



Guía SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG

Prof.: Edier Aristizábal

versión: 10 de febrero de 2021

1. MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN (DEM) ARCGIS

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en Sistemas de Información Geográfica, Producido y comercializado por ESRI. bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo.

ArcGIS Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo en sus últimas ediciones las herramientas *ArcReader*, *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcToolbox*, *ArcScene* y *ArcGlobe*, además de diversas extensiones. ArcGIS for Desktop se distribuye comercialmente bajo tres niveles de licencias que son, en orden creciente de funcionalidades: *ArcView*, *ArcEditor* y *ArcInfo*.

Además de ArcMap, se pueden contar con las extensiones *3D Analyst*, *Geostatistical Analyst*, *Maplex*, *Network Analyst*, *Schematics*, *Spatial Analyst*, *Tracking Analyst* y *ArcScan*. *Spatial Analyst* Proporciona una amplia posibilidad de recursos relacionados con el análisis espacial de datos. Con esta herramienta se pueden crear, consultar y analizar datos ráster; combinar varias capas ráster; aplicar funciones matemáticas, construir y obtener nueva información a partir de datos ya existentes, etc.

Spatial Analyst nos permite: obtener información nueva de los datos existentes; hallar ubicaciones adecuadas; realizar análisis de distancia y coste del trayecto; identificar la mejor ruta existente entre dos puntos; realizar análisis estadísticos e Interpolar valores de datos para un área de estudio determinada. la extensión *3D Analyst* de ArcGIS proporciona herramientas para la creación, visualización y análisis de datos SIG en un contexto tridimensional; la función *ArcScene* por ejemplo permite crear y animar ambientes 3D. *Geostatistical Analyst* permite la realización de análisis geoestadístico, partiendo del análisis exploratorio de los datos hasta su representación espacial. *Network Analyst* permite aplicar ArcGIS al trabajo con rutas de transporte. Tiene aplicaciones como cálculo de rutas óptimas entre varios puntos, calcular tiempos de acceso, optimización de ubicación de centros logísticos/oficinas de reparto, etc.

QGIS

El programa QGIS es un programa muy robusto de SIG libre y que tiene un gran equipo de colaboradores en el mundo que están generando funciones y actualizaciones constantemente. QGIS se descarga desde la página <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>. Solo es necesario seleccionar el tipo de equipo y ambiente de trabajo. Se puede instalar lo que se denomina instalador autónomo o la versión tipo OSGeo4W, el cual corresponde a un programa de software libre que apoya QGIS, y que permite descargar diferentes versiones e ir actualizando el QGIS a medida que se van generando nuevas versiones, lo cual es muy rápido. Proceda con la instalación y familiarícese con las funciones e interface. Existe una gran cantidad de documentación en la página oficial y en general en la Web sobre QGIS.

1.1. Descargar MDE

Existe una gran variedad de formas para descargar modelos digitales de elevación de cualquier parte del mundo. El modelo más utilizado y conocido es el del programa de la NASA denominado SRTM con resolución espacial de 30m y de 90m para todo el mundo, el cual se puede descargar del visor de la USGS EarthExplorer (<https://glovis.usgs.gov/app>). Desde la pestaña Data sets, luego en Digital Elevation y SRTM, donde

seleccionamos SRTM 1 Arc second Global. Existe otros modelos disponibles para todo el mundo con resolución de 12,5 m del programa entre los USA y Japón denominado ALOS PALSAR, el cual se puede descargar de la página (<https://asf.alaska.edu/how-to/get-started/>). Herramientas como Google Earth Engine permiten descargar estas imágenes a través de plataforma, e incluso QGIS tiene un plugins para la descarga directa de SRTM. En ambos casos requiere registrarse en la página.

1.2. Asignar CRS planas

Antes de iniciar su trabajo debe asignarle a su proyecto un sistema de coordenadas planas. QGIS utiliza por defecto el sistema de coordenadas internacional EPSG 32617 (WGS84) que corresponde a coordenadas geográficas. Para el procesamiento es recomendable utilizar coordenadas planas, por lo tanto se requiere modificar desde la esquina inferior derecha el CRS (*Coordinate Reference System*) del proyecto, y los mapas que se van a utilizar deberán estar en este mismo sistema o reproyectarlo a dicho sistema. Por defecto los mapas que se van agregando se van proyectando automáticamente a dicho sistema establecido desde el inicio.

