

Madrid, 8-19 de mayo de 2023

INTRODUCCIÓN PRÁCTICA A SAGA SIG

Andrés Chazarra (AEMET)
achazarrab@aemet.es

1. INTRODUCCIÓN A SAGA GIS

1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

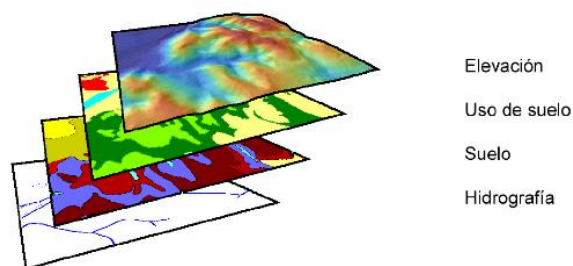
Un SIG es una herramienta que permite visualizar, almacenar, comparar y analizar de forma eficiente información **geográficamente referenciada** de diferente naturaleza.

Cuando nos referimos a información geográficamente referenciada, o georreferenciada, nos referimos a que los datos incluyen su posición sobre la superficie terrestre, es decir, sus coordenadas.

Un SIG permite integrar y analizar información de **diferente naturaleza**, como información geográfica (altitud, ríos, cuencas hidrográficas, etc.), administrativa (límites de países, provincias, municipios, etc.) o ambiental (datos de estaciones climatológicas, salidas de modelos numéricos meteorológicos, caudales de ríos, cubierta vegetal, etc.)

Esta posibilidad que ofrecen los SIG de integrar, combinar y trabajar de forma eficiente con datos georreferenciados procedentes de diferentes ámbitos es la que proporciona a los SIG una gran **versatilidad y potencia** para su uso en múltiples campos de estudio.

La información geográfica con la que trabajaremos en un SIG va a estar organizada en **capas**, siendo cada capa una modelización de una característica concreta de la realidad en la zona de estudio considerada.

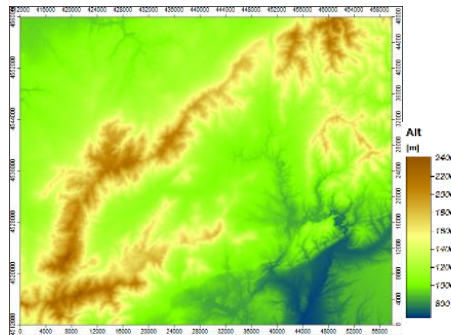


Ejemplo de información organizada en capas

Una capa puede estar formada por **uno o varios archivos** que contendrán la información sobre las coordenadas de los elementos de la capa, los valores de la variable modelizada y su representación gráfica.

Existen dos enfoques fundamentales a la hora de modelizar una característica de la realidad para generar una capa: **ráster** y **vectorial**.

En el **modelo ráster** se divide de forma sistemática todo el espacio de la zona de estudio en una malla de celdas regulares y se asigna a cada celda un valor numérico que representa la característica analizada.

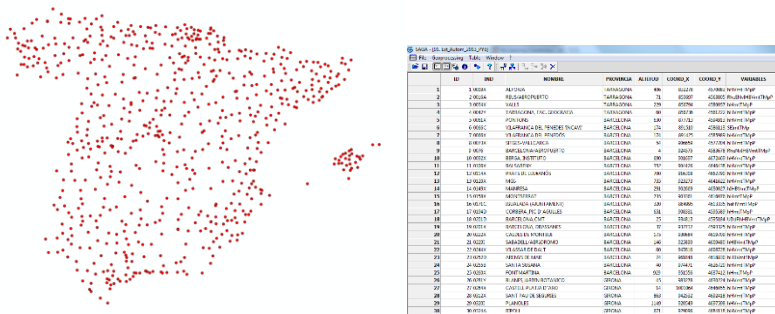


Ejemplo de capa ráster (altitud)

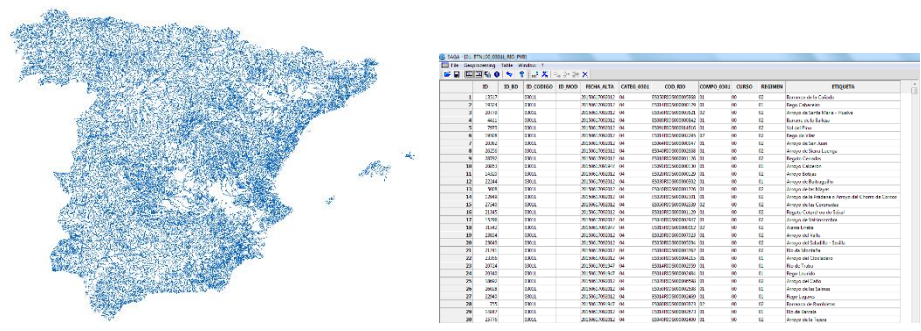
Existen muchos formatos de capas ráster: GeoTIFF, SGRD, GRD, Esri Grid, etc. Desde hace algunos años, el formato **GeoTIFF** es el formato estándar OGC para el intercambio de datos ráster.

Una capa GeoTIFF está formada por un único archivo de extensión **.tiff**

En el **modelo vectorial**, cada capa de información está formada por un conjunto de elementos discretos homogéneos de uno de estos tres tipos: **puntos, líneas o polígonos**. A cada elemento se le asigna una o varias propiedades alfanuméricas, denominadas atributos.



