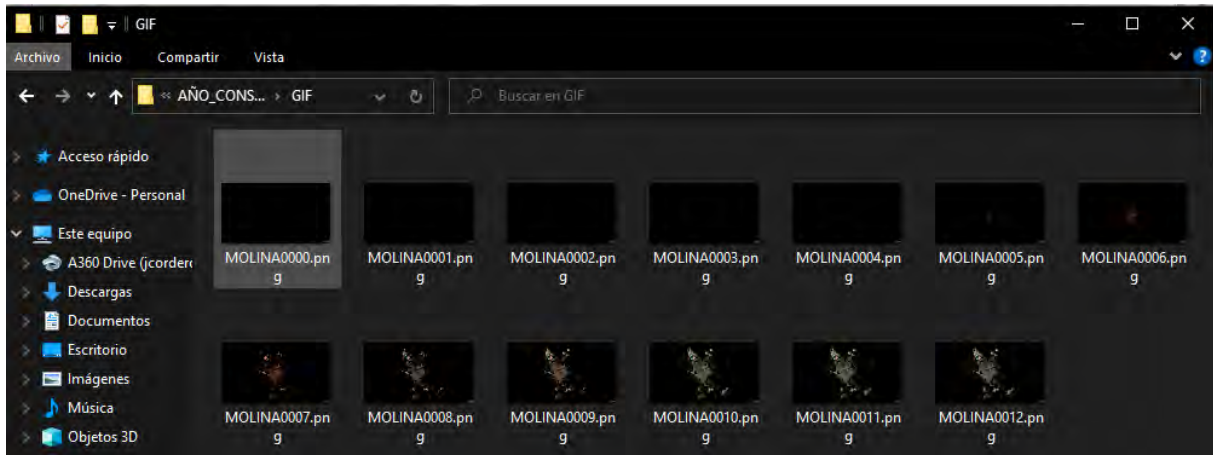
Rango: 1900-01-01 00:00:00 a 2021-01-01 00:00:00

Paso (longitud de cuadro): 10.000 años

Guardar    Cancelar    Ayuda

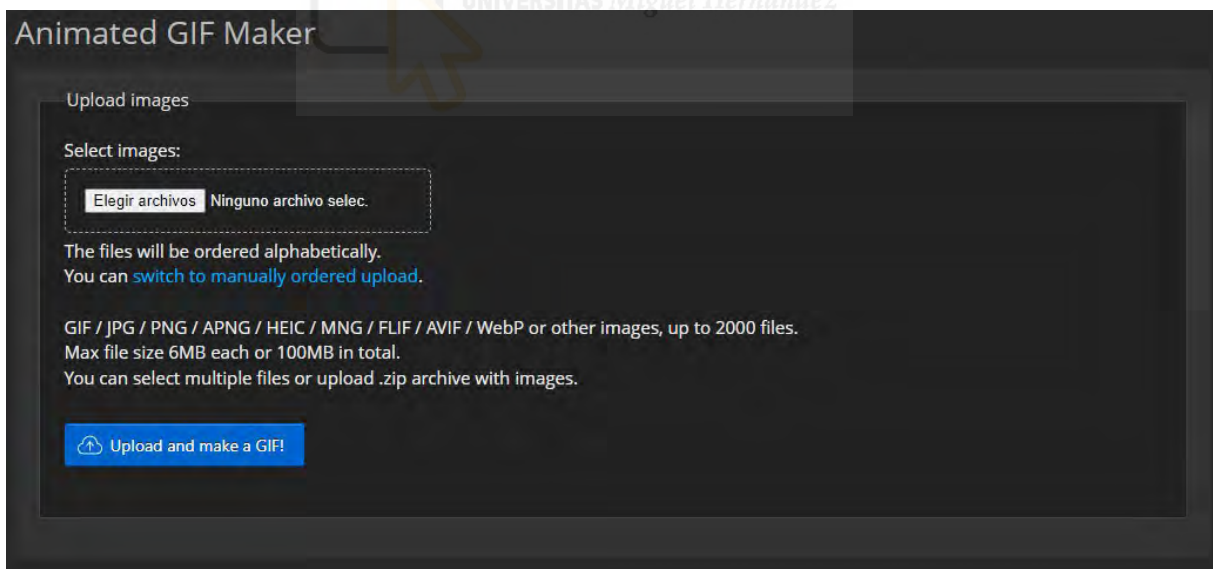
Hacemos clic en **Guardar**.

Una vez que termine la exportación, en el explorador de archivos podemos ver las imágenes *PNG* creadas para cada año (total 13 imágenes) en el directorio de salida.



Ahora podemos crear un **GIF animado** a partir de estas imágenes. Hay varias opciones para crear animaciones a partir de cuadros imágenes individuales.

Una buena opción puede ser **ezgif** (<https://ezgif.com/>) como herramienta fácil y on-line.



Una vez en el sitio web, hacemos clic en **Elegir Archivos** y seleccionamos todos los archivos .png. Una vez seleccionados, clic el botón **Subir y hacer un GIF!**.

Una vez creado, se puede descargar el GIF usando el botón **Guardar**.