

Libro de ejercicios de **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** aplicado al ámbito de la **hidrología**

M^a Alicia
Antolín Salazar

José Antonio
Gutiérrez Gallego



Esta obra ha sido objeto de una doble evaluación, una interna, llevada a cabo por el consejo asesor del Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, y otra externa, efectuada por evaluadores independientes de reconocido prestigio en el campo temático de la misma.

Edita:
Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones
C/ Caldereros, 2 - Planta 3ª. 10071 Cáceres (España)
Tel. 927 257 041; Fax 927 257 046
E-mail: publicac@unex.es
<http://www.unex.es/publicaciones>

I.S.B.N.: 978-84-09-15444-9

Maquetación:
Control P. 927 233 223. estudio@control-p.eu
Cáceres, 2020



Índice

PRÓLOGO	3
----------------------	----------

Bloque 1. PRÁCTICAS GENERALES CON QGIS

Práctica nº 1: Introducción a QGIS	5
Práctica nº 2: Trabajar con capas	12
Práctica nº 3: Generación de diferentes tipos de leyendas y mapas	22
Práctica nº 4: Diseño de mapas y su exportación a PDF	29
Práctica nº 5: Sistemas de referencia. Reproyectar	33
Práctica nº 6: Georreferenciación	44
Práctica nº 7: Digitalización	49

Bloque 2. PRÁCTICAS DE HIDROLOGÍA CON QGIS

Práctica nº 1: Generación de cuencas hidrológicas	58
Práctica nº 2: Obtención de la orden de corrientes (Horton y Strahler) de una red de drenaje	68
Práctica nº 3: Análisis morfométrico de una cuenca	71
Práctica nº 4: Cálculo de la precipitación media de una cuenca	85
Práctica nº 5: Generación de mapas de isoyetas	90
Práctica nº 6: Cálculo de Evapotranspiración Potencial según Thornthwaite	93
Práctica nº 7: Cálculo del mapa Número de Curva (CN)	100
Práctica nº 8: Cálculo del Balance Hídrico de la cuenca	112

BIBLIOGRAFÍA	117
---------------------------	------------

Recursos online	119
-----------------------	-----



Prólogo

El objetivo del presente libro es reunir en un documento las prácticas que se han ido diseñando a lo largo de varios años en la especialidad de Hidrología del Grado de Ingeniería Civil que se imparte en la Escuela Politécnica de Cáceres (Universidad de Extremadura). Es necesario advertir al lector que con este libro no se pretende crear un manual de ningún programa concreto, sino recopilar un conjunto de procedimientos que ayuden a comprender el empleo de los sistemas de información geográfica en el ámbito de la Ingeniería Civil en general y de la Hidrología en particular.

El programa elegido para el desarrollo de las prácticas es QGIS, un software de código abierto y gratuito que permite la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y visualización de los datos geográficos.

Para facilitar la mejor comprensión de la información se ha dividido el libro en dos bloques, uno primero que introduce al usuario a QGIS mediante la realización de una serie de ejercicios generales y un segundo bloque con prácticas más específicas de la especialidad de hidrología.

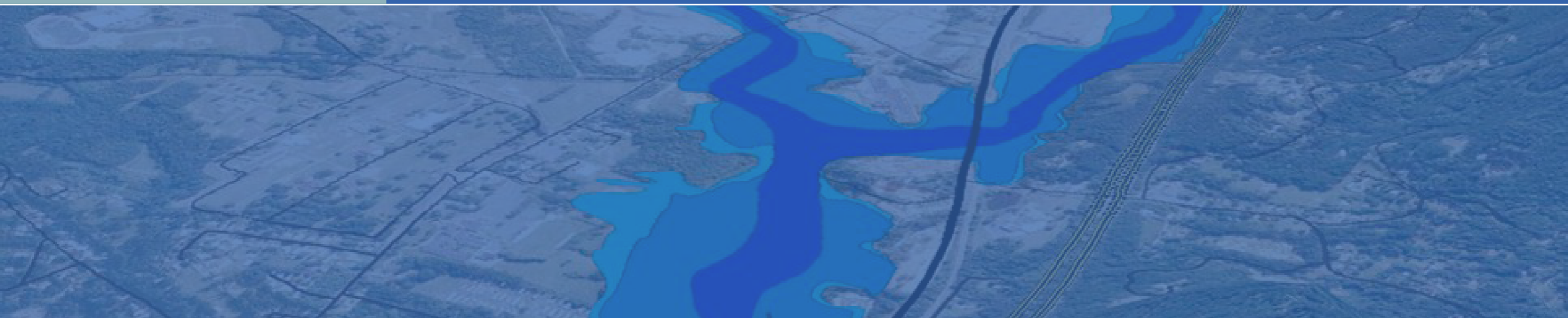
Por último, agradecer a Laura Fragoso Campón su paciencia para resolver aquellas dudas de términos y conceptos de hidrología que tan amablemente solventó, así como a Elia Quirós Rosado por dedicar parte de su tan ocupado tiempo en leer este libro y aportar su ya conocida "meticulosidad". Sin ellas este trabajo hubiera sido bastante más laborioso.



BLOQUE

1

Prácticas generales con QGIS



Introducción a QGIS

Objetivo: introducir al lector en el programa QGIS a través de una descripción pormenorizada de su interface gráfico. Para alcanzar su objetivo previsto se trabajará con información y documentos previamente generados, como proyectos y capas espaciales.

Al mismo tiempo, se pretende enseñar a inspeccionar las propiedades de los atributos asociados a la información espacial.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Proyecto "Area_Metropolitana.qgs"
- Proyecto "España.qgs"
- Capa vectorial "ciudades.shp"
- Capa vectorial "latlong.shp"
- Capa vectorial "provincias.shp"

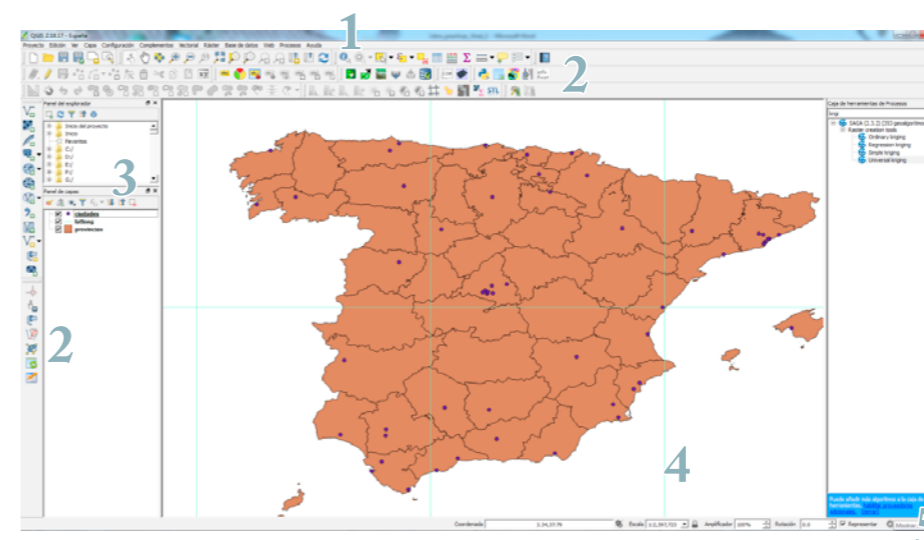
Desarrollo:

1.1. Interface en QGIS.

El Interface Gráfico de QGIS en su versión 2.18, se puede dividir en 5 zonas de trabajo:


- Zona nº1: Barra de menú.
- Zonas nº2: Barra de herramientas.
- Zona nº3: Paneles.
- Zona nº4: Canvas o Vista del mapa.
- Zona nº5: Barra de estado.

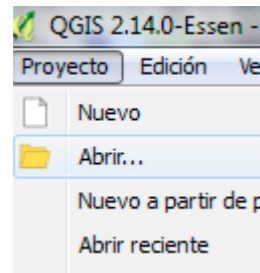
Las Barras de herramientas y los Paneles puede activarlos y desactivarlos mediante el menú **Ver** → **Barra de herramientas** o **Ver** → **Paneles**. La zona reservada a la Barra de estado, le proporcionará entre otros, información sobre la escala de visualización, coordenadas de la zona de trabajo, así como el sistema de referencia del proyecto.



Interface Gráfico de QGIS 2.18.

1.2. Abrir un proyecto e inspeccionar sus capas.

Antes de poder empezar con la práctica deberá abrir el programa, para ello, haga clic dos veces en el icono que aparece en el escritorio . Una vez abierto desde el menú desplegable seleccione **Proyecto** y elija **Abrir**.

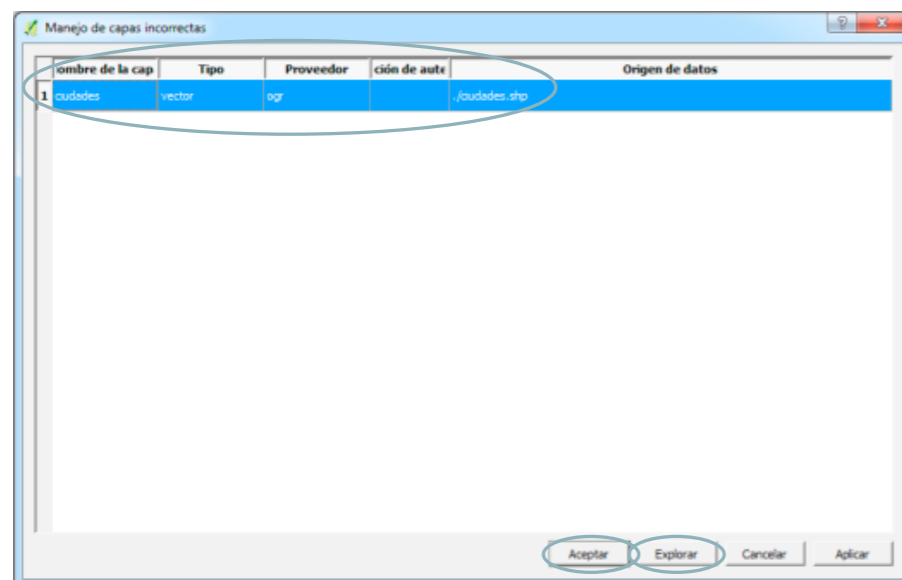


Navegue por el cuadro de diálogo y vaya al directorio donde está el "Ejercicio_1".

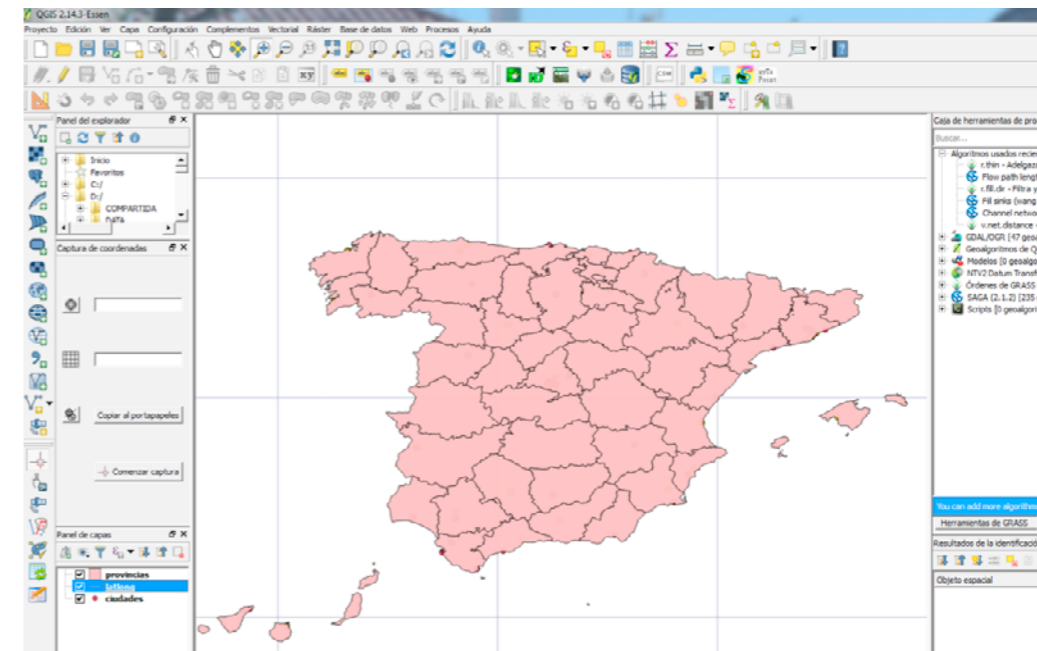
Para abrir el proyecto seleccione el proyecto "España.qgs", a continuación haga clic sobre **Abrir**.

Tenga en cuenta que probablemente sea necesario reparar el proyecto, es decir, indicar donde se encuentra la información a partir de la cual se ha elaborado (esto ocurre porque se ha movido el archivo ".qgs" y los datos, desde el ordenador original al ordenador desde el que está trabajando).

En este caso le saldrá una ventana informativa indicándole que introduzca la ruta nueva de las diferentes capas que conforman el proyecto, para ello, pulse sobre el botón **Explorar**, se le abrirá el buscador de Windows donde deberá navegar hasta seleccionar la nueva ubicación de la capa y acepte. Una vez haya localizado todas las capas mal ubicadas pulse sobre el botón **Aplicar**.



Cuando el proyecto se abra, aparecerá una ventana de este tipo:




En el proyecto hay tres capas: las capas "Lat/Long", "Provincias" y la capa "Ciudades".

La capa "Ciudades" aparece en el canvas (espacio para visualizar los geodatos), pero no se puede visualizar debido a que la capa "Provincias" la tapa.

Cambie el orden de visualización de forma que la capa "Ciudades" se dibuje sobre las otras. En el "Panel de capas" coloque el cursor sobre la capa "Ciudades" (en cualquier parte del área resaltada). Ahora haga clic y arrastre la capa a la parte superior del "Panel de capas". Suelte el botón del ratón para insertar la capa de nuevo en la lista. Como podrá comprobar las ciudades están visibles en la vista.


1.3. Inspeccionar un mapa con las herramientas Zoom e Identificar.

Cada punto representa a una ciudad cuya población es igual o superior a cien mil habitantes. Muchas de ellas están en la Comunidad Autónoma de Madrid pero a esta escala, son difícilmente distinguibles unas de otras.

Para poder inspeccionar una zona con mayor detalle puede utilizar la herramienta **Acercar Zoom** en el área que quiera inspeccionar. Esto lo consigue haciendo clic sobre la herramienta **Zoom más** .

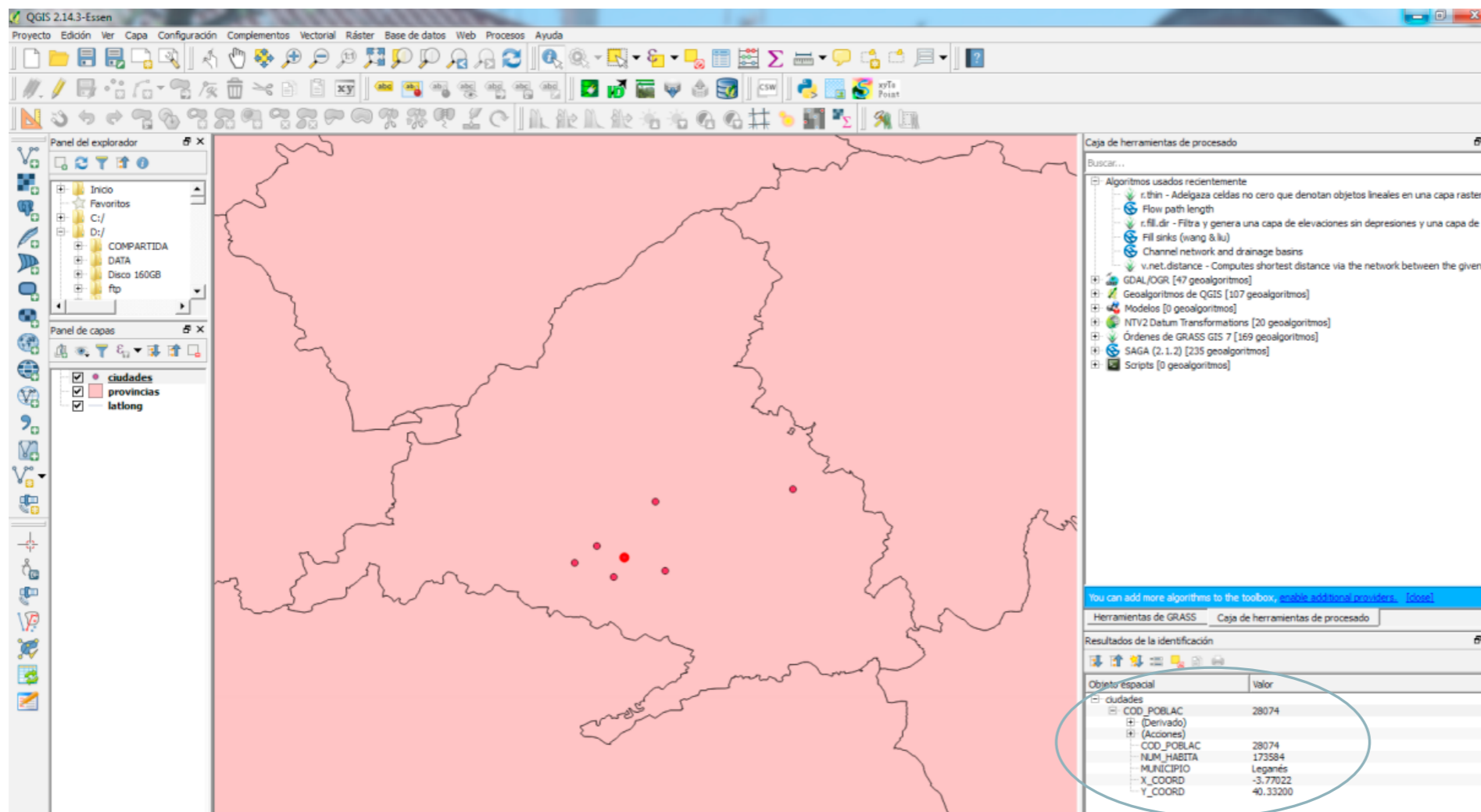
Haga clic (sin soltar el botón del ratón) en el noroeste de la provincia de Madrid y a continuación arrastre el ratón para dibujar una ventana de zoom que englobe toda la provincia. Cuando suelte el botón del ratón, la vista se redibujará mostrando toda la provincia.


La vista acerca el zoom sobre Madrid y ahora las ciudades se distinguen claramente. En la vista aparecen las ciudades de Madrid y Alcalá de

Henares claramente identificadas por su posición. Para conocer qué ciudad representa cada punto, puede utilizar la herramienta **Identificar objetos espaciales** .

Haga clic sobre ella. Podrá observar como el cursor cambia de aspecto al situarse sobre la vista. Seleccione cualquier ciudad para identificarla.

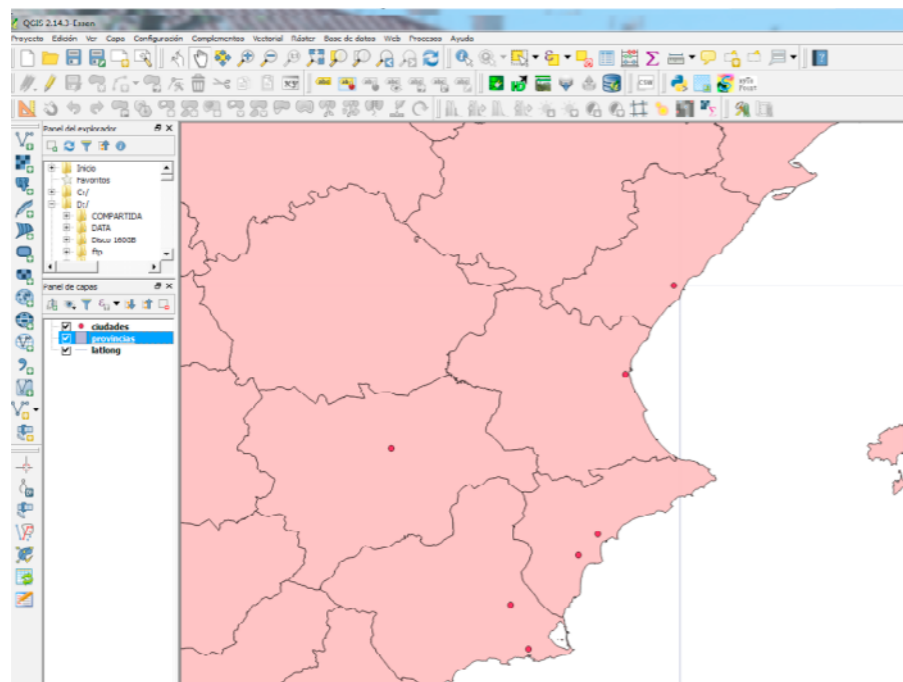
La ciudad elegida es identificada en el cuadro de diálogo de **Resultados de la identificación**. La información a la derecha está tomada de la tabla de atributos de la capa "Ciudades". Haga clic sobre unas cuantas ciudades más para añadirlas al cuadro de diálogo de **Resultados de la identificación**.



Para enfocar otra parte de la vista puede desplazarse dentro de ella con la herramienta **Desplazar mapa**. Haga clic sobre la herramienta .


Coloque el cursor (que cambia a una mano) en el centro de la vista. Haga clic y arrastre el ratón hasta la esquina superior izquierda. Suelte el botón del ratón. QGIS redibuja la vista.

Modifique el zoom para que en la vista se visualicen correctamente las provincias del levante español y alrededores.

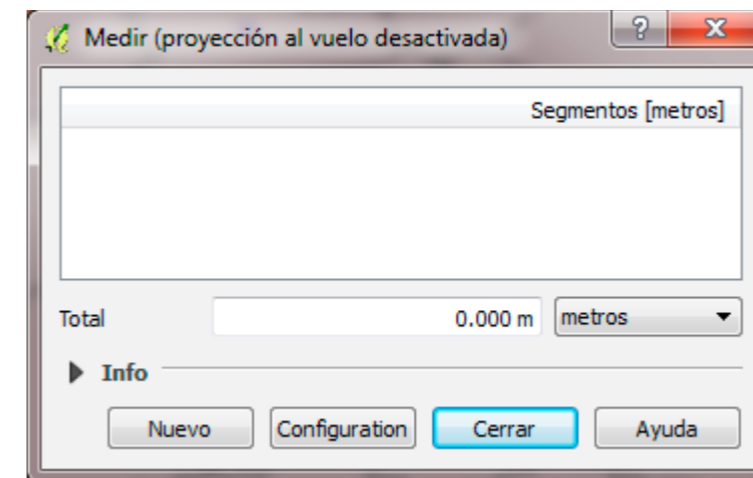


1.4. Obtener información y medida sobre elementos seleccionados y consultar su tabla de atributos.

En este apartado aprenderá a medir distancias entre elementos, a encontrar elementos, seleccionarlos y examinar sus atributos en una tabla de atributos. Primero medirá la distancia de La Coruña a Murcia.



Haga clic sobre la herramienta **Medir línea** . (Para localizar las ciudades utilice la herramienta explicada en el apartado anterior).

Aparecerá el cuadro de dialogo **Medir**.




Haga clic sobre Murcia y a continuación mueva el cursor hacia La Coruña. Se dibuja una línea entre sendas ciudades, apareciendo la distancia que las separa. El resultado es aproximadamente unos 1 016 km.

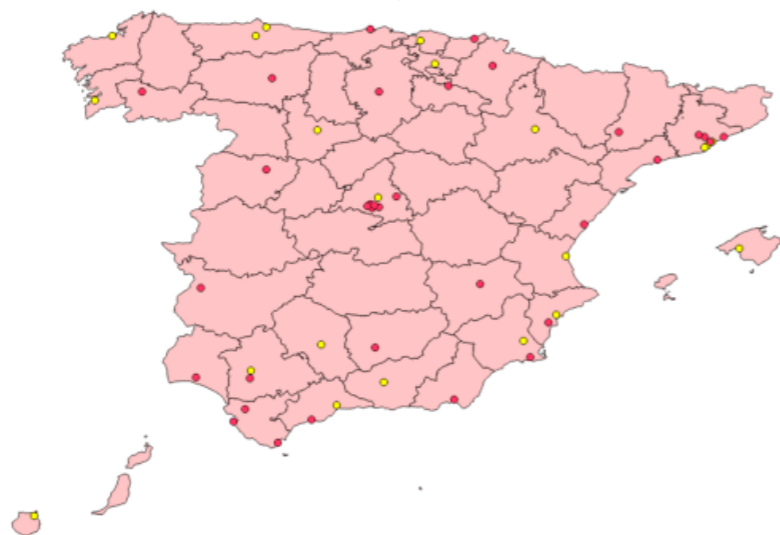
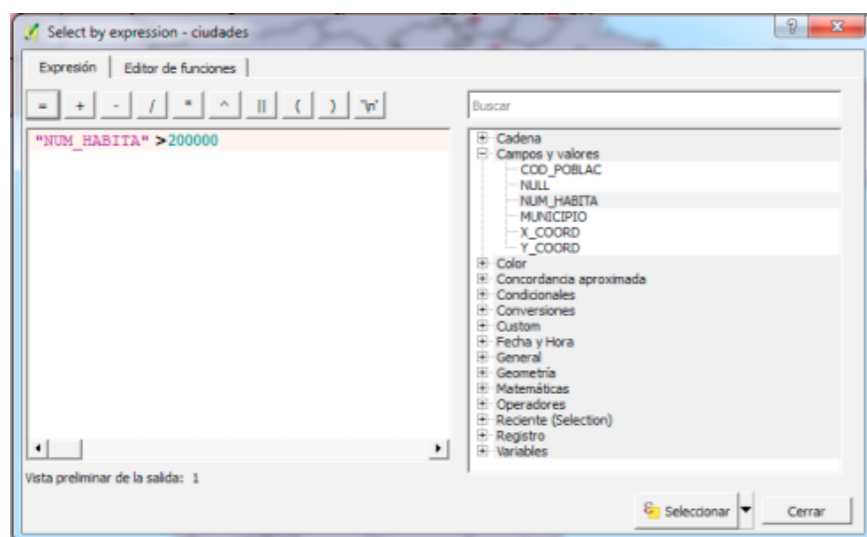
Otra forma de obtener información sobre elementos es seleccionarlos en el mapa y después examinar sus registros en la tabla de atributos. Cuando selecciona un elemento en el mapa también lo hace en el registro de la tabla de la capa.

Existen varias formas de seleccionar elementos en un mapa; seleccionar objetos espaciales por área o click único , mediante una expresión  o bien mediante las **Herramientas de investigación** que obtenemos desde el menú **Vectorial**.

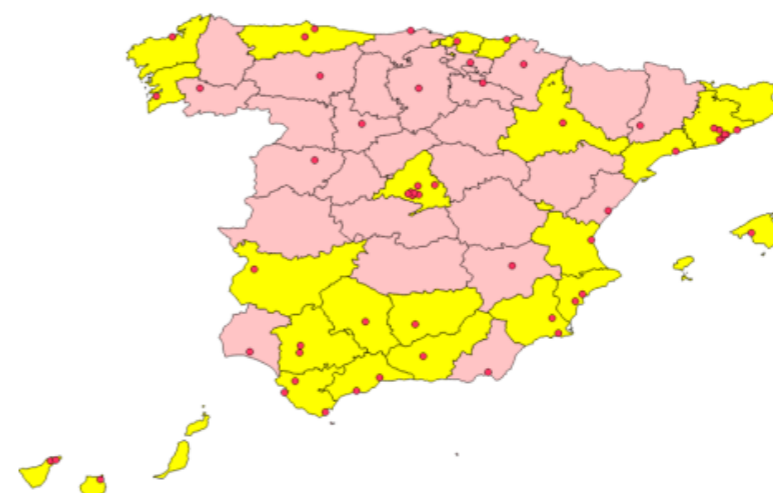
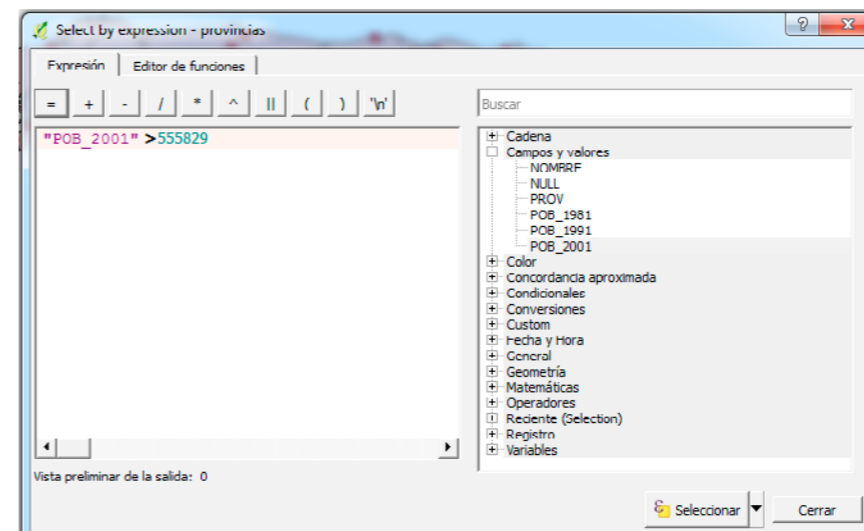
Para comprender mejor estos tres métodos proceda a realizar las siguientes selecciones:

- seleccione todas las provincias de la Comunidad de Andalucía; para ello, antes deberá activar la capa de provincias. Una vez la tenga seleccionada, utilizará el primer icono **Seleccionar objetos espaciales por área o click** único, dibujando con el cursor una ventana que integre todas las provincias de Andalucía. Con la tecla de "control" del teclado podrá añadir o eliminar las que no pertenezcan a dicha Comunidad Autónoma.

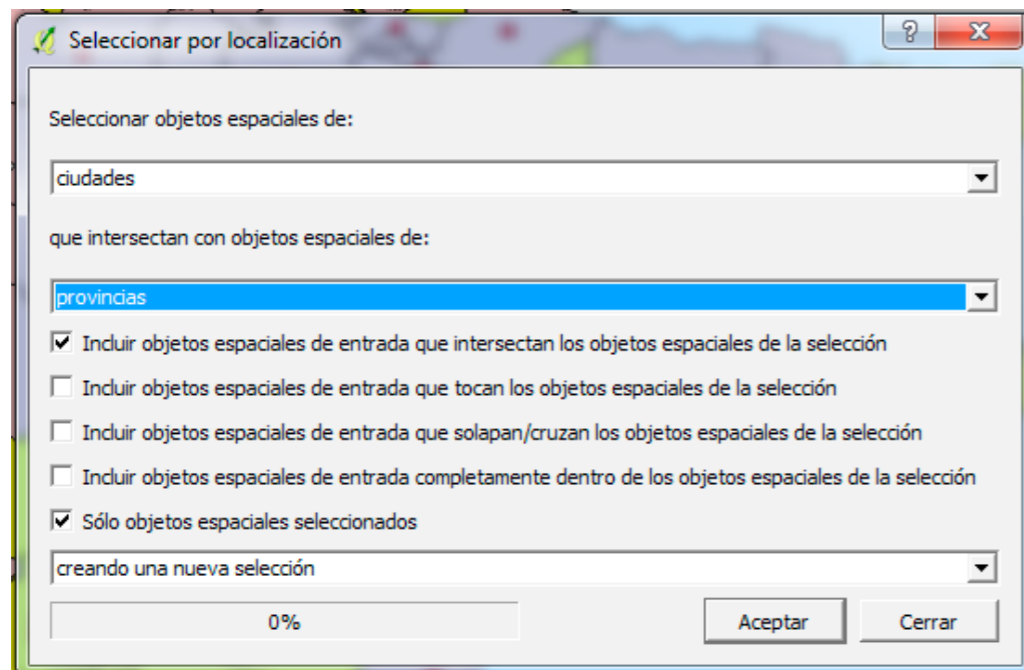
- b. aquellos municipios con una población mayor a 200 000 habitantes; esta selección la realizará mediante la selección **Seleccionar objetos espaciales mediante una expresión** . Elegirá el campo que contiene la información a filtrar, en este caso el campo NUM_HABITA y añade la condición de mayor a 200 000. Al clicar en **Seleccionar**, aparecerán marcados todos aquellos municipios con un número de habitantes superior a 200 000.



- c. las ciudades que se encuentren dentro de aquellas provincias con una población mayor a 555 829 habitantes en 2001; en este caso usted va a tener que realizar dos consultas. Una primera para seleccionar las provincias que cumplan la primera condición, aquella que tenga una población mayor a 555 829 habitantes, tal y como la ha realizado en el caso b)



La siguiente selección la hará desde el menú **Vectorial** → **Herramientas de investigación** → **Seleccionar por localización**,



Ahora está en disposición de examinar los atributos seleccionados, abriendo la tabla de atributos de la capa. Para ello, teniendo activa (marcada en la tabla de contenidos) la capa "ciudades", haga clic sobre el botón **Abrir la tabla de atributos**.

La tabla de atributos de la capa de "ciudades" se hace visible. Los registros seleccionados corresponden a los elementos seleccionados en el mapa.

Haga clic sobre el botón **Mover la selección arriba del todo**. Todos los registros seleccionados de la tabla se organizan automáticamente en la cabeza de la tabla.

Desplace la barra vertical de la tabla relativa a la capa "ciudades", para consultar toda la información referente a esta capa en cuestión.

Haga clic sobre el botón **Deseleccionar objetos espaciales de todas las capas** para limpiar la selección de los registros y elementos.

	COD_PORL AC	NUM_HARITA	MUNICIPIO	X_COORD	Y_COORD
0	1059	216852	Vitoria-Gasteiz	-2.68674	42.85158
2	3014	784580	Alicante/Alacant	-0.53656	38.38173
6	7190	333801	Palma de Mallorca	2.71679	39.55790
7	8015	205836	Badalona	2.23795	41.46322
8	8019	1503884	Barcelona	2.15150	41.40247
9	8101	239019	Hospitalet de Lle...	2.11351	41.35920
19	14021	308072	Córdoba	-4.70047	37.85043
20	15030	236379	Coruña (A)	-8.42108	43.34708
21	18087	240661	Granada	-3.58984	37.18699
33	28079	2938723	Madrid	-3.69495	40.46667
35	29067	524414	Málaga	-4.42286	36.76905
38	30030	370745	Murcia	-1.10507	37.92272

1.5. Modificar el contenido de una tabla de atributos.

Puede modificar algunos aspectos de la apariencia de una tabla según sus necesidades. Existe la posibilidad de cambiar el orden de los registros u obtener estadísticas..., estos cambios no alteran a los datos de la tabla.

Suponga que quiere ordenar las provincias según la población de 2.001, de mayor a menor. En la tabla de la capa "provincias", haga clic sobre el nombre del campo "POB_2001" automáticamente se ordenará de mayor a menor, si vuelve a clicar lo hará en orden contrario.

	NOMBRE	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001
29	Madrid	28	4726986	4947555	5423384
8	Barcelona	08	4618734	4654407	4805927
47	Valencia / València	46	2067039	2117927	2216285
42	Sevilla	41	1477428	1619703	1727603
2	Alicante /Alacant	03	1148597	1292563	1461925
30	Málaga	29	1036261	1160843	1287017
32	Murcia	30	957903	1045601	1197646
49	Vizcaya	48	1181401	1155106	1122637
11	Cádiz	11	1001716	1078404	1116491

Después de clasificar las provincias en orden descendente por el volumen de población que presentan, quizás decida ponerlas en orden alfabético. En la tabla haga clic sobre el campo "NOMBRE". Sitúese a la cabeza de la tabla y observe que los registros están clasificados alfabéticamente.

	NOMBRE	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001
0	Álava	01	260580	272447	286387
1	Albacete	02	334468	342677	364835
2	Alicante /Alacant	03	1148597	1292563	1461925
3	Almería	04	405313	455496	536731
4	Asturias	33	1127007	1093937	1062998
5	Ávila	05	178997	174378	163442
6	Badajoz	06	635375	650388	654882

Cierre la tabla de la capa con un clic en la 'X' de la esquina superior derecha de la ventana.

A continuación va a obtener los estadísticos de un campo, abra el "Panel de Estadística", para ello haga clic en el icono **Mostrar resumen estadístico** Σ .

Se nos abre el panel antes descrito.

Estadística	Valor
Desv est (muestra)	916676
Mínimo	56600

Elija la capa y el campo sobre el cual quiera obtener el resumen estadísticos, en este caso sobre el campo "POB_1991" de la capa "provincias".

Con esto, ya ha conseguido familiarizarse con el entorno.

Trabajar con capas


Objetivo: conseguir que el lector reconozca los diferentes tipos de capas con las que puede trabajar, así como añadir las y manipularlas, para generar un proyecto nuevo. También podrá trabajar con los atributos de las diferentes capas generadas.

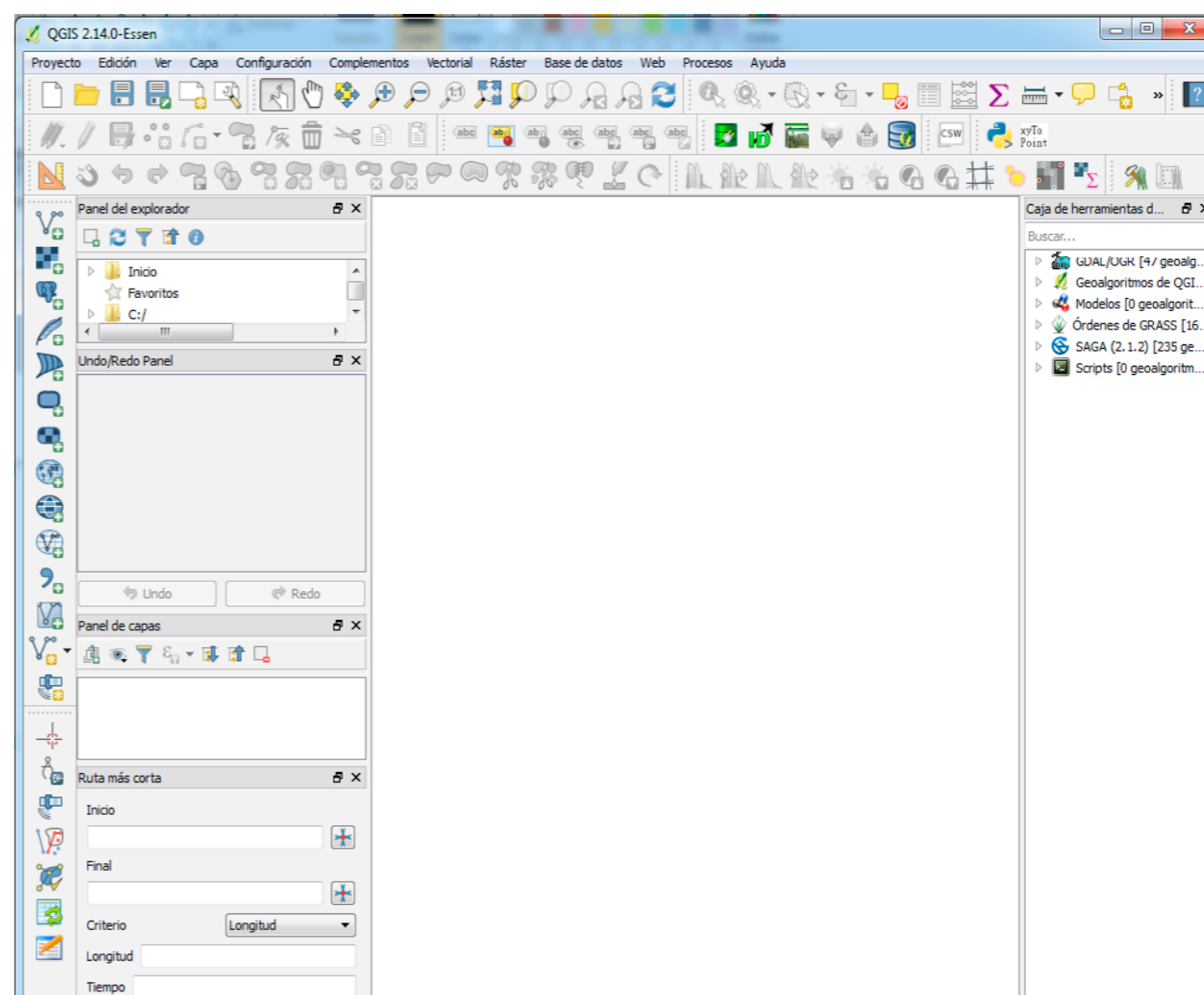
Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa vectorial "carreteras_25830.shp".
- Capa vectorial "nucleos_urbanos_25830.shp".
- Capa vectorial "provincias_25830.shp"
- Capa raster "MDE200_25830.tiff".
- Tabla "centroides.csv".
- Proyecto "Eventos.qgs"

Desarrollo:

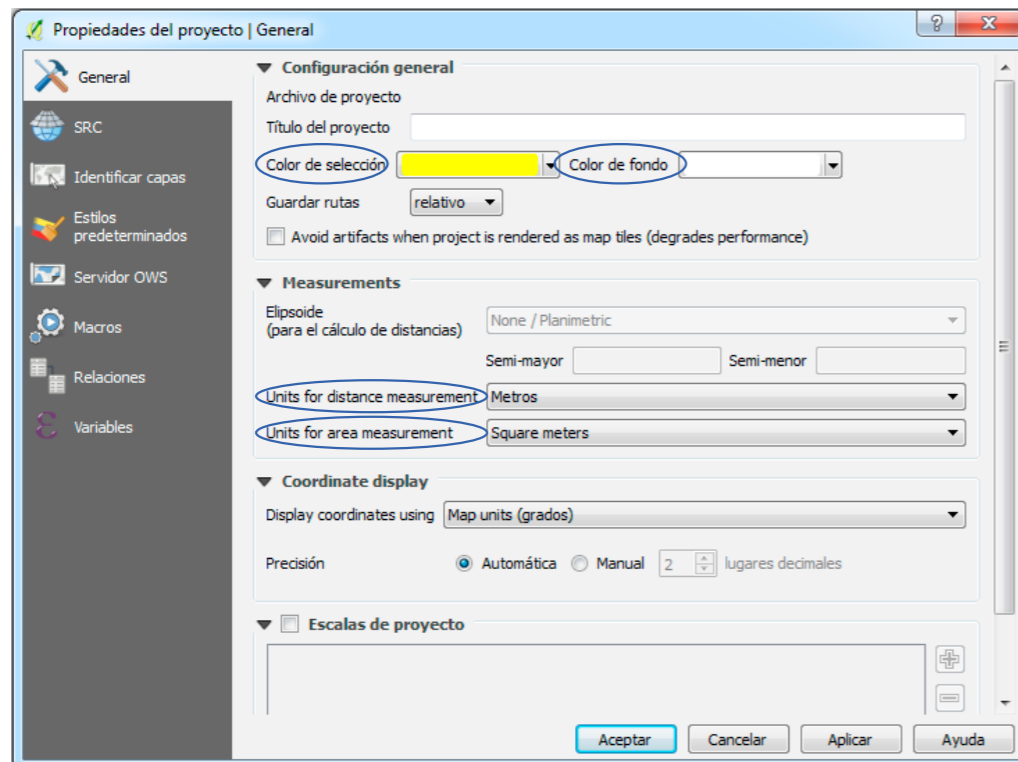
2.1. Crear un proyecto nuevo.

Cuando inicia una sesión de QGIS, en el canvas (espacio para visualizar los geodatos), aparecen los últimos proyectos con los que ha trabajado. Para comenzar con uno nuevo deberá hacer clic en el icono  **Nuevo**. Por defecto, no le asigna nombre alguno.



2.2. Editar las propiedades del proyecto.

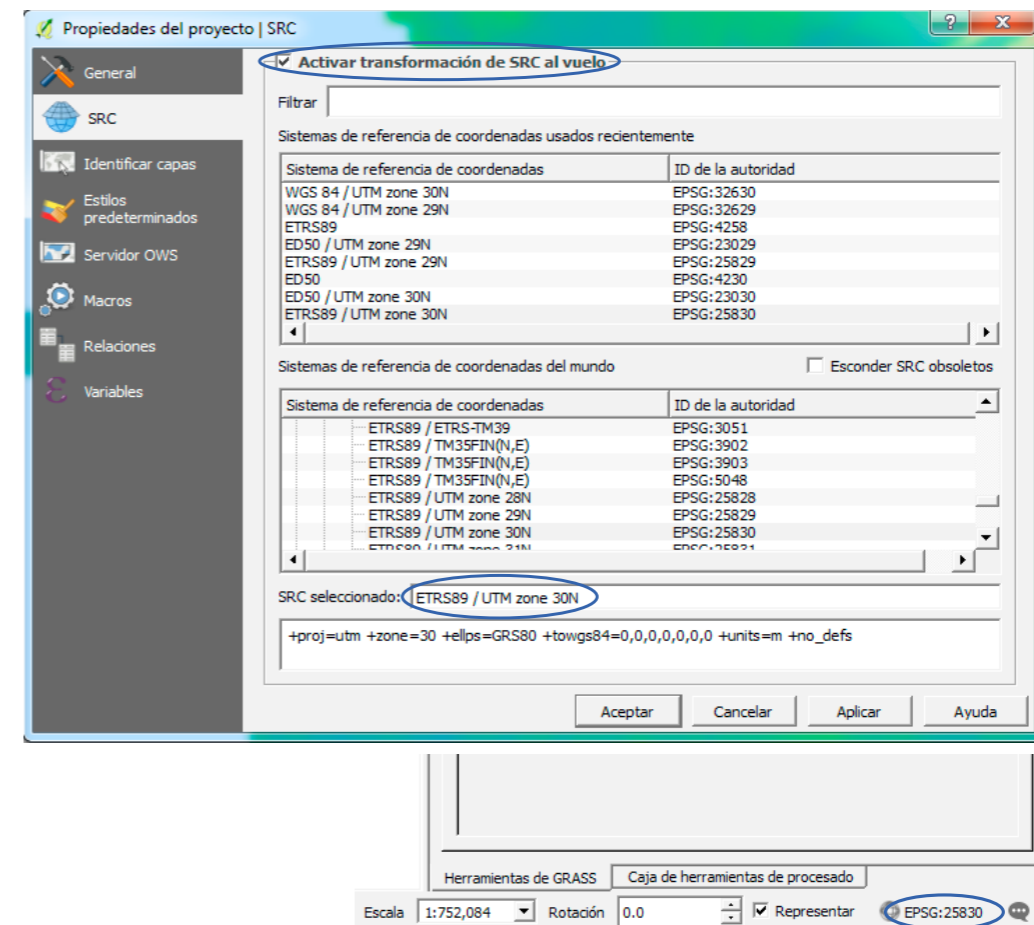
Desde el menú **Proyecto** → **Propiedades del proyecto**, se pueden editar las propiedades del mismo.



De este cuadro, fíjese en el apartado **General**, donde puede cambiar los colores de selección, color de fondo, así como las unidades en la medida de distancias y de áreas.

El apartado **SRC** será el que le informe sobre el Sistema de Referencia que está siendo usado en su proyecto, al igual que como habilitar la opción de transformación al vuelo para las capas cuando presentan un sistema de referencia distinto al del proyecto.



En otro apartado, verá como configurar por defecto este sistema para cada proyecto nuevo que cree.



2.3. Añadir capas al proyecto.





QGIS puede trabajar con diferentes formatos vectoriales, entre otros destacan formatos shape (*.shp), CAD (*.dxf, *.dgn), GML, KML... y varios para datos raster, como GeoTIFF (*.tif, *.tiff), Arc/Info ASCII Grid (*.asc), ERDAS Compressed Wavelets (*.ecw)...



Para añadir una capa a la vista, lo puede realizar de diversas formas:

- Dependiendo del tipo de capa, puede hacer clic en el icono **Añadir capa vectorial** , si lo que desea es incorporar una capa vectorial o **Añadir capa ráster**  para insertar un archivo ráster.
- Desde el menú **Capa** → **Añadir capa**.

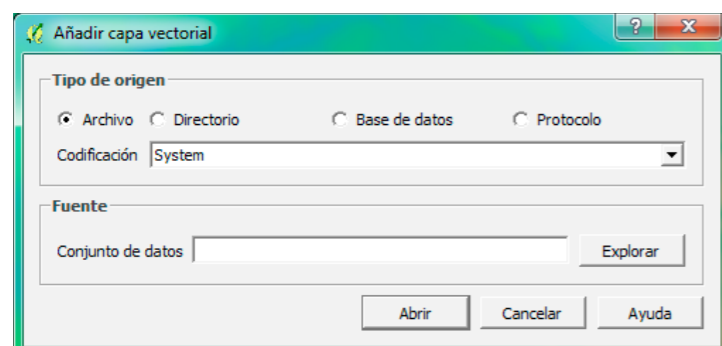
- Finalmente, arrastrando el archivo desde el explorador de Windows hacia el canvas y soltarlo, automáticamente aparecerá la capa en el "Panel de capas".

También puede añadir otro tipo de capas de forma remota:

-  **Añadir capa WMS/WMTS** (Web Map Service y Web Map Service Teselada).
-  **Añadir capa WFS** (Web Feature Service).
-  **Añadir capa WCS** (Web Coverture Service).
-  **Añadir capa de texto delimitado** (en otros softwares puede que lo conozca como capa de eventos).

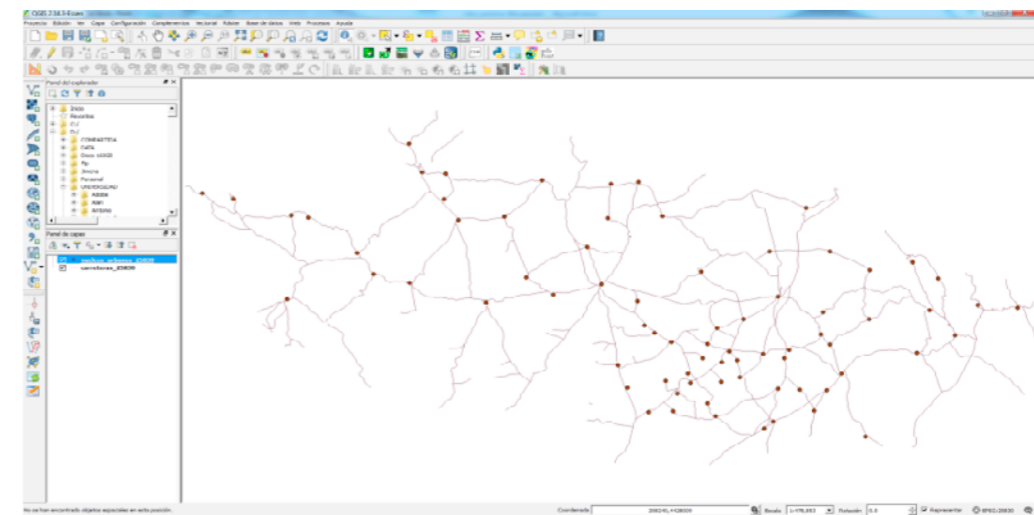
Ahora, genere un proyecto nuevo **Nuevo** . Posteriormente, añada la capa vectorial "carreteras_25830.shp" y "nucleos_urbanos_25830.shp", recuerde que puede añadirlas arrastrándolas desde el explorador de Windows, desde el icono  o desde el menú **Capa** → **Añadir capa**.


Si elige cualquiera de los dos últimos métodos le aparecerá el siguiente cuadro:



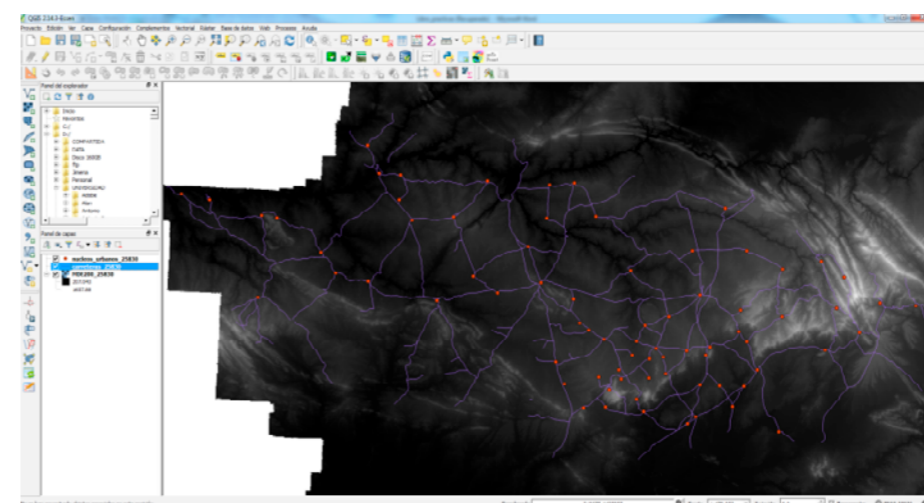
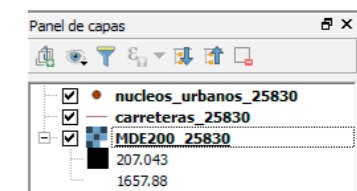
Haga clic en **Explorar**, se le abrirá el explorador donde deberá navegar hasta llegar a la carpeta donde ha guardado los datos de la práctica nº2. Una vez localizados los datos, elija por ejemplo, la capa vectorial "carreteras_25830.shp" y cliquee **Abrir**. Repita la operación para añadir la segunda capa.

En este momento, ambas capas aparecerán cargadas en el "Panel de capas" y las podrá visualizar en el canvas.




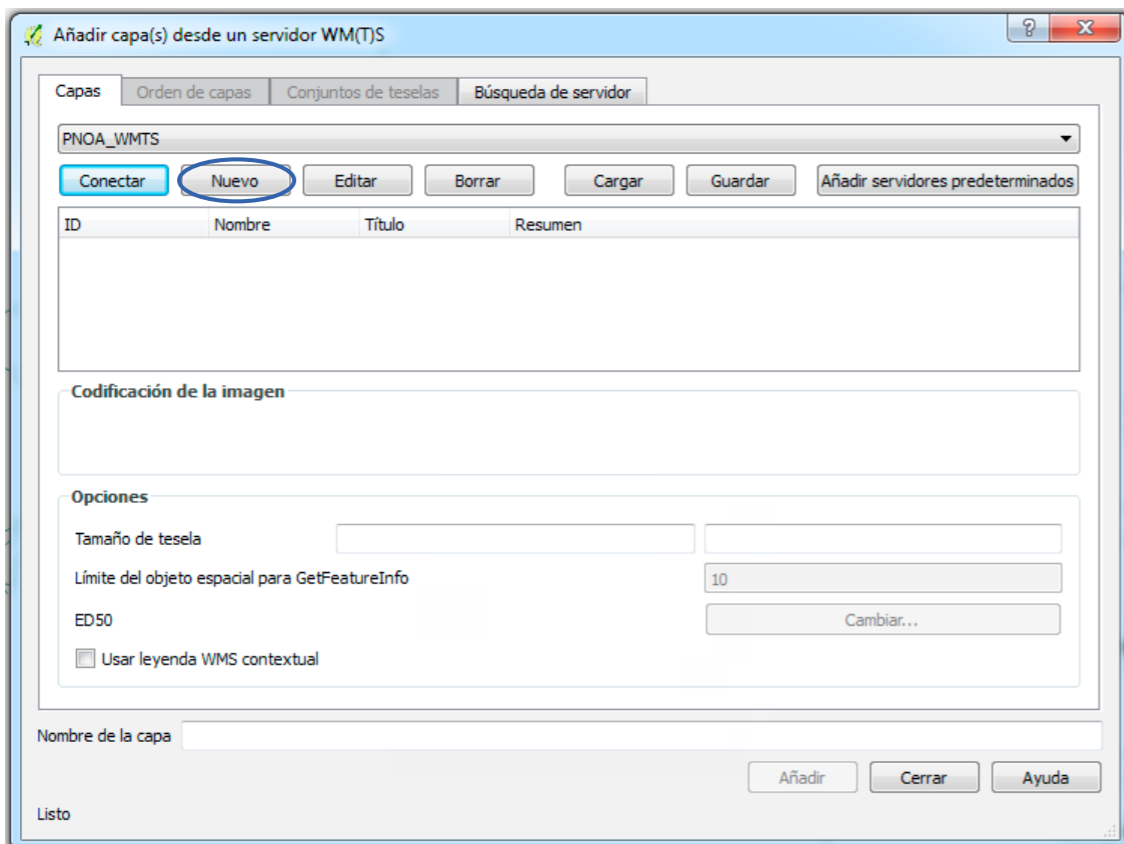
Ahora, va a proceder a cargar una capa ráster, de la misma forma que la vectorial, podrá arrastrarla desde el explorador o bien desde el icono .

En este caso, directamente se le abre el explorador para localizar su archivo, elija el archivo "MDE200_25830.tiff", nuevamente será cargada la capa y podrá visualizarla junto a las vectoriales. Tenga en cuenta, que al ser la última capa que ha cargado se la añadido en primer lugar en el "Panel de Capas", y no le dejará ver las dos vectoriales que ha añadido con antelación. Por tanto, deberá colocarlas para tener una correcta visualización de las tres.



En este proyecto, también va a cargar capas de forma remota.

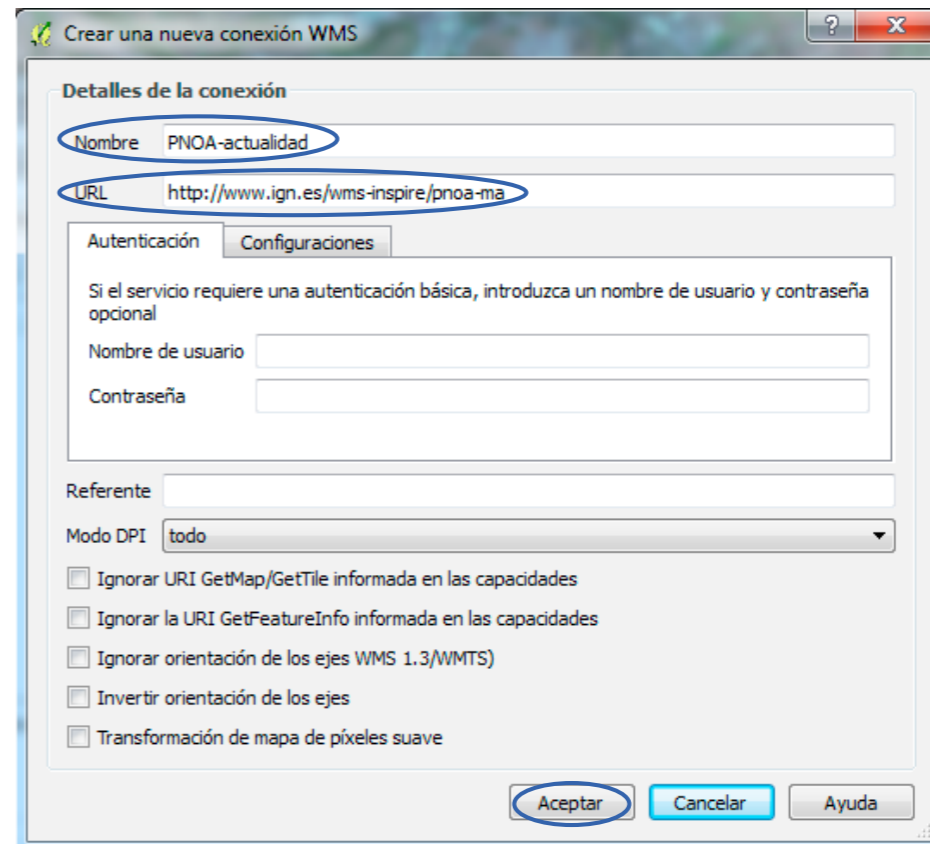
Por un lado, cargará la capa de ortoimágenes digitales del Plan Nacional de Ortofotos Aéreas. Para ello, seleccione el icono **Añadir capa WMS/WMST** , le aparecerá una ventana para configurar la conexión.



Acaba de conseguir generar un nuevo enlace, ahora deberá conectarse a él, para ello haga clic sobre **Conectar**. Le aparecerá las diversas capas a las cuales puede acceder, elija la que lleva por nombre “Ol. OrthoimageCoverage”, seleccione también el formato imagen y el Sistema de Referencia (por defecto, aparece el mismo que el del proyecto).

Haga clic en **Nuevo**, aparecerá una ventana donde deberá definir los parámetros para la conexión.

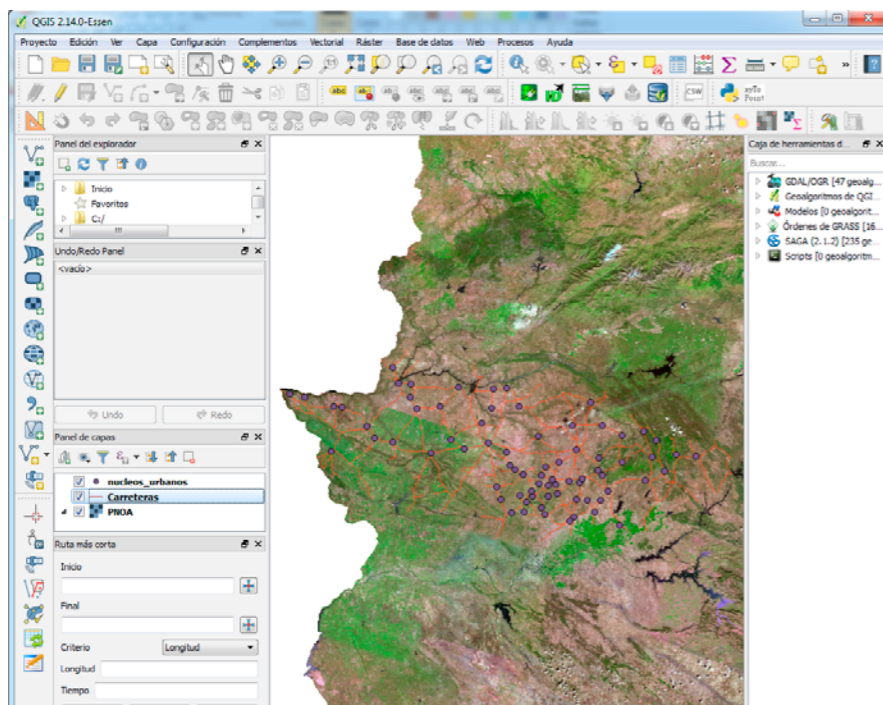
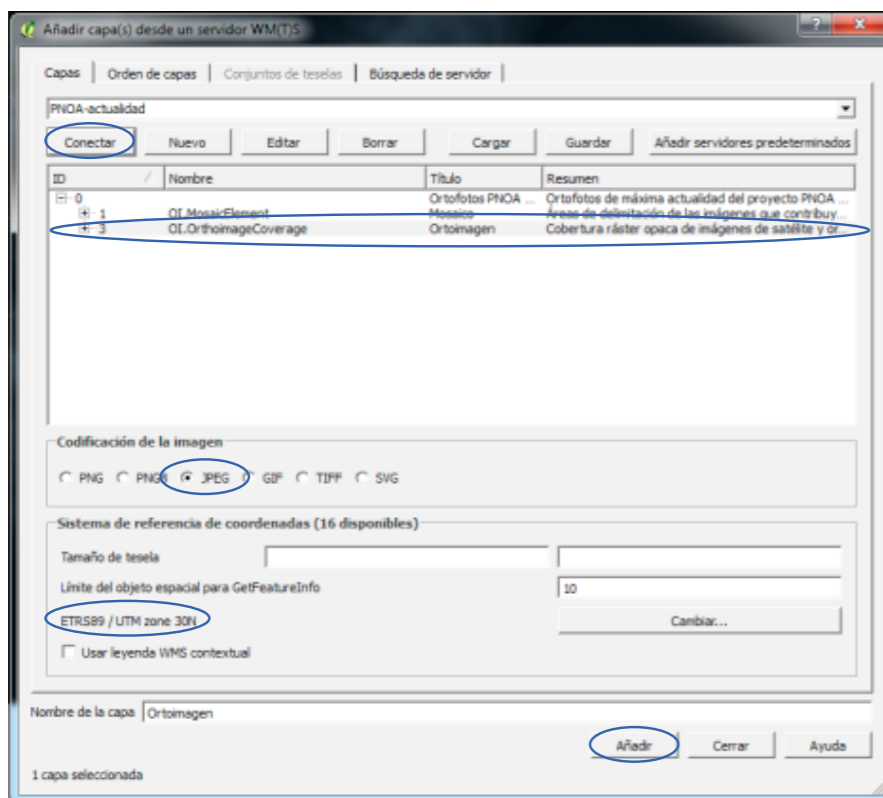
En el apartado de nombre identifíquelo como *PNOA_actualidad* y en URL teclee “<http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>” y presione **Aceptar** (URL obtenida de la página <http://www.idee.es/web/guest/directorio-de-servicios>).




Para ello sitúese en “Codificación de la imagen” y elija la opción JPG para la imagen y EPSG 25830 (Elipsoide ETRS89, Proyección TM Huso 30).

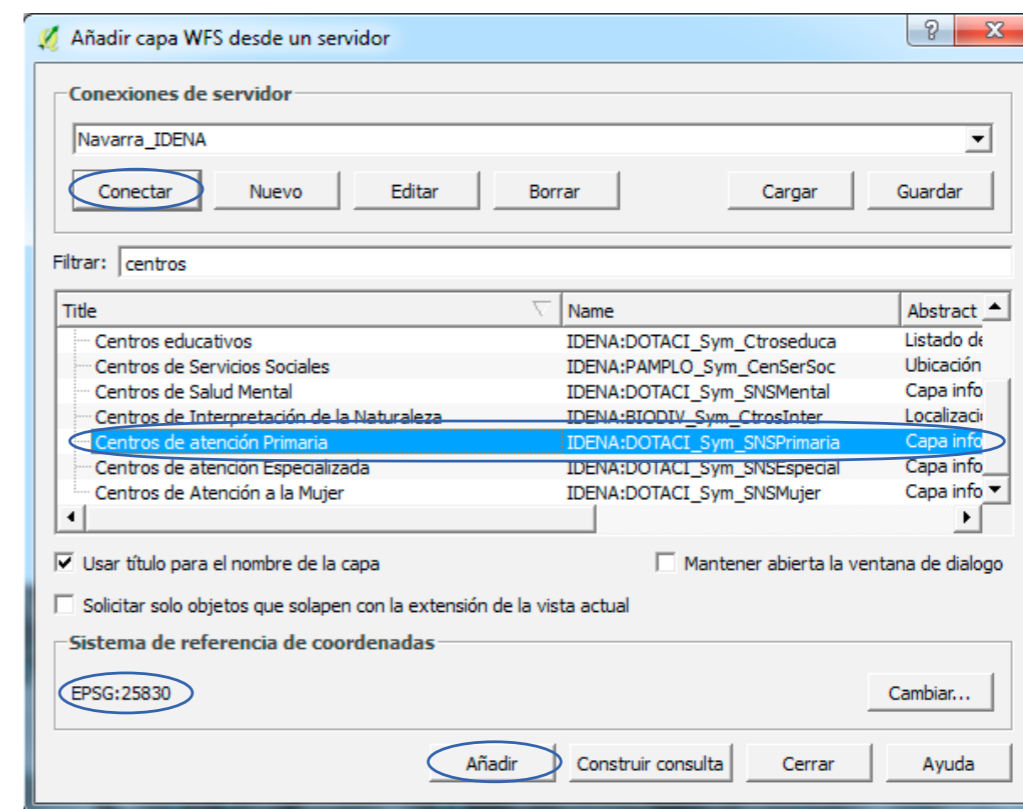
Haga un solo clic sobre **Añadir**, observará que la imagen ráster se ha cargado en el “Panel de capas”, y la puede visualizar.






Por otro lado, va a cargar una capa WFS, mediante el icono **Añadir capa WFS** , de la misma forma que hizo en la anterior deberá crear una nueva conexión, la URL es “http://idena.navarra.es/ogc/wfs”, la puede nombrar, por ejemplo, *Navarra_IDENA*. Una vez generada, haga clic en **Conectar**.

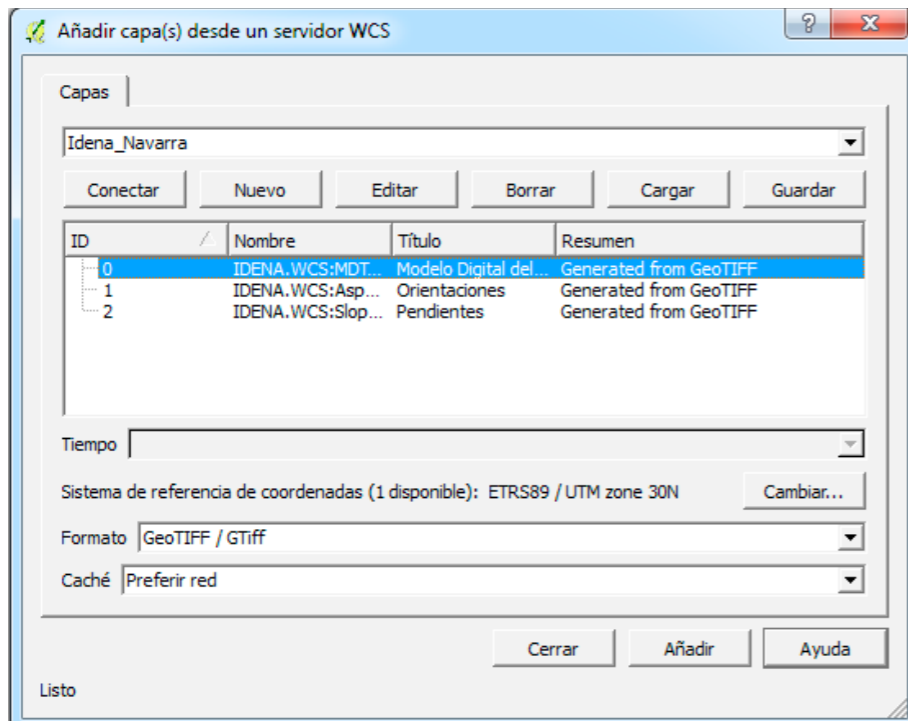
Podrá apreciar que existe mucha información que puede enlazar, elija por ejemplo, los “Centros de Atención a la Mujer”, asegúrese del Sistema de Referencia y cliquee **Añadir**.



Al ser una capa remota WFS, se ha descargado también todos los atributos que contienen los datos, por tanto, si hace clic en el icono **Abrir tabla de atributos** , accederá a ellos como si de una capa propia se tratase.

FEATURE	IDCENSA	CENSA	TELEFONO	TPNOCITA
0	7400027 00455	CENTRO ATENCI...	948290228	NEEL
1	7400027 00456	CENTRO ATENCI...	948429087	NEEL
2	7400027 00457	CENTRO ATENCI...	948136658	NEEL
3	7400027 00458	CENTRO ATENCI...	948422760	NEEL
4	7400027 00459	CENTRO ATENCI...	948198333	NEEL
5	7400027 00460	CENTRO ATENCI...	948422715	NEEL
6	7400027 00461	CENTRO ATENCI...	948703919	NEEL
7	7400027 00462	CENTRO ATENCI...	948556374	NEEL
8	7400027 00463	CENTRO ATENCI...	948848120	NEEL

Por último, va a cargar una capa WCS, a través del icono **Añadir capa WCS**, la URL será "http://idena.navarra.es/ogc/wcs" y de nombre *Navarra_IDENA*.



Al igual que en los casos anteriores, una vez generado el enlace, deberá conectarse. Elija por ejemplo el título "Modelo Digital del Terreno", deje formato GeoTIFF y añada.

Al cerrar podrá observar como se ha cargado en el TOC la capa y como puede visualizar el modelo digital de elevaciones de Navarra, con el valor de la cota en cada pixel. Para poder obtener esta información, basta con hacer clic en el icono **Identificar objetos espaciales**.

2.4. Consultar la tabla de una capa vectorial.

Cada capa tiene asociada una tabla de atributos que puede consultar como ya realizó en el ejercicio anterior.


En el "Panel de capas", seleccione (la capa debe estar realizada) la capa "nucleos_urbanos_25830". Una vez seleccionada, haga clic en la herramienta **Abrir tabla de atributos** y se abrirá la tabla de los atributos de la capa seleccionada.

	COD_MUNICI	MUNICIPIO	X_COORD	Y_COORD
0	6015	Albal	225221.88169	4350082.05484
1	10002	Abertura	257260.94246	4347726.16707
2	10008	Alc n tara	167000.08854	4404006.23219
3	10009	Alcollarin	263790.63025	4347625.93471
4	10010	Alcuscar	221119.47236	4341884.03221
5	10011	Aldeacentenera	274010.21067	4378695.71096
6	10012	Aldea del Cano	213863.47864	4354144.82239

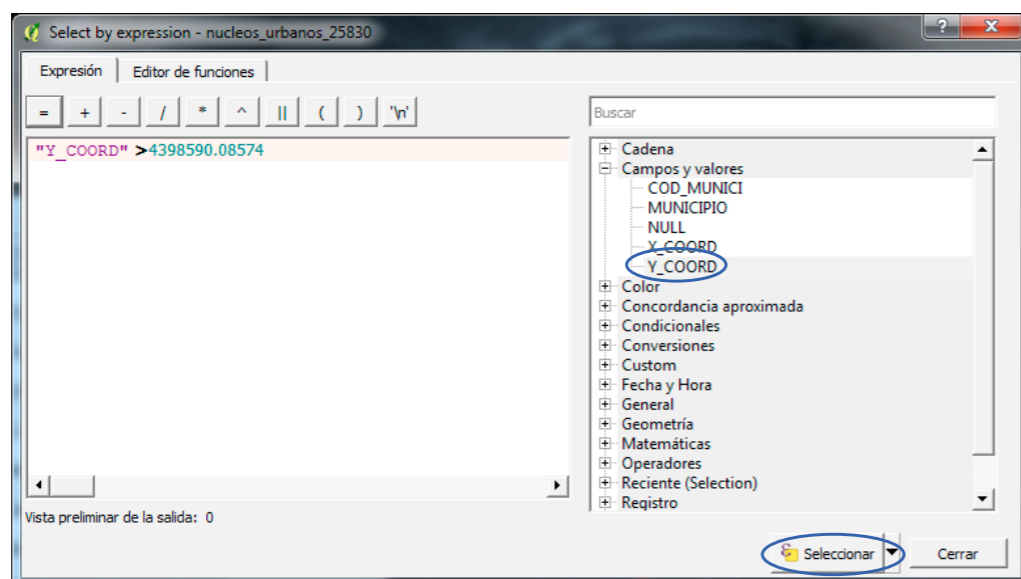
Como podrá observar contiene 4 campos: el código del municipio, el nombre del municipio y las coordenadas X e Y de los núcleos.


En el cuadro, arriba, podrá ver el número total de elementos que contiene la tabla, así como el grupo de seleccionados, en este caso 75 registros y 0 seleccionados.

Los campos podrán ser ordenados de mayor a menor y viceversa, para ello, solo deberá picar en el nombre del campo que quiere que se reordene.

En la propia tabla podrá realizar una selección de registros según un criterio. Ahora, va a seleccionar mediante una consulta el número de núcleos urbanos con una coordenada Y superior a 4 398 590,08574 m. Para ello, haga clic sobre la herramienta  **Seleccionar objetos espaciales usando una expresión**.

Se le abrirá un cuadro de dialogo donde podrá teclear la expresión correspondiente o bien, puede desplegar "campos y valores" y picar dos veces en "Y_COORD", automáticamente le aparecerá el nombre del campo en la ventana de la izquierda. Termine de rellenar la expresión tecleando el resto. Haga clic en **Seleccionar** y **Cerrar**.



Si visualiza la tabla podrá ver el número de registros del total que cumplen con la condición especificada (6 de 75). Usando la herramienta **Mover la selección arriba del todo**  podrá ver los registros seleccionados.

	COD_MUNICI	MUNICIPIO	X_COORD	Y_COORD
2	10008	Alc ntara	167000.08854	4404006.23219
29	10082	Garrovillas de Alc...	195700.01530	4401981.46927
34	10098	Hinojal	212246.96526	4400972.03983
41	10118	Mata de Alc ntara	172692.31668	4403624.84532
48	10145	Piedras Albas	163920.61674	4411335.70384
61	10178	Talav n	218781.30470	4401536.60067
1	10002	Abertura	257260.94246	4347726.16707
3	10009	Alcollarin	263790.63025	4347625.93471
4	10010	Alcu,scar	221119.47236	4341884.03221
5	10011	Aldeacentenera	274010.21067	4378695.71096

Cierre la ventana de la tabla haciendo un clic en el aspa de la esquina superior derecha.

2.5. Guardar y cerrar proyecto.

Para poder guardar el trabajo realizado en un proyecto QGIS, desde el menú **Proyecto**, elija **Guardar como**.

Guarde el proyecto con el nombre *practica2*, dentro de la carpeta de trabajo.

Con la ventana del proyecto aun activa, elija nuevo desde el menú **Proyecto**. Si le pregunta si quiere guardar el proyecto seleccionado haga clic sobre **Aceptar**.

2.6. Añadir una capa de texto delimitados.

Con este apartado se pretende poder cargar información desde una colección de puntos que vienen definidos por sus coordenadas.

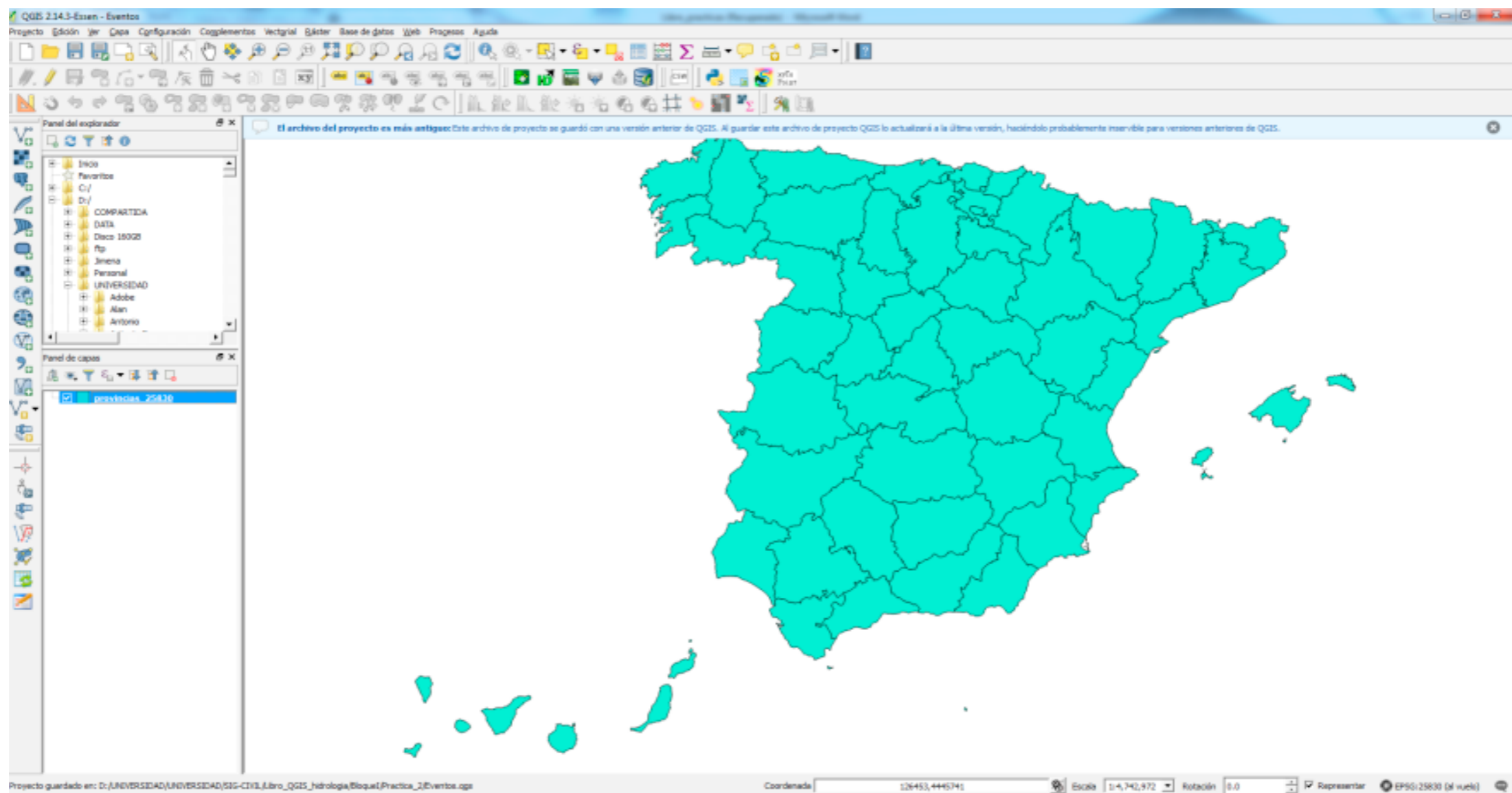
Imagine que está interesado en situar sobre cada una de las provincias españolas los centroides que representan a los núcleos de población para poder analizar la densidad de los mismos.

Estos datos podrían ser el resultado de haber usado un equipo de GPS para localizar cualquier tipo de elemento puntual, el cual hubiera almacenado las coordenadas X e Y en un fichero de texto.


Desde QGIS va a crear una tabla a partir de dicho fichero y basándose en esa tabla, va a crear una capa de puntos en los que cada punto será la representación de cada centroide.

Desde el menú **Proyecto**, seleccione **Abrir**. Sitúese en la carpeta del curso y abra el proyecto "Eventos.qgs".

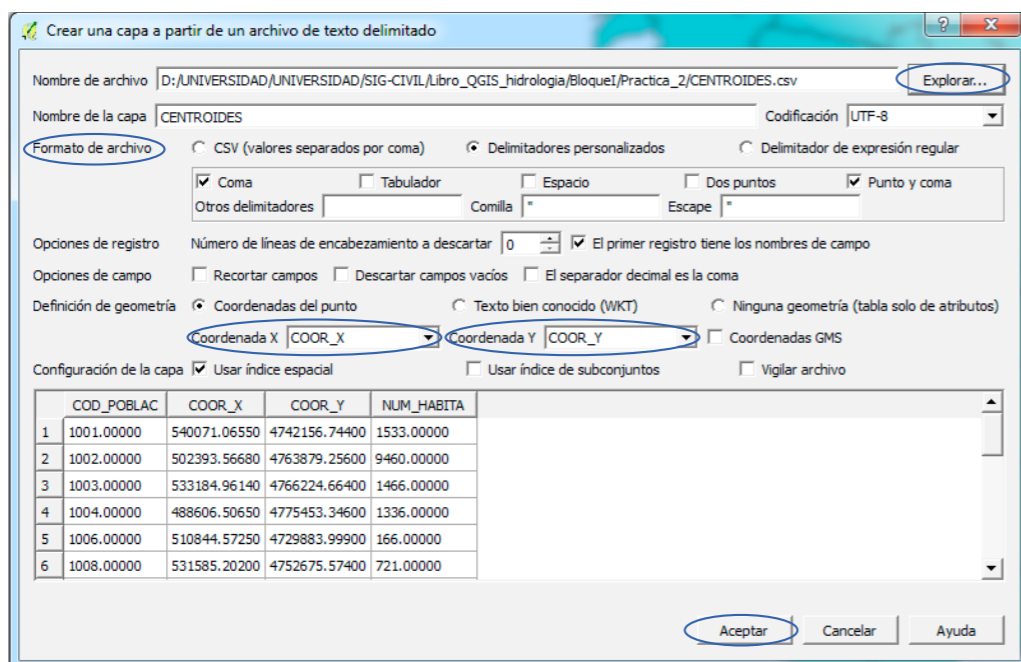
Al abrir dicho proyecto aparece el canvas con la capa "provincias_25830".



Para agregar la tabla obtenida con el GPS a nuestra vista ha de cargarla anteriormente en el proyecto. El archivo debe tener formato de puntos csv, txt, data o wkt.

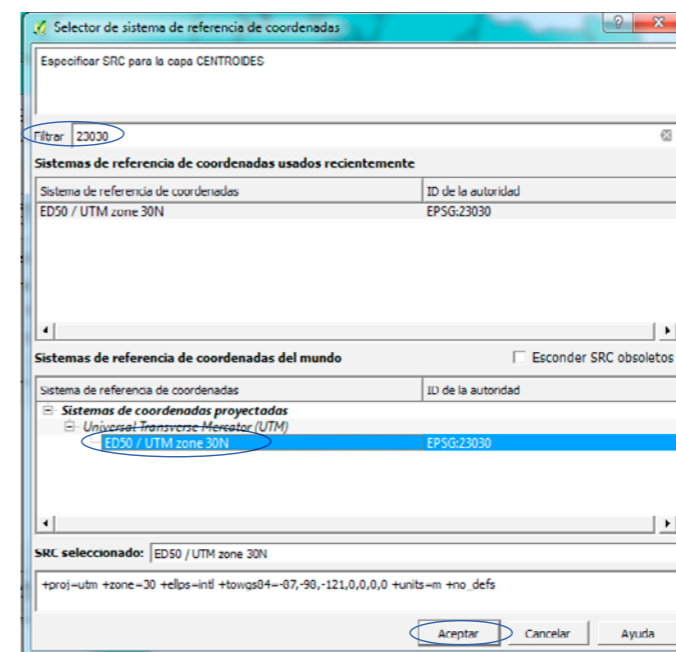
Para ello, desde el menú **Capa** → **Añadir Capa** → **Añadir capa de texto delimitado** o bien haga clic sobre el icono , abrirá un cuadro donde deberá buscar el archivo de texto, en su caso "CENTROIDES.csv".

Deberá elegir el formato de archivo correcto según la configuración de su EXCEL, para que la información de la tabla quede distribuida por campos, tal cual se muestra en la figura.

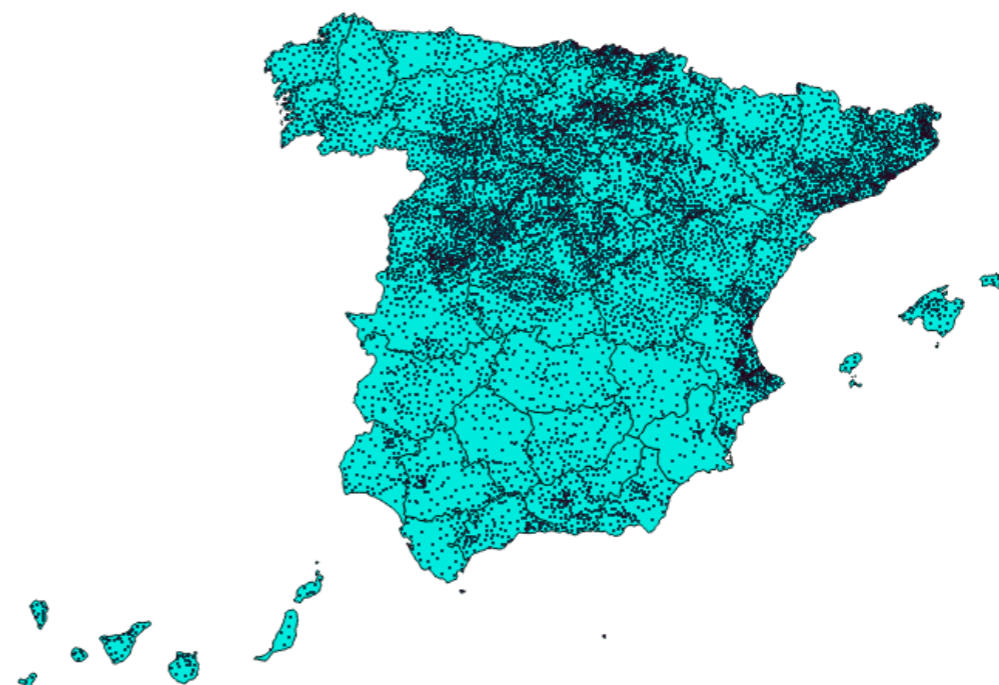



En los campos de Coordenada X y Coordenada Y seleccione los campos del archivo que contienen los valores de las coordenadas y haga clic en **Aceptar**.

A continuación le aparecerá el **Selector de sistema de referencia de coordenadas**, sobre este tema realizará una práctica más adelante, ahora, solo elija en el campo **Filtrar**, el código 23030, le aparecerá en la ventana de **Sistemas de referencia de coordenadas del mundo** el sistema de referencia "Elipsoide ED50/ UTM zone 30N", selecciónelo y haga clic en **Aceptar**.



Una vez seleccionado el sistema de proyección, aparecerá una nueva capa llamada "CENTROIDES", y verá situados todos los puntos de cada población según los campos de coordenada X y coordenada Y.



Ejecute la herramienta de **Acercar zum**  sobre la zona peninsular. Observe que hay algunas zonas con muy pocos puntos, como es el caso de Extremadura, parte de Andalucía y Castilla la Mancha. Ahora ya puede analizar las localizaciones de los centroides de los términos municipales dentro de cada comunidad o provincia con solo hacer un **Acercar zum** a la zona deseada.

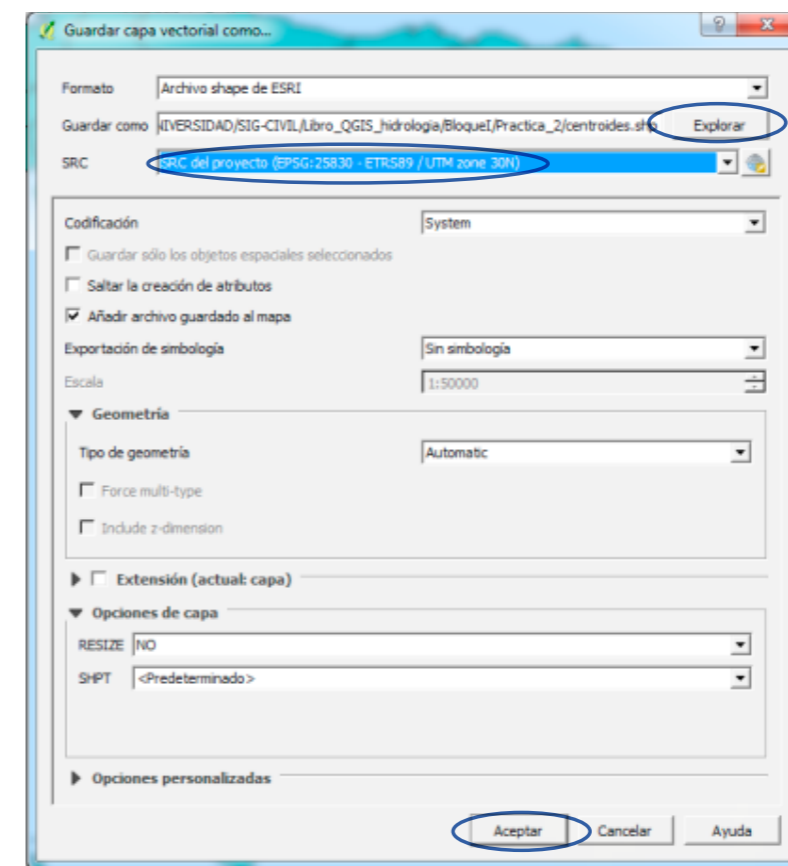
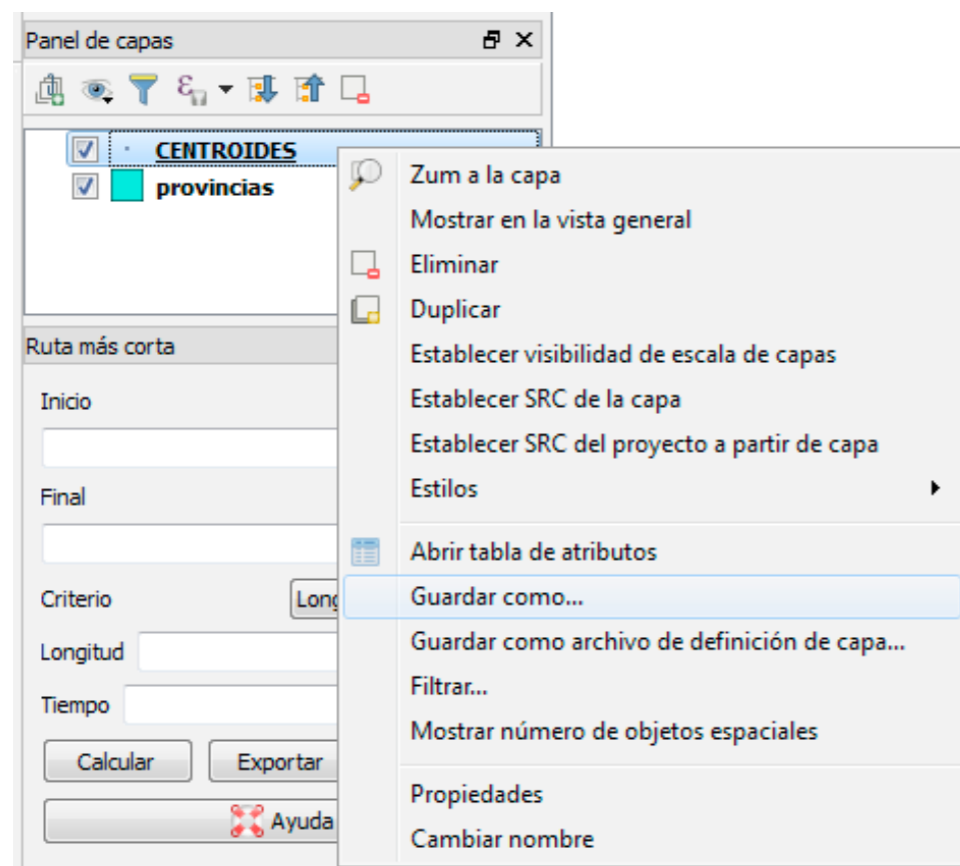
¡Ojo! Esta capa "CENTROIDES" es virtual, es decir, si se cerrara el proyecto ésta "visualización" desaparecería. Realmente lo único que se ha hecho ha sido generar una localización virtual partiendo de la tabla con coordenadas tomadas con el GPS. Para que esta visualización cartográfica sea permanente debemos "consolidarla". Para realizar esta acción, basta

con exportar la capa de eventos como formato shape ("shp"). Sobre la capa, presione botón derecho **Guardar como**.

Se abre un cuadro donde deberá elegir la carpeta y el nombre de la capa shape, elija por ejemplo, *centroide*, también deberá elegir el SRC, en este caso será el mismo que el del proyecto el 25830; ETRS89/UTM zone 30. El resto lo deja como viene por defecto. Presione **Aceptar**.

Si va al Explorador de Windows y se dirige a la carpeta donde ha guardado la nueva capa, podrá observar cómo se han generado los diferentes archivos propios de una capa formato shape (centroide.dbf, centroide.prj, centroide.qpj, centroide.shx y centroide.shp).

Guarde el proyecto.



Con esto ha finalizado la práctica.



Generación de diferentes tipos de leyendas y mapas

Objetivo: conseguir que el lector sepa generar diversos tipos de leyendas en función de los datos de partida, con ello, tendrá la capacidad de elegir la mejor forma de representar los datos. Adicionalmente, necesitará realizar una unión de datos de una tabla externa a una capa vectorial.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa vectorial “ciudades_25830.shp”.
- Capa vectorial “provincias_25830.shp”.
- Tabla “infracciones_penales_menores2015.xlsx”


Desarrollo:

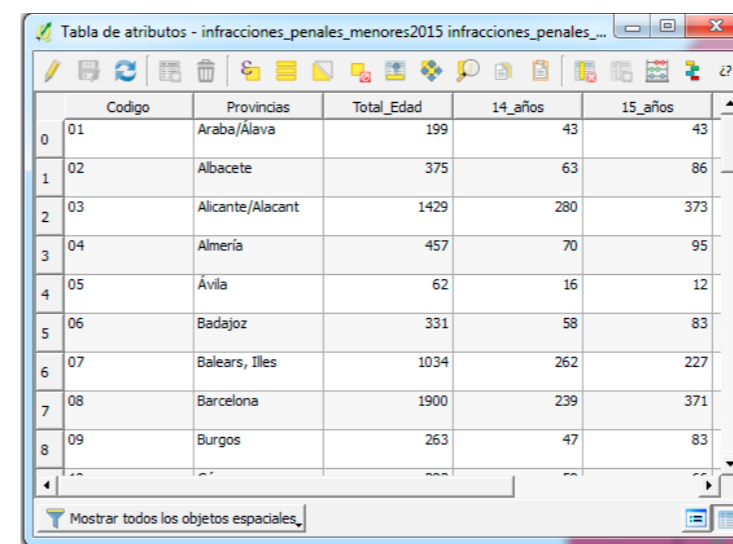
3.1. Unir atributos nuevos a una capa.

En esta práctica va a conseguir generar diversos tipos de mapas. Antes, va a ser necesario introducir nuevos atributos mediante un fichero Excel a la capa de “provincias_25830.shp”.


Genere un proyecto nuevo con el nombre “cartografía.qgs”, asegúrese que el sistema de referencia corresponde al 25830 (ETRS89, UTM Huso

30), añada las capas “provincias_25830.shp” y “ciudades_25830.shp” que aparecen en el archivo de datos de la práctica. Coloque las mismas para poder visualizar correctamente los datos.

Ahora va a añadir la tabla Excel “infracciones_penales_menores_2015.xlsx”, igual que en el caso de las capas anteriores puede arrastrar el archivo Excel desde el explorador de Windows hacia el “Panel de capas” de QGIS o bien mediante el icono **Añadir capa vectorial** .



	Codigo	Provincias	Total_Edad	14_años	15_años
0	01	Araba/Álava	199	43	43
1	02	Albacete	375	63	86
2	03	Alicante/Alacant	1429	280	373
3	04	Almería	457	70	95
4	05	Ávila	62	16	12
5	06	Badajoz	331	58	83
6	07	Balears, Illes	1034	262	227
7	08	Barcelona	1900	239	371
8	09	Burgos	263	47	83

Si abre la tabla correspondiente al archivo que acaba de incluir en el programa , podrá observar la cantidad de denuncias de menores producidas en el año 2015 por provincia.

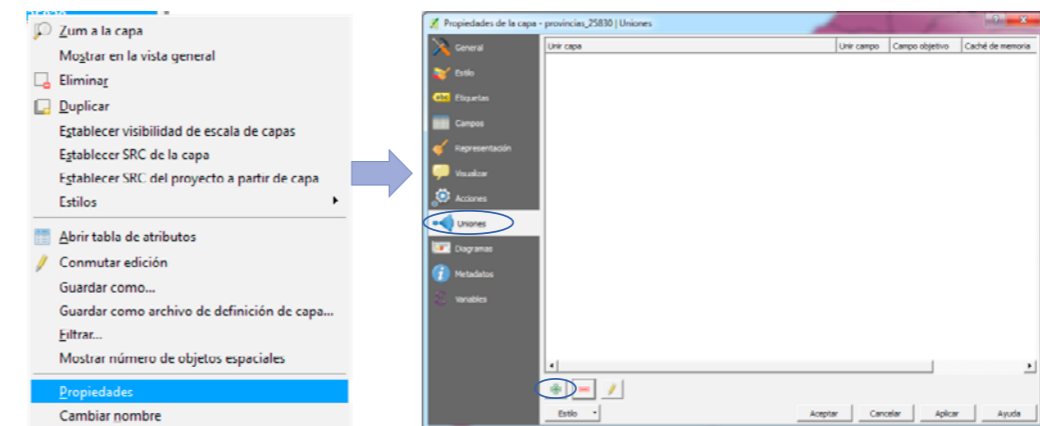
Para poder representar mediante un mapa las denuncias por provincia, deberá anexar este valor a una capa que contenga las provincias gráficamente de la Península, en este caso, correspondería a la capa "provincias_25830.shp".

Para poder realizar una unión entre capas, es condición indispensable que exista un campo de datos común en ambas partes. En este caso se va a valer del dato del código de la provincia, que aparece en el campo "Codigo" en el caso del archivo "infracciones_penales_menores_2015.xlsx" y en el campo "PROV" en la capa "provincias_25830.shp".

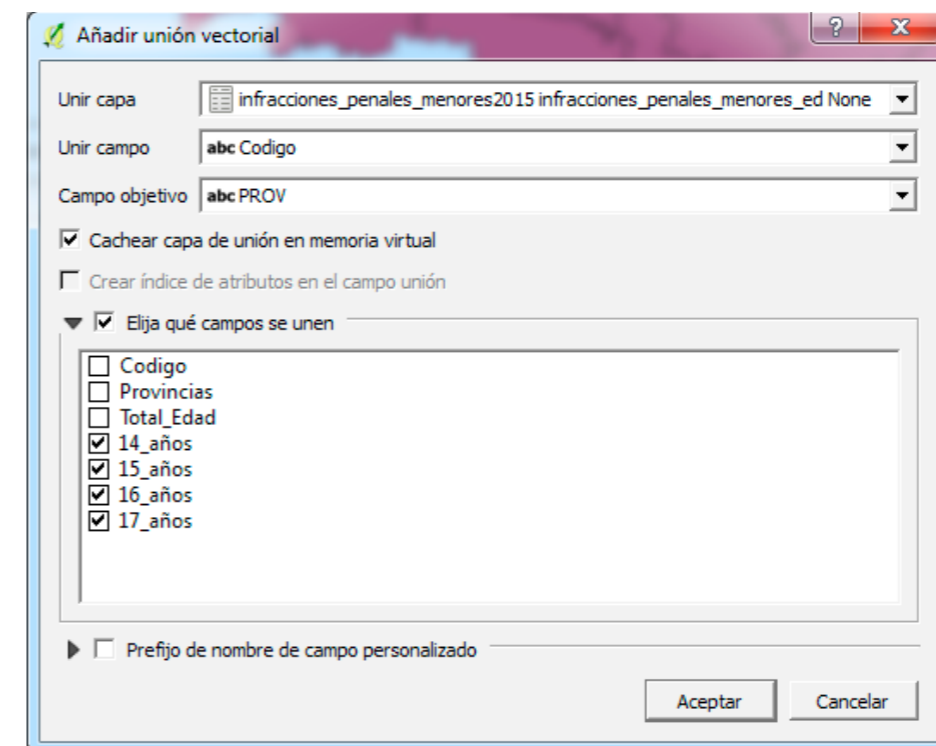
	Codigo	Provincias	Total_Edad	14_años	15_años
0	01	Araba/Álava	199	43	43
1	02	Albacete	375	63	86
2	03	Alicante/Alacant	1429	280	373
3	04	Almería	457	70	95
4	05	Ávila	62	16	12
5	06	Badajoz	331	58	83
6	07	Balears, Illes	1034	262	227
7	08	Barcelona	1900	239	371
8	09	Burgos	263	47	83

	NOMBRE99	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001
0	Álava	01	260580	272447	286387
1	Albacete	02	334468	342677	364835
2	Alicante /Alacant	03	1148597	1292563	1461925
3	Almería	04	405313	455496	536731
4	Asturias	33	1036261	1160843	1287017
5	Ávila	05	1127007	1093937	1062998
6	Badajoz	06	178997	174378	163442
7	Balears (Illes)	07	635375	650388	654882
8	Barcelona	08	685088	709138	841669

Para conseguir realizar la unión, haga clic con el botón derecho del ratón encima de la capa "provincias_25830.shp" dentro del "Panel de capas" y presione la opción de **Propiedades**. Se abrirá el cuadro de dialogo **Propiedades de la capa**.



Seleccione **Uniones**, y dentro del menú de uniones haga clic en para poder generar la nueva unión.



Rellene los diferentes apartados para proceder a la unión. Deberá elegir la capa que quiere unir, así como los campos que son comunes en la tabla y en la capa. Así como los atributos que necesita que le una, es su caso correspondería a los datos de 14_años, 15_años, 16_años y 17_años.

Acepte y acepte.

Si abre nuevamente la tabla de atributos de la capa "provincias_25830.shp" observará que ya aparecen las denuncias por provincia en las diferentes edades de menores.

	NOMBRE99	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001	15 infracciones per	15 infracciones per	15 infracciones per	15 infracciones per
0	Álava	01	260500	272447	286307	43	43	50	55
1	Albacete	02	334468	342677	364833	63	86	104	122
2	Alicante /Alicant	03	1148597	1292563	1461925	280	373	348	477
3	Almería	04	405313	455496	536731	70	95	130	162
4	Asturias	33	1036261	1160843	1287017	93	106	187	159
5	Ávila	05	1127007	1093937	1062990	16	12	15	19
6	Badajoz	06	178997	174378	163442	58	83	70	120
7	Baleares (Illes)	07	635375	650388	654882	267	227	240	305
8	Barcelona	08	685008	709130	841669	239	371	563	727
9	Burgos	09	4618734	4654407	4809927	47	83	57	76

3.2. Generar un mapa de coropletas.

Un mapa de coropletas, es un mapa donde se va a representar unos datos por medio de una gama de colores, esta clasificación se realizará en función de unos estadísticos.

En este apartado va a realizar un mapa de coropletas de las infracciones en menores de 14 años por provincias. Recuerde, que el conjunto de datos ya los unió en el apartado anterior.

Lo primero que va a crear es un duplicado de la capa "provincias_25830", para ello, sobre dicha capa en el "Panel de capas" presione el botón derecho del ratón y haga clic en **Duplicar**. Se ha creado una capa igual a la anterior, con el mismo nombre seguido del texto "copiar". Para evitar confusiones, cambie el nombre de la capa duplicada a "provincias_coropleta".

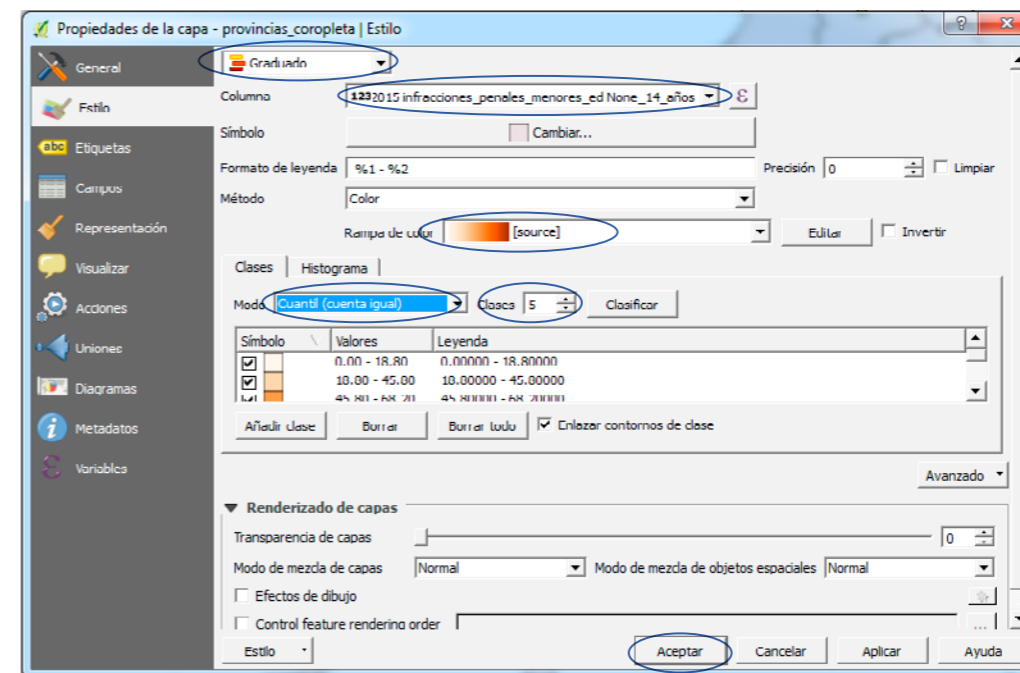
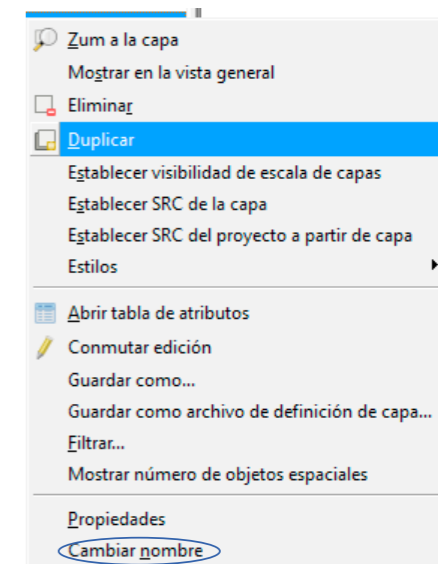
Esto lo consigue haciendo clic en la capa duplicada con el botón derecho del ratón y elija **Cambiar nombre**.

Ponga esta última capa "provincias_coropleta" como capa activa y visible y no visible la capa "provincias_25830".

Para poder realizar el mapa de coropletas va a cambiar la leyenda de la capa, para ello, presione el botón derecho del ratón sobre la capa "provincias_coropleta", elija **Propiedades**. Se abre el cuadro de texto de las propiedades de la capa.

Sitúese sobre **Estilo**.


Rellene el cuadro según le aparece en la imagen inferior.

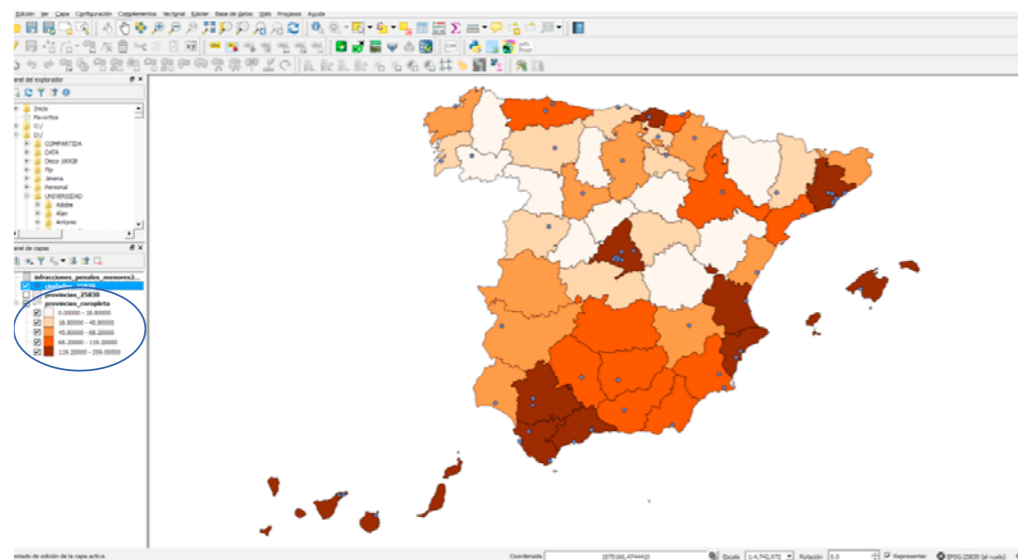


Deberá establecer como tipo de estilo "Graduado", como columna de representación de datos, la correspondiente a los datos de infracciones en 14 años.

También debe definir la rampa de colores y el número de clases, así como el método estadístico de clasificación.

Una vez establecido los diferentes parámetros, acepte.

Una vez que haya introducido los valores que aparecen en la imagen anterior, obtendrá una vista similar a la siguiente. Como podrá observar ha cambiado la leyenda de la capa "provincias_coroquetas" en el "Panel de capas", adaptándose a lo seleccionado en el cuadro anterior. Guarde el proyecto .



3.3. Generar un mapa con gráfico de barras.

En este apartado va a generar un mapa donde aparezcan representadas las infracciones en los menores de 14, 15, 16 y 17 años. Cada uno de los datos vendrá establecido en un color, y el tamaño de la barra del diagrama corresponderá al valor del campo en la provincia.

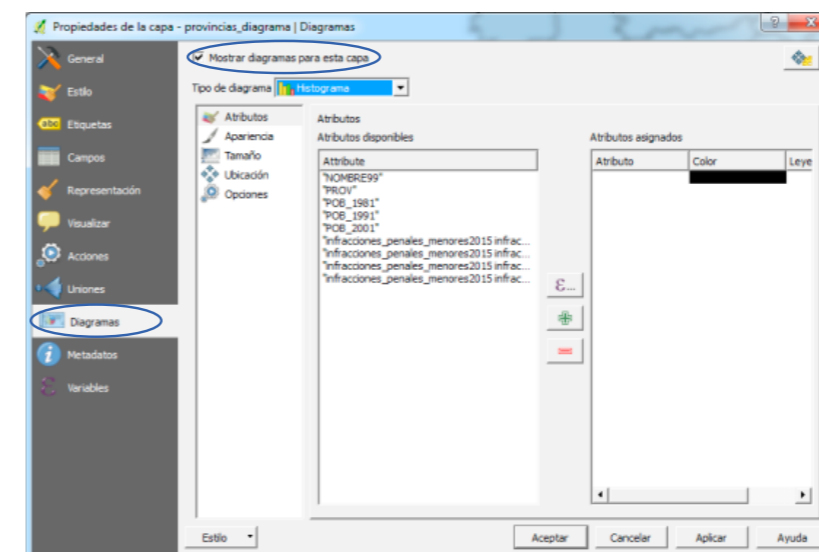
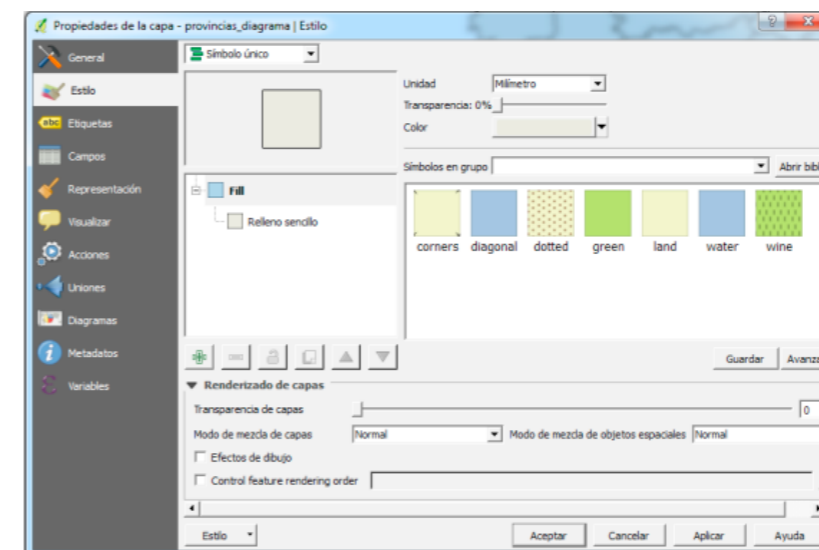
De nuevo duplicará la capa "provincias_25830" y la denominará "provincias_grafico", lo realizará de la misma forma que lo hizo en el apartado anterior. Haga visible y activa esta capa y no visible las anteriores excepto la capa "ciudades_25830".

Para poder cambiar la leyenda, presione botón derecho sobre la capa "provincias_grafico" → **Propiedades** → **Estilo** (al igual que en el mapa de

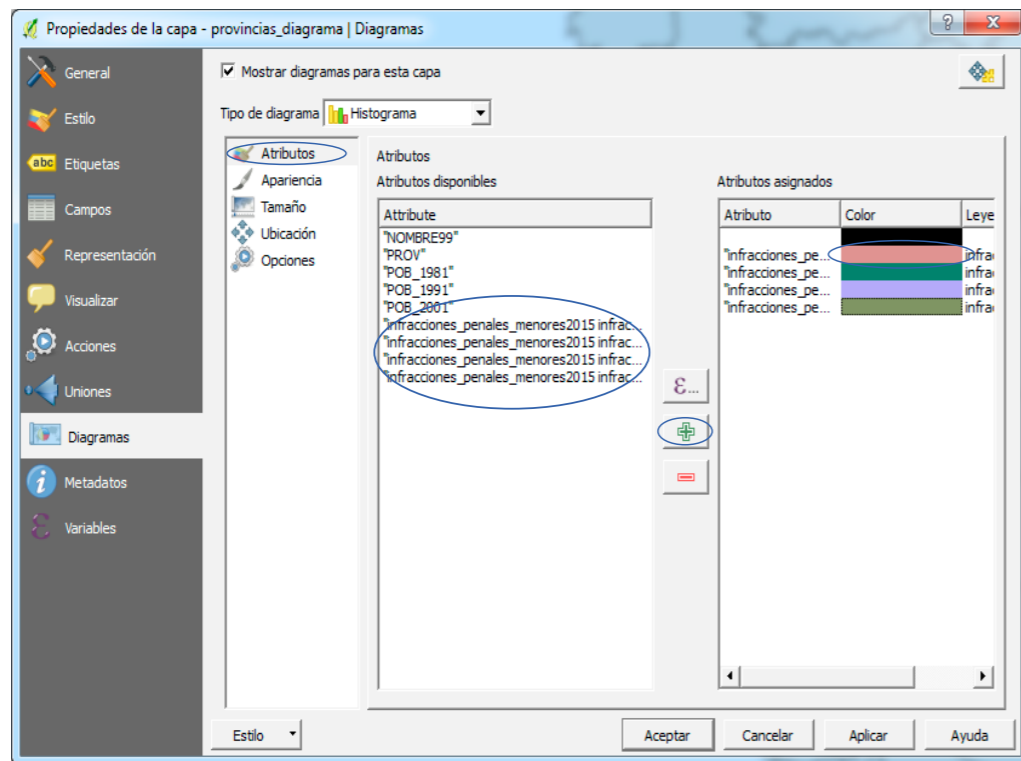
coroquetas), elija "Símbolo único" para tener todas las provincias con un fondo uniforme y un color suave.


Para generar los gráficos que busca, quédese en **Propiedades** y active **Diagramas**. En este apartado deberá activar "Mostrar diagramas para esta capa", automáticamente se le han activado el resto de menús que le aparecían inactivos.

Como podrá observar en "Tipos de diagrama" puede elegir "gráfico de queso" o "histograma", elija este último.



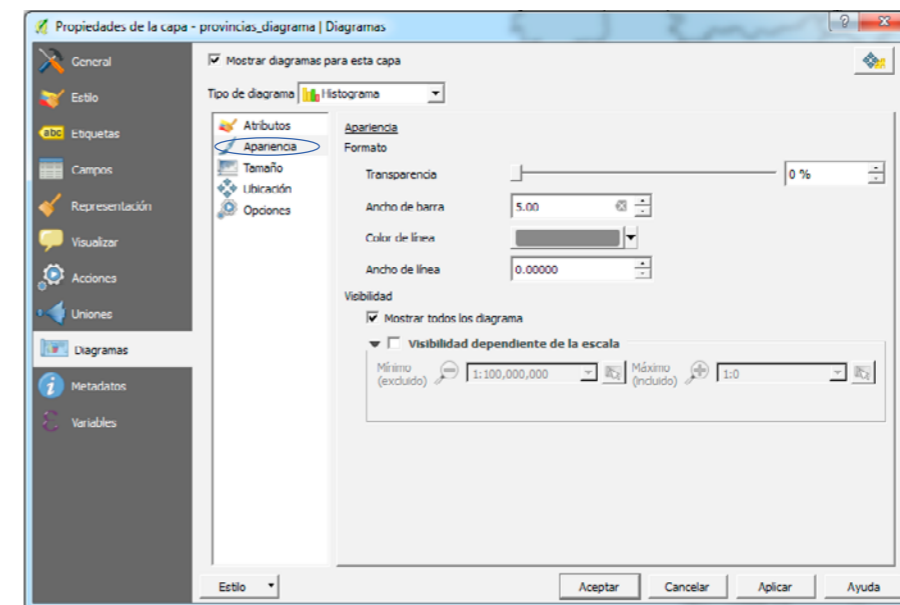
Ahora deberá establecer los diferentes parámetros que van a definir su histograma.



Comience con “Atributos” y seleccione los campos que va a representar del cuadro de “Atributos disponibles”, en este caso las infracciones en los menores de 14, 15, 16 y 17 años y añada al cuadro de “Atributos asignados” mediante el icono .

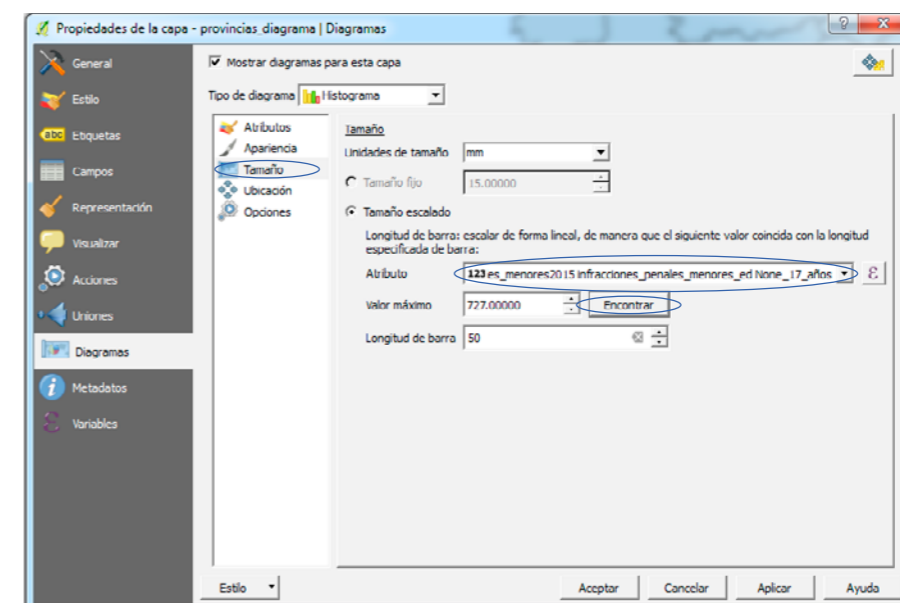
Por defecto al añadirle los datos le ha establecido una gama de colores, que podrá cambiar a su gusto. Para ello, solo tiene que hacer doble clic en cada color y seleccionar el que prefiera. Una vez definida la tabla de colores, deberá modificar el siguiente menú.

En “Apariencia” va a modificar el “Color de línea”, elija un color gris medio, así quedará más suave el cambio de colores del histograma final. El resto de valores deje los que viene por defecto.

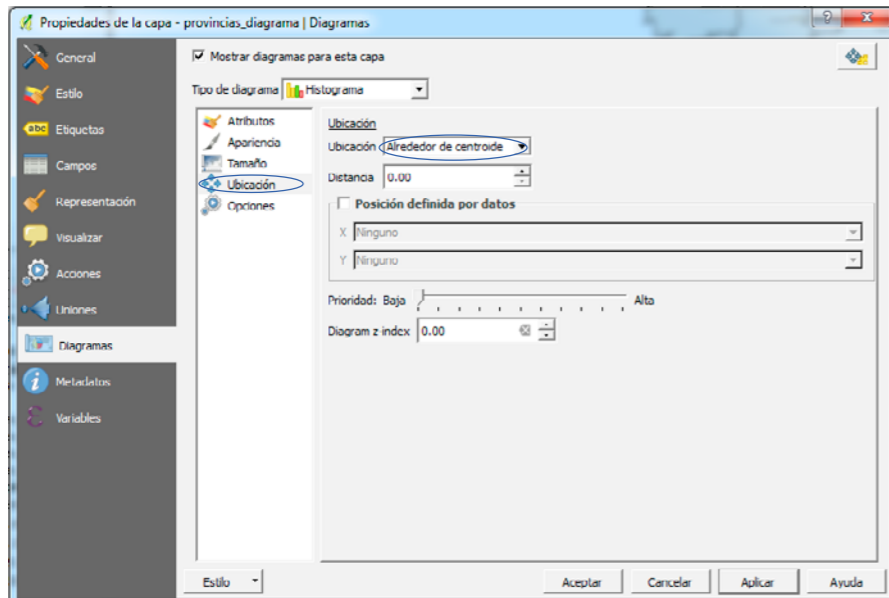


Siga con “Tamaño”, seleccione “Tamaño escalado”.

En este apartado deberá localizar el campo que tiene el valor mayor, en este caso corresponde a las infracciones en menores de 17 años. Por tanto, seleccione ese atributo y haga clic en “Encontrar”, el QGIS le va a localizar el valor máximo para en función de él escalar el resto.

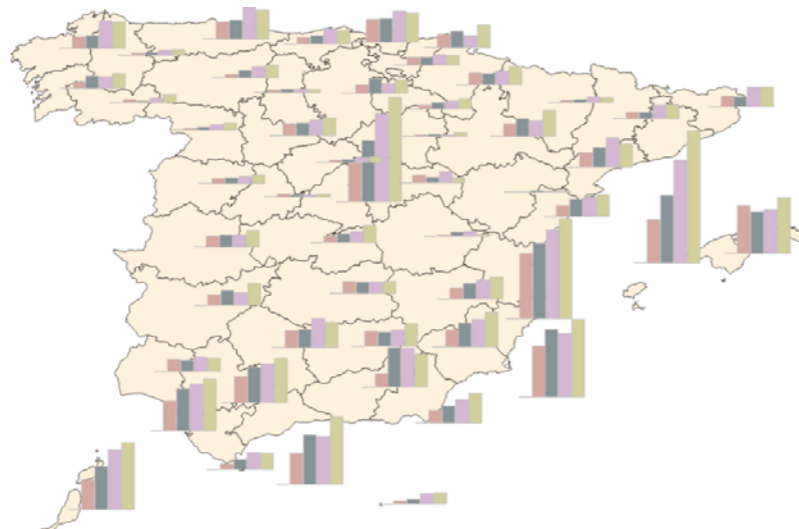


Finalmente en "Ubicación" seleccione "Alrededor de centroide".



Aplique y acepte.

La imagen de su mapa debería ser similar al presentado a continuación.



Si el resultado final no es el esperado puede volver a los diferentes apartados y cambiar colores o bien ubicación de los mismos...

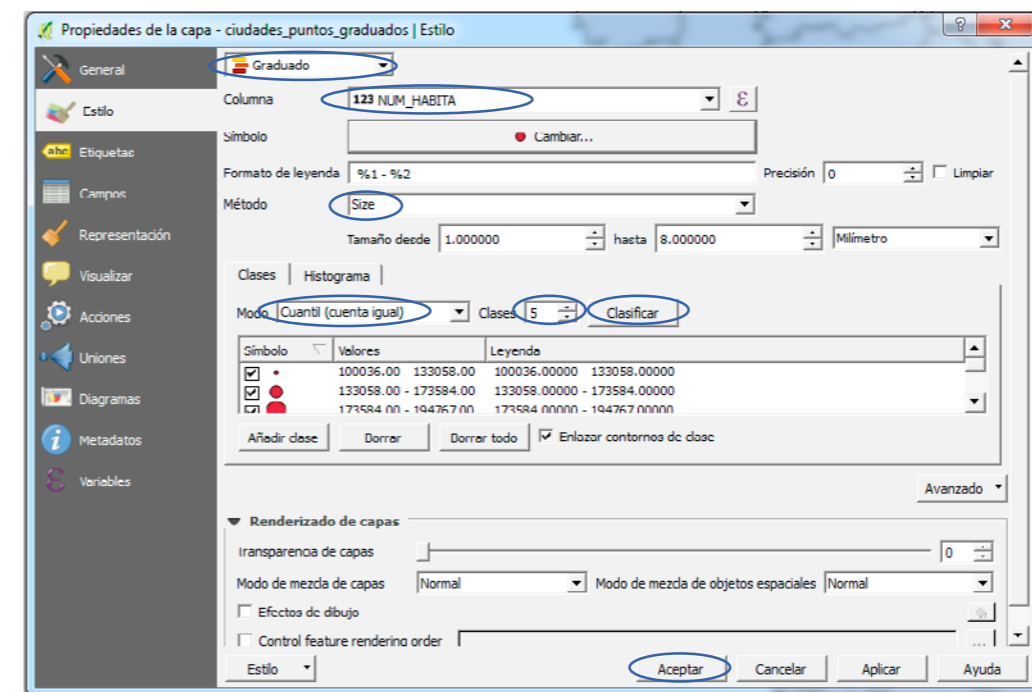
Una vez satisfecho con su leyenda no olvide guardar el proyecto.

3.4. Generar un mapa de puntos graduados.

La última leyenda la va a generar sobre la capa "ciudades_25830", en concreto, con el atributo relativo al número de habitantes. Al igual que en los casos anteriores, duplique la capa "ciudades_25830" y cámbiele el nombre a "ciudades_puntos_graduados". Active esta capa como actual, haga no visibles todas las capas generadas, excepto la capa de "ciudades_puntos_graduados" y la capa "provincias_25830" que deberán estar visibles.

Para proceder con la última forma de representación de datos, sitúese sobre la nueva capa creada y con el botón derecho active **Propiedades** → **Estilo**.

Rellene el cuadro según le aparece en la imagen inferior.



Deberá establecer como tipo de estilo "Graduado", como columna de representación de datos, la correspondiente al número de habitantes (NUM_HABITA).

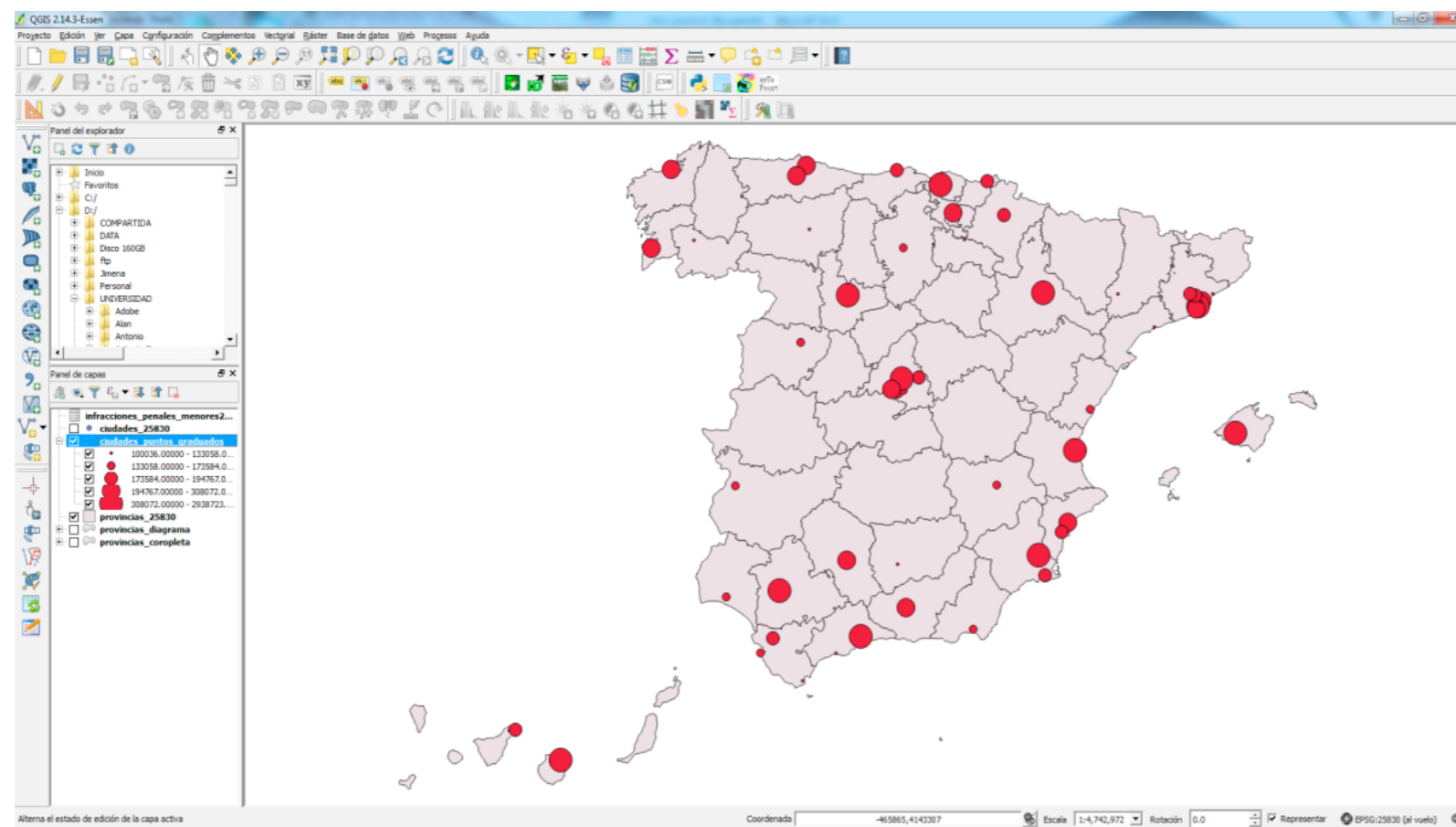
En el apartado de "Símbolo", puede cambiar el icono del mismo y el color.

