

PRÁCTICA 3-4-5

DELIMITACIÓN, PATRONES DE DRENAJE Y MORFOMETRIA DE LA CUENCA.

1 OBJETIVOS:

- Analizar parámetros morfométricos básicos de una cuenca hidrográfica.
- Determinar propiedades geométricas de shapefiles mediante la calculadora de campos.
- Identificar el patrón de drenaje característico de la cuenca, sus características y su relación con algunas características geológicas.

2 MATERIALES:

- Shapefile de curvas de nivel, drenaje sencillo, drenaje doble (Datos abiertos IGAC).
- Shapefile con puntos de interés.
- Software QGIS.

3 GENERALIDADES

El presente documento es el complemento para el desarrollo de la práctica de laboratorio 3,4 y 5 denominada ***Delimitación, patrones de drenaje y morfometría de la cuenca***. Este documento contiene algunas indicaciones acerca del manejo del software y algunas aclaraciones con respecto al desarrollo de la práctica, el estudiante debe leer, comprender y **entregar los resultados del desarrollo de la practica en el formato que se envía denominado 2_Entregables**. Para las lecturas, guías e información necesaria, el estudiante debe consultar la página web:

<https://juanjosealarcon20.wixsite.com/labgeomatica>

Para el diseño del mapa leer el documento ***Diseño_impresión***.

4 METODOLOGÍA

4.1 Identificación de la información existente:

Inicialmente es necesario que el estudiante identifique la información entregada por parte del docente, se debe conocer el número de grupo asignado, puesto que, cada uno posee un punto de interés diferente. Las coordenadas de los puntos de interés se presentan a continuación:

Grupo	Longitud	Latitud
1	-76.12691	7.88394

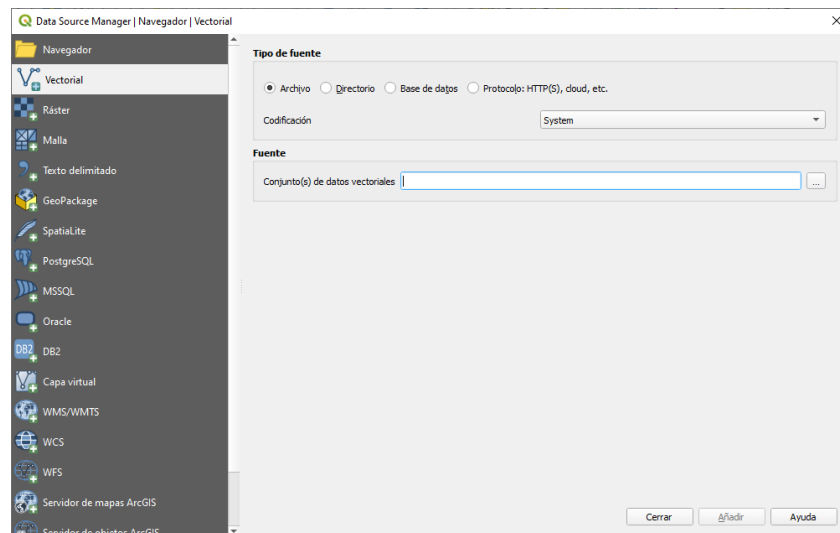
2	-76.17561	7.85503
3	-76.34941	7.74123
4	-76.30006	7.65753
5	-76.37193	7.4811
6	-76.20437	7.66336

Del mismo modo, información vectorial como curvas de nivel, drenaje sencillo, drenaje doble se entrega con un área delimitada con el fin de evitar el alto peso de los archivos, si se desea conocer la base de datos del país ingrese a datos abiertos del IGAC, escala 1:25.000. Es importante tener presente que la información posee el SRC MAGNA SIRGAS con código EPSG: 4686.

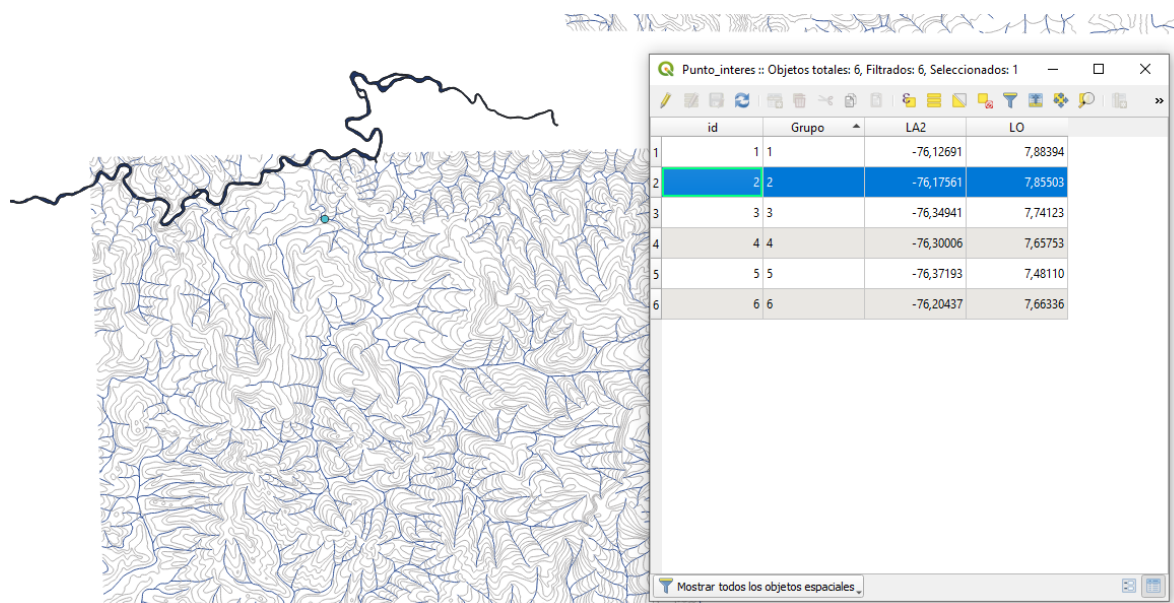
Recuerde que para ingresar los archivos Shape puede realizarlo desde la opción.



