

Realizar la red de drenaje y las divisorias con ArcHydro Tools

El objetivo es delimitar la cuenca del río Tormes, su red de drenaje y las subcuencas de interés.

1) Crear una carpeta para el proyecto e incluir los MDT de la zona

1a) Fuera de ArcMap, en Windows, se crea la carpeta “Tormes completo”.

1b) Ya hemos bajado de la web del Instituto Geográfico Nacional el Modelo Digital del Terreno (en adelante, MDT): MDT200-SALAMANCA-H29. Introducirlo dentro de la carpeta recién creada.

En otros casos, serán necesarios varios MDT, que se fusionarán en uno solo más adelante.


(Concretamente, esta hoja se baja simultáneamente en dos versiones: Huso 29 y Huso 30. En principio es indiferente cual elegir; pero si después introducimos puntos por sus coordenadas, habrá que tenerlo en cuenta).

2) Guardar el nuevo mapa, asignar coordenadas al “Data frame”

Abrir ArcMap.

2a) Asignar coordenadas al Data Frame:

Botón derecho sobre  Layers >> Properties >> Pestaña Coordinate System >>

Projected >> UTM >> Europe >>  ETRS 1989 UTM Zone 29N (este MDT es del huso 29)

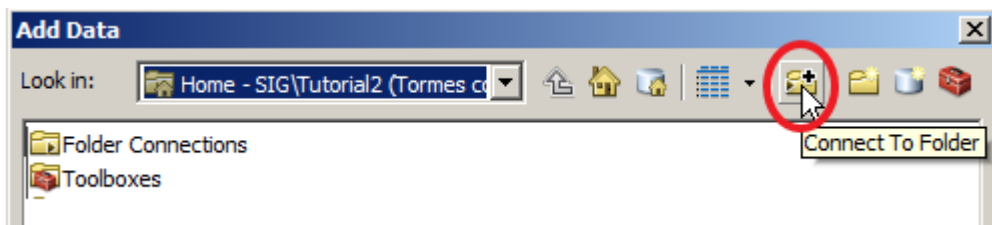
2b) Guardar. [Menú File > Save]. Guardo dentro en la carpeta creada en (1), con el nombre de “Tormes.mxd”.

Este archivo irá almacenando la conexión con todas las capas que añadamos o generemos y todos los cambios que hagamos en ellas, pero para abrir el proyecto en el futuro, es necesario que todos los demás archivos permanezcan en la ubicación que se encontraban cuando los relacionamos con el proyecto en curso.

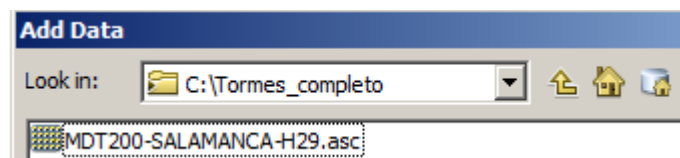
3) Añadir el MDT al proyecto, asignarle coordenadas

3a) Picar en  (“Add Data”)

Primero hay que conectar la carpeta “Tormes completo” (para que ArcMap la reconozca):

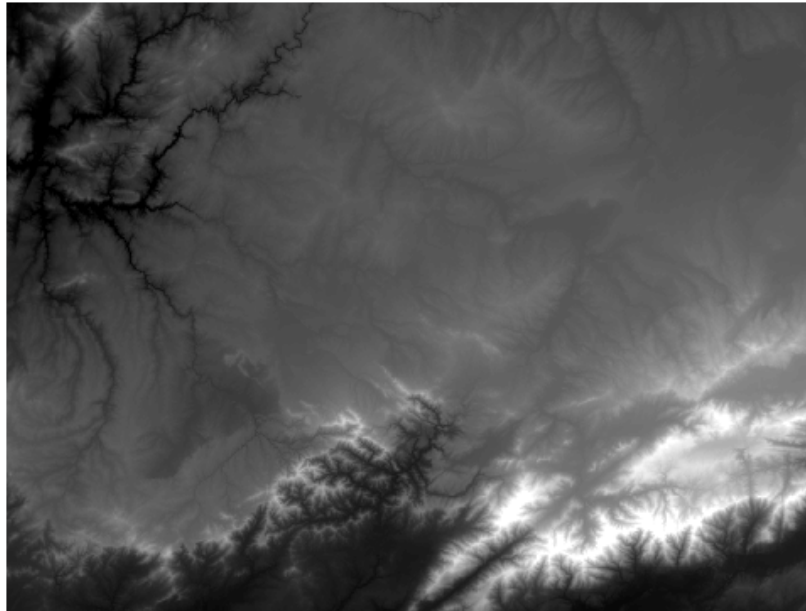


En el cuadro que aparece, buscar y seleccionar la carpeta Tormes_completo, y al volver al cuadro Add Data ya podemos seleccionar esa carpeta, y en ella aparece el MDT que pusimos en el punto (1):



Elegir el MDT. Me avisa que no tienen referencia geográfica. OK.