En "Método" deberá elegir "Size". Como puede observar, el tamaño menor y el mayor es también configurable, en principio deje los valores que vienen por defecto.

Seleccione 5 clases y como modo de clasificación el "Cuantil".

Una vez configurado los diferentes apartados, aplique y acepte.

Los diferentes puntos que representaban una ciudad han sido escalados en función del valor del número de habitantes, teniendo en cuenta el tamaño mínimo y máximo que ha seleccionado y el modo estadístico de clasificación.



Recuerde guardar.

Diseño de mapas y su exportación a PDF

Objetivo: una vez que ha conseguido generar diversos tipos de leyendas y por tanto generar diferentes mapas en la práctica anterior, la finalidad de esta práctica consiste en diseñar un mapa con su parte gráfica y su parte literal. Para ello, va a realizar la composición de los tres mapas anteriores y su exportación a formato PDF.

Datos: continuará con el proyecto de la práctica anterior.

- Proyecto “cartografia.qgs”.
- Archivo pdf con un ejemplo del diseño de un mapa “Mapa_graduados_2.pdf”

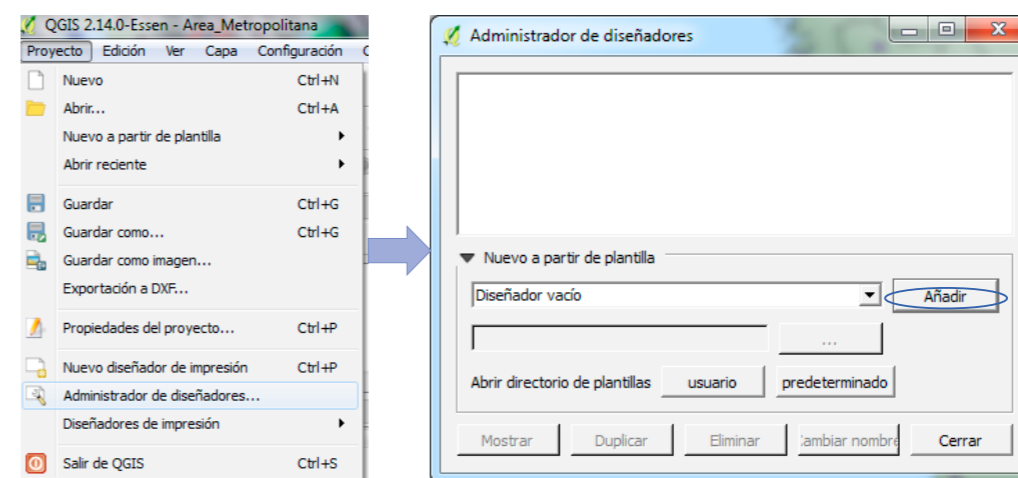
Desarrollo:

4.1. Administrador de diseñadores.

QGIS le permite crear varios mapas utilizando el mismo archivo. Esto se consigue gracias al **Administrador de diseñadores**, localizado en el menú **Proyecto**.

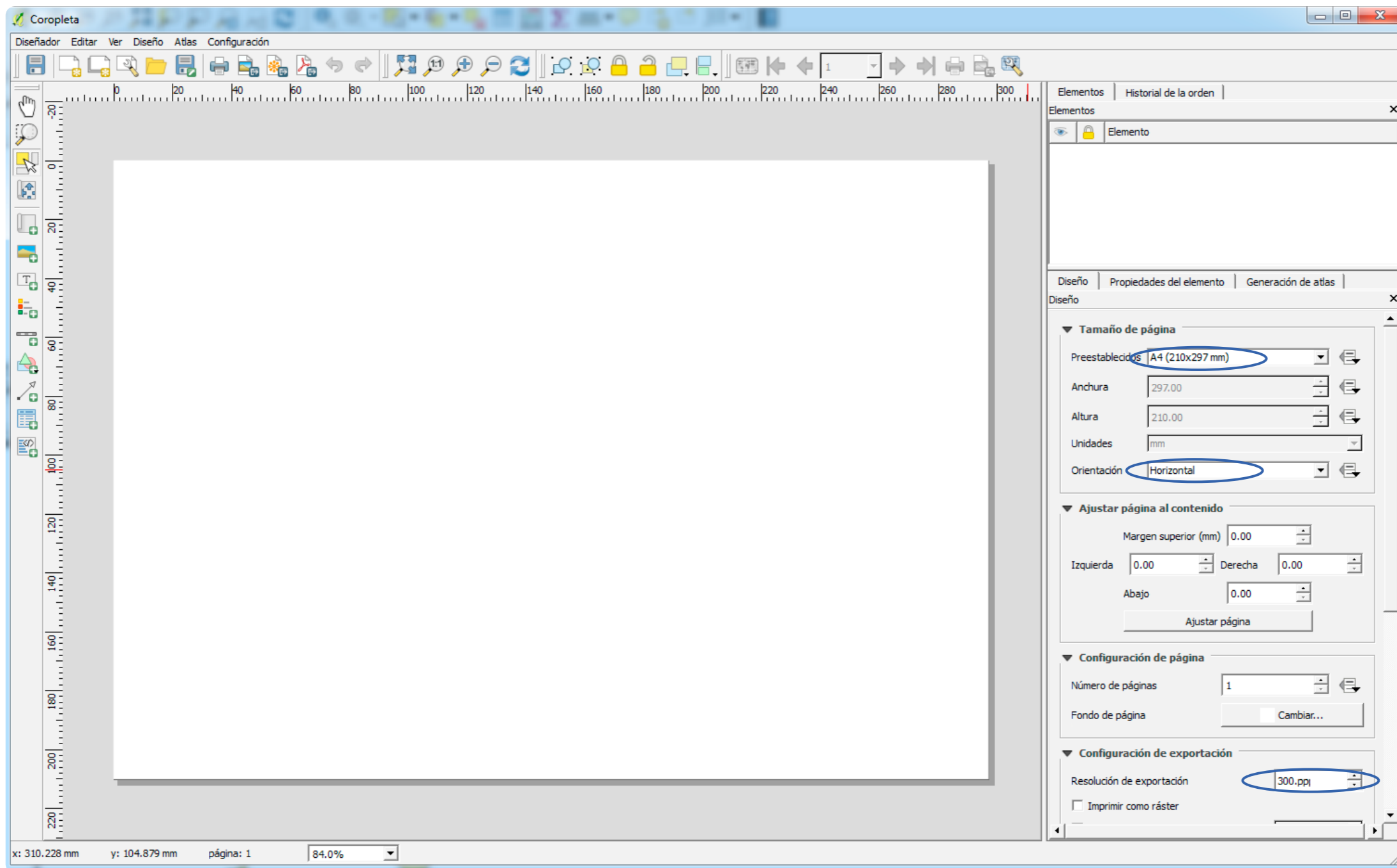
Como parte del proyecto anterior, haga visible solo la capa “provincias_coroquetas.shp” y “ciudades_25830.shp”, el resto no deben estar visibles. Ahora, haga clic en el **Administrador de diseñadores** y de a **Añadir** en el


cuadro que se abre. Como título del diseñador elija Coroquetas (como el nombre del primer mapa que generó en la práctica anterior).



Automáticamente, se abre el **Diseñador de impresión**. Como puede observar aparece un espacio de diseño, rodeado con los menús e iconos para insertar los diferentes elementos, en el margen derecho podrá cambiar las propiedades del elemento con el que está trabajando.

Siga los siguientes pasos para poder realizar una composición básica del primer mapa. Lo primero que debe hacer es comprobar el tamaño de papel seleccionado, este dependerá de la escala a la que desee imprimir su mapa, en este caso, seleccionará como tamaño de página A4, orientación Horizontal y resolución 300 dpi. Estas características las establece en la pestaña **Diseño**.



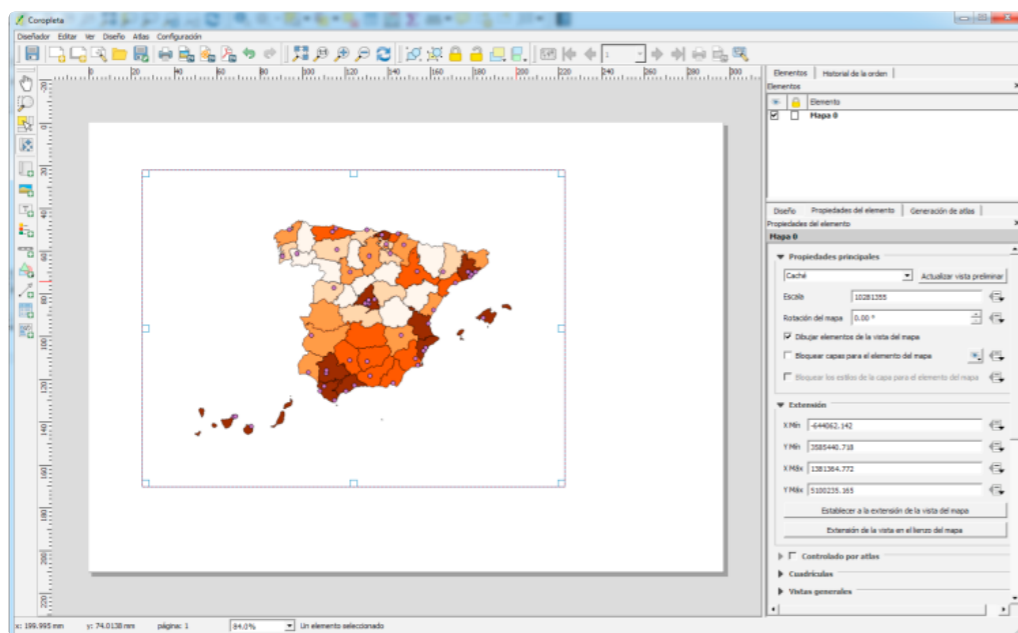
Para añadir la información, empezará por añadir la cartografía, para ello haga click en el icono **Añadir mapa nuevo** , pinche en un punto y arrastre

una caja en la página en blanco, deje espacio para situar la leyenda, título, escala gráfica...

El mapa muestra la vista del canvas según el zoom que tenga en el mismo. Puede cambiar la extensión de la página, no del mapa, mediante los iconos de zoom

Si lo que desea es mover el contenido del mapa dentro del espacio que ha añadido para la parte gráfica, deberá usar el icono **Mover contenido del elemento**

El mapa muestra una vista de España con las provincias clasificadas en función de las infracciones penales en menores de 14 años.



Como puede observar, en el margen izquierdo de la imagen, aparecen las propiedades del elemento seleccionado, en este caso del mapa, tales como extensión, marco, cuadrícula.... Todos estos parámetros podrá alterarlos para realizar el diseño que más le guste.

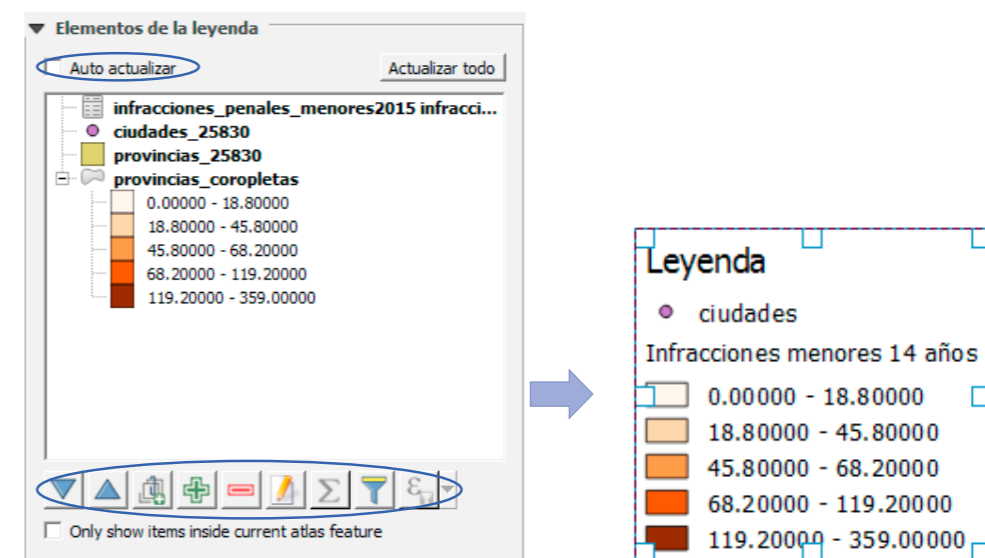
Para que un mapa este completo necesita un título, una leyenda, una escala gráfica, un norte...

- Título: añada el título de su mapa, para ello utilice el icono **Añadir etiqueta nueva** . en propiedades del elemento podrá variar el tipo de letra, tamaño, color..

- Leyenda: incorpórela mediante la opción **Añadir leyenda nueva** e indique donde quiere situarla. Mediante el cuadro de **Propiedades del elemento** podrá cambiar la misma según sus necesidades.

Si desea eliminar información en la leyenda, desactive el cuadro "Auto actualizar", automáticamente podrá variar la leyenda según su necesidad, simplemente deberá seleccionar la capa que desea eliminar, añadir, mover... y utilizar los botones del margen inferior del **Elemento de la leyenda**.

Podrá incluso editar el texto con el que van a aparecer el nombre de sus capas de información.

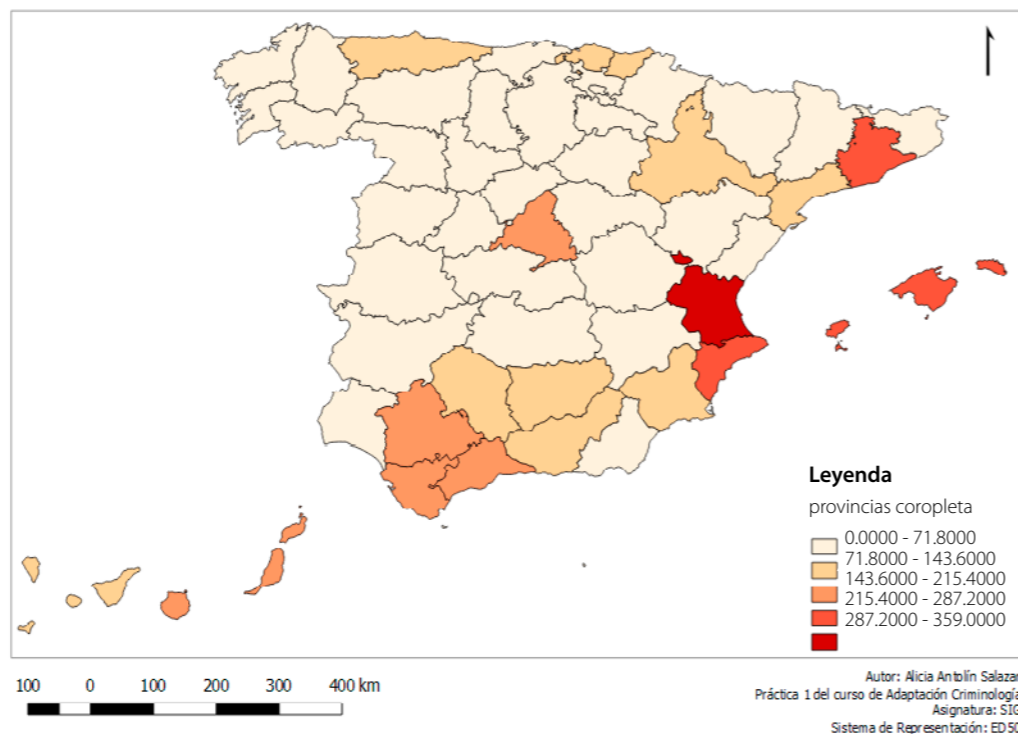


- Escala gráfica: para poder insertar la escala gráfica, seleccione el icono **Añadir nueva barra de escala** . A continuación indique sobre el mapa la zona donde va a situarla.
- Orientación del mapa: En la mayoría de los casos, al diseñar un mapa es muy aconsejable que oriente dicha área representada. Para ello, basta con ubicar un indicador del norte geográfico en la parte superior del mapa. Esta opción se puede realizar con QGIS clicando en el botón **Añadir imagen** . En el cuadro de propiedades de elemento deberá

seleccionar **Directorio de búsqueda** para que cargue los diferentes nortes que dispone QGIS, así como si tiene algún otro.

Siguiendo todas las instrucciones dadas con anterioridad deberá haber podido generar un mapa del estilo al presentado en la siguiente figura.

INFRACCIONES PENALES DE MENORES CON 14 AÑOS POR PROVINCIAS

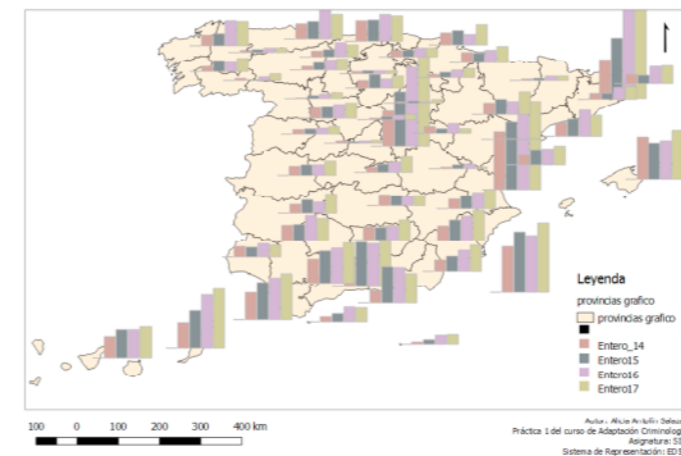


Si cierra el diseñador de impresión, podrá acceder a él cada vez que lo desee desde el menú **Proyecto** → **Diseñadores de impresión**.

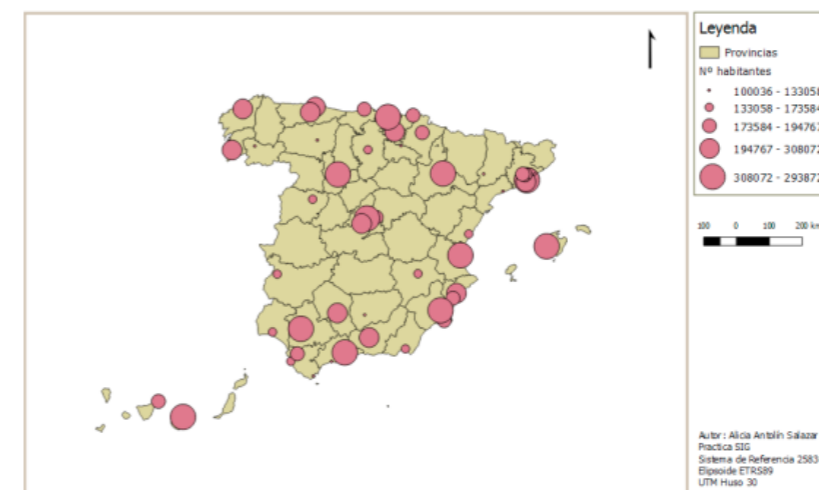
De la misma forma que ha realizado la composición de este primer mapa, deberá hacer lo mismo con los otros dos, tenga en cuenta que deberá hacer visibles las capas correspondientes a la información que desea establecer en cada diseño.

Del mismo modo que en primer diseño, podrá acceder a los dos nuevos mapas generados desde el **Diseñadores de impresión**.

INFRACCIONES PENALES EN MENORES SEGÚN EDAD POR PROVINCIAS



NÚMERO DE HABITANTES EN MUNICIPIOS



4.2. Exportación del diseño final.

Una vez está finalizado el mapa, guarde y procederá a su exportación mediante los iconos **Exportar como imagen**, **Exportar como SVG** y **Exportar como PDF**. En este caso exporte las tres composiciones como PDF.

Nombre el documento que va a crear como "mapa_coroquetas.pdf", "mapa_gráficos.pdf" y "mapa_graduado.pdf".

Ahora podrá acceder a los tres nuevos documentos creados desde el programa Adobe Reader.

Sistemas de referencia. Reproyectar

Objetivo: conseguir que el lector aprenda a trabajar con los Sistemas de Referencia, diferenciando entre el definido en el proyecto y el de la capa. Una vez establecido ambos, podrá reproyectar la capa de un Sistema de Referencia a otro. Utilización de la rejilla NTV2 para el cambio entre Sistemas de referencia.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa vectorial "provincias_4258.shp".
- Capa vectorial "ciudades_4258.shp".
- Capa vectorial "latlong_4258.shp".
- Capa vectorial "parcelas_23030.shp"

Desarrollo:

5.1. Utilizar datos proyectados.

El término SRC (Sistema de Referencia de Coordenadas) es el que le va a definir el sistema de proyección con el que está trabajando y con el que quiere trabajar.

Tiene que diferenciar entre el SRC del proyecto y el de la capa. A veces coincidirán y otras veces no.

Es muy importante, conocer el Sistema de referencia con el que necesita trabajar y el Sistema de referencia de cada una de las capas de información.

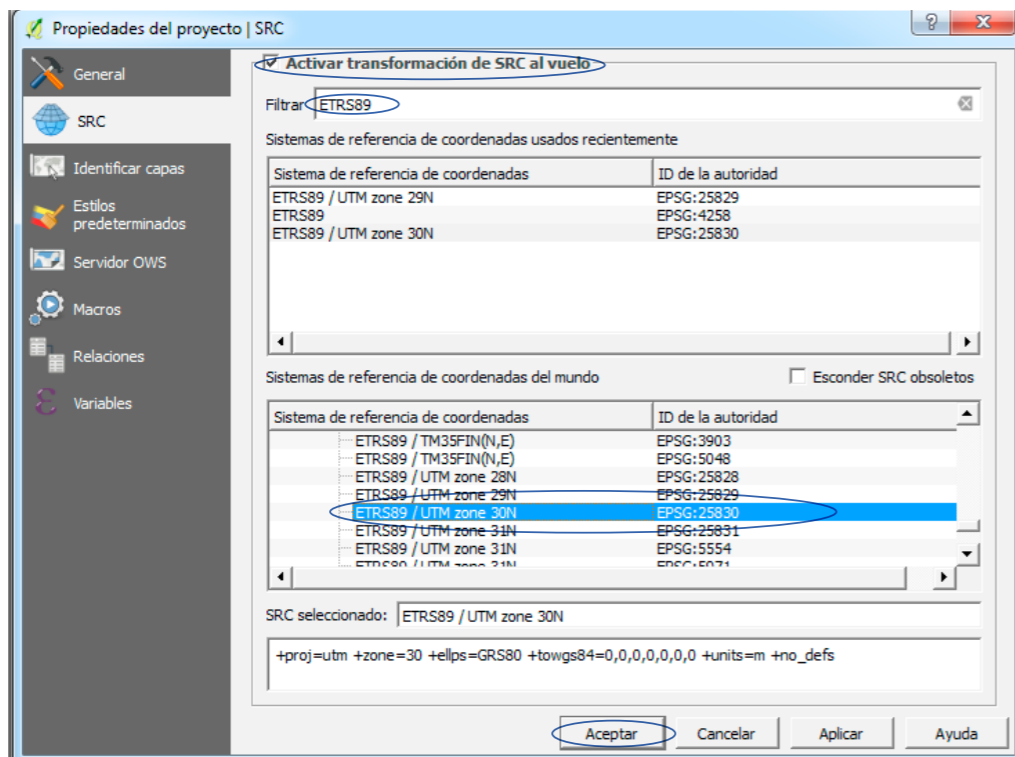
En esta práctica va a partir del mapa de España en formato digital, representará los datos geográficos en diferentes proyecciones. Comparando estas proyecciones deberá determinar las deformaciones producidas: distancias, ángulos (formas) y superficies.

Cree un proyecto nuevo y establezca el sistema ETRS89; (UTM) Universal Transversal Mercator, Huso 30, como SRC del proyecto.

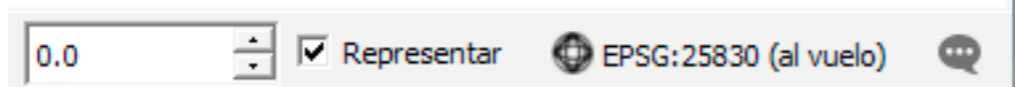
Para ello, desde el menú **Proyecto**, elija **Propiedades del proyecto**. Sitúese en el menú **SRC**, una vez allí seleccione "Activar transformación al vuelo" y en "Filtrar" escriba ETRS89.

Aparecerán todos aquellos sistemas que contienen este término, en su caso el correcto sería ETRS89/UTM zone 30N, EPSG (*European Petroleum Survey Group*) 25830.

Selecciónelo y acepte.

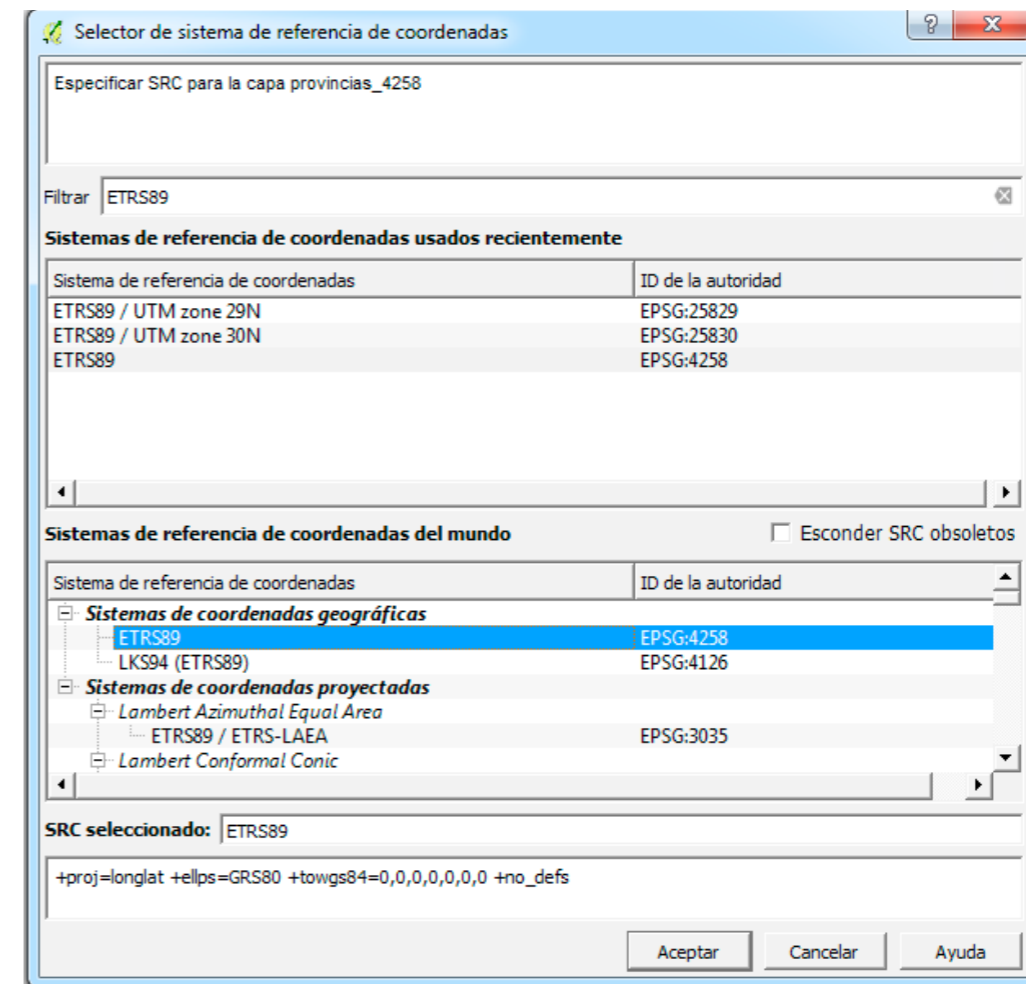


Así se ha definido el SRC del proyecto, lo puede comprobar observándolo en la esquina inferior derecha del programa.



De aquí en adelante, cada vez que usted quiera añadir este sistema de referencia a un proyecto nuevo, aparecerá en el cuadro de sistemas de referencia usados recientemente.

Añada al canvas las capas: "provincias_4258.shp", "ciudades_4258.shp" y "latlong4258.shp", localizadas en la carpeta de la practica nº5. Tenga en cuenta que estas capas tienen como proyección un sistema de referencia distinto al del proyecto, en concreto es el elipsoide ETRS89; EPSG: 4258, relativo al sistema de coordenadas geográficas (latitud y longitud).



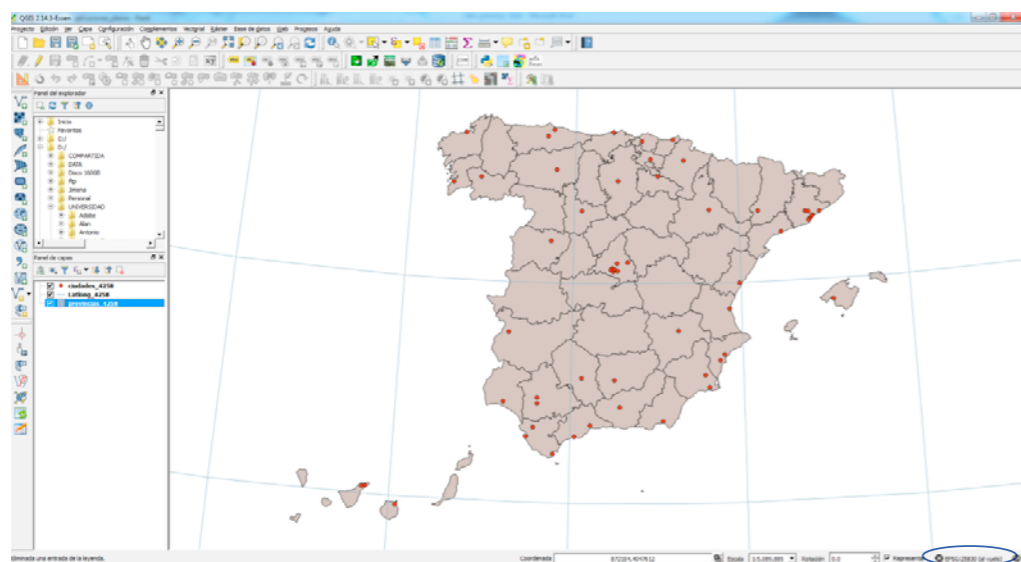
Automáticamente se le abrirá el cuadro de dialogo para que indique cual es el SRC de la capa que quiere añadir. Este cuadro le aparece debido a que estas capas no poseen el archivo que indica el sistema de referencia (*.prj ó *.qpj).

En este momento, deberá indicar el sistema de referencia en el que están las capas que quiere añadir al proyecto. Para ello, seleccione "Filtrar" ETRS89, le aparecerá un listado con todos los sistemas de referencia (".crs") que comienzan con las iniciales indicadas anteriormente en el combo de búsqueda.


De toda la lista que le aparece, seleccione el registro "ETRS89", tal cual; este es el sistema de referencia en coordenadas geográficas (latitud-longitud). A

continuación clique en Aceptar y se cargarán las capas seleccionadas en el proyecto con el “.crs” (sistema de referencia) del proyecto, no de las capas.

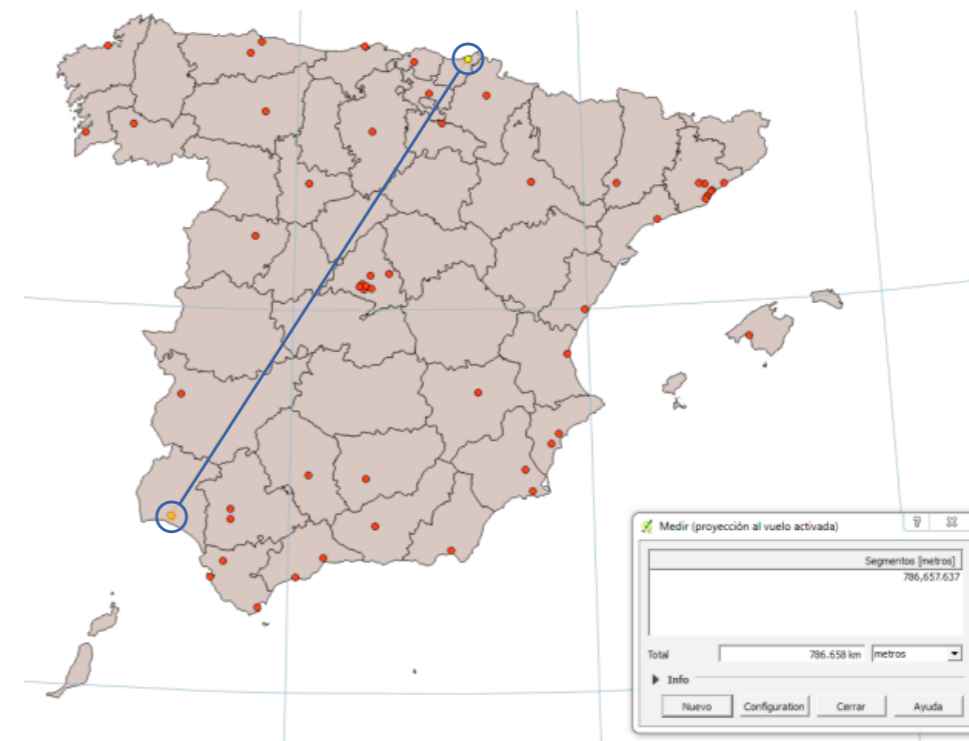
Al añadirlas, QGIS realiza una transformación de coordenadas al vuelo o virtual y carga estas capas de información en la vista ya proyectadas, es decir, en el sistema de referencia que ha elegido usted para el proyecto (EPSG:25830), siempre y cuando tenga activo **Activar transformación de SRC al vuelo**.



Coloque la información a su gusto, para que pueda trabajar perfectamente con ella.

A continuación, determine la distancia en kilómetros entre las ciudades de Huelva a San Sebastián (aproximadamente 790 km) y de Cartagena a La Coruña (aproximadamente 895 km). Lo primero será seleccionar ambas ciudades para asegurarse de su ubicación, puede realizarlo desde la tabla de atributos, seleccionando ambas ciudades con el campo “MUNICIPIO”. Una vez seleccionadas proceda a realizar la medición. Para ello, seleccione el icono **Medir línea** .

Con el icono activado, pinche en la primera ciudad y le aparecerá una línea que le seguirá hasta que haga clic en la segunda ciudad objeto de destino, apareciéndole la distancia en el cuadro de dialogo.



Para cancelar la acción presione el botón derecho del ratón.

Ahora, calcule la distancia entre Cartagena y La Coruña, siga los mismos pasos.

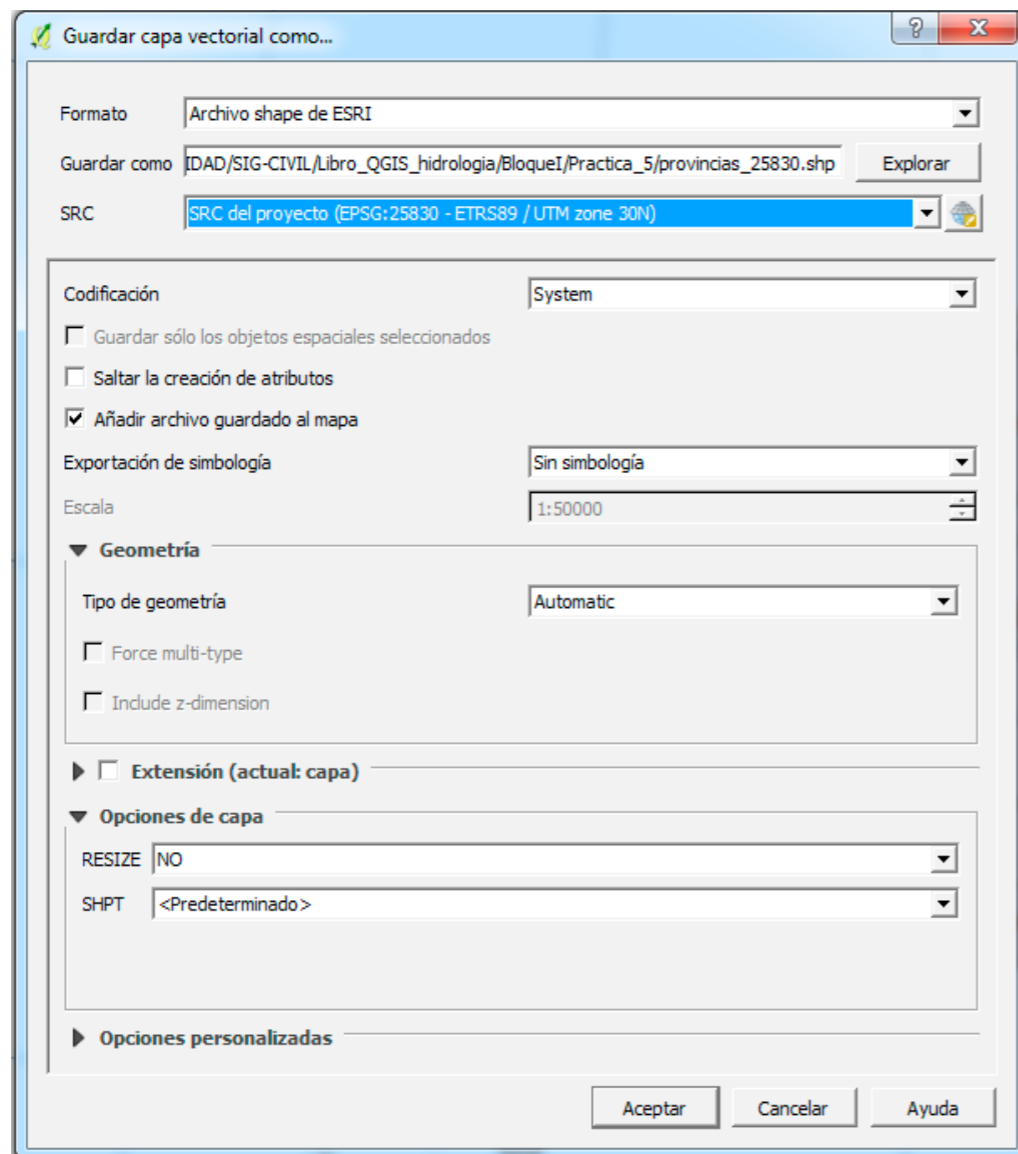
5.2. Cambiar el Sistema de Referencia en una capa.

En el punto anterior ha realizado una transformación al vuelo de las capas “provincias_4258.shp”, “ciudades_4258.shp” y “latlong4258.shp”, de tal forma que las ha proyectado en el sistema de referencia del proyecto (ETRS89, UTM zona 30N; EPSG:25830), pero no olvide que el sistema de referencia propio de las capa es distinto, en concreto el ETRS89, sin proyectar (EPSG:4258).

Realmente no ha cambiado el sistema de referencia propio de las capas, esta transformación ha sido “virtual”, es decir, ha sido una transformación al vuelo.

Sin embargo, ahora va a crear una nueva capa con el sistema de referencia del proyecto, es decir, va a consolidar esa transformación al vuelo que ha realizado en las tres capas vectoriales.

Para ello, sitúese con el ratón en el “Panel de capas” en la capa “provincias_4258.shp” y con el botón derecho haga clic en **Guardar como**.



En el cuadro de diálogo que le aparece deje el formato como shape, deberá elegir la ubicación de la nueva capa y el nombre de la misma, por ejemplo *provincias_25830.shp*.

En el cuadro SRC seleccionará el sistema de referencia del proyecto, es su caso el EPSG:25830. Acepte.

En este momento habrá generado una nueva capa con un sistema de referencia distinto.

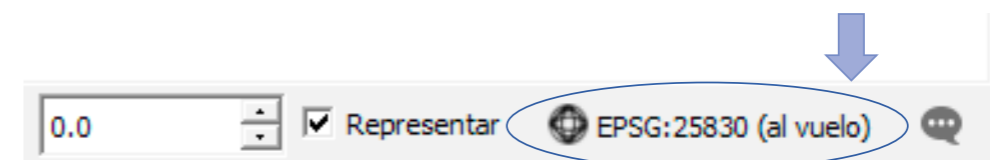
Haga lo mismo para las otras dos capas, “ciudades_4258.shp” y “latlong4258.shp”, guárdelas con el sistema de referencia del proyecto.

5.3. Cambiar Sistemas de Referencia y Proyecciones

Partiendo del proyecto anterior, elimine del “Panel de capas” las nuevas capas generadas en el punto anterior, es decir, deberá tener el proyecto con solo tres capas “provincias_4258.shp”, “ciudades_4258.shp” y “latlong4258.shp”.

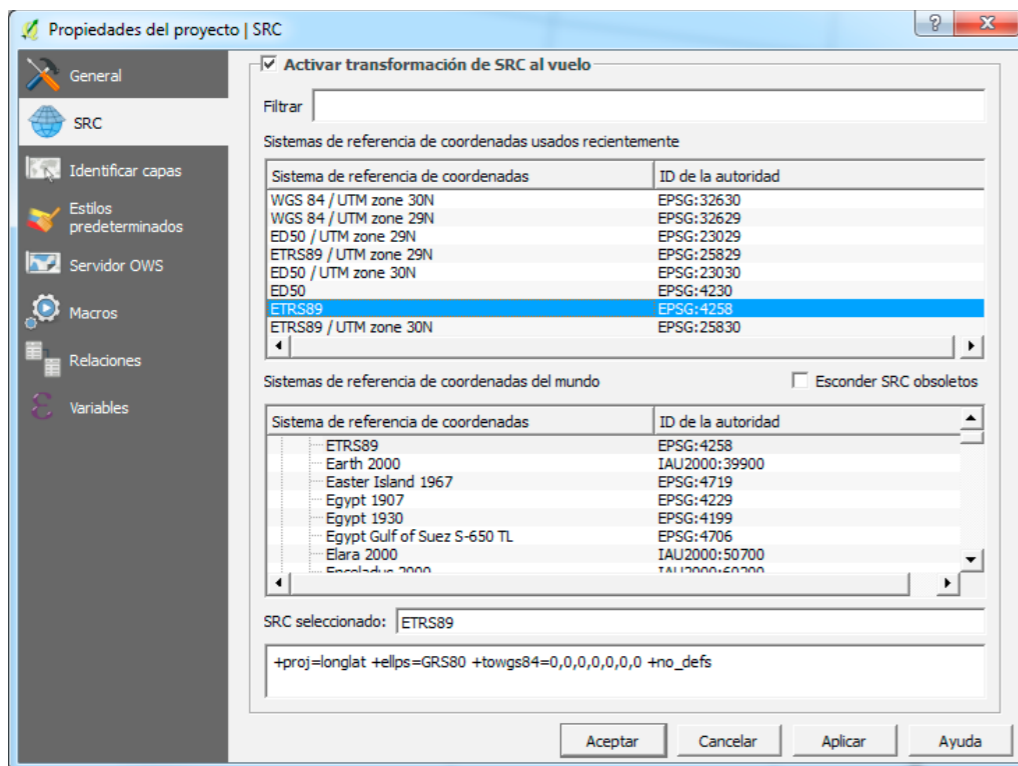
Recuerde que el sistema de referencia de su proyecto es 25830 y las tres capas anteriores han sido reproyectadas al vuelo de su sistema de referencia (EPSG:4258, ETRS89, latitud y longitud) al del proyecto, ETRS89 UTM Huso 30N.

Si lo que desea es cambiar el sistema de referencia de su proyecto al mismo que el original de las capas vectoriales, deberá hacer clic en el cuadro del EPSG que aparece en la esquina inferior derecha de su QGIS.



Se le abrirá el cuadro de dialogo referente a **Propiedades de proyecto**, también puede llamarlo desde el menú **Proyecto** → **Propiedades del proyecto**.

Seleccione el nuevo sistema de referencia, en su caso el ETRS89; EPSG:4258. Acepte.



Automáticamente se le ha cambiado el sistema de referencia de su proyecto y por tanto podrá observar el cambio y la deformación que han sufrido sus mapas.



EPSG:25830 (ETRS89 UTM Huso 30N)



EPSG:4258 (ETRS89)

5.4. Transformación entre ED50 y ETRS89 usando la rejilla NTV2 del IGN.

Imagínese que debe trabajar con cartografía antigua que se encuentra en el sistema de referencia ED50 UTM Huso30 (EPSG:23030) pero necesita poder cotejarla o superponerla con capas que se encuentran en el sistema de referencia actual ETRS89 UTM Huso 30 (EPSG:25830).


Lo primero que va a comprobar es que si realiza una transformación al vuelo directamente en QGIS, existirá un error de unos 10-12m. Esto se produce porque QGIS toma por defecto una rejilla para toda Europa, de ahí esa diferencia en metros.


Para poder realizar una transformación correcta deberá apoyarse en la rejilla de transformación de datum generada por el IGN. Esta rejilla según aparece en la página oficial del IGN <http://www.ign.es/web/ign/portal/gds-rejilla-cambio-datum> fue avalada por el Grupo de Trabajo para la transición a ETRS89 compuesto por las Comunidades Autónomas y los Ministerios de Fomento (IGN) y Defensa.

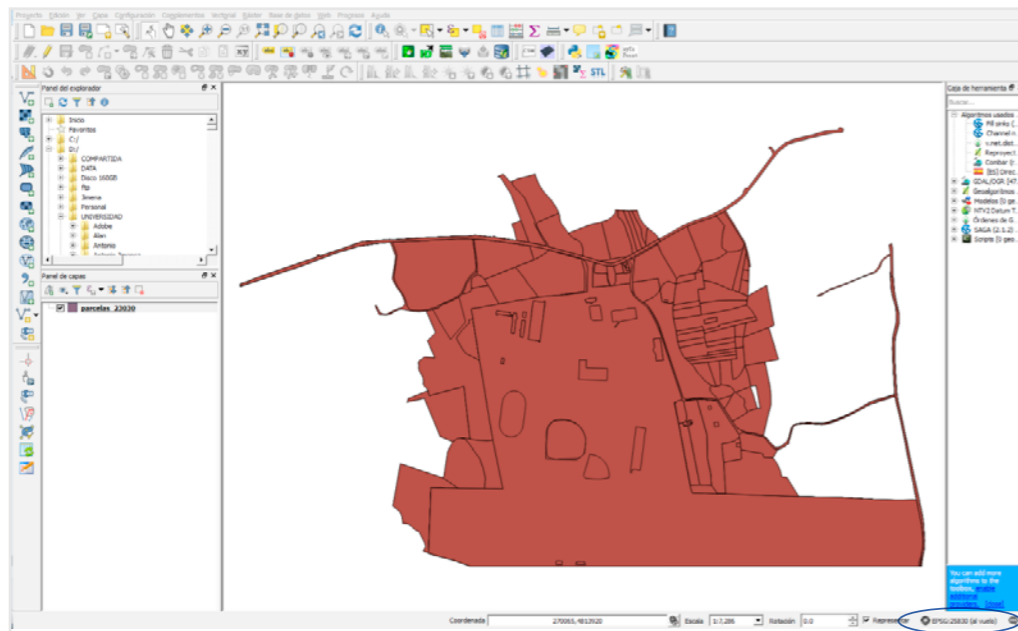
Consta de dos rejillas, una para la península (PENR2009.gsb) y otra para Baleares (BALR2009.gsb).

Descargue la rejilla de la península, observará que viene comprimida en formato zip. Descomprímala en una carpeta, más adelante verá donde debe copiarla.

Lo primero que va a comprobar es el error que se genera al realizar una transformación al vuelo con la rejilla por defecto de QGIS.

Para ello, añada un proyecto nuevo  y elija desde el menú **Proyecto** → **Propiedades del proyecto** como sistema de referencia el ETRS89 UTM Huso 30 (EPSG:25830). Este paso ya lo ha visto anteriormente.

Ahora añade la capa vectorial “parcelas_23030.shp”, puede hacerlo con el icono ya visto .



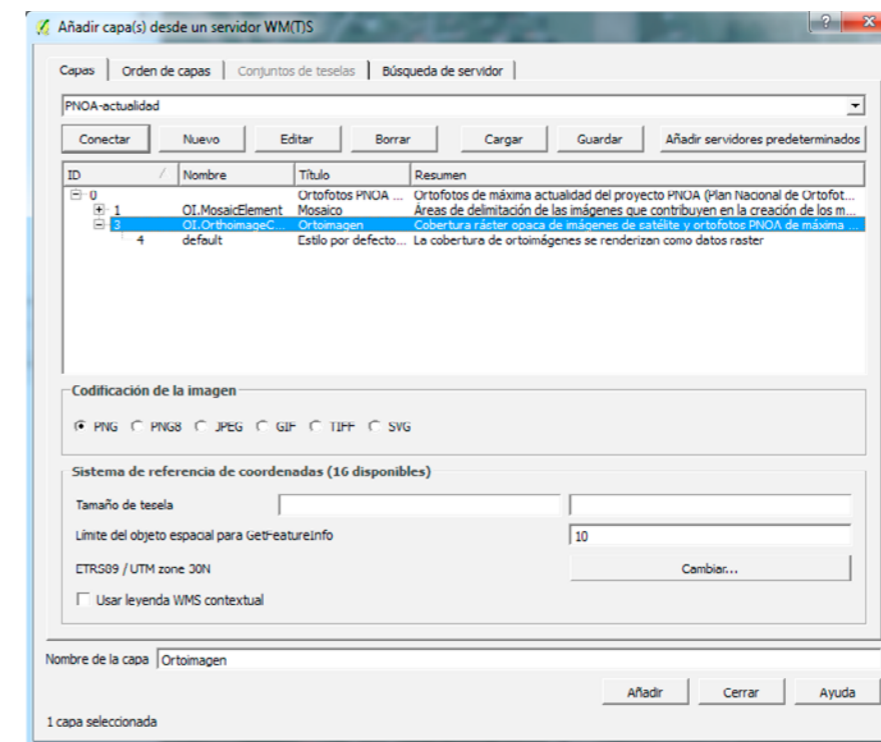
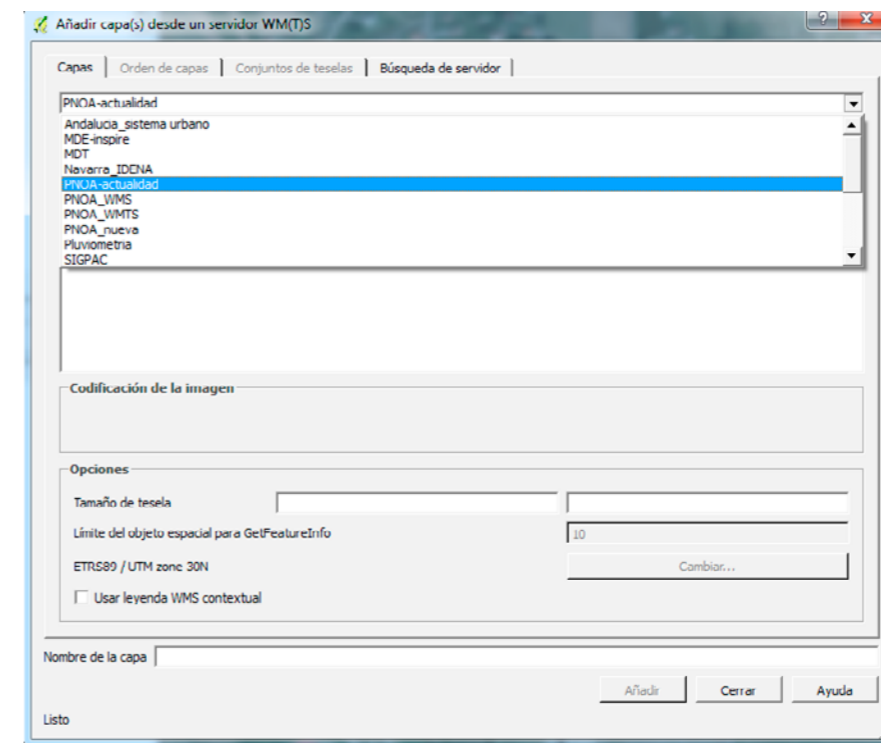
Esta capa se encuentra en el sistema ED50 UTM Huso 30 y como habrá podido apreciar, al disponer de los archivos parcelas_23030.prj y parcelas_23030.qpj no le ha preguntado en que sistema está creada, directamente lo ha leído de ambos archivos y le ha realizado una transformación al vuelo para llevarlas al sistema de referencia que ha elegido en su proyecto, el ETRS89 UTM Huso30.

Ahora, va a cargar las ortofotos PNOA mediante un WMS para poder asegurarse que la transformación que ha realizado en QGIS es la correcta, en este caso, apreciará lo contrario.

Haga clic en el icono **Añadir capa WMS/WMTS**. .

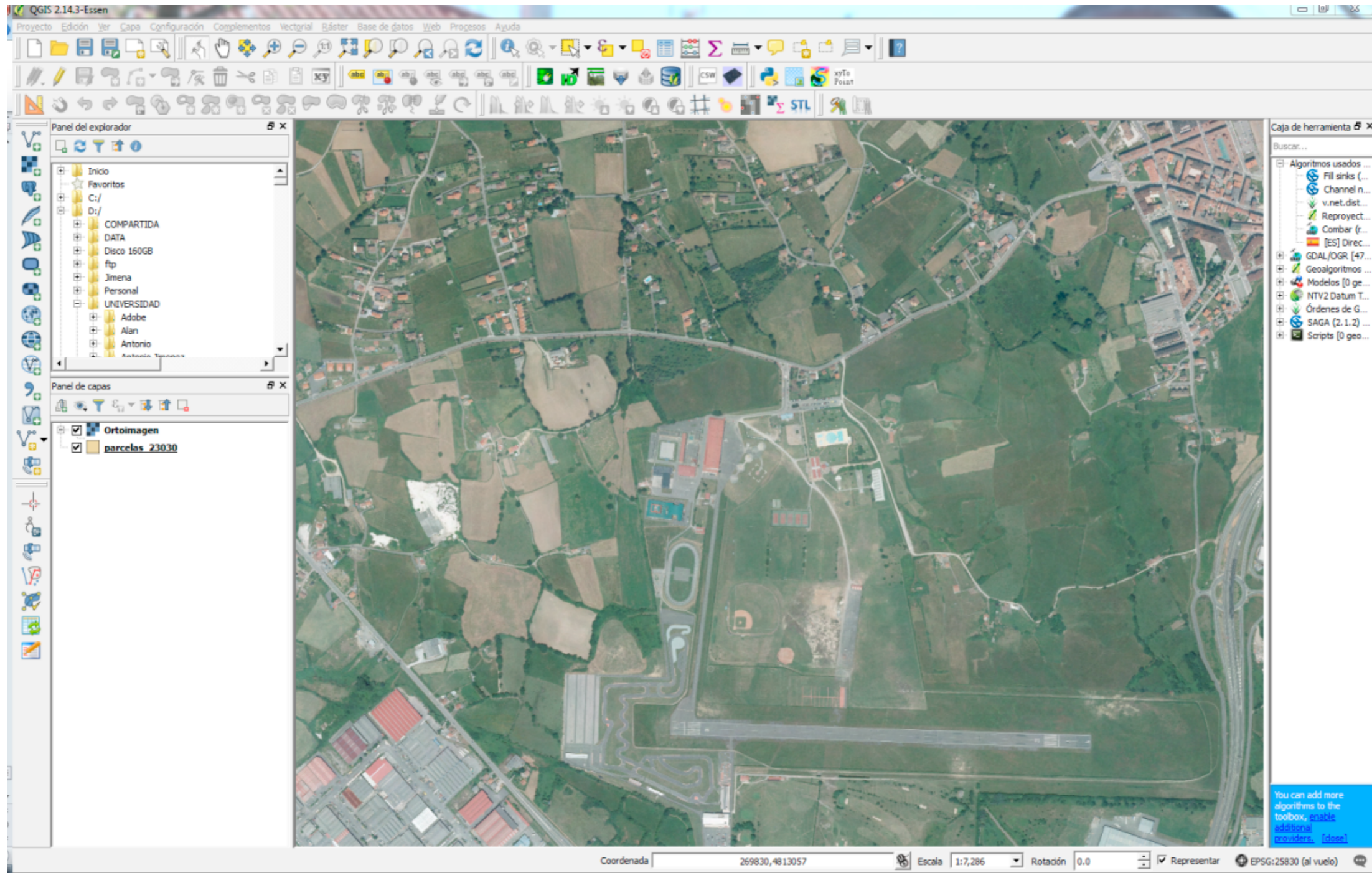
Como esta conexión ya la generó en la práctica nº2, navegue por todas las conexiones ya creadas y elija PNOA_actualidad.

Una vez seleccionada la conexión, haga clic en “Conectar”.



Seleccione el formato de la imagen, así como el sistema de referencia. Estos pasos ya los vio con anterioridad.

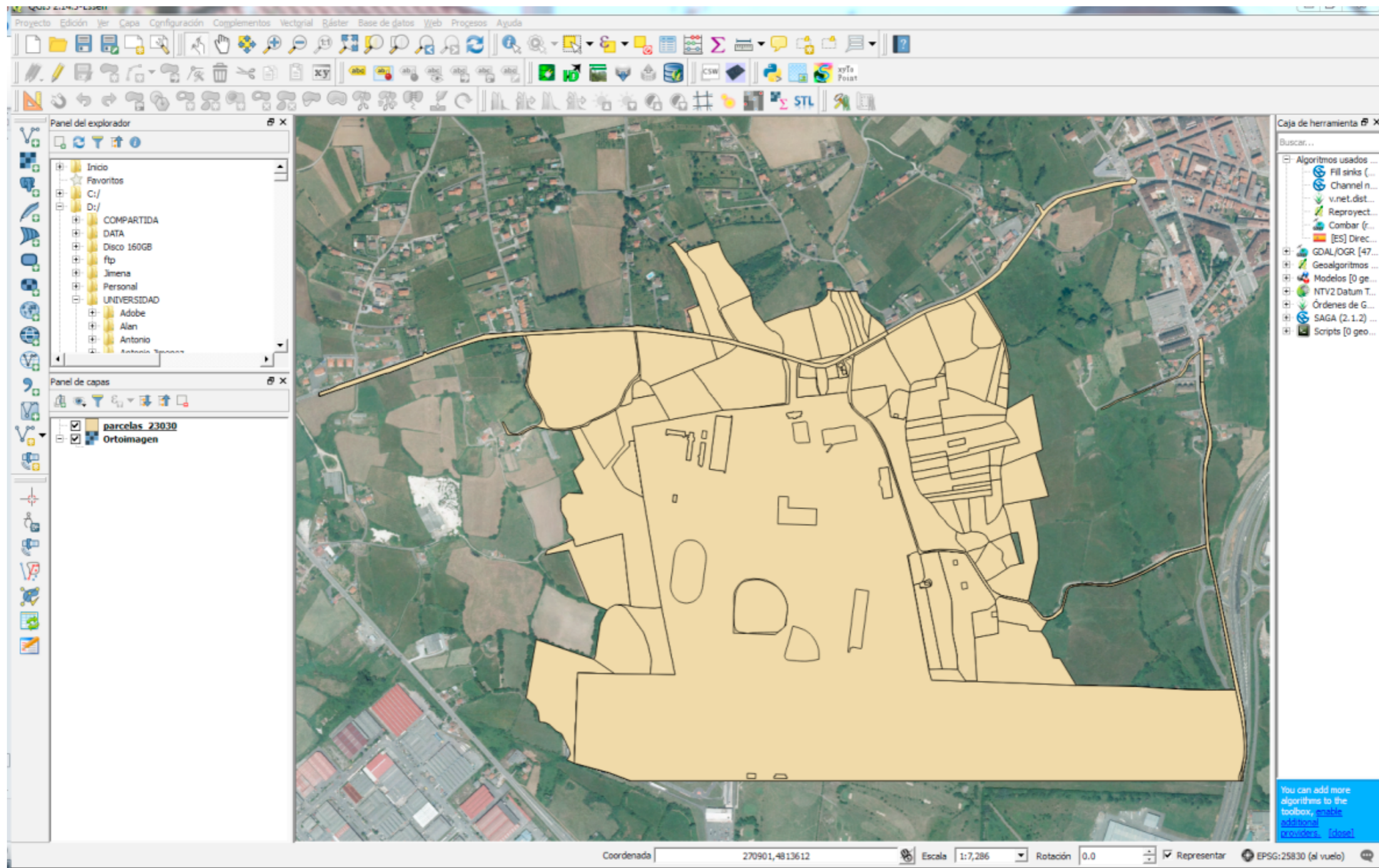
Como puede observar, usted ha añadido la capa virtual de las ortofotos nacionales del plan PNOA. Además en el sistema de referencia ETRS89 UTM Huso 30.



Prácticas generales con QGIS

Podrá observar que la capa ráster le impide ver la capa vectorial donde se encontraban digitalizadas las diferentes parcelas. Para poder apreciarla,

deberá pinchar la capa "Ortoimagen" y arrastrarla hacia abajo para situarla debajo de la capa "parcelas_23030.shp".



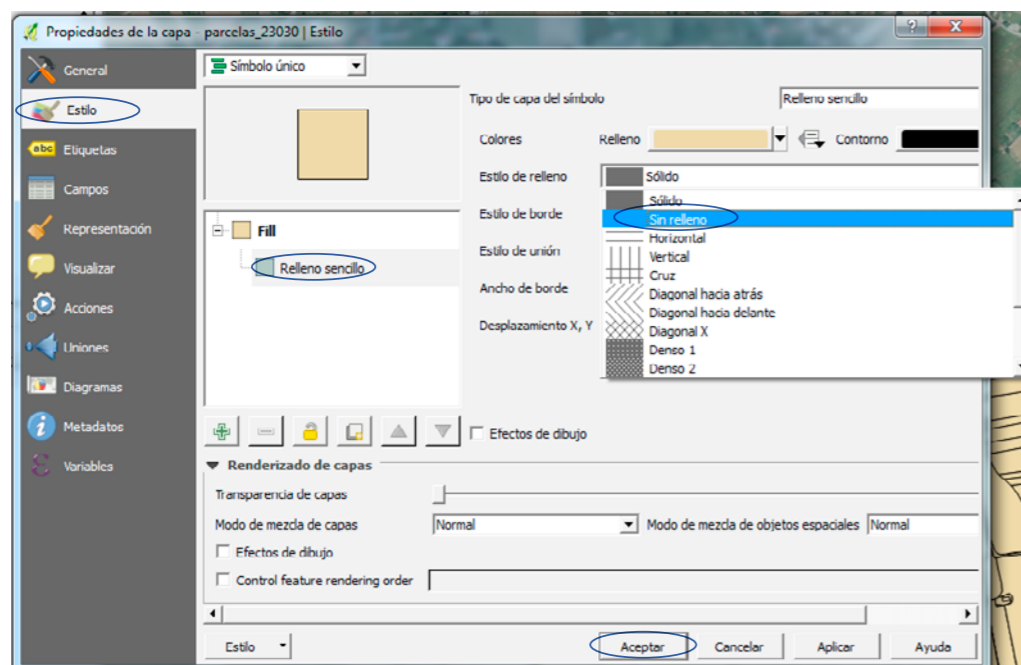
Para observar mejor los límites de las parcelas con la ortofoto, va a eliminar el relleno de la capa vectorial. Para ello, haga clic con el botón derecho del ratón en la capa "parcelas_23030.shp".

Le aparecerá el cuadro **Propiedades de la capa**. Seleccione **Estilo**.

Dentro de **Estilo**, pique "Relleno sencillo", le cambiará el menú en el margen derecho.

En "Estilo de relleno", navegue y verá como segunda opción "Sin relleno". Seleccione éste y acepte.

Podrá apreciar que ahora solo tiene dibujado el margen exterior de las parcelas. Por tanto, puede comparar los límites de las parcelas de su capa vectorial con la que aparece en las ortofotos.



Si hace un zoom dentro de una zona, podrá apreciar claramente el desplazamiento que tiene la capa vectorial que ha sido reproyectada al vuelo por QGIS, con respecto a la ortofoto que ha sido cargada con el sistema de referencia propio del proyecto.



Recuerde que la capa "parcelas_23030.shp" tenía como sistema de referencia el ED50 UTM Huso30, mientras que el proyecto es el ETRS89 UTM Huso 30.

Para ver aproximadamente cuantos metros de separación existe entre ambos, seleccione la herramienta **"Medir línea"**. Se le abre el cuadro de dialogo **Medir**, pinche con el ratón en ambos puntos iguales (capa parcela y ortofoto). Podrá observar que dependiendo de donde haya elegido para medir, le aparece en el cuadro de dialogo un valor próximo a 10 m.

Una vez comprobado que existe el error comentado anteriormente, va a proceder a realizar la transformación con la rejilla del NTV2 del IGN.

Lo primero que debe hacer es copiar el archivo PENR2009.gsb que se descargó y descomprimió con anterioridad en la dirección "C:\Program Files\QGIS Essen\share\proj".

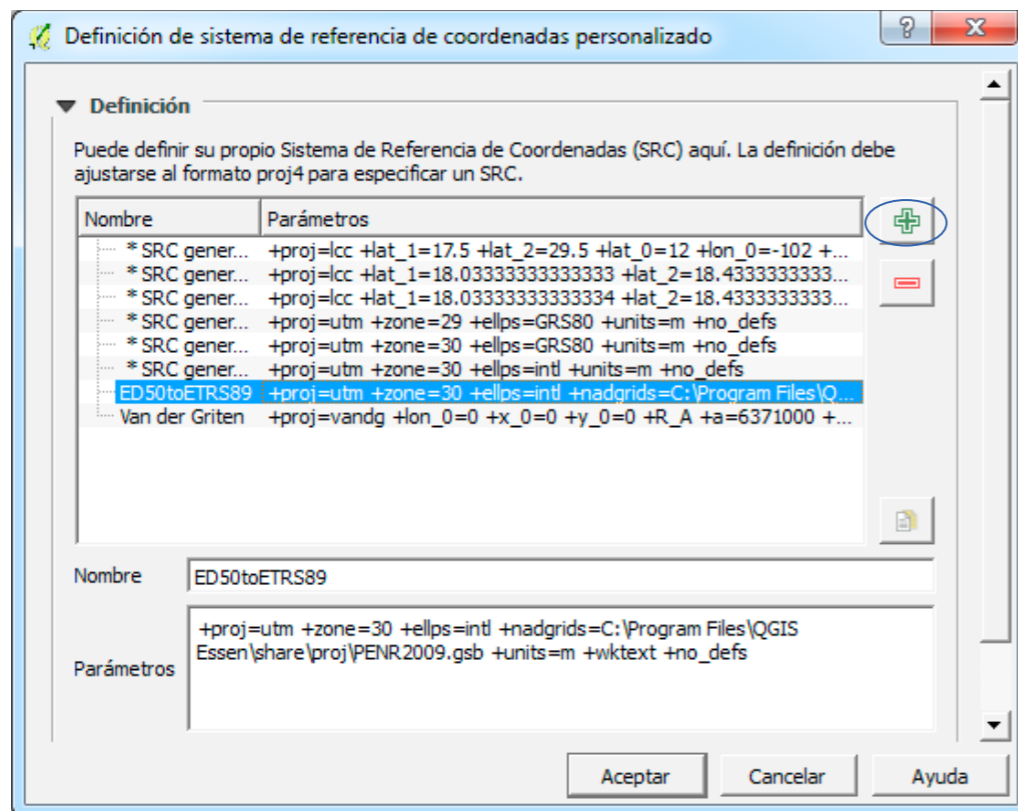
Una vez que ya ha copiado la rejilla en su directorio correspondiente, para que QGIS la detecte, abra un proyecto nuevo.


En el menú **Proyecto** → **Propiedades del proyecto**, active la transformación al vuelo y elija como sistema de referencia el ETRS89 UTM H30; EPSG: 25830.

Ahora, va a generar una carpeta nueva donde hará una copia de los archivos de la capa vectorial "parcelas_23030", copiará todos excepto los correspondientes al sistema de referencia, es decir, todos menos "parcelas_23030.prj" y "parcelas_23030.qpj".

Por tanto, en esa nueva carpeta deberán aparecer solo los archivos "parcelas_23030.shp", "parcelas_23030.shx" y "parcelas_23030.dbf"

Lo siguiente que hará es crear un SRC personalizado. Para ello, desde el menú **Configuración** → **SRC personalizado**, se le abre un cuadro de dialogo para generar nuevos SRC.



Haga clic en el icono  para generar un nuevo SRC, en el apartado "Nombre" pónganle por ejemplo *ED50toETRS89* y en "Parámetros" teclee el siguiente texto:

```
+proj=utm +zone=30 +ellps=intl +nadgrids=C:\Program Files\QGIS
Essen\share\proj\PENR2009.gsb +units=m +wktext +no_defs
```

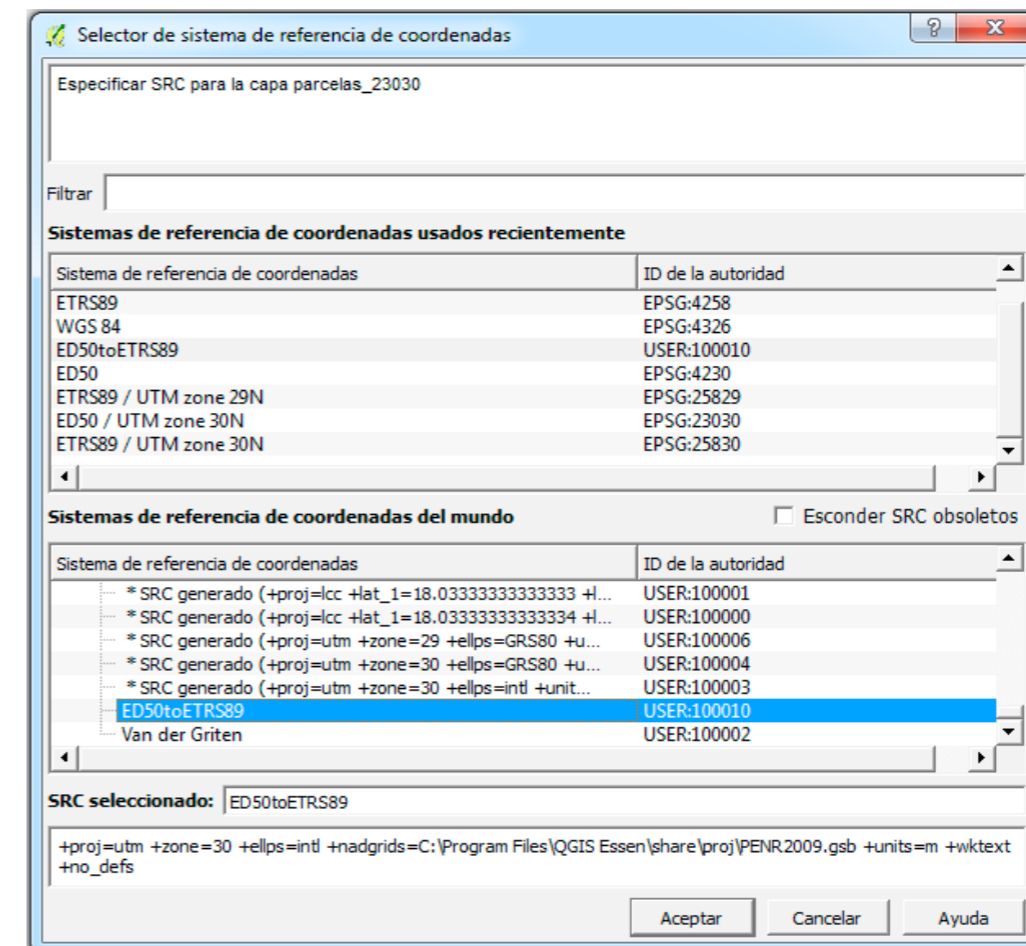
Acepte.

Añada la capa "parcelas_23030.shp" a su proyecto, pero debe añadir la capa que copió en la nueva carpeta sin los archivos qpj y prj. Puede hacerlo arrastrando el archivo shp desde el explorador de Windows al canvas.

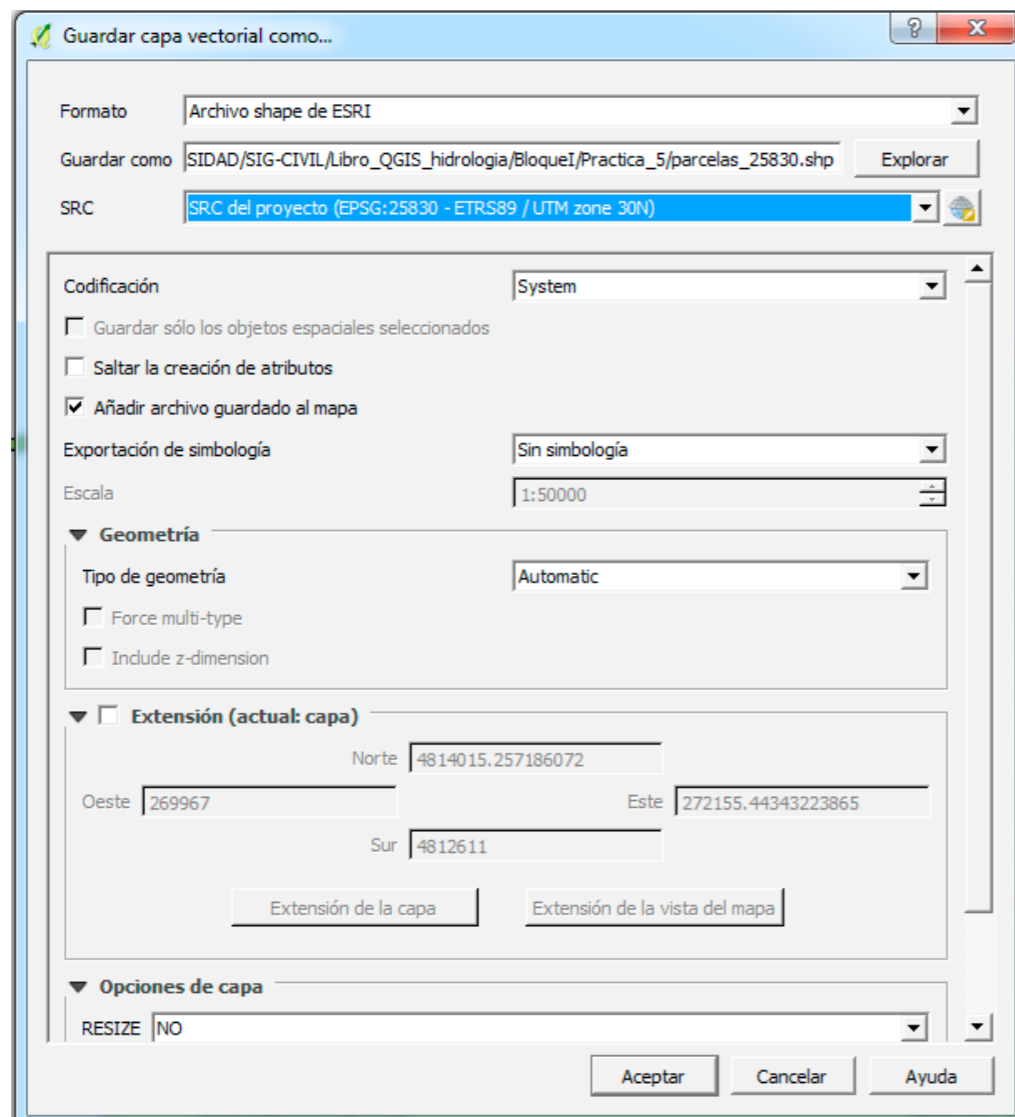
Como no tiene los archivos "parcelas_23030.prj" y "parcelas_23030.qpj" al añadirla le va a solicitar que seleccione el sistema de referencia.

Elija el que ha creado personalizado, es decir, el ED50toETRS89.

Acepte.




En el "Panel de capas", haga clic con el botón derecho sobre la capa que acaba de añadir y proceda a **Guardar como**.



Seleccione la ubicación y el nombre del archivo, por ejemplo *parcelas_25830*. Como SRC elija el del proyecto, 25830. El resto déjelo como viene por defecto.

Acepte.

El siguiente paso, será comprobar que la transformación ha quedado consolidada y está bien realizada.

Abra un proyecto nuevo, desde el menú **Proyecto** → **Nuevo** o con el icono **Nuevo** , le va a preguntar si quiere guardar cambios, diga que no.

En el proyecto nuevo, al igual que en los casos anteriores, elija el SRC 25830 y añada la capa ya transformada “parcelas_25830.shp”.

Añada también como lo hizo anteriormente la capa WMS con las ortofotos del PNOA, con EPSG 25830. Comprobará que casan perfectamente.



Georreferenciación

Objetivo: conseguir que el lector pueda dotar de sistema de referencia cualquier cartografía en formato ráster que carezca del mismo. Para ello, primero salvará una porción de imagen ráster, que utilizará para poder establecer el sistema de referencia a una hoja digitalizada de la serie L (E:1/50000) del Servicio Geográfico del Ejército (SGE). En concreto, será la hoja 777 (Mérida).

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:


- Capa vectorial "manzanas.shp".
- Capa vectorial "eje_calles.shp".
- Capa raster "t777.jpg".
- Archivo "PUNTOS DE APOYO.pdf".
- Archivo "Distribución PA.pdf".


Desarrollo:

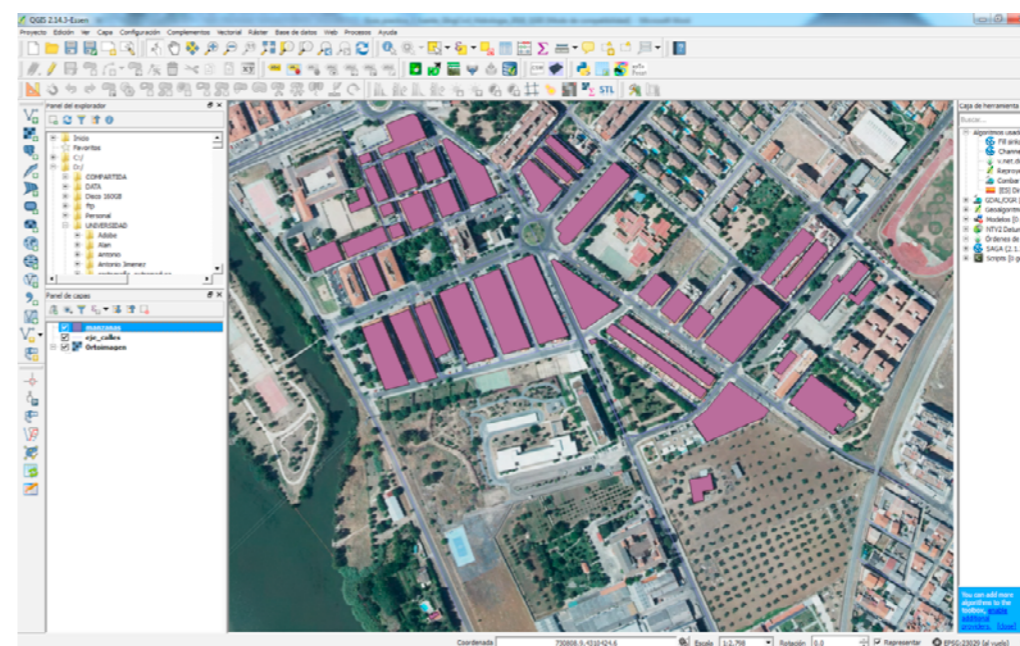
6.1. Salvar ráster georreferenciado.

Abra QGIS y establezca como sistema de referencia del proyecto el ED50 UTM Huso 29; EPSG_23029. Este paso ya lo ha realizado en prácticas anteriores. Seguirá el ejercicio conectándose a través de QGIS al servidor WMS de PNOA (<http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>), como esta

conexión ya la tiene generada de ejercicios anteriores solo deberá buscarla y conectarse. Establezca como sistema de referencia de la ortofoto el mismo que el del proyecto 23029 y añada.

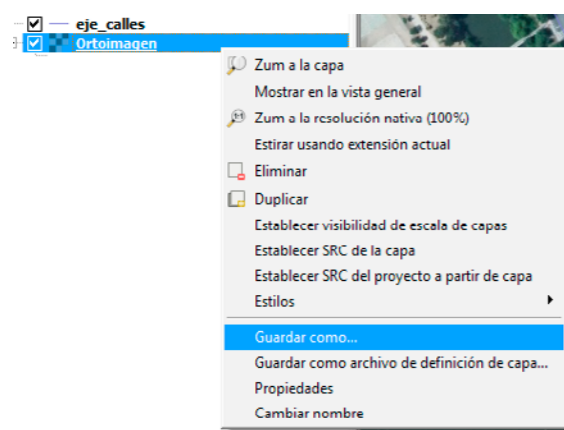
Según se explicó en sesiones precedentes, cargue en esta vista las capas de "manzanas.shp" y "eje_calles.shp", también con EPSG:23029. Éstas, se encuentran en la carpeta de la práctica. Guarde el proyecto  con el nombre "hojaMerida_777".

Haga un zoom a las capas que acaba de añadir, para ello utilice el icono **Zum a la capa** . Tendrá la siguiente imagen.



Por si se produce algún problema de desconexión con el servidor de PNOA, en ocasiones le va a ser de utilidad salvar la imagen de la vista como ráster georreferenciado. Esta herramienta permite extraer porciones de un ráster mediante la selección en el mapa, o mediante la introducción de las coordenadas que definen la porción a extraer.

Es posible además, cambiar la resolución espacial del recorte o de la imagen completa, así como elegir las bandas que desea extraer o generar del nuevo ráster para cada una de las bandas originales. Pero vaya paso a paso.



Para extraer un recorte de una imagen, seleccione el ráster cargado ("Capa de ortofotos WMS") y con el botón derecho, elija **Guardar como**. Se abrirá un cuadro de diálogo que debe rellenar.

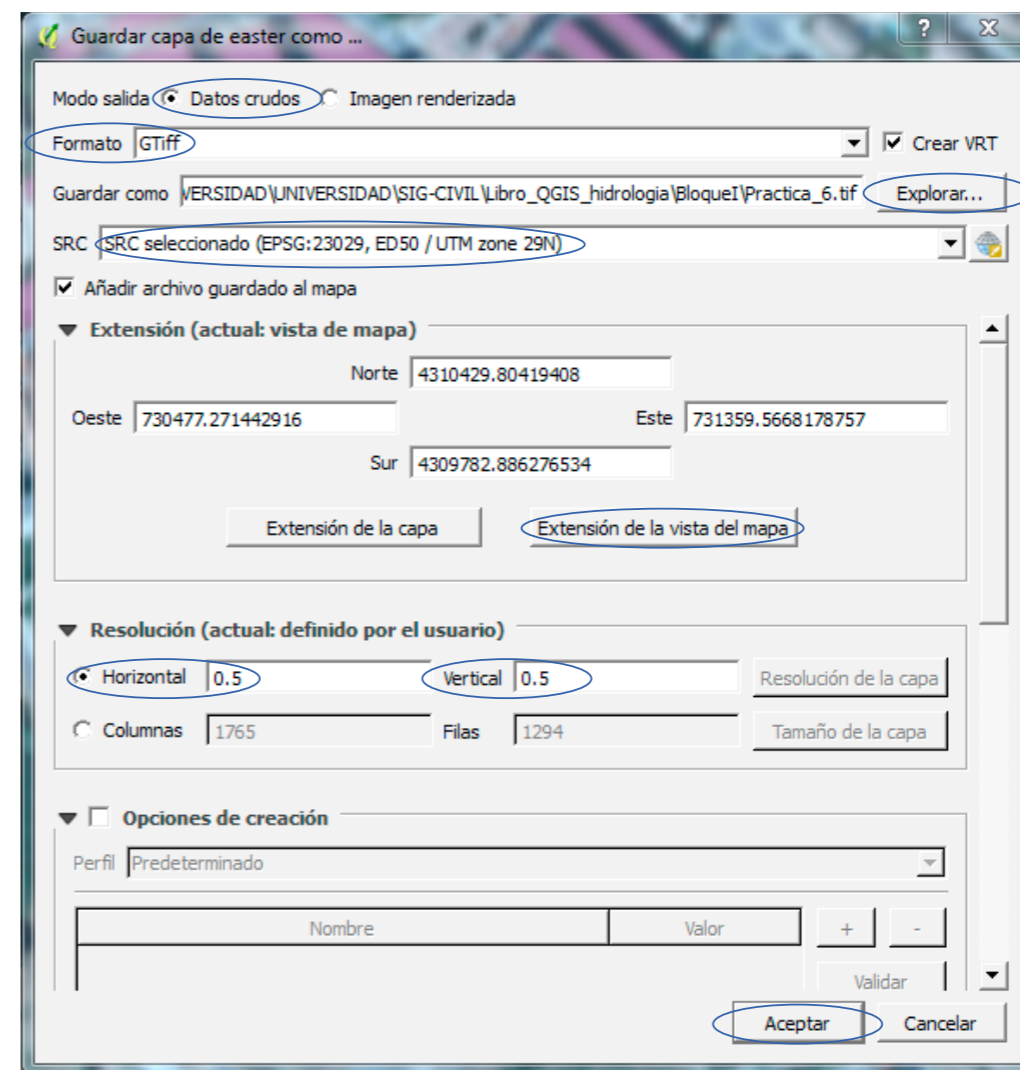
Elija como "Modo de salida": Datos crudos, el uso de imagen renderizada solo se

usará si tuviera la capa que quiere guardar con otro tipo de renderizado como por ejemplo "Single Band Pseudocolor" (rampa de color Spectral con 5 clases) y quiere que le conserve este cambio.

Formato GTiff, y elija la carpeta donde quiere guardarlo, QGIS generará una carpeta con ese mismo nombre y extensión tif, donde guardará la porción de imagen. Seleccione como SRC el de su proyecto.

Seguidamente, deberá elegir la zona que quiere extraer, lo mejor es que su vista en el mapa esté extendida tal y como quiere recortarla, así elegirá la opción "Extensión de la vista del mapa" y no tendrá que conocer las coordenadas exactas.

Finalmente, como resolución teclee 0.5 m y Acepte. Le habrá generado una carpeta tif y dentro su imagen geotiff.



Añada la imagen, como podrá observar aparecerá georreferenciada.

6.2. Georreferenciar con QGIS.

En este apartado usted aprenderá a georreferenciar una hoja de la serie L (E: 1/50000) del Servicio Geográfico del Ejército (SGE), en concreto la hoja 777 (Mérida).

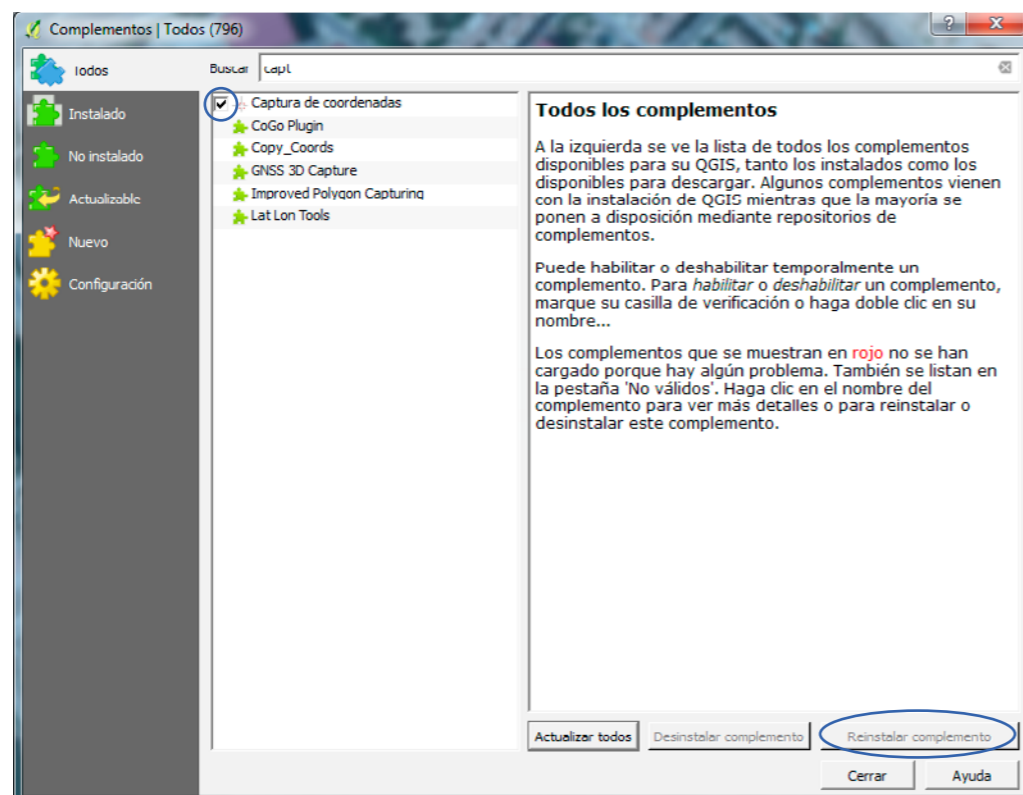
Para ello, se le ha facilitado la hoja 777 en formato jpg y del apartado anterior tiene descargada la ortofoto del PNOA.

Para poder realizar la georreferenciación necesitará localizar un mínimo de 5 puntos denominados puntos de apoyo (P.A.) que pueda determinar en la ortofoto y sea reconocible también en la hoja 777. Estos puntos, deben estar distribuidos por la totalidad de la hoja, de tal forma que si distribuyera la hoja en cuatro partes, no debiera quedar parte alguna sin P.A.

Las coordenadas de los P.A. las puede obtener mediante QGIS. No obstante, entre los archivos de la práctica encontrará dos pdf, uno que le muestra las reseñas de un total de 10 P.A. con sus coordenadas y otro con la distribución de 5 de ellos en la hoja 777.

Si tuviese que obtener las coordenadas deberá usar la ortofoto y la orden **Captura de coordenadas** que encontrará en el menú **Vectorial**. Si no aparece este complemento en el menú **Vectorial**, deberá cargarlo.

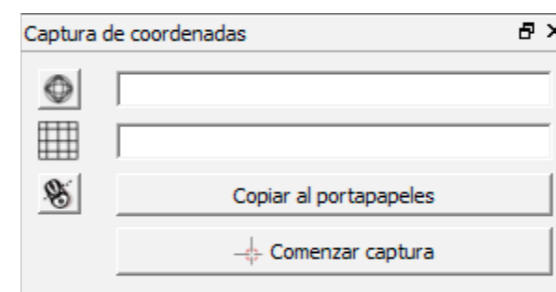
Este paso lo debe realizar desde el menú **Complementos** → **Administrar e instalar complementos**.



Se le abre un cuadro de dialogo, elija **Todos** y escriba en "Buscar" el texto *capt*. Automáticamente le aparecerá el complemento. Pique en instalar si no está instalado o bien lo activa si ya estaba instalado pero no activado.

Ahora, debería aparecer el complemento en el menú **Vectorial**.

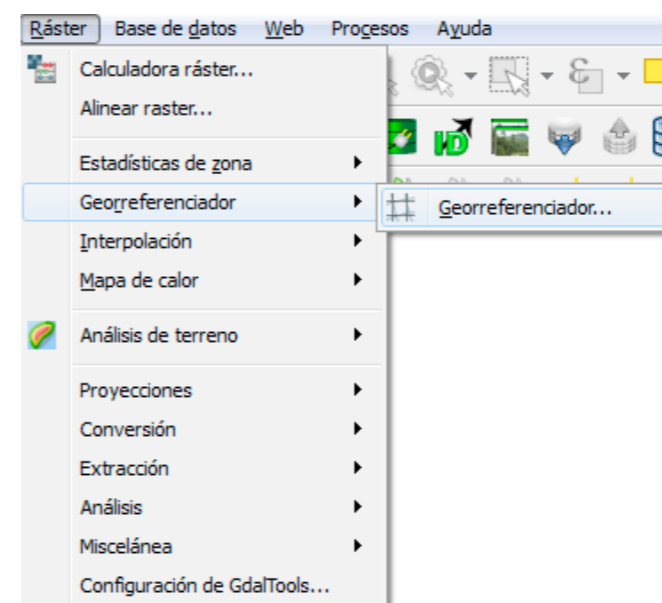
Cuando abre el complemento, se le abre el panel **Captura de coordenadas**.



Una vez ha seleccionado el punto que le va a servir como P.A., hará clic en "Comenzar captura", y le aparecerán las coordenadas de dicho punto. Si tuviese distinto el SRC del proyecto y el de las capas,

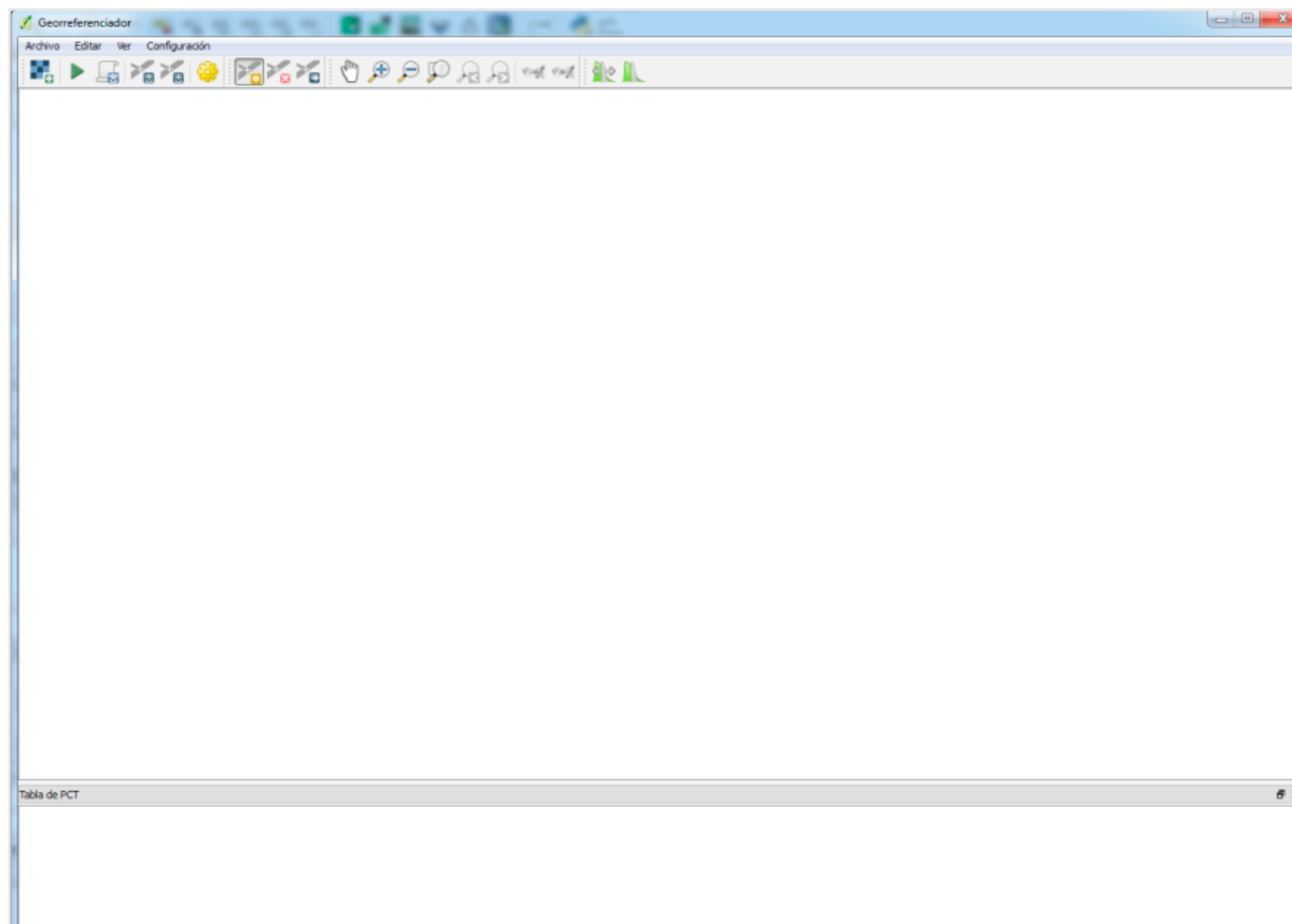
le daría las coordenadas en ambos sistemas. Este proceso lo deberá repetir como mínimo hasta localizar 5 puntos (transformación Helmert) perfectamente identificables en la ortofoto y en el mapa.


Ya seleccionados los P.A. y tomadas sus coordenadas, puede empezar el proceso de georreferenciación. Para ello, inícielo desde el menú **Raster** → **Georreferenciador** → **Georreferenciador**.




Si no le apareciese, deberá instalarlo mediante el menú **Complementos** → **Administrar e instalar complementos**, tal y como hizo con el complemento anterior **Captura de coordenadas**.

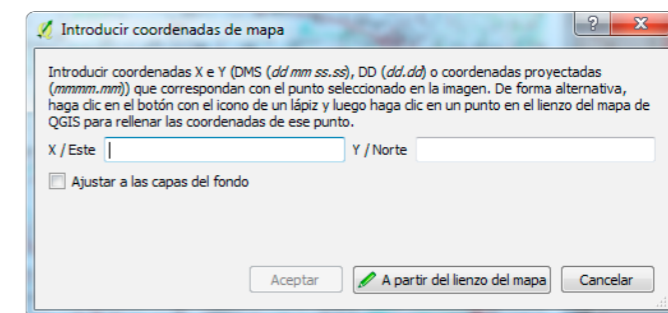
Le aparecerá una ventana auxiliar llamada **Georreferenciador**.







Lo primero es añadir el ráster que quiere georreferenciar, en su caso la imagen de la hoja 777, esto lo conseguirá mediante el icono .


Navegue hasta localizar su archivo jpg y añádalo, deberá indicar el sistema de referencia al que quiere georreferenciarlo, es su caso el ED50 UTM huso29.

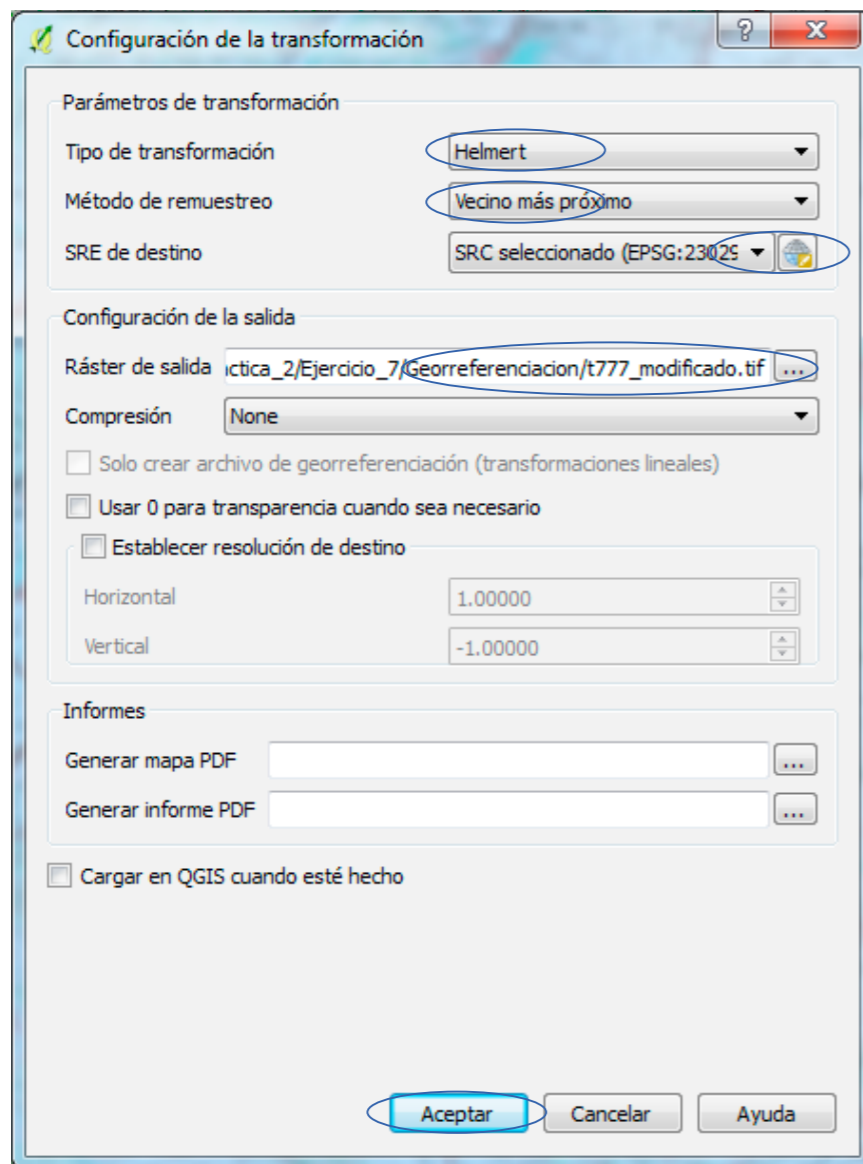
Acto seguido deberá identificar sus P.A., para ello pulse sobre el icono **Añadir punto** , y pique en el mapa el P.A. que va a introducir primero, acto seguido le aparecerá el cuadro de diálogo **Introducir coordenadas de mapa**. Introduzca las coordenadas del punto según el archivo "PUNTOS DE APOYO.pdf". Esta operación deberá repetirla con los cuatro puntos restantes.



También puede usar la opción "A partir del lienzo del mapa", en este caso podrá usar la ortofoto de la zona y allí picará el homólogo al P.A. que ha elegido en el mapa a georreferenciar. En este caso, no necesitará conocer a priori las coordenadas de los P.A. en el sistema de referencia a transformar.

También puede borrar puntos y mover puntos de posición  . Una vez fijado los P.A., puede guardarlos y posteriormente insertarlos  .

Para poder realizar el cálculo de la transformación deberá indicar los parámetros de la misma. Para ello, haga clic en el icono **Configuración de la transformación** .



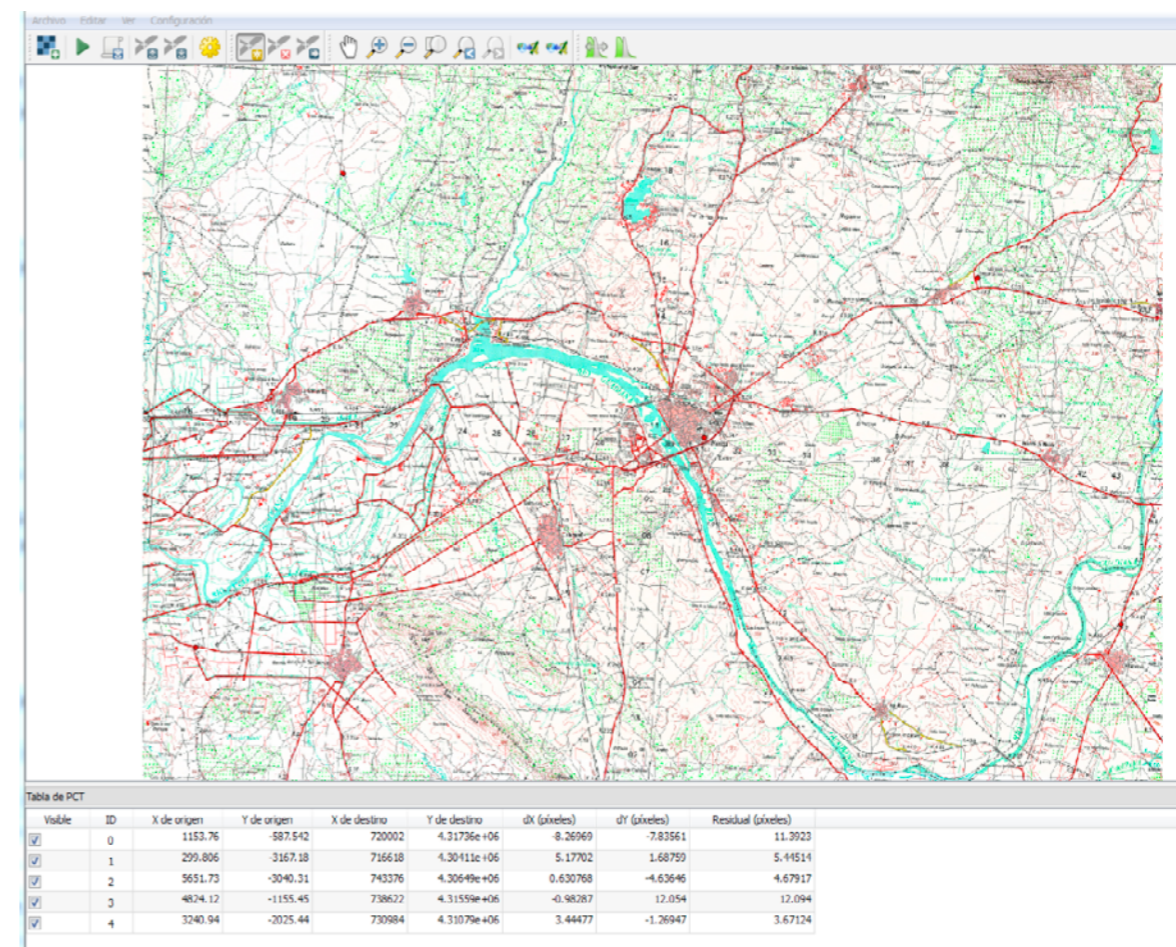
En la ventana emergente deberá elegir el “Tipo de transformación”, esta dependerá del número de P.A. con el que cuente.

También debe seleccionar el “Método de remuestreo”, así como el “SRC de destino” y un nombre para el archivo de salida georreferenciado.

Una vez tenga todos los parámetros introducidos, acepte.

Finalmente comience el cálculo de la georreferenciación mediante el icono **Comenzar georreferenciado**.

Una vez finalizado el cálculo, mostrará la información sobre los residuos que presenta su georreferenciación. Recuerde que la calidad de la misma dependerá de la resolución de la imagen a georreferenciar, el método de cálculo, el número de puntos que haya conseguido localizar y la distribución de los mismos.



Compruebe la coincidencia de las imágenes. Tenga en cuenta que si el proceso no ha sido exitoso puede repetirlo hasta conseguir unos residuos admisibles (estos estarán en función de la escala del mapa a georreferenciar y la resolución de la imagen).

Digitalización

Objetivo: conseguir que el lector pueda crear su propia capa vectorial mediante el proceso de digitalización. Para ello, va a realizar una digitalización básica y otra que tenga en cuenta la topología existente entre los elementos a dibujar. También se mostrará como modificar una capa ya existente, tanto la parte gráfica como los atributos de la misma.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa vectorial “manzanas.shp”.
- Capa vectorial “marco_trabajo.shp”.

Desarrollo:


7.1. Creación de una nueva capa vectorial.

En este apartado, va a digitalizar en una nueva capa la zona del Centro Universitario de Mérida (CUM). Para ello, se va a apoyar en las ortofotos del PNOA.

Abra un nuevo proyecto en QGIS con sistema de referencia ETRS89 UTM Huso 29.

Añada la capa WMS correspondiente al PNOA (está conexión ya la realizo en prácticas anteriores) el sistema de referencia debe ser el mismo que

el del proyecto. Posteriormente, añada la capa vectorial “manzanas.shp”, el sistema de referencia de esta capa corresponde al ED50 UTM Huso 29.

Esta capa solo la va a usar para situarse dentro de la imagen global de la ortofoto, por tanto, una vez añadida haga un zoom a la capa. Recuerde botón derecho sobre la capa → **Zum a la capa** o mediante el icono .

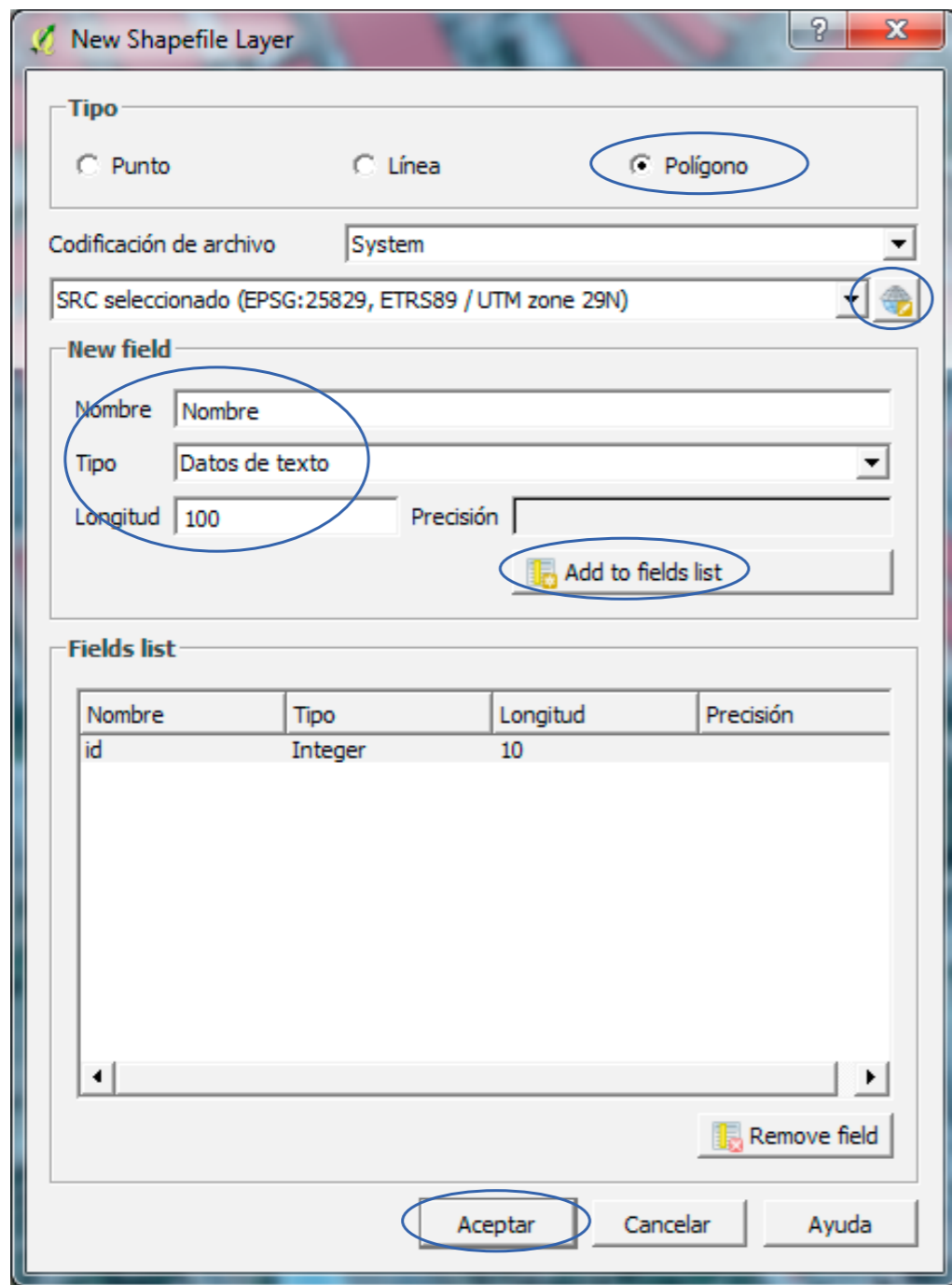
Use las imágenes que aparecen a continuación para situarse y observar los edificios que debe digitalizar en su nueva capa.



1. Laboratorios
2. Conserjería
3. Despachos
4. Aulas

Ya dispone de todos los datos para poder crear su nueva capa. Desde el menú **Capa** → **Crear capa** → **Nueva capa de archivo shape**.

En la ventana emergente deberá elegir el tipo de capa, en su caso va a generar una capa de tipo “Polígono”.



El SRC de la capa, va a ser el mismo que el del proyecto, por tanto, EPSG 25829.

Ahora deberá elegir los atributos que quiere que aparezca en su capa, en este caso, tendrá solo dos campos: "id" (viene por defecto) y "Nombre".


El campo Nombre, será un campo de tipo texto y con una longitud máxima de 100. Una vez relleno los datos en el apartado "New field" deberá hacer clic en "Add to fields list".

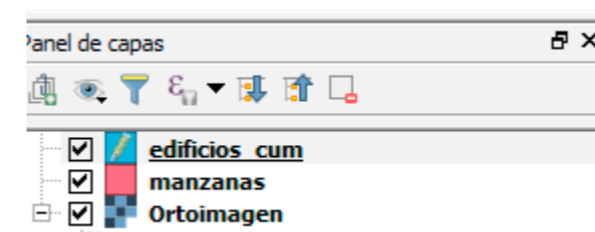
Automáticamente le aparecerá el nuevo campo en el apartado "Field list" junto al campo id que venía por defecto.

Acepte.

Se le abre el explorador de Windows para que elija la ubicación y el nombre de su nueva capa. Denomínela *edificios_cum* y ubíquela en la carpeta de la práctica.

Como podrá observar la nueva capa que acaba de crear le aparece en el "Panel de capas", junto a la capa "manzanas.shp" y "Ortoimagen" (WMS PNOA).

Para poder proceder a la implementación de los edificios del CUM, debe asegurarse que la capa está en edición, para ello, haga clic en el icono **Conmutar edición** .




Podrá observar como le ha cambiado el icono de la capa "edificios_cum.shp" en el "Panel de capas", apareciéndole el símbolo del lápiz.

Una vez tiene la capa en edición, se le activarán los iconos correspondientes a la barra de herramienta **Digitalización** y **Digitalización avanzada**.

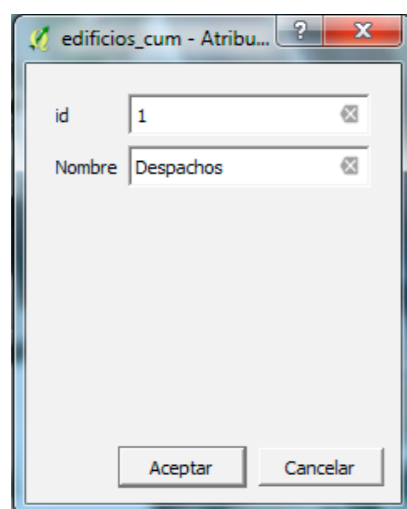


Si no tuviera esas barras de herramientas visibles, puede acceder a ellas desde el menú **Ver** → **Barra de herramientas**.


Para comenzar la digitalización deberá utilizar la herramienta **Añadir objeto espacial** .

Esta herramienta le permite ir recorriendo el contorno con un clic del botón izquierdo del ratón hasta cerrar la figura, finalizándola con el botón derecho del ratón.

Automáticamente, en cuanto cierre su polígono se le abrirá la ventana donde podrá rellenar el campo "id" y "Nombre".



Repita esta misma acción (dibujo de geometría + relleno de campos de tabla) para cada polígono que desee generar en esta capa.

Cuando termine de digitalizar los cuatro edificios del Campus, puede desactivar la edición. Para ello, tendrá que volver a picar el icono .

Su nueva capa contendrá cuatro polígonos, correspondientes a los cuatro edificios que componen el CUM.

Cada polígono tendrá dos atributos, el id y el nombre del edificio.

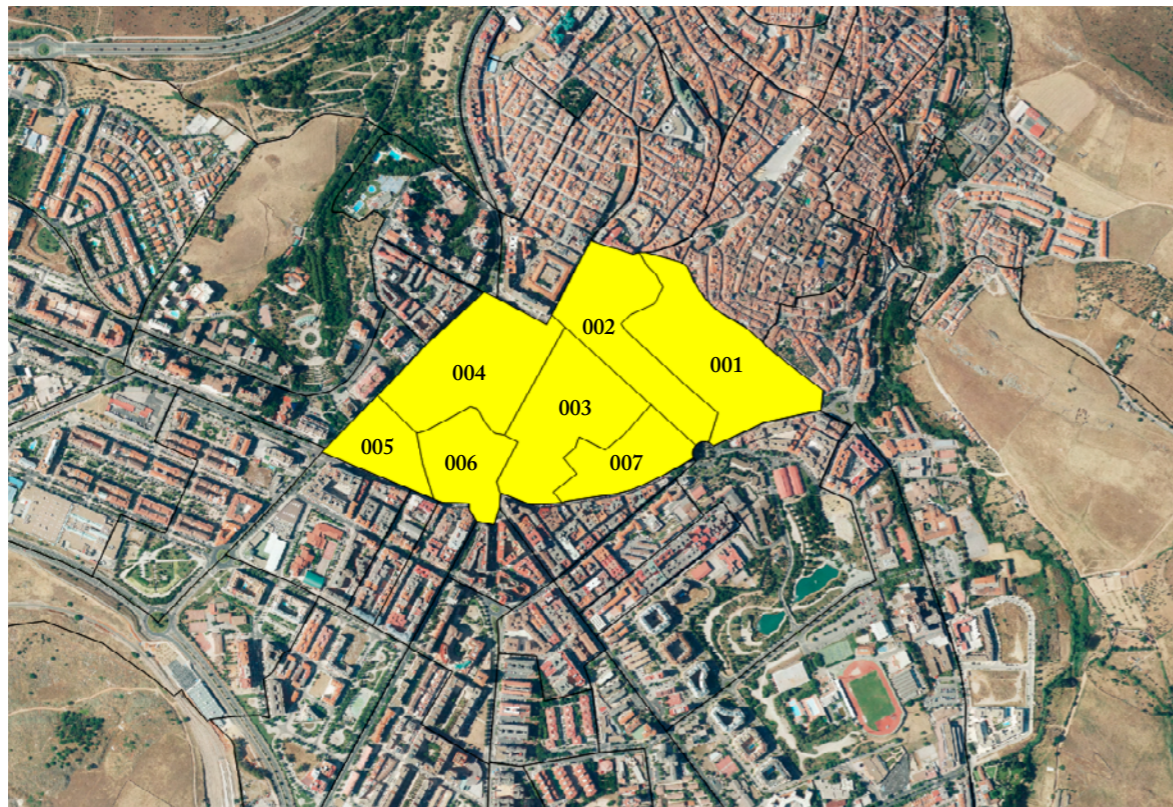


7.2. Creación de una capa vectorial con topología.

Como ha visto en el apartado anterior, no siempre va a disponer de los datos que necesita para poder realizar su trabajo, otras veces deberá generarlos para que se adapten a sus necesidades.

En este ejercicio, va a generar una capa vectorial al igual que hizo en el caso anterior. La diferencia, será la necesidad de introducir la topología en los elementos a digitalizar.

Va a generar una capa shp de tipo polígono que corresponderá a las secciones 001, 002, 003, 004, 005, 006 y 007 del distrito 03 de Cáceres.



Fíjese en las imágenes anteriores para orientarse y establecer los límites de las diferentes secciones.

Lo primero que deberá hacer, será generar un nuevo trabajo, tal y como ha hecho en ejercicios anteriores y establezca como sistema de referencia ETRS89 UTM Huso 29.

Una vez tiene establecido su sistema de referencia, mediante un servicio WMS cargará la ortofoto del PNOA y se situará en la ciudad de Cáceres, para que le resulte más fácil ubicarse, añada la capa vectorial "marco_trabajo.shp".

Como esta capa solo es necesaria para localizar la ciudad de Cáceres, una vez esté situado, desactívela para poder trabajar mejor.

Ahora tiene su canvas preparado para empezar a trabajar en la generación de la nueva capa.

Recuerde, desde el menú **Capa** → **Crear capa** → **Nueva capa de archivo shape**.

Elegirá una capa de tipo polígono y sistema de referencia el mismo que el del proyecto, ETRS89 UTM Huso 30.

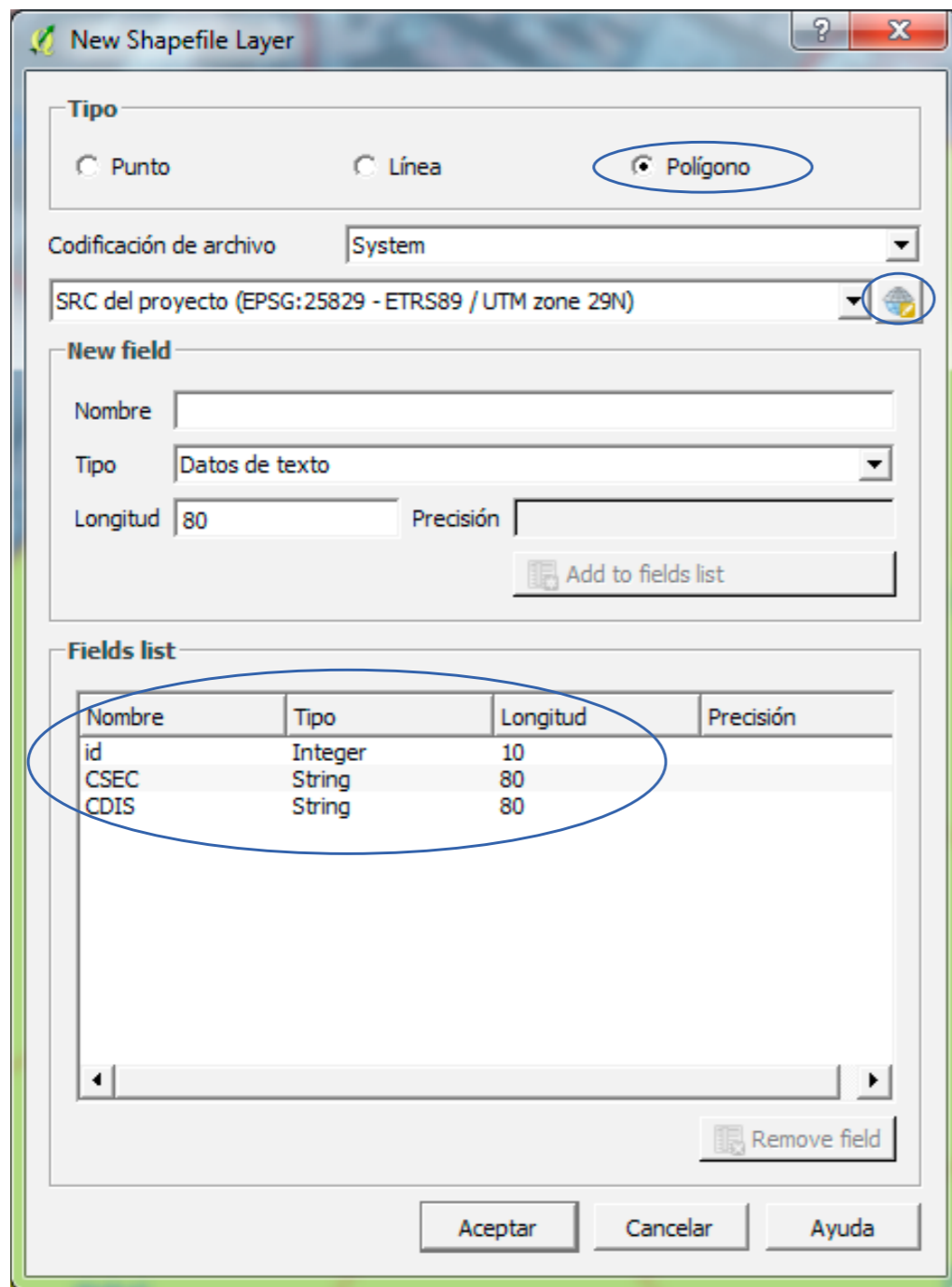
Junto al campo "id" que aparece por defecto, deberá generar dos campos más:

- CSEC de tipo texto y longitud 80.
- CDIS de tipo texto y longitud 80.

El primer campo nuevo (CSEC) contendrá el código de Sección de cada polígono (001, 002, 003, 004, 005, 006 ó 007).

El último campo (CDIS) almacenará el código del Distrito, en su caso, será el mismo para todos los polígonos, el 03.

Recuerde que va a digitalizar solo las secciones del distrito 03 de la ciudad de Cáceres.



Al aceptar deberá indicar la dirección para ubicar la nueva capa, elija la carpeta de la práctica y nómbrala como *secciones_distrito03_CC*.

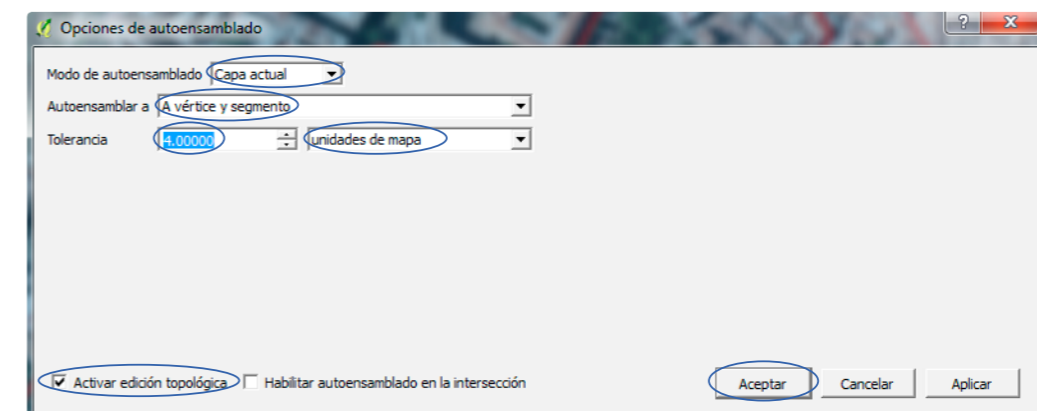
Podrá observar como en el “Panel de capas” se ha añadido la nueva capa creada.

Antes de comenzar a dibujar los polígonos que delimitan las secciones, deberá preparar el programa para que tenga en cuenta la topología de los nuevos polígonos. Al definir correctamente la topología va a minimizar los posibles errores, como la superposición de polígonos o los huecos entre polígonos adyacentes.

Para ello, primero deberá habilitar el autoensamblado. Esto permitirá al cursor del ratón ajustarse a otros objetos mientras digitaliza.


Desde el menú **Configuración** → **Opciones de Autoensamblado**.


Configuré el cuadro de diálogo según la imagen siguiente y acepte.



Compruebe que la barra de herramientas Digitalización avanzada está activa, para ello desde el menú **Ver** → **Barra de herramientas** → **Barra de herramientas digitalización avanzada**.

Ya está configurado para empezar a digitalizar.

Con la capa “secciones_distrito03_CC” activa, cliquee el icono **Conmutar edición** , observará como en el “Panel de capas” la capa ha cambiado de icono, se ha activado un lápiz. Esto le indica que es la capa que actualmente está en edición.

Aumente la imagen hasta que pueda dibujar cómodamente y active el icono **Añadir objeto espacial** . Observará como ha cambiado el icono del cursor. Vaya picando puntos siguiendo las líneas y quiebros de la sección que quiera digitalizar, para finalizar pulse sobre el botón derecho del ratón.

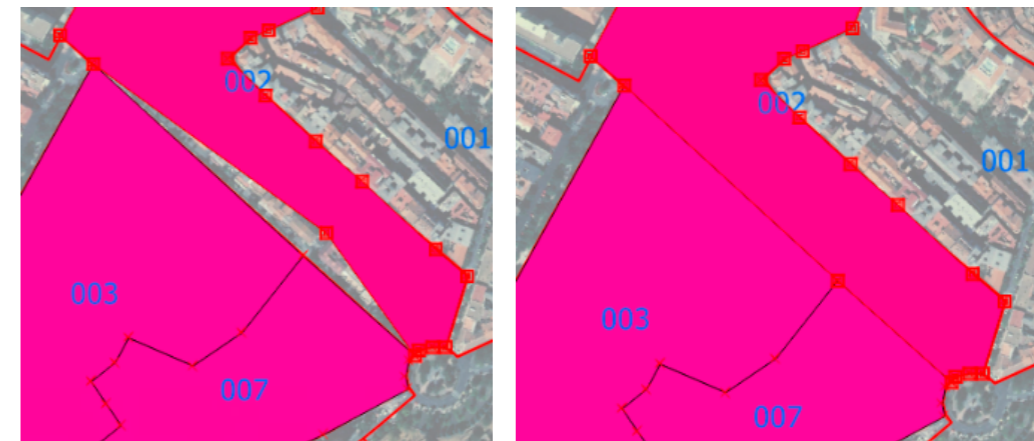
Ahora, deberá rellenar los campos, con un valor de Id (números correlativos) y con el nombre del código de sección y de distrito (recuerde 03).

Para digitalizar la sección adyacente a la dibujada y así evitar que se generen dos líneas en el lado común a ambas, deberá acercar el cursor al vértice común (el vértice pasa a un color rosa) para que el autoensamblado funcione, así tomará el vértice ya digitalizado y no lo duplicará.

Siga digitalizando el resto de secciones perteneciente al distrito, teniendo en cuenta siempre esta premisa en vértices que deban pertenecer a varias secciones.



Dispone de los botones **deshacer/rehacer**  por si lo necesita.



Antes.

Después.

Si ha dejado algún hueco entre dos polígonos adyacentes, podrá solucionarlo mediante la **Herramienta de nodos** .


Pinchando sobre el nodo a modificar, podrá arrastrarlo hasta coincidir con el nodo correspondiente para eliminar el hueco dejado.


7.3. Modificación de una capa vectorial existente.

En esta ocasión modificará la capa “manzanas.shp” que ya está creada y que contiene información.

Para ello, abra un nuevo proyecto y añada la capa “manzanas.shp”, recuerde que su sistema de referencia es el EPSG:23029. También cargue la capa ráster del PNOA para poder digitalizar sobre ella.




Haga clic en el botón **Conmutar edición** .

Dibuje las dos manzanas que no aparecen en la capa, por medio de la herramienta de dibujo vista anteriormente , al terminar

acepte sin rellenar campos. Finalice la edición picando de nuevo el icono **Conmutar edición**.


De esta forma, se guardarán todos los cambios nuevos que usted haya realizado sobre esta capa.

Ahora procederá a rellenar algunos datos de las dos nuevas manzanas que ha digitalizado.

Para ello, conmute edición desde la tabla , desde este momento usted puede variar los datos de su tabla. Haga clic en el campo "ENTIDAD" de sus nuevas manzanas y ponga el texto "MANZANAS".

ENTIDAD	COLOR	ID1	ID2	superficie	perimetro	x	y
33							
34	0	11585	8438	1307.331292	194.390517	731124.614049	4310214.810088
35	0	11586	8439	3411.916393	245.214216	731086.901263	4310088.422340
36	0	11587	8440	796.779427	114.863421	731024.133852	4310200.674227
37	0	10252	7623	60.219277	37.719307	730719.997843	4309803.504997
38	0	12255	9028	3924.793883	267.790339	731055.990485	4310136.384781
39	0	12200	8973	3267.668549	260.207779	730732.681997	4310195.961361
40	0	0	0	2382.149764	234.847648	730694.096919	4310176.031855
41	0	0	0	2317.282082	224.423908	730660.732631	4310162.040379

El resto de campos los dejará sin rellenar. Ahora va a generar dos campos nuevos "SUP2" y "PER2" de tipo Double (Número decimal, real).

Para ello, haga clic en el icono **New Fields** , aparecerá el siguiente menú que deberá rellenar y aceptar.

Realice la misma operación para generar el campo "SUP2".

Estos dos nuevos campos

aparecerán en su tabla de atributos. Sin embargo, no tendrán dato alguno.