Seleccionar la pestaña *Vectorial* y en la fuente buscar los archivos shape, finalmente seleccionar añadir.

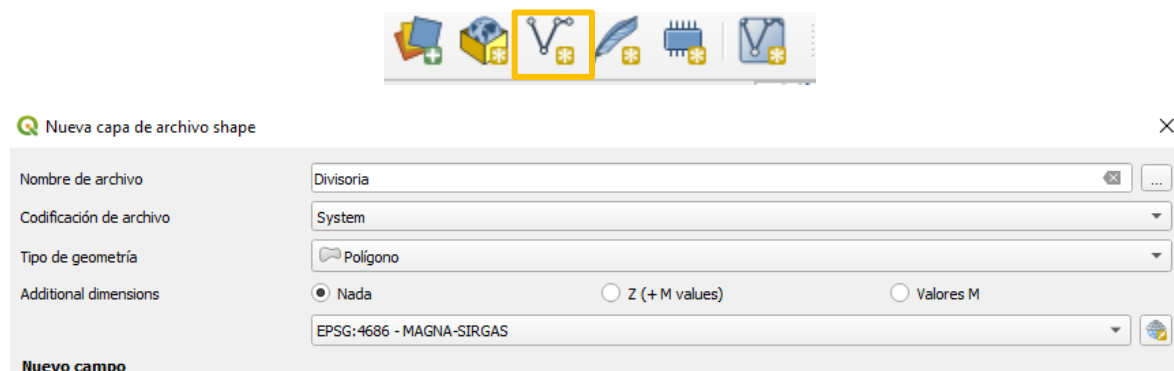


Una vez realizado este procedimiento, abrir la tabla de atributos del shape *Punto_interes* y seleccionar el número de grupo asignado. Oprimir la opción *Acercar el mapa a las filas seleccionadas* (🔍) e identificar el punto de interés.



4.2 Trazo de la divisoria y cálculo de sus propiedades geométricas:

A partir del punto de interés, inicie la creación de la divisoria de aguas; para ello, cree un shapefile con nombre divisoria, tipo polígono y con el sistema de coordenadas MAGNA SIRGAS. EPSG: 4686.

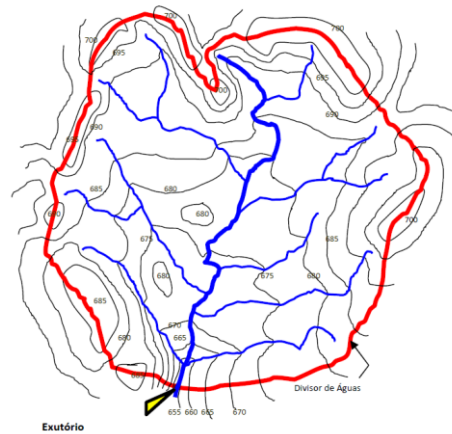


Para iniciar con la vectorización de la divisoria seleccione la opción conmutar edición (📏) y añadir polígono (📐). Diríjase al punto de interés, oprima click izquierdo, nótese que la cada vez que oprime click izquierdo se genera un vértice del polígono; para la creación de la divisoria tenga en cuenta que esta no puede cortar cauces. Para terminar la edición oprima click derecho.

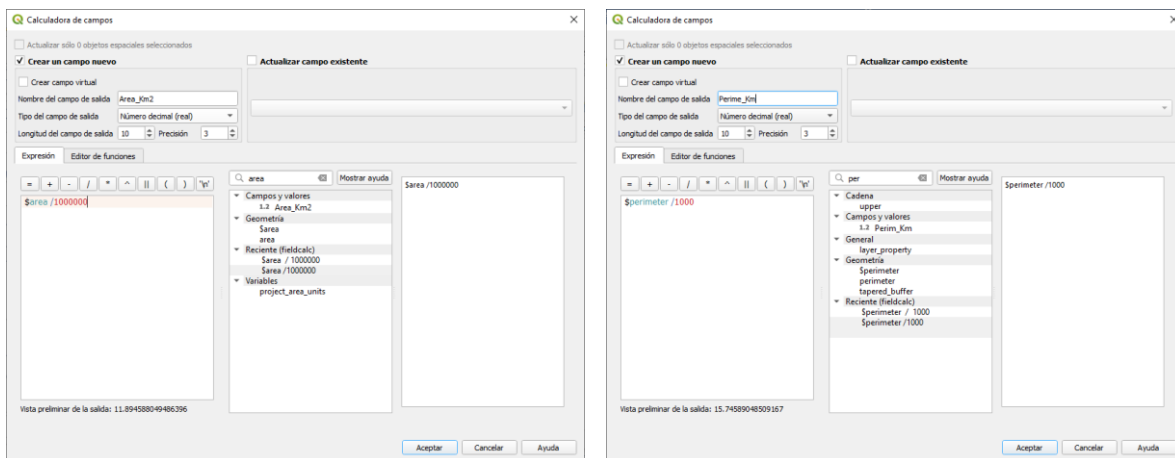
Con ayuda de la topografía determine la divisoria de aguas, los límites se establecen respecto a las partes más altas que están alrededor de la red de drenaje superficial, de tal manera que no llegue a cortar alguna corriente hídrica a excepción del punto de desagüe.