Aparece en la ventana de ArcMap así:



3b) En otros casos, en que se trate de varias imágenes (MDT), hay que fusionarlos, generando un nuevo raster:

Data Management Tools > Raster > Raster Dataset > Mosaic To New Raster


En el cuadro en el que le indicamos los archivos a fusionar y el nombre del archivo fusionado que se generará, hay que bajar hasta el final de ese cuadro y rellenar: Número de bandas= 1
Si hemos fusionado varias imágenes en una sola, ése será el MDT que utilizaremos en los pasos que se indican a continuación.

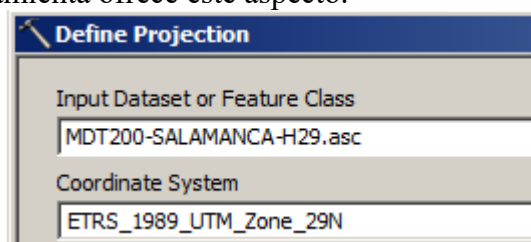
(No se pueden tirar los archivos originales)

3c) Asignar coordenadas a la capa “MDT200-SALAMANCA-H29.asc”

Data management... >> Projections and transformations >> Define Projection

Input: “MDT200-SALAMANCA-H29”

Coordinate System: Picar en  (a la derecha) y repetir la operación del paso 2a.
Antes de picar en OK, la herramienta ofrece este aspecto:



4) Secuencia de Herramientas para dibujar cauces

4a) Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Fill Sinks

Input:	MDT200-SALAMANCA-H29.asc
Output:	Fill (modifico el nombre ofrecido). Me aseguro que se guardará en la carpeta “Layers”, a su vez dentro de la carpeta que se creó en (1)

Genera una capa similar a la original, de otro color, pero es necesaria para rellenar posibles huecos (puntos que darían errores).

4b) Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Flow Direction

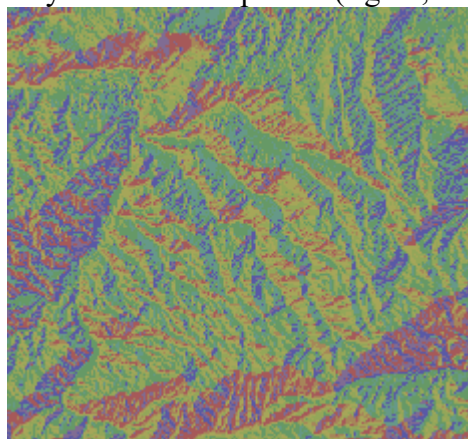
Input:	Fill
Output:	Flowdir (de nuevo cambio el nombre ofrecido). Misma ruta para guardar

Genera una capa en la que se almacena la dirección de flujo: desde cada punto hacia o desde los puntos adyacentes, dependiendo de las cotas respectivas. Su aspecto se aprecia en la figura de abajo, a la izquierda (fragmento).

4c) Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Flow Accumulation

Input:	Flowdir
Output:	Flowacum (de nuevo cambio el nombre ofrecido)

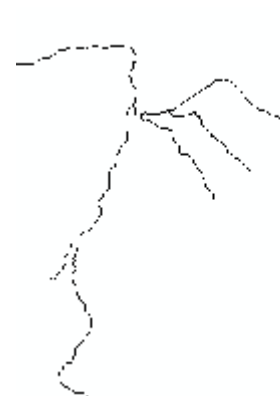
Genera una capa en la que asigna a cada punto el número de otros puntos desde los que le llega flujo. Ya se adivinan los cauces, ya que son los puntos de mayor acumulación, los que reciben flujo desde el mayor número de puntos (figura, centro):