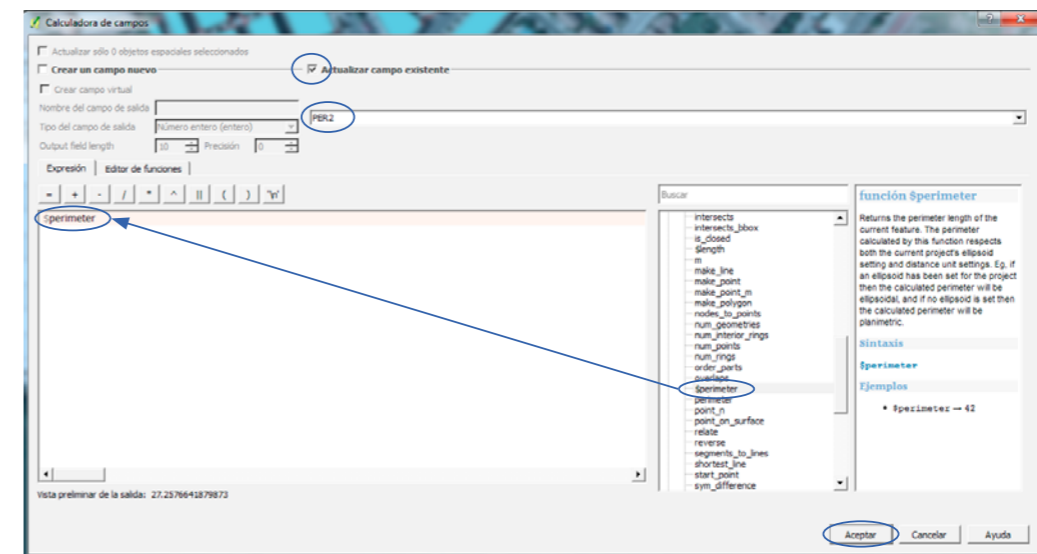
A continuación va a calcular el área, en el campo SUP2, y el perímetro, en el campo PER2, en este caso, utilizará la calculadora de campos.

Haga clic en el icono **Abrir calculadora de campo** .


Active el campo "Actualizar campo existente" y elija el nuevo campo a rellenar, en su caso "PER2". Posteriormente, en el apartado de "Geometría" buscará la orden que calcula el perímetro de las entidades (\$perimeter) y hará clic dos veces, podrá observar que la sentencia ha aparecido en el cuadro "Expresión". Acepte.

Ha calculado el perímetro de los polígonos que conforman la capa "manzanas.shp".

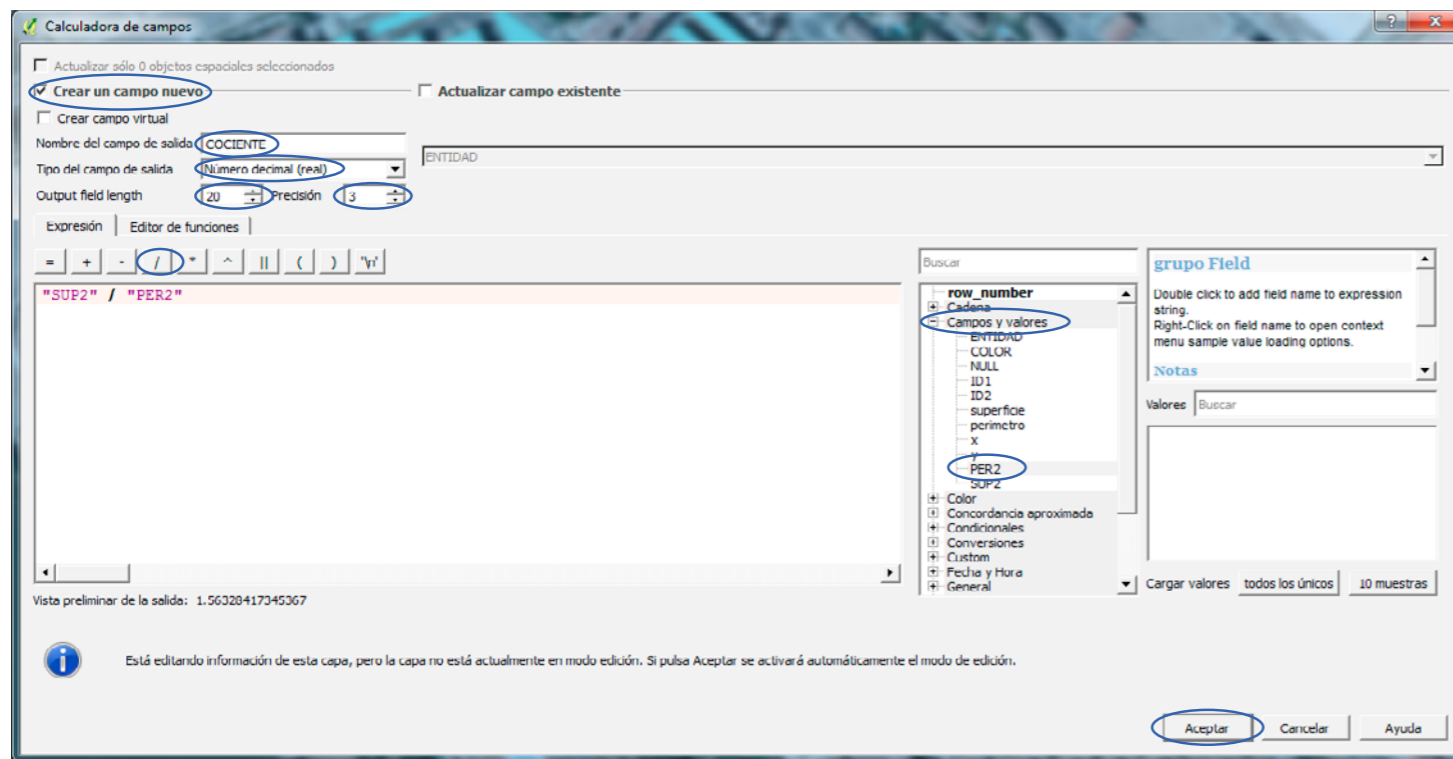
Repita la operación para el cálculo de superficies en el campo "SUP2". Para ello, la sentencia a utilizar será \$area, que se encuentra dentro del menú "Geometría".




Para terminar, va a crear un nuevo campo que represente el cociente entre el área y el perímetro. La generación del nuevo campo a rellenar también la va a llevar a cabo desde la calculadora de campos.


Presione el icono **Abrir calculadora de campos** .

Rellene el cuadro de dialogo que le sale según la imagen siguiente.



Como podrá observar, lo primero que realiza es activar “Crear campo nuevo”, posteriormente dará un nombre al campo y las características del mismo (este paso lo realizó antes desde la propia tabla generando un campo nuevo con el icono **New Field**). Ahora, elija la sentencia que necesita para su cociente. Para ello, en el menú elija “Campos y valores”, presiones dos veces el campo “PER2” aparecerá en el cuadro “Expresión”, seguidamente haga clic dos veces en el icono de cociente , para finalmente terminar picando doblemente en el campo “SUP2”.

Acepte.

Termine la edición (recuerde ) y guarde los cambios. No se olvide “aceptar” cuando la aplicación le pregunte si desea guardar los cambios. De otro modo, se borrará todo el trabajo realizado.



BLOQUE **2**

Prácticas de hidrología con QGIS



Generación de cuencas hidrológicas

Objetivo: una vez que el lector ha conseguido adquirir unos conocimientos básicos y generales sobre el programa QGIS, va a continuar con la realización de casos prácticos aplicados a la hidrología. En esta primera práctica, se enseñará a generar una cuenca hidrológica mediante los datos de altimetría de la zona del embalse de Tanes en Asturias. Para ello, va a necesitar GRASS (software de Sistema de Información Geográfica), que QGIS lo ha implantado dentro de su interface.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

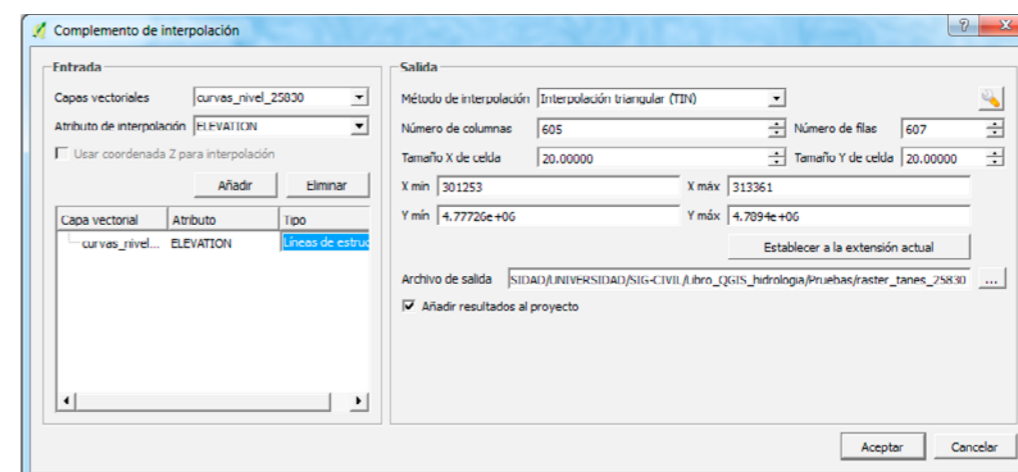
- Capa vectorial “curvas_nivel_25830.shp”.

Desarrollo:

1.1. Paso de archivo vectorial a ráster.

Abra un proyecto nuevo y elija como sistema de referencia el ETRS89 UTM Huso 30; EPSG25830. Añada la capa vectorial “curvas_nivel_25830.shp”. Esta capa representa las curvas de nivel de la zona a estudiar con un equidistancia de 20 m.

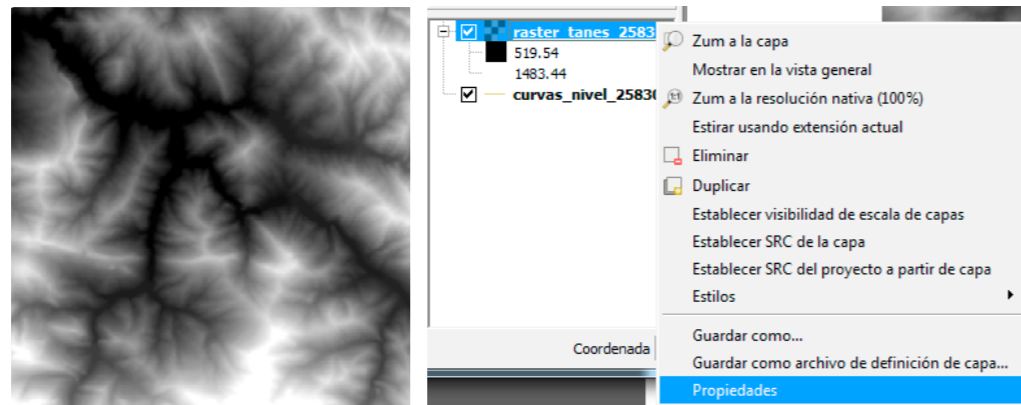
Desde la barra de menús elija **Ráster** → **Interpolación** → **Interpolación**. Se abre el cuadro de diálogo **Complemento de interpolación**.



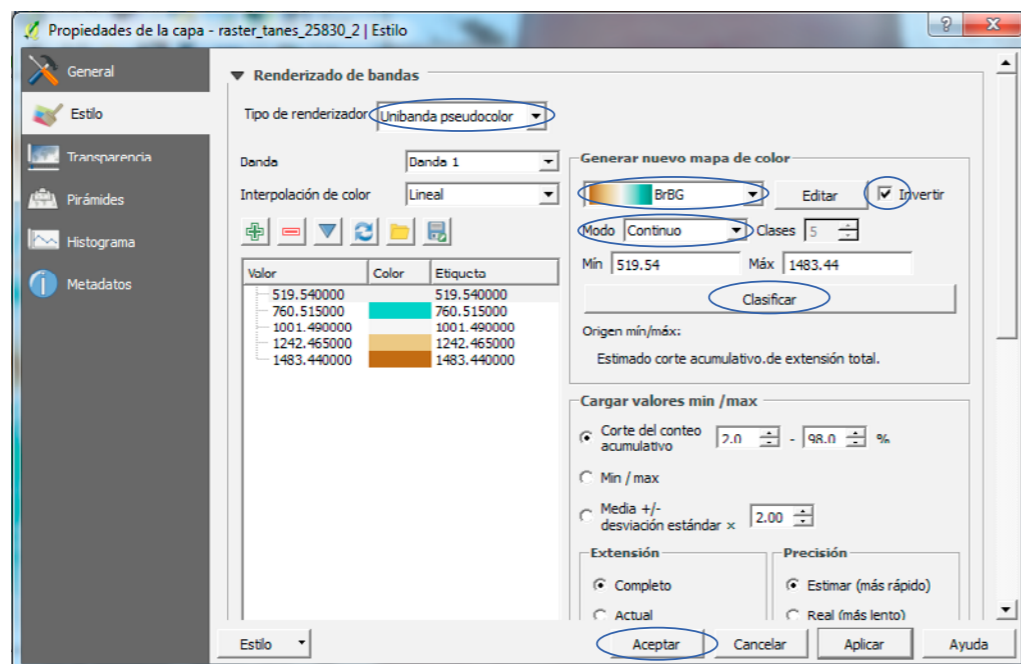
Rellene los datos según aparece en la imagen. Primero deberá elegir la capa vectorial, en su caso “curvas_nivel_25830”. El atributo que contiene el valor de la altitud es el campo “ELEVATION”, selecciónelo y presione “Añadir”. Como el campo ELEVATION es de tipo líneas, deberá seleccionar como “Tipo” Líneas de estructuras.

En el apartado de salida, seleccione como método de interpolación la “Interpolación triangular (TIN)”. Tamaño de celda 20 m tanto en x como en y. Finalmente, seleccione un nombre para su archivo de salida y acepte. Acaba de generar un Modelo Digital de Elevaciones (MDE).

Por defecto, le aparecerá tal cual se encuentra representado en la imagen de la izquierda.



Esta gama de colores puede variarla desde el cuadro de diálogos **Propiedades de la capa**. Recuerde que puede llamarlo haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre la misma.



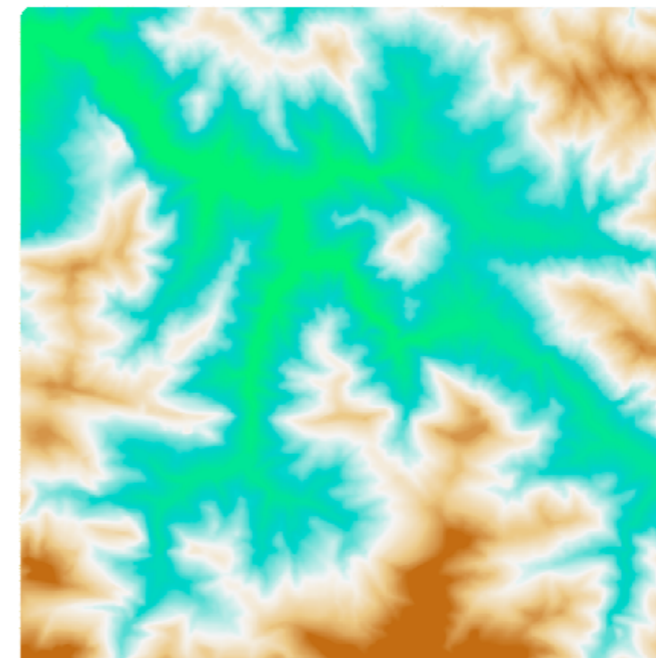
En el cuadro de dialogo, podrá variar la leyenda a su elección.

Empiece cambiando el “Tipo de renderizador”, elija “Unibanda pseudocolor”. Posteriormente, puede cambiar la gama de tonos, el modo de clasificación, clases...

También, puede cambiar los colores haciendo clic directamente sobre el tono de la clasificación.

Finalmente, haga clic en “Clasificar” y acepte.

Según los cambios que haya realizado obtendrá un resultado u otro.



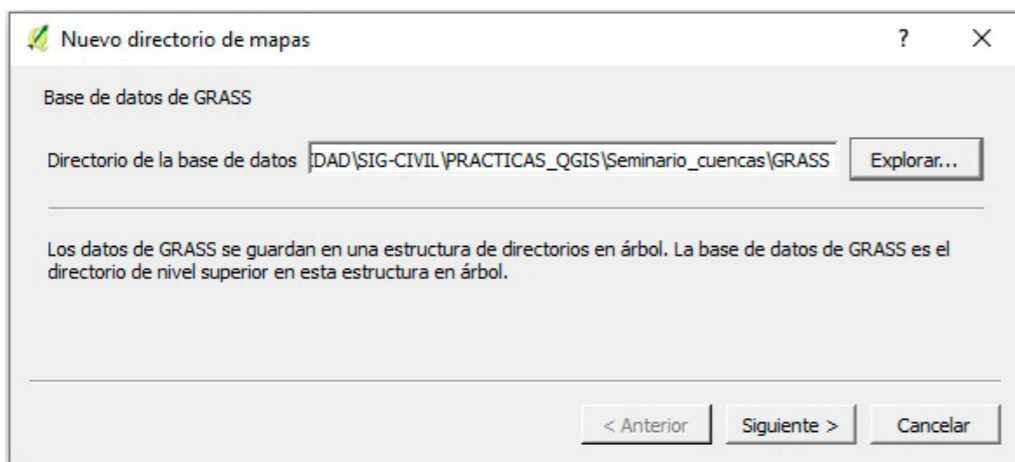
1.2. Creación de directorio de mapas con GRASS.

Lo primero que debe hacer es asegurarse que tiene activo el complemento GRASS, deberá aparecer en el menú **Complementos** → **GRASS**.

Para organizar mejor el trabajo, genere una nueva carpeta llamada “GRASS” en su directorio de prácticas (en este caso es la práctica nº1 del bloque II).

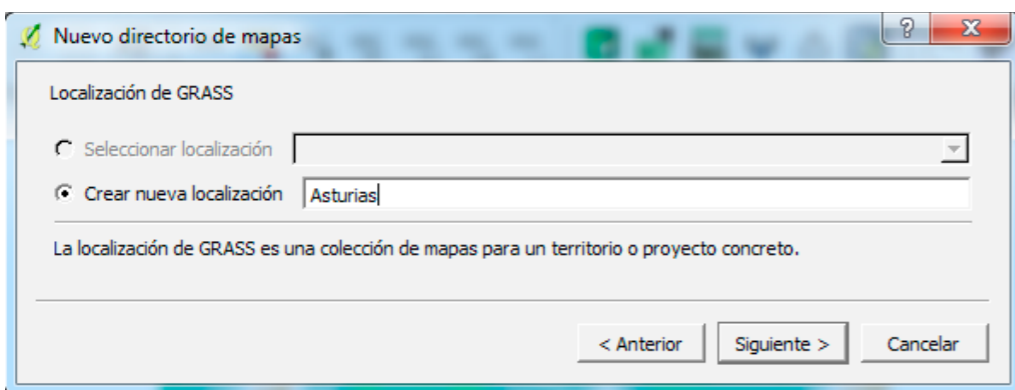
Ahora, va a configurar el nuevo directorio de mapas en GRASS, así creará una base de datos geográfica que contenga todos los mapas que va a generar.

Para ello, desde el menú **Complementos** → **GRASS** → **Nuevo directorio de mapas**.



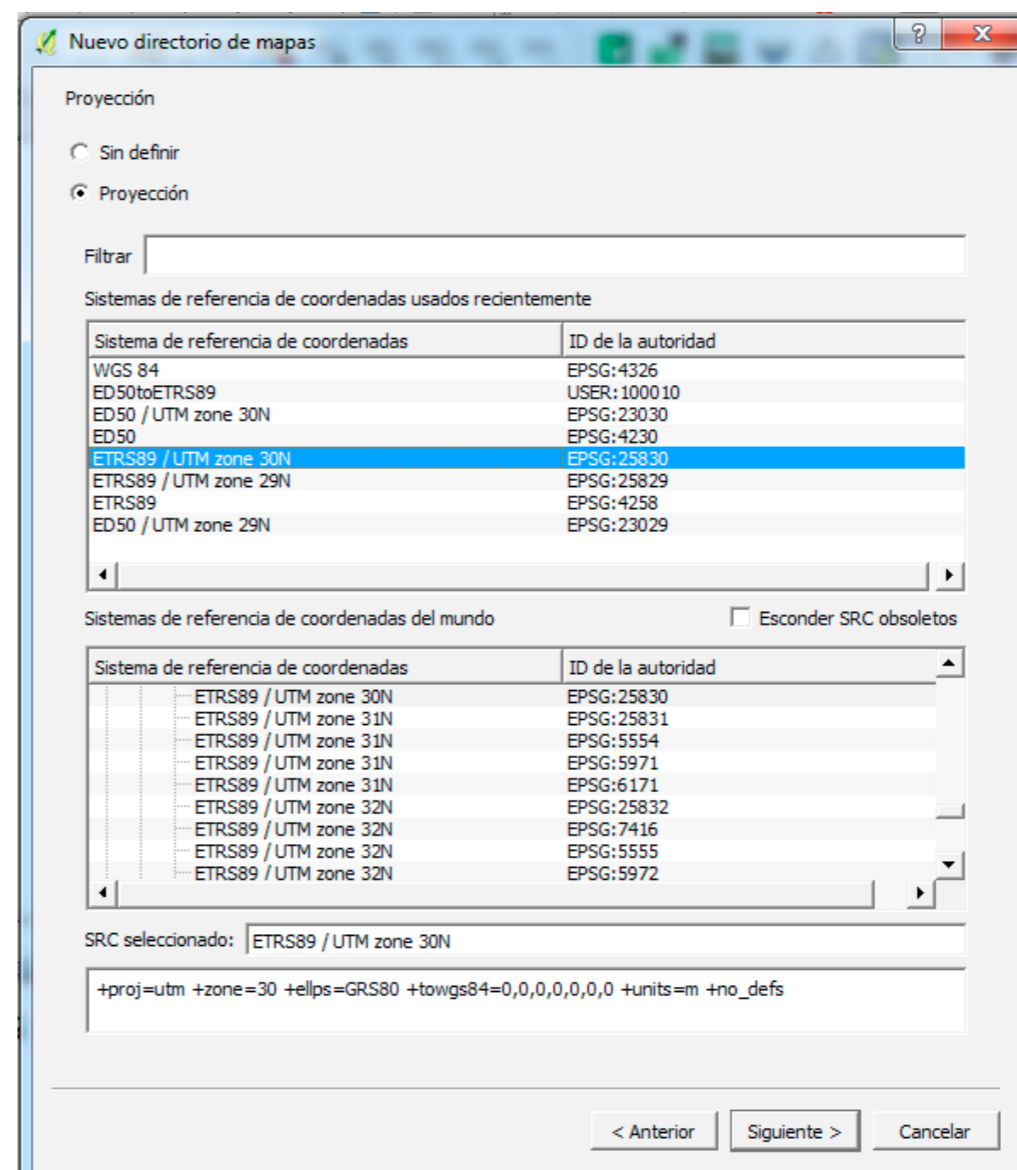
Navigate through the Windows Explorer and locate the folder "GRASS" that you created before.

Click on **Siguiente**.



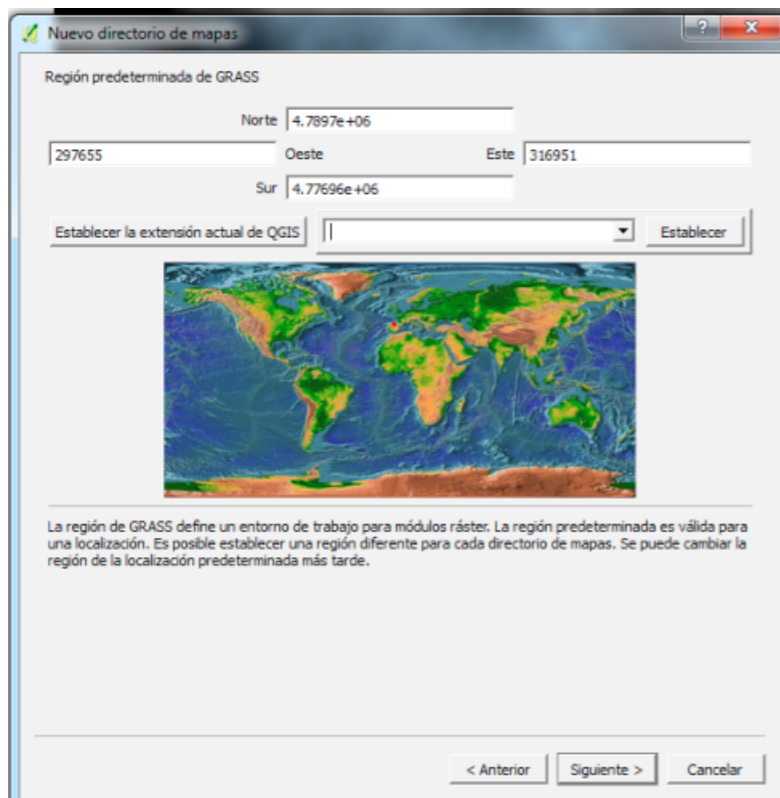
Write a name that identifies the work area, in this case it could be *Asturias*.

Click on **Siguiente**.

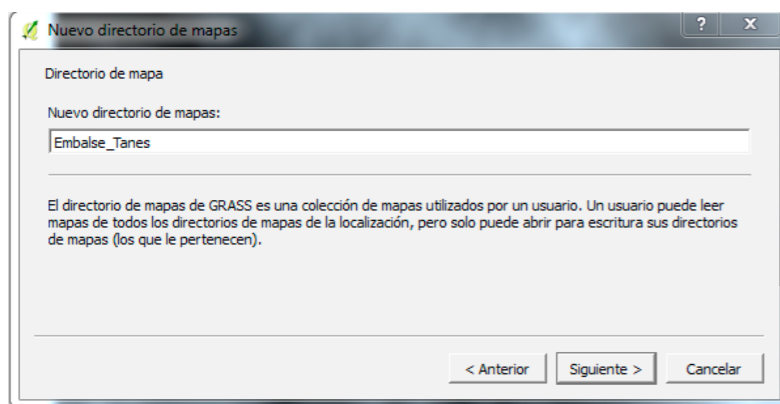


You will also need to indicate the reference system. In this case, it is the same as the one of the layer with the contour lines of the zone (ETRS89 UTM Zone 30). Click on **Siguiente**.

Select the extension "Establecer la extensión actual de QGIS". Then, click on **Siguiente**.

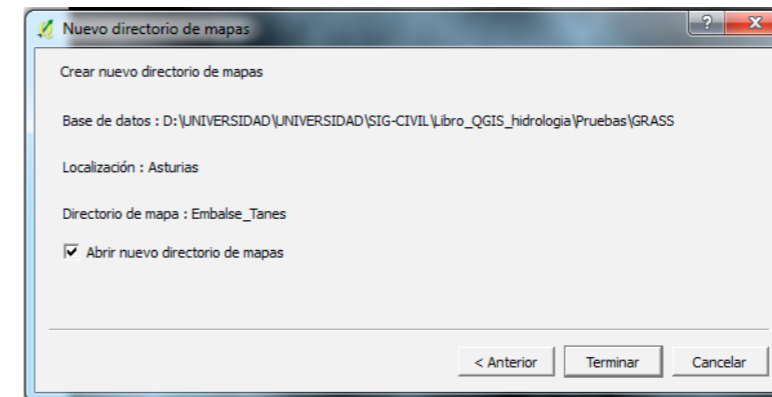


Ponga nombre al nuevo directorio de mapas, por ejemplo, *Embalse_Tanes*. Posteriormente, presione **Siguiete**.



Finalmente, muestra una ventana con un resumen del directorio que ha creado, siendo este el que se establece como directorio actual de trabajo.

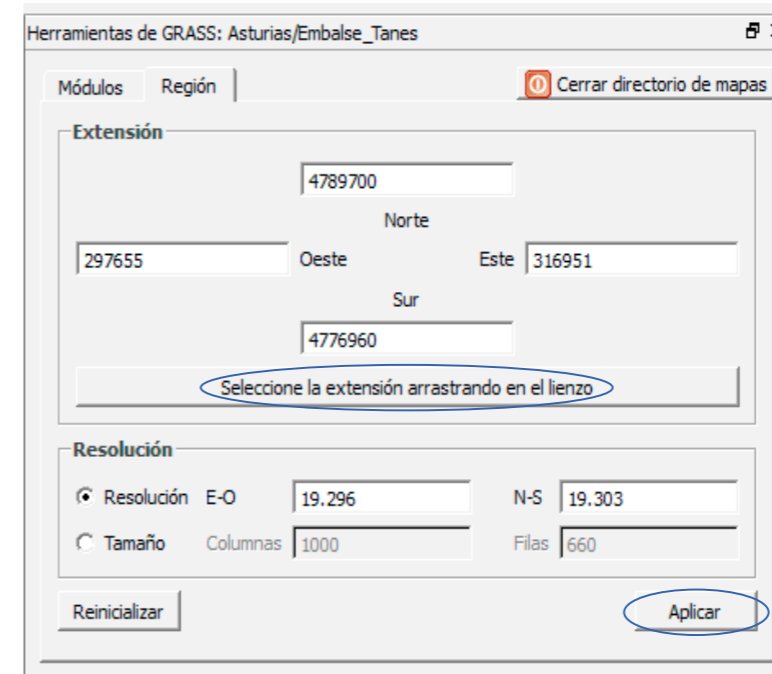
Haga clic en **Terminar**.



1.3. Delimitar la región GRASS de trabajo y generar la cuenca hidrológica.

Podrá observar que ha aparecido un recuadro rojo en su canvas, es la región de GRASS que definió en el paso anterior, al elegir “*Establecer la extensión actual de QGIS*”.

Para abrir la caja de herramientas de GRASS, debe hacerlo mediante el menú **Complementos** → **GRASS** → **Abrir herramienta de GRASS**.



Aparecen dos pestañas, una para seleccionar los módulos que necesite de GRASS y la otra, relativa a la zona de trabajo.

En la pestaña “Región” podrá cambiar la extensión de la misma.

Si quiere reducirla al propio ráster, haga clic en **Seleccione la extensión arrastrando en el lienzo**, seleccione la nueva ventana de trabajo y aplique.

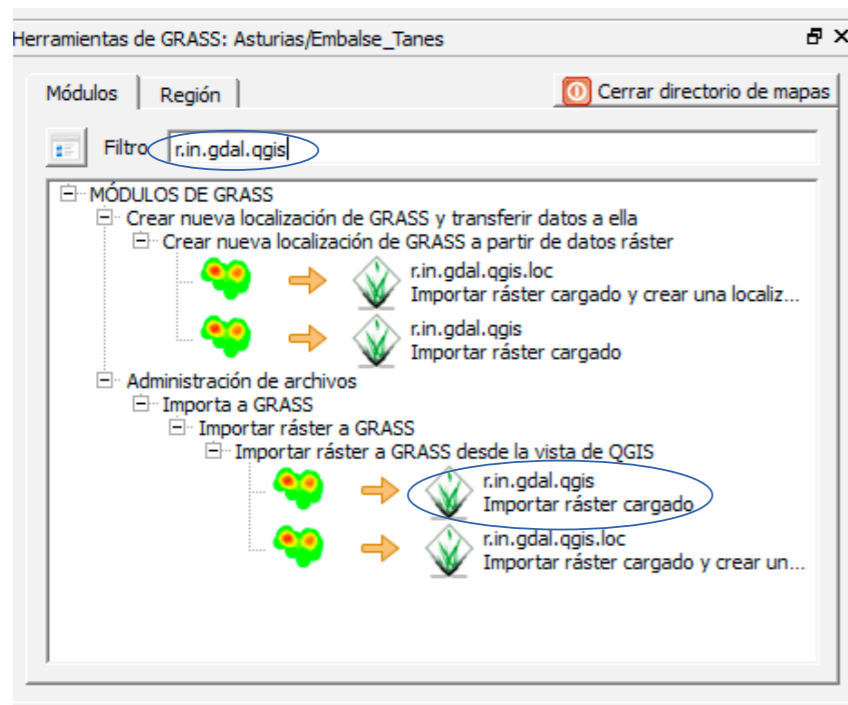
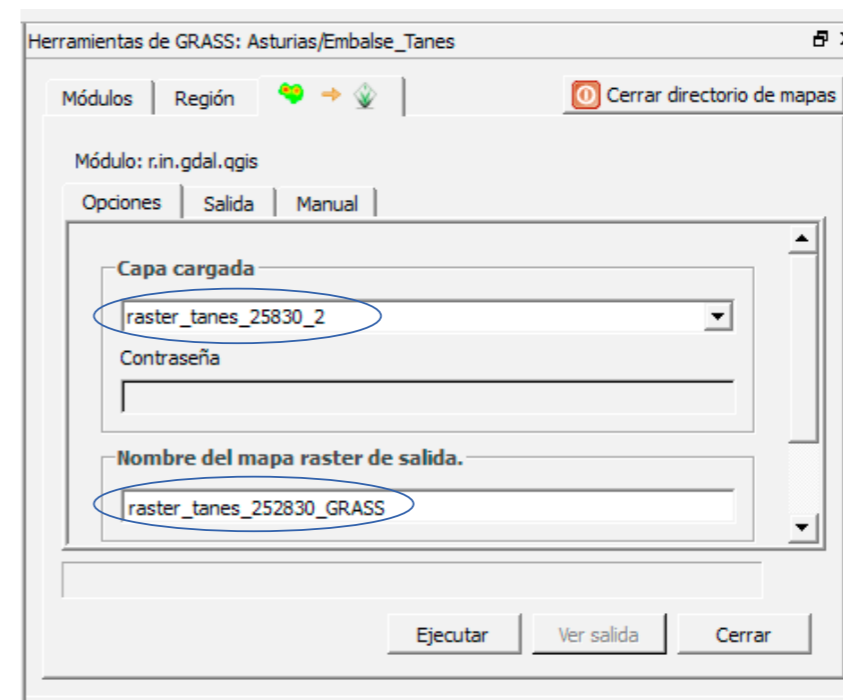
Mediante el icono , podrá visualizar/ocultar la región de GRASS.

A partir de este momento va a empezar a trabajar con GRASS. Recuerde que es un programa independiente que QGIS ha introducido en su interface gráfico para hacer más sencillo su manejo. Por tanto, lo primero que debe hacer es introducir en GRASS su capa ráster, el MDE que ha generado mediante la capa vectorial de curvas de nivel.

Sitúese en la pestaña de “Módulos” de la caja de herramientas de GRASS y teclee en el recuadro de “Filtro” la sentencia **r.in.gdal.qgis**.

Aparecerán todas los módulos que contienen ese nombre, haga clic en el correcto.

En la nueva ventana, deberá seleccionar el ráster que quiere introducir y el nuevo nombre que tendrá dicha capa en el complemento GRASS.

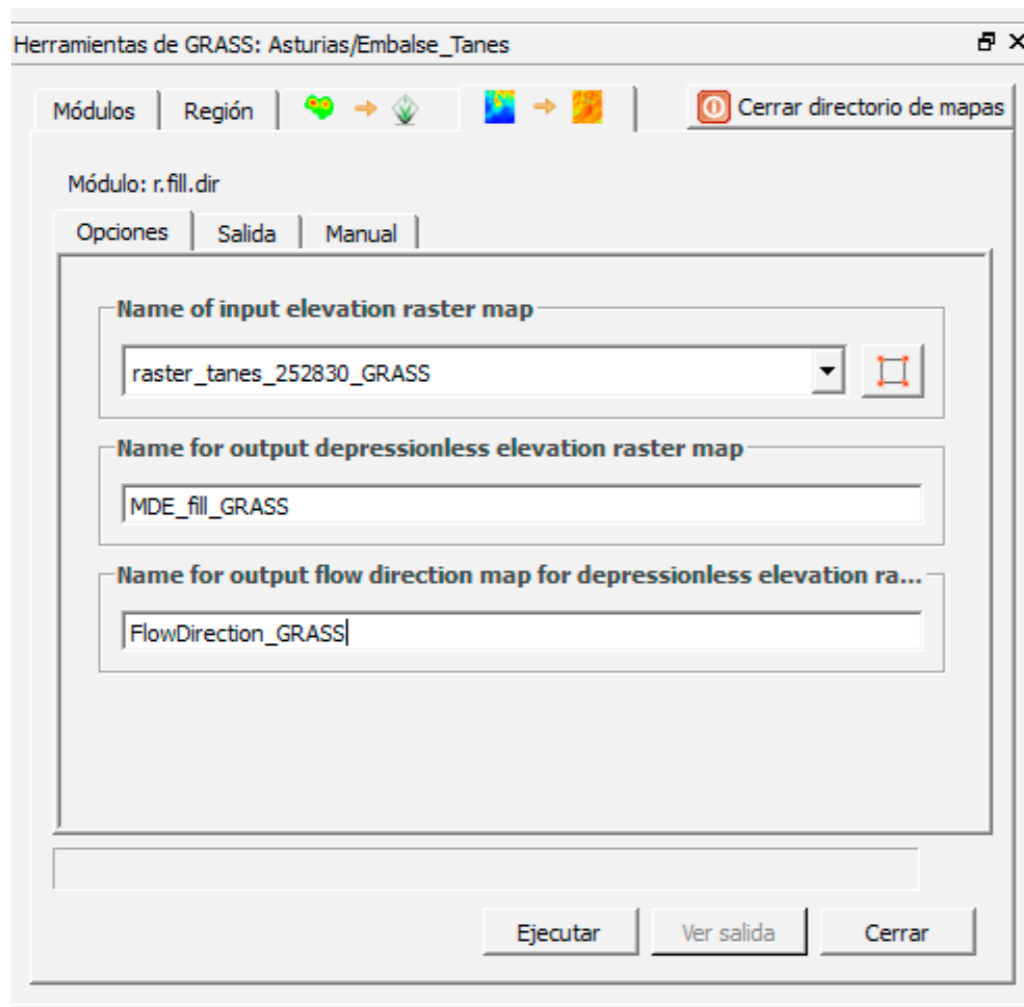


Se propone que a todas que a todas las capas que vaya a ir generando en este complemento añada el sufijo “GRASS” en su denominación, así sabrá perfectamente si la capa con la que quiere trabajar está en QGIS o en GRASS.

Una vez relleno ambos apartados seleccione **Ejecutar**, cuando haya finalizado correctamente se le activará el botón **Ver salida**, haga clic sobre él para que se añada la capa al “Panel de capas” y por tanto al canvas.

Para el cálculo de la cuenca hidrológica se parte del MDE. La fuente principal de errores en su generación es la presencia de depresiones cerradas. Un paso básico es la eliminación de las mismas y la depuración del modelo.

Desde la pestaña de **Módulos**, escriba la sentencia **r.fill.dir** y haga clic en el módulo que aparece **Filtrar y crear mapa de elevaciones sin depresiones...**

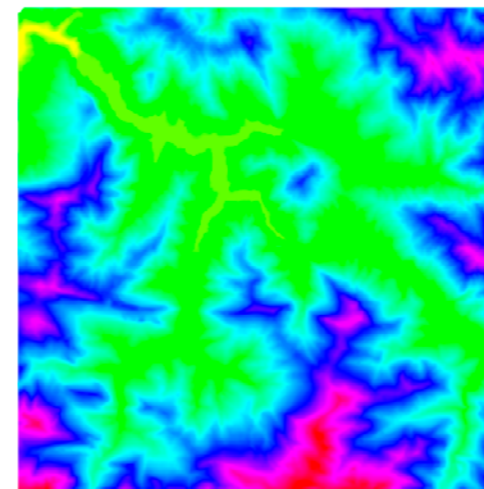


En el primer recuadro deberá seleccionar el ráster que ha introducido en GRASS (MDE base para obtener las cuencas hidrológicas).

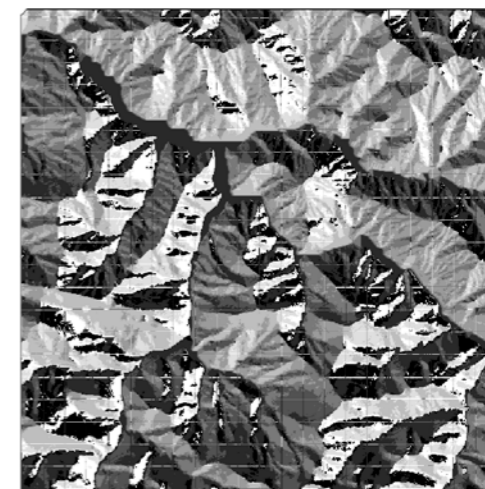
El segundo corresponde al MDE resultado de la depuración y el relleno de las depresiones. Por tanto, elija un nombre apropiado al mismo.

Por último el módulo le va a generar un mapa de dirección de flujo. Del mismo modo que en el caso anterior, elija un nombre descriptivo del proceso que va a implementar.

Finalmente presione **Ejecutar** y una vez finalizado el cálculo **Ver salida**. Le aparecerán en el "Panel de capas" ambos mapas.



MDE ya depurado y sin depresiones.



Modelo Digital con la dirección de flujo en grados.

Por último, solo quedaría la generación de cuencas según un valor umbral. Este valor establece la condición que tienen que cumplir las celdas (valor del pixel) para el inicio del cauce. Cuanto mayor sea este valor umbral, menor será el número de celdas que cumplen la condición, por tanto, habrá menos cauces definidos.

Para dicho cálculo teclee en la pestaña de Módulos, la sentencia **r.watershed** y haga clic en módulo que aparece **Análisis de cuenca**.

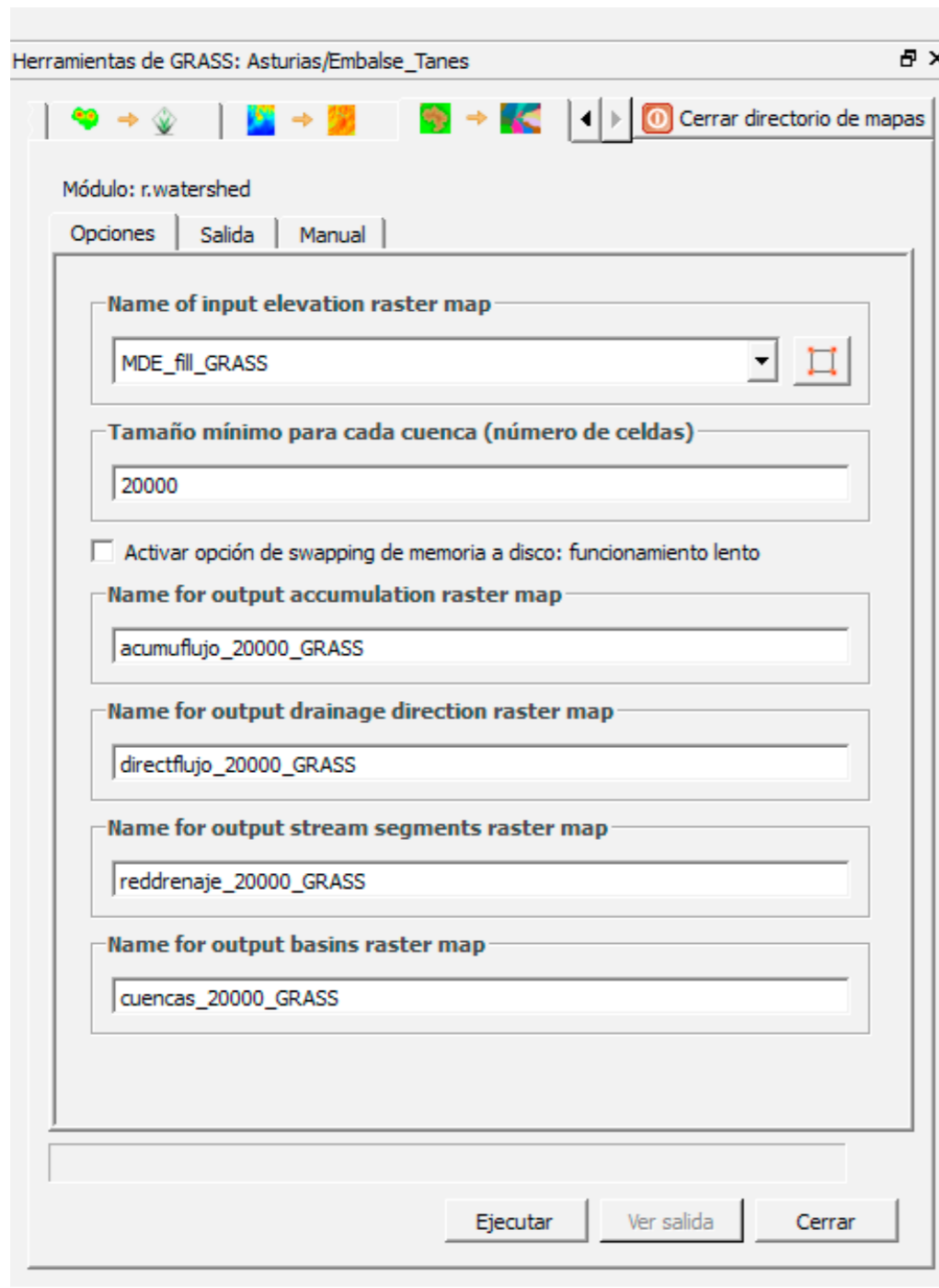
En el primer recuadro deberá seleccionar el ráster que ha introducido en GRASS (MDE depurado base para obtener las cuencas hidrológicas).

El tamaño mínimo para cada cuenca corresponde al valor para iniciar una celda como cauce. Si introduce por ejemplo 20.000, esa celda inicial debe recoger el agua de 20.000 celdas.

En el resto de recuadros, deberá indicar un nombre para cada ráster que genera hasta la obtención del mapa de cuencas final.

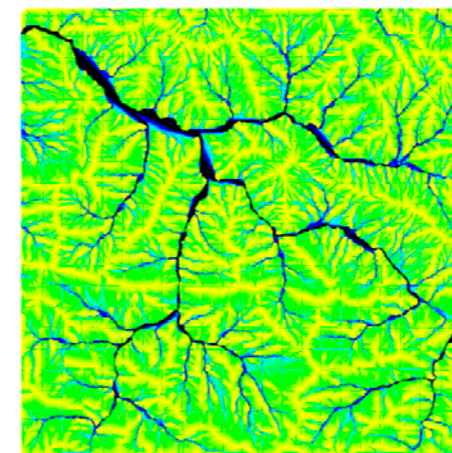
Probablemente, deba ir modificando el número de celdas hasta que encuentre el que mejor le defina sus cuencas hidrológicas. Por tanto, sería aconsejable que el valor tomado estuviera reflejado en el nombre de los diversos mapas. Así sabrá qué ráster corresponde a cada ejemplo calculado.

Una vez haya rellenado todos los apartados, haga clic en **Ejecutar** y después en **Ver salida**, como en los casos anteriores.



Los mapas generados son:

- Acumulación de flujo
- Dirección de flujo
- Red de drenaje
- Cuencas hidrológicas.

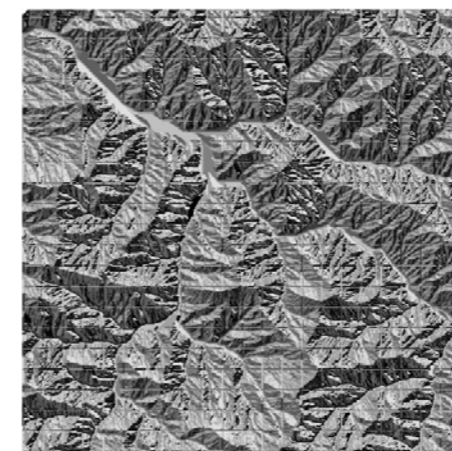


Mapa de acumulación de flujo o valor de superficie situada aguas arriba (n^o de celdas aguas arriba que vierten en esa celda concreta).

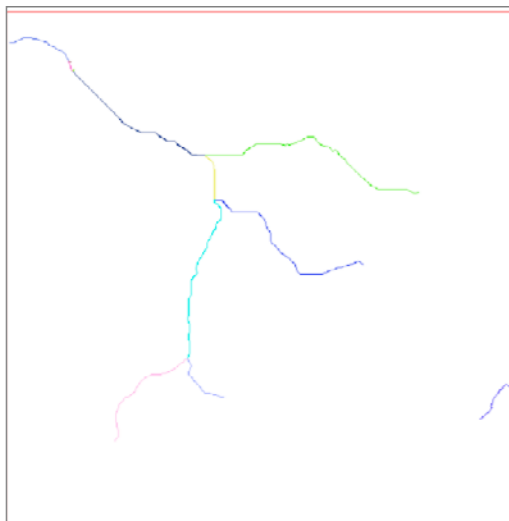
Muestra todas las posibles corrientes según el valor umbral indicado.

De este modo es posible conocer la cantidad de agua que puede recibir una celda determinada. Así, aquellas celdas que tengan mayor acumulación de flujo serán las que formen los cauces de drenaje, permitiendo visualizar de forma más precisa la red de drenaje.

Los colores oscuros identifican los cauces principales.



Mapa de dirección de flujo, indica la dirección hacia donde discurre el agua según las celdas vecinas y el Modelo Digital de Elevaciones (MDE).



Red de drenaje, indica las corrientes principales según el valor umbral establecido.

Define qué celdas forman parte de los cauces principales dando lugar a los flujos encauzados, el resto será flujo de ladera.

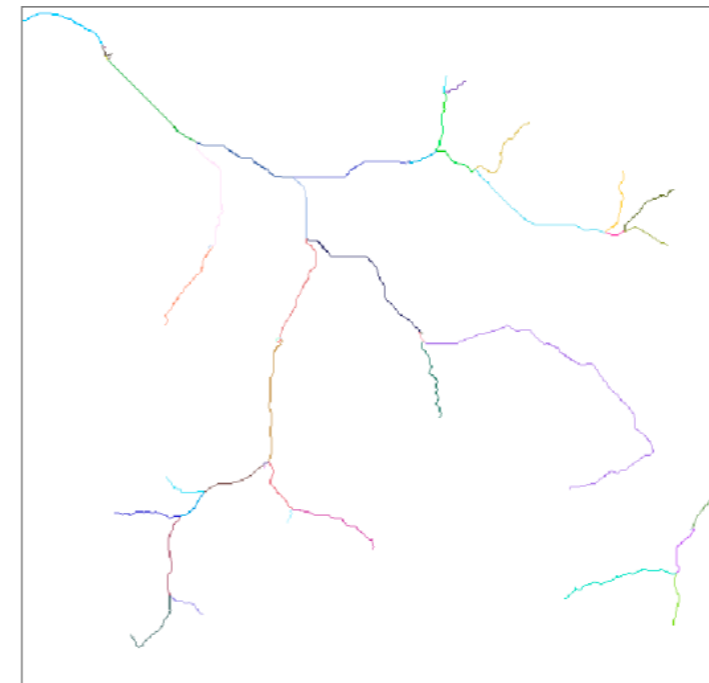


Cuencas hidrológicas, extracción de cuencas y subcuencas asociadas a la red de drenaje.

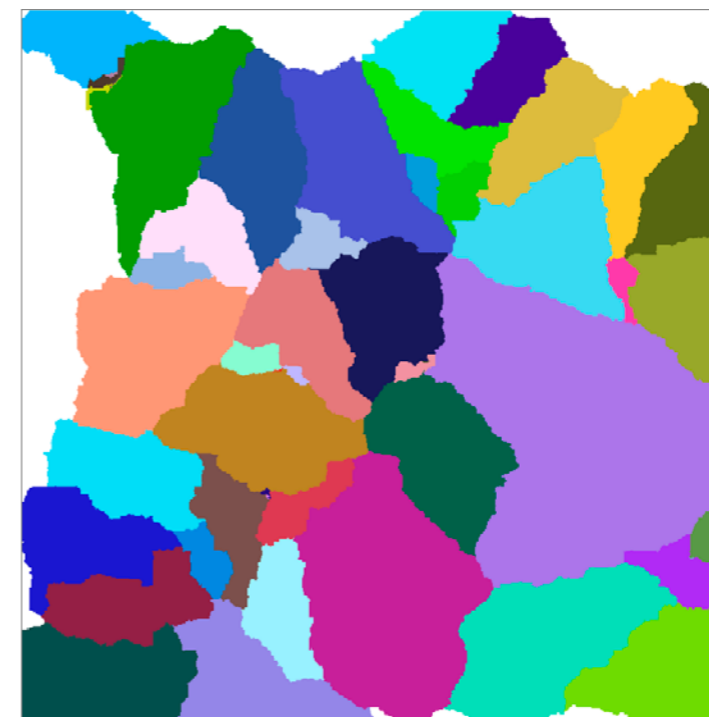
Dada una celda de salida, su cuenca vertiente estará formada por todas las celdas aguas arriba de la misma.

A continuación se presentan los mapas resultantes de ajustar el valor umbral a 5 000. En ellos, se podrá apreciar como la red de drenaje está más definida. Hay mayor número de flujos que cumplen la condición para ser considerados cauces principales.

También se aprecia la existencia de mayor número de cuencas y subcuencas.



Red de drenaje con valor umbral 5.000

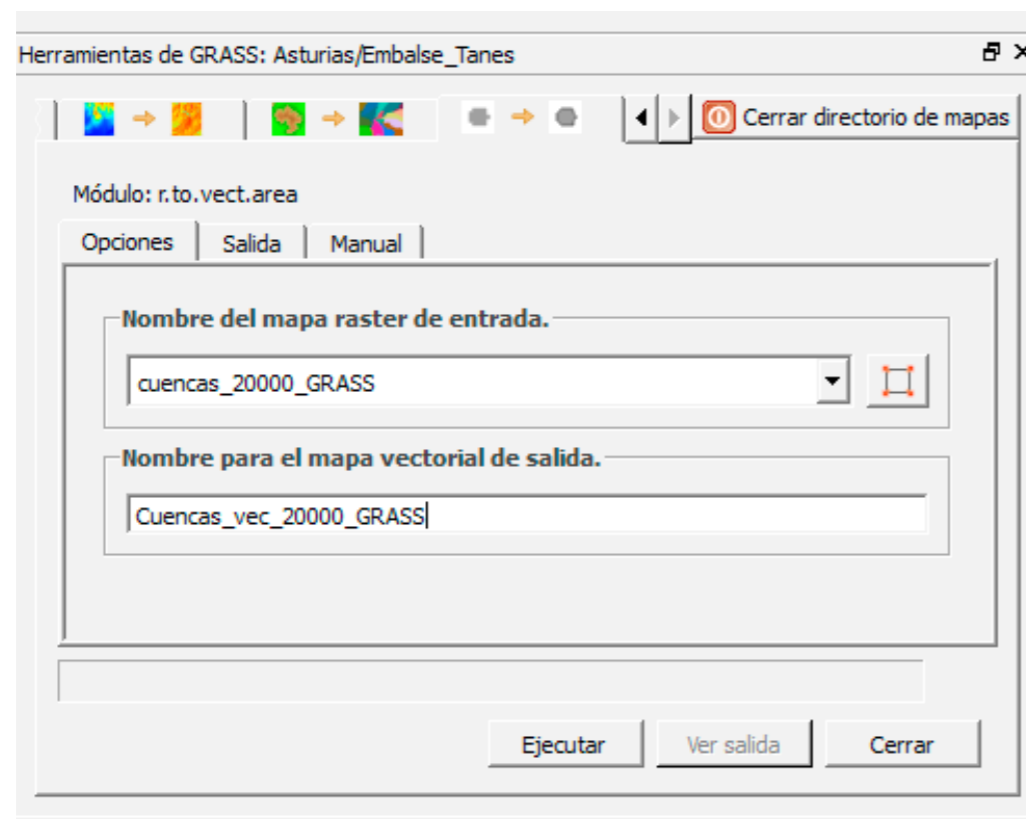


Cuencas y subcuencas con valor umbral 5.000

1.4. Pasar la capa ráster de cuencas hidrológicas a capa vectorial.

Este último paso se hace necesario para así poder calcular los datos geométricos de las cuencas. Para ello, debe tener una capa vectorial de cuencas.

Recuerde que todavía está trabajando sobre GRASS, por tanto, escriba en la pestaña de **Módulos** de la caja de herramienta de GRASS la sentencia **r.to.vect.area** (convertir ráster en áreas vectoriales).

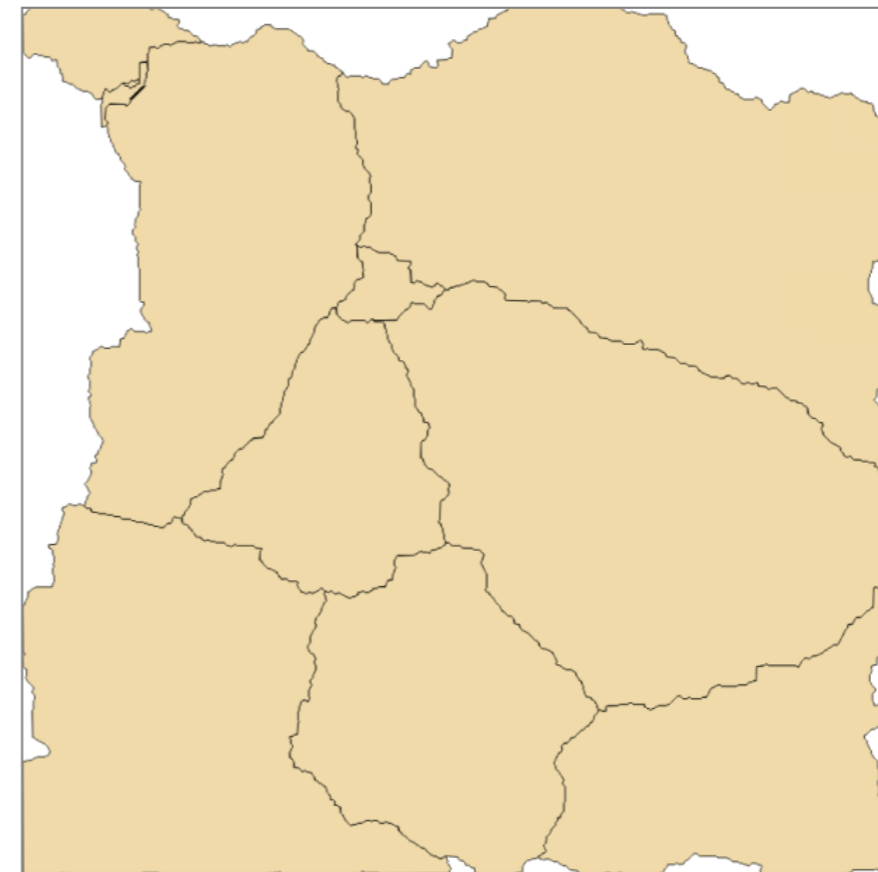


En el cuadro de herramientas que aparece, deberá seleccionar el nombre de su mapa ráster de cuencas, en este caso trabajará con el obtenido sobre el valor umbral de 20.000.

También, deberá dar un nombre a la capa vectorial tipo polígono, que le va a generar con las cuencas y subcuencas.

Presione **Ejecutar** y una vez finalizado correctamente **Ver salida**.

La capa vectorial generada, está formada por un número igual de polígonos que cuencas y subcuencas tenía el ráster.

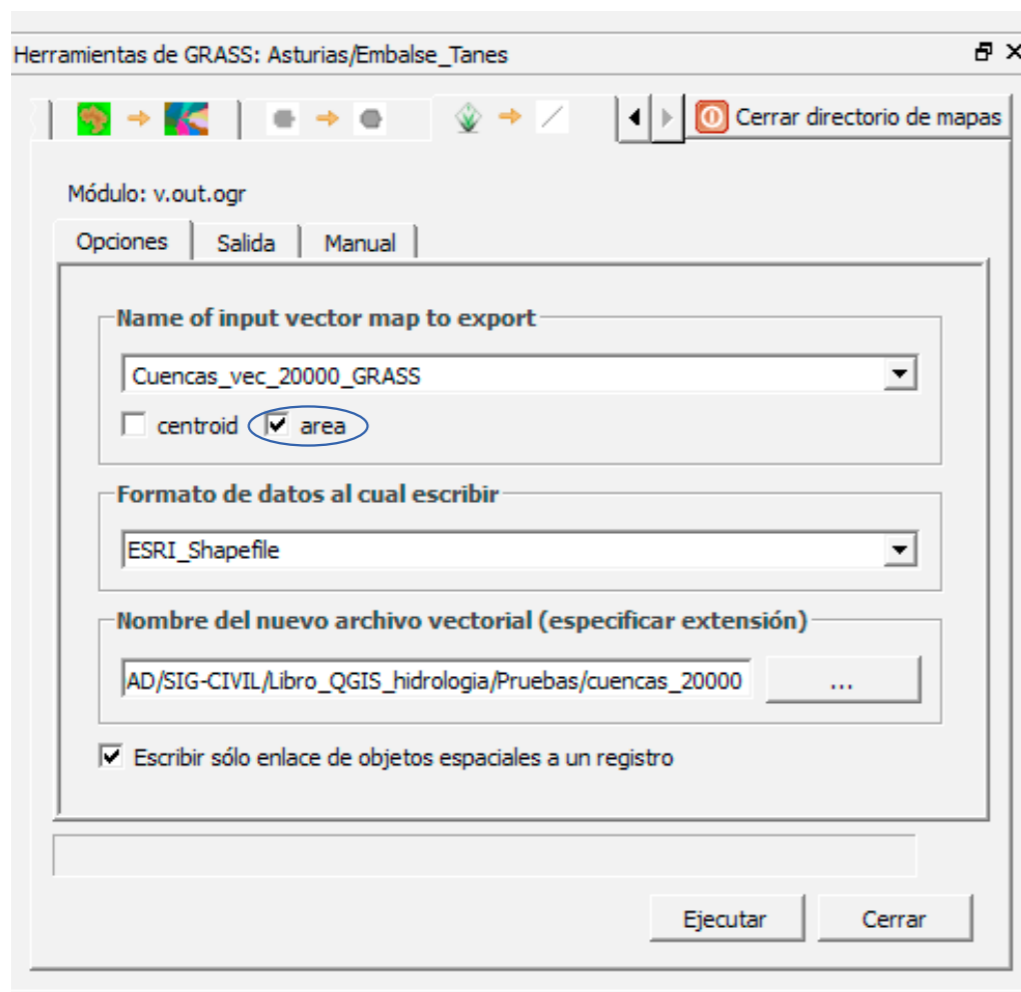


No olvide que esta capa se encuentra en GRASS, ahora deberá exportarla nuevamente a QGIS para así poder calcular el área de cada una de ellas, así como cualquier otro parámetro geométrico que necesite.

La sentencia que deberá escribir en la pestaña de **Módulos** es **v.out.ogr** (Exportar vectorial a varios formatos).

Como en los casos anteriores, deberá elegir la capa que va a exportar a QGIS, es su caso, corresponderá a la capa vectorizada que contiene las cuencas.

Seleccione solo área.




El formato de archivo será Esri_Shapefile (*.shp) y explore por su directorio de trabajo para ubicar la nueva capa vectorial con el nombre que decida, por ejemplo, "cuencas_20000.shp".

Observe como ya se prescinde el sufijo _GRASS al estar fuera del complemento de GRASS.

Finalmente, presione Ejecutar.

Ahora, deberá añadir dicha capa a su "Panel de capas". Si explora su directorio de trabajo, podrá observar como GRASS le ha generado una carpeta con el nombre que ha indicado como capa vectorial, en su caso

"cuencas_20000". Si abre la carpeta encontrará la capa vectorial que buscaba. Por defecto, le ha puesto el nombre "default.shp"

Añádala a QGIS, bien arrastrándola dentro del canvas de trabajo o con el icono , tal y como ya ha hecho en varias ocasiones en las prácticas del Bloque I.

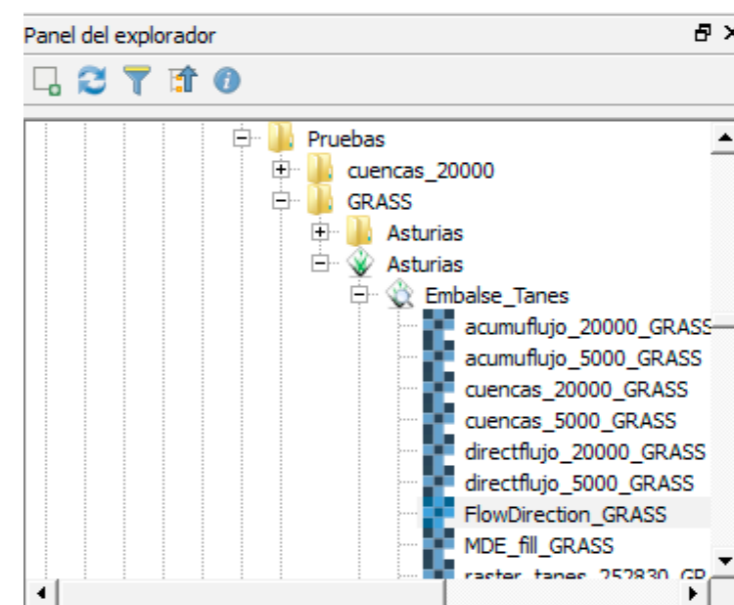
Para finalizar, solo quedaría el cálculo de áreas y perímetros de las cuencas hidrológicas. Este paso ya lo ha realizado en la práctica n^o7 (apartado 7.2) del Bloque I.

Como apunte importante, indicar que todos los mapas ráster y vectoriales que ha generado dentro de GRASS los va a poder manejar (añadir, eliminar...) desde el "Panel del explorador" en QGIS, no desde el Explorador de Windows.

Desde este panel, navegue por su directorio de prácticas, y dentro del directorio de mapas que generó en GRASS.

Allí, aparecerán todos los mapas que ha generado dentro del mismo.

Para añadirlo al "Panel de capas" de QGIS solo deberá arrastrarlo o hacer doble clic sobre él.



Obtención de la orden de corrientes (Horton y Strahler) de una red de drenaje


Objetivo: una parte importante en el cálculo de la cuenca hidrológica es la obtención de la red de drenaje y el conocer el orden de las corrientes. Para ello, desde SAGA se va a proceder a obtener la jerarquización de la red siguiendo el método establecido por Horton y Strahler.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa ráster "raster_tanes_25830.asc".

Desarrollo:

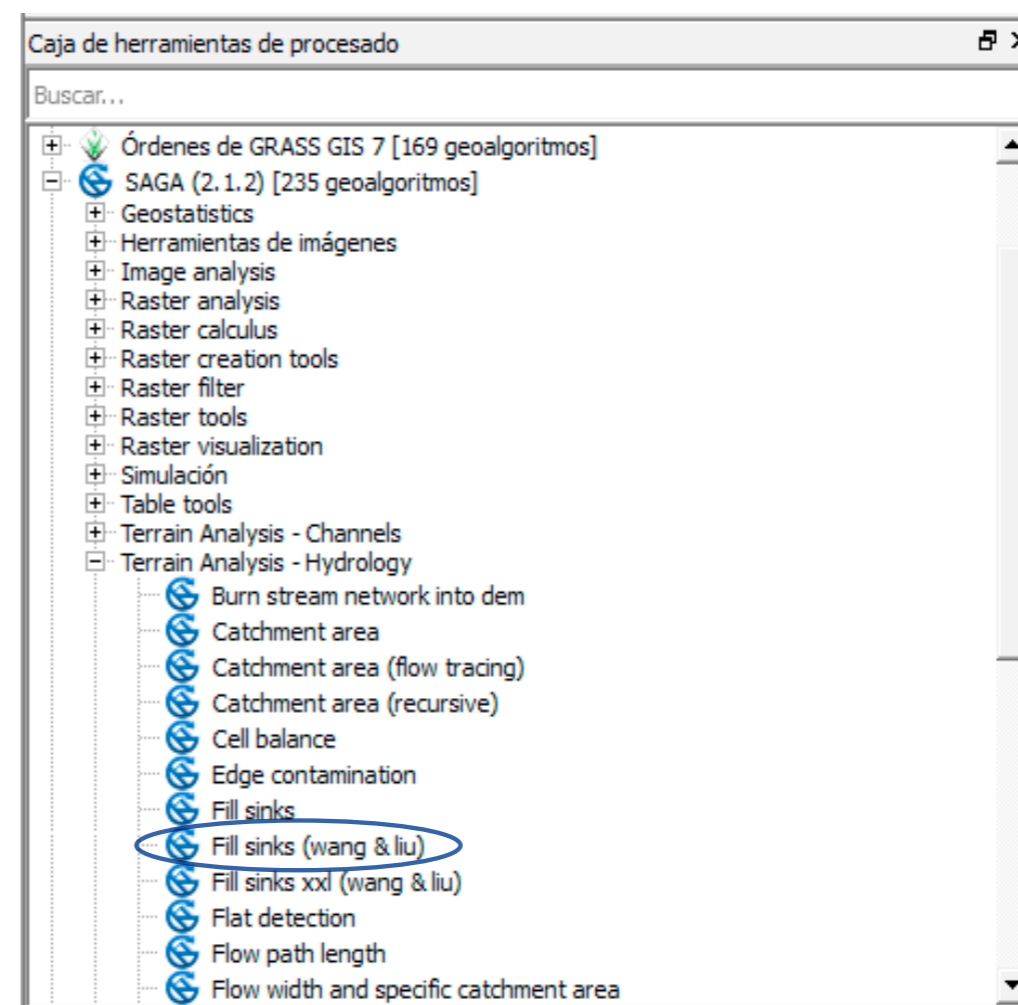
2.1. Obtención de órdenes de Jerarquía de corrientes.

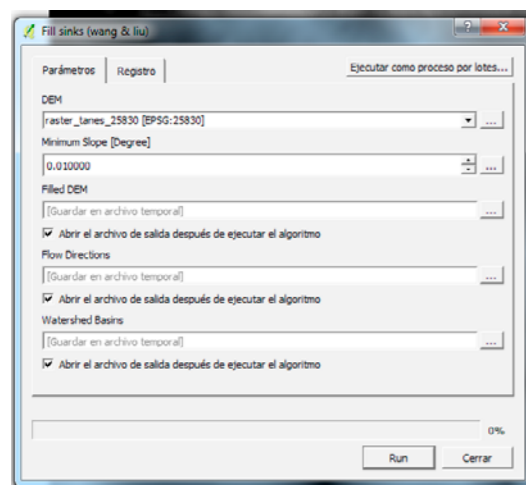
Abra un proyecto nuevo y elija como sistema de referencia el ETRS89 UTM Huso 30; EPSG25830. Añada la capa ráster "raster_tanes_25830", mediante el icono **Añadir capa raster**  o arrastrando el archivo con extensión asc al canvas de QGIS.

Como se vio en la práctica anterior, este modelo presenta depresiones que deben ser eliminadas, es decir, debe sufrir un proceso de depuración.

Este debe realizarse desde SAGA.

Para ello, desde la **Caja de herramientas de procesado** haga clic en **SAGA** → **Terrain Analysis-Hydrology** → **Fill sinks (wang & liu)**.

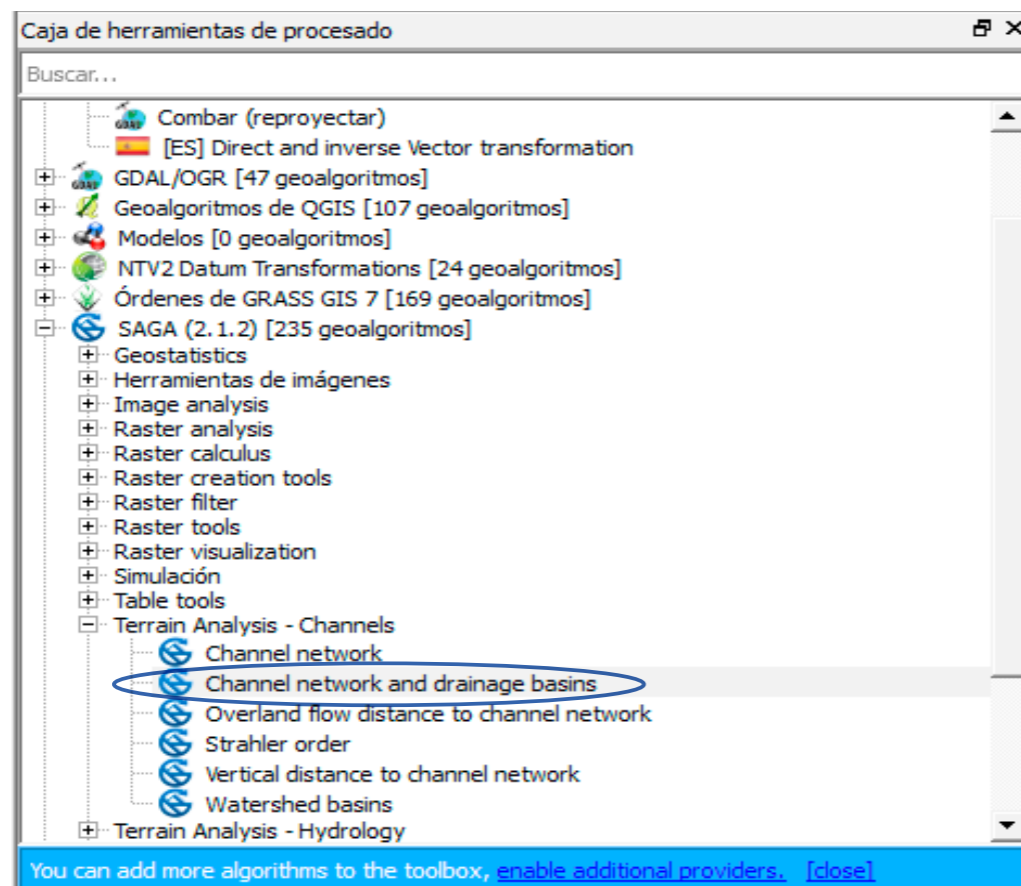




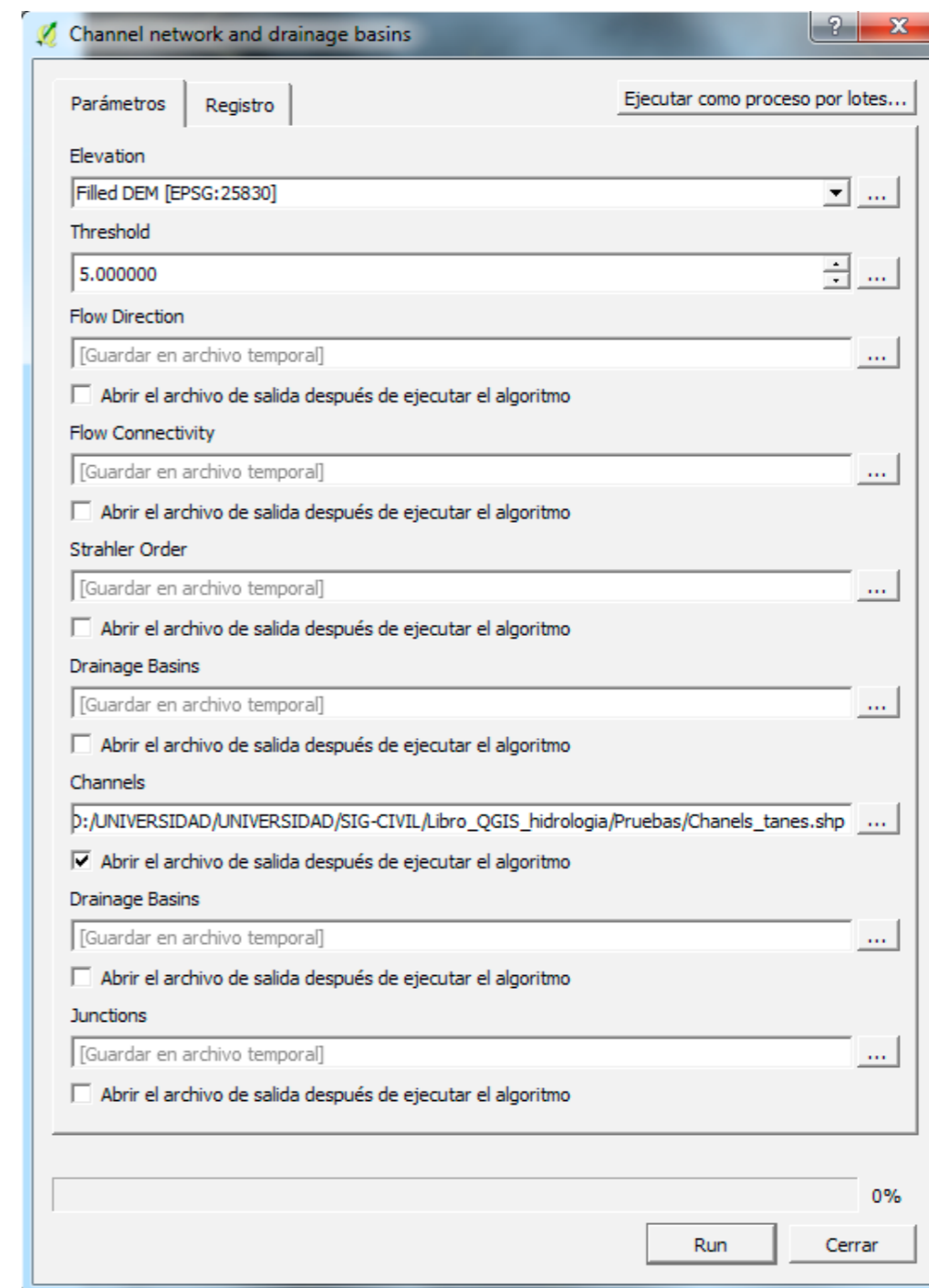
En el recuadro “DEM” elija el MDE que hay que depurar, en este caso “raster_tanes_25830”, el resto de datos déjelos como viene por defecto. Haga clic en **Run**.

Junto al MDE depurado, se han generado dos mapas más, uno con las cuencas hidrológicas y otro con la dirección de flujo. Ambos son archivos

temporales, no se han guardado en carpeta alguna. Si no desea generarlo, es suficiente con desmarcarlos en el cuadro de diálogo que relleno antes.



El siguiente paso será la obtención del orden de la red. Desde **SAGA** → **Terrain Analysis - Channels** → **Chane network and drainage basins**.



Seleccione como modelo el que se ha generado en el paso anterior, es decir, el *Filled DEM* (MDE depurado). Como valor umbral deje el que viene por defecto, solo va a afectar a la generación de cuencas y en este caso no se necesita su cálculo.

De todos los archivos temporales que se pueden generar, solo deje activo el correspondiente a Channels y elija una ubicación y nombre para él. Este es el que va a generar el vectorial con la jerarquización de la red.

Una vez configurado el cuadro de cálculo, haga clic en **Run**.

Si abre los atributos de la capa vectorial generada, observará un campo llamado "ORDER", este será el que contenga los valores de orden de la red.

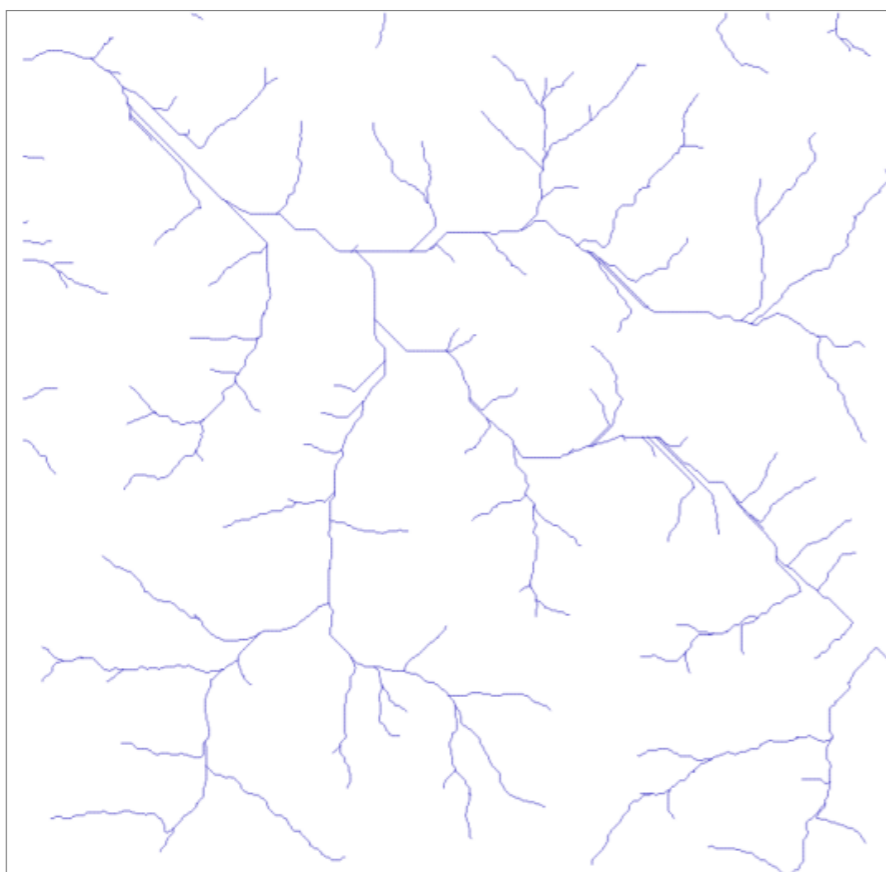


Tabla de atributos - Channels :: Objetos totales: 233, filtrados: 233, selecciona...

	NODE_B	BASIN	ORDER	ORDER_CELL	LENGTH
0	14	1	1	5	1401.6652224000
1	24	8	1	5	2632.2034611000
2	7	8	1	5	394.5584412300
3	11	1	1	5	2561.0764774000
4	11	1	1	5	1093.9696962000
5	12	8	1	5	677.9898987300
6	24	8	2	6	1085.6854249000
7	7	8	1	5	2027.1067812000
8	16	1	1	5	421.4213562400

Mostrar todos los objetos espaciales

Análisis morfométrico de una cuenca

Objetivo: una vez que se ha estudiado el método para la obtención de las cuencas hidrográficas en la Práctica nº1 del Bloque II y el cálculo del orden de la red en la Práctica nº2 del mismo Bloque, el objetivo es explicar los procedimientos para el análisis morfométrico de una cuenca aislada. La zona seleccionada para el estudio es un trozo de la cuenca del río Bodion, que se encuentra en la provincia de Badajoz. Para ello, se partirá del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de la cuenca, la delimitación de la misma y la jerarquización de la red.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa ráster con el MDE de la cuenca "mde_bodion_25829.tif".
- Capa vectorial de la cuenca "cuenca_bodion_25829.shp"
- Capa vectorial con la jerarquización de los cursos de agua "orden_bodion_25829.shp"

Desarrollo:

3.1. Cálculos de parámetros de forma.

Abra un proyecto nuevo con sistema de referencia EPSG 25829; ETRS89, Huso 29, tal y como ya ha realizado en prácticas anteriores.

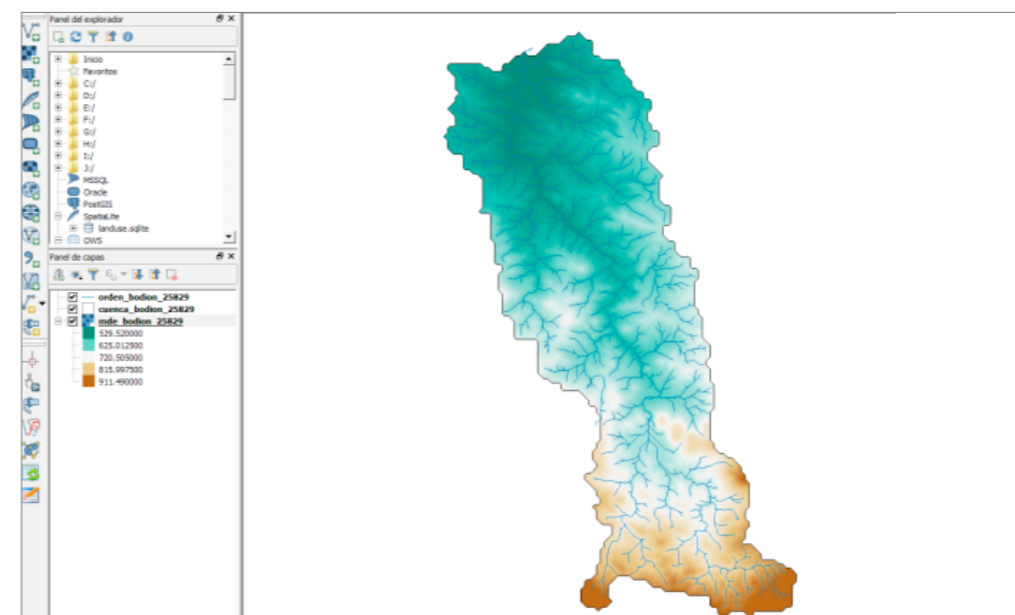
Añada las dos capas vectoriales y la capa ráster de la práctica.

Sitúe las capas, de tal forma que pueda ver el contenido de las tres, como se muestra en la imagen siguiente.

En este caso, se ha eliminado el relleno de la capa vectorial "cuenca_bodion_25829.shp", para poder ver el ráster de elevación.

También se ha cambiado el color del orden de la red a un tono azul.

Respecto al MDE, en **Propiedades** se ha cambiado la leyenda a unibanda pseudocolor, invirtiendo la graduación de tonos.



Ahora procederá al cálculo de los diferentes parámetros: área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce principal, factor de forma y/o coeficiente de forma, coeficiente de compacidad o índice de Gravelious, relación de elongación y relación de circularidad.

Todos los valores que se van a ir hallando, se situaran en una hoja de cálculo (tipo Excel). Así, muchos cálculos serán automatizados.

A) PARAMETROS DE FORMA (Datos en Km)			
Área de una cuenca(A):	m ²		0 km2
Perímetro de la cuenca (P):	m		0 km
Longitud de la cuenca (L):	m		0 km
Longitud del Cauce Principal	m		0 km
Longitud Total de Cauces L _t	m		0 km
Ancho de cuenca (w):	m		0.00 km

$$w = \frac{A}{L}$$

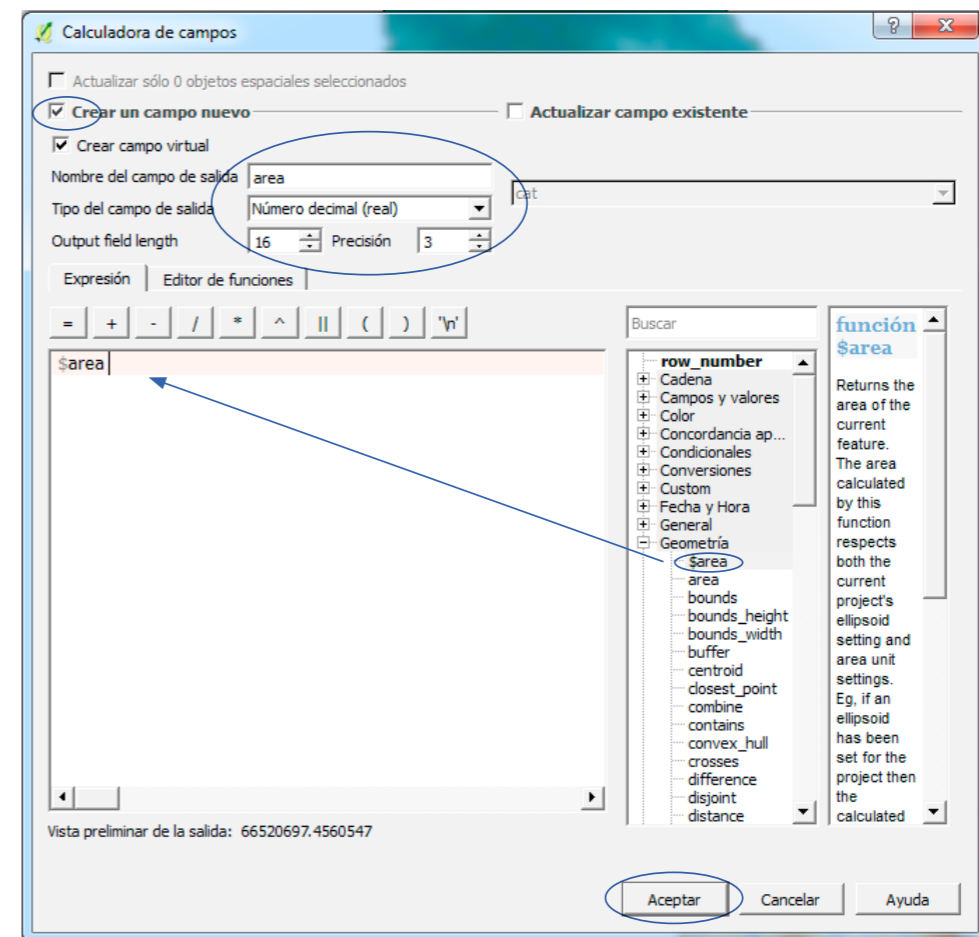
PARAMETRO	VALOR
Factor de forma de una Cuenca (F): $F = \frac{A}{L^2}$	
Relación de elongación (R): $R = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$	
Relación de circularidad (Rc): $Rc = \frac{4A\pi}{P^2}$	
Índice de Compacidad o Índice de Gravelious (K): $K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	

- a. Área de la cuenca (A) (Km²): para el cálculo del área de la cuenca, utilizará la **Calculadora de campos**. Se abrirá el cuadro correspondiente, que ya ha utilizado en prácticas anteriores.

Cree un campo nuevo de nombre área. El tipo de campo deberá ser un número decimal con una longitud de 16 (por ejemplo) y precisión 3.

En el área de expresión, pulse dos veces sobre la función "\$area" del apartado de "Geometría" y a continuación presione sobre **Aceptar**.

Si abre la tabla de atributos de la capa, verá que aparece una nueva columna de nombre "área" y con el valor de la misma (66 520 697,456 m²= 66,520697456 km²). Añada el valor a su hoja de cálculo, en el apartado correspondiente.



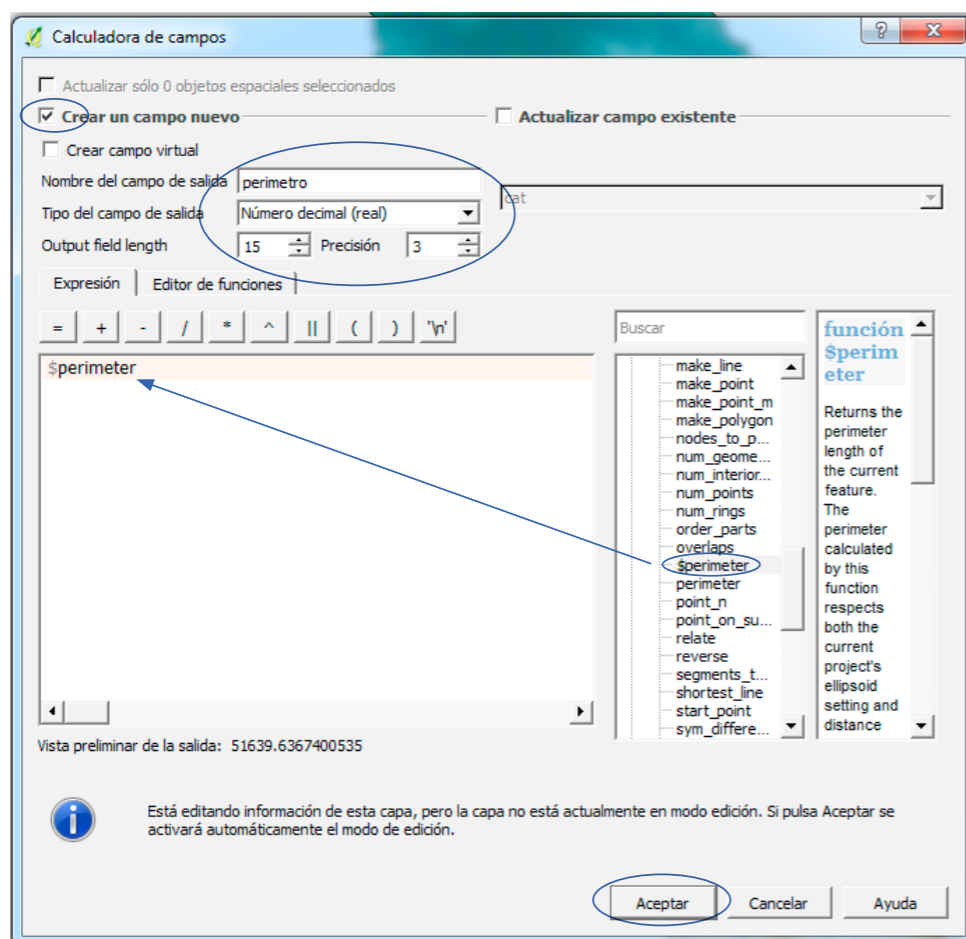
- b. Perímetro de la cuenca (P) (Km): realice el mismo procedimiento que en el apartado anterior, pero con el cálculo del perímetro.


Cree un campo nuevo de nombre *perimetro*. El tipo de campo deberá ser un número decimal con una longitud de 16 (por ejemplo) y precisión 3.

En el área de expresión, pulse dos veces sobre la función “\$perimeter” del apartado de “Geometría” y a continuación presione sobre **Aceptar**.

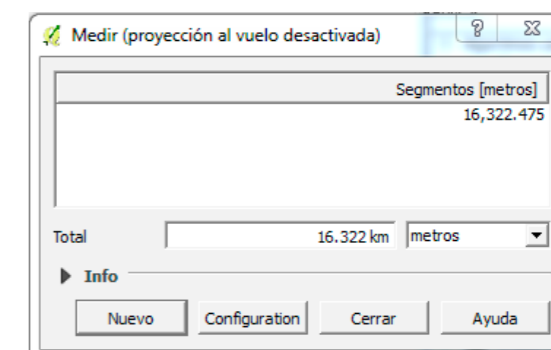
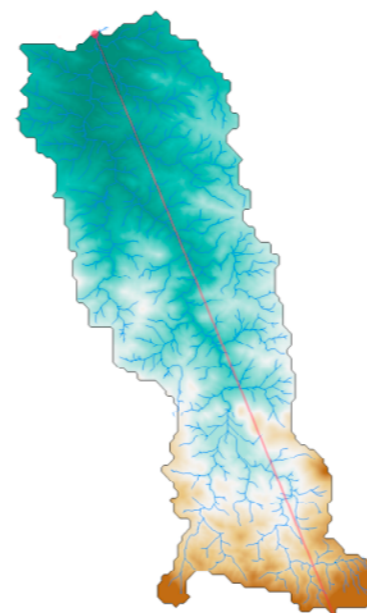
Aparecerá el nuevo campo en la tabla de atributos de la capa “*cuenca_bodion_25829*”.

Añada su valor a la hoja de cálculo (51 639,637 m = 51,639637 km).




- c. Longitud de la cuenca (L): para este parámetro, usará la orden **Medir línea** . En el momento que la active el cursor le cambiará de forma.

Sítuelo en el inicio de la cuenca y haga clic, muévase hasta el final de la misma, observará como le ha dibujado una línea según su trazo. Llegue hasta el final de la cuenca y haga clic de nuevo. En el cuadro **Medir**, aparecerá el valor recorrido.




Para finalizar seleccione el botón derecho del ratón.

Puede eliminar la orden seleccionando otra, por ejemplo desplazar mapa .

Rellene la Excel con el valor de la longitud obtenida.


- d. Longitud del cauce principal (Lp) (Km): este valor se va a conseguir gracias a la capa “*orden_bodion_25829.shp*”. Recuerde, que esta capa contiene las corrientes ordenadas según van recibiendo aportes.

Lo primero que va a necesitar es la longitud de todos los tramos de cauces. Esto lo realizará con la **Calculadora de campos** .

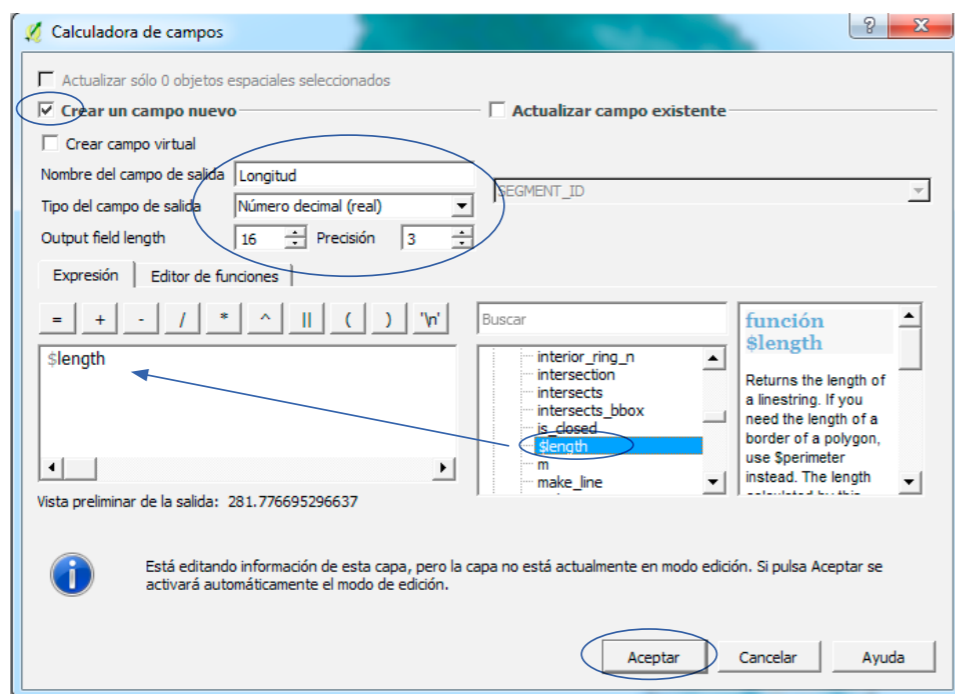
Cree un campo nuevo de nombre *Longitud*. De tipo número: decimal, con una longitud de 16 y precisión de 3 dígitos.

En "Geometría" seleccione el comando "\$length", que devuelve la longitud de cada tramo.

Acepte.

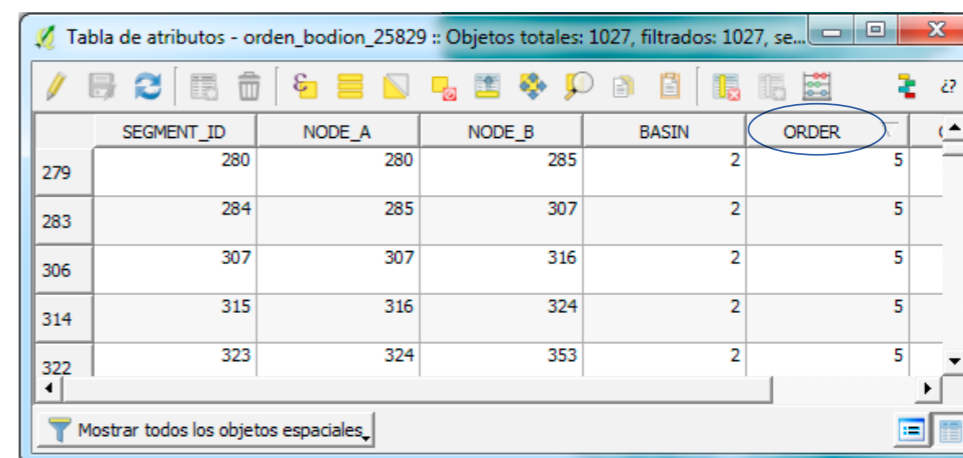
Cierre la edición  y guarde.


Habrà generado un campo nuevo con la longitud de todos los tramos.



Si abre la tabla de atributos de dicha capa, observará la existencia del campo "ORDER", que contiene el orden de los diferentes cursos de agua y el nuevo campo "Longitud".

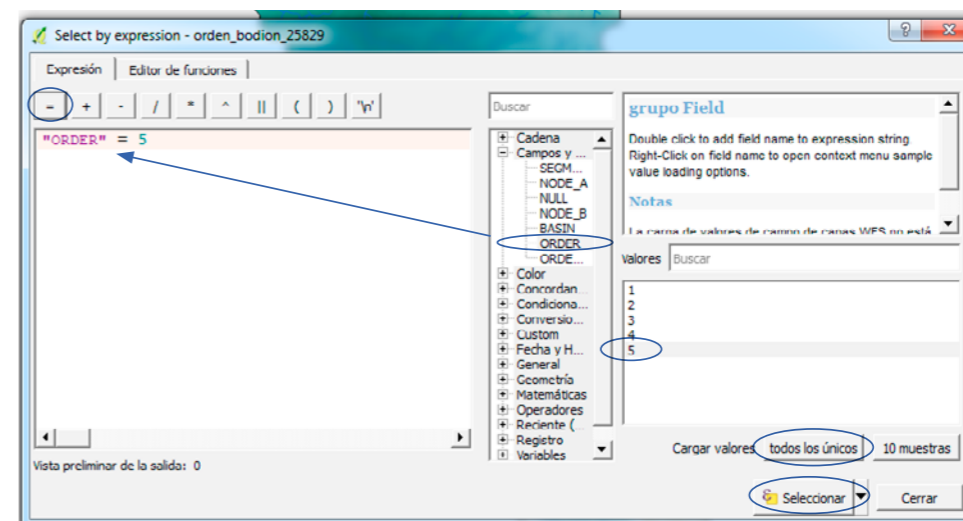
Si pincha con el ratón sobre el campo "ORDER", se ordenarán de menor a mayor. Si vuelve a hacer clic el orden se invertirá y aparecerá el valor mayor al principio. Este orden corresponde con el cauce principal de su cuenca y, por tanto, con la longitud a calcular.



Para hallar la suma de todos los segmentos de orden 5, va a seleccionar primero todos ellos. Puede hacer esta selección como prefiera, directamente en la tabla o bien usando una expresión .

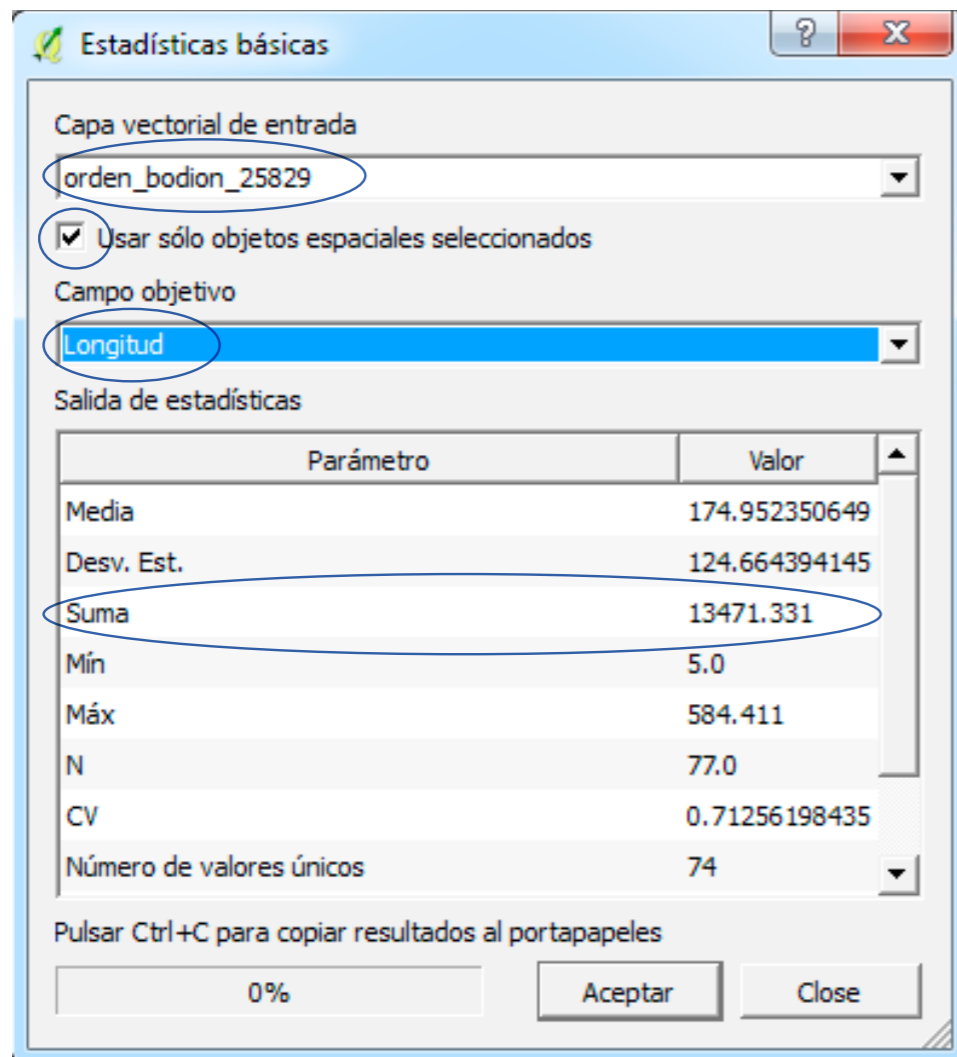
Seleccione el campo "ORDER" y en "Valores" solo los de valor 5 o bien teclee = 5.

Haga clic en **Seleccionar y Cerrar**.



Así ha conseguido seleccionar solo los tramos cuyo valor de campo ORDER es 5 y, por tanto, los que corresponden al cauce principal.

Ahora desde el menú **Vectorial** → **Herramientas de análisis** → **Estadísticas básicas**.




En “*Capa vectorial de entrada*”, seleccione la capa que contiene los cauces; “orden_bodion_25829”.

Haga clic en “*Usar solo objetos espaciales seleccionados*” (solo interesa el cálculo del cauce principal).

“*Campo objetivo*”; Longitud (es el que contiene el valor de cada tramo). Acepte.

Se mostrarán todos los estadísticos correspondientes a ese campo. A usted solo le interesa en este caso el valor “*Suma*”.

Sitúe este valor en la hoja de cálculo que está rellenando.

- e. Longitud total de cauces (Lt) (Km): para hallar esta longitud, deberá eliminar la selección que hizo anteriormente para el cálculo de la longitud del tramo principal .

Una vez deseleccionado, solo deberá repetir el proceso del cálculo de estadísticos básicos. **Vectorial** → **Herramientas de análisis** → **Estadísticas básicas**. Al no tener selección alguna, el valor de suma corresponderá al total de tramos de cauces.

A partir de aquí, el resto de parámetros de forma se obtendrán aplicando las fórmulas correspondientes en la hoja de cálculo.


- f. Ancho de la cuenca (W) (Km): una vez calculada la longitud de la cuenca (L) y el área de la misma (A) la obtención del ancho será el resultado del cociente de ambas → $W=A/L$.
- g. Factor de forma de una cuenca (F) (adimensional): se obtendrá de la aplicación de la fórmula → $F=A/L^2$.
- h. Relación de elongación (R_e) (adimensional): la fórmula que deberá aplicar para su cálculo es → $R_e = 1,128*(VA/L)$
- i. Relación de circularidad (R_c) (adimensional): se obtiene aplicando la expresión → $R_c = (4*\pi*A)/P^2$, el valor del área habrá que introducirlo en m^2 y el perímetro en m.
- j. Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelious (K) (adimensional): → $K=0,28*(P/VA)$, el perímetro en Km y el área en Km^2 .

A	B	C	D	E	F	G
A) PARAMETROS DE FORMA (Datos en Km)						
Área de una cuenca(A):	66520697.46	m ²			66.52069746	km2
Perímetro de la cuenca (P):	51639.64	m			51.639637	km
Longitud de la cuenca (L):	16322.48	m			16.322475	km
Longitud del Cauce Principal	13471.34	m			13.4713369	km
Longitud Total de Cauces L_t	238347.68	m			238.3476755	km
Ancho de cuenca (w):	4075.41	m			4.08	km
$w = \frac{A}{L}$						


PARAMETRO	VALOR
Factor de forma de una Cuenca (F): $F = \frac{A}{L^2}$	0.25
Relación de elongación (R): $R = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$	0.56
Relación de circularidad (Rc): $Rc = \frac{4A\pi}{P^2}$	0.31
Índice de Compacidad o Índice de Gravelious (K): $K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	1.77

3.2. Cálculos de parámetros de relieve.

En este apartado se necesitará hallar la cota inicial del cauce principal, la cota final del cauce principal, altitud media de la cuenca, altitud más frecuente, altitud de frecuencia media, curva hipsométrica, curva de frecuencia de altitudes, pendiente media de la cuenca y pendiente media del cauce principal.

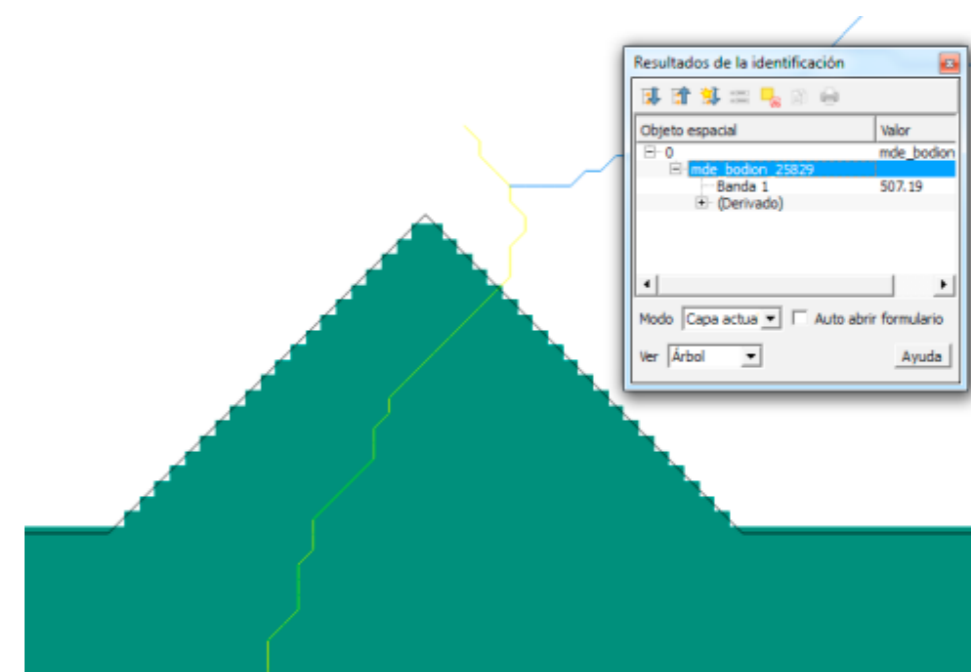
- a. Cota inicial y final del cauce principal: para la obtención de estas cotas, deberá volver a seleccionar el cauce principal. Recuerde como se hizo en el paso anterior con la orden **Seleccionar objetos espaciales usando una expresión** .

Una vez seleccionado el cauce principal, deberá tener activa la capa "mde_bodion_25829" en el "Panel de Capas", para ello, haga clic sobre ella, en ese momento se verá en un tono grisáceo el nombre de la capa. Ahora, mediante zoom sitúese al inicio del cauce principal.

Con el ratón active la orden **Identificar objetos espaciales**  y haga clic al inicio del cauce principal. Como tiene activa la capa del "mde_bodion_25829", el QGIS devolverá el valor de la altitud en ese punto.

Haga la misma operación en el punto final del cauce principal. Así habrá obtenido la cota inicial y final del cauce.

Teclee los valores obtenidos (616,66 m y 507,19 m) en el apartado correspondiente de su hoja de cálculo.

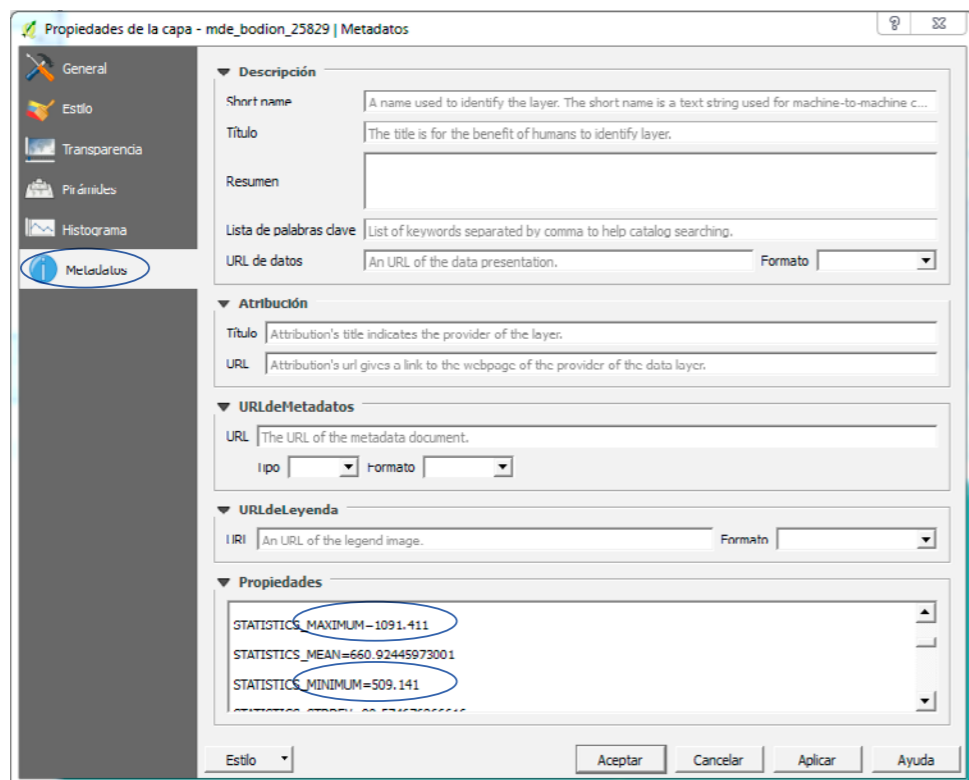


- b. Altitud media de la cuenca (Am): para obtener este valor, deberá conocer el punto más alto y el más bajo de la misma. Estos valores se conseguirán de los metadatos de la capa que contiene el MDE.

Con el botón derecho del ratón active las **Propiedades** de la capa “mde_bodion_25829” y sitúese en el apartado de **Metadatos**.

Navegue en “Propiedades” hasta llegar a los estadísticos que devuelven el valor máximo y mínimo de altura.

El resto de valores no son de interés en este caso.



Copie los valores y péguelos en su lugar de la hoja de cálculo.

Con estos valores se podrá obtener la altitud media de la cuenca.

$$Am = (Altitud_{m\acute{a}xima} + Altitud_{m\acute{i}nima}) / 2$$

- c. Curva Hipsométrica: para la representación de la curva hipsométrica, se necesitarán los valores de cota media de los diferentes intervalos de elevación (esta clasificación estará en función de las altitudes de cada cuenca) y el porcentaje acumulado por encima de esa altura.

Lo primero a realizar será la clasificación de las elevaciones. Como la cota máxima es 1 091,411 m y la mínima 506,052 m, puede establecer los intervalos según se presentan en la imagen.

cota media (m)	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)
995.7055	5	1091.411	900
850	4	900	800
750	3	800	700
650	2	700	600
553	1	600	506

El siguiente paso será hallar el área parcial para cada intervalo. Para ello, reclasificará el MDE según el criterio que se acaba de establecer.

La reclasificación del MDE se puede realizar con el módulo **r.reclass**, que se encuentra dentro de la **Caja de herramientas de procesado** de GRASS o bien con el complemento **Slicer**. Recuerde que si quiere realizarlo desde GRASS, lo primero que deberá hacer es generar un **Nuevo directorio de mapas** y trabajar desde él.

En este caso, se realizará con **Slicer**. Si no dispone de ese complemento, deberá descargarlo desde el menú **Complementos** → **Administrar e instalar complementos**.

A continuación se abre el cuadro de diálogo y en el buscador debe escribir el nombre del complemento que desea instalar “Slicer”.



Después seleccione el complemento en la lista e instale el mismo. Para terminar cierre el cuadro de diálogo.

Una vez instalado y activo aparecerá en el menú **Ráster** → **Slicer**.

Deberá seleccionar el archivo ráster a reclasificar, en este caso, navegue por la carpeta de la práctica y elija "mde_bodion_25829.tif".

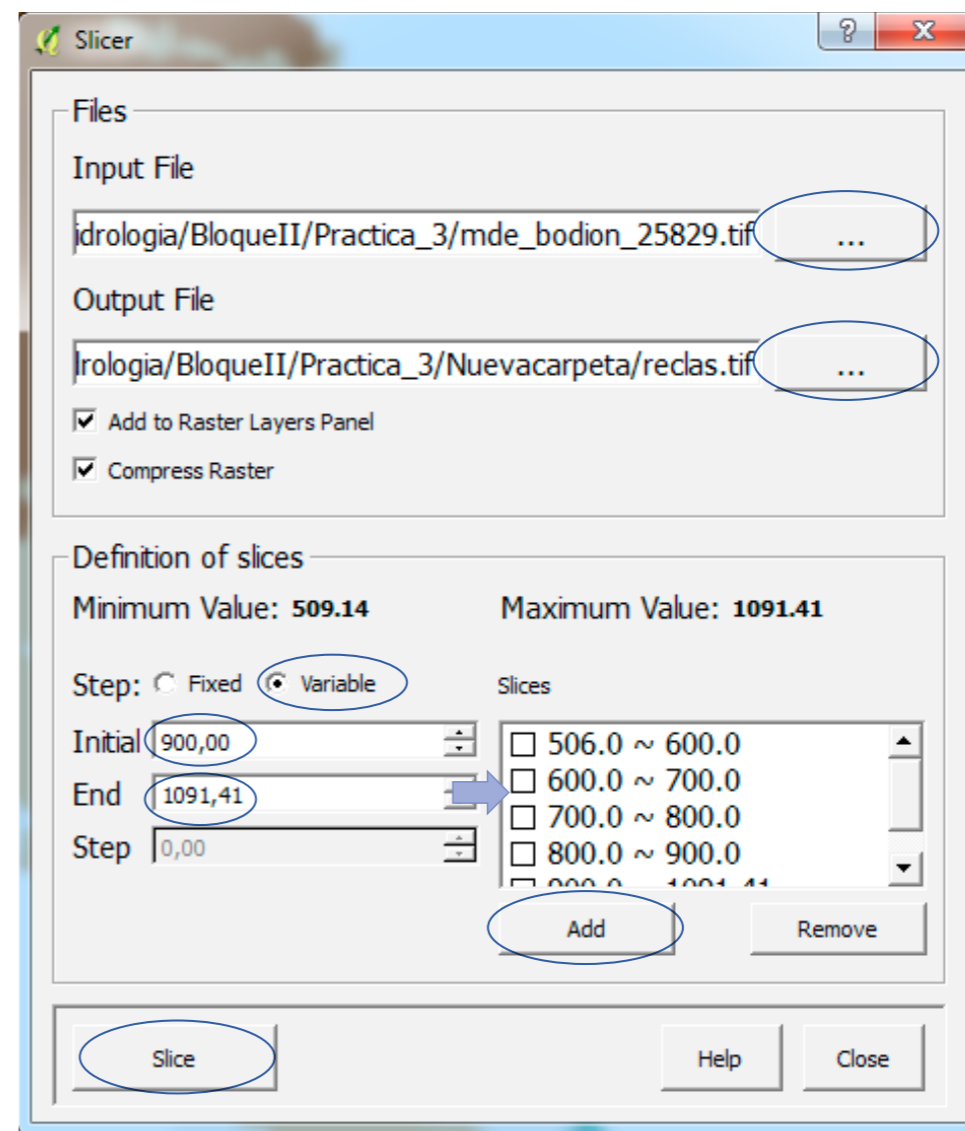
En el segundo recuadro deberá definir la ubicación y el nombre del archivo de salida reclasificado.

Por último, tiene que definir los diferentes intervalos.

Elija "Step" variable y vaya rellenando uno a uno cada intervalo. Cada vez que haga un intervalo deberá hacer clic en **Add**, para así añadirlo al siguiente recuadro.

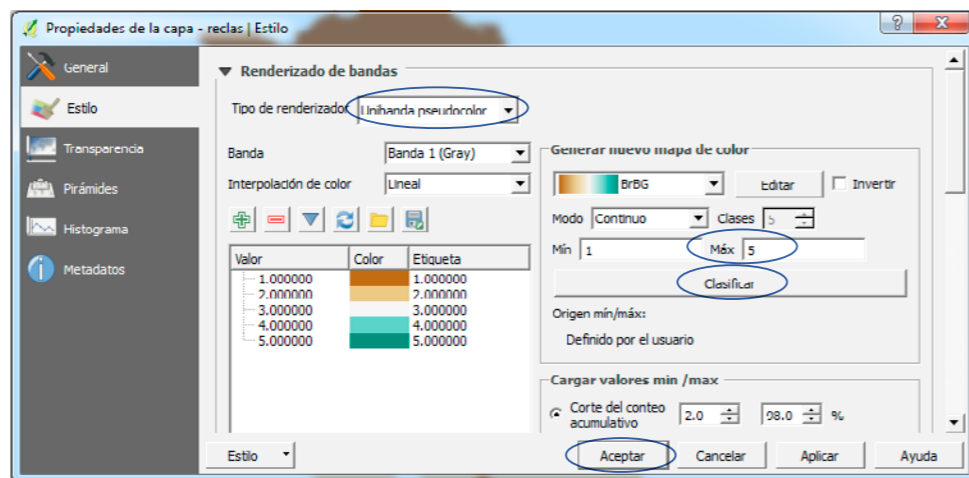
Si se equivoca en alguno, selecciónelo y pique en **Remove**.

Una vez generados los intervalos, haga clic con el ratón en **Slice**.



Como ha generado 5 intervalos, habrá creado una nueva capa ráster con el MDE reclasificado en estos valores (1, 2, 3, 4 y 5). Puede ser que el último valor sea de 4,9 en vez de 5. En este caso, puede modificarlo en **Propiedades** de la capa.

Elija en "Tipo de renderizador", Unibanda pseudocolor. El resto se deja por defecto, forzando como valor máximo 5. Clasifique y acepte.



Una vez reclasificado el modelo según los intervalos establecidos (recuerde que estos intervalos están en función de la elevación), se procederá al cálculo de las áreas que ocupa cada uno de ellos.

Este paso se hallará gracias al complemento *Statics Raster Pixel Count by ClassBreak*. Si no dispone de él, deberá descargarlo del menú **Complementos**.

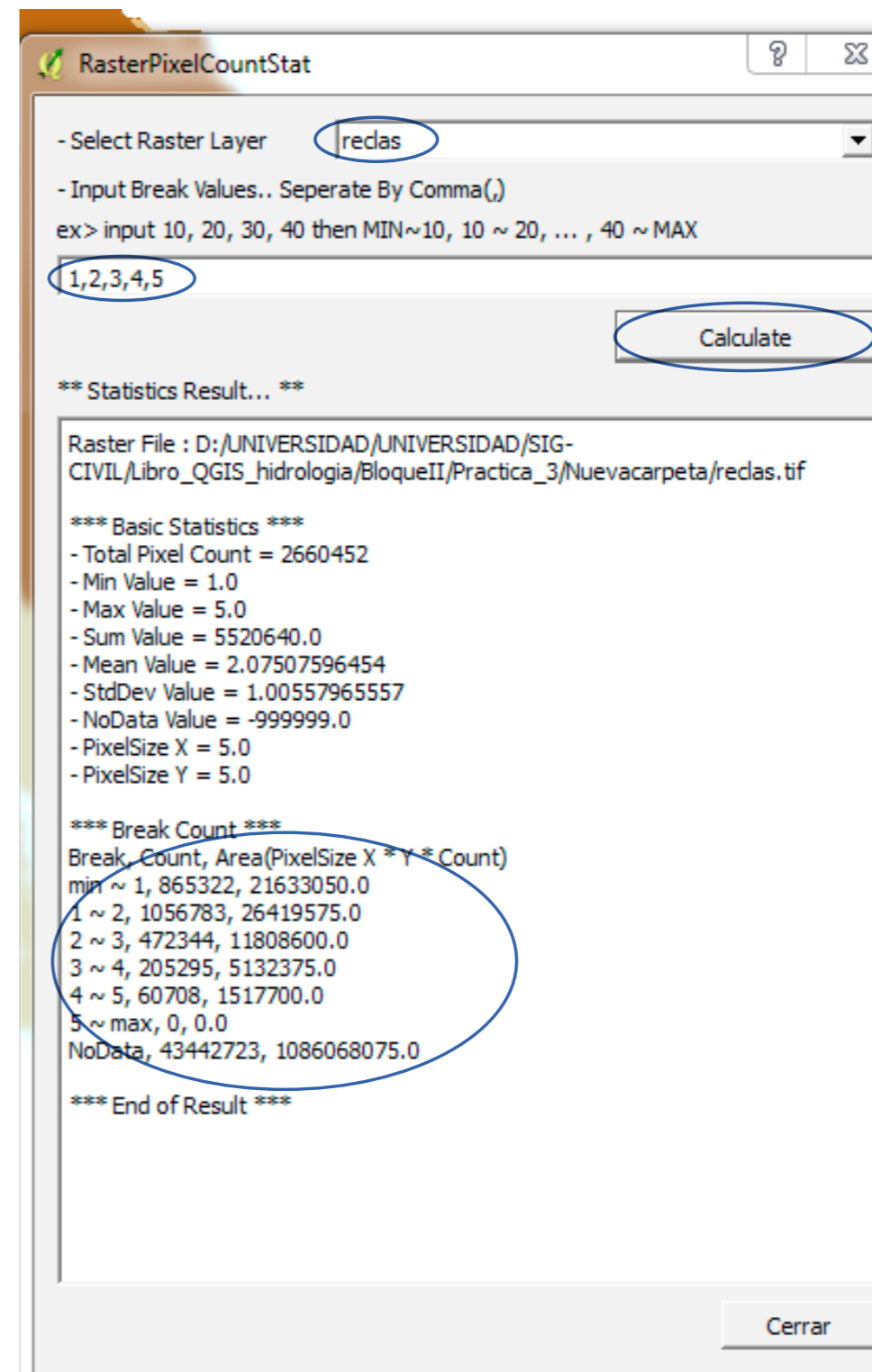
Una vez instalado, aparecerá en el menú **Complementos** → **Statics Raster Pixel Count by ClassBreak** → **RasterPixelCountStat**.

Seleccione la capa que contiene el MDE ya reclasificado e introduzca los intervalos separados por coma y sin espacios.

Haga clic en *Calculate*.

El complemento tardará unos segundos (dependerá del número de pixel que contenga el MDE) y devolverá los resultados en la ventana *Statistics Result*.

Por un lado, calcula unos estadísticos básicos (Basic Statistics), como son mínimo, máximo, media...y, por otro lado, los datos que estaba buscando, que corresponden al número de pixel por intervalo y al área, en m², también por intervalo. Este último valor, se obtiene en función del número y el tamaño del pixel.



Sitúe los valores del área (km²) en la hoja de cálculo.

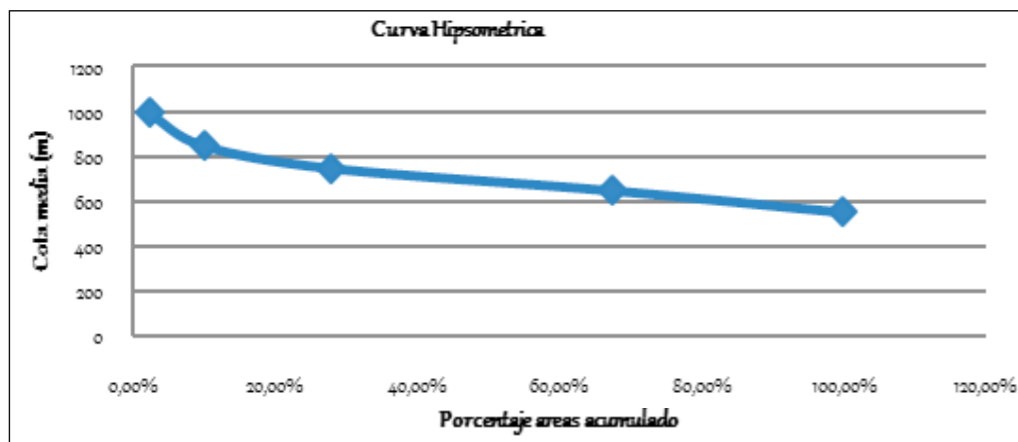
cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km ²)
995.7055	5	1091.411	900	1.5177
850	4	900	800	5.132375
750	3	800	700	11.8086
650	2	700	600	26.419575
553	1	600	506	21.6330500
				66.51

Las siguientes dos columnas que debe calcular para hallar la curva hipsométrica, son el cociente de cada área parcial por el área total en % y el porcentaje acumulado, también en %.

cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km ²)	Area/Área total (%)	Porcentaje acumulado
995.7055	5	1091.411	900	1.5177	2.28%	2.28%
850	4	900	800	5.132375	7.72%	10.00%
750	3	800	700	11.8086	17.75%	27.75%
650	2	700	600	26.419575	39.72%	67.47%
553	1	600	506	21.6330500	32.53%	100.00%
				66.51		

$= (1,5177/66,51)\%$
 $= (10,00\% + 17,75\%)$

Ahora podrá realizar el gráfico de la curva hipsométrica.



En el eje de ordenada situará la cota media y en el de abscisa el porcentaje de áreas acumuladas.

- d. Altitud más frecuente: del cuadro anterior se deduce que la altitud con mayor frecuencia corresponde al intervalo 700m-600m con un 39,72%.

Por tanto, la altitud más frecuente será el valor medio del intervalo $(700+600)/2 = 650$ m.

- e. Altitud de frecuencia media: se obtiene aplicando la fórmula $Hm = \Sigma(a \cdot h) / A$.

cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km ²)	Area/Área total (%)	Porcentaje acumulado	cota media * área entre curva nivel
995.7055	5	1091.411	900	1.5177	2.28%	2.28%	1.5111822
850	4	900	800	5.132375	7.72%	10.00%	4.3625188
750	3	800	700	11.8086	17.75%	27.75%	8.85645
650	2	700	600	26.419575	39.72%	67.47%	17.172724
553	1	600	506	21.6330500	32.53%	100.00%	11.963077
				66.51			43.865951

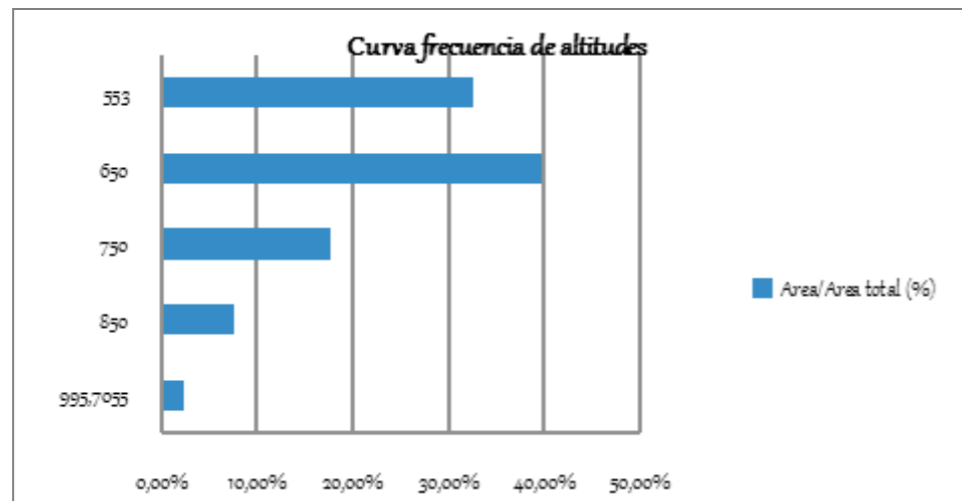
Donde, la variable **a** corresponde al área parcial de cada intervalo, **h** el valor de elevación o cota media por intervalo y **A** el sumatorio de todas las áreas parciales.

Es necesario prestar atención a las unidades en las que se expresa cada variable.

$$Hm = 659,43m$$

- f. Curva de frecuencia de altitudes: con los valores obtenidos en la tabla de la hoja de cálculo también puede hallar la curva de frecuencia de altitudes.

