



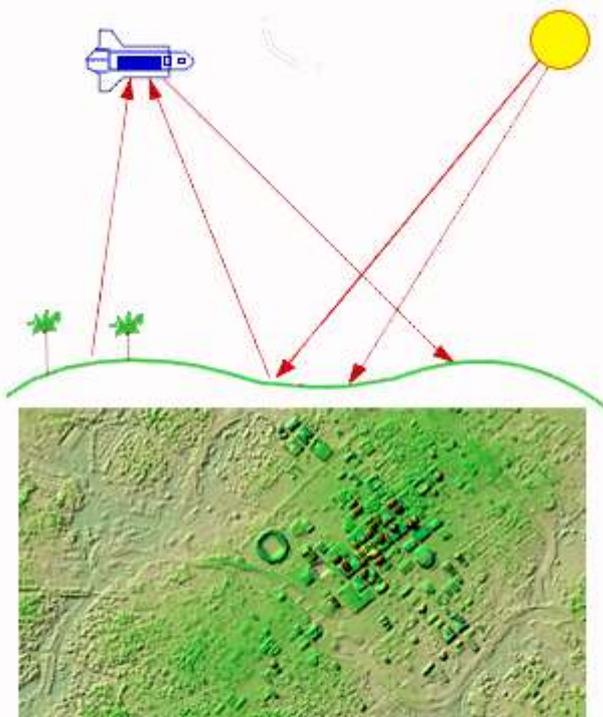
UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA DE LA SELVA



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MANUAL DE ArcGIS® 10

NIVEL INTERMEDIO



Ing. Ronald Puerta Tuesta MSc.
Ing. Juan Rengifo Trigozo
Bach. Nino F. Bravo Morales

edición



2013

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEDETECCIÓN.....	8
1.1. Teledetección o percepción remota	8
1.2. Componentes de un Sistema de Teledetección	8
1.2.1. Fuente de energía.....	8
1.2.2. Superficie Terrestre.....	8
1.2.3. Sistema Sensor.....	8
1.2.4. Sistema de Recepción	8
1.2.5. Interpretación	8
1.3. Fundamento físico de la teledetección	9
1.4. Espectro electromagnético	10
1.5. Sensores Remotos	12
1.5.1. Sensores Pasivos	12
1.5.2. Sensores Activos	12
1.6. Resolución del Sensor Remoto	12
1.6.1. Resolución Espacial.....	12
1.6.2. Resolución Espectral	13
1.6.3. Resolución Radiométrica:.....	13
1.6.4. Resolución Temporal:.....	13
1.7. Imagen satelital	13
1.7.1. El formato ráster	14
1.7.2. Elementos que componen una capa ráster.....	15
1.7.3. Imagen Landsat	17
1.7.4. Combinación de bandas con Landsat	20

1.7.5.	Análisis visual de imágenes de satélite (composición color)	21
1.7.6.	Cálculo de NDVI	21
CAPÍTULO II.	CONCEPTO BÁSICO DE MODELADO DE SUPERFICIE Y MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN	23
2.1.	Modelo	23
2.1.1.	Modelo icónicos	23
2.1.2.	Modelo análogos	23
2.1.3.	Modelo simbólicos	24
2.2.	Modelo digital del terreno (MDT)	24
2.3.	Modelo digital de elevación (MDE)	24
2.4.	Construcción del MDE	25
2.5.	Aplicaciones de los MDT	25
2.6.	Interpolación para hallar la altura	26
2.6.1.	IDW “Inverse Distance Weighted” (ponderación por distancia)	26
2.6.3.	Kriging	29
2.7.	Interpolación a partir de triángulos irregulares (TIN)	34
CAPÍTULO III.	CONCEPTOS BÁSICO DE MANEJO INTEGRADO DE UNA CUENCA	35
3.1.	Cuenca hidrográfica	35
3.2.	Sistema de drenaje	36
3.3.	Procesos de modelado del terreno	36
3.3.1.	Modelo de elevación digital	36
3.3.2.	Explorar modelos digitales de elevación	37
3.4.	Determinación de Cuencas Hidrográficas	38
3.5.	Redes Hidrográficas	39
3.5.1.	Método de Shreve	40

3.5.2.	Método de Strahler.....	40
3.6.	Características de escorrentía	41
3.6.1.	Acumulación de flujo	42
3.6.2.	Dirección de flujo	43
3.6.3.	El arroyo a entidad.....	44
CAPÍTULO IV.	PROCEDIMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES Y AÉREAS.....	46
4.1.	Descargar imágenes satelitales de GLCF	46
4.1.1.	Modo de búsqueda: Mapa.....	46
4.2.	Combinación de bandas en ArcGIS 10	49
4.3.	Combinación de bandas con Imagen Analysis	52
4.4.	Calcular el NDVI y la transformación Tasseled Cap.....	53
4.4.1.	Calculo de NDVI con Raster Calculator.....	53
4.4.2.	Calculo de NDVI con Imagen Analysis	55
4.4.3.	Calculo de transformación Tasseled Cap.....	56
CAPÍTULO V.	ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y MORFOMÉTRICO DE CUENCAS UTILIZANDO ARCGIS 10	58
5.1.	Creación del TIN.....	60
5.2.	Conversión de TIN to ráster.....	61
5.3.	Herramienta Fill sinks.....	62
5.4.	Herramienta dirección del flujo (Flow direction tool)	63
5.5.	Herramienta acumulación del flujo (Flow accumulation tool)	65
5.6.	Stream definition.....	67
5.7.	Stream Link	68
5.8.	Stream Order	69
5.9.	Stream to Feature	70
5.10.	Feature Vertice To Point	71
5.11.	Crear un shapefile tipo punto.....	72

5.12.	Editamos el punto de inicio de la cuenca	74
5.13.	Delimitación de una cuenca (Watershed).....	76
5.14.	Conversión de raster to polígono	77
5.15.	Determinación del área y perímetro de la cuenca	78
5.16.	Creación del perfil de red de drenaje	79
CAPÍTULO VI.	MAPA DE ALTITUD DE LA CUENCA	82
6.1.	Extraer un ráster en forma de un polígono.....	82
6.2.	reclasificar altitud	83
6.3.	Convertir raster to polygon.....	85
6.4.	Utilización de tabla de atributo	86
CAPÍTULO VII.	MAPA DE PENDIENTE DE LA CUENCA.....	88
7.1.	Herramienta Slope	88
7.2.	Reclasificar pendiente	89
7.3.	Mejoramiento de la clasificación	91
7.4.	Conversión de ráster a polígono	91
7.5.	Utilización de tabla de tributo.....	92
7.5.1.	Creación de una columna	92
7.5.2.	Selección de una característica	93
7.5.3.	Determinación del área en hectárea.....	97
7.5.4.	Eliminar polígonos fusionándolos con polígonos vecinos	99
CAPÍTULO VIII.	MAPA FISIAGRÁFICO DE CUENCA	100
8.1.	Característica de un mapa fisiográfico	100
8.2.	Intersección de altitud y pendiente.....	100
CAPÍTULO IX.	ANÁLISIS DE IMAGEN SATELITAL EN LA CUENCA	104
9.1.	Composición en Color Natural RGB 321	105
9.2.	Composición en falso color RGB 432	107

9.3. Composición en Falso Color RGB 453	108
9.4. Composición en Falso Color RGB 742	109
9.5. Composición en Falso Color RGB 341	110
9.6. Composición en Falso Color RGB 531	111
CAPÍTULO X. OPERACIONES CON EL MODULO DE SPATIAL ANALYST	112
10.1. Interpolación IDW	114
10.2. Determinación del contorno o curva de nivel	115
10.3. Interpolación Kriging	116
BIBLIOGRAFÍA	117

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro	Pág.
1. Características de la región espectral	11

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Pág.
1. Componentes de un sistema de teledetección	09
2. Espectro electromagnético	10
3. Componentes de una imagen digital	14
4. Modelos digitales. Codificación de una variable cuantitativa ráster	16
5. Modelos digitales. Codificación de una variable cualitativa ráster	16
6. Bandas de la Imagen Landsat-7 ETM+	19
7. Composición de colores.	21
8. Maqueta de la tierra del modelo icónico	23
9. Mapa de huánuco	23
10. Modelo simbólico de Tingo María	24

11. Modelo IDW de interpolación.....	28
12. Modelo Splines de interpolación.....	29
13. Modelo Kriging de interpolación	33
14. Interpolación de los 3 métodos.....	34
15. Esquematización de una cuenca hidrográfica	35
16. Modelo de digital de elevación	37
17. Delimitación de una cuenca y punto de fluidez.....	40
18. Redes del método Shreve	40
19. Redes del método Strahler	41
20. Monograma de modelo hidrológico	42
21. Modelo de la acumulación de flujo	43
22. La codificación de la dirección de flujo	44
23. Comparación de métodos de vectorización de ráster.....	45

CAPÍTULO I. CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEDETECCIÓN

1.1. Teledetección o percepción remota

Es la adquisición de información sobre un objeto a distancia, esto es, sin que exista contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador (SOBRINO *et al.*, 2000).

1.2. Componentes de un Sistema de Teledetección

Los elementos básicos que influyen en la Teledetección son:

1.2.1. Fuente de energía

Representa de donde proviene la radiación electromagnética que es captada por el sensor; provenientes desde un foco exterior al sensor (Sol), o emitida por el mismo.

1.2.2. Superficie Terrestre

Corresponde a todas las coberturas que se encuentran en la superficie terrestre, vegetación, agua, construcciones humanas, etc. Que absorben y reflejan la señal energética según sus propias características físicas.

1.2.3. Sistema Sensor

Compuesto por el sensor y la plataforma satelital en que se encuentra; es el que recibe la información de las cubiertas, las codifica, las almacena y posteriormente las envía al Sistema de Recepción.

1.2.4. Sistema de Recepción

Recibe y Graba la información emitida por el satélite, realizándoles algunas correcciones y las distribuye.

1.2.5. Interpretación

Convierte la información según las necesidades propias, realizando tratamiento visual y digital, para el estudio que esté realizando.

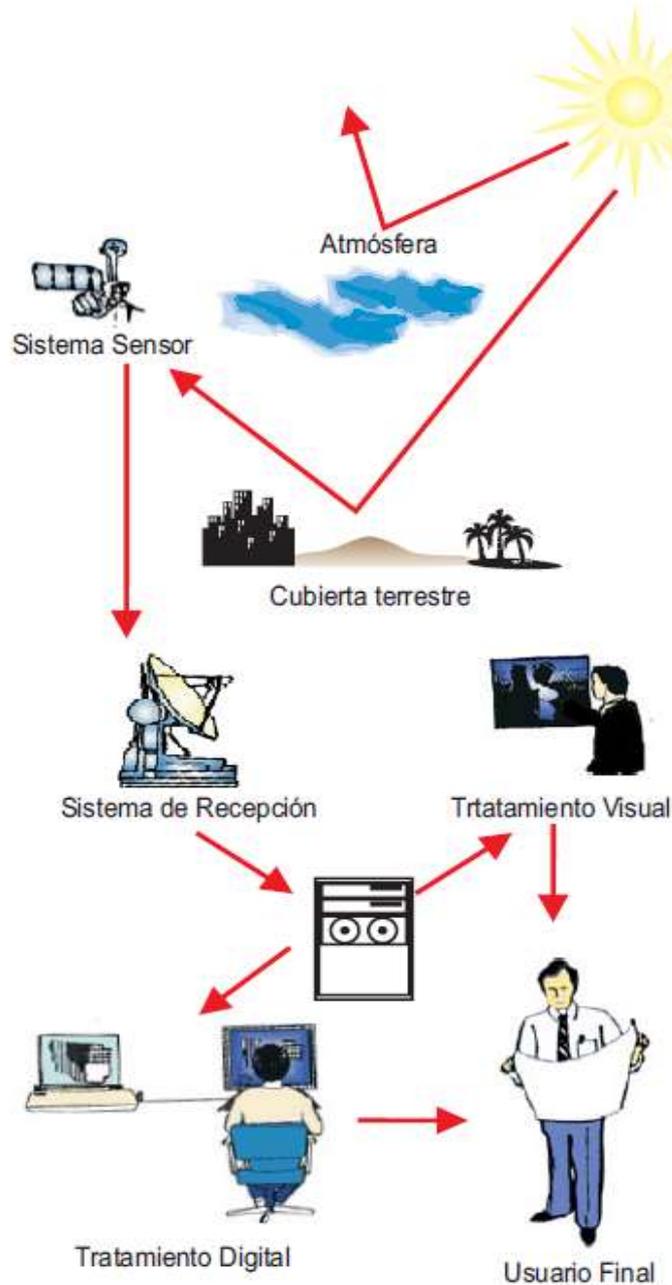


Figura 1. Componentes de un sistema de teledetección.

1.3. Fundamento físico de la teledetección

Teledetección es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos y el sensor. En este caso la

interacción va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

- Radiación solar reflejada por los objetos(luz visible e infrarrojo reflejado)
- Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico)
- Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar)

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa.

1.4. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético se divide en regiones que se basan en longitudes de onda, que pueden ir desde los Rayos Gamma con longitudes de onda corta 10^{-12} μm , hasta las ondas de radio con longitudes de hasta kilómetros. Esas regiones antes nombradas se les denomina bandas, las cuales tienen sus propias frecuencias medidas en Hertz y longitudes de ondas que van desde los micrómetros hasta los kilómetros.

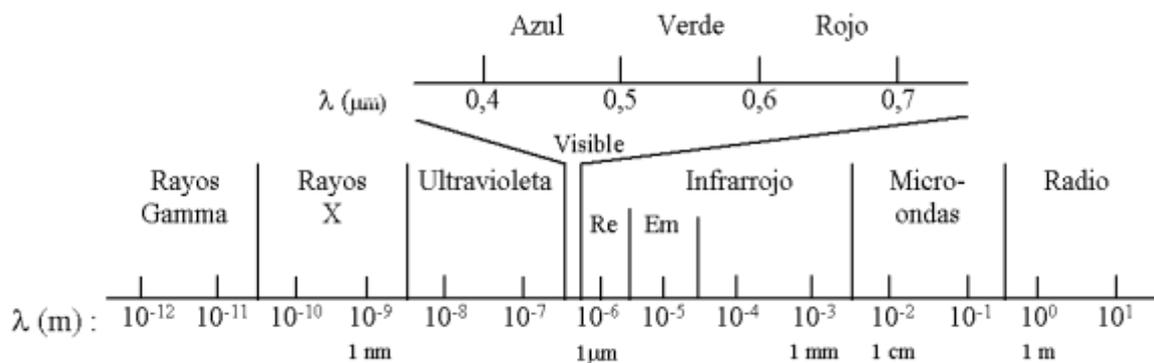


Figura 2. Espectro electromagnético

A continuación se muestra un esquema del espectro electromagnético que representa las características de cada región espectral.

Cuadro 1. Características de la región espectral

Región Espectral (bandas)	Longitud de onda (λ)	Características
Rayos Gamma	< 0,03 nm	Radiación completamente absorbida por las capas superiores de la atmósfera. No se usa en teledetección
Rayos X	0,03 - 30 nm	Radiación completamente absorbida por la atmósfera. No se usa en teledetección
Ultravioleta	0,03 - 04 μ m	La radiación con $\lambda < 0,3 \mu$ m es completamente absorbida por la capa de ozono
Visible (azul, verde y rojo)	0,4 - 0,7 μ m	Se puede detectar a través de fotodetectores y películas fotosensibles normales (color y B/N).
Infrarrojo Próximo	0,7 - 1,3 μ m	Discrimina masas vegetales y concentraciones de humedad.
Infrarrojo Medio	1,3 - 8 μ m	Estima contenido de humedad en la vegetación y detección de focos de alta temperatura.
Infrarrojo Térmico	8 - 14 μ m	detecta el calor proveniente de la mayor parte de la cubierta terrestre
Micro-Ondas	0,1 - 100 cm	Radiación de grandes longitudes de onda, capaces de penetrar nubes, nieblas y lluvia
Ondas de Radio	> 100 cm	Radiación con las mayores longitudes de onda del espectro. Usadas en telecomunicaciones

1.5. Sensores Remotos

Es el instrumento que se encuentra en la plataforma satelital capaz de captar la energía procedente de la cubierta terrestre. Existen dos tipos de sensores:

1.5.1. Sensores Pasivos

Están limitados a recopilar y almacenar la energía electromagnética emitida por las cubiertas terrestres, que son reflejadas por los rayos solares o provenientes de su propia temperatura. Estos sensores se clasifican en: sensores fotográficos (cámaras fotográficas), sensores óptico-electrónicos (exploradores de barrido y empuje, y las cámaras de vidicón), y los sensores de antena (radiómetros de micro-ondas).

1.5.2. Sensores Activos

Tienen la capacidad de emitir su propio haz de energía, el que luego de la reflexión sobre la superficie terrestre es recibido por el satélite. El sensor más conocido es el Radar (radiómetro activo de micro-ondas), el que puede trabajar en cualquier condición atmosférica. El otro sensor conocido es el Lidar.

1.6. Resolución del Sensor Remoto

La resolución de un sistema sensor como su habilidad para discriminar información de detalle; depende del efecto combinado de todos sus componentes físicos del sistema.

1.6.1. Resolución Espacial

Es la capacidad que tiene el sensor de distinguir el objeto más pequeño sobre la imagen. Este objeto se visualiza en la unidad mínima de información representada en la imagen, al que se le denomina píxel (Píxel: es un elemento de una imagen de dos dimensiones, el cual es el más pequeño e indivisible de una imagen digital).

1.6.2. Resolución Espectral

Indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor.

1.6.3. Resolución Radiométrica:

Relacionado con la sensibilidad del sensor, es decir, a su capacidad de detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. Se expresa en el número de bits de cada uno de los elementos contenidos en la imagen. Generalmente es $2^8 = 256$ niveles por píxel.

1.6.4. Resolución Temporal:

Frecuencia o periodicidad con que el sensor adquiere imágenes de la misma área de superficie terrestre, siempre en función de las características orbitales del satélite (altura, velocidad e inclinación) y de las características del sensor.

1.7. Imagen satelital

Las Imágenes Satelitales están confeccionadas por matrices, en las que cada celda representa un píxel, las dimensiones de este píxel dependerá de la Resolución espacial del sensor. Los sensores registran la radiación electromagnética que proviene de las distintas coberturas y las almacena en cada píxel, de acuerdo a los intervalos de longitudes de onda, en las que este programado el sensor para captar.

Esta energía electromagnética es representada en cada píxel por un valor digital al cual se le agrega una tonalidad, este valor es llamado Nivel Digital (**ND**), la cantidad de niveles digitales que se podrá representar dependerá de la Resolución Radiométrica del sensor, para un sensor con Resolución Radiométrica de 8 bit los niveles digitales varían entre 0 y 255, siendo en la escala de grises el cero igual al color negro y el 255 igual al color blanco.

La posición de cada píxel en la imagen satelital está determinada por un eje de coordenadas XYZ.

- X : N° de columna de la matriz.
Y : N° de fila de la matriz.
Z : Nivel digital (valor de intensidad de la escala de grises).

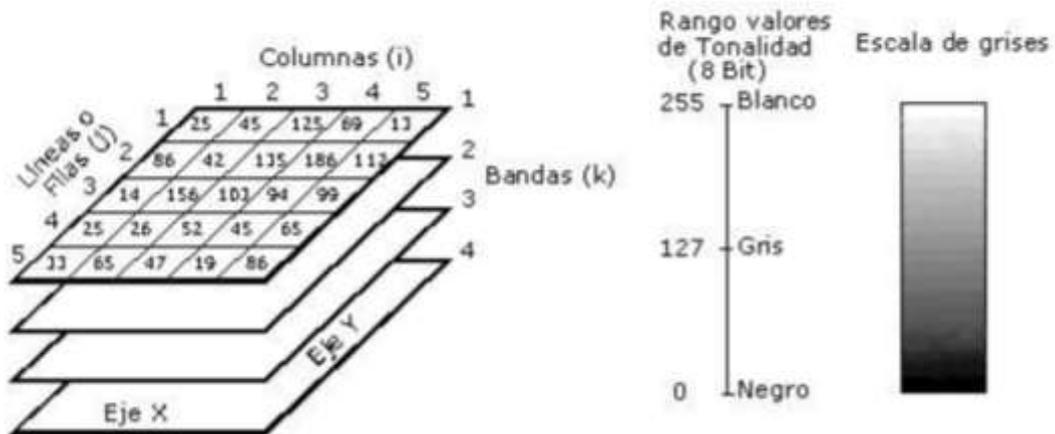


Figura 3. Componentes de una imagen digital.

La asignación de colores más conocida por los usuarios es la del falso color convencional (R=Red (rojo); G=Green (verde); B=Blue (azul)), la cual asigna el color azul a la banda del verde, el color verde a la banda del rojo y el color rojo a la banda del infrarrojo cercano.

La información que se obtiene de las distintas bandas de las imágenes satelitales, son de gran ayuda en diversos ámbitos tales como:

- Agricultura y recursos forestales
- Uso de suelo
- Geología
- Recurso de agua
- Medio ambiente

1.7.1. El formato ráster

El modelo ráster divide el área de estudio en una agrupación de celdas cuadradas ordenadas en una secuencia específica. Cada una de estas celdas recibe un único valor que se considera representativo para toda la superficie abarcada por la celda, por tanto se considera que el modelo ráster cubre la totalidad del espacio.

Un conjunto de celdas, junto con sus valores se denomina una capa ráster.

Este modelo responde a una concepción del mundo como un continuo que puede describirse mediante un número de variables (altitud, pendiente, temperatura media, tipo de suelo, etc.) que toman valores diferentes en diferentes localizaciones definidas por un sistema de coordenadas. Cada variable se representa así mediante una capa. El modelo vectorial responde a una concepción del mundo basada en objetos con límites definidos.

1.7.2. Elementos que componen una capa ráster

Una capa en formato ráster está compuesta por cuatro elementos fundamentales:

- a)** La matriz de datos, que puede contener tres tipos de datos:
 - Valores numéricos en caso de que la variable representada sea cuantitativa (figura 4).
 - Identificadores numéricos en caso de que se trate de una variable cualitativa. Estos identificadores se corresponden con etiquetas de texto que describen los diferentes valores de la variable cualitativa (figura 5).
 - Identificadores numéricos únicos para cada una de las entidades representadas en caso de que la capa ráster contenga entidades (puntos, líneas o polígonos).

Aunque el formato ráster responde fundamentalmente a una concepción del mundo como conjunto de variables puede utilizarse también para representar entidades. Si suponemos un fondo en el que no exista nada (valor NULL en todas las celdillas) podemos representar objetos puntuales mediante celdillas aisladas con un valor (diferente de cero) que actuará normalmente como identificador; las líneas estarían constituidas por ristas de celdillas adyacentes con valores diferentes de cero, los polígonos por conjuntos de polígonos con un mismo valor diferente de cero (figura 5).

- b)** Información geométrica acerca de la matriz y de su posición en el espacio:
 - Número de columnas (nc)
 - Número de filas (nf)

- Coordenadas de las esquinas de la capa (e, w, s, n)
 - Resolución o tamaño de píxel en latitud(rx) y en longitud(ry)
- c) Una tabla de colores que permita decidir de que color se pintará cada celdilla en la pantalla.
- d) En caso de que la variable sea cualitativa, una tabla que haga corresponder a cada identificador numérico una etiqueta de texto descriptiva.

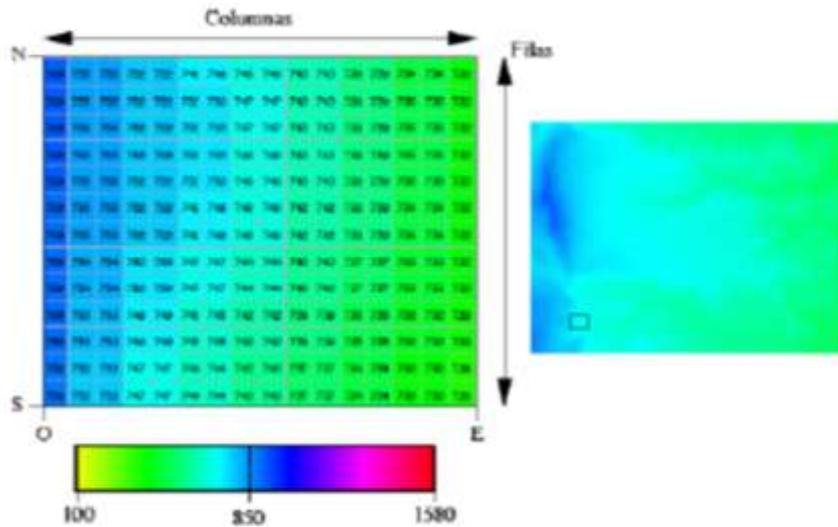


Figura 4. Modelos digitales. Codificación de una variable cuantitativa en formato ráster

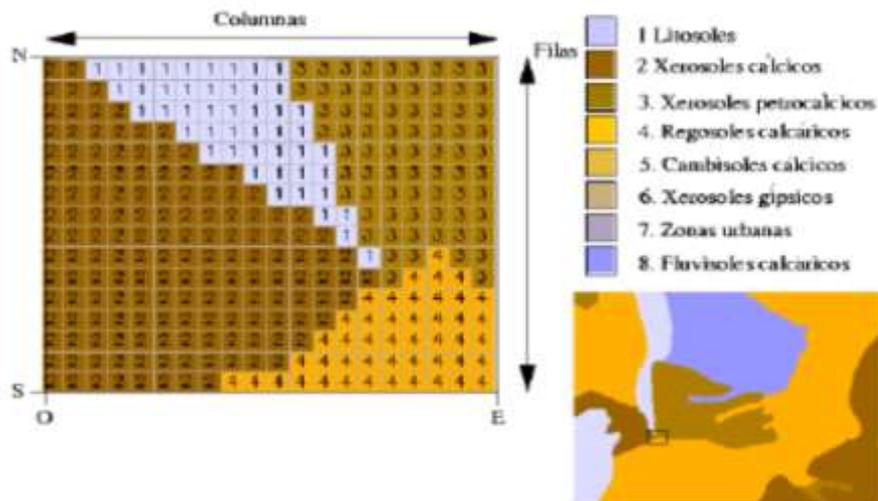


Figura 5. Modelos digitales. Codificación de una variable cualitativa en formato ráster.

1.7.3. Imagen Landsat

Los satélites LANDSAT han capturado imágenes de la tierra desde 1972, es un sensor multiespectral que capta imágenes multiespectrales de mediana resolución por desde 1972, por esto LANDSAT posee un archivo histórico incomparable en calidad, detalle, cobertura y duración.

1.7.3.1. LANDSAT 5 (TM)

Captura imágenes desde el año 1984 hasta la actualidad, el ancho de la escena es alrededor de 180 Km² y posee 7 bandas espectrales:

a) Banda 1 (Azul)

Usada para el mapeo de aguas costeras, mapeo de tipo de forestación o agricultura y la identificación de los centros poblados (0,45-0,52um)

b) Banda 2 (Verde)

Corresponde a la reflectancia del verde de la vegetación vigorosa o saludable. También es usada para la identificación de centros poblados (0,52 – 0,60um).

c) Banda 3 (Rojo)

Es usada para la discriminación de especies de plantas, la determinación de límites de suelos y delineaciones geológicas así como modelos culturales (0,63 – 0,90um).

d) Banda 4 (Infrarrojo Reflectivo)

Determina la cantidad de biomasa presente en un área, enfatiza el contraste de zonas de agua-tierra, suelo-vegetación (0,76 – 0,90um).

e) Banda 5 (Infrarrojo Medio)

Es sensible a la cantidad de agua en las plantas. Usada en análisis de las mismas, tanto en época de sequía como cuando es saludable. También es una de las pocas bandas que pueden ser usadas para la discriminación de nubes, nieve y hielos (1,55 – 1,75um).

f) Banda 6 (Termal)

Para la vegetación y detección de la vegetación que se encuentra enferma, intensidad de calor, aplicaciones de insecticidas, para localizar la polución termal, ubicar la actividad geotermal, actividad volcánica, etc. (10,40 – 12,50um).

g) Banda 7 (Infrarrojo medio)

Es importante para la discriminación de tipos de rocas y suelos, así como el contenido de humedad entre suelo y vegetación (2,08 – 2,35um).

1.7.3.2. LANDSAT 7 (ETM)

Este sensor a diferencia del LANDSAT – TM, captura imágenes pancromáticas con 15 metros de resolución y dos imágenes termales en una ganancia baja y la otra en ganancia alta, cubren un área aproximada de 180 Km². A partir del año 2003 LANDSAT – ETM tuvo problemas y a partir del 14 de julio del mismo año, las imágenes se colectan en modo SLC-off.

a) banda Pancromática - (Banda 8)

La banda Pancromática es la mayor novedad del sensor ETM+ en el Landsat7. Su resolución espacial de 15 m registrado con las demás bandas, permite que las imágenes generadas a través de este sensor sean trabajadas para obtener ampliaciones hasta una escala de 1:25.000 (0,5 – 0,75um).

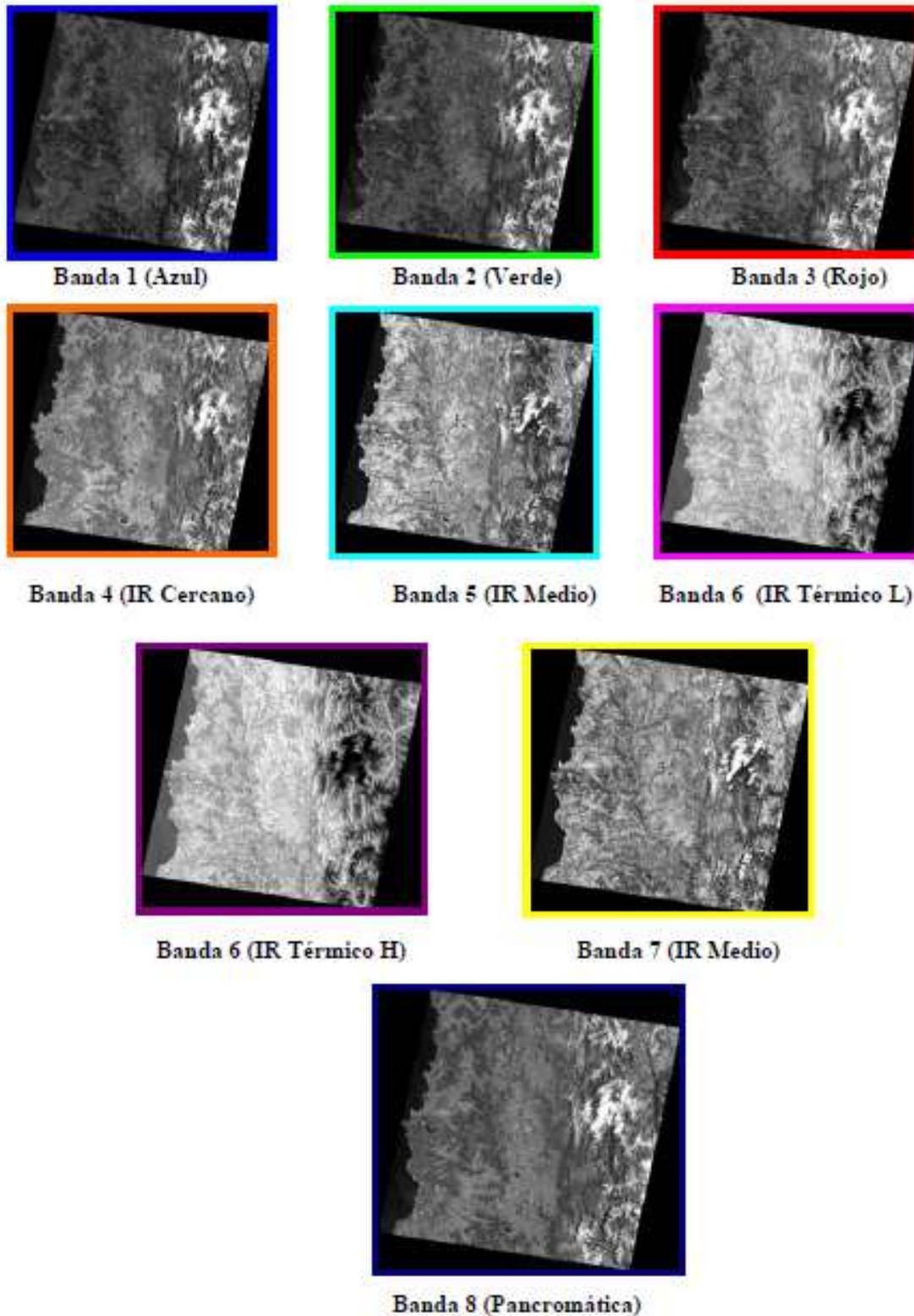


Figura 6. Bandas de la Imagen Landsat-7 ETM+

1.7.4. Combinación de bandas con Landsat

Gracias a las combinaciones de bandas podemos resaltar variaciones de color, textura, tonalidad y diferenciar los distintos tipos de cobertura que existen en la superficie, estas son las combinaciones de bandas más usadas:

- **Bandas 3, 2, 1 (RGB):** Es una imagen de color natural. Refleja el área tal como la observa el ojo humano en una fotografía aérea a color.
- **Bandas 4, 3, 2 (RGB):** Tiene buena sensibilidad a la vegetación verde, la que aparece de color rojo, los bosques coníferos se ven de un color rojo más oscuro, los glaciares se ven de color blanco y el agua se ve de color oscuro debido a sus características de absorción.
- **Bandas 7, 4, 1 (RGB):** Esta combinación de bandas es ampliamente utilizada en geología. Utiliza las tres bandas menos correlacionadas entre sí. La banda 7, en rojo, cubre el segmento del espectro electromagnético en el que los minerales arcillosos absorben, más que reflejar, la energía; la banda 4, en verde, cubre el segmento en el que la vegetación refleja fuertemente; y la banda 1, en azul, abarca el segmento en el cual los minerales con óxidos de hierro absorben energía.
- **Bandas 7, 4, 2 (RGB):** Permite discriminar los tipos de rocas. Ayuda en la interpretación estructural de los complejos intrusivos asociados a los patrones volcano-tectónicos.
- **Bandas 5, 4, 3 (RGB):** En esta combinación la vegetación aparece en distintos tonos de color verde.
- **Bandas 7, 3, 1 (RGB):** Ayuda a diferenciar tipos de rocas, definir anomalías de color que generalmente son de color amarillo claro algo verdoso, la vegetación es verde oscuro a negro, los ríos son negros y con algunas coloraciones acules a celestes, los glaciares de ven celestes.

1.7.5. Análisis visual de imágenes de satélite (composición color)

La técnica más utilizada para formar una composición en falso color, consiste en mezclar tres imágenes del mismo sitio y fecha correspondientes a distintas bandas (tabla anterior), representando a cada una de ellas con alguno de los colores rojo, verde o azul.



Figura 7. Composición de colores.

Los 256 niveles digitales de cada banda, representables como una imagen monocromática, se combinan para formar otra imagen en colores. Estos colores y tonos se emplean para la interpretación visual de las imágenes, combinando las bandas de manera que dar un primer acercamiento al contenido de la imagen. La combinación de colores permite discriminar aspectos geológicos, de vegetación, uso del suelo y morfología de zonas urbanas.

1.7.6. Cálculo de NDVI

El cálculo de índices de vegetación es una técnica de uso habitual en teledetección y es comúnmente utilizada para mejorar la discriminación entre dos cubiertas que presenten un comportamiento reflectivo muy distinto en dos o más bandas, por ejemplo para realzar suelos y vegetación en el visible e infrarrojo cercano, y para reducir el efecto del relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral de distintas cubiertas (CHUVIECO, 1996).

Los índices de vegetación son útiles porque permiten entre otras cosas.

- Identificación de áreas forestadas-deforestadas.
- Evaluación del estado de la vegetación y su grado de estrés.
- Separación entre distintos tipos de masas vegetales.
- Monitoreo de plagas.
- Evaluación de riesgos de incendio.

De igual forma se pueden derivar variables como contenido de agua en las hojas, productividad neta de la vegetación, contenido de clorofila en la hoja, dinámica fenológica, evapotranspiración potencial, etc. Un aspecto interesante del NDVI es que varía dentro de márgenes conocidos (-1 a +1), cuanto mayor sea el resultado obtenido, tanto mayor será el vigor vegetal presente en la zona observada.

El índice de vegetación NDVI se calcula con las Bandas 3 y 4 de una imagen y para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}$$

Donde

B4 = Banda 4 de la imagen

B3 = Banda 3 de la imagen

CAPÍTULO II. CONCEPTO BÁSICO DE MODELADO DE SUPERFICIE Y MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN

2.1. Modelo

La palabra modelo es una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades.

2.1.1. Modelo icónicos

Es la relación de correspondencia, se establece a través de las propiedades morfológicas: una maqueta es un modelo del objeto representado donde la relación establecida es fundamental una reducción de escala.



Figura 8. Maqueta de la tierra del modelo icónico

2.1.2. Modelo análogos

Se construyen mediante un conjunto de convenciones que sintetizan y codifican propiedades del objeto real para facilitar la interpretación de las mismas.



Figura 9. Mapa de Huánuco.

Por ejemplo: un mapa impreso, construido mediante un conjunto de convenciones cartográficas que hacen legibles propiedades tales como las altitudes, distancias, localización física de objetos geográficos, etc.