Ejemplo de capa vectorial de puntos (estaciones automáticas de AEMET)



Ejemplo de capa vectorial de líneas (ríos de la Base Topográfica Nacional BTN 100 del IGN)



ID	ID_RD	ID_CODIGO	ID_MODAL	FECHA_ALTA	COD_0101	TIPO_0101	ETIQUETA
1	8343	01015		20140913100000	01	02	Andalucía
2	8343	01015		20141009120630	15	02	Comunidad Foral de Navarra
3	8341	01015		20141009120548	09	02	Cataluña/Catalunya
4	8346	01015		20141009120445	04	02	Iles Balears
5	8341	01015		20141009120600	11	02	Extremadura
6	8351	01015		20141009120621	14	02	Región de Murcia
7	8353	01015		20141009120553	10	02	Comunidad Valenciana
8	8256	01015		20141009120637	16	02	País Vasco/Euskadi
9	8345	01015		20141009120513	06	02	Cantabria
10	8255	01015		20141009120612	13	02	Comunidad de Madrid
11	8345	01015		20141009120526	07	02	Castilla y León
12	8347	01015		20141009120514	08	02	Castilla-La Mancha
13	8342	01015		20141009120643	17	02	La Rioja
14	8250	01015		20141009120607	12	02	Galicia
15	8344	01015		20131020000000	03	02	Principado de Asturias
16	8349	01015		20131014000000	02	02	Aragón

Ejemplo de capa vectorial de polígonos (CCAA de la Base Topográfica Nacional BTN 100 del IGN)

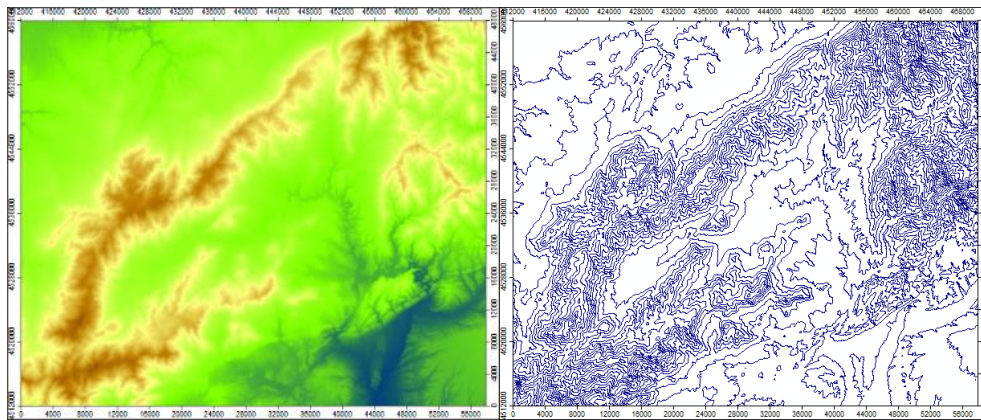
Aunque existen diversos formatos de capas vectoriales, prácticamente todos los SIG utilizan el formato **shape**, pudiendo considerarse *de facto* un formato estándar.

Una capa shape está formada por **al menos tres archivos**:

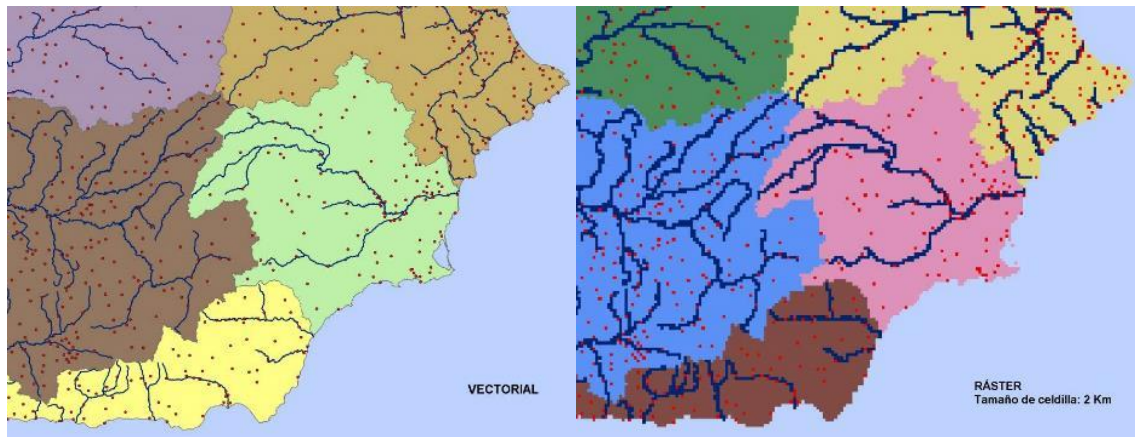
- *.shp → Almacena las entidades geométricas de los objetos.
- *.shx → Contiene el índice de las entidades geométricas, el cual permite buscar a través de ellas de forma rápida.
- *.dbf → Es la tabla de datos con los atributos de la capa.

Puede contener además otros archivos opcionales, como un archivo *.prj con el sistema de referencia de coordenadas de la capa.

En principio, cualquier característica de la realidad puede modelizarse como una capa vectorial o como una capa ráster.



Altitud del terreno en modelo ráster y en modelo vectorial (líneas), en el que se han representado las isóneas de altitud a intervalos de 100m.



Representación de las cuencas hidrográficas principales, ríos y localización de estaciones meteorológicas en el sureste de la península ibérica mediante modelos vectorial y ráster.

No obstante, resulta evidente que:

- El modelo **vectorial** es más adecuado para representar características asimilables a figuras geométricas u **objetos**, como ríos, municipios, carreteras, etc., siendo mucho más eficiente que el modelo ráster para la representación de objetos.
- El modelo **ráster** es más adecuado para representar **variables numéricas** que varían de forma **continua** en el espacio, como la altitud del terreno, la temperatura del aire, la precipitación, etc., y para realizar operaciones de **análisis espacial** con ellas.

Del análisis anterior se desprende que lo ideal es **trabajar simultáneamente con ambos tipos de modelos**, ráster y vectorial, en un mismo SIG, de forma que podamos representar cada variable en el modelo más adecuado.

Actualmente, prácticamente todos los SIG son **híbridos** (permiten trabajar con capas ráster y vectoriales), si bien suelen estar especializados en el manejo de **uno** de los dos tipos de modelos de datos: ráster o vectorial.

1.2 SAGA GIS

SAGA GIS es un **SIG libre y gratuito** que comenzó a desarrollarse en 2001 en la Universidad de Göttingen (Alemania).

