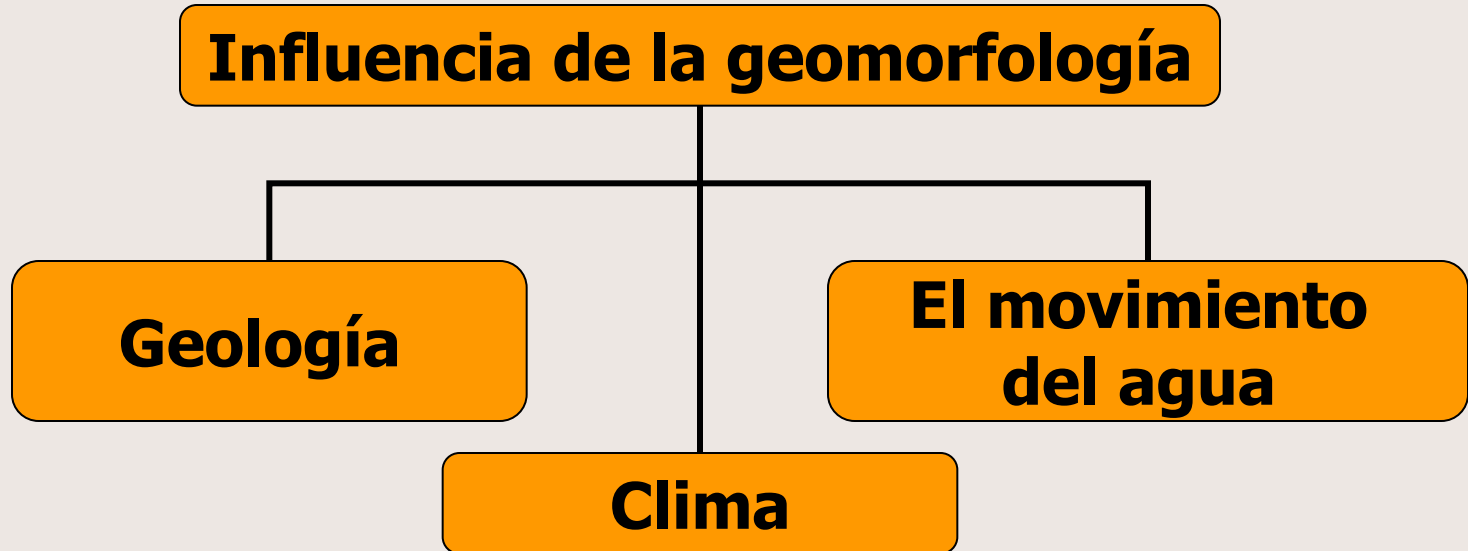


GEOMORFOLOGÍA DE CUENCAS

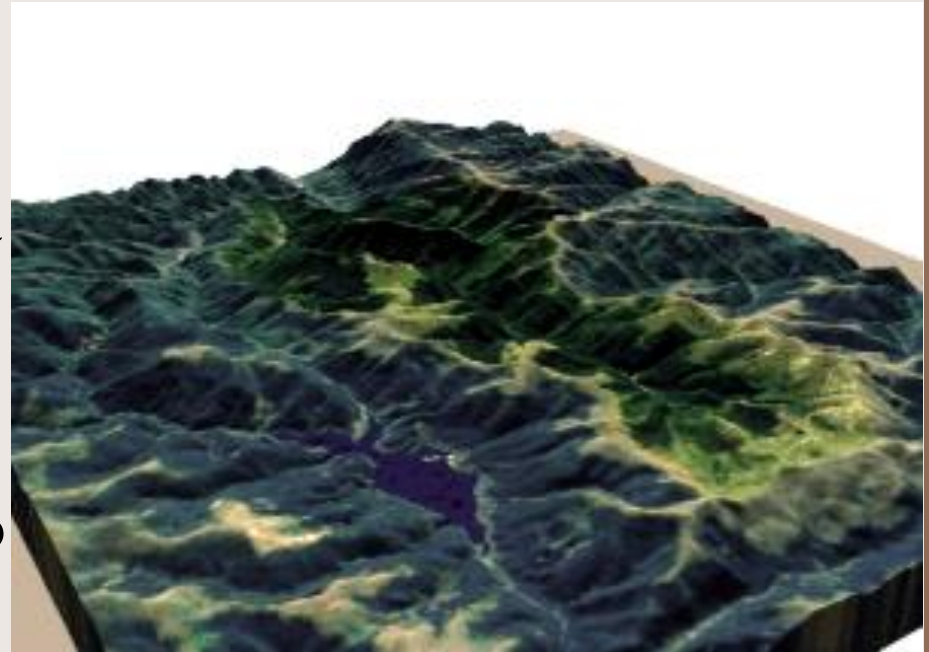


El trabajo del clima

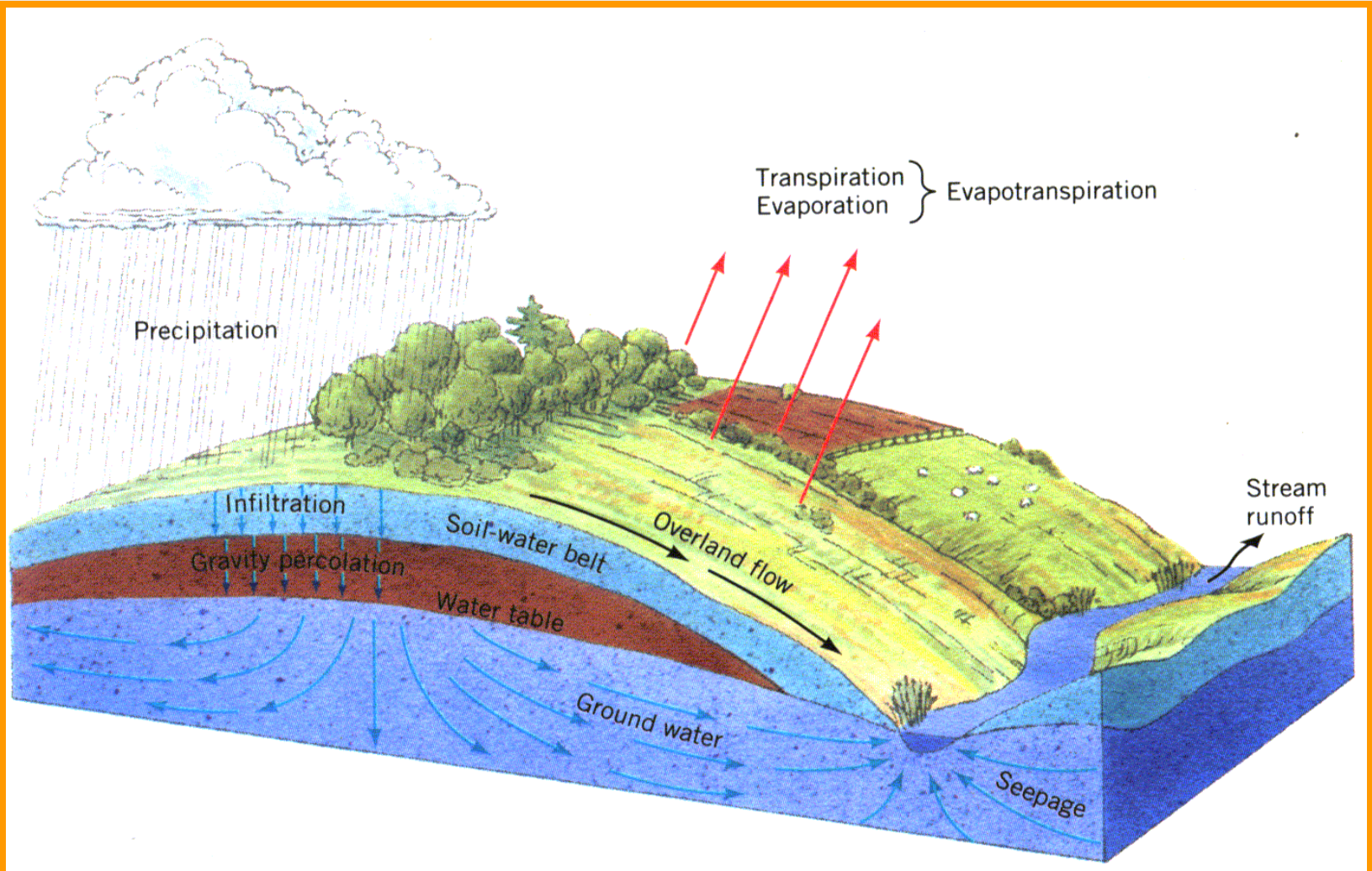
- **El Clima ha sido reconocido tradicionalmente como un agente geomorfológico de primer orden y como el responsable principal de los procesos erosivos que esculpen la superficie terrestre (Hodges 2000 :*Climate and the evolution of mountains. Scientific American, 295, p 72-79*)**

Definición de cuenca

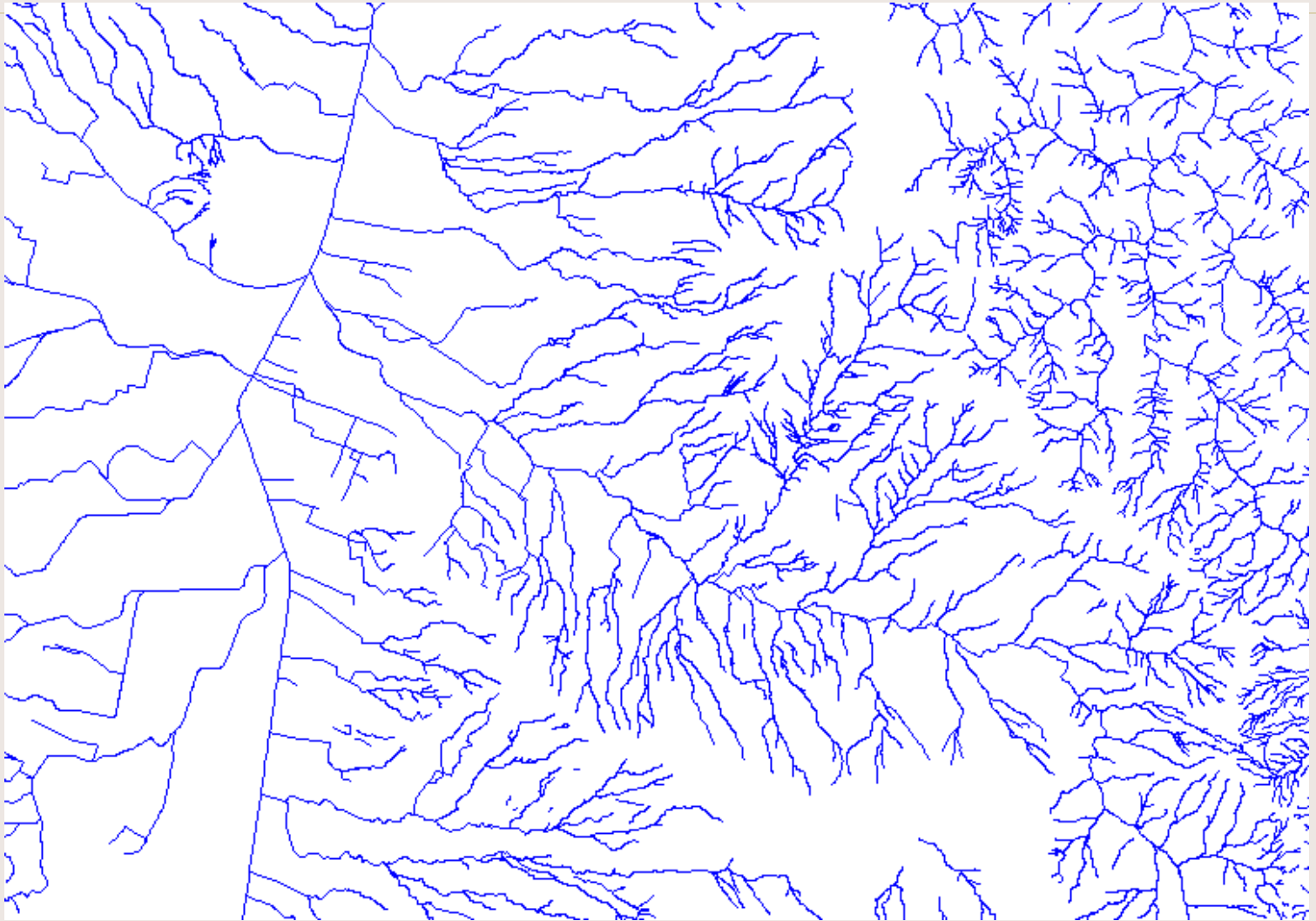
Se conoce como cuenca a un término derivado del latín concha. Accidente de carácter geográfico que supone una depresión en la superficie de la Tierra, un valle en medio de alturas o un terreno cuyas aguas se dirigen hacia un solo punto desembocadura.