Flowdir



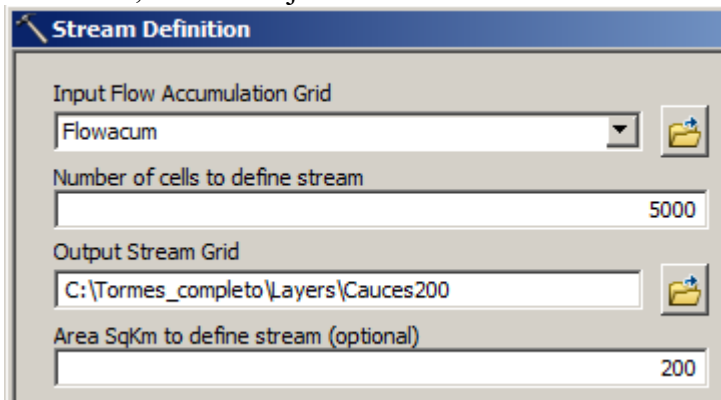
Flow Accumulation



Stream Definition (200 km²)

4d) Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Stream definition

Genera una nueva capa en la que se distinguirán los puntos que reciban flujo de más de un número N de otros puntos. Para ello podemos elegir dicho número N o bien los km² correspondientes; se puede elegir cualquiera de las dos cosas, la otra se ajustará automáticamente:



En este caso, se me ofrece 4676 puntos, que recogen flujo de 187 km²
 Escribo 200 km² y arriba el núm de puntos se cambia a 5000

Input:	Flowacum
Output:	Cauces200 (indico 200 en el nombre de la capa para recordar que se generó con 200 km ² de superficie)

Si hacemos invisibles todas las otras capas (desmarcando en Flowdir), aparece la imagen de los cauces (puntos que reciben flujo de al menos 200 km²) (figura anterior, derecha). Comparando con la imagen anterior, apreciamos que los cauces menores han desaparecido.

4e) Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Stream Segmentation

Input:	Cauces200 + Flowdir
Output:	Cauces200Lnk

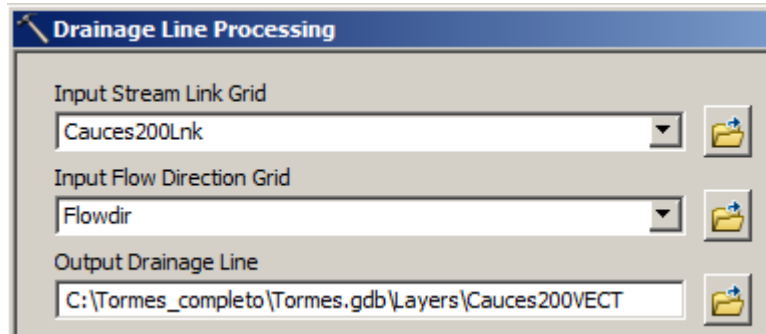
Genera una capa visualmente igual a la anterior, pero distingue cada tramo de cauce entre dos uniones.¹

4f) Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Drainage Line Processing

Convierte la capa anterior (Cauces200Lnk) de raster en vectorial (Todas las imágenes anteriores eran raster).

Input:	Cauces200Lnk + Flowdir
Output:	Cauces200VECT

Al generar una capa vectorial ofrece guardarla dentro de la “Base de Datos” Tormes.gdb. La guardo como Cauces200VECT:



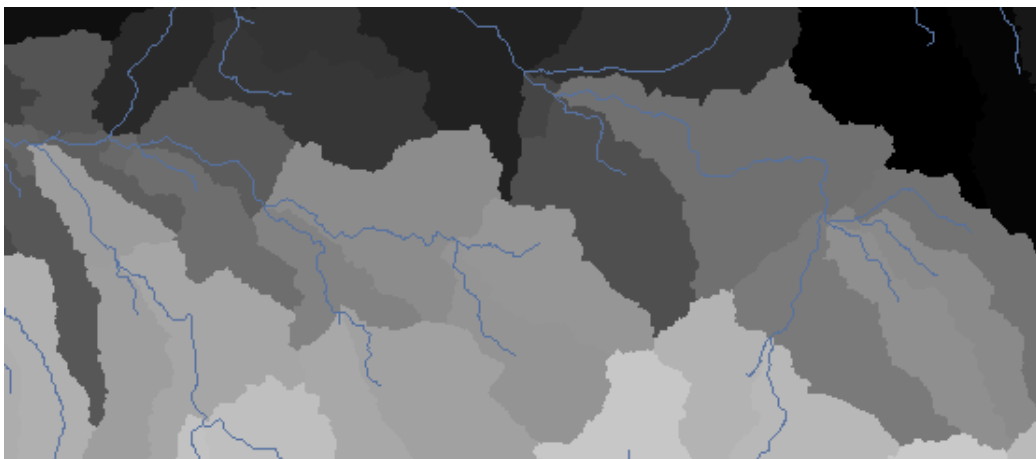
5) Secuencia de Herramientas para delimitar cuencas