Objetivo: proporcionar una **herramienta potente y a la vez sencilla** de aprender y manejar para la implementación de métodos geo-científicos → orientada al **mundo científico y académico**: universidades, organismos públicos de investigación, etc.

Escrito en el lenguaje de programación C++.

Existen versiones para **Windows** y para **Linux**.

SAGA GIS es un **SIG híbrido**, especialmente potente en aplicaciones **ráster**.

SAGA tiene una arquitectura **modular**: cada módulo es un pequeño programa independiente que permite ejecutar una herramienta determinada. Los **módulos** se encuentran agrupados en **librerías**.

En la versión **9.2.0** hay **92 librerías** que contienen **824 módulos**, lo que da una idea de su enorme potencia para el análisis espacial.

Formatos propios de SAGA GIS:

- **GeoTIFF** y **SGRD** para capas ráster
- **SHP** para capas vectoriales

Los proyectos de SAGA GIS son archivos con formato **.sprj**

Página web: <http://www.saga-gis.org>

1.3 INSTALACIÓN DE SAGA GIS

Desde la página oficial de SAGA <http://www.saga-gis.org> accedemos a la sección de descargas (*Downloads*), donde se encuentran las diferentes versiones para Windows y Linux publicadas hasta el momento, así como los manuales y los datos y capas necesarios para seguir los ejemplos de los manuales.

Para **Windows**, tenemos la posibilidad de instalar la **versión ejecutable** descargando el archivo **saga-9.2.0_x64_setup.exe**, o bien descargar la **versión comprimida** **saga-9.2.0_x64.zip**, que no necesita permiso de administrador. En este último caso, basta con descomprimir el archivo y ejecutar el archivo **saga_gui.exe** que se encontrará en la carpeta donde hayamos descomprimido el archivo zip.

1.4 MANEJO BÁSICO DE SAGA GIS

Practicar realizando el siguiente ejercicio.

EJERCICIO 1: Representar en un mapa las capas siguientes:

- *chirps-v2.0.2021.tif* Precipitación acumulada anual en 2021 en mm (CHIRPS 2.0)
- *CNTR_RG_01M_2020_4326.shp* Límites de países del mundo (EUROSTAT)
- *ciudades_Mundo.shp* Ciudades del mundo

Emplear la tabla de color *Tabla_color_Panual.txt* para representar la capa de precipitación.

2. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA GEORREFERENCIADA

2.1 MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES (DEM)

GTOPO30: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-global-30-arc-second-elevation-gtopo30>

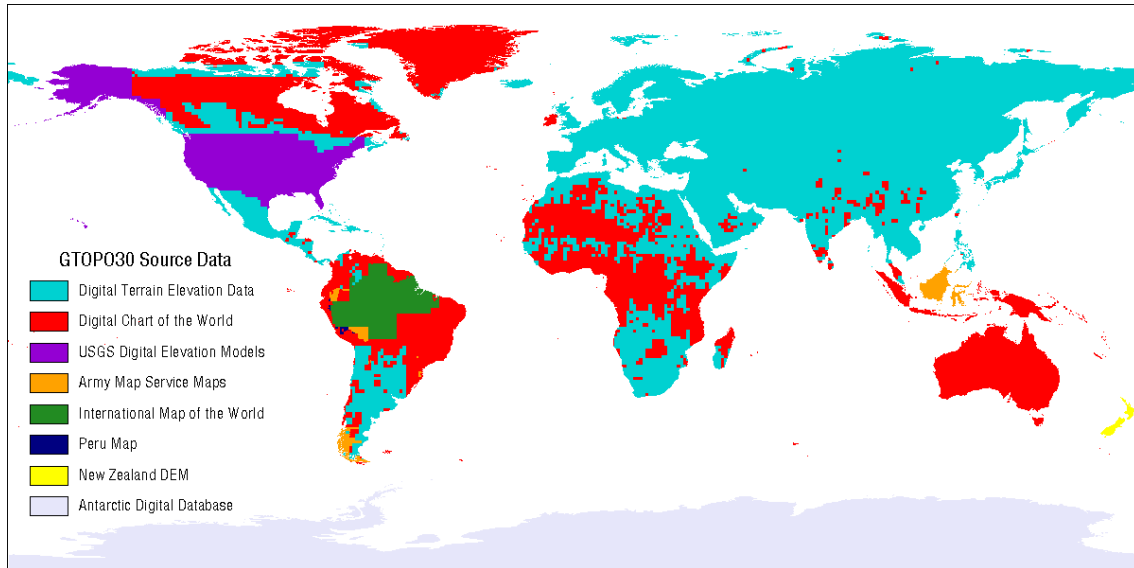
Modelo digital de elevaciones global con un espaciado horizontal de rejilla de 30 segundos de arco (= 0.00833 °, aprox. 1 km).

Derivado a partir de distintas fuentes, completado en 1996.

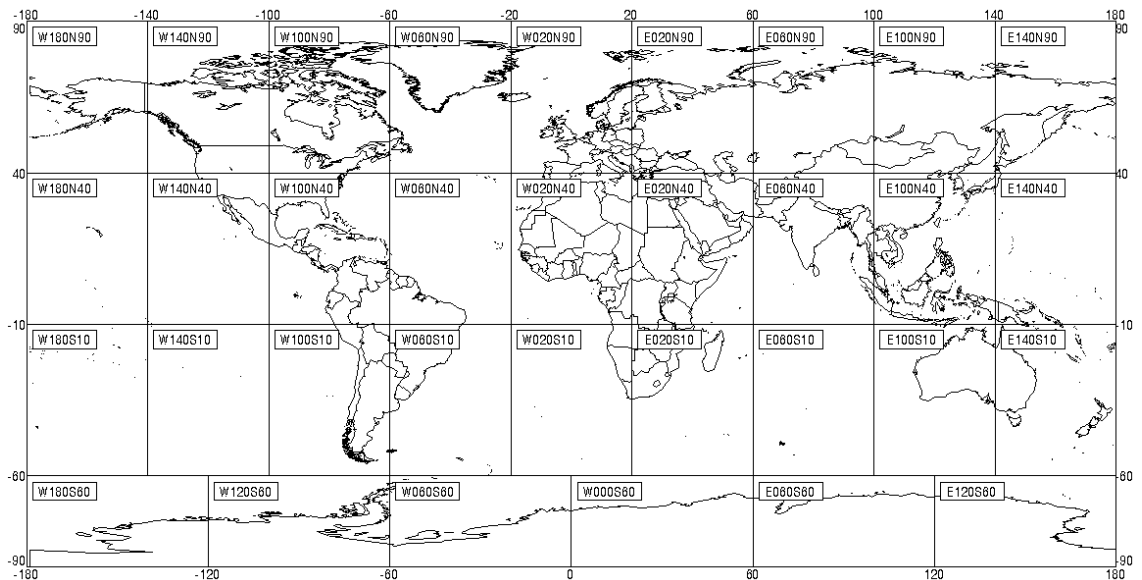
Proyecto colaborativo liderado por el USGS.