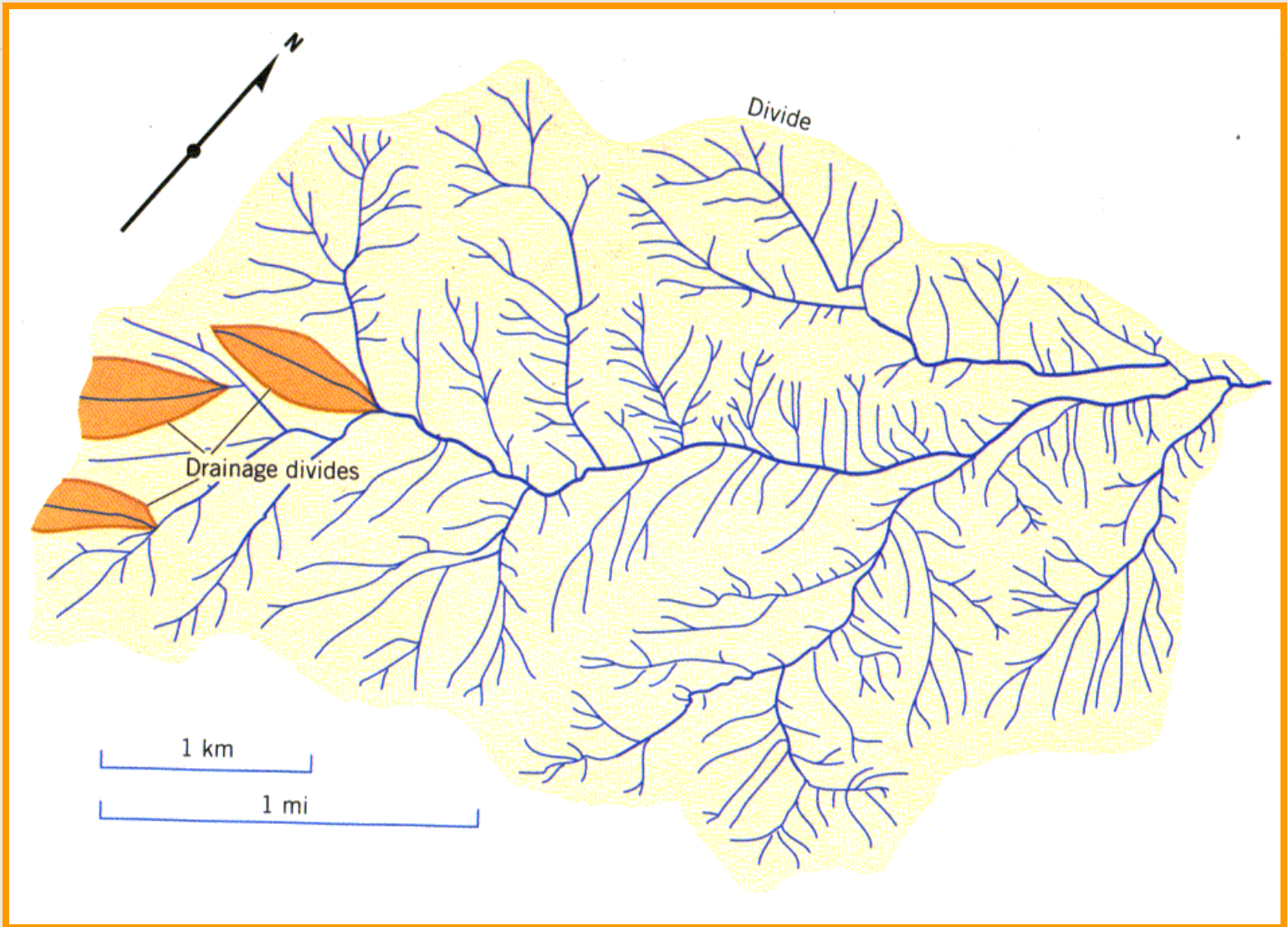
Línea divisoria



La Red de drenaje



LA CUENCA HIDROGRÁFICA



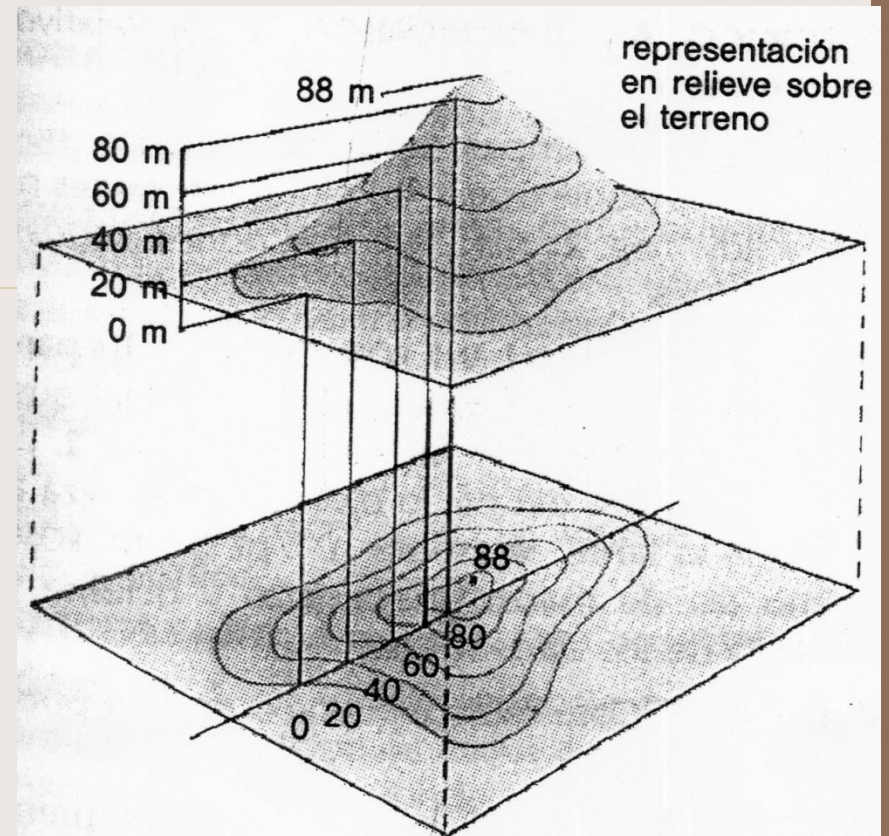
INSUMOS PARA TRAZAR UNA CUENCA

- Cartografía Oficial (IGAC).
- Modelos digitales de elevación
- Imágenes satelitales.

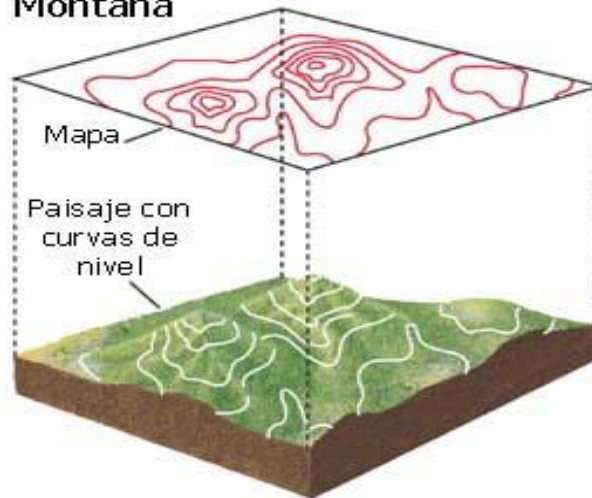


**TRAZADO DE CUENCAS
USANDO CARTOGRAFÍA DE
BASE**

Curvas de Nivel: Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igual elevación.