2.1.3. Modelo simbólicos

Los modelos simbólicos representan la realidad mediante la identificación y codificación en una estructura geométrica de sus elementos básicos. Llegan a un nivel superior de abstracción ya que el objeto real queda representado mediante una simbolización matemática.



Figura 10. Modelo simbólico de Tingo María.

2.2. Modelo digital del terreno (MDT)

Es una representación estadística de una superficie continua del terreno mediante un conjunto infinito de puntos cuyos valores en X, Y y Z son conocidos y están definidos en un sistema de coordenadas arbitrario.

Este concepto es un tanto más generalista; ya que el eje Z incluye tanto el uso de elevaciones (Ejemplo: metros sobre el nivel del mar) como de alturas (Ej. levantamiento topográfico); así como los accidentes típicos del paisaje (Ejemplo: ríos, riscos, cañadas, etc.). Para muchos usuarios el término incluye tanto los elementos planimétricos como hipsométricos propios del paisaje; así como la información derivada a partir del modelo (Ejemplo: pendiente, intervisibilidad y orientación, entre otros).

La capacidad de elaborar modelos digitales de elevación (MDE) a partir de curvas de nivel o valores puntuales (X, Y, Z) es una de las operaciones de mayor interés para los usuarios de los Sistemas de Información Geográfica.

2.3. Modelo digital de elevación (MDE)

En este caso la palabra elevación enfatiza el concepto de medición de altura con respecto a un datum y la generación por parte del modelo de

valores absolutos de altura. Este término se utiliza con frecuencia en los Estados Unidos para describir un arreglo rectangular o hexagonal de puntos con valores de elevación obtenidos por métodos fotogramétricos o cartográficos.

2.4. Construcción del MDE

La captura de la información hipsométrica constituye el paso inicial en el proceso de construcción del MDE, e incluye la fase de transformación de la realidad geográfica a la estructura digital de datos. Se trata de una fase de gran trascendencia porque la calidad de los datos es el principal factor limitante para los tratamientos que se realicen posteriormente.

Los métodos básicos para la conseguir los datos de altitudes pueden dividirse en dos grupos: directos cuando las medidas se realizan directamente sobre el terreno real, e indirectos cuando se utilizan documentos analógicos o digitales elaborados previamente.

MÉTODOS DIRECTOS	
ALTIMETRÍA	altímetros transportados por plataformas aéreas o satélites
GPS	<i>global positioning system</i> , sistema global de localización mediante satélites
RADARGRAMETRÍA	interferometría de imágenes radar
TOPOGRAFÍA	estaciones topográficas con grabación de datos
MÉTODOS INDIRECTOS	
RESTITUCIÓN	a: fuente digital (SPOT) b: fuente analógica (cámaras métricas)
DIGITALIZACIÓN	a: automática (escáner) b: manual (tablero digitalizador)

2.5. Aplicaciones de los MDT

Los modelos digitales del terreno contienen información de dos tipos diferentes:

- información explícita, recogida en los datos concretos del atributo del modelo, como la altitud en el caso del MDE
- información implícita, relativa a las relaciones espaciales entre los datos, como la distancia o la vecindad

Ambos tipos de información son complementarios y permiten obtener información sobre la morfología del relieve de forma objetiva y exhaustiva.

La objetividad se deriva del carácter digital de los datos y de los procesos de análisis, configurados por algoritmos. La exhaustividad se refiere a que estos procesos son aplicables a la totalidad del área analizada y no sólo a una muestra de la misma.

Se muestra a continuación un conjunto de aplicaciones y posibilidades que permite el adecuado manejo y gestión de los MDT.

2.6. Interpolación para hallar la altura

En un MDE vectorial no es sencillo acceder directamente a un dato por su posición espacial, como ocurre en los modelos ráster. Por lo cual la localización de los datos debe realizarse mediante operaciones de búsqueda globales. Dado el enorme número de datos que habitualmente componen un MDE vectorial, la búsqueda secuencial punto a punto es poco eficaz debido al elevado tiempo que necesita.

La interpolación se puede definir como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio (puntos muestrales, con valores reales).

Los métodos de interpolación más usuales a partir de un conjunto de puntos distribuidos irregularmente puede reducirse a tres: ponderación en función inversa de la distancia, superficies de tendencia y kriging.

2.6.1. IDW “Inverse Distance Weighted” (ponderación por distancia)

El método IDW combina el concepto de vecindad entre sitios con disponibilidad de datos con un cambio gradual de las superficies definidas con una tendencia. Se supone que el valor del atributo Z en una posición donde el valor del atributo no es conocido es un promedio de los valores de sus vecinos pero donde los vecinos más cercanos tienen más peso o importancia que los más alejados. (FAO, 2003).

$$Z^*(X) = \sum_{i=1}^n (\lambda_i \times Z(x)_i)$$

Dónde:

$Z^*(x)$ = valor estimado de la variable.

$Z^*(x)_i$ = valor de la variable en el punto conocido i .

λ_i = peso de la estación i .

n = número de estaciones vecinas.

Los pesos se calculan en función de la distancia entre las estaciones y el punto a interpolar, de la siguiente forma:

$$\lambda_i = \frac{1/d_{ij}^\beta}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^\beta}}$$

Dónde:

λ_i = peso de la estación i .

d_{ij} = distancia entre la estación y el punto a interpolar.

β = coeficiente de ponderación.

Mientras más alto es el valor de β , el peso de las estaciones más cercanas será mayor. Para la optimización de este coeficiente se tiene que minimizar el error medio cuadrático (EMC) a través de una validación cruzada. Sin embargo como valor predeterminado se usa 2.

$$EMC = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [z^*(x) - z(x)]^2}{n}}$$

Dónde:

$Z^*(X)$ = Valor estimado.

$Z(x)$ = valor real.

n = muestra total.

Inverse Distance Weighted

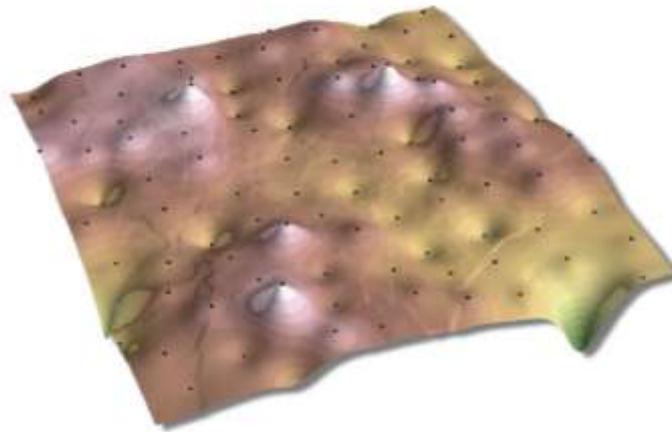


Figura 11. Modelo IDW de interpolación.

2.6.2. Splines

La idea de la interpolación segmentaria o por Spline, es que en vez de usar un solo polinomio para interpolar los datos, podemos usar segmentos de polinomios y unirlos de la mejor forma posible para formar nuestro polinomio de interpolación.

Así, para los datos:

x	x_0	x_1	\dots	x_n
y	y_0	y_1	\dots	y_n

Donde se asume que:

$$x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_n$$

Siendo k , un número positivo tal que una función Spline de interpolación grado k ($s(x)$), cumpla:

- $S(x_i) = y_i$, para todo $i = 1, 2, 3 \dots n$
- $S(x)$, es polinomio de grado $\leq k$, en cada subintervalo $[X_{i-1}, X_i]$
- $S(x)$ tiene derivada continua hasta de orden $k - 1$ hasta $[X_0, X_n]$

La función $S(x)$ queda explicada de la siguiente manera:

$$S(X) = \begin{cases} S_1(X) \text{ si } x \in [X_0, X_1] \\ S_2(X) \text{ si } x \in [X_1, X_2] \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ S_n(X) \text{ si } x \in [X_{n-1}, X_n] \end{cases}$$

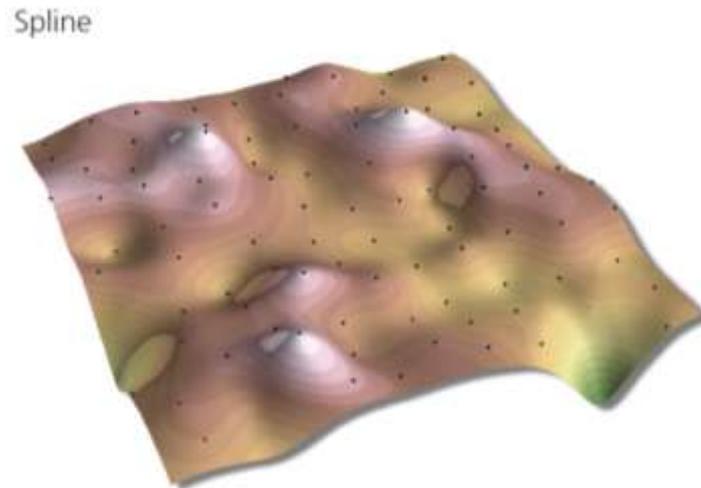


Figura 12. Modelo Splines de interpolación.

2.6.3. Kriging

Este método pertenece al grupo de los métodos geo-estadísticos ya que describe la correlación tanto espacial como temporal entre los valores de un atributo. Tradicionalmente se ha utilizado en las llamadas geo-ciencias (geofísica, hidrogeología, etc.), sin embargo, sus principios se aplican cada vez más en una amplia variedad de campos científicos como pesquerías, silvicultura, ingeniería civil, procesamiento de imágenes, cartografía, meteorología, etc. (FAO, 2003).

La Geo-estadística asume que los datos están correlacionados y que la continuidad se puede establecer para puntos, bloques o volúmenes. Por lo tanto, en esta disciplina, se utiliza el concepto de variable regional que describe fenómenos con una distribución geográfica y con una cierta continuidad espacial. Kriging es el método de cálculo de una variable regional en un punto, al interior de un área usando un criterio de minimización de la estimación de la varianza. Para ello se resuelve un conjunto de ecuaciones con información presente en un gráfico denominado variograma y las distancias relativas entre los datos y la posición del punto, donde el valor interpolado es requerido. (FAO, 2003)

Los planteamientos básicos del método de kriging son que el estimador sea insesgado o imparcial y que la varianza de la estimación sea mínima. La condición de varianza mínima viene dada por la ecuación:

$$S^2(X_0) = E[z^*(x_0) - z(x_0)]^2 = \min$$

Dónde:

$E []$ = valor esperado

S^2 = varianza de kriging

$Z^*(X_0)$ = Valor estimado

$Z(X_0)$ = valor real

Existen varios métodos de kriging entre los cuales se mencionan:

2.6.3.1. Kriging simple

El método de kriging simple se basa en la hipótesis de que la media de la función aleatoria (m) es conocida.

$$E[z(x)] = m$$

Dónde:

$E []$ = valor esperado

$Z(X)$ = valor real

m = media de la función aleatoria

Dadas estas condiciones se puede tener dos alternativas:

$$m = 0$$

$$m \neq 0$$

Si $m = 0$ se asegura el insesgamiento del estimador de la siguiente manera

$$E[Z^*(x)] = 0 = E[Z(x)]$$

Y si $m \neq 0$ se consideran nuevas funciones aleatorias con media igual a cero para utilizar el procedimiento anterior y, también asegurar el insesgamiento del estimador:

$$Y(x) = Z(x) - m$$

Donde se asume que $Y(x)$ es una función con media igual a cero.

Para cualquier de las dos situaciones, el resultado del kriging simple son las siguientes ecuaciones estructuradas de forma matricial.

$$\begin{bmatrix} C(0) & C(u_1 - u_2) & \dots & C(u_1 - u_N) \\ C(u_2 - u_1) & C(0) & \dots & C(u_2 - u_N) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ C(u_N - u_1) & C(u_N - u_2) & \dots & C(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C(u_1 - u) \\ C(u_2 - u) \\ \vdots \\ C(u_N - u) \end{bmatrix}$$

Dónde:

$C(U_n - U_m)$ = Relaciones entre las observaciones (covarianzas)

$C(U_n - U)$ = relaciones entre las observaciones y el punto a interpolar (covarianzas)

λ_i = peso de la estación i.

Análogamente

$$[A][\lambda] = [B]$$

Dónde:

[A] = matriz de relaciones entre las observaciones

[λ] = MATRIZ DE PESOS

[B] = matriz de relaciones entre las observaciones y los valores del punto a interpolar.

2.6.3.2. Kriging ordinario

Para el kriging ordinario la media es también constante, pero desconocida.

$$E[z(x)] = m$$

Dónde:

E [] = valor esperado

Z(X) = valor real

m = media de la función aleatoria

Por lo cual ya no es únicamente necesario determinar los pesos que minimicen la varianza sino que también satisfagan la condición de insesgamiento, es decir que su suma sea igual a uno, restricción que se ha añadido debido a que la media de la función aleatoria es desconocida.

$$\sum \lambda_i = 1$$

Estos problemas se resuelven empleando los multiplicadores de Lagrange, con lo cual se incorporan las restricciones de los pesos en las ecuaciones formuladas.

En consecuencia se definen las ecuaciones en forma matricial, que nos permitan determinar los pesos para la interpolación.

$$\begin{bmatrix} C(0) & C(u_1 - u_2) & \dots & C(u_1 - u_N) & 1 \\ C(u_2 - u_1) & C(0) & \dots & C(u_2 - u_N) & 1 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ C(u_N - u_1) & C(u_N - u_2) & \dots & C(0) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C(u - u_1) \\ C(u - u_2) \\ \vdots \\ C(u - u_N) \\ 1 \end{bmatrix}$$

Dónde:

$C(U_n - U_m)$ = Relaciones entre las observaciones (covarianzas)

$C(U_n - U)$ = relaciones entre las observaciones y el punto a interpolar (covarianzas)

λ_i = peso de la estación i .

Las filas y columnas de ceros y unos son la condición matemática para filtrar el valor desconocido de m .

Sin embargo, el método de Kriging Ordinario no está completo sino hasta la incorporación del semivariograma en las ecuaciones anteriores.

El semivariograma es un gráfico que analiza el comportamiento espacial de una variable casual sobre un área definida. En el eje de las abscisas van las distancias entre los datos y en el eje de las ordenadas van las semivarianzas, definidas por la siguiente función:

$$E[Z(x + h) - Z(x)] = 2\gamma(h)$$

$$\lambda(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Dónde:

$E[]$ = valor esperado

$\lambda(h)$ = semivarianza del intervalo h

$Z(x)$ = valor de la variable

$Z(x+h)$ = valor de la variable acumulada hasta el intervalo h.

N = número de observaciones.

2.6.3.3. Kriging universal

El Kriging Universal asume que hay una tendencia principal en los datos (por ejemplo, un viento predominante), y puede ser modelado por una función determinística, un polinomio. Este método sólo debería ser usado cuando se sabe que hay una tendencia en los datos y se puede dar una justificación científica para describirla. (FAO, 2003)

Este polinomio es restado de los puntos medidos originalmente, y la autocorrelación es una modelación de los errores arbitrarios. Una vez que el modelo es apto a los errores arbitrarios, antes de la fabricación de una predicción, el polinomio es añadido atrás a las predicciones para darle resultados significativos.



Figura 13. Modelo Kriging de interpolación.

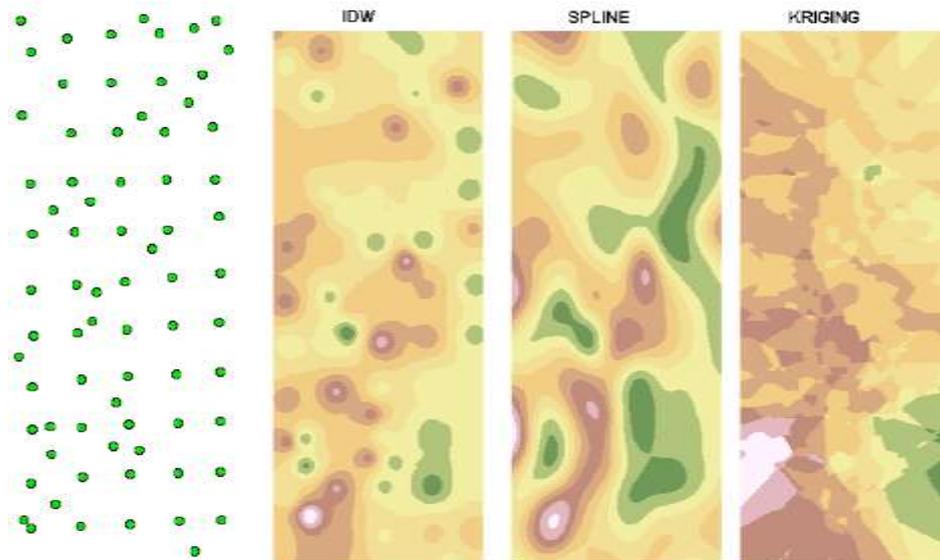


Figura 14. Interpolación de los 3 métodos.

2.7. Interpolación a partir de triángulos irregulares (TIN)

El modelo TIN surgió como una respuesta a la necesidad de buscar una estructura de datos alterna a la ráster utilizada hasta aquel momento para representar Modelos Digitales del Elevación (MDE) y a la insatisfacción por parte de los usuarios(as) con el software existente para crear isolíneas.

Esta estructura de datos se compone de un conjunto de triángulos irregulares adosados y que suele identificarse por las siglas de su denominación inglesa: triangulated irregular network, TIN. Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales, y se adosan sobre el terreno formando un mosaico que puede adaptarse a la superficie con diferente grado de detalle, en función de la complejidad del relieve.

El relieve puede representarse eficazmente mediante triángulos adosados al terreno, cada uno de los cuales se adapta a una zona con características de pendiente similares. La estructura TIN permite incorporar datos auxiliares como líneas de inflexión, red hidrológica o zonas de altitud constante.

CAPÍTULO III. CONCEPTOS BÁSICO DE MANEJO INTEGRADO DE UNA CUENCA

La delimitación de la cuenca hidrográfica, su análisis hidrológico y la descripción cuantitativa de su morfometría son dos tareas esenciales en todo plan de gestión de cuencas y de recursos hídricos.

3.1. Cuenca hidrográfica

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar (Figura 17). Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas.

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales, la infraestructura que el hombre ha creado, allí el hombre desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica.

La Cuenca Hidrográfica se define como la unidad territorial natural que capta la precipitación, y es por donde transita el escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal o sea es un área delimitada por una divisoria topográfica denominada parte-agua que drena a un cauce común (BROOKS ,1985).



Figura 15. Esquematización de una cuenca hidrográfica.

3.2. Sistema de drenaje

El área en la cual cae el agua y la red a través de la cual fluye hacia un punto más bajo es referido normalmente como sistema de drenaje. El flujo del agua a través del sistema de drenaje es sólo una parte del ciclo hidrológico, el cual incluye precipitación, evapotranspiración y agua subterránea.

3.3. Procesos de modelado del terreno

Las características físicas de la superficie determinan las características del flujo del agua a través de la misma; paralelamente, el flujo del agua tiende a cambiar las características del terreno.

La dirección del flujo es determinada por el "aspecto" o dirección de la pendiente, esto es la dirección donde se produce la mayor velocidad de cambio de elevación en un modelo digital.

3.3.1. Modelo de elevación digital

La forma más común de representar digitalmente la forma de la tierra es a través de un modelo basado en celdas, conocido como modelo de elevación digital (DEM). Estos datos son utilizados en ArcGIS para cuantificar las características de la superficie de la tierra.

Un DEM es una representación gráfica de una superficie continua, usualmente referida como una superficie de la tierra. La precisión de estos datos es determinada primariamente por resolución del modelo y resulta de vital importancia para la determinación de la dirección de flujo del agua.

Los mapas de pendiente (grado o porcentaje), aspecto de la pendiente, relieve de sombras, vistas en perspectiva 3D, son algunos los productos derivados del análisis topográfico a partir de un DEM.

3.3.2. Explorar modelos digitales de elevación

En general, los errores de los DEM se clasifican como sumideros o picos. Un sumidero es un área rodeada por valores de mayor elevación que también se conoce como depresión o concavidad. Esta es un área de drenaje interno. Si bien muchos sumideros son imperfecciones de los DEM, algunos pueden ser naturales, en particular en áreas de glaciares o karst (MARK, 1988). De la misma manera, un pico es un área rodeada por celdas de menor valor. Estas son entidades naturales más comunes y menos perjudiciales para el cálculo de la dirección de flujo.

Los errores como estos, en especial los sumideros, se deben eliminar antes de intentar derivar cualquier información de superficie. Los sumideros, al ser áreas de drenaje interno, evitan que el agua fluya desde pendientes más empinadas.

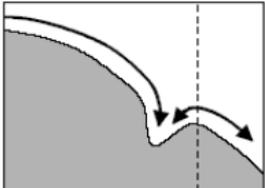
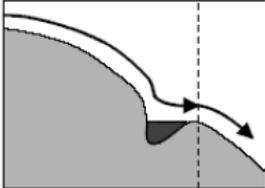
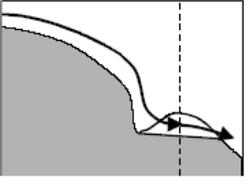


Figura 16. Modelo de digital de elevación.

El número de sumideros en un DEM determinado suele ser superior para los DEM de resolución de baja precisión. Otra de las razones más comunes por la cual se producen los sumideros es el almacenamiento de datos como un número entero. Esto puede ocasionar problemas particularmente en áreas con un bajo relieve vertical. No es inusual descubrir que el 1 por ciento de las celdas en un DEM de resolución de 30 metros son sumideros.

Los DEM también pueden incluir artefactos de división notables, como resultado de los errores de muestreo sistemático durante la creación del DEM. Otra vez, esto es más notable con datos enteros en áreas planas.

Las herramientas de análisis hidrológico están diseñadas para modelar la convergencia del flujo en una superficie de terreno natural. Se supone que la superficie tiene el relieve vertical suficiente para poder determinar una ruta de flujo. Las herramientas funcionan con la suposición de que para cualquier celda independiente, el agua ingresa desde muchas celdas adyacentes pero sale desde sólo una celda.

		
Topología no correcta. Observe que existe un sumidero en la dirección de flujo. Dicho sumidero corresponde a una sola celda y por lo tanto no puede representar un cauce.	Topología correcta. El sumidero es relleno y el agua continúa su movimiento en el sentido de la pendiente.	Topología no correcta. Observe que existe un pequeño obstáculo al movimiento del agua. El error se corrige creando una pequeña gradiente entre las celdas superior e inferior.

Fuente: SCHAUBLE, 2003.

3.4. Determinación de Cuencas Hidrográficas

Las cuencas pueden ser delineadas automáticamente a partir del modelo de elevación digital, utilizando como entrada la información de dirección de flujos, lo cual posibilita conocer el área de contribución de agua. Asimismo, a partir de una cuenca dada es factible delinear nuevas subcuencas. Debido que muchas subcuencas pueden resultar de dimensiones muy pequeñas y sin interés para la aplicación, el usuario tiene la posibilidad de especificar el tamaño mínimo deseado para las subcuencas. Los límites de distintas cuencas son comúnmente requeridos para todo tipo de modelado hidrológico. Utilizando herramientas de ArcGIS es posible combinar dichos límites con información de suelos y uso de la tierra para obtener información estadística para cada cuenca para, por ejemplo, predecir la pérdida de sedimentos o importantes inundaciones.

3.5. Redes Hidrográficas

Las redes hidrográficas pueden ser delineadas a partir de DEM utilizando información sobre los flujos acumulados. Con esta herramienta es posible asignar un orden jerárquico a los distintos cursos que conforman la red de una cuenca dada; para ello, ArcGIS utiliza el método de Shreve o el de Strahler.

El área sobre el cual cae el agua y la red que recorre hasta una salida se conocen como un sistema de drenaje. El flujo de agua a través de un sistema de drenaje es sólo un subconjunto de lo que comúnmente se denomina ciclo hidrológico, que también incluye precipitaciones, evapotranspiración y flujo de agua subterránea. Las herramientas de hidrología se enfocan en el movimiento del agua a través de una superficie.

Las cuencas de drenaje son áreas que drenan agua y otras sustancias hacia una salida común. Otros términos comunes para las cuencas de drenaje son cuencas hidrográficas, vertientes, cuencas o áreas de contribución. Esta área se define normalmente como el área total de una salida dada, o punto de fluidez.

Un punto de fluidez es el punto en el que el agua fluye fuera de un área. Suele ser el punto más bajo a lo largo del límite de la cuenca de drenaje.

El límite entre dos cuencas se denomina como una separación de drenaje o límite de cuenca hidrográfica.

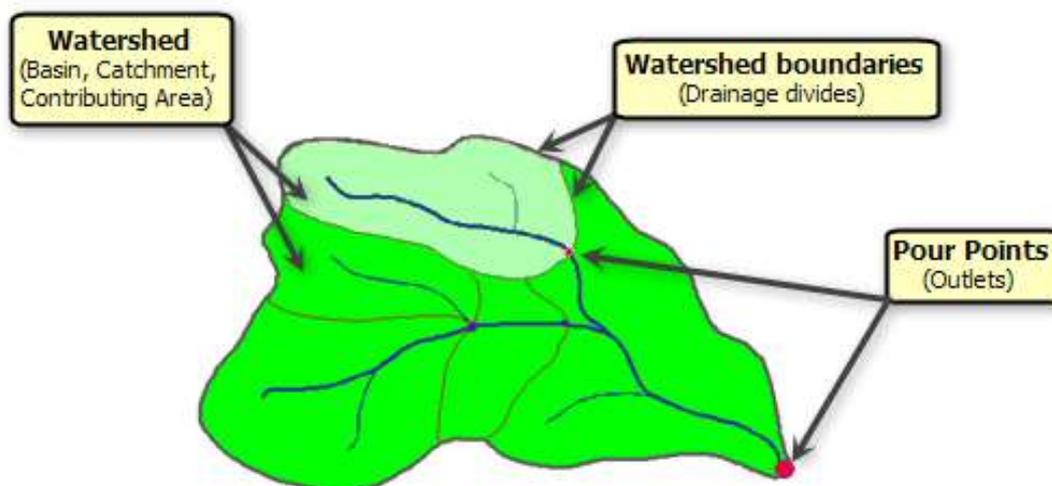


Figura 17. Delimitación de una cuenca y punto de fluidez.

3.5.1. Método de Shreve

El método de Shreve tiene en cuenta todos los vínculos en la red. Al igual que en el método de Strahler, a todos los vínculos exteriores se les asigna un orden de 1. Para todos los vínculos interiores del método de Shreve, sin embargo, los órdenes son aditivos. Por ejemplo, la intersección de dos vínculos de primer orden crea un vínculo de segundo orden, la intersección de un vínculo de primer orden y uno de segundo orden crea un vínculo de tercer orden, y la intersección de un vínculo de segundo orden y uno de tercer orden crea un vínculo de cuarto orden.

Debido a que los órdenes son aditivos, los números del método de Shreve se conocen como magnitudes en lugar de órdenes.

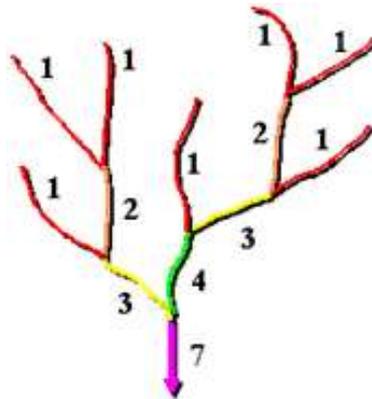


Figura 18. Redes del método Shreve.

3.5.2. Método de Strahler

En el método de Strahler, se asigna un orden de 1 a todos los vínculos sin afluentes y se los conoce como de primero orden.

La clasificación de arroyos aumenta cuando los arroyos del mismo orden intersecan. Por lo tanto, la intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos vínculos de distintos órdenes no aumentará el orden. Por ejemplo, la intersección de un vínculo de primer orden y segundo orden no creará un vínculo de tercer orden pero mantendrá el orden del vínculo con el orden más alto.

El método de Strahler es el método de clasificación de arroyos más conocido. Sin embargo, debido a que este método sólo aumenta el orden en las intersecciones del mismo orden, no tiene en cuenta todos los vínculos y puede ser susceptible a la adición o remoción de vínculos.

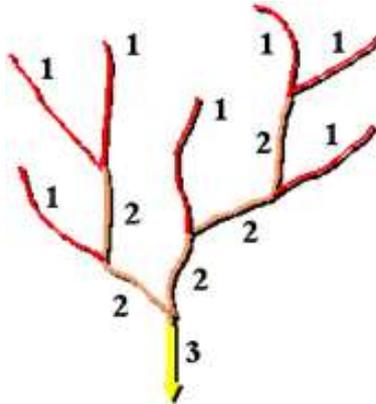


Figura 19. Redes del método Strahler.

3.6. Características de escorrentía

Al delinear cuencas hidrográficas o definir redes de arroyos, se cumplen una serie de pasos. Algunos pasos son obligatorios, mientras que otros son opcionales según las características de los datos de entrada. El flujo en una superficie siempre va en la dirección de la pendiente más empinada. Una vez que conoce la dirección de salida del flujo de cada celda, podrá determinar cuál y cuántas celdas fluyen en una celda determinada. Esta información se puede utilizar para definir límites de cuencas hidrográficas y redes de arroyos. El siguiente organigrama muestra el proceso de extracción de información hidrológica, como los límites de cuenca hidrográfica y las redes de arroyos desde un modelo digital de elevación (DEM).

Independientemente de cuál sea su objetivo, comience con un modelo de elevación. El modelo de elevación se utiliza para determinar las celdas que fluyen hacia otras celdas (la dirección de flujo). Sin embargo, si hay errores en el modelo de elevación o si modela geología karst, puede haber algunas ubicaciones de celda que son inferiores a las celdas circundantes. Si este es el caso, el agua que fluye dentro de la celda no saldrá. Estas depresiones se denominan sumideros. Las herramientas de análisis hidrológico permiten identificar los sumideros y ofrecen herramientas para rellenarlos. El

resultado es un modelo de elevación sin depresión. Puede determinar la dirección de flujo en este modelo de elevación sin depresión.

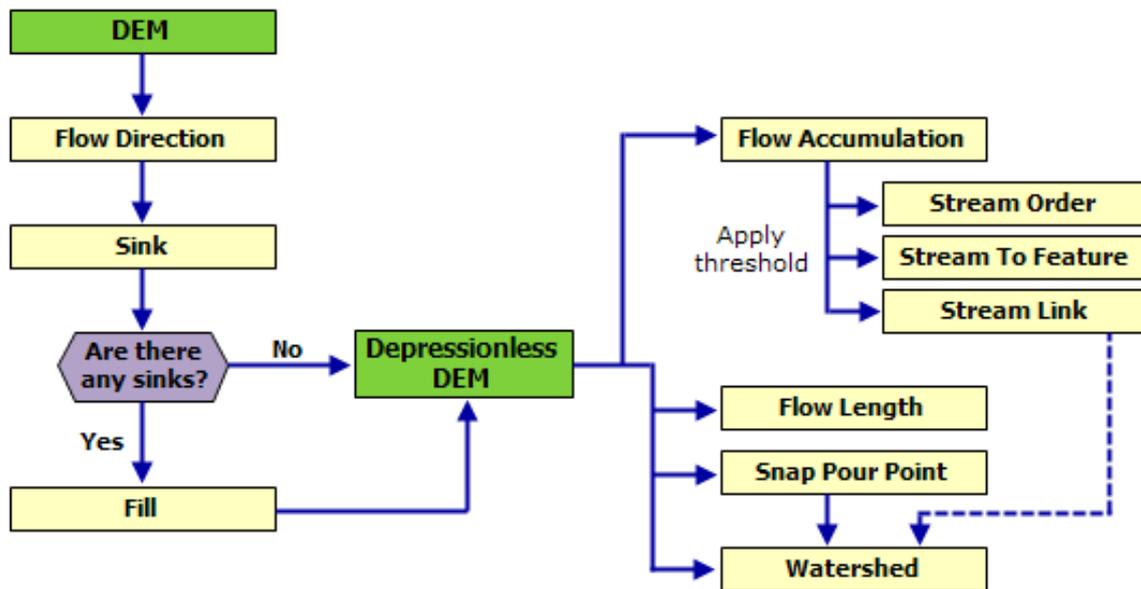


Figura 20. Monograma de modelo hidrológico.

Si delinea cuencas hidrográficas, debe identificar puntos de fluidez (ubicaciones para las cuales desea conocer la cuenca hidrográfica de contribución). En general, estas ubicaciones son bocas de arroyos u otros puntos hidrológicos de interés, como una estación de calibración. Al utilizar las herramientas de análisis hidrológico, puede especificar los puntos de fluidez, o puede utilizar la red de arroyos como puntos de fluidez. Esto crea cuencas hidrográficas para cada segmento de arroyo entre los cruces de los arroyos. Para crear la red de arroyos, primero debe calcular la acumulación de flujo para cada ubicación de celda.

Si define redes de arroyos, no sólo necesita conocer la dirección de flujo del agua de celda a celda sino también cuánta agua fluye a través de una celda, o cuántas celdas fluyen hacia otras celdas. Cuando fluye la suficiente agua por una celda, se considera que la ubicación tiene un arroyo que la atraviesa.

3.6.1. Acumulación de flujo

La herramienta Acumulación de flujo calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de

pendiente descendente en el ráster de salida. Si no se proporciona un ráster de peso, se aplica un peso de 1 a cada celda, y el valor de celdas en el ráster de salida es el número de celdas que fluye en cada celda.

En el siguiente gráfico siguiente, la imagen superior izquierda muestra la dirección de viaje desde cada celda y la superior derecha el número de celdas que fluyen hacia cada celda.

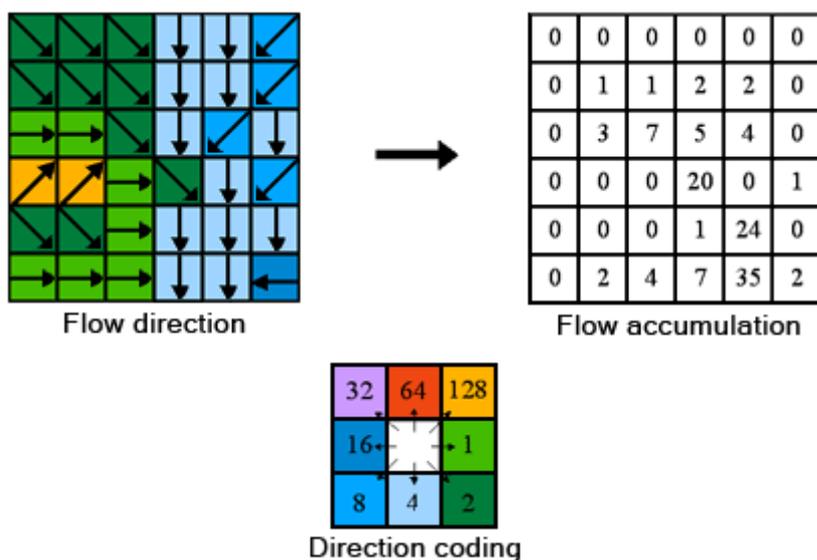


Figura 21. Modelo de la acumulación de flujo.

Las celdas con una acumulación de flujo alta son áreas de flujo concentrado y pueden ser útiles para identificar canales de arroyos. Esto se analiza en Identificación de redes de arroyos. Las celdas con una acumulación de flujo de 0 son alturas topográficas locales y se pueden utilizar para identificar crestas.

3.6.2. Dirección de flujo

Una de las claves de la derivación de características hidrológicas de una superficie es la capacidad de determinar la dirección de flujo desde cada celda en el ráster.

Esta herramienta toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Si se elige la opción Ráster de eliminación de salida, se creará un ráster de salida con un radio del cambio máximo de elevación desde cada celda a lo

largo de la dirección de flujo hasta la longitud de la ruta entre los centros de las celdas y se expresa en porcentajes. Si se elige la opción Forzar todas las celdas de eje para que se desplacen hacia fuera, todas las celdas en el eje del ráster de superficie se desplazan hacia fuera desde el ráster de superficie.

Existen ocho direcciones de salida válidas que se relacionan con las ocho celdas adyacentes hacia donde puede ir el flujo. Este enfoque comúnmente se denomina el modelo de flujo de ocho direcciones (D8) y sigue un acercamiento presentado en Jenson and Domingue (1988).

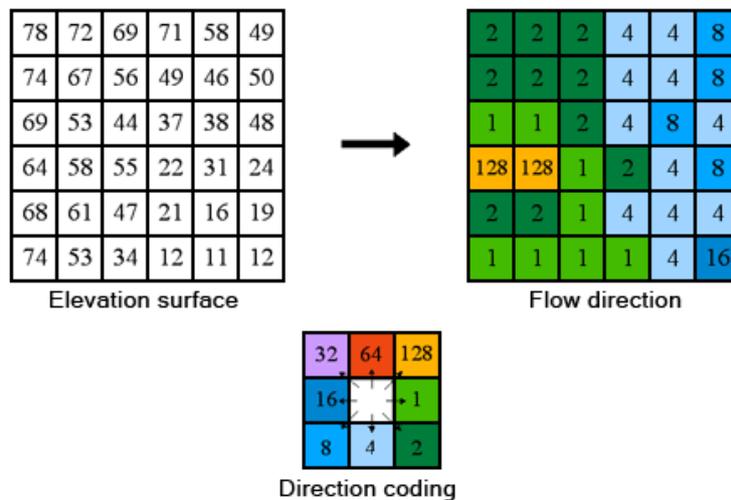


Figura 22. La codificación de la dirección de flujo.