5a) Delimitación automática de subcuencas en raster

Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Catchment Grid Delineation

Genera una capa raster en la que agrupa los puntos que vierten el flujo a cada uno de los segmentos de cauce establecidos en el paso 4e (cauces que reciben desde áreas iguales o mayores a 200 km²).

Input:	Flowdir + Cauces200Lnk
Output:	Cuencas200 (añado el 200 para recordar que serán subcuencas a partir de cauces que se delimitaron con 200 km ²)



5b) Convertir las subcuencas anteriores a vectorial

Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Catchment Polygon Processing

Genera una capa vectorial a partir de las zonas establecidas en el paso 5a.

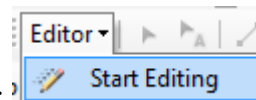
Input:	Cuencas200
Output:	Cuencas200VECT

¹ Para comprender la diferencia entre esta capa y la anterior, abrir la Tabla de Atributos de ambas. En la capa “Cauces200” aparece una sola clase de puntos (los que reciben flujo de más de 200 km²). En la capa “Cauces200Lnk” aparecen 72 clases distintas, ya que se han establecido 72 tramos de cauce.





5c-opcional)

Este podría ser el momento de eliminar subcuencas y los cauces que aparecen en la periferia y que se aprecia que no pertenecen a la cuenca que nos interesa. ,



En la barra de herramientas “Editor” > Editor > Start Editing: ,

En el cuadro que aparece, elegimos sucesivamente las capas Cuencas200VECT y Cauces200VECT.

Con la herramienta  seleccionamos las subcuencas y los cauces que no interesan u suprimimos con SUPR. Al terminar en el mismo : Stop Editing

5d) Empareja subcuencas adyacentes

Arc Hydro Tools > Terrain Preprocessing > Adjoint Catchment Processing

Genera una capa vectorial a partir de la obtenida en el paso 5b, en la que agrupa cada pareja de dos subcuencas que confluyen en un punto.

Input:	Cauces200VECT + Cuencas200VECT
Output:	AdjointCuencas200




5e) Marcado del punto de salida de la cuenca

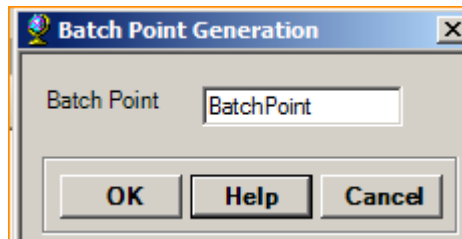
Hasta aquí se han delimitado cuencas automáticamente, ArcGis ha elegido los puntos donde se unían dos cauces para delimitar las cuencas de ambos cauces. Con frecuencia necesitamos trazar cuencas hasta un punto concreto. A esto se refieren este apartado y los siguientes.

Batch Point Generation (en la barra de herramientas ArcHydro)

En este paso vamos a marcar un punto para indicar la salida de la cuenca.

[Si la barra de herramientas no está visible, mostrar la barra de ArcHydro: Menú Customize >> Toolbars >> ArcHydro Tools].

En la barra, picar en  , y aparece este cuadro:

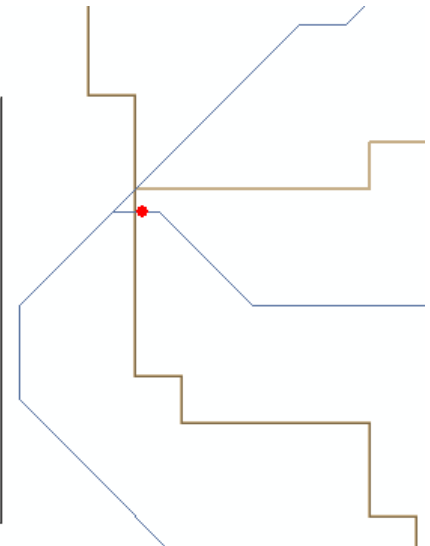
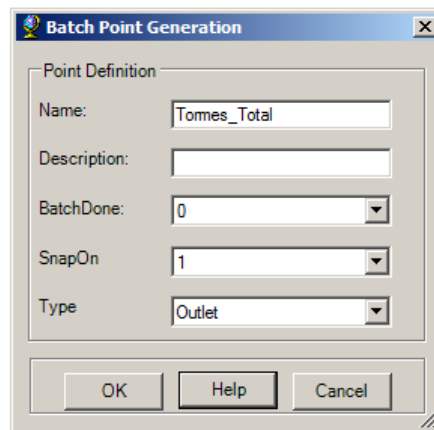