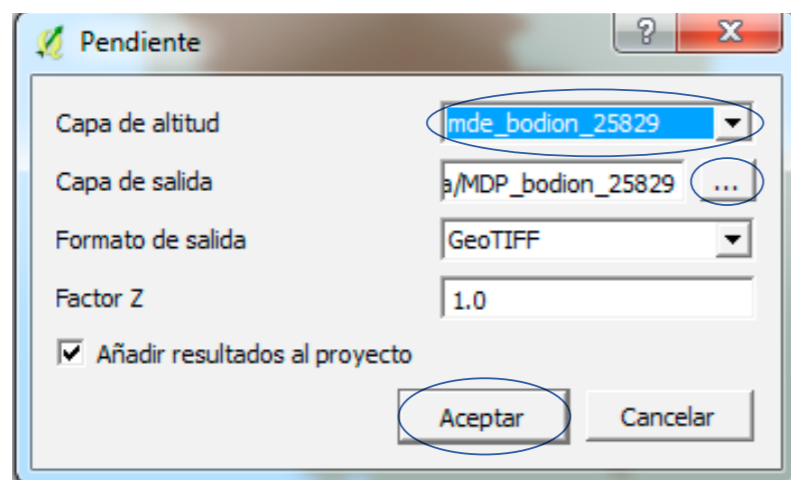
El eje de ordenadas representa la cota media en metros y el eje de abscisa el cociente entre el Área y el Área total en % (penúltima columna de la tabla).



cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km²)	Área/Área total (%)
995.7055	5	1091.411	900	1.5177	2.28%
850	4	900	800	5.132375	7.72%
750	3	800	700	11.8086	17.75%
650	2	700	600	26.419575	39.72%
553	1	600	506	21.6330500	32.53%
				66.51	

- g. Pendiente media de la cuenca: para obtener este valor, primero se va a necesitar el Modelo Digital de Pendientes (MDP) de la cuenca.

Desde el menú **Raster** → **Análisis del Terreno** → **Pendiente**.



Como capa de altitud elija la capa "mde_bodion_25829" y seleccione el nombre del archivo de salida, por ejemplo, "MDP_bodion_25829".

El resto de valores déjelos por defecto.

Acepte.



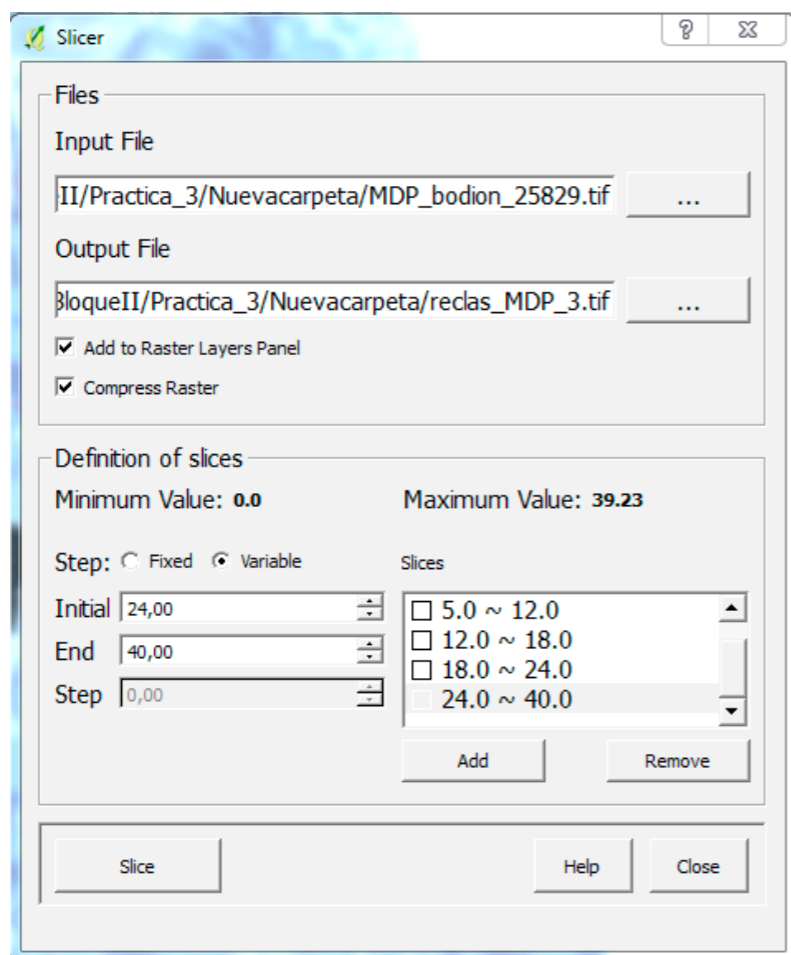
El MDP deberá reclasificarlo según los intervalos de pendiente.

Esta clasificación podrá generarla en función del terreno. Teniendo en cuenta los valores máximos y mínimo de pendientes del modelo (según los metadatos el valor máximo es 39,23% y el mínimo un 0%), se ha realizado la siguiente clasificación:

Porcentaje %	Tipo de terreno
0-5	Plano
5-12	Ligeramente plano
12-18	Moderadamente inclinado
18-24	Inclinado
24-32	Fuertemente inclinado
32-45	Escarpado
>45	Muy escarpado

Al igual que hizo en la reclasificación del MDE, usará el complemento **Slicer** para generar el nuevo MDP con los nuevos intervalos.

Raster → **Slicer** → **Slicer**.



Introduzca como archivo de entrada el MDP que ha generado. Deberá dar nombre también al MDP reclasificado.

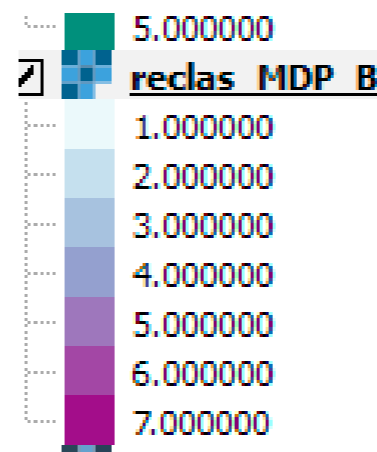
Por último, deberá introducir los valores de los siete intervalos, tal y como ya hizo con el MDE.

Ahora haga clic en el botón **Slice**.

Al generar el MDP reclasificado, probablemente cree una leyenda con solo 4 intervalos.

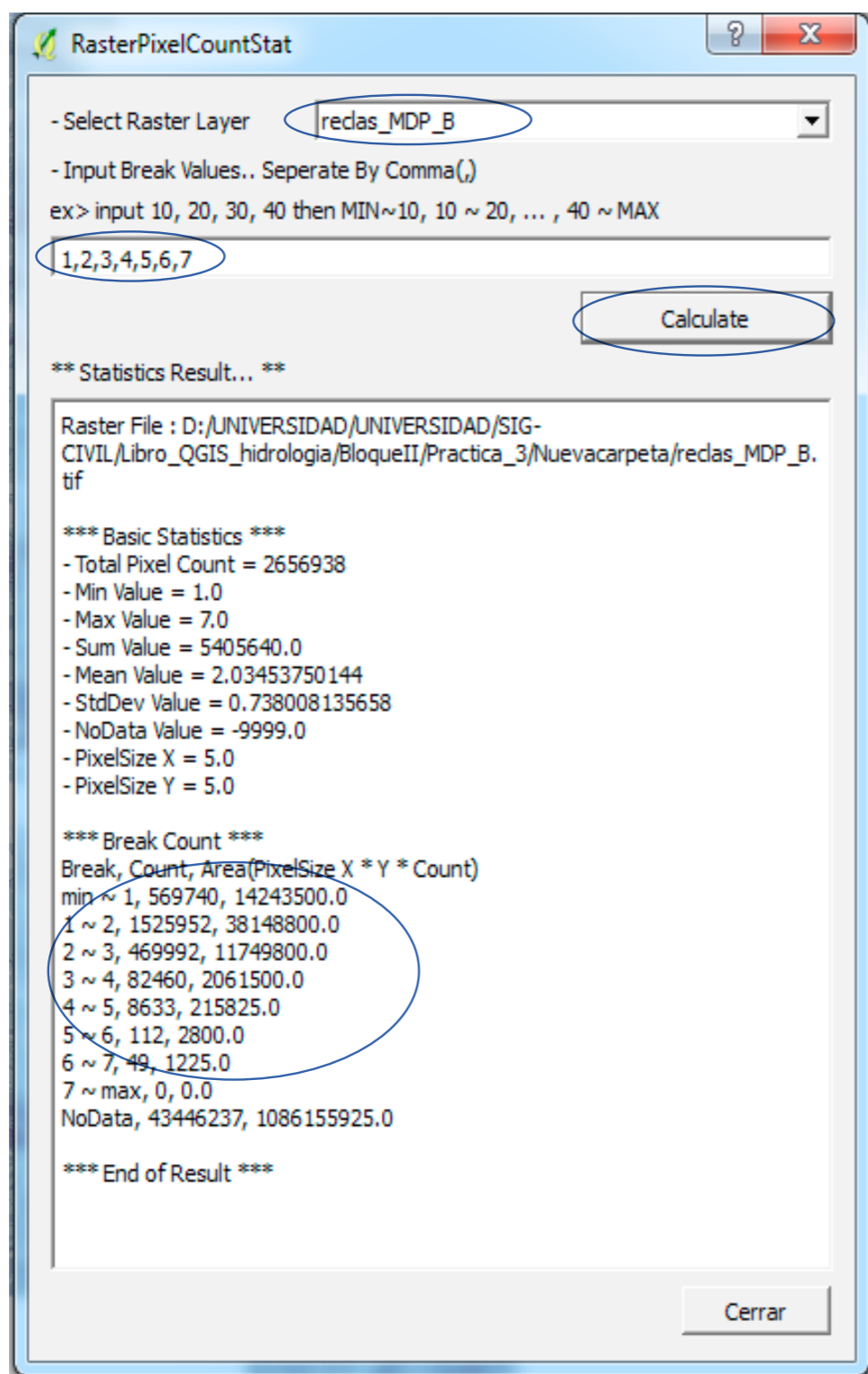
En propiedades de la capa cambie el tipo de leyenda a pseudocolor y con valor máximo 7 clases.

Así obtendrá un MDP con la leyenda tal y como la necesita para proceder al cálculo de pixel por intervalo.



Para el cálculo de la pendiente media de la cuenca, necesitará conocer el número de píxeles que hay por pendiente media y dividirlo por el total de píxeles.

Para ello volverá a utilizar el complemento que ya descargó y se encuentra en el menú **Complementos** → **Static Raster Pixel Count by ClassBreak** → **RasterPixelCountStat**.



Antes de obtener el cálculo de los estadísticos, deberá seleccionar la capa que desea calcular, en su caso, será el MDP reclasificado, así como establecer los 7 intervalos.

Una vez relleno ambos campos, dé a **Calculate**.

Pasado un tiempo devolverá todos los cálculos en la ventana de *Statistics Result*.

Estos valores deberá situarlos en una tabla que puede crear en la hoja de cálculo y que ayudará a obtener el valor de pendiente media de la cuenca.

Nº	RANGO PENDIENTE		PROMEDIO	NÚMERO DE OCURRENCIA	PROMEDIO x OCURRENCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
1	0	5	2.5	569740	1424350
2	5	12	8.5	1525952	12970592
3	12	18	15.0	469992	7049880
4	18	24	21.0	82460	1731660
5	24	40	32.0	7946	254272
6	40	50	45.0	760	34200
7	50	100	75.0	88	6600
				2656938	23471554

Pte. media de la cuenca = $23\ 471\ 554 / 2\ 656\ 938 = 8,83\%$

Si observa el valor, podrá ver que es muy parecido al obtenido en los metadatos del MDP (8,55%).

- h. Pendiente media del cauce principal: gracias a los valores obtenidos con la cota inicial del cauce principal, cota final del cauce principal y la longitud del cauce principal, podrá calcular este valor.

Pte. media del cauce ppal.= $((616,66-507,19) / 13\ 471,34) * 100 = 0,8126\%$.

3.3. Cálculos de parámetros de la red hidrográfica.

En este apartado deberá calcular la densidad de drenaje, la constante de estabilidad del río y la densidad hidrográfica. Para ello, solo deberá introducir en la hoja de cálculo los valores de cada variable y otros que ya ha obtenido con anterioridad.

a. Densidad de drenaje (D_d): se define como el cociente entre la suma de todas las longitudes de los cauces (Lt) en Km y el área de la cuenca (A) en Km².

$$D_d = Lt/A = 238,348/66,521 = 3,583$$

b. Constante de estabilidad de un río (C): es la inversa a la densidad de drenaje. $C = A/Lt = 66,521/238,348 = 0,279$

c. Densidad hidrográfica (D_h): se obtiene multiplicando el coeficiente adimensional δ , con valor 0,694, por la Densidad de drenaje al cuadrado. $D_h = \delta * D_d^2 = 0,694 * 3,583^2 = 8,91$

Cálculo de la precipitación media de una cuenca

Objetivo: obtención del valor de precipitación media de una cuenca mediante el método de los polígonos de Thiessen. Este método se suele utilizar cuando la distribución de las estaciones pluviométricas no es uniforme.

La cuenca objeto de estudio corresponde al río Piloña, ubicado en el Principado de Asturias.

El periodo a estudiar corresponde a la precipitación media del mes de septiembre del año 2010.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_Pilona_4326.shp”.
- Capa vectorial con la situación de los pluviómetros “Pluviometros_WGS84.shp”.
- Archivo csv con los datos de pluviometría “Precip_sep_2010.csv”

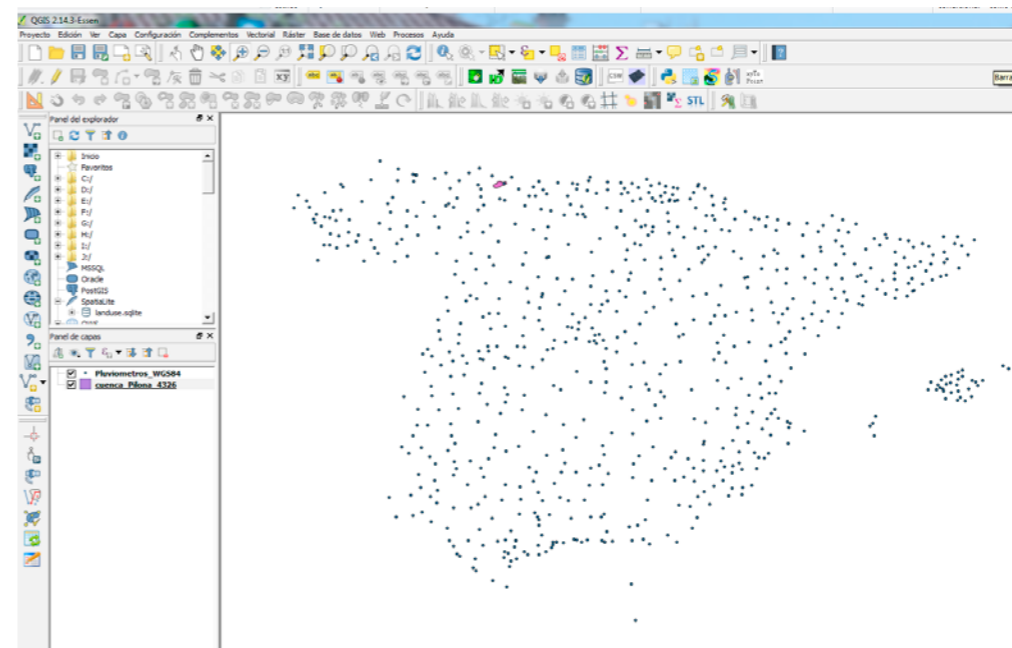
Desarrollo:

4.1. Preparación de datos.

Abra un proyecto nuevo con sistema de referencia EPSG 4326; WGS84, tal y como ha realizado en prácticas anteriores. Posteriormente, añada

las capas “cuenca_Pilona_4326.shp” y “Pluviometros_WGS84.shp”. Si observa ambas capas podrá apreciar que la primera corresponde a la cuenca a estudiar y la segunda presenta la ubicación de los pluviómetros en España.

Abra los atributos de esta última capa, podrá observar que aparece el nombre de cada estación en el campo “NOMBRE”. Pero, no vienen los datos de precipitación que necesita para poder seguir con la práctica.



Esta información la encontrará en el archivo "Precip_sep_2010.csv", que contiene junto al nombre de cada estación el valor de la precipitación media.

Por tanto, añada el archivo csv. Recuerde que puede arrastrarlo desde el Explorador de Windows hacia el canvas.

Abra los atributos de la capa, observará que aparece el nombre de cada estación, así como la provincia en la que se encuentra y el valor de precipitación media.

Este valor será el que unirá a la capa de "Pluviometros_WGS84".

El campo que le servirá como unión será el que presenta los nombres de las estaciones, campo "Estación".

	Estación	Provincia	Pre_media
0	A Cañiza	Pontevedra	8.74375
1	A Coruña	A Coruña	4.5375
2	A Coruña Aeropu...	A Coruña	4.648275862
3	A Estrada	Pontevedra	5.477419355
4	A Gudiña	Ourense	3.666666667

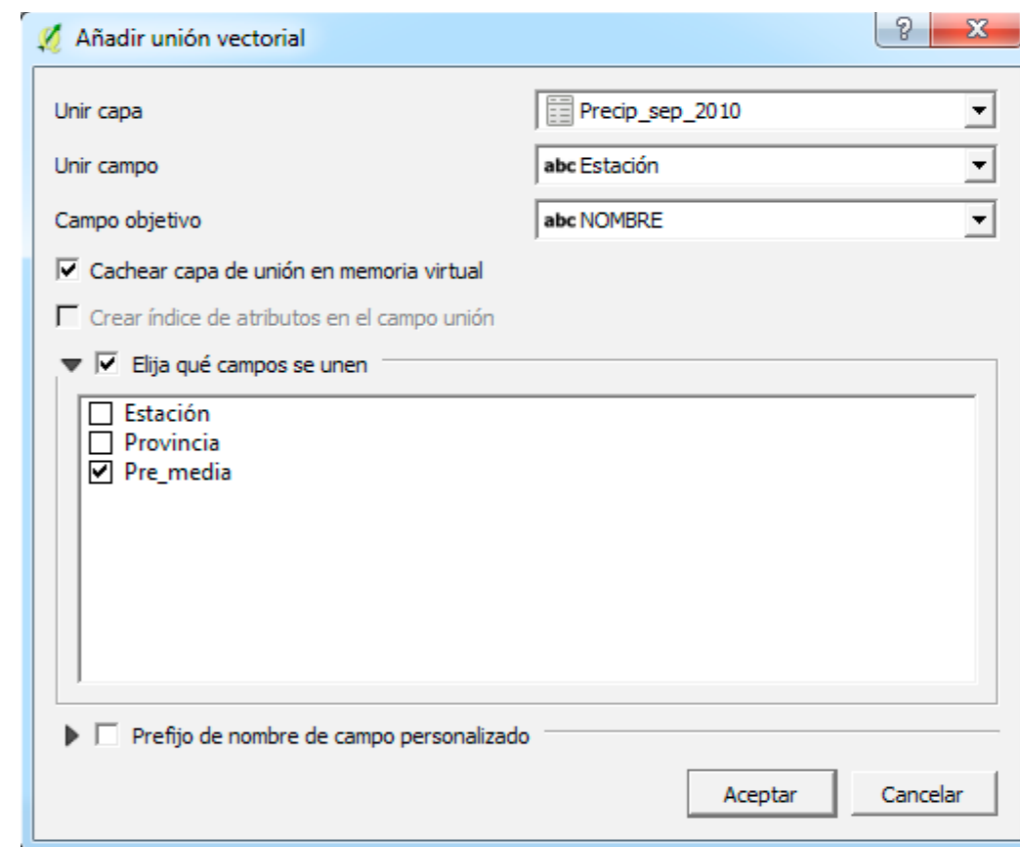
Sitúese en el "Panel de capas" y sobre la capa "Pluviometros_WGS84" haga clic con el botón derecho, active **Propiedades**. Haga clic en **Uniones** y genere su nueva unión.

Rellene los campos tal y como aparecen en la imagen, recuerde que este proceso ya lo ha realizado en prácticas anteriores.

Acepte.

Una vez generada la unión, aparecerán los valores de precipitación media de cada estación. Las estaciones con valor *null* corresponden a estaciones

de las que no hay valor o bien los nombres no son idénticos en ambos campos (acentos, diferencia de idiomas...).



4.2. Obtención de los triángulos de Thiessen Voronoi.

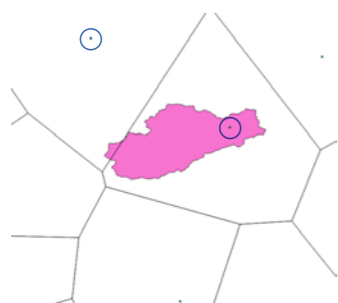
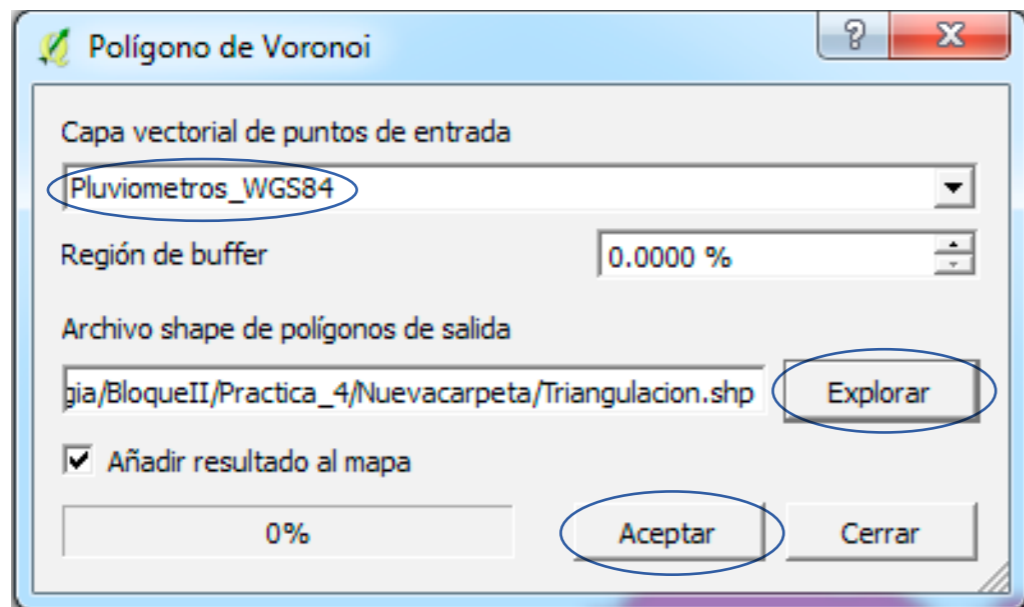
Una vez que tiene los valores de pluviometría unidos a cada estación, procederá al cálculo de los triángulos de Thiessen Voronoi.

Desde el menú **Vectorial** → **Herramientas de geometría** → **Polígonos de Voronoi**.

Como capa de puntos de entrada para el cálculo de los polígonos, tomará la capa que contiene las estaciones pluviométricas, "Pluviometros_WGS84.shp".

Debe dar un nombre al archivo de salida de la capa vectorial con los polígonos.

Finalmente, acepte.



Si elimina el relleno de la capa resultado que contienen los polígonos, podrá observar que solo afectan las lluvias provenientes de dos estaciones.

Para poder saber el nombre de ambas estaciones va a proceder a activar las etiquetas.

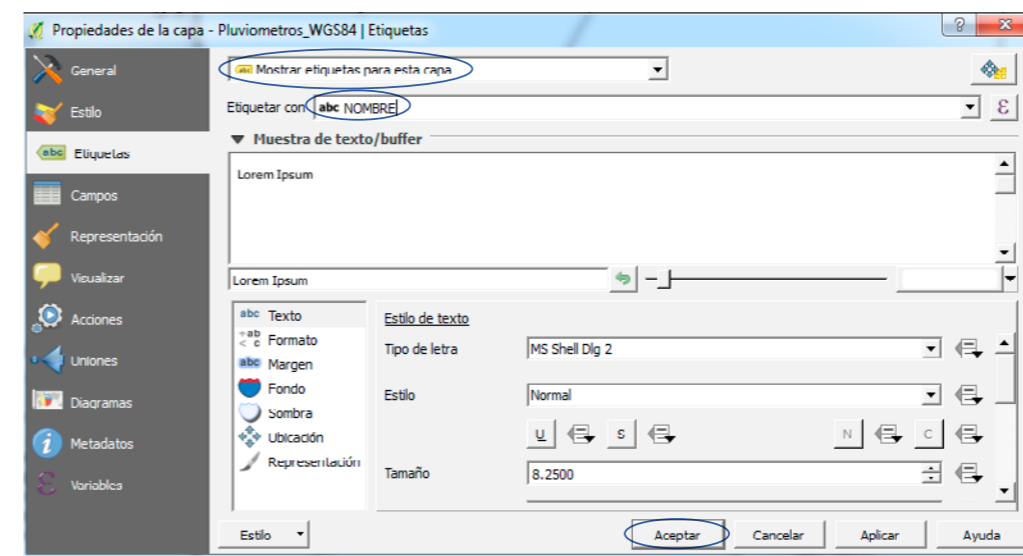
Active **Propiedades** de la capa "Pluviometros_WGS84.shp" y haga clic en **Etiquetas**.

Seleccione "Mostrar etiquetas para esta capa".

En "Etiquetar con", elija el campo que contiene el atributo con el nombre de la estación. En este caso es el campo "NOMBRE".


El resto déjelo por defecto, no obstante, puede ver las variables con las que puede modificar las etiquetas (posición, tamaño de texto, tipo de texto, color...).

Acepte.



Una vez activos los nombres de las estaciones, podrá apreciar que las dos que afectan a su cuenca corresponden a "Piloña" y "Gijón, Campus".

El cálculo de la precipitación media de la cuenca viene dada por la expresión: $P_m = \frac{\sum P_i \cdot Area_i}{\sum Areas}$, como existen dos estaciones que afectan a la cuenca, deberá calcular que porción de área corresponde a cada una.

Para ello, va a cortar la cuenca según la división del polígono de Voronoi dibujado. Seleccione el polígono que corresponde a la estación Gijón, Campus . Acto seguido y con este polígono seleccionado, vaya al menú **Vectorial** → **Herramientas de geoprocso** → **Cortar**.

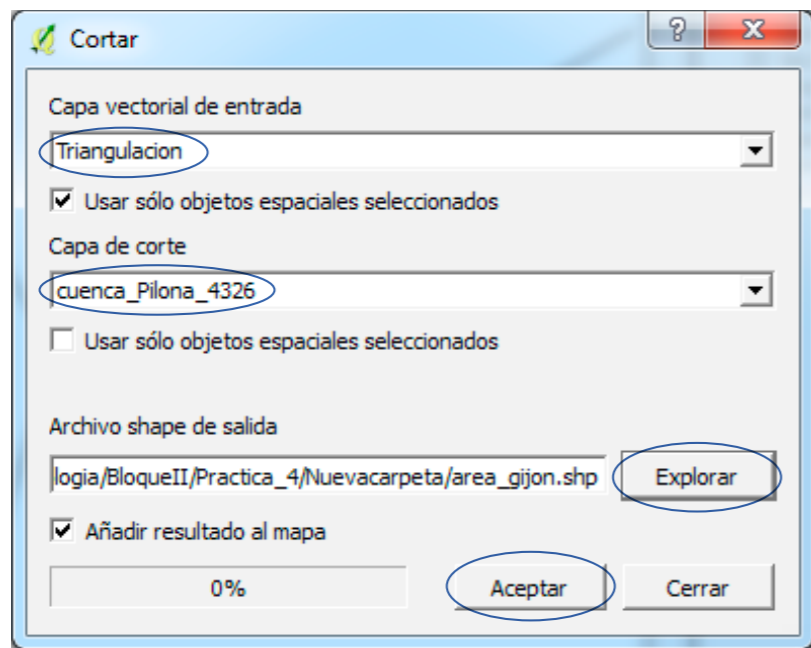
Como capa vectorial de entrada, elija la que corresponde a los polígonos.

Asegúrese que este activada la opción "Usar solo objetos espaciales seleccionados".

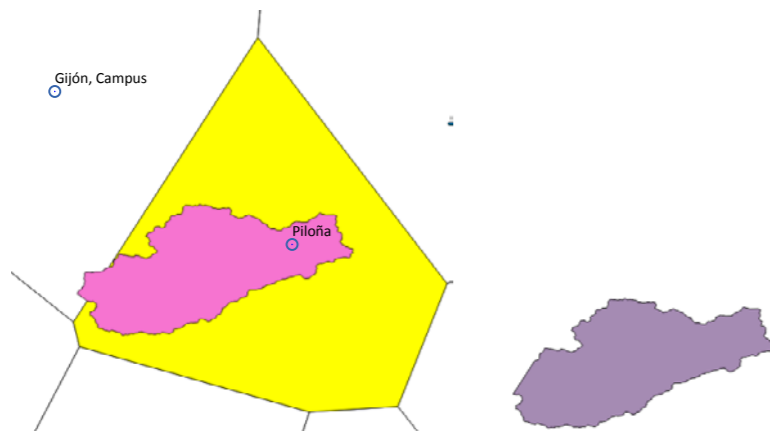
La capa de corte corresponderá a la cuenca objeto de estudio.

Finalmente de un nombre a la capa de salida y acepte.

Esta opción habrá generado una capa donde solo aparece la porción de área presente en el polígono correspondiente a la estación "Gijón, Campus".



De la misma forma, va a recortar el correspondiente a la estación “Piloña”. Seleccione el polígono y vaya de nuevo al menú **Vectorial** → **Herramientas de geoproc** → **Cortar**.



Haga el mismo proceso que ya realizó anteriormente y elija un nuevo nombre para la sección de cuenca que va a generar. Por ejemplo “área_Piloña.shp”. Acepte.

En este momento tendrá dos subcuencas, una correspondiente a la porción que afecta a la estación “Gijón, Campus” y otra a la estación “Piloña”.

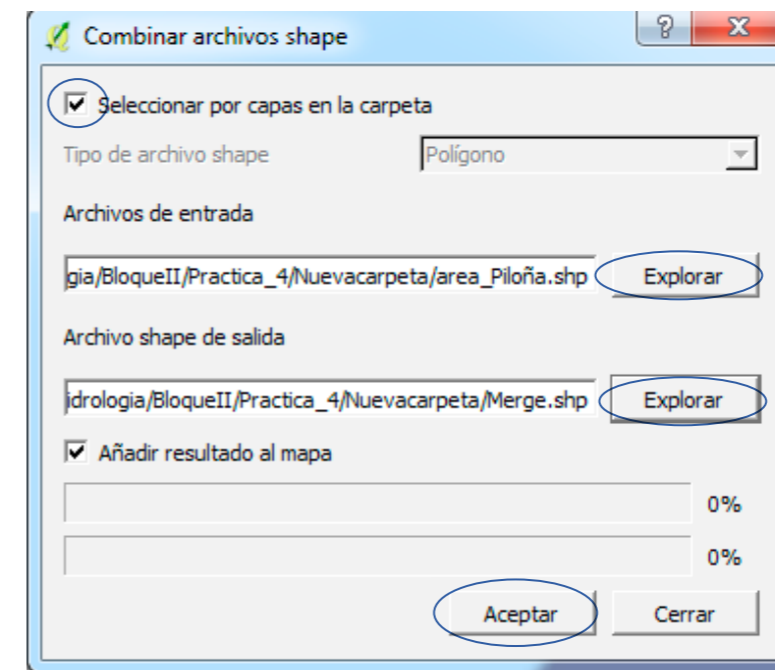
Para trabajar mejor con ellas, va a realizar una fusión de las capas a través de la función “merge”. Así, tendrá ambas zonas en una misma capa pero como dos elementos independientes.

Desde el menú **Vectorial** → **Herramientas de gestión de datos** → **Combinar archivos shape en uno**.


Active la opción “Seleccionar por capas en la carpeta”. Ahora deberá elegir en “Archivos de entrada” las dos capas que contienen las dos porciones de cuenca.

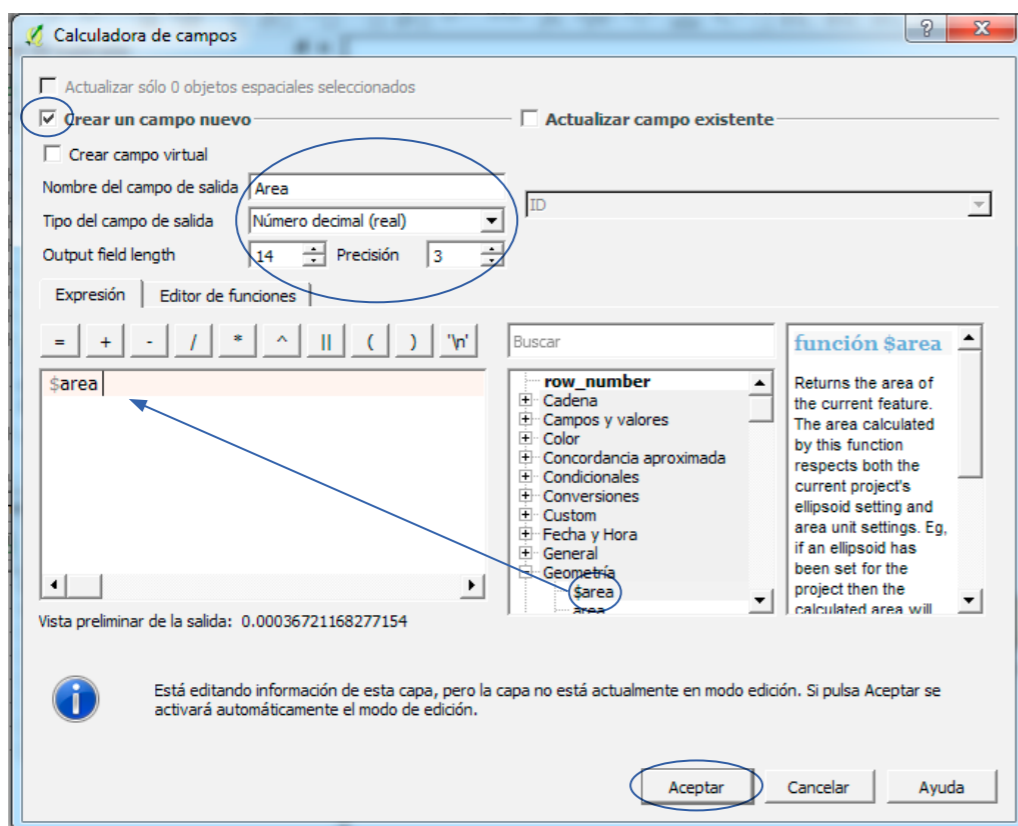
En “Archivo shape de salida” elija un nombre para la nueva capa que va a generar con ambas, por ejemplo *Merge*.

Acepte y una vez obtenido el resultado cierre.



Se habrá generado una nueva capa shape con dos elementos, cada uno de ellos correspondiente a con una porción de cuenca.


Para el cálculo de la precipitación media de la cuenca, necesita el área de cada una de ellas. Para ello, teniendo activa la nueva capa, haga clic sobre la **Calculadora de campos** .



Tal cual realizó en la práctica nº 3 del Bloque II, cree un campo nuevo, denominado *Area*. Seleccione los parámetros del campo como Tipo, longitud...

En el editor de expresión elija la sentencia *\$area*. Esta orden aparece en el apartado *Geometría*.

Acepte.

Guarde la edición .

Abra la tabla de atributos de la capa.

Junto a los campos originales de la capa, habrá creado un nuevo campo donde aparece el área de cada elemento.

Ya dispone de todos los datos para el cálculo de la precipitación media $P_m = \frac{\sum P_i \cdot Area_i}{\sum Areas}$. Tiene los valores de precipitación media por estación pluviométrica y el valor de cada área.

Puede unir los valores de precipitación a la capa anterior, así le resultará mucho más cómodo el cálculo, ya que tendrá el área y el valor de la precipitación juntos.

	ALTURA	LATITUD	LONGITUD	La_B	Long_B	Area	p_sep_2010_Pre_n
0	26	433123N	053716W	43.52305556000...	-5.62111111100...	4550497.833	33,95
1	280	432240N	052348W	43.37777778000...	-5.39666666700...	214085001.022	38,4

Unión de la tabla *Precip_sep_2010* a la capa "Merge".

Desde cualquier hoja de cálculos podrá hallar la precipitación media:

$$P_m = ((4\ 550\ 497,833 \cdot 33,95) + (214\ 085\ 001,022 \cdot 38,4)) / (4\ 550\ 497,833 + 214\ 085\ 001,022) = 38,307$$

Generación de mapas de isoyetas

Objetivo: con los datos de lluvias de las diferentes estaciones pluviométricas que rodean a una determinada cuenca, se pretende que el lector pueda obtener un ráster de isoyetas y posteriormente sus curvas. De la misma forma, podría obtener el mapa de isotermas o de cualquier otra variable.

Se trabaja con la cuenca del río Bodión, así como con las estaciones pluviométricas que le afectan. Estas estaciones pertenecen a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH del Guadiana) y Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura (REDAREX).

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa vectorial de la cuenca "cuenca_Bodion_25829.shp".
- Capa vectorial con la situación de las estaciones meteorológicas "termométricas_cuenca.shp".

Desarrollo:

5.1. Obtención del modelo ráster de isoyetas.

Abra QGIS y genere un proyecto nuevo con sistema de referencia EPSG: 25829; ETRS89, UTM Huso 29. Añada ambas capas vectoriales. Haga un **Zum general**.

Abra los atributos de ambas capas. Observe que en la capa "cuenca_Bodion_25829.shp" el único atributo interesante corresponde al perímetro. Sin embargo, la capa "termométricas_cuenca.shp", presenta, junto a otros campos, uno con las lluvias y otro con la temperatura para cada estación.

	cat	value	label	perimetro
0	1	1	NULL	51639.637

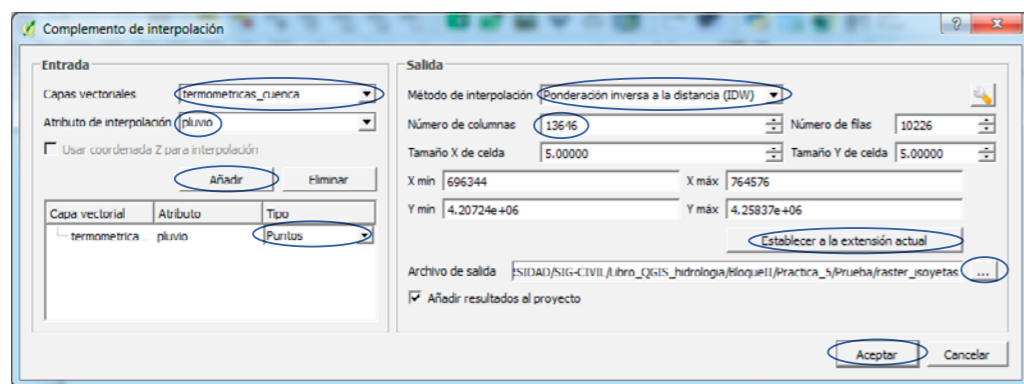
	NOMBRE	PROVINCIA	Nombre_1	Municipio	Codigo	pluvio	temperatur
0	MONESTERIO (C...	BADAJOS	NULL	NULL	NULL	107.90	12.20
1	CALZADILLA DE ...	BADAJOS	NULL	NULL	NULL	69.60	11.50
2	FUENTE DE CAN...	BADAJOS	NULL	NULL	NULL	66.10	12.80
3	SEGURA DE LEON	BADAJOS	NULL	NULL	NULL	104.10	10.50
4	TRASIERRA	BADAJOS	NULL	NULL	NULL	68.10	11.50

Va a tomar el atributo de “pluvio” como dato para generar el ráster de isoyetas.

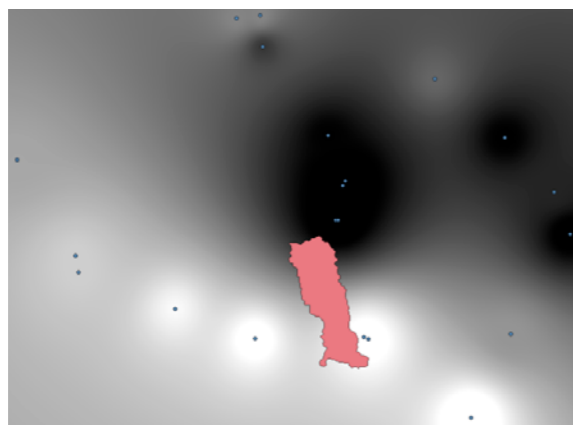
Haga clic en el menú **Raster** → **Interpolación** → **Interpolación**.

Seleccione como capa vectorial la correspondiente a las estaciones meteorológicas (termométricas_cuenca).

El atributo a interpolar debe ser “pluvio”. Una vez seleccionado es necesario pulsar sobre **Añadir** especificar que el tipo es de Puntos. En la salida deberá elegir el método de interpolación, en su caso, *Ponderación inversa a la distancia (IDW)*. Como límite establezca la extensión actual y en tamaño de celda en X e Y escriba 5 m. Para finalizar, elija el nombre para el archivo de salida y pulse sobre **Aceptar**.

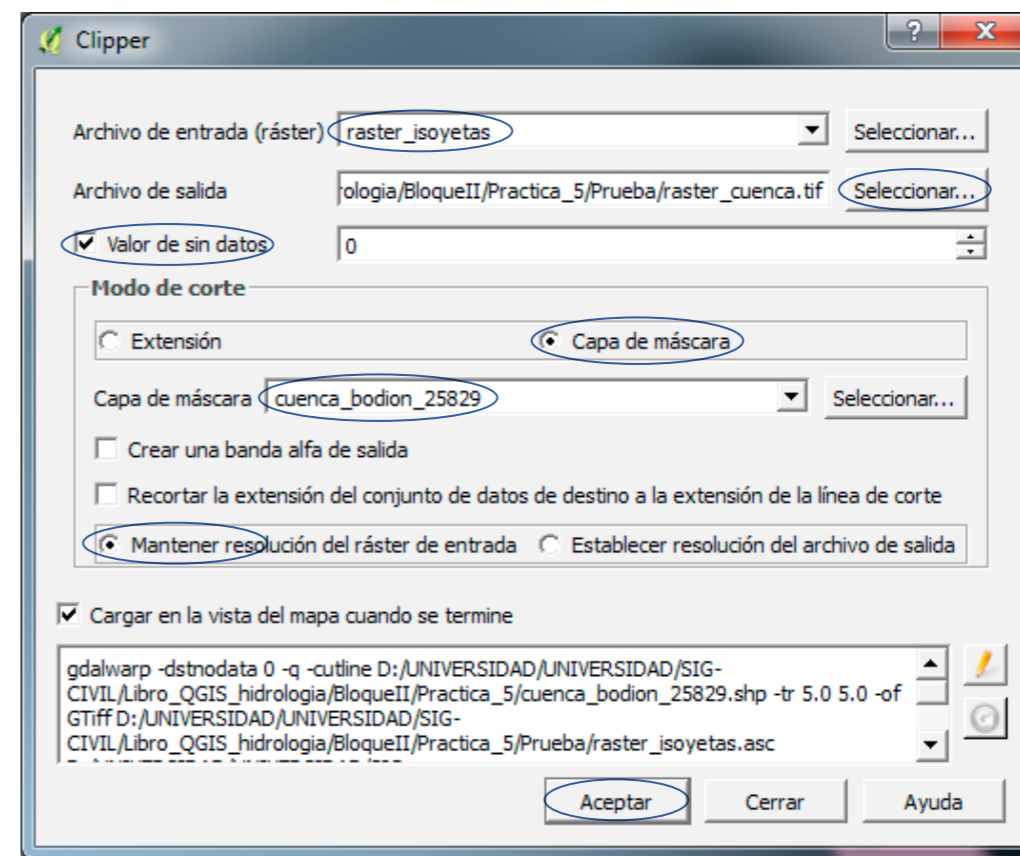


En su canvas, aparecerá junto a las estaciones meteorológicas y la cuenca, el modelo digital con los valores de precipitación.



Ahora deberá recortarlo en función de la cuenca de estudio.

Haga clic en el menú **Ráster** → **Extracción** → **Clipper**.



Seleccione como archivo de entrada, el ráster de isoyetas que acaba de generar y quiere recortar.

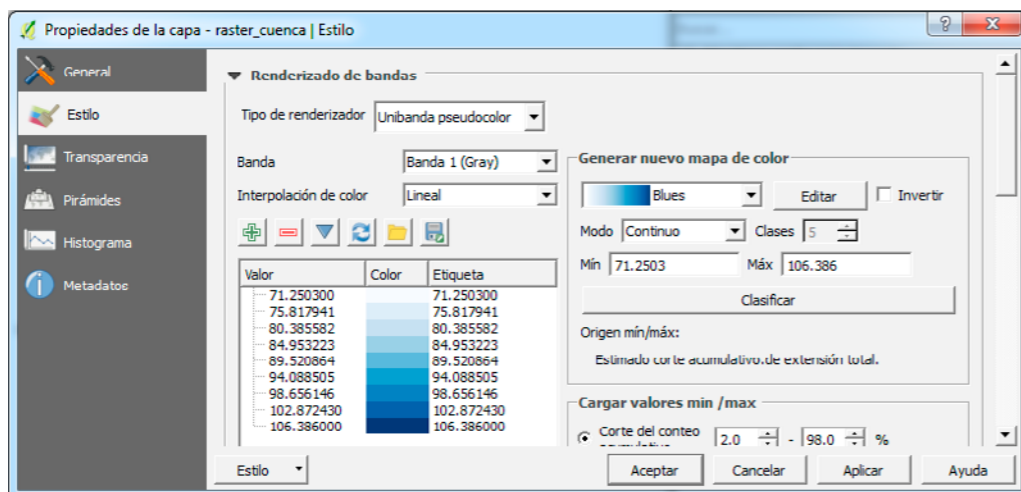
Elija un nombre para el archivo de salida, por ejemplo, *raster_cuenca*.

Marque *Valor sin datos*.

En *Modo de corte*, haga clic en *Capa de máscara* y seleccione como capa la correspondiente a la cuenca, “*cuenca_bodion_25829*”.

Por último, active que mantenga la resolución del ráster de entrada. Acepte.

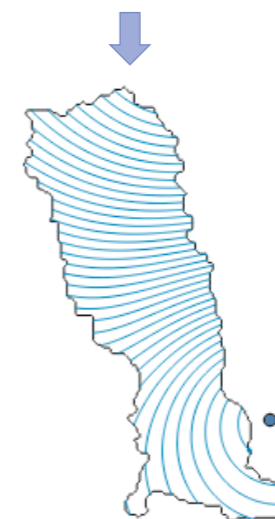
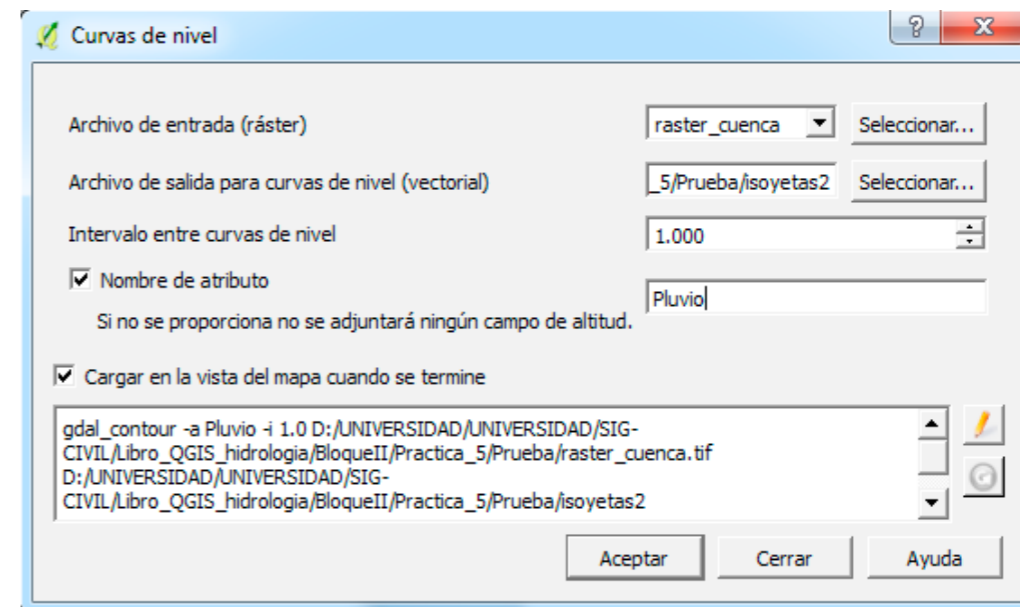
Una vez recortado el modelo de isoyetas a la cuenca, puede modificar su leyenda ajustándola mejor a los datos.



5.2. Obtención de mapa vectorial de isoyetas.

Gracias al archivo ráster que acaba de generar en el apartado anterior, podrá obtener las curvas de precipitación.

Para ello, haga clic en el menú **Ráster** → **Extracción** → **Curvas de nivel**.



Seleccione como archivo de entrada, el ráster de isoyetas que generó en el apartado anterior ya recortado a la cuenca.

Elija un nombre para el archivo de salida, por ejemplo, *isoyetas*.

Como intervalo entre curvas elija 1, y como nombre del campo puede elegir *Pluvio*. Acepte.

Cálculo de Evapotranspiración Potencial según Thornthwaite

Objetivo: conseguir que el lector pueda obtener el mapa de Evapotranspiración Potencial (ETP) utilizando la calculadora ráster como medio en la introducción de fórmulas. Para ello, calculará su valor aplicando la formulación según el método Thornthwaite.

El estudio se realizará en la cuenca del río Ortiga (Badajoz) para el mes de junio de 2018, y los valores de temperatura y precipitación han sido obtenidos de las estaciones REDAREX de la zona. La latitud media de la cuenca (latitud del centroide) es de 38,79 °N.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa vectorial de la cuenca "cuenca_ortiga.shp".
- Archivo comprimido con 7zip que contiene todos los mapas ráster de isotermas de los 12 meses del año 2018 para la cuenca "isoterma_ortiga_mes18.tiff".
- Capa vectorial de las estaciones meteorológicas utilizadas en la práctica "Estaciones_T_P.shp".
- Archivo Excel que contiene los valores numéricos de temperatura media y precipitación media de las estaciones meteorológicas usadas en el cálculo de los mapas de isotermas "estaciones_media_año2018.xlsx".

Estos dos últimos archivos se añaden por si se desea calcular los mapas de isotermas.

Desarrollo:

6.1. Formulación ETP según Thornthwaite.

Thornthwaite comprueba que la ETP es proporcional a la temperatura media aquejada por un coeficiente exponencial "a". En 1948, propone la fórmula:

$$e = 16 \cdot (10 \cdot tm / I)^a, \text{ donde:}$$

- **e** es la evapotranspiración mensual sin ajustar en mm/mes.
- **tm** es la temperatura media de un mes en °C.
- **I** es el índice de calor anual. Se obtiene como suma de los índices de calor de cada mes del año.

$$I = \sum_{i=1}^{12} (tm_i / 5)^{1.514}$$
- **a** valor de parámetro que se calcula en función de **I**, mediante la fórmula

$$a = 0,000000675 \cdot I^3 - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239$$

Una vez hallado el valor de e, se calcularía la Evapotranspiración potencial según Thornthwaite como:

$ETP_{Tho} = e * L$ (mm/mes), siendo:

- **e** la evapotranspiración mensual sin ajustar en mm/mes.
- **L**, factor de corrección sobre el número de días que tiene el mes de estudio (N_d) y número máximo de horas de sol según la latitud del lugar (N_l).

$$L = (N_d / 30) * (N_l / 12)$$

Los valores de i , N_l y de L están tabulados en las siguientes tablas:

- Tabla 1: valor del índice de calor mensual (i) en temperaturas medias mensuales de 0.2 a 40.9°C.
- Tabla 2: cálculo N_l . El número de horas de sol se obtiene interpolando según la latitud.
- Tabla 3: factor corrección L .

tm(°C)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,2	0,21	0,23
2	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4	0,71	0,74	0,77	0,8	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
5	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,28
6	1,32	1,35	1,38	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
7	1,66	1,7	1,74	1,77	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2
8	2,04	2,08	2,11	2,15	2,19	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
9	2,43	2,48	2,52	2,56	2,6	2,64	2,68	2,73	2,77	2,81
10	2,86	2,9	2,94	2,99	3,03	3,07	3,12	3,16	3,21	3,25
11	3,3	3,34	3,39	3,44	3,48	3,53	3,58	3,62	3,67	3,72
12	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4	4,05	4,1	4,15	4,2
13	4,25	4,3	4,35	4,4	4,45	4,5	4,55	4,6	4,65	4,7
14	4,75	4,8	4,86	4,91	4,96	5,01	5,07	5,12	5,17	5,22
15	5,28	5,33	5,38	5,44	5,49	5,55	5,6	5,65	5,71	5,76
16	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,1	6,15	6,21	6,26	6,32
17	6,38	6,43	6,49	6,55	6,61	6,66	6,72	6,78	6,84	6,9
18	6,95	7,01	7,07	7,13	7,19	7,25	7,31	7,37	7,43	7,49
19	7,55	7,61	7,67	7,76	7,79	7,85	7,91	7,97	8,03	8,1
20	8,16	8,22	8,58	8,34	8,41	8,47	8,53	8,59	8,66	8,72
21	8,78	8,85	8,91	8,97	9,04	9,1	9,16	9,23	9,29	9,36
22	9,42	9,49	9,55	9,62	9,68	9,75	9,81	9,88	9,95	10,01
23	10,08	10,15	10,21	10,28	10,35	10,41	10,48	10,55	10,61	10,68
24	10,75	10,82	10,89	10,95	11,02	11,09	11,16	11,23	11,3	11,37
25	11,44	11,5	11,57	11,64	11,71	11,78	11,85	11,92	11,99	12,06
26	12,13	12,21	12,28	12,35	12,42	12,49	12,56	12,63	12,7	12,78
27	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,50

Tabla 1. Valor del índice de calor mensual.

Latitud Norte (°)	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
50	8,5	10,0	11,8	13,7	15,3	16,3	15,9	14,4	12,6	10,7	9,0	8,1
48	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,8	9,3	8,3
46	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,8	9,5	8,7
44	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,4	10,6	10,2
25	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,0	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,0	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Tabla 2. Valor de N_r.

Latitud Norte (°)	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,90	0,90
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,90	0,89
30	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76

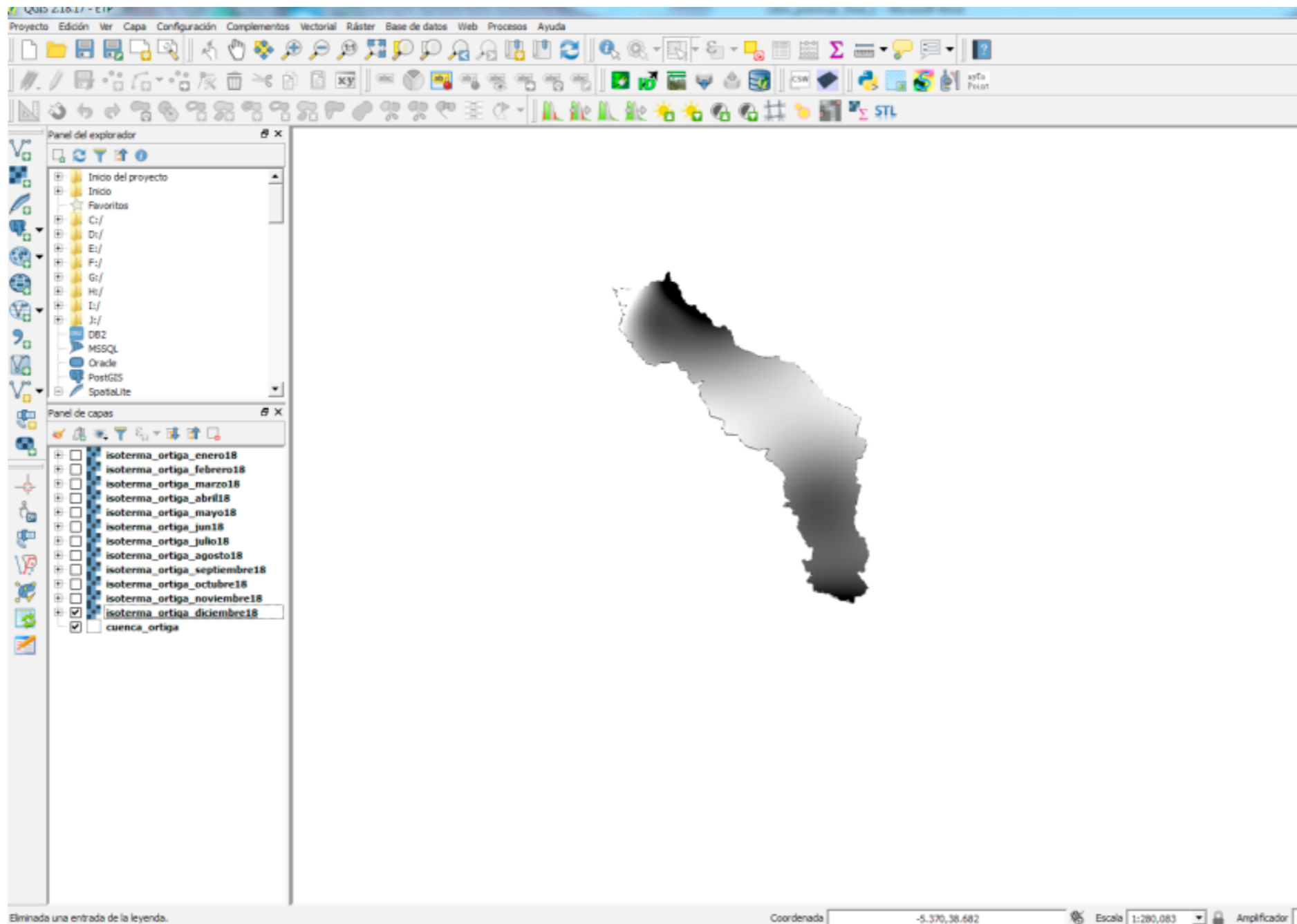
Tabla 3. Factor corrección L.

6.2. Cálculo de la EPT según Thornthwaite.

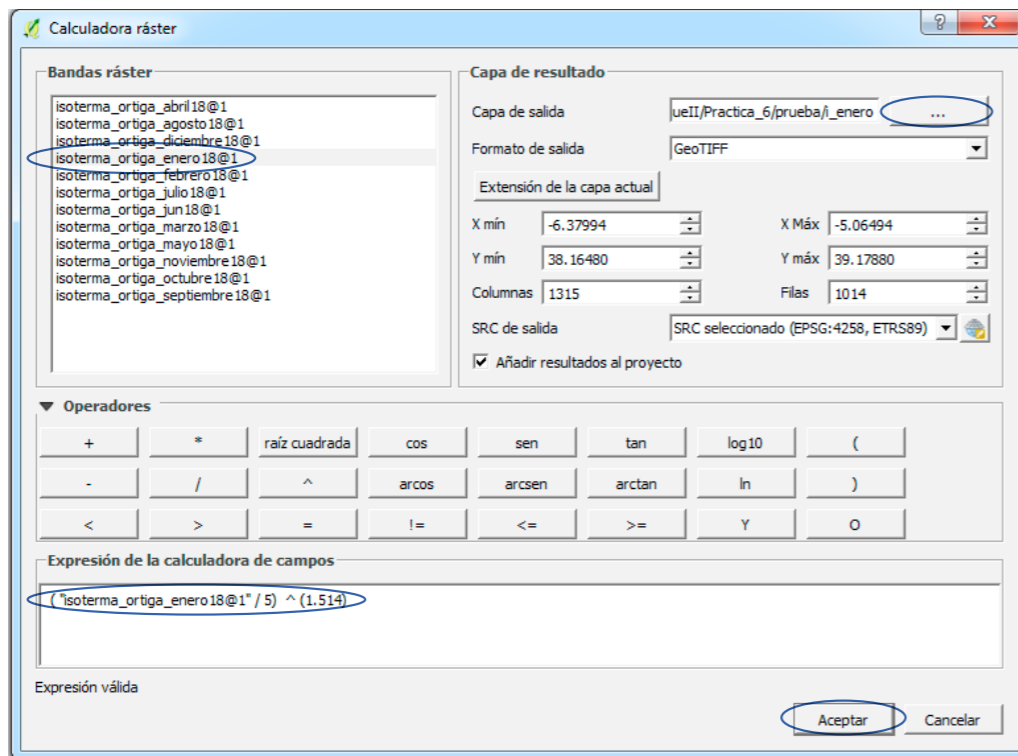
Abra QGIS y cree un proyecto nuevo con Sistema de Referencia EPSG: 4258; ETRS89. Añada la capa vectorial “cuenca_ortiga” y las capas ráster

“isoterma_ortiga_mes18” (colección de mapas ráster que contiene todos los mapas de isotermas del año 2018 por mes).

Deberá tener una vista parecida a la mostrada a continuación.



Según la formulación vista en el apartado primero, deberá calcular los índices de calor mensual para cada mes (ij). Este proceso, lo realizará con la calculadora ráster, ésta se encuentra en el menú **Ráster** → **Calculadora ráster**.



Deberá obtener una capa raster “i” para cada mes. Para ello, escriba en el cuadro de *Expresión de la calculadora de campos* la formulación a utilizar ($i_j = (tm/5)^{1,514}$).

Empiece por enero, para ello seleccionará el mapa de isotermas correspondiente a enero (será su “tm” de la ecuación) y termine de redactarla.

En *Capa de resultado*, elija el archivo de salida, por ejemplo “i_enero”. El resto déjelo por defecto.

Acepte.

En el “Panel de capas” se presentará el nuevo ráster calculado, este será el correspondiente al índice de calor mensual para el mes de enero de su cuenca.



De la misma forma, deberá calcular para el resto de meses. Así, obtendrá un ráster con el índice de calor mensual del mes correspondiente.

Para febrero, en su calculadora raster deberá tener la expresión:

`(isoterma_ortiga_febrero18@1 / 5) ^ (1.514)`

Y le generará el mapa “i_febrero” con los valores de índice de calor mensual para ese mes en toda la cuenca. Debe repetir este proceso hasta llegar al cálculo del correspondiente al mes de diciembre.

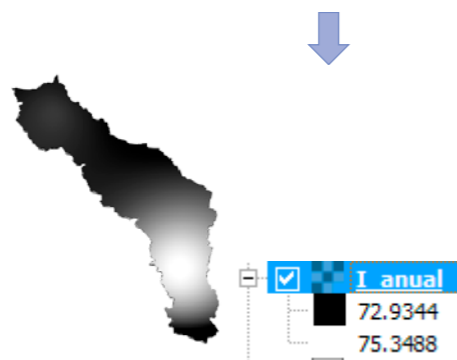
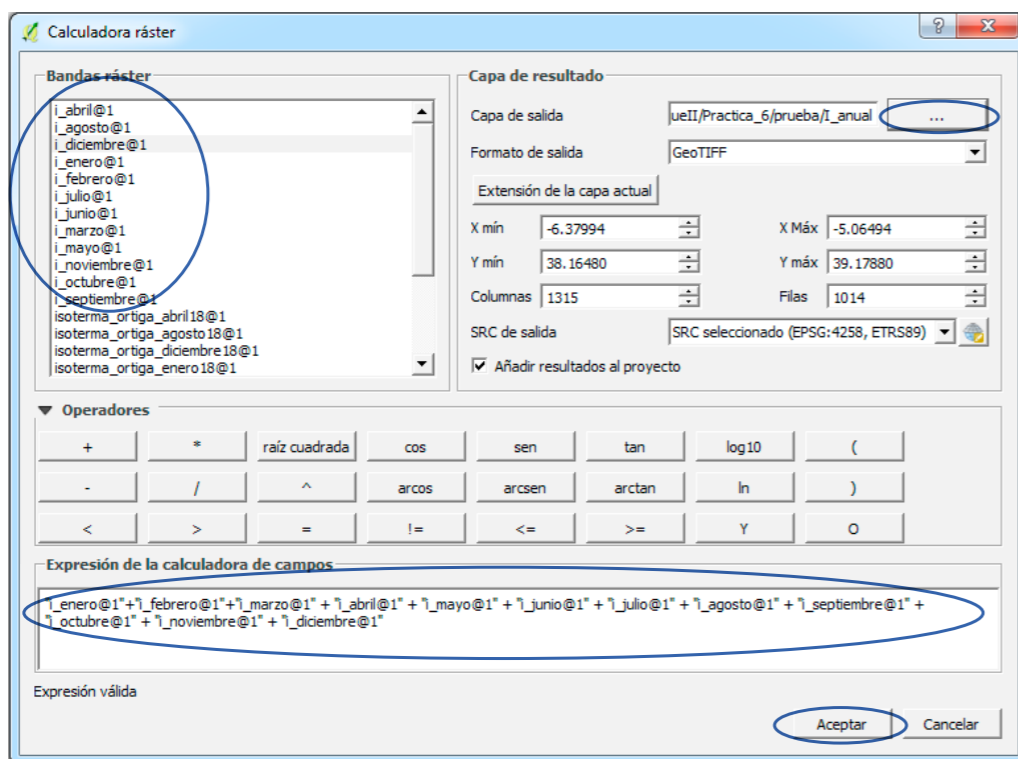
Una vez finalizado el cálculo con todos los meses del año 2018, deberá tener en su “Panel de capas” los doce ráster con el índice de calor mensual.

Según la formulación, ya puede calcular el parámetro “I” (índice de calor anual), como la suma de los doce índices. Éste, lo hallará a través de la calculadora ráster nuevamente.

En el cuadro de *Expresión de la calculadora de campos* deberá ir sumando cada ráster.

El archivo de salida puede denominarlo “I_anual”.

Acepte.



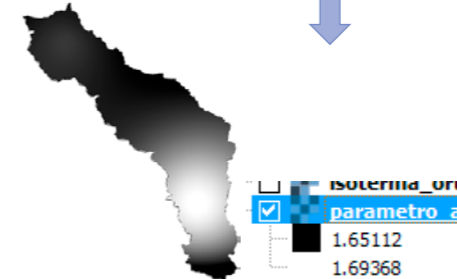
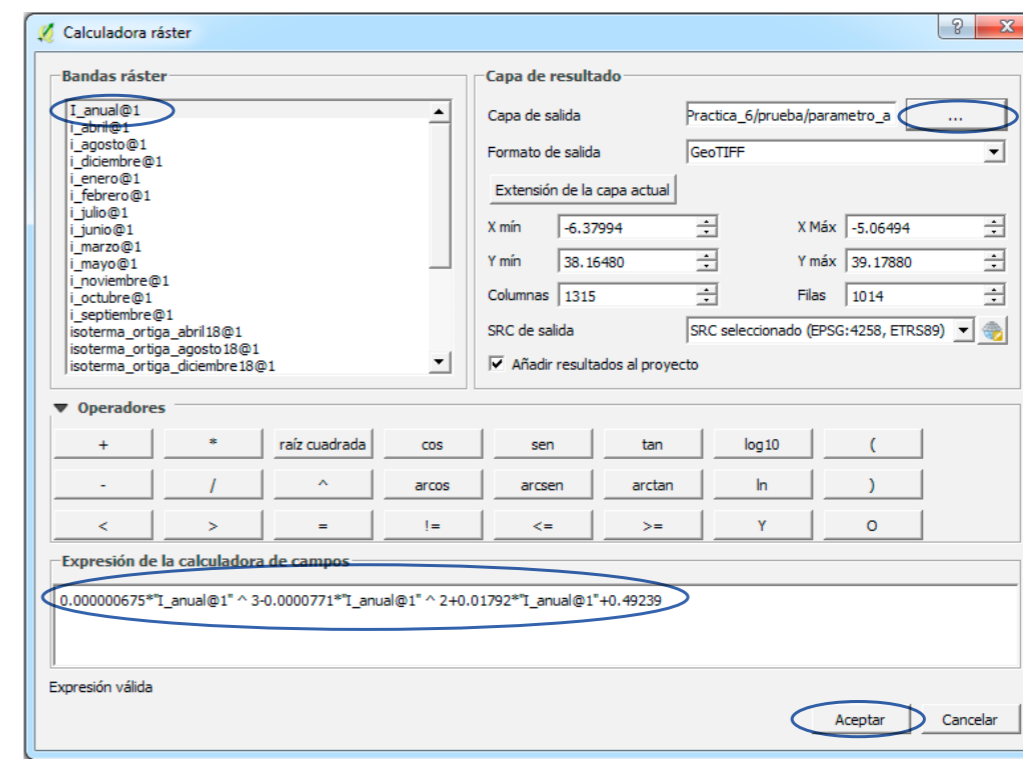
Una vez obtenido el valor de “I”, puede pasar al cálculo del parámetro “a”:

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239.$$

Nuevamente, abra la calculadora ráster y escriba la expresión anterior en el recuadro correspondiente.

El nombre de la capa resultante puede ser “parametro_a”.

Acepte.



Ya puede hallar la evapotranspiración mensual sin ajustar (e).

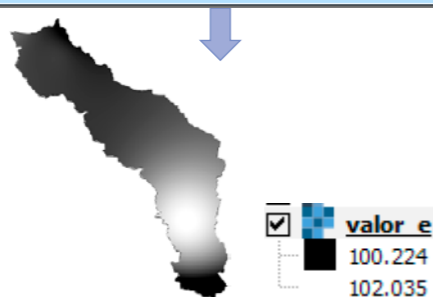
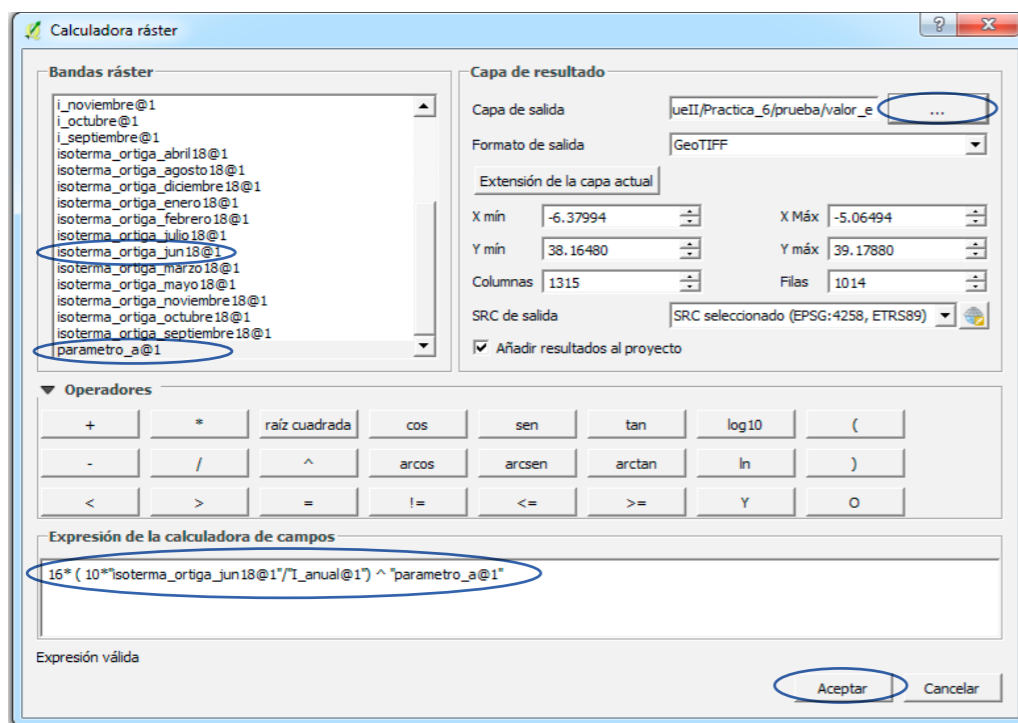
Haga clic en la calculadora ráster, para proceder a generar la ecuación que le devuelva el valor de “e”.

Rellene el recuadro con la expresión correspondiente de “e”.

Recuerde que el mes de estudio era junio, por tanto, el término “tm” de la fórmula corresponderá al ráster de isoterma del mes de junio.

Como nombre de la capa resultante, puede utilizar “valor_e”.

Acepte.



Para hallar la ETP según Thornthwaite, deberemos multiplicar el valor de “e” por “L”. Si se dirige al apartado de formulación, podrá observar que L depende de los términos N_d y N_i .

El primer término está en función del número de días del mes, en este caso al ser junio que tiene 30 días N_d , será igual a 1. El valor de N_i , lo obtendrá interpolando la latitud en la tabla N^o 2.

El valor de la latitud de la cuenca es de 38,8°N. Si va a la tabla observará que para 35° el valor en el mes de junio es de 14,5, mientras que para 40° de latitud alcanza un valor de 15.

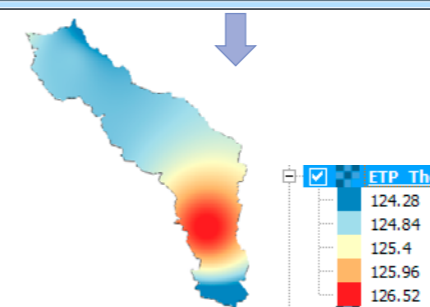
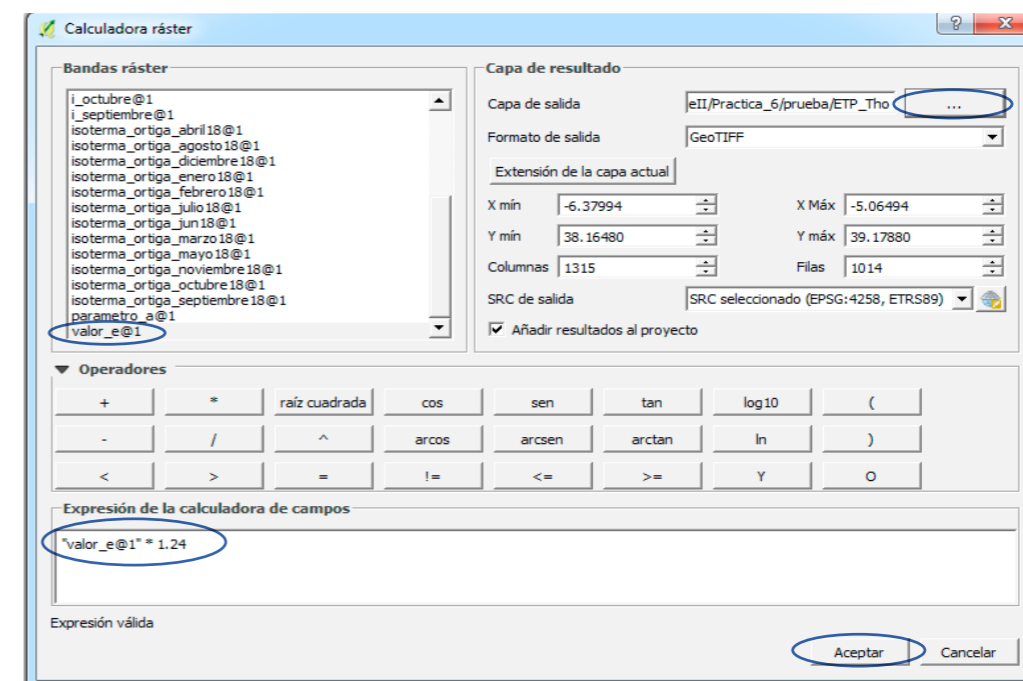
Teniendo en cuenta la latitud de la cuenca e interpolando, el valor de N_i es de 14,88.

Sustituyendo los valores en la fórmula de L:

$$L = (N_d / 30) * (N_i / 12) = (30 / 30) * (14,88 / 12) = 1,24$$

Puede comprobar el valor obtenido, gracias a la tabla N^o3, que le indica el valor de L en función del mes de estudio y la latitud de la cuenca.

Para hallar el valor ETP final para el mes de junio, abra la calculadora ráster.



Rellene el recuadro con la expresión correspondiente ($ETP_{Tho} = e * L$).

Acepte.

Cálculo del mapa Número de Curva (CN)

Objetivo: en esta práctica el lector aprenderá a calcular el Número de Curva (CN). La escorrentía superficial es una de las variables necesarias para obtener el balance hídrico de una cuenca. Entre los distintos métodos existentes para la evaluación de la misma, uno de los métodos más extendidos a nivel mundial es el conocido como Método del Número de Curva del NRCS.

Para mayor información sobre el Método, se deberá consultar la guía técnica específica: NRCS. (2009). *National Engineering Handbook, section4, Hydrology, versión (1956, 1964, 1971, 1985, 1993, 2004, 2009)*. Washington, DC: Engineering Division, US. Department of Agriculture.

El objetivo de la práctica es la determinación del parámetro fundamental de este método, el número de curva (CN), mediante el uso de SIG. Para ello, se partirán de los valores de MDE, mapa de usos de suelo y el mapa de tipo de suelos. Estos datos han sido descargados de la página de descargas del Sistema de Información Territorial de Extremadura (SITEx) y del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. Posteriormente, se han tratados para ajustarlos a la zona de trabajo correspondiente, la cuenca del río Ortiga.

Este nuevo modelo ráster será necesario para poder realizar la practica nº8 y última, que consistirá en realizar el balance hídrico de la cuenca estudio.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa ráster con el Modelo Digital de Elevaciones “MDE_ortiga_25830.TIFF”.
- Capa vectorial con el mapa de edafología según clasificación FAO de la cuenca “edafologia_ortiga.shp”.
- Capa vectorial con el mapa litológico de la cuenca “litología_ortiga.shp”.
- Capa vectorial con los usos de suelo obtenidos del CORINE Land Cover “uso_suelo_ortiga.shp”.
- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_ortiga_25830”.
- Archivo Excel con el cálculo matemático de la combinación de variables “cuadro_combinacion.xlsx”

Desarrollo:

7.1. Desarrollo teórico del proceso.

Según el Método del Número de Curva, el volumen de escorrentía que genera un suelo está función de la precipitación que recibe y del parámetro que da nombre al mismo, el número de curva (CN).

Este parámetro depende a su vez de otros factores como son la pendiente del terreno y el tipo y uso del suelo. Sus valores varían de 0 a 100, donde un

valor de CN=0 indica que no hay escurrimiento y un valor CN=100, todo lo contrario, es decir, toda la precipitación se convierte en escorrentía como si fuese un suelo impermeable.

El método del NC fue transpuesto a España por Témez, adaptando la formulación original americana. La ecuación tradicional conocida en España es:

$$CN = 25400 / (254 + (P_o / 0,2))$$

Según esta formulación, el valor del CN es función del umbral de escurrimiento (P_o). Este valor, viene tabulado en la **norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras**, editado por el Ministerio de Fomento.

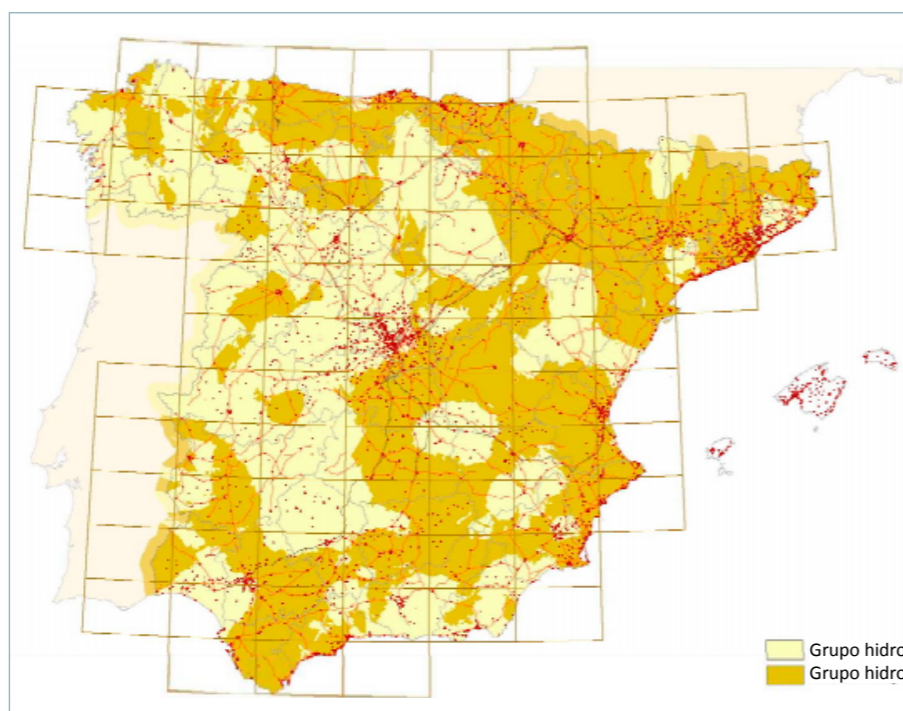
Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas 7/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	≥ 3	32	21	14	12

Tabla 4: Porción de tabla con el valor inicial umbral de escorrentía, norma 5.2- IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Fuente: [B..O.E. Número 60, 10-03-2016].

Como se puede apreciar, este valor depende:

- Uso de suelo: según el código del CORINE Land Cover.
- La práctica de cultivo: puede ser N si el cultivo sigue las curvas de nivel o R si sigue la línea de máxima pendiente.
- Pendiente del terreno: clasificado en <3% y >=3%.

- Tipo de suelos: clasificados en A,B,C o D. Grupo de suelos establecidos según el NRCS. Esta clasificación del tipo de suelo se realiza atendiendo a un mapa de grupos hidrológicos de suelo y una tabla también procedentes de la **norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras**.



Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta		Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillosa-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D

Según lo establecido anteriormente, se van a generar tres mapas ráster:

- Ráster de pendiente de la cuenca clasificado en pendientes <3% y >=3%.
- Ráster de tipo de suelos clasificados en A, B, C o D: este mapa se determina su valor en función del mapa de grupos hidrológicos de suelo.
- Ráster de usos de suelo obtenido del CORINE Land Cover.

El mapa ráster donde se indica cómo están practicados los cultivos se obvia, debido a que se van a considerar todos como R, por ser el más desfavorable.

Para obtener un valor P_0 en un determinado pixel de la cuenca, se debe conocer el conjunto de variables que presenta el mismo según la tabla presente en la norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, es decir, se debe saber qué uso de suelo tiene, qué pendiente presenta y a qué característica de suelo pertenece (A, B, C o D).

La metodología seguida para hacer cada combinación única es asignar a cada variable un número primo, de forma similar al método seguido por Ferre i Juliá, Montserrat (2003). *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teleetección: CEDEX.*

Variable	Nº primo
Pte <3%	2
Pte >=3%	3
Suelos Tipo A	5
Suelos Tipo B	7
Suelos Tipo C	11
Suelos Tipo D	13
111	17
112	19
121	23
131	29
211	31
212	37
213	41
221	43
223	47
231	53
242	59
243	61
244	67
311	71
312	73
321	79
323	83
324	89
511	97
512	101

De tal forma que el producto de los tres ráster dé un único número para cada posible composición. Esta teoría se basa en la propiedad de los números primos, que establece que el producto entre dos números primos da cómo resultado un número único e irrepetible.

Por tanto, el producto de los tres ráster dará una codificación única para cada posible combinación.

Los códigos 111, 112, 121... son los correspondientes a los usos de suelo según codificación del CORINE Land Cover.

Una vez asignados los números, en Excel se generará una tabla que contengan todas las combinaciones posibles y se calculan sus productos.

También se le asigna un valor de P₀ y el cálculo del número de curva para cada composición.

		Resultados de productos de numeros primos				Valor de Po según la norma 5.2- I.C Drenaje Superficial				Calculo de CN según formula CN= 25400/(254+(Po/0.2))			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
111	Pte <3%	170	238	374	442	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
111	Pte >=3%	255	357	561	663	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
112	Pte <3%	190	266	418	494	24	14	8	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
112	Pte >=3%	285	399	627	741	24	14	8	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
121	Pte <3%	230	322	506	598	6	4	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
121	Pte >=3%	345	483	759	897	6	4	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
131	Pte <3%	290	406	638	754	16	9	6	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
131	Pte >=3%	435	609	957	1131	16	9	6	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
211	Pte <3%	310	434	682	806	34	21	14	12	59.9056604	70.7520891	78.3950617	80.8917197
211	Pte >=3%	465	651	1023	1209	29	17	10	8	63.6091479	74.9262537	83.5526316	86.3945578
212	Pte <3%	370	518	814	962	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
212	Pte >=3%	555	777	1221	1443	37	20	12	9	57.8587699	71.7514124	80.8917197	84.9498328
213	Pte <3%	410	574	902	1066	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
213	Pte >=3%	615	861	1353	1599	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
221	Pte <3%	430	602	946	1118	75	34	19	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
221	Pte >=3%	645	903	1419	1677	62	28	15	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
223	Pte <3%	470	658	1034	1222	75	34	19	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
223	Pte >=3%	705	987	1551	1833	62	28	15	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
231	Pte <3%	530	747	1166	1378	120	55	27	14	29.7423888	48.0151229	69.7802198	78.3950617

Se realiza el producto de cada variable:

(211) (<3%) (A) → 31 * 2 * 5 = 310

(211) (<3%) (B) → 31 * 2 * 7 = 434

Se busca el valor P₀. Recuerde que la práctica de cultivo se tomaba como R.

14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12

Se introduce el valor de P₀ en la fórmula de CN:

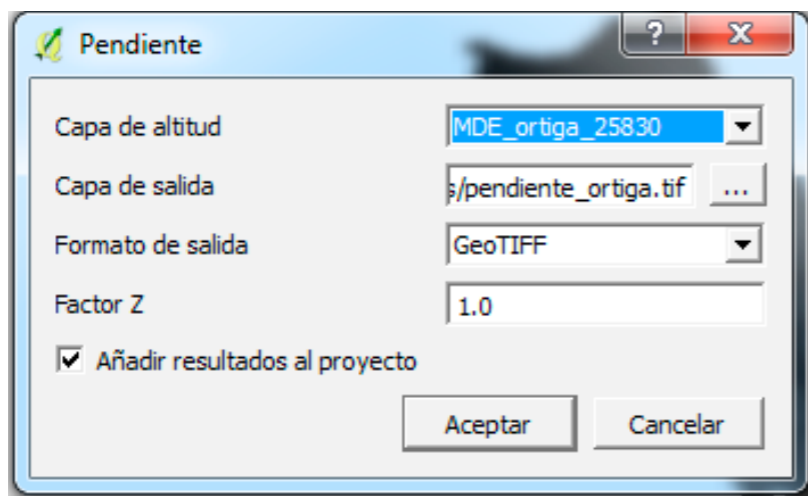
$$CN = \frac{25.400}{254 + (34/0,2)} = 59,90566038$$

Una vez obtenido el valor de CN para cada posible combinación solo habrá que unir cada valor al resultado del producto de los tres ráster, obteniendo así el mapa CN de la cuenca.

0.2. Desarrollo práctico del proceso.

Abra QGIS, estableciendo como sistema de referencia el EPSG: 25830. Añada las capas que le aparecen en la carpeta de la práctica.

El primer paso consiste en la obtención del Modelo Digital de Pendientes (MDP), para ello, en el menú **Ráster** → **Análisis del terreno** → **Pendiente**.



La capa de altitud corresponde al MDE y como capa de salida puede denominarla "pendiente_ortiga".

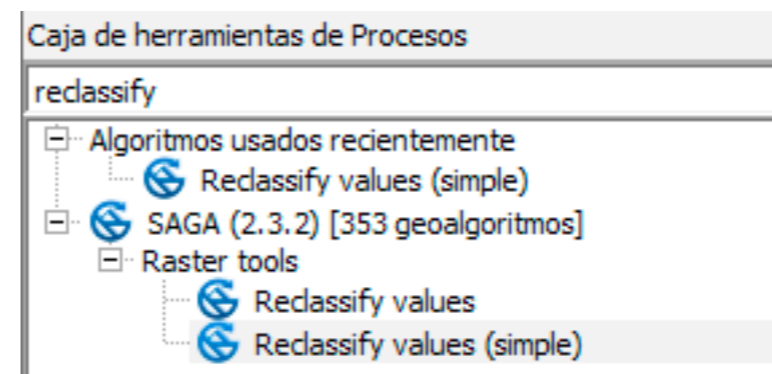
El resto de valores lo deja por defecto.

Acepte.

Una vez obtenido el MDP, deberá clasificarlo en pendientes menores al 3% y pendientes mayores o iguales al 3%. Además hay que tener en cuenta que el valor numérico debe ser de 2 para las pendientes menor al 3% y de 3 para las mayores o iguales a 3%. Recuerde que esos son los números primos asociados.

Para generar esta clasificación y con esos valores, no va a utilizar el complemento **Slicer**, lo va a realizar mediante un proceso de la caja de herramientas. Por tanto, si no tiene abierta la "Caja de herramientas de Procesos", hágalo desde el menú **Procesos** → **Caja de herramientas**.

Escriba *reclassify values (simple)*.



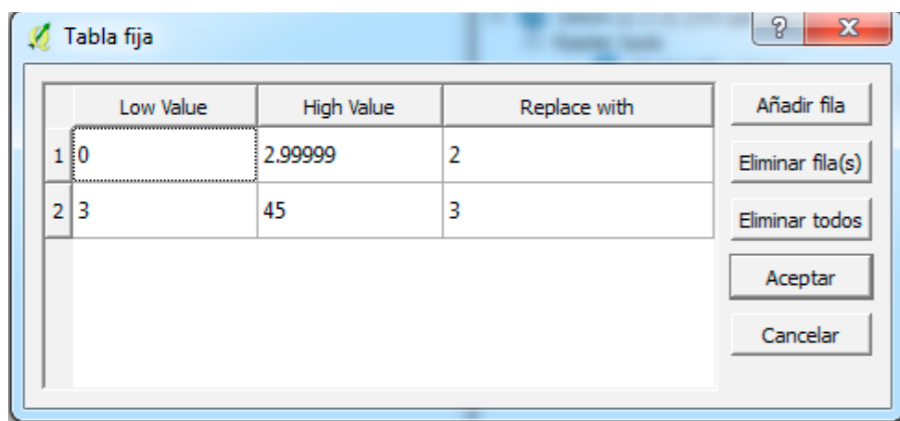
Como archivo Grid, elija el de pendientes.

La condición que debe cumplir y que mejor se adapta es la que aparece en segundo lugar [1].

En el recuadro Lookup Table, genere la tabla que aparece a continuación.


En Changed Grid, haga clic en los tres puntos y elija el nombre de archivo, por ejemplo "pendiente_reclas".

Haga clic en *Run*



Los nuevos intervalos de pendiente van de 2,99999 los deberá sustituir por el número primo 2, y de 3 a 45 (valor máximo obtenido de los metadatos de la capa "pendiente_ortiga") por el número primo 3.

Acepte.

Puede que al generar el nuevo ráster, deje los valores en la leyenda como 1,998 en vez de 2 y 2,997 en vez de 3. Sin embargo, al identificar cualquier pixel , observará que los valores son los correctos, 2 y 3.

Cámbielo en propiedades de la capa, y seleccione como *Min 2* y *Máx 3*.


También puede cambiar el *Tipo de renderizador* a Unibanda pseudocolor (proceso visto en la Práctica nº1 del bloque II).

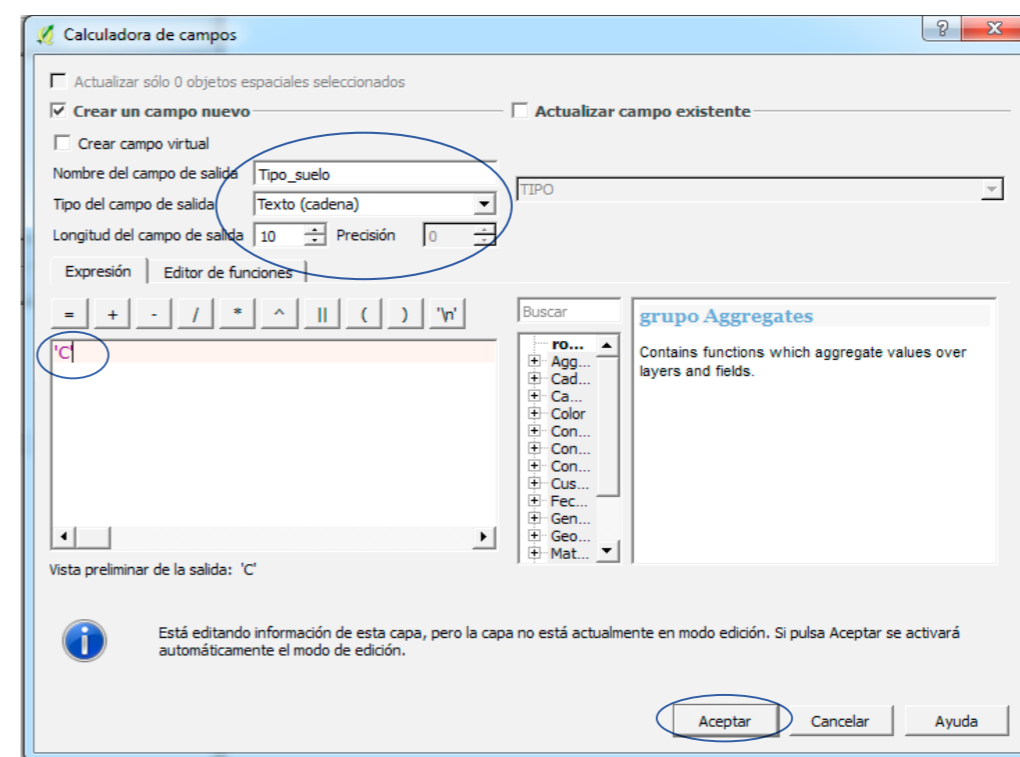


Acaba de generar el primer ráster que necesita, el MDP clasificado en pendientes < 3% con el número primo 2 y pendientes >=3% con el número primo 3.

El segundo ráster que necesita es el correspondiente al de usos del suelo, clasificados en A, B, C o D y con el número primo correspondiente según la tabla Excel adjunta.

Estudiando el mapa edafológico y el litológico, así como el mapa de Grupos hidrológicos y la tabla que aparecen en la **norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras**, todas las zonas se pueden considerar tipo C.

Sitúese en la capa "edafología ortiga" y abra la **Calculadora de campos** .



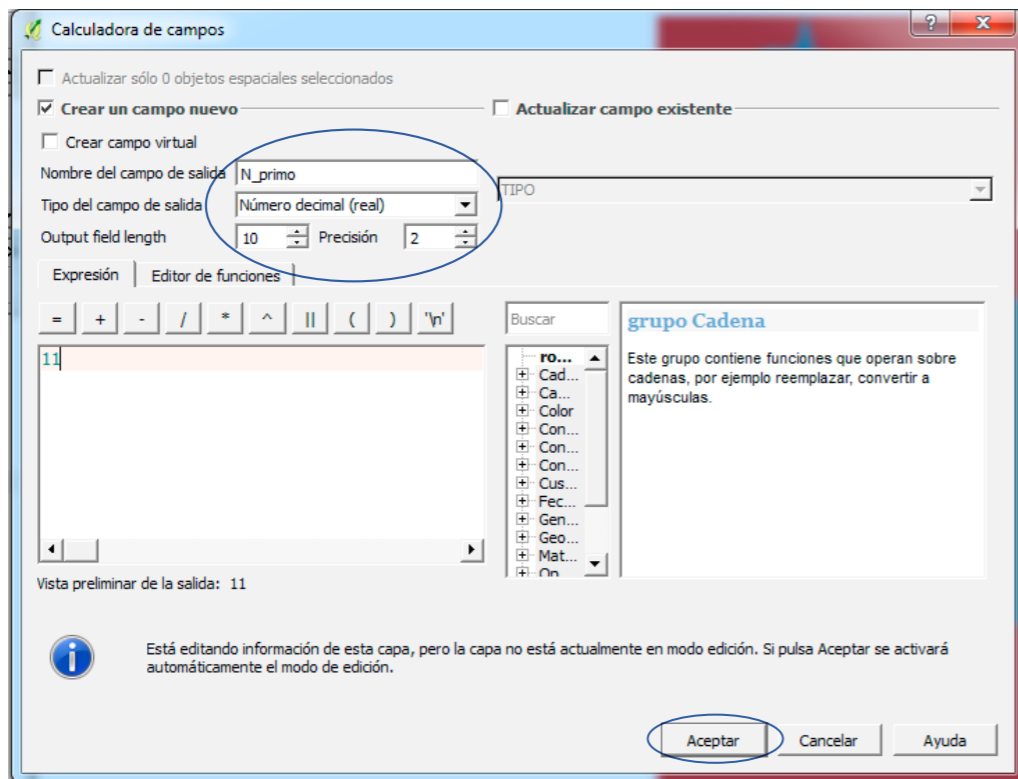
Cree un campo nuevo, de nombre "Tipo_suelo".

El tipo de salida es Texto y en el cuadro de Expresión, escriba 'C'.

Acepte.

Habrás generado un nuevo campo con la clasificación tipo C, según se ha comentado.

Abra de nuevo la **Calculadora de campos**.



De la misma forma, deberá generar otro campo que contenga el valor del número primo que le corresponde al suelo tipo C.

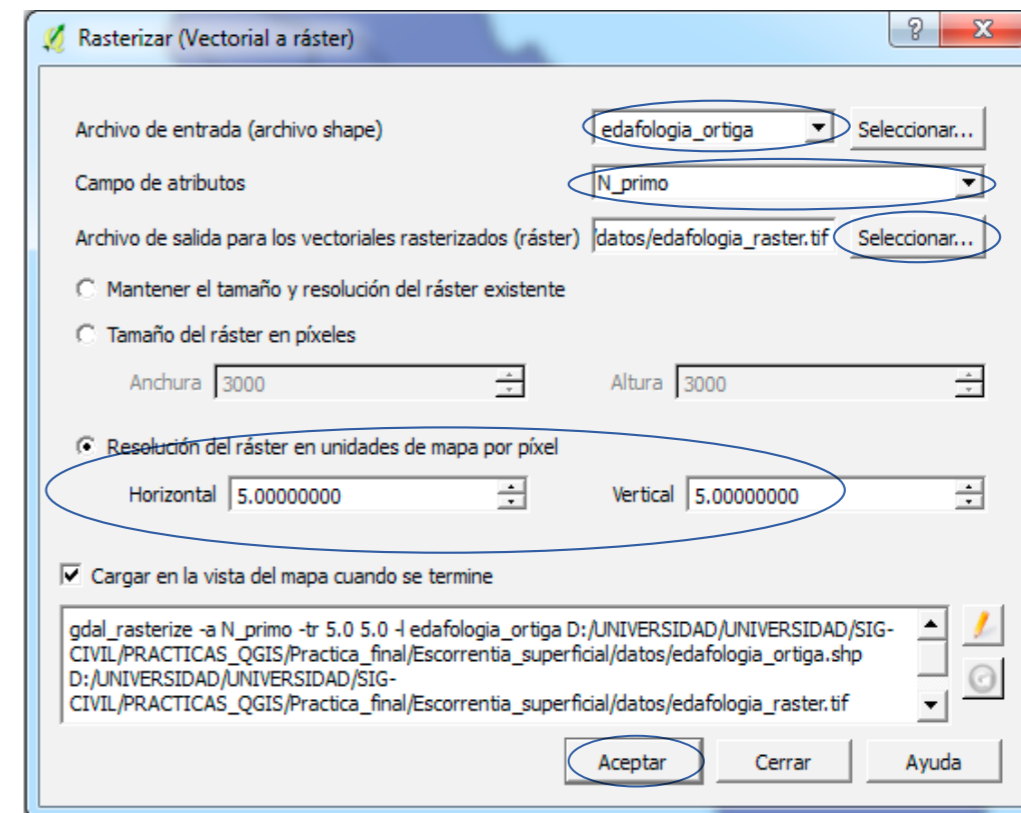
Como *Tipo de campo de salida*, elija Número decimal, seleccione en *Precisión* 2 cifras decimales (es necesario para que aparezca el atributo a la hora de rasterizar).

Según la tabla Excel, el suelo tipo C es el número primo 11.

Una vez guardado los cambios en la capa "edafología_ortiga", si abre la tabla de atributos podrá ver los dos nuevos campos creados.

	TIPO	UNIDAD	SUP_HA	Tipo_suelo	N_primo
1	Fluvisol calcárico ...	Fluvisol	159756.00000000...	C	11.00
2	Planosol eútrico (...)	Planosol	9366.200000000...	C	11.00
3	Calcisol háplico (Bk)	Calcisol	1836.930000000...	C	11.00
4	Calcisol háplico (Bk)	Calcisol	5565.710000000...	C	11.00
5	Regosol dístico (...)	Regosol	29453.40000000...	C	11.00

El siguiente paso será pasar la capa vectorial a ráster, para ello haga clic en el menú **Raster** → **Conversión** → **Rasterizar (vectorial a raster)**.



Como *Archivo de entrada*, elija la capa de edafología a rasterizar.

El atributo que va a usar para ello será el correspondiente al campo que contiene el número primo.

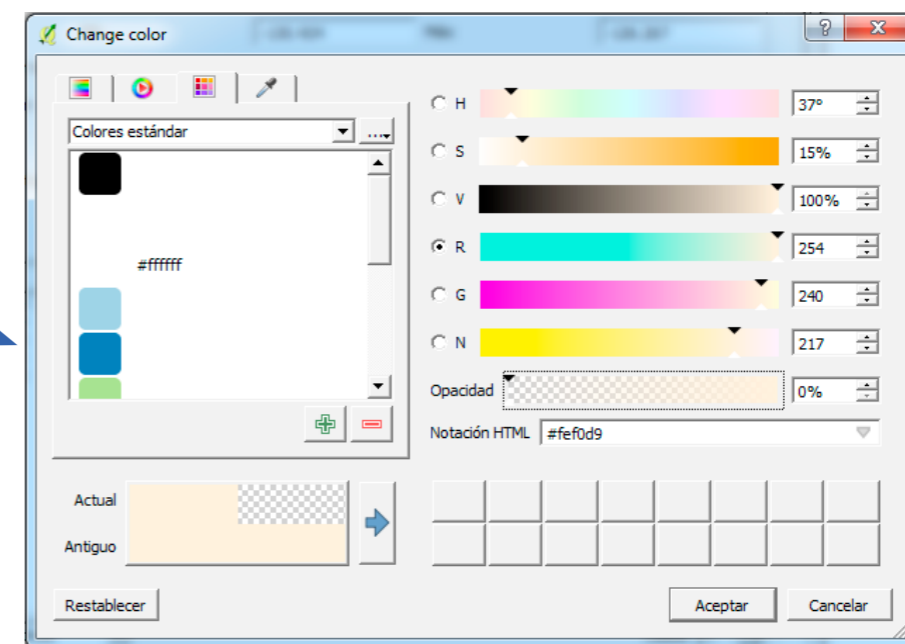
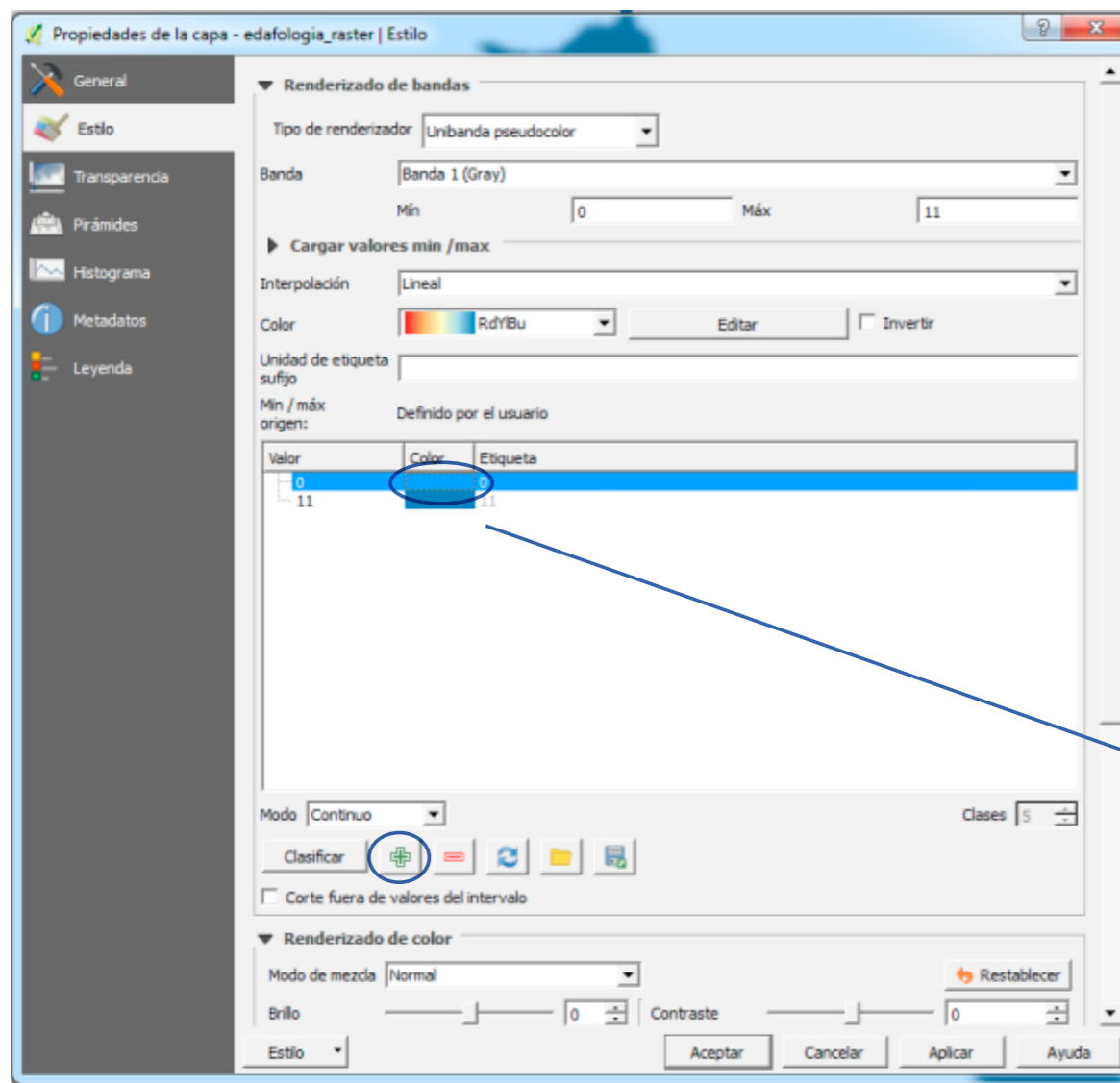
Seleccione un nombre para el ráster de salida.

Elija como resolución la misma que el MDP, en su caso 5m de tamaño pixel.

Acepte.

Para eliminar el color negro que aparece por defecto en los pixeles sin valor, haga clic en *Propiedades de la capa*. Seleccione Unibanda pseudocolor, y añada los dos intervalos únicos que tiene, uno para valor 0 y otro para valor 11.

En el que corresponde al valor 0, varíe su opacidad al 0%.



El último ráster a calcular es el relativo a usos del suelo. Éste debe estar generado en función del número primo que corresponda, según la tabla Excel, a cada tipo.

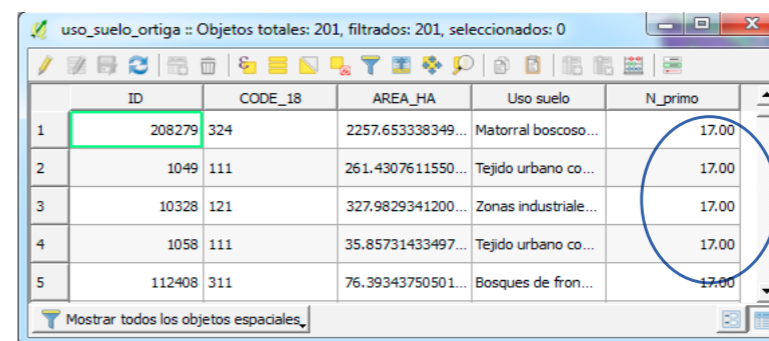
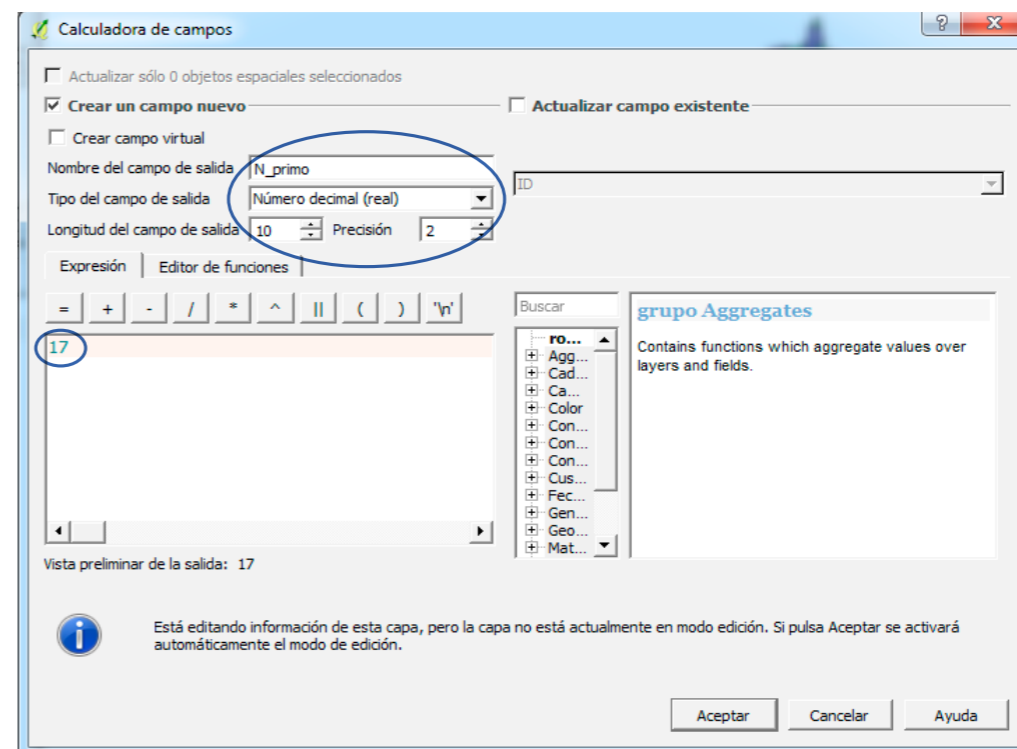
Para ello, en la capa vectorial “uso_suelo_ortiga”, deberá generar un nuevo campo, tal y como ya lo hizo en el caso anterior con los valores de los números primos por tipo de suelo.

El campo se denominará *N_primo* y recuerde que debe ser tipo decimal (real) y dos dígitos de precisión para que luego le permita rasterizar la capa con ese valor de atributo.

Variable	Nº primo
Pte <3%	2
Pte >=3%	3
Suelos Tipo A	5
Suelos Tipo B	7
Suelos Tipo C	11
Suelos Tipo D	13
111	17
112	19
121	23
131	29
211	31
212	37
213	41
221	43
223	47
231	53
242	59
243	61
244	67
311	71
312	73
321	79
323	83
324	89
511	97
512	101

Como valor del campo, elija por ejemplo el número primo correspondiente al código 111, en este caso el 17.

Posteriormente irá seleccionando cada grupo de elemento e irá cambiando su valor al que corresponde según la tabla Excel.

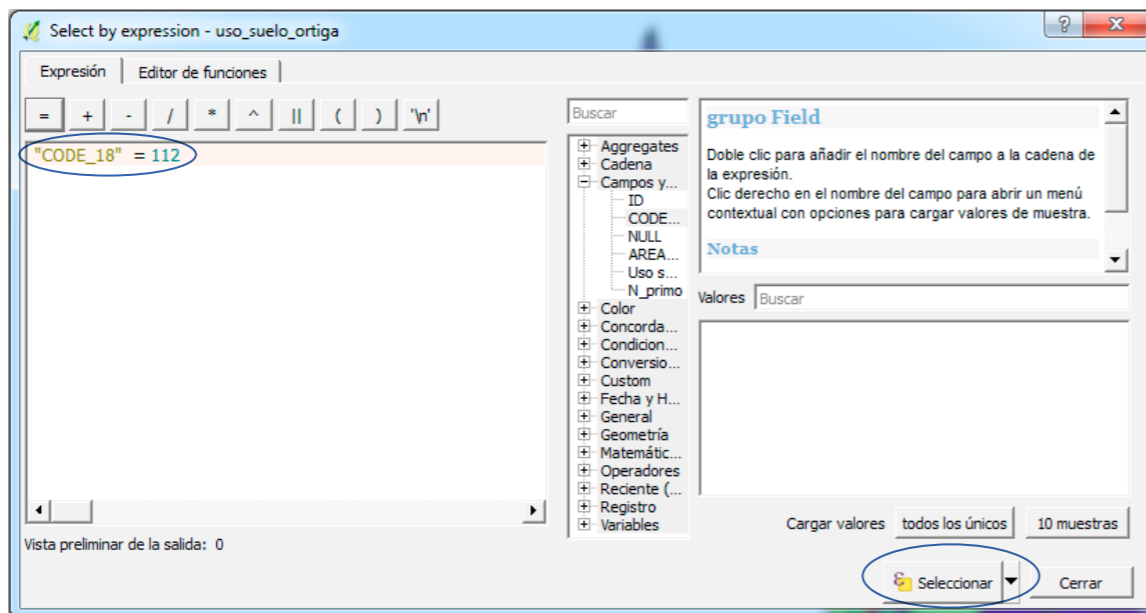


La adecuación de los valores originales al real puede hacerse de varias formas, aquí se va a presentar una de ellas, pero el lector puede realizarlo como mejor le convenga.

Haga clic en el icono **Seleccionar objetos espaciales usando una expresión**.

Seleccione aquellos que corresponden al segundo código 112.

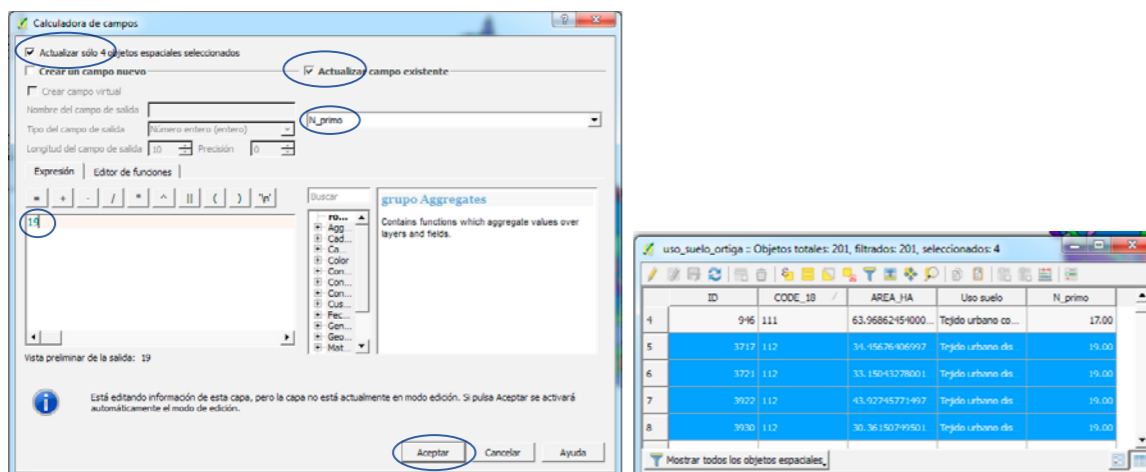
Haga clic en *Seleccionar*.



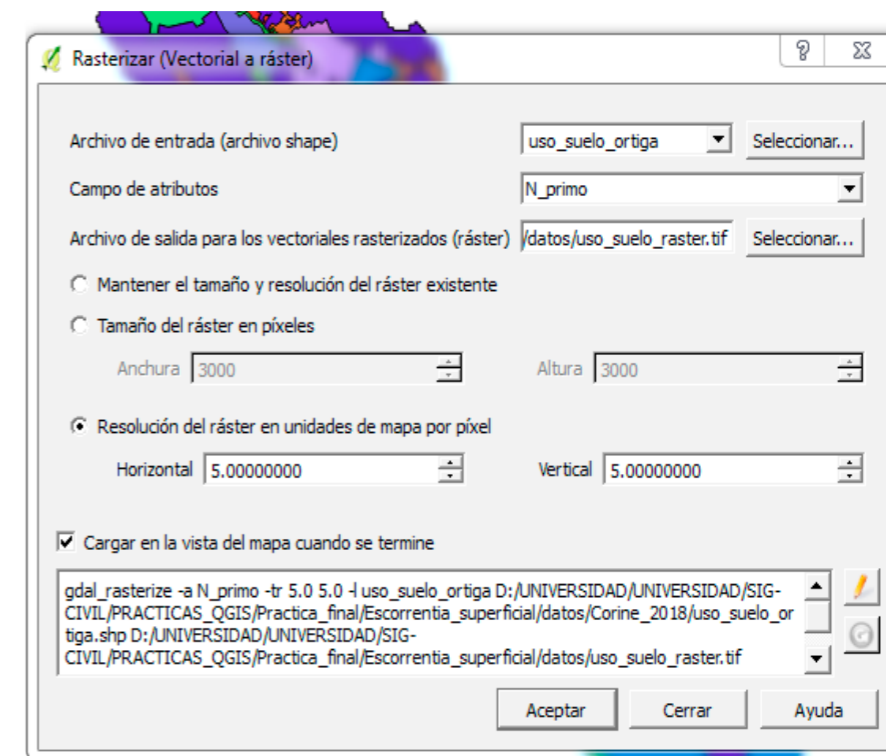
Una vez seleccionados, desde la **Calculadora de campos** actualice el campo *N_primo* al número que le ha sido asignado, en este caso 19.

Acepte.

Deberá repetir este proceso con los distintos usos de suelo, es decir, con cada elemento del campo *CODE_18*, hasta conseguir tener cada grupo de elementos con su número primo correspondiente.



Al ser una capa vectorial, deberá convertirla a ráster, este paso lo debe realizar de la misma forma que lo hizo con la capa vectorial de tipo de suelo, **Ráster** → **Conversión** → **rasterizar (vectorial a ráster)**.



Rellene los campos, como ya realizó anteriormente y genere el nuevo ráster.

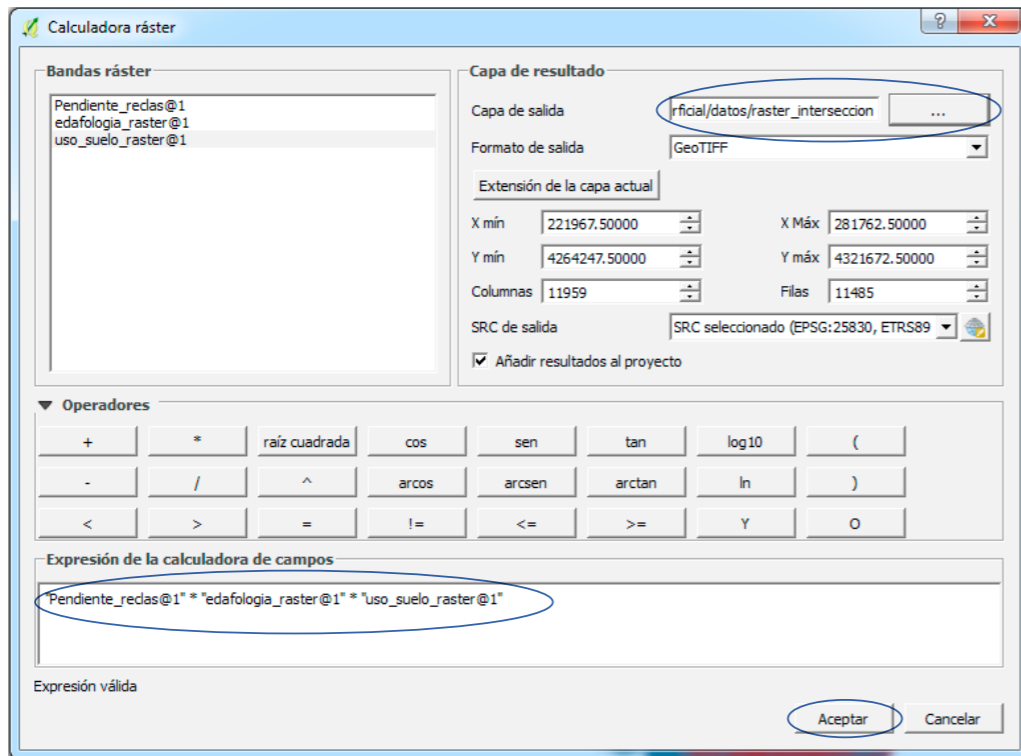
Puede denominarlo *uso_suelo_raster.tif*.

Acepte.

Una vez que ha generado los mapas ráster, se va a realizar la intersección de los tres para buscar los valores únicos de cada posible combinación. Para posteriormente asignarle su valor CN.

	Resultados de productos de numeros primos				Valor de Po según la norma 5.2- I.C Drenaje Superficial				Calculo de CN según formula CN= 25400/(254+(Po/0.2))			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
111 Pte <3%	170	238	374	442	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
111 Pte >=3%	255	357	561	663	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
112 Pte <3%	190	266	418	494	24	14	8	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
112 Pte >=3%	285	399	627	741	24	14	8	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
121 Pte <3%	230	322	506	598	6	4	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
121 Pte >=3%	345	483	759	897	6	4	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
131 Pte <3%	290	406	638	754	16	9	6	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
131 Pte >=3%	435	609	957	1131	16	9	6	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
211 Pte <3%	310	434	682	806	34	21	14	12	59.9056604	70.7520891	78.3950617	80.8917197
211 Pte >=3%	465	651	1023	1209	29	17	10	8	63.6591479	74.9262537	83.5526316	86.3945578
212 Pte <3%	370	518	814	962	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
212 Pte >=3%	555	777	1221	1443	37	20	12	9	57.8587699	71.7514124	80.8917197	84.9498328
213 Pte <3%	410	574	902	1066	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
213 Pte >=3%	615	861	1353	1599	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
221 Pte <3%	430	602	946	1118	75	34	19	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
221 Pte >=3%	645	903	1419	1677	62	28	15	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
223 Pte <3%	470	658	1034	1222	75	34	19	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
223 Pte >=3%	705	987	1551	1833	62	28	15	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
231 Pte <3%	530	742	1166	1378	120	55	22	14	29.7423888	48.0151229	69.7802198	78.3950617

La obtención del mapa ráster resultado lo realizará mediante la utilización de la **Calculadora ráster**, puede acceder a ella desde el menú **Ráster** → **Calculadora ráster**.

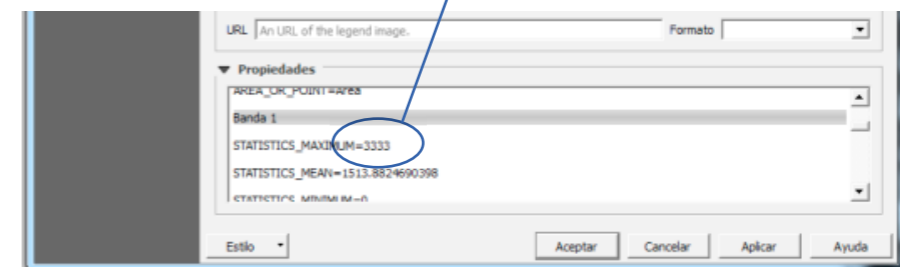


Escriba la multiplicación de los tres mapas en el cuadro de **Expresión de la calculadora de campos**.

Como capa de salida, puede llamarla **raster_interseccion.tif**.

Acepte.

312 Pte <3%	730	1022	1606	1898
312 Pte >=3%	1095	1533	2409	2847
321 Pte <3%	790	1106	1738	2054
321 Pte >=3%	1185	1659	2607	3081
323 Pte <3%	830	1162	1826	2158
323 Pte >=3%	1245	1743	2739	3237
324 Pte <3%	890	1246	1958	2314
324 Pte >=3%	1335	1869	2937	3471
511 Pte <3%	970	1358	2134	2522
511 Pte >=3%	1455	2037	3201	3783
512 Pte <3%	1010	1414	2222	2626
512 Pte >=3%	1515	2121	3333	3939



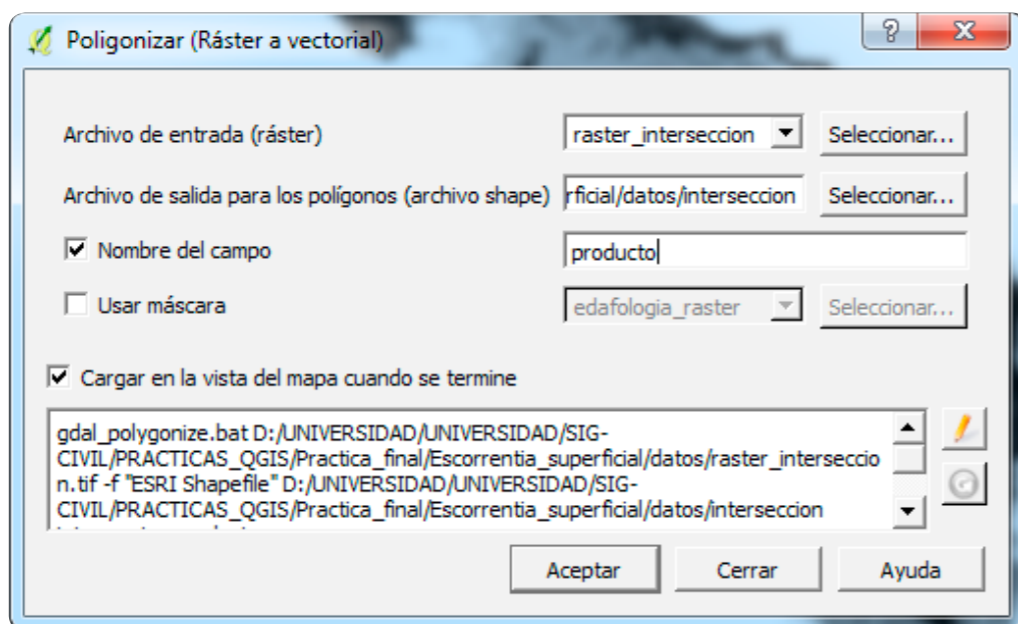
Si observa las propiedades de la capa resultante, en los metadatos podrá ver que el valor máximo corresponde a 3.333.

Este valor se corresponde con la tabla Excel que contiene las posibles combinaciones. Podrá observar que el último valor no aparece, esto es debido a que este valor correspondería a un suelo tipo D, que no tiene representatividad en la cuenca objeto de estudio.

Para poder asignar el valor de CN que le corresponde, deberá primero vectorizar a tipo polígono el ráster intersección.

Desde el menú **Raster** → **Conversión** → **Poligonizar (ráster a vectorial)**.

El archivo de entrada será *ráster_interseccion*.



Escriba un nombre para el archivo shape resultante, así como un nombre del campo que contenga el valor que le corresponde en el archivo ráster.

Acepte.

En el archivo vectorial obtenido, podrá observar que existen valores con 0 que no debería existir. Si observa, la gran mayoría de ellos corresponden a los márgenes de la cuenca.

El último paso, corresponderá a la unión de los números de curva. Esta asociación la tiene en la tercera hoja del archivo Excel.

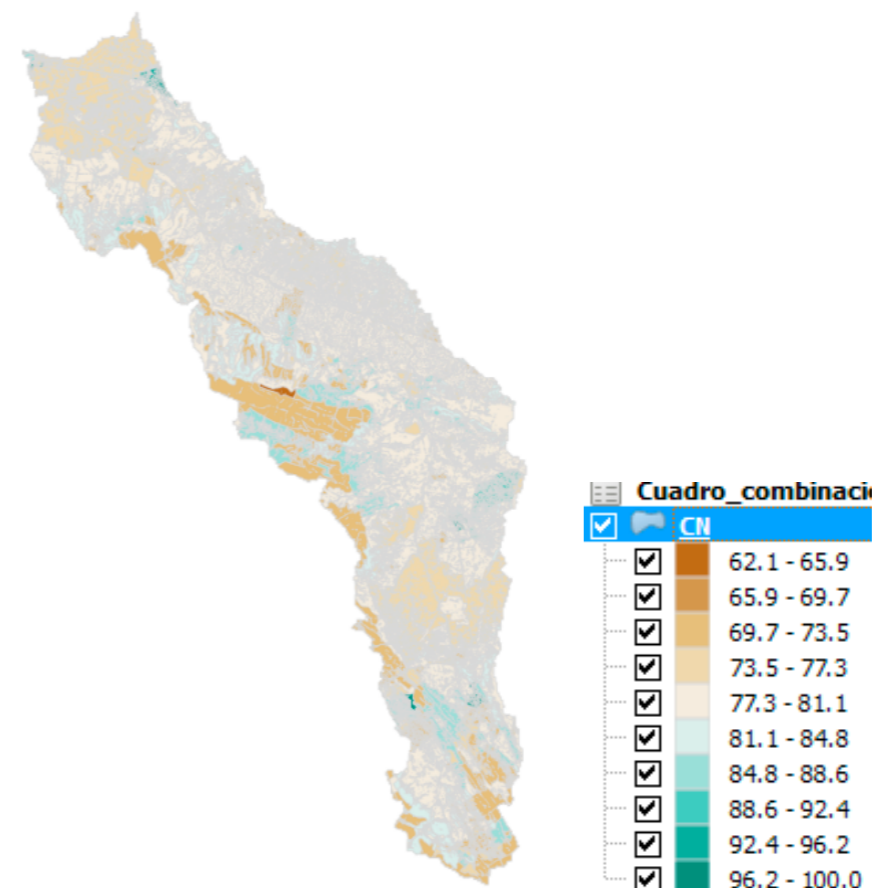
Aparece cada valor del producto con su CN correspondiente.

Arrastre el archivo Excel de la práctica para añadir la capa al canvas, seleccione solo la capa *Relacion* para añadir.

Genere la unión a la capa "interseccion.shp", y obtendrá la capa vectorial con el campo CN añadido, para consolidar esta unión recuerde hacer un **Guarda como**, el nombre de la nueva capa vectorial puede ser "CN.shp".

Se presenta el mapa con los valores de CN mediante una leyenda graduada con 10 intervalos iguales.

El lector podrá adecuarlo a su gusto.



Cálculo del Balance Hídrico de la cuenca

Objetivo: en esta última práctica el lector hallará el balance hídrico de la cuenca del río ortiga. El balance hídrico se refiere al equilibrio de volúmenes o recursos hídricos dentro de un sistema, es decir, la variación de los recursos hídricos será el resultado de los recursos que entran al sistema (precipitación), los que salen del mismo (evapotranspiración y escorrentía) y los acumulados (aguas subterráneas y superficiales). La ecuación de conservación de masas en un cierto intervalo de tiempo se expresaría como: $BH = \text{Precipitación} - EPT - Q$ (Escorrentía).

De estos términos, se dará como datos el mapa de isoyetas del mes junio de 2018 (precipitación). Su cálculo se puede realizar de la misma forma como se generó el mapa de isotermas en el proceso del cálculo de la EPT.

El valor de escorrentía depende de la precipitación y del CN (calculado en la práctica anterior). Por último, la EPT también ha sido calculada anteriormente.

Datos: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa vectorial de la cuenca "cuenca_ortiga_25830".
- Capa vectorial con el valor de CN para la cuenca "CN".

- Capa ráster con el mapa de EPT del mes de junio de 2018 "ETP_Tho".
- Capa ráster con el mapa de isoyetas del mes de junio de 2018 "pluvio_ortiga.TIFF".

8.1. Desarrollo práctico del proceso.

Abra QGIS estableciendo como sistema de referencia el EPSG: 25830. Añada las capas que aparecen en la carpeta de la práctica.

Antes de aplicar la fórmula vista en el epígrafe Objetivo, deberá obtener el ráster con los valores de escorrentía, este último lo conseguirá aplicando la fórmula:

$Q = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$, donde el valor de S (capacidad de retención potencial máxima) depende de CN mediante la ecuación:

$$S = (25\ 400 / CN) - 254$$

Como podrá observar necesita pasar la capa vectorial "CN" a capa ráster. Este proceso de rasterización lo realizo en la práctica anterior varias veces, puede ejecutarlo desde el menú **Raster** → **Conversión** → **Rasterizar**

Deberá elegir el archivo a rasterizar, así como el campo de atributo a usar para ello.

Seleccione un nombre como archivo ráster de salida y una resolución de 5m.

Acepte.