3.6.3. El arroyo a entidad

El algoritmo que utiliza la herramienta de arroyo a entidad está diseñado principalmente para la vectorización de redes de arroyos o cualquier otro ráster que represente una red lineal de ráster para la que se conoce la direccionalidad.

La herramienta está optimizada para utilizar un ráster de dirección como ayuda en la vectorización de celdas que se intersecan y celdas adyacentes. Se puede vectorizar dos entidades lineales adyacentes con el mismo valor como dos líneas paralelas. Esto contrasta con la herramienta De ráster a polilínea, que generalmente es más agresiva con la contracción de líneas.

Para visualizar esta diferencia, a continuación se muestra una red de arroyos de entrada con la salida simulada de de arroyo a entidad comparada con la salida de de ráster a polilínea.

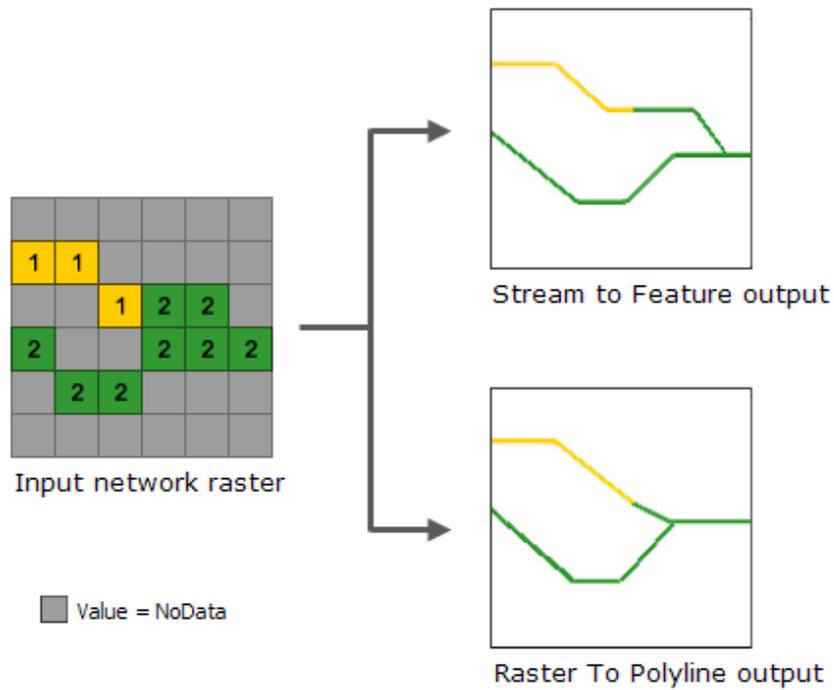


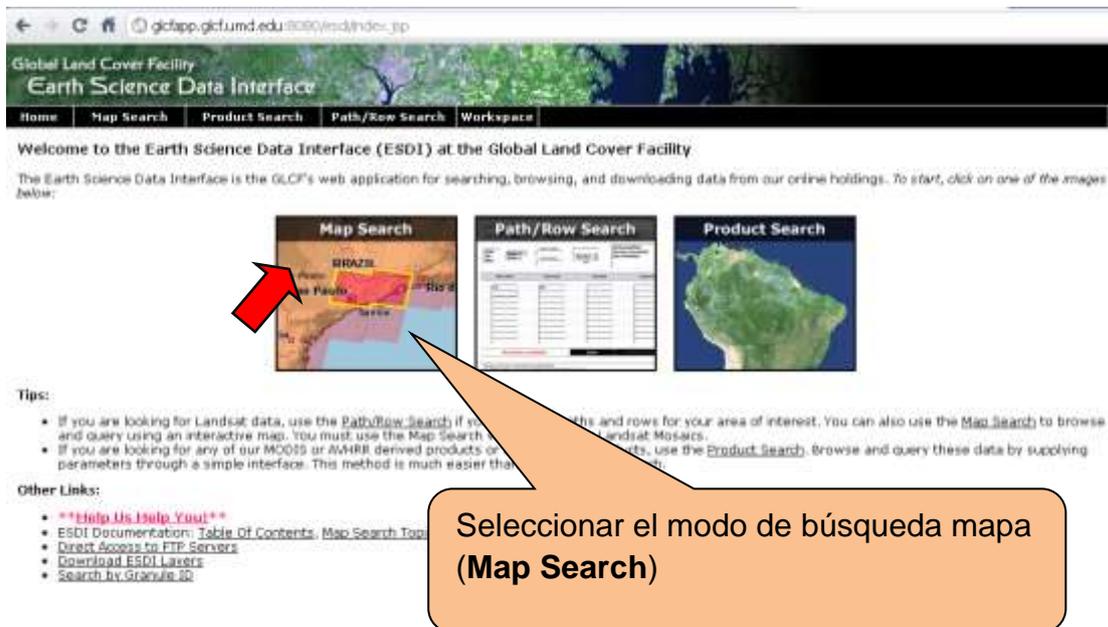
Figura 23. Comparacion de metodos de vectorización de ráster.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES Y AÉREAS

4.1. Descargar imágenes satelitales de GLCF

Este servidor ofrece Imágenes satelitales Landsat MSS, TM y ETM+; ASTER; MODIS; NOAA AVHRR; Modelos de elevación digital (DEM) SRTM, y otros productos elaborados como composiciones multi-temporales de imágenes, NDVI, y otros. La mayoría de las imágenes y productos disponibles están en formato GeoTiff por lo que pueden ser importados directamente a muchas aplicaciones SIG.

Link: <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>



Welcome to the Earth Science Data Interface (ESDI) at the Global Land Cover Facility

The Earth Science Data Interface is the GLCF's web application for searching, browsing, and downloading data from our online holdings. To start, click on one of the images below:

Map Search **Path/Row Search** **Product Search**

Tips:

- If you are looking for Landsat data, use the **Path/Row Search** if you know the path and row for your area of interest. You can also use the **Map Search** to browse and query using an interactive map. You must use the **Map Search** to browse and query Landsat Mosaics.
- If you are looking for any of our MODIS or AVHRR derived products or other products, use the **Product Search** browse and query these data by supplying parameters through a simple interface. This method is much easier than the other methods.

Other Links:

- ****Help Us Help You!****
- ESDI Documentation: [Table Of Contents](#), [Map Search Tool](#)
- [Direct Access to FTP Servers](#)
- [Download ESDI Layers](#)
- [Search by Granule ID](#)

Seleccionar el modo de búsqueda mapa (Map Search)

4.1.1. Modo de búsqueda: Mapa

Primero tildar las casillas del producto que se quiere bajar, en este caso serán imágenes Landsat MSS, TM y ETM+, y luego hacer clic repetidamente sobre el lugar deseado del mapa (dar tiempo a recargar la página entre cada clic!) hasta visualizar bien el área de interés y la ubicación y cobertura de las escenas Landsat disponibles (señaladas como rectángulos rojos).

**Global Land Cover Facility
Earth Science Data Interface**

Home | Map Search | Product Search | Path/Row Search | Workspace

No datasets selected

Landsat Imagery

- ETM+
- TM
- MSS
- ALI

Other Imagery

- ASTER

Elevation Data

- SRTM, Degree Tiles
- SRTM, WRS2 Tiles
- SRTM, GTOPO30
- SRTM, GTOPO30 Mosaic

MODIS Products

- 32-Day Composites
- 16-Day Vegetation
- VCF, Regional
- VCF, UMD Tiles

AVHRR Products

- Global Land Cover
- Regional
- Global Land Cover

Este signo con "+" nos indica para seleccionar una imagen satelital y hacer clic sobre la escena.

En caso de error, se utiliza el signo "-" para deseleccionar una imagen satelital.

Landsat Imagery

- ETM+
- TM
- MSS
- ALI

Other Imagery

- ASTER

Elevation Data

- SRTM, Degree Tiles
- SRTM, WRS2 Tiles
- SRTM, GTOPO30
- SRTM, GTOPO30 Mosaic

MODIS Products

- 32-Day Composites
- 16-Day Vegetation
- VCF, Regional
- VCF, UMD Tiles

AVHRR Products

- Global Land Cover
- Regional
- Global Land Cover

Hemos seleccionado una imagen, se marca de un cuadro con borde amarillo.

Luego se hace clic en Preview & Download, para descargar la imagen seleccionada.

Global Land Cover Facility
 Earth Science Data Interface

Home | Map Search | Product Search | Path/Row Search

ETH+
 WRS-2, Path 007, Row 066
 2000-07-06
 USGS / GLCF
 L1G
 Peru
 Online: 015-129
 Compressed Size: 282 MB; Actual Size: 549 MB

Info Download

PERU BRAZIL

<< First < Previous Page 1 of 1 Next > Last >>

[ID]	Status	[WRS: P/R]	[Acq. Date]	Dataset	Producer	Attr.	Type	Location
015-129	Online	2: 007/066	2000-07-06	ETM+	USGS / GLCF	L1G	BSQ	Peru
015-038	Online	2: 007/066	1992-06-14	TM	Unknown	L1G	BSQ	Peru
015-039	Online	2: 007/066	1998-07-29	TM	Unknown	L1G	BSQ	Peru
015-040	Online	2: 007/066	1989-08-25	TM	Unknown	L1G	BSQ	Peru
015-041	Online	2: 007/066	1996-09-21	TM	Unknown	L1G	BSQ	Peru
015-042	Online	2: 007/066	1986-11-13	TM	Unknown	L1G	BSQ	Peru
015-043	Online	2: 007/066	1986-11-13	TM	EarthSat	Ortho, GeoCover	GeoTIFF	Peru
015-044	Online	2: 007/066	2001-08-26	ETM+	EarthSat	Ortho, GeoCover	GeoTIFF	Peru

Para descargar esta imagen hacemos clic en Download y se abrirá una ventana.

En esta ventana se ve un listado de imágenes disponibles, para ver una vista previa de la imagen hacemos clic en [ID] de la tabla, cada número es una imagen, que ha sido tomado en año, como por ejemplo tenemos: 0,15 – 129 ha sido adquirido el día 6 de julio del 200, Landsat ETM +, localizada en el Perú.

L71007066_06620000706.ETM-USGS.LPGS

Unable to get welcome message.

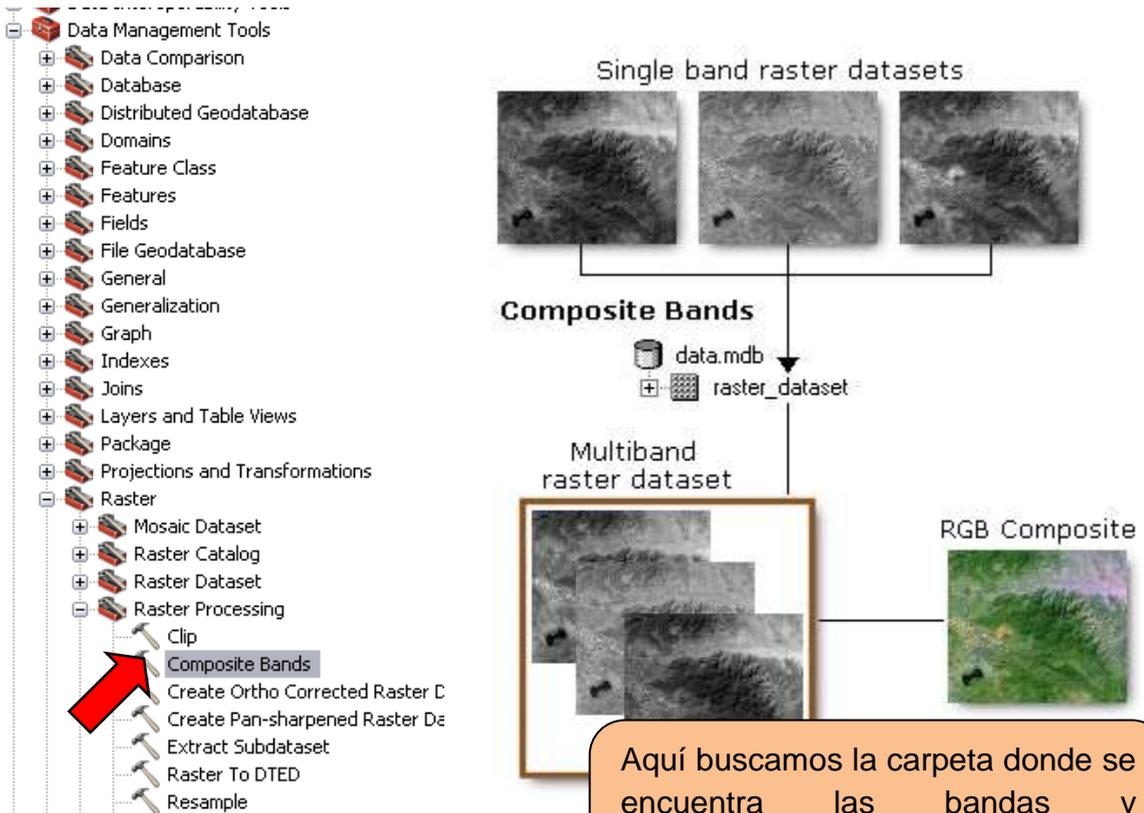
Path: ftp://ftp.gfc.fumd.edu/gfc/Landsat/WRS2/p007r066/L71007066_06620000706.ETM-USGS.LPGS/

File Name	Download Size	Actual Size	Last Modified
L71007066_06620000706_742.browse.jpg	494349 bytes		Fri Jun 09 18:41:57 EDT 2006
L71007066_06620000706_742.preview.jpg	12571 bytes		Fri Jun 09 18:41:57 EDT 2006
L71007066_06620000706.browse.jpg	458623 bytes		Fri Jun 09 18:41:58 EDT 2006
L71007066_06620000706.jpg	22053 bytes		Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706.preview.jpg	13017 bytes		Fri Jun 09 18:41:58 EDT 2006
L71007066_06620000706_B10.L1G.gz	24380591 bytes	54850341 bytes	Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706_B20.L1G.gz	25776159 bytes	54850341 bytes	Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706_B30.L1G.gz	25676582 bytes	54850341 bytes	Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706_B40.L1G.gz	32020064 bytes	54850341 bytes	Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706_B50.L1G.gz	33004515 bytes	54850341 bytes	Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706_B61.L1G.gz	282132 bytes	13716296 bytes	Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706_HDF.L1G			Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L71007066_06620000706_MTI.L1G			Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L72007066_06620000706_B52.L1G.gz			Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L72007066_06620000706_B70.L1G.gz			Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
L72007066_06620000706_B80.L1G.gz			Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001
Shipping_Letter_066_066.prt			Tue Jul 31 00:00:00 EDT 2001

Allí se pueden ver las bandas individuales en formato GeoTiff, por ejemplo [L71007066_06620000706_B30.L1G.gz](#) (banda 3), después de descargar se descomprime con WinRar/7Zip.

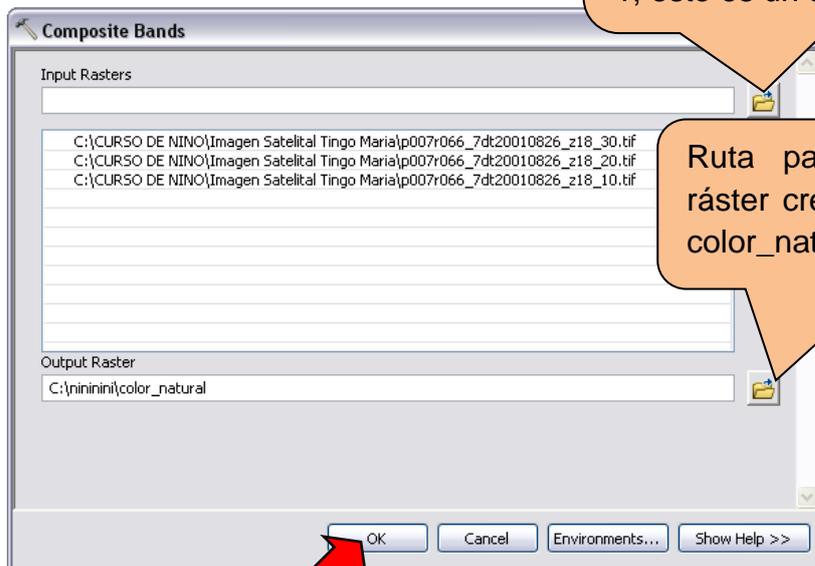
4.2. Combinación de bandas en ArcGIS 10

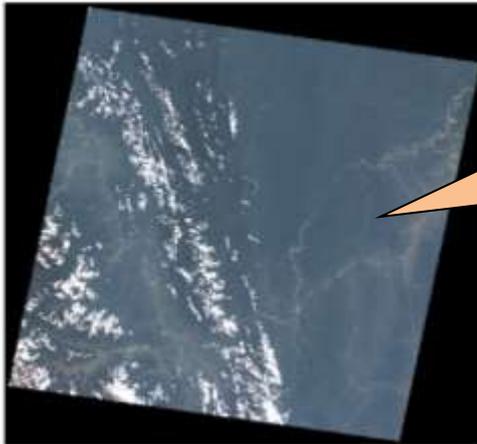
En ArcGIS para realizar composiciones de color se utiliza la función **Composite Bands**, a la cual se accede de la siguiente manera: Del **ArcTool Box**, damos clic en **Data Manamegent Tools**, seguido de **Raster** y luego en **Raster Processing**; donde finalmente seleccionamos la opción **Composite Bands** y agregamos todas bandas correspondientes.



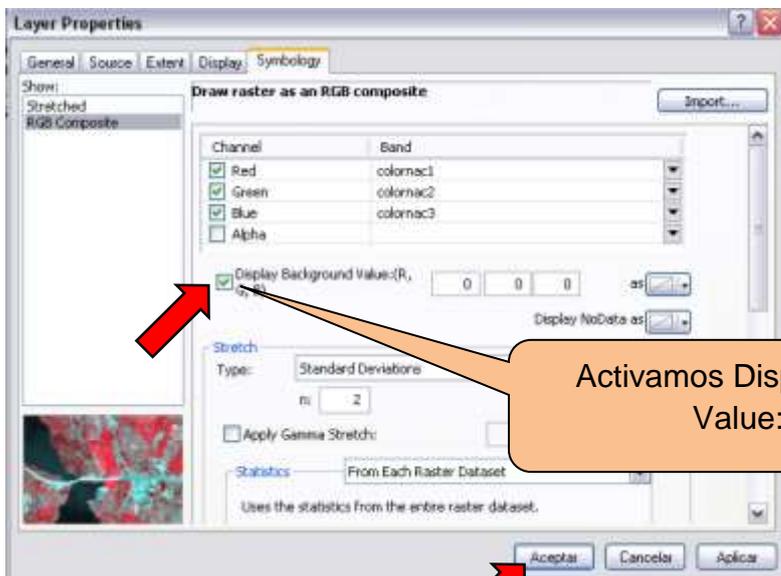
Aquí buscamos la carpeta donde se encuentra las bandas y incorporamos en orden como: 3, 2 y 1; esto es un color natural.

Ruta para guardar el nuevo ráster creado con el nombre de color_natural.

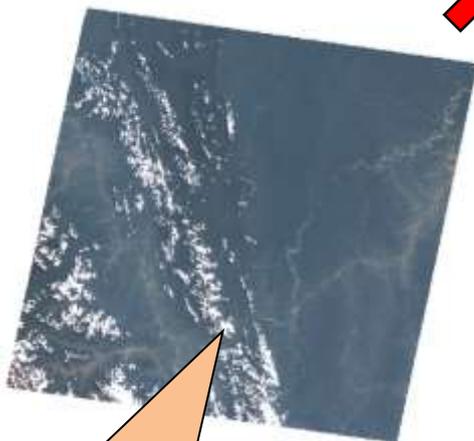




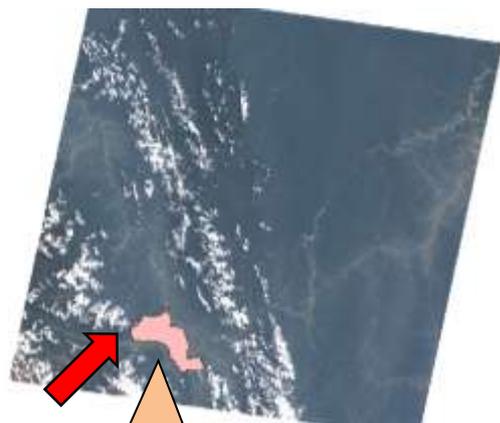
Vemos la imagen con un fondo de color negro, en el siguiente caso pasamos a ocultarlo.



Activamos Display Background Value: (R,G,B)



El resultado nos da solo la imagen satelital



Agregamos un shp de Rupa Rupa ubicado en la imagen satelital.

Para tener la imagen satelital de la zona de estudio que en nuestro ejemplo es Rupa Rupa, extraeremos la forma del shp de Rupa Rupa.

Incorporamos la imagen satelital

Incorporamos el shp Rupa Rupa para la extracción.

Le damos la ruta para guardar como un ráster.

El resultado nos dará una imagen satelital a la forma de Rupa Rupa

Ubicación de Tingo María

4.3. Combinación de bandas con Imagen Analysis

La ventana de Análisis de Imagen es una nueva ventana del dockable que puede usarse para realizar muchos rápidamente el despliegue y procesando las tareas del ráster. Puede agregarse a ArcMap del menú de la Ventana.

Muchas de las opciones del despliegue en esta ventana existieron en ArcMap pero se localizaron en las varias cajas del diálogo; pueden accederse ahora rápidamente las varias opciones, como el contraste, brillo, la transparencia, el estiramiento gamma, el ajuste del rango dinámico, ignore valor del fondo, el estiramiento del contraste, el método de resampling de despliegue, el zumbido, a la resolución del ráster, swipe, y parpadeo.

Esta ventana también contiene muchas opciones del proceso algunos de los cuales pueden realizarse también usando el geoprocessing labra con herramienta. Cuando accedió usando esta ventana, ellos se agregan a una nueva capa que usa las funciones, incluso el recorte, enmascarando, combinando las vendas, NDVI, cacerola-afilando, el hillshading, y mosaicking.

Se activa las bandas que se desea combinar, como el ejemplo anterior la banda 3, 2 y 1; determinaremos color natural, y lo sombreamos en el orden anterior.

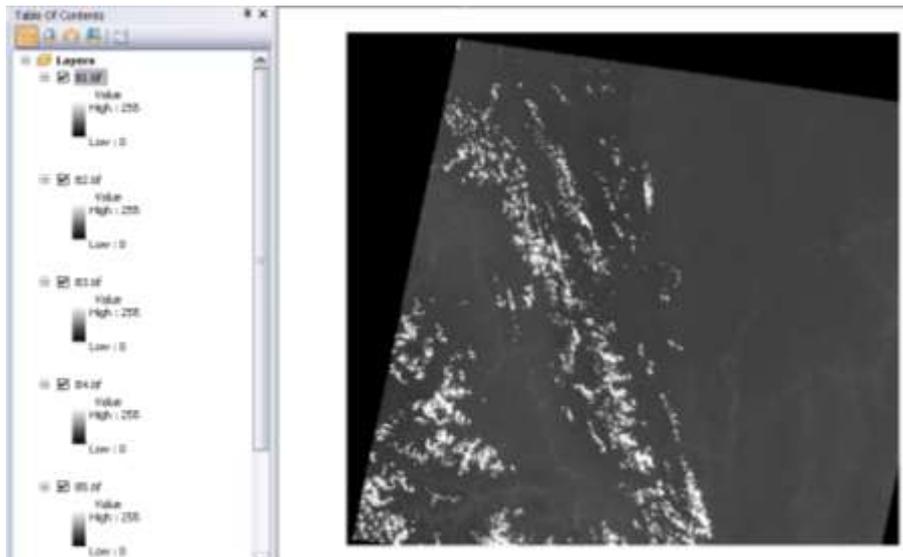
El resultado: Color de las bandas

Clic en esta barra de capas de color amarillo, que significa combinar bandas.

4.4. Calcular el NDVI y la transformación Tasseled Cap

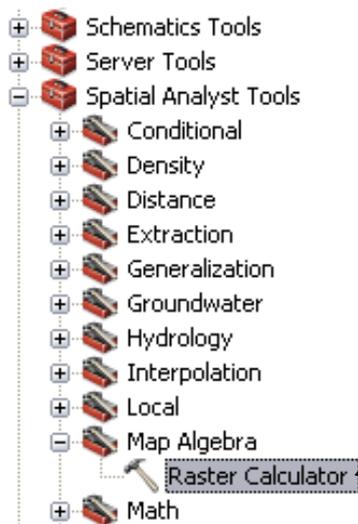
Simplemente se aplica la algebra de mapas, con Raster Calculator.

En la siguiente figura se ilustran 6 bandas de la imagen utilizada, la región Rupa Rupa siempre está bastante nublada pero a manera de ejemplo que se quiere realizar será de mucha utilidad.



4.4.1. Calculo de NDVI con Raster Calculator

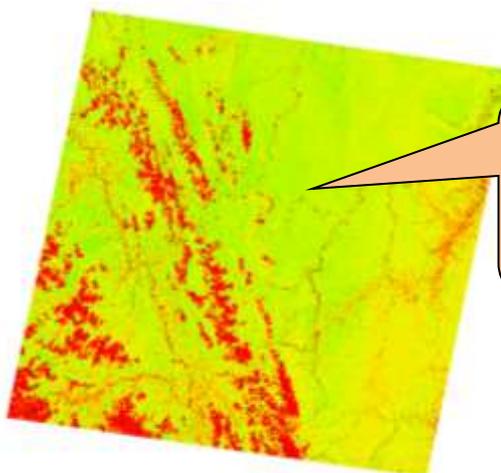
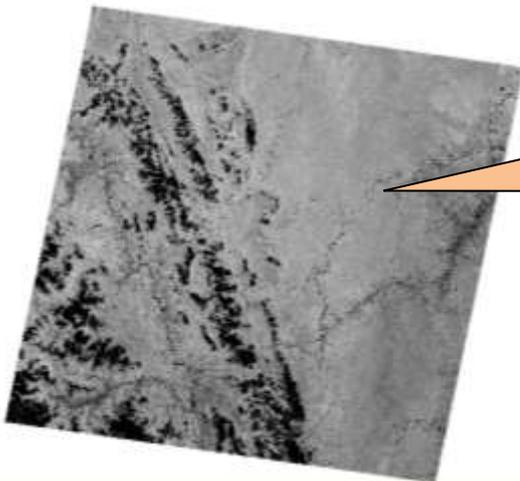
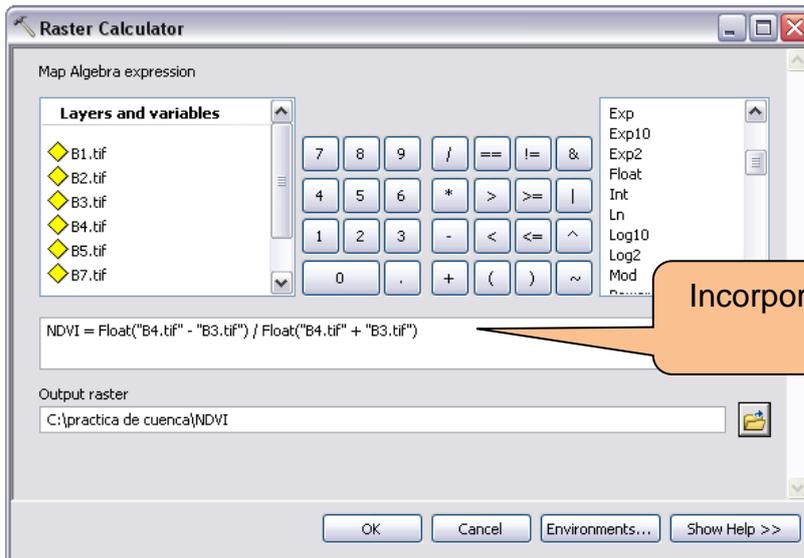
En ArcToolbox entramos en Spatial Analyst tools < Map Algebra < Raster Calculator



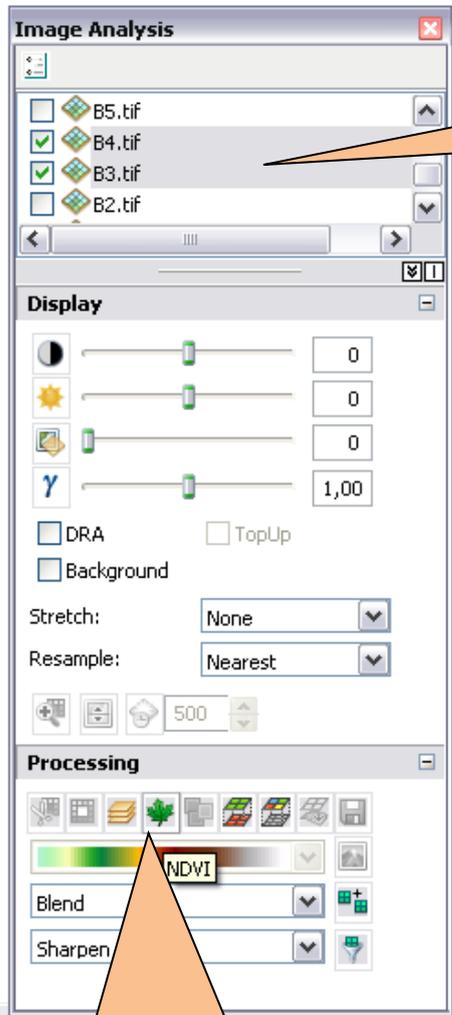
En la ventana que nos aparece agregamos las capas correspondientes de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{\text{Float}("B4" - "B3")}{\text{Float}("B4" + "B3")}$$

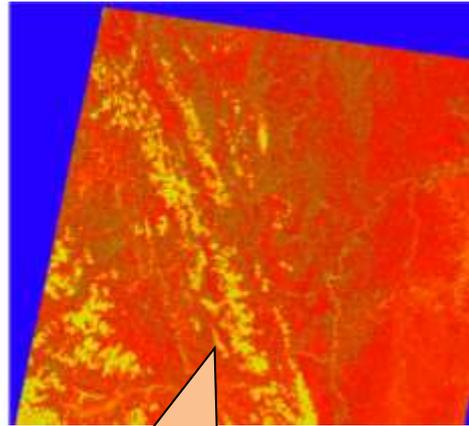
El operador Float, en la ecuación, se utiliza para que el resultado de la operación sea punto flotante. Si se omite Float el resultado final va ser entero (cero y uno), lo cual es incorrecto para calcular este índice de vegetación.



4.4.2. Calculo de NDVI con Imagen Analysis



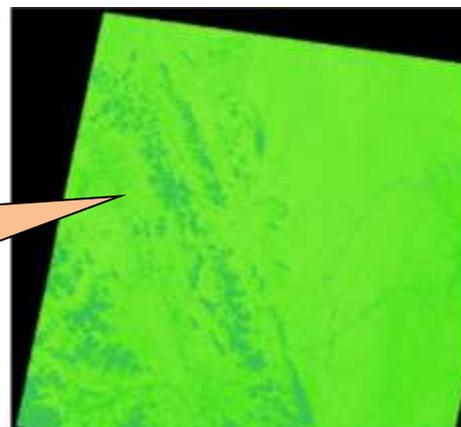
Se activa las dos bandas a evaluar el NDVI y se sombre.



En esta figura se muestran en color rojo es la vegetación y el amarillo corresponde la fuente de agua o las nieves.

Clic en la hoja de color verde que significa el NDVI

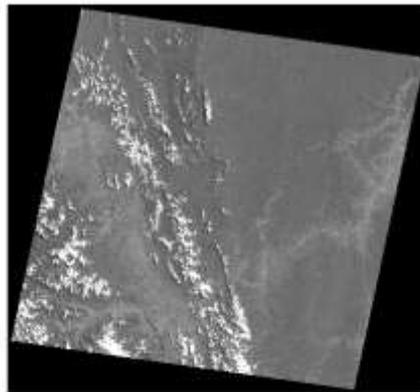
Modificamos los colores para tener a nuestro gusto, el verde es la vegetación más saludable y el azul es el agua o las nieves.