Dejo el nombre ofrecido (“Batch Point”). Este es el nombre de una capa donde irán todos los puntos de salida de cuenca y subcuencas que hagamos (serán varios, si vamos a hacer subcuencas), Se genera en Layers (*Data Frame principal*) >> **TORMES.GDB (base de datos por defecto)** >> **Layers**

[Paciencia, puede tardar unos segundos, picar en OK una sola vez; si pico dos veces aparecen dos capas llamadas BatchPoint]

Tras picar OK en el cuadro anterior, el cursor adquiere forma de cruz, y con ella picamos en el punto del cauce deseado (Antes he aplicado un zoom muy elevado para marcar el punto con precisión).

El punto se marca en rojo y aparece un cuadro, indicamos en nombre del punto (“Tormes_total”) y dejamos los otros parámetros como están:



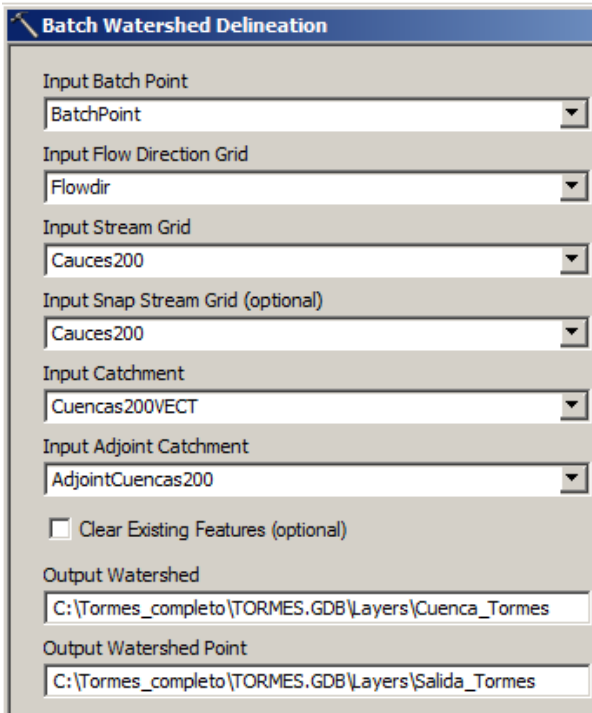
Las líneas más finas son los ríos (el Tormes va de Este a Oeste y afluye al Duero que viene desde el NE hacia el SO). Las líneas más gruesas, color ocre, son las divisorias de subcuencas generadas en los puntos anteriores. En el Apéndice A se explica el problema generado si se marca el punto en el cauce del Tormes un poco más cerca de su afluencia al Duero.

En lugar de marcarlo a mano, se puede situar por sus coordenadas, ver apéndice B.

5f) Delineación de la cuenca

[Arc Hydro Tools > Watershed Processing > Batch Watershed Delineation](#)

Esta herramienta dibuja la cuenca hasta el punto generado en el paso anterior. Esta herramienta tiene 6 Inputs y 2 Outputs:



Inputs: En todos los inputs ofrece por defecto los adecuados, excepto el que indica como “(optional)”, que no es opcional: si no se indica, no funciona.

Le aplico el mismo que en el cuadro anterior (“Cauces200”) [En ambos es la capa de cauces en raster]

Outputs:

Genera dos capas vectoriales, con los nombres que le he indicado:


- La cuenca (“Cuenca_Tormes”).
- El punto de salida (“Salida_Tormes”).

Ahora el punto de salida de la cuenca aparece en dos capas: En “Batch Point”, donde lo señalé, y en “Salida_Tormes”, que acaba de ser creada.