Cuando curvas del mismo valor están muy juntas significan una gran pendiente, pero si están muy separadas representan tierras planas. Curvas de forma cóncava hacia arriba y valores ascendentes

significan un curso de agua. Curvas de forma convexa hacia arriba y valores ascendentes, significan un cerro o montaña. A continuación, se muestra un pequeño esquema de la delimitación de una divisoria.



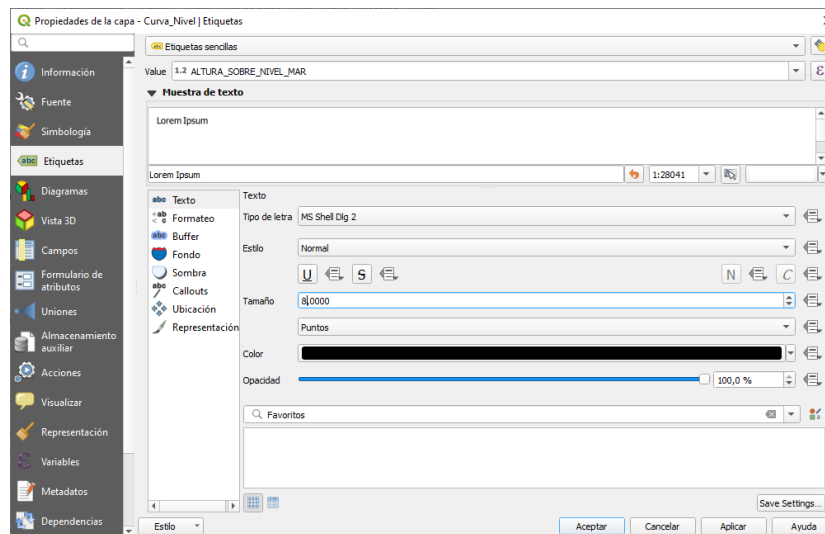
Abra la tabla de atributos de la divisoria, cree un campo denominado *Area_Km2* y uno denominado *Perimetro_Km*, recuerde que el tipo de valor sea entero decimal puesto que necesitamos valores no enteros, para este caso use una precisión de 3. Recuerde dividir el área por 1'000.000 y el perímetro por 1.000 para obtener los valores en Km2 y Km respectivamente.



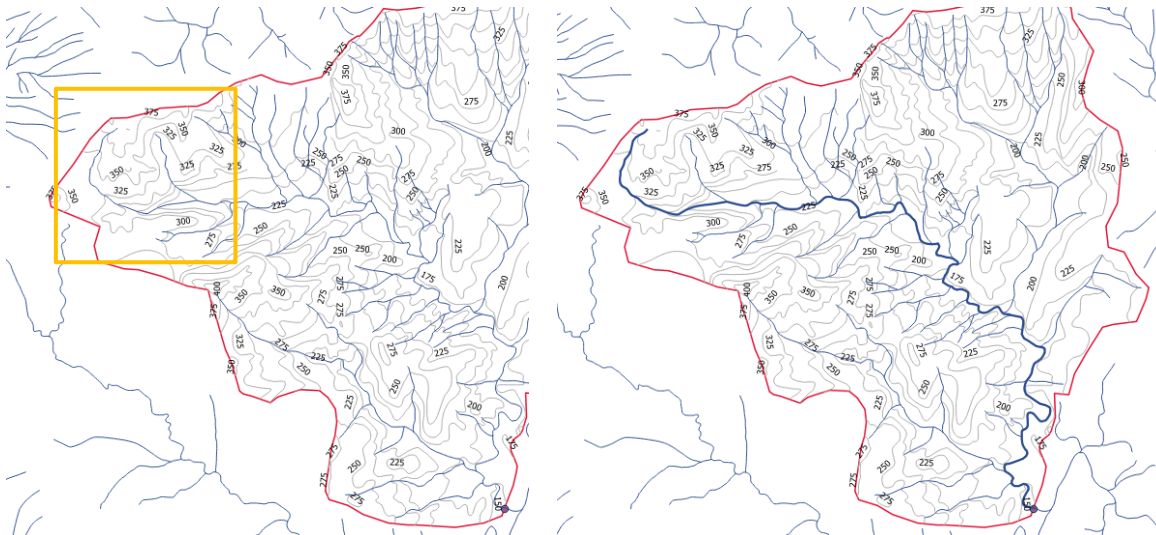
4.3 Longitud axial, longitud y ancho máximo.

Para la identificación de la longitud axial es necesario conocer inicialmente el cauce principal de la cuenca. Para ello, analice la topografía e identifique cual posee una mayor longitud y a su vez, nace de la cota más alta dentro de la divisoria. Para facilitar el proceso de la topografía, utilice un etiquetado simple con el campo *ALTURA_SOB* de la siguiente manera.

Oprima click derecho sobre la capa *curvas_nivel* y seleccione propiedades. En la misma ventana dirijase a la pestaña *etiquetas*. En la primera opción seleccione *etiqueta sencilla*, en la segunda *ALTURA_SOBRE_NIVEL_MAR*. Seleccione Aceptar.