Enlace descarga GTOPO30 (sin registrarse): http://www.webgis.com/terr_world.html

Enlace descarga desde NCAR: <https://rda.ucar.edu/datasets/ds758.0/>



GTOPO30 tiles



Otros modelos digitales de elevaciones:

STRM3: <https://srtm.csi.cgiar.org/>

Modelo digital de elevaciones casi global (80% del territorio) con una resolución de 3 segundos de arco (90 m en el ecuador).

Generado por la NASA.

2.1 CAPAS SHAPE CON LÍMITES ADMINISTRATIVOS

EUROSTAT: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/countries>

Capas *shape* de alta resolución (1:1000000) con fronteras de los países, líneas de costa y capitales de estado en diferentes sistemas de referencia de coordenadas.

EJERCICIO 2: Descargar el modelo digital de elevaciones GTOPO30 necesario para crear un DEM de Colombia y recortarlo usando la capa *shape* de polígonos *CNTR_RG_01M_2020_4326.shp* correspondiente a las fronteras de los países de EUROSTAT a escala 1:1000000

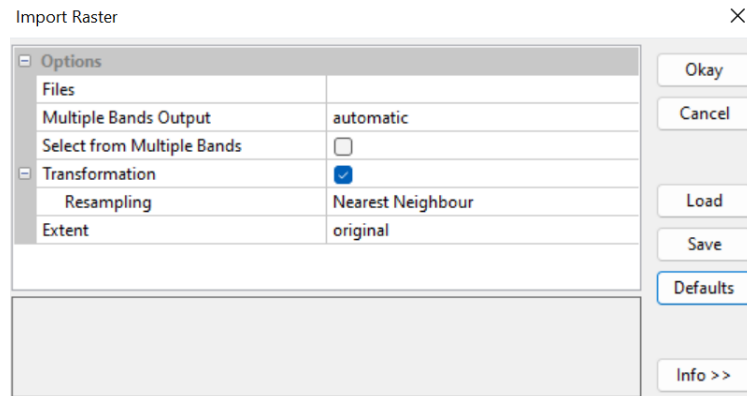
Descargar el modelo *W100N40*

Importar el DEM con la herramienta *Import Raster* (en las últimas versiones de SAGA GIS ya no es necesario importar los archivos DEM, se pueden abrir directamente)

Herramienta: **Import Raster**

Librería: *io_gdal*

Menú: *Geoprocessing > File > Grid*



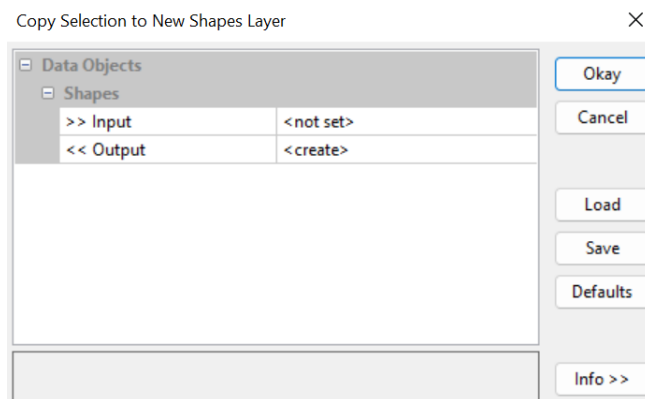
Añadir la capa *CNTR_RG_01M_2020_4326.shp* con las fronteras de los países.

Crear una capa *shape* con el polígono correspondiente a Colombia seleccionando el polígono y utilizando a continuación la herramienta *Copy Selection to New Shapes Layer*

Herramienta: **Copy Selection to New Shapes Layer**

Librería: *shapes_tools*

Menú: *Geoprocessing > Shapes > Selection*

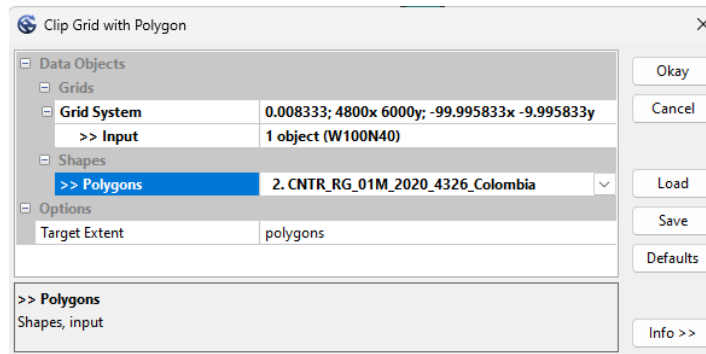


Recortar el DEM a los límites de Colombia con la herramienta *Clip Grid with Polygon*,