Sobre la capa Cuenca_Tormes hago botón derecho >> Attribute Table y aparece la superficie de la cuenca: 7119,24 km²):

OBJECTID *	Shape *	Shape Length	Shape Area	HydroID	Name
1	Polygon	696400	7119240000	178	Tormes_Total

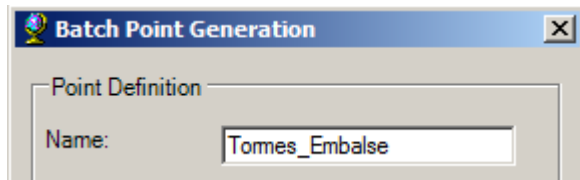
5g) Marcado de los puntos elegidos para las subcuencas

Igual que en 5e, pero en este caso marco cuatro puntos, picando primero en  (barra de herramientas ArcHydro) y luego picando en los puntos deseados:

- Tormes hasta Barco de Ávila
- Tormes hasta la salida del embalse de Santa Teresa
- Tormes hasta la ciudad de Salamanca
- Rio Almar (el mayor afluente que recibe el Tormes)

[El punto de desembocadura del afluente Almar ha sido marcado a estima, los otros tres, a partir de las coordenadas de los puntos. Ver Apéndice B]

Después de picar en cada punto elegido de los cauces aparece el mismo cuadro que ya vimos en 5e:



en el que indicamos el nombre de cada punto.

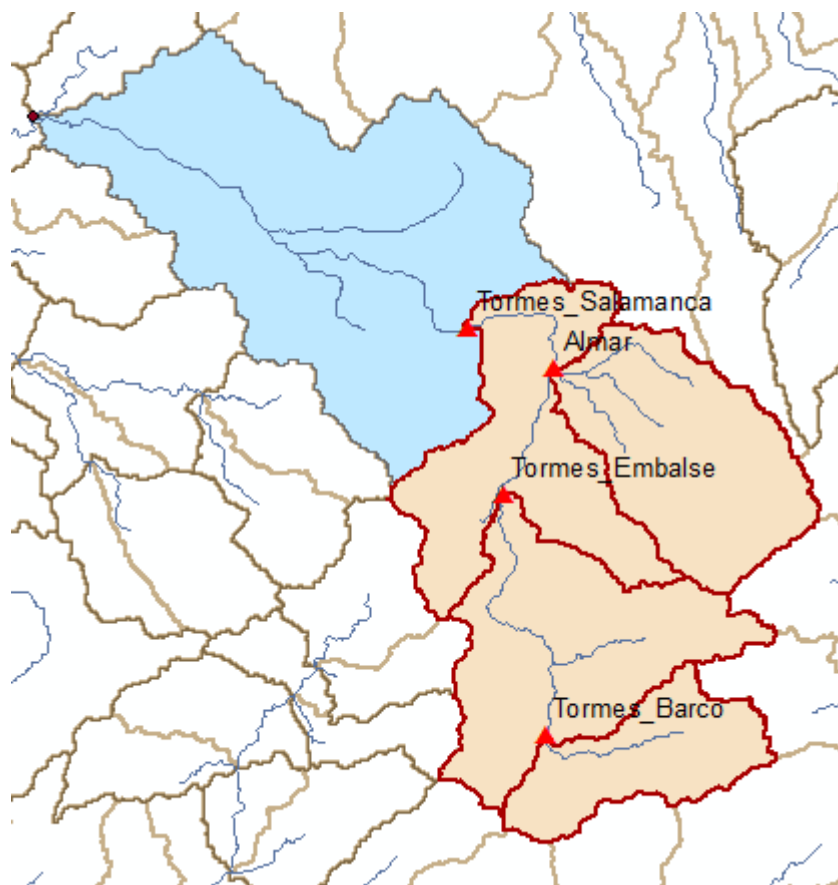
Todos estos puntos quedarán guardados en la capa "Batch Point" que se creó en 5e.