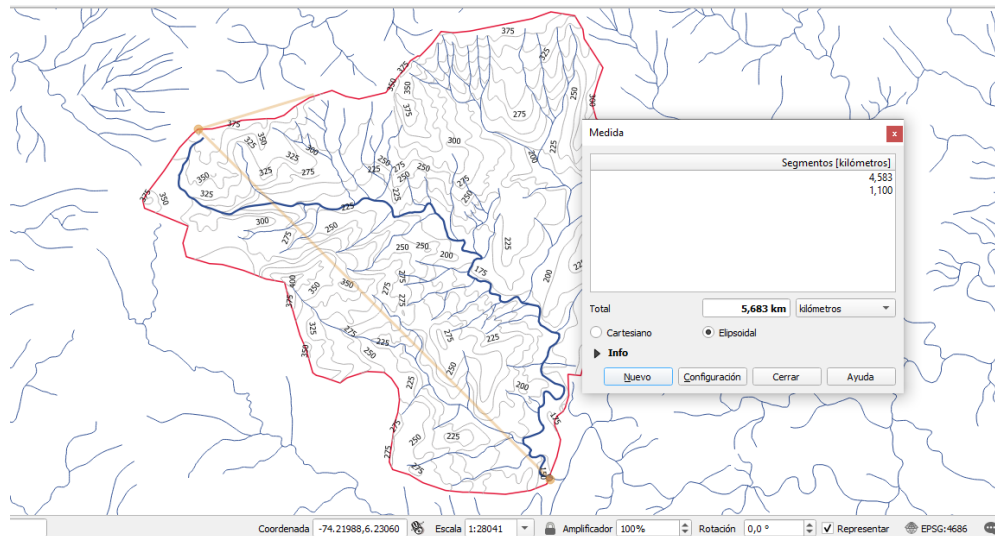


En mi caso, la zona de mayor elevación es la señalada en la figura. Razón por la cual, el cauce principal es el señalado en la figura del lado derecho, pues este, corresponde al cauce más largo y nace de la zona más alta de la cuenca de estudio.



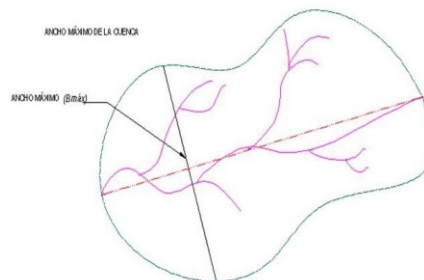
Una vez identificado el cauce principal, la longitud axial se define como la distancia entre la desembocadura y el punto más lejano proyectado del cauce principal de la cuenca, para determinar su longitud se hará uso de la herramienta medir () ubicada en la parte superior derecha del espacio de trabajo.

Seleccione la herramienta, en la opción de unidades seleccione Kilómetros, busque su punto de interés, oprima click izquierdo, diríjase a la proyección del cauce principal sobre la divisoria i oprima click izquierdo. Observe que en la ventana de segmentos se crea una medida, en mi caso, 4.58 Km, ese valor corresponde a la longitud axial. Oprima cerrar en la ventana de la herramienta medida.



Para la determinación de la longitud máxima, abra de nuevo la herramienta utilizada anteriormente, de nuevo, busque el punto de interés y de click izquierdo, mueva el cursor alrededor de la divisoria y donde encuentre la longitud máxima oprima click izquierdo, esa es la longitud máxima de la cuenca. Nota: Existen casos en los cuales, debido a la geometría de la divisoria, la longitud axial coincide con la longitud máxima, en el caso de esta cuenca es así, por ello, ambos valores son los mismos.

Finalmente, el ancho máximo de la cuenca es aquella longitud medida perpendicularmente a la longitud máxima. Como lo indica la siguiente figura.

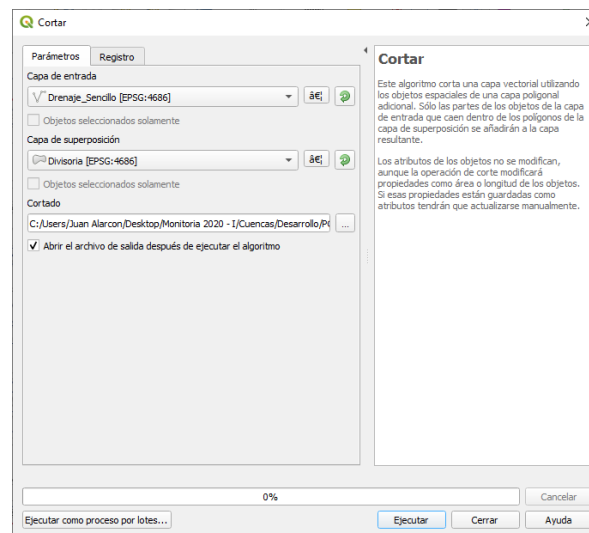


Las vertientes son aquellas zonas de la cuenca delimitadas por el cauce principal y la divisoria de la cuenca, para determinar sus áreas, utilice la herramienta medida ().