Montaña

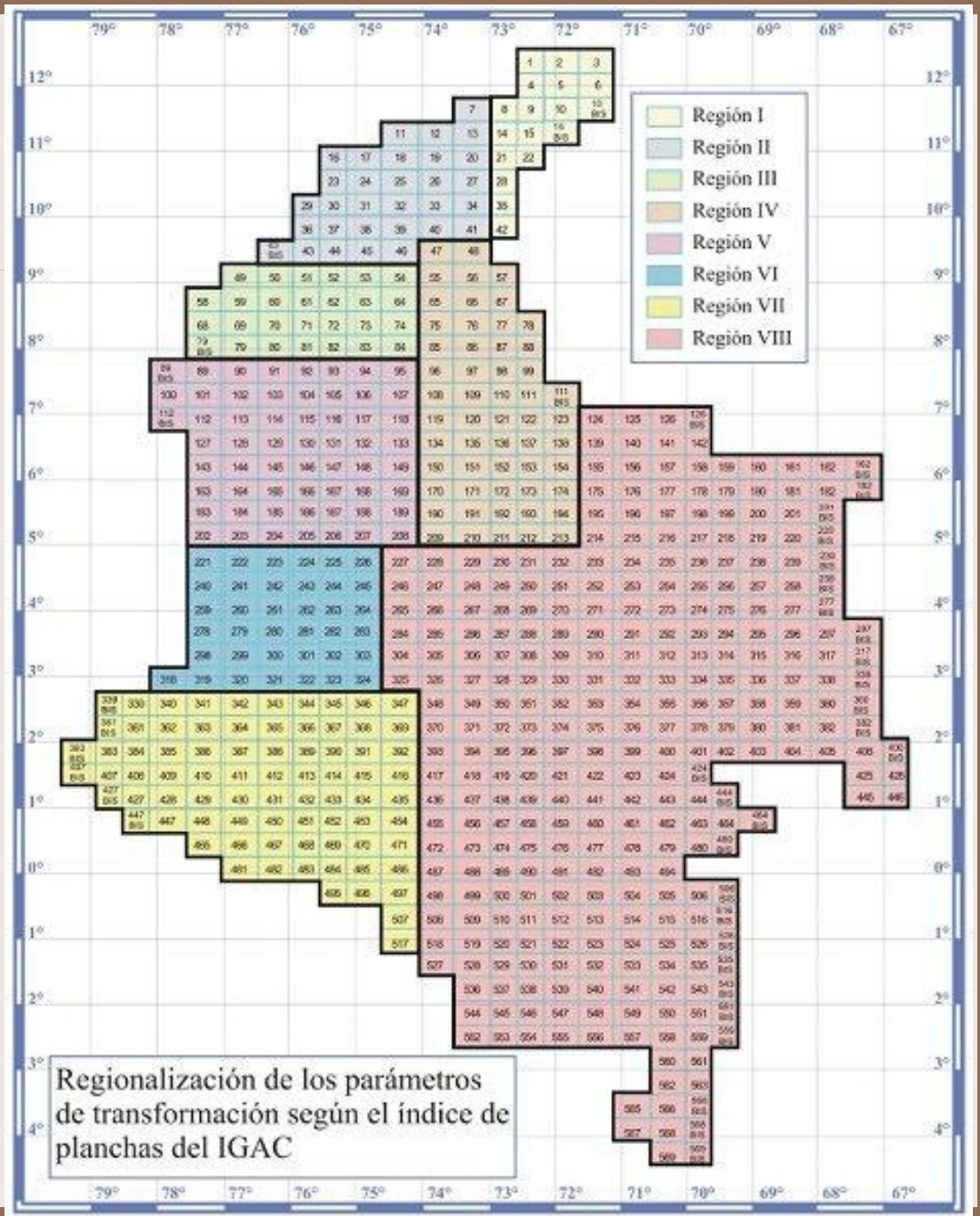


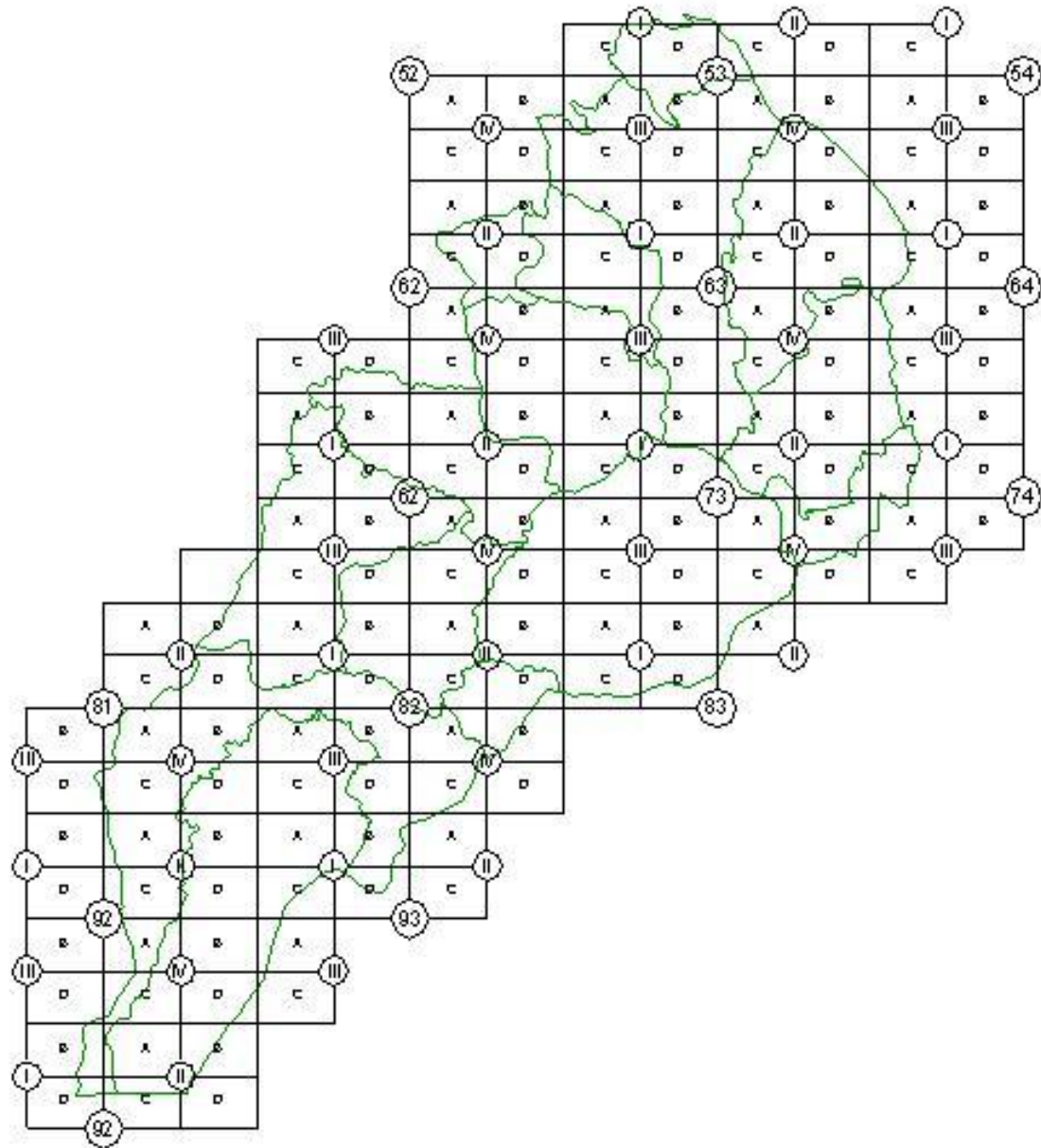
Valle




CARTOGRAFÍA OFICIAL DE COLOMBIA:

IGAC

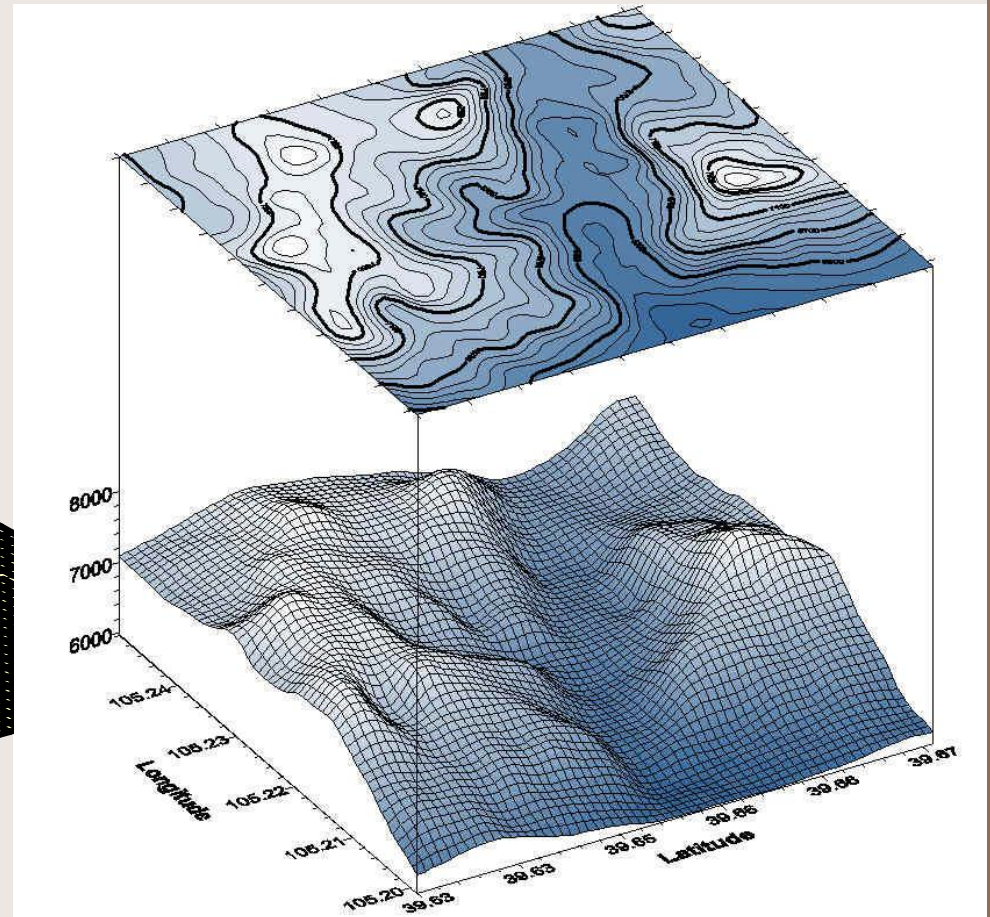
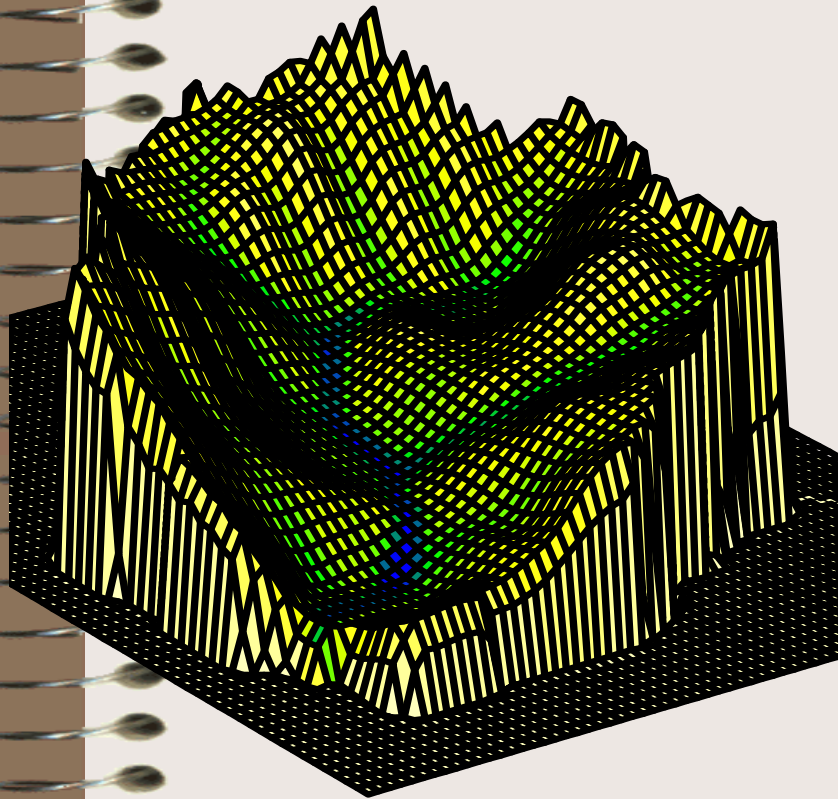