Herramienta: **Clip Grid with Polygon**

Librería: *shapes_grid*

Menú: *Geoprocessing > Shapes > Shapes-Grid Tools > Spatial Extent*



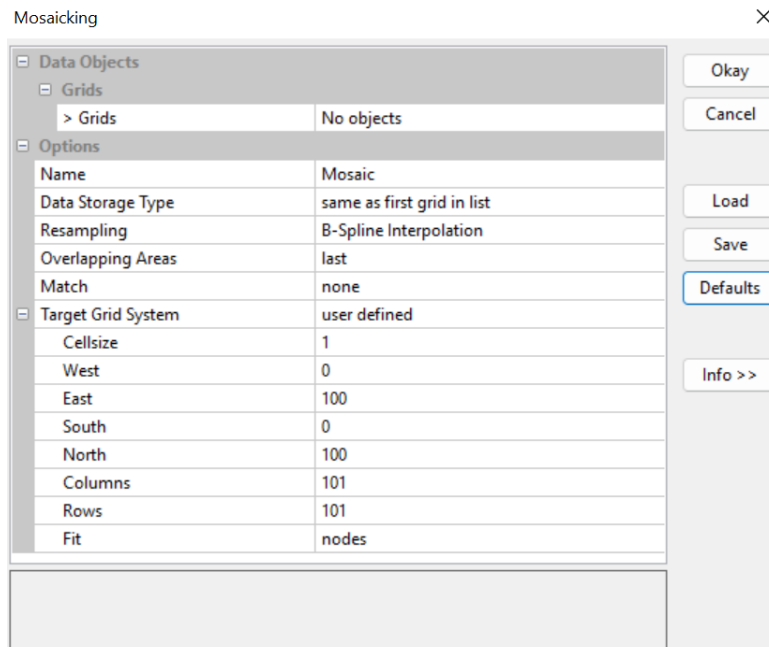
Representar el MDE usando la tabla de colores *Tabla_Altitud.dbf*

NOTA: En el caso de trabajar un país que abarque más de una cuadrícula del GTOPO30, descargaríamos los DEM correspondientes y los uniríamos con la herramienta *Mosaicking*

Herramienta: ***Mosaicking***

Librería: *grid_tools*

Menú: *Geoprocessing > Grid > Grid System*



3 DATOS CLIMÁTICOS

3.1 DATOS NORMALES CLIMATOLÓGICOS

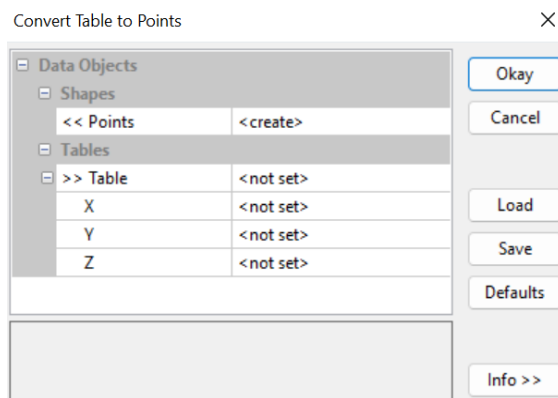
NOAA: <https://www.ncei.noaa.gov/products/wmo-climate-normals>

Normales estándar climatológicas de diferentes periodos de referencia de países de todo el mundo.

EJERCICIO 3: Descargar los valores normales estándar climatológicos 1961-1990 de temperatura mensual y anual de Colombia y representarlos como capa *shape* junto con el modelo digital de elevaciones y el resto de capas preparadas en el ejercicio anterior.

Para convertir una tabla de datos en una capa *shape* de puntos, utilizar la herramienta *Convert Table to Points*

Herramienta: **Convert Table to Points**
Librería: *shapes_points*
Menú: *Geoprocessing > Shapes > Conversion*



3.2 DATOS CLIMÁTICOS

NOAA: <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/search>
Búsqueda online de datos climáticos de todo el mundo.

Global Historical Climatology Network monthly (GHCNm):
<https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/global-historical-climatology-network-monthly>

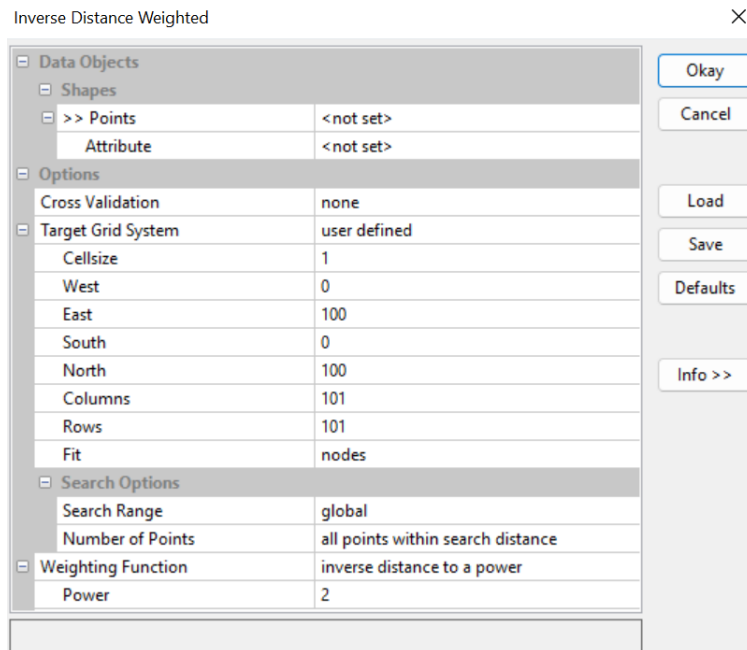
4 INTERPOLACIÓN ESPACIAL DE DATOS CLIMÁTICOS

Entre los métodos habitualmente empleados para interpolar espacialmente datos climáticos se encuentran los siguientes:

4.1 INVERSA DE LA DISTANCIA (IDW)

- + Sencillo de aplicar
- + Robusto, poco sensible a datos anómalos
- Tiende a crear círculos (*bull's-eyes*) alrededor de los máximos y de los mínimos

Herramienta: **Inverse Distance Weighted**
Librería: *grid_gridding*
Menú: *Geoprocessing > Grid > Gridding > Interpolation*