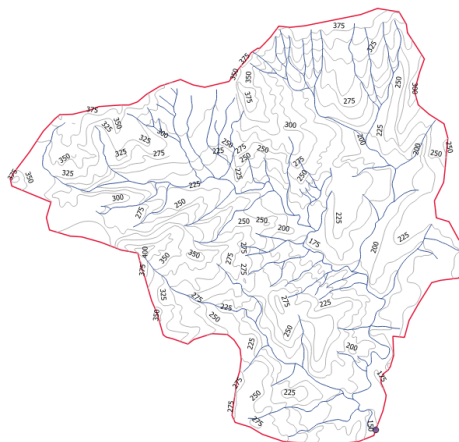
4.4 Red de drenaje:

El shapefile de *Drenaje_sencillo* posee un campo denominado *ESTADO_DRE*, este campo posee la clasificación de cauces, los cauces perennes poseen el valor de 5101 y los cauces con drenaje intermitente un valor de 5102. Para este caso, utilizaremos drenajes perennes e intermitentes.

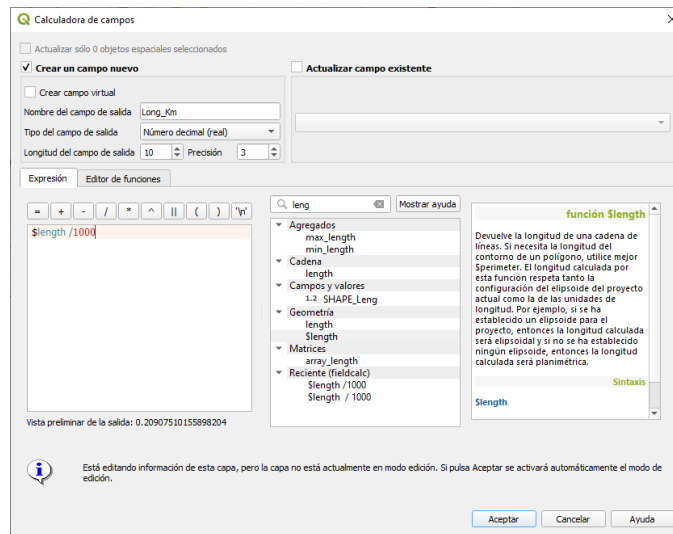
Para trabajar solamente con los drenajes dentro de la cuenca, utilizaremos la herramienta clip, para ello seleccione la opción de caja de herramientas () ubicada en la parte superior derecha del espacio de trabajo. En el cuadro de búsqueda escriba *clip*, seleccione la herramienta que se encuentra en la pestaña de superposición vectorial. En la primera opción seleccione el elemento que desea cortar, en este caso, el shape denominado *Drenaje_sencillo*, en la segunda opción seleccione el elemento frontera, en este caso, el shape denominado *Divisoria*, finalmente, seleccione guardar archivo y elija una ruta de salida. Seleccione ejecutar.



Observe que se crea un shape de nombre cortado, cambie el nombre de ese shape. Realice el mismo procedimiento con las curvas de nivel. Finalmente, contará con la divisoria, la red de drenaje y curvas de nivel de la cuenca, tal como se muestra en la figura.



Para conocer la longitud total de los cauces de la cuenca, abra la tabla de atributos del shape que contiene los cauces, cree un campo denominado Long_Km, abra la calculadora de campos, recuerde seleccionar el tipo de salida como número decimal y dividir la expresión \$length por mil para obtener el resultado en Km, como aparece en la figura.



Finalmente, dirijase a la herramienta mostrar resumen estadístico (Σ) ubicada en la parte superior derecha del espacio de trabajo.

En la primera opción seleccione el shapefile que contiene los drenajes dentro de la cuenca, en la segunda el campo creado en el paso anterior. Una vez termina la herramienta, ella genera los datos estadísticos básicos que posee el campo, en este caso nos interesa la suma de las longitudes de los drenajes que es de 47.17 Km como se presenta en la figura.

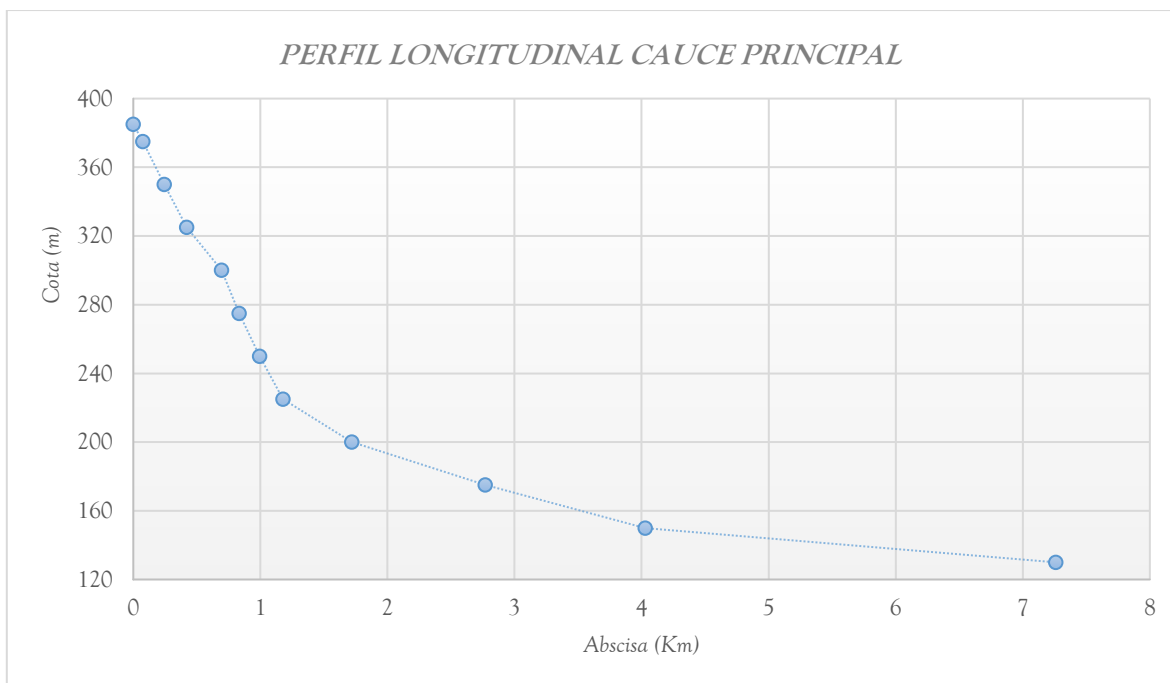
Estadísticas	
Cauces	
1.2 Long_Km	
Estadística	Valor
Número	82
Suma	47.166
Media	0.575195
Mediana	0.418
Desv est (pop)	0.613498
Desv est (muestra)	0.617273