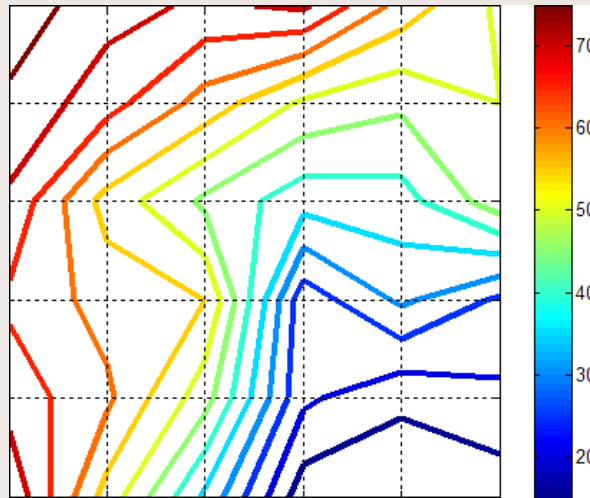
**TRAZADO DE CUENCAS
USANDO MODELOS
DIGITALES DE ELEVACIÓN**

MODELO DIGITALES DE ELEVACIÓN

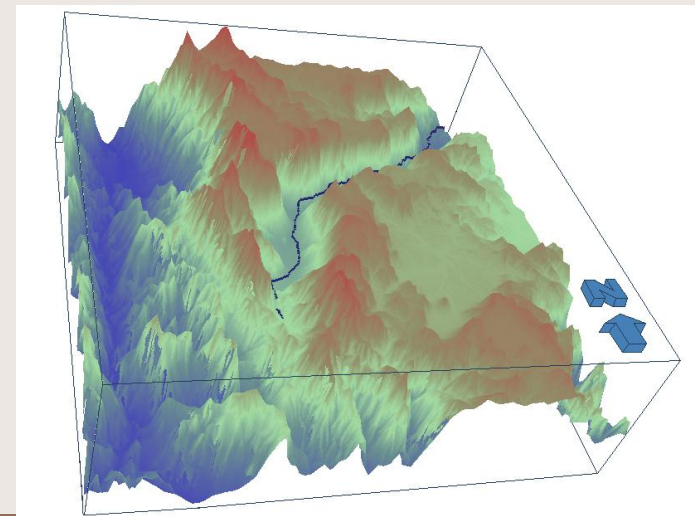
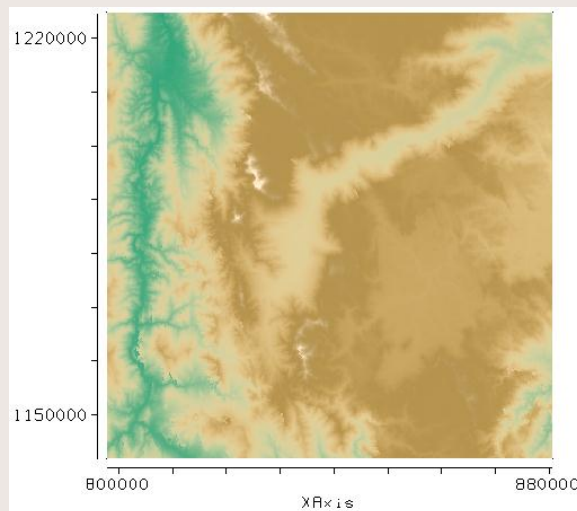


Southwest Corner of the Morrison Quadrangle, Colorado

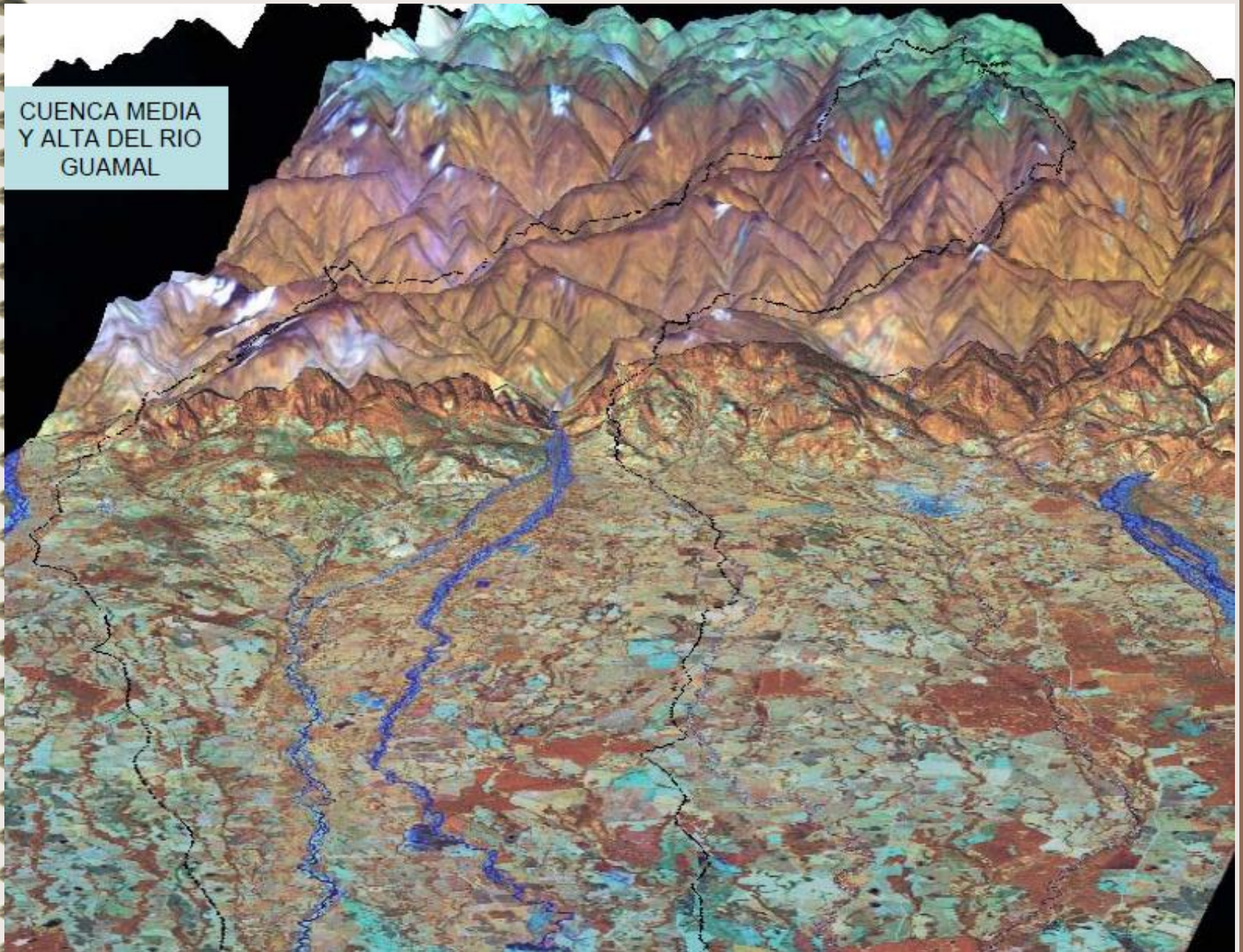
INTERPOLACIÓN DEL TERRENO (RASTERIZACIÓN)



78	72	68	71	58	49
74	67	58	49	46	50
69	59	44	37	38	48
64	58	55	22	31	24
68	61	47	21	16	19
74	53	34	12	11	12

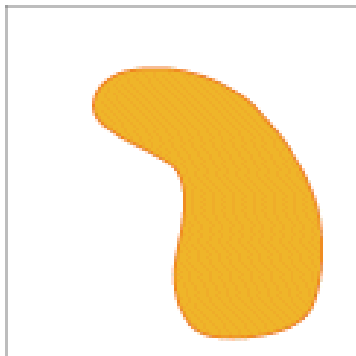


CUENCA MEDIA
Y ALTA DEL RIO
GUAMAL

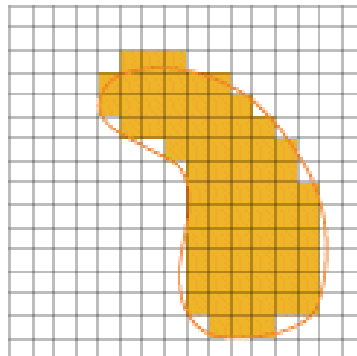


RESOLUCIÓN DEL DEM

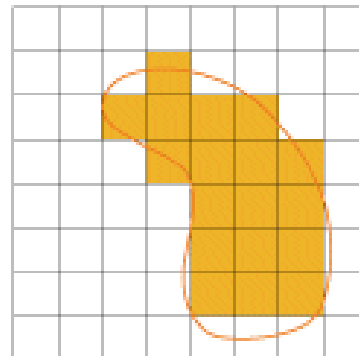
71 m²
polygon



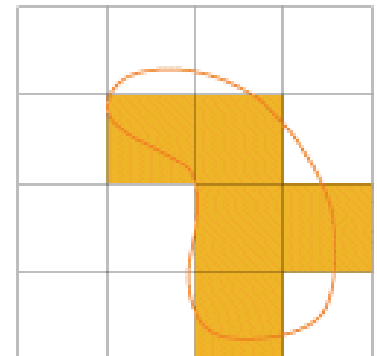
73 m²
1 m cell
16 x 16 cells



72 m²
2 m cell
8 x 8 cells



80 m²
4 m cell
4 x 4 cells



- Smaller cell size
- Higher resolution
- Higher feature spatial accuracy
- Slower display
- Slower processing
- Larger file size

- Larger cell size
- Lower resolution
- Lower feature spatial accuracy
- Faster display
- Faster processing
- Smaller file size

DIRECCIONES DE FLUJO

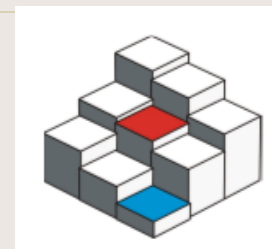
78	72	69	71	58	49
74	67	58	49	46	50
69	53	44	37	38	48
64	58	55	22	31	24
68	61	47	21	16	19
74	53	34	12	11	12