Rasterizar (Vectorial a ráster)

Archivo de entrada (archivo shape): CN [Seleccionar...]

Campo de atributos: Cuadro_com

Archivo de salida para los vectoriales rasterizados (ráster): raster_CN_ortiga.tif [Seleccionar...]

Mantener el tamaño y resolución del ráster existente

Tamaño del ráster en píxeles

Anchura: 3000 Altura: 3000

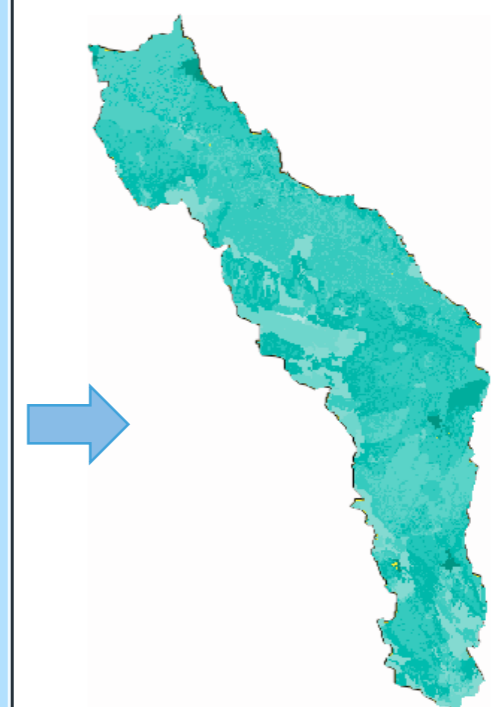
Resolución del ráster en unidades de mapa por píxel

Horizontal: 5.00000000 Vertical: 5.00000000

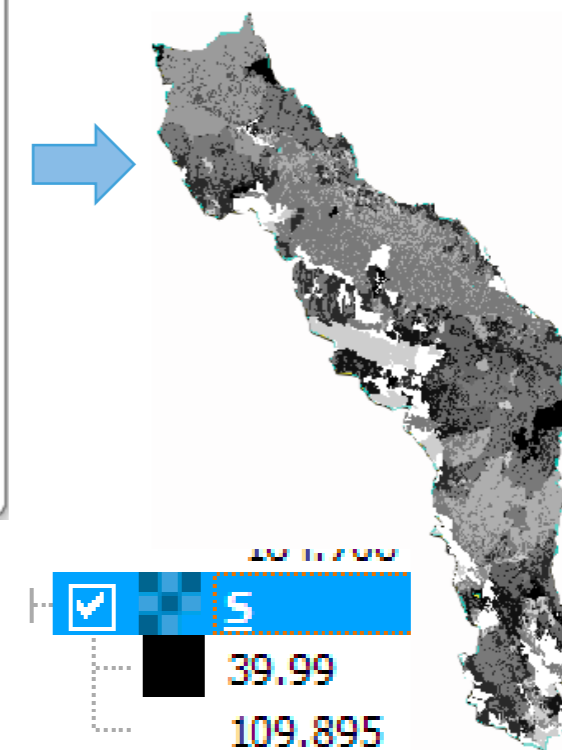
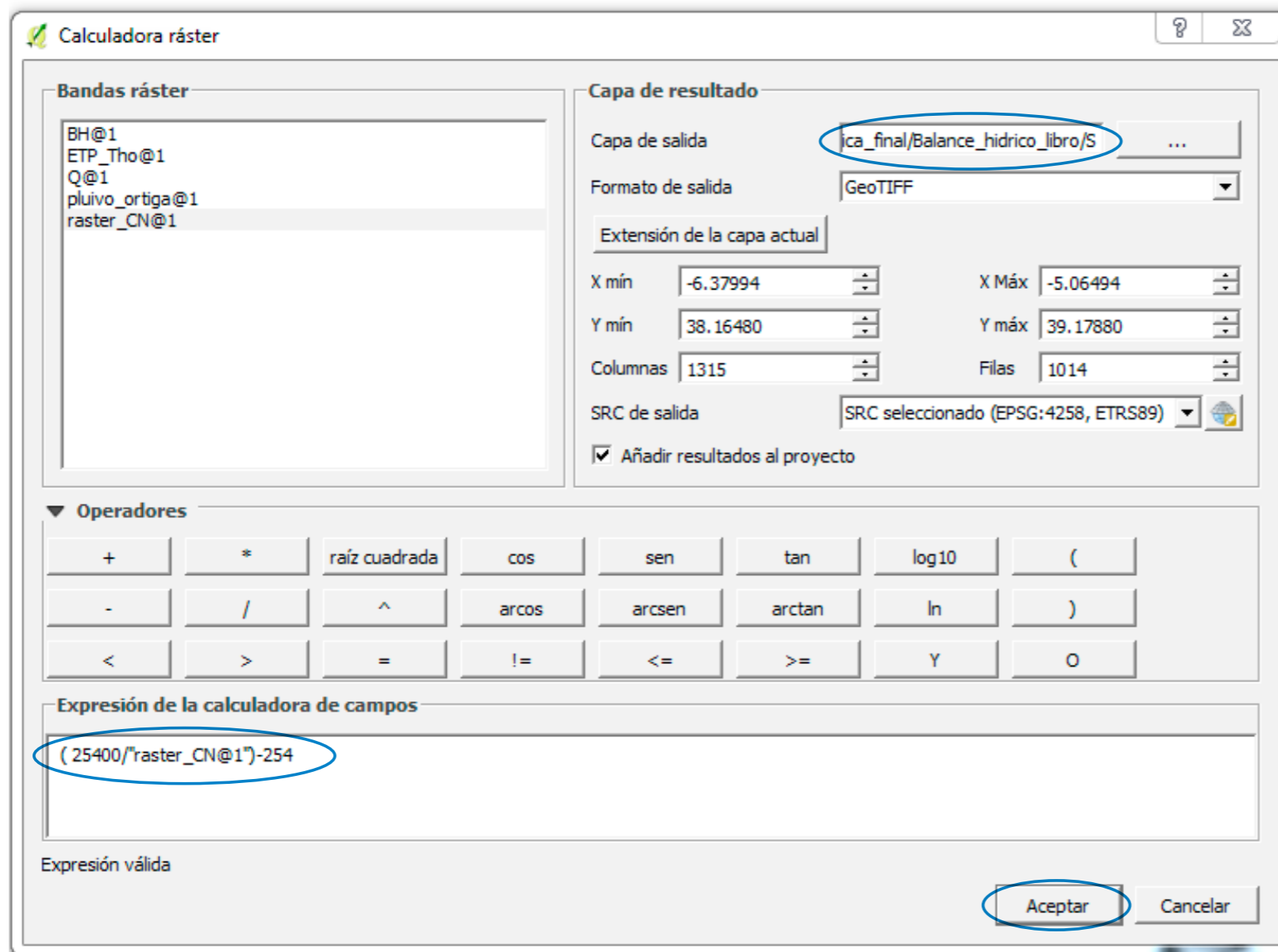
Cargar en la vista del mapa cuando se termine

```
gdal_rasterize -a Cuadro_com -tr 5.0 5.0 -f CN D:/UNIVERSIDAD/UNIVERSIDAD/SIG-CIVIL/PRACTICAS_QGIS/Practica_final/Escurrentia_superficial/datos/CN.shp
D:/UNIVERSIDAD/UNIVERSIDAD/SIG-CIVIL/PRACTICAS_QGIS/Practica_final/Escurrentia_superficial/datos/raster_CN_ortiga.ti
```

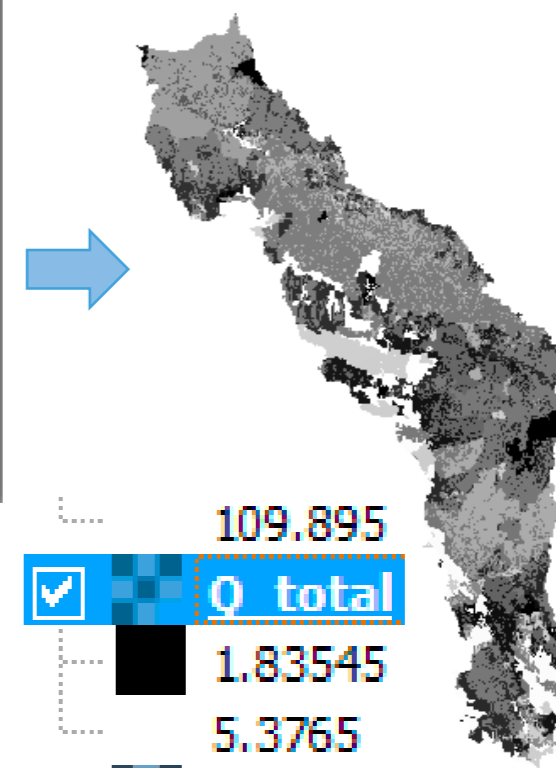
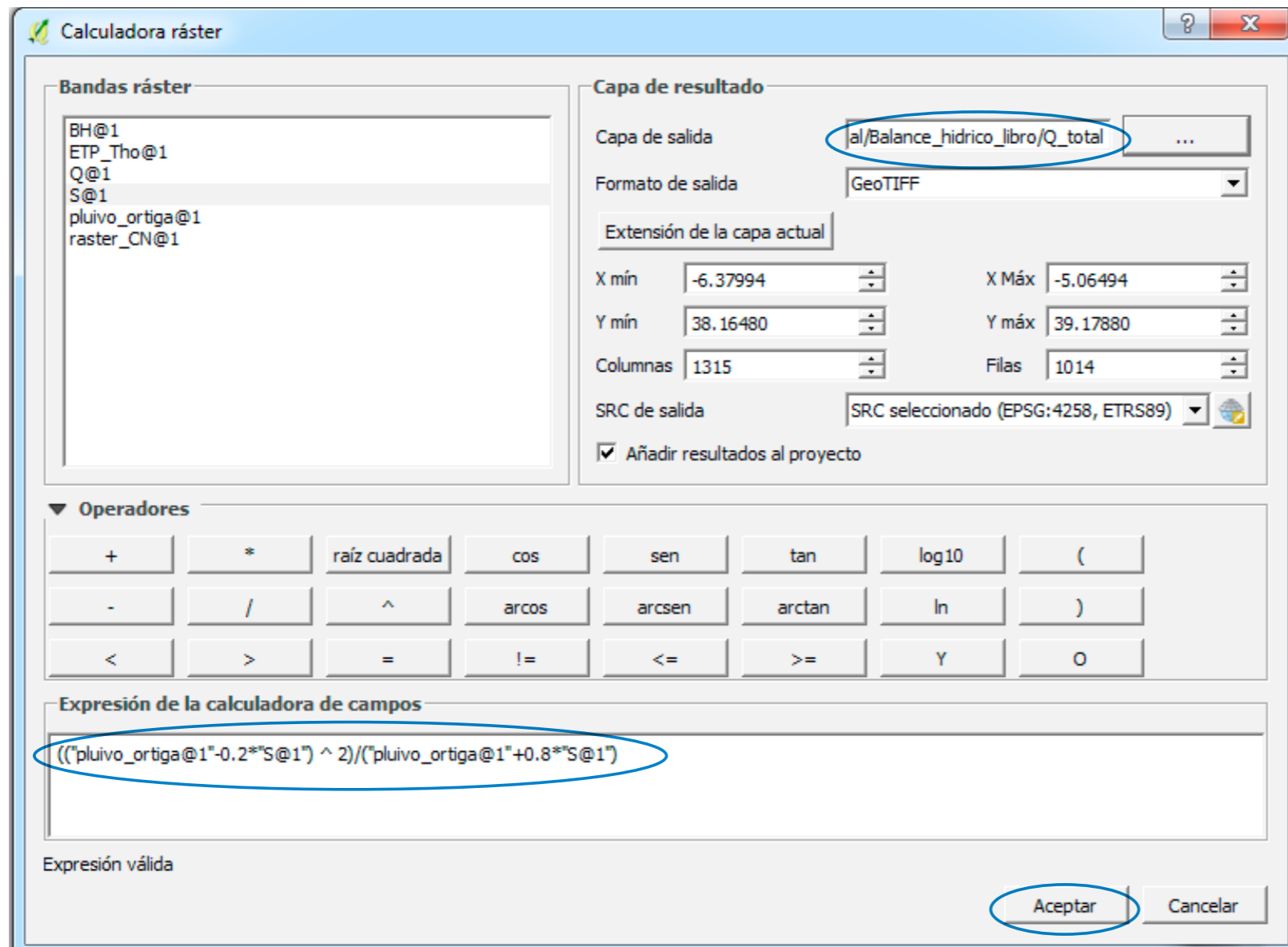
[Aceptar] [Cerrar] [Ayuda]



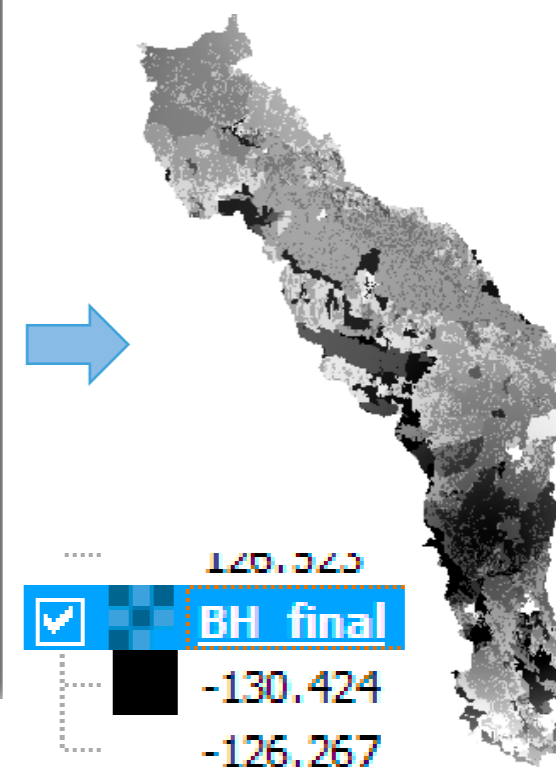
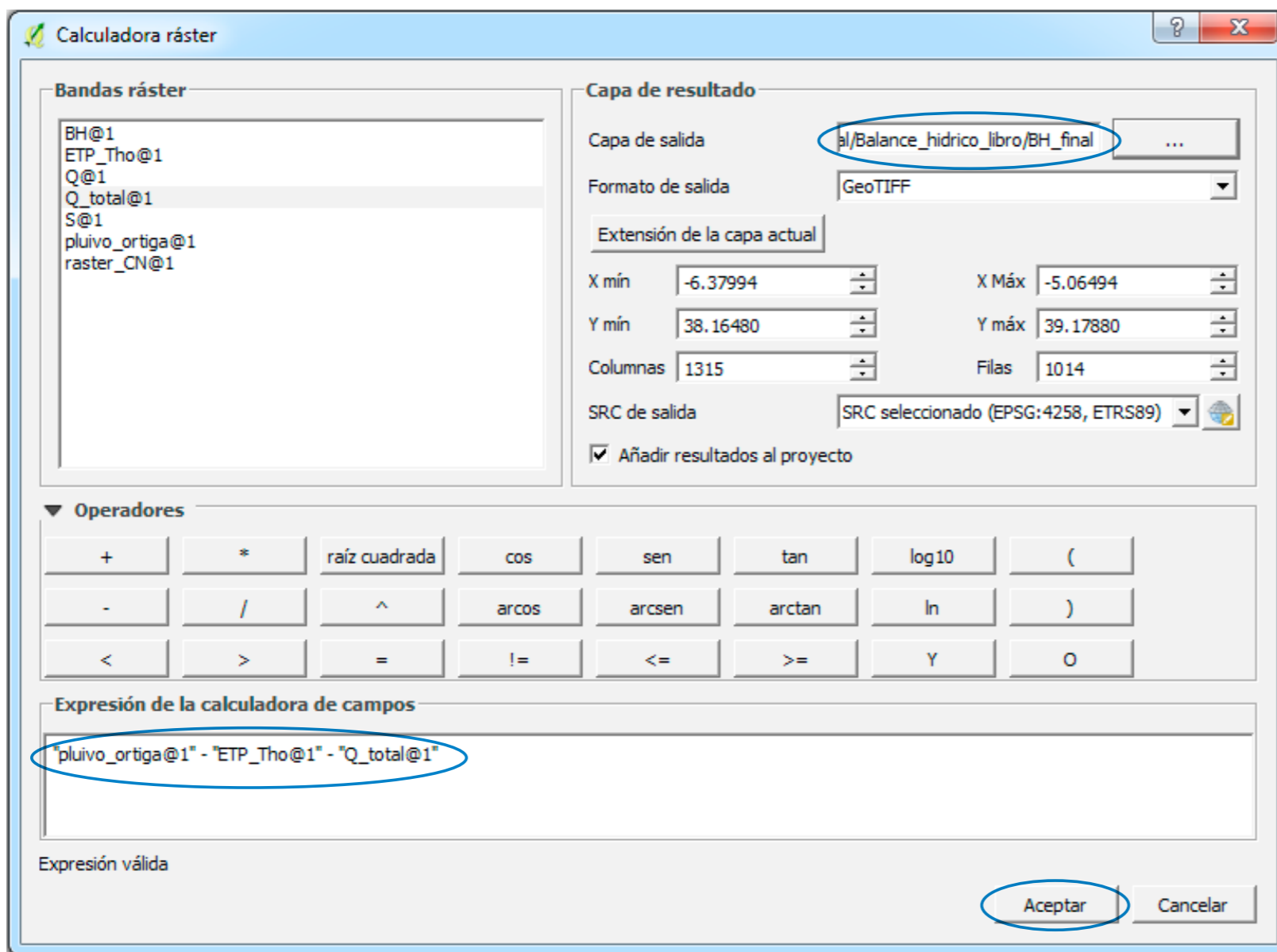
Abra la calculadora ráster para hallar el valor **S**. Escriba las variables de la fórmula a aplicar.



Una vez obtenido S, podrá hallar el valor de escorrentía total (**Q**).



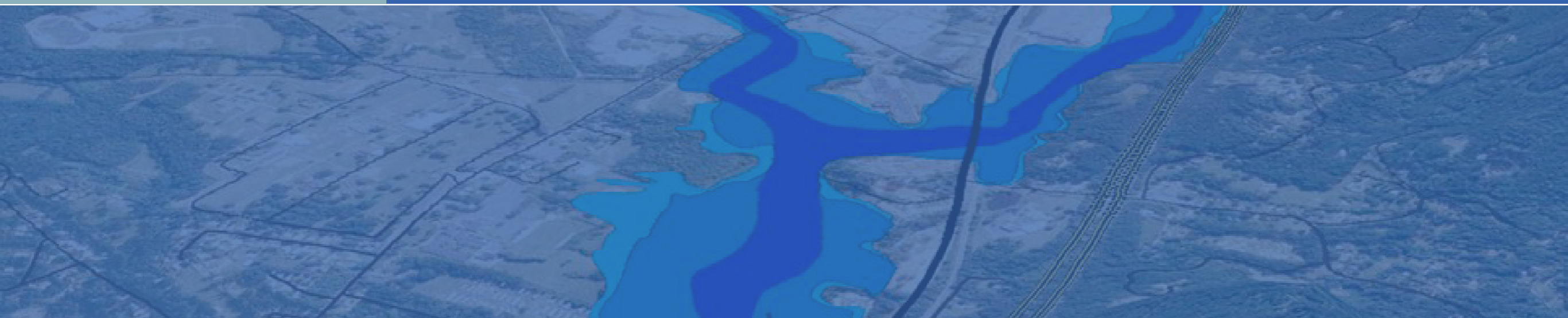
Por último el Balance Hídrico, lo obtendrá restando al ráster de precipitaciones, el ráster de EPT y el ráster de escorrentía total.



Como cabía esperar los valores son negativos, debido a que se pierde mucha más agua que se ingresa. Recuerde que el mes de estudio corresponde al mes de junio del año 2.018.



Bibliografía



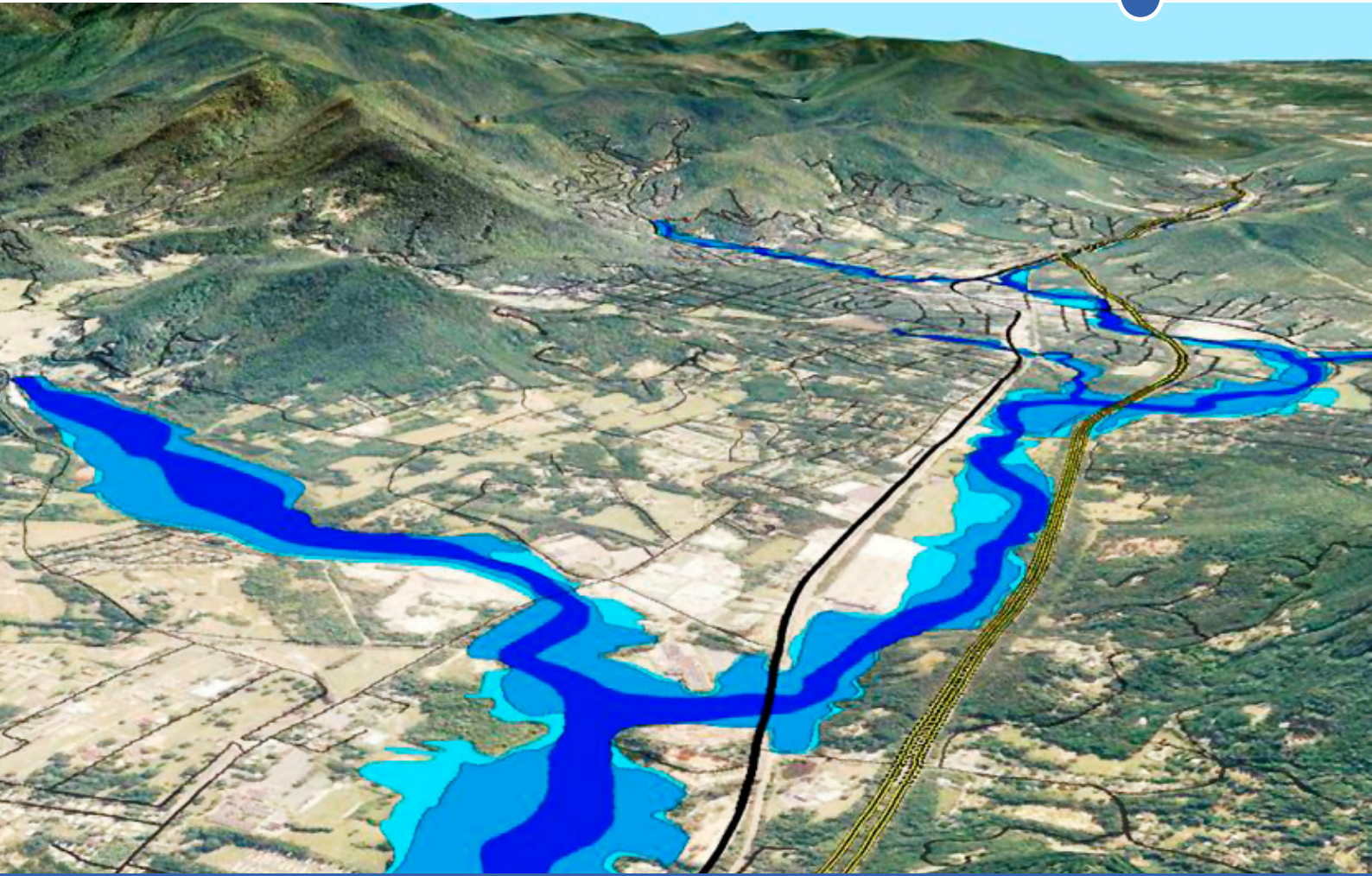
- ALMOROX, J. Métodos de estimación de las evapotranspiraciones. *UPM. ETSI Agrónomos*, 2.004. Disponible Online: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/evapotranspiraciones/metodosevapotranspiraciones.pdf>
- ALZATE VELASQUEZ, DIEGO FENANDO. *Análisis morfométrico de cuencas con QGIS*. [Consulta: 11-2018]. Disponible Online: <https://www.youtube.com/watch?v=PvKGYkFZ9Lo>
- CAMARASA BELMONTE, Ana María; LÓPEZ GARCÍA, María José; PASCUAL, J. A. Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía. 2.006. Disponible Online: http://www.age-geografia.es/tig/docs/XII_1/004%20-%20Camarasa%20et%20al.pdf
- CAMPOS CEDENO, ANTONIO. *Como determinar la precipitación media de una cuenca con ArcGis- Parte 4 de 4*. [Consulta: 10-2.018]. Disponible Online: <https://www.youtube.com/watch?v=kW-oQe7PEZg>
- CANCHARI, EDMUNDO. *Propiedades Morfométricas Cuenca Hidrográfica con ArcGIS 10*. [Consulta: 11-2018]. Disponible Online: https://www.youtube.com/watch?v=qmldnqtV_Do
- ESQUIVEL ARRIAGA, Gerardo, et al. Delimitación y análisis morfométrico de tres cuencas del Norte-Centro de Mexico. *Agrofaz*, 2015.
- FERRÉR, Montserrat; RODRÍGUEZ, Joaquín; ESTRELA, Teodoro. Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica. *Ingeniería del agua*, 1.995, vol. 2, núm. 4, 1995. Disponible Online: <http://www.ingenieriadelagua.com/2004/download/2-4%5Carticle3.pdf>
- FRAGOSO CAMPÓN, Laura. *Estimación de parámetros hidrológicos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica para el análisis de la escorrentía superficial generada en una cuenca*. 2016. Tesis de Maestría. Disponible Online: <http://dehesa.unex.es/handle/10662/3736>
- GIDAHATARI. GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA. ¿Cómo obtener el orden de una red de drenaje con SAGA GIS y QGIS?. [Consulta: 10-2018]. Disponible Online: <http://gidahatari.com/ih-es/como-obtener-el-orden-de-una-red-de-drenaje-con-saga-gis-y-qgis>
- I JULIÀ, Montserrat Ferrer. *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2003.
- INSTITUTO CARTOGRÁFICO VALENCIANO. *Transformación NTV2 para la Comunidad Valenciana con Quantum GIS (v 2.2.0 Valmiera)*. [Consulta:09-2018]. Disponible Online: http://icvficheros.icv.gva.es/ICV/geova/erva/Utilidades/INSTRUCCIONES_ETRS89/Cambio%20de%20Sistema%20de%20REFERENCIA%20con%20software%20QGIS_v2.2.0_V_W2.pdf
- MAPPINGGIS. *Como transformar de ED50 a ETRS89 en QGIS con ntv2*. [Consulta: 09-2018]. Disponible Online: <https://mappinggis.com/2015/03/como-transformar-de-ed50-a-etrs89-en-qgis-con-ntv2/>
- OLAYA, V. Hidrología computacional y modelos digitales del terreno. *Teoría, práctica y filosofía de una nueva forma de análisis hidrológico*, 2004.
- ORDEN, FOM. 298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento. *Boletín Oficial del Estado. Madrid, revisión de*, 2.016. Disponible Online: <https://www.fomento.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/07-drenaje>
- PÉREZ ROMERO, ANTONIO MIGUEL. *QGIS ED50 ETRS89 NTV2*. [Consulta: 10-2018].
- SAN ROMÁN, SÁNCHEZ; JAVIER, F. Calculo de la Precipitación Neta mediante el método del SCS Departamento de Geología-Univ. *Salamanca (España)*, 2.012. Disponible Online: http://hidrologia.usal.es/practicas/Pnetas_SCS/Pnetas_SCS_fundam.pdf
- SANTIAGO, I: *Tutorial Quantum Gis, 2.18 versión "Las Palmas de Gran Canaria"*. Oficina de Gerencia y Presupuesto de Puerto Rico, 2017.
- SOTO ESCOBAR, CARLOS. *Evapotranspiracion en ArcGis según método de Thornthwaite*. [Consulta:01-2.019]. Disponible Online: <https://www.youtube.com/watch?v=BczljYMN3oE>
- TÉMEZ PELÁEZ, J. R. *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. 1978.
- UNITED STATES. SOIL CONSERVATION SERVICE. *SCS National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1985.

RECURSOS ONLINE

- Agencia Estatal de Meteorología. Datos abiertos. http://www.aemet.es/es/datos_abiertos
- Geoportal IDEE. Infraestructuras de Datos Espaciales de Extremadura. Centro de descargas. <http://ideex.es/Geoportal/pages/ideex>
- Instituto Geográfico Nacional (IGN): Centro de Descargas. <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=SIOSE>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Descargas. <https://servicio.mapama.gob.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp>
- Ministerio de Fomento. Consejo Superior Geográfico. Infraestructura de Datos Espaciales de España. Directorio de servicios. https://www.idee.es/es_ES/web/guest/directorio-de-servicios
- REDAREX. Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura. Agrometeorología. http://redarexplus.gobex.es/RedarexPlus/index.php?modulo=agrometeorologia&pagina=index_datos.php&enlace=Agrometeorolog%EDa&camino=Datos%20diarios&rango=diarios
- SAIH del Guadiana. Datos Hidrológicos-Descarga de datos. <http://www.saihguadiana.com/>

M^a Alicia Antolín Salazar
José Antonio Gutiérrez Gallego

Libro de ejercicios de **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** aplicado al ámbito de la **Hidrología**



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA



Libro de ejercicios de Sistemas de
Información Geográfica (SIG) aplicado al
ámbito de la Hidrología

M^a Alicia Antolín Salazar
José Antonio Gutiérrez Gallego

Libro de ejercicios de Sistemas de
Información Geográfica (SIG) aplicado al
ámbito de la Hidrología



Cáceres 2020



© Los autores
© Universidad de Extremadura para esta 1ª edición

Esta obra ha sido objeto de una doble evaluación, una interna, llevada a cabo por el consejo asesor del Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, y otra externa, efectuada por evaluadores independientes de reconocido prestigio en el campo temático de la misma.

Edita:

Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones
C/ Caldereros, 2 - Planta 3ª. 10071 Cáceres (España).
Tel. 927 257 041 ; Fax 927 257 046
E-mail: publicac@unex.es
<http://www.unex.es/publicaciones>

I.S.B.N.: 978-84-09-15444-9.

Maquetación: Control P. 927 233 223. estudio@control-p.eu



PRÓLOGO

El objetivo del presente libro es reunir en un documento las prácticas que se han ido diseñando a lo largo de varios años en la especialidad de Hidrología del Grado de Ingeniería Civil que se imparte en la Escuela Politécnica de Cáceres (Universidad de Extremadura). Es necesario advertir al lector que con este libro no se pretende crear un manual de ningún programa concreto, sino recopilar un conjunto de procedimientos que ayuden a comprender el empleo de los sistemas de información geográfica en el ámbito de la Ingeniería Civil en general y de la Hidrología en particular.

El programa elegido para el desarrollo de las prácticas es QGIS, un software de código abierto y gratuito que permite la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y visualización de los datos geográficos.

Para facilitar la mejor comprensión de la información se ha dividido el libro en dos bloques, uno primero que introduce al usuario a QGIS mediante la realización de una serie de ejercicios generales y un segundo bloque con prácticas más específicas de la especialidad de hidrología.

Por último, agradecer a Laura Fragoso Campón su paciencia para resolver aquellas dudas de términos y conceptos de hidrología que tan amablemente solventó, así como a Elia Quirós Rosado por dedicar parte de su tan ocupado tiempo en leer este libro y aportar su ya conocida “meticulosidad”. Sin ellas este trabajo hubiera sido bastante más laborioso.

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	7
BLOQUE 1. PRÁCTICAS GENERALES CON QGIS	11
Práctica nº 1: Introducción a QGIS	13
Práctica nº 2: Trabajar con capas	23
Práctica nº 3: Generación de diferentes tipos de leyendas y mapas	37
Práctica nº 4: Diseño de mapas y su exportación a PDF.....	47
Práctica nº 5: Sistemas de referencia. Reproyectar	53
Práctica nº 6: Georreferenciación	67
Práctica nº 7: Digitalización.....	75
BLOQUE 2. PRÁCTICAS DE HIDROLOGÍA CON QGIS.....	85
Práctica nº 1: Generación de cuencas hidrológicas	87
Práctica nº 2: Obtención de la orden de corrientes (Horton y Strahler) de una red de drenaje.....	101
Práctica nº 3: Análisis morfométrico de una cuenca.....	105
Práctica nº 4: Cálculo de la precipitación media de una cuenca	123
Práctica nº 5: Generación de mapas de isoyetas	131
Práctica nº 6: Cálculo de Evapotranspiración Potencial según Thornthwaite.....	135
Práctica nº 7: Cálculo del mapa Número de Curva (CN).....	143
Práctica nº 8: Calculo del Balance Hídrico de la cuenca	159
BIBLIOGRAFÍA.....	163
RECURSOS ONLINE.....	165

BLOQUE 1

Prácticas generales con QGIS

PRÁCTICA N° 1

INTRODUCCIÓN A QGIS

OBJETIVO: introducir al lector en el programa QGIS a través de una descripción pormenorizada de su interface gráfico. Para alcanzar su objetivo previsto se trabajará con información y documentos previamente generados, como proyectos y capas espaciales.

Al mismo tiempo, se pretende enseñar a inspeccionar las propiedades de los atributos asociados a la información espacial.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Proyecto “Area_Metropolitana.qgs”
- Proyecto “España.qgs”
- Capa vectorial “ciudades.shp”
- Capa vectorial “latlong.shp”
- Capa vectorial “provincias.shp”

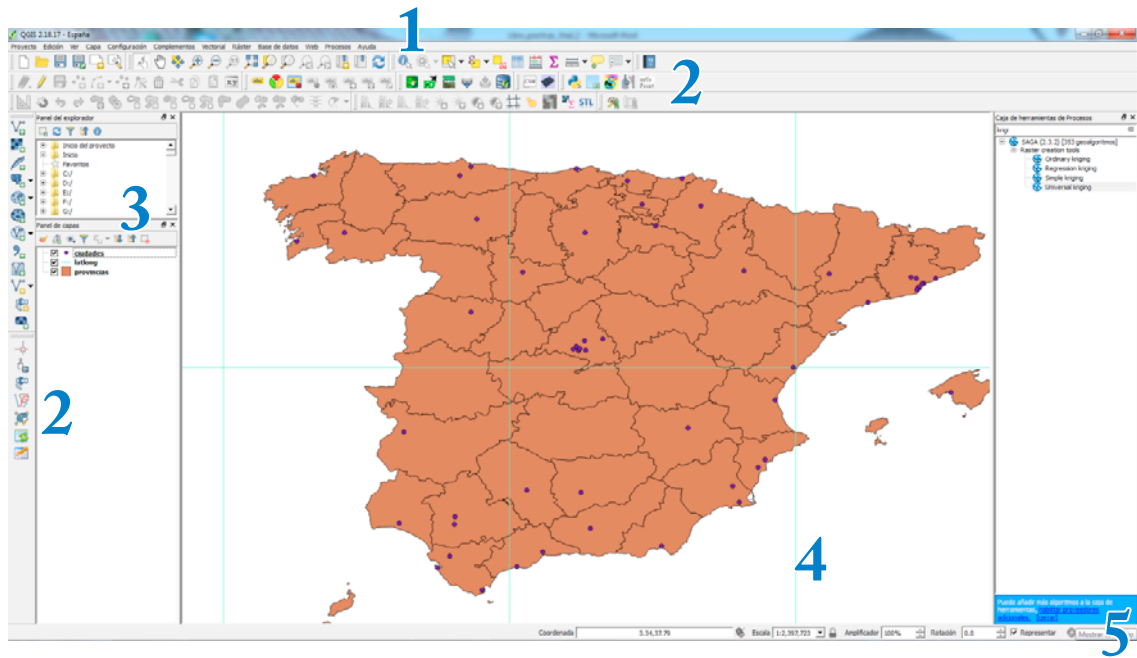
DESARROLLO:

1.1. INTERFACE EN QGIS.

El Interface Gráfico de QGIS en su versión 2.18, se puede dividir en 5 zonas de trabajo:


- Zona n°1: Barra de menú.
- Zonas n°2: Barra de herramientas.
- Zona n°3: Paneles.
- Zona n°4: Canvas o Vista del mapa.
- Zona n°5: Barra de estado.

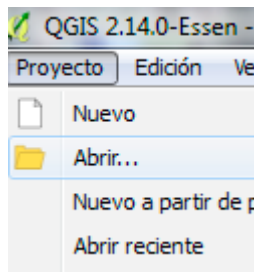
Las Barras de herramientas y los Paneles puede activarlos y desactivarlos mediante el menú *Ver* → *Barra de herramientas* o *Ver* → *Paneles*. La zona reservada a la Barra de estado, le proporcionará entre otros, información sobre la escala de visualización, coordenadas de la zona de trabajo, así como el sistema de referencia del proyecto.



Interface Gráfico de QGIS 2.18.

1.2. ABRIR UN PROYECTO E INSPECCIONAR SUS CAPAS.

Antes de poder empezar con la práctica deberá abrir el programa, para ello, haga clic dos veces en el icono que aparece en el escritorio . Una vez abierto desde el menú desplegable seleccione **Proyecto** y elija **Abrir**.

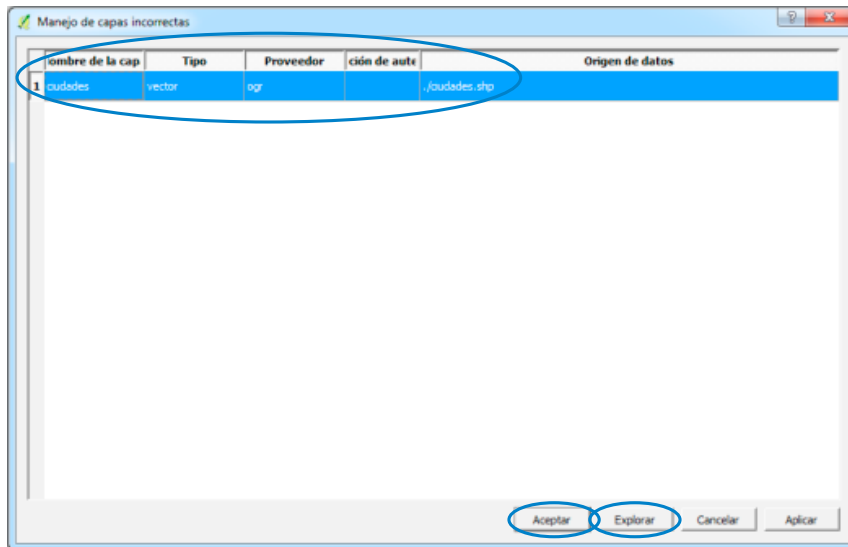


Navegue por el cuadro de diálogo y vaya al directorio donde está el “Ejercicio_1”.

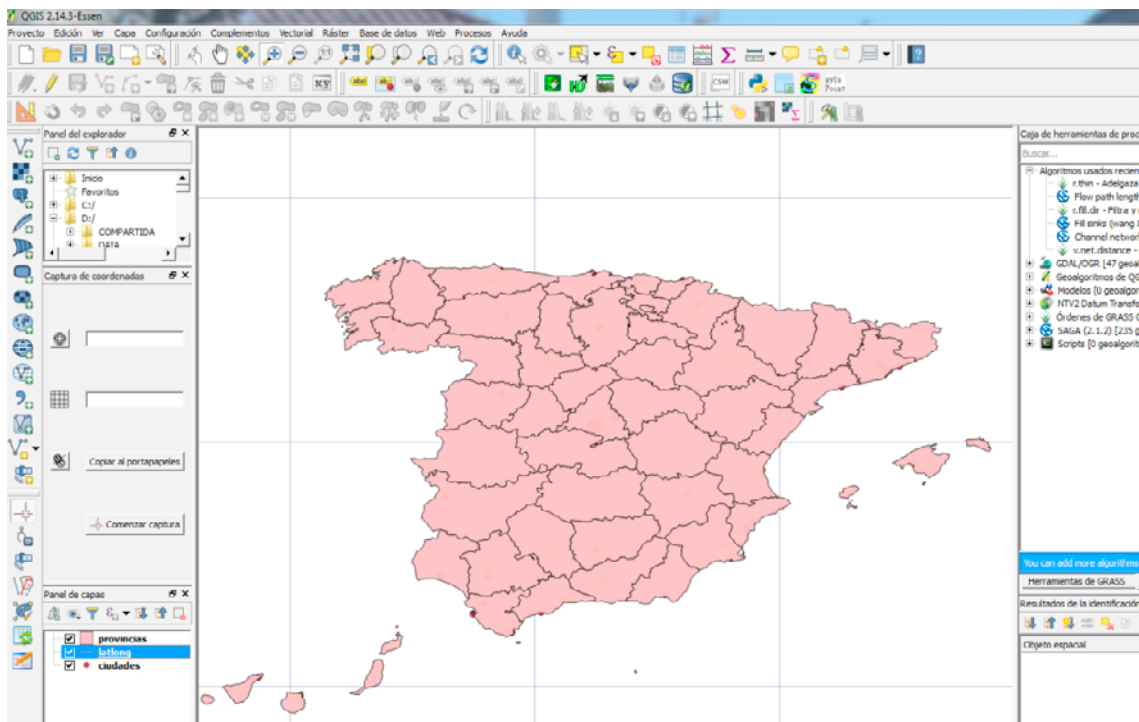
Para abrir el proyecto seleccione el proyecto “España.qgs”, a continuación haga clic sobre **Abrir**.

Tenga en cuenta que probablemente sea necesario reparar el proyecto, es decir, indicar donde se encuentra la información a partir de la cual se ha elaborado (esto ocurre porque se ha movido el archivo “.qgs” y los datos, desde el ordenador original al ordenador desde el que está trabajando).

En este caso le saldrá una ventana informativa indicándole que introduzca la ruta nueva de las diferentes capas que conforman el proyecto, para ello, pulse sobre el botón **Explorar**, se le abrirá el buscador de Windows donde deberá navegar hasta seleccionar la nueva ubicación de la capa y acepte. Una vez haya localizado todas las capas mal ubicadas pulse sobre el botón **Aplicar**.



Cuando el proyecto se abra, aparecerá una ventana de este tipo:




En el proyecto hay tres capas: las capas “Lat/Long”, “Provincias” y la capa “Ciudades”.


La capa “Ciudades” aparece en el canvas (espacio para visualizar los geodatos), pero no se puede visualizar debido a que la capa “Provincias” la tapa.

Cambie el orden de visualización de forma que la capa “Ciudades” se dibuje sobre las otras. En el “Panel de capas” coloque el cursor sobre la capa “Ciudades” (en cualquier parte del área resaltada). Ahora haga clic y arrastre la capa a la parte superior del “Panel de capas”. Suelte el botón del ratón para insertar la capa de nuevo en la lista. Como podrá comprobar las ciudades están visibles en la vista.

1.3. INSPECCIONAR UN MAPA CON LAS HERRAMIENTAS ZOOM E IDENTIFICAR.

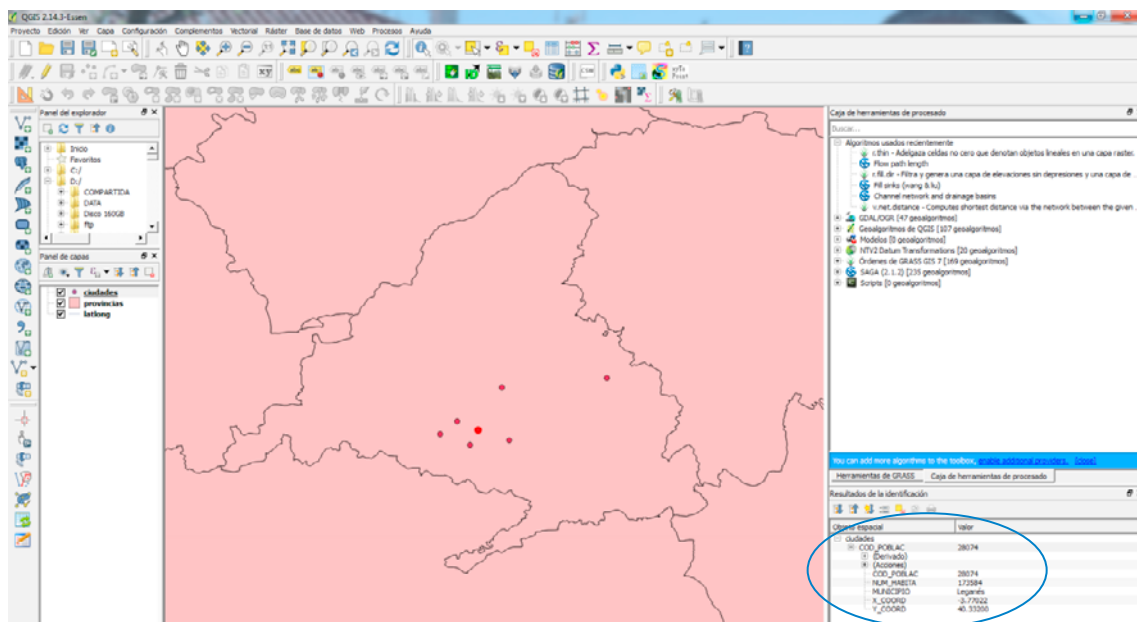
Cada punto representa a una ciudad cuya población es igual o superior a cien mil habitantes. Muchas de ellas están en la Comunidad Autónoma de Madrid pero a esta escala, son difícilmente distinguibles unas de otras. Para poder inspeccionar una zona con mayor detalle puede utilizar la herramienta *Acercar Zoom* en el área que quiera inspeccionar. Esto lo consigue haciendo clic sobre la herramienta *Zoom más* .


Haga clic (sin soltar el botón del ratón) en el noroeste de la provincia de Madrid y a continuación arrastre el ratón para dibujar una ventana de zoom que englobe toda la provincia. Cuando suelte el botón del ratón, la vista se redibujará mostrando toda la provincia.

La vista acerca el zoom sobre Madrid y ahora las ciudades se distinguen claramente. En la vista aparecen las ciudades de Madrid y Alcalá de Henares claramente identificadas por su posición. Para conocer qué ciudad representa cada punto, puede utilizar la herramienta *Identificar objetos espaciales* .

Haga clic sobre ella. Podrá observar como el cursor cambia de aspecto al situarse sobre la vista. Seleccione cualquier ciudad para identificarla.

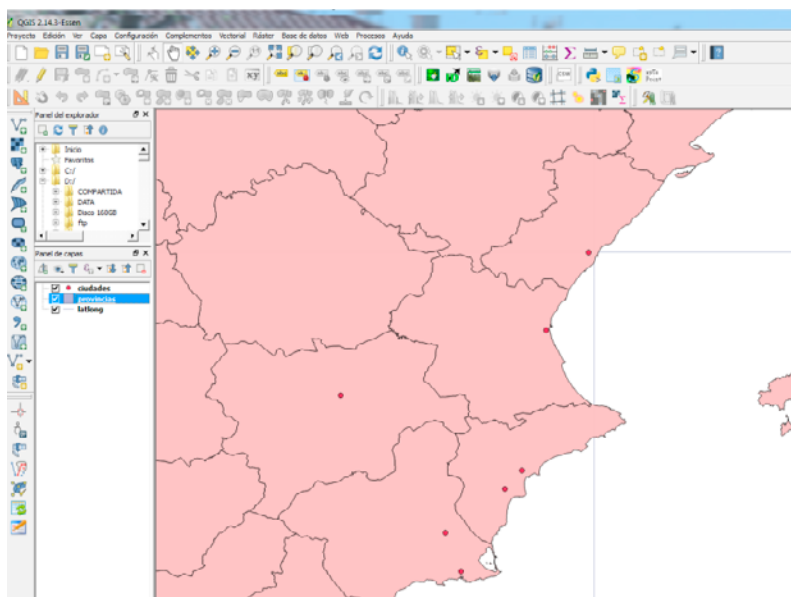
La ciudad elegida es identificada en el cuadro de diálogo de *Resultados de la identificación*. La información a la derecha está tomada de la tabla de atributos de la capa "Ciudades". Haga clic sobre unas cuantas ciudades más para añadirlas al cuadro de diálogo de *Resultados de la identificación*.



Para enfocar otra parte de la vista puede desplazarse dentro de ella con la herramienta *Desplazar mapa*. Haga clic sobre la herramienta .


Coloque el cursor (que cambia a una mano) en el centro de la vista. Haga clic y arrastre el ratón hasta la esquina superior izquierda. Suelte el botón del ratón. QGIS redibuja la vista.

Modifique el zoom para que en la vista se visualicen correctamente las provincias del levante español y alrededores.

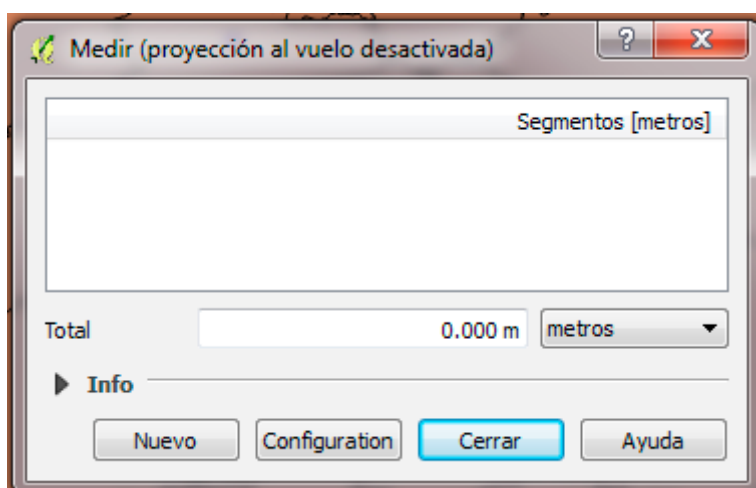


1.4. OBTENER INFORMACIÓN Y MEDIDA SOBRE ELEMENTOS SELECCIONADOS Y CONSULTAR SU TABLA DE ATRIBUTOS.

En este apartado aprenderá a medir distancias entre elementos, a encontrar elementos, seleccionarlos y examinar sus atributos en una tabla de atributos. Primero medirá la distancia de La Coruña a Murcia.



Haga clic sobre la herramienta **Medir línea** . (Para localizar las ciudades utilice la herramienta explicada en el apartado anterior).

Aparecerá el cuadro de dialogo **Medir**.




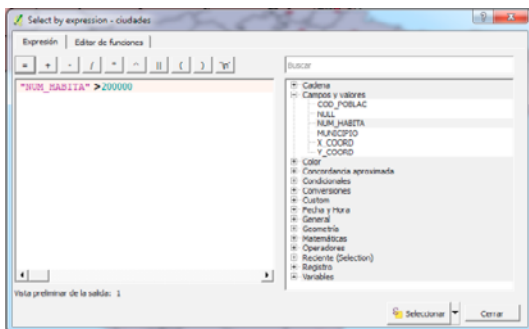
Haga clic sobre Murcia y a continuación mueva el cursor hacia La Coruña. Se dibuja una línea entre sendas ciudades, apareciendo la distancia que las separa. El resultado es aproximadamente unos 1 016 km.

Otra forma de obtener información sobre elementos es seleccionarlos en el mapa y después examinar sus registros en la tabla de atributos. Cuando selecciona un elemento en el mapa también lo hace en el registro de la tabla de la capa.

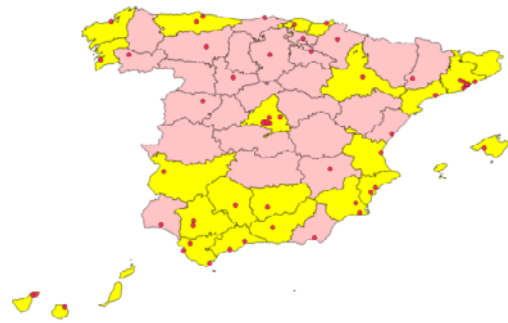
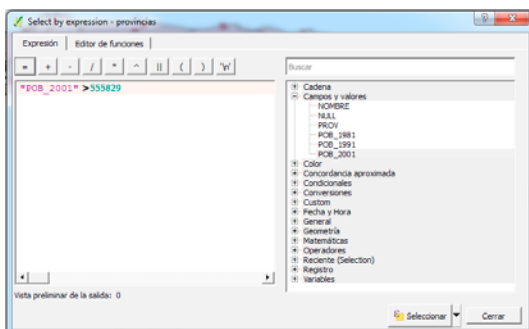
Existen varias formas de seleccionar elementos en un mapa; seleccionar objetos espaciales por área o click único , mediante una expresión  o bien mediante las **Herramientas de investigación** que obtenemos desde el menú **Vectorial**.

Para comprender mejor estos tres métodos proceda a realizar las siguientes selecciones:

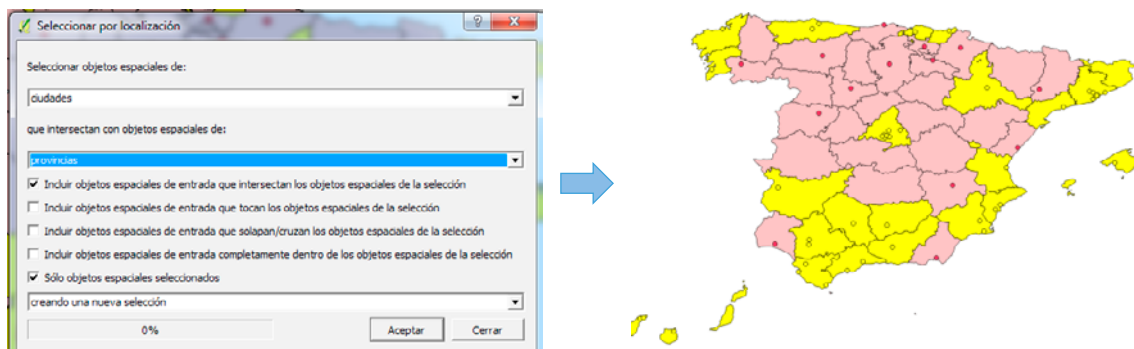
- a. seleccione todas las provincias de la Comunidad de Andalucía; para ello, antes deberá activar la capa de provincias. Una vez la tenga seleccionada, utilizará el primer icono **Seleccionar objetos espaciales por área o click** único, dibujando con el cursor una ventana que integre todas las provincias de Andalucía. Con la tecla de “control” del teclado podrá añadir o eliminar las que no pertenezcan a dicha Comunidad Autónoma.
- b. aquellos municipios con una población mayor a 200 000 habitantes; esta selección la realizará mediante la selección **Seleccionar objetos espaciales mediante una expresión** . Elegirá el campo que contiene la información a filtrar, en este caso el campo NUM_HABITA y añade la condición de mayor a 200 000. Al clicar en **Seleccionar**, aparecerán marcados todos aquellos municipios con un número de habitantes superior a 200 000.



- c. las ciudades que se encuentren dentro de aquellas provincias con una población mayor a 555 829 habitantes en 2001; en este caso usted va a tener que realizar dos consultas. Una primera para seleccionar las provincias que cumplan la primera condición, aquella que tenga una población mayor a 555 829 habitantes, tal y como la ha realizado en el caso b)



La siguiente selección la hará desde el menú **Vectorial** → **Herramientas de investigación** → **Seleccionar por localización**,



Ahora está en disposición de examinar los atributos seleccionados, abriendo la tabla de atributos de la capa. Para ello, teniendo activa (marcada en la tabla de contenidos) la capa “ciudades”, haga clic sobre el botón **Abrir la tabla de atributos**

La tabla de atributos de la capa de “ciudades” se hace visible. Los registros seleccionados corresponden a los elementos seleccionados en el mapa.

Haga clic sobre el botón **Mover la selección arriba del todo** . Todos los registros seleccionados de la tabla se organizan automáticamente en la cabeza de la tabla.

	COD_POBLAC	NUM_HABITA	MUNICIPIO	X_COORD	Y_COORD
0	1059	216852	Vitoria-Gasteiz	-2.68674	42.85158
2	3014	284580	Alicante/Alacant	-0.53656	38.38373
6	7040	333801	Palma de Mallorca	2.71679	39.55790
7	8015	205836	Badalona	2.23795	41.46322
8	8019	1503884	Barcelona	2.15158	41.40247
9	8101	239019	Hospitalet de Llo...	2.11351	41.35920
19	14021	308072	Córdoba	-4.70047	37.85043
20	15030	236379	Coruña (A)	-8.42108	43.34708
21	18087	240661	Granada	-3.58984	37.18699
33	28079	2938723	Madrid	-3.69495	40.46667
35	29067	524414	Málaga	-4.42286	36.76905
38	30030	370745	Murcia	-1.10587	37.92272

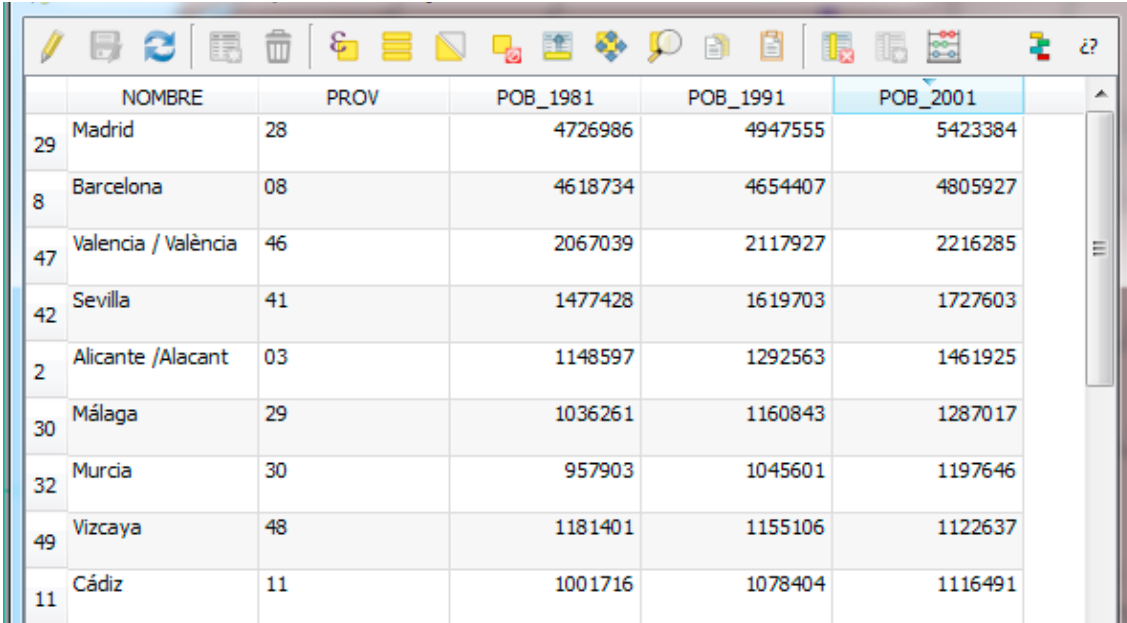
Desplace la barra vertical de la tabla relativa a la capa “ciudades”, para consultar toda la información referente a esta capa en cuestión.

Haga clic sobre el botón **Deseleccionar objetos espaciales de todas las capas** para limpiar la selección de los registros y elementos.

1.5. MODIFICAR EL CONTENIDO DE UNA TABLA DE ATRIBUTOS.

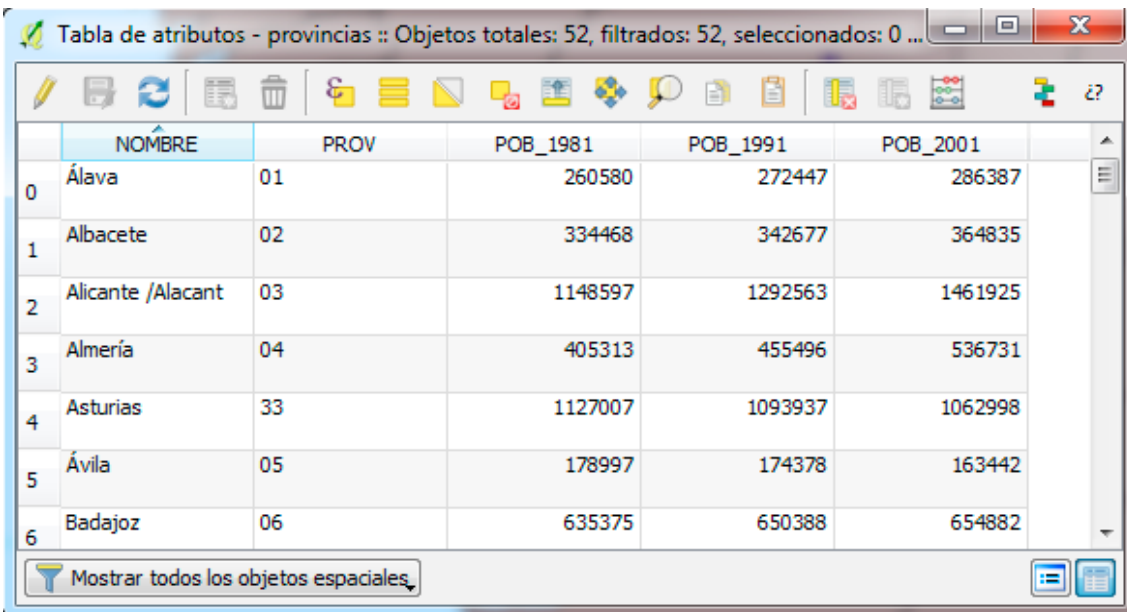
Puede modificar algunos aspectos de la apariencia de una tabla según sus necesidades. Existe la posibilidad de cambiar el orden de los registros u obtener estadísticas..., estos cambios no alteran a los datos de la tabla.

Suponga que quiere ordenar las provincias según la población de 2.001, de mayor a menor. En la tabla de la capa “provincias”, haga clic sobre el nombre del campo “POB_2001” automáticamente se ordenará de mayor a menor, si vuelve a clicar lo hará en orden contrario.



	NOMBRE	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001
29	Madrid	28	4726986	4947555	5423384
8	Barcelona	08	4618734	4654407	4805927
47	Valencia / València	46	2067039	2117927	2216285
42	Sevilla	41	1477428	1619703	1727603
2	Alicante /Alacant	03	1148597	1292563	1461925
30	Málaga	29	1036261	1160843	1287017
32	Murcia	30	957903	1045601	1197646
49	Vizcaya	48	1181401	1155106	1122637
11	Cádiz	11	1001716	1078404	1116491

Después de clasificar las provincias en orden descendente por el volumen de población que presentan, quizás decida ponerlas en orden alfabético. En la tabla haga clic sobre el campo “NOMBRE”. Sitúese a la cabeza de la tabla y observe que los registros están clasificados alfabéticamente.

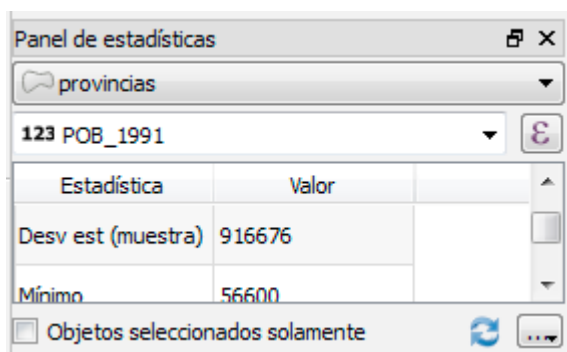


	NOMBRE	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001
0	Álava	01	260580	272447	286387
1	Albacete	02	334468	342677	364835
2	Alicante /Alacant	03	1148597	1292563	1461925
3	Almería	04	405313	455496	536731
4	Asturias	33	1127007	1093937	1062998
5	Ávila	05	178997	174378	163442
6	Badajoz	06	635375	650388	654882

Cierre la tabla de la capa con un clic en la 'X' de la esquina superior derecha de la ventana.

A continuación va a obtener los estadísticos de un campo, abra el "Panel de Estadística", para ello haga clic en el icono *Mostrar resumen estadístico* Σ .

Se nos abre el panel antes descrito.



Elija la capa y el campo sobre el cual quiera obtener el resumen estadísticos, en este caso sobre el campo "POB_1991" de la capa "provincias".

Con esto, ya ha conseguido familiarizarse con el entorno.

PRÁCTICA N° 2

TRABAJAR CON CAPAS

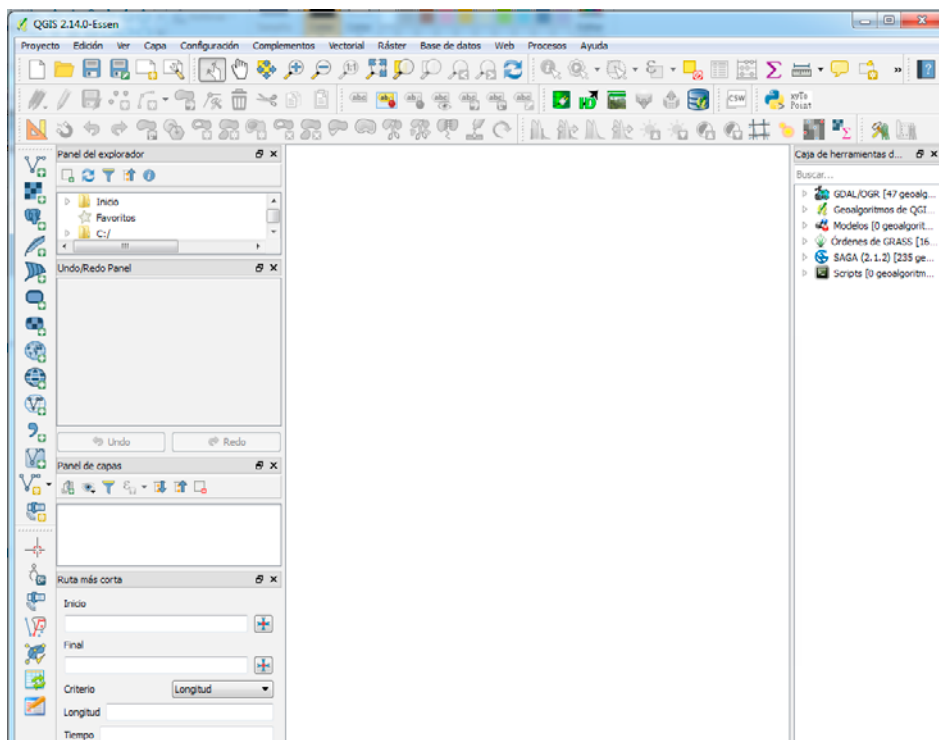
OBJETIVO: conseguir que el lector reconozca los diferentes tipos de capas con las que puede trabajar, así como añadirlas y manipularlas, para generar un proyecto nuevo. También podrá trabajar con los atributos de las diferentes capas generadas.


DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa vectorial “carreteras_25830.shp”.
- Capa vectorial “nucleos_urbanos_25830.shp”.
- Capa vectorial “provincias_25830.shp”
- Capa raster “MDE200_25830.tiff”.
- Tabla “centroides.csv”.
- Proyecto “Eventos.qgs”

DESARROLLO:

2.1. CREAR UN PROYECTO NUEVO.

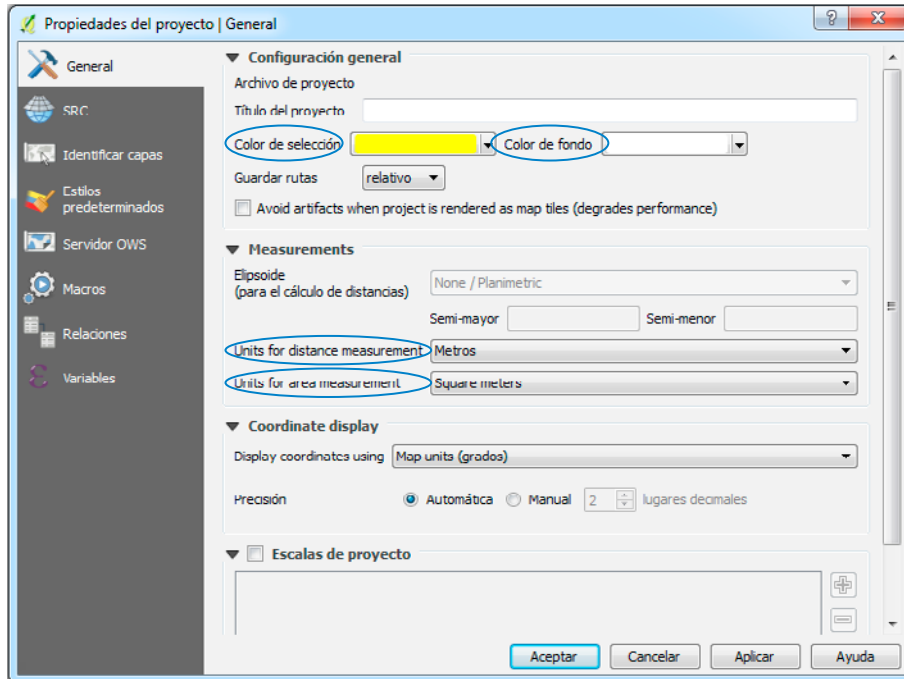


Cuando inicia una sesión de QGIS, en el canvas (espacio para visualizar los geodatos), aparecen los últimos proyectos con los que ha trabajado. Para comenzar con uno nuevo deberá hacer clic en el icono  **Nuevo**. Por defecto, no le asigna nombre alguno.

2.2. EDITAR LAS PROPIEDADES DEL PROYECTO.

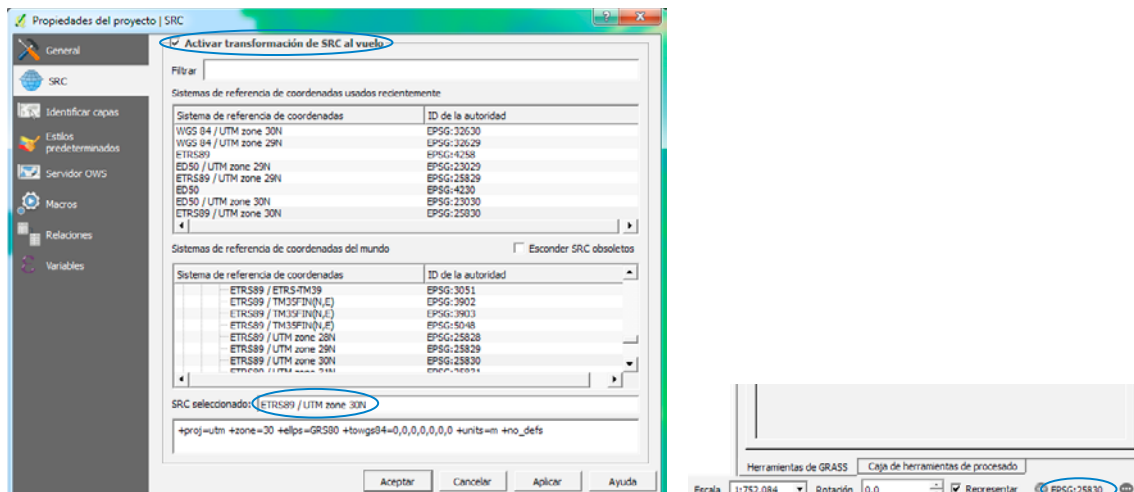
Desde el menú **Proyecto** → **Propiedades del proyecto**, se pueden editar las propiedades del mismo.

De este cuadro, fijese en el apartado **General**, donde puede cambiar los colores de selección, color de fondo, así como las unidades en la medida de distancias y de áreas.



El apartado **SRC** será el que le informe sobre el Sistema de Referencia que está siendo usado en su proyecto, al igual que como habilitar la opción de transformación al vuelo para las capas cuando presentan un sistema de referencia distinto al del proyecto.



En otro apartado, verá como configurar por defecto este sistema para cada proyecto nuevo que cree.




2.3. AÑADIR CAPAS AL PROYECTO.


QGIS puede trabajar con diferentes formatos vectoriales, entre otros destacan formatos shape (*.shp), CAD (*.dxf, *.dgn), GML, KML... y varios para datos raster, como GeoTIFF (*.tif, *.tiff), Arc/Info ASCII Grid (*.asc), ERDAS Compressed Wavelets (*.ecw)...


Para añadir una capa a la vista, lo puede realizar de diversas formas:


- Dependiendo del tipo de capa, puede hacer clic en el icono **Añadir capa vectorial** , si lo que desea es incorporar una capa vectorial o **Añadir capa ráster**  para insertar un archivo ráster.
- Desde el menú **Capa → Añadir capa**.
- Finalmente, arrastrando el archivo desde el explorador de Windows hacia el canvas y soltarlo, automáticamente aparecerá la capa en el “Panel de capas”.



También puede añadir otro tipo de capas de forma remota:

 **Añadir capa WMS/WMST** (Web Map Service y Web Map Service Teselada).

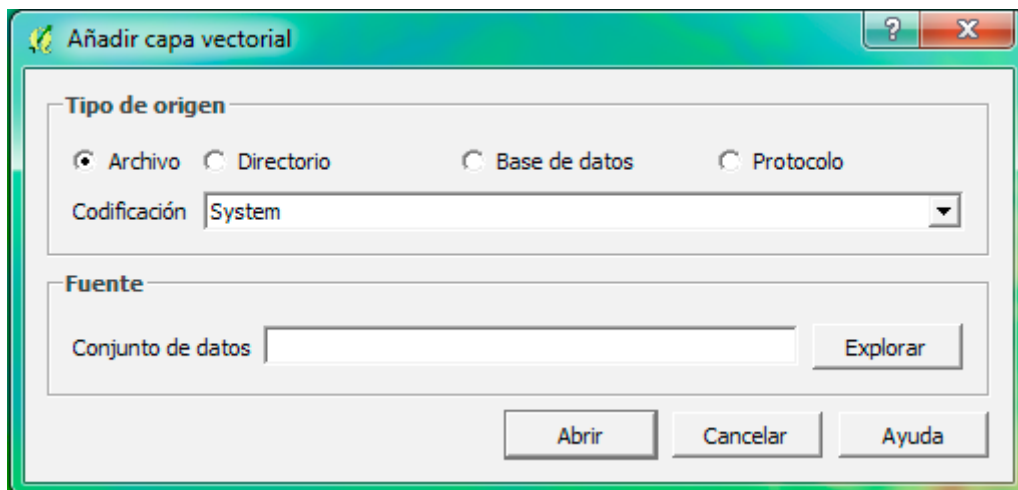
 **Añadir capa WFS** (Web Feature Service).

 **Añadir capa WCS** (Web Coverture Service).

 **Añadir capa de texto delimitado** (en otros softwares puede que lo conozca como capa de eventos).

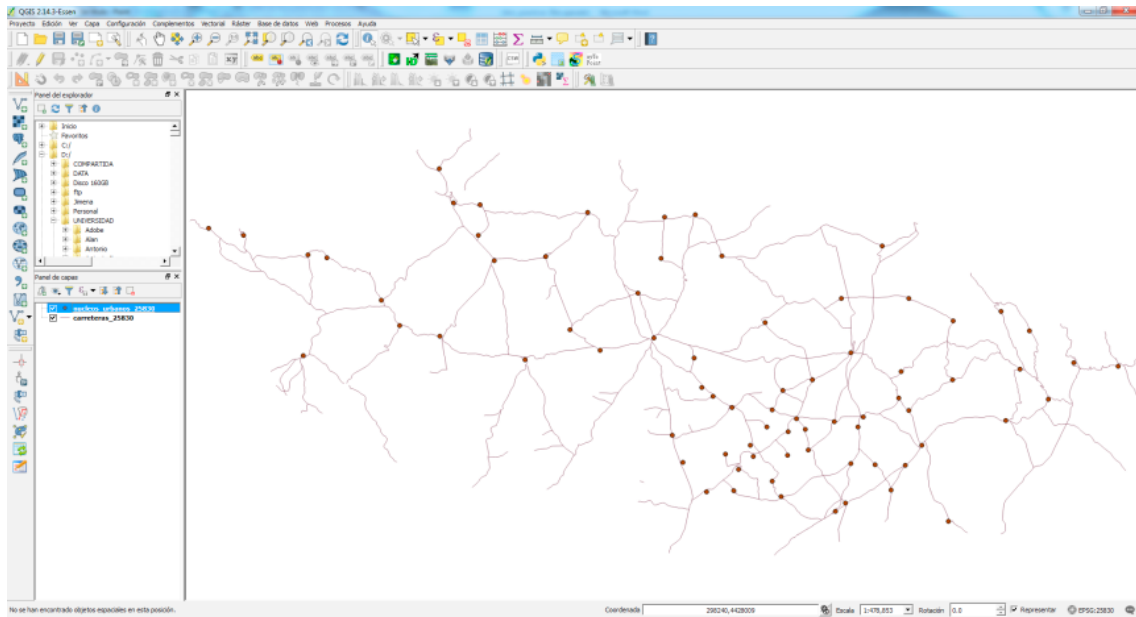
Ahora, genere un proyecto nuevo **Nuevo** . Posteriormente, añada la capa vectorial “carreteras_25830.shp” y “nucleos_urbanos_25830.shp”, recuerde que puede añadirlas arrastrándolas desde el explorador de Windows, desde el icono  o desde el menú **Capa → Añadir capa**.


Si elige cualquiera de los dos últimos métodos le aparecerá el siguiente cuadro:

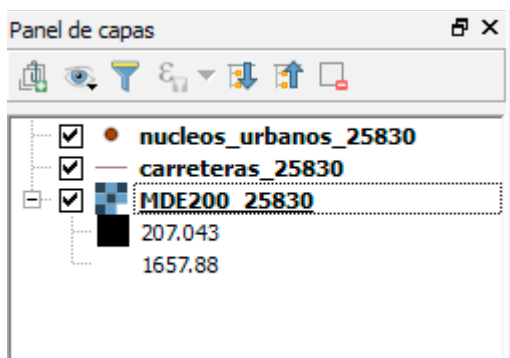


Haga clic en **Explorar**, se le abrirá el explorador donde deberá navegar hasta llegar a la carpeta donde ha guardado los datos de la práctica nº2. Una vez localizados los datos, elija por ejemplo, la capa vectorial “carreteras_25830.shp” y cliquee **Abrir**. Repita la operación para añadir la segunda capa.

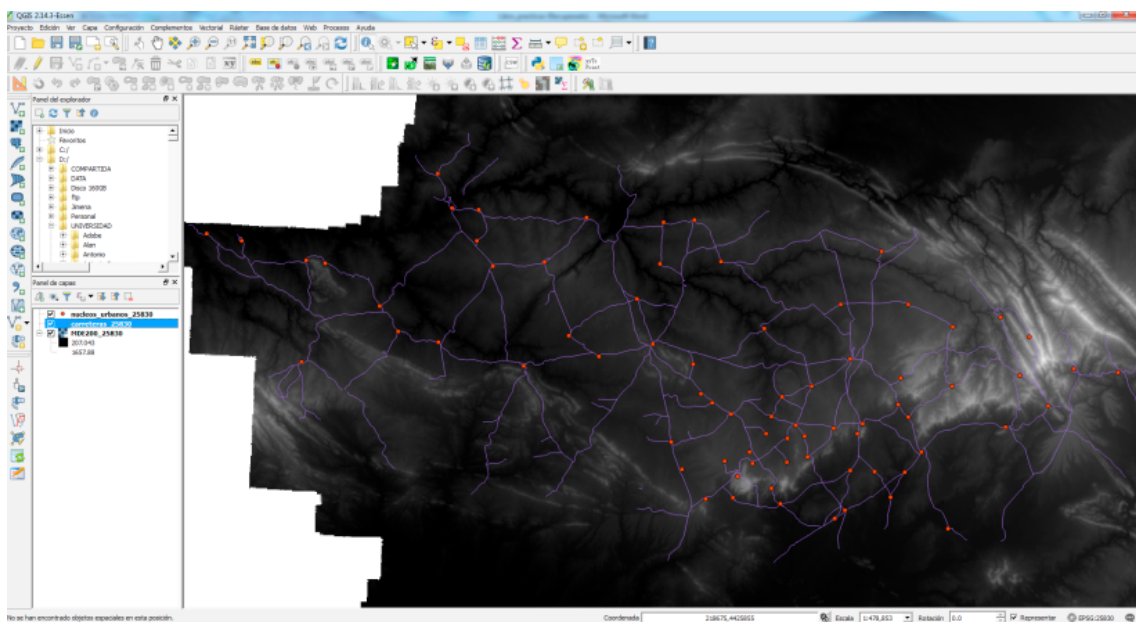
En este momento, ambas capas aparecerán cargadas en el “Panel de capas” y las podrá visualizar en el canvas.




Ahora, va a proceder a cargar una capa ráster, de la misma forma que la vectorial, podrá arrastrarla desde el explorador o bien desde el icono .



En este caso, directamente se le abre el explorador para localizar su archivo, elija el archivo “MDE200_25830.tiff”, nuevamente será cargada la capa y podrá visualizarla junto a las vectoriales. Tenga en cuenta, que al ser la última capa que ha cargado se la añadido en primer lugar en el “Panel de Capas”, y no le dejará ver las dos vectoriales que ha añadido con antelación. Por tanto, deberá colocarlas para tener una correcta visualización de las tres.

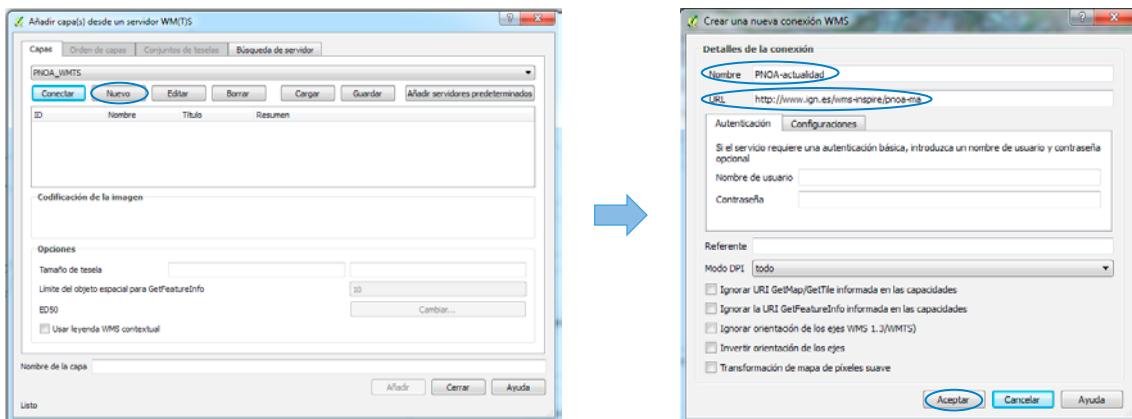


En este proyecto, también va a cargar capas de forma remota.

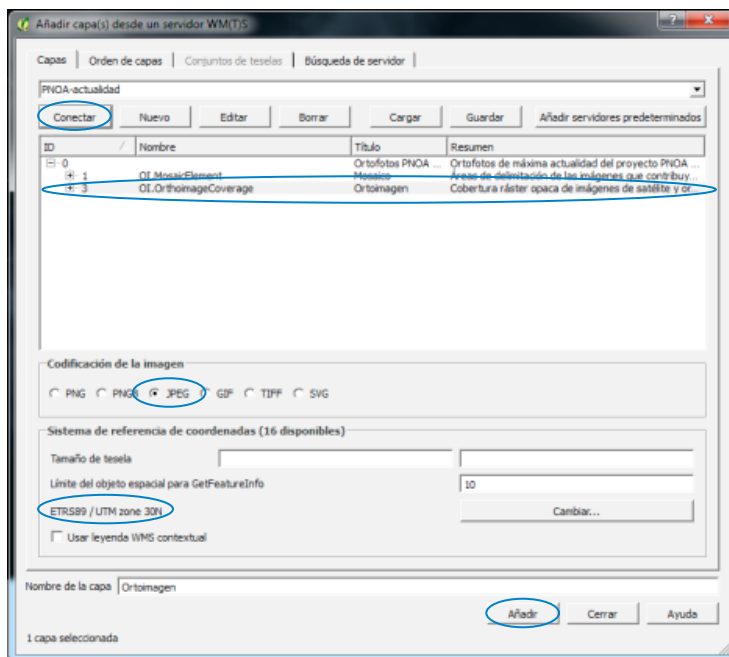
Por un lado, cargará la capa de ortoimágenes digitales del Plan Nacional de Ortofotos Aéreas. Para ello, seleccione el icono **Añadir capa WMS/WMTS** , le aparecerá una ventana para configurar la conexión.

Haga clic en **Nuevo**, aparecerá una ventana donde deberá definir los parámetros para la conexión.

En el apartado de nombre identifíquelo como *PNOA_actualidad* y en URL teclee “<http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>” y presione **Aceptar** (URL obtenida de la página <http://www.idee.es/web/guest/directorio-de-servicios>).

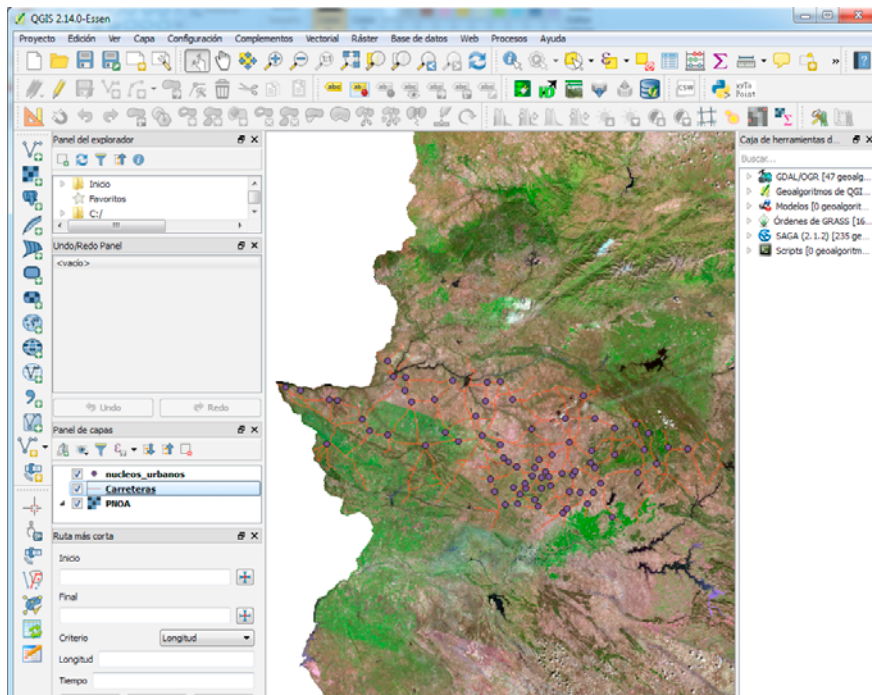



Acaba de conseguir generar un nuevo enlace, ahora deberá conectarse a él, para ello haga clic sobre **Conectar**. Le aparecerá las diversas capas a las cuales puede acceder, elija la que lleva por nombre “OI.OrtoimageCoverage”, seleccione también el formato imagen y el Sistema de Referencia (por defecto, aparece el mismo que el del proyecto).



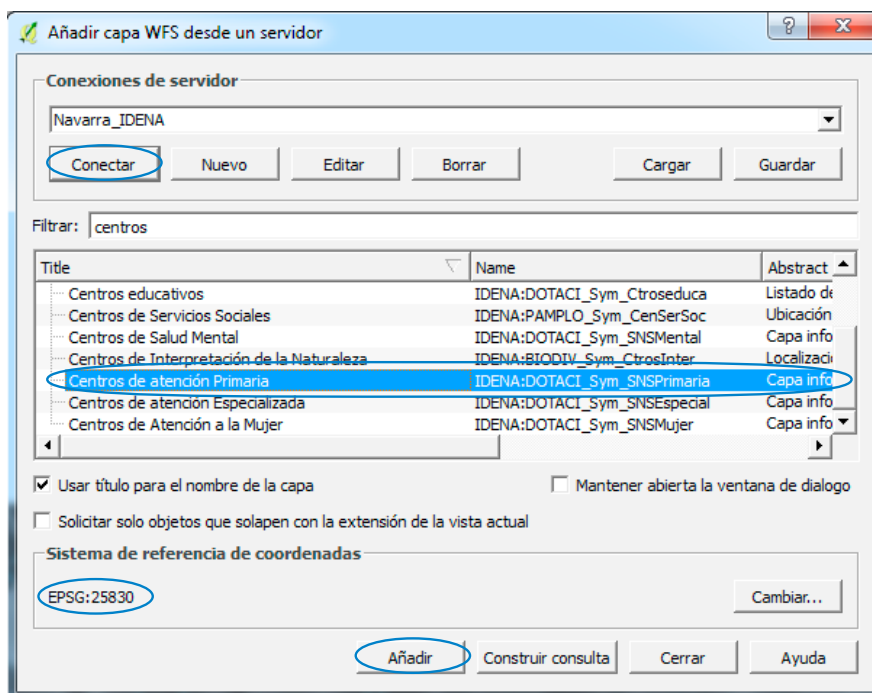
Para ello sitúese en “Codificación de la imagen” y elija la opción JPG para la imagen y EPSG 25830 (Elipsoide ETRS89, Proyección TM Huso 30).


Haga un solo clic sobre **Añadir**, observará que la imagen ráster se ha cargado en el “Panel de capas”, y la puede visualizar.



Por otro lado, va a cargar una capa WFS, mediante el icono **Añadir capa WFS** , de la misma forma que hizo en la anterior deberá crear una nueva conexión, la URL es “http://idena.navarra.es/ogc/wfs”, la puede nombrar, por ejemplo, *Navarra_IDENA*. Una vez generada, haga clic en **Conectar**.


Podrá apreciar que existe mucha información que puede enlazar, elija por ejemplo, los “Centros de Atención a la Mujer”, asegúrese del Sistema de Referencia y cliquee **Añadir**.

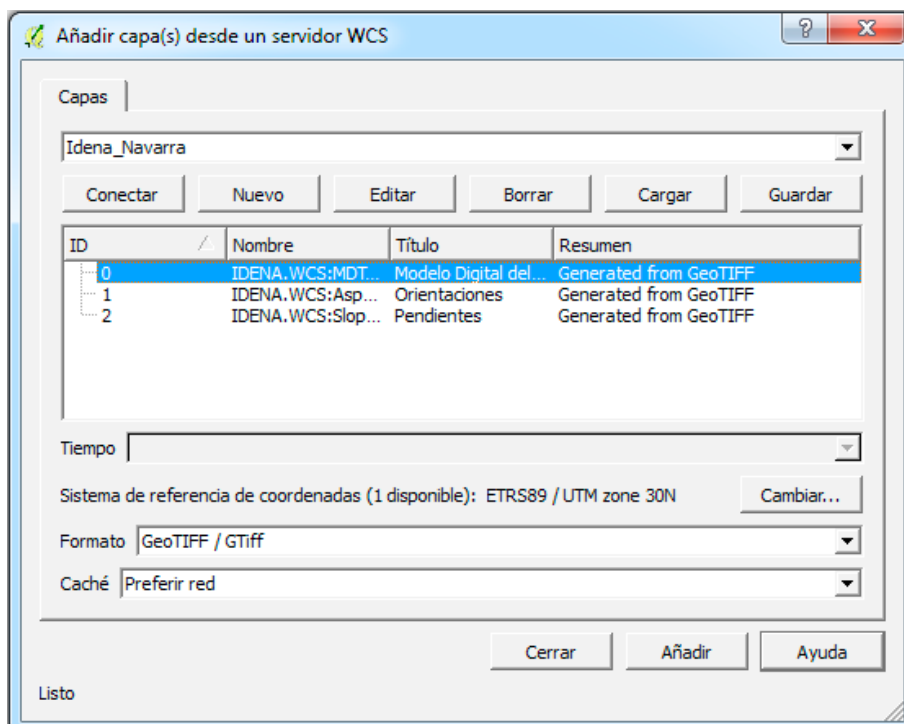


Al ser una capa remota WFS, se ha descargado también todos los atributos que contienen los datos, por tanto, si hace clic en el icono *Abrir tabla de atributos* , accederá a ellos como si de una capa propia se tratase.




FEATURE	IDCENSAN	CENSAN	TELEFONO	TIFNOCTA
7400027	00455	CENTRO ATENCI...	948290228	N.L.L.
7400027	00456	CENTRO ATENCI...	848429087	N.L.L.
7400027	00457	CENTRO ATENCI...	948136658	N.L.L.
7400027	00458	CENTRO ATENCI...	848422760	N.L.L.
7400027	00459	CENTRO ATENCI...	948198333	N.L.L.
7400027	00460	CENTRO ATENCI...	848422715	N.L.L.
7400027	00461	CENTRO ATENCI...	948703919	N.L.L.
7400027	00462	CENTRO ATENCI...	948556374	N.L.L.
7400027	00463	CENTRO ATENCI...	948848120	N.L.L.

Por último, va a cargar una capa WCS, a través del icono *Añadir capa WCS* , la URL será “<http://idena.navarra.es/ogc/wcs>” y de nombre *Navarra_IDENA*.




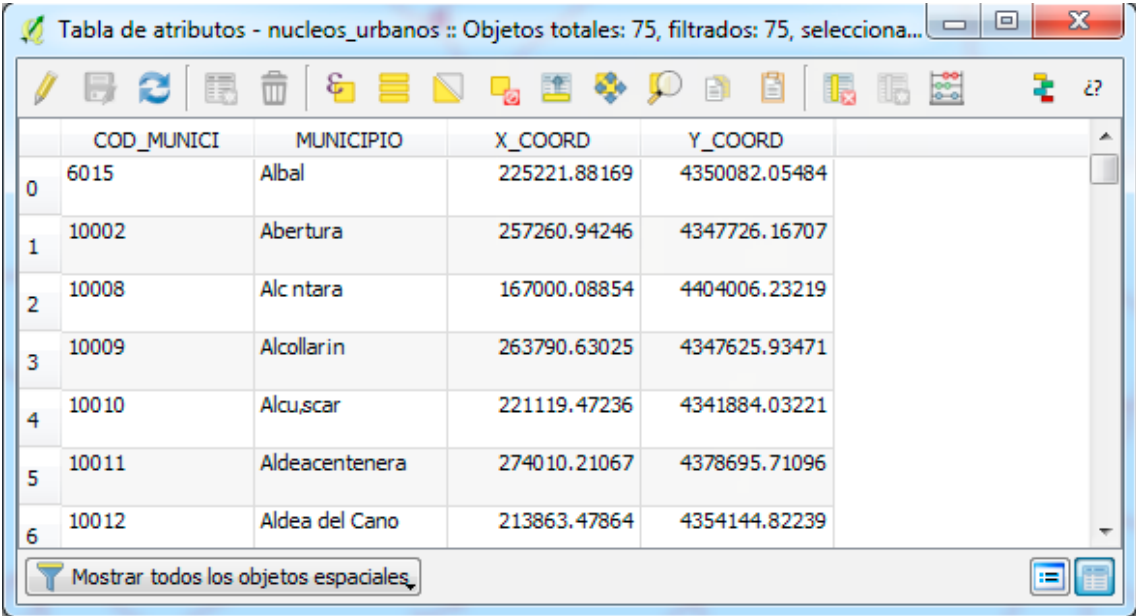
Al igual que en los casos anteriores, una vez generado el enlace, deberá conectarse. Elija por ejemplo el título “Modelo Digital del Terreno”, deje formato GeoTIFF y añada.

Al cerrar podrá observar como se ha cargado en el TOC la capa y como puede visualizar el modelo digital de elevaciones de Navarra, con el valor de la cota en cada pixel. Para poder obtener esta información, basta con hacer clic en el icono **Identificar objetos espaciales** .

2.4. CONSULTAR LA TABLA DE UNA CAPA VECTORIAL.

Cada capa tiene asociada una tabla de atributos que puede consultar como ya realizó en el ejercicio anterior.

En el “Panel de capas”, seleccione (la capa debe estar realzada) la capa “nucleos_urbanos_25830”. Una vez seleccionada, haga clic en la herramienta **Abrir tabla de atributos**  y se abrirá la tabla de los atributos de la capa seleccionada.




	COD_MUNICI	MUNICIPIO	X_COORD	Y_COORD
0	6015	Albal	225221.88169	4350082.05484
1	10002	Abertura	257260.94246	4347726.16707
2	10008	Alcantara	167000.08854	4404006.23219
3	10009	Alcollarin	263790.63025	4347625.93471
4	10010	Alcuscá	221119.47236	4341884.03221
5	10011	Aldeacentenera	274010.21067	4378695.71096
6	10012	Aldea del Cano	213863.47864	4354144.82239

Como podrá observar contiene 4 campos: el código del municipio, el nombre del municipio y las coordenadas X e Y de los núcleos.

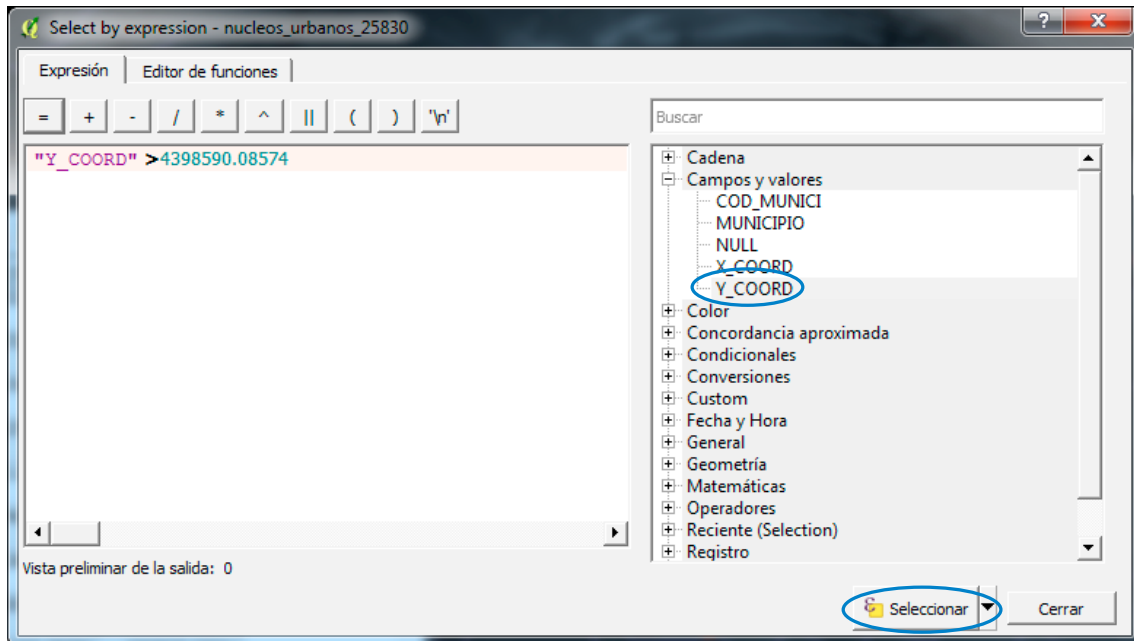
En el cuadro, arriba, podrá ver el número total de elementos que contiene la tabla, así como el grupo de seleccionados, en este caso 75 registros y 0 seleccionados.

Los campos podrán ser ordenados de mayor a menor y viceversa, para ello, solo deberá picar en el nombre del campo que quiere que se reordene.

En la propia tabla podrá realizar una selección de registros según un criterio. Ahora, va a seleccionar mediante una consulta el número de núcleos urbanos con una coordenada Y superior a 4 398 590,08574 m. Para ello, haga clic sobre la herramienta **Seleccionar objetos espaciales usando una expresión** .

Se le abrirá un cuadro de dialogo donde podrá teclear la expresión correspondiente o bien, puede desplegar “campos y valores” y picar dos veces en “Y_COORD”, automáticamente

le aparecerá el nombre del campo en la ventana de la izquierda. Termine de rellenar la expresión tecleando el resto. Haga clic en **Seleccionar** y **Cerrar**.



Si visualiza la tabla podrá ver el número de registros del total que cumplen con la condición especificada (6 de 75). Usando la herramienta **Mover la selección arriba del todo** podrá ver los registros seleccionados.

The screenshot shows the 'Tabla de atributos' window for 'nucleos_urbanos_25830'. The table displays the following data:

	COD_MUNICI	MUNICIPIO	X_COORD	Y_COORD
2	10008	Alcantara	167000.08854	4404006.23219
29	10082	Garrovillas de Alc...	195700.01530	4401981.46927
34	10098	Hinojal	212246.96526	4400972.03983
41	10118	Mata de Alcantara	172692.31668	4403624.84532
48	10145	Piedras Albas	163920.61674	4411335.70384
61	10178	Talaván	218781.30470	4401536.60067
1	10002	Abertura	257260.94246	4347726.16707
3	10009	Alcollarin	263790.63025	4347625.93471
4	10010	Alcuzcar	221119.47236	4341884.03221
5	10011	Aldeacentenera	274010.21067	4378695.71096

The first six rows are highlighted in blue. The window title is 'Tabla de atributos - nucleos_urbanos_25830 :: Objetos totales: 75, filtrados: 75...'. The status bar at the bottom shows 'Mostrar todos los objetos espaciales'.

Cierre la ventana de la tabla haciendo un clic en el aspa de la esquina superior derecha.

2.5. GUARDAR Y CERRAR PROYECTO.

Para poder guardar el trabajo realizado en un proyecto QGIS, desde el menú **Proyecto**, elija **Guardar como**.

Guarde el proyecto con el nombre *practica2*, dentro de la carpeta de trabajo.

Con la ventana del proyecto aun activa, elija nuevo desde el menú **Proyecto**. Si le pregunta si quiere guardar el proyecto seleccionado haga clic sobre **Aceptar**.

2.6. AÑADIR UNA CAPA DE TEXTO DELIMITADOS.

Con este apartado se pretende poder cargar información desde una colección de puntos que vienen definidos por sus coordenadas.

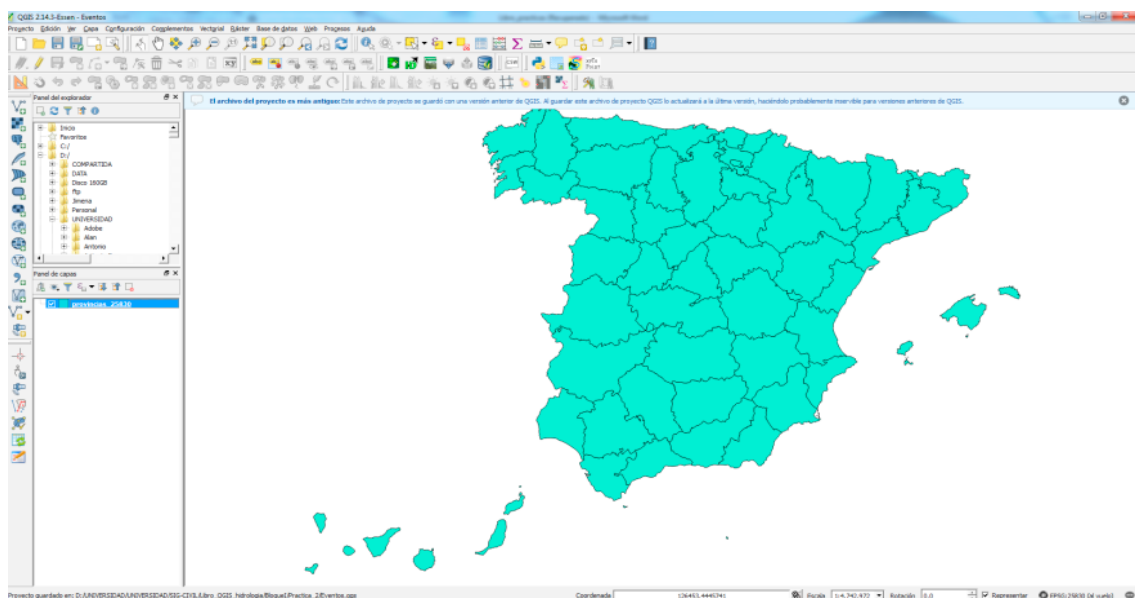
Imagine que está interesado en situar sobre cada una de las provincias españolas los centroides que representan a los núcleos de población para poder analizar la densidad de los mismos.

Estos datos podrían ser el resultado de haber usado un equipo de GPS para localizar cualquier tipo de elemento puntual, el cual hubiera almacenado las coordenadas X e Y en un fichero de texto.


Desde QGIS va a crear una tabla a partir de dicho fichero y basándose en esa tabla, va a crear una capa de puntos en los que cada punto será la representación de cada centroide.

Desde el menú **Proyecto**, seleccione **Abrir**. Sitúese en la carpeta del curso y abra el proyecto “Eventos.qgs”.

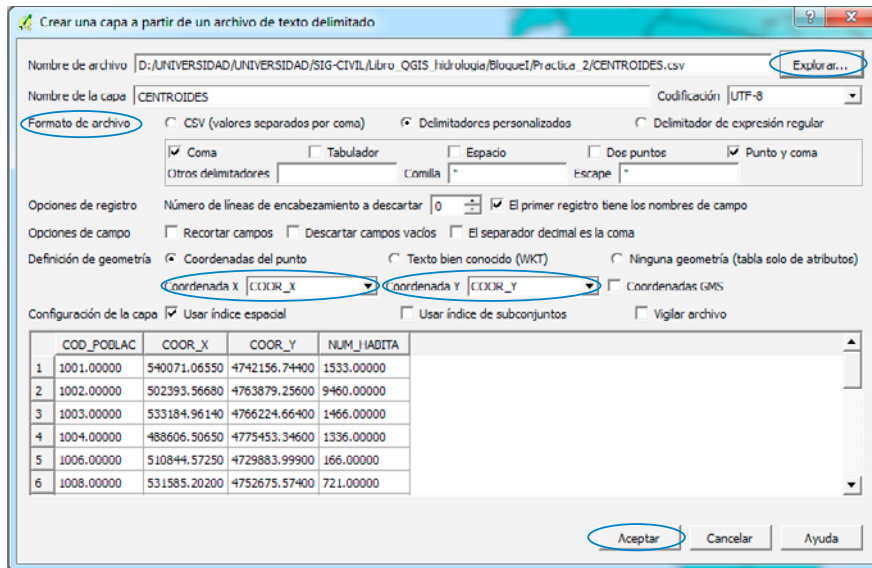
Al abrir dicho proyecto aparece el canvas con la capa “provincias_25830”.



Para agregar la tabla obtenida con el GPS a nuestra vista ha de cargarla anteriormente en el proyecto. El archivo debe tener formato de puntos csv, txt, data o wkt.

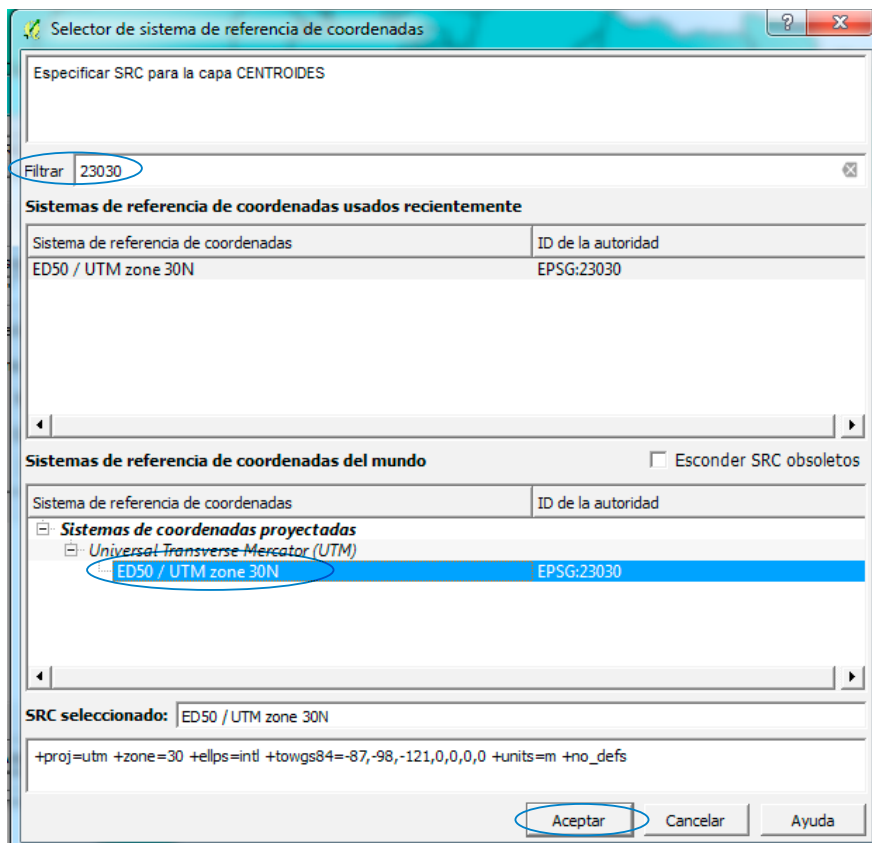
Para ello, desde el menú **Capa** → **Añadir Capa** → **Añadir capa de texto delimitado** o bien haga clic sobre el icono , abrirá un cuadro donde deberá buscar el archivo de texto, en su caso “CENTROIDES.csv”.

Deberá elegir el formato de archivo correcto según la configuración de su EXCEL, para que la información de la tabla quede distribuida por campos, tal cual se muestra en la figura.

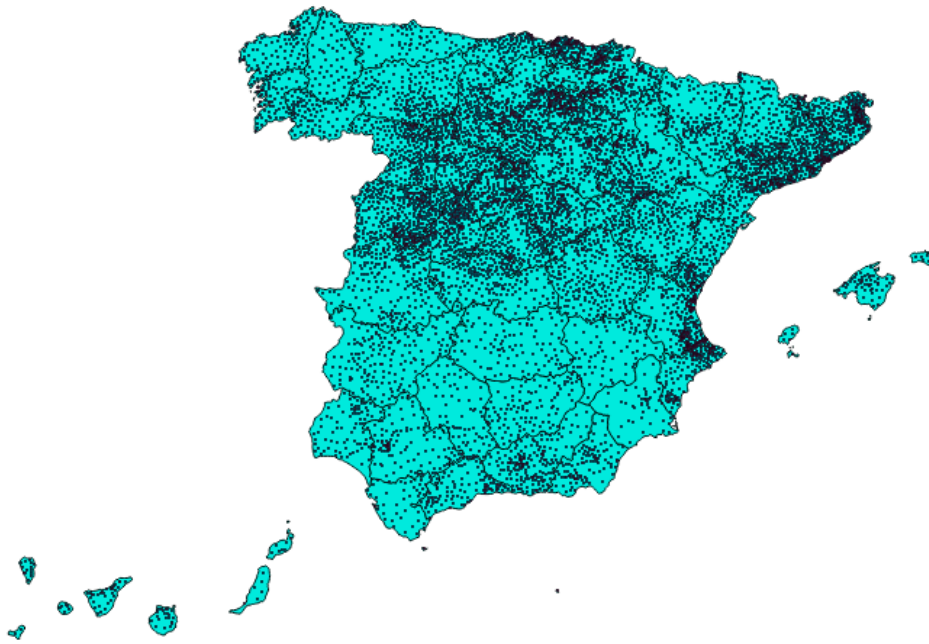



En los campos de Coordenada X y Coordenada Y seleccione los campos del archivo que contienen los valores de las coordenadas y haga clic en **Aceptar**.

A continuación le aparecerá el **Selector de sistema de referencia de coordenadas**, sobre este tema realizará una práctica más adelante, ahora, solo elija en el campo **Filtrar**, el código 23030, le aparecerá en la ventana de **Sistemas de referencia de coordenadas del mundo** el sistema de referencia "Elipsoide ED50/ UTM zone 30N", selecciónelo y haga clic en **Aceptar**.

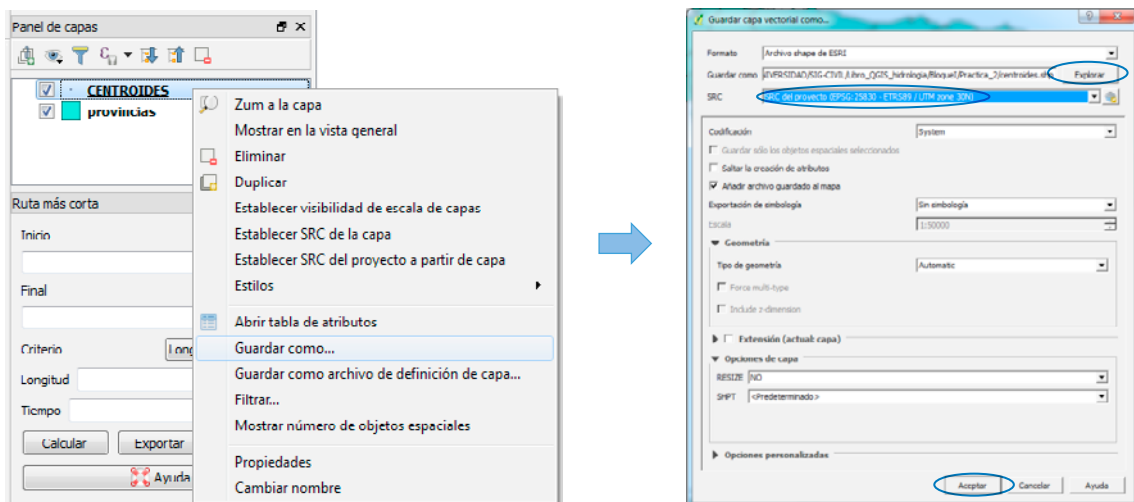


Una vez seleccionado el sistema de proyección, aparecerá una nueva capa llamada “CENTROIDES”, y verá situados todos los puntos de cada población según los campos de coordenada X y coordenada Y.



Ejecute la herramienta de *Acercar zum*  sobre la zona peninsular. Observe que hay algunas zonas con muy pocos puntos, como es el caso de Extremadura, parte de Andalucía y Castilla la Mancha. Ahora ya puede analizar las localizaciones de los centroides de los términos municipales dentro de cada comunidad o provincia con solo hacer un *Acercar zum* a la zona deseada.

¡Ojo! Esta capa “CENTROIDES” es virtual, es decir, si se cerrara el proyecto ésta “visualización” desaparecería. Realmente lo único que se ha hecho ha sido generar una localización virtual partiendo de la tabla con coordenadas tomadas con el GPS. Para que esta visualización cartográfica sea permanente debemos “consolidarla”. Para realizar esta acción, basta con exportar la capa de eventos como formato shape (“shp”). Sobre la capa, presione botón derecho *Guardar como*.



Se abre un cuadro donde deberá elegir la carpeta y el nombre de la capa shape, elija por ejemplo, *centroide*, también deberá elegir el SRC, en este caso será el mismo que el del proyecto el 25830; ETRS89/UTM zone 30. El resto lo deja como viene por defecto. Presione ***Aceptar***.

Si va al Explorador de Windows y se dirige a la carpeta donde ha guardado la nueva capa, podrá observar cómo se han generado los diferentes archivos propios de una capa formato shape (*centroide.dbf*, *centroide.prj*, *centroide.qpj*, *centroide.shx* y *centroide.shp*).

Guarde el proyecto.

Con esto ha finalizado la práctica.

PRÁCTICA N° 3

GENERACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE LEYENDAS Y MAPAS

OBJETIVO: conseguir que el lector sepa generar diversos tipos de leyendas en función de los datos de partida, con ello, tendrá la capacidad de elegir la mejor forma de representar los datos. Adicionalmente, necesitará realizar una unión de datos de una tabla externa a una capa vectorial.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:


- Capa vectorial “ciudades_25830.shp”.
- Capa vectorial “provincias_25830.shp”.
- Tabla “infracciones_penales_menores2015.xlsx”


DESARROLLO:

3.1. UNIR ATRIBUTOS NUEVOS A UNA CAPA.

En esta práctica va a conseguir generar diversos tipos de mapas. Antes, va a ser necesario introducir nuevos atributos mediante un fichero Excel a la capa de “provincias_25830.shp”.

Genere un proyecto nuevo con el nombre “cartografía.qgs”, asegúrese que el sistema de referencia corresponde al 25830 (ETRS89, UTM Huso 30), añada las capas “provincias_25830.shp” y “ciudades_25830.shp” que aparecen en el archivo de datos de la práctica. Coloque las mismas para poder visualizar correctamente los datos.

Ahora va a añadir la tabla Excel “infracciones_penales_menores_2015.xlsx”, igual que en el caso de las capas anteriores puede arrastar el archivo Excel desde el explorador de Windows hacia el “Panel de capas” de QGIS o bien mediante el icono *Añadir capa vectorial* .

Si abre la tabla correspondiente al archivo que acaba de incluir en el programa , podrá observar la cantidad de denuncias de menores producidas en el año 2015 por provincia.

Para poder representar mediante un mapa las denuncias por provincia, deberá anexar este valor a una capa que contenga las provincias gráficamente de la Península, en este caso, correspondería a la capa “provincias_25830.shp”.

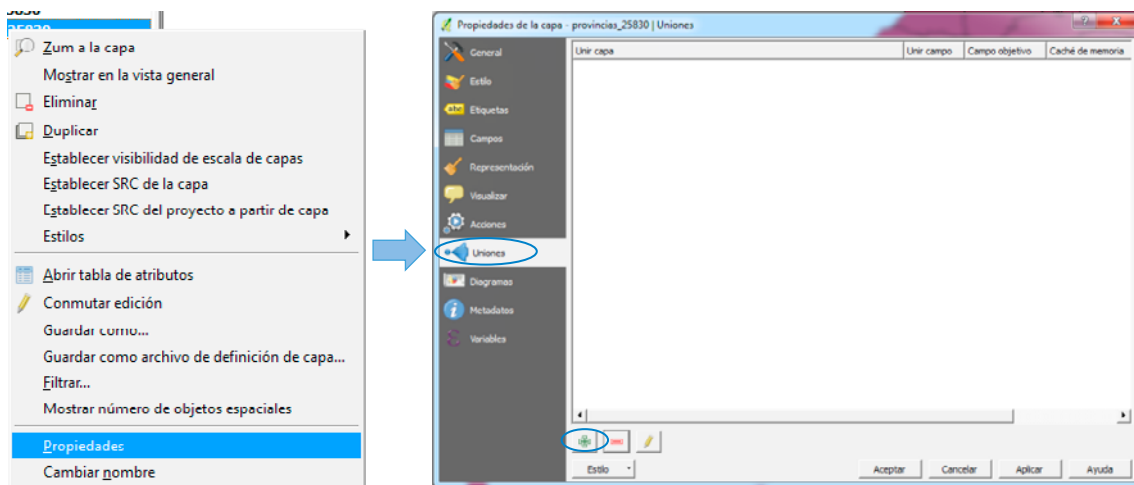
	Codigo	Provincias	Total_Edad	14_años	15_años
0	01	Araba/Álava	199	43	43
1	02	Albacete	375	63	86
2	03	Alicante/Alacant	1429	280	373
3	04	Almería	457	70	95
4	05	Ávila	62	16	12
5	06	Badajoz	331	58	83
6	07	Balears, Illes	1034	262	227
7	08	Barcelona	1900	239	371
8	09	Burgos	263	47	83


Para poder realizar una unión entre capas, es condición indispensable que exista un campo de datos común en ambas partes. En este caso se va a valer del dato del código de la provincia, que aparece en el campo “Codigo” en el caso del archivo “infracciones_penales_menores_2015.xlsx” y en el campo “PROV” en la capa “provincias_25830.shp”.

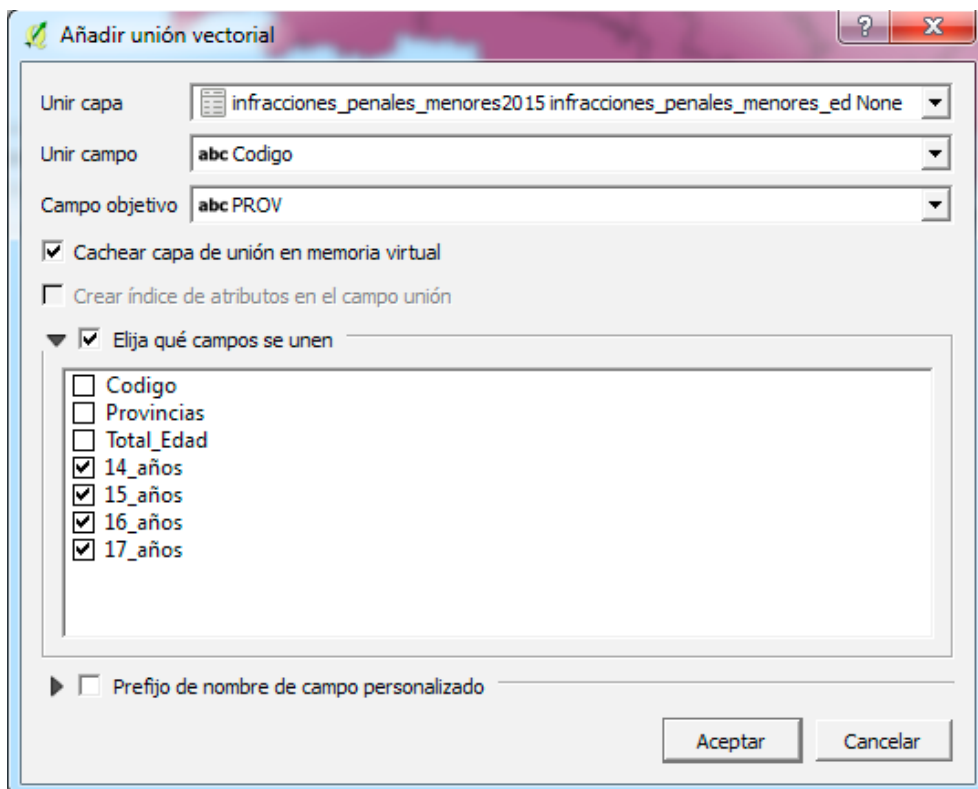
	Codigo	Provincias	Total_Edad	14_años	15_años
0	01	Araba/Álava	199	43	43
1	02	Albacete	375	63	86
2	03	Alicante/Alacant	1429	280	373
3	04	Almería	457	70	95
4	05	Ávila	62	16	12
5	06	Badajoz	331	58	83
6	07	Balears, Illes	1034	262	227
7	08	Barcelona	1900	239	371
8	09	Burgos	263	47	83

	NOMBRE99	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001
0	Álava	01	260580	272447	286387
1	Albacete	02	334468	342677	364835
2	Alicante /Alacant	03	1148597	1292563	1461925
3	Almería	04	405313	455496	536731
4	Asturias	33	1036261	1160843	1287017
5	Ávila	05	1127007	1093937	1062998
6	Badajoz	06	178997	174378	163442
7	Balears (Illes)	07	635375	650388	654882
8	Barcelona	08	685088	709138	841669

Para conseguir realizar la unión, haga clic con el botón derecho del ratón encima de la capa “provincias_25830.shp” dentro del “Panel de capas” y presione la opción de **Propiedades**. Se abrirá el cuadro de dialogo **Propiedades de la capa**.



Seleccione **Uniones**, y dentro del menú de uniones haga clic en  para poder generar la nueva unión.



Rellene los diferentes apartados para proceder a la unión. Deberá elegir la capa que quiere unir, así como los campos que son comunes en la tabla y en la capa. Así como los atributos que necesita que le una, es su caso correspondería a los datos de 14_años, 15_años, 16_años y 17_años.

Acepte y acepte.

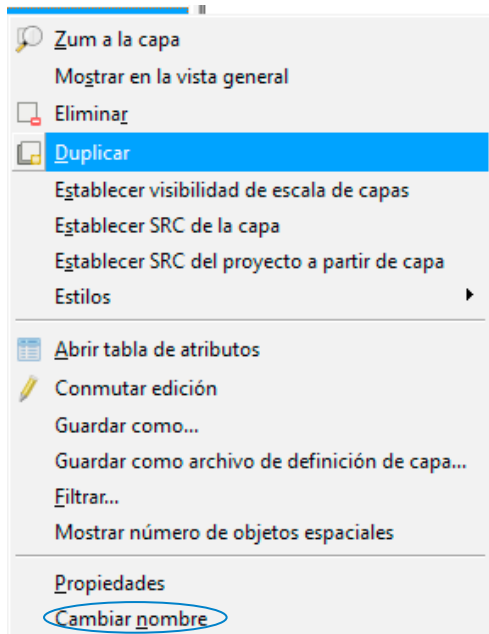
Si abre nuevamente la tabla de atributos de la capa “provincias_25830.shp” observará que ya aparecen las denuncias por provincia en las diferentes edades de menores.

	NOMBRE99	PROV	POB_1981	POB_1991	POB_2001	15 infracciones_per	15 infracciones_per	15 infracciones_per	15 infracciones_per
0	Alava	01	260580	272447	286387	43	43	38	55
1	Albacete	02	334468	342677	364035	63	86	104	122
2	Alicante /Iacant	03	1148597	1292563	1461925	280	373	349	427
3	Almería	04	405313	455496	536731	70	95	130	162
4	Asturias	33	1036261	1160843	1287017	93	106	187	159
5	Ávila	05	1127007	1093937	1062998	16	12	15	19
6	Badajoz	06	178997	174378	163442	58	83	70	120
7	Baleares (Iles)	07	635375	650388	654082	262	227	240	305
8	Barcelona	08	685088	709138	841669	239	371	563	727
9	Burgos	09	4618734	4654407	4805927	47	83	57	76

3.2. GENERAR UN MAPA DE COROPLETAS.

Un mapa de coropletas, es un mapa donde se va a representar unos datos por medio de una gama de colores, esta clasificación se realizará en función de unos estadísticos.

En este apartado va a realizar un mapa de coropletas de las infracciones en menores de 14 años por provincias. Recuerde, que el conjunto de datos ya los unió en el apartado anterior.



Lo primero que va a crear es un duplicado de la capa “provincias_25830”, para ello, sobre dicha capa en el “Panel de capas” presione el botón derecho del ratón y haga clic en **Duplicar**. Se ha creado una capa igual a la anterior, con el mismo nombre seguido del texto “copiar”. Para evitar confusiones, cambie el nombre de la capa duplicada a “provincias_coropleta”.

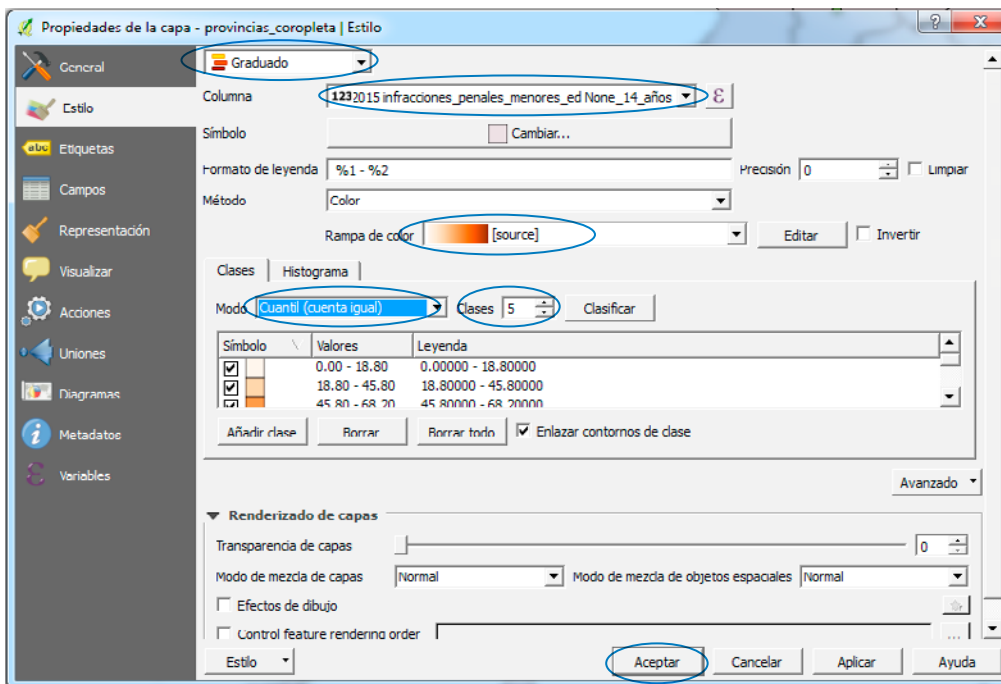
Esto lo consigue haciendo clic en la capa duplicada con el botón derecho del ratón y elija **Cambiar nombre**.

Ponga esta última capa “provincias_coropletas” como capa activa y visible y no visible la capa “provincias_25830”.

Para poder realizar el mapa de coropletas va a cambiar la leyenda de la capa, para ello, presione el botón derecho del ratón sobre la capa “provincias_coropletas”, elija **Propiedades**. Se abre el cuadro de texto de las propiedades de la capa.

Sitúese sobre **Estilo**.


Rellene el cuadro según le aparece en la imagen inferior.

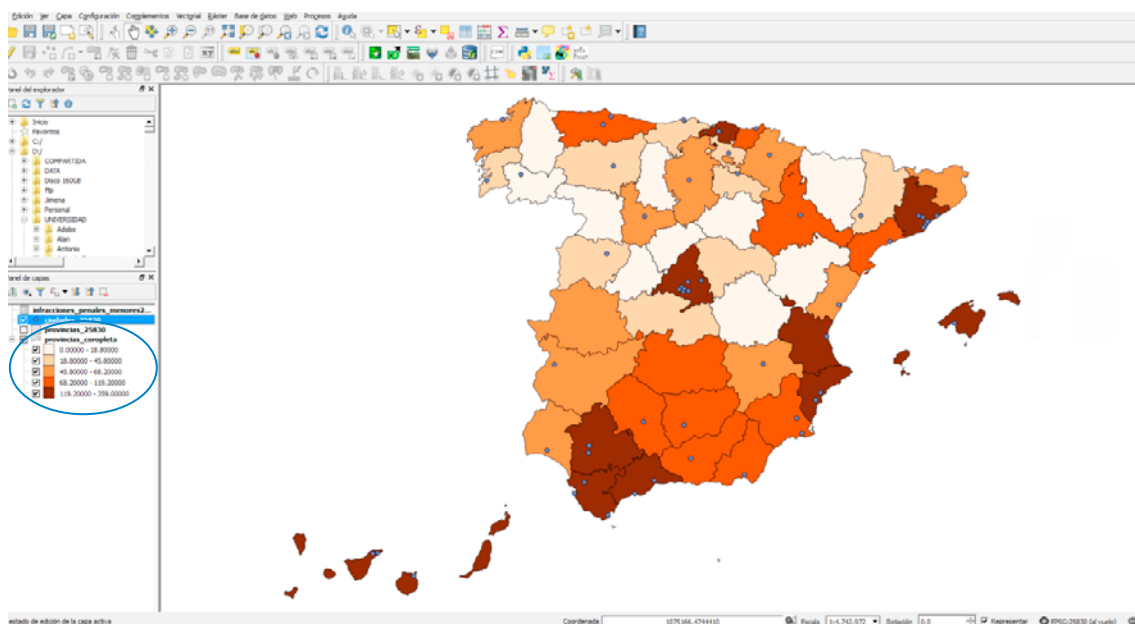


Deberá establecer como tipo de estilo “Graduado”, como columna de representación de datos, la correspondiente a los datos de infracciones en 14 años.

También debe definir la rampa de colores y el número de clases, así como el método estadístico de clasificación.

Una vez establecido los diferentes parámetros, acepte.

Una vez que haya introducido los valores que aparecen en la imagen anterior, obtendrá una vista similar a la siguiente. Como podrá observar ha cambiado la leyenda de la capa “provincias_coropleta” en el “Panel de capas”, adaptándose a lo seleccionado en el cuadro anterior. Guarde el proyecto .