4.5 Perfil longitudinal cauce principal y pendiente media :

4.5.1 Perfil longitudinal

Una vez identificado el cauce principal es necesario conocer aquellos puntos en los cuales, su geometría pasa por curvas de nivel, para ello, utilizando la herramienta medida, trace segmentos del cauce e identifique la elevación de la cota que atravesase, con base en esos datos, genere una tabla como la que se presenta a continuación, además de crear un perfil longitudinal como el presentado más adelante.

ABSCISA (KM)	COTA (M)
0	380
0.076	375
0.169	350
0.172	325



4.5.2 Pendiente media del cauce principal:

- *Pendiente media:* La pendiente media se define como el cociente entre la diferencia de cotas máxima y mínima sobre la longitud total del cauce principal.
- *Método de Taylor:* El método de Taylor consiste en subdividir en segmentos el cauce y determinar su pendiente. Se realiza la suma de la ultima columna y se divide la longitud total del cauce por este resultado, ese valor se eleva al cuadrado y se obtiene la pendiente media del cauce por el método de Taylor. A continuación se presenta un ejemplo.

COTA (m)	PROGRESIVA (Km)	Li (Km)	Si (%)	Li/(Si)^0.5
385.00	0	-	-	-
375.00	0.076	0.08	13.16	0.02
350.00	0.244	0.09	27.17	0.02
325.00	0.421	0.01	277.78	0.00

300.00	0.694	0.10	26.04	0.02
275.00	0.834	-0.13	18.80	-0.03
250.00	0.994	0.02	125.00	0.00
225.00	1.179	0.03	100.00	0.00
200.00	1.719	0.36	7.04	0.13
175.00	2.769	0.51	4.90	0.23
150.00	4.029	0.21	11.90	0.06
130.00	7.259	1.97	1.02	1.96
LONG	7.259	SUMA	2.41	

$$Pendiente\ taylor = \left(\frac{7.26\ Km}{2.42\ Km} \right)^2 = 9.06\%$$

4.6 Partes de la cuenca, orientación y posición:

Las partes de la cuenca se deben determinar a partir del perfil longitudinal del cauce principal, puesto que, mediante la representación de este es posible evidenciar cambios bruscos de pendiente. La parte alta de la cuenca es característica por pendientes fuertes, por ello, esta parte va desde la divisoria hasta aproximadamente la cota 220m, la parte media desde la cota 220m hasta aproximadamente la cota 155m y finalmente la parte baja desde la cota 155m hasta la desembocadura o punto de interés.

La orientación de la cuenca se define con base en el sentido del flujo del cauce principal, basta con mencionar el cuadrante topográfico que sigue el cauce, en el caso de la cuenca analizada, posee una orientación SE.

La posición hace referencia al espacio que ella ocupa, comúnmente esto se representa mediante coordenadas máximas y mínimas. En mi caso, la cuenca analizada posee la siguiente posición.

CARACTERÍSTICA	COORDENADA
Latitud mínima	6.1973
Latitud máxima	6.2378
Longitud mínima	-74.2338
Longitud máxima	-74.1915

4.7 Elevación media de la cuenca:

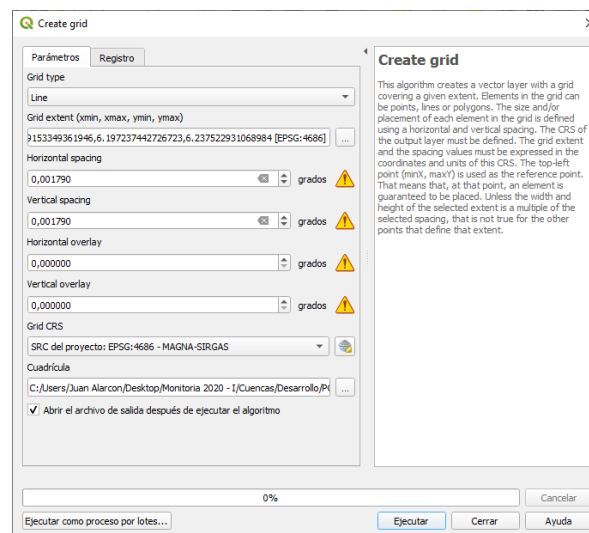
4.7.1 Método cuadrícula

El método de la cuadrícula consiste en determinar la cota de las intersecciones de una grilla con un determinado espaciamiento. Hasta este punto, el espacio de trabajo ha estado configurado sistema de

referencia geográfico, es oportuno conocer que 1° corresponde aproximadamente a 111.3 Km, esta información será necesaria para el uso de la herramienta de grilla.