ELEVATION

=

2	2	2	4	4	8
2	2	2	4	4	8
1	1	2	4	8	4
128	128	1	2	4	8
2	2	1	4	4	4
1	1	1	1	4	16

FLOW_DIR



ARC - GIS

32	64	128
16		1
8	4	2

ARCGIS/HYDROSHEEDS

32	64	128
16	0	1
8	4	2

HIDROSIG

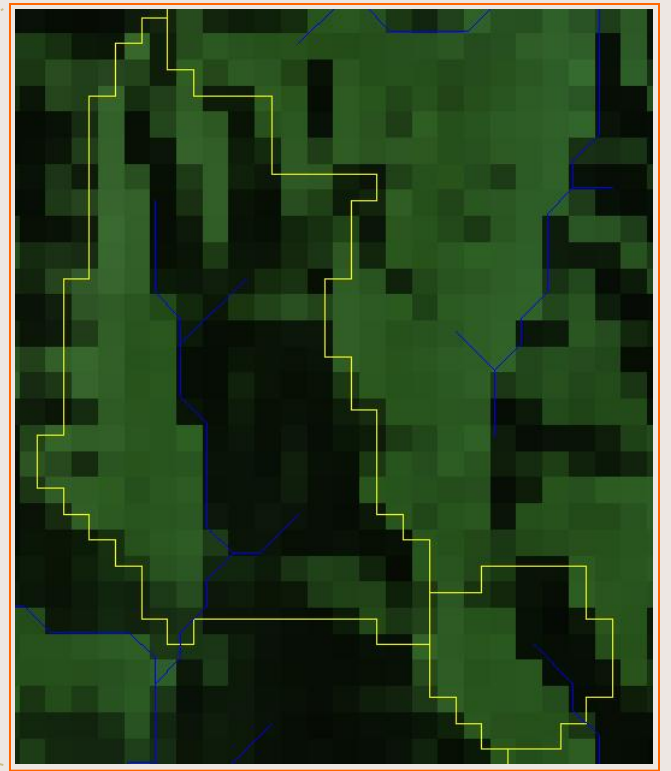
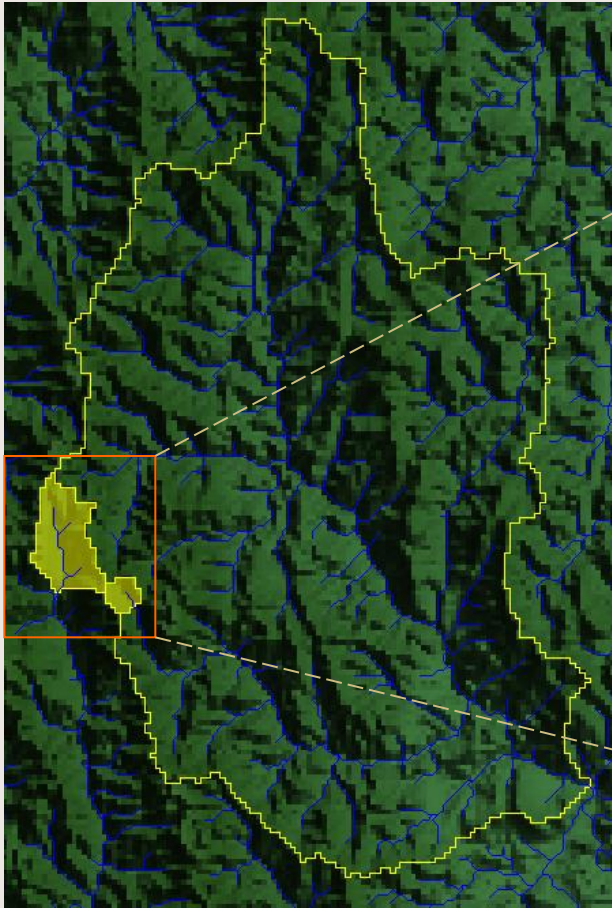
7	8	9
4	0	6
1	2	3

MAPWINDOW

4	3	2
5	NaN	1
6	7	8

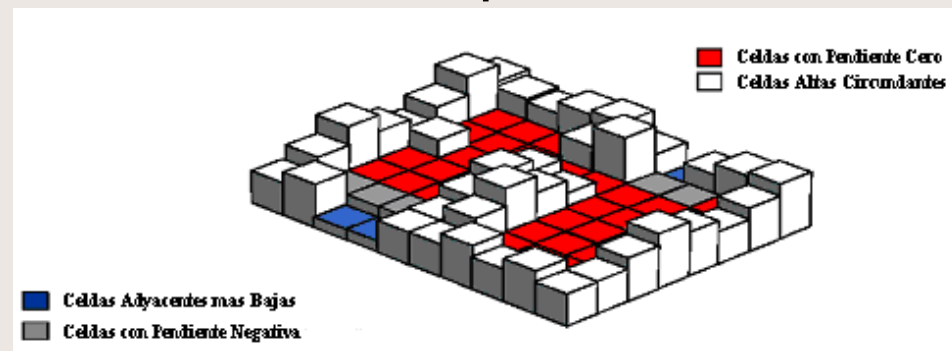
GRASS

7	0	1
6		2
5	4	3

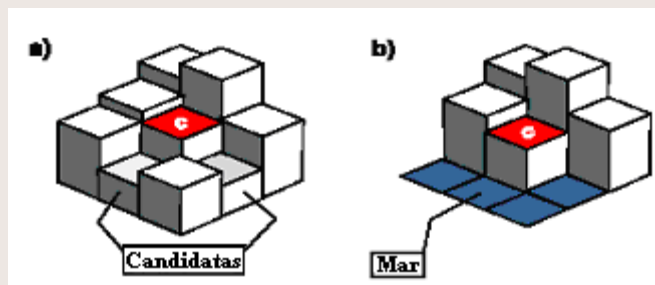


LOS PROBLEMAS DE ZONAS PLANAS

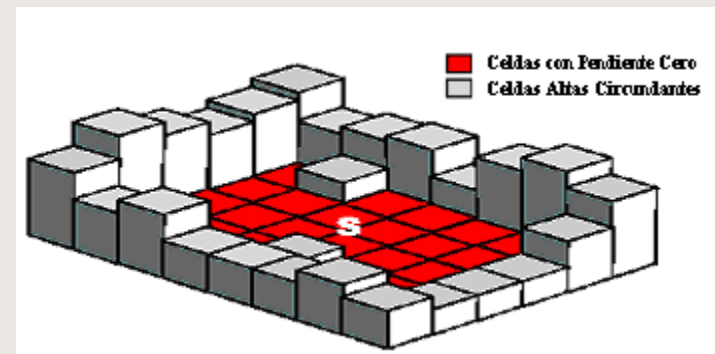
Zonas planas



Bifurcaciones



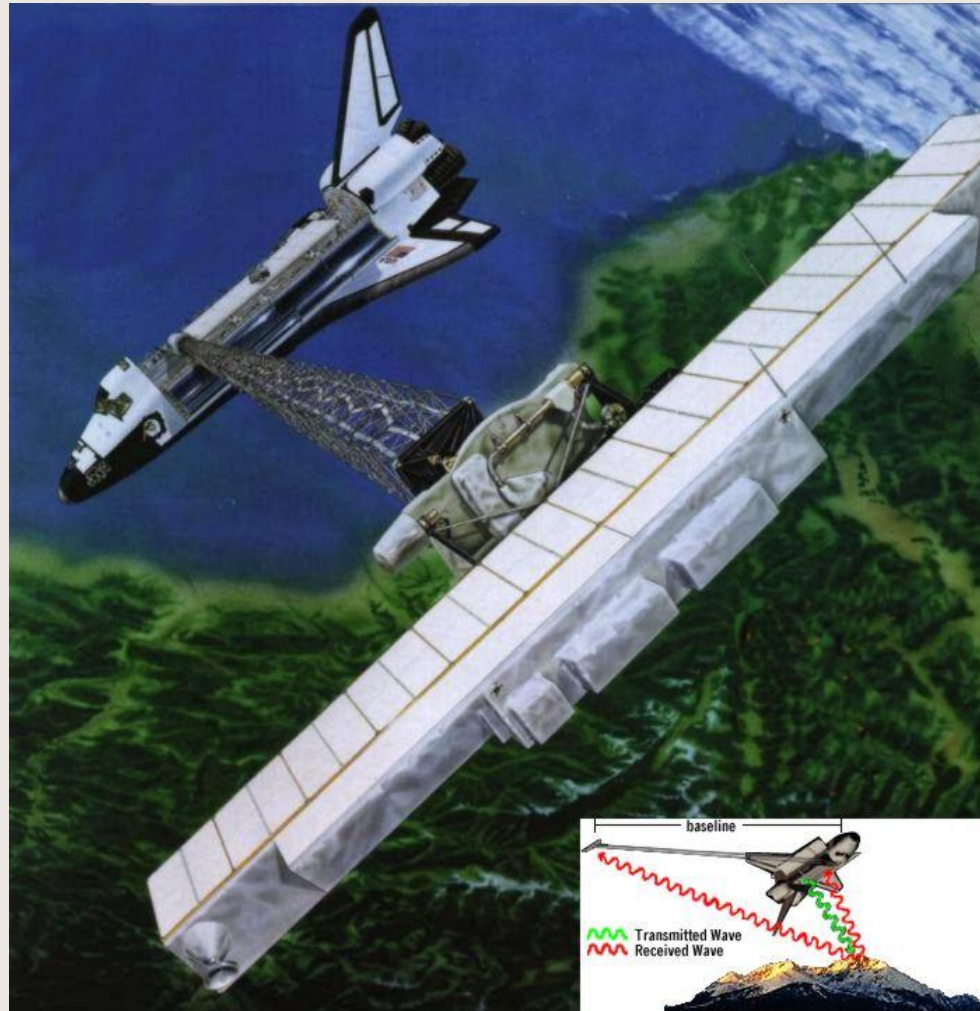
Sumideros



A spiral-bound notebook with a white page and a brown cover. The spiral binding is on the left side. The text is centered on the page.

SENSORES REMOTOS EN HIDROLOGÍA

Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)



Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

The CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)



Applying GeoSpatial Science
for a Sustainable Future...

■ CSI HOME ■ SRTM MAIN ■ HELP



SRTM Data Selection Options

🇨🇳 Chinese users : [中国用户可通过中国科学院镜像站下载](#)

1. Select Server:

CGIAR-CSI (USA) HarvestChoice (USA) JRC (IT) King's College (UK) TelaScience (USA)

2. Data selection method:

Multiple Selection Enable Mouse Drag Input Coordinates

Many tiles can be selected at random locations. These selected tiles are listed in the results page for download.