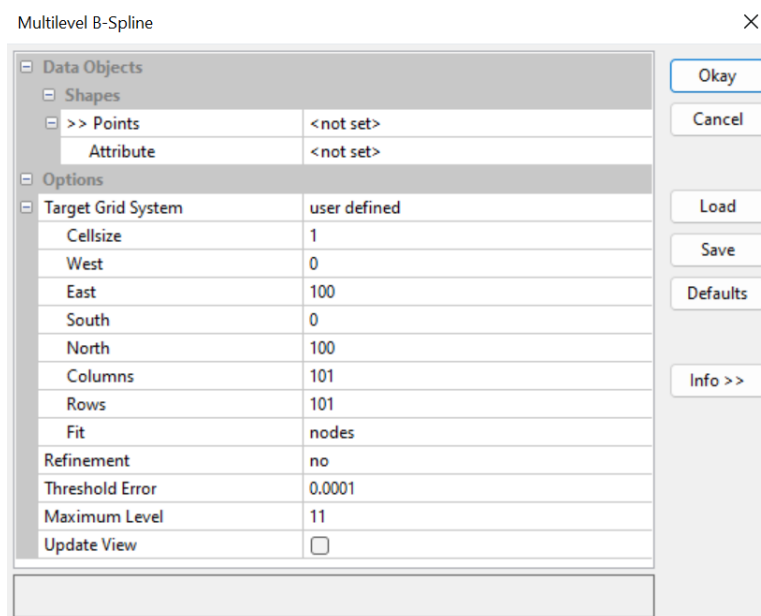
4.2 MULTILEVEL B-SPLINE (MBS)

- + Sencillo de aplicar
- + Proporciona superficies suaves, de agradable aspecto
- Tiende a extrapolar las tendencias, muy sensible a datos anómalos o a variaciones bruscas de la variable

Herramienta: **Multilevel B-Spline**

Librería: *grid_spline*

Menú: *Geoprocessing > Grid > Gridding > Spline Interpolation*



4.3 KRIGEADO ORDINARIO (KO)

- + Buenos resultados con la mayoría de las variables climáticas

- + Proporciona superficies suaves, de agradable aspecto
- Método complejo, necesario hacer un ajuste del variograma, si no se aplica adecuadamente puede dar lugar a interpolaciones defectuosas

Herramienta: **Ordinary Kriging**

Librería: *statistics_kriging*

Menú: *Geoprocessing > Spatial and Geostatistics > Kriging*

EJERCICIO 4: Interpolación espacialmente la temperatura anual media 1961-1990 de Colombia utilizando los tres métodos vistos hasta ahora (IDW, MBS y KO) y comparar los resultados.

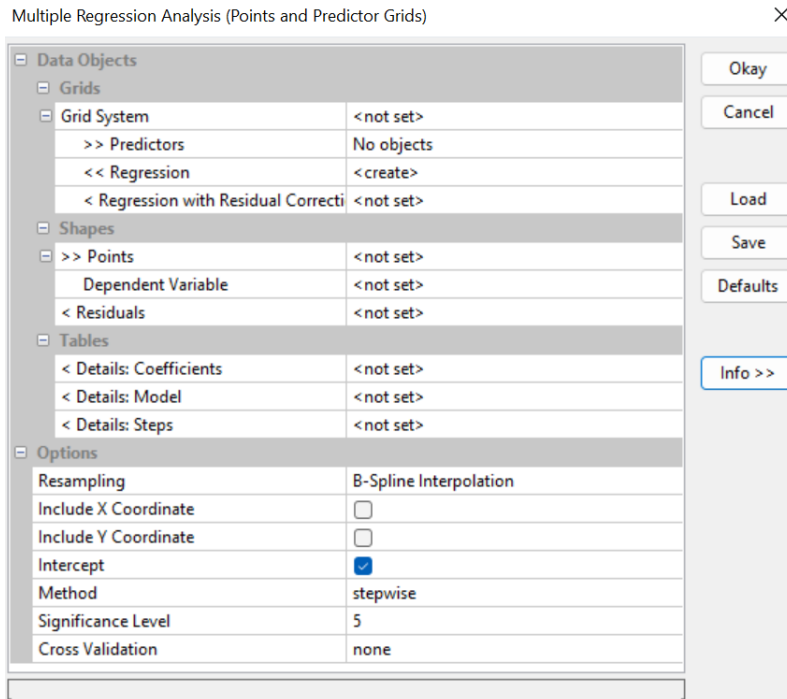
4.4 REGRESIÓN CON INTERPOLACIÓN DE LOS RESIDUOS

- + Buenos resultados si existe correlación entre la variable climática y la variable o variables auxiliares (p.ej., temperatura y altitud en muchos casos)
- No funciona bien con todas las variables climáticas, puede dar lugar a interpolaciones sin sentido físico

Herramienta: **Multiple Regression Analysis (Points and Predictor Grids)**

Librería: *statistics_regression*

Menú: *Geoprocessing > Spatial and Geostatistics > Regression*



EJERCICIO 5: Interpolar espacialmente la temperatura anual media 1961-1990 de Colombia utilizando el método de regresión con la altitud con interpolación de los residuos por MBS y comparar el resultado con el obtenido en el ejercicio anterior.

EJERCICIO 6: Interpolar espacialmente la precipitación acumulada anual media 1961-1990 de Colombia utilizando los métodos vistos hasta ahora: IDW, MBS, KO y regresión con la altitud con interpolación de los residuos. ¿Es posible aplicar el modelo de regresión con la altitud en este caso?

5 OBTENCIÓN DE REJILLAS CLIMÁTICAS A PARTIR DE REANÁLISIS DE MODELOS NUMÉRICOS

ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present:

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land-monthly-means?tab=overview>

Es necesario registrarse para poder descargar las rejillas.