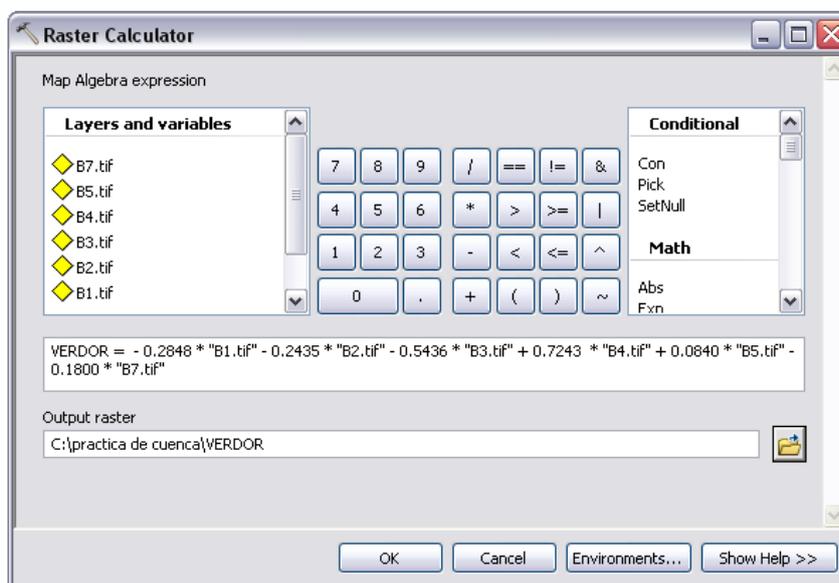
2.1.1. Calculo de transformación Tasseled Cap

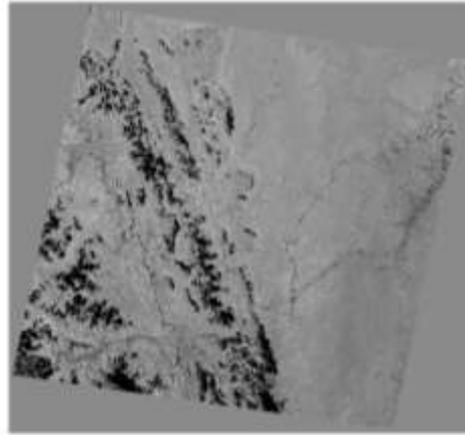
En la calculadora ráster escribimos las siguientes ecuaciones

$$\text{Brillo} = 0.3037 * [B1] + 0.2793 * [B2] + 0.4743 * [B3] + 0.5585 * [B4] + 0.5082 * [B5] + 0.1863 * [B7]$$

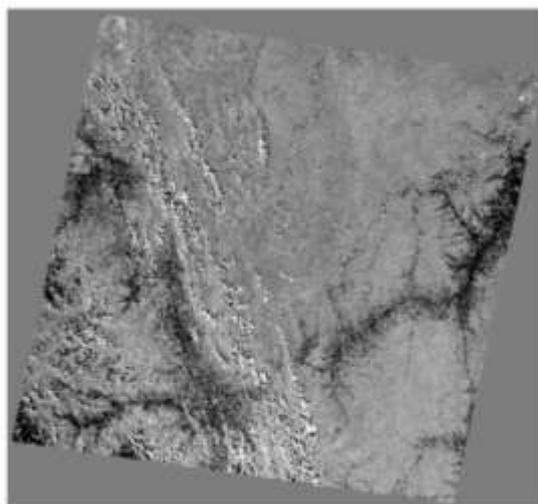
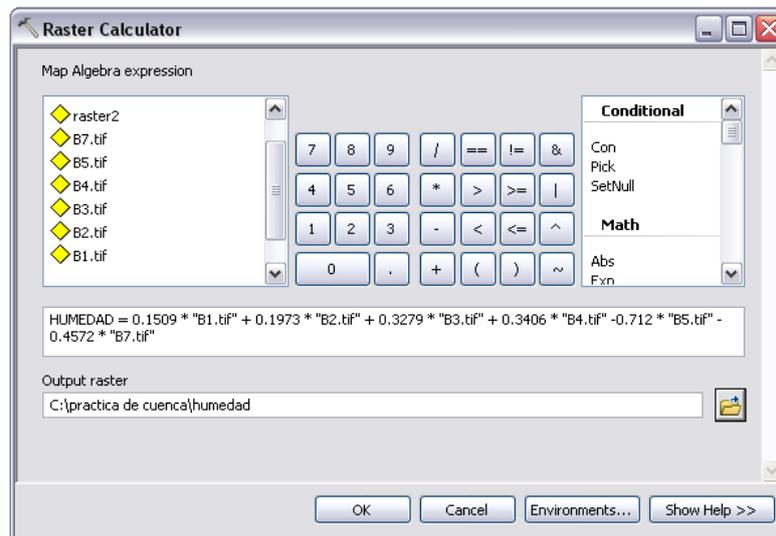


$$\text{Verdor} = -0.2848 * [B1] - 0.2435 * [B2] - 0.5436 * [B3] + 0.7243 * [B4] + 0.0840 * [B5] - 0.1800 * [B7]$$





$$\text{Humedad} = 0.1509 * [\text{B1}] + 0.1973 * [\text{B2}] + 0.3279 * [\text{B3}] + 0.3406 * [\text{B4}] - 0.712 * [\text{B5}] - 0.4572 * [\text{B7}]$$

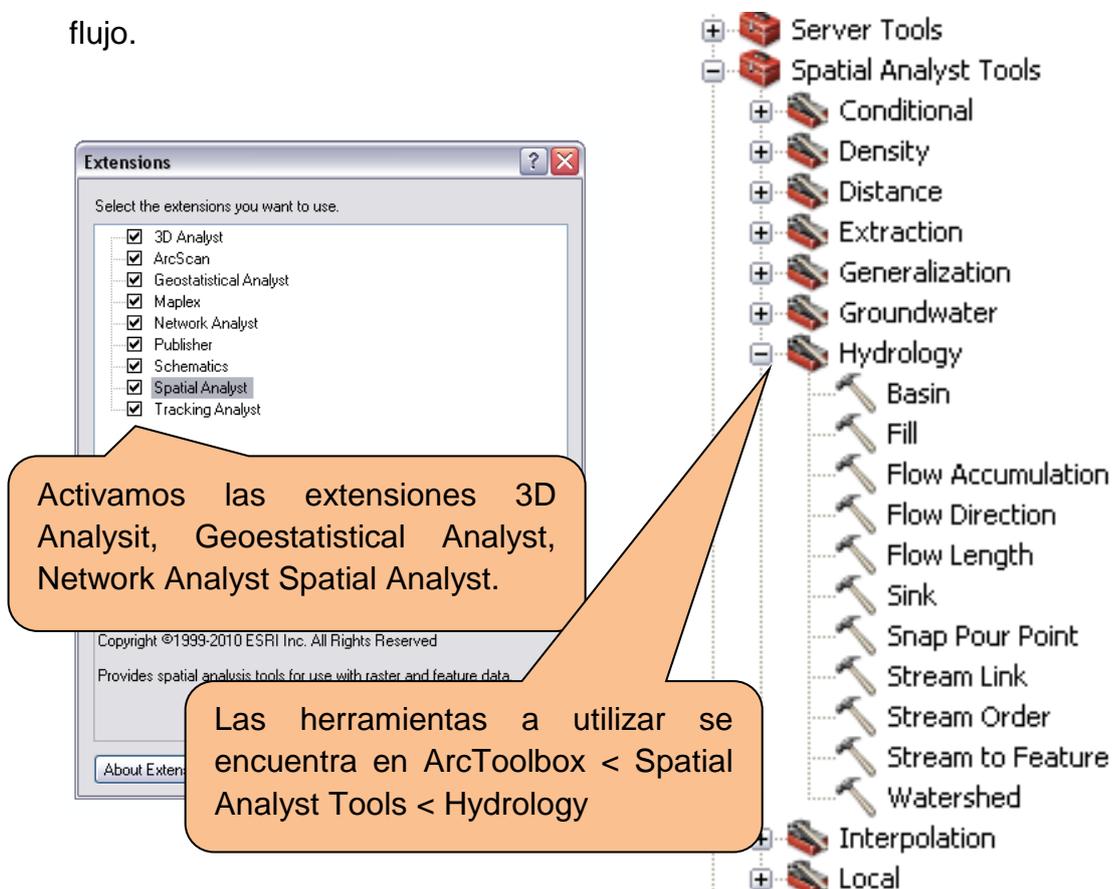


CAPÍTULO V. ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y MORFOMÉTRICO DE CUENCAS UTILIZANDO ARCGIS 10

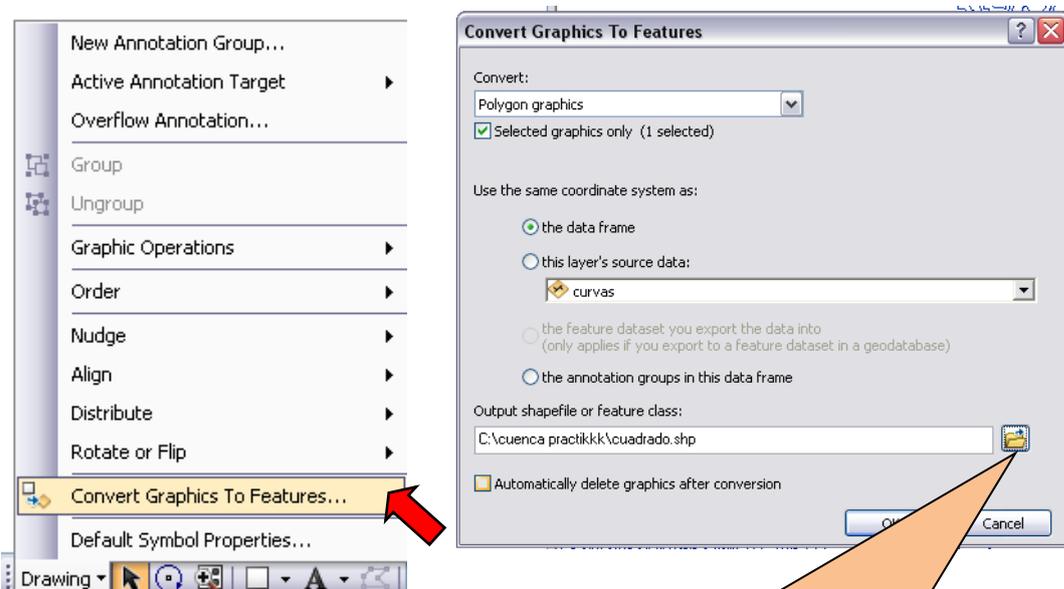
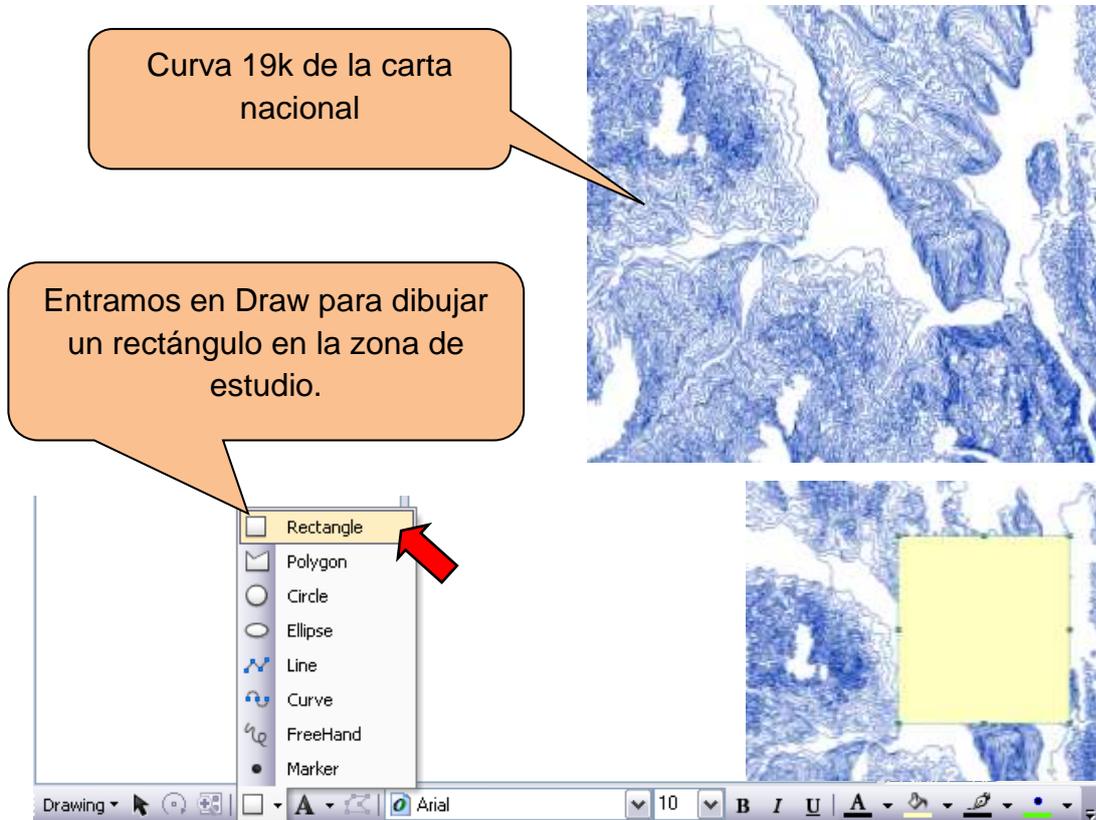
Las herramientas de análisis hidrológico de ArcGIS proveen un método que permite describir las características físicas de una superficie. Utilizando un modelo de elevación digital, es posible delinear un sistema de drenaje y cuantificar las características del sistema. Estas herramientas permiten determinar para cualquier ubicación de la cuenca el área de contribución para cualquier punto de interés y la cantidad de agua que puede recibir dicho punto.

Las cuencas y las redes de drenaje creadas a partir de un modelo de elevación digital utilizando ArcGIS son las fuentes primarias para la mayoría de los modelados hidrológicos de superficie. Dichos modelos pueden ser utilizados, entre otros, para determinar la altura, tiempo y magnitud de inundación de un área, localización de área que contribuye a la contaminación de los cursos fluviales o predecir los efectos de alteración del paisaje.

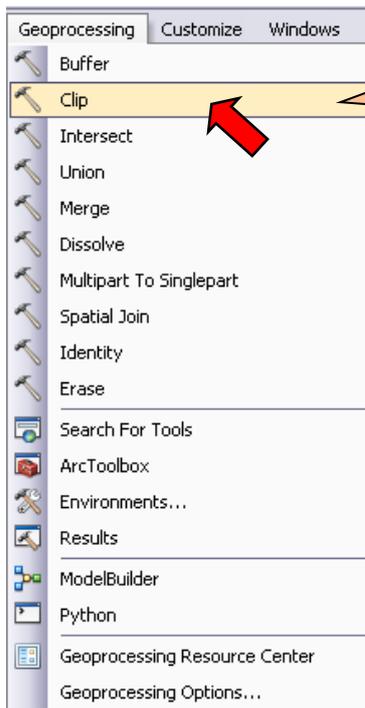
Muchas aplicaciones requieren de un conocimiento de cómo el agua fluye a través de un área y qué cambios del área pueden afectar dicho flujo.



NOTA: Para delimitar una cuenca se tiene que contar con la información de Curva de nivel; de la carta nacional, agregamos "Add Data".



Le damos la ruta para guardar el nuevo shp creado mediante gráfico y ponemos el nombre de cuadro. Y eliminamos el grafico creado, seleccionando y suprimir.



Para obtener las curvas del área de estudio que es el cuadro, nos vamos en el menú principal geoprocessing, un clic y se desplegara unas herramientas y ubicamos CLIP, nos sirve para cortar.



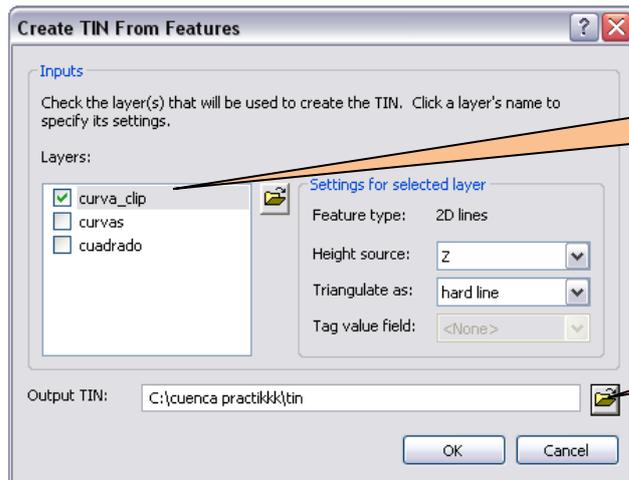
Para obtener las curvas del área de estudio que es el cuadro, nos vamos en el menú principal geoprocessing, un clic y se desplegara unas herramientas y ubicamos CLIP, nos sirve para cortar.

5.1. Creación del TIN

En ArcGIS, con la herramienta 3D Analyst, podemos crear un TIN a partir de un shape de puntos con coordenadas XYZ o de curvas de nivel; en los dos casos el procedimiento es el mismo.



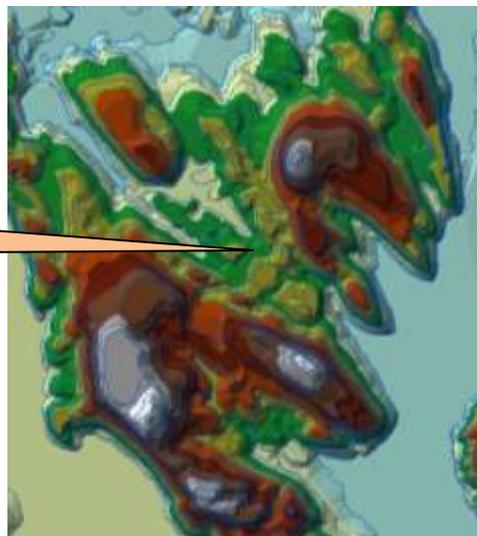
Clic en "Create TIN From Features..."



Activamos Curva_clip para crear el TIN

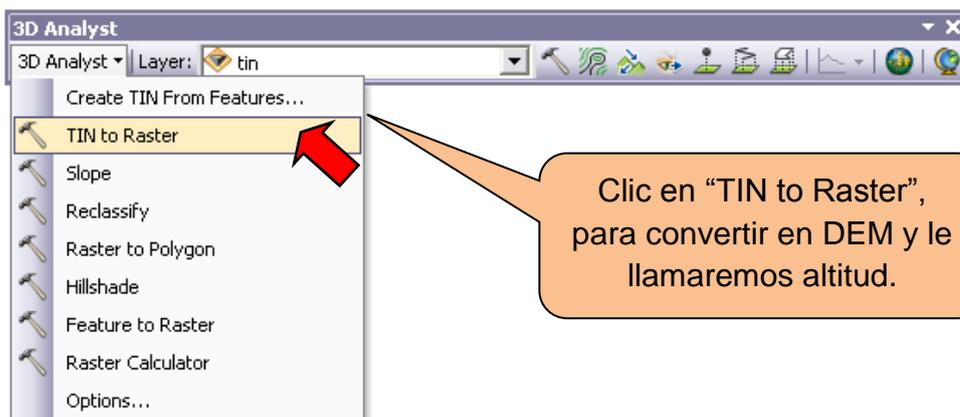
Le damos la ruta, donde será guardado el TIN y OK.

TIN

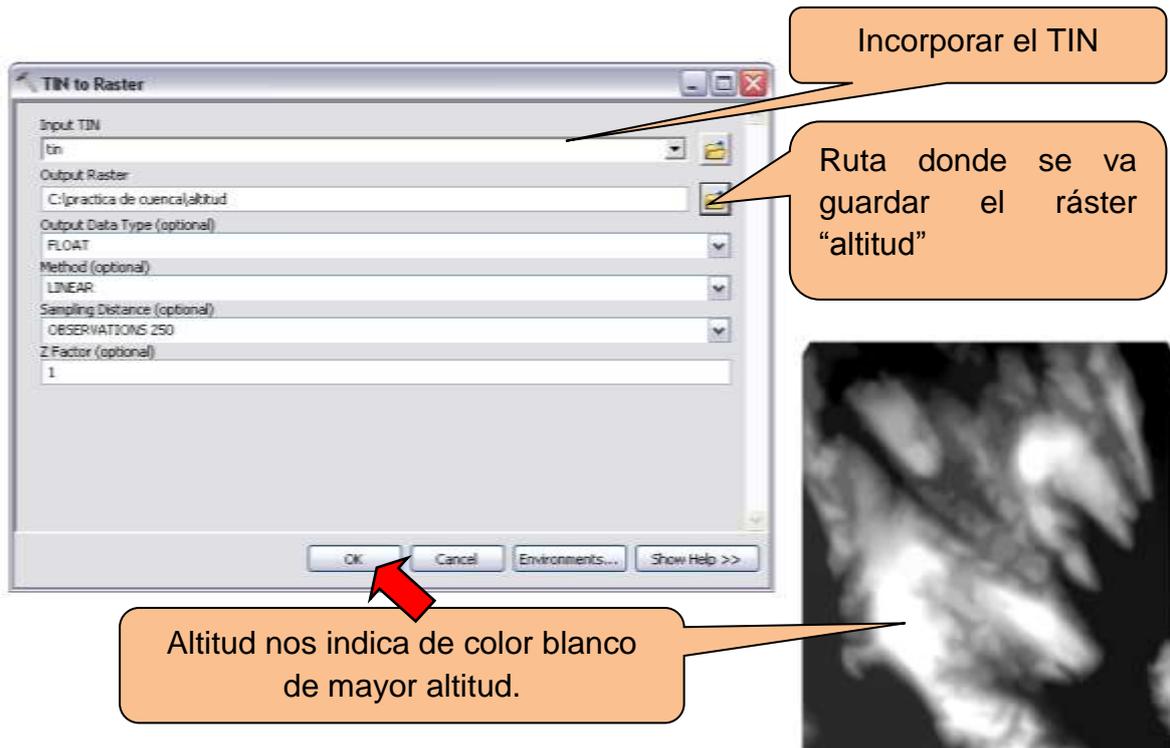


5.2. Conversión de TIN to ráster

Para convertir el TIN en un ráster, nuevamente de 3D Analyst seleccionamos Convert seguido de TIN to Raster.



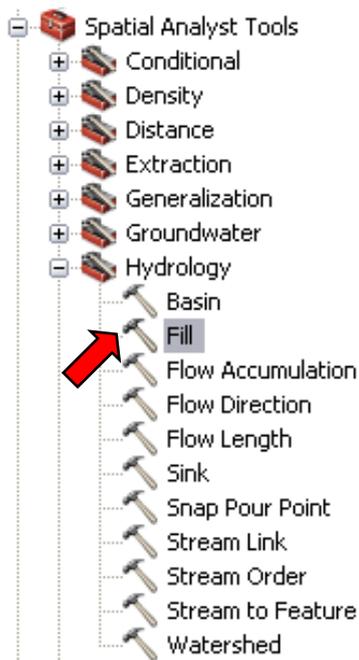
Clic en "TIN to Raster", para convertir en DEM y le llamaremos altitud.



5.3. Herramienta Fill sinks

Con esta herramienta se rellenan las imperfecciones existentes en la superficie del modelo digital de elevaciones, de tal forma que las celdas en depresión alcancen el nivel del terreno de alrededor, con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección del flujo.

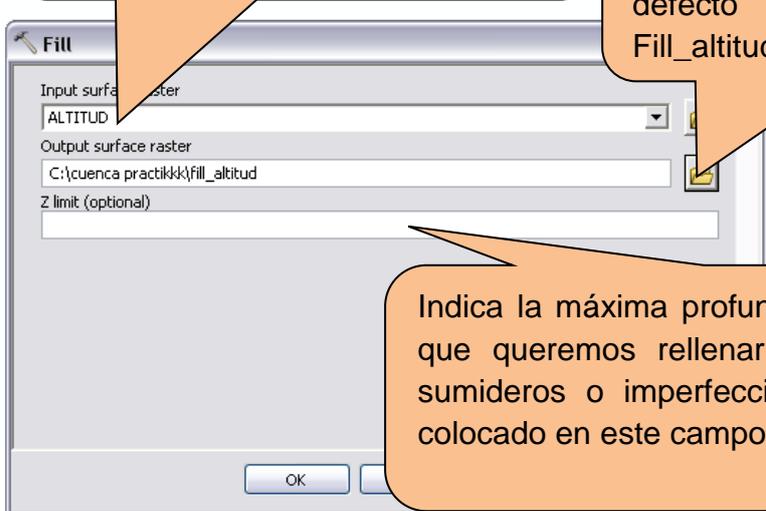
Para ello a partir de Hydrology se da clic en Fill, se abre una ventana donde se debe rellenar la siguiente información.



Se selecciona el DTM que vamos a utilizar para el procesamiento, en este caso es ALTITUD

Aquí seleccionamos la ruta y el nombre del archivo de salida, por defecto le colocará el nombre Fill_altitud.

Indica la máxima profundidad de los sumideros que queremos rellenar. Las profundidades de sumideros o imperfecciones mayores al valor colocado en este campo no se rellenarán.

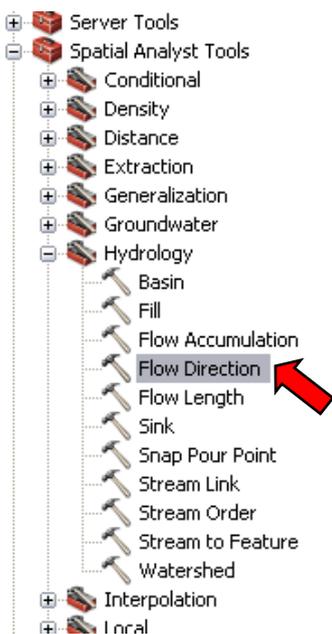


En caso de dejar el campo en blanco, el programa tomará por defecto rellenar todos los sumideros, independientemente de la profundidad. Para el caso del ejemplo la dejaremos en blanco.

Como resultado se obtiene el ráster denominado

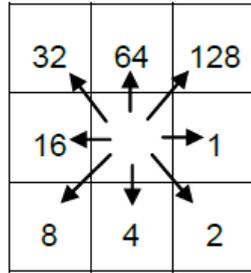


5.4. Herramienta dirección del flujo (Flow direction tool)

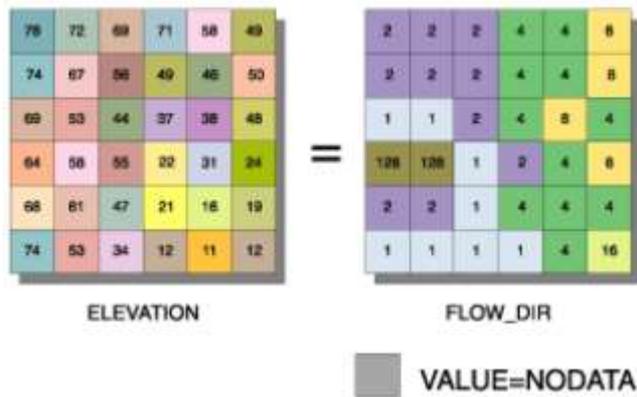


Se determinar la dirección del flujo a través de cada celda es siempre el primer paso en el análisis de superficies hidrológicas; todas las restantes herramientas hidrológicas requieren de esta información para trabajar. La herramienta Dirección del Flujo encuentra la dirección del flujo para una celda comparando su valor de elevación con los valores de la elevación de sus celdas vecinas. El resultado es un código que identifica al vecino hacia donde el agua fluirá. El gráfico siguiente muestra los códigos (valores enteros) que representan la dirección del flujo a partir del centro de la celda en el mapa de

salida:



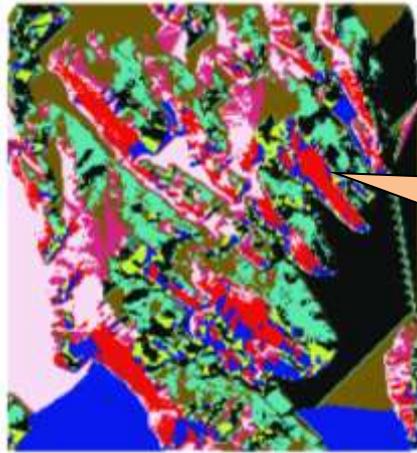
El gráfico siguiente muestra un ejemplo del cálculo de la dirección del flujo a partir de un MDE:



Se selecciona el ráster creado en el paso anterior que se denomina Fill altitud

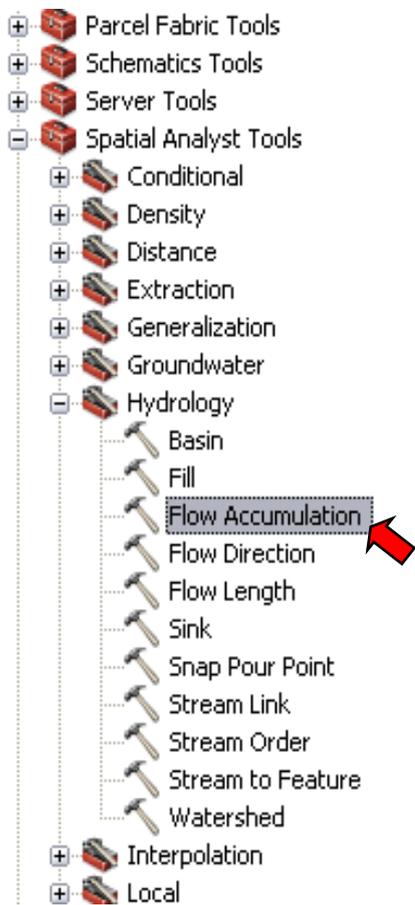
Aquí seleccionamos la ruta y el nombre del archivo de salida, por defecto le colocará el nombre "FlowDir_fill".

Es una salida opcional. El drop ráster muestra la relación entre el cambio máximo en la elevación de cada celda a lo largo de la dirección del flujo, expresada en porcentajes. No escribimos nada en este campo



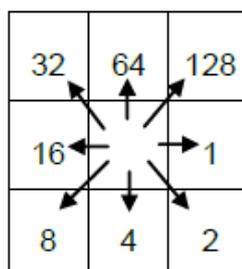
Como resultado se obtiene el ráster denominado **FlowDir_fill** (dirección de flujo)

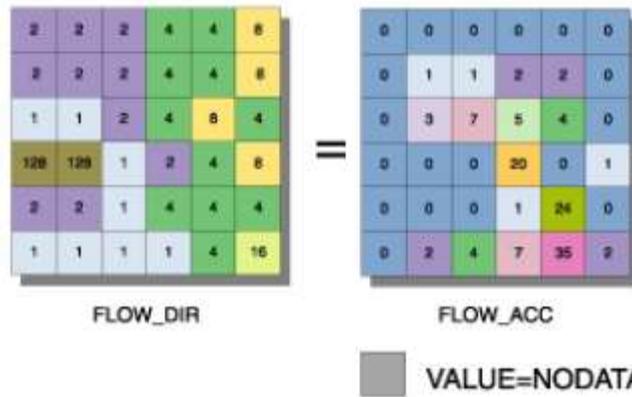
5.5. Herramienta acumulación del flujo (Flow accumulation tool)



La herramienta Acumulación del Flujo (Flow Accumulation) calcula para cada celda la cantidad de agua que fluye dentro de la celda desde todas las celdas que drenan hacia ella. A menos que el usuario especifique el mapa ráster de ponderación (opcional), el valor de salida para una celda cualquiera será solamente determinado por la cantidad de todas las celdas que drenaron hacia ella.

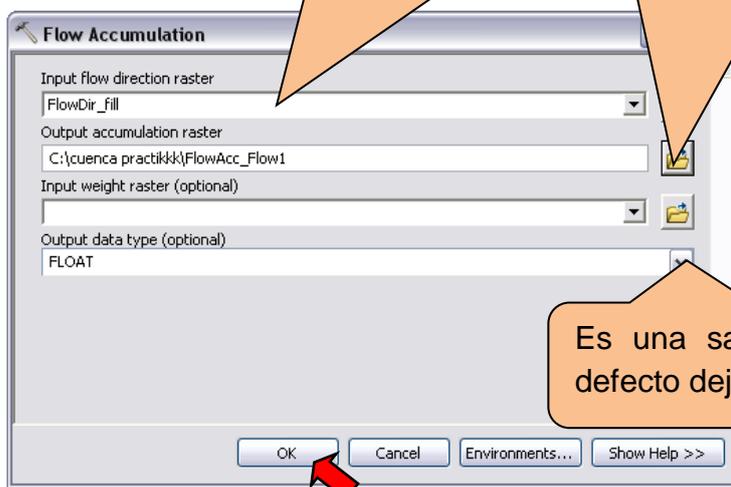
El mapa ráster de ponderación puede ser usado para especificar la cantidad de agua que está disponible en cada celda para servir como escurrentía. Este mapa es normalmente el resultado de un modelo, donde el mapa de precipitación es modificado por la cantidad de agua absorbida por el suelo y la vegetación que cubre las celdas.



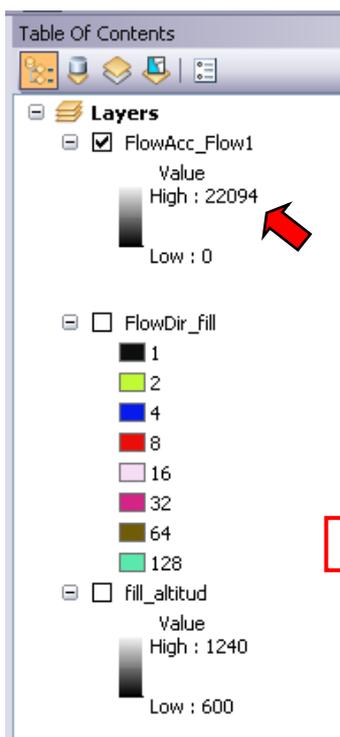


Se selecciona el ráster creado en el paso anterior que se denomina FlowDir_fill.

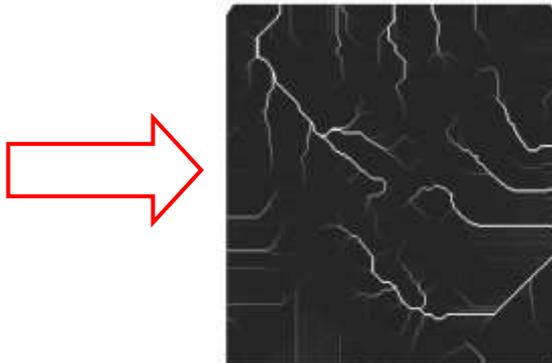
Se selecciona el ráster creado en el paso anterior que se denomina FlowDir_fill.



Es una salida opcional. Por defecto dejamos FLOAT.



En la leyenda, podemos observar que el ráster elevacum tiene valores desde 0 hasta 22094. Esas son la cantidad de celdas que se acumularon desde aguas arriba. Aquellas celdas con valores altos significan que tienen muchas celdas fluyendo hacia ellas. En otras palabras, celdas con valores altos pueden ser consideradas como un drenaje.

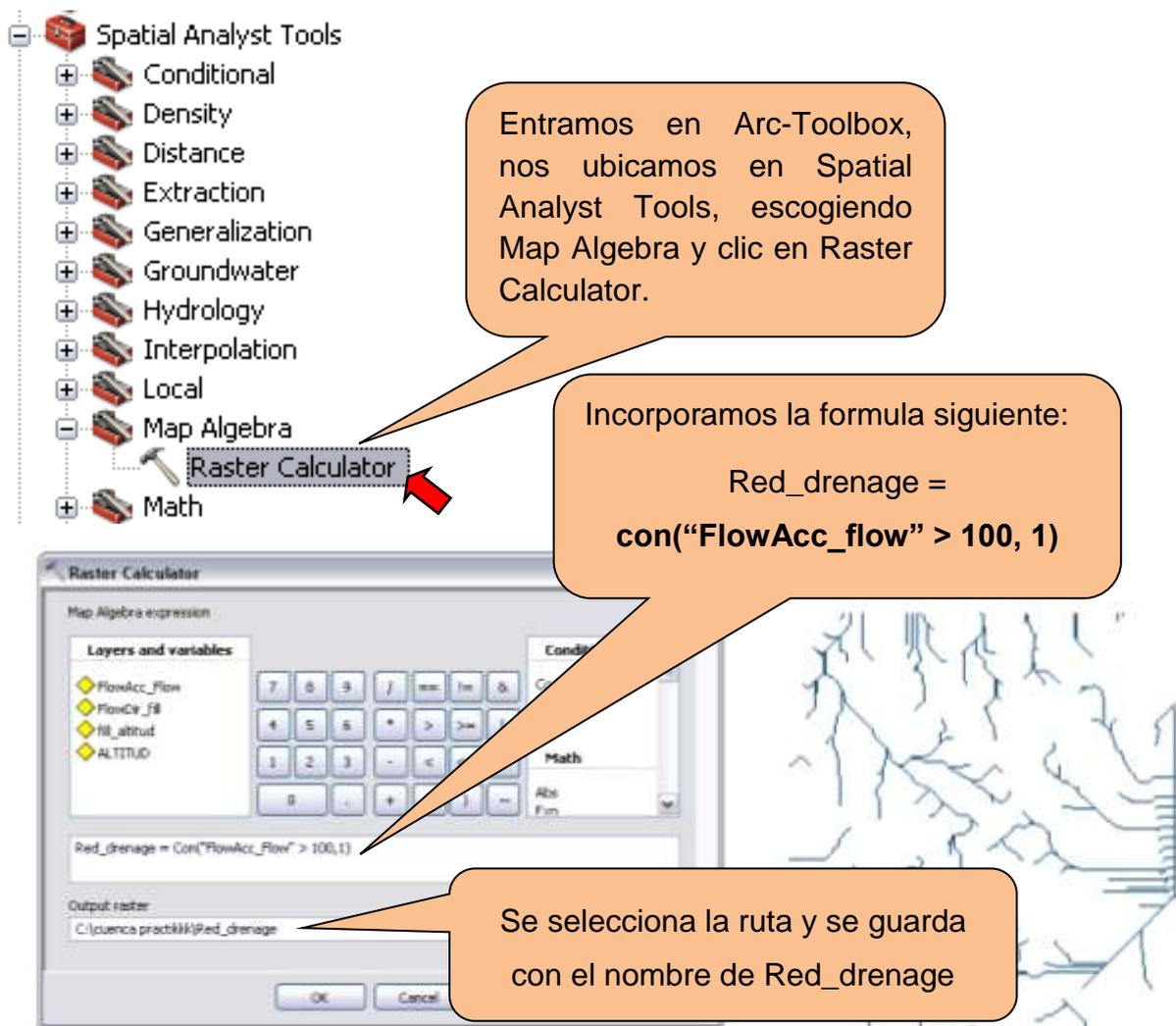


5.6. Stream definition

En esta fase se clasifican las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado por el usuario como celdas pertenecientes a la red de flujo. El umbral debe ser especificado como el número de celdas vertientes a la que se está clasificando en cada momento. Aquí se debe incorporar el valor que sería el más indicado, ya que si el valor de acumulación es muy bajo muchos pixeles serán seleccionados como pertenecientes a la red hídrica, si por lo contrario, el valor del pixel es muy alto solo aquellos drenajes de orden alto serían definidos como red hídrica.

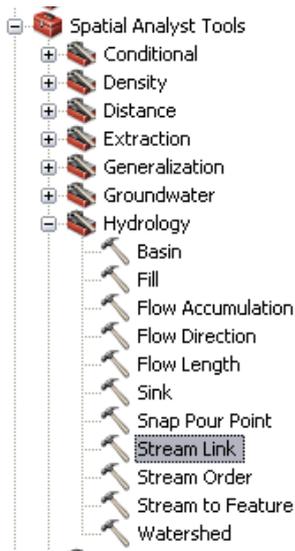
En otras palabras, seleccionar un valor bajo del umbral significa que obtendremos afluentes pequeños en nuestra red de drenajes, en cambio un valor alto, modela los drenajes de mayor tamaño.

Para crear una red de corriente a partir del ráster de acumulación de flujo, se procede de la siguiente forma.



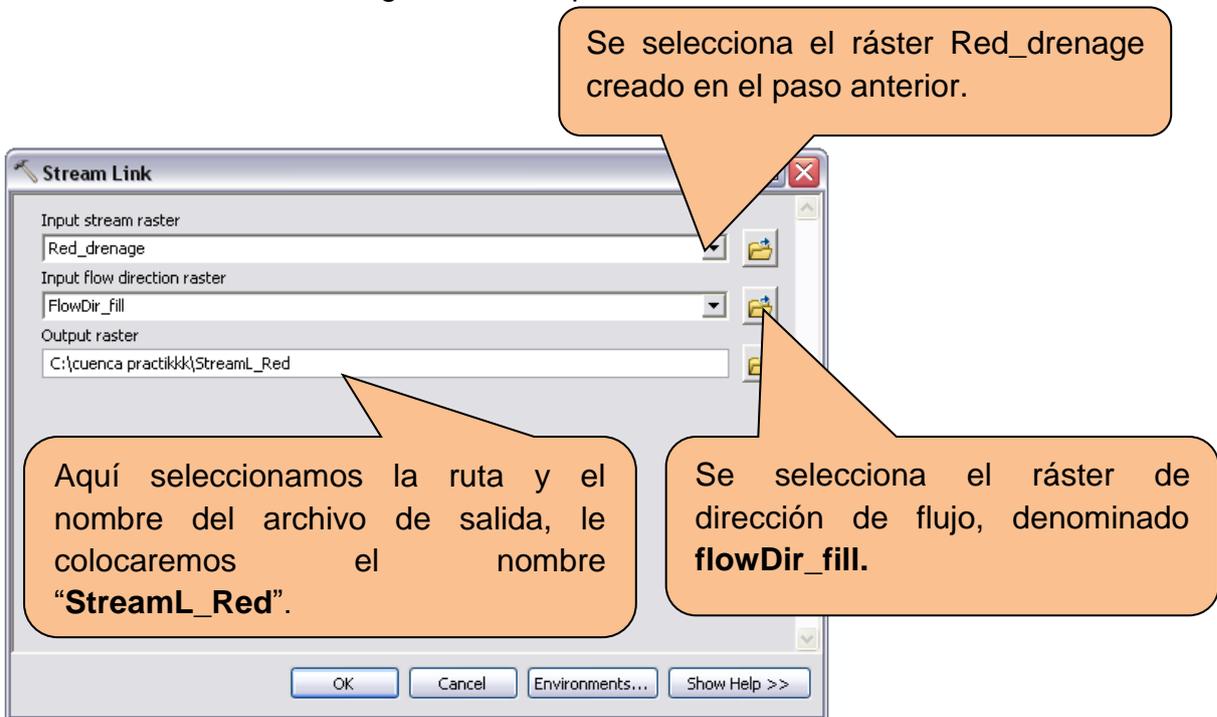
The image shows the ArcGIS interface with the Spatial Analyst Tools toolbox open. The 'Raster Calculator' tool is highlighted with a red arrow. A callout box explains that the user enters the Arc-Toolbox, navigates to Spatial Analyst Tools, and selects the Raster Calculator. Another callout box shows the formula:
$$\text{Red_drenage} = \text{con}(\text{"FlowAcc_flow"} > 100, 1)$$
 Below this, the Raster Calculator dialog box is shown with the same formula entered in the 'Map Algebra expression' field. A third callout box points to the 'Output raster' field, which contains the path 'C:\cuencia practikk\Red_drenage', explaining that the user selects the path and saves it with the name 'Red_drenage'. The background of the dialog box shows a map with a stream network.