3.3. GENERAR UN MAPA CON GRÁFICO DE BARRAS.

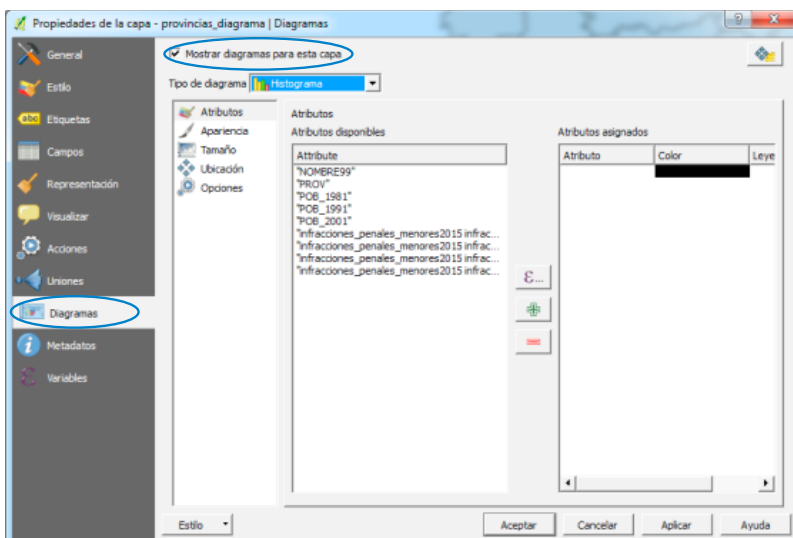
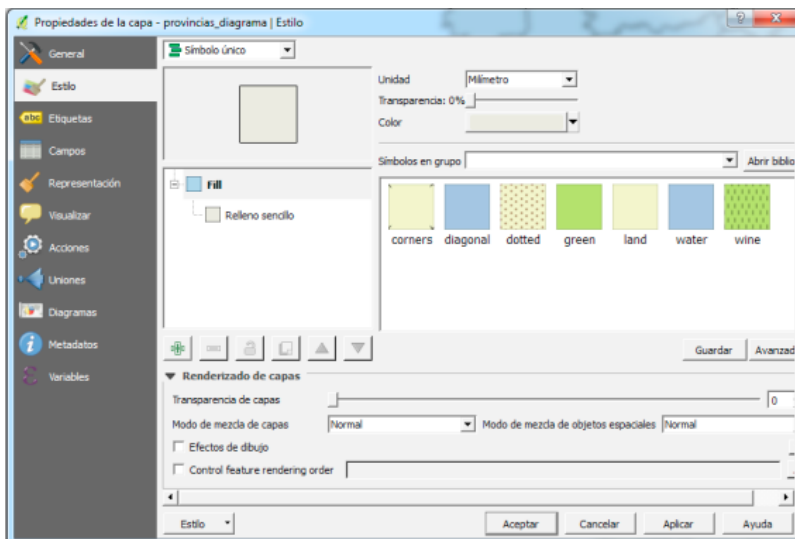
En este apartado va a generar un mapa donde aparezcan representadas las infracciones en los menores de 14, 15, 16 y 17 años. Cada uno de los datos vendrá establecido en un color, y el tamaño de la barra del diagrama corresponderá al valor del campo en la provincia.

De nuevo duplicará la capa “provincias_25830” y la denominará “provincias_grafico”, lo realizará de la misma forma que lo hizo en el apartado anterior. Haga visible y activa esta capa y no visible las anteriores excepto la capa “ciudades_25830”.

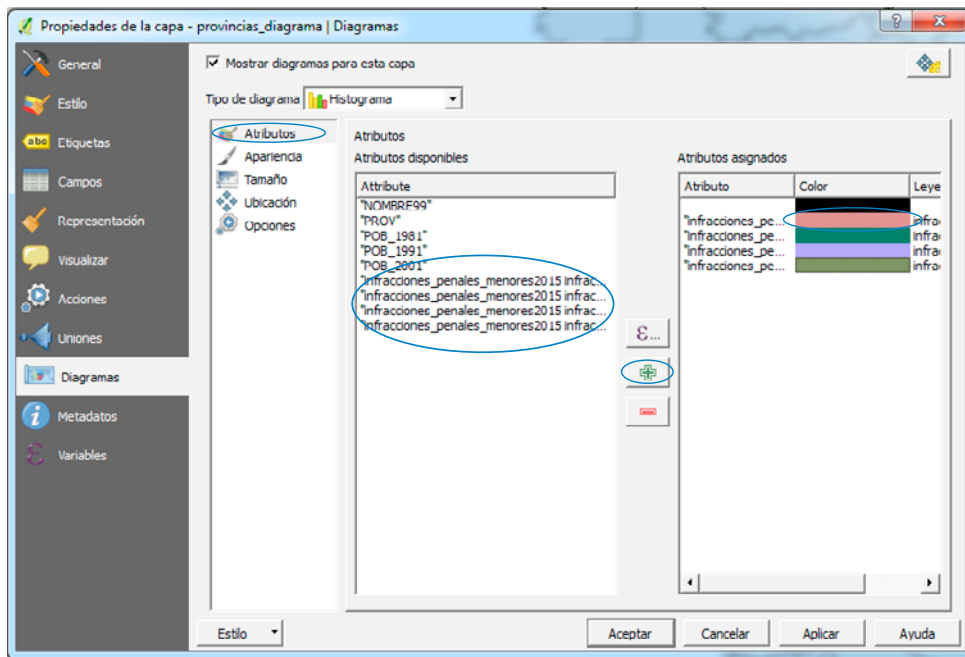
Para poder cambiar la leyenda, presione botón derecho sobre la capa “provincias_grafico” → **Propiedades** → **Estilo** (al igual que en el mapa de coropletas), elija “Símbolo único” para tener todas las provincias con un fondo uniforme y un color suave.


Para generar los gráficos que busca, quédese en **Propiedades** y active **Diagramas**. En este apartado deberá activar “Mostrar diagramas para esta capa”, automáticamente se le han activado el resto de menús que le aparecían inactivos.

Como podrá observar en “Tipos de diagrama” puede elegir “gráfico de queso” o “histograma”, elija este último.



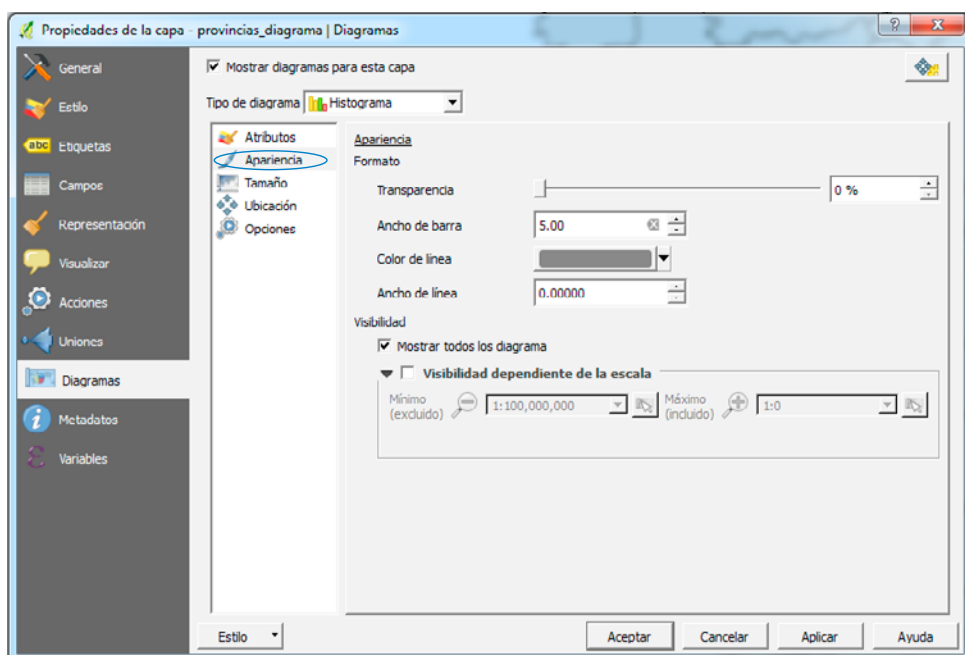
Ahora deberá establecer los diferentes parámetros que van a definir su histograma.



Comience con “Atributos” y seleccione los campos que va a representar del cuadro de “Atributos disponibles”, en este caso las infracciones en los menores de 14, 15, 16 y 17 años y añada al cuadro de “Atributos asignados” mediante el icono .

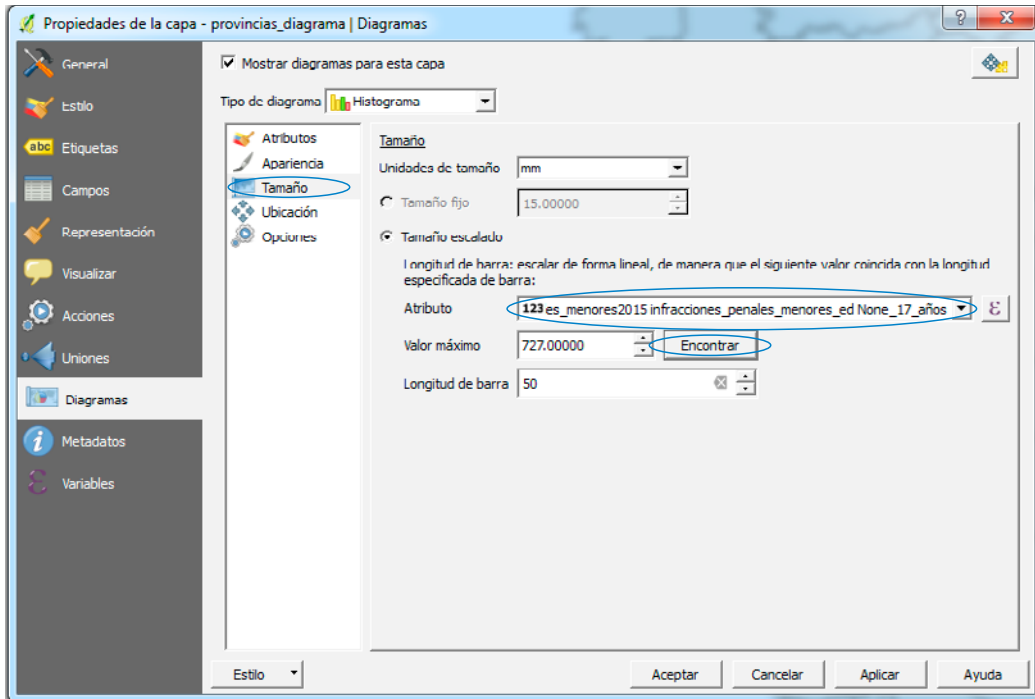
Por defecto al añadirle los datos le ha establecido una gama de colores, que podrá cambiar a su gusto. Para ello, solo tiene que hacer doble clic en cada color y seleccionar el que prefiera. Una vez definida la tabla de colores, deberá modificar el siguiente menú.

En “Apariencia” va a modificar el “Color de línea”, elija un color gris medio, así quedará más suave el cambio de colores del histograma final. El resto de valores deje los que viene por defecto.

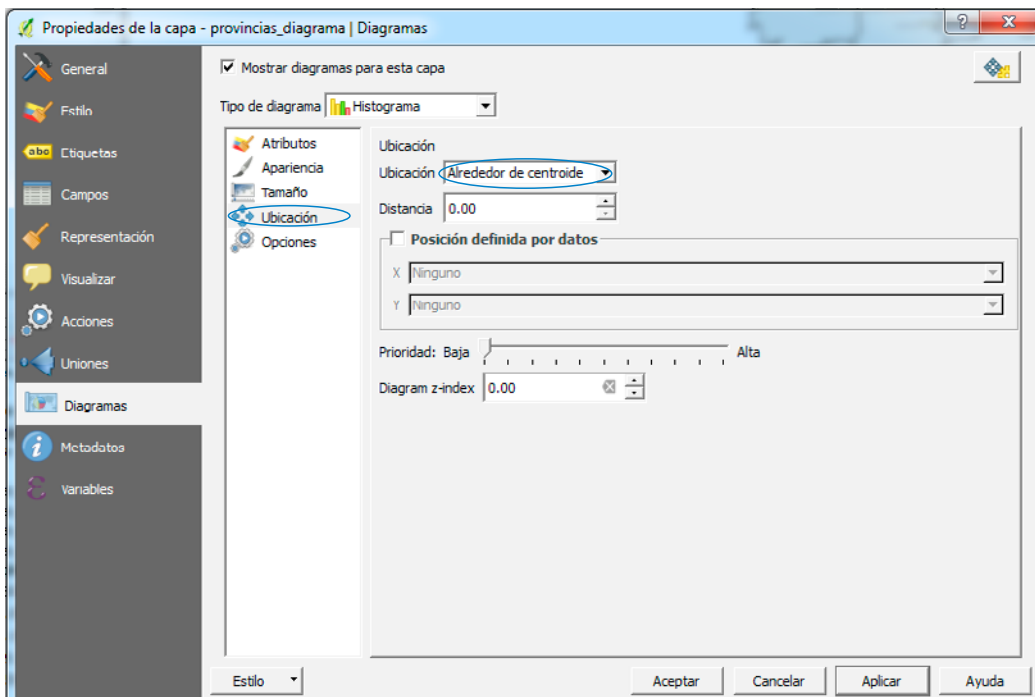


Siga con “Tamaño”, seleccione “Tamaño escalado”.

En este apartado deberá localizar el campo que tiene el valor mayor, en este caso corresponde a las infracciones en menores de 17 años. Por tanto, seleccione ese atributo y haga clic en “Encontrar”, el QGIS le va a localizar el valor máximo para en función de él escalar el resto.

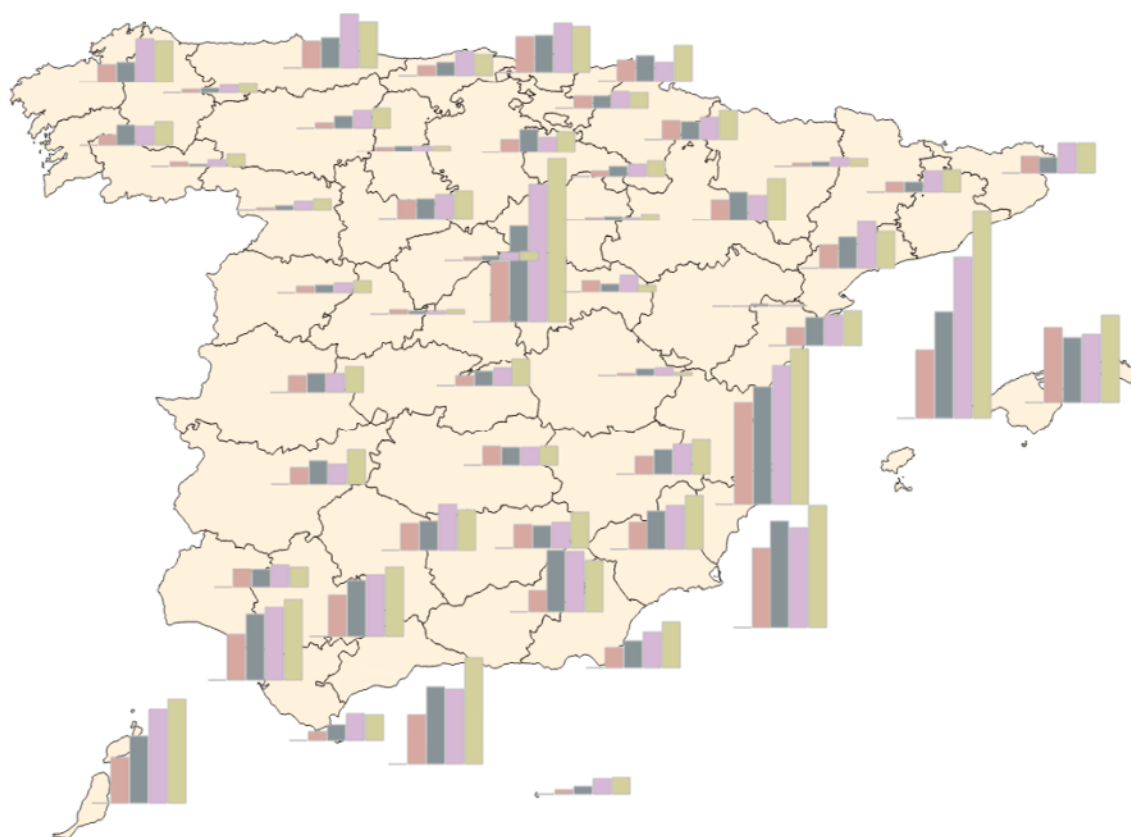


Finalmente en “Ubicación” seleccione “Alrededor de centroide”.



Aplique y acepte.

La imagen de su mapa debería ser similar al presentado a continuación.



Si el resultado final no es el esperado puede volver a los diferentes apartados y cambiar colores o bien ubicación de los mismos...

Una vez satisfecho con su leyenda no olvide guardar el proyecto.

3.4. GENERAR UN MAPA DE PUNTOS GRADUADOS.

La última leyenda la va a generar sobre la capa “ciudades_25830”, en concreto, con el atributo relativo al número de habitantes. Al igual que en los casos anteriores, duplique la capa “ciudades_25830” y cámbiele el nombre a “ciudades_puntos_graduados”. Active esta capa como actual, haga no visibles todas las capas generadas, excepto la capa de “ciudades_puntos_graduados” y la capa “provincias_25830” que deberán estar visibles.

Para proceder con la última forma de representación de datos, sitúese sobre la nueva capa creada y con el botón derecho active **Propiedades** → **Estilo**.

Rellene el cuadro según le aparece en la imagen de la página siguiente.

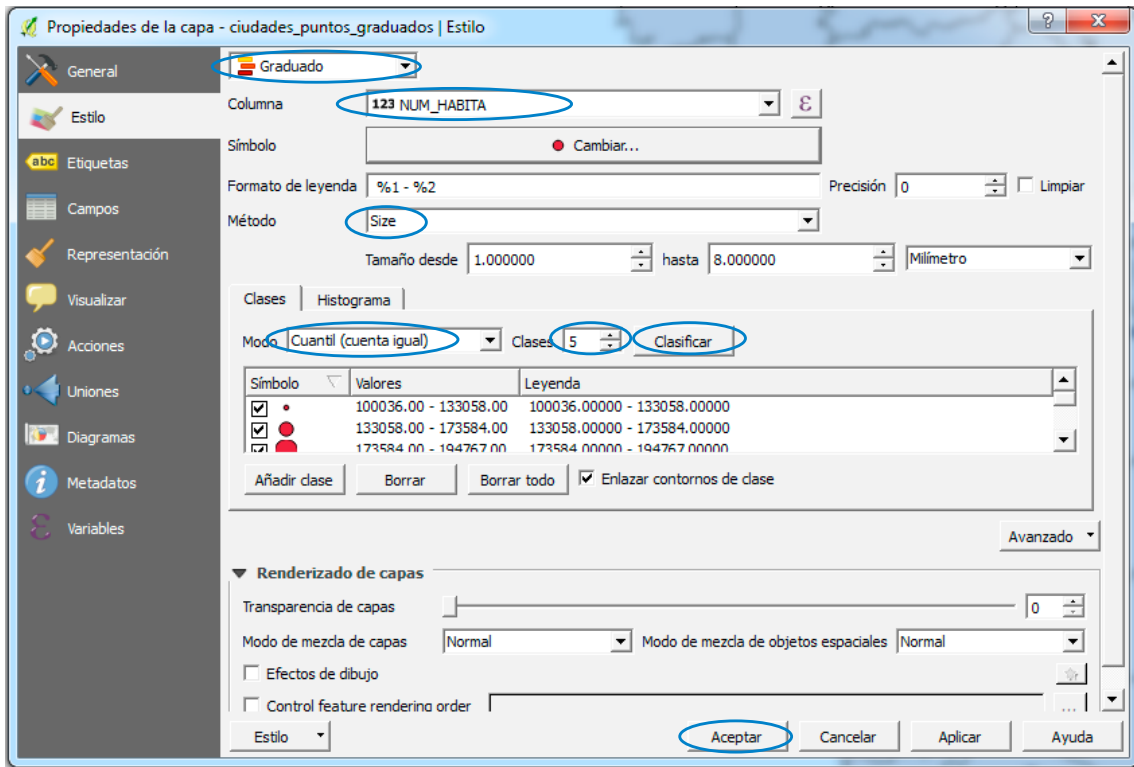
Deberá establecer como tipo de estilo “Graduado”, como columna de representación de datos, la correspondiente al número de habitantes (NUM_HABITA).

En el apartado de “Símbolo”, puede cambiar el icono del mismo y el color.

En “Método” deberá elegir “Size”. Como puede observar, el tamaño menor y el mayor es también configurable, en principio deje los valores que vienen por defecto.

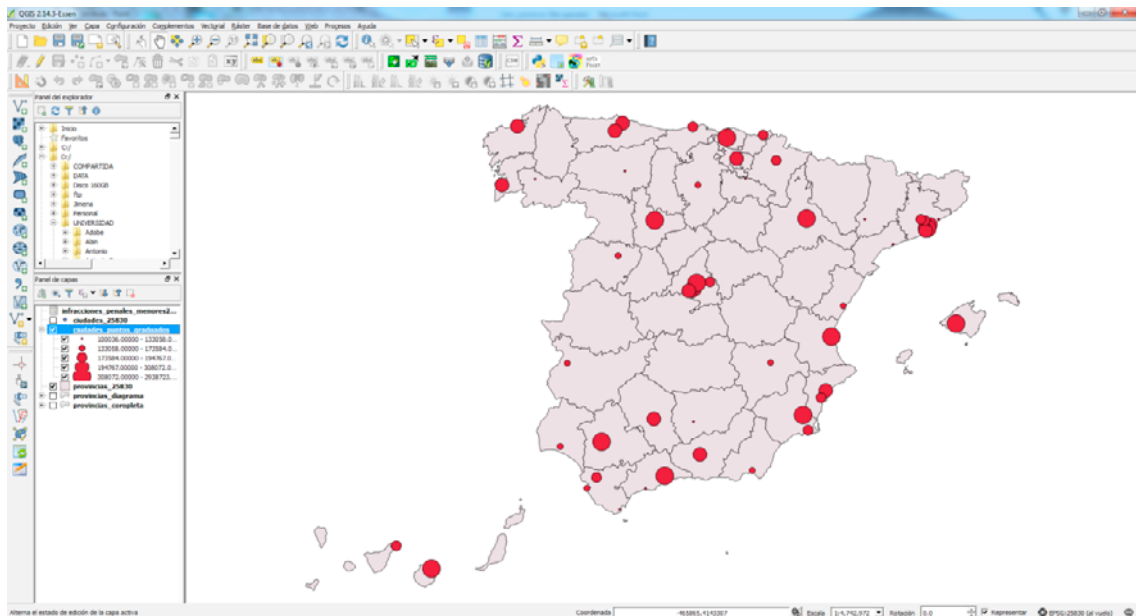
Seleccione 5 clases y como modo de clasificación el “Cuantil”.

Una vez configurado los diferentes apartados, aplique y acepte.



Los diferentes puntos que representaban una ciudad han sido escalados en función del valor del número de habitantes, teniendo en cuenta el tamaño mínimo y máximo que ha seleccionado y el modo estadístico de clasificación.

Recuerde guardar.



PRÁCTICA N° 4

DISEÑO DE MAPAS Y SU EXPORTACIÓN A PDF

OBJETIVO: una vez que ha conseguido generar diversos tipos de leyendas y por tanto generar diferentes mapas en la práctica anterior, la finalidad de esta práctica consiste en diseñar un mapa con su parte gráfica y su parte literal. Para ello, va a realizar la composición de los tres mapas anteriores y su exportación a formato PDF.

DATOS: continuará con el proyecto de la práctica anterior.

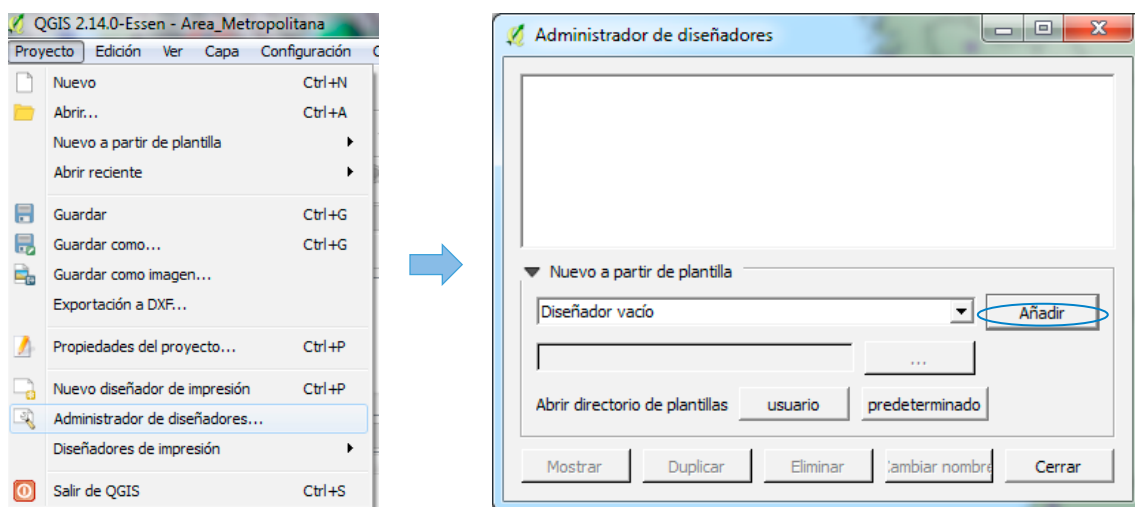
- Proyecto “cartografia.qgs”.
- Archivo pdf con un ejemplo del diseño de un mapa “Mapa_graduados_2.pdf”

DESARROLLO:

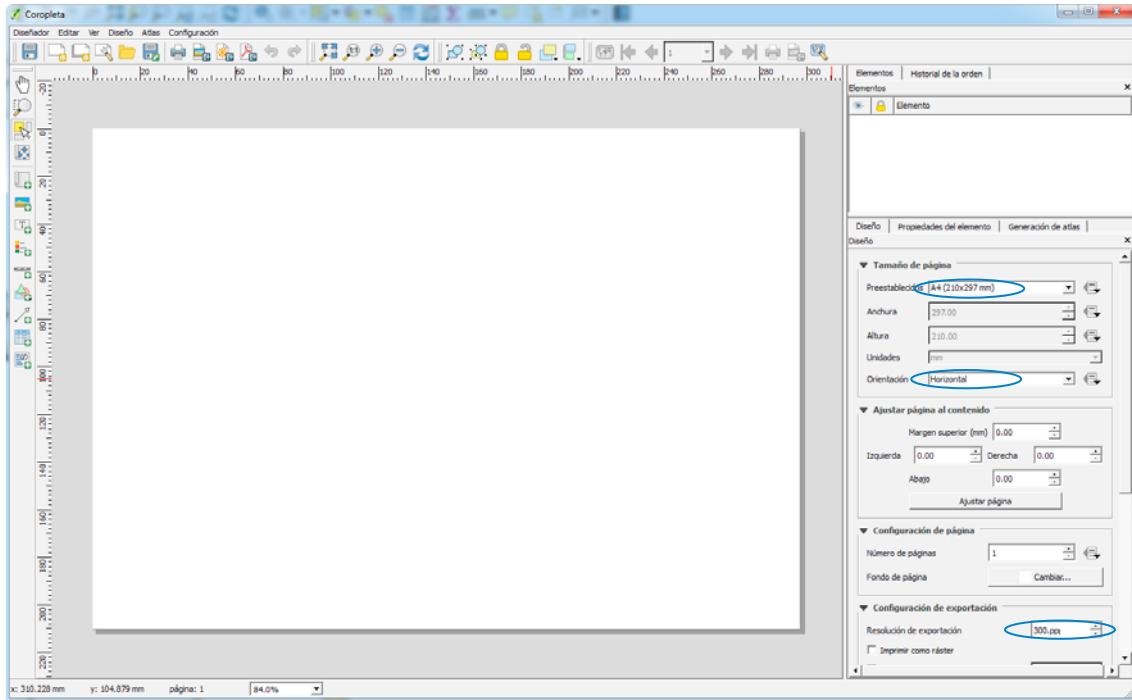
4.1. ADMINISTRADOR DE DISEÑADORES.

QGIS le permite crear varios mapas utilizando el mismo archivo. Esto se consigue gracias al *Administrador de diseñadores*, localizado en el menú *Proyecto*.


Como parte del proyecto anterior, haga visible solo la capa “provincias_coroquetas.shp” y “ciudades_25830.shp”, el resto no deben estar visibles. Ahora, haga clic en el *Administrador de diseñadores* y de a *Añadir* en el cuadro que se abre. Como título del diseñador elija Coroquetas (como el nombre del primer mapa que generó en la práctica anterior).




Automáticamente, se abre el *Diseñador de impresión*. Como puede observar aparece un espacio de diseño, rodeado con los menús e iconos para insertar los diferentes elementos, en el margen derecho podrá cambiar las propiedades del elemento con el que está trabajando.




Siga los siguientes pasos para poder realizar una composición básica del primer mapa. Lo primero que debe hacer es comprobar el tamaño de papel seleccionado, este dependerá de la escala a la que desee imprimir su mapa, en este caso, seleccionará como tamaño de página A4, orientación Horizontal y resolución 300 dpi. Estas características las establece en la pestaña *Diseño*.

Para añadir la información, empezará por añadir la cartografía, para ello haga click en el icono *Añadir mapa nuevo* , pinche en un punto y arrastre una caja en la página en blanco, deje espacio para situar la leyenda, título, escala gráfica....

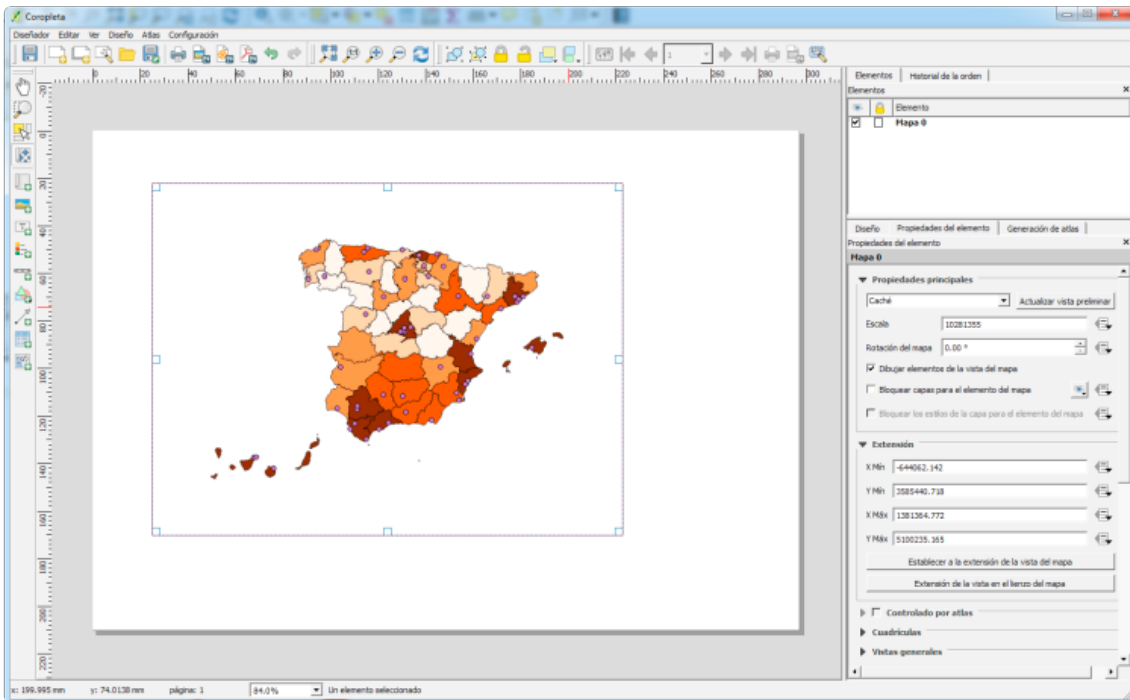
El mapa muestra la vista del canvas según el zoom que tenga en el mismo.

Puede cambiar la extensión de la página, no del mapa, mediante los iconos de zoom .



Si lo que desea es mover el contenido del mapa dentro del espacio que ha añadido para la parte gráfica, deberá usar el icono *Mover contenido del elemento* .

El mapa muestra una vista de España con las provincias clasificadas en función de las infracciones penales en menores de 14 años.

Como puede observar, en el margen izquierdo de la imagen, aparecen las propiedades del elemento seleccionado, en este caso del mapa, tales como extensión, marco, cuadrícula.... Todos estos parámetros podrá alterarlos para realizar el diseño que más le guste.

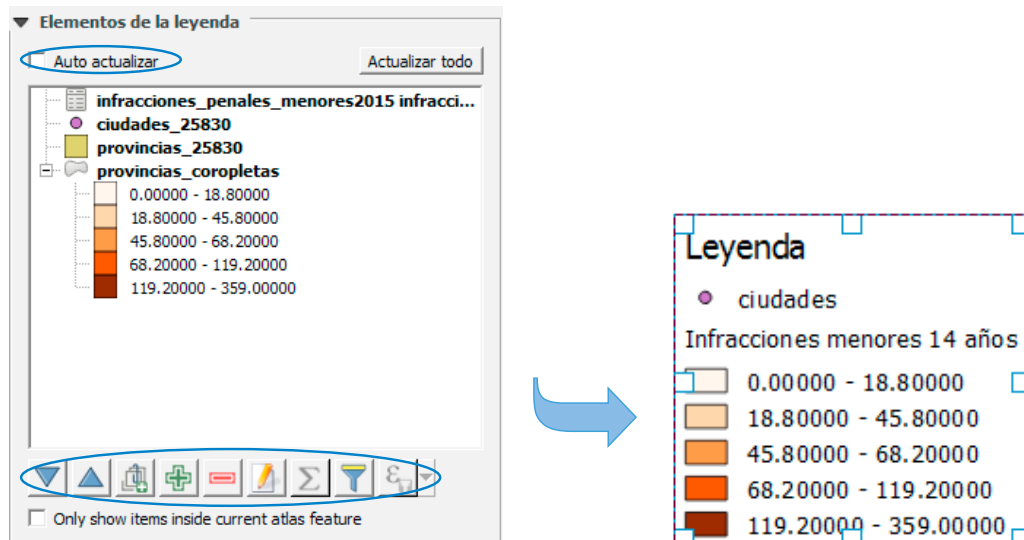




Para que un mapa este completo necesita un título, una leyenda, una escala gráfica, un norte...

- Título: añade el título de su mapa, para ello utilice el icono *Añadir etiqueta nueva* , en propiedades del elemento podrá variar el tipo de letra, tamaño, color..
- Leyenda: incorpórela mediante la opción *Añadir leyenda nueva*  e indique donde quiere situarla. Mediante el cuadro de *Propiedades del elemento* podrá cambiar la misma según sus necesidades.

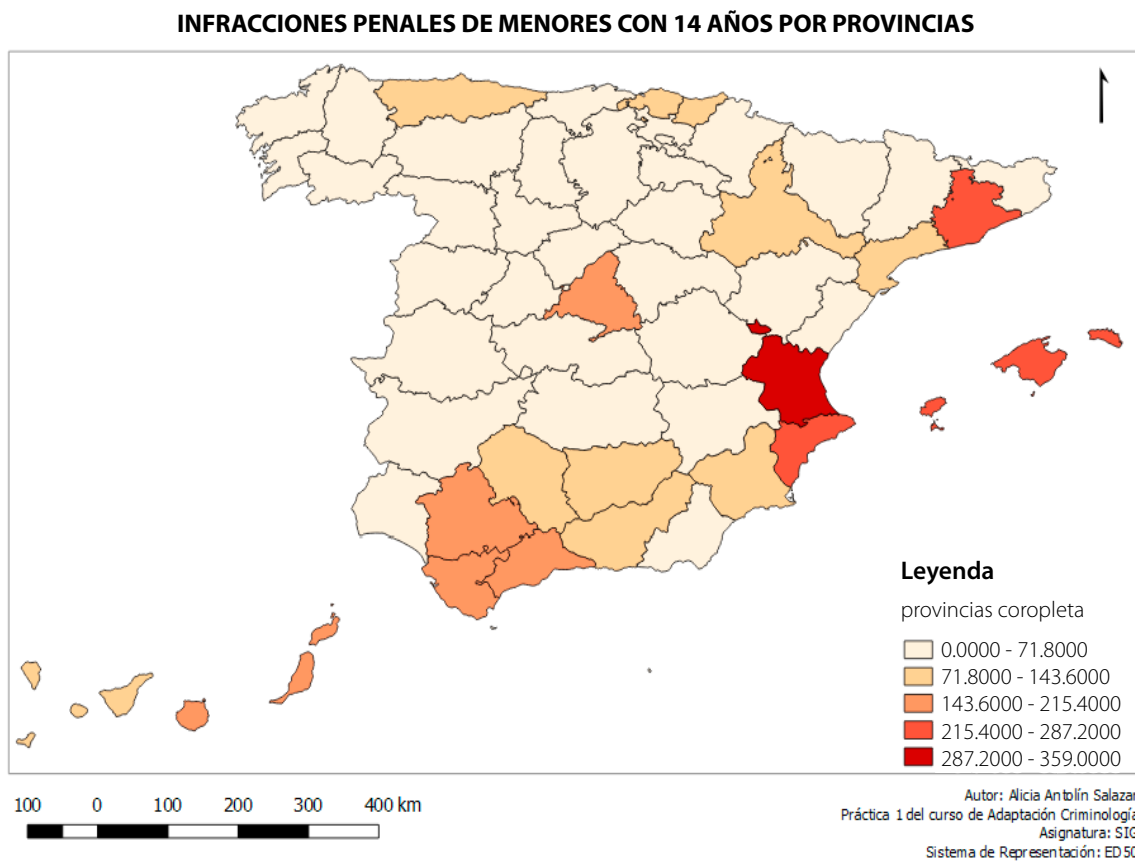
Si desea eliminar información en la leyenda, desactive el cuadro "Auto actualizar", automáticamente podrá variar la leyenda según su necesidad, simplemente deberá seleccionar la capa que desea eliminar, añadir, mover... y utilizar los botones del margen inferior del *Elemento de la leyenda*.

Podrá incluso editar el texto con el que van a aparecer el nombre de sus capas de información.



- Escala gráfica: para poder insertar la escala gráfica, seleccione el icono **Añadir nueva barra de escala** . A continuación indique sobre el mapa la zona donde va a situarla.
- Orientación del mapa: En la mayoría de los casos, al diseñar un mapa es muy aconsejable que oriente dicha área representada. Para ello, basta con ubicar un indicador del norte geográfico en la parte superior del mapa. Esta opción se puede realizar con QGIS clicando en el botón **Añadir imagen** . En el cuadro de propiedades de elemento deberá seleccionar **Directorio de búsqueda** para que cargue los diferentes nortes que dispone QGIS, así como si tiene algún otro.

Siguiendo todas las instrucciones dadas con anterioridad deberá haber podido generar un mapa del estilo al presentado en la siguiente figura.

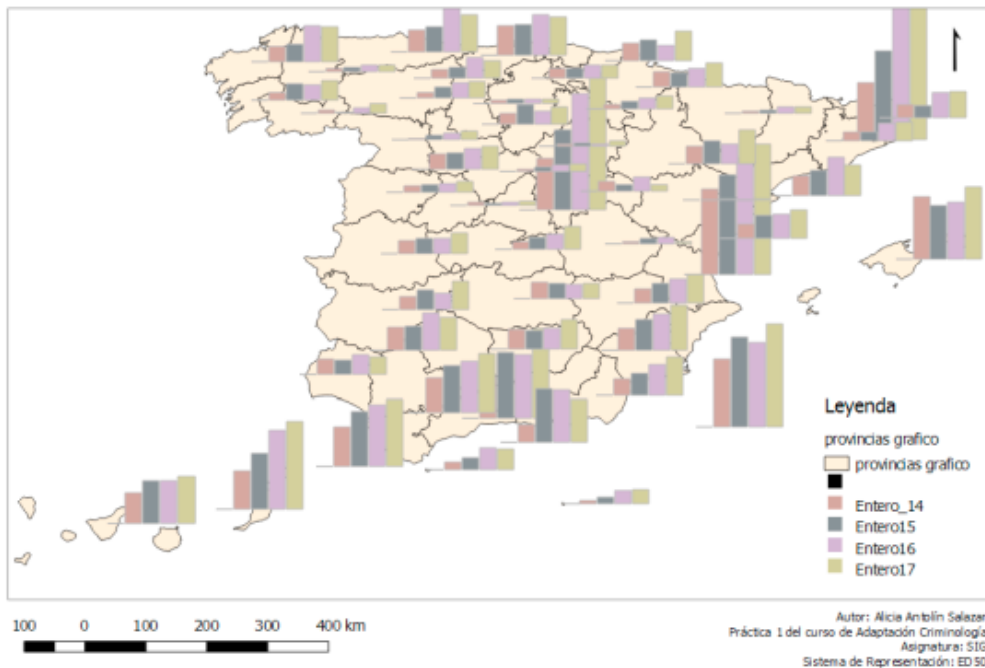


Si cierra el diseñador de impresión, podrá acceder a él cada vez que lo desee desde el menú **Proyecto** → **Diseñadores de impresión**.

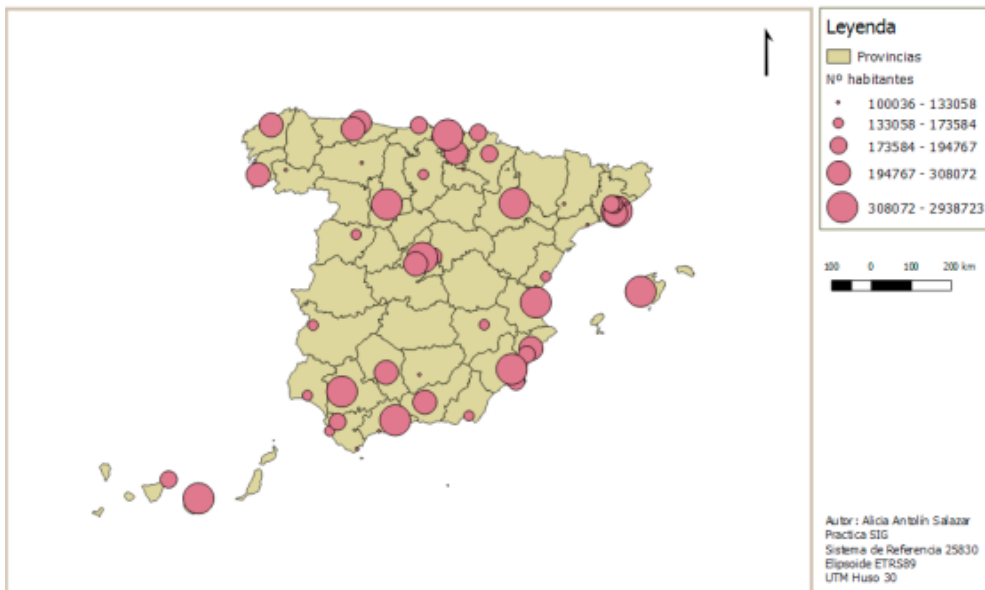
De la misma forma que ha realizado la composición de este primer mapa, deberá hacer lo mismo con los otros dos, tenga en cuenta que deberá hacer visibles las capas correspondientes a la información que desea establecer en cada diseño.

Del mismo modo que en primer diseño, podrá acceder a los dos nuevos mapas generados desde el **Diseñadores de impresión**.

INFRACCIONES PENALES EN MENORES SEGÚN EDAD POR PROVINCIAS.



NÚMERO DE HABITANTES EN MUNICIPIOS



4.2. EXPORTACIÓN DEL DISEÑO FINAL.

Una vez está finalizado el mapa, guarde y procederá a su exportación mediante los iconos *Exportar como imagen*, *Exportar como SVG* y *Exportar como PDF*. En este caso exporte las tres composiciones como PDF.

Nombre el documento que va a crear como “mapa_coroquetas.pdf”, “mapa_gráficos.pdf” y “mapa_graduado.pdf”.

Ahora podrá acceder a los tres nuevos documentos creados desde el programa Adobe Reader.

PRÁCTICA Nº 5

SISTEMAS DE REFERENCIA.

REPROYECTAR

OBJETIVO: conseguir que el lector aprenda a trabajar con los Sistemas de Referencia, diferenciando entre el definido en el proyecto y el de la capa. Una vez establecido ambos, podrá reproyectar la capa de un Sistema de Referencia a otro. Utilización de la rejilla NTv2 para el cambio entre Sistemas de referencia.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa vectorial “provincias_4258.shp”.
- Capa vectorial “ciudades_4258.shp”.
- Capa vectorial “latlong_4258.shp”.
- Capa vectorial “parcelas_23030.shp”

DESARROLLO:

5.1. UTILIZAR DATOS PROYECTADOS.

El término SRC (Sistema de Referencia de Coordenadas) es el que le va a definir el sistema de proyección con el que está trabajando y con el que quiere trabajar.

Tiene que diferenciar entre el SRC del proyecto y el de la capa. A veces coincidirán y otras veces no.

Es muy importante, conocer el Sistema de referencia con el que necesita trabajar y el Sistema de referencia de cada una de las capas de información.

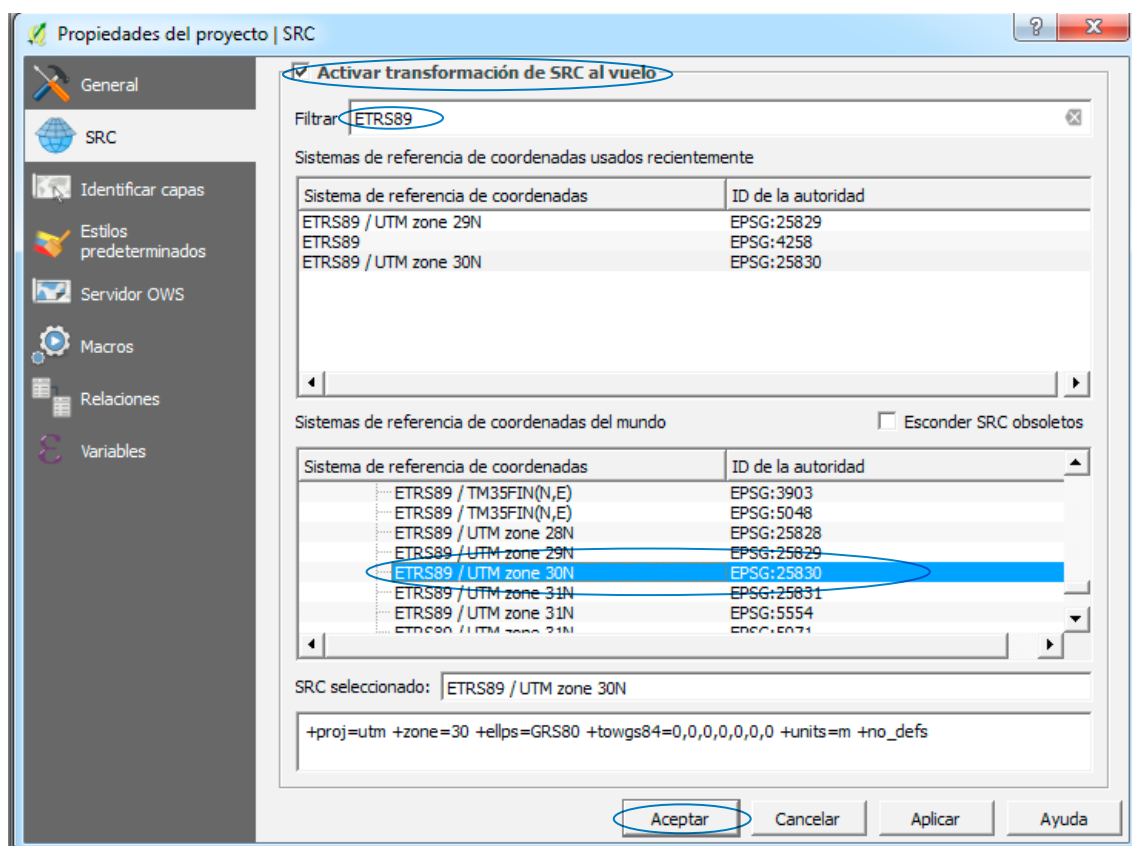
En esta práctica va a partir del mapa de España en formato digital, representará los datos geográficos en diferentes proyecciones. Comparando estas proyecciones deberá determinar las deformaciones producidas: distancias, ángulos (formas) y superficies.

Cree un proyecto nuevo y establezca el sistema ETRS89; (UTM) Universal Transversal Mercator, Huso 30, como SRC del proyecto.

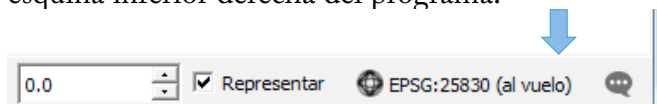
Para ello, desde el menú **Proyecto**, elija **Propiedades del proyecto**. Sitúese en el menú **SRC**, una vez allí seleccione “Activar transformación al vuelo” y en “Filtrar” escriba ETRS89.

Aparecerán todos aquellos sistemas que contienen este término, en su caso el correcto sería ETRS89/UTM zone 30N, EPSG (*European Petroleum Survey Group*) 25830.

Selecciónelo y acepte.



Así se ha definido el SRC del proyecto, lo puede comprobar observándolo en la esquina inferior derecha del programa.



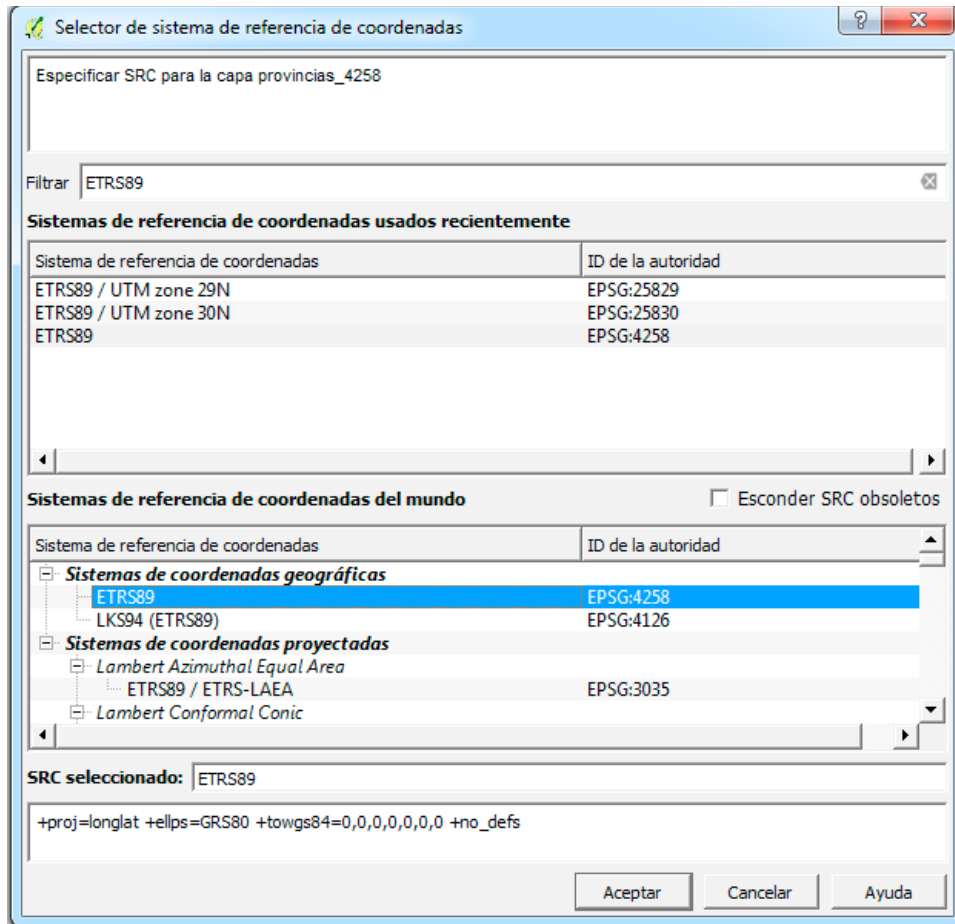
De aquí en adelante, cada vez que usted quiera añadir este sistema de referencia a un proyecto nuevo, aparecerá en el cuadro de sistemas de referencia usados recientemente.

Añada al canvas las capas: “provincias_4258.shp”, “ciudades_4258.shp” y “latlong4258.shp”, localizadas en la carpeta de la practica nº5. Tenga en cuenta que estas capas tienen como proyección un sistema de referencia distinto al del proyecto, en concreto es el elipsoide ETRS89; EPSG: 4258, relativo al sistema de coordenadas geográficas (latitud y longitud).

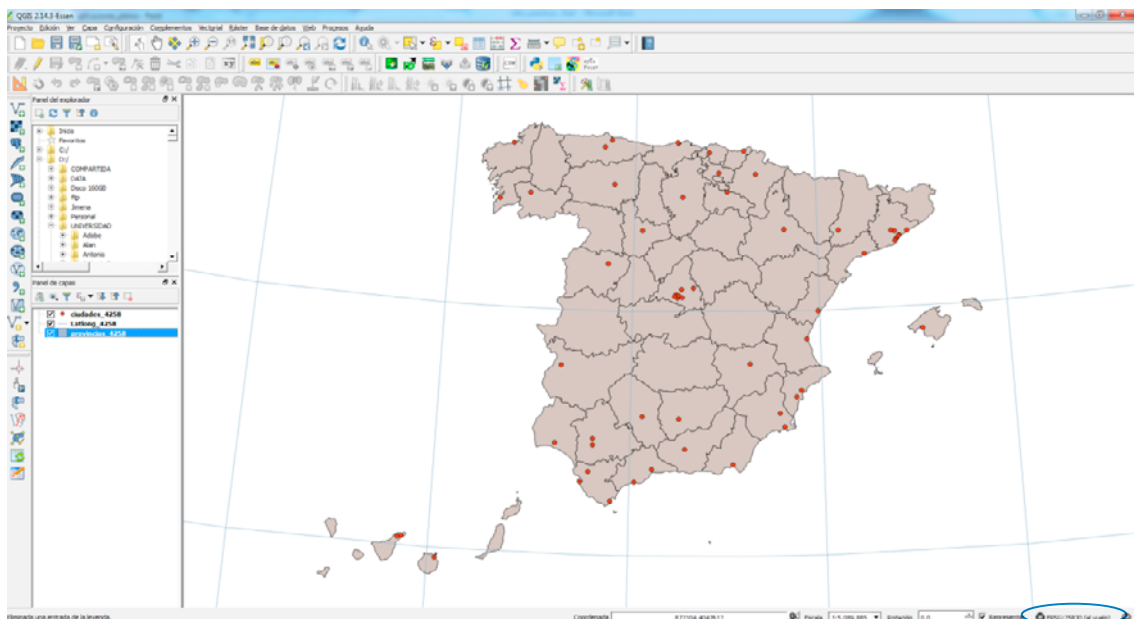
Automáticamente se le abrirá el cuadro de diálogo para que indique cuál es el SRC de la capa que quiere añadir. Este cuadro le aparece debido a que estas capas no poseen el archivo que indica el sistema de referencia (*.prj ó *.qpj).

En este momento, deberá indicar el sistema de referencia en el que están las capas que quiere añadir al proyecto. Para ello, seleccione “Filtrar” ETRS89, le aparecerá un listado con todos los sistemas de referencia (“.crs”) que comienzan con las iniciales indicadas anteriormente en el combo de búsqueda.


De toda la lista que le aparece, seleccione el registro “ETRS89”, tal cual; este es el sistema de referencia en coordenadas geográficas (latitud-longitud). A continuación clique en Aceptar y se cargarán las capas seleccionadas en el proyecto con el “.crs” (sistema de referencia) del proyecto, no de las capas.



Al añadir las, QGIS realiza una transformación de coordenadas al vuelo o virtual y carga estas capas de información en la vista ya proyectadas, es decir, en el sistema de referencia que ha elegido usted para el proyecto (EPSG:25830), siempre y cuando tenga activo *Activar transformación de SRC al vuelo*.



Coloque la información a su gusto, para que pueda trabajar perfectamente con ella.

A continuación, determine la distancia en kilómetros entre las ciudades de Huelva a San Sebastián (aproximadamente 790 km) y de Cartagena a La Coruña (aproximadamente 895 km). Lo primero será seleccionar ambas ciudades para asegurarse de su ubicación, puede realizarlo desde la tabla de atributos, seleccionando ambas ciudades con el campo “MUNICIPIO”. Una vez seleccionadas proceda a realizar la medición. Para ello, seleccione el icono **Medir línea** .



Con el icono activado, pinche en la primera ciudad y le aparecerá una línea que le seguirá hasta que haga clic en la segunda ciudad objeto de destino, apareciéndole la distancia en el cuadro de dialogo.

Para cancelar la acción presione el botón derecho del ratón.

Ahora, calcule la distancia entre Cartagena y La Coruña, siga los mismos pasos.

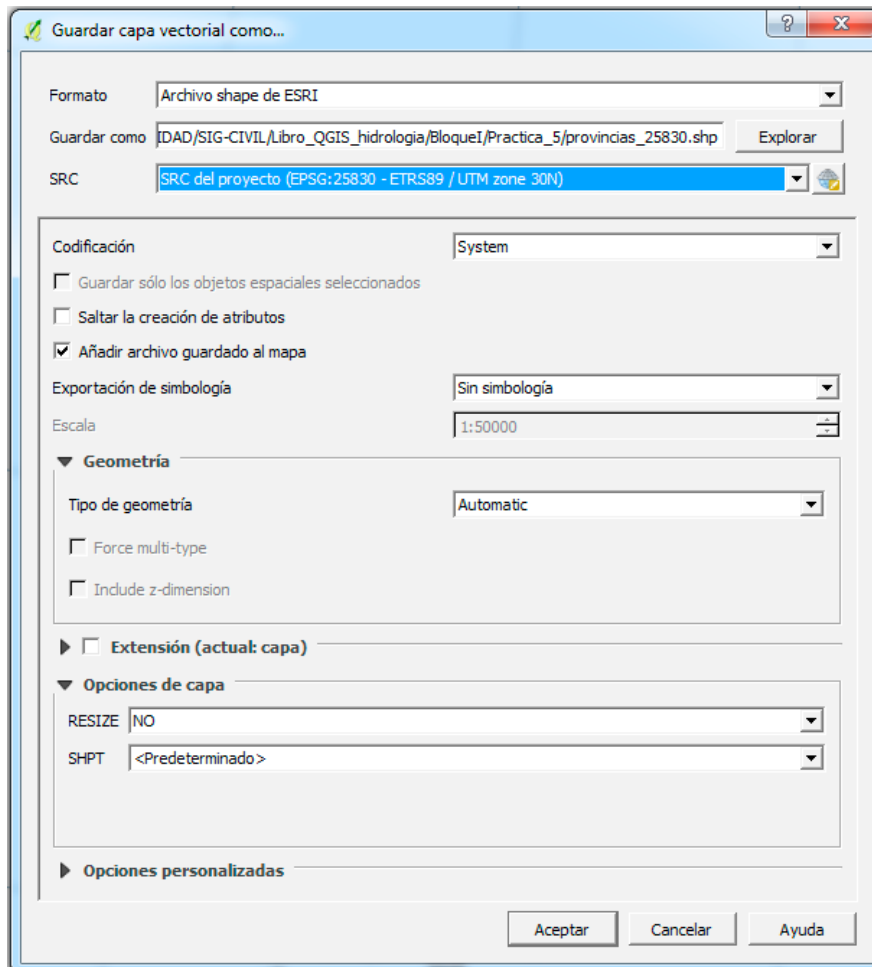
5.2. CAMBIAR EL SISTEMA DE REFERENCIA EN UNA CAPA.

En el punto anterior ha realizado una transformación al vuelo de las capas “provincias_4258.shp”, “ciudades_4258.shp” y “latlong4258.shp”, de tal forma que las ha proyectado en el sistema de referencia del proyecto (ETRS89, UTM zona 30N; EPSG:25830), pero no olvide que el sistema de referencia propio de las capa es distinto, en concreto el ETRS89, sin proyectar (EPSG:4258).

Realmente no ha cambiado el sistema de referencia propio de las capas, esta transformación ha sido “virtual”, es decir, ha sido una transformación al vuelo.

Sin embargo, ahora va a crear una nueva capa con el sistema de referencia del proyecto, es decir, va a consolidar esa transformación al vuelo que ha realizado en las tres capas vectoriales.

Para ello, sitúese con el ratón en el “Panel de capas” en la capa “provincias_4258.shp” y con el botón derecho haga clic en **Guardar como**.



En el cuadro de diálogo que le aparece deje el formato como shape, deberá elegir la ubicación de la nueva capa y el nombre de la misma, por ejemplo *provincias_25830.shp*.

En el cuadro SRC seleccionará el sistema de referencia del proyecto, es su caso el EPSG:25830. Acepte.

En este momento habrá generado una nueva capa con un sistema de referencia distinto.

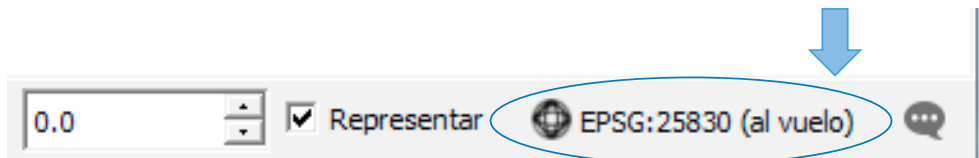
Haga lo mismo para las otras dos capas, “ciudades_4258.shp” y “latlong4258.shp”, guárdelas con el sistema de referencia del proyecto.

5.3. CAMBIAR SISTEMAS DE REFERENCIA Y PROYECCIONES

Partiendo del proyecto anterior, elimine del “Panel de capas” las nuevas capas generadas en el punto anterior, es decir, deberá tener el proyecto con solo tres capas “provincias_4258.shp”, “ciudades_4258.shp” y “latlong4258.shp”.

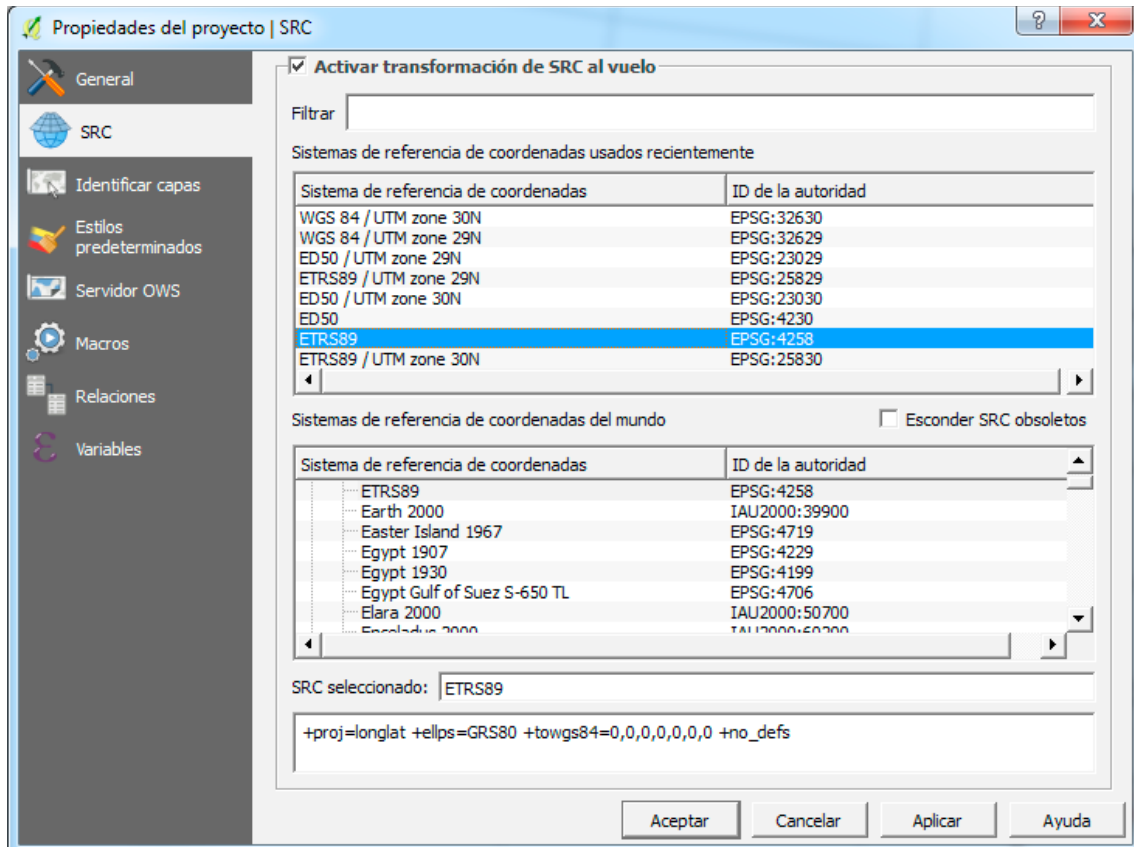
Recuerde que el sistema de referencia de su proyecto es 25830 y las tres capas anteriores han sido reprojectadas al vuelo de su sistema de referencia (EPSG:4258, ETRS89, latitud y longitud) al del proyecto, ETRS89 UTM Huso 30N.

Si lo que desea es cambiar el sistema de referencia de su proyecto al mismo que el original de las capas vectoriales, deberá hacer clic en el cuadro del EPSG que aparece en la esquina inferior derecha de su QGIS.



Se le abrirá el cuadro de dialogo referente a *Propiedades de proyecto*, también puede llamarlo desde el menú *Proyecto* → *Propiedades del proyecto*.

Seleccione el nuevo sistema de referencia, en su caso el ETRS89; EPSG:4258. Acepte.



Automáticamente se le ha cambiado el sistema de referencia de su proyecto y por tanto podrá observar el cambio y la deformación que han sufrido sus mapas.



EPSG:25830 (ETRS89 UTM Huso 30N)



EPSG:4258 (ETRS89)

5.4. TRANSFORMACIÓN ENTRE ED50 Y ETRS89 USANDO LA REJILLA NTV2 DEL IGN.

Imagínese que debe trabajar con cartografía antigua que se encuentra en el sistema de referencia ED50 UTM Huso30 (EPSG:23030) pero necesita poder cotejarla o superponerla con capas que se encuentran en el sistema de referencia actual ETRS89 UTM Huso 30 (EPSG:25830).


Lo primero que va a comprobar es que si realiza una transformación al vuelo directamente en QGIS, existirá un error de unos 10-12m. Esto se produce porque QGIS toma por defecto una rejilla para toda Europa, de ahí esa diferencia en metros.


Para poder realizar una transformación correcta deberá apoyarse en la rejilla de transformación de datum generada por el IGN. Esta rejilla según aparece en la página oficial del IGN <http://www.ign.es/web/ign/portal/gds-rejilla-cambio-datum> fue avalada por el Grupo de Trabajo para la transición a ETRS89 compuesto por las Comunidades Autónomas y los Ministerios de Fomento (IGN) y Defensa.

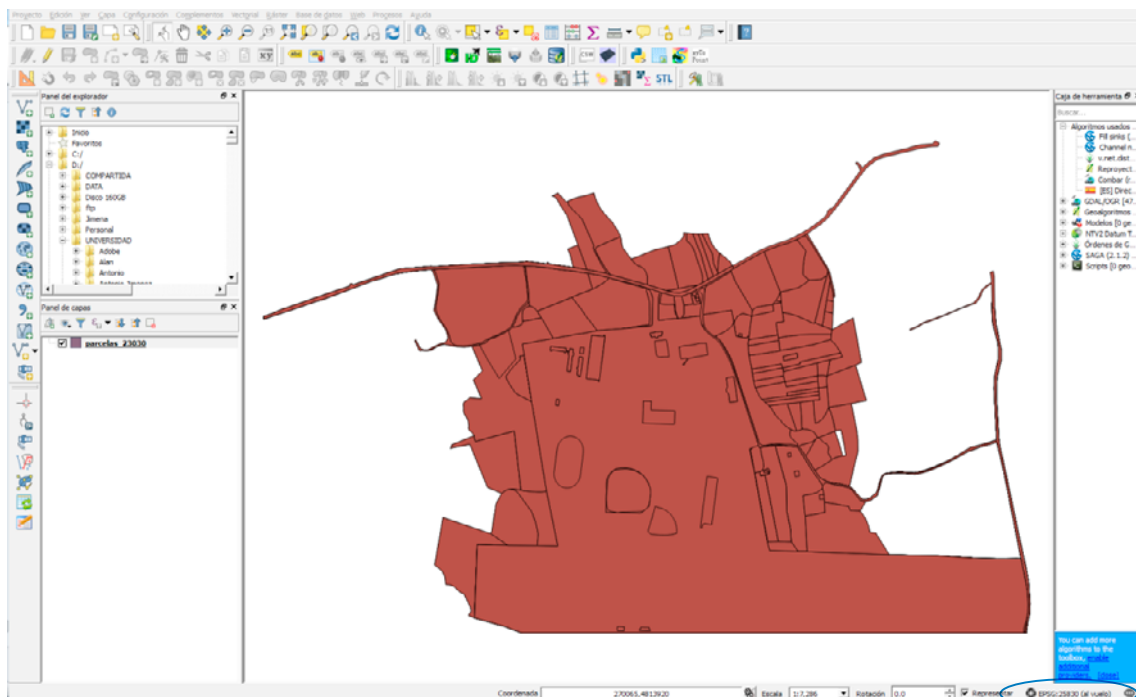
Consta de dos rejillas, una para la península (PENR2009.gsb) y otra para Baleares (BALR2009.gsb).

Descargue la rejilla de la península, observará que viene comprimida en formato zip. Descomprímala en una carpeta, más adelante verá donde debe copiarla.

Lo primero que va a comprobar es el error que se genera al realizar una transformación al vuelo con la rejilla por defecto de QGIS.

Para ello, añada un proyecto nuevo  y elija desde el menú **Proyecto** → **Propiedades del proyecto** como sistema de referencia el ETRS89 UTM Huso 30 (EPSG:25830). Este paso ya lo ha visto anteriormente.

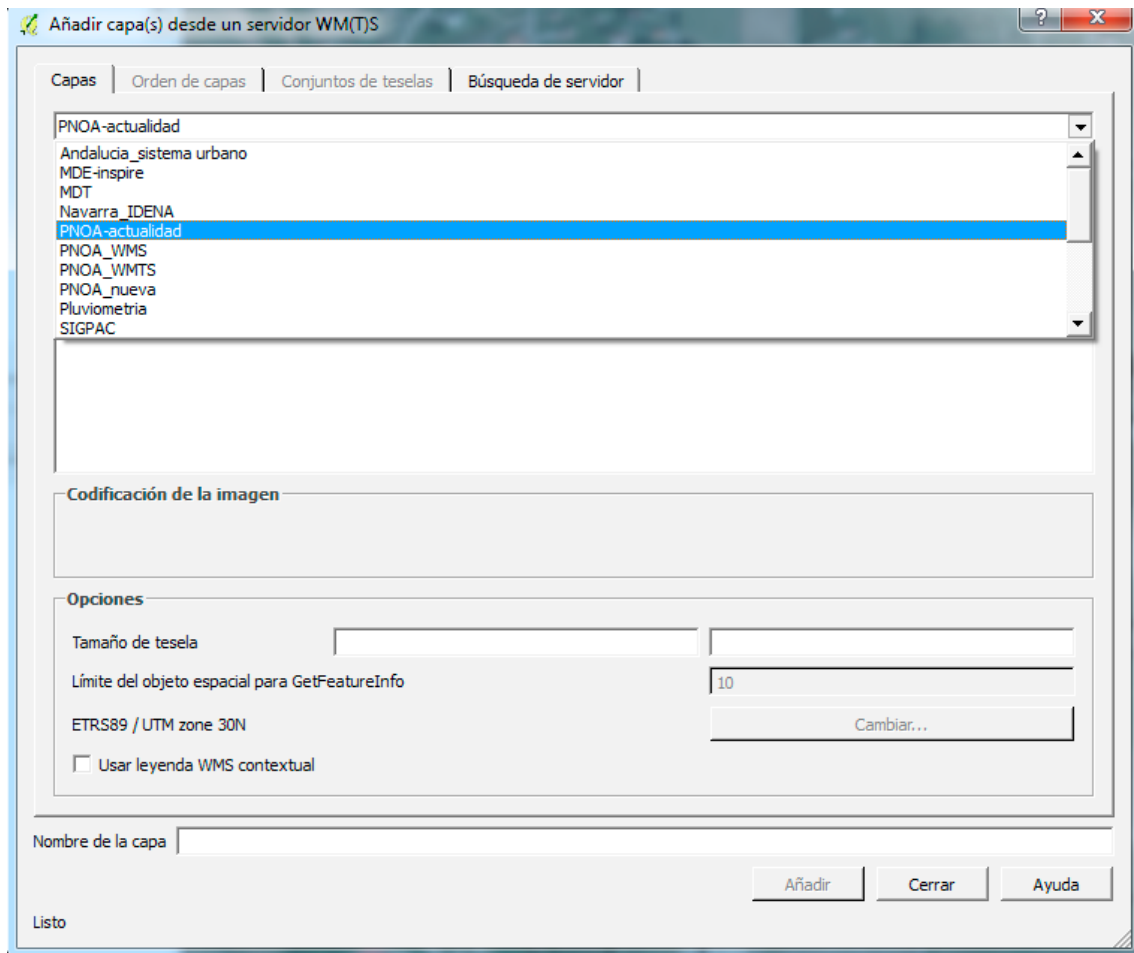
Ahora añada la capa vectorial “parcelas_23030.shp”, puede hacerlo con el icono ya visto .



Esta capa se encuentra en el sistema ED50 UTM Huso 30 y como habrá podido apreciar, al disponer de los archivos parcelas_23030.prj y parcelas_23030.qpj no le ha preguntado en que sistema está creada, directamente lo ha leído de ambos archivos y le ha realizado una transformación al vuelo para llevarlas al sistema de referencia que ha elegido en su proyecto, el ETRS89 UTM Huso30.

Ahora, va a cargar las ortofotos PNOA mediante un WMS para poder asegurarse que la transformación que ha realizado en QGIS es la correcta, en este caso, apreciará lo contrario.

Haga clic en el icono *Añadir capa WMS/WMTS*. .

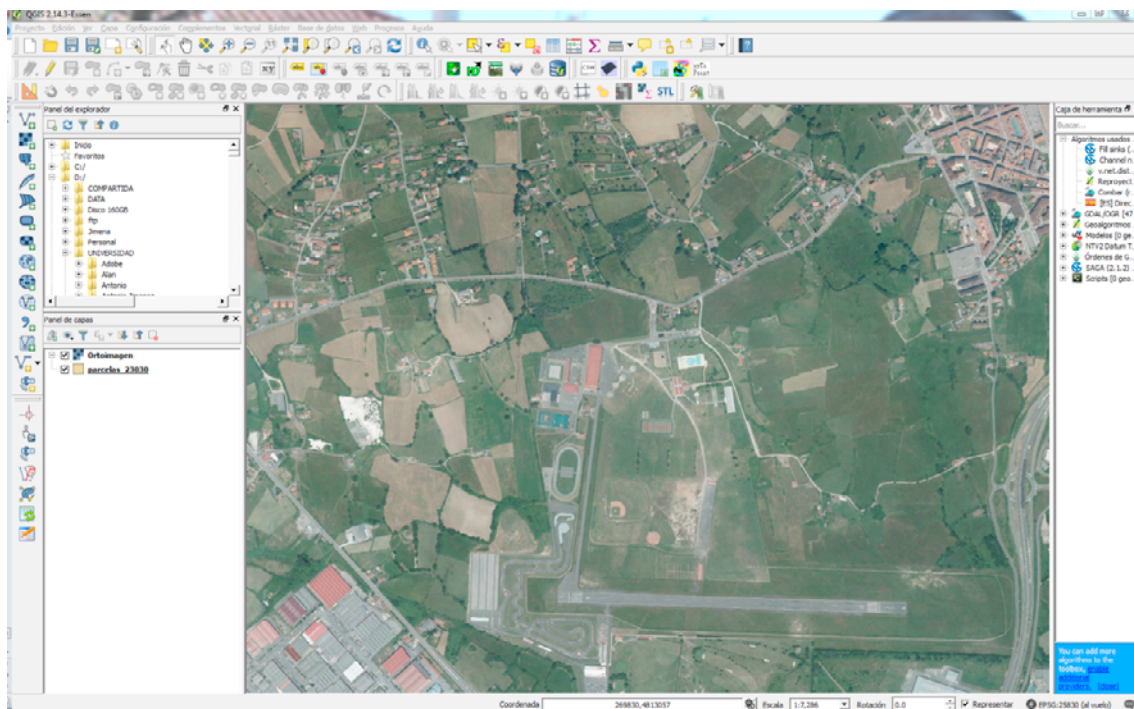
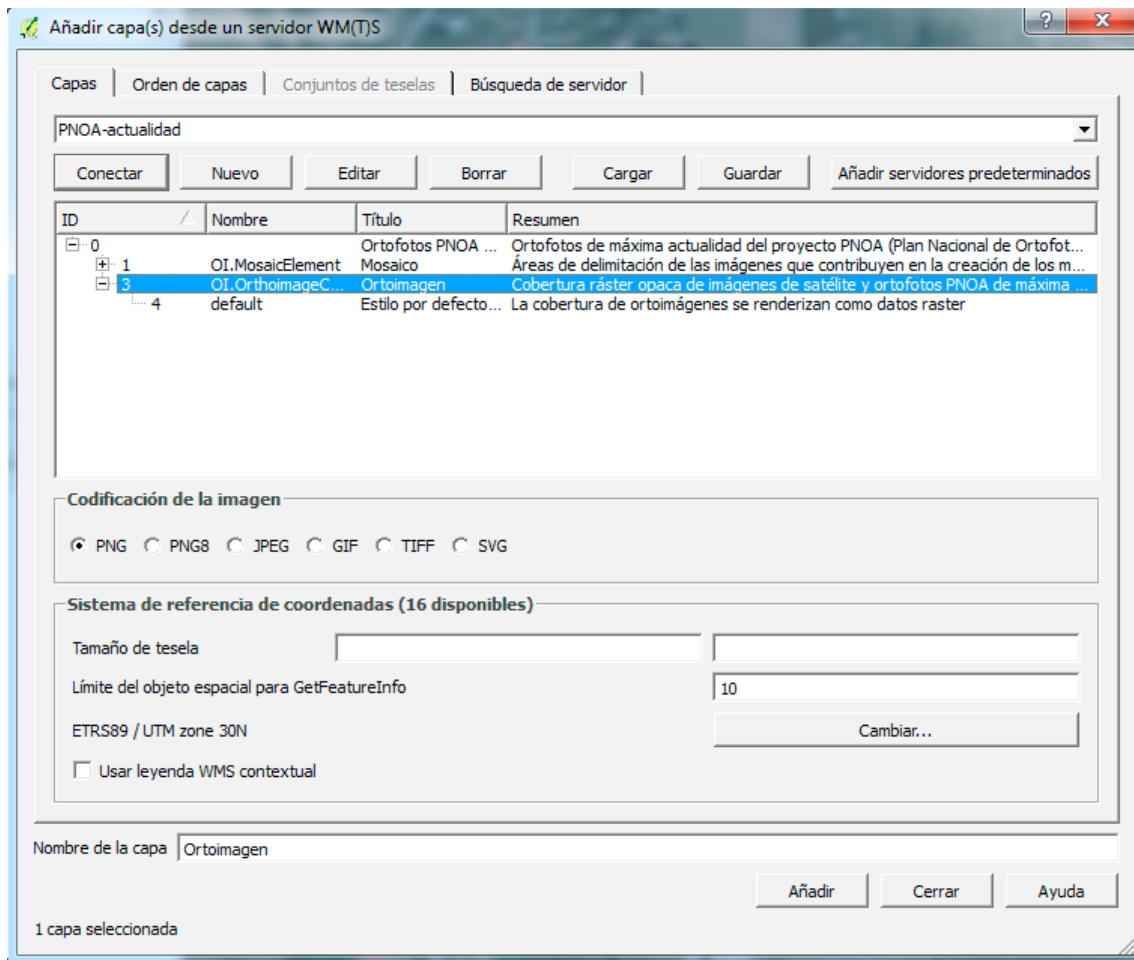


Como esta conexión ya la generó en la práctica n^o2, navegue por todas las conexiones ya creadas y elija PNOA_actualidad.

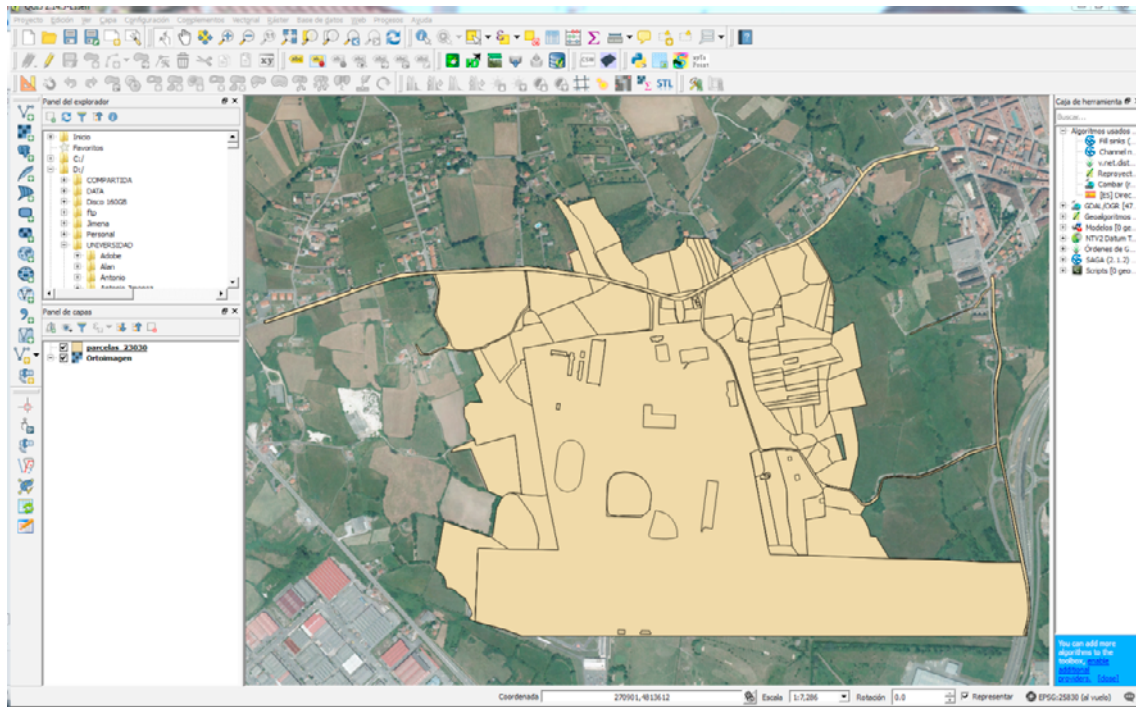
Una vez seleccionada la conexión, haga clic en “Conectar”.

Seleccione el formato de la imagen, así como el sistema de referencia. Estos pasos ya los vio con anterioridad.

Como puede observar, usted ha añadido la capa virtual de las ortofotos naciones del plan PNOA. Además en el sistema de referencia ETRS89 UTM Huso 30.

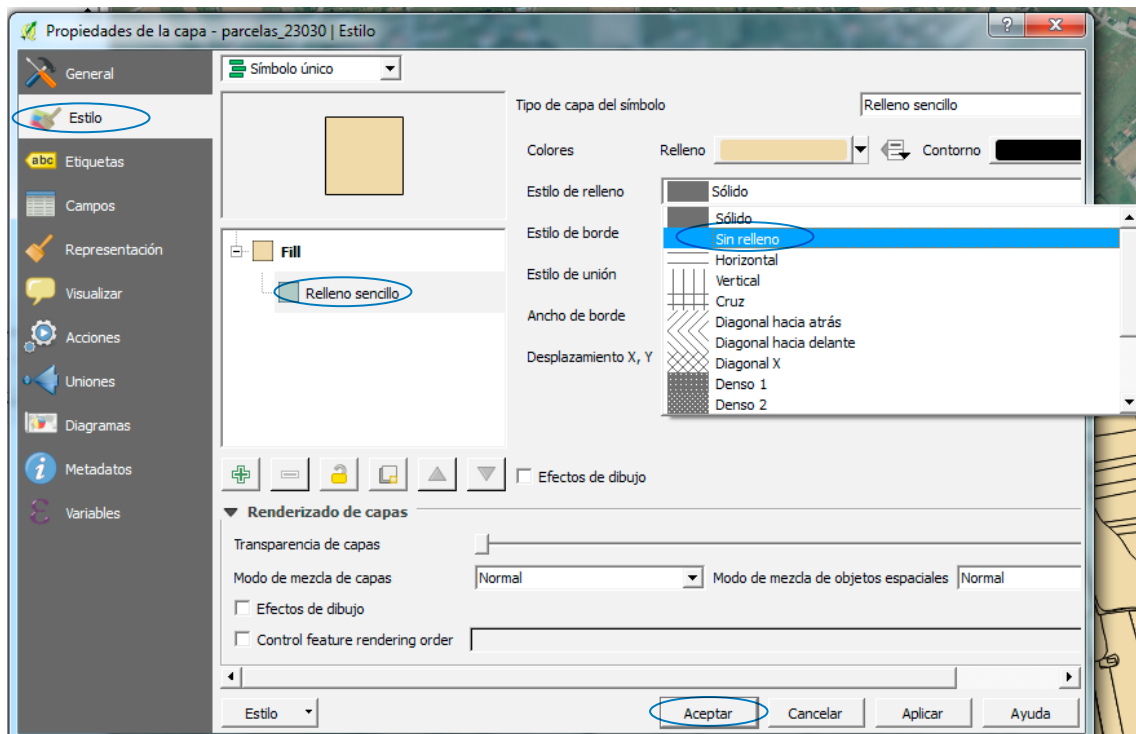


Podrá observar que la capa ráster le impide ver la capa vectorial donde se encontraban digitalizadas las diferentes parcelas. Para poder apreciarla, deberá pinchar la capa “Ortoimagen” y arrastrarla hacia abajo para situarla debajo de la capa “parcelas_23030.shp”.



Para observar mejor los límites de las parcelas con la ortofoto, va a eliminar el relleno de la capa vectorial. Para ello, haga clic con el botón derecho del ratón en la capa “parcelas_23030.shp”.

Le aparecerá el cuadro *Propiedades de la capa*. Seleccione *Estilo*.



Dentro de *Estilo*, pique “Relleno sencillo”, le cambiará el menú en el margen derecho.


En “Estilo de relleno”, navegue y verá como segunda opción “Sin relleno”. Seleccione éste y acepte.

Podrá apreciar que ahora solo tiene dibujado el margen exterior de las parcelas. Por tanto, puede comparar los límites de las parcelas de su capa vectorial con la que aparece en las ortofotos.



Si hace un zoom dentro de una zona, podrá apreciar claramente el desplazamiento que tiene la capa vectorial que ha sido re proyectada al vuelo por QGIS, con respecto a la ortofoto que ha sido cargada con el sistema de referencia propio del proyecto.

Recuerde que la capa “parcelas_23030.shp” tenía como sistema de referencia el ED50 UTM Huso30, mientras que el proyecto es el ETRS89 UTM Huso 30.

Para ver aproximadamente cuantos metros de separación existe entre ambos, seleccione la herramienta “*Medir línea*” . Se le abre el cuadro de dialogo *Medir*, pinche con el ratón en ambos puntos iguales (capa parcela y ortofoto). Podrá observar que dependiendo de donde haya elegido para medir, le aparece en el cuadro de dialogo un valor próximo a 10 m.



Una vez comprobado que existe el error comentado anteriormente, va a proceder a realizar la transformación con la rejilla del NTV2 del IGN.

Lo primero que debe hacer es copiar el archivo PENR2009.gsb que se descargó y descomprimió con anterioridad en la dirección “C:\Program Files\QGIS Essen\share\proj”.


Una vez que ya ha copiado la rejilla en su directorio correspondiente, para que QGIS la detecte, abra un proyecto nuevo.

En el menú **Proyecto** → **Propiedades del proyecto**, active la transformación al vuelo y elija como sistema de referencia el ETRS89 UTM H30; EPSG: 25830.

Ahora, va a generar una carpeta nueva donde hará una copia de los archivos de la capa vectorial “parcelas_23030”, copiará todos excepto los correspondientes al sistema de referencia, es decir, todos menos “parcelas_23030.prj” y “parcelas_23030.qpj”.

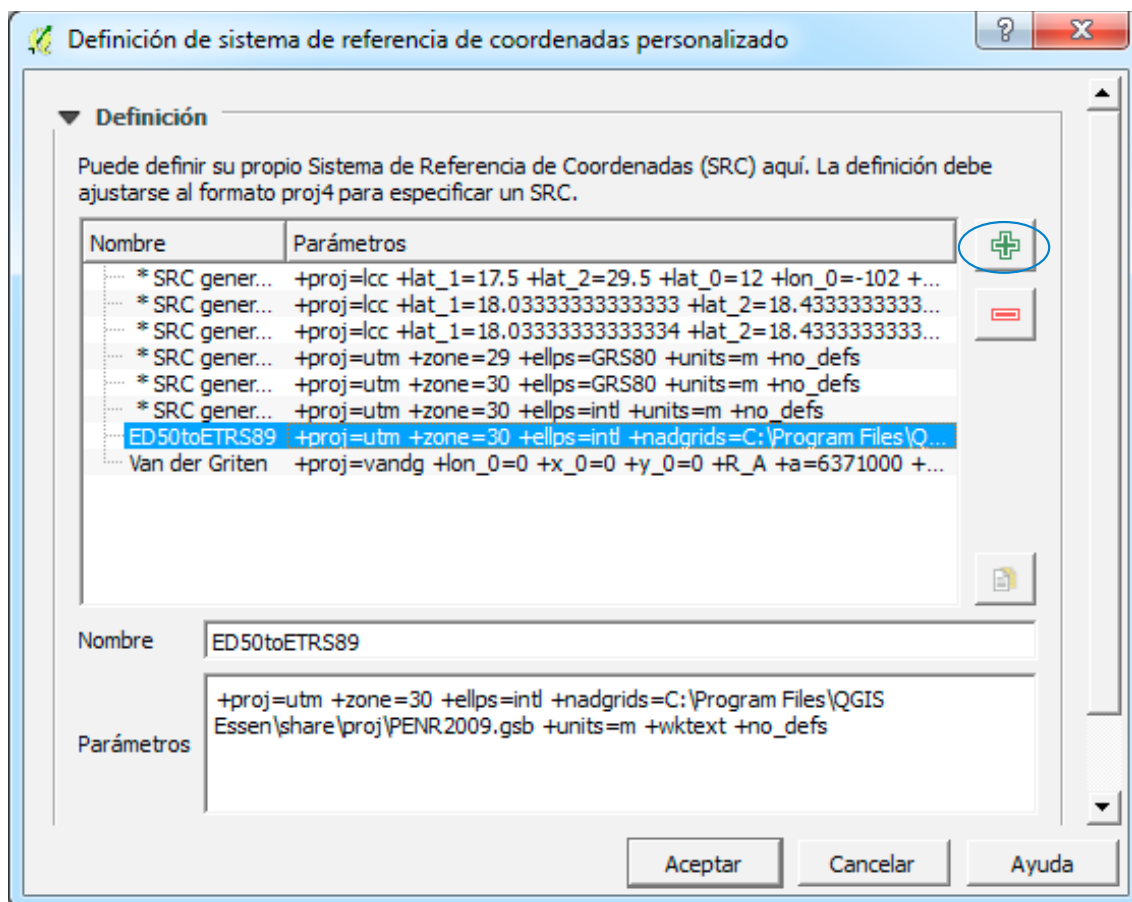
Por tanto, en esa nueva carpeta deberán aparecer solo los archivos “parcelas_23030.shp”, “parcelas_23030.shx” y “parcelas_23030.dbf”

Lo siguiente que hará es crear un SRC personalizado. Para ello, desde el menú **Configuración** → **SRC personalizado**, se le abre un cuadro de dialogo para generar nuevos SRC.

Haga clic en el icono  para generar un nuevo SRC, en el apartado “Nombre” pónganle por ejemplo *ED50toETRS89* y en “Parámetros” teclee el siguiente texto:

```
+proj=utm +zone=30 +ellps=intl +nadgrids=C:\Program Files\QGIS Essen\
share\proj\PENR2009.gsb +units=m +wktext +no_defs
```

Acepte.

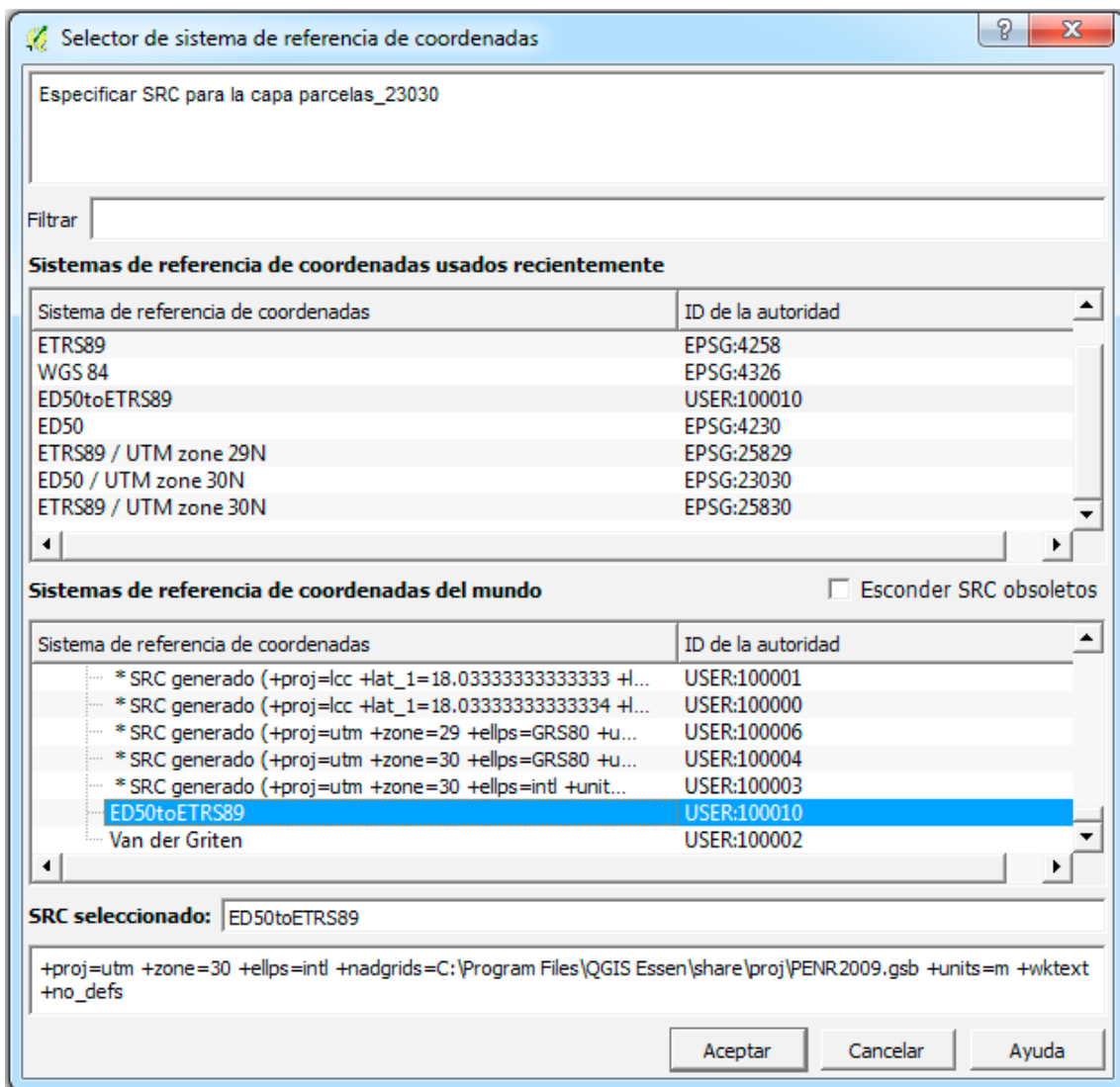


Añada la capa “parcelas_23030.shp” a su proyecto, pero debe añadir la capa que copió en la nueva carpeta sin los archivos qpj y prj. Puede hacerlo arrastrando el archivo shp desde el explorador de Windows al canvas.

Como no tiene los archivos “parcelas_23030.prj” y “parcelas_23030.qpj” al añadirla le va a solicitar que seleccione el sistema de referencia.

Elija el que ha creado personalizado, es decir, el ED50toETRS89.

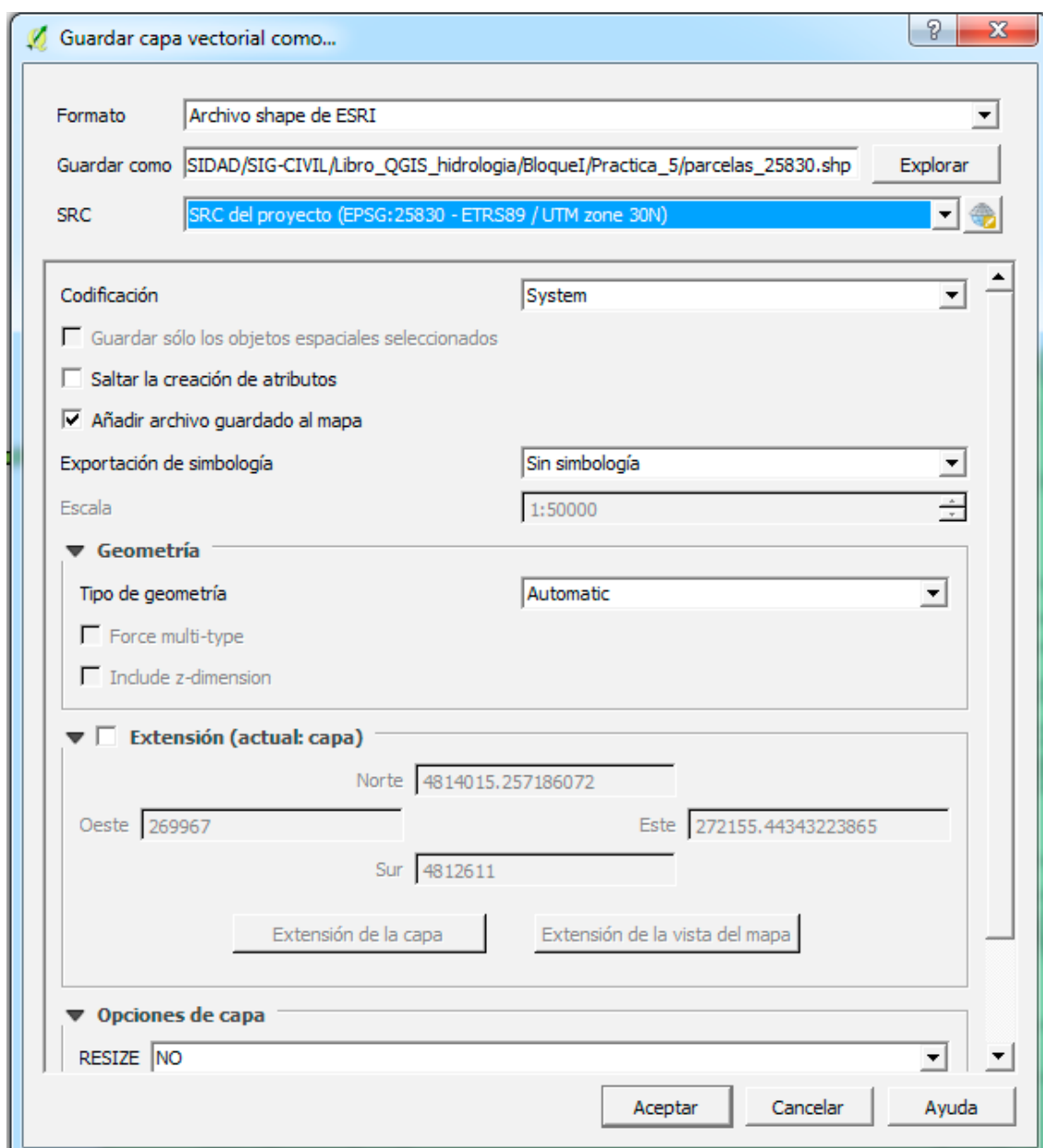
Acepte.




En el “Panel de capas”, haga clic con el botón derecho sobre la capa que acaba de añadir y proceda a **Guardar como**.

Seleccione la ubicación y el nombre del archivo, por ejemplo *parcelas_25830*. Como SRC elija el del proyecto, 25830. El resto déjelo como viene por defecto.

Acepte.



El siguiente paso, será comprobar que la transformación ha quedado consolidada y está bien realizada.

Abra un proyecto nuevo, desde el menú **Proyecto** → **Nuevo** o con el icono **Nuevo** , le va a preguntar si quiere guardar cambios, diga que no.

En el proyecto nuevo, al igual que en los casos anteriores, elija el SRC 25830 y añada la capa ya transformada “parcelas_25830.shp”.

Añada también como lo hizo anteriormente la capa WMS con las ortofotos del PNOA, con EPSG 25830. Comprobará que casan perfectamente.

PRÁCTICA Nº 6

GEORREFERENCIACIÓN

OBJETIVO: conseguir que el lector pueda dotar de sistema de referencia cualquier cartografía en formato ráster que carezca del mismo. Para ello, primero salvará una porción de imagen ráster, que utilizará para poder establecer el sistema de referencia a una hoja digitalizada de la serie L (E:1/50000) del Servicio Geográfico del Ejército (SGE). En concreto, será la hoja 777 (Mérida).


DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:


- Capa vectorial “manzanas.shp”.
- Capa vectorial “eje_calles.shp”.
- Capa raster “t777.jpg”.
- Archivo “PUNTOS DE APOYO.pdf”
- Archivo “Distribución PA.pdf”

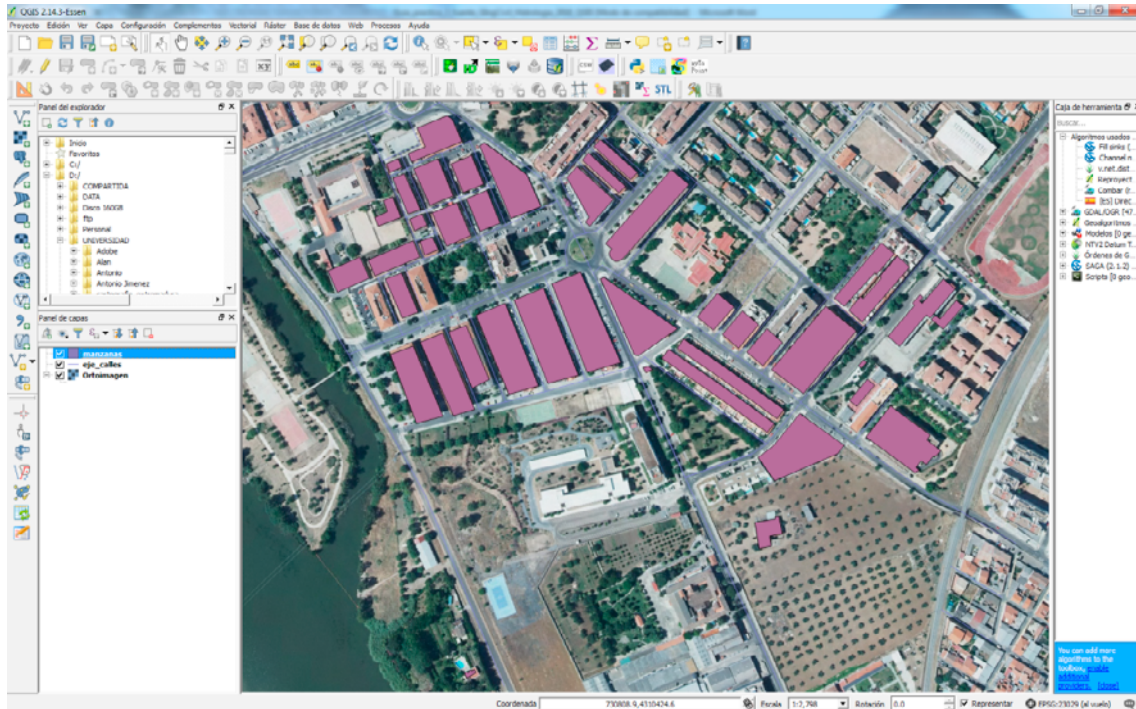
DESARROLLO:

6.1. SALVAR RÁSTER GEORREFERENCIADO.

Abra QGIS y establezca como sistema de referencia del proyecto el ED50 UTM Huso 29; EPSG_23029. Este paso ya lo ha realizado en prácticas anteriores. Seguirá el ejercicio conectándose a través de QGIS al servidor WMS de PNOA (<http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>), como esta conexión ya la tiene generada de ejercicios anteriores solo deberá buscarla y conectarse. Establezca como sistema de referencia de la ortofoto el mismo que el del proyecto 23029 y añada.

Según se explicó en sesiones precedentes, cargue en esta vista las capas de “manzanas.shp” y “eje_calles.shp”, también con EPSG:23029. Éstas, se encuentran en la carpeta de la práctica. Guarde el proyecto  con el nombre “hojaMerida_777”.

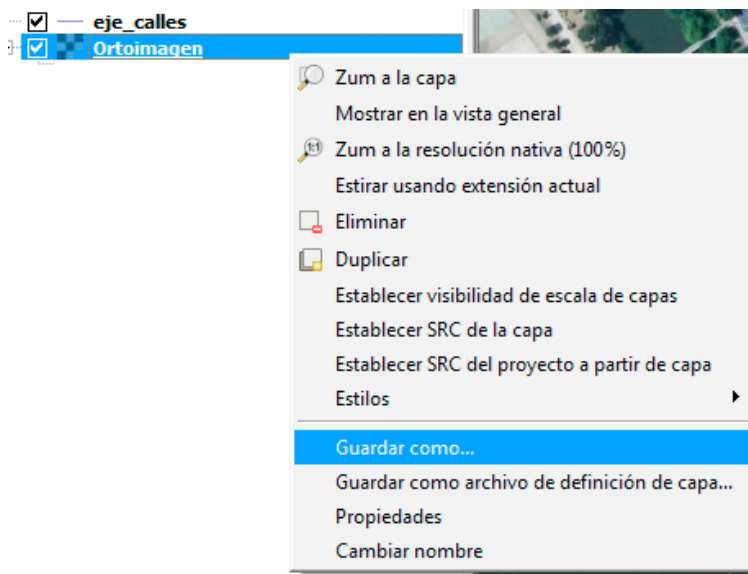
Haga un zoom a las capas que acaba de añadir, para ello utilice el icono *Zum a la capa* . Tendrá la siguiente imagen.



Por si se produce algún problema de desconexión con el servidor de PNOA, en ocasiones le va a ser de utilidad salvar la imagen de la vista como ráster georreferenciado. Esta herramienta permite extraer porciones de un ráster mediante la selección en el mapa, o mediante la introducción de las coordenadas que definen la porción a extraer.

Es posible además, cambiar la resolución espacial del recorte o de la imagen completa, así como elegir las bandas que desea extraer o generar del nuevo ráster para cada una de las bandas originales. Pero vaya paso a paso.

Para extraer un recorte de una imagen, seleccione el ráster cargado (“Capa de ortofotos WMS”) y con el botón derecho, elija **Guardar como**. Se abrirá un cuadro de diálogo que debe rellenar.

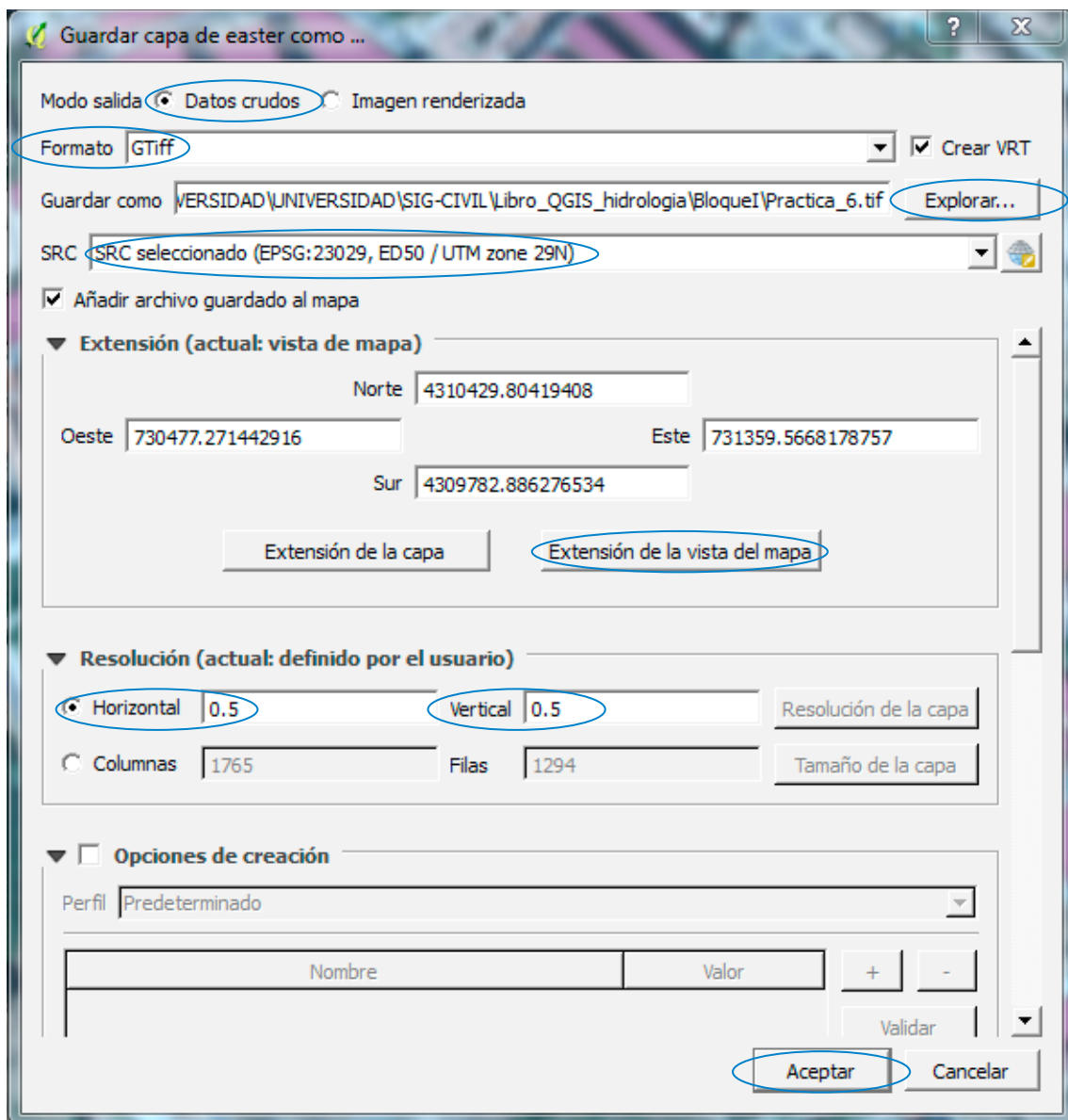


Elija como “Modo de salida”: Datos crudos, el uso de imagen renderizada solo se usará si tuviera la capa que quiere guardar con otro tipo de renderizado como por ejemplo “Single Band Pseudocolor” (rampa de color Spectral con 5 clases) y quiere que le conserve este cambio.

Formato GTiff, y elija la carpeta donde quiere guardarlo, QGIS generará una carpeta con ese mismo nombre y extensión tif, donde guardará la porción de imagen. Seleccione como SRC el de su proyecto.

Seguidamente, deberá elegir la zona que quiere extraer, lo mejor es que su vista en el mapa esté extendida tal y como quiere recortarla, así elegirá la opción “Extensión de la vista del mapa” y no tendrá que conocer las coordenadas exactas.

Finalmente, como resolución teclee 0.5 m y Acepte. Le habrá generado una carpeta tif y dentro su imagen geotiff.



Añada la imagen, como podrá observar aparecerá georreferenciada.

6.2. GEORREFERENCIAR CON QGIS.

En este apartado usted aprenderá a georreferenciar una hoja de la serie L (E: 1/50000) del Servicio Geográfico del Ejército (SGE), en concreto la hoja 777 (Mérida).

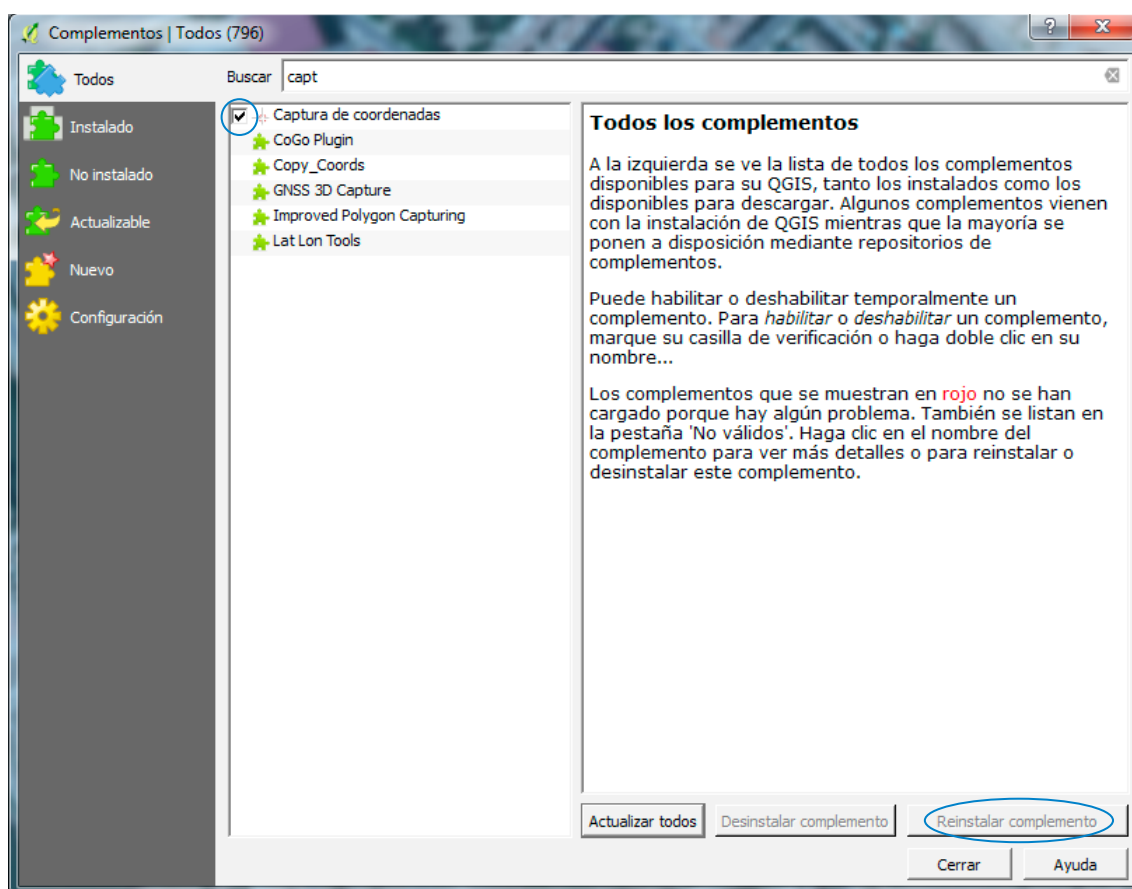
Para ello, se le ha facilitado la hoja 777 en formato jpg y del apartado anterior tiene descargada la ortofoto del PNOA.

Para poder realizar la georreferenciación necesitará localizar un mínimo de 5 puntos denominados puntos de apoyo (P.A.) que pueda determinar en la ortofoto y sea reconocible también en la hoja 777. Estos puntos, deben estar distribuidos por la totalidad de la hoja, de tal forma que si distribuyera la hoja en cuatro partes, no debiera quedar parte alguna sin P.A.

Las coordenadas de los P.A. las puede obtener mediante QGIS. No obstante, entre los archivos de la práctica encontrará dos pdf, uno que le muestra las reseñas de un total de 10 P.A. con sus coordenadas y otro con la distribución de 5 de ellos en la hoja 777.

Si tuviese que obtener las coordenadas deberá usar la ortofoto y la orden **Captura de coordenadas** que encontrará en el menú **Vectorial**. Si no aparece este complemento en el menú **Vectorial**, deberá cargarlo.

Este paso lo debe realizar desde el menú **Complementos** → **Administrar e instalar complementos**.

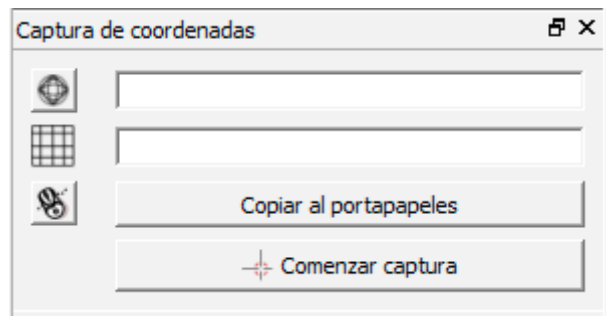


Se le abre un cuadro de dialogo, elija **Todos** y escriba en “Buscar” el texto *capt*. Automáticamente le aparecerá el complemento. Pique en instalar si no está instalado o bien lo activa si ya estaba instalado pero no activado.

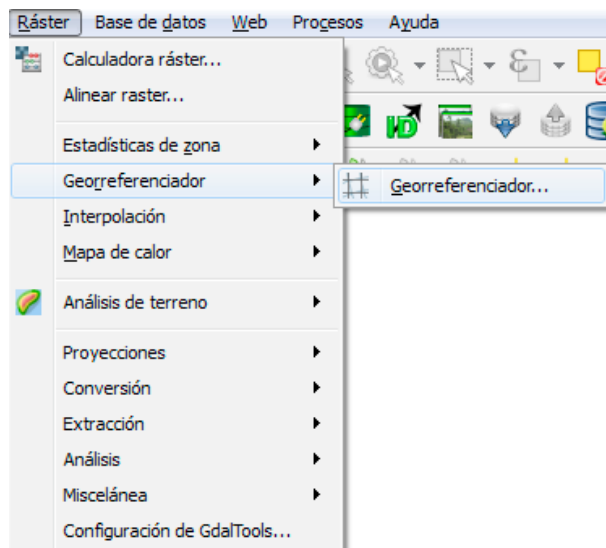
Ahora, debería aparecer el complemento en el menú **Vectorial**.

Cuando abre el complemento, se le abre el panel **Captura de coordenadas**.

Una vez ha seleccionado el punto que le va a servir como P.A., hará clic en “Comenzar captura”, y le aparecerán las coordenadas de dicho punto. Si tuviese distinto el SRC del proyecto y el de las capas, le daría las coordenadas en ambos sistemas. Este proceso lo deberá repetir como mínimo hasta localizar 5 puntos (transformación Helmert) perfectamente identificables en la ortofoto y en el mapa.




Ya seleccionados los P.A. y tomadas sus coordenadas, puede empezar el proceso de georreferenciación. Para ello, inícielo desde el menú **Raster** → **Georreferenciador** → **Georreferenciador**.

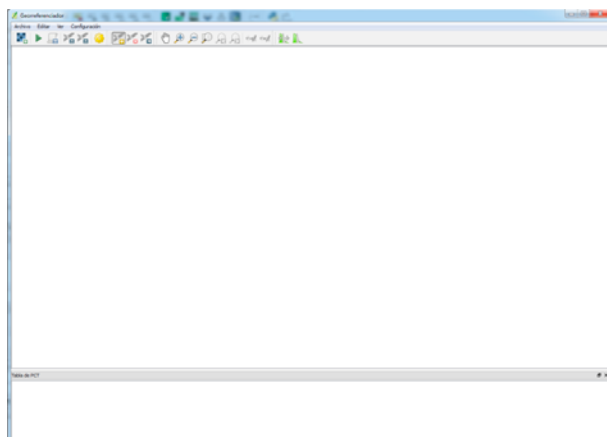



Si no le apareciese, deberá instalarlo mediante el menú **Complementos** → **Administrar e instalar complementos**, tal y como hizo con el complemento anterior **Captura de coordenadas**.

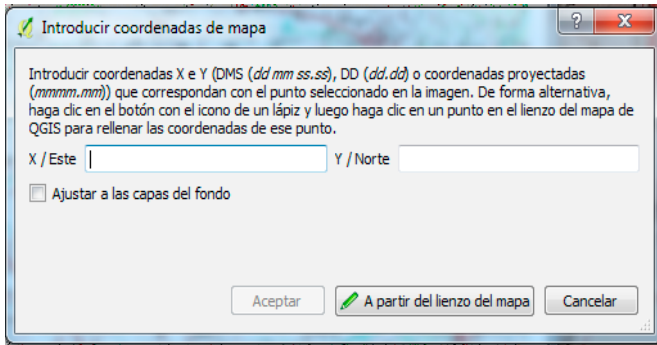
Le aparecerá una ventana auxiliar llamada **Georreferenciador**.

Lo primero es añadir el ráster que quiere georreferenciar, en su caso la imagen de la hoja 777, esto lo conseguirá mediante el icono .



Navegue hasta localizar su archivo jpg y añádalo, deberá indicar el sistema de referencia al que quiere georreferenciarlo, es su caso el ED50 UTM huso29.




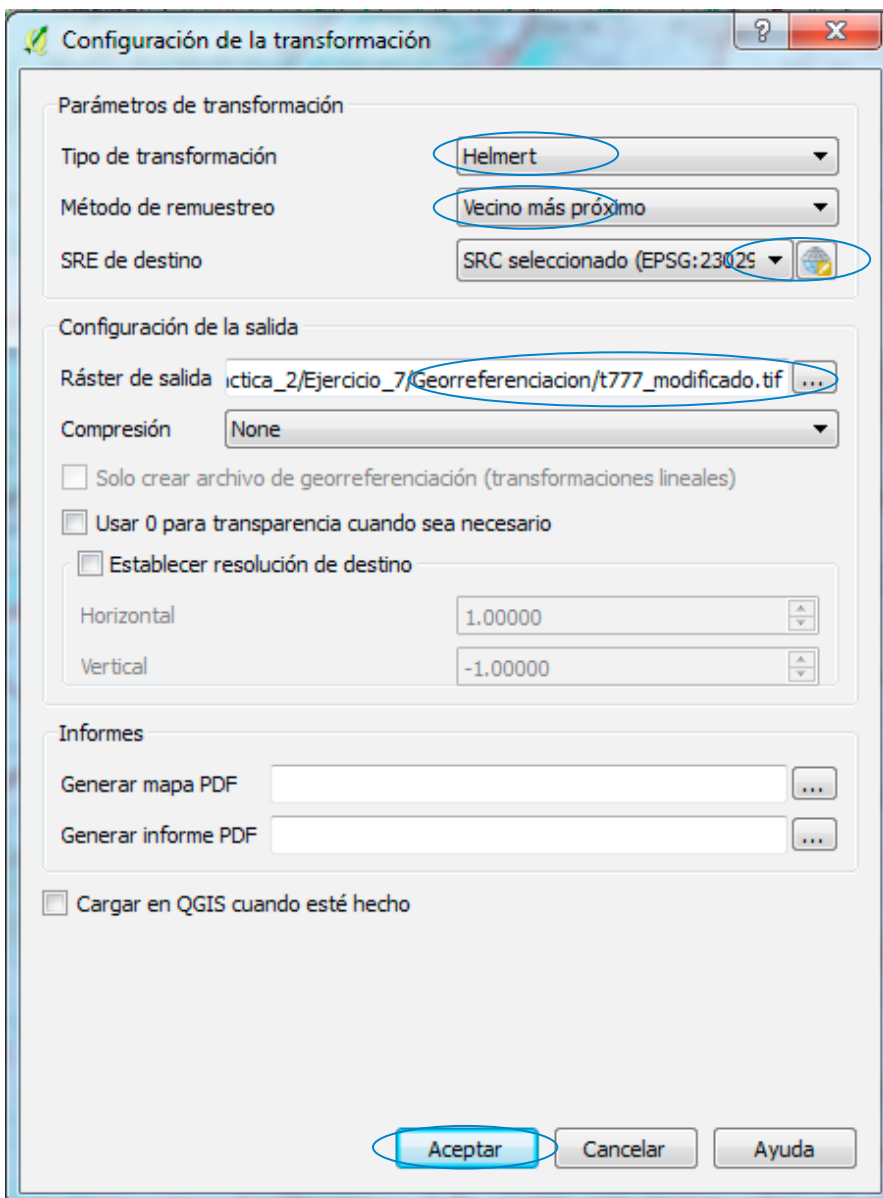
Acto seguido deberá identificar sus P.A., para ello pulse sobre el icono **Añadir punto** , y pique en el mapa el P.A. que va a introducir primero, acto seguido le aparecerá el cuadro de diálogo **Introducir coordenadas de mapa**. Introduzca las coordenadas del punto según el archivo “PUNTOS DE APOYO.pdf”. Esta operación deberá repetirla con los cuatro puntos restantes.



También puede usar la opción “A partir del lienzo del mapa”, en este caso podrá usar la ortofoto de la zona y allí picará el homólogo al P.A. que ha elegido en el mapa a georreferenciar. En este caso, no necesitará conocer a priori las coordenadas de los P.A. en el sistema de referencia a transformar.

También puede borrar puntos y mover puntos de posición . Una vez fijado los P.A., puede guardarlos y posteriormente insertarlos .

Para poder realizar el cálculo de la transformación deberá indicar los parámetros de la misma. Para ello, haga clic en el icono **Configuración de la transformación** .



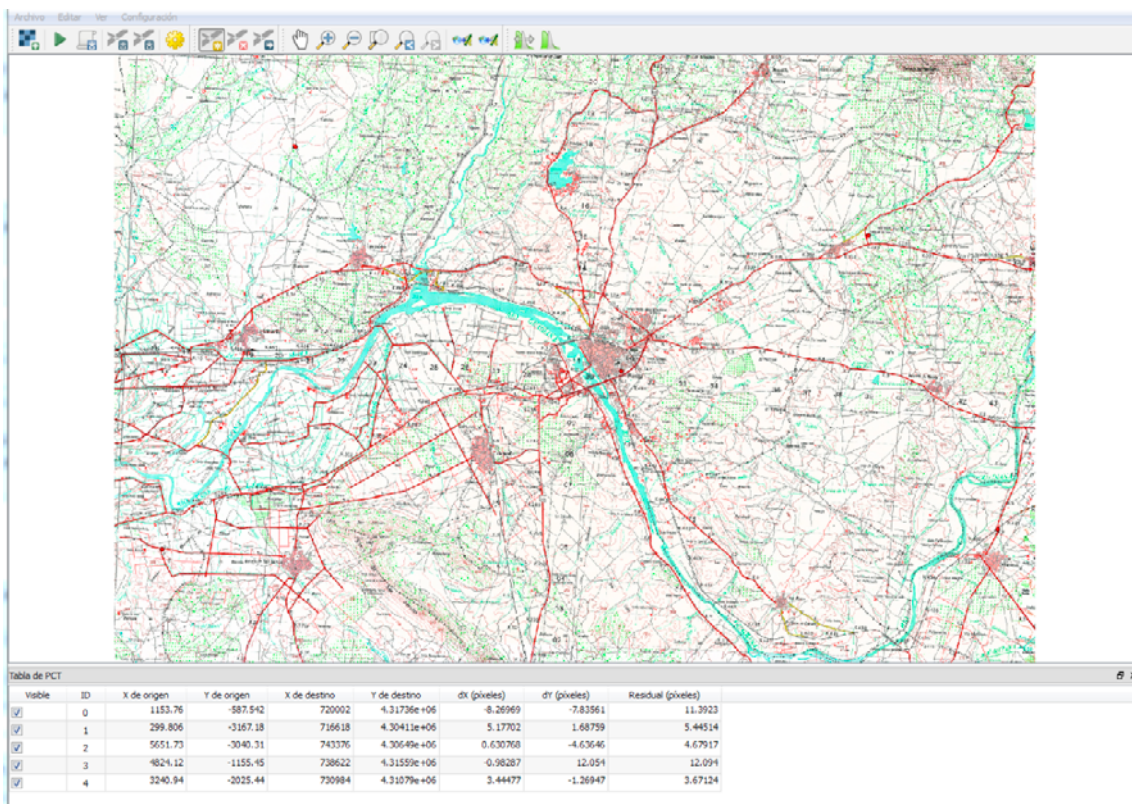
En la ventana emergente deberá elegir el “Tipo de transformación”, esta dependerá del número de P.A. con el que cuente.

También debe seleccionar el “Método de remuestreo”, así como el “SRC de destino” y un nombre para el archivo de salida georreferenciado.

Una vez tenga todos los parámetros introducidos, acepte.

Finalmente comience el cálculo de la georreferenciación mediante el icono **Comenzar georreferenciado** ►.

Una vez finalizado el cálculo, mostrará la información sobre los residuos que presenta su georreferenciación. Recuerde que la calidad de la misma dependerá de la resolución de la imagen a georreferenciar, el método de cálculo, el número de puntos que haya conseguido localizar y la distribución de los mismos.



Compruebe la coincidencia de las imágenes. Tenga en cuenta que si el proceso no ha sido exitoso puede repetirlo hasta conseguir unos residuos admisibles (estos estarán en función de la escala del mapa a georreferenciar y la resolución de la imagen).

PRÁCTICA N° 7

DIGITALIZACIÓN

OBJETIVO: conseguir que el lector pueda crear su propia capa vectorial mediante el proceso de digitalización. Para ello, va a realizar una digitalización básica y otra que tenga en cuenta la topología existente entre los elementos a dibujar. También se mostrará como modificar una capa ya existente, tanto la parte gráfica como los atributos de la misma.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa vectorial “manzanas.shp”.
- Capa vectorial “marco_trabajo.shp”.


DESARROLLO:

7.1. CREACIÓN DE UNA NUEVA CAPA VECTORIAL.

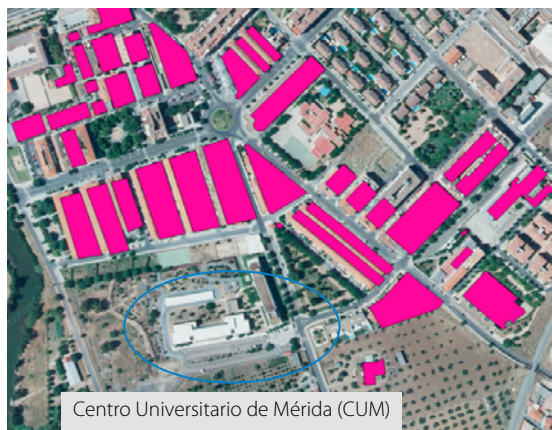
En este apartado, va a digitalizar en una nueva capa la zona del Centro Universitario de Mérida (CUM). Para ello, se va a apoyar en las ortofotos del PNOA.

Abra un nuevo proyecto en QGIS con sistema de referencia ETRS89 UTM Huso 29.

Añada la capa WMS correspondiente al PNOA (está conexión ya la realizo en prácticas anteriores) el sistema de referencia debe ser el mismo que el del proyecto. Posteriormente, añada la capa vectorial “manzanas.shp”, el sistema de referencia de esta capa corresponde al ED50 UTM Huso 29.

Esta capa solo la va a usar para situarse dentro de la imagen global de la ortofoto, por tanto, una vez añadida haga un zoom a la capa. Recuerde botón derecho sobre la capa → **Zum a la capa** o mediante el icono .

Use las imágenes que aparecen a continuación para situarse y observar los edificios que debe digitalizar en su nueva capa.