Decimal Degrees (ie 34.5, -100.5) Degrees: Minutes: Seconds (ie 34 30 00 N, 100 30 00 W)

Longitude - min: max: Longitude - min: East max: East

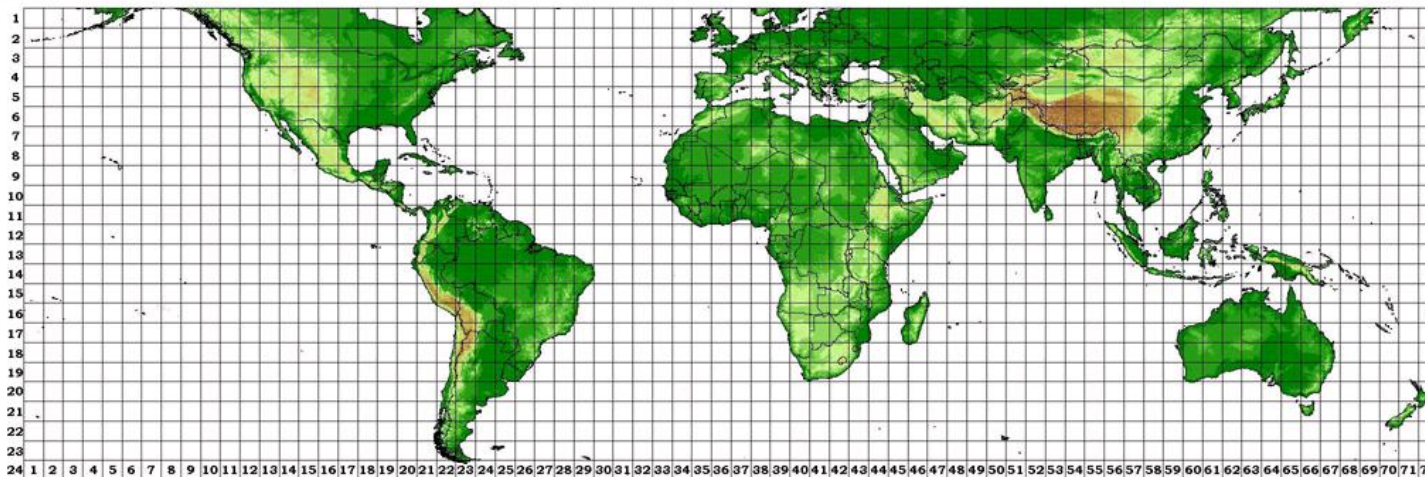
Latitude - min: max: Latitude - min: North max: North

Longitude: 100.00 Latitude: 100.0 Tile X: 10 Tile Y: 10

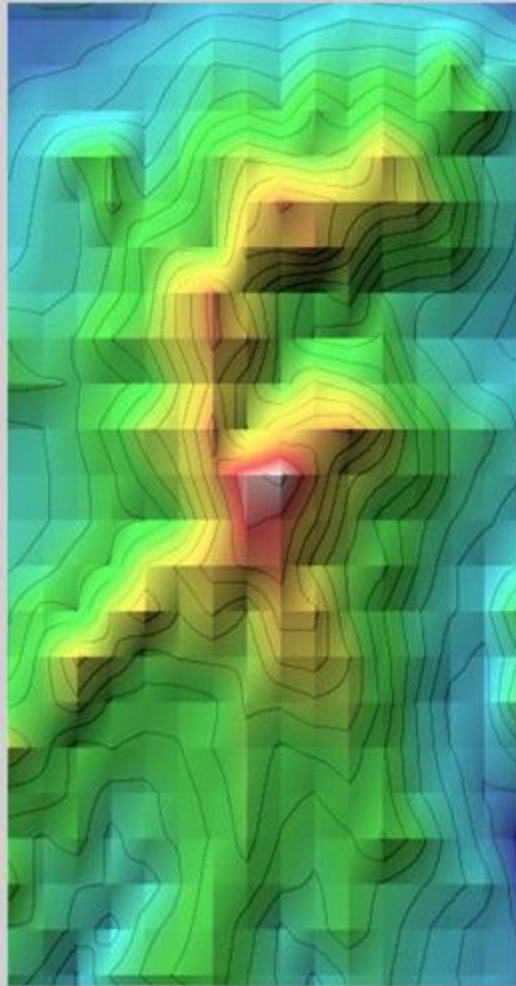
3. Select File Format:

GeoTiff Arcinfo ASCII

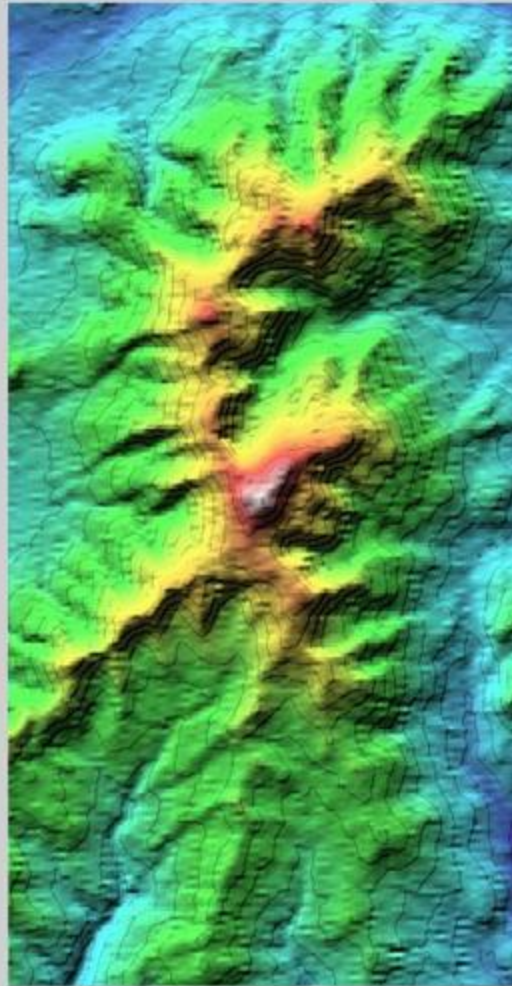
[Click here to Begin Search >>](#)



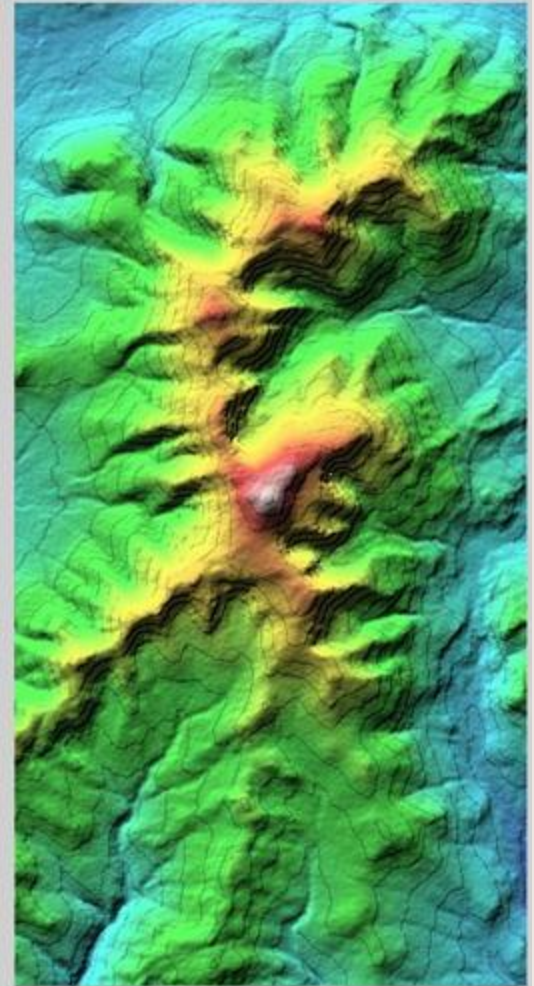
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)