5.7. Stream Link



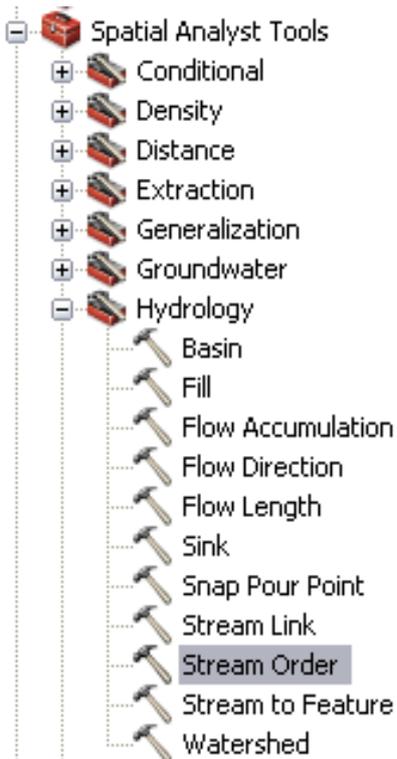
Divide el cauce en segmentos no interrumpidos. Es decir, que dichas secciones en las que se divide el recorrido del flujo serán segmentos que conectan dos uniones sucesivas, una unión y un punto de desagüe o una unión y una división del área de drenaje. Para ello se procede de la siguiente forma.

Entramos en ArcToolbox, y buscamos Spatial Analyst Tool, después Clic en **Hydrology**, luego en **Stream Link**, en la ventana que aparece se debe rellenar los siguientes campos.



Después de dar clic en OK, se obtiene el siguiente mapa.

5.8. Stream Order



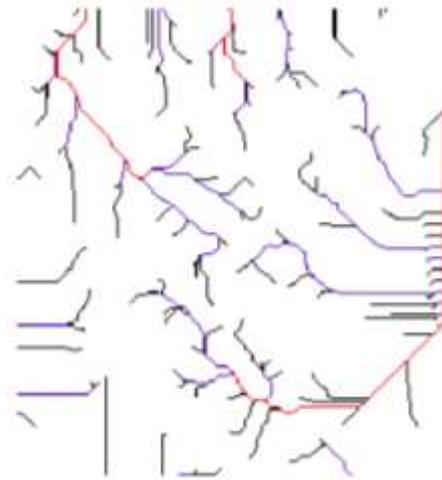
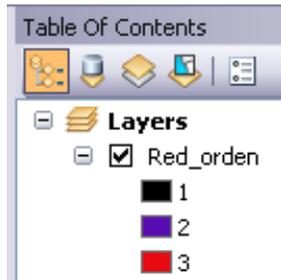
Crea un ráster del orden de las corrientes. Para ello se usan dos métodos:

En el método Strahler, el orden de la corriente se incrementa cuando se cruzando dos drenajes del mismo orden. Dos drenajes de diferentes órdenes no se traducirán en un aumento del orden de la siguiente corriente.

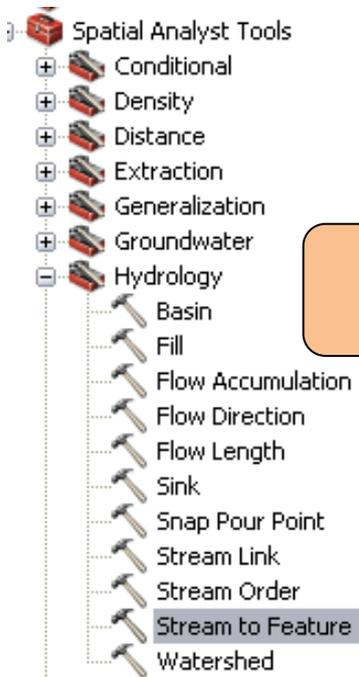
En el método Shreve los órdenes de corrientes son aditivos.

El procedimiento es el siguiente: Clic en Hydrology, luego en **Stream Order**, en la ventana que aparece se debe rellenar los siguientes campos.

A screenshot of the 'Stream Order' dialog box in ArcGIS. The dialog has four main input fields: 'Input stream raster' (set to 'StreamL_Red'), 'Input flow direction raster' (set to 'FlowDir_fill'), 'Output raster' (set to 'C:\cuencia practikk\Red_orden'), and 'Method of stream ordering (optional)' (set to 'STRAHLER'). There are also 'OK', 'Cancel', 'Environments...', and 'Show Help >>' buttons at the bottom. Four callout boxes with orange backgrounds provide instructions: 1. 'Se selecciona el ráster StreamL_Red creado el paso anterior.' points to the 'Input stream raster' field. 2. 'Se selecciona el ráster de dirección de flujo, denominado FlowDir_fill.' points to the 'Input flow direction raster' field. 3. 'Se selecciona el método STRAHLER.' points to the 'Method of stream ordering' dropdown. 4. 'Aquí seleccionamos la ruta y el nombre del archivo de salida, le colocaremos el nombre "Red_orden".' points to the 'Output raster' field.



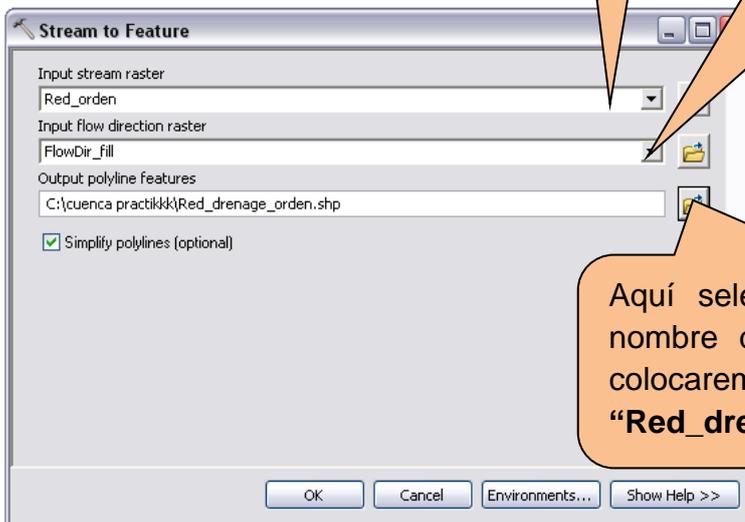
5.9. Stream to Feature



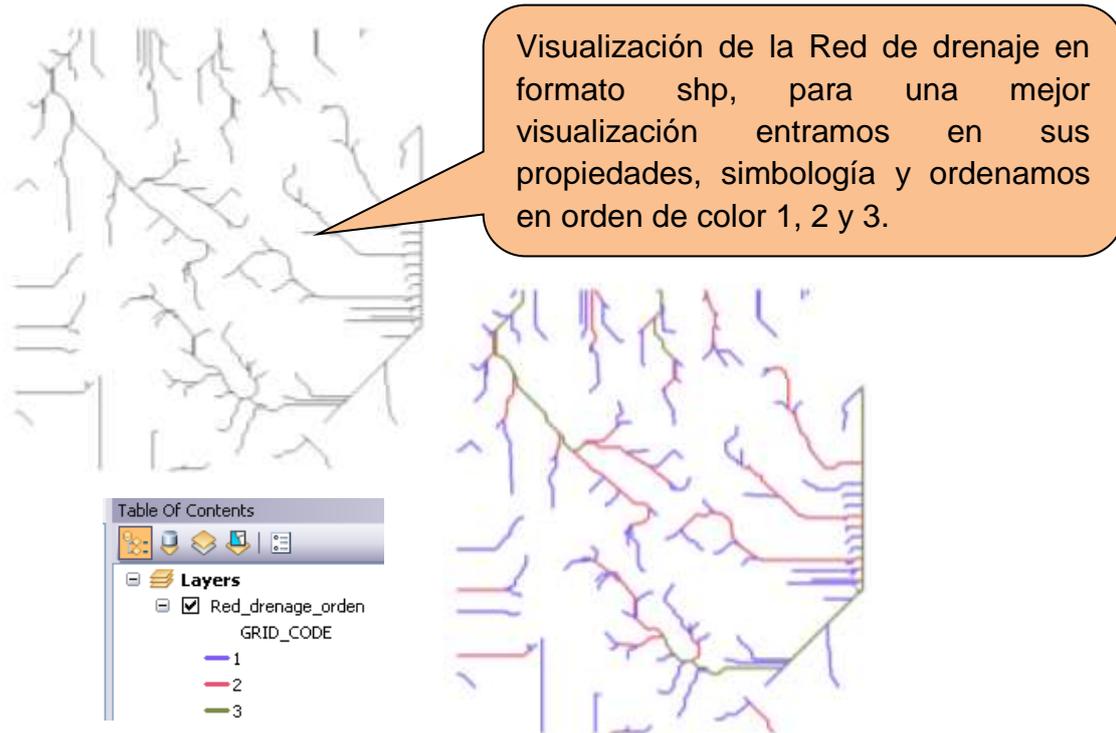
Crea un shape de drenajes. El procedimiento es el siguiente: Clic en Hydrology, luego en **Stream to Feature**, en la ventana que aparece se debe rellenar los siguientes campos.

Se selecciona el ráster Red_orden

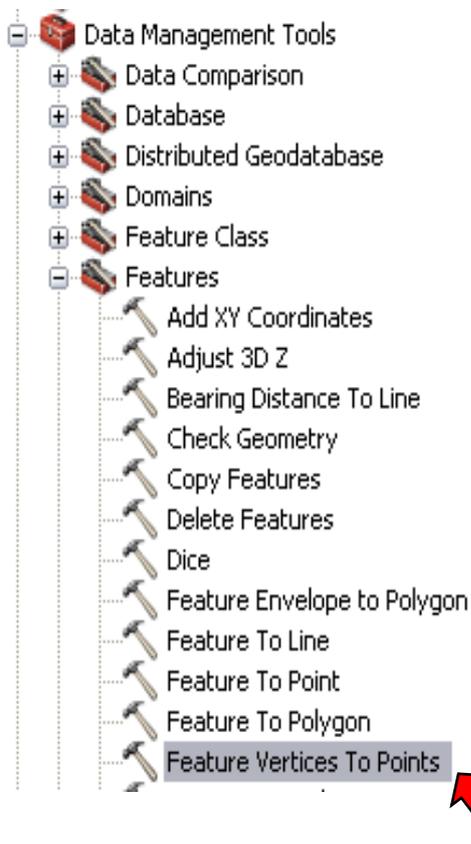
Se selecciona el ráster de dirección de flujo, denominado FlowDir_fill.



Aquí seleccionamos la ruta y el nombre del archivo de salida, le colocaremos el nombre "Red_drenage_orden"

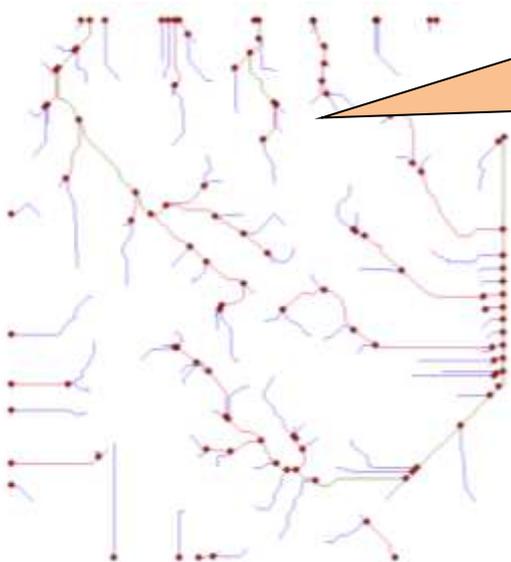
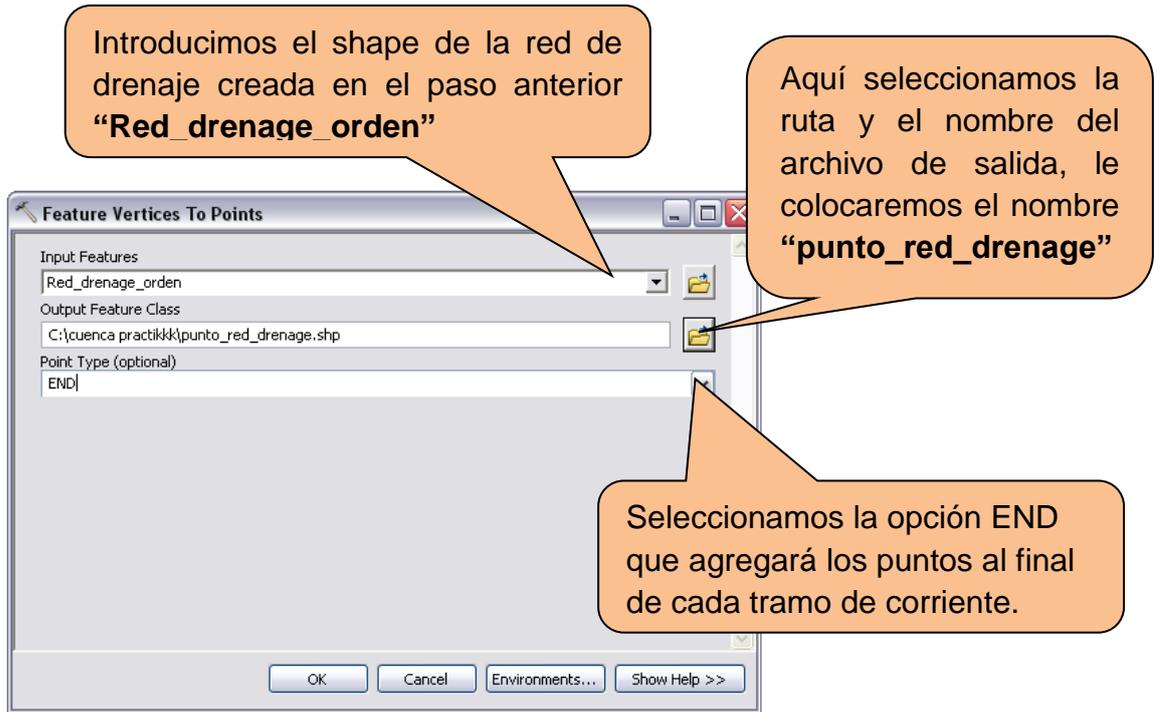


5.10. Feature Vertice To Point



Esta herramienta permite determinar los puntos donde se cortan cada uno de los drenajes, es decir convierte los vértices a punto. Podemos determinar un punto al inicio, la mitad o al final de cada tramo de corriente, para este caso nos interesan los puntos finales que es donde hay acumulación de flujo y es el punto importante para determinación de las cuencas. Para ello seguimos los siguientes pasos.

Vamos a ArcToolbox, luego Data Management tools, seguido de Feature y finalmente Feature Vertice to Point.

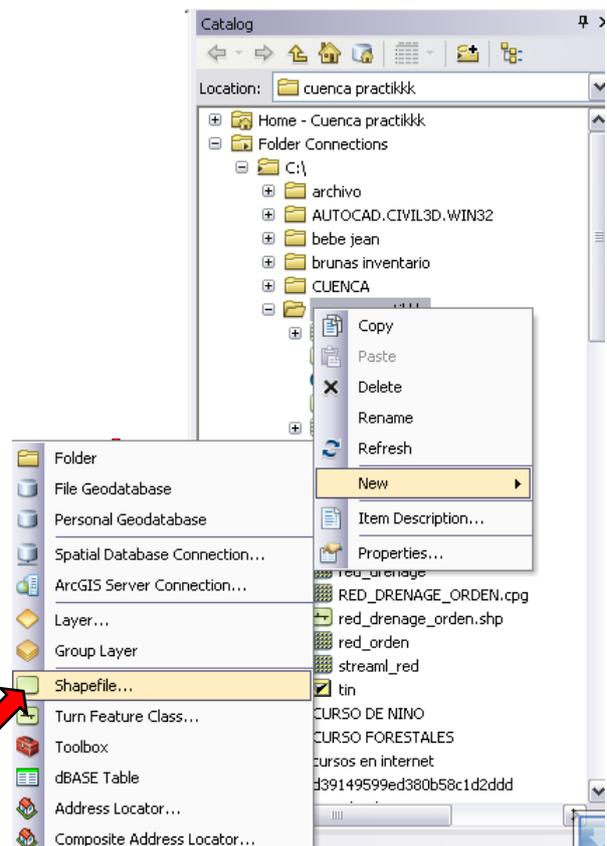


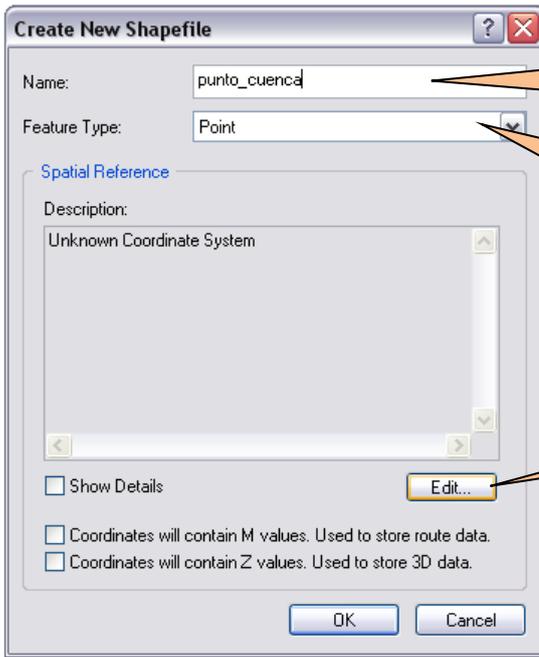
El resultado nos da los puntos finales de los órdenes de cada drenaje y ahora verificamos la zona de estudio cual es el punto de inicial de la cuenca.

5.11. Crear un shapefile tipo punto

Se crea un nuevo shapefile tipo punto para obtener sólo la cuenca que nos interesa ejecutar.

Para ello entramos en el mismo ArcMap 10, en ArcCatalog y buscamos la carpeta que tamos guardando la información y en la misma carpeta hacemos anticlic y entramos en New, siguiente Shapefile... clic y se nos abrirá una ventana como se muestra.



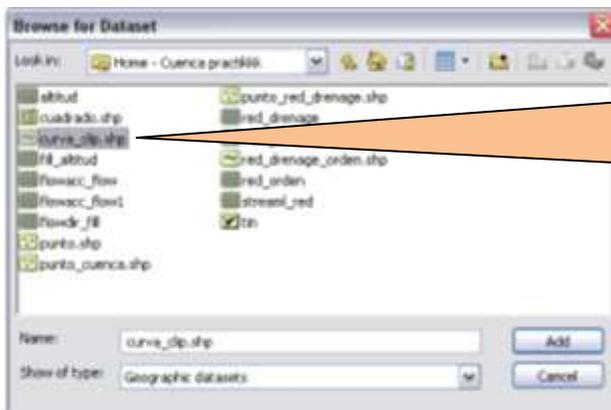


Incorporamos el nombre del nuevo shp.

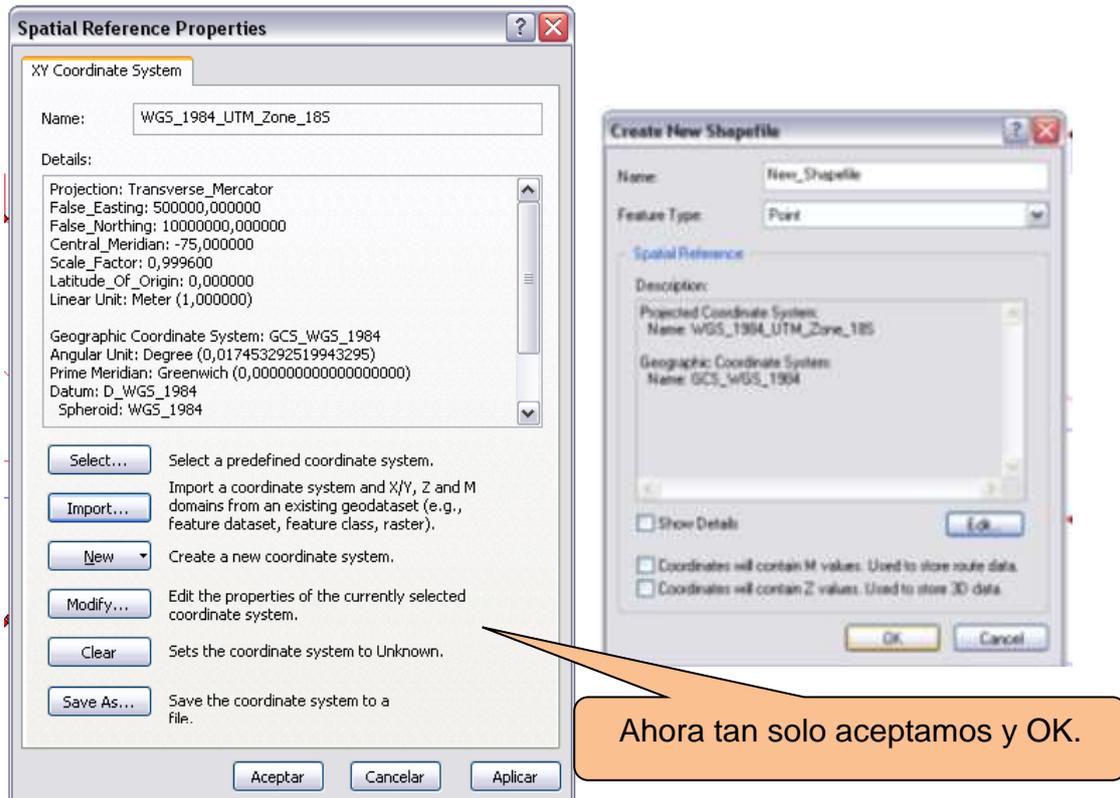
El tipo de archivo, escogemos point que es punto.

Le damos clic en Edit... para incorporar la proyección del shp creado.

Le damos clic en Import... para importar de otro shp su característica de proyección.

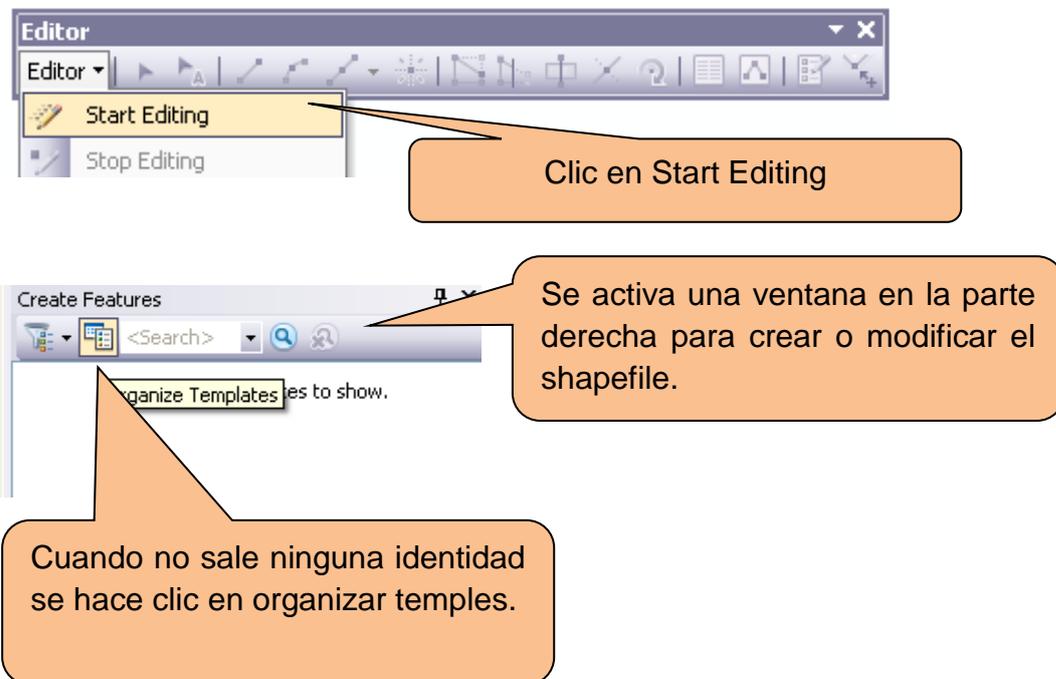


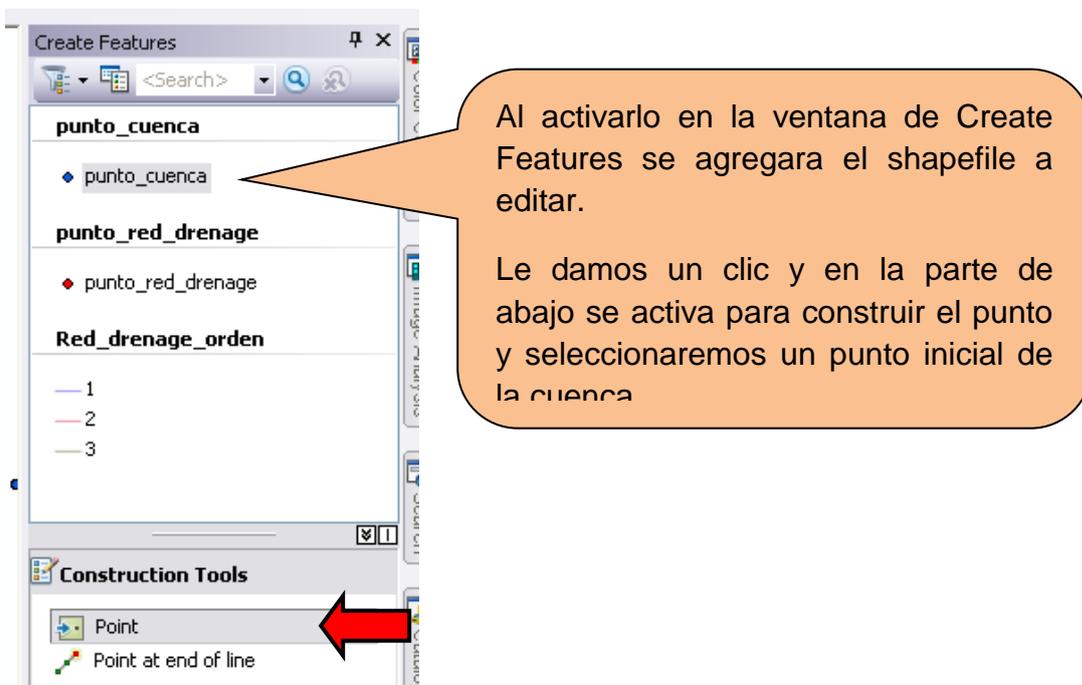
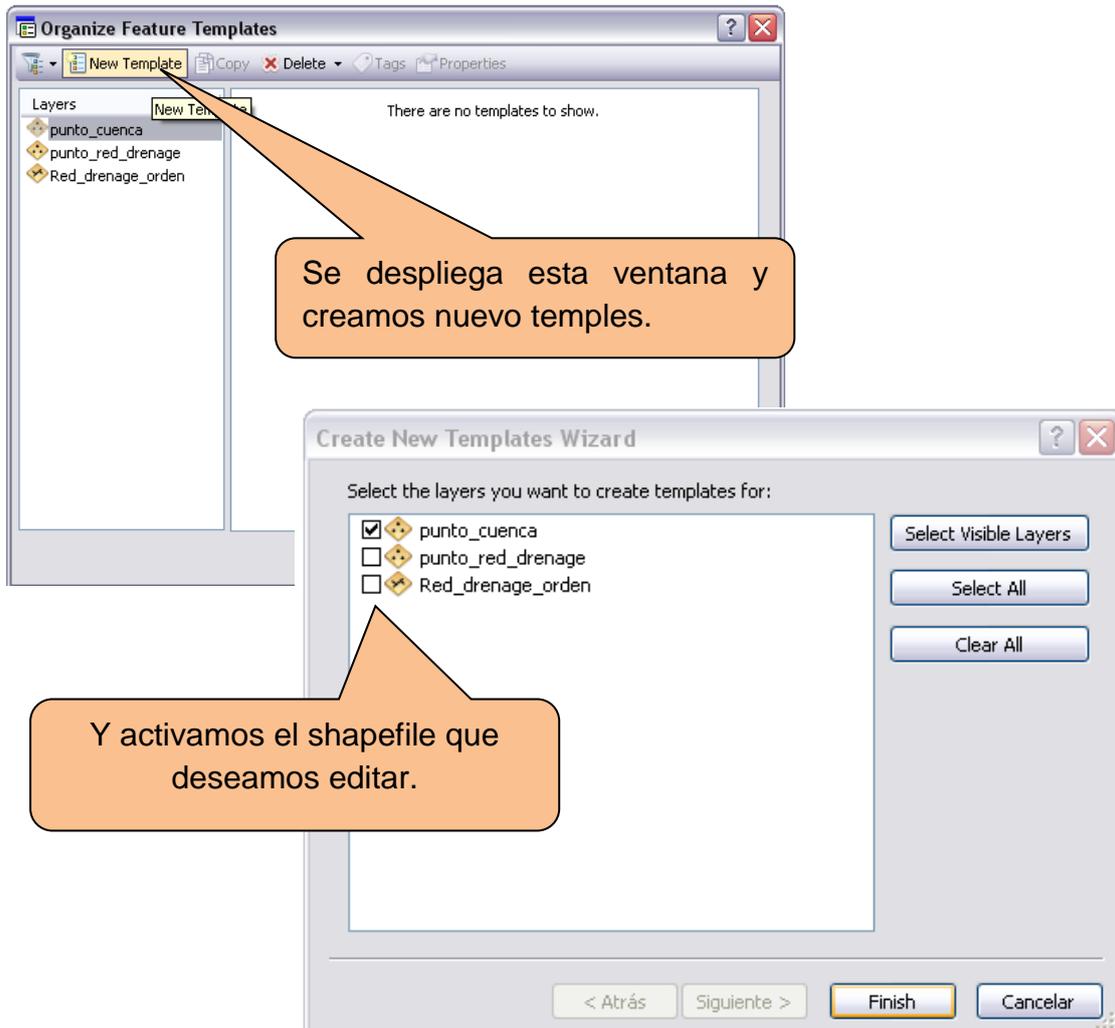
Buscamos un shp que tiene la misma proyección que le deseamos poner, para ello tiene el shp curva_clip, que ha sido cortado de la curva de



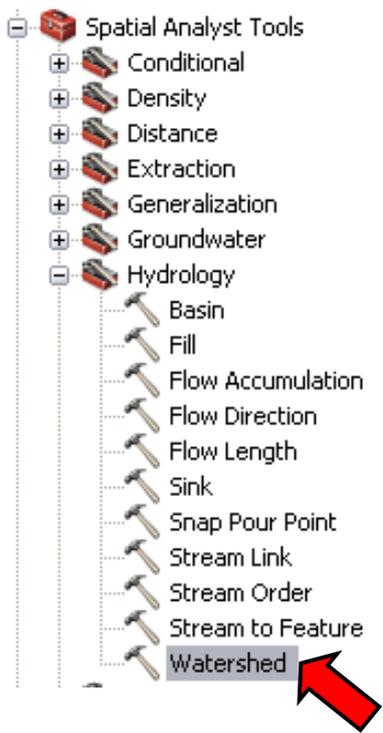
5.12. Editamos el punto de inicio de la cuenca

Para incorporar o modificar el punto siempre se activa el editor, haciendo clic en Start Editing.

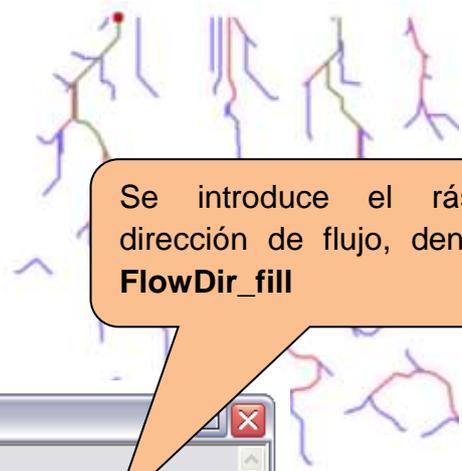




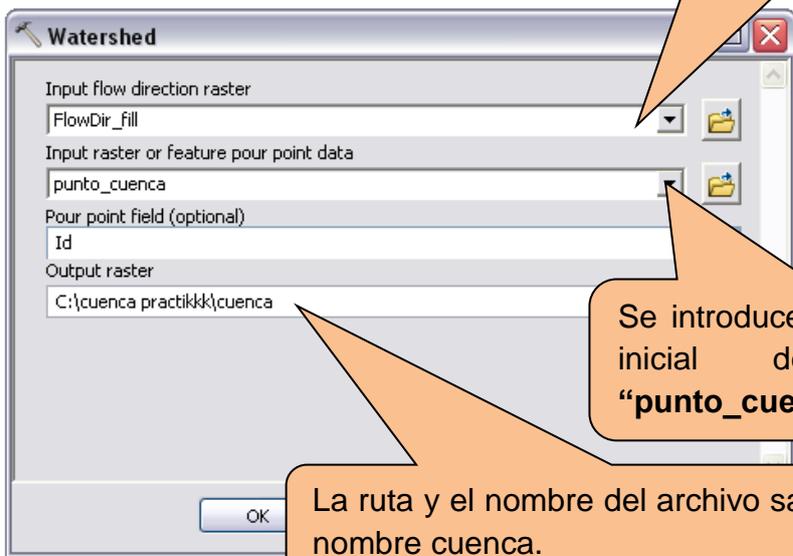
5.13. Delimitación de una cuenca (Watershed)



Delinea una subcuenca por cada uno de los segmentos de cauce definidos en el paso anterior. Se procede de la siguiente forma: Clic en Hydrology, luego en **Watershed**, en la ventana que aparece se debe rellenar los siguientes campos.

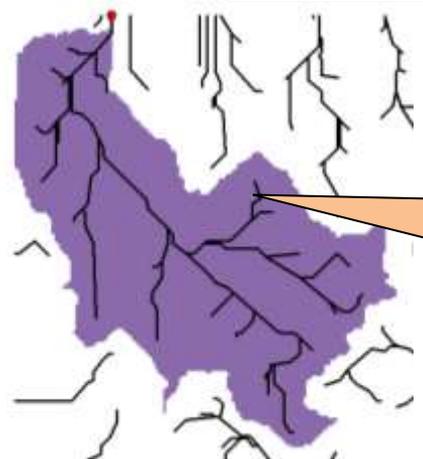


Se introduce el ráster de dirección de flujo, denominado **FlowDir_fill**



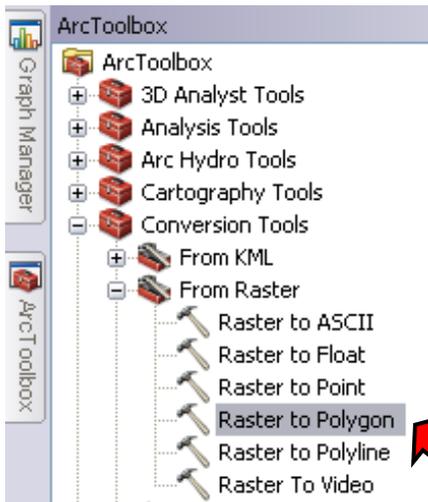
Se introduce el shape de punto inicial de la cuenca "**punto_cuenca**"

La ruta y el nombre del archivo salida, le damos el nombre cuenca.



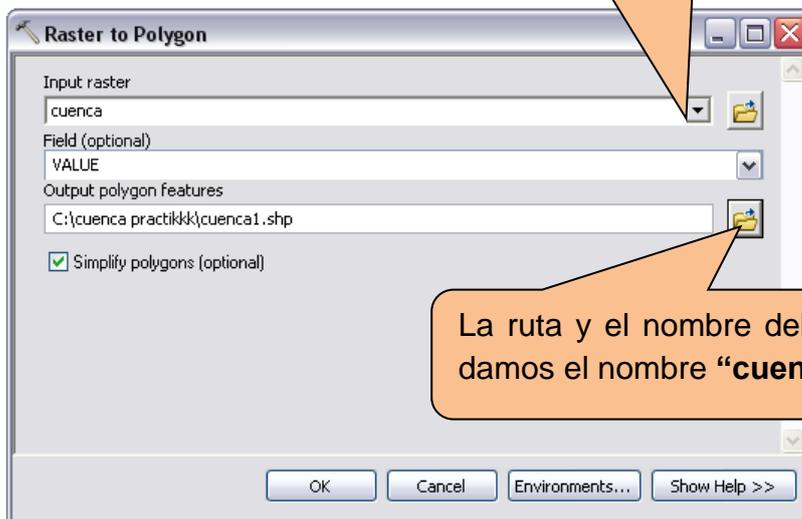
Delimitación de una cuenca, seleccionando un solo punto de inicio.