Conjunto de datos de reanálisis desde 1950, con un tamaño de celda de 0.1° x 0.1° (aprox. 11 km)

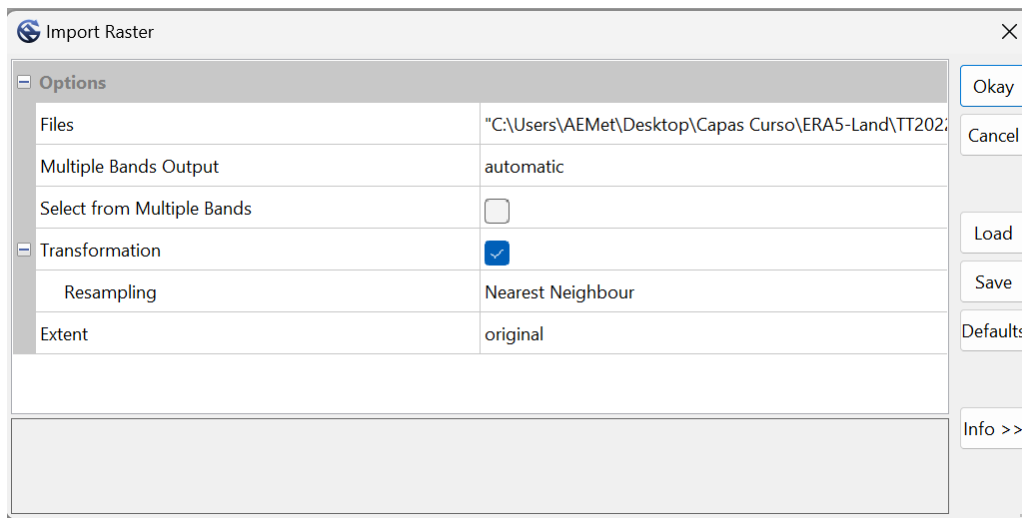
Unidades: Temperatura en Kelvin
 Precipitación en M/día

EJERCICIO 7: Obtener la rejilla de temperatura mensual media de mayo de 2022 de Colombia a partir del reanálisis ERA5-Land de dicho periodo.

Utilizar la herramienta *Import Raster* para importar la rejilla con la temperatura media de mayo de 2022 de ERA5-Land:

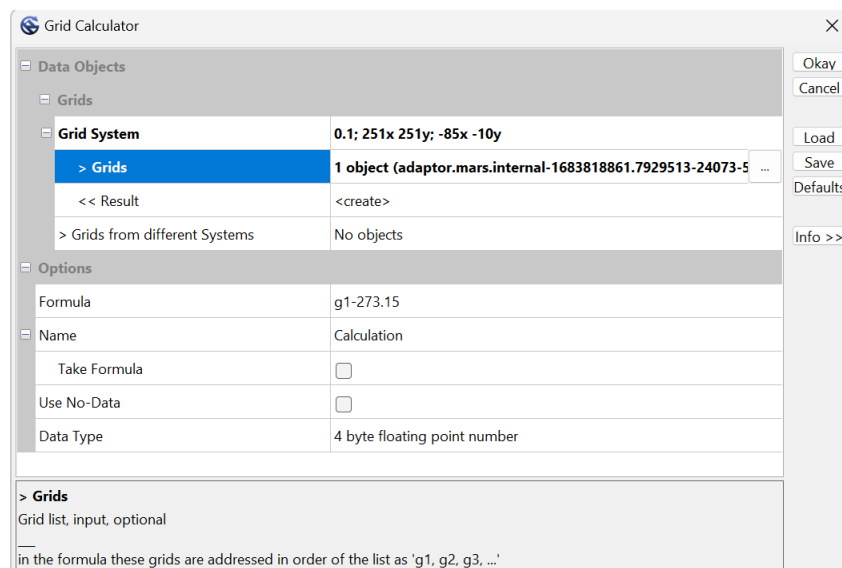
Herramienta: **Import Raster**

Librería: *io_gdal*
Menú: *Geoprocessing > File > Grid*



Pasar de K a °C con la herramienta

Herramienta: **Grid Calculator**
Librería: *grid_calculus*
Menú: *Geoprocessing > Grid > Calculus*

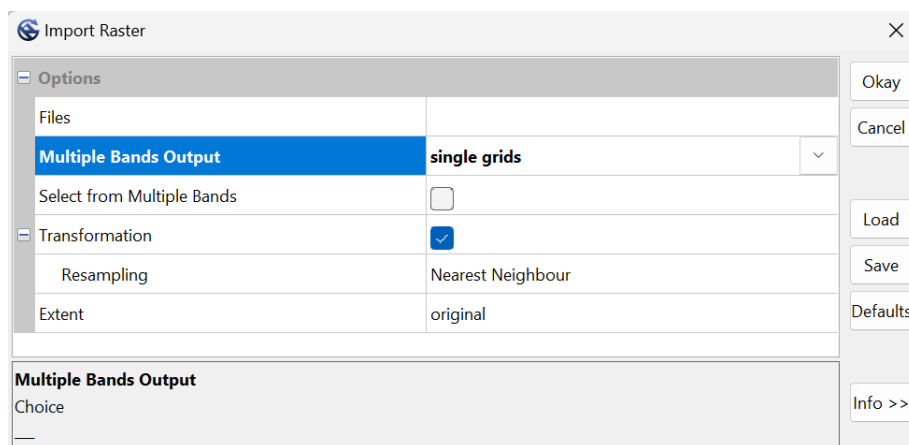


EJERCICIO 8: Obtener la rejilla de temperatura anual media 1961-1990 de Colombia a partir de las rejillas de temperatura media mensual de ERA5-Land de dicho periodo. Comparar los resultados con los obtenidos en el ejercicio 5.