1.3. Llenar espacios en blanco en los modelos DEM

En los DEM es común encontrar espacios vacíos, los cuales se deben generalmente a la omisión o captura de información de estos puntos por la presencia de nubes o daños en los equipos. Generalmente estos espacios son denominados voids o gaps y la acción de llenarlos se les denomina *fill*, *close* o *patch*. Son importantes estos nombres para identificar las funciones que nos pueden ayudar en estos casos, sin embargo siempre es necesario leer con detalle cual es la acción que realiza la función, ya que al existir diferentes SIG que utilizan nombres similares esto no significa necesariamente, y lo cual es muy común, que realicen la misma acción, en muchos casos es similar pero no arroja resultados iguales y existen casos donde nombres de funciones similares generan acciones diferentes y por lo tanto resultados completamente diferentes.

Pueden existir espacios por llenar pequeños o grandes, y la acción es diferente para cada caso de la siguiente manera:

Para espacios grandes, en este caso no se puede utilizar funciones de interpolación, ya que al ser el área de relleno extensa no son precisos. Para eso lo recomendado es llenar dichos espacios como DEM de otras fuentes, y los cuales generalmente son de resoluciones menores (más gruesas). En este caso en QGIS se utiliza la función de GRASS denominada *r.patch*, la cual tiene como entrada los raster que se van a utilizar y la resolución del DEM de salida. Ambos mapas deben estar en la misma resolución espacial, por lo cual se debe realizar un remuestreo del DEM con resolución más gruesa. Es

muy importante en esta función ubicar en la lista de selección de la función como primer mapa el cual se va a rellenar y como segundo mapa aquel el cual se va a utilizar para rellenar el primero. Se recomienda también seleccionar la casilla para que las celdas con valor de cero sean rellenadas también.

Para espacio pequeños se pueden utilizar funciones de interpolación, las cuales funcionan adecuadamente. Para eso existen en SAGA diferentes funciones denominadas Close Gaps. También se puede utilizar la función de GRASS *r.fill.nulls* o en GDAL *fill nodata*. Todas estas funciones están dentro de QGIS. También está la función *r.neighbors* de GRASS, la cual le asigna un valor a la celda faltante considerando las celdas vecinas, de acuerdo con la selección que se realice en la herramienta (<https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/r.neighbors.html>). Tener en cuenta que esta función aplica dicha regla para todo el DEM, no solo para los huecos, por lo tanto suaviza el DEM. En muchos casos esto no es deseado.

1.4. *Clip*

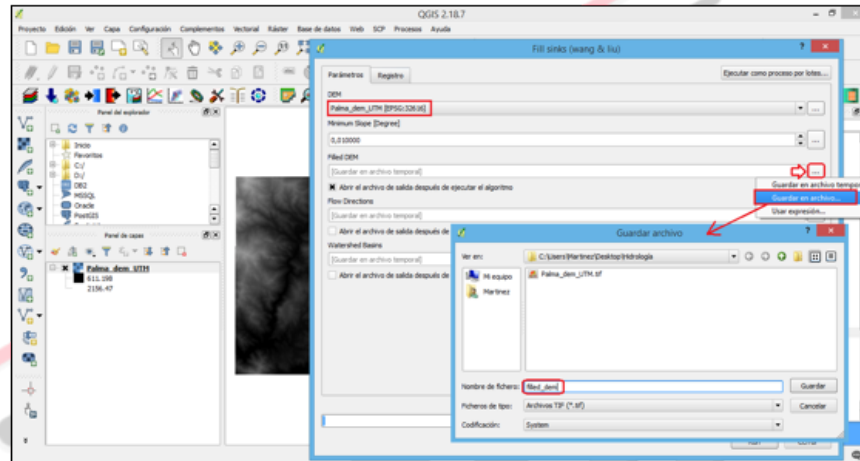
Para cortar un DEM se pueden utilizar diferentes funciones, unas de ellas en la pestaña de raster→Extracción. También se puede realizar por la caja de herramientas (Processing toolbox) con la función de SAGA denominada *Clip raster with polygon*.

1.5. *Fill*

Esta problemática común en todos los DEM es diferente al caso anterior sobre espacios sin datos. En este caso se refiere a áreas de menor relieve o concavidades que generan errores en análisis hidrológicos, los cuales se le denomina *sinks* o sumideros. Estos corresponden a celdas que están rodeadas de celdas mas altas, por lo tanto, el agua al llegar a estas celdas no tiene por donde drenar generando errores. Es por esto que se debe correr inicialmente las funciones denominadas *fill sinks*, las cuales existen varias en QGIS. Esta función simplemente a dichas celdas más bajas le aumenta la altura hasta la altura menor de sus vecinas, o por el contrario reduce alguna de sus vecinas al valor de la celda es cuestión. Por ejemplo, la función *fill sinks* (Wang & Lu) genera tres mapas por defecto el mapa de celdas libres de *sinks* (fills DEM), un mapa de dirección del flujo (Flow direction) y un mapa donde establece alguna cuenca de mayor jerarquía. También existe la función *r.fill.dir* de GRASS, la cual arroja como resultado muy útil un mapa con las zonas que presentan problemas. Generalmente se requiere correr la herramienta varias veces hasta obtener un archivo sin problemas.