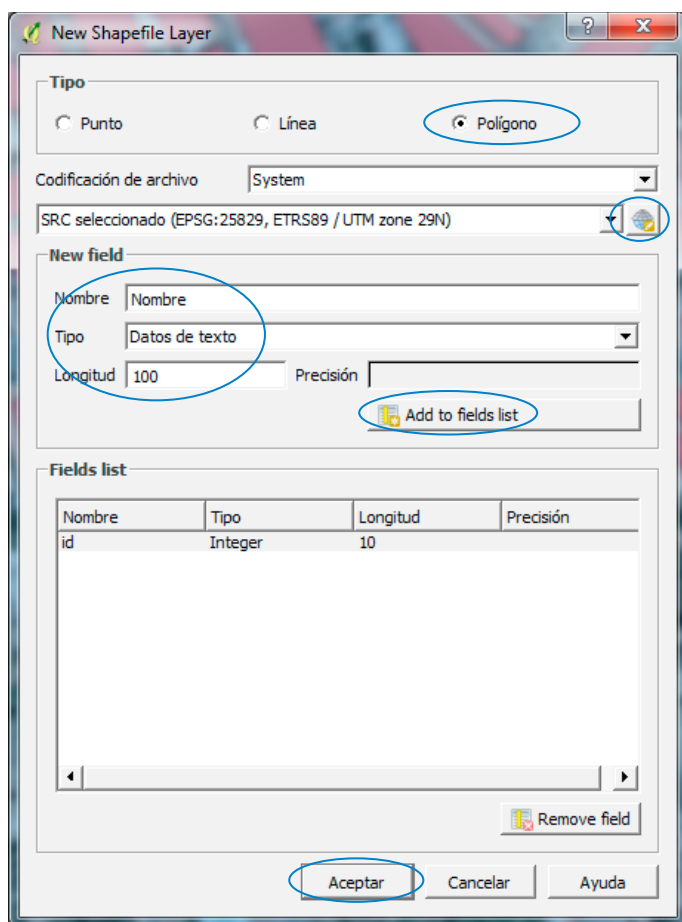


1. Laboratorios
2. Conserjería
3. Despachos
4. Aulas

Ya dispone de todos los datos para poder crear su nueva capa. Desde el menú **Capa** → **Crear capa** → **Nueva capa de archivo shape**.

En la ventana emergente deberá elegir el tipo de capa, en su caso va a generar una capa de tipo “Polígono”.

El SRC de la capa, va a ser el mismo que el del proyecto, por tanto, EPSG 25829.



Ahora deberá elegir los atributos que quiere que aparezca en su capa, en este caso, tendrá solo dos campos: “id” (viene por defecto) y “Nombre”.


El campo Nombre, será un campo de tipo texto y con una longitud máxima de 100. Una vez relleno los datos en el apartado “New field” deberá hacer clic en “Add to fields list”.

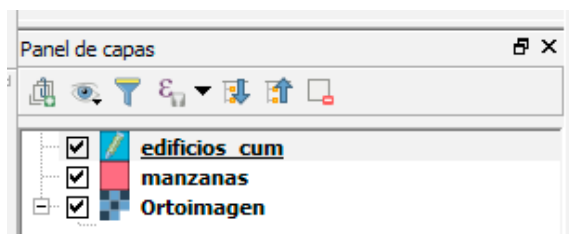
Automáticamente le aparecerá el nuevo campo en el apartado “Field list” junto al campo id que venía por defecto.

Acepte.

Se le abre el explorador de Windows para que elija la ubicación y el nombre de su nueva capa. Denomínela *edificios_cum* y ubíquela en la carpeta de la práctica.

Como podrá observar la nueva capa que acaba de crear le aparece en el “Panel de capas”, junto a la capa “manzanas.shp” y “Ortoimagen” (WMS PNOA).

Para poder proceder a la implementación de los edificios del CUM, debe asegurarse que la capa está en edición, para ello, haga clic en el icono **Conmutar edición** .




Podrá observar como le ha cambiado el icono de la capa “edificios_cum.shp” en el “Panel de capas”, apareciendole el simbolo del lápiz.

Una vez tiene la capa en edición, se le activarán los iconos correspondientes a la barra de herramienta **Digitalización** y **Digitalización avanzada**.



Si no tuviera esas barras de herramientas visibles, puede acceder a ellas desde el menú *Ver* → *Barra de herramientas*.

Para comenzar la digitalización deberá utilizar la herramienta *Añadir objeto espacial* .


Esta herramienta le permite ir recorriendo el contorno con un clic del botón izquierdo del ratón hasta cerrar la figura, finalizándola con el botón derecho del ratón.

Automáticamente, en cuanto cierre su polígono se le abrirá la ventana donde podrá rellenar el campo “id” y “Nombre”.



Atributo	Valor
id	1
Nombre	Despachos

Repita esta misma acción (dibujo de geometría + relleno de campos de tabla) para cada polígono que desee generar en esta capa.

Cuando termine de digitalizar los cuatro edificios del Campus, puede desactivar la edición. Para ello, tendrá que volver a picar el icono .

Su nueva capa contendrá cuatro polígonos, correspondientes a los cuatro edificios que componen el CUM.

Cada polígono tendrá dos atributos, el id y el nombre del edificio.

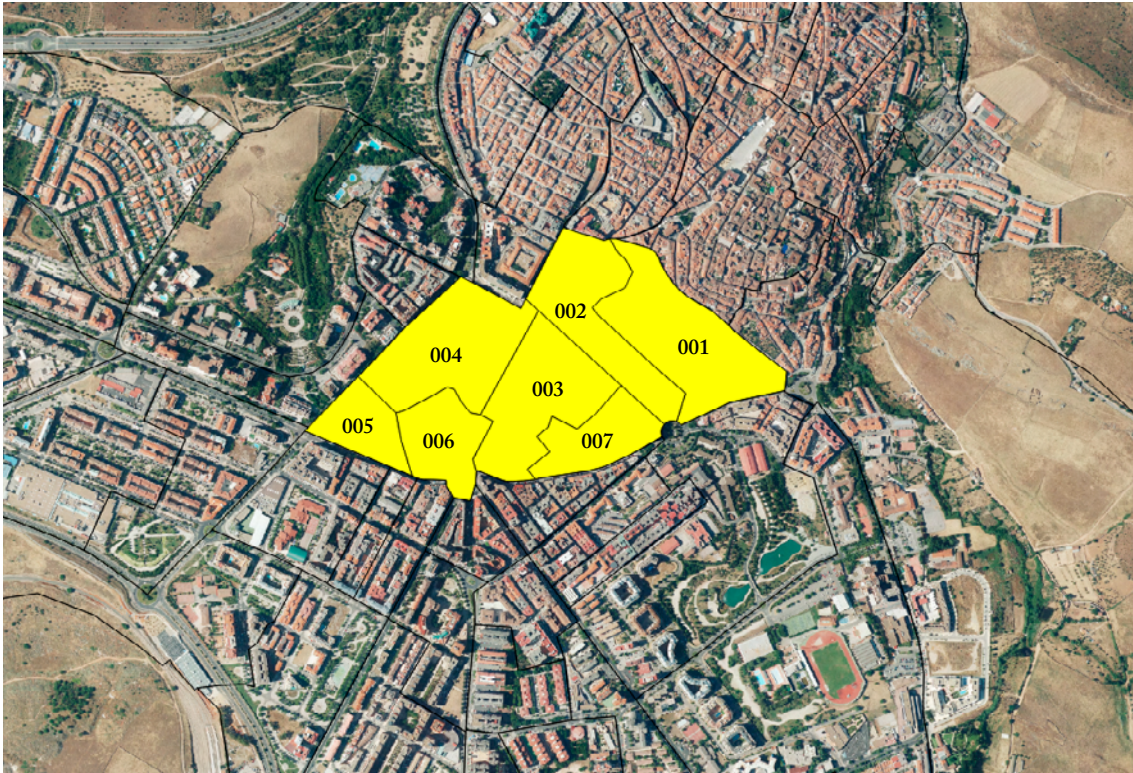


7.2. CREACIÓN DE UNA CAPA VECTORIAL CON TOPOLOGÍA.

Como ha visto en el apartado anterior, no siempre va a disponer de los datos que necesita para poder realizar su trabajo, otras veces deberá generarlos para que se adapten a sus necesidades.

En este ejercicio, va a generar una capa vectorial al igual que hizo en el caso anterior. La diferencia, será la necesidad de introducir la topología en los elementos a digitalizar.

Va a generar una capa shp de tipo polígono que corresponderá a las secciones 001, 002, 003, 004, 005, 006 y 007 del distrito 03 de Cáceres.



Fíjese en las imágenes anteriores para orientarse y establecer los límites de las diferentes secciones.

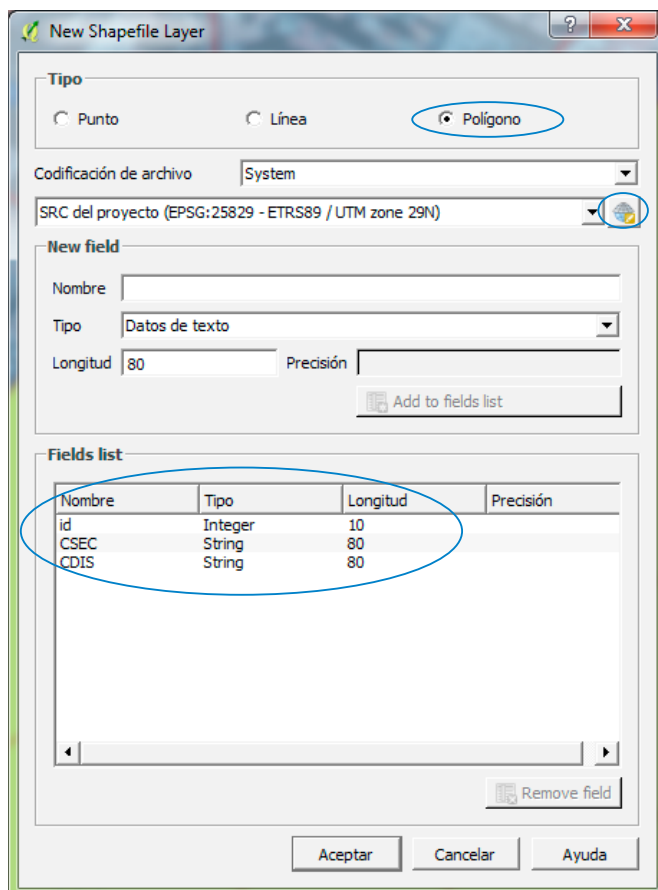
Lo primero que deberá hacer, será generar un nuevo trabajo, tal y como ha hecho en ejercicios anteriores y establezca como sistema de referencia ETRS89 UTM Huso 29.

Una vez tiene establecido su sistema de referencia, mediante un servicio WMS cargará la ortofoto del PNOA y se situará en la ciudad de Cáceres, para que le resulte más fácil ubicarse, añada la capa vectorial “marco_trabajo.shp”.

Como esta capa solo es necesaria para localizar la ciudad de Cáceres, una vez esté situado, desactívela para poder trabajar mejor.

Ahora tiene su canvas preparado para empezar a trabajar en la generación de la nueva capa.

Recuerde, desde el menú *Capa* → *Crear capa* → *Nueva capa de archivo shape*.



Elegirá una capa de tipo polígono y sistema de referencia el mismo que el del proyecto, ETRS89 UTM Huso 30.

Junto al campo “id” que aparece por defecto, deberá generar dos campos más:

- CSEC de tipo texto y longitud 80.
- CDIS de tipo texto y longitud 80.

El primer campo nuevo (CSEC) contendrá el código de Sección de cada polígono (001, 002, 003, 004, 005, 006 ó 007).

El último campo (CDIS) almacenará el código del Distrito, en su caso, será el mismo para todos los polígonos, el 03.

Recuerde que va a digitalizar solo las secciones del distrito 03 de la ciudad de Cáceres.

Al aceptar deberá indicar la dirección para ubicar la nueva capa, elija la carpeta de la práctica y nómbrala como *secciones_distrito03_CC*.

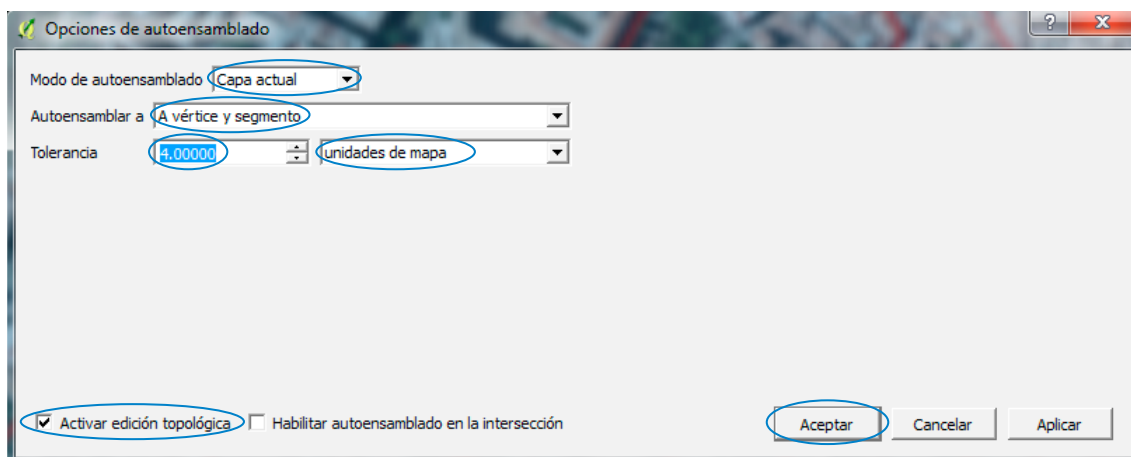
Podrá observar como en el “Panel de capas” se ha añadido la nueva capa creada.

Antes de comenzar a dibujar los polígonos que delimitan las secciones, deberá preparar el programa para que tenga en cuenta la topología de los nuevos polígonos. Al definir correctamente la topología va a minimizar los posibles errores, como la superposición de polígonos o los huecos entre polígonos adyacentes.

Para ello, primero deberá habilitar el autoensamblado. Esto permitirá al cursor del ratón ajustarse a otros objetos mientras digitaliza.


Desde el menú **Configuración** → **Opciones de Autoensamblado**.


Configuré el cuadro de diálogo según la imagen siguiente y acepte.



Compruebe que la barra de herramientas Digitalización avanzada está activa, para ello desde el menú **Ver** → **Barra de herramientas** → **Barra de herramientas digitalización avanzada**.

Ya está configurado para empezar a digitalizar.

Con la capa “secciones_distrito03_CC” activa, cliquee el icono **Conmutar edición** , observará como en el “Panel de capas” la capa ha cambiado de icono, se ha activado un lápiz. Esto le indica que es la capa que actualmente está en edición.

Aumente la imagen hasta que pueda dibujar cómodamente y active el icono **Añadir objeto espacial** . Observará como ha cambiado el icono del cursor. Vaya picando puntos siguiendo las líneas y quiebros de la sección que quiera digitalizar, para finalizar pulse sobre el botón derecho del ratón.

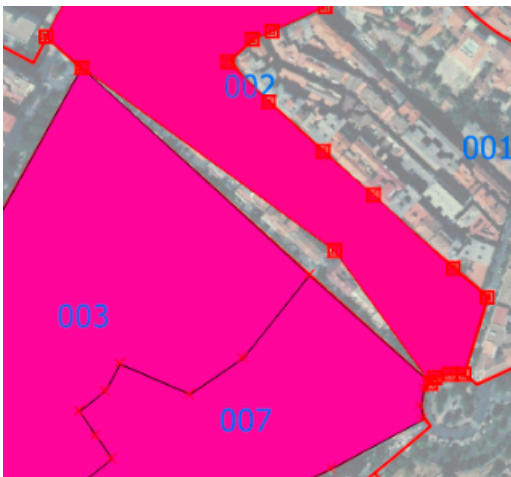
Ahora, deberá rellenar los campos, con un valor de Id (números correlativos) y con el nombre del código de sección y de distrito (recuerde 03).

Para digitalizar la sección adyacente a la dibujada y así evitar que se generen dos líneas en el lado común a ambas, deberá acercar el cursor al vértice común (el vértice pasa a un color rosa) para que el autoensamblado funcione, así tomará el vértice ya digitalizado y no lo duplicará.

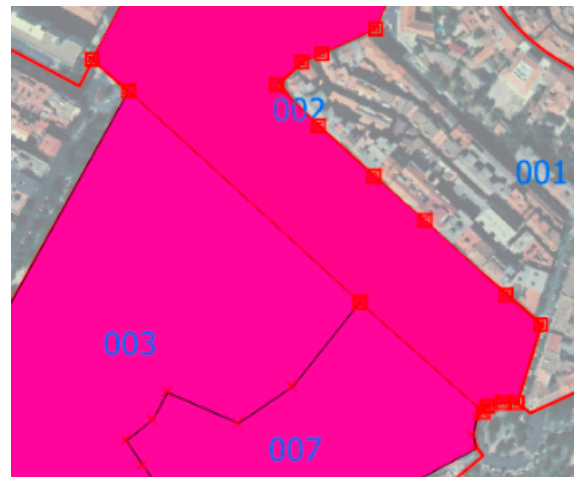
Siga digitalizando el resto de secciones perteneciente al distrito, teniendo en cuenta siempre esta premisa en vértices que deban pertenecer a varias secciones.



Dispone de los botones *deshacer/rehacer*  por si lo necesita.



Antes.



Después.

Si ha dejado algún hueco entre dos polígonos adyacentes, podrá solucionarlo mediante la **Herramienta de nodos** .


Pinchando sobre el nodo a modificar, podrá arrastrarlo hasta coincidir con el nodo correspondiente para eliminar el hueco dejado.


7.3. MODIFICACIÓN DE UNA CAPA VECTORIAL EXISTENTE.

En esta ocasión modificará la capa “manzanas.shp” que ya está creada y que contiene información.

Para ello, abra un nuevo proyecto y añada la capa “manzanas.shp”, recuerde que su sistema de referencia es el EPSG:23029. También cargue la capa ráster del PNOA para poder digitalizar sobre ella.




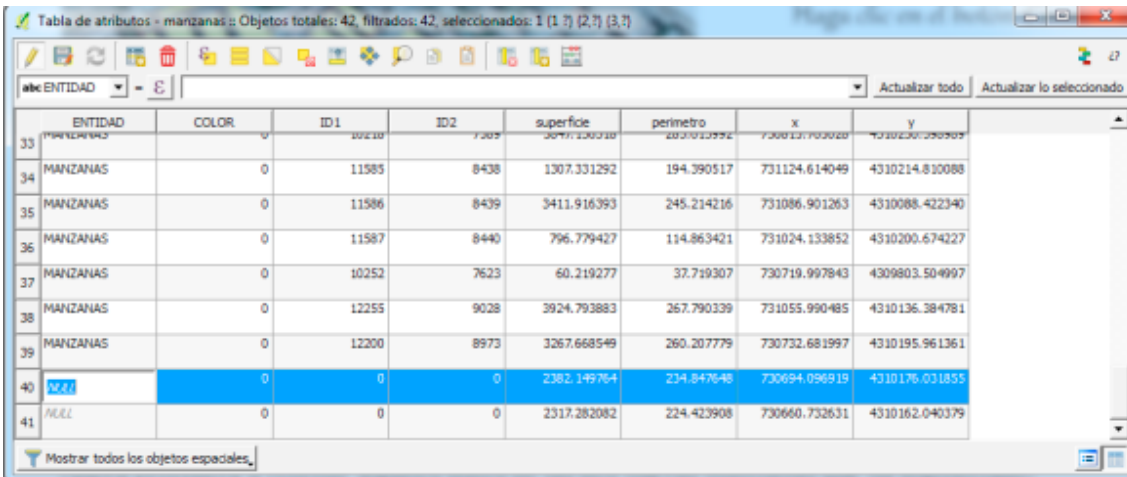
Haga clic en el botón **Conmutar edición** .

Dibuje las dos manzanas que no aparecen en la capa, por medio de la herramienta de dibujo vista anteriormente , al terminar acepte sin rellenar campos. Finalice la edición picando de nuevo el icono **Conmutar edición**.

De esta forma, se guardarán todos los cambios nuevos que usted haya realizado sobre esta capa.

Ahora procederá a rellenar algunos datos de las dos nuevas manzanas que ha digitalizado.

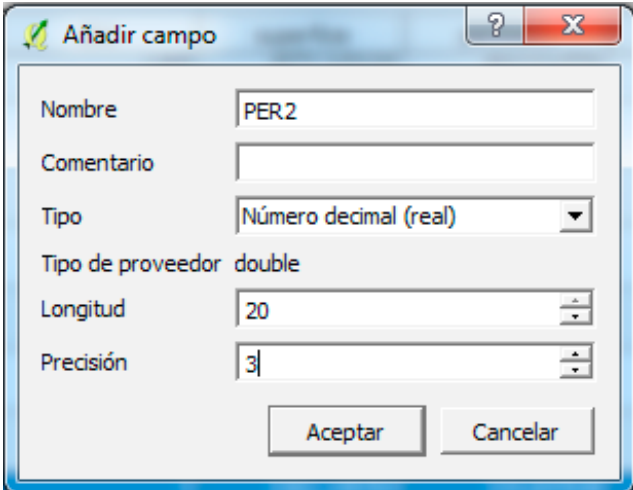
Para ello, conmute edición desde la tabla , desde este momento usted puede variar los datos de su tabla. Haga clic en el campo “ENTIDAD” de sus nuevas manzanas y ponga el texto “MANZANAS”.



	ENTIDAD	COLOR	ID1	ID2	superficie	perimetro	x	y
33	MANZANAS	0	10210	7385	3071.200310	2021012952	730623.703020	4310200.290909
34	MANZANAS	0	11585	8438	1307.331292	194.390517	731124.614049	4310214.810088
35	MANZANAS	0	11586	8439	3411.916393	245.214216	731086.901263	4310088.422340
36	MANZANAS	0	11587	8440	796.779427	114.863421	731024.133852	4310200.674227
37	MANZANAS	0	10252	7623	60.219277	37.719307	730719.997843	4309803.504997
38	MANZANAS	0	12255	9028	3924.793883	267.790339	731055.990485	4310136.384781
39	MANZANAS	0	12200	8973	3267.668549	260.207779	730732.681997	4310195.961361
40	MANZANAS	0	0	0	2382.149764	234.847648	730694.096919	4310176.031855
41	NULL	0	0	0	2317.282082	224.423908	730660.732631	4310162.040379

El resto de campos los dejará sin rellenar. Ahora va a generar dos campos nuevos “SUP2” y “PER2” de tipo Double (Número decimal, real).


Para ello, haga clic en el icono *New Fields* , aparecerá el siguiente menú que deberá rellenar y aceptar.



Realice la misma operación para generar el campo “SUP2”.

Estos dos nuevos campos aparecerán en su tabla de atributos. Sin embargo, no tendrán dato alguno.

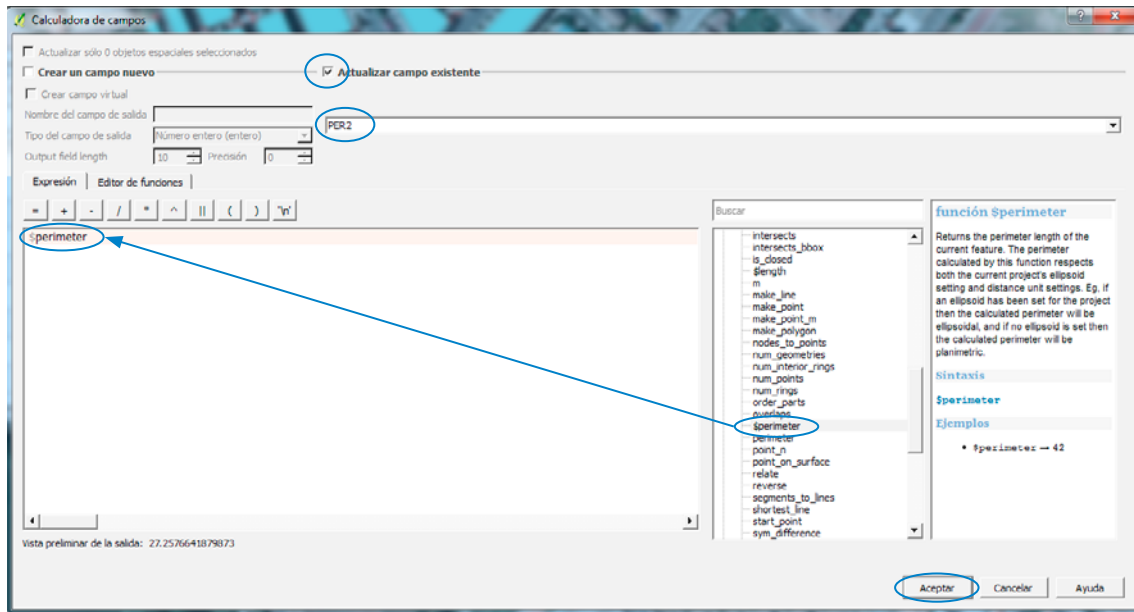
A continuación va a calcular el área, en el campo SUP2, y el perímetro, en el campo PER2, en este caso, utilizará la calculadora de campos.

Haga clic en el icono *Abrir calculadora de campo* .


Active el campo “Actualizar campo existente” y elija el nuevo campo a rellenar, en su caso “PER2”. Posteriormente, en el apartado de “Geometría” buscará la orden que calcula el perímetro de las entidades (\$perimeter) y hará clic dos veces, podrá observar que la sentencia ha aparecido en el cuadro “Expresión”. Acepte.

Ha calculado el perímetro de los polígonos que conforman la capa “manzanas.shp”.

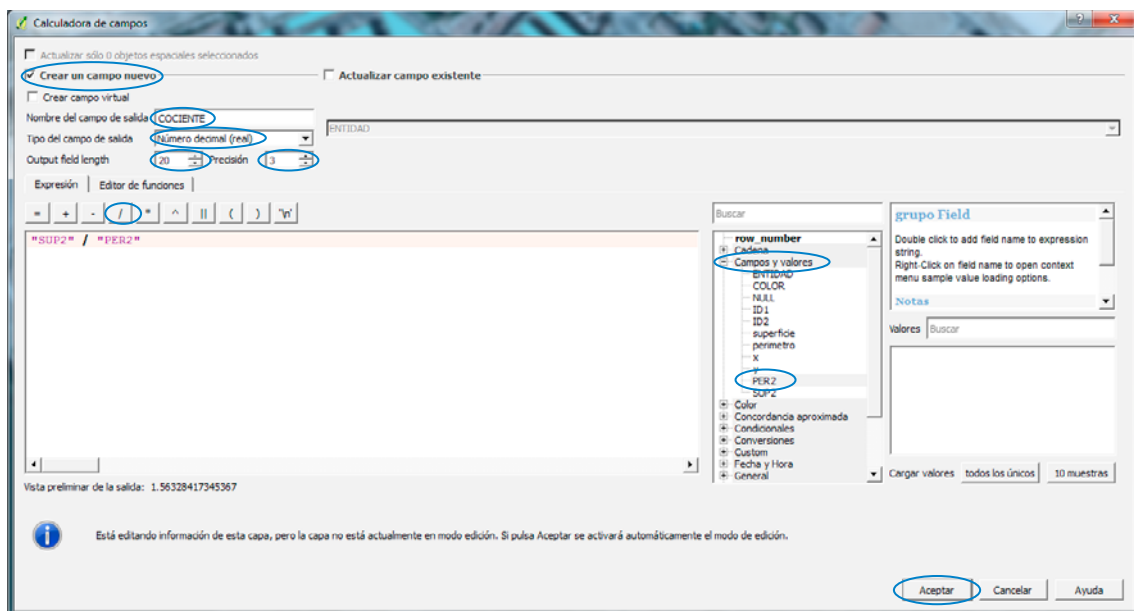
Repita la operación para el cálculo de superficies en el campo “SUP2”. Para ello, la sentencia a utilizar será \$area, que se encuentra dentro del menú “Geometría”.




Para terminar, va a crear un nuevo campo que represente el cociente entre el área y el perímetro. La generación del nuevo campo a rellenar también la va a llevar a cabo desde la calculadora de campos.

Presione el icono *Abrir calculadora de campos* .


Rellene el cuadro de dialogo que le sale según la imagen siguiente.



Como podrá observar, lo primero que realiza es activar “Crear campo nuevo”, posteriormente dará un nombre al campo y las características del mismo (este paso lo realizó antes desde la propia tabla generando un campo nuevo con el icono *New Field*). Ahora, elija la sentencia que necesita para su cociente. Para ello, en el menú elija “Campos y valores”, presiones dos veces el campo “PER2” aparecerá en el cuadro “Expresión”,

seguidamente haga clic dos veces en el icono de cociente , para finalmente terminar picando doblemente en el campo “SUP2”.

Acepte.

Termine la edición (recuerde ) y guarde los cambios. No se olvide “aceptar” cuando la aplicación le pregunte si desea guardar los cambios. De otro modo, se borrará todo el trabajo realizado.

BLOQUE 2

Prácticas de hidrología con QGIS

PRÁCTICA N° 1

GENERACIÓN DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

OBJETIVO: una vez que el lector ha conseguido adquirir unos conocimientos básicos y generales sobre el programa QGIS, va a continuar con la realización de casos prácticos aplicados a la hidrología. En esta primera práctica, se enseñará a generar una cuenca hidrológica mediante los datos de altimetría de la zona del embalse de Tanes en Asturias. Para ello, va a necesitar GRASS (software de Sistema de Información Geográfica), que QGIS lo ha implantado dentro de su interface.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

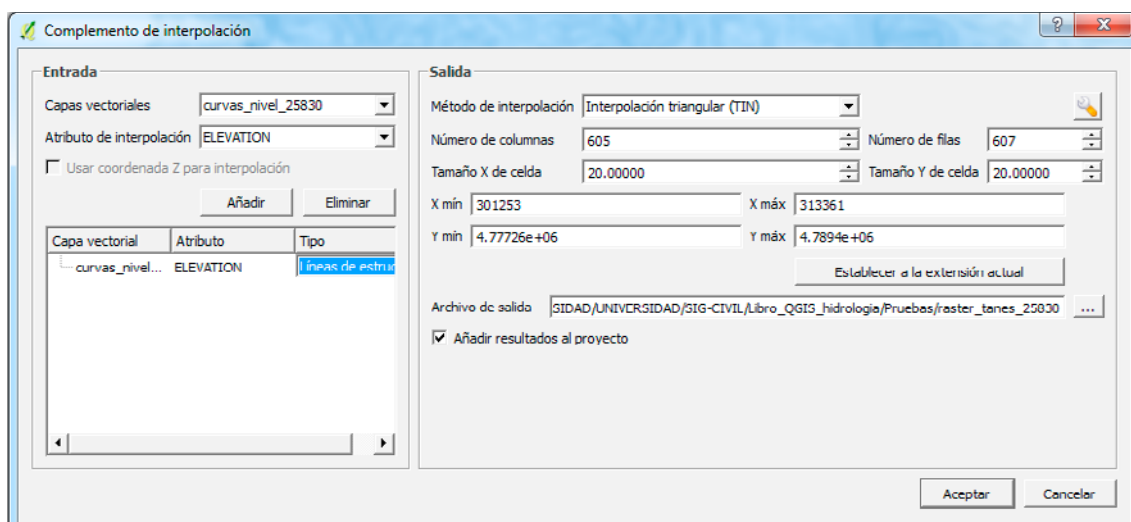
- Capa vectorial “curvas_nivel_25830.shp”.

DESARROLLO:

1.1. PASO DE ARCHIVO VECTORIAL A RÁSTER.

Abra un proyecto nuevo y elija como sistema de referencia el ETRS89 UTM Huso 30; EPSG25830. Añada la capa vectorial “curvas_nivel_25830.shp”. Esta capa representa las curvas de nivel de la zona a estudiar con un equidistancia de 20 m.

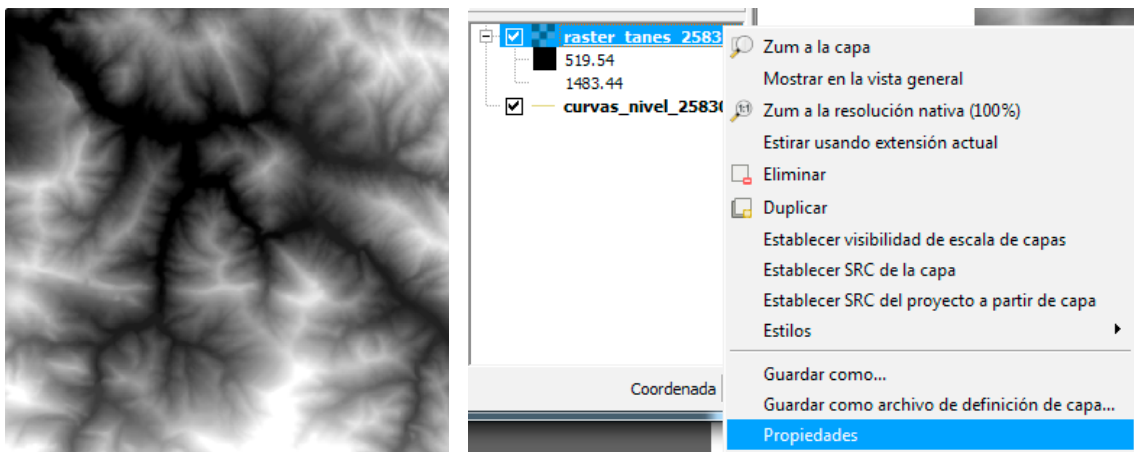
Desde la barra de menús elija **Ráster** → **Interpolación** → **Interpolación**. Se abre el cuadro de diálogo **Complemento de interpolación**.



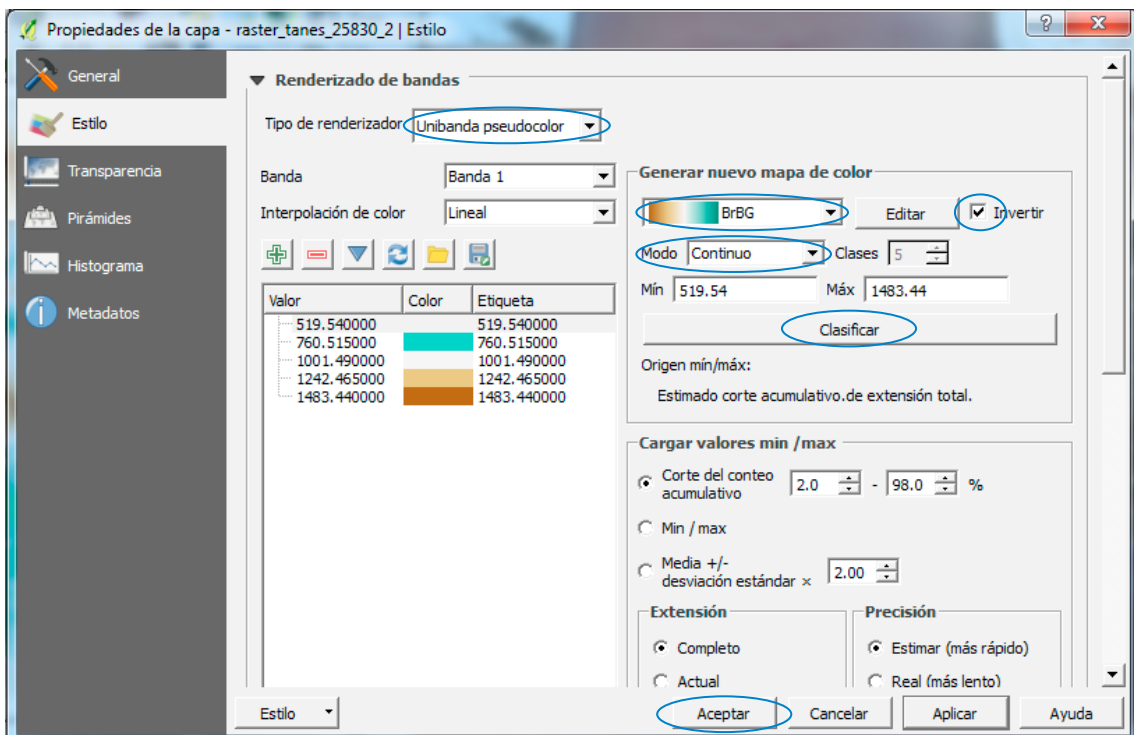
Rellene los datos según aparece en la imagen. Primero deberá elegir la capa vectorial, en su caso “curvas_nivel_25830”. El atributo que contiene el valor de la altitud es el campo “ELEVATION”, selecciónelo y presione “Añadir”. Como el campo ELEVATION es de tipo líneas, deberá seleccionar como “Tipo” Líneas de estructuras.

En el apartado de salida, seleccione como método de interpolación la “Interpolación triangular (TIN)”. Tamaño de celda 20 m tanto en x como en y. Finalmente, seleccione un nombre para su archivo de salida y acepte. Acaba de generar un Modelo Digital de Elevaciones (MDE).

Por defecto, le aparecerá tal cual se encuentra representado en la imagen de la izquierda.



Esta gama de colores puede variarla desde el cuadro de diálogos *Propiedades de la capa*. Recuerde que puede llamarlo haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre la misma.



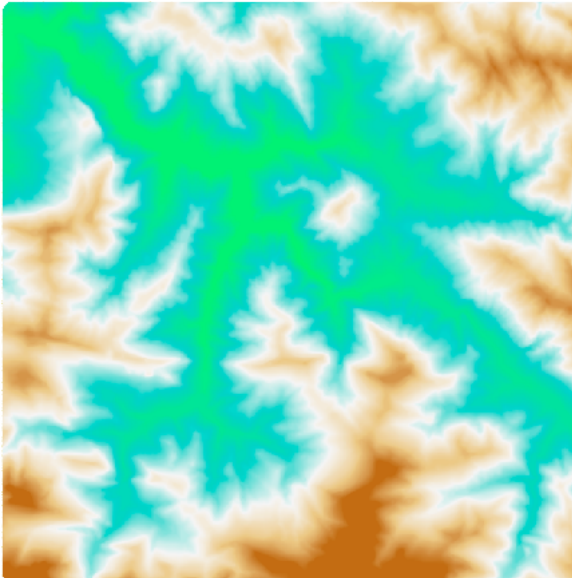
En el cuadro de dialogo, podrá variar la leyenda a su elección.

Empiece cambiando el “Tipo de renderizador”, elija “Unibanda pseudocolor”.

Posteriormente, puede cambiar la gama de tonos, el modo de clasificación, clases....

También, puede cambiar los colores haciendo clic directamente sobre el tono de la clasificación.

Finalmente, haga clic en “Clasificar” y acepte.



Según los cambios que haya realizado obtendrá un resultado u otro.

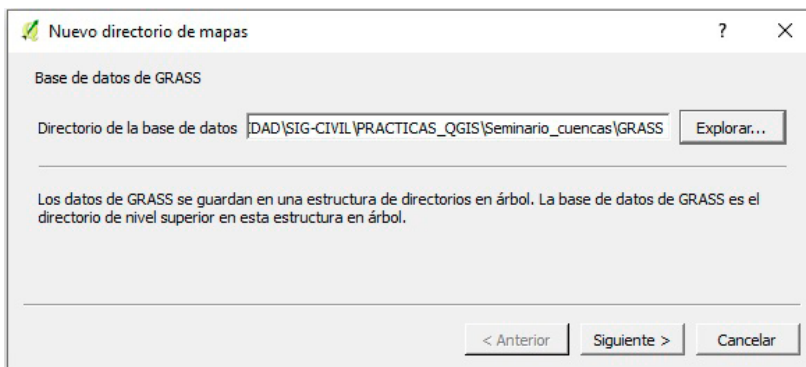
1.2. CREACIÓN DE DIRECTORIO DE MAPAS CON GRASS.

Lo primero que debe hacer es asegurarse que tiene activo el complemento GRASS, deberá aparecer en el menú **Complementos** → **GRASS**.

Para organizar mejor el trabajo, genere una nueva carpeta llamada “GRASS” en su directorio de prácticas (en este caso es la práctica nº1 del bloque II).

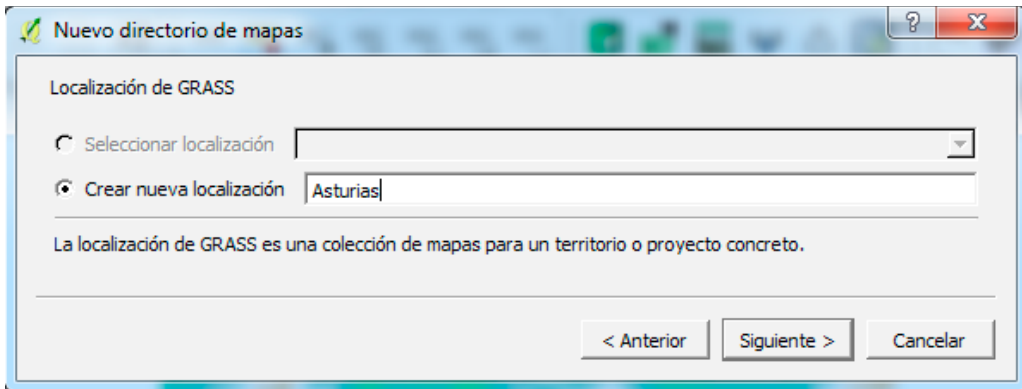
Ahora, va a configurar el nuevo directorio de mapas en GRASS, así creará una base de datos geográfica que contenga todos los mapas que va a generar.

Para ello, desde el menú **Complementos** → **GRASS** → **Nuevo directorio de mapas**.

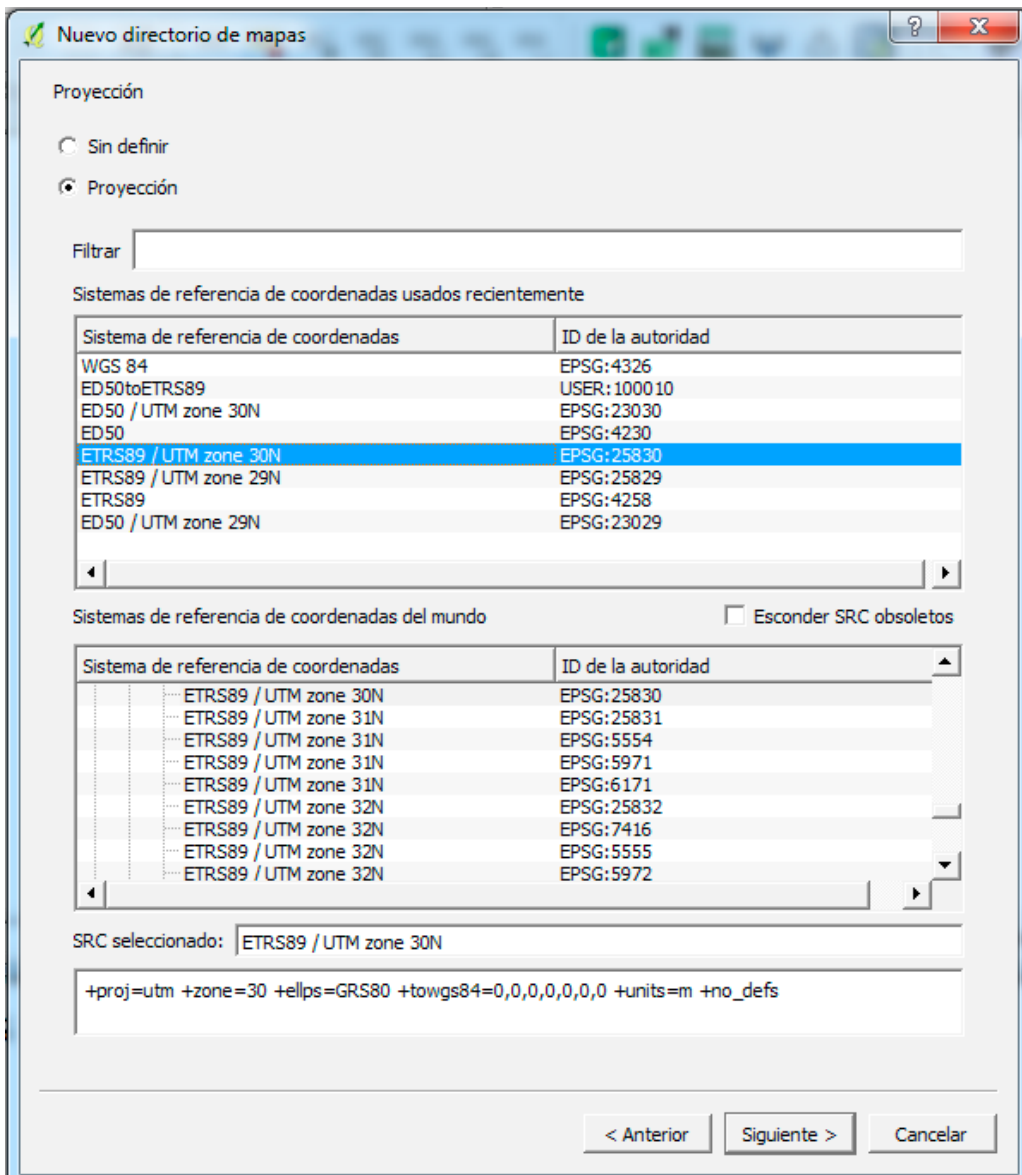


Navegue por el explorador de Windows y localice la carpeta “GRASS” que creó antes. Haga clic en **Siguiente**.

Escriba un nombre que identifique la zona de trabajo, en este caso podría ser *Asturias*. Haga clic en *Siguiente*.



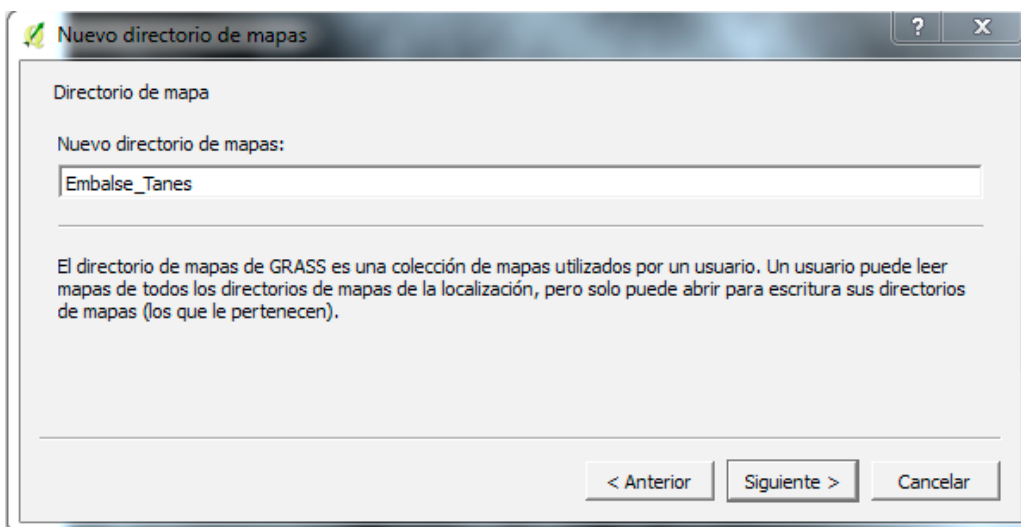
Deberá indicar también el sistema de referencia. En este caso, es el mismo que el de la capa con las curvas de nivel de la zona (ETRS89 UTM Zone 30). Siguiente.



Elija como extensión “Establecer la extensión actual de QGIS”. A continuación, haga clic en **Siguiente**.

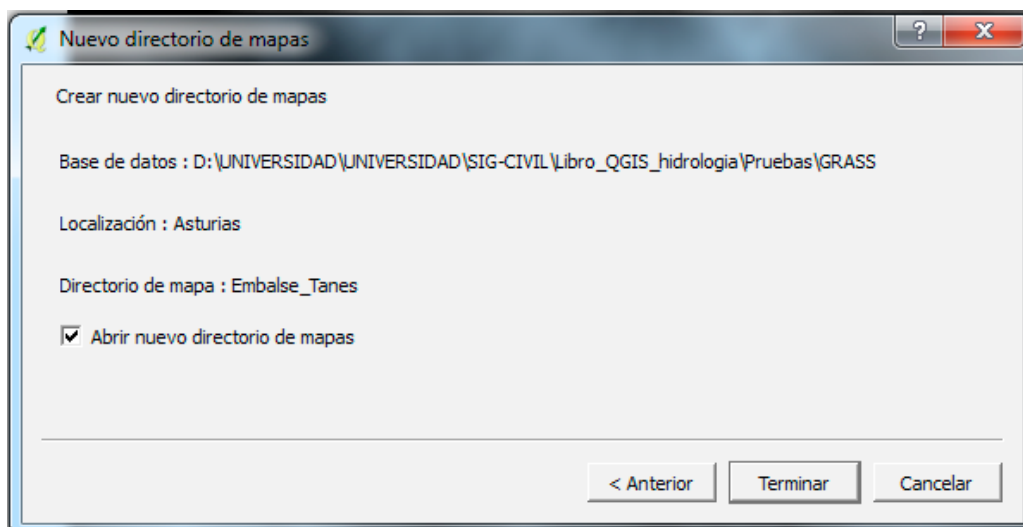


Ponga nombre al nuevo directorio de mapas, por ejemplo, *Embalse_Tanes*. Posteriormente, presione **Siguiente**.



Finalmente, muestra una ventana con un resumen del directorio que ha creado, siendo este el que se establece como directorio actual de trabajo.

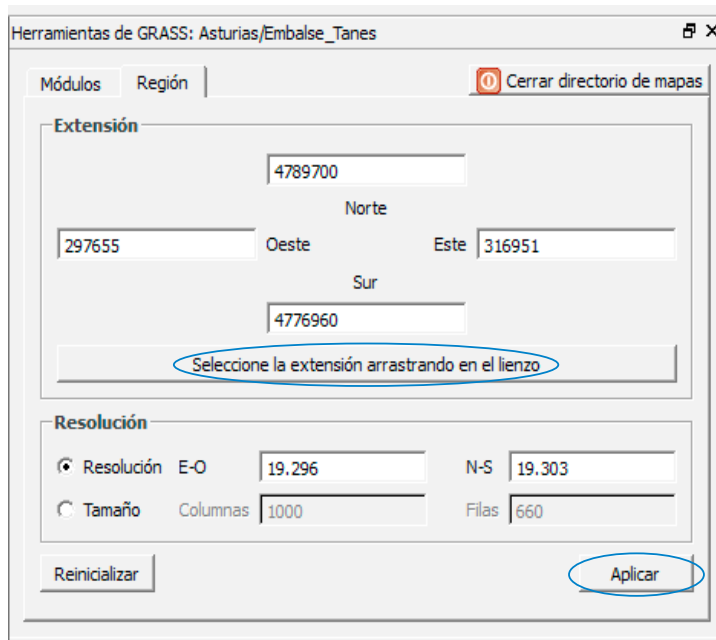
Haga clic en **Terminar**.



1.3. DELIMITAR LA REGIÓN GRASS DE TRABAJO Y GENERAR LA CUENCA HIDROLÓGICA.

Podrá observar que ha aparecido un recuadro rojo en su canvas, es la región de GRASS que definió en el paso anterior, al elegir “*Establecer la extensión actual de QGIS*”.


Para abrir la caja de herramientas de GRASS, debe hacerlo mediante el menú **Complementos** → **GRASS** → **Abrir herramienta de GRASS**.



Aparecen dos pestañas, una para seleccionar los módulos que necesite de GRASS y la otra, relativa a la zona de trabajo.

En la pestaña “*Región*” podrá cambiar la extensión de la misma.

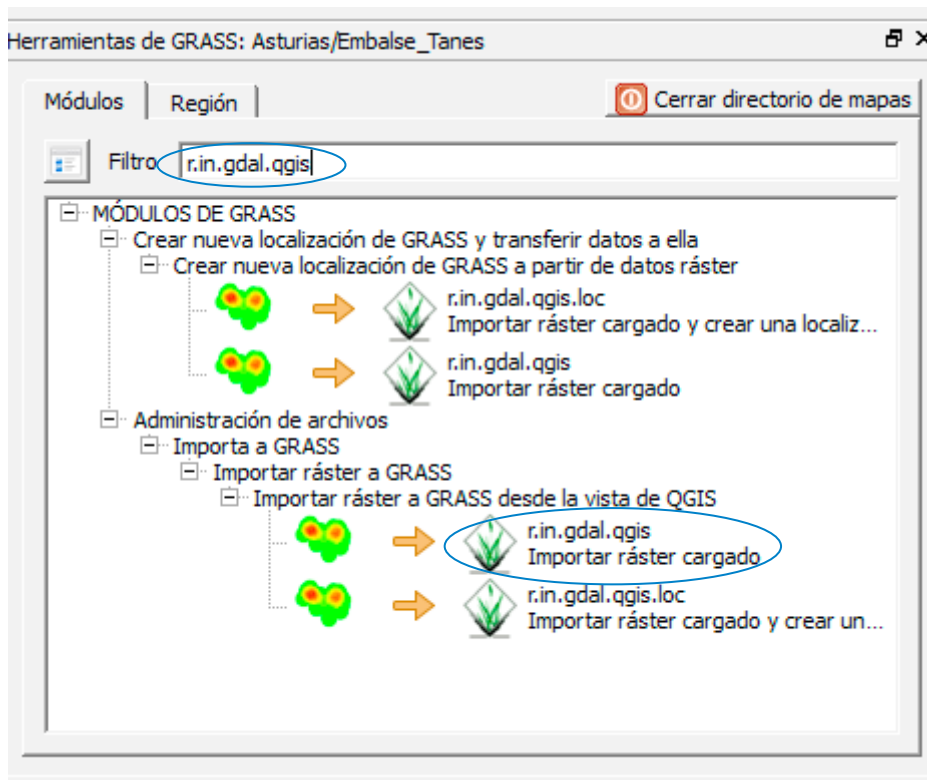
Si quiere reducirla al propio ráster, haga clic en **Seleccione la extensión arrastrando en el lienzo**, seleccione la nueva ventana de trabajo y aplique.

Mediante el icono , podrá visualizar/ocultar la región de GRASS.

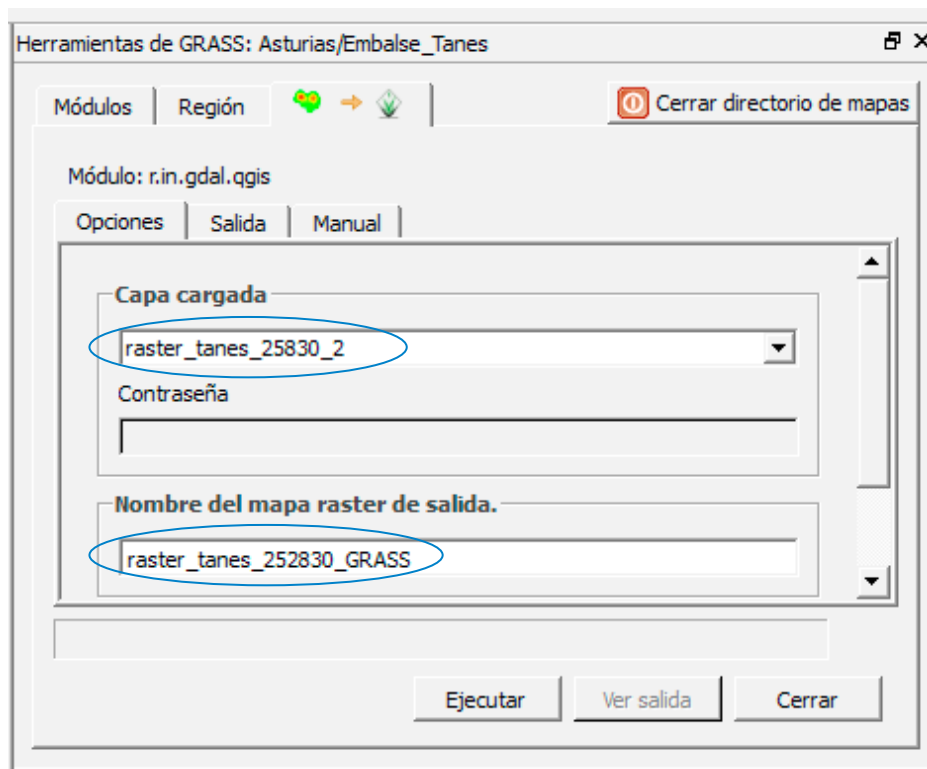
A partir de este momento va a empezar a trabajar con GRASS. Recuerde que es un programa independiente que QGIS ha introducido en su interface gráfico para hacer más sencillo su manejo. Por tanto, lo primero que debe hacer es introducir en GRASS su capa ráster, el MDE que ha generado mediante la capa vectorial de curvas de nivel.

Sitúese en la pestaña de “Módulos” de la caja de herramientas de GRASS y teclee en el recuadro de “Filtro” la sentencia *r.in.gdal.qgis*.

Aparecerán todos los módulos que contienen ese nombre, haga clic en el correcto.



En la nueva ventana, deberá seleccionar el ráster que quiere introducir y el nuevo nombre que tendrá dicha capa en el complemento GRASS.

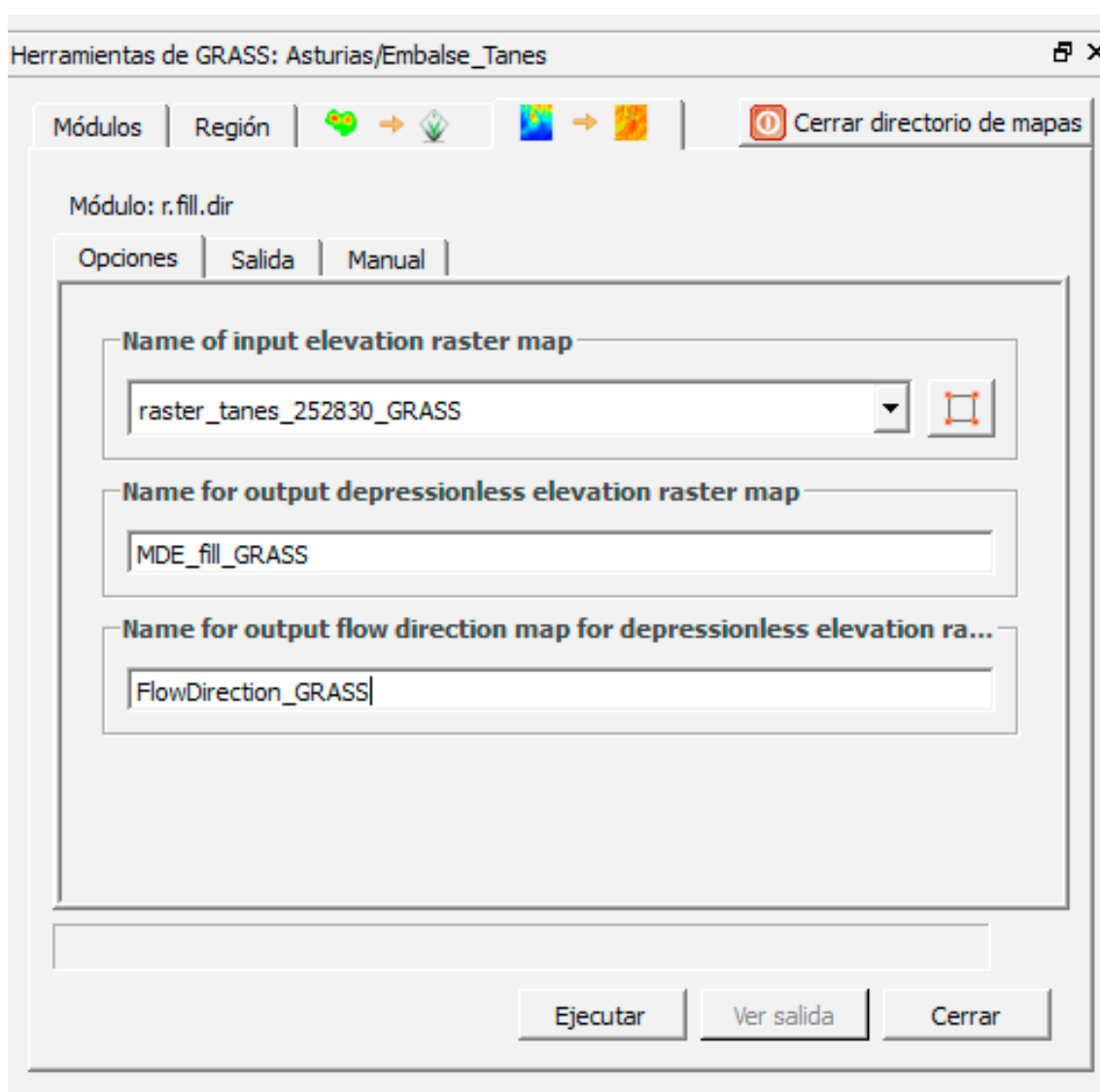


Se propone que a todas que a todas las capas que vaya a ir generando en este complemento añada el sufijo “GRASS” en su denominación, así sabrá perfectamente si la capa con la que quiere trabajar está en QGIS o en GRASS.

Una vez relleno ambos apartados seleccione **Ejecutar**, cuando haya finalizado correctamente se le activará el botón **Ver salida**, haga clic sobre él para que se añada la capa al “Panel de capas” y por tanto al canvas.

Para el cálculo de la cuenca hidrológica se parte del MDE. La fuente principal de errores en su generación es la presencia de depresiones cerradas. Un paso básico es la eliminación de las mismas y la depuración del modelo.

Desde la pestaña de **Módulos**, escriba la sentencia **r.fill.dir** y haga clic en el módulo que aparece **Filtrar y crear mapa de elevaciones sin depresiones...**

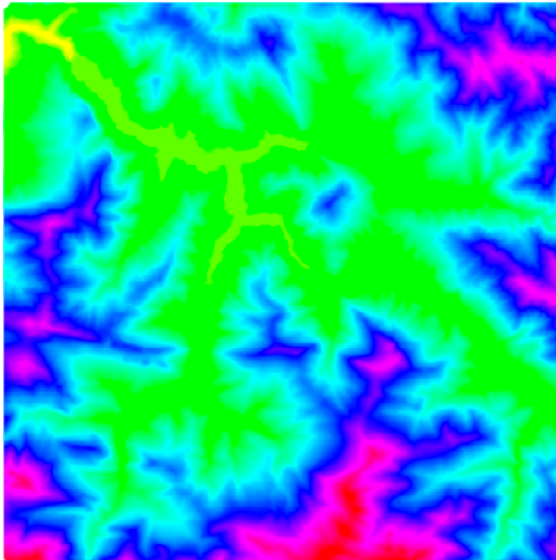


En el primer recuadro deberá seleccionar el ráster que ha introducido en GRASS (MDE base para obtener las cuencas hidrológicas).

El segundo corresponde al MDE resultado de la depuración y el relleno de las depresiones. Por tanto, elija un nombre apropiado al mismo.

Por último el módulo le va a generar un mapa de dirección de flujo. Del mismo modo que en el caso anterior, elija un nombre descriptivo del proceso que va a implementar.

Finalmente presione **Ejecutar** y una vez finalizado el cálculo **Ver salida**. Le aparecerán en el “Panel de capas” ambos mapas.



MDE ya depurado y sin depresiones.



Modelo Digital con la dirección de flujo en grados.

Por último, solo quedaría la generación de cuencas según un valor umbral. Este valor establece la condición que tienen que cumplir las celdas (valor del pixel) para el inicio del cauce. Cuanto mayor sea este valor umbral, menor será el número de celdas que cumplen la condición, por tanto, habrá menos cauces definidos.

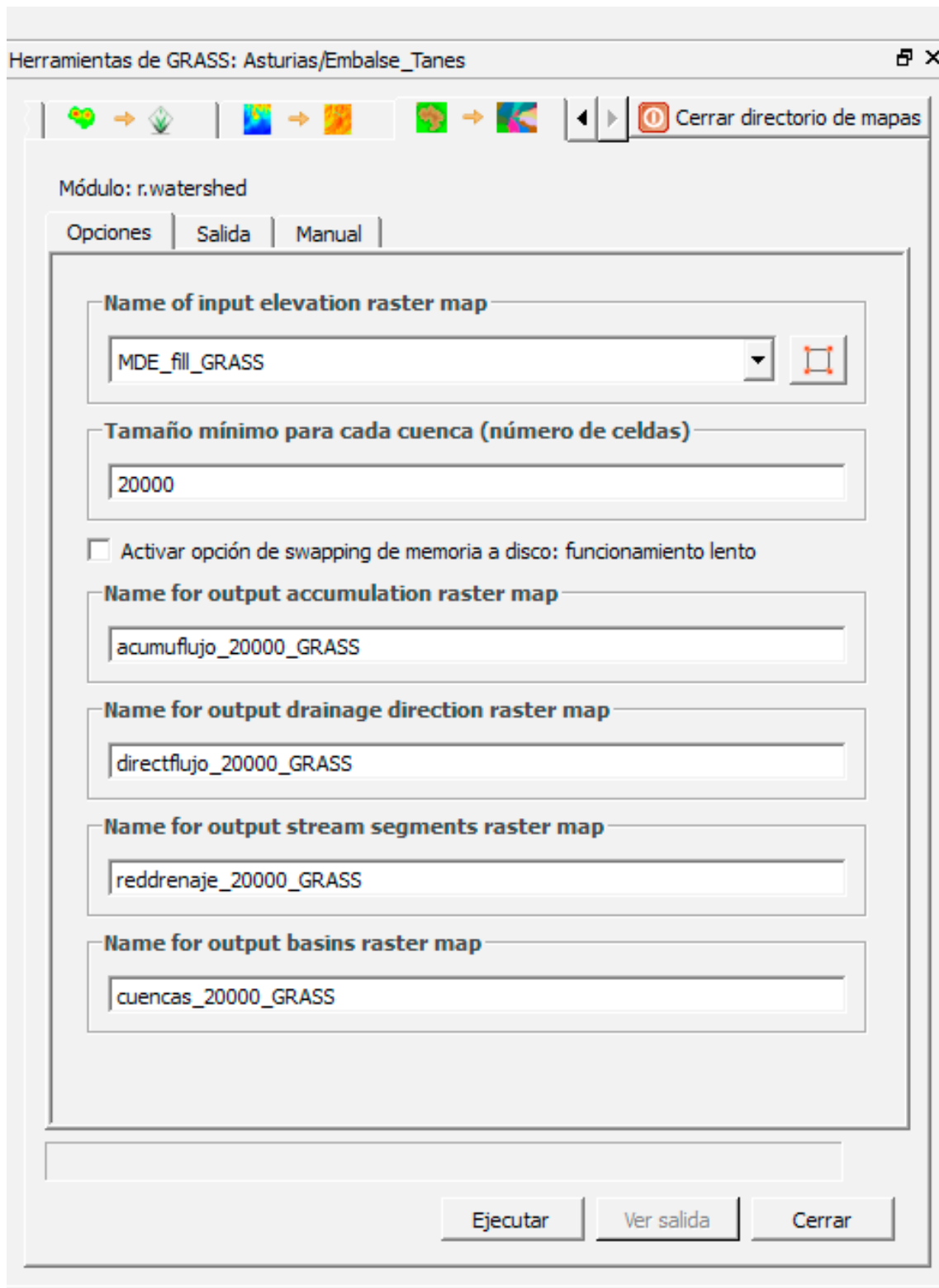
Para dicho cálculo teclee en la pestaña de Módulos, la sentencia **r.watershed** y haga clic en módulo que aparece **Análisis de cuenca**.

En el primer recuadro deberá seleccionar el ráster que ha introducido en GRASS (MDE depurado base para obtener las cuencas hidrológicas).

El tamaño mínimo para cada cuenca corresponde al valor para iniciar una celda como cauce. Si introduce por ejemplo 20.000, esa celda inicial debe recoger el agua de 20.000 celdas.

En el resto de recuadros, deberá indicar un nombre para cada ráster que genera hasta la obtención del mapa de cuencas final.

Probablemente, deba ir modificando el número de celdas hasta que encuentre el que mejor le defina sus cuencas hidrológicas. Por tanto, sería aconsejable que el valor tomado estuviera reflejado en el nombre de los diversos mapas. Así sabrá qué ráster corresponde a cada ejemplo calculado. Una vez haya rellenado todos los apartados, haga clic en **Ejecutar** y después en **Ver salida**, como en los casos anteriores.



Los mapas generados son:

- Acumulación de flujo
- Dirección de flujo
- Red de drenaje
- Cuencas hidrológicas.

Mapa de acumulación de flujo o valor de superficie situada aguas arriba (nº de celdas aguas arriba que vierten en esa celda concreta).

Muestra todas las posibles corrientes según el valor umbral indicado.

De este modo es posible conocer la cantidad de agua que puede recibir una celda determinada. Así, aquellas celdas que tengan mayor acumulación de flujo serán las que formen los cauces de drenaje, permitiendo visualizar de forma más precisa la red de drenaje.

Los colores oscuros identifican los cauces principales.

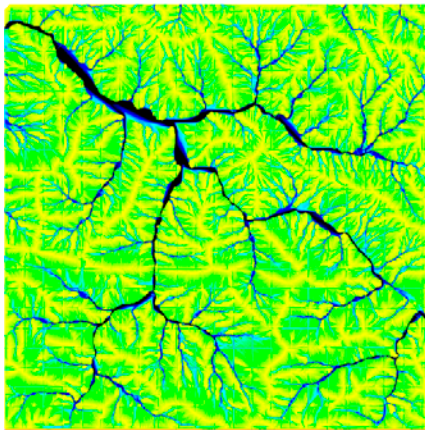
Mapa de dirección de flujo, indica la dirección hacia donde discurre el agua según las celdas vecinas y el Modelo Digital de Elevaciones (MDE).

Red de drenaje, indica las corrientes principales según el valor umbral establecido.

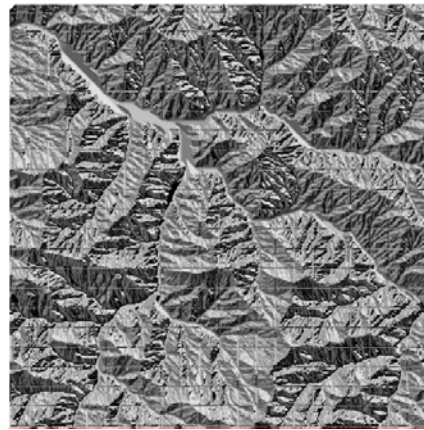
Define qué celdas forman parte de los cauces principales dando lugar a los flujos encauzados, el resto será flujo de ladera.

Cuencas hidrológicas, extracción de cuencas y subcuencas asociadas a la red de drenaje.

Dada una celda de salida, su cuenca vertiente estará formada por todas las celdas aguas arriba de la misma.



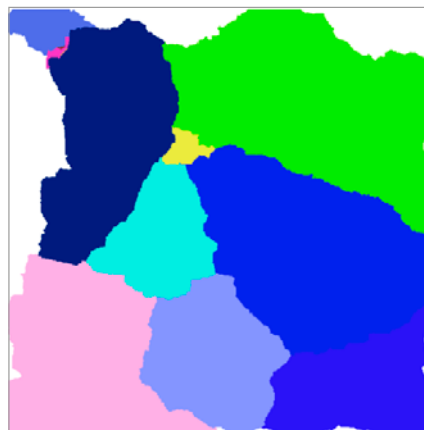
Mapa de acumulación de flujo



Mapa de dirección de flujo



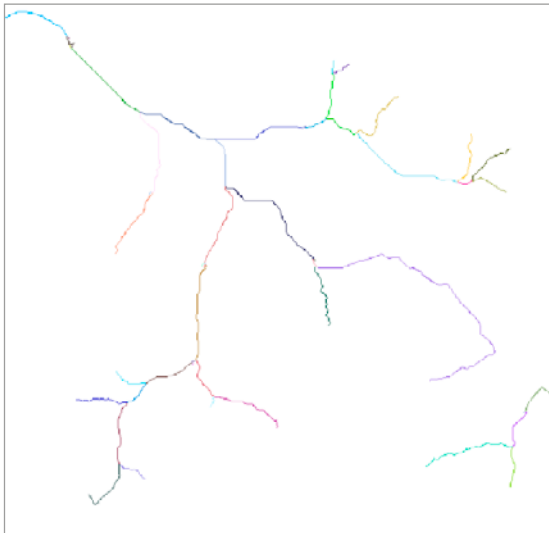
Red de drenaje



Cuencas hidrológicas

A continuación se presentan los mapas resultantes de ajustar el valor umbral a 5 000. En ellos, se podrá apreciar como la red de drenaje está más definida. Hay mayor número de flujos que cumplen la condición para ser considerados cauces principales.

También se aprecia la existencia de mayor número de cuencas y subcuencas.



Red de drenaje con valor umbral 5.000

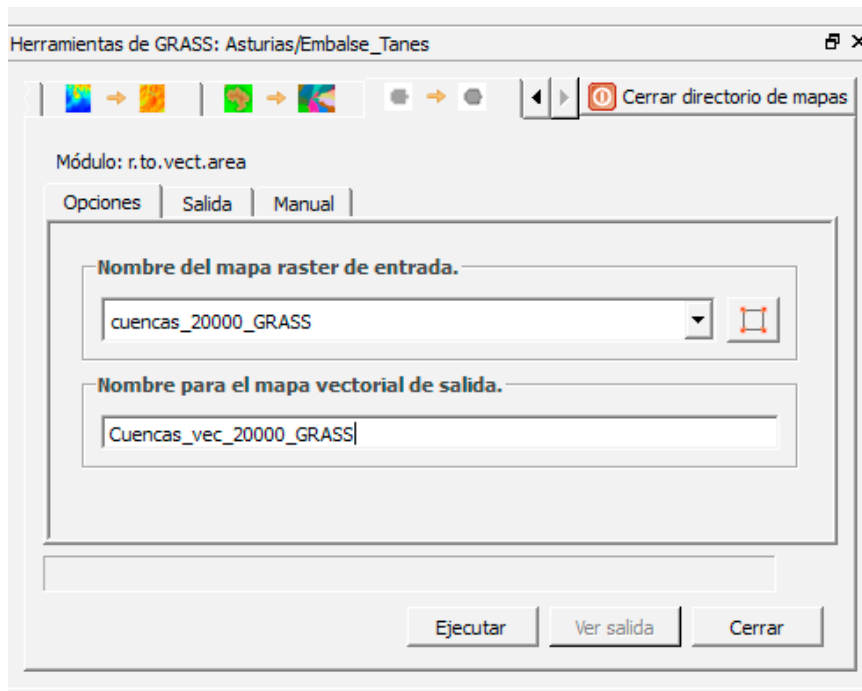


Cuencas y subcuencas con valor umbral 5.000

1.4. PASAR LA CAPA RÁSTER DE CUENCAS HIDROLÓGICAS A CAPA VECTORIAL.

Este último paso se hace necesario para así poder calcular los datos geométricos de las cuencas. Para ello, debe tener una capa vectorial de cuencas.

Recuerde que todavía está trabajando sobre GRASS, por tanto, escriba en la pestaña de **Módulos** de la caja de herramienta de GRASS la sentencia **r.to.vect.area** (convertir ráster en áreas vectoriales).



En el cuadro de herramientas que aparece, deberá seleccionar el nombre de su mapa ráster de cuencas, en este caso trabajará con el obtenido sobre el valor umbral de 20.000.

También, deberá dar un nombre a la capa vectorial tipo polígono, que le va a generar con las cuencas y subcuencas.

Presione **Ejecutar** y una vez finalizado correctamente **Ver salida**.



La capa vectorial generada, está formada por un número igual de polígonos que cuencas y subcuencas tenía el ráster.

No olvide que esta capa se encuentra en GRASS, ahora deberá exportarla nuevamente a QGIS para así poder calcular el área de cada una de ellas, así como cualquier otro parámetro geométrico que necesite.

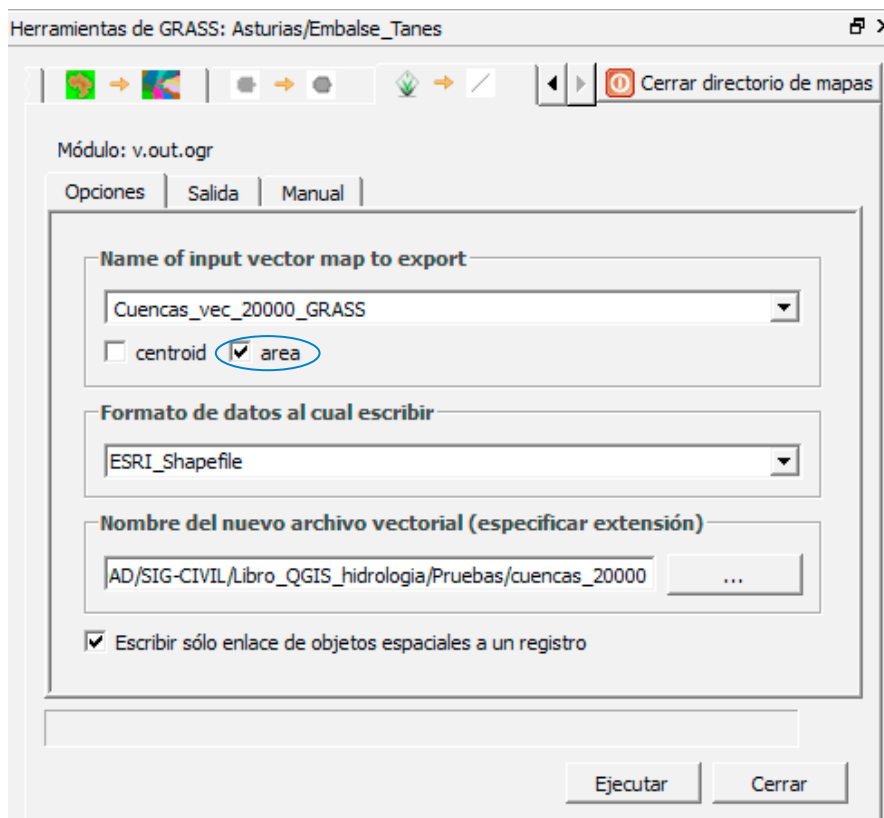
La sentencia que deberá escribir en la pestaña de **Módulos** es **v.out.ogr** (Exportar vectorial a varios formatos).

Como en los casos anteriores, deberá elegir la capa que va a exportar a QGIS, es su caso, corresponderá a la capa vectorizada que contiene las cuencas.


Seleccione solo área.

El formato de archivo será Esri_Shapefile (*.shp) y explore por su directorio de trabajo para ubicar la nueva capa vectorial con el nombre que decida, por ejemplo, “cuencas_20000.shp”.

Observe como ya se prescinde el sufijo _GRASS al estar fuera del complemento de GRASS. Finalmente, presione Ejecutar.



Ahora, deberá añadir dicha capa a su “Panel de capas”. Si explora su directorio de trabajo, podrá observar como GRASS le ha generado una carpeta con el nombre que ha indicado como capa vectorial, en su caso “*cuencas_20000*”. Si abre la carpeta encontrará la capa vectorial que buscaba. Por defecto, le ha puesto el nombre “default.shp”

Añádala a QGIS, bien arrastrándola dentro del canvas de trabajo o con el icono , tal y como ya ha hecho en varias ocasiones en las prácticas del Bloque I.

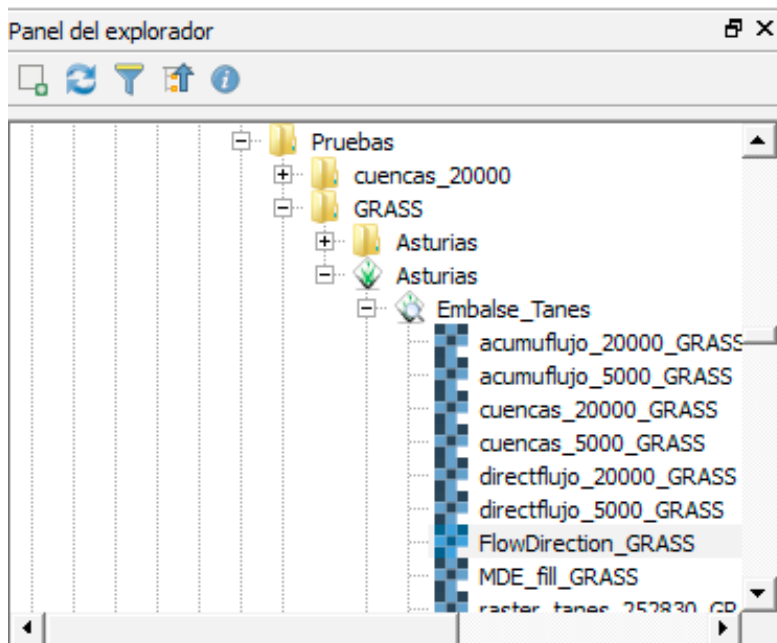
Para finalizar, solo quedaría el cálculo de áreas y perímetros de las cuencas hidrológicas. Este paso ya lo ha realizado en la práctica n^o7 (apartado 7.2) del Bloque I.

Como apunte importante, indicar que todos los mapas ráster y vectoriales que ha generado dentro de GRASS los va a poder manejar (añadir, eliminar...) desde el “Panel del explorador” en QGIS, no desde el Explorador de Windows.

Desde este panel, navegue por su directorio de prácticas, y dentro del directorio de mapas que generó en GRASS.

Allí, aparecerán todos los mapas que ha generado dentro del mismo.

Para añadirlo al “Panel de capas” de QGIS solo deberá arrastrarlo o hacer doble clic sobre él.



PRÁCTICA N° 2

OBTENCIÓN DE LA ORDEN DE CORRIENTES (HORTON Y STRAHLER) DE UNA RED DE DRENAJE


OBJETIVO: una parte importante en el cálculo de la cuenca hidrológica es la obtención de la red de drenaje y el conocer el orden de las corrientes. Para ello, desde SAGA se va a proceder a obtener la jerarquización de la red siguiendo el método establecido por Horton y Strahler.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa ráster “raster_tanes_25830.asc”.

DESARROLLO:

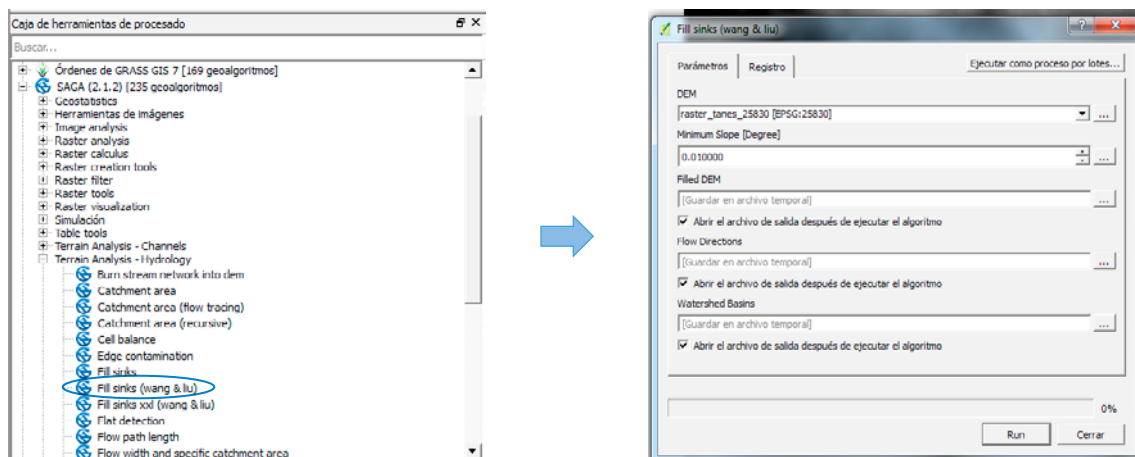
2.1. OBTENCIÓN DE ÓRDENES DE JERARQUÍA DE CORRIENTES.

Abra un proyecto nuevo y elija como sistema de referencia el ETRS89 UTM Huso 30; EPSG25830. Añada la capa ráster “raster_tanes_25830”, mediante el icono *Añadir capa raster*  o arrastrando el archivo con extensión asc al canvas de QGIS.

Como se vio en la práctica anterior, este modelo presenta depresiones que deben ser eliminadas, es decir, debe sufrir un proceso de depuración.

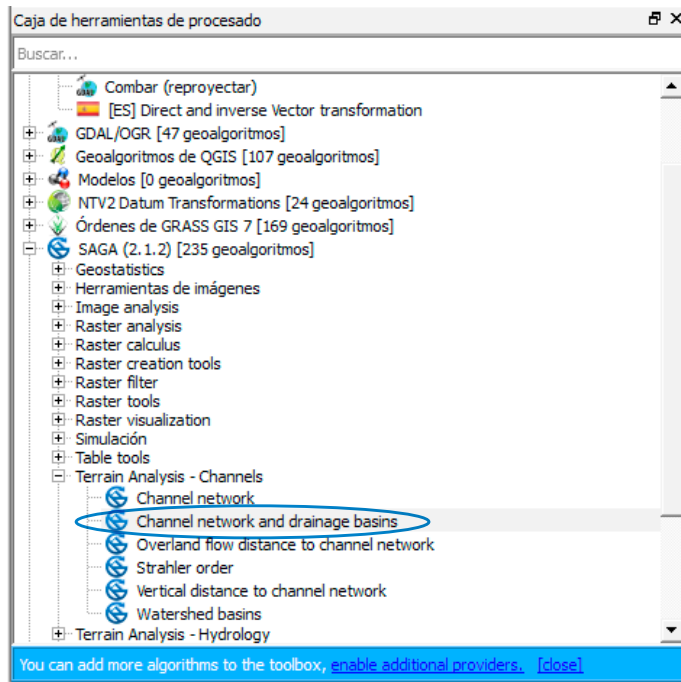
Este debe realizarse desde SAGA.

Para ello, desde la *Caja de herramientas de procesado* haga clic en *SAGA → Terrain Analysis-Hydrology → Fill sinks (wang & liu)*.

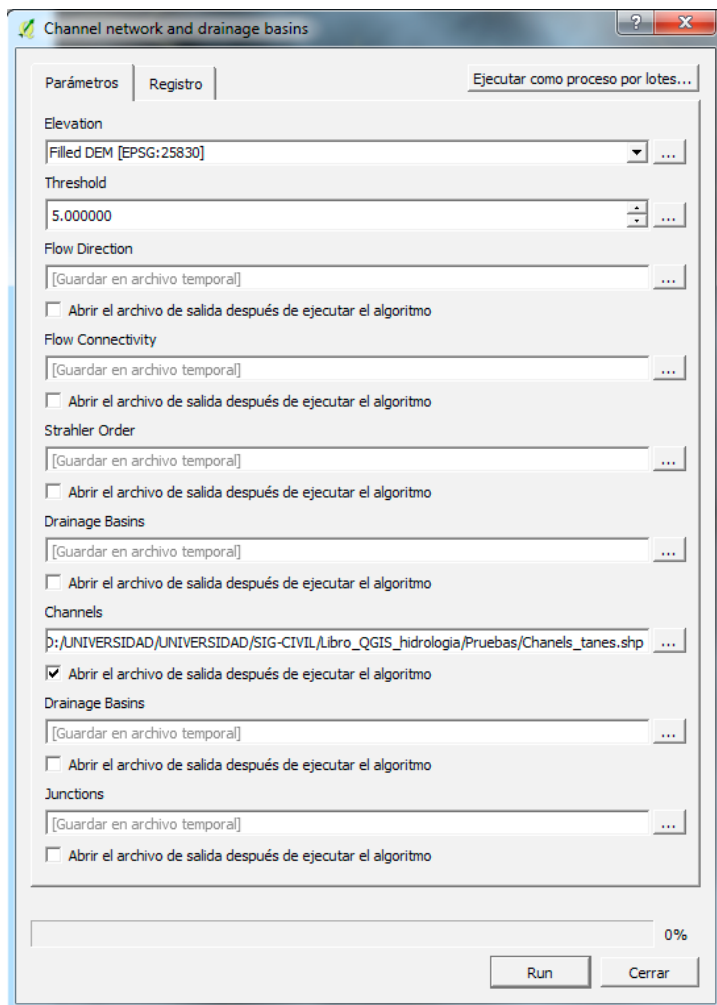


En el recuadro “DEM” elija el MDE que hay que depurar, en este caso “*raster_tanes_25830*”, el resto de datos déjelos como viene por defecto. Haga clic en **Run**.

Junto al MDE depurado, se han generado dos mapas más, uno con las cuencas hidrológicas y otro con la dirección de flujo. Ambos son archivos temporales, no se han guardado en carpeta alguna. Si no desea generarlo, es suficiente con desmarcarlos en el cuadro de diálogo que relleno antes.



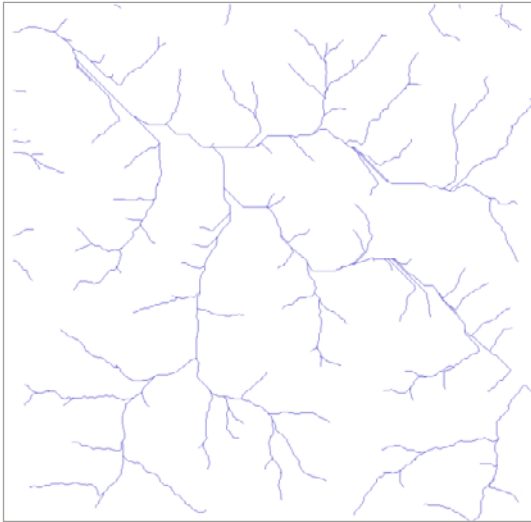
El siguiente paso será la obtención del orden de la red. Desde *SAGA* → *Terrain Analysis* – *Channels* → *Chane network and drainage basins*.



Seleccione como modelo el que se ha generado en el paso anterior, es decir, el *Filled DEM* (MDE depurado). Como valor umbral deje el que viene por defecto, solo va a afectar a la generación de cuencas y en este caso no se necesita su cálculo.

De todos los archivos temporales que se pueden generar, solo deje activo el correspondiente a Channels y elija una ubicación y nombre para él. Este es el que va a generar el vectorial con la jerarquización de la red.

Una vez configurado el cuadro de cálculo, haga clic en **Run**.



Si abre los atributos de la capa vectorial generada, observará un campo llamado "ORDER", este será el que contenga los valores de orden de la red.

Tabla de atributos - Channels :: Objetos totales: 233, filtrados: 233, selecciona...

	NODE_B	BASIN	ORDER	ORDER_CELL	LENGTH
0	14	1	1	5	1401.6652224000
1	24	8	1	5	2632.2034611000
2	7	8	1	5	394.5584412300
3	11	1	1	5	2561.0764774000
4	11	1	1	5	1093.9696962000
5	12	8	1	5	677.9898987300
6	24	8	2	6	1085.6854249000
7	7	8	1	5	2027.1067812000
8	16	1	1	5	421.4213562400

Mostrar todos los objetos espaciales

PRÁCTICA Nº 3

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE UNA CUENCA

OBJETIVO: una vez que se ha estudiado el método para la obtención de las cuencas hidrográficas en la Práctica nº1 del Bloque II y el cálculo del orden de la red en la Práctica nº2 del mismo Bloque, el objetivo es explicar los procedimientos para el análisis morfométrico de una cuenca aislada. La zona seleccionada para el estudio es un trozo de la cuenca del río Bodion, que se encuentra en la provincia de Badajoz. Para ello, se partirá del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de la cuenca, la delimitación de la misma y la jerarquización de la red.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información:

- Capa ráster con el MDE de la cuenca “mde_bodion_25829.tif”.
- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_bodion_25829.shp”
- Capa vectorial con la jerarquización de los cursos de agua “orden_bodion_25829.shp”

DESARROLLO:

3.1. CÁLCULOS DE PARÁMETROS DE FORMA.

Abra un proyecto nuevo con sistema de referencia EPSG 25829; ETRS89, Huso 29, tal y como ya ha realizado en prácticas anteriores.

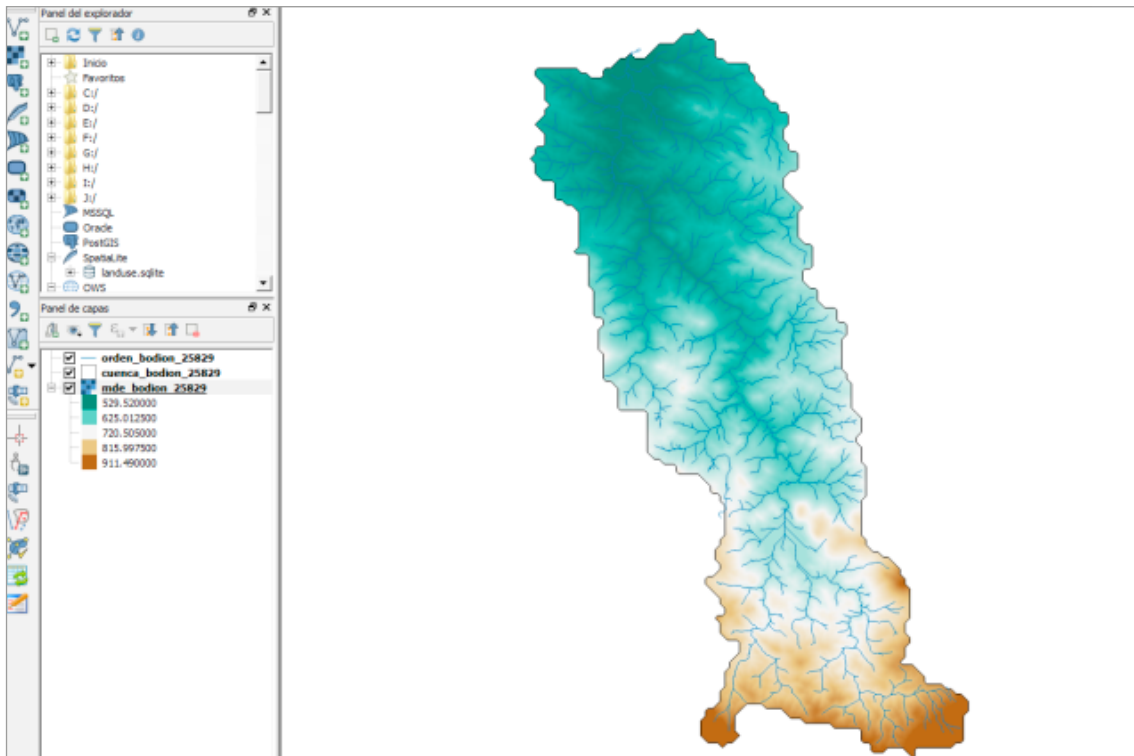
Añada las dos capas vectoriales y la capa ráster de la práctica.

Sitúe las capas, de tal forma que pueda ver el contenido de las tres, como se muestra en la imagen siguiente.

En este caso, se ha eliminado el relleno de la capa vectorial “cuenca_bodion_25829.shp”, para poder ver el ráster de elevación.

También se ha cambiado el color del orden de la red a un tono azul.

Respecto al MDE, en *Propiedades* se ha cambiado la leyenda a unibanda pseudocolor, invirtiendo la graduación de tonos.




Ahora procederá al cálculo de los diferentes parámetros: área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce principal, factor de forma y/o coeficiente de forma, coeficiente de compacidad o índice de Gravelious, relación de elongación y relación de circularidad.

Todos los valores que se van a ir hallando, se situaran en una hoja de cálculo (tipo Excel). Así, muchos cálculos serán automatizados.

A) PARAMETROS DE FORMA (Datos en Km)			
Área de una cuenca(A):	m ²		0 km2
Perímetro de la cuenca (P):	m		0 km
Longitud de la cuenca (L):	m		0 km
Longitud del Cauce Principal	m		0 km
Longitud Total de Cauces L _t	m		0 km
Ancho de cuenca (w):	m		0.00 km
$w = \frac{A}{L}$			

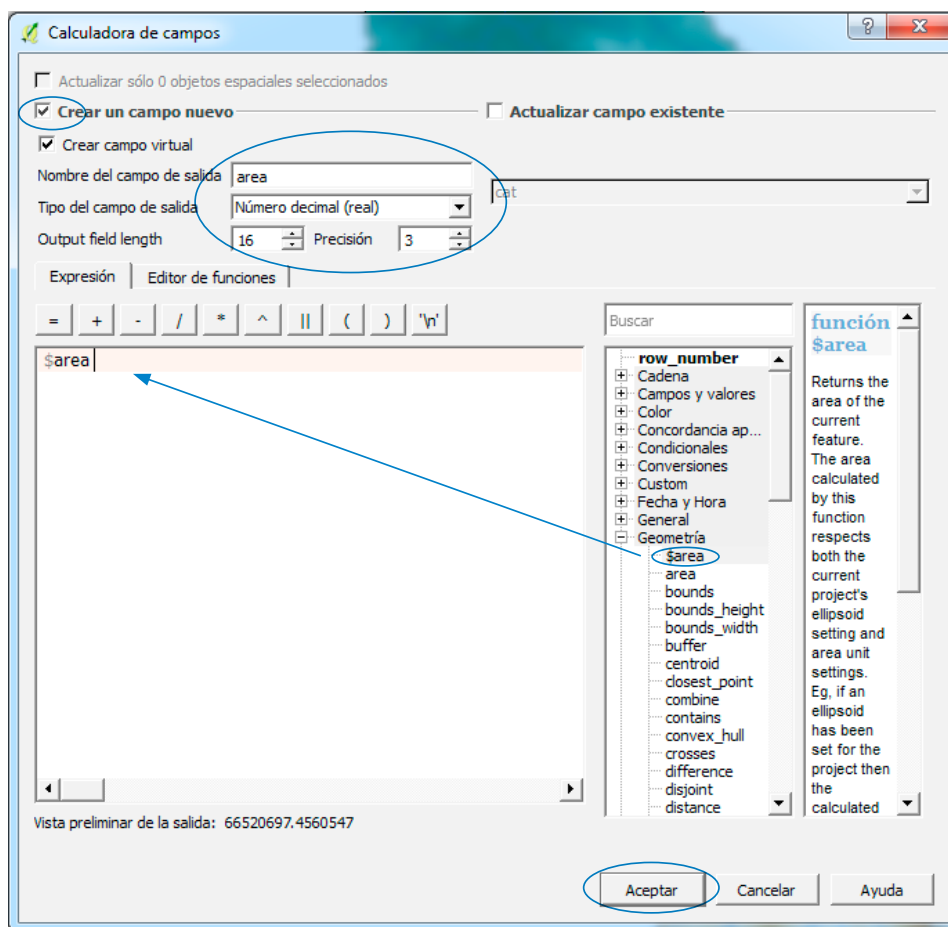
PARAMETRO	VALOR
Factor de forma de una Cuenca (F): $F = \frac{A}{L^2}$	
Relación de elongación (R): $R = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$	
Relación de circularidad (Rc): $Rc = \frac{4A\pi}{P^2}$	
Índice de Compacidad o Índice de Gravelious (K): $K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	

- a. Área de la cuenca (A) (Km²): para el cálculo del área de la cuenca, utilizará la **Calculadora de campos** . Se abrirá el cuadro correspondiente, que ya ha utilizado en prácticas anteriores.

Cree un campo nuevo de nombre *área*. El tipo de campo deberá ser un número decimal con una longitud de 16 (por ejemplo) y precisión 3.

En el área de expresión, pulse dos veces sobre la función “\$area” del apartado de “Geometría” y a continuación presione sobre **Aceptar**.

Si abre la tabla de atributos de la capa, verá que aparece una nueva columna de nombre “área” y con el valor de la misma (66 520 697,456 m²= 66,520697456 km²). Añada el valor a su hoja de cálculo, en el apartado correspondiente.

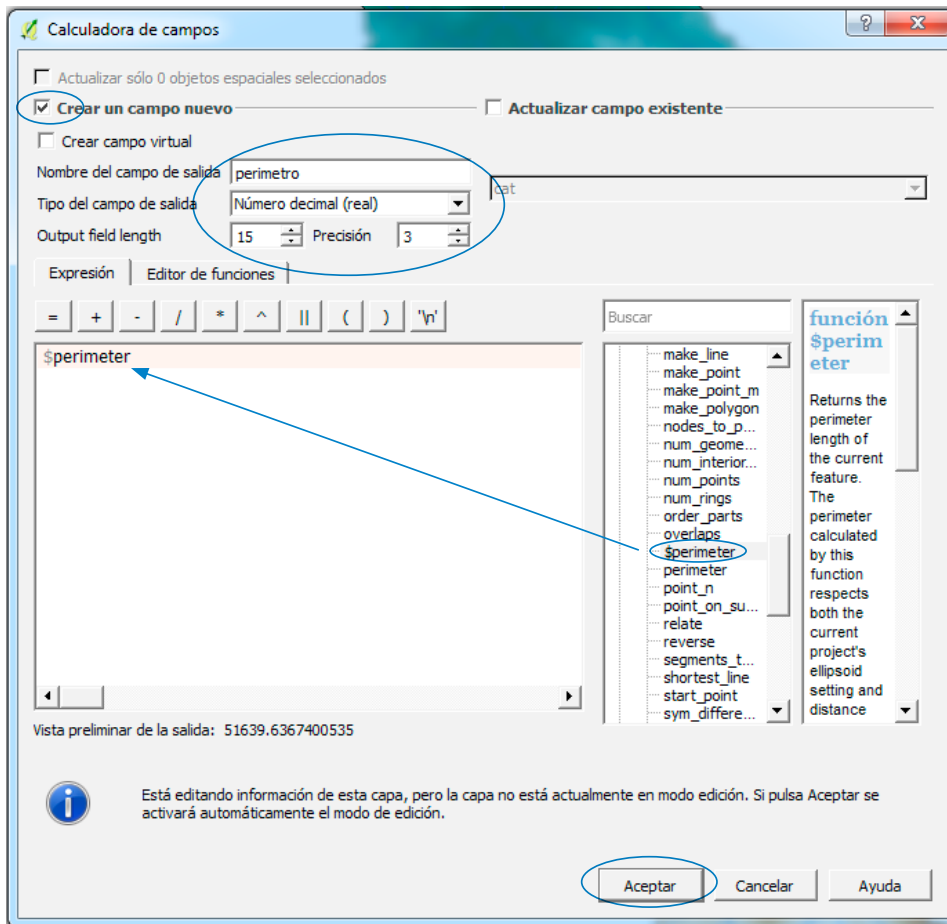



- b. Perímetro de la cuenca (P) (Km): realice el mismo procedimiento que en el apartado anterior, pero con el cálculo del perímetro.

Cree un campo nuevo de nombre *perímetro*. El tipo de campo deberá ser un número decimal con una longitud de 16 (por ejemplo) y precisión 3.

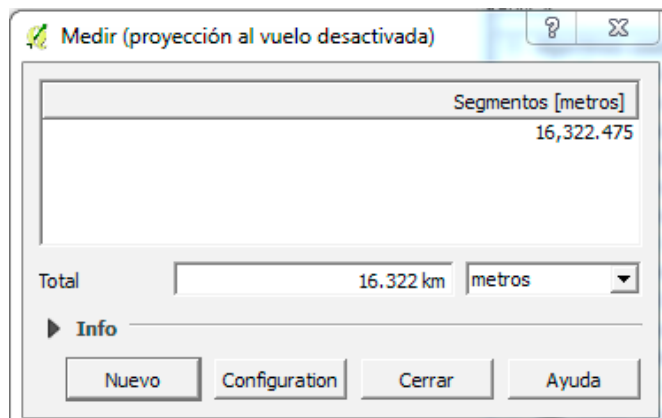
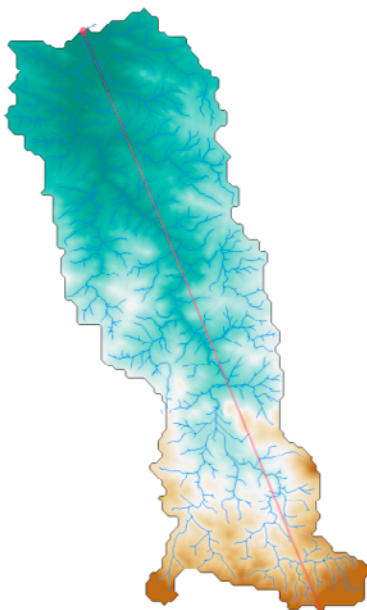
En el área de expresión, pulse dos veces sobre la función “\$perimeter” del apartado de “Geometría” y a continuación presione sobre **Aceptar**.

Aparecerá el nuevo campo en la tabla de atributos de la capa “*cuenca_bodion_25829*”. Añada su valor a la hoja de cálculo (51 639,637 m = 51,639637 km).




- c. Longitud de la cuenca (L): para este parámetro, usará la orden **Medir línea** . En el momento que la active el cursor le cambiará de forma.

Sitúelo en el inicio de la cuenca y haga clic, muévase hasta el final de la misma, observará como le ha dibujado una línea según su trazo. Llegue hasta el final de la cuenca y haga clic de nuevo. En el cuadro **Medir**, aparecerá el valor recorrido.




Para finalizar seleccione el botón derecho del ratón.

Puede eliminar la orden seleccionando otra, por ejemplo desplazar mapa .

Rellene la Excel con el valor de la longitud obtenida.


- d. Longitud del cauce principal (L_p) (Km): este valor se va a conseguir gracias a la capa “orden_bodion_25829.shp”. Recuerde, que esta capa contiene las corrientes ordenadas según van recibiendo aportes.

Lo primero que va a necesitar es la longitud de todos los tramos de cauces. Esto lo realizará con la **Calculadora de campos** .

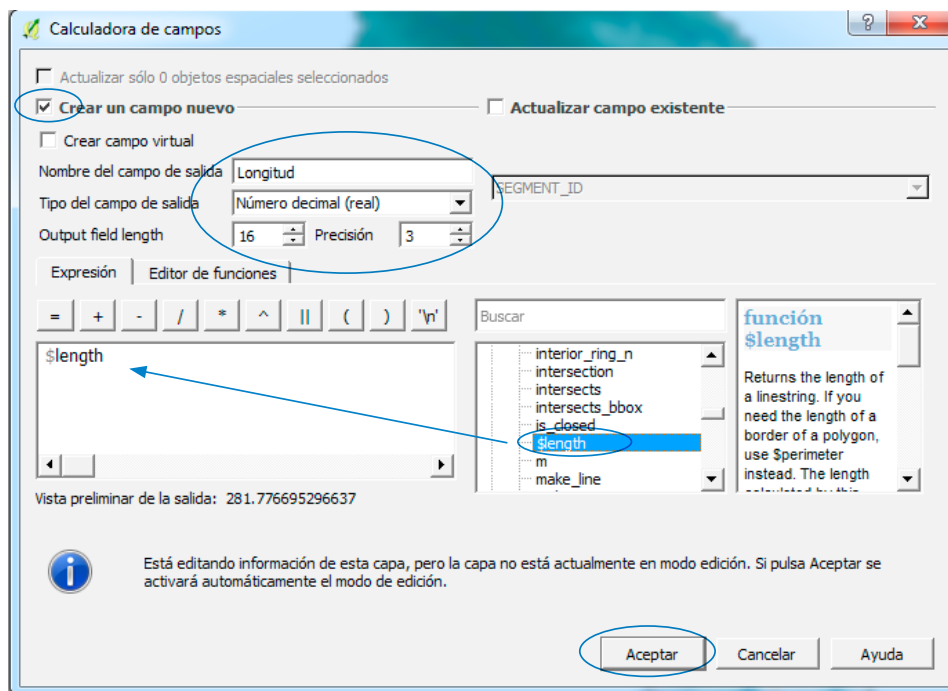
Cree un campo nuevo de nombre *Longitud*. De tipo número: decimal, con una longitud de 16 y precisión de 3 dígitos.

En “Geometría” seleccione el comando “\$length”, que devuelve la longitud de cada tramo.

Acepte.

Cierre la edición  y guarde.


Habrá generado un campo nuevo con la longitud de todos los tramos.



Si abre la tabla de atributos de dicha capa, observará la existencia del campo “ORDER”, que contiene el orden de los diferentes cursos de agua y el nuevo campo “Longitud”.

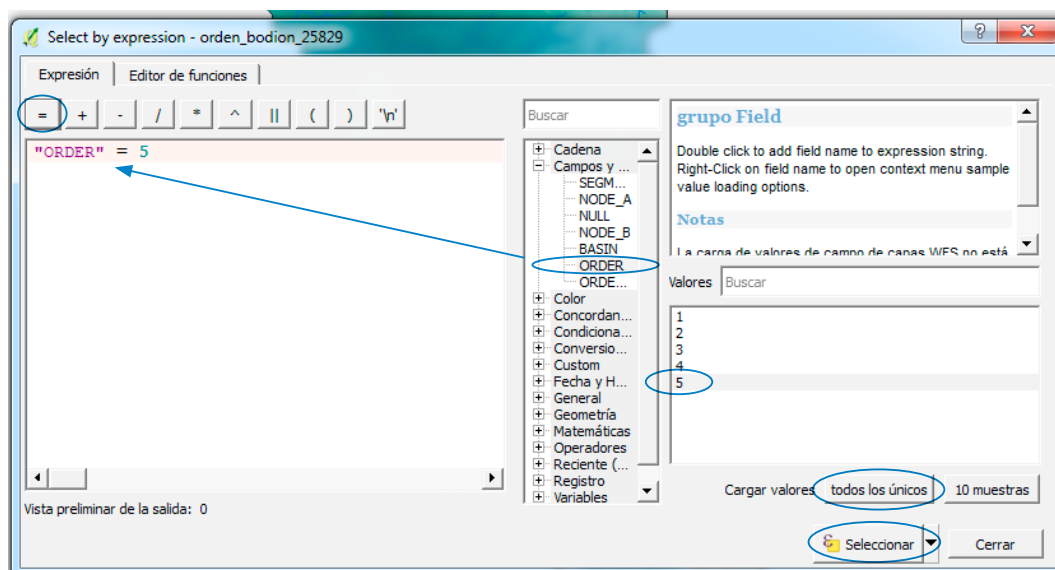
Si pincha con el ratón sobre el campo “ORDER”, se ordenarán de menor a mayor. Si vuelve a hacer clic el orden se invertirá y aparecerá el valor mayor al principio. Este orden corresponde con el cauce principal de su cuenca y, por tanto, con la longitud a calcular.

	SEGMENT_ID	NODE_A	NODE_B	BASIN	ORDER
279	280	280	285	2	5
283	284	285	307	2	5
306	307	307	316	2	5
314	315	316	324	2	5
322	323	324	353	2	5

Para hallar la suma de todos los segmentos de orden 5, va a seleccionar primero todos ellos. Puede hacer esta selección como prefiera, directamente en la tabla o bien usando una expresión .

Seleccione el campo “ORDER” y en “Valores” solo los de valor 5 o bien teclee = 5.

Haga clic en **Seleccionar** y **Cerrar**.



Así ha conseguido seleccionar solo los tramos cuyo valor de campo ORDER es 5 y, por tanto, los que corresponden al cauce principal.

Ahora desde el menú **Vectorial** → **Herramientas de análisis** → **Estadísticas** básicos.

En “*Capa vectorial de entrada*”, seleccione la capa que contiene los cauces; “orden_bodion_25829”.

Haga clic en “*Usar solo objetos espaciales seleccionados*” (solo interesa el cálculo del cauce principal).

“*Campo objetivo*”; Longitud (es el que contiene el valor de cada tramo). Acepte.

Se mostrarán todos los estadísticos correspondientes a ese campo. A usted solo le interesa en este caso el valor “*Suma*”.

Sitúe este valor en la hoja de cálculo que está rellenando.

Estadísticas básicas

Capa vectorial de entrada
orden_bodion_25829

Usar sólo objetos espaciales seleccionados

Campo objetivo
Longitud

Salida de estadísticas

Parámetro	Valor
Media	174.952350649
Desv. Est.	124.664394145
Suma	13471.331
Mín	5.0
Máx	584.411
N	77.0
CV	0.71256198435
Número de valores únicos	74

Pulsar Ctrl+C para copiar resultados al portapapeles

0% Aceptar Close


- e. Longitud total de cauces (Lt) (Km): para hallar esta longitud, deberá eliminar la selección que hizo anteriormente para el cálculo de la longitud del tramo principal. Una vez deseleccionado, solo deberá repetir el proceso del cálculo de estadísticas básicas. **Vectorial** → **Herramientas de análisis** → **Estadísticas** básicas. Al no tener selección alguna, el valor de suma corresponderá al total de tramos de cauces. A partir de aquí, el resto de parámetros de forma se obtendrán aplicando las fórmulas correspondientes en la hoja de cálculo.
- f. Ancho de la cuenca (W) (Km): una vez calculada la longitud de la cuenca (L) y el área de la misma (A) la obtención del ancho será el resultado del cociente de ambas → $W=A/L$.
- g. Factor de forma de una cuenca (F) (adimensional): se obtendrá de la aplicación de la fórmula → $F=A/L^2$.
- h. Relación de elongación (R_c) (adimensional): la fórmula que deberá aplicar para su cálculo es → $R_c = 1,128 \cdot (\sqrt{A/L})$
- i. Relación de circularidad (R_c) (adimensional): se obtiene aplicando la expresión → $R_c = (4 \cdot \pi \cdot A) / P^2$, el valor del área habrá que introducirlo en m^2 y el perímetro en m.
- j. Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelious (K) (adimensional): → $K = 0,28 \cdot (P/\sqrt{A})$, el perímetro en Km y el área en Km^2 .

A	B	C	D	E	F	G
A) PARAMETROS DE FORMA (Datos en Km)						
Área de una cuenca(A):		66520697.46	m ²		66.52069746	km2
Perímetro de la cuenca (P):		51639.64	m		51.639637	km
Longitud de la cuenca (L):		16322.48	m		16.322475	km
Longitud del Cauce Principal		13471.34	m		13.4713369	km
Longitud Total de Cauces L_t		238347.68	m		238.3476755	km
Ancho de cuenca (w):		4075.41	m		4.08	km
$w = \frac{A}{L}$						


PARAMETRO	VALOR
Factor de forma de una Cuenca (F): $F = \frac{A}{L^2}$	0.25
Relación de elongación (R): $R = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$	0.56
Relación de circularidad (Rc): $Rc = \frac{4A\pi}{P^2}$	0.31
Índice de Compacidad o Índice de Gravelious (K): $K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	1.77

3.2. CÁLCULOS DE PARÁMETROS DE RELIEVE.

En este apartado se necesitará hallar la cota inicial del cauce principal, la cota final del cauce principal, altitud media de la cuenca, altitud más frecuente, altitud de frecuencia media, curva hipsométrica, curva de frecuencia de altitudes, pendiente media de la cuenca y pendiente media del cauce principal.

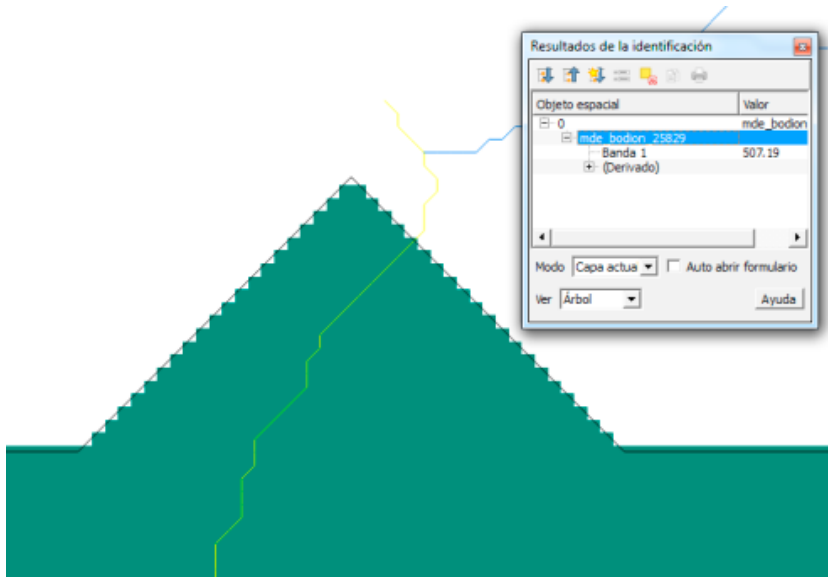
- Cota inicial y final del cauce principal: para la obtención de estas cotas, deberá volver a seleccionar el cauce principal. Recuerde como se hizo en el paso anterior con la orden **Seleccionar objetos espaciales usando una expresión** .

Una vez seleccionado el cauce principal, deberá tener activa la capa “mde_bodion_25829” en el “Panel de Capas”, para ello, haga clic sobre ella, en ese momento se verá en un tono grisáceo el nombre de la capa. Ahora, mediante zoom sitúese al inicio del cauce principal.

Con el ratón active la orden **Identificar objetos espaciales**  y haga clic al inicio del cauce principal. Como tiene activa la capa del “mde_bodion_25829”, el QGIS devolverá el valor de la altitud en ese punto.

Haga la misma operación en el punto final del cauce principal. Así habrá obtenido la cota inicial y final del cauce.

Teclee los valores obtenidos (616,66 m y 507,19 m) en el apartado correspondiente de su hoja de cálculo.

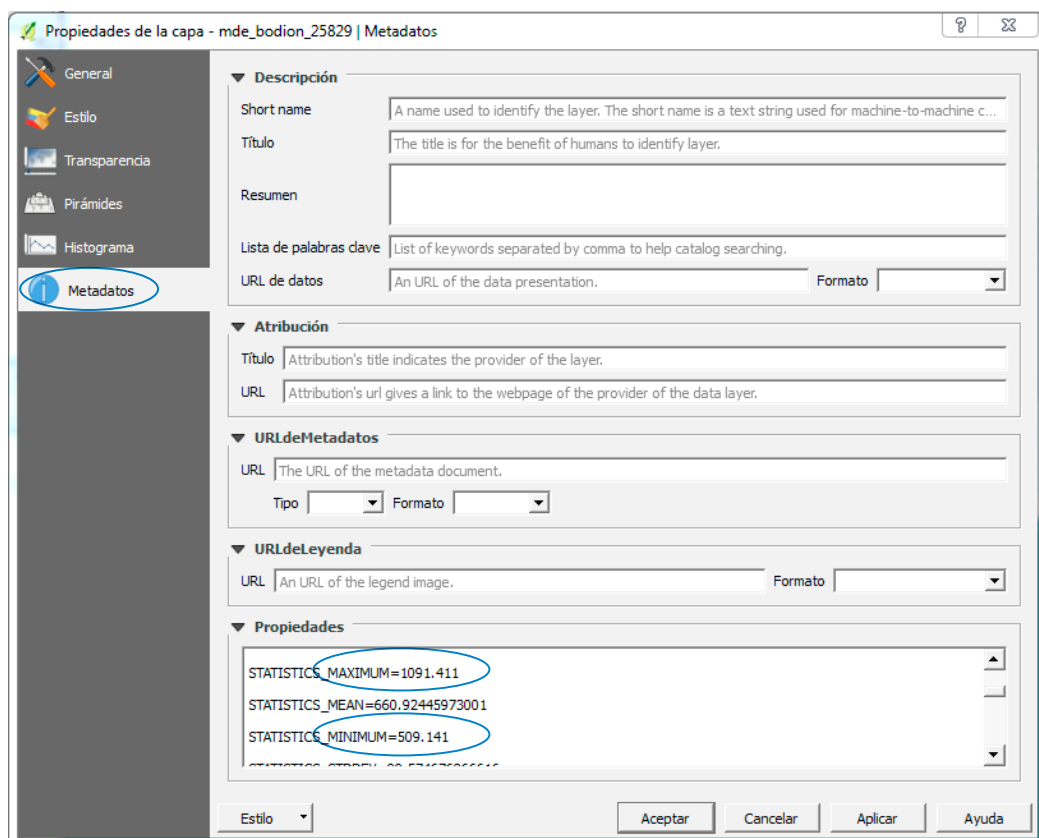


- b. Altitud media de la cuenca (A_m): para obtener este valor, deberá conocer el punto más alto y el más bajo de la misma. Estos valores se conseguirán de los metadatos de la capa que contiene el MDE.

Con el botón derecho del ratón active las **Propiedades** de la capa “mde_bodion_25829” y sitúese en el apartado de **Metadatos**.

Navegue en “Propiedades” hasta llegar a los estadísticos que devuelven el valor máximo y mínimo de altura.

El resto de valores no son de interés en este caso.



Copie los valores y péguelos en su lugar de la hoja de cálculo.

Con estos valores se podrá obtener la altitud media de la cuenca.

$$Am = (\text{Altitud}_{\text{máxima}} + \text{Altitud}_{\text{mínima}}) / 2$$

- c. Curva Hipsométrica: para la representación de la curva hipsométrica, se necesitarán los valores de cota media de los diferentes intervalos de elevación (esta clasificación estará en función de las altitudes de cada cuenca) y el porcentaje acumulado por encima de esa altura.

Lo primero a realizar será la clasificación de las elevaciones. Como la cota máxima es 1 091,411 m y la mínima 506,052 m, puede establecer los intervalos según se presentan en la imagen.

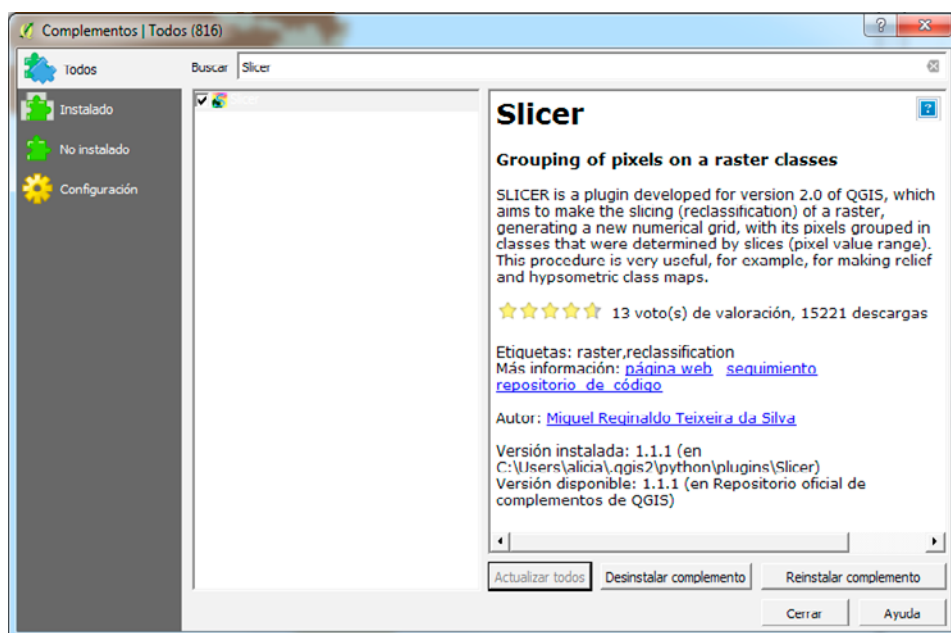
El siguiente paso será hallar el área parcial para cada intervalo. Para ello, reclasificará el MDE según el criterio que se acaba de establecer.

cota media (m)	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)
995.7055	5	1091.411	900
850	4	900	800
750	3	800	700
650	2	700	600
553	1	600	506

La reclasificación del MDE se puede realizar con el módulo *r.reclass*, que se encuentra dentro de la *Caja de herramientas de procesado* de GRASS o bien con el complemento *Slicer*. Recuerde que si quiere realizarlo desde GRASS, lo primero que deberá hacer es generar un *Nuevo directorio de mapas* y trabajar desde él.

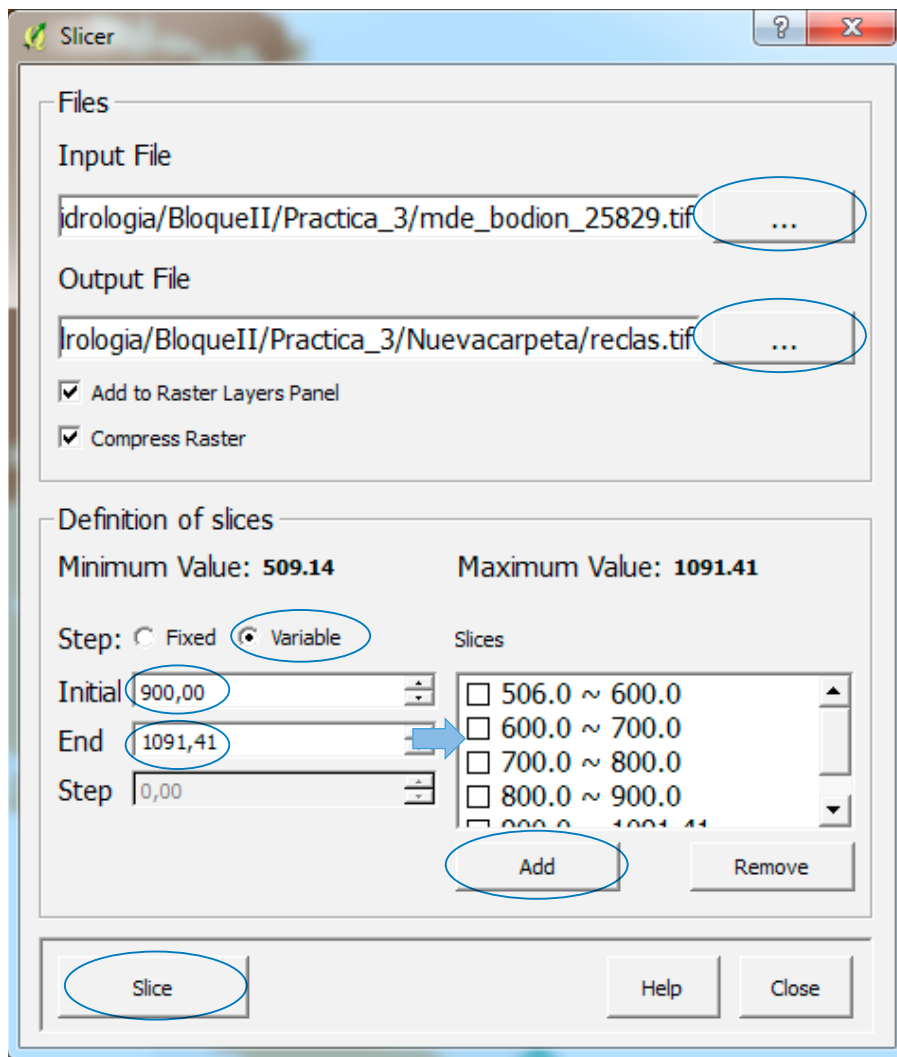
En este caso, se realizará con *Slicer*. Si no dispone de ese complemento, deberá descargarlo desde el menú *Complementos* → *Administrar e instalar complementos*.

A continuación se abre el cuadro de diálogo y en el buscador debe escribir el nombre del complemento que desea instalar “Slicer”.



Después seleccione el complemento en la lista e instale el mismo. Para terminar cierre el cuadro de diálogo.

Una vez instalado y activo aparecerá en el menú **Ráster** → **Slicer**.



Deberá seleccionar el archivo ráster a reclasificar, en este caso, navegue por la carpeta de la práctica y elija “mde_bodion_25829.tif”.

En el segundo recuadro deberá definir la ubicación y el nombre del archivo de salida reclasificado.

Por último, tiene que definir los diferentes intervalos.

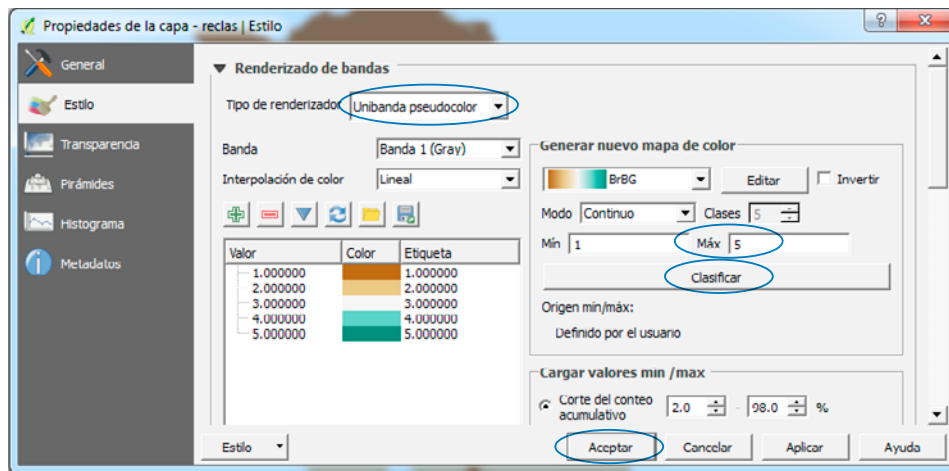
Elija “Step” variable y vaya rellenando uno a uno cada intervalo. Cada vez que haga un intervalo deberá hacer clic en **Add**, para así añadirlo al siguiente recuadro.

Si se equivoca en alguno, selecciónelo y pique en **Remove**.

Una vez generados los intervalos, haga clic con el ratón en **Slice**.

Como ha generado 5 intervalos, habrá creado una nueva capa ráster con el MDE reclasificado en estos valores (1, 2, 3, 4 y 5). Puede ser que el último valor sea de 4,9 en vez de 5. En este caso, puede modificarlo en **Propiedades** de la capa.

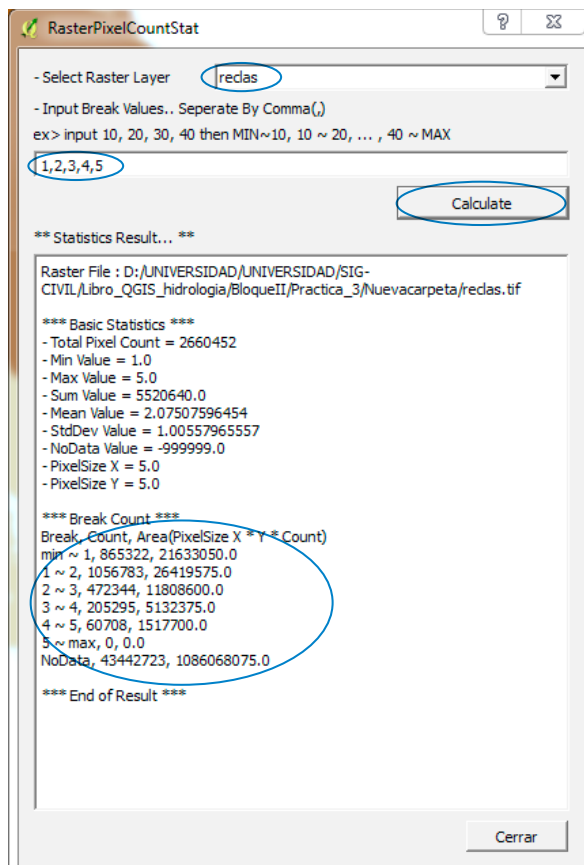
Elija en “*Tipo de renderizador*”, Unibanda pseudocolor. El resto se deja por defecto, forzando como valor máximo 5. Clasifique y acepte.



Una vez reclasificado el modelo según los intervalos establecidos (recuerde que estos intervalos están en función de la elevación), se procederá al cálculo de las áreas que ocupa cada uno de ellos.

Este paso se hallará gracias al complemento *Statics Raster Pixel Count by ClassBreak*. Si no dispone de él, deberá descargarlo del menú **Complementos**.

Una vez instalado, aparecerá en el menú **Complementos** → *Statics Raster Pixel Count by ClassBreak* → *RasterPixelCountStat*.



Seleccione la capa que contiene el MDE ya reclasificado e introduzca los intervalos separados por coma y sin espacios.

Haga clic en *Calculate*.

El complemento tardará unos segundos (dependerá del número de pixel que contenga el MDE) y devolverá los resultados en la ventana *Statistics Result*.

Por un lado, calcula unos estadísticos básicos (Basic Statistics), como son mínimo, máximo, media..., por otro lado, los datos que estaba buscando, que corresponden al número de pixel por intervalo y al área, en m², también por intervalo. Este último valor, se obtiene en función del número y el tamaño del pixel.

Sitúe los valores del área (km²) en la hoja de cálculo.

cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km ²)
995.7055	5	1091.411	900	1.5177
850	4	900	800	5.132375
750	3	800	700	11.8086
650	2	700	600	26.419575
553	1	600	506	21.6330500
				66.51

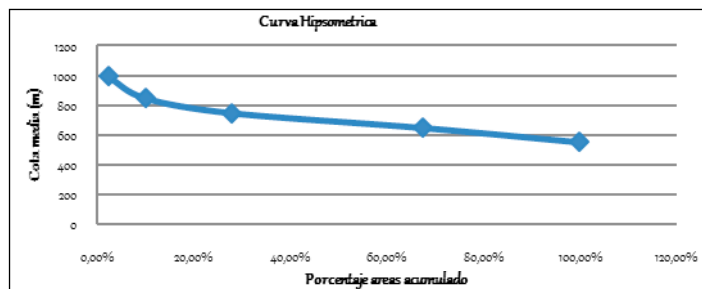
Las siguientes dos columnas que debe calcular para hallar la curva hipsométrica, son el cociente de cada área parcial por el área total en % y el porcentaje acumulado, también en %.

cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km ²)	Area/Área total (%)	Porcentaje acumulado
995.7055	5	1091.411	900	1.5177	2.28%	2.28%
850	4	900	800	5.132375	7.72%	10.00%
750	3	800	700	11.8086	17.75%	27.75%
650	2	700	600	26.419575	39.72%	67.47%
553	1	600	506	21.6330500	32.53%	100.00%
				66.51		

$\rightarrow = (1,5177/66,51)\%$
 $\rightarrow = (10,00\% + 17,75\%)$

Ahora podrá realizar el gráfico de la curva hipsométrica.