Utilizar la herramienta *Import Raster* para importar el conjunto de rejillas mensuales 1961-1990

Herramienta: **Import Raster**
Librería: *io_gdal*
Menú: *Geoprocessing > File > Grid*

Es necesario elegir la opción **single grids** en el campo **Multiple Bands Output**

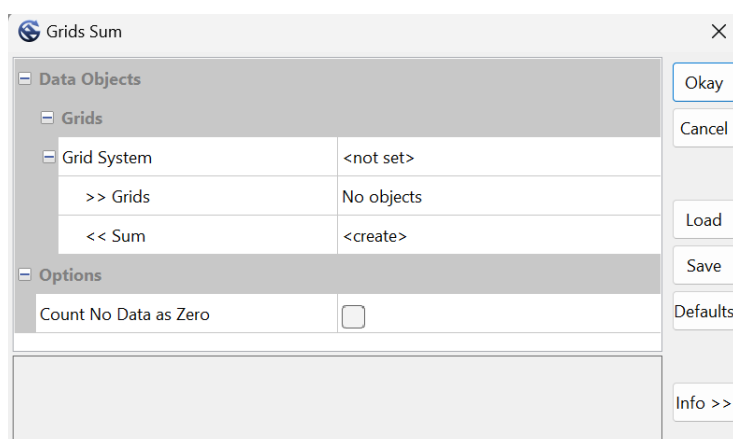


Utilizar la herramienta *Grids Sum* para sumar las rejillas de temperatura mensuales

Herramienta: **Grids Sum**

Librería: *grid_calculus*

Menú: *Geoprocessing > Grid > Calculus*

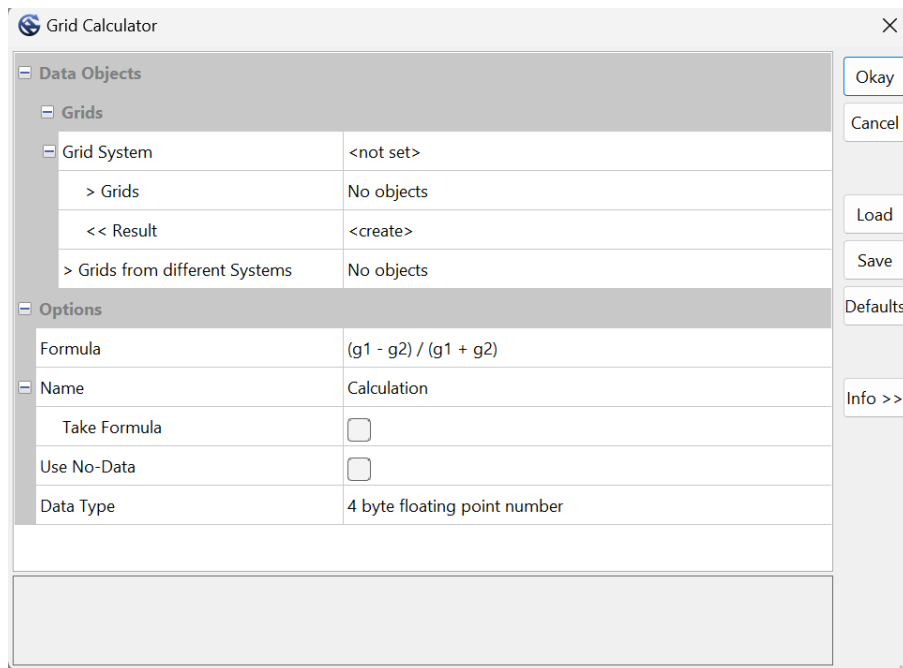


Y obtener el campo de temperatura media anual 1961-1990 con la herramienta *Grid Calculator*, dividiendo la suma de los campos de temperatura por 360, el número de meses que hay en el periodo, y restar 273.15 para pasar a °C

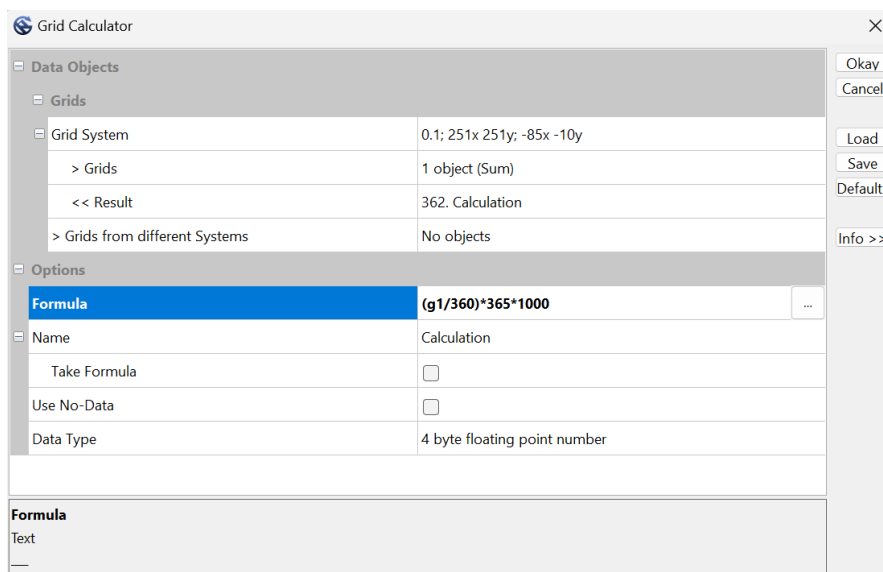
Herramienta: **Grid Calculator**

Librería: *grid_calculus*

Menú: *Geoprocessing > Grid > Calculus*



EJERCICIO 9: Comparar los datos de precipitación acumulada anual media 1961-1990 de Colombia con la precipitación anual media del mismo periodo de ERA5-Land.



6 OBTENCIÓN DE REJILLAS DE PRECIPITACIÓN A PARTIR DE CHIRPS

CHIRPS: Datos en rejilla desde 1981 con una resolución de $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ (aprox. 6 km) para la mayor parte del globo (50°S - 50°N). Incorpora imágenes de satélite de 0.05° de resolución con datos de estaciones para crear rejillas de precipitación para análisis de tendencias y monitorización de las sequías: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>

EJERCICIO 10: Comparar los datos de precipitación acumulada anual media 1961-1990 de Colombia con la precipitación anual media 1981-2021 de CHIRPS.