5h) Delineación de las subcuencas

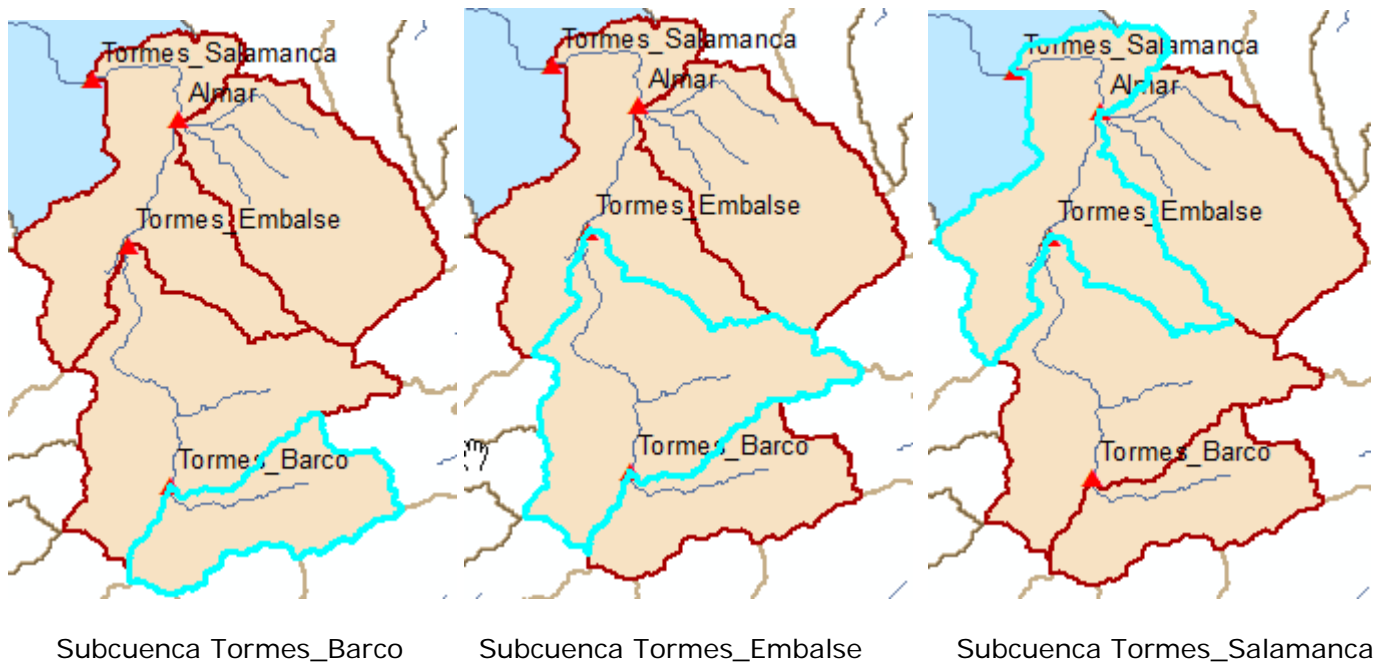
Arc Hydro Tools > Watershed Processing > Batch SubWatershed delineation

Input:	BatchPoint + Flowdir + Cauces200
Output:	Subcuencas + Salidas_subcuencas

Y se generan otras dos capas: una con las subcuencas y otra con los puntos:



En la imagen anterior aparecen visibles (además de otras capas anteriores) la capa "Cuenca_Tormes" (en azul) y sobre ella la capa "Subcuencas".



La subcuenca del Tormes hasta el Embalse (imagen central) **no** es todo el Tormes hasta el Embalse, sino el incremento de cuenca desde el punto anterior. Y análogamente la subcuenca generada hasta Salamanca es el incremento desde el punto anterior (Embalse) hasta Salamanca, pero sin incluir la subcuenca del Almar (ver imagen derecha).

Relación entre las herramientas de delimitar cuencas y subcuencas

El paso 5f no es necesario como previo al trazado de subcuencas. Marcando también el punto de la desembocadura del Tormes, y generando subcuencas habría se habría trazado también el último tramo: desde Salamanca hasta la desembocadura como otra subcuenca más.

Al contrario, podríamos no hacer subcuencas y delimitar cada subcuenca con el comando de delimitar cuencas, como hemos hecho para el Tormes completo: cada subcuenca se generaría en una capa distinta.

La principal diferencia entre ambas maneras de operar es que si hacemos subcuencas y el cauce pasa por dos puntos sucesivos, A y B, la subcuenca del segundo punto B nos proporcionará la subcuenca desde A hasta B, **no** toda la cuenca hasta B.

Si hemos realizado subcuencas y ahora deseamos la subcuenca Tormes hasta el Embalse completa, es fácil de conseguir editando la capa “Subcuencas” y sumando los polígonos “Tormes_Barco” y “Tormes_Embalse”.