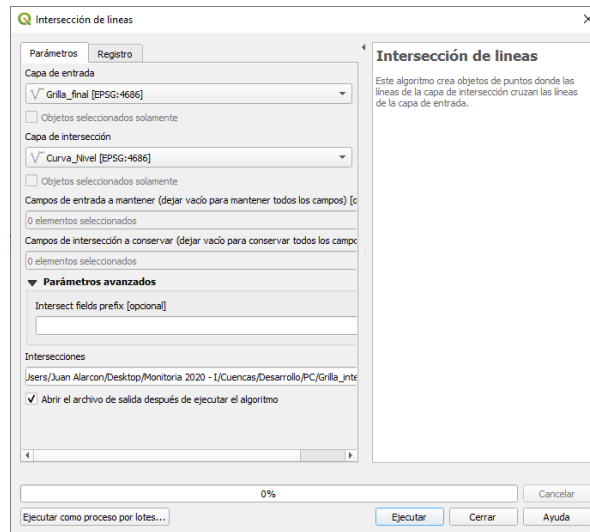
Para generar una grilla, seleccione la opción de caja de herramientas () ubicada en la parte superior derecha del espacio de trabajo. En el cuadro de búsqueda escriba *grid*, seleccione la herramienta que se encuentra en la pestaña creación de vectores.

En la primera opción seleccione *línea*, en la segunda elija *usar la extensión de una capa* y seleccione el shape que posea la divisoria. Observe que existen unas advertencias en las opciones siguientes, eso sucede debido a que el sistema de referencia del espacio de trabajo es de tipo geográfico, asumiendo que el espaciamiento de la grilla serán 200m, utilizando la equivalencia presentada con anterioridad, correspondería a 0.00179° aproximadamente, digitamos ese valor en la tercera y cuarta opción. En la última opción seleccionamos la ruta de salida del archivo.



Una vez ejecutada la herramienta se genera una grilla, es posible verificar mediante la herramienta medida () su espaciamiento. Del mismo modo que se realizó con las curvas de nivel y drenajes, se procede a recortar la grilla para obtener solamente la que se encuentra dentro de la cuenca.

Es necesario generar un campo denominado Long_Km en el shape de la grilla dentro de la cuenca, ya que esto se utilizará en el calculo de la pendiente media. Una vez calculado la longitud de cada línea, se procede a buscar en la caja de herramientas () la opción de *intersección de líneas*. En la primera opción seleccione el shapefile que contenga la grilla recortada, en la segunda opción el shapefile de curvas de nivel y finalmente seleccione la ubicación del archivo de salida.



Una vez ejecutada la herramienta es posible observar que se genera una serie de puntos en aquellas zonas donde las curvas de nivel se cruzan con la grilla generada. Observe que en la tabla de atributos del shape generado se encuentra un campo denominado *ALTURA_SOB*. Mediante la herramienta mostrar resumen estadístico () , seleccione en la primera opción la capa generada, en la segunda opción el campo *ALTURA_SOB*, observe el valor de la media, pues este corresponde a la elevación media de la cuenca por el método de la cuadrícula. En mi caso, 261.47m.

Estadística	Valor
Número	780
Suma	203950
Media	261.474
Mediana	250
Desv est (pop)	56.6116
Desv est (muestra)	56.648

4.7.2 Método de Área/Elevación

Se sugiere consultar los ejemplos de Hidrología básica, Henry Jiménez.

4.8 Pendiente media de la cuenca:

4.8.1 Método de Alvord

El método de Alvord considera la longitud de las curvas de nivel dentro de la cuenca, la equidistancia de las curvas y el área de la misma, la ecuación para determinar la pendiente por el método de Alvord se presenta a continuación:

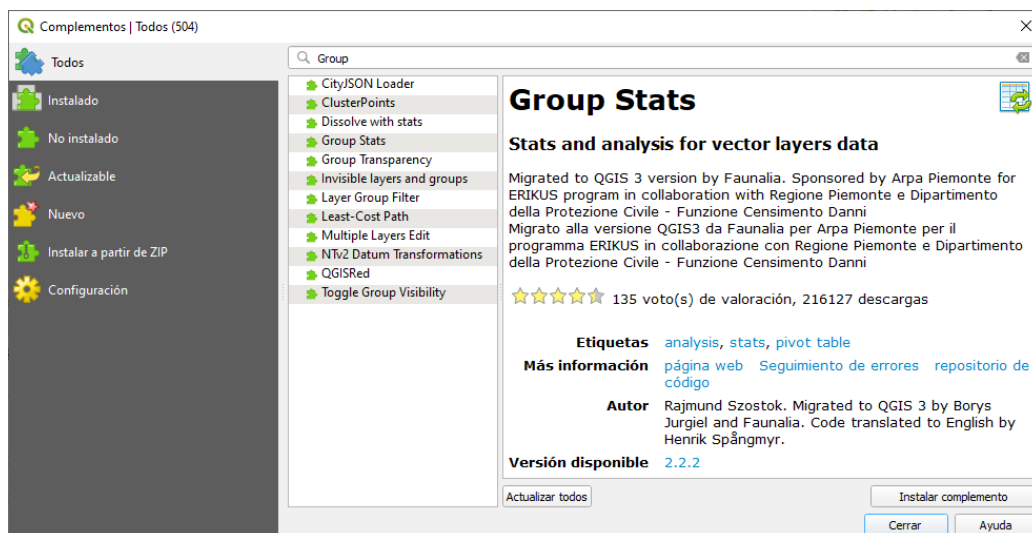
$$Sm \text{ Alvord} = \left(\frac{\text{Equidistancia (Km)} * \sum \text{longitud curvas nivel (Km)}}{\text{Area de la cuenca (Km2)}} \right)$$

Para determinar la longitud de las curvas de nivel es necesario crear un campo en la tabla de atributos del shape que contenga las curvas dentro de la cuenca. Realizar la sumatoria del campo mediante la herramienta de resumen estadístico (Σ). Para conocer la equidistancia de las curvas basta con etiquetar las curvas del mismo modo que se realizó en la etapa de la identificación del cauce principal.