5.14. Conversión de ráster to polígono



Es importante esta conversión de ráster a polígono, para determinar el área de la cuenca y perímetro.

Incorporación del ráster a convertir, que se denomina "cuenca".



La ruta y el nombre del archivo salida, le damos el nombre "cuenca1".



5.15. Determinación del área y perímetro de la cuenca

Abrimos la tabla de atributos de cuenca, entrando en tabla de contenido y buscamos cuenca, y anticlic se abrirá una ventana y clic en Open Attribute Table.

Nombre de la columna que se denominará area_ha.

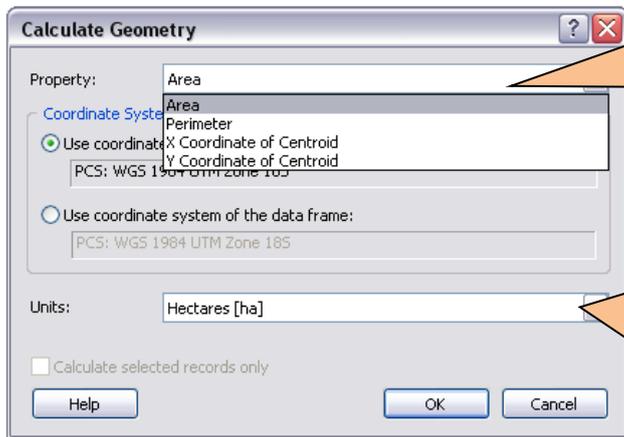
Seleccionamos Double.

OK

En tabla de opciones hacemos clic y se desplegará esta herramienta y escogemos Add Field... Se abrirá una ventana.

De la misma forma se creará una columna con el nombre de perímetro.

En la columna creada hacemos anticlic y escogemos calculate Geometry.



En la primera ponemos que deseamos determinar, área o perímetro.

En este se escoge las unidades que en área será hectárea y en perímetro será en kilómetro.

FID	Shape	ID	GRIDCODE	area_ha	perimetro
0	Polygon	1	0	1952.23	25.49

Como resultado tenemos 1952,23 ha y 25,49 km.

5.16. Creación del perfil de red de drenaje

Para obtener el perfil de red de drenaje, se necesita de cierta ruta que se dibujaría sobre el modelo, para lo cual seguiremos los siguientes pasos:

Clic en el icono “interpolate Line” disponible en la barra de herramientas “3D Analyst”, dibujamos un trazado aplicando varios clics con la herramienta de dibujo sobre la superficie del TIN, de manera que recorra un trazo determinado de una red de drenaje, terminamos con un doble clic de ratón. Posteriormente aplicamos un clic sobre el icono “Create Profile Graph” ubicado en la misma barra de herramientas, con lo cual obtenemos el perfil a lo largo de la línea inicialmente trazada como se observa.

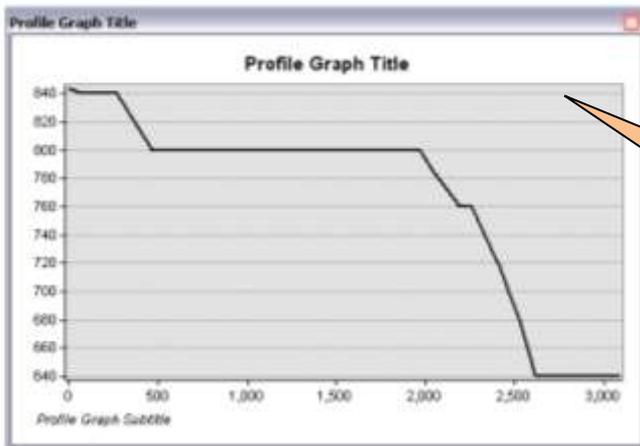


Interpolate Line

Clic en interpolación de línea y dibujamos encima del shp del drenaje.

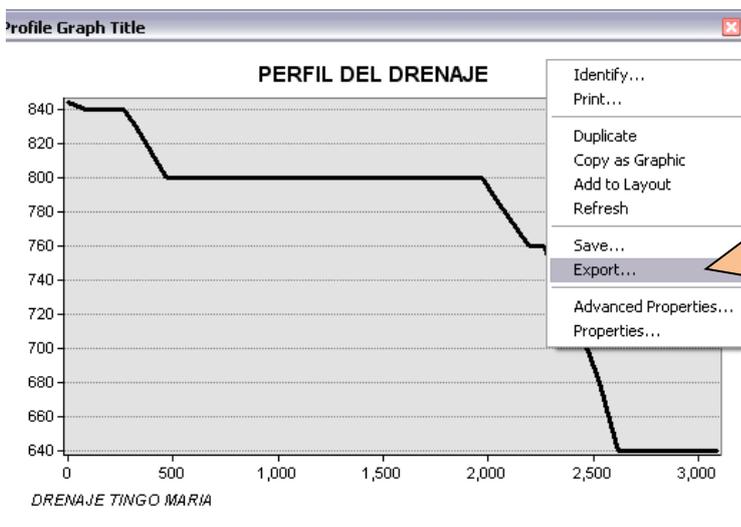
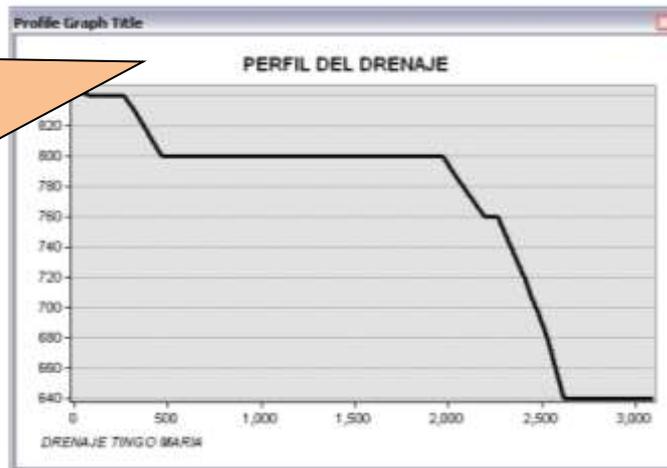


Clic en Create Profile Graph para determinar el perfil del drenaje.

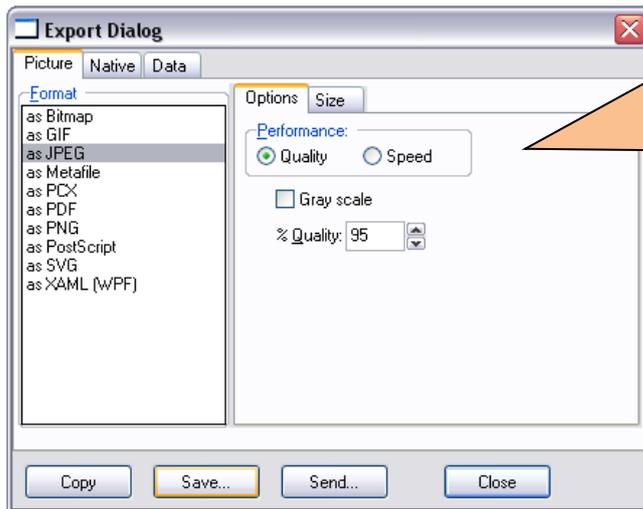


Resultado del perfil de drenaje.

Cambiamos el título, dándole doble clic en el dibujo de profile graph title y se nos abrirá una ventana para su modificación.

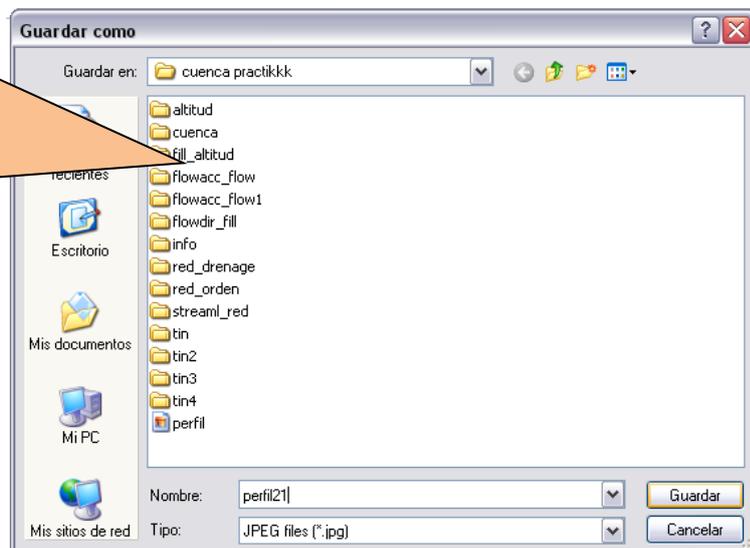


Para exportar el resultado del perfil de drenaje, le damos anticlic y escogemos Export... se nos abrirá una ventana nueva.



Para la exportación escogemos el formato JPEG que es una imagen y le damos clic en Save...para dar una ruta al archivo.

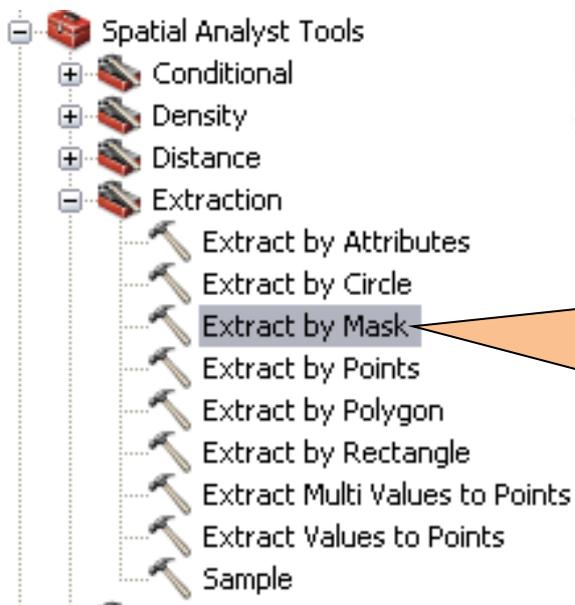
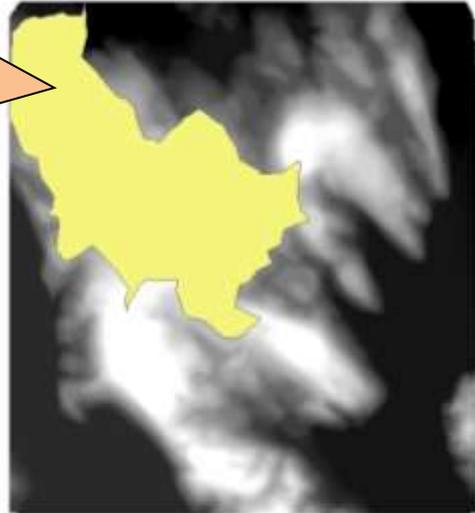
Le guardamos en el mismo archivo donde estamos trabajando y le ponemos el nombre de perfil y guardar. Para terminar CLOSE.



CAPÍTULO VI. MAPA DE ALTITUD DE LA CUENCA

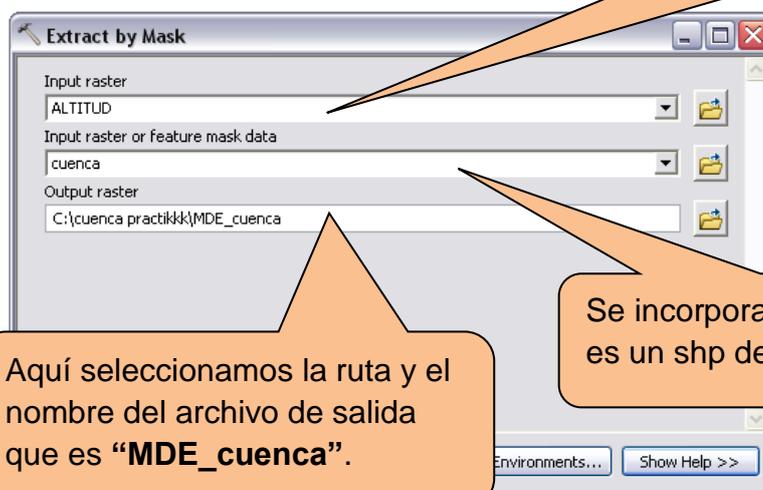
6.1. Extraer un ráster en forma de un polígono

Para el mapa de altitud de la cuenca solo necesitamos el MDE respectivo de la cuenca. Para ello vamos a cortar la forma de la cuenca.



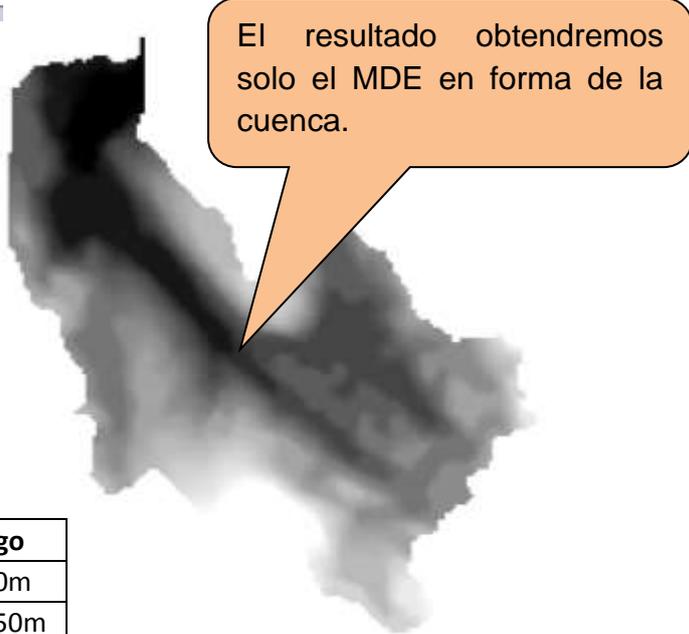
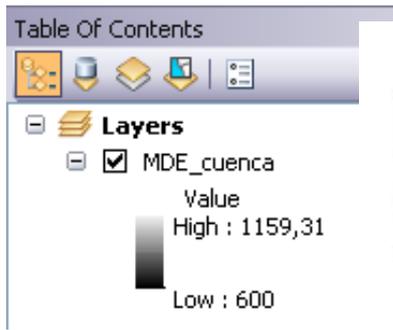
Entramos en ArcToolbox, seguidamente Spatial Analyst Tools, de ahí Extraction y escogemos Extract by Mask

Se selecciona el MDE que vamos a utilizar para el procesamiento, en este caso es **ALTITUD**.



Aquí seleccionamos la ruta y el nombre del archivo de salida que es "**MDE_cuenca**".

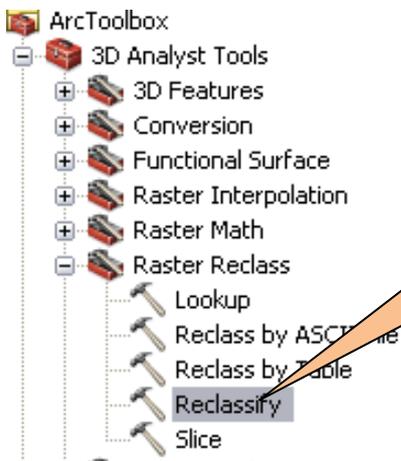
Se incorpora el archivo que es un shp de la cuenca.



Clase	Descripción	Rango
1	Planicie	0 - 80m
2	Colina baja	80 - 150m
3	Colina alta	150 - 300m
4	Montaña	>300m

Para determinar el plano de altitud es necesario saber el rango de las descripciones de Planicie, colina baja, colina alta y Montaña.

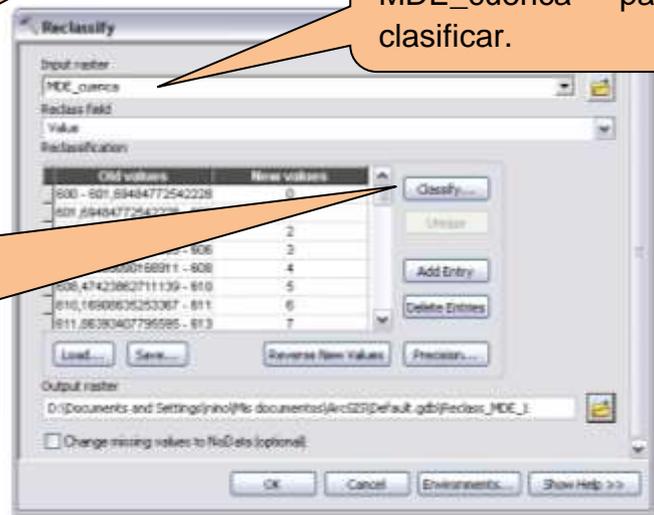
6.2. reclasificar altitud

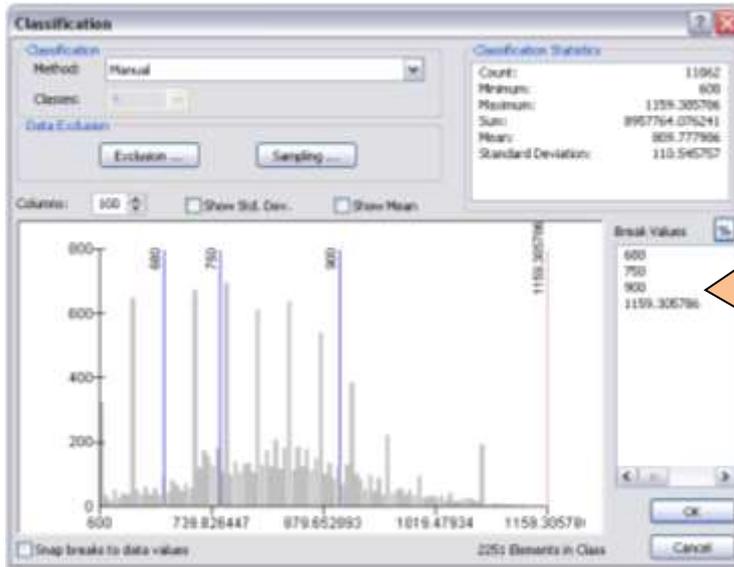


Para clasificar mediante los rangos entramos en ArcToolbox, seguidamente 3D Analyst Tools, Raster Reclass y Reclassify.

Seleccionamos el MDE_cuenca para clasificar.

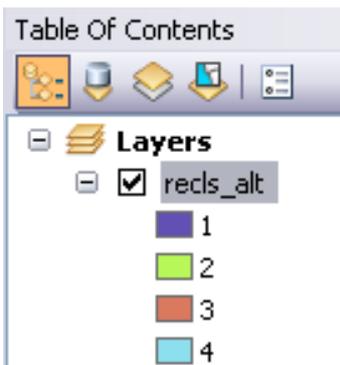
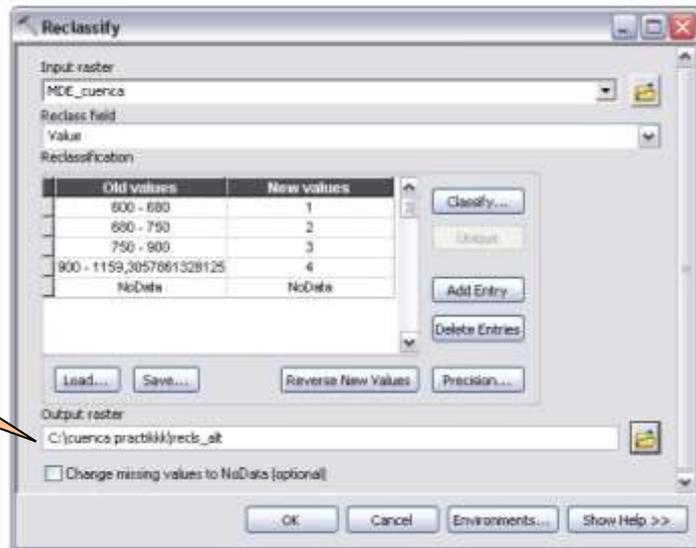
Para clasificar a nuestro modo hacemos clic en Classify... y se abrirá una ventana.





En la estadística de la clasificación observamos el mínimo altitud es 600msnm, mediante este sumamos los rango y al finalizar OK.

Ahora le damos la ruta y guardamos el nuevo ráster clasificado con el nombre de "recls_alt".



El resultado obtendremos en cuatro categorías

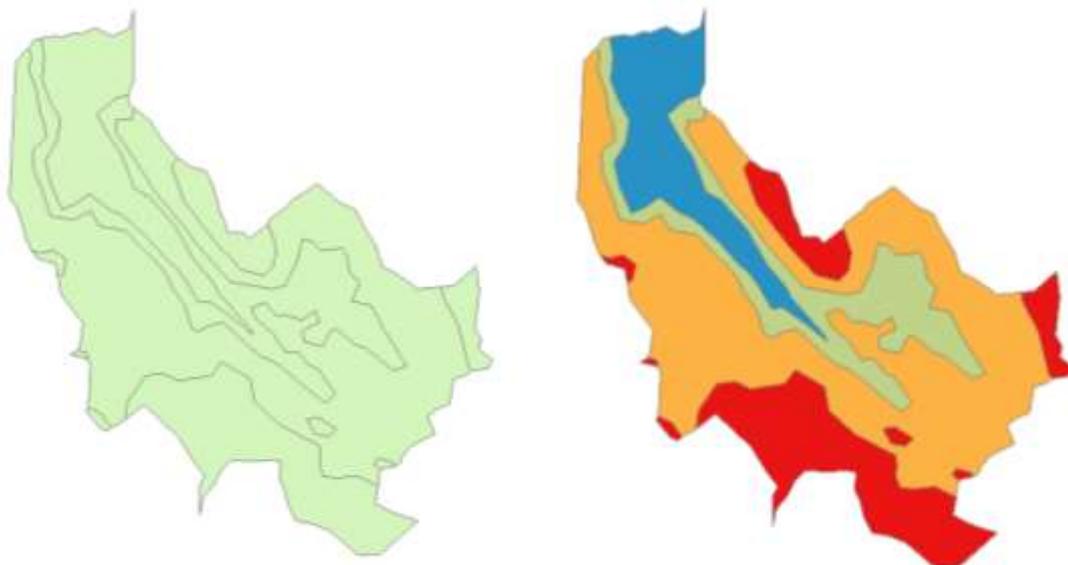
6.3. Convertir raster to polygon

The image shows the ArcToolbox interface on the left, with the 'Conversion Tools' folder expanded and 'Raster to Polygon' selected. To the right is the 'Raster to Polygon' dialog box. The dialog box contains the following fields: 'Input raster' set to 'recls_alt', 'Field (optional)' set to 'VALUE', and 'Output polygon features' set to 'C:\cuenca practikk\altitud_cuenca.shp'. A checkbox for 'Simplify polygons (optional)' is checked. At the bottom are buttons for 'OK', 'Cancel', 'Environments...', and 'Show Help >>'. Three callout boxes provide additional information: one points to the 'Raster to Polygon' tool in the toolbox, another points to the 'Input raster' field, and a third points to the 'Output polygon features' field.

Para mejor información convertiremos el ráster reclasificado en shp para determinar el área y perímetro.

Se selecciona el MDE que vamos a utilizar para el procesamiento, en este caso es "recls_alt".

Aquí seleccionamos la ruta y el nombre del archivo de salida que es "altitud_cuenca".



6.4. Utilización de tabla de atributo

Para abrir la tabla de atributo hacemos anti clic en "altitud_cuenca" y entramos en Open attribute table.

Clic en opciones de tabla y Add Field... para crear una columna.

Incorporamos el nombre de la columna que es descripción y en tipo ponemos Text. OK.

Activamos el editor para escribir en la tabla, como una modificación, haciendo clic en Start Editing.

GRIDCODE	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	1	2	3	4

3	4	4
3 Polygon	4	4
4 Polygon	5	4
5 Polygon	6	2
6 Polygon	7	4
7 Polygon	8	4
8 Polygon	9	4
9 Polygon	10	3
10 Polygon	11	4

Name	Value
descripcion	

Table

altitud_cuenca

FID	Shape ^	ID	GRIDCODE	descripcio
0	Polygon	1	4	Montaña
1	Polygon	2	4	Montaña
2	Polygon	3	1	Planicie
3	Polygon	4	4	Montaña
4	Polygon	5	4	Montaña
5	Polygon	6	2	Colina Baja
6	Polygon	7	4	Montaña
7	Polygon	8	4	Montaña
8	Polygon	9	4	Montaña
9	Polygon	10	3	Colina Alta
10	Polygon	11	4	Montaña

(0 out of 11 Selected)

altitud_cuenca

La clasificación fue de 4 categorías, están los rangos: el 1 es planicie, el 2 es colina baja, el 3 es colina alta y el 4 es montaña.

Layers

- altitud_cuenca

descripcio

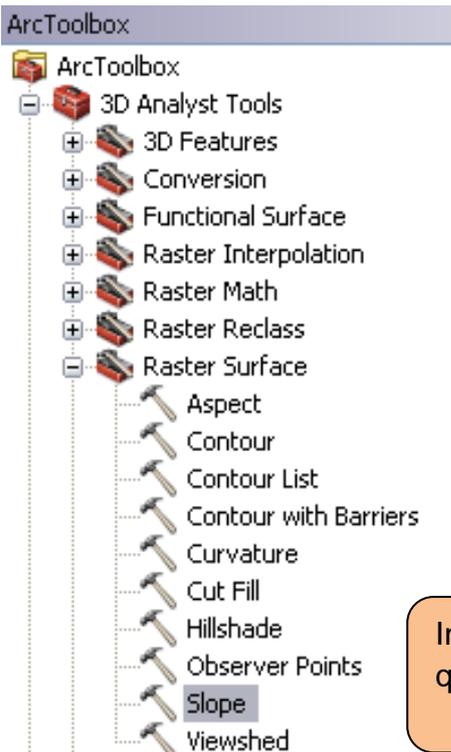
- Colina Alta
- Colina Baja
- Montaña
- Planicie



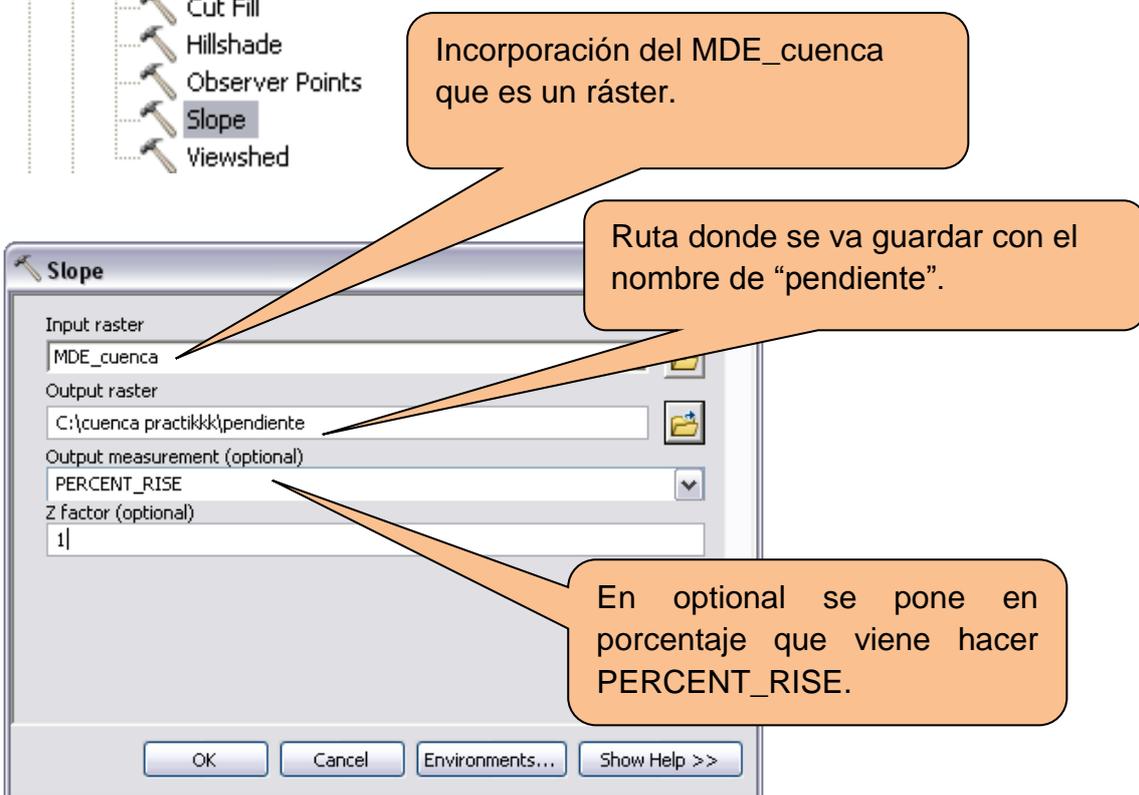
CAPÍTULO VII. MAPA DE PENDIENTE DE LA CUENCA

7.1. Herramienta Slope

La herramienta “Slope” o PENDIENTE, permite calcular la tasa máxima de cambio existente entre los valores de una celda y los valores de las celdas inmediatamente aledañas a ella. Esto significa que esta herramienta es capaz de identificar los valores de inclinación para cada una de las celdas analizadas, las cuales son tomadas a partir de un ráster de Superficie.



Conceptualmente la función “Slope” ajusta a un plano, los valores Z de un conjunto de celdas aledañas de 3 por 3 que rodean a la celda proceso ubicada en su centro. La dirección del plano a calcular representa la orientación de la ladera de la celda y por lo tanto la inclinación o pendiente que esta tenga. A menor pendiente, más plano el terreno. Mientras que a mayor pendiente, mayor es la inclinación del terreno.

A screenshot of the 'Slope' tool dialog box. The 'Input raster' field contains 'MDE_cuenca'. The 'Output raster' field contains 'C:\cuenca practikk\pendiente'. The 'Output measurement (optional)' dropdown is set to 'PERCENT_RISE'. The 'Z factor (optional)' field contains '1'. Three callout boxes provide additional information: one points to the input raster, another to the output path, and a third to the 'PERCENT_RISE' measurement option.

Incorporación del MDE_cuenca que es un ráster.

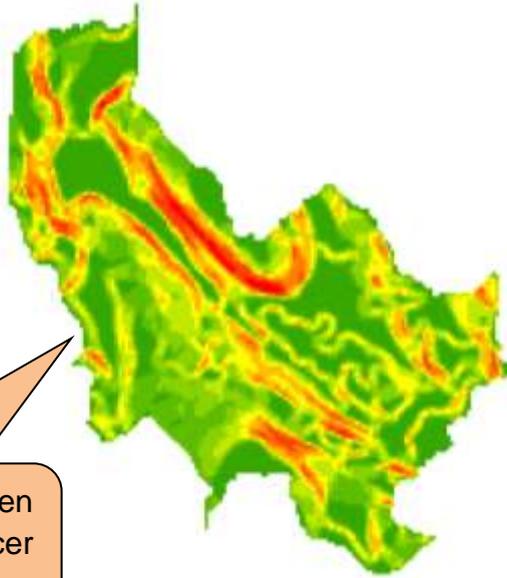
Ruta donde se va guardar con el nombre de “pendiente”.

En optional se pone en porcentaje que viene hacer PERCENT_RISE.

Table Of Contents

Layers

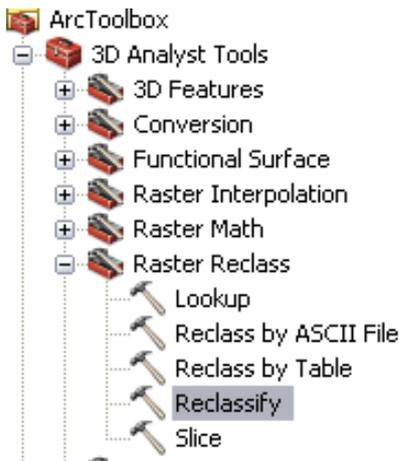
- pendiente
 - 0 - 6.677775604
 - 6.677775605 - 17.17142298
 - 17.17142299 - 25.75713447
 - 25.75713448 - 34.34284596
 - 34.34284597 - 43.40554142
 - 43.40554143 - 53.42220483
 - 53.42220484 - 65.34680412
 - 65.34680413 - 82.5182271
 - 82.51822711 - 121.1539288



En optional se pone en porcentaje que viene hacer PERCENT_RISE.

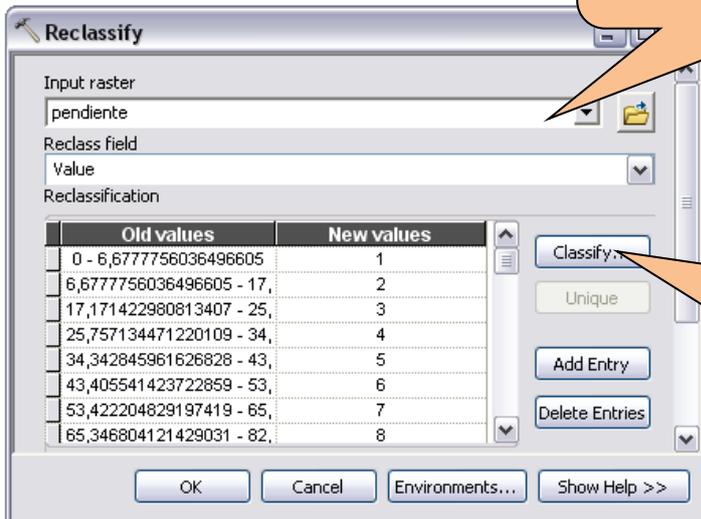
Es importante clasificar mediante rangos de porcentaje de pendiente.

7.2. Reclassificar pendiente

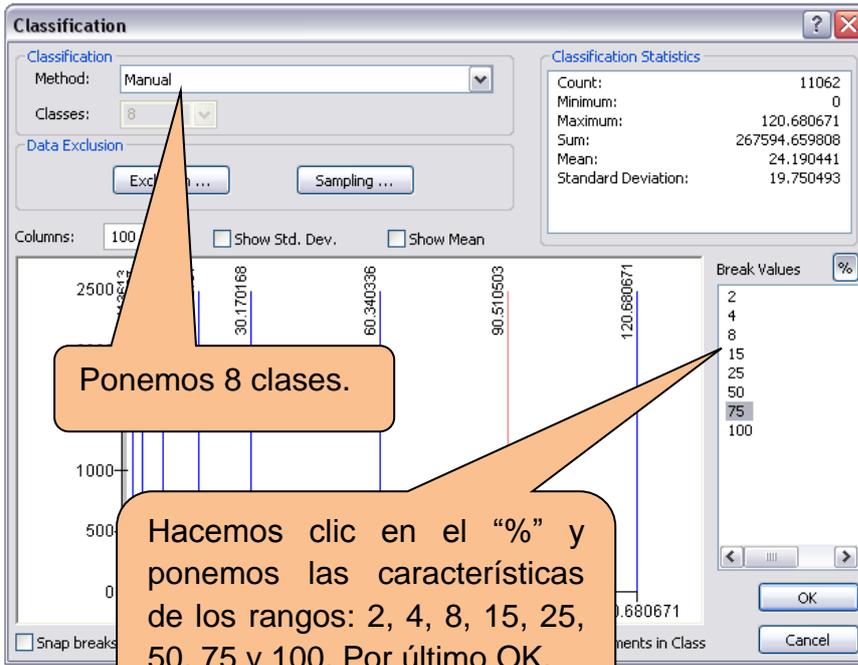


Clase	Pendiente	Característica
1	2%	Ligeramente
2	4%	
3	8%	
4	15%	Moderadamente
5	25%	
6	50%	
7	75%	Fuertemente
8	100%	

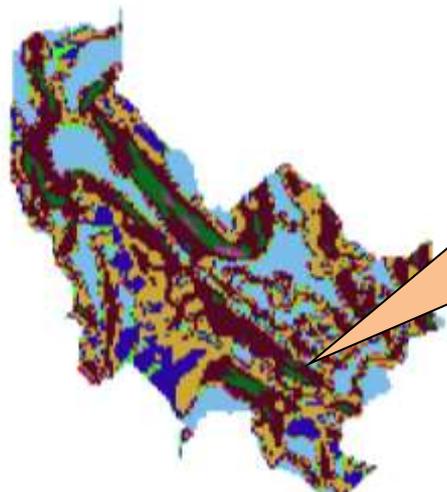
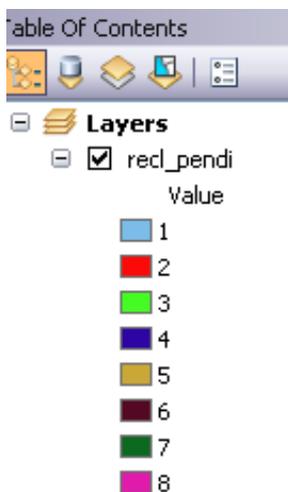
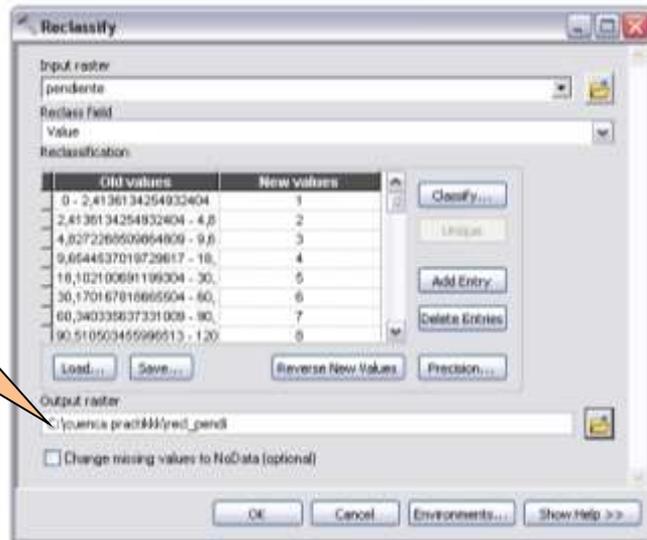
Incorporar ráster a reclassificar que es "pendiente".