900 m

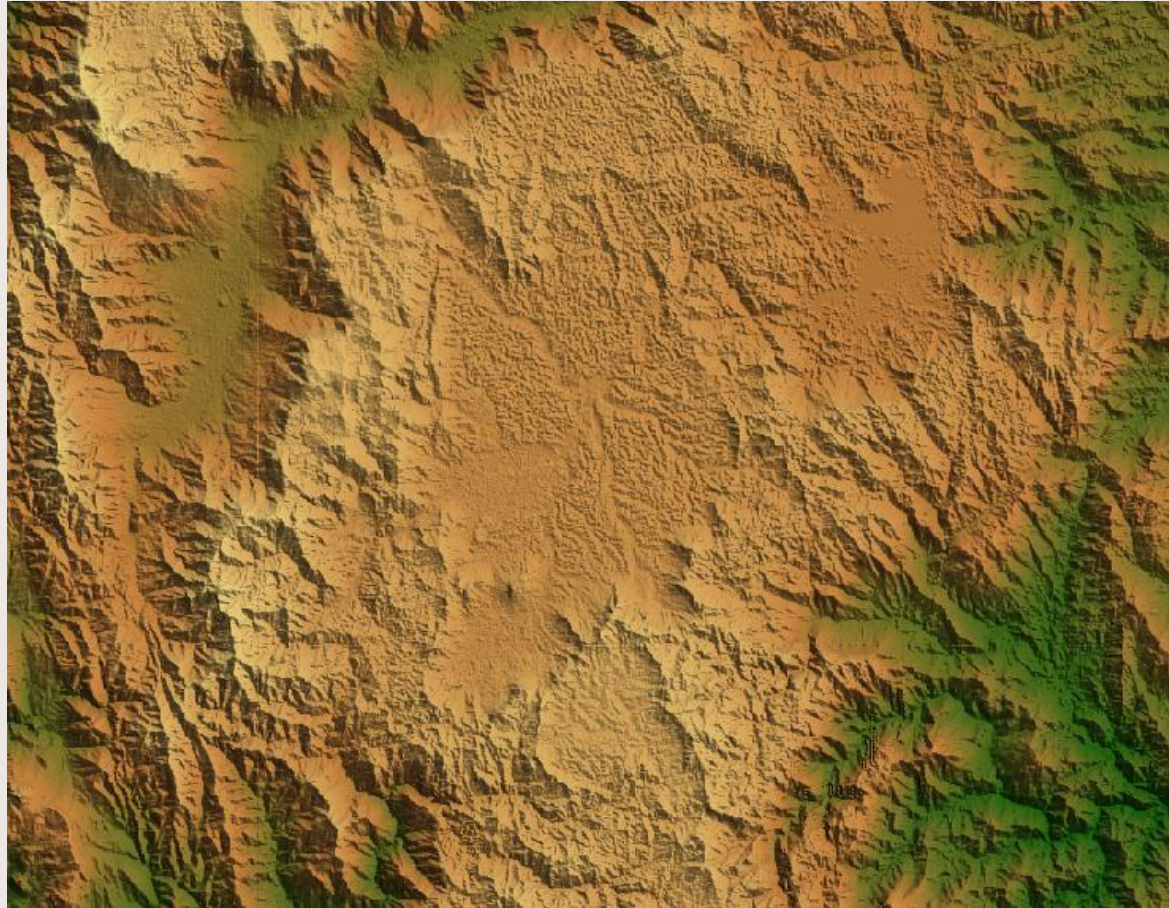


250 m



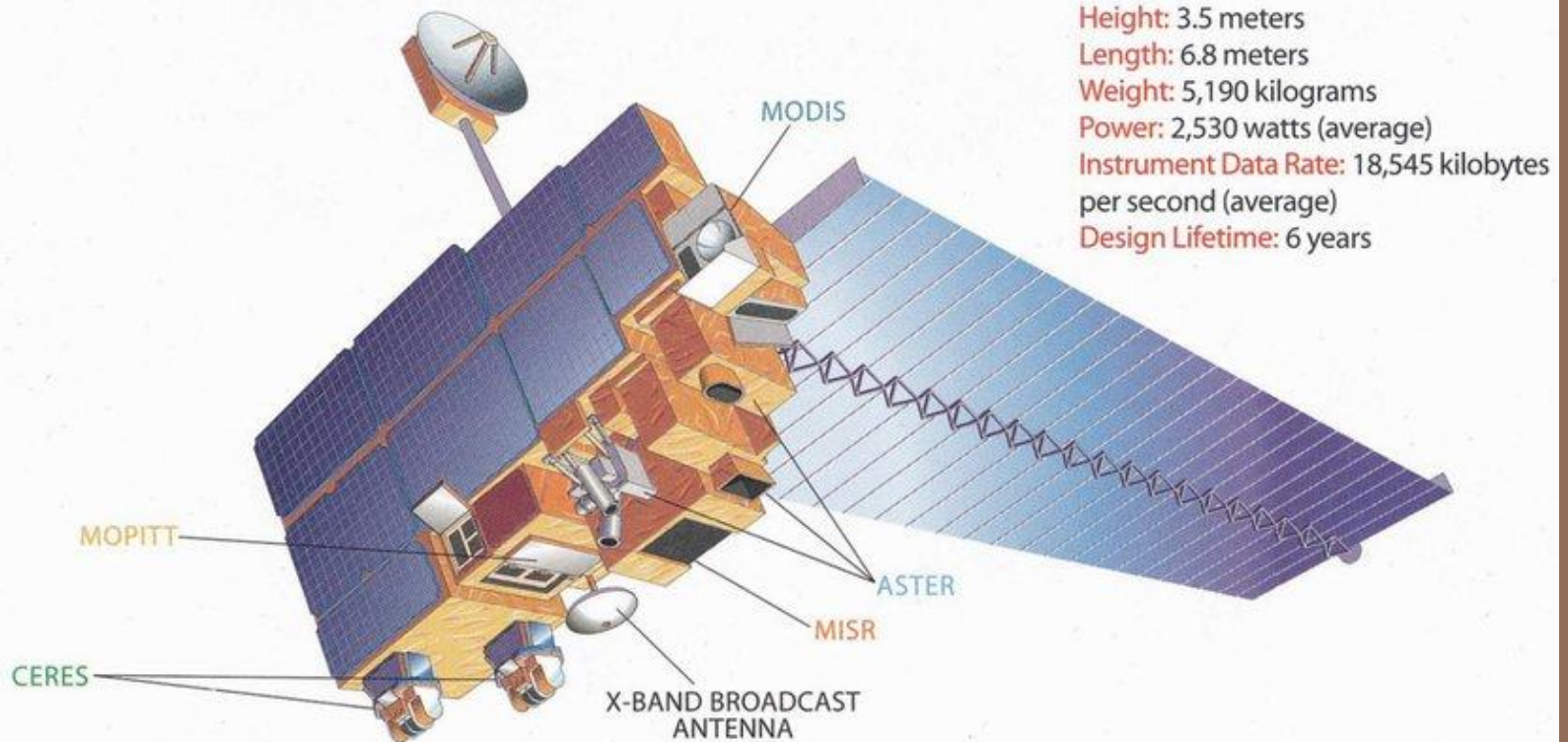
90m

SRTM 90 ORIENTE ANTIOQUEÑO



ASTER

Terra and Its Five Climate-Monitoring Sensors



<http://earthexplorer.usgs.gov/>



EarthExplorer

Search Criteria | Data Sets | Additional Criteria | Results

Search Criteria Summary (Show)

Clear Criteria

1. Enter Search Criteria

To narrow your search area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the [help documentation](#)), and/or choose a date range.

Address/Place | Path/Row | Feature | Circle

Show Clear

Coordinates | Predefined Area | Shapefile | KML

Degree/Minute/Second | Decimal

No coordinates selected.

Use Map | Add Coordinate | Clear Coordinates

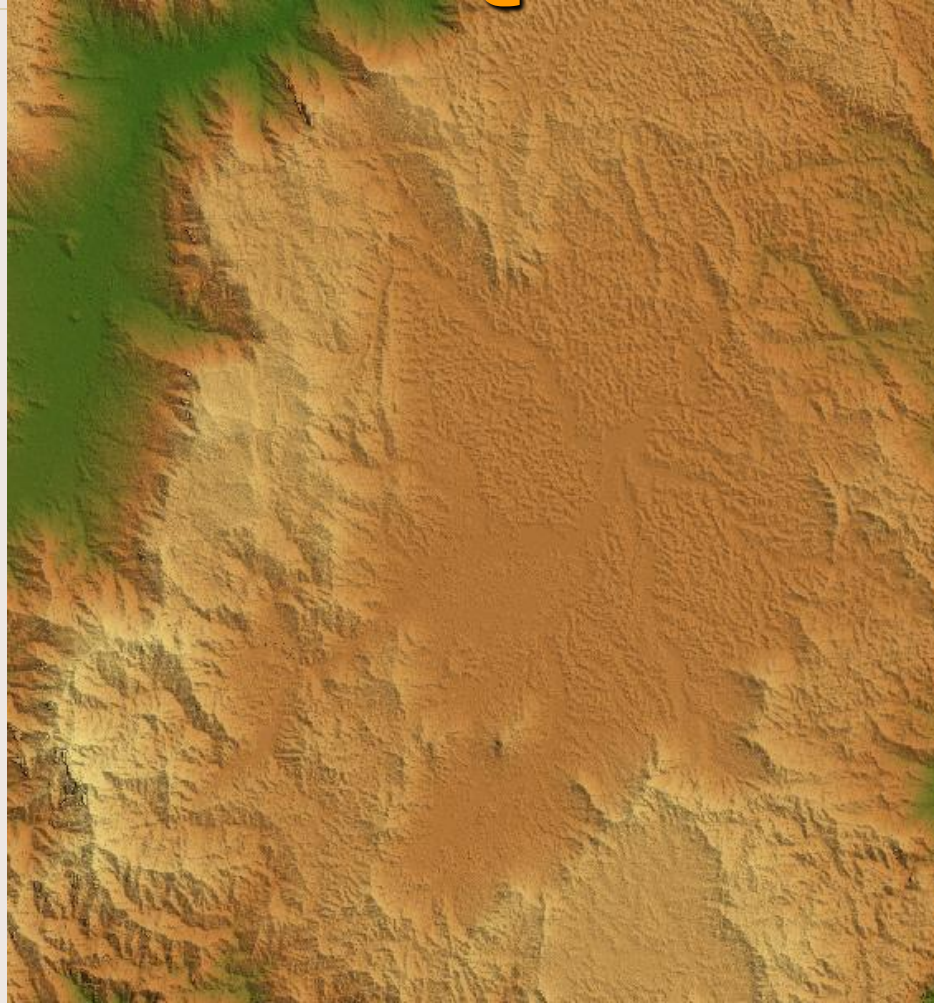
Date Range | Result Options

Search from: 01/01/1920 to: 10/02/2013

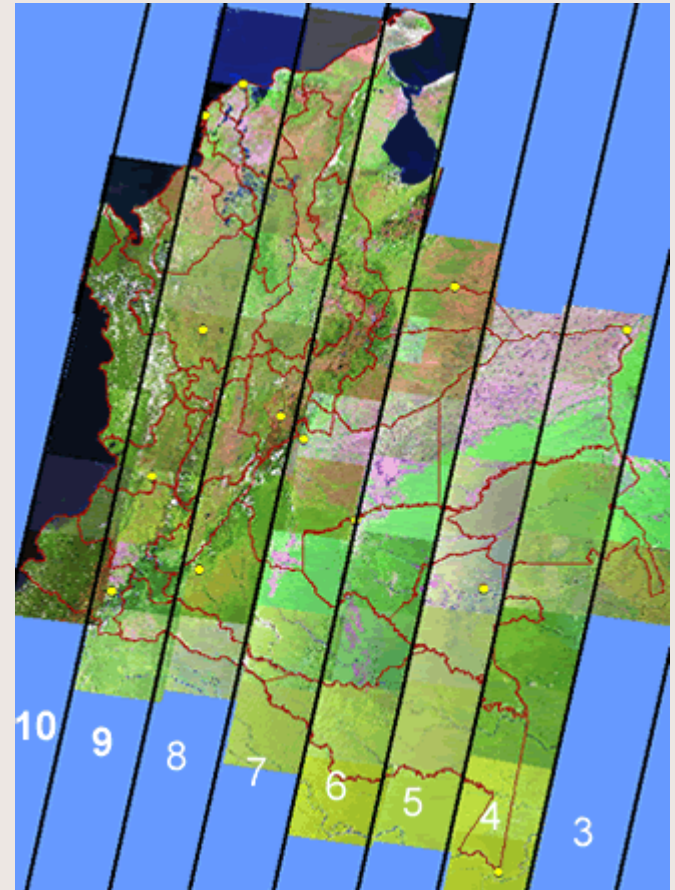
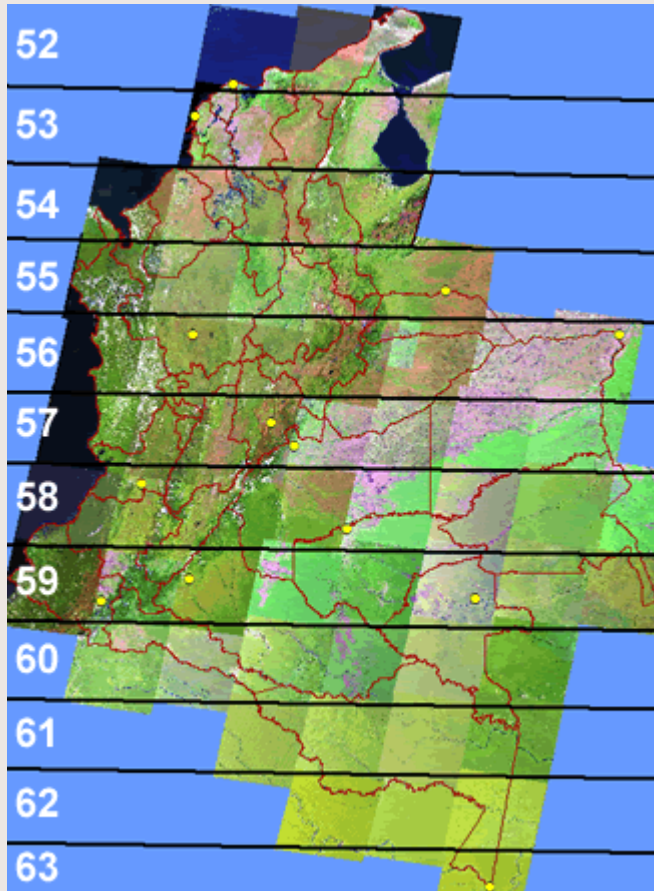
Search months: (all)