Varias capas con los puntos elegidos en los cauces:

- 1) Capa generada al importar coordenadas desde el archivo Excel
- 2) Capa “BachPoint” donde se guardan los puntos que he marcado con la herramienta ✕
- 3) Una o varias capas generadas en el momento de crear cuencas y subcuencas

Apéndices

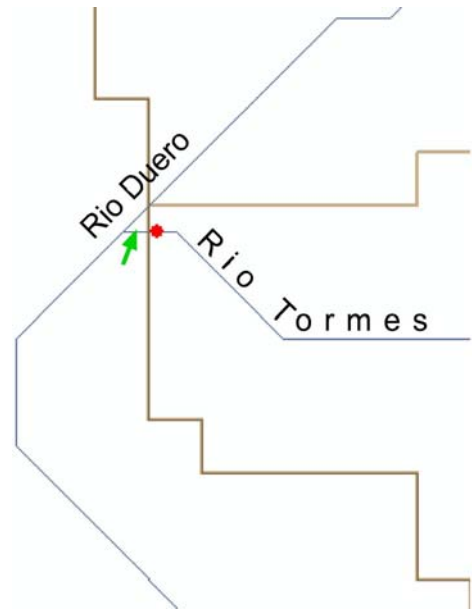
A) Precisión necesaria al marcar manualmente un punto de desembocadura

Como desembocadura del Tormes en el Duero hemos marcado el punto rojo (el que utilizará ArcMap para trazar la cuenca); está marcado lo más cerca posible de la desembocadura, pero **dentro de una subcuenca que pertenece al Tormes**. Si lo marcamos en el lugar indicado con la flecha verde (parecería más adecuado, ya que está más próximo a su llegada al Duero), el punto queda fuera de las subcuencas del Tormes (véase que está a la izquierda de la línea vertical que marca la subcuenca).

Generando la cuenca con el punto marcado en la flecha verde se obtiene el siguiente resultado (debajo):



La delimitación de la cuenca es errónea, ya que el Duero (que he marcado aquí con una flecha roja) aparece como un pequeño afluente del Tormes, cuando es él quien recibe al Tormes.



B) Cómo situar puntos por sus coordenadas

B1) Archivo Excel con las coordenadas de los puntos de Aforo:

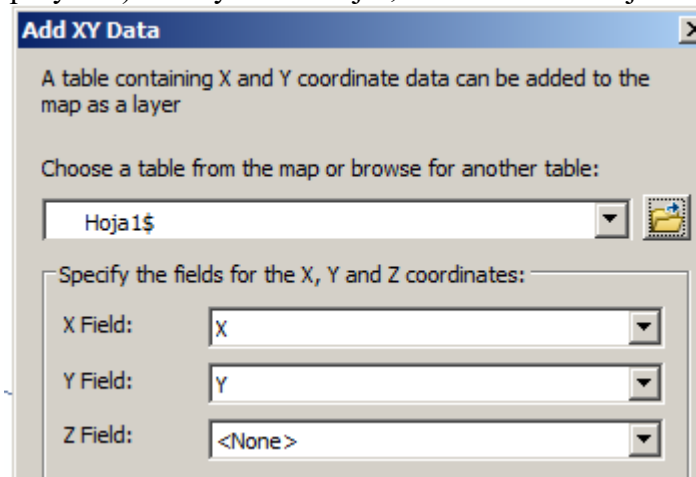
Preparo este archivo Excel con las coordenadas UTM de los puntos (mismo sistema de coordenadas establecido en el mapa). Para encontrarlo fácilmente desde ArcMap es mejor guardarlo dentro de la carpeta donde esté el proyecto.

COORd.xls				
	A	B	C	D
1				
2		X	Y	
3	Barco de Avila	794729.4	4473073.6	
4	Salida Embalse Sta Teresa	788047.9	4512403.6	
5	Salamanca	782165.9	4539596.8	
6				

B2) Importar estos datos a ArcMap

Menu File >>Add Data >> Add XY data...

Se busca el archivo Excel hecho en el paso anterior (Para encontrarlo, lo más sencillo es haberlo metido en la carpeta del proyecto). Si hay varias hojas, seleccionar la Hoja 1



En el mismo cuadro, en Description puede ofrecer las coordenadas geográficas que estamos usando en el mapa, si no hay que picar en Edit... y asignárselas.

Ya aparecen los puntos sobre el mapa. Aparece como una nueva layer (No me ha preguntado el nombre, se llama Hoja\$1Events porque era la Hoja1 de mi documento Excel)