1.6. *Strahler order*

La función Strahler de SAGA es muy útil para definir la red de drenajes y las cuencas. Esta función solo exige el mapa de elevación corregido con

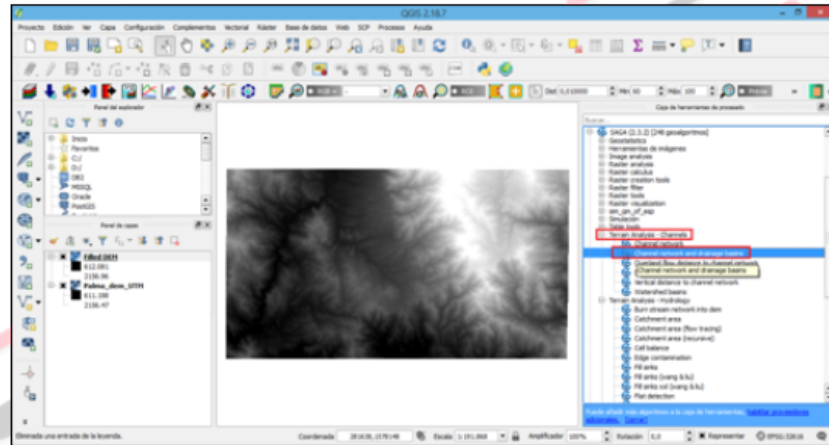


fill sinks (filled DEM). El resultado se denomina strahler order y debe ser ajustado en simbology. En raster type seleccione singleband pseudocolor, seleccione una rampa de color a su gusto, en mode seleccione equal Interval y en clases defina el número de clases igual al número de orden de strahler de su mapa. Como puede observar le da una muy densa red de drenaje. Por lo tanto, es necesario definir hasta que orden de drenaje desea establecer su red. Esa decisión depende del detalle o escala de su mapa. Una opción es evaluar para diferentes valores la red de drenaje comparada con cartografía básica de su zona, de tal forma que seleccione el orden que mejor se ajuste a la red de drenaje del mapa o del detalle que usted requiere.

Para esto se utiliza raster→raster calculator, allí introduce la expresión mapa de strahler orden del drenaje menor que desea en su mapa. Debe definir el nombre y ubicación del mapa de salida. Como resultado de esta expresión booleana se obtiene un mapa de 1 y 0. Donde las celdas que cumplen la expresión que ingresó toman valor de 1 y las celdas que no cumplen la expresión toman valor de 0. Por lo tanto, desde simbología puede ajustar los colores y presentación.

1.7. *Upslope area*

Para definir el área de la cuenca se puede utilizar la función de SAGA denominada *Upslope area*. Para aplicar esta función se debe ingresar con exactitud las coordenadas del punto de cierre de la cuenca. Para determi-



nar estas coordenadas se puede utilizar en QGIS el plugins conocido como Coordinate Capture, y se debe localizar el punto sobre la red de drenaje de strahler definida y sobre el drenaje en el punto que se desea. Las coordenadas deben ser planas por lo tanto el mapa debe estar en dicho tipo de proyecciones.

La función *Upslope area* como variable de entrada solo requiere el mapa de elevación corregido, las coordenadas del punto de cierre con las cifras decimales separados por coma, y seleccionar el tipo de método, *Determinístico* en este caso. Como salida se obtiene un mapa ráster con valores de 100 para las celdas dentro de la cuenca y 0 para celdas por fuera. De esa forma se puede vectorizar este mapa a polígonos con la función raster → conversión → polygonize (Raster to polygon). Generalmente se crean unos polígonos más pequeños los cuales se deben identificar en la tabla de atributos y eliminarlos. Finalmente, con este polígono de la cuenca se corta el DEM para obtener un DEM de solo el área de la cuenca.

1.8. Drainage network and drainage basin

Esta función a partir del DEM corregido genera una serie de mapas tipo vector y tipo raster, entre ellos strahler, la red de drenaje y las cuencas. Por lo tanto, es útil para generar la red de drenajes y obtenerla como polígonos tipo línea. El cual después se puede cortar con el polígono de la cuenca y la función clip.