Para clasificar hacemos clic en classify y se nos abrirá una ventana.



La ruta donde se va guardar el ráster clasificado de pendiente que esta con el nombre de "recl_pendi".



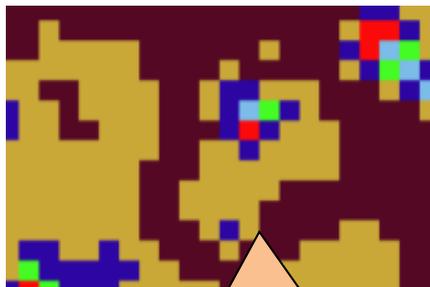
En el resultado obtenemos clasificado en 8 categorías el pendiente.

7.3. Mejoramiento de la clasificación

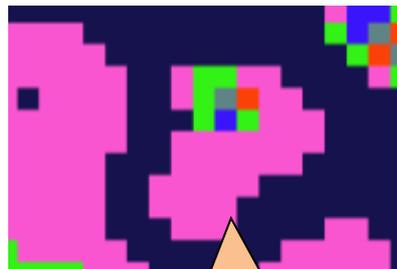
Incorporamos ráster clasificado "recl_pendi"

Ponemos EIGHT

Ruta donde se va guardar con el nombre "mejor_recl_pe".



ANTES



DESPUES

7.4. Conversión de ráster a polígono

Incorporación de ráster mejor_recl_pe

Guardar el shp con el nombre de pendiente_cuenca

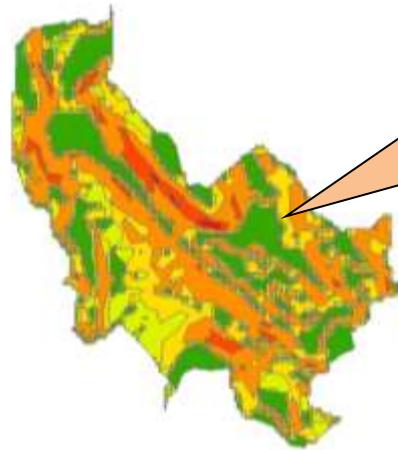
Table Of Contents

Layers

pendiente_cuenca

GRIDCODE

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8



El resultado obtenido es de 8 categorías de pendiente.

7.5. Utilización de tabla de tributo

Table Of Contents

Layers

pendiente_cuenca

GRIDCODE

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

Table

pendiente_cuenca

FID	Shape ^	ID	GRIDCODE
429	Polygon	430	8
549	Polygon	550	8
562	Polygon	563	8
584	Polygon	585	8
670	Polygon	671	8
687	Polygon	690	8
85	Polygon	86	7
114	Polygon	115	7
151	Polygon	152	7
154	Polygon	155	7
219	Polygon	220	7
288	Polygon	289	7
359	Polygon	360	7
	Polygon	401	7

(0 out of 1902 Selected)

En la tabla de tributo nos muestra una selección de 1902 polígonos.

7.5.1. Creación de una columna

Select All

Add Field...

Turn All Fields On

Show Field Aliases

Arrange Tables

Restore Default: Column Widths

Restore Default: Field Order

Joins and Relates

Related Tables

Create Graph...

Add Table to Layout

Reload Cache

Print...

Reports

Export...

Appearance...

pendiente_cuenca

FID	Shape ^	ID	GRIDCODE
429	Polygon	430	8
549	Polygon	550	8
562	Polygon	563	8
584	Polygon	585	8
670	Polygon	671	8

Nombre de la columna "descrip"

Tipo text

Add Field

Name: descrip

Type: Text

Field Properties

Length: 50

OK Cancel

7.5.2. Selección de una característica

Activar el editor para escribir en la tabla.

Clic en selec by attributes... y se abrirá una ventana nueva.

Escogemos GRIDCODE donde está la información de las 8 categorías.

Clic en Get Unique Values para ver la información de GRIDCODE.

En esta parte haciendo doble clic en "GRIDCODE" se incorporara en la parte de abajo y ponemos la fórmula:
"GRIDCODE" = 1

Y seleccionamos Apply que significa aplicar, se seleccionaran todo los 1 que se encuentran en GRIDCODE y así sucesivamente vamos hacer hasta el 8.

FID	Shape	ID	GRIDCODE	descrip
430	Polygon	430	8	
548	Polygon	520	8	

FID	Shape	ID	GRIDCODE	descrip
1853	Polygon	185	2	
1855	Polygon	185	2	
1880	Polygon	188	2	
1890	Polygon	189	2	
1895	Polygon	189	2	
1898	Polygon	190	2	
0	Polygon	1	1	
2	Polygon	3	1	
3	Polygon	4	1	
7	Polygon	8	1	
8	Polygon	9	1	
15	Polygon	16	1	
43	Polygon	44	1	
94	Polygon	95	1	

Cuando y esta seleccionado hacemos clic en el botón de Field Calculator para incorporar la descripción del 1 que es 2%

Field Calculator

Parser: VB Script Python

Fields: FID, Shape, ID, GRIDCODE, descrip

Type: Number String Date

Functions: Abs(), Atn(), Cos(), Exp(), Fix(), Int(), Log(), Sin(), Sqr(), Tan()

descrip = "2%"

Buttons: Clear, Load..., Save..., Help, OK, Cancel

Introducimos la descripción con comillas y escribimos: "2%" y así sucesivamente de las demás categorías.

Y cuando hayamos terminado de escribir las descripciones hacemos clic en clear selection

Tan solamente las seleccionadas se escribirán el 2% de su respectivo código que es 1.

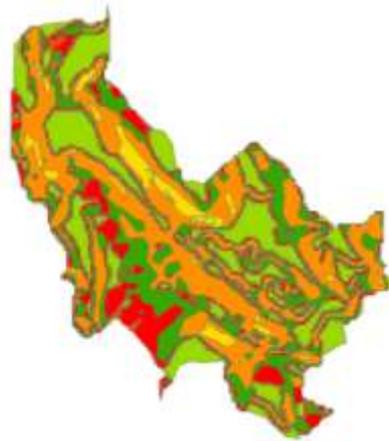
Para guardar la información hace clic en el editor, Stop Editing.

FID	Shape	ID	GRIDCODE	descrip
1855	Polygon	185	2	
1880	Polygon	188	2	
1890	Polygon	189	2	
1895	Polygon	189	2	
1898	Polygon	190	2	
0	Polygon	1	1	2%
2	Polygon	3	1	2%
3	Polygon	4	1	2%
7	Polygon	8	1	2%
8	Polygon	9	1	2%
15	Polygon	16	1	2%
43	Polygon	44	1	2%
94	Polygon	95	1	2%
161	Polygon	162	1	2%

Table Of Contents

Layers

- pendiente_cuenca
 - descrip
 - 100%
 - 15%
 - 2%
 - 25%
 - 4%
 - 50%
 - 75%
 - 8%



- Find & Replace...
- Select By Attributes...
- Clear Selection
- Switch Selection
- Select All
- Add Field...**
- Turn All Fields On
- Show Field Aliases
- Arrange Tables
- Restore Default Column Widths
- Restore Default Field Order
- Joins and Relates
- Related Tables
- Create Graph...
- Add Table to Layout
- Reload Cache
- Print...
- Reports
- Export...
- Appearance...

Incorporamos el nombre de **caracteristic** y en tipo ponemos **Text**.

Add Field

Name:

Type:

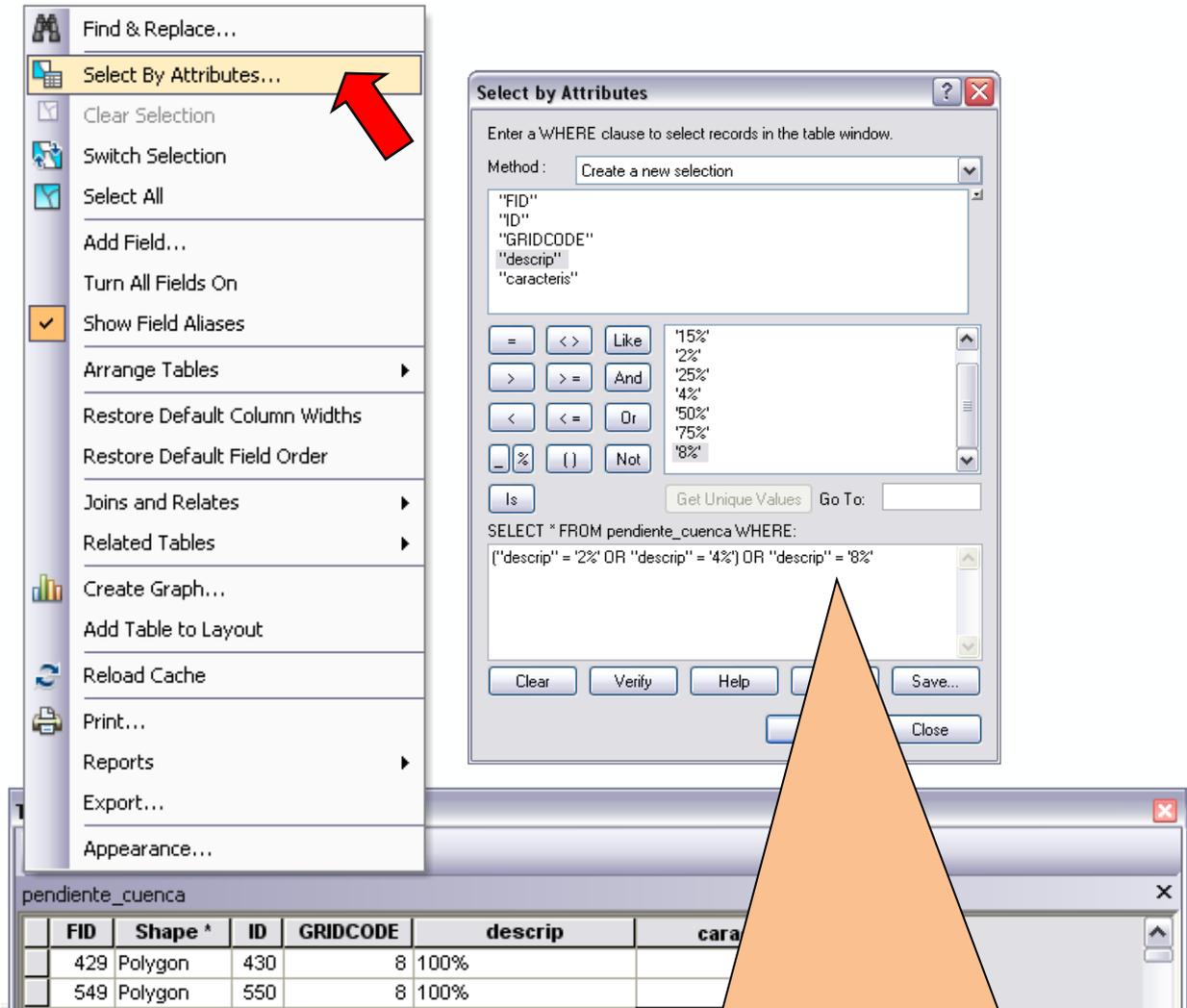
Field Properties

Length:

OK Cancel

FID	Shape	ID	GRIDCODE	descrip
429	Polygon	430	8	100%
540	Polygon	550	8	100%

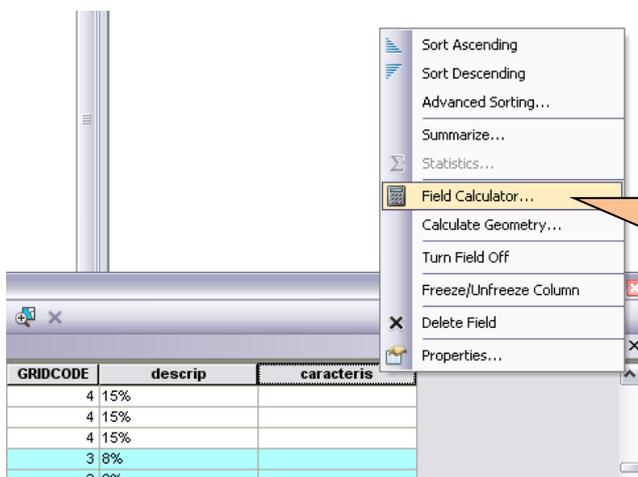
Creamos una nueva columna con el nombre **caracteristic** haciendo clic en opciones de tabla y Add Field, se abrirá una ventana, agregando la información.



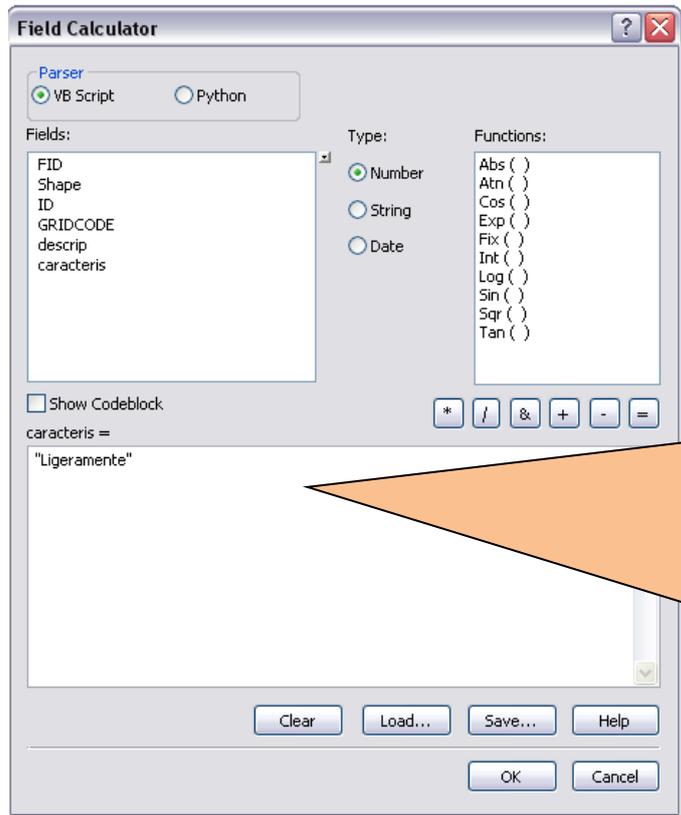
Al abrir esta ventana incorporaremos la fórmula para seleccionar al 2%, 4% y 8% de la columna “descrip” para ello ponemos:

`('descrip' = '2%' OR 'descrip' = '4%') OR 'descrip' = '8%`

Y por ultimo hacemos clic en aplicar, en la tabla se mostrara seleccionado el “2% 4% v 8%”

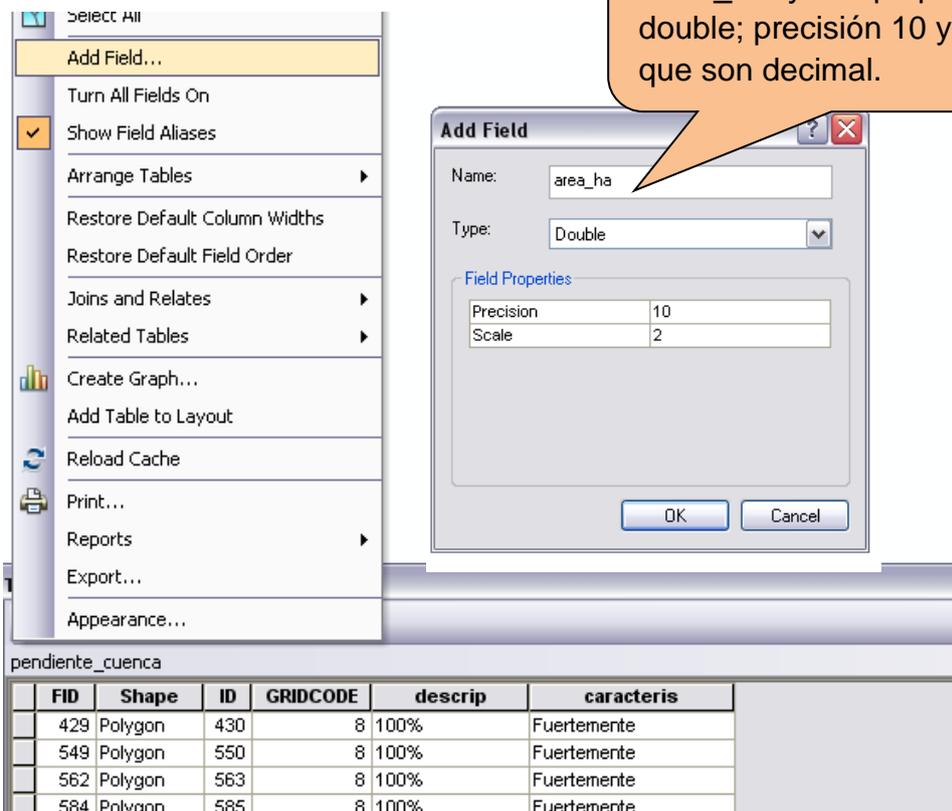


En la fila creado de **caracteris** hacemos anticlic y escogemos Fiel Calculator, para incorporar el texto de ligeramente.

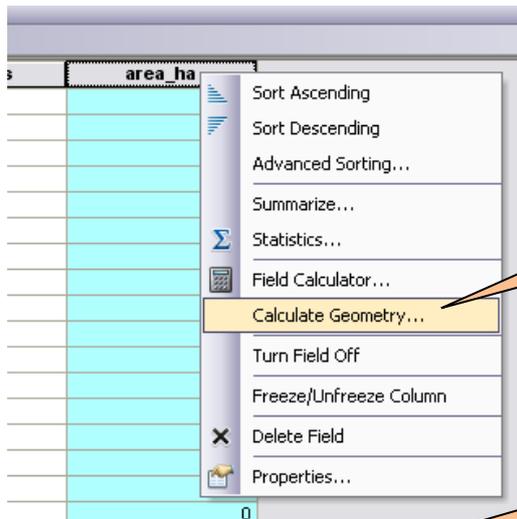


Se abre esta ventana para incorporar el texto de esta forma: **“Ligeramente”**, haciendo que solamente el 2%, 4% y 8% son pendientes ligeramente. De esta misma forma se codificara el 15%, 25% y 50% es Moderadamente y por último el 75% y 100%

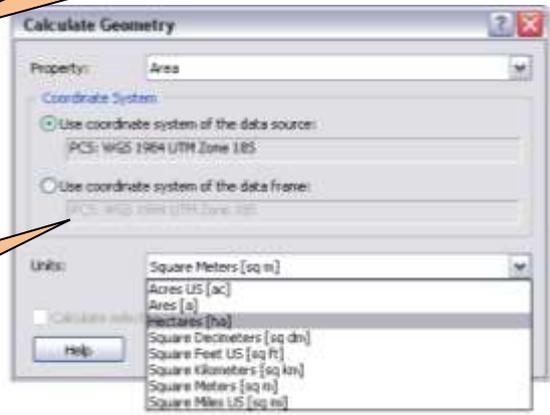
7.5.3. Determinación del área en hectárea



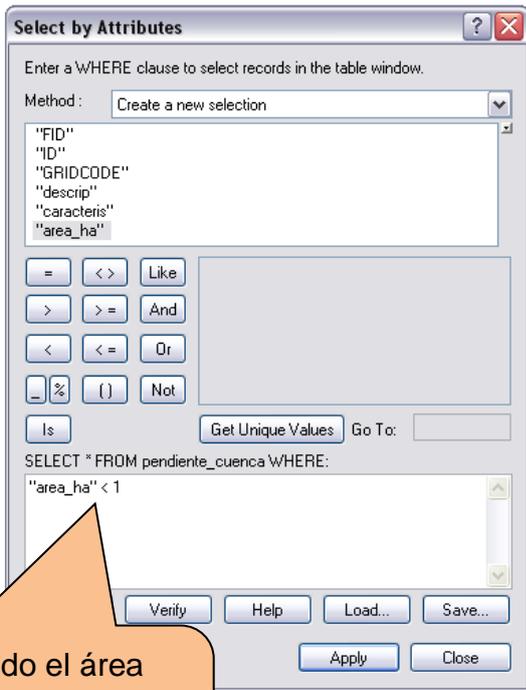
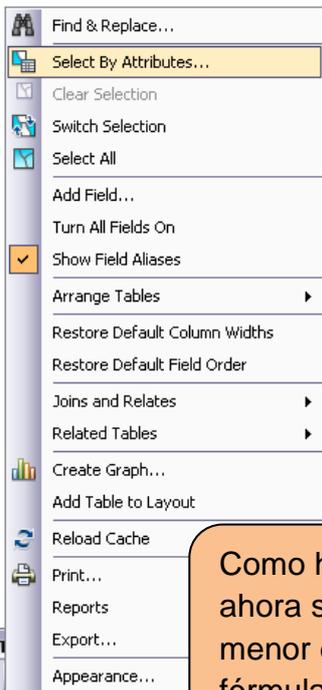
Se incorpora el nombre que es “area_ha” y en tipo ponemos double; precisión 10 y scale 2 que son decimal.



Se desplegará una herramienta y escogemos calculate geometry y se desplegara una ventana.



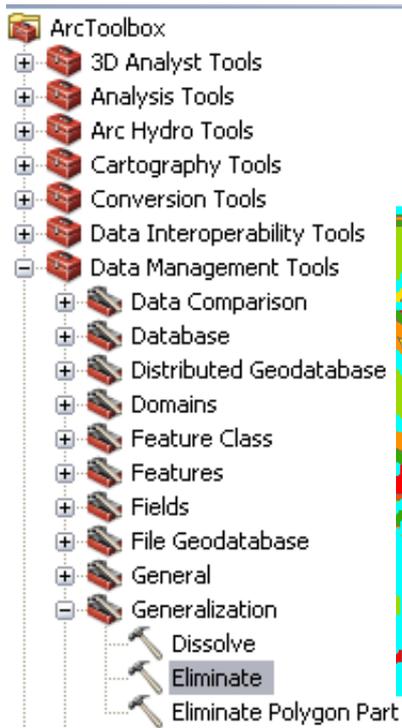
En esta ventana escogemos property ponemos **área** y en unidades buscamos **Hectáreas (ha)**.



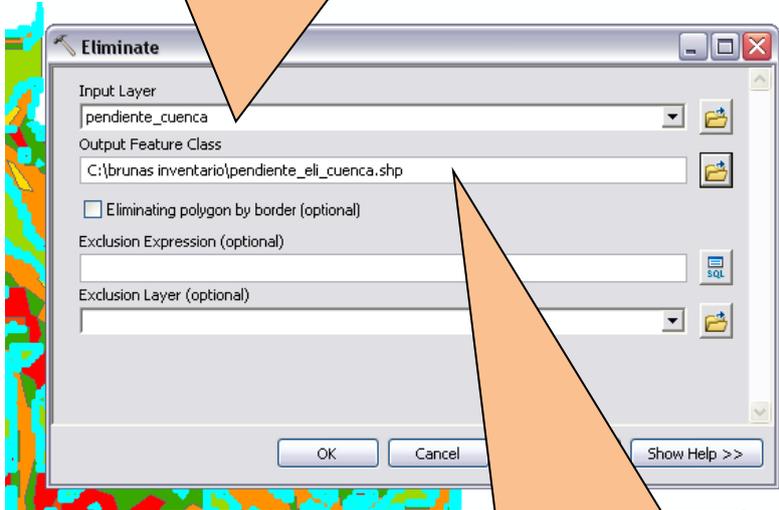
Como hemos determinado el área ahora seleccionamos lo que tienen menor de 1ha, poniendo esta fórmula: **"area ha" < 1**

FID	Shape	ID	GRIDCODE	descrip	caracteris	area_ha
429	Polygon	430	8	100%	Fuertemente	1
549	Polygon	550	8	100%	Fuertemente	0.61

7.5.4. Eliminar polígonos fusionándolos con polígonos vecinos



Incorporar el shp de "pendiente_cuenca", para modificar y mejorar su apariencia en el resultado.



Escogemos la ruta donde vamos a guardar con el nombre de pendiente_eli_cuenca y desactivamos eliminating polygon by border.



ANTES



DESPUÉS

CAPÍTULO VIII. MAPA FISIOGRÁFICO DE CUENCA

8.1. Característica de un mapa fisiográfico

Es importante saber los rangos fisiográficos que se debe tomar en cuenta en el estudio del área.

ALTITUD		PENDIENTE		FISIOGRÁFICO	
Descrip.	Rango	Descrip.	Clasificación	Descripción	
Planicie	0 - 80m	2%	Ligeramente	Planicie Ligeramente Disectado	
		4%		Planicie Moderadamente Disectado	
Colina baja	80 - 150m	8%		Planicie Fuertemente Disectado	
		15%		Colina baja Ligeramente Disectado	
				Colina baja Moderadamente Disectado	
Colina alta	150 - 300m	25%		Moderadamente	Colina baja Fuertemente Disectado
		50%	Colina alta Ligeramente Disectado		
Montaña	>300m	75%	Fuertemente		Colina alta Moderadamente Disectado
		100%		Colina alta Fuertemente Disectado	
		50%		Montaña Ligeramente Disectado	
		75%			Montaña Moderadamente Disectado
		100%			Montaña Fuertemente Disectado

8.2. Intersección de altitud y pendiente

Entramos en geoprocessing Intersectar para juntar altitud y pendiente.

Insertamos altitud_cuenca y pendiente_eli_cuenca

Guardamos la ruta y ponemos nombre de "inters_fisiografico".

The screenshot shows the ArcGIS Geoprocessing environment. The 'Intersect' tool is selected in the toolbox. The tool's dialog box is open, showing the following configuration:

- Input Features:** A list containing 'altitud_cuenca' and 'pendiente_eli_cuenca'.
- Output Feature Class:** C:\cuenca practikk\LILIANA\inters_fisiografico.shp
- Join Attributes (optional):** ALL
- XY Tolerance (optional):** Meters
- Output Type (optional):** INPUT

Table

inters_fisiografico

FID	Shape *	FID_al	ID	GRIDCO	descripcio	FID_pe	ID_1	GRIDCO	descrip	caracteris	area_ha
0	Polygon	0	1	4	Montaña	41	241	4	15%	Moderadamente	9.24
1	Polygon	0	1	4	Montaña	42	247	5	25%	Moderadamente	5.75
2	Polygon	0	1	4	Montaña	61	383	1	2%	Ligeramente	21.09
3	Polygon	0	1	4	Montaña	74	458	5	25%	Moderadamente	2.28
4	Polygon	0	1	4	Montaña	88	566	1	2%	Ligeramente	7.2
5	Polygon	0	1	4	Montaña	95	614	6	50%	Moderadamente	23.3
6	Polygon	0	1	4	Montaña	96	615	5	25%	Moderadamente	10.27
7	Polygon	0	1	4	Montaña	110	704	7	75%	Fuertemente	19.05
8	Polygon	0	1	4	Montaña	111	705	6	50%	Moderadamente	43.28
9	Polygon	1	2	4	Montaña	89	574	1	2%	Ligeramente	0.71

Visualizamos junto las dos tablas incluidas de altitud y pendiente en la intersección de fisiográfico.

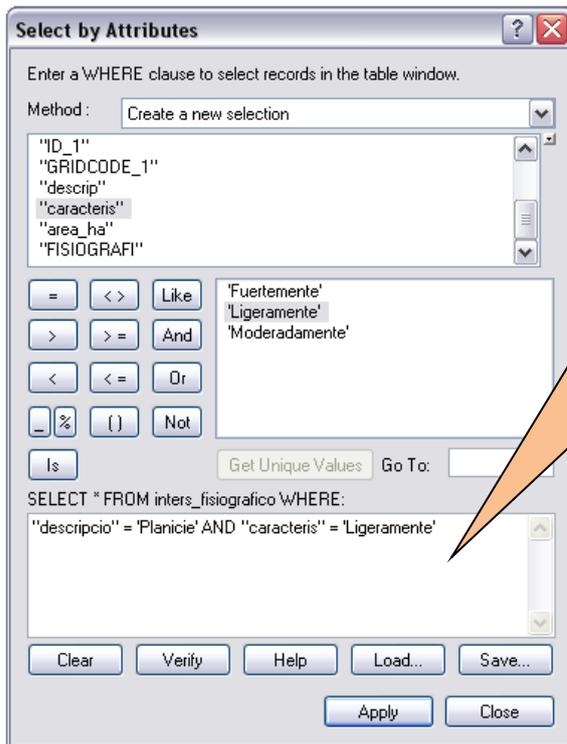
Find & Replace...
 Select By Attributes...
 Clear Selection
 Switch Selection
 Select All
Add Field...
 Turn All Fields On
 Show Field Aliases
 Arrange Tables
 Restore Default Column Widths
 Restore Default Field Order
 Joins and Relates
 Related Tables
 Create Graph...
 Add Table to Layout
 Reload Cache
 Print...
 Reports
 Export...
 Appearance...

Creemos una columna de FISIOGRAFICO y tipo text, para poner la descripción.

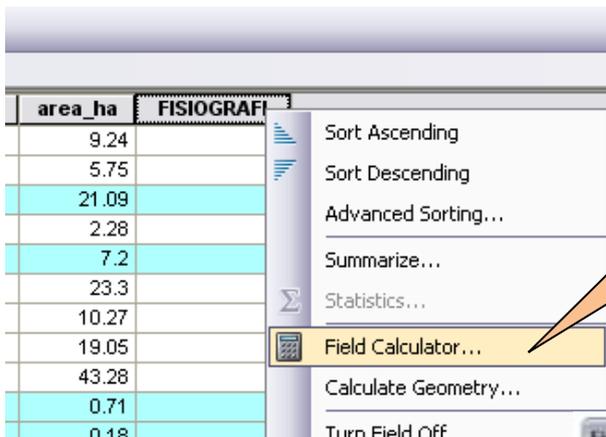
Name: FISIOGRAFICO
 Type: Text
 Field Properties
 Length: 50

FID	Shape *	FID_al	ID	GRIDCO	descripcio	FID_pe	ID_1	GRIDCO	descrip	caracteris	area_ha
0	Polygon	0	1	4	Montaña	41	241	4	15%	Moderadamente	9.24
1	Polygon	0	1	4	Montaña	42	247	5	25%	Moderadamente	5.75
2	Polygon	0	1	4	Montaña	61	383	1	2%	Ligeramente	21.09

Creemos una fila para agregar la descripción del fisiográfico para interrelacionar con altitud y pendiente.



En la selección de atributos seleccionamos de dos filas de altitud y pendiente para la selección como en el caso de planicie y ligeramente, para ello ponemos la fórmula:
"descripcio" = 'Planicie' AND "caracteris" = 'Ligeramente'



Hacemos clic en Field Calculator para incorporar la descripción de unión de planicie y ligeramente.

De la selección que hemos realizado de planicie y ligeramente, en Field Calculator ponemos la descripción "Planicie Ligeramente Disectado"

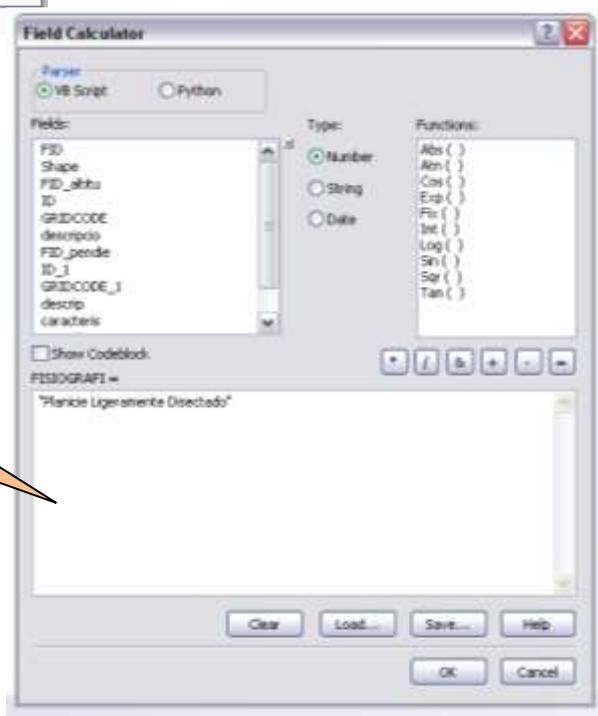
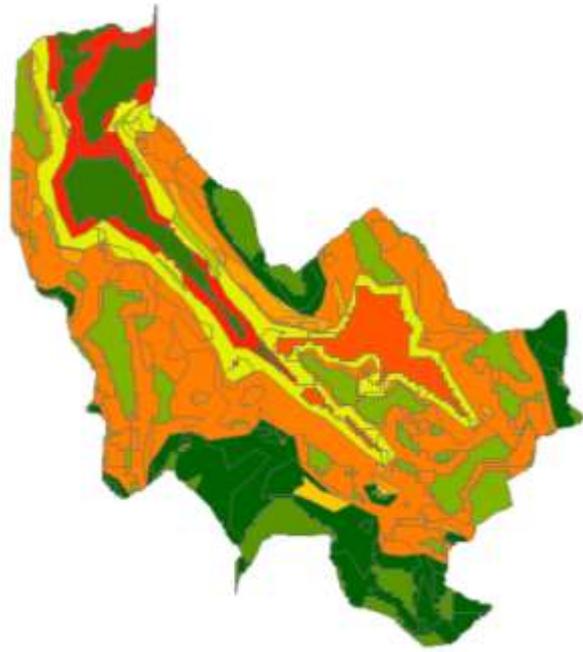


Table Of Contents



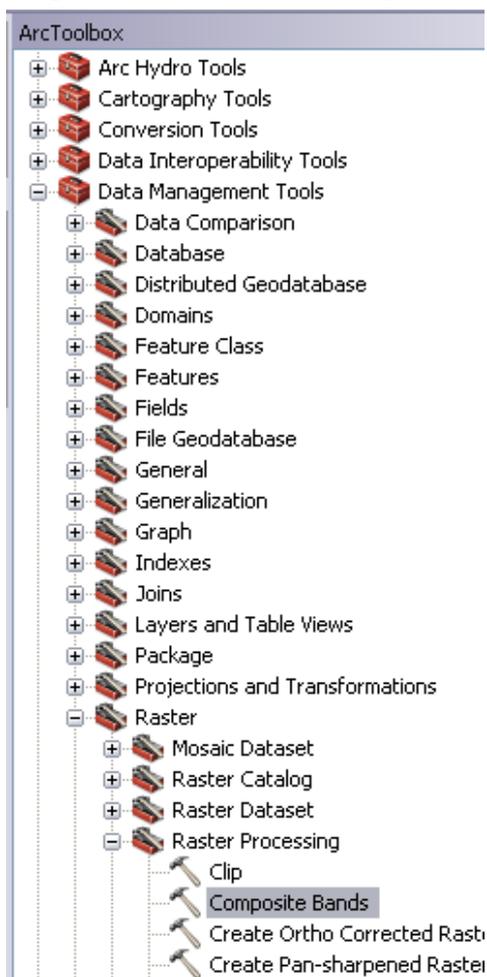
Layers

- inters_fisiografico
 - FISIOGRAFIA
 -  Colina Alta Fuertemente Disecatado
 -  Colina Alta Ligeramente Disecatado
 -  Colina Alta Moderadamente Disecatado
 -  Colina Baja Fuertemente Disecatado
 -  Colina Baja Ligeramente Disecatado
 -  Colina Baja Moderadamente Disecatado
 -  Montaña Fuertemente Disecatado
 -  Montaña Ligeramente Disecatado
 -  Montaña Moderadamente Disecatado
 -  Planicie Fuertemente Disecatado
 -  Planicie Ligeramente Disecatado
 -  Planicie Moderadamente Disecatado



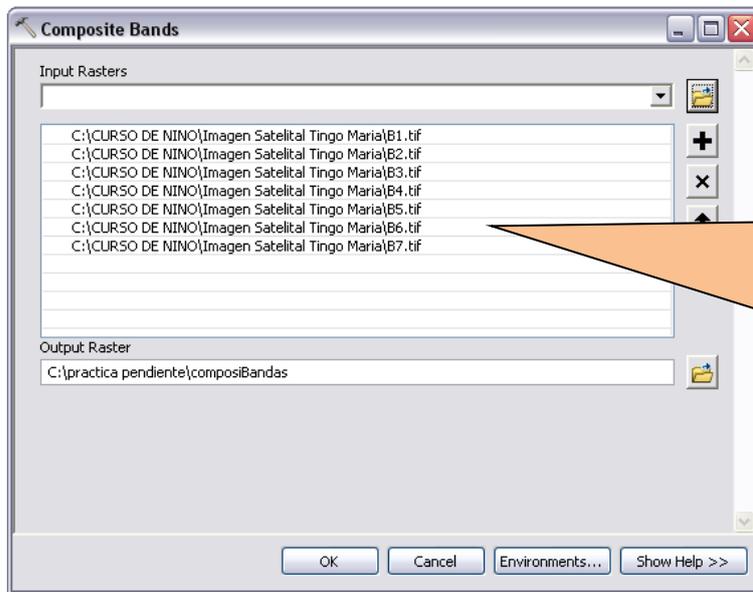
CAPÍTULO IX. ANALISIS DE IMAGEN SATELITAL EN LA CUENCA

De acuerdo al IGAC (2005), el análisis visual de imágenes de satélite se realiza empleando tres bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores empleados en informática, monitores RGB. Los monitores poseen un total de tres cañones RGB, Red/Green/Blue (Rojo/Verde/Azul), con los que, por combinación de estos, se construye el resto de colores. Empleando estos tres colores se tiene la posibilidad de enviar en cada uno de ellos una banda del sensor, combinándose en la pantalla y dando como resultado los diferentes colores y tonos. Estos colores y tonos se emplean para la interpretación visual de las imágenes, combinando las bandas de manera que se da un primer acercamiento al contenido de la imagen. Las combinaciones de colores se emplean para discriminar aspectos geológicos, de vegetación, uso del suelo y morfología de zonas urbanas.