En el eje de ordenada situará la cota media y en el de abscisa el porcentaje de áreas acumulado.



- d. Altitud más frecuente: del cuadro anterior se deduce que la altitud con mayor frecuencia corresponde al intervalo 700m-600m con un 39,72%.

Por tanto, la altitud más frecuente será el valor medio del intervalo $(700+600)/2 = 650$ m.

- e. Altitud de frecuencia media: se obtiene aplicando la fórmula $Hm = \Sigma(a \cdot h) / A$.

cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km ²)	Area/Área total (%)	Porcentaje acumulado	cota media * área entre curva nivel
995.7055	5	1091.411	900	1.5177	2.28%	2.28%	1.5111822
850	4	900	800	5.132375	7.72%	10.00%	4.3625188
750	3	800	700	11.8086	17.75%	27.75%	8.85645
650	2	700	600	26.419575	39.72%	67.47%	17.172724
553	1	600	506	21.6330500	32.53%	100.00%	11.963077
h				a 66.51	A		43.865951

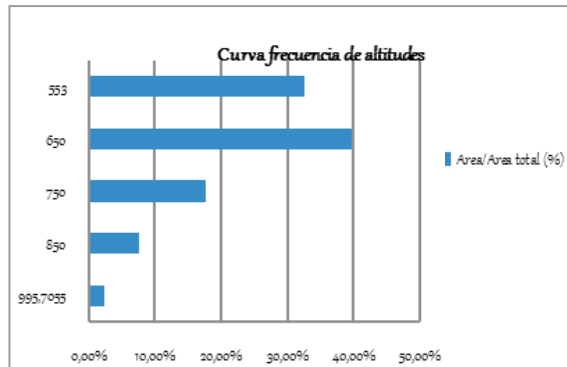
Donde, la variable **a** corresponde al área parcial de cada intervalo, **h** el valor de elevación o cota media por intervalo y **A** el sumatorio de todas las áreas parciales.

Es necesario prestar atención a las unidades en las que se expresa cada variable.

$$Hm = 659,43m$$

- f. Curva de frecuencia de altitudes: con los valores obtenidos en la tabla de la hoja de cálculo también puede hallar la curva de frecuencia de altitudes.

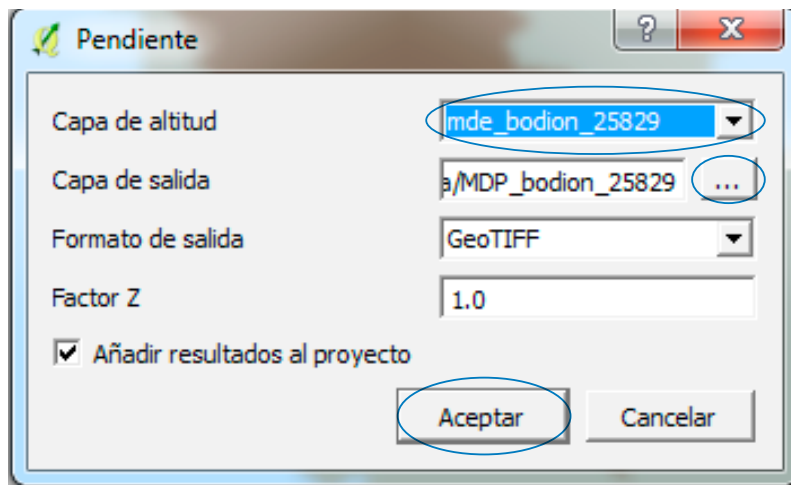
El eje de ordenadas representa la cota media en metros y el eje de abscisa el cociente entre el Área y el Área total en % (penúltima columna de la tabla).



cota media	Nº ORDEN	COTA MAX (m)	COTA MIN (m)	Área Parcial (km ²)	Área/Área total (%)
995,7055	5	1091,411	900	1,5177	2,28%
850	4	900	800	5,132375	7,72%
750	3	800	700	11,8086	17,75%
650	2	700	600	26,419575	39,72%
553	1	600	506	21,6330500	32,53%
				66,51	

- g. Pendiente media de la cuenca: para obtener este valor, primero se va a necesitar el Modelo Digital de Pendientes (MDP) de la cuenca.

Desde el menú **Raster** → **Análisis del Terreno** → **Pendiente**.



Como capa de altitud elija la capa “mde_bodion_25829” y seleccione el nombre del archivo de salida, por ejemplo, “MDP_bodion_25829”.

El resto de valores déjelos por defecto.

Acepte.

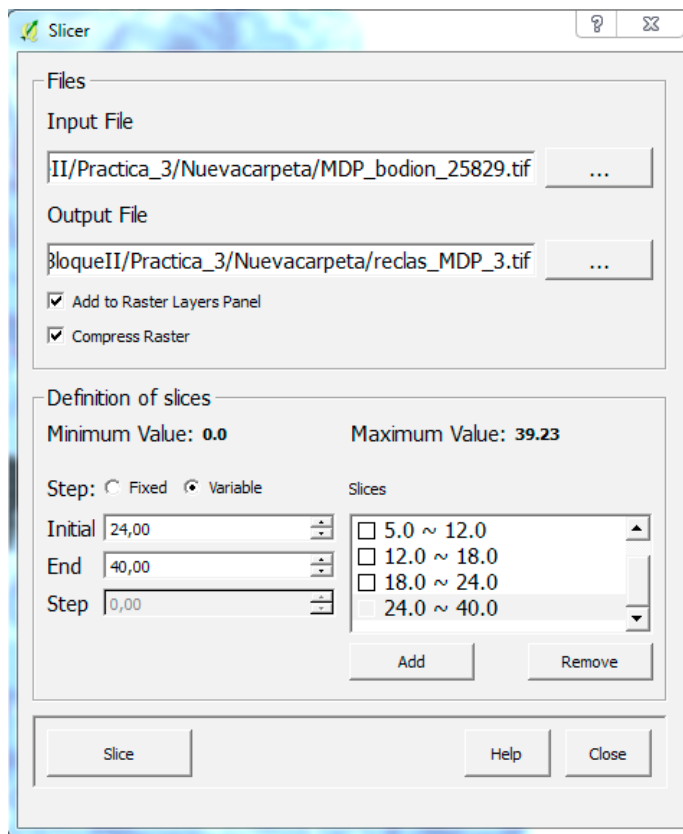
El MDP deberá reclasificarlo según los intervalos de pendiente.

Esta clasificación podrá generarla en función del terreno. Teniendo en cuenta los valores máximos y mínimo de pendientes del modelo (según los metadatos el valor máximo es 39,23% y el mínimo un 0%), se ha realizado la siguiente clasificación:

Porcentaje %	Tipo de terreno
0-5	Plano
5-12	Ligeramente plano
12-18	Moderadamente inclinado
18-24	Inclinado
24-32	Fuertemente inclinado
32-45	Escarpado
>45	Muy escarpado

Al igual que hizo en la reclasificación del MDE, usará el complemento *Slicer* para generar el nuevo MDP con los nuevos intervalos.

Raster → Slicer → Slicer.



Introduzca como archivo de entrada el MDP que ha generado. Deberá dar nombre también al MDP reclasificado.

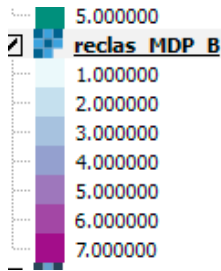
Por último, deberá introducir los valores de los siete intervalos, tal y como ya hizo con el MDE.

Ahora haga clic en el botón **Slice**.

Al generar el MDP reclasificado, probablemente cree una leyenda con solo 4 intervalos.

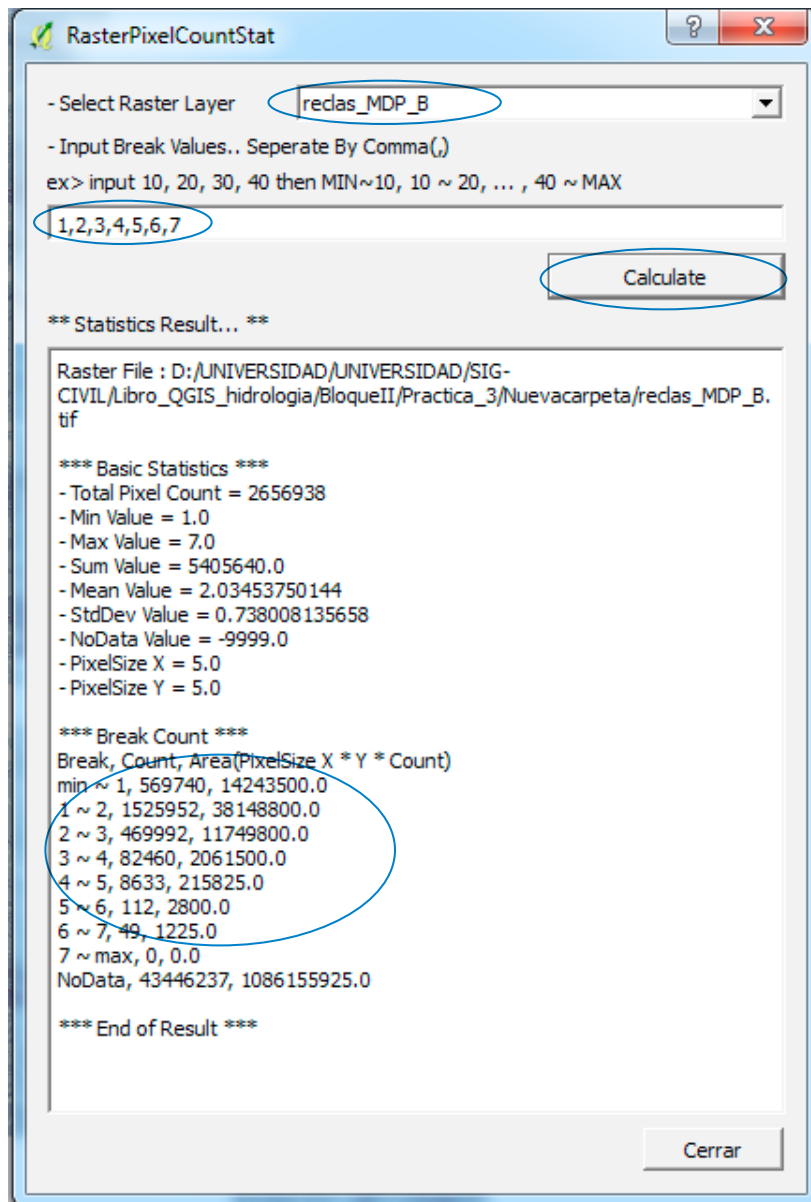
En propiedades de la capa cambie el tipo de leyenda a pseudocolor y con valor máximo 7 clases.

Así obtendrá un MDP con la leyenda tal y como la necesita para proceder al cálculo de pixel por intervalo.



Para el cálculo de la pendiente media de la cuenca, necesitará conocer el número de píxeles que hay por pendiente media y dividirlo por el total de píxeles.

Para ello volverá a utilizar el complemento que ya descargó y se encuentra en el menú **Complementos** → **Statics Raster Pixel Count by ClassBreak** → **RasterPixelCountStat**.



Antes de obtener el cálculo de los estadísticos, deberá seleccionar la capa que desea calcular, en su caso, será el MDP reclasificado, así como establecer los 7 intervalos.

Una vez relleno ambos campos, dé a **Calculate**.

Pasado un tiempo devolverá todos los cálculos en la ventana de *Statistics Result*.

Estos valores deberá situarlos en una tabla que puede crear en la hoja de cálculo y que ayudará a obtener el valor de pendiente media de la cuenca.

Nº	RANGO PENDIENTE		PROMEDIO	NÚMERO DE OCURRENCIA	PROMEDIO x OCURRENCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
1	0	5	2.5	569740	1424350
2	5	12	8.5	1525952	12970592
3	12	18	15.0	469992	7049880
4	18	24	21.0	82460	1731660
5	24	40	32.0	7946	254272
6	40	50	45.0	760	34200
7	50	100	75.0	88	6600
				2656938	23471554

Pte. media de la cuenca = $23\ 471\ 554 / 2\ 656\ 938 = 8,83\%$

Si observa el valor, podrá ver que es muy parecido al obtenido en los metadatos del MDP (8,55%).

- h. Pendiente media del cauce principal: gracias a los valores obtenidos con la cota inicial del cauce principal, cota final del cauce principal y la longitud del cauce principal, podrá calcular este valor.

Pte. media del cauce ppal. = $((616,66 - 507,19) / 13\ 471,34) * 100 = 0,8126\%$.

3.3. CÁLCULOS DE PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA.

En este apartado deberá calcular la densidad de drenaje, la constante de estabilidad del río y la densidad hidrográfica. Para ello, solo deberá introducir en la hoja de cálculo los valores de cada variable y otros que ya ha obtenido con anterioridad.

- a. Densidad de drenaje (D_d): se define como el cociente entre la suma de todas las longitudes de los cauces (Lt) en Km y el área de la cuenca (A) en Km².

$$D_d = Lt/A = 238,348 / 66,521 = 3,583$$

- b. Constante de estabilidad de un río (C): es la inversa a la densidad de drenaje.

$$C = A/Lt = 66,521 / 238,348 = 0,279$$

- c. Densidad hidrográfica (D_h): se obtiene multiplicando el coeficiente adimensional δ , con valor 0,694, por la Densidad de drenaje al cuadrado.

$$D_d = \delta * D_d^2 = 0,694 * 3,583^2 = 8,91$$

PRÁCTICA N° 4

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE UNA CUENCA

OBJETIVO: obtención del valor de precipitación media de una cuenca mediante el método de los polígonos de Thyssen. Este método se suele utilizar cuando la distribución de las estaciones pluviométricas no es uniforme.

La cuenca objeto de estudio corresponde al río Piloña, ubicado en el Principado de Asturias.

El periodo a estudiar corresponde a la precipitación media del mes de septiembre del año 2010.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_Pilona_4326.shp”.
- Capa vectorial con la situación de los pluviómetros “Pluviometros_WGS84.shp”.
- Archivo csv con los datos de pluviometría “Precip_sep_2010.csv”

DESARROLLO:

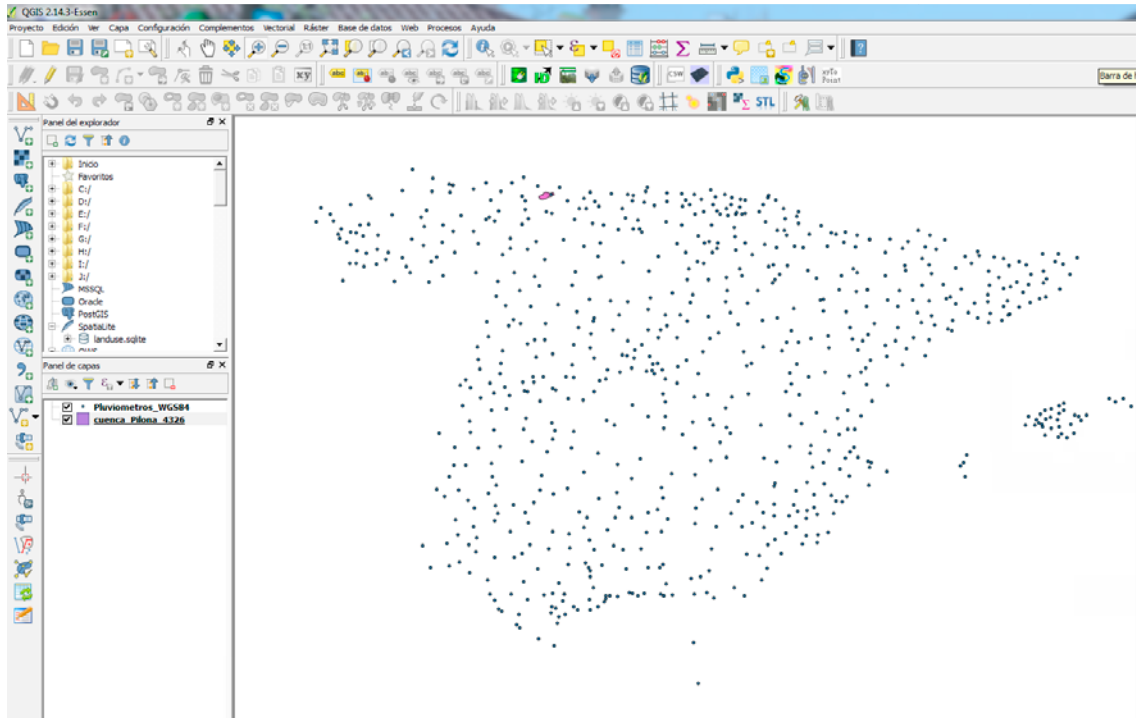
4.1. PREPARACIÓN DE DATOS.

Abra un proyecto nuevo con sistema de referencia EPSG 4326; WGS84, tal y como ha realizado en prácticas anteriores. Posteriormente, añada las capas “cuenca_Pilona_4326.shp” y “Pluviometros_WGS84.shp”. Si observa ambas capas podrá apreciar que la primera corresponde a la cuenca a estudiar y la segunda presenta la ubicación de los pluviómetros en España.

Abra los atributos de esta última capa, podrá observar que aparece el nombre de cada estación en el campo “NOMBRE”. Pero, no vienen los datos de precipitación que necesita para poder seguir con la práctica.

Esta información la encontrará en el archivo “Precip_sep_2010.csv”, que contiene junto al nombre de cada estación el valor de la precipitación media.

Por tanto, añada el archivo csv. Recuerde que puede arrastrarlo desde el Explorador de Windows hacia el canvas.



Abra los atributos de la capa, observará que aparece el nombre de cada estación, así como la provincia en la que se encuentra y el valor de precipitación media.

Este valor será el que unirá a la capa de “Pluviometros_WGS84”.

El campo que le servirá como unión será el que presenta los nombres de las estaciones, campo “Estación”.

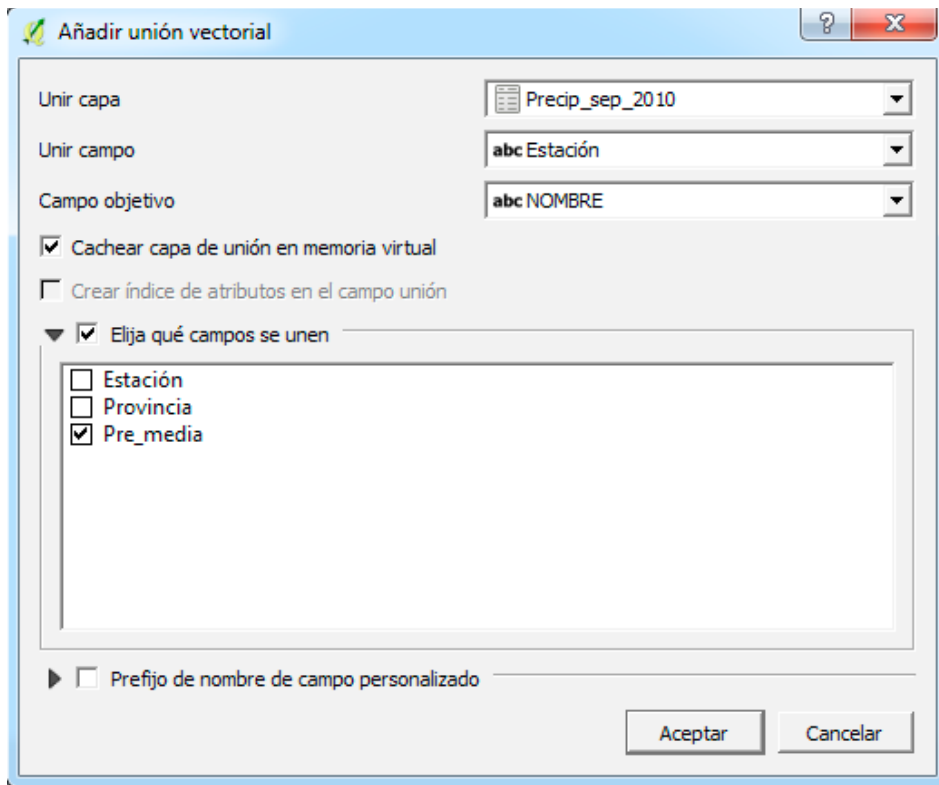
	Estación	Provincia	Pre_media
0	A Cañiza	Pontevedra	8.74375
1	A Coruña	A Coruña	4.5375
2	A Coruña Aeropu...	A Coruña	4.648275862
3	A Estrada	Pontevedra	5.477419355
4	A Gudiña	Ourense	3.666666667

Sitúese en el “Panel de capas” y sobre la capa “Pluviometros_WGS84” haga clic con el botón derecho, active **Propiedades**. Haga clic en **Uniones** y genere su nueva unión.

Rellene los campos tal y como aparecen en la imagen, recuerde que este proceso ya lo ha realizado en prácticas anteriores.

Acepte.

Una vez generada la unión, aparecerán los valores de precipitación media de cada estación. Las estaciones con valor *null* corresponden a estaciones de las que no hay valor o bien los nombres no son idénticos en ambos campos (acentos, diferencia de idiomas...).



4.2. OBTENCIÓN DE LOS TRIÁNGULOS DE THIESSEN VORONOI.

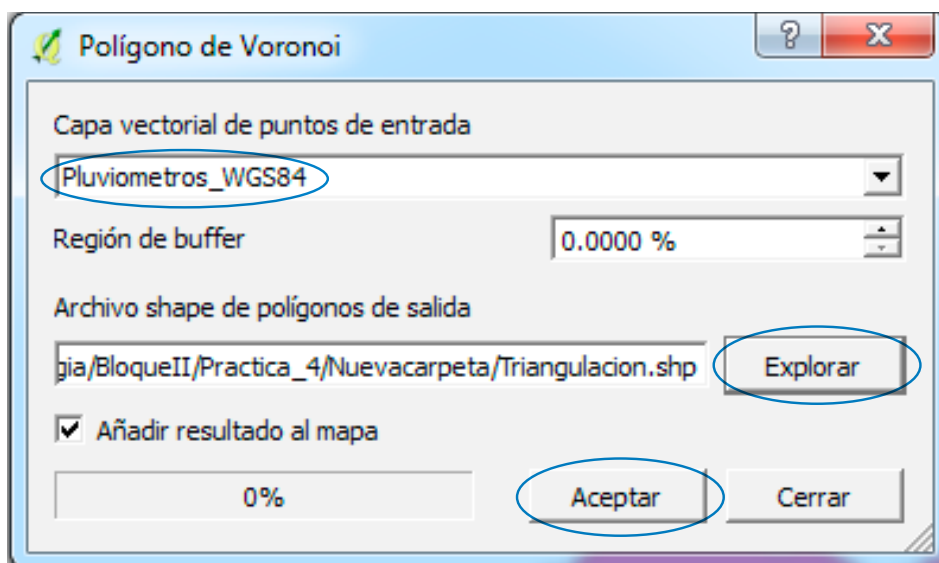
Una vez que tiene los valores de pluviometría unidos a cada estación, procederá al cálculo de los triángulos de Thiessen Voronoi.

Desde el menú *Vectorial* → *Herramientas de geometría* → *Polígonos de Voronoi*.

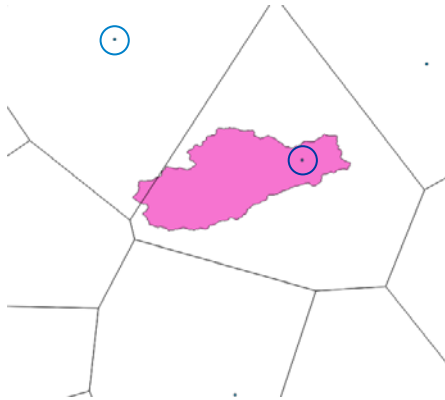
Como capa de puntos de entrada para el cálculo de los polígonos, tomará la capa que contiene las estaciones pluviométricas, “Pluviometros_WGS84.shp”.

Debe dar un nombre al archivo de salida de la capa vectorial con los polígonos.

Finalmente, acepte.



Si elimina el relleno de la capa resultado que contienen los polígonos, podrá observar que solo afectan las lluvias provenientes de dos estaciones.

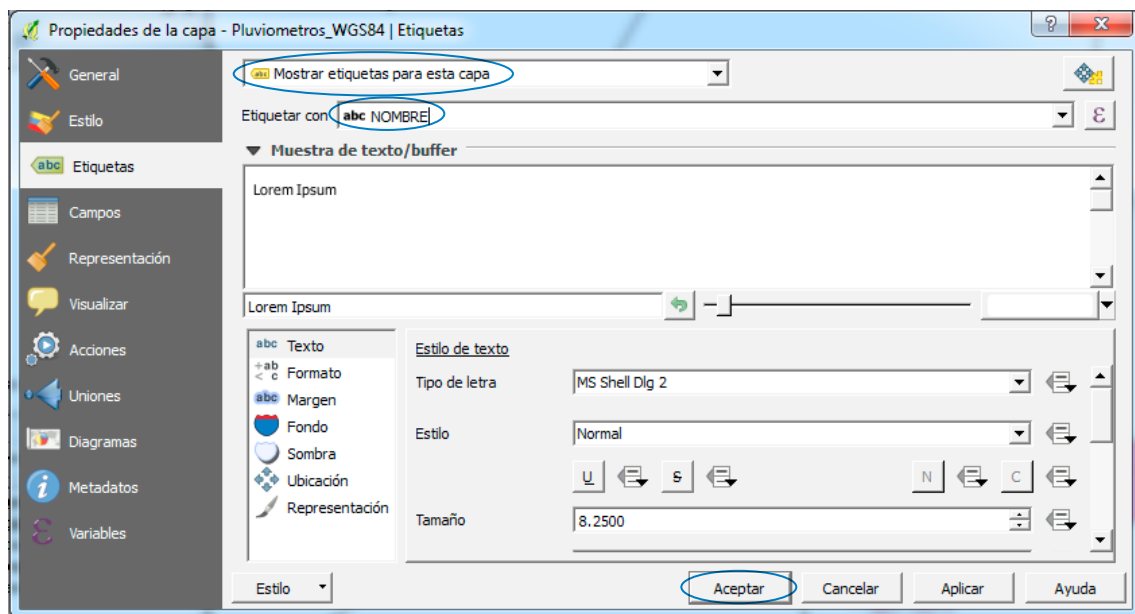


Para poder saber el nombre de ambas estaciones va a proceder a activar las etiquetas. Active **Propiedades** de la capa “Pluviometros_WGS84.shp” y haga clic en **Etiquetas**. Seleccione “Mostrar etiquetas para esta capa”.

En “Etiquetar con”, elija el campo que contiene el atributo con el nombre de la estación. En este caso es el campo “NOMBRE”.


El resto déjelo por defecto, no obstante, puede ver las variables con las que puede modificar las etiquetas (posición, tamaño de texto, tipo de texto, color...).

Acepte.



Una vez activos los nombres de las estaciones, podrá apreciar que las dos que afectan a su cuenca corresponden a “Piloña” y “Gijón, Campus”.

El cálculo de la precipitación media de la cuenca viene dada por la expresión: $P_m = \frac{\sum_i^n P_i \cdot Area_i}{\sum Areas}$, como existen dos estaciones que afectan a la cuenca, deberá calcular que porción de área corresponde a cada una.

Para ello, va a cortar la cuenca según la división del polígono de Voronoi dibujado. Seleccione el polígono que corresponde a la estación Gijón, Campus . Acto seguido y con este polígono seleccionado, vaya al menú **Vectorial** → **Herramientas de geoprocso** → **Cortar**.

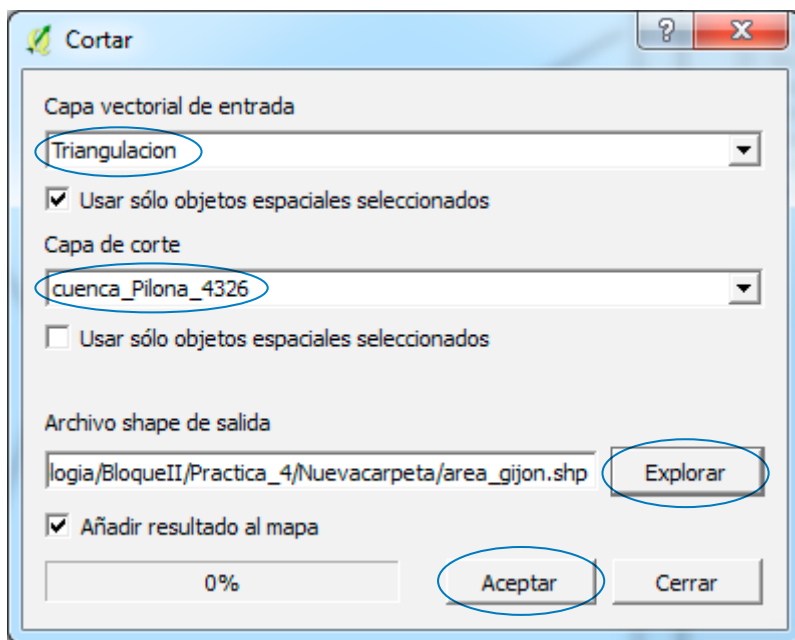
Como capa vectorial de entrada, elija la que corresponde a los polígonos.

Asegúrese que este activada la opción “Usar solo objetos espaciales seleccionados”.

La capa de corte corresponderá a la cuenca objeto de estudio.

Finalmente de un nombre a la capa de salida y acepte.

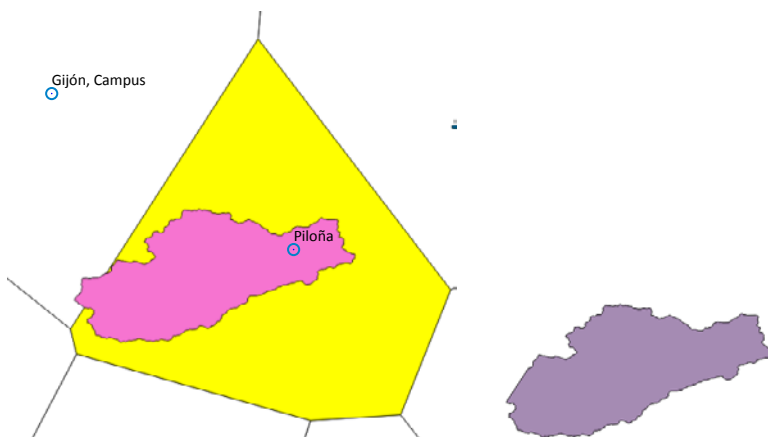
Esta opción habrá generado una capa donde solo aparece la porción de área presente en el polígono correspondiente a la estación “Gijón, Campus”.



De la misma forma, va a recortar el correspondiente a la estación “Piloña”.

Seleccione el polígono y vaya de nuevo al menú **Vectorial** → **Herramientas de geoprocso** → **Cortar**.

Haga el mismo proceso que ya realizó anteriormente y elija un nuevo nombre para la sección de cuenca que va a generar. Por ejemplo “área_Piloña.shp”. Acepte.



En este momento tendrá dos subcuencas, una correspondiente a la porción que afecta a la estación “Gijón, Campus” y otra a la estación “Piloña”.

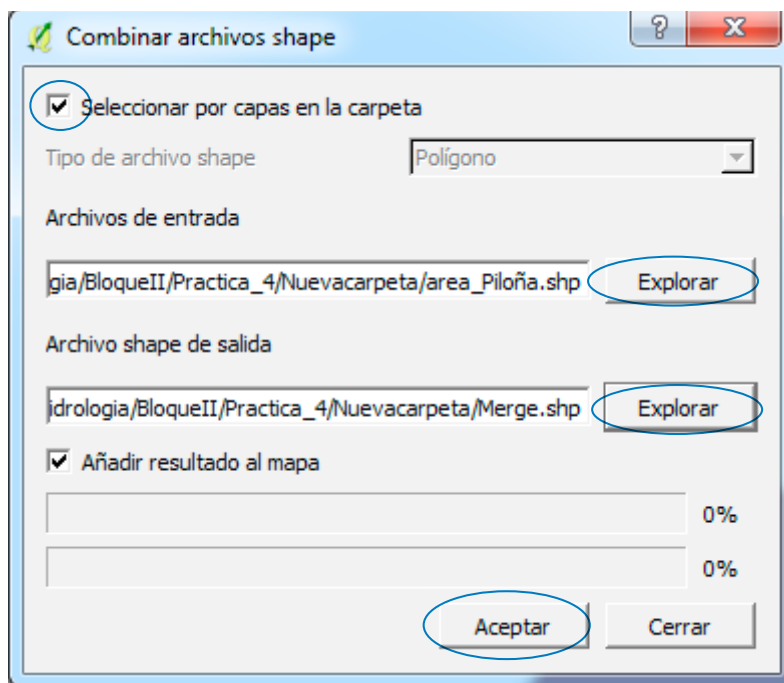
Para trabajar mejor con ellas, va a realizar una fusión de las capas a través de la función “merge”. Así, tendrá ambas zonas en una misma capa pero como dos elementos independientes.

Desde el menú *Vectorial* → *Herramientas de gestión de datos* → *Combinar archivos shape en uno*.


Active la opción “Seleccionar por capas en la carpeta”. Ahora deberá elegir en “Archivos de entrada” las dos capas que contienen las dos porciones de cuenca.

En “Archivo shape de salida” elija un nombre para la nueva capa que va a generar con ambas, por ejemplo *Merge*.

Acepte y una vez obtenido el resultado cierre.




Se habrá generado una nueva capa shape con dos elementos, cada uno de ellos correspondiente a con una porción de cuenca.

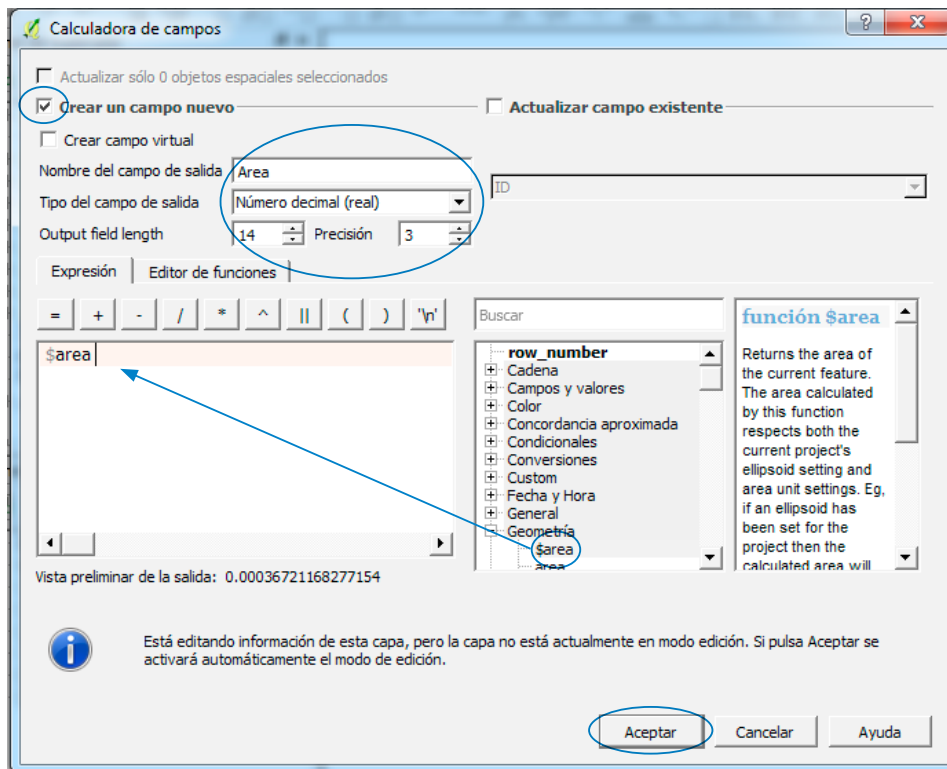
Para el cálculo de la precipitación media de la cuenca, necesita el área de cada una de ellas. Para ello, teniendo activa la nueva capa, haga clic sobre la *Calculadora de campos* .

Tal cual realizó en la práctica nº 3 del Bloque II, cree un campo nuevo, denominado *Area*. Seleccione los parámetros del campo como Tipo, longitud...

En el editor de expresión elija la sentencia $\$area$. Esta orden aparece en el apartado *Geometría*.

Acepte.

Guarde la edición .



Abra la tabla de atributos de la capa.

Junto a los campos originales de la capa, habrá creado un nuevo campo donde aparece el área de cada elemento.

Ya dispone de todos los datos para el cálculo de la precipitación media $P_m = \frac{\sum_i^n P_i \cdot Area_i}{\sum Areas}$. Tiene los valores de precipitación media por estación pluviométrica y el valor de cada área.

Puede unir los valores de precipitación a la capa anterior, así le resultará mucho más cómodo el cálculo, ya que tendrá el área y el valor de la precipitación juntos.

	ALTURA	LATITUD	LONGITUD	La_B	Long_B	Area	p_sep_2010_Pre_n
0	26	433123N	053716W	43.52305556000...	-5.62111111100...	4550497.833	33.95
1	280	432240N	052348W	43.3777778000...	-5.39666666700...	214085001.022	38.4

Unión de la tabla *Precip_sep_2010* a la capa "Merge".

Desde cualquier hoja de cálculos podrá hallar la precipitación media:

$$P_m = ((4\ 550\ 497,833 * 33,95) + (214\ 085\ 001,022 * 38,4)) / (4\ 550\ 497,833 + 214\ 085\ 001,022) = 38,307$$

PRÁCTICA Nº 5

GENERACIÓN DE MAPAS DE ISOYETAS

OBJETIVO: con los datos de lluvias de las diferentes estaciones pluviométricas que rodean a una determinada cuenca, se pretende que el lector pueda obtener un ráster de isoyetas y posteriormente sus curvas. De la misma forma, podría obtener el mapa de isotermas o de cualquier otra variable.

Se trabaja con la cuenca del río Bodión, así como con las estaciones pluviométricas que le afectan. Estas estaciones pertenecen a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH del Guadiana) y Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura (REDAREX).

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

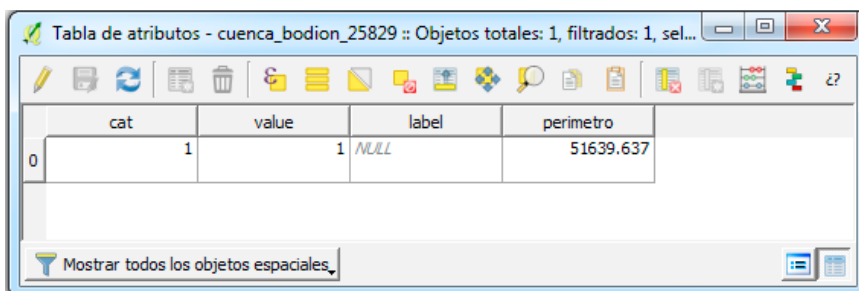
- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_Bodion_25829.shp”.
- Capa vectorial con la situación de las estaciones meteorológicas “termométricas_cuenca.shp”.

DESARROLLO:

5.1. OBTENCIÓN DEL MODELO RÁSTER DE ISOYETAS.

Abra QGIS y genere un proyecto nuevo con sistema de referencia EPSG: 25829; ETRS89, UTM Huso 29. Añada ambas capas vectoriales. Haga un *Zum general*.

Abra los atributos de ambas capas. Observe que en la capa “cuenca_Bodion_25829.shp” el único atributo interesante corresponde al perímetro. Sin embargo, la capa “termométricas_cuenca.shp”, presenta, junto a otros campos, uno con las lluvias y otro con la temperatura para cada estación.



cat	value	label	perimetro
1	1	NULL	51639.637

	NOMBRE	PROVINCIA	Nombre_1	Municipio	Codigo	pluvio	temperatur
0	MONESTERIO (C...	BADAJEZ	NULL	NULL	NULL	107.90	12.20
1	CALZADILLA DE ...	BADAJEZ	NULL	NULL	NULL	69.60	11.50
2	FUENTE DE CAN...	BADAJEZ	NULL	NULL	NULL	66.10	12.80
3	SEGURA DE LEON	BADAJEZ	NULL	NULL	NULL	104.10	10.50
4	TRASIERRA	BADAJEZ	NULL	NULL	NULL	68.10	11.50

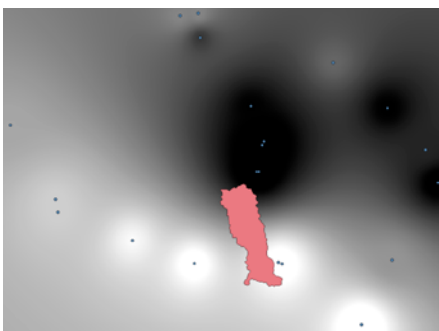
Va a tomar el atributo de “pluvio” como dato para generar el ráster de isoyetas.

Haga clic en el menú **Raster** → **Interpolación** → **Interpolación**.

Seleccione como capa vectorial la correspondiente a las estaciones meteorológicas (termométricas_cuenca).

El atributo a interpolar debe ser “pluvio”. Una vez seleccionado es necesario pulsar sobre **Añadir** especificar que el tipo es de Puntos. En la salida deberá elegir el método de interpolación, en su caso, *Ponderación inversa a la distancia (IDW)*. Como límite establezca la extensión actual y en tamaño de celda en X e Y escriba 5 m. Para finalizar, elija el nombre para el archivo de salida y pulse sobre **Aceptar**.

En su canvas, aparecerá junto a las estaciones meteorológicas y la cuenca, el modelo digital con los valores de precipitación.



Ahora deberá recortarlo en función de la cuenca de estudio.

Haga clic en el menú **Ráster** → **Extracción** → **Clipper**.

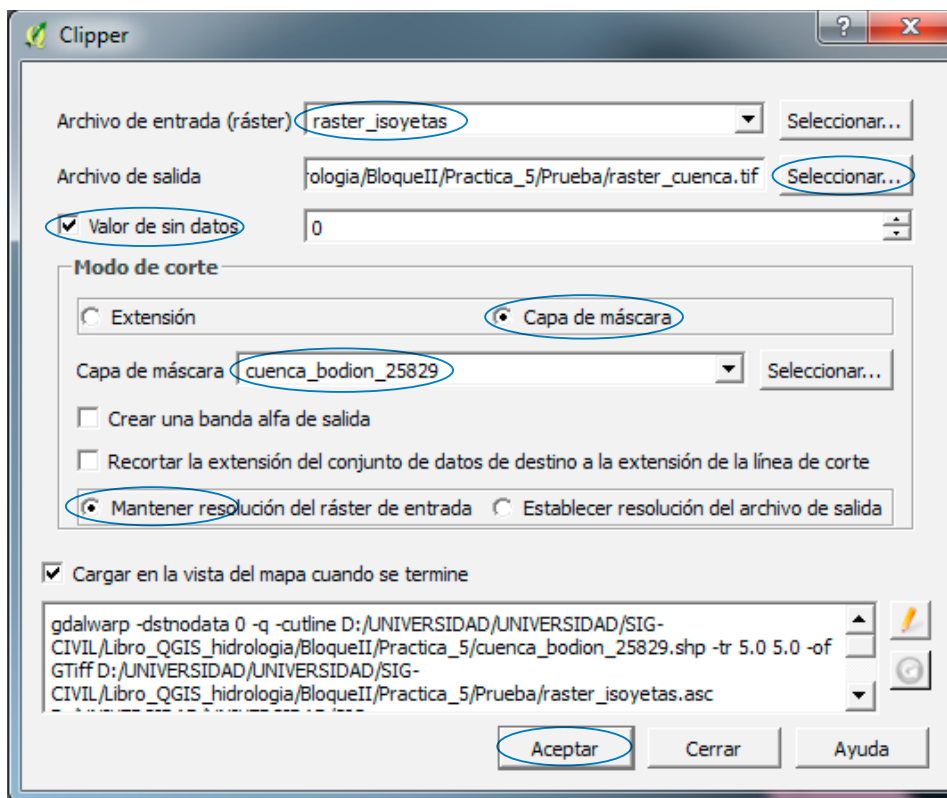
Seleccione como archivo de entrada, el ráster de isoyetas que acaba de generar y quiere recortar.

Elija un nombre para el archivo de salida, por ejemplo, *raster_cuenca*.

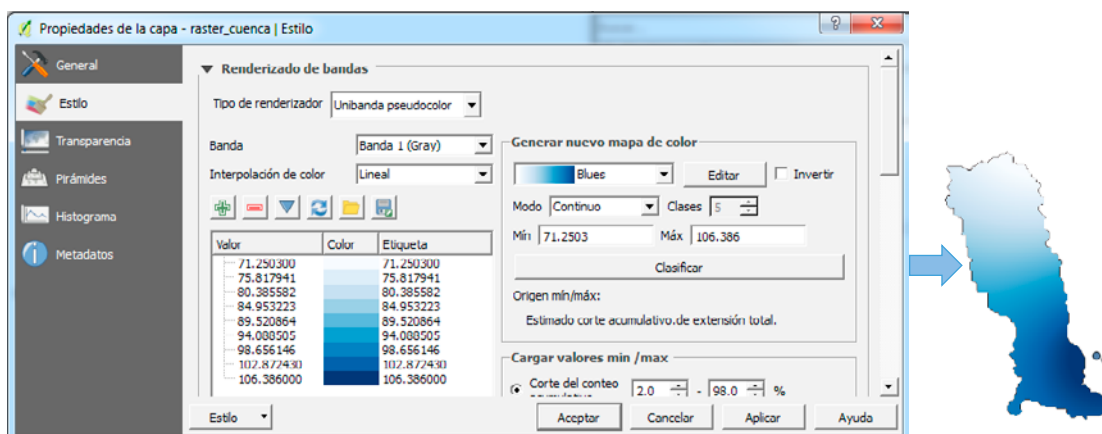
Marque *Valor sin datos*.

En *Modo de corte*, haga clic en *Capa de máscara* y seleccione como capa la correspondiente a la cuenca, “cuenca_bodion_25829”.

Por último, active que mantenga la resolución del ráster de entrada. Acepte.



Una vez recortado el modelo de isoyetas a la cuenca, puede modificar su leyenda ajustándola mejor a los datos.



5.2. OBTENCIÓN DE MAPA VECTORIAL DE ISOYETAS.

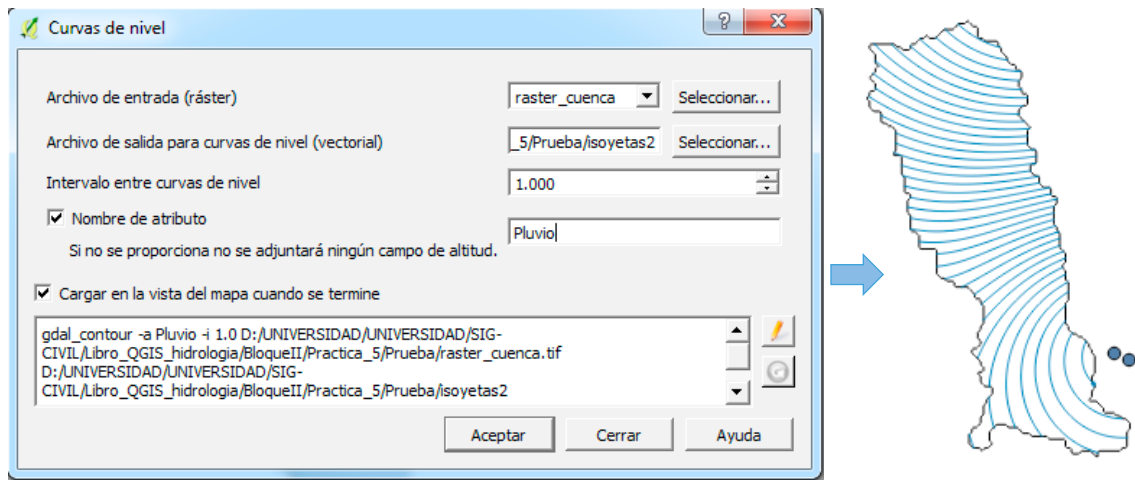
Gracias al archivo ráster que acaba de generar en el apartado anterior, podrá obtener las curvas de precipitación.

Para ello, haga clic en el menú **Ráster** → **Extracción** → **Curvas de nivel**.

Seleccione como archivo de entrada, el ráster de isoyetas que generó en el apartado anterior ya recortado a la cuenca.

Elija un nombre para el archivo de salida, por ejemplo, *isoyetas*.

Como intervalo entre curvas elija 1, y como nombre del campo puede elegir *Pluvio*.
Acepte.



PRÁCTICA N° 6

CÁLCULO DE

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

SEGÚN THORNTHWAITE

OBJETIVO: conseguir que el lector pueda obtener el mapa de Evapotranspiración Potencial (ETP) utilizando la calculadora ráster como medio en la introducción de fórmulas. Para ello, calculará su valor aplicando la formulación según el método Thornthwaite.

El estudio se realizará en la cuenca del río Ortiga (Badajoz) para el mes de junio de 2018, y los valores de temperatura y precipitación han sido obtenidos de las estaciones REDAREX de la zona. La latitud media de la cuenca (latitud del centroide) es de 38,79 °N.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_ortiga.shp”.
- Archivo comprimido con 7zip que contiene todos los mapas ráster de isotermas de los 12 meses del año 2018 para la cuenca “isoterma_ortiga_mes18.tiff”.
- Capa vectorial de las estaciones meteorológicas utilizadas en la práctica “Estaciones_T_P.shp”.
- Archivo Excel que contiene los valores numéricos de temperatura media y precipitación media de las estaciones meteorológicas usadas en el cálculo de los mapas de isotermas “estaciones_media_año2018.xlsx”.

Estos dos últimos archivos se añaden por si se desea calcular los mapas de isotermas.

DESARROLLO:

6.1. FORMULACIÓN ETP SEGÚN THORNTHWAITE.

Thornthwaite comprueba que la ETP es proporcional a la temperatura media aquejada por un coeficiente exponencial “a”. En 1948, propone la fórmula:

$e = 16 \cdot (10 \cdot t_m / I)^a$, donde:

- **e** es la evapotranspiración mensual sin ajustar en mm/mes.
- **tm** es la temperatura media de un mes en °C.

- **I** es el índice de calor anual. Se obtiene como suma de los índices de calor de cada mes del año.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i = (tm/5)^{1,514}$$

- **a** valor de parámetro que se calcula en función de **I**, mediante la fórmula

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$$

Una vez hallado el valor de **e**, se calcularía la Evapotranspiración potencial según Thornthwaite como:

$$ETP_{Tho} = e * L \text{ (mm/mes), siendo:}$$

- **e** la evapotranspiración mensual sin ajustar en mm/mes.
- **L**, factor de corrección sobre el número de días que tiene el mes de estudio (N_d_i) y número máximo de horas de sol según la latitud del lugar (N_i).

$$L = (N_d_i / 30) * (N_i / 12).$$

Los valores de **i**, N_i y de **L** están tabulados en las siguientes tablas:

- Tabla 1: valor del índice de calor mensual (**i**) en temperaturas medias mensuales de 0.2 a 40.9°C.
- Tabla 2: cálculo N_i . El número de horas de sol se obtiene interpolando según la latitud.
- Tabla 3: factor corrección **L**.

tm(°C)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,2	0,21	0,23
2	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4	0,71	0,74	0,77	0,8	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
5	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,28
6	1,32	1,35	1,38	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
7	1,66	1,7	1,74	1,77	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2
8	2,04	2,08	2,11	2,15	2,19	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
9	2,43	2,48	2,52	2,56	2,6	2,64	2,68	2,73	2,77	2,81
10	2,86	2,9	2,94	2,99	3,03	3,07	3,12	3,16	3,21	3,25
11	3,3	3,34	3,39	3,44	3,48	3,53	3,58	3,62	3,67	3,72
12	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4	4,05	4,1	4,15	4,2
13	4,25	4,3	4,35	4,4	4,45	4,5	4,55	4,6	4,65	4,7
14	4,75	4,8	4,86	4,91	4,96	5,01	5,07	5,12	5,17	5,22
15	5,28	5,33	5,38	5,44	5,49	5,55	5,6	5,65	5,71	5,76
16	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,1	6,15	6,21	6,26	6,32
17	6,38	6,43	6,49	6,55	6,61	6,66	6,72	6,78	6,84	6,9
18	6,95	7,01	7,07	7,13	7,19	7,25	7,31	7,37	7,43	7,49
19	7,55	7,61	7,67	7,76	7,79	7,85	7,91	7,97	8,03	8,1
20	8,16	8,22	8,58	8,34	8,41	8,47	8,53	8,59	8,66	8,72

21	8,78	8,85	8,91	8,97	9,04	9,1	9,16	9,23	9,29	9,36
22	9,42	9,49	9,55	9,62	9,68	9,75	9,81	9,88	9,95	10,01
23	10,08	10,15	10,21	10,28	10,35	10,41	10,48	10,55	10,61	10,68
24	10,75	10,82	10,89	10,95	11,02	11,09	11,16	11,23	11,3	11,37
25	11,44	11,5	11,57	11,64	11,71	11,78	11,85	11,92	11,99	12,06
26	12,13	12,21	12,28	12,35	12,42	12,49	12,56	12,63	12,7	12,78
27	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,50

Tabla 1. Valor del índice de calor mensual.

Latitud Norte (°)	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
50	8,5	10,0	11,8	13,7	15,3	16,3	15,9	14,4	12,6	10,7	9,0	8,1
48	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,8	9,3	8,3
46	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,8	9,5	8,7
44	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,4	10,6	10,2
25	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,0	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,0	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Tabla 2. Valor de N_p .

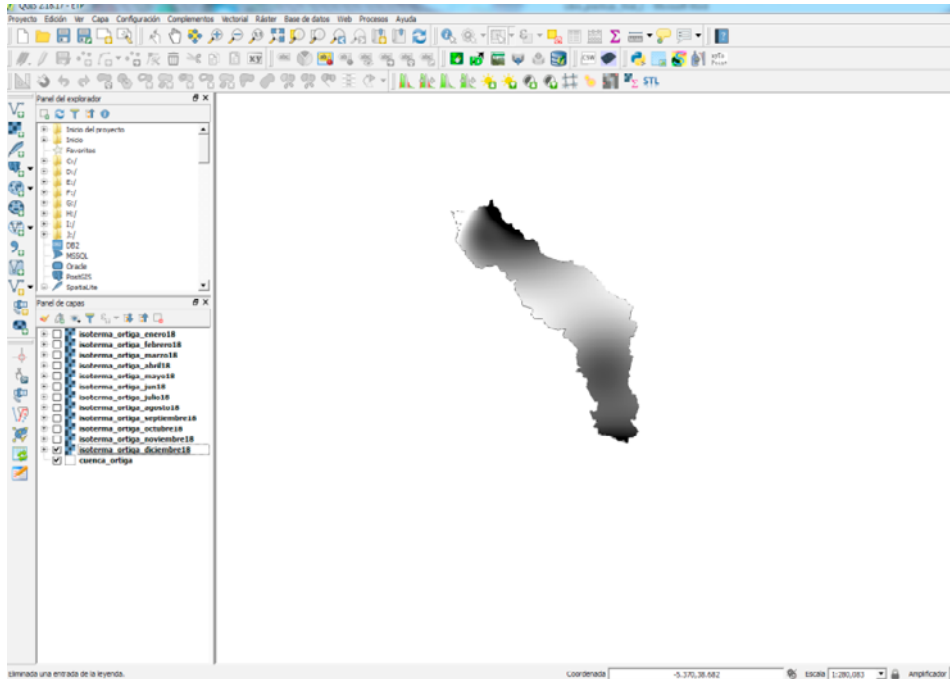
Latitud Norte (°)	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,90	0,90
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,90	0,89
30	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76

Tabla 3. Factor corrección L.

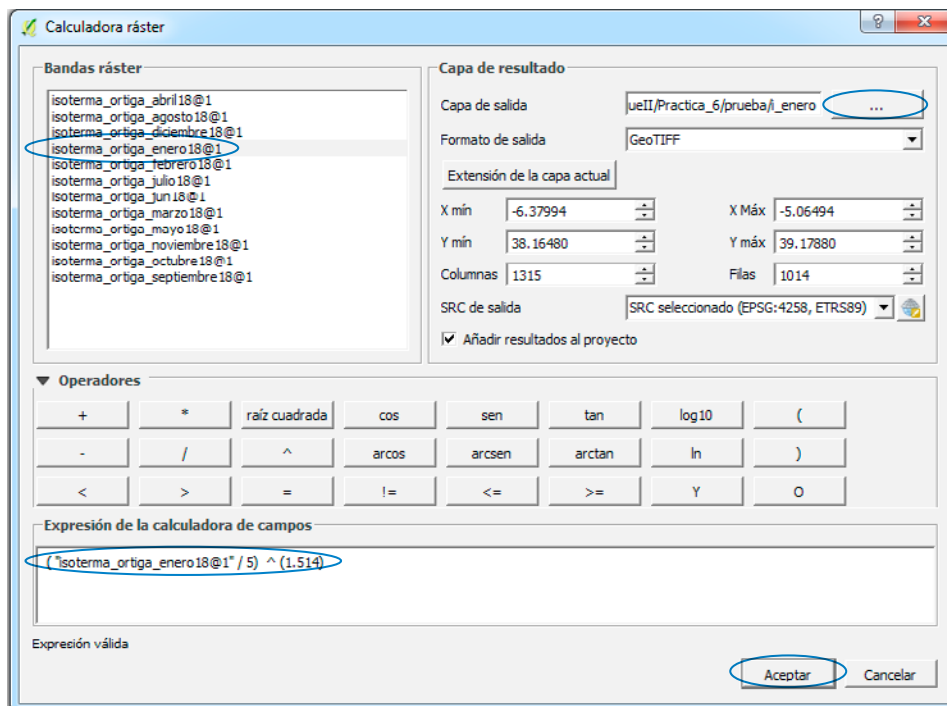
6.2. CÁLCULO DE LA EPT SEGÚN THORNTHWAITE.

Abra QGIS y cree un proyecto nuevo con Sistema de Referencia EPSG: 4258; ETRS89. Añada la capa vectorial “cuenca_ortiga” y las capas ráster “isoterma_ortiga_mes18” (colección de mapas ráster que contiene todos los mapas de isotermas del año 2018 por mes).

Deberá tener una vista parecida a la mostrada a continuación.



Según la formulación vista en el apartado primero, deberá calcular los índices de calor mensual para cada mes (ij). Este proceso, lo realizará con la calculadora ráster, ésta se encuentra en el menú **Ráster** → **Calculadora ráster**.



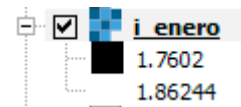
Deberá obtener una capa raster “i” para cada mes. Para ello, escriba en el cuadro de *Expresión de la calculadora de campos* la formulación a utilizar ($i_j = (tm/5)^{1.514}$).

Empiece por enero, para ello seleccionará el mapa de isotermas correspondiente a enero (será su “tm” de la ecuación) y termine de redactarla.

En *Capa de resultado*, elija el archivo de salida, por ejemplo “i_enero”. El resto déjelo por defecto.

Acepte.

En el “Panel de capas” se presentará el nuevo ráster calculado, este será el correspondiente al índice de calor mensual para el mes de enero de su cuenca.



De la misma forma, deberá calcular para el resto de meses. Así, obtendrá un ráster con el índice de calor mensual del mes correspondiente.

Para febrero, en su calculadora raster deberá tener la expresión:

```
( "isoterma_ortiga_febrero18@1" / 5 ) ^ ( 1.514 )
```

Y le generará el mapa “i_febrero” con los valores de índice de calor mensual para ese mes en toda la cuenca. Debe repetir este proceso hasta llegar al cálculo del correspondiente al mes de diciembre.

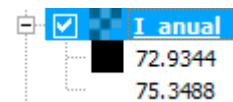
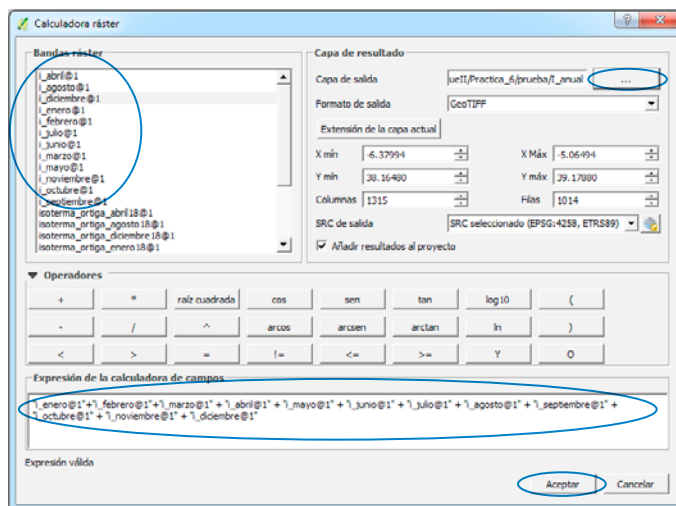
Una vez finalizado el cálculo con todos los meses del año 2018, deberá tener en su “Panel de capas” los doce ráster con el índice de calor mensual.

Según la formulación, ya puede calcular el parámetro “I” (índice de calor anual), como la suma de los doce índices. Éste, lo hallará a través de la calculadora ráster nuevamente.

En el cuadro de *Expresión de la calculadora de campos* deberá ir sumando cada ráster.

El archivo de salida puede denominarlo “I_anual”.

Acepte.



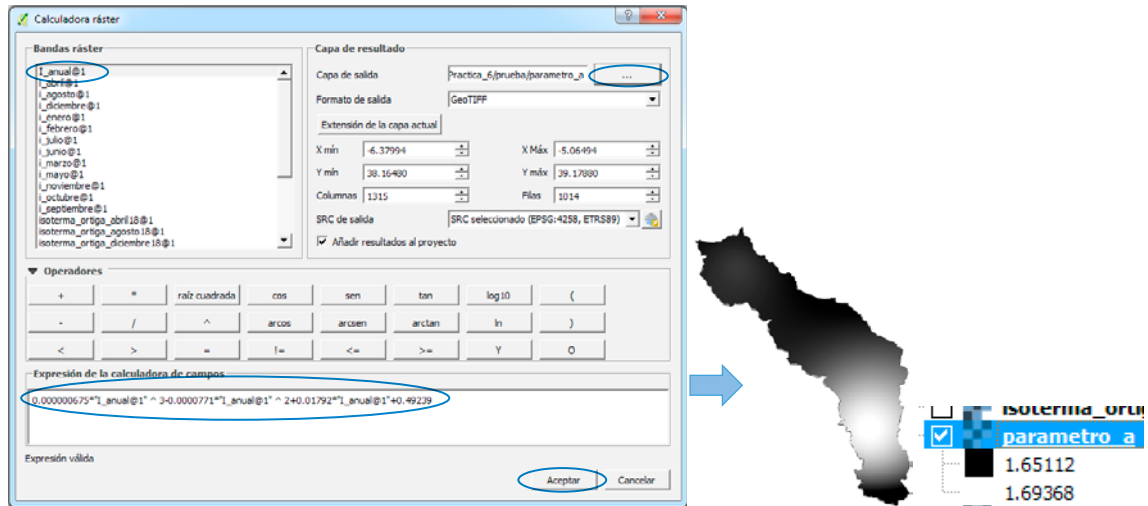
Una vez obtenido el valor de “I”, puede pasar al cálculo del parámetro “a”:

$$a=0,000000675*I^3-0,0000771*I^2+0,01792*I+0,49239.$$

Nuevamente, abra la calculadora ráster y escriba la expresión anterior en el recuadro correspondiente.

El nombre de la capa resultante puede ser “*parametro_a*”.

Acepte.



Ya puede hallar la evapotranspiración mensual sin ajustar (e).

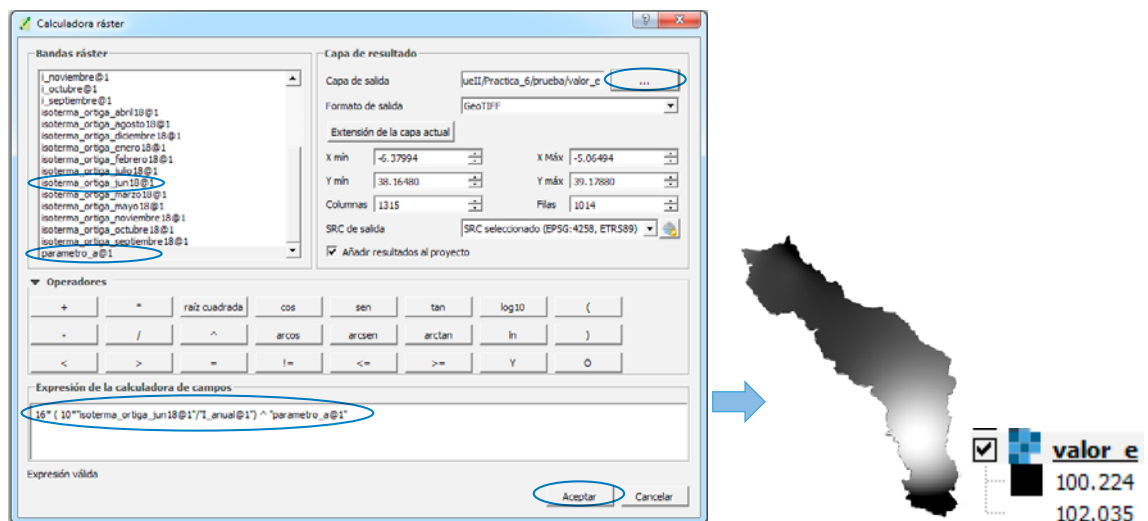
Haga clic en la calculadora ráster, para proceder a generar la ecuación que le devuelva el valor de “e”.

Rellene el recuadro con la expresión correspondiente de “e”.

Recuerde que el mes de estudio era junio, por tanto, el término “tm” de la fórmula corresponderá al ráster de isoterma del mes de junio.

Como nombre de la capa resultante, puede utilizar “*valor_e*”.

Acepte.



Para hallar la ETP según Thornthwaite, deberemos multiplicar el valor de “e” por “L”. Si se dirige al apartado de formulación, podrá observar que L depende de los términos N_d y N_i .

El primer término está en función del número de días del mes, en este caso al ser junio que tiene 30 días N_d será igual a 1. El valor de N_i , lo obtendrá interpolando la latitud en la tabla N° 2.

El valor de la latitud de la cuenca es de $38,8^\circ\text{N}$. Si va a la tabla observará que para 35° el valor en el mes de junio es de 14,5, mientras que para 40° de latitud alcanza un valor de 15.

Teniendo en cuenta la latitud de la cuenca e interpolando, el valor de N_i es de 14,88.

Sustituyendo los valores en la fórmula de L:

$$L = (N_d/30) * (N_i/12) = (30/30) * (14,88/12) = 1,24$$

Puede comprobar el valor obtenido, gracias a la tabla N°3, que le indica el valor de L en función del mes de estudio y la latitud de la cuenca.

Para hallar el valor ETP final para el mes de junio, abra la calculadora ráster.

Rellene el recuadro con la expresión correspondiente ($ETP_{Tho} = e * L$).

Acepte.

PRÁCTICA N° 7

CÁLCULO DEL MAPA NÚMERO DE CURVA (CN)

OBJETIVO: en esta práctica el lector aprenderá a calcular el Número de Curva (CN). La escorrentía superficial es una de las variables necesarias para obtener el balance hídrico de una cuenca. Entre los distintos métodos existentes para la evaluación de la misma, uno de los métodos más extendidos a nivel mundial es el conocido como Método del Número de Curva del NRCS.

Para mayor información sobre el Método, se deberá consultar la guía técnica específica: NRCS. (2009). *National Engineering Handbook, section4, Hydrology, versión (1956, 1964, 1971, 1985, 1993, 2004, 2009)*. Washington, DC: Engineering Division, US. Department of Agriculture.

El objetivo de la práctica es la determinación del parámetro fundamental de este método, el número de curva (CN), mediante el uso de SIG. Para ello, se partirán de los valores de MDE, mapa de usos de suelo y el mapa de tipo de suelos. Estos datos han sido descargados de la página de descargas del Sistema de Información Territorial de Extremadura (SITEx) y del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. Posteriormente, se han tratados para ajustarlos a la zona de trabajo correspondiente, la cuenca del río Ortiga.

Este nuevo modelo ráster será necesario para poder realizar la practica nº8 y última, que consistirá en realizar el balance hídrico de la cuenca estudio.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa ráster con el Modelo Digital de Elevaciones “MDE_ortiga_25830.TIFF”.
- Capa vectorial con el mapa de edafología según clasificación FAO de la cuenca “edafologia_ortiga.shp”.
- Capa vectorial con el mapa litológico de la cuenca “litología_ortiga.shp”.
- Capa vectorial con los usos de suelo obtenidos del CORINE Land Cover “uso_suelo_ortiga.shp”.
- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_ortiga_25830”.
- Archivo Excel con el cálculo matemático de la combinación de variables “cuadro_combinacion.xlsx”

DESARROLLO:

7.1. DESARROLLO TEÓRICO DEL PROCESO.

Según el Método del Número de Curva, el volumen de escorrentía que genera un suelo está función de la precipitación que recibe y del parámetro que da nombre al mismo, el número de curva (CN).

Este parámetro depende a su vez de otros factores como son la pendiente del terreno y el tipo y uso del suelo. Sus valores varían de 0 a 100, donde un valor de CN=0 indica que no hay escurrimiento y un valor CN=100, todo lo contrario, es decir, toda la precipitación se convierte en escorrentía como si fuese un suelo impermeable.

El método del NC fue transpuesto a España por Témez, adaptando la formulación original americana. La ecuación tradicional conocida en España es:

$$CN = 25400 / (254 + (P_o / 0,2))$$

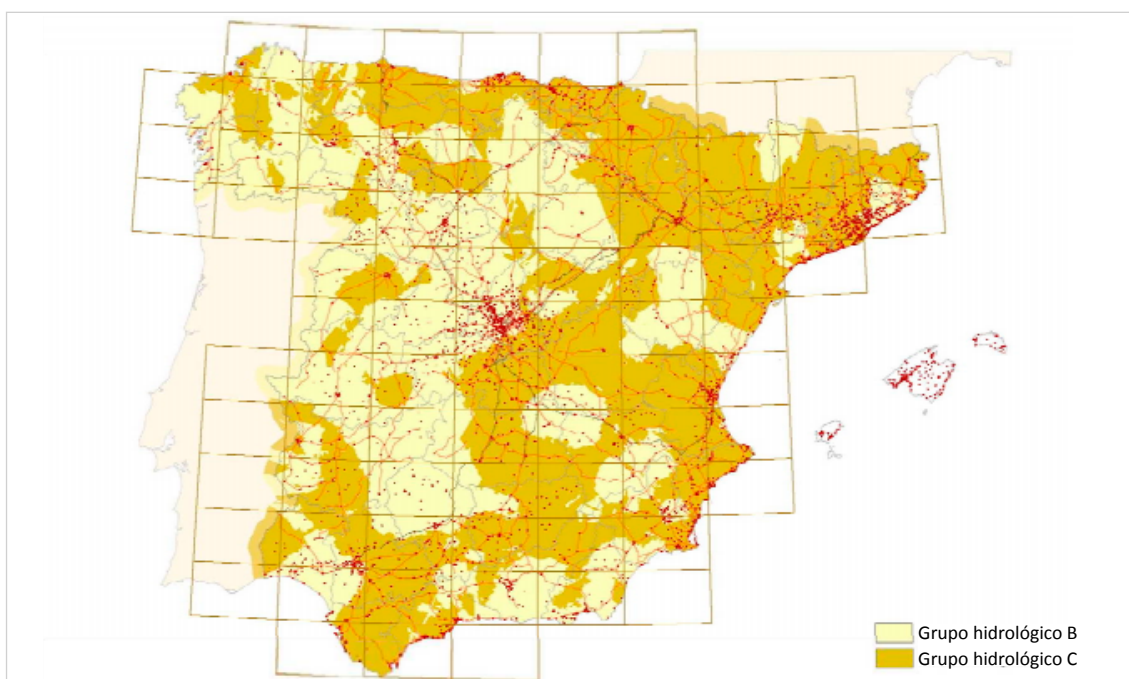
Según esta formulación, el valor del CN es función del umbral de escurrimiento (P_o). Este valor, viene tabulado en la **norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras**, editado por el Ministerio de Fomento.

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas 7/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	≥ 3	32	21	14	12

Tabla 4: Porción de tabla con el valor inicial umbral de escorrentía, norma 5.2- IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Fuente: (B.O.E. Número 60, 10-03-2016).

Como se puede apreciar, este valor depende:

- Uso de suelo: según el código del CORINE Land Cover.
- La práctica de cultivo: puede ser N si el cultivo sigue las curvas de nivel o R si sigue la línea de máxima pendiente.
- Pendiente del terreno: clasificado en $<3\%$ y $\geq 3\%$.
- Tipo de suelos: clasificados en A,B,C o D. Grupo de suelos establecidos según el NRCS. Esta clasificación del tipo de suelo se realiza atendiendo a un mapa de grupos hidrológicos de suelo y una tabla también procedentes de la **norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras**.



Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta		Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillosa-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Según lo establecido anteriormente, se van a generar tres mapas ráster:

- Ráster de pendiente de la cuenca clasificado en pendientes $<3\%$ y $\geq 3\%$.
- Ráster de tipo de suelos clasificados en A, B, C o D: este mapa se determina su valor en función del mapa de grupos hidrológicos de suelo.
- Ráster de usos de suelo obtenido del CORINE Land Cover.

El mapa ráster donde se indica cómo están practicados los cultivos se obvia, debido a que se van a considerar todos como R, por ser el más desfavorable.

Para obtener un valor P_0 en un determinado pixel de la cuenca, se debe conocer el conjunto de variables que presenta el mismo según la tabla presente en la norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, es decir, se debe saber qué uso de suelo tiene, qué pendiente presenta y a qué característica de suelo pertenece (A, B, C o D).

Variable	Nº primo
Pte <3%	2
Pte >=3%	3
Suelos tipo A	5
Suelos Tipo B	7
Suelos Tipo C	11
Suelos Tipo D	13
111	17
112	19
121	23
131	29
211	31
212	37
213	41
221	43
223	47
231	53
242	59
243	61
244	67
311	71
312	73
321	79
323	83
324	89
511	97
512	101

La metodología seguida para hacer cada combinación única es asignar a cada variable un número primo, de forma similar al método seguido por Ferre i Juliá, Montserrat (2003). *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección: CEDEX.*

De tal forma que el producto de los tres ráster dé un único número para cada posible composición. Esta teoría se basa en la propiedad de los números primos, que establece que el producto entre dos números primos da como resultado un número único e irrepetible.

Por tanto, el producto de los tres ráster dará una codificación única para cada posible combinación.

Los códigos 111, 112, 121... son los correspondientes a los usos de suelo según codificación del CORINE Land Cover.

Una vez asignados los números, en Excel se generará una tabla que contengan todas las combinaciones posibles y se calculan sus productos.

También se le asigna un valor de P_0 y el cálculo del número de curva para cada composición.

	Resultados de productos de numeros primos				Valor de P ₀ según la norma 5.2- I.C Drenaje Superficial					Calculo de CN según fórmula CN= 25400/(254+(P ₀ /0.2))			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
111 Pte <3%	170	238	374	442	1	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
111 Pte >=3%	255	357	561	663	1	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
112 Pte <3%	190	266	418	494	24	14	8	6	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
112 Pte >=3%	285	399	627	741	24	14	8	6	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
121 Pte <3%	230	322	506	598	6	4	3	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
121 Pte >=3%	345	483	759	897	6	4	3	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
131 Pte <3%	290	406	638	754	16	9	6	5	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
131 Pte >=3%	435	609	957	1131	16	9	6	5	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
211 Pte <3%	310	434	682	806	34	21	14	12	12	59.9056604	70.7520891	78.3950617	80.8917197
211 Pte >=3%	465	651	1023	1209	29	17	10	8	8	63.6211479	74.9262537	83.5526316	86.3945578
212 Pte <3%	370	518	814	962	47	25	16	13	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
212 Pte >=3%	555	777	1221	1443	37	20	12	9	9	57.8587699	71.7514124	80.8917197	84.9498328
213 Pte <3%	410	574	902	1066	47	25	16	13	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
213 Pte >=3%	615	861	1353	1599	47	25	16	13	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
221 Pte <3%	430	602	946	1118	75	34	19	14	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
221 Pte >=3%	645	903	1419	1677	62	28	15	10	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
223 Pte <3%	470	658	1034	1222	75	34	19	14	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
223 Pte >=3%	705	987	1551	1833	62	28	15	10	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
231 Pte <3%	530	742	1166	1378	120	55	22	14	14	29.7423888	48.0151229	69.7802198	78.3950617

Se realiza el producto de cada variable:
 (211) (<3%) (A) → 31*2*5=310
 (211) (<3%) (B) → 31*2*7=434

Se busca el valor P_0 . Recuerde que la práctica de cultivo se tomaba como R.

14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas	R	≥ 3	53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R <td>≥ 3</td> <td>34</td> <td>21</td> <td>14</td> <td>10</td>	≥ 3	34	21	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N <td>≥ 3</td> <td>32</td> <td>19</td> <td>12</td> <td>10</td>	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	10

Se introduce el valor de P_0 en la fórmula de CN:
 $CN = (25.400 / (254 + (34 / 0.2))) = 59.90566038$

Una vez obtenido el valor de CN para cada posible combinación solo habrá que unir cada valor al resultado del producto de los tres ráster, obteniendo así el mapa CN de la cuenca.

0.2. DESARROLLO PRÁCTICO DEL PROCESO.

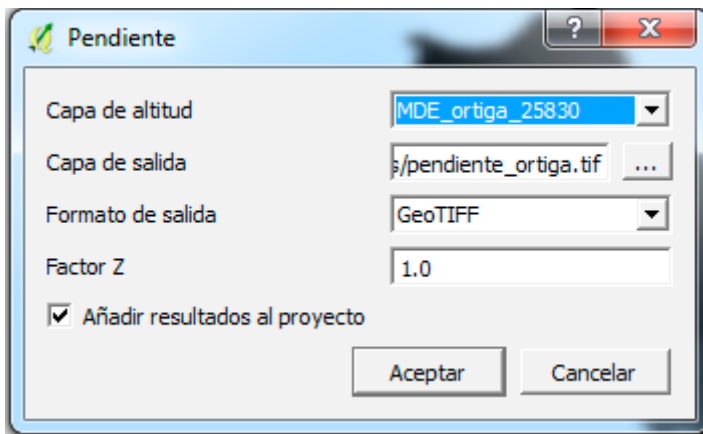
Abra QGIS, estableciendo como sistema de referencia el EPSG: 25830. Añada las capas que le aparecen en la carpeta de la práctica.

El primer paso consiste en la obtención del Modelo Digital de Pendientes (MDP), para ello, en el menú **Ráster** → **Análisis del terreno** → **Pendiente**.

La capa de altitud corresponde al MDE y como capa de salida puede denominarla “pendiente_ortiga”.

El resto de valores lo deja por defecto.

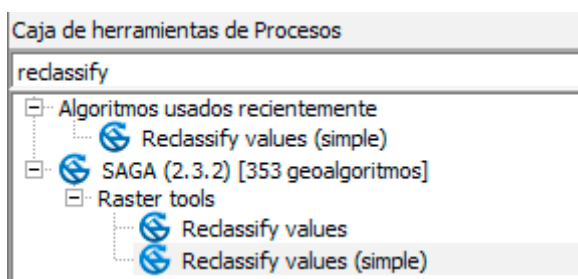
Acepte.

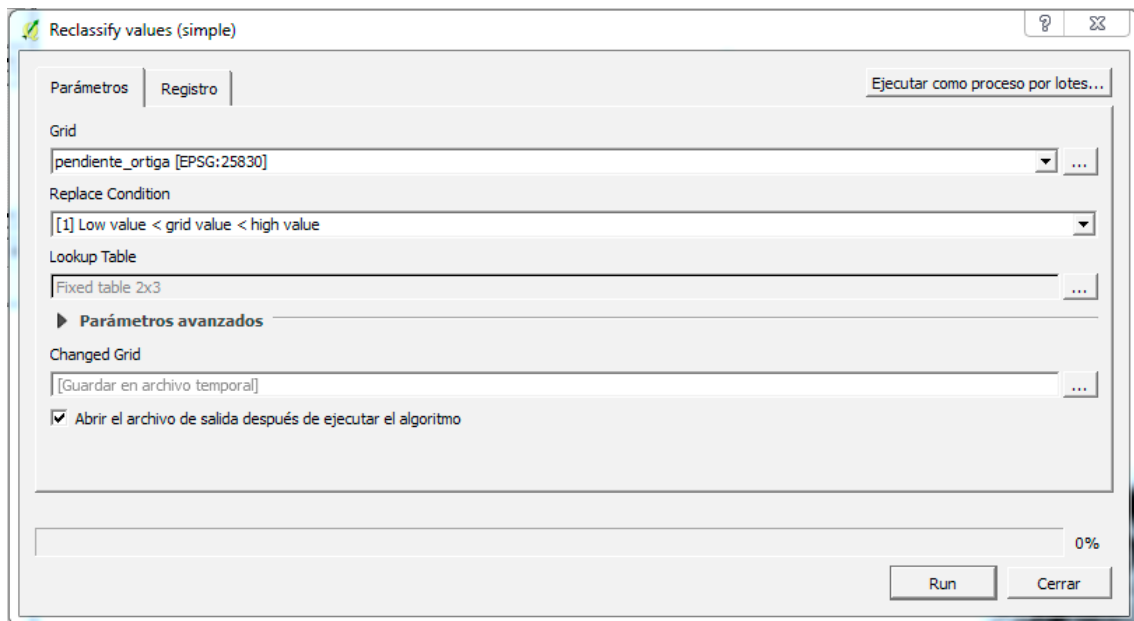


Una vez obtenido el MDP, deberá clasificarlo en pendientes menores al 3% y pendientes mayores o iguales al 3%. Además hay que tener en cuenta que el valor numérico debe ser de 2 para las pendientes menor al 3% y de 3 para las mayores o iguales a 3%. Recuerde que esos son los números primos asociados.

Para generar esta clasificación y con esos valores, no va a utilizar el complemento *Slicer*, lo va a realizar mediante un proceso de la caja de herramientas. Por tanto, si no tiene abierta la “Caja de herramientas de Procesos”, hágalo desde el menú **Procesos** → **Caja de herramientas**.

Escriba *reclassify values (simple)*.





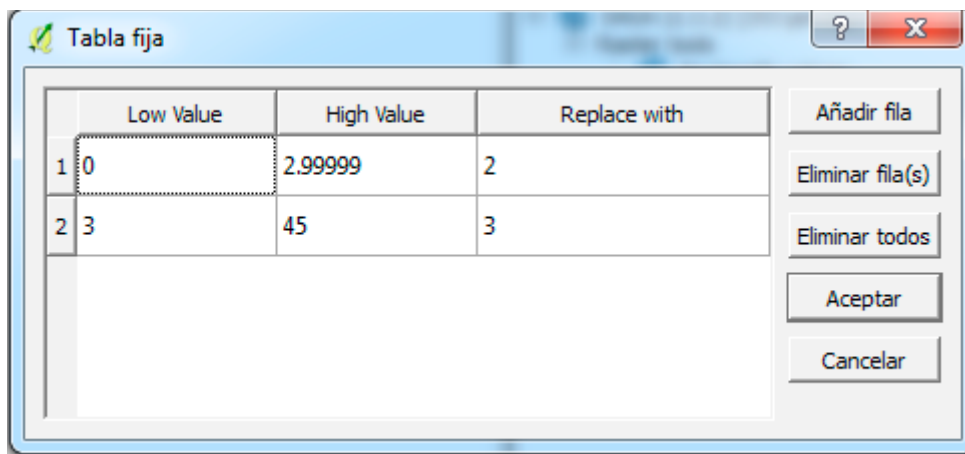
Como archivo Grid, elija el de pendientes.

La condición que debe cumplir y que mejor se adapta es la que aparece en segundo lugar [1].

En el recuadro Lookup Table, genere la tabla que aparece a continuación.


En Changed Grid, haga clic en los tres puntos y elija el nombre de archivo, por ejemplo “pendiente_reclas”.

Haga clic en *Run*



Los nuevos intervalos de pendiente van de 2,99999 los deberá sustituir por el número primo 2, y de 3 a 45 (valor máximo obtenido de los metadatos de la capa “pendiente_ortiga”) por el número primo 3.

Acepte.

Puede que al generar el nuevo ráster, deje los valores en la leyenda como 1,998 en vez de 2 y 2,997 en vez de 3. Sin embargo, al identificar cualquier pixel , observará que los valores son los correctos, 2 y 3.



Cámbielo en propiedades de la capa, y seleccione como *Min 2* y *Máx 3*.


También puede cambiar el *Tipo de renderizador* a Unibanda pseudocolor (proceso visto en la Práctica nº1 del bloque II).

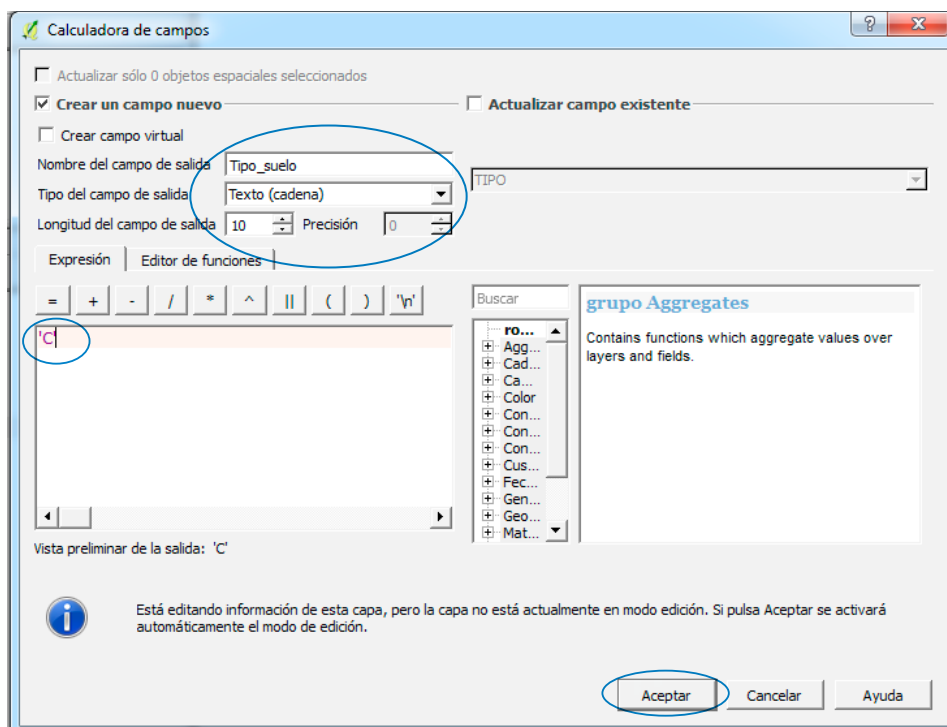


Acaba de generar el primer ráster que necesita, el MDP clasificado en pendientes $< 3\%$ con el número primo 2 y pendientes $\geq 3\%$ con el número primo 3.

El segundo ráster que necesita es el correspondiente al de usos del suelo, clasificados en A, B, C o D y con el número primo correspondiente según la tabla Excel adjunta.

Estudiando el mapa edafológico y el litológico, así como el mapa de Grupos hidrológicos y la tabla que aparecen en la **norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras**, todas las zonas se pueden considerar tipo C.

Sitúese en la capa “edafología ortiga” y abra la *Calculadora de campos* .



Cree un campo nuevo, de nombre “Tipo_suelo”.

El tipo de salida es Texto y en el cuadro de Expresión, escriba 'C'.

Acepte.

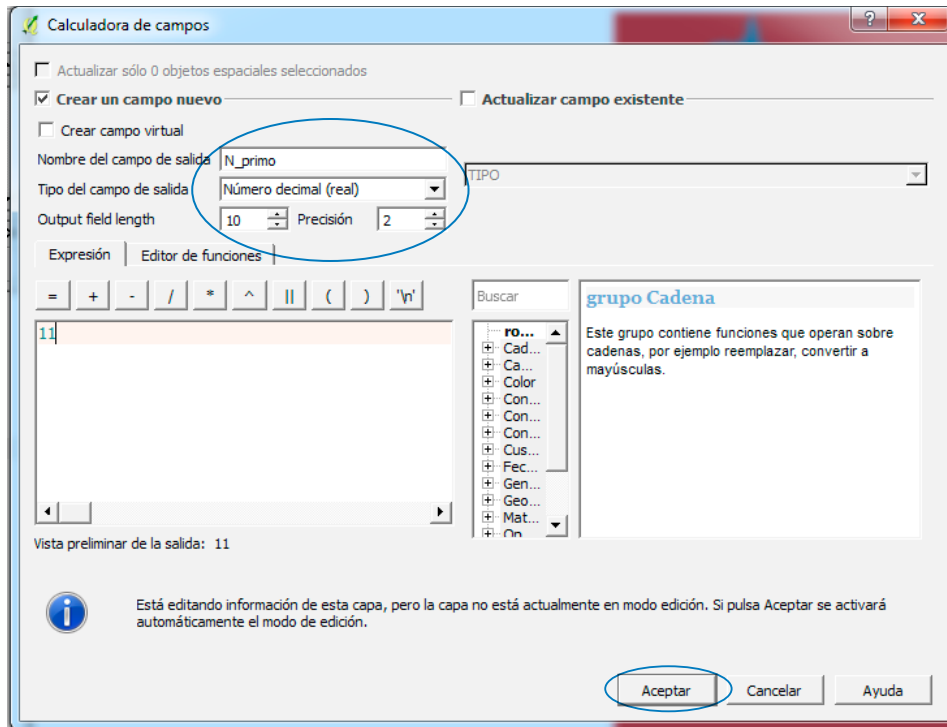
Habrá generado un nuevo campo con la clasificación tipo C, según se ha comentado.

Abra de nuevo la *Calculadora de campos*.

De la misma forma, deberá generar otro campo que contenga el valor del número primo que le corresponde al suelo tipo C.

Como *Tipo de campo de salida*, elija Número decimal, seleccione en *Precisión* 2 cifras decimales (es necesario para que aparezca el atributo a la hora de rasterizar).

Según la tabla Excel, el suelo tipo C es el número primo 11.



Una vez guardado los cambios en la capa “edafología_ortiga”, si abre la tabla de atributos podrá ver los dos nuevos campos creados.

	TIPO	UNIDAD	SUP_HA	Tipo_suelo	N_primo
1	Fluvisol calcárico ...	Fluvisol	159756.00000000...	C	11.00
2	Planosol eútrico (...)	Planosol	9366.2000000000...	C	11.00
3	Calcisol hápico (Bk)	Calcisol	1836.9300000000...	C	11.00
4	Calcisol hápico (Bk)	Calcisol	5565.7100000000...	C	11.00
5	Regosol dístico (...)	Regosol	29453.40000000...	C	11.00

El siguiente paso será pasar la capa vectorial a ráster, para ello haga clic en el menú *Raster* → *Conversión* → *Rasterizar (vectorial a raster)*.

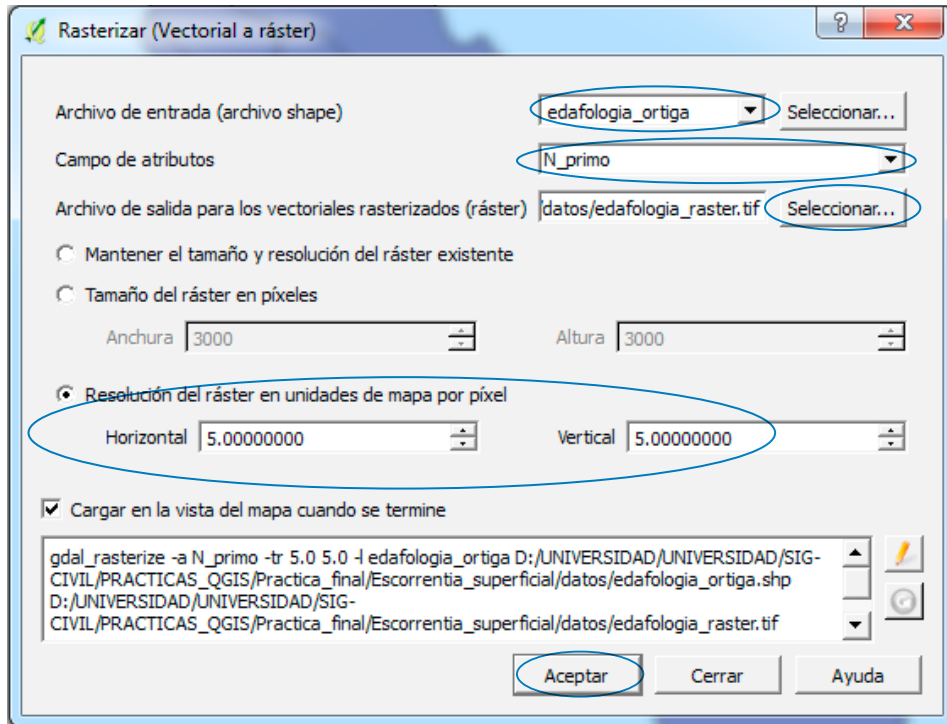
Como *Archivo de entrada*, elija la capa de edafología a rasterizar.

El atributo que va a usar para ello será el correspondiente al campo que contiene el número primo.

Seleccione un nombre para el ráster de salida.

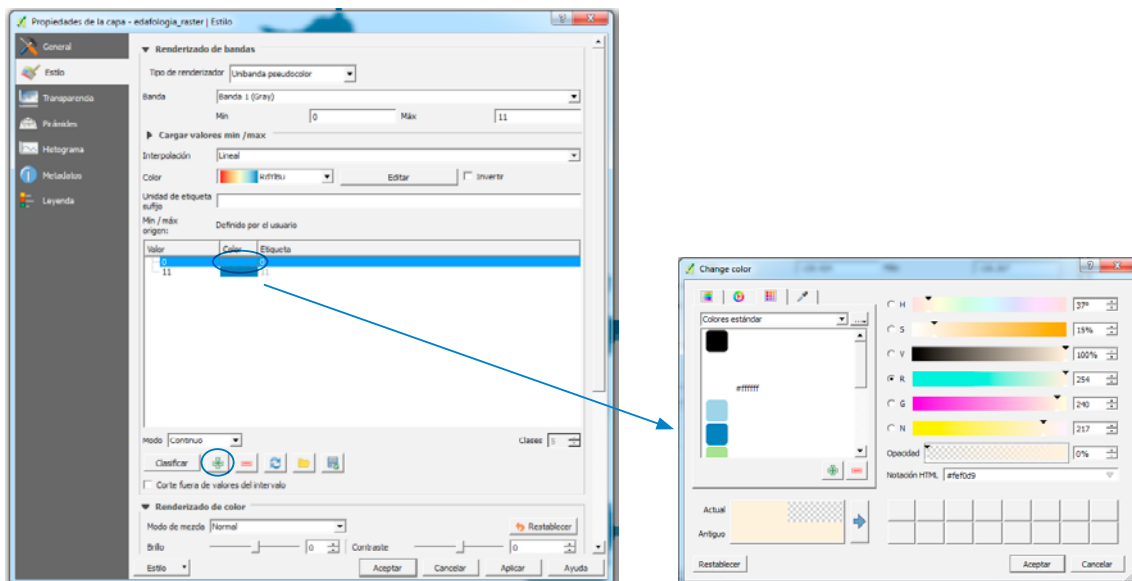
Elija como resolución la misma que el MDP, en su caso 5m de tamaño pixel.

Acepte.



Para eliminar el color negro que aparece por defecto en los píxeles sin valor, haga clic en *Propiedades de la capa*. Seleccione Unibanda pseudocolor, y añada los dos intervalos únicos que tiene, uno para valor 0 y otro para valor 11.

En el que corresponde al valor 0, varíe su opacidad al 0%.



El último ráster a calcular es el relativo a usos del suelo. Éste debe estar generado en función del número primo que corresponda, según la tabla Excel, a cada tipo.

Para ello, en la capa vectorial “uso_suelo_ortiga”, deberá generar un nuevo campo, tal y como ya lo hizo en el caso anterior con los valores de los números primos por tipo de suelo.

El campo se denominará *N_primo* y recuerde que debe ser tipo decimal (real) y dos dígitos de precisión para que luego le permita rasterizar la capa con ese valor de atributo.

Variable	Nº primo
Pte <3%	2
Pte >=3%	3
Suelos tipo A	5
Suelos Tipo B	7
Suelos Tipo C	11
Suelos Tipo D	13
111	17
112	19
121	23
131	29
211	31
212	37
213	41
221	43
223	47
231	53
242	59
243	61
244	67
311	71
312	73
321	79
323	83
324	89
511	97
512	101

Como valor del campo, elija por ejemplo el número primo correspondiente al código 111, en este caso el 17.

Posteriormente irá seleccionando cada grupo de elemento e irá cambiando su valor al que corresponde según la tabla Excel.

Calculadora de campos

Actualizar sólo 0 objetos espaciales seleccionados
 Crear un campo nuevo Actualizar campo existente
 Crear campo virtual
 Nombre del campo de salida: **N_primo**
 Tipo del campo de salida: **Número decimal (real)**
 Longitud del campo de salida: 10 Precisión: 2
 Expresión: **17**
 Vista preliminar de la salida: 17

uso_suelo_ortiga :: Objetos totales: 201, filtrados: 201, seleccionados: 0

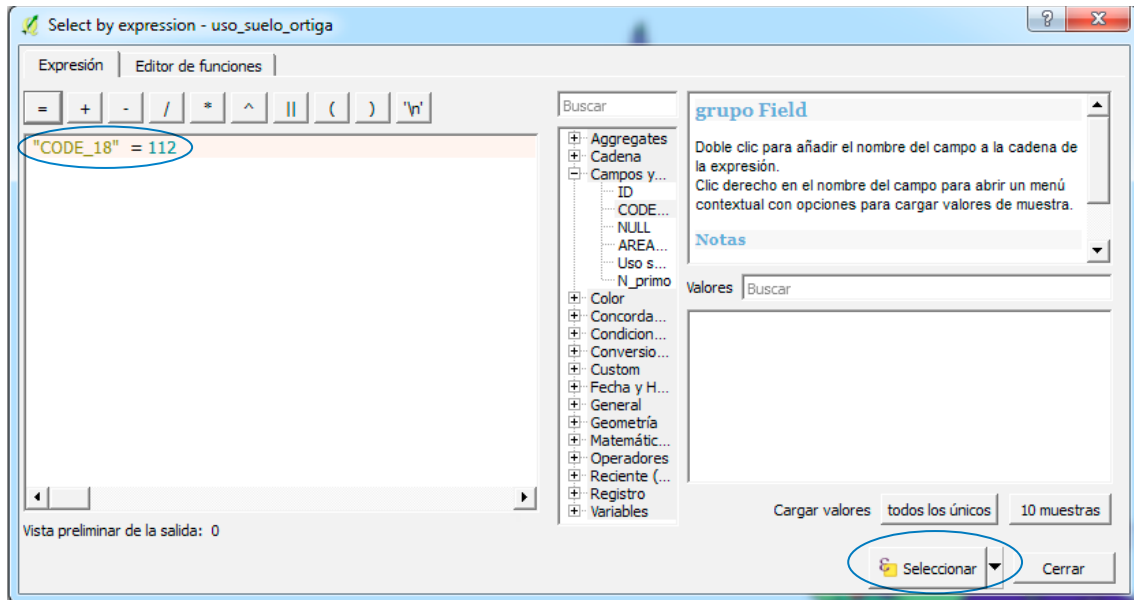
ID	CODE_18	AREA_HA	Uso suelo	N_primo
1	208279	324	2257.653338349...	17.00
2	1049	111	261.4307611550...	17.00
3	10320	121	327.9029341200...	17.00
4	1058	111	35.85731433497...	17.00
5	112400	311	76.39343750501...	17.00

La adecuación de los valores originales al real puede hacerse de varias formas, aquí se va a presentar una de ellas, pero el lector puede realizarlo como mejor le convenga.

Haga clic en el icono **Seleccionar objetos espaciales usando una expresión** .

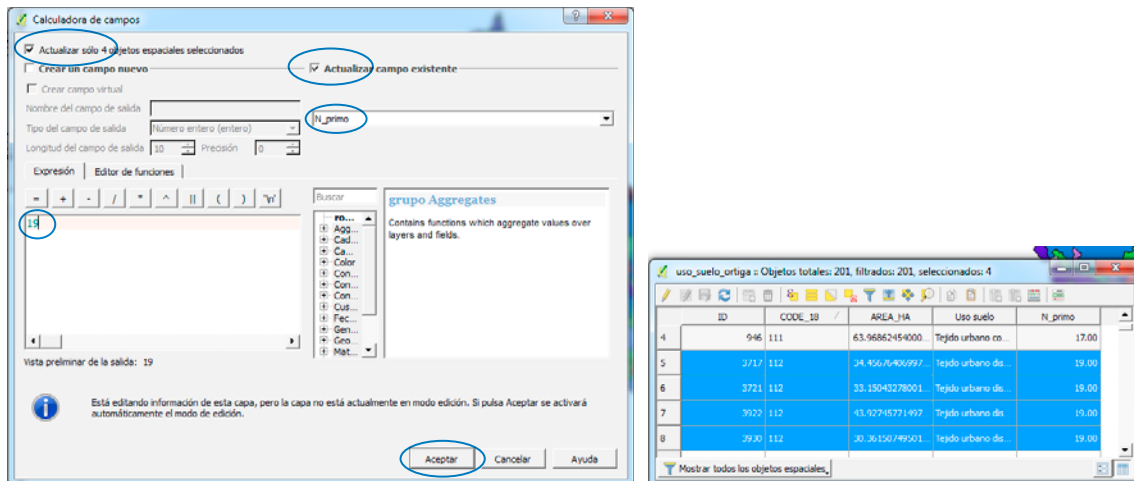
Seleccione aquellos que corresponden al segundo código 112.

Haga clic en **Seleccionar**.



Una vez seleccionados, desde la **Calculadora de campos** actualice el campo *N_primo* al número que le ha sido asignado, en este caso 19.

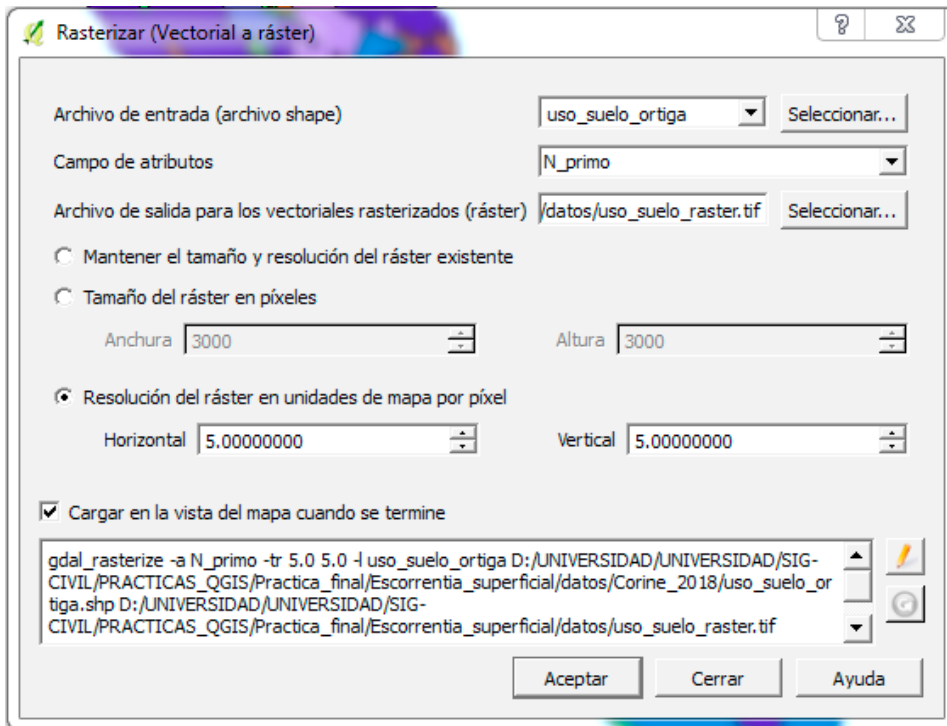
Acepte.



Deberá repetir este proceso con los distintos usos de suelo, es decir, con cada elemento del campo *CODE_18*, hasta conseguir tener cada grupo de elementos con su número primo correspondiente.

Al ser una capa vectorial, deberá convertirla a ráster, este paso lo debe realizar de la misma forma que lo hizo con la capa vectorial de tipo de suelo, **Ráster** → **Conversión** → **rasterizar (vectorial a ráster)**.

Rellene los campos, como ya realizó anteriormente y genere el nuevo ráster.
 Puede denominarlo *uso_suelo_raster.tif*.
 Acepte.



Una vez que ha generado los mapas ráster, se va a realizar la intersección de los tres para buscar los valores únicos de cada posible combinación. Para posteriormente asignarle su valor CN.

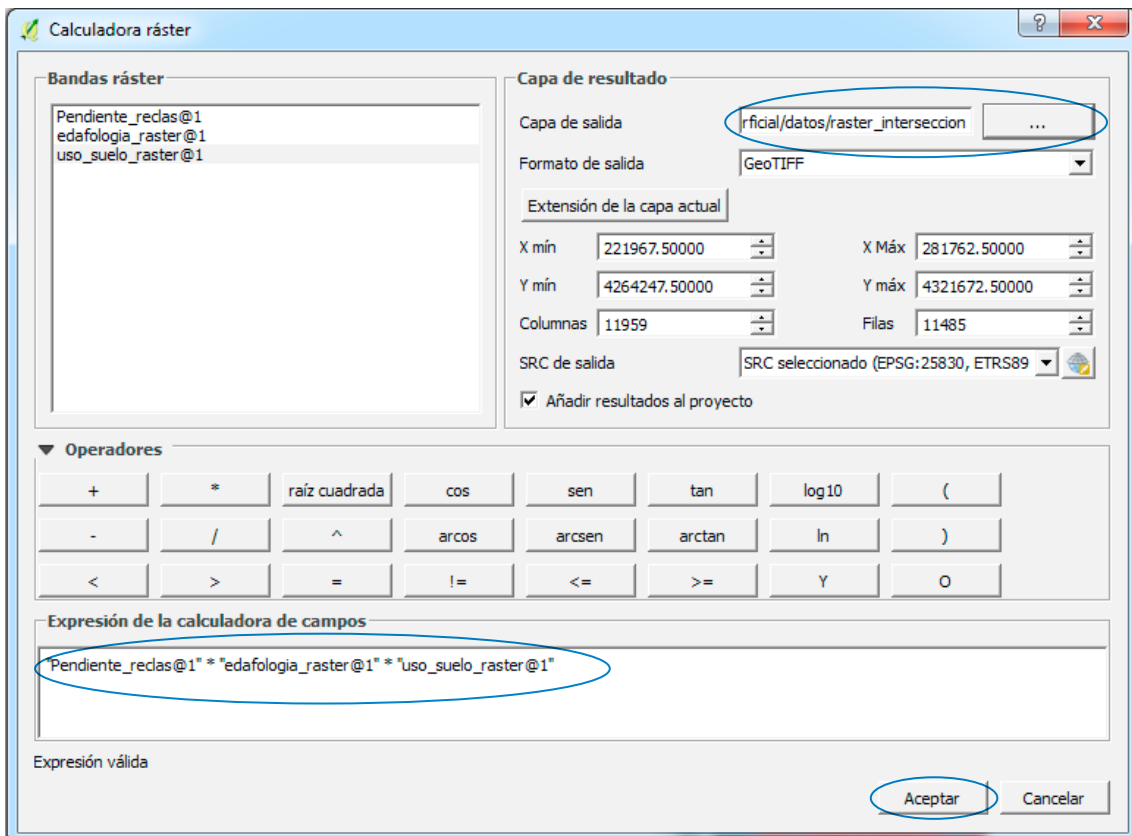
	Resultados de productos de numeros primos				Valor de Po según la norma 5.2- I.C Drenaje Superficial				Calculo de CN según formula CN= 25400/(254+(Po/u.z))			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
111 Pte <=3%	170	238	374	442	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
111 Pte >=3%	255	357	561	663	1	1	1	1	98.0694981	98.0694981	98.0694981	98.0694981
112 Pte <=3%	190	266	418	494	24	14	8	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
112 Pte >=3%	285	399	627	741	24	14	8	6	67.9144385	78.3950617	86.3945578	89.4366197
121 Pte <=3%	230	322	506	598	6	4	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
121 Pte >=3%	345	483	739	897	6	4	3	3	89.4366197	92.7007299	94.4237918	94.4237918
131 Pte <=3%	290	406	638	754	16	9	6	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
131 Pte >=3%	435	609	957	1131	16	9	6	5	76.0479042	84.9498328	89.4366197	91.0394265
211 Pte <=3%	310	434	682	806	34	21	14	12	59.9056604	70.7520891	78.3950617	80.8917197
211 Pte >=3%	465	651	1023	1209	29	17	10	8	63.6591479	74.9262537	83.5526316	86.3945578
217 Pte <=3%	370	518	814	962	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
212 Pte >=3%	555	777	1221	1443	37	20	12	9	57.8587699	71.7514124	80.8917197	84.9498328
213 Pte <=3%	410	574	902	1066	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
213 Pte >=3%	615	861	1353	1599	47	25	16	13	51.9427403	67.0184697	76.0479042	79.6238245
221 Pte <=3%	430	602	946	1118	75	34	19	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
221 Pte >=3%	645	903	1419	1677	62	28	15	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
223 Pte <=3%	470	658	1034	1222	75	34	19	14	40.381558	59.9056604	72.7793696	78.3950617
223 Pte >=3%	705	987	1551	1833	62	28	15	10	45.035461	64.4670051	77.2036474	83.5526316
231 Pte <=3%	530	742	1166	1378	120	55	22	14	29.7423888	48.0151229	69.7802198	78.3950617

La obtención del mapa ráster resultado lo realizará mediante la utilización de la **Calculadora ráster**, puede acceder a ella desde el menú **Ráster** → **Calculadora ráster**.

Escriba la multiplicación de los tres mapas en el cuadro de *Expresión de la calculadora de campos*.

Como capa de salida, puede llamarla *raster_interseccion.tif*.

Acepte.

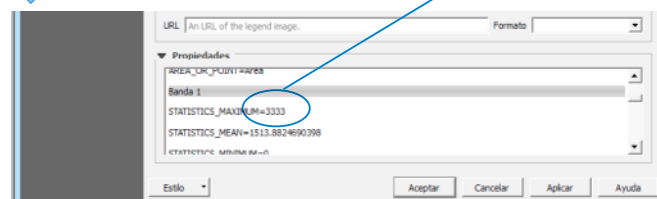


Si observa las propiedades de la capa resultante, en los metadatos podrá ver que el valor máximo corresponde a 3.333.

Este valor se corresponde con la tabla Excel que contiene las posibles combinaciones. Podrá observar que el último valor no aparece, esto es debido a que este valor correspondería a un suelo tipo D, que no tiene representatividad en la cuenca objeto de estudio.



312	Pte <3%	730	1022	1606	1898
312	Pte >=3%	1095	1533	2409	2847
321	Pte <3%	790	1106	1738	2054
321	Pte >=3%	1185	1659	2607	3081
323	Pte <3%	830	1162	1826	2158
323	Pte >=3%	1245	1743	2739	3237
324	Pte <3%	890	1246	1958	2314
324	Pte >=3%	1335	1869	2937	3471
511	Pte <3%	970	1358	2134	2522
511	Pte >=3%	1455	2037	3201	3783
512	Pte <3%	1010	1414	2222	2626
512	Pte >=3%	1515	2121	3333	3939



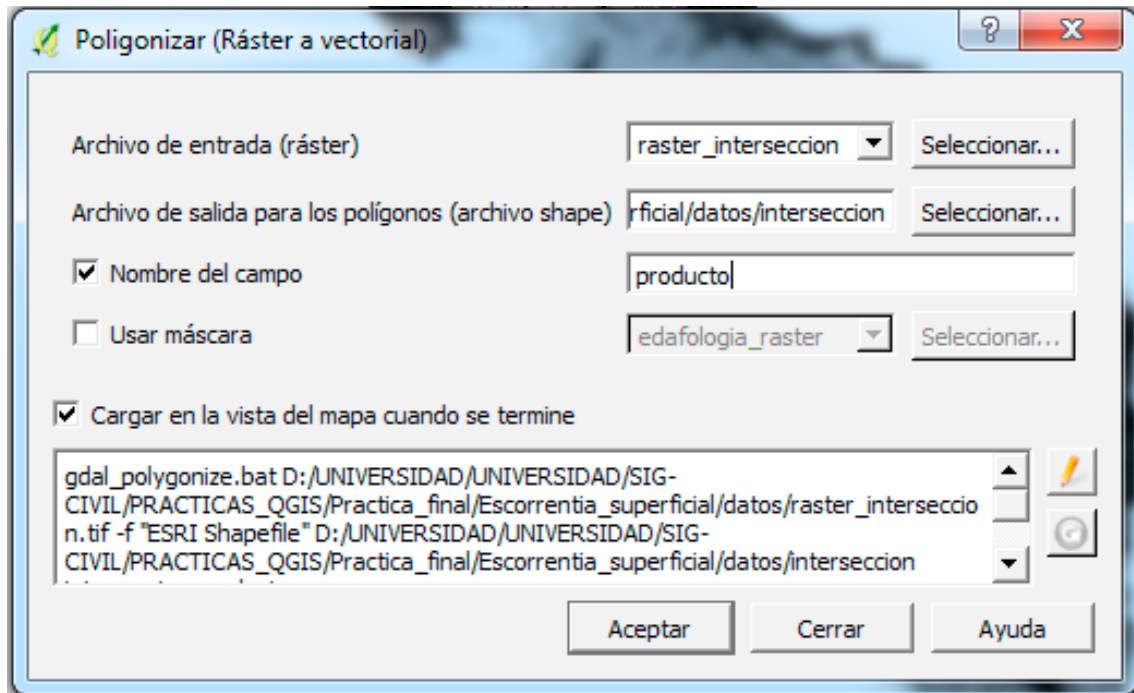
Para poder asignar el valor de CN que le corresponde, deberá primero vectorizar a tipo polígono el ráster intersección.

Desde el menú **Raster** → **Conversión** → **Poligonizar (ráster a vectorial)**.

El archivo de entrada será *ráster_interseccion*.

Escriba un nombre para el archivo shape resultante, así como un nombre del campo que contenga el valor que le corresponde en el archivo ráster.

Acepte.



En el archivo vectorial obtenido, podrá observar que existen valores con 0 que no debería existir. Si observa, la gran mayoría de ellos corresponden a los márgenes de la cuenca.

El último paso, corresponderá a la unión de los números de curva. Esta asociación la tiene en la tercera hoja del archivo Excel.

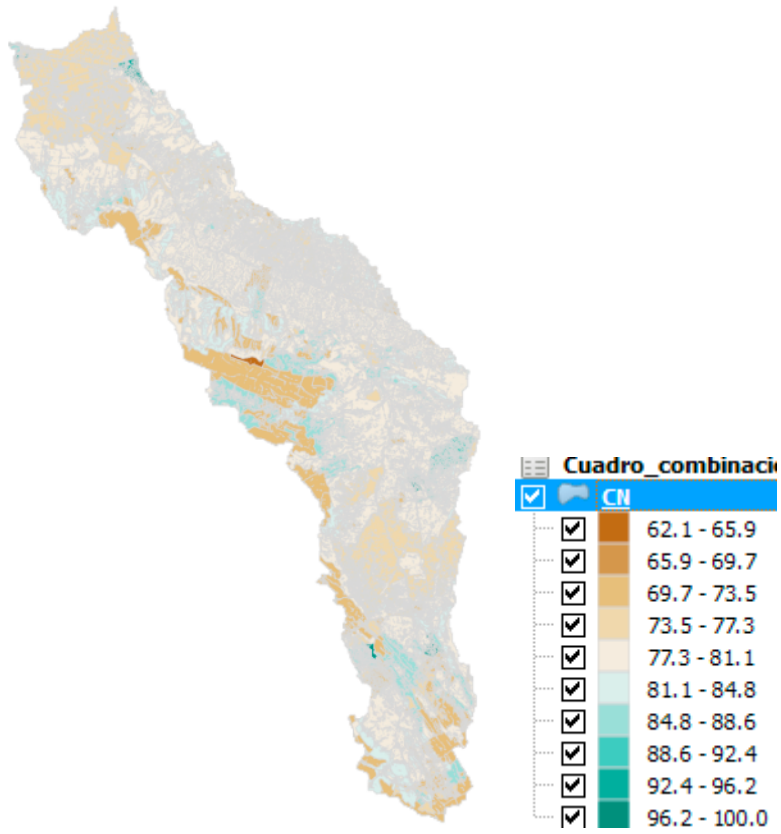
Aparece cada valor del producto con su CN correspondiente.

Arrastre el archivo Excel de la práctica para añadir la capa al canvas, seleccione solo la capa *Relacion* para añadir.

Genere la unión a la capa “interseccion.shp”, y obtendrá la capa vectorial con el campo CN añadido, para consolidar está unión recuerde hacer un **Guarda como**, el nombre de la nueva capa vectorial puede ser “CN.shp”.

Se presenta el mapa con los valores de CN mediante una leyenda graduada con 10 intervalos iguales.

El lector podrá adecuarlo a su gusto.



PRÁCTICA N° 8

CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

OBJETIVO: en esta última práctica el lector hallará el balance hídrico de la cuenca del río ortiga. El balance hídrico se refiere al equilibrio de volúmenes o recursos hídricos dentro de un sistema, es decir, la variación de los recursos hídricos será el resultado de los recursos que entran al sistema (precipitación), los que salen del mismo (evapotranspiración y escorrentía) y los acumulados (aguas subterráneas y superficiales). La ecuación de conservación de masas en un cierto intervalo de tiempo se expresaría como: $BH = \text{Precipitación} - EPT - Q$ (Escorrentía).

De estos términos, se dará como datos el mapa de isoyetas del mes junio de 2018 (precipitación). Su cálculo se puede realizar de la misma forma como se generó el mapa de isotermas en el proceso del cálculo de la EPT.

El valor de escorrentía depende de la precipitación y del CN (calculado en la práctica anterior). Por último, la EPT también ha sido calculada anteriormente.

DATOS: la carpeta de datos contiene la siguiente información.

- Capa vectorial de la cuenca “cuenca_ortiga_25830”.
- Capa vectorial con el valor de CN para la cuenca “CN”.
- Capa ráster con el mapa de EPT del mes de junio de 2018 “ETP_Tho”.
- Capa ráster con el mapa de isoyetas del mes de junio de 2018 “pluvio_ortiga.TIFF”.

8.1. DESARROLLO PRÁCTICO DEL PROCESO.

Abra QGIS estableciendo como sistema de referencia el EPSG: 25830. Añada las capas que aparecen en la carpeta de la práctica.

Antes de aplicar la fórmula vista en el epígrafe Objetivo, deberá obtener el ráster con los valores de escorrentía, este último lo conseguirá aplicando la fórmula:

$Q = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$, donde el valor de S (capacidad de retención potencial máxima) depende de CN mediante la ecuación:

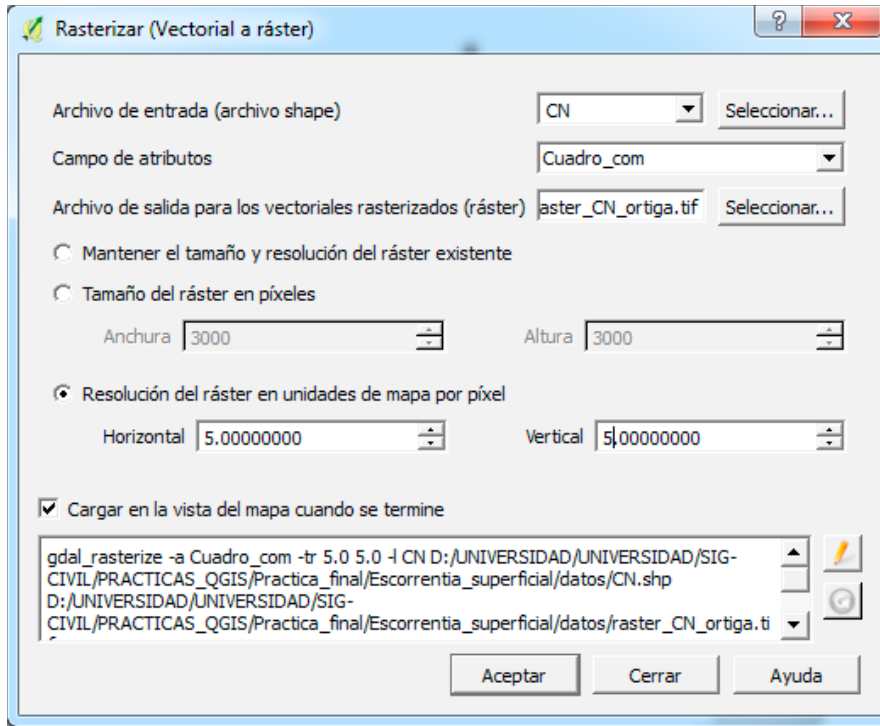
$$S = (25\ 400 / CN) - 254$$

Como podrá observar necesita pasar la capa vectorial “CN” a capa ráster. Este proceso de rasterización lo realizo en la práctica anterior varias veces, puede ejecutarlo desde el menú **Raster** → **Conversión** → **Rasterizar**

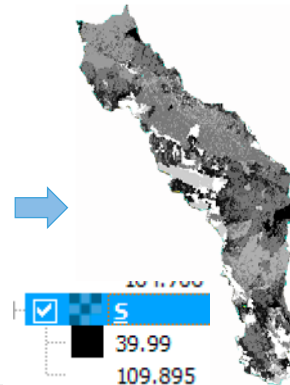
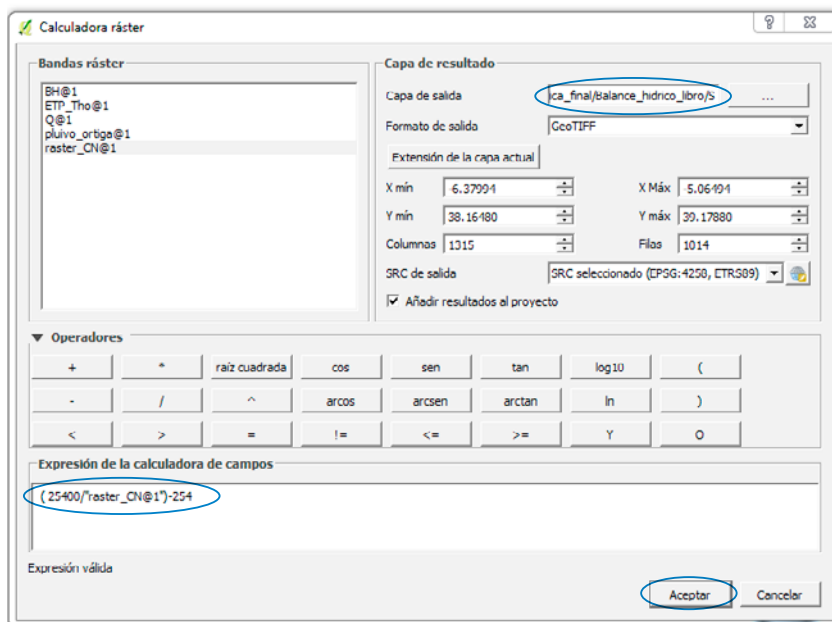
Deberá elegir el archivo a rasterizar, así como el campo de atributo a usar para ello.

Seleccione un nombre como archivo ráster de salida y una resolución de 5m.

Acepte.



Abra la calculadora ráster para hallar el valor S. Escriba las variables de la fórmula a aplicar.



Una vez obtenido S, podrá hallar el valor de escorrentía total (Q).

Calculadora ráster

Bandas ráster: BH@1, ETP_Tho@1, Q@1, S@1, pluivo_oruga@1, raster_CN@1

Capa de resultado: j/Balance_hidrico_libro/Q_total

Formato de salida: GeoTIFF

Extensión de la capa actual: X mín: -6.37994, X Máx: -5.06494, Y mín: 38.16480, Y máx: 39.17880, Columnas: 1315, Filas: 1014

Operadores: +, -, *, /, raíz cuadrada, ^, cos, sen, tan, log10, arc cos, arc sen, arc tan, ln, <, >, =, !=, <=, >=, Y, O

Expresión de la calculadora de campos: $((\text{pluivo_oruga}@1 * -0.2 ** S@1)^2) / ((\text{pluivo_oruga}@1 * +0.8 ** S@1)$

Expresión válida

Legend: Q total (109.895, 1.83545, 5.3765)

Por último el Balance Hídrico, lo obtendrá restando al ráster de precipitaciones, el ráster de EPT y el ráster de escorrentía total.

Calculadora ráster

Bandas ráster: BH@1, ETP_Tho@1, Q@1, S@1, pluivo_oruga@1, raster_CN@1

Capa de resultado: j/Balance_hidrico_libro/BH_final

Formato de salida: GeoTIFF

Extensión de la capa actual: X mín: -6.37994, X Máx: -5.06494, Y mín: 38.16480, Y máx: 39.17880, Columnas: 1315, Filas: 1014

Operadores: +, -, *, /, raíz cuadrada, ^, cos, sen, tan, log10, arc cos, arc sen, arc tan, ln, <, >, =, !=, <=, >=, Y, O

Expresión de la calculadora de campos: pluivo_oruga@1 - *ETP_Tho@1 - *Q_total@1

Expresión válida

Legend: BH final (120.323, -130.424, -126.267)

Como cabía esperar los valores son negativos, debido a que se pierde mucha más agua que se ingresa. Recuerde que el mes de estudio corresponde al mes de junio del año 2.018.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMOROX, J. Métodos de estimación de las evapotranspiraciones. *UPM. ETSI Agrónomos*, 2.004. Disponible Online: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/evapotranspiraciones/metodosevapotranspiraciones.pdf>
- ALZATE VELASQUEZ, DIEGO FENANDO. *Análisis morfológico de cuencas con QGIS*. [Consulta: 11-2018]. Disponible Online: <https://www.youtube.com/watch?v=PvKGYkFZ9Lo>
- CAMARASA BELMONTE, Ana María; LÓPEZ GARCÍA, María José; PASCUAL, J. A. Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía. 2.006. Disponible Online: http://www.age-geografia.es/tig/docs/XII_1/004%20-%20Camarasa%20et%20al.pdf
- CAMPOS CEDENO, ANTONIO. *Como determinar la precipitación media de una cuenca con ArcGis- Parte 4 de 4*. [Consulta: 10-2.018]. Disponible Online: <https://www.youtube.com/watch?v=kW-oQe7PEZg>
- CANCHARI, EDMUNDO. *Propiedades Morfológicas Cuenca Hidrográfica con ArcGIS 10*. [Consulta: 11-2018]. Disponible Online: https://www.youtube.com/watch?v=qmldnqtV_Do
- ESQUIVEL ARRIAGA, Gerardo, et al. Delimitación y análisis morfológico de tres cuencas del Norte-Centro de Mexico. *Agrofaz*, 2015.
- FERRÉR, Montserrat; RODRÍGUEZ, Joaquín; ESTRELA, Teodoro. Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica. *Ingeniería del agua*, 1.995, vol. 2, núm. 4, 1995. Disponible Online: <http://www.ingenieriadelagua.com/2004/download/2-4%5Carticle3.pdf>
- FRAGOSO CAMPÓN, Laura. *Estimación de parámetros hidrológicos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica para el análisis de la escorrentía superficial generada en una cuenca*. 2016. Tesis de Maestría. Disponible Online: <http://dehesa.unex.es/handle/10662/3736>
- GIDAHATARI. GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA. ¿Cómo obtener el orden de una red de drenaje con SAGA GIS y QGIS?. [Consulta: 10-2018]. Disponible Online: <http://gidahatari.com/ih-es/como-obtener-el-orden-de-una-red-de-drenaje-con-saga-gis-y-qgis>
- I JULIÀ, Montserrat Ferrer. *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2003.
- INSTITUTO CARTOGRÁFICO VALENCIANO. *Transformación NTV2 para la Comunidad Valenciana con Quantum GIS (v 2.2.0 Valmiera)*. [Consulta:09-2018]. Disponible Online: http://icvficheros.icv.gva.es/ICV/geova/erva/Utilidades/INSTRUCCIONES_ETRS89/Cambio%20de%20Sistema%20de%20REFERENCIA%20con%20software%20QGIS_v2.2.0_V_W2.pdf
- MAPPINGGIS. *Como transformar de ED50 a ETRS89 en QGIS con ntv2*. [Consulta: 09-2018]. Disponible Online: <https://mappinggis.com/2015/03/como-transformar-de-ed50-a-etrs89-en-qgis-con-ntv2/>
- OLAYA, V. Hidrología computacional y modelos digitales del terreno. *Teoría, práctica y filosofía de una nueva forma de análisis hidrológico*, 2004.
- ORDEN, FOM. 298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento. *Boletín Oficial del Estado. Madrid, revisión de*, 2.016. Disponible Online: <https://www.fomento.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/07-drenaje>
- PÉREZ ROMERO, ANTONIO MIGUEL. *QGIS ED50 ETRS89 NTV2*. [Consulta: 10-2018].

- SAN ROMÁN, SÁNCHEZ; JAVIER, F. *Calculo de la Precipitación Neta mediante el método del SCS* Departamento de Geología-Univ. *Salamanca (España)*, 2.012. Disponible Online: http://hidrologia.usal.es/practicass/Pneta_SCS/Pneta_SCS_fundam.pdf
- SANTIAGO, I: *Tutorial Quantum Gis, 2.18 versión "Las Palmas de Gran Canaria"*. Oficina de Gerencia y Presupuesto de Puerto Rico, 2017.
- SOTO ESCOBAR, CARLOS. *Evapotranspiracion en ArcGis según método de Thornthwaite*. [Consulta:01-2.019]. Disponible Online: <https://www.youtube.com/watch?v=BczIjYMN3oE>
- TÉMEZ PELÁEZ, J. R. *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. 1978.
- UNITED STATES. SOIL CONSERVATION SERVICE. *SCS National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1985.

RECURSOS ONLINE

- Agencia Estatal de Meteorología. Datos abiertos. http://www.aemet.es/es/datos_abiertos
- Geoportal IDEE. Infraestructuras de Datos Espaciales de Extremadura. Centro de descargas. <http://ideex.es/Geoportal/pages/ideex>
- Instituto Geográfico Nacional (IGN): Centro de Descargas. <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=SIOSE>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Descargas. <https://servicio.mapama.gob.es/sia/visualizacion/descargas/mapas.jsp>
- Ministerio de Fomento. Consejo Superior Geográfico. Infraestructura de Datos Espaciales de España. Directorio de servicios. https://www.idee.es/es_ES/web/guest/directorio-de-servicios
- REDAREX. Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura. Agrometeorología. http://redarexplus.gobex.es/RedarexPlus/index.php?modulo=agrometeorologia&pagina=index_datos.php&enlace=Agrometeorolog%EDa&camino=Datos%20diarios&rango=diarios
- SAIH del Guadiana. Datos Hidrológicos-Descarga de datos. <http://www.saihguadiana.com/>

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