1.9. Definición de subcuencas

Para la definición de subcuencas, drenajes, y otros mapas valiosos a nivel de cuenca, se encuentra la función *r.watershed*. Donde se debe establecer el número de celdas que se desea para formar las subcuencas. Para esto se debe transformar el valor del área de la cuenca a número de celdas.

1.10. Estadísticos del raster

Existen algunas herramientas que extraen información valiosa del DEM. Entre ellas se encuentra *Zonal statistics* que permite obtener el valor máximo, mínimo, media, desviación estandar, entre otros.

1.11. Curva hipsométrica

Existen diferentes *plugins* que estiman directamente la curva hipsométrica. Para calcular dicha curva de forma manual se debe inicialmente utilizar la herramienta *r.reclass* de GRASS, y elaborar un texto en txt con los rangos que se desea reclasificar (ej. 89,1 thru 234 = 1. Como se señala en el ejemplo cada rango debe representar una fila especificando el rango y el nuevo valor asignado. Posteriormente se aplica la función *r.to.vect* de GRASS para convertir de raster a poligonos las áreas reclasificadas. Para estimar el área de cada rango primero debe aplicarse la función *Polygon dissolve(by attribute)*, de tal forma que se obtenga solo una fila para cada valor. Finalmente se obtiene el área de cada poligono que corresponde a un rango a traves del *Field calculator* en la tabla de atributos.

1.12. Quemar el DEM con la red de drenaje

Una práctica comun para estudio hidrológicos, es la de *quemar* el DEM con la red de drenaje; de tal forma que se modifique el DEM para que la red de drenaje con que se cuenta en formato vector corresponda con los valores minimo de altura sobre el DEM, y de esta forma obligar al drenaje tomar esta ruta.

Para esto se puede utilizar la herramienta *r.carve* de GRASS. Con esta herramienta se puede definir el número de celdas del ancho del drenaje y la profundidad por debajo del DEM que se desea, generalmente 2 metros es suficiente.

Es también posible realizar esta labor de forma manual con la calculadora de raster. Inicialmente se debe rasterizar el vector que representa el drenaje de forma binaria, asignando un valor de 1 para aquellas celdas que corresponden al drenaje y 0 para celdas que no corresponda a la red de drenaje. Posteriormente se debe normalizar el DEM con valores entre 0 y 1. Para esto nos dirigimos al *raster calculator* y aplicamos la siguiente expresión $(DEM - Min)/(Max - Min)$. A este DEM normalizado se le resta cn

la misma herramienta, *raster calculator*, el drenaje rasterizado. Finalmente este resultado es multiplicado por el raster original.

1.13. Perfil longitudinal del río

Para elaborar el perfil longitudinal del río, o cualquier perfil sobre un DEM se debe descargar el *plugins Profile Tool*. Para este solo se debe adicionar el DEM a la herramienta y seleccionar la línea a traves de la cual se desea realizar el perfil.

También es posible realizar el perfil, utilizando el *plugins Qchainage y Point sampling tool*. El *Qchainage* crea una nueva capa con puntos a lo largo de la línea de perfil que se desea y a la distancia que se le especifique a la herramienta. Y la herramienta *Point sampling tool* extrae los valores del DEM de cada punto. Se obtiene un archivo .gpkq con las distancias y alturas, el cual se puede exportar en .xlsx y graficar.

1.14. Generación de DTM's

Existe una gran cantidad de DTM's que se pueden generar solo a partir del DEM, entre ellos la pendiente, aspecto, curvatura, rugosidad, entre otros. Todos ellos calculan características especiales del terreno que ayudan a establecer cambios o cartografiar unidades geomorfológicas en detalle. Uno de los DTM que ayudan a tener una primera aproximación al terreno y sus geoformas es hillshade o mapa de sombras, el cual genera un mapa con aspecto tridimensional.

NOTA: QGIS ofrece una gran cantidad de herramientas de GRASS, SAGA y *Plugins* que desarrollan acciones similares. Por lo tanto, el procedimiento a realizar no debe ser exactamente el mismo, muchas veces las herramientas no corren adecuadamente con el DEM ingresado, y se deben utilizar herramientas alternas. Lo importante es tener claridad con respecto a la acción que realiza la herramienta utilizada, y por ende las modificaciones que ejecuta sobre los archivos, y ser completamente conscientes de los cambios introducidos y las implicaciones en el modelo.