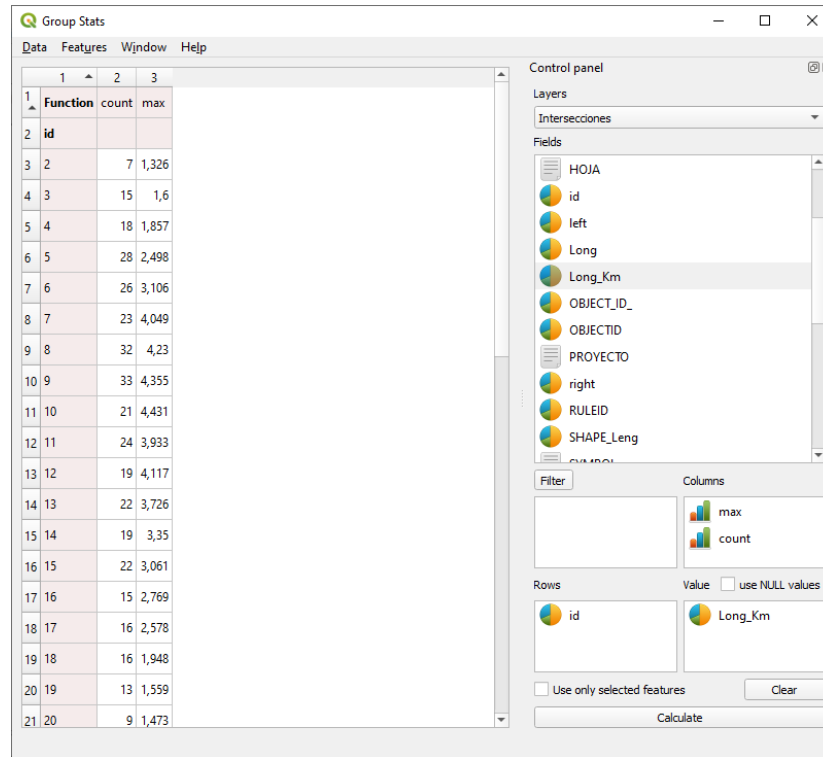
4.8.2 Método de Horton

El método de Horton considera una cuadrícula donde tiene presente la longitud de cada línea y el número de veces que la cuadrícula se intercepta con las curvas de nivel. Para ello, es necesario utilizar el shapefile generado para la determinación de la elevación media.

Es posible evidenciar que, dentro de su tabla de atributos, este shape posee un campo denominado id (posee el indicador de la línea de la grilla), así como un campo denominado Long_Km, el cual, posee la longitud de cada línea de la grilla. A este punto, es necesario conocer cuantas veces cada línea cruza curvas de nivel, para determinar esto de manera automática, se usará un complemento de QGIS denominado Group Stats. Para su descarga dirijase a la pestaña Complementos > Administrar complementos. En la pestaña Todos, busque Group, seleccione el complemento y seleccione *Instalar complemento*. Una vez instalado, asegúrese que el complemento se encuentre con un check (☒  Group Stats).



Busque el símbolo del complemento (), ejecute la herramienta, en la pestaña *Layers* seleccione la capa que contiene las intersecciones, en la ventana *Columns* arraste la opción de max y count, en la ventana *Rows* arrastre el campo id y finalmente en la ventana *Value* arrastre el campo Long_Km. Seleccione calcular. Observe que cada línea posee la cantidad de intersecciones que posee y su longitud.



Seleccione la opción *Data > Copy all to clipboard*. Abra un documento en Excel, pegue los elementos copiados y obtenga la suma de la columna count y de la columna max. El resultado de la columna count será el valor de N y el resultado de la columna max será el valor de L en la siguiente ecuación.

$$Sm\ Horton = \left(\frac{1.57 * N * Equidistancia\ curvas\ de\ nivel\ (Km)}{L\ (Km)} \right)$$

4.9 Tiempo de concentración:

Se conoce como el tiempo que tarda una partícula de agua caída en la cuenca en el punto más alejado hasta el punto de desagüe. Se deben determinar, por lo menos, los tiempos de concentración de acuerdo con Kirpich y Temez.

- Por Kirpich:

$$Tc = 0.06626 * \left(\frac{Lp^2}{S} \right)^{0.385} \quad (Ec. 3)$$

- Por Temez:

$$Tc = 0.126 * \frac{Lp^{0.75}}{Sm^{0.35}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

- Lp: Longitud cauce principal (Km).
- S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).
- Sm: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

4.10 Patrones de drenaje:

El estudiante debe realizar la lectura **3_Patrones**, con base en ella, debe analizar el patrón de drenaje característicos de la cuenca y analizar las relaciones de este con las propiedades geológicas del suelo.