El uso de imágenes de satélites tiene muchas aplicaciones en diversas disciplinas como: Geografía, geología, ecología, forestal, hidrología, etc. Se les suele utilizar en temas agrícolas, forestales, medio ambiente y recursos naturales, entre otros.

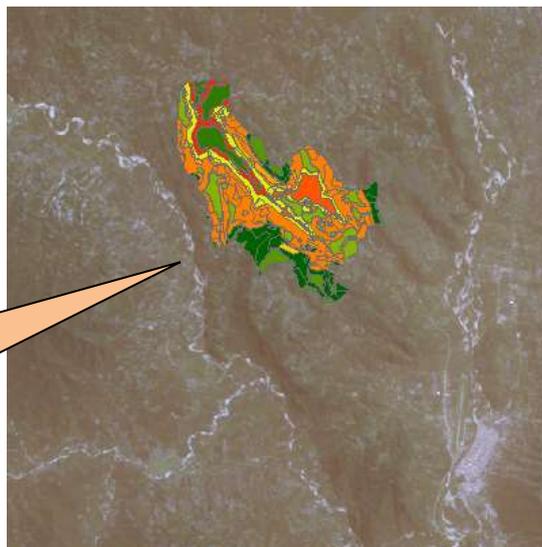
El tema de interpretación de imágenes de sensores remotos es algo extenso, acá nos limitaremos a explicar el uso de la función Composite de ArcGIS a través de algunos ejemplos.



Agregamos en orden de menor a mayor de la banda 1 hasta la banda 7 y guardamos con el nombre de ..



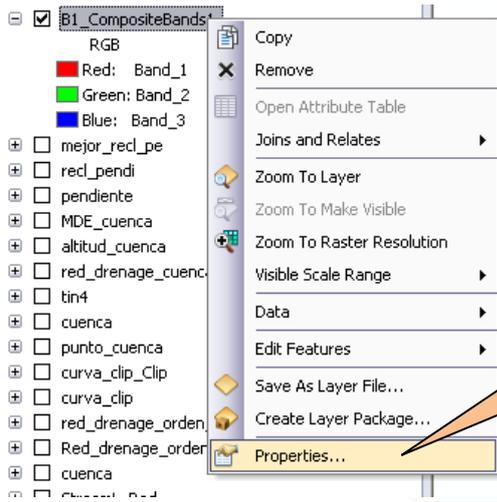
Se visualizara con RGB, así como se muestra en la imagen.



9.1. Composición en Color Natural RGB 321

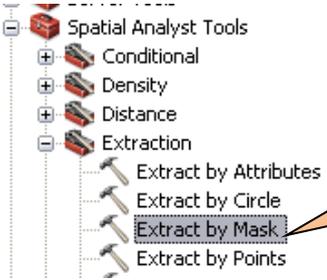
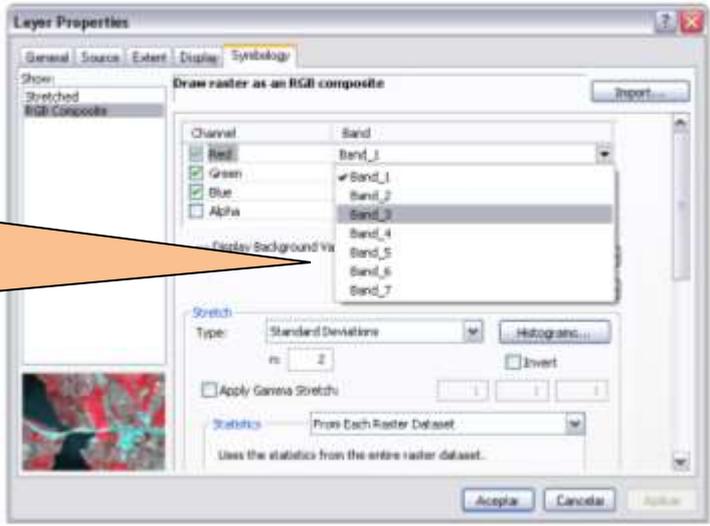
Se le da el nombre de color verdadero. Sirve para discriminar agua poco profunda, aguas turbias, corrientes, batimetría y zona con sedimentos.

- El azul oscuro indica aguas profundas.
- El azul claro representa aguas de mediana profundidad.
- El color verde amarillo indica aguas turbias.
- La vegetación se ve con tonalidades verdes.
- El suelo desnudo se observa con tonalidades amarillentas y plateadas.

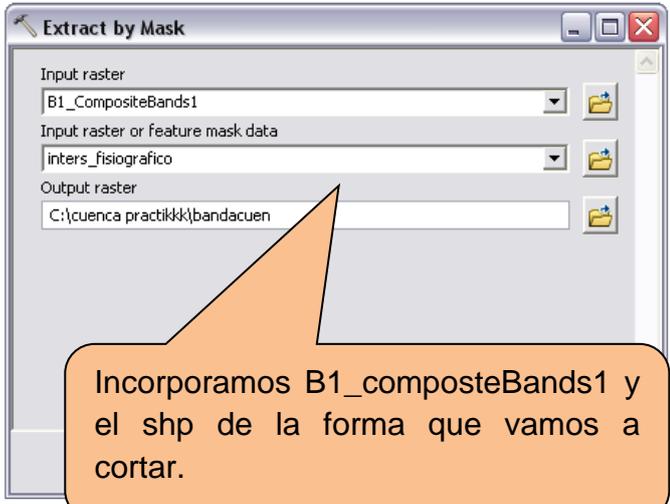


Hacemos clic en B1_CompositeBands y entramos en properties... para ver sus propiedades.

Entramos en symbology y ponemos la composición RGB 321 y activamos Apply Gamma Stretch.



Para cortar en la forma del área del estudio que es la cuenca entramos en Spatial Analyst Tools siguiendo Extraction y Extract by mask.

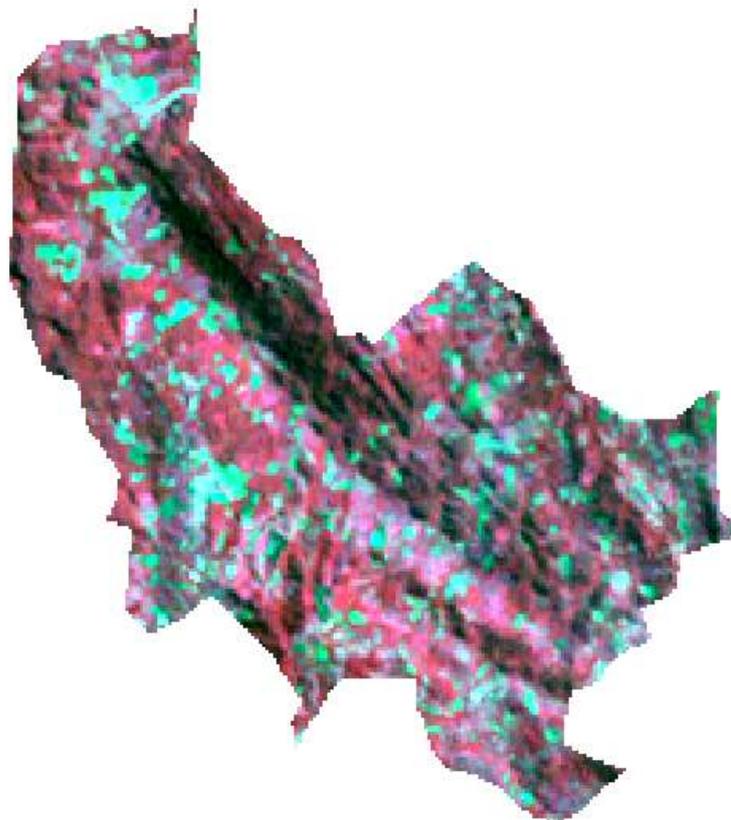


Incorporamos B1_composteBands1 y el shp de la forma que vamos a cortar.

9.2. Composición en falso color RGB 432

En esta composición se realiza la vegetación y las zonas urbanas quedan bien identificables.

- El rojo-magenta muestra vegetación vigorosa, cultivos regados, bosques naturales.
- El color rosa indica la presencia de vegetación menos densa o vegetación en temprano estado de crecimiento. Igual indica la presencia de pastos.
- Blanco indica la presencia de nubes.
- El color marrón permite relacionar la presencia de bosques planos, vegetación arbustiva en función de la densidad.
- Azul oscuro o negro muestra superficies cubiertas parcial o totalmente por agua: ríos, canales, lagos, embalses y represas.
- Gris y azul metálico muestran ciudades y áreas pobladas, arenas, suelos desnudos, canteras, depósitos salinos.



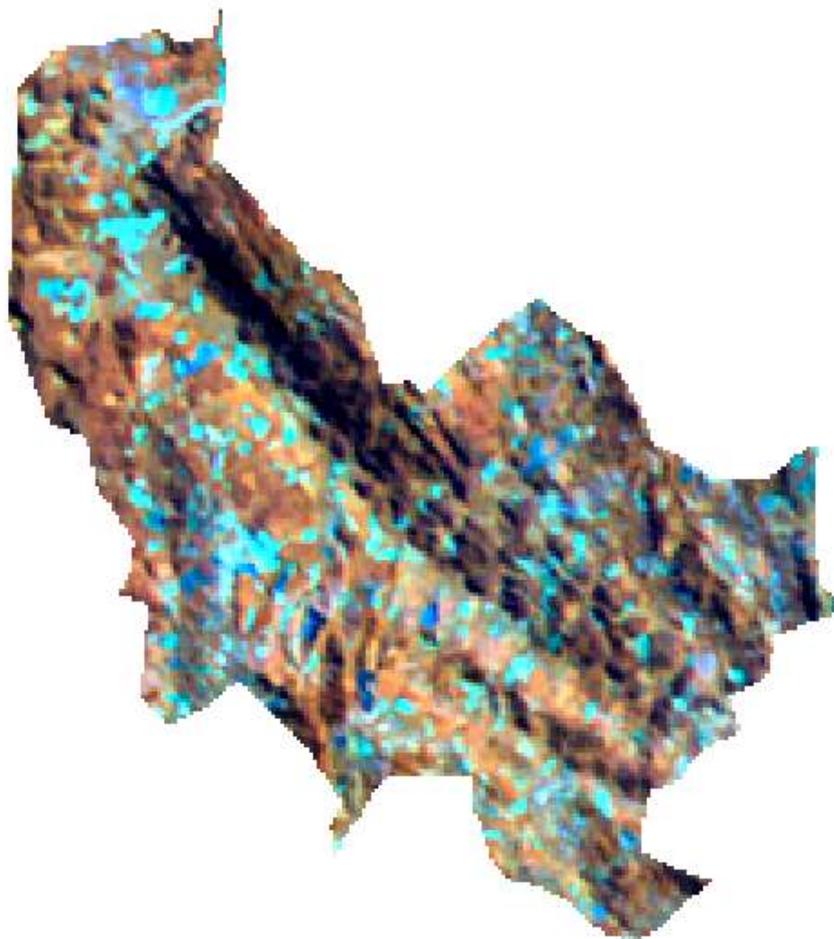
9.3. Composición en Falso Color RGB 453

El agua se ve de color azul oscuro. Los diferentes tipos de vegetación se muestran en colores marrones, verdes y naranja.

El suelo desnudo tiene tonalidad azul clara.

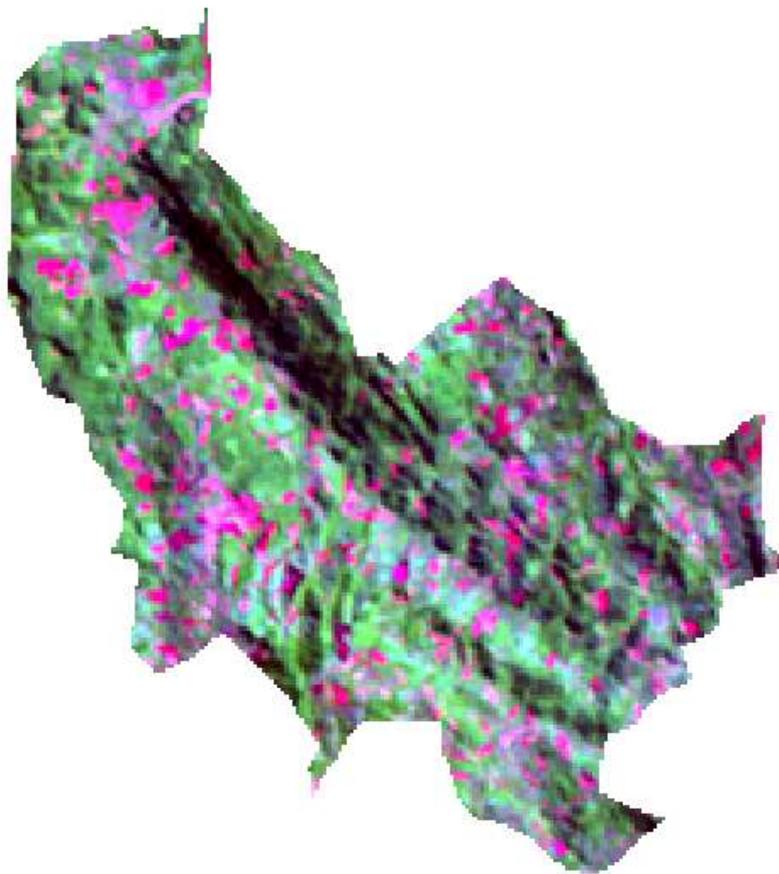
El suelo húmedo se muestra más oscuro. Se usa para analizar la humedad del suelo y la vegetación.

En la figura siguiente: las zonas urbanas se observan de color azul claro.



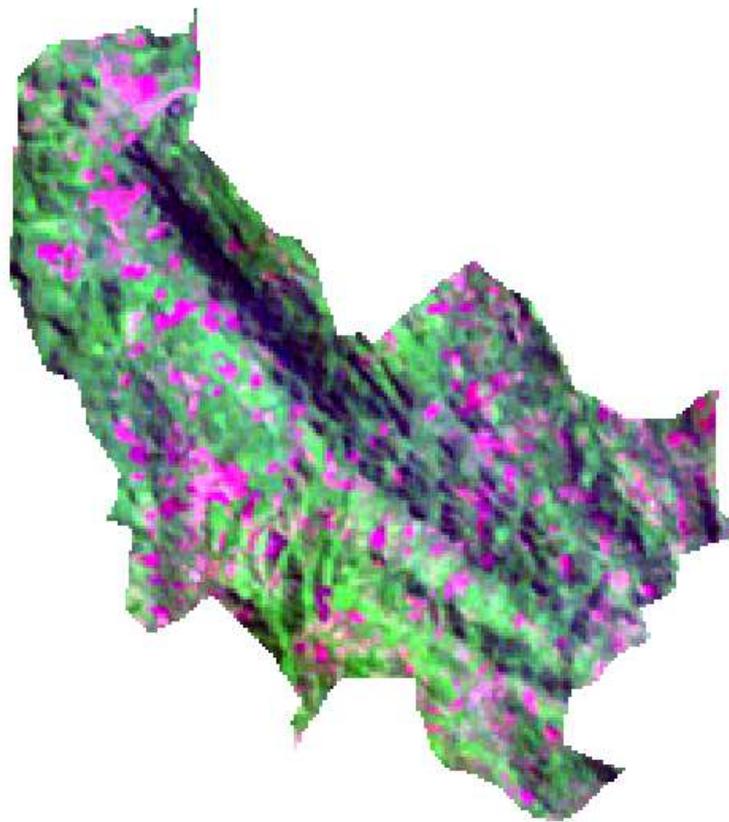
9.4. Composición en Falso Color RGB 742

- Las áreas urbanas se observan de color magenta.
- Los pastos se ven de color verde claro.
- Las zonas forestales varían de verde a verde oscuro
- Los suelos desnudos se observan de colores rojos a rosados según la concentración de humedad.
- El agua con tono azul oscuro.



9.5. Composición en Falso Color RGB 341

- La vegetación que goza de buena salud se muestra de color verde oscuro.
- Las áreas urbanas se ven de color violeta.
- Las zonas cubiertas por agua se ven en tonalidad negra.
- Los suelos desnudos se ven con tonalidades de rosado a rojo, dependiendo del contenido de humedad.
- Las nubes se ven de color blanco.



9.6. Composición en Falso Color RGB 531

- Esta composición muestra las zonas urbanas de color azul claro a plateado.
- La vegetación se observa en tonalidad que varía de color marrón a negro, dependiendo de la densidad y su estado sanitario.
- El agua se observa en tonalidades que van del azul al negro, dependiendo del contenido de partículas en suspensión.
- Los suelos desnudos se ven en tonalidades del amarillo.

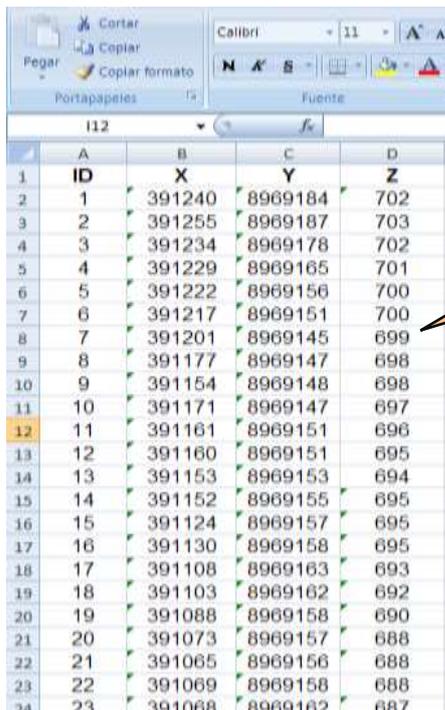


CAPÍTULO X. OPERACIONES CON EL MODULO SPATIAL ANALYST

Esta extensión permite realizar procesos como:

- Medición de distancias en línea recta y de costos (Distance).
- Obtener mapas de densidad, basados en datos puntuales o lineales (Density).
- Obtención de ráster a partir de la interpolación de datos puntuales, utilizando métodos como IRW, Spline y Krigging (Interpolate to Raster).
- Obtención de datos morfológicos a partir de Modelos digitales del terreno (Surface Analysis).
- Algebra de mapas (Raster Calculator)
- Reclasificación de mapas obtenidos. (Reclassify)
- Conversión de datos ráster a vector y viceversa (Convert).
- Análisis hidrológicos.

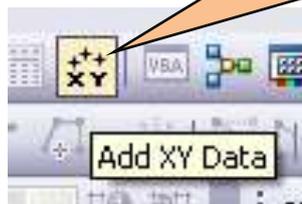
El primero de estos tutoriales lo dedicaré a como interpolar datos a ráster, para ello construiremos un mapa de isopiezas o variación del nivel piezométrico a partir de datos puntuales de monitoreo con un GPS se obtuvieron los datos.

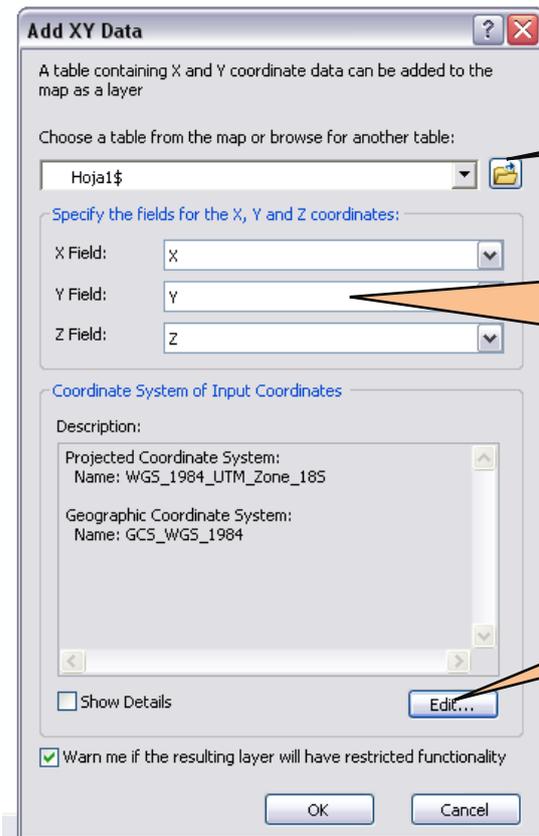


	A	B	C	D
1	ID	X	Y	Z
2	1	391240	8969184	702
3	2	391255	8969187	703
4	3	391234	8969178	702
5	4	391229	8969165	701
6	5	391222	8969156	700
7	6	391217	8969151	700
8	7	391201	8969145	699
9	8	391177	8969147	698
10	9	391154	8969148	698
11	10	391171	8969147	697
12	11	391161	8969151	696
13	12	391160	8969151	695
14	13	391153	8969153	694
15	14	391152	8969155	695
16	15	391124	8969157	695
17	16	391130	8969158	695
18	17	391108	8969163	693
19	18	391103	8969162	692
20	19	391088	8969158	690
21	20	391073	8969157	688
22	21	391065	8969156	688
23	22	391069	8969158	688
24	23	391068	8969162	687

Datos están guardados en formato de Excel 2007, para incorporar en el ArcGIS de una manera fácil y sencilla.

Para agregar el Excel al ArcGIS hacemos clic en Add XY Data y se nos abrirá una ventana.

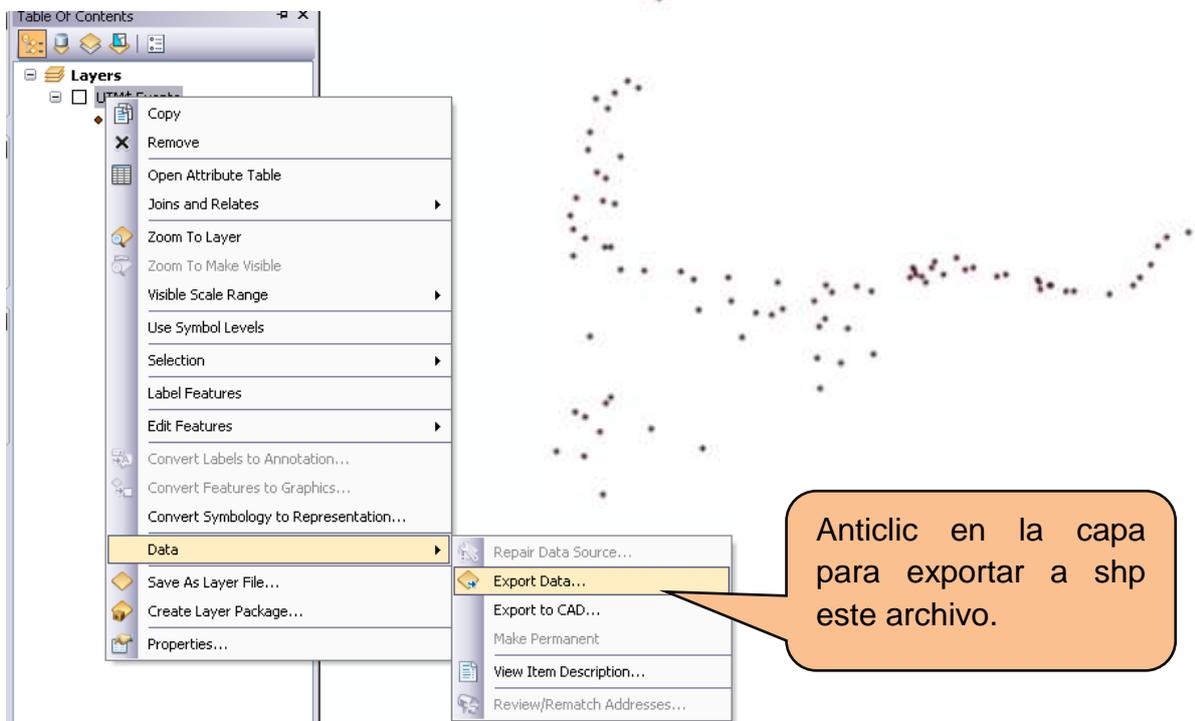




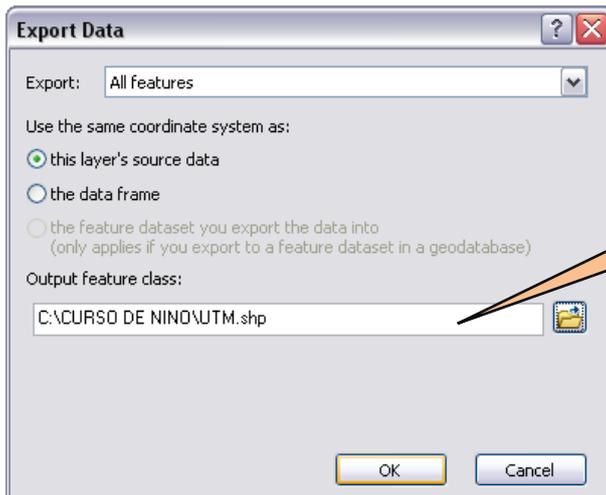
Agregamos la hoja de Excel donde se encuentra el archivo.

Incorporamos las coordenadas en sus respectivos el X es el Este, como Y es el Norte y Z es la Elevación.

Proyectar los puntos haciendo clic en Edit.. y poner UTM < WGS 84 < 18 sur.



Anticlic en la capa para exportar a shp este archivo.

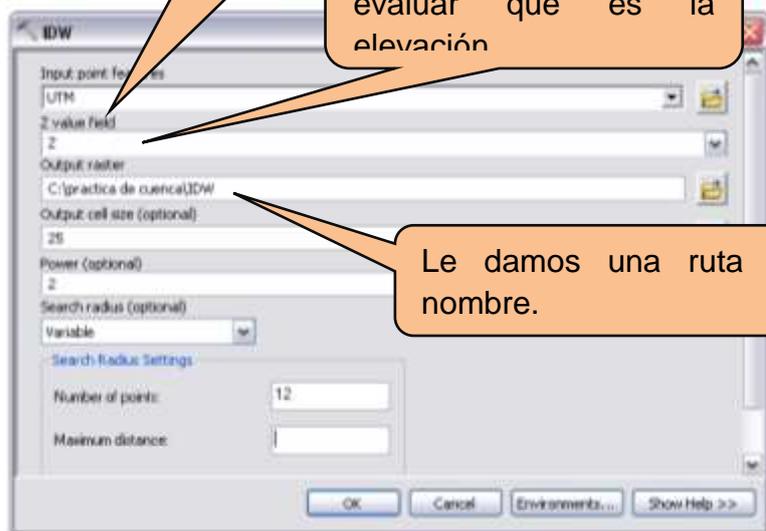
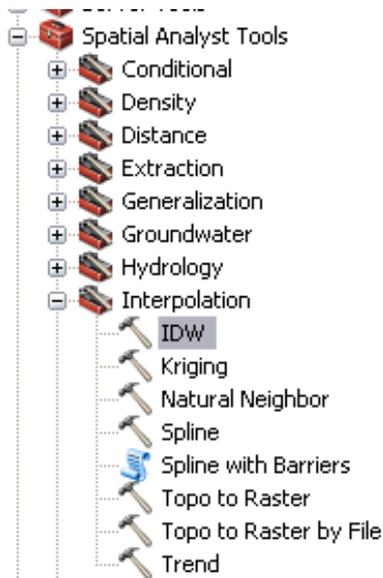


En esta parte damos la ruta y el nombre del shp nuevo.

Ahora si podemos interpolar los datos creados

10.1. Interpolación IDW

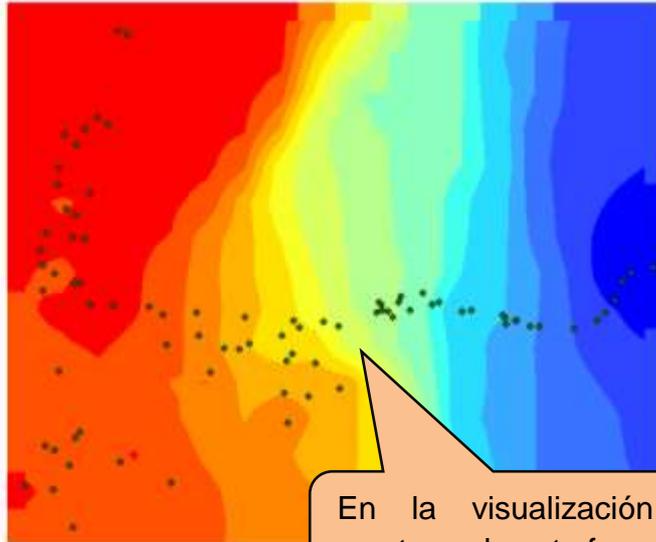
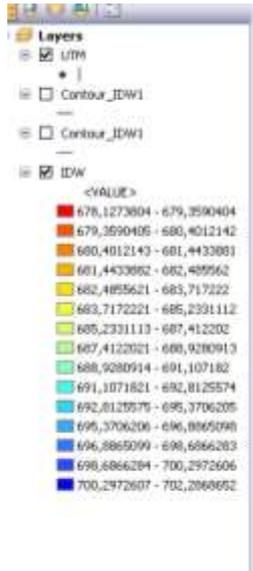
Interpolación utilizando IDW (peso ponderado por el inverso de la distancia). De la extensión **Spatial Analyst**, se selecciona **Interpolation**, seguido de **Inverse Distance Weighted (IDW)**.



Incorporamos el shp de punto que es UTM.

Ponemos el dato a evaluar que es la elevación

Le damos una ruta y nombre.



10.2. Determinación del contorno o curva de nivel

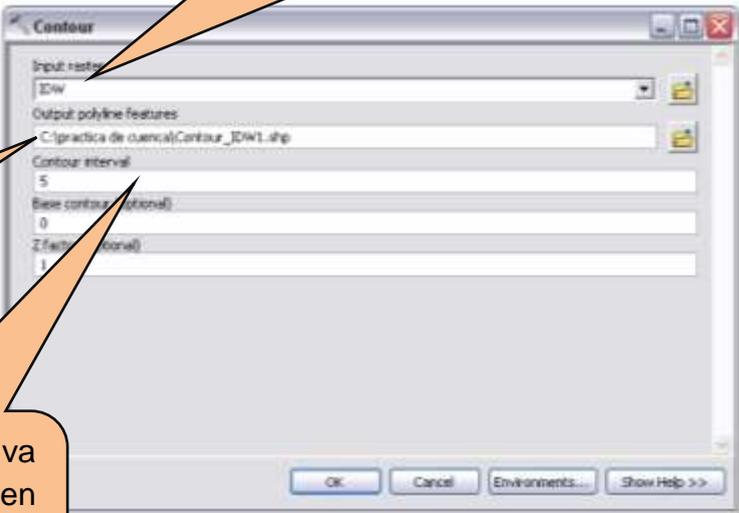
- Raster Creation
- Reclass
- Solar Radiation
- Surface
 - Aspect
 - Contour
 - Contour List
 - Contour with Barriers
 - Curvature
 - Cut Fill
 - Hillshade
 - Observer Points
 - Slope
 - Viewshed
- Zone

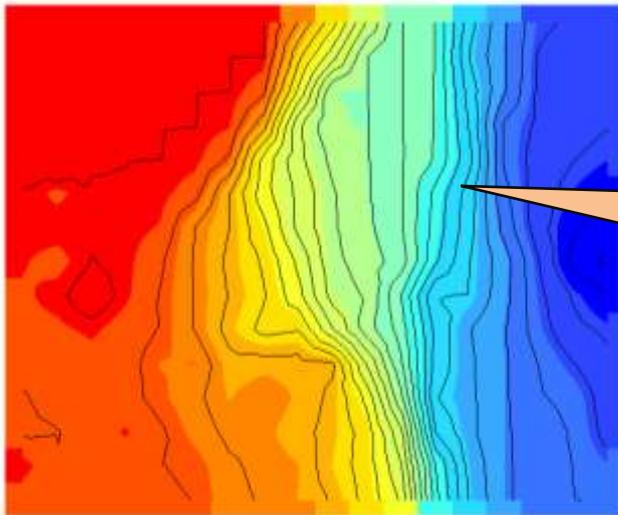
Entramos en Surface < contour.

Incorporamos el IDW que es un ráster determinado anteriormente.

Guardamos y le damos un nombre.

El intervalo que va estar las curvas en nuestro caso será 5m.





Se nos mostrara una línea de las curvas de nivel.

10.3. Interpolación Kriging

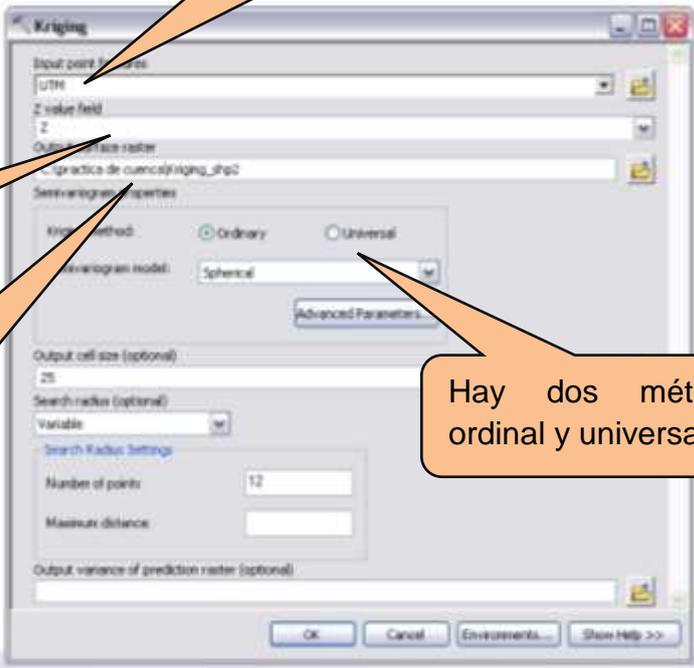
- Schematics Tools
- Server Tools
- Spatial Analyst Tools
 - Conditional
 - Density
 - Distance
 - Extraction
 - Generalization
 - Groundwater
 - Hydrology
 - Interpolation
 - IDW
 - Kriging**
 - Natural Neighbor
 - Spline
 - Spline with Barriers
 - Topo to Raster
 - Topo to Raster by File
 - Trend
 - Local

Entramos en Spatial Analyst tools seguido interpolation para determinar con el método Kringing.

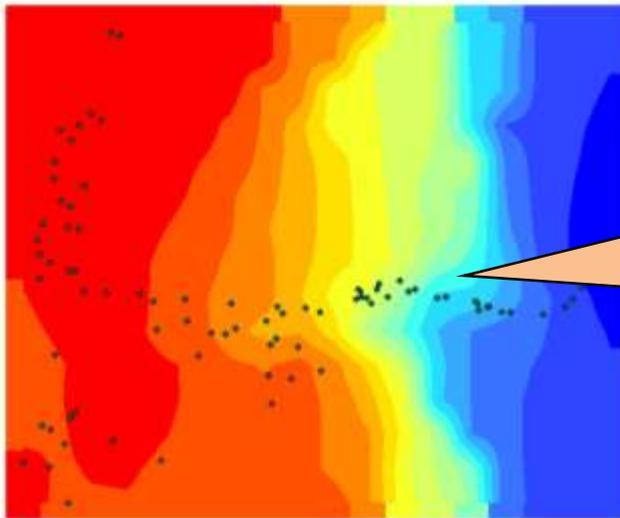
Incorporamos el punto que es UTM

Ponemos la elevación que es "Z" en este caso.

Guardamos y le damos un nombre: Kriging_shp



Hay dos métodos ordinal y universal



Se visualizará de esta forma y también se puede determinar su curva de nivel de la misma forma anterior.

BIBLIOGRAFÍA

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), (2003), Manual Curso Análisis Espacial Arcview 8.2.

HOLGER. 2003. HydroTools 1.0 for ArcView 3.x. Hydrological analysis of small and large watersheds. Institute of Applied Geosciences. Technical University of Darmstadt. 13p.

SOBRINO, J. A., RAISSOUNI, N., KERR, Y., OLIOSO, A., LÓPEZ-GARCÍA, M. J., BELAID, A., EL KHARRAZ, M. H., CUENCA, J. Y DEMPÈRE, L. 2000. Teledetección. Sobrino, J. A. (Ed.), Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia (ISBN 84-370- 4220-8), Valencia (España), pp. 467.