ASTER ORIENTE ANTIOQUEÑO

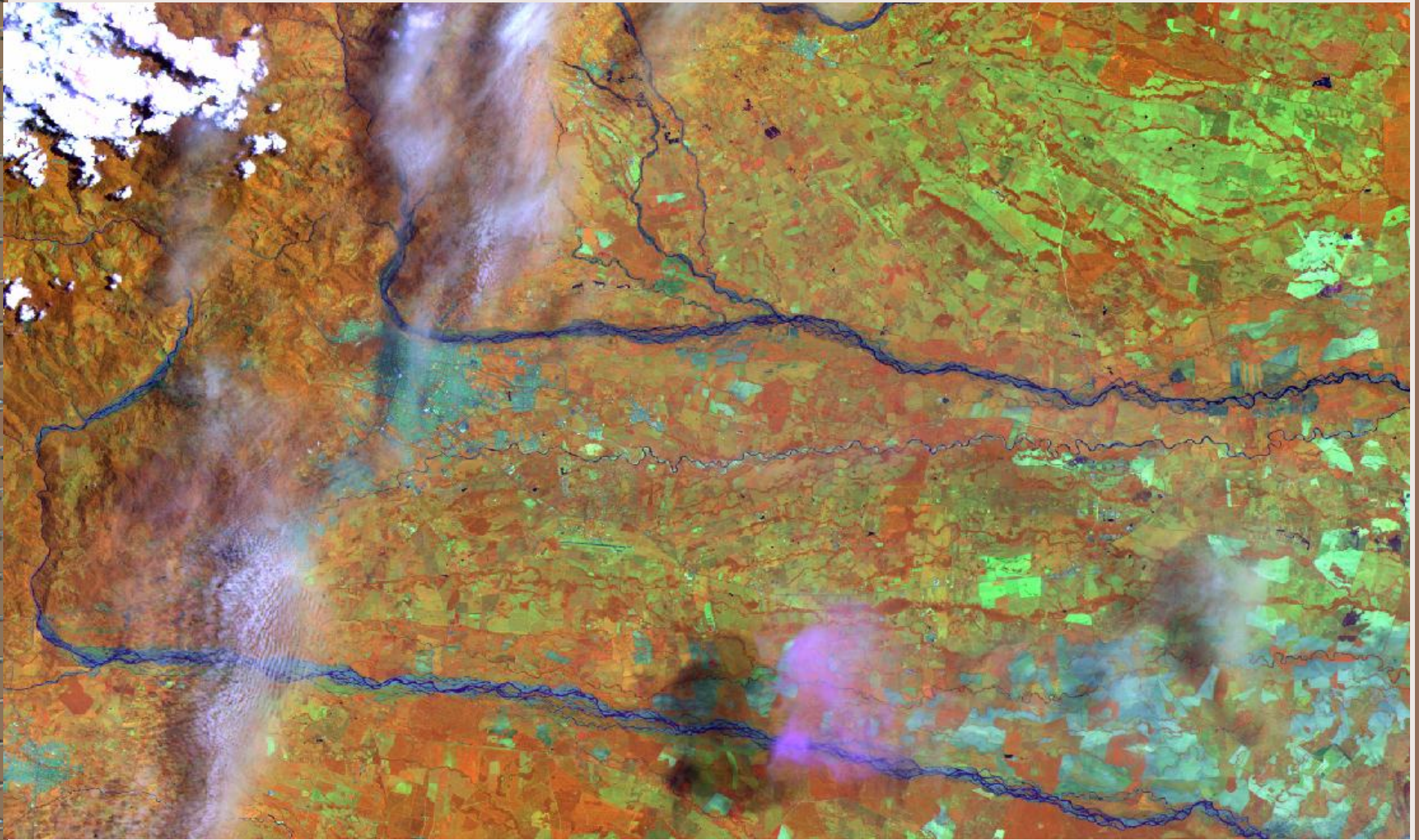


LANDSAT



<http://earthexplorer.usgs.gov/>

LANDSAT (Coberturas)



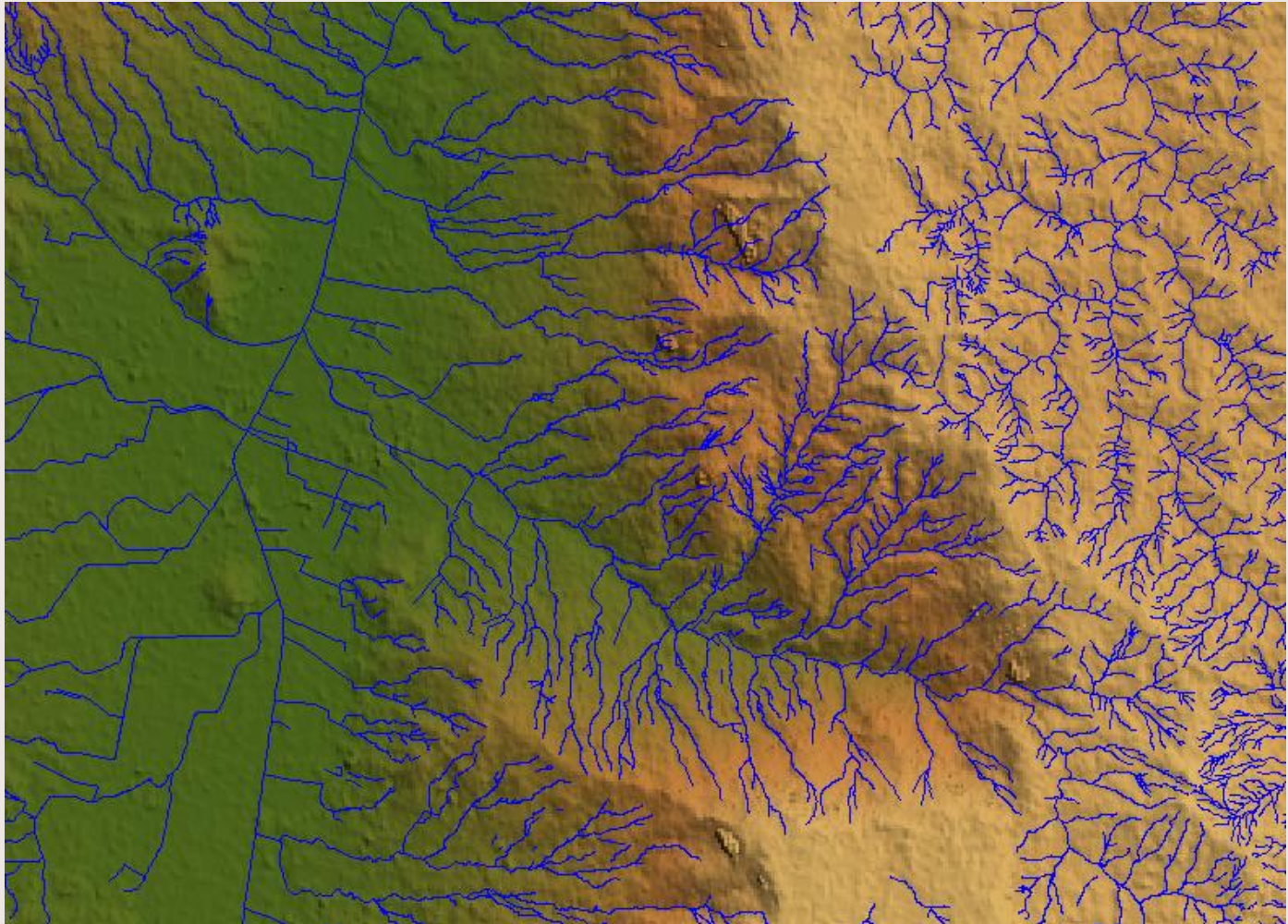
IMÁGENES RAPIDEYE

Satélite RapidEye



- Resolución espacial: 5m
- Ancho de barrido: 77km
- Bandas espectrales: azul, verde, rojo, red-edge e infrarojo cercano
- Pasa por el ecuador: 11:00am
- La toma de las imágenes es de 1 a 2 días después que se hace el pedido
- Opera desde 2004, comercialmente operativos desde 2009
- Entrega de información: GEO, TIFF, JPEG
- Tiempo de revisita: 1 día
- Distribuidor en Colombia: Pro cálculo Calle 16 No. 41 – 210 (57) (4) 2666657, Área mínima 500km cuadrados

CORRECCIÓN DE LOS MDT CON LA CARTOGRAFÍA OFICIAL

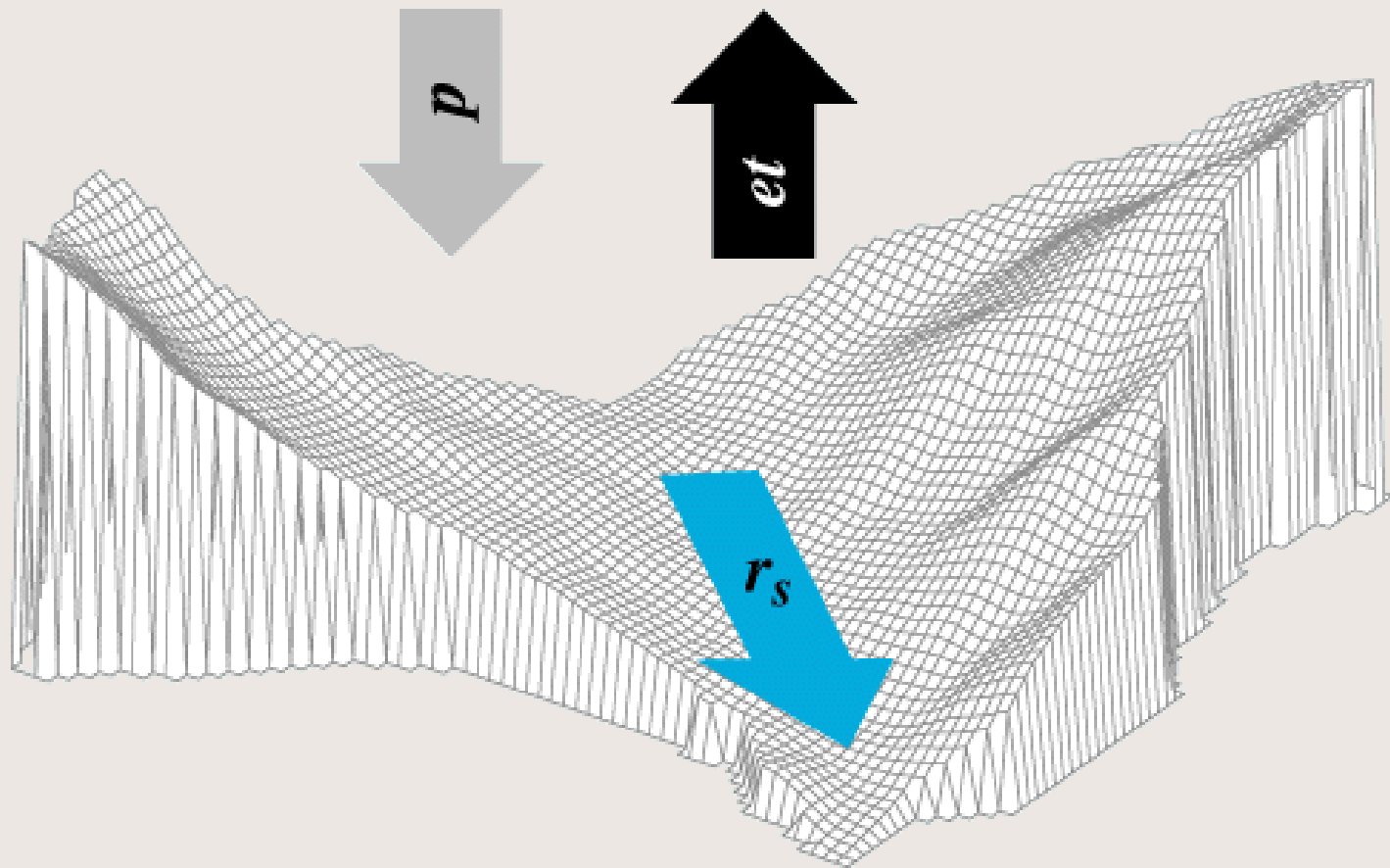


LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CUENCA



- Estudios hidrológicos
- Transferencia de información
- Comparación de cuencas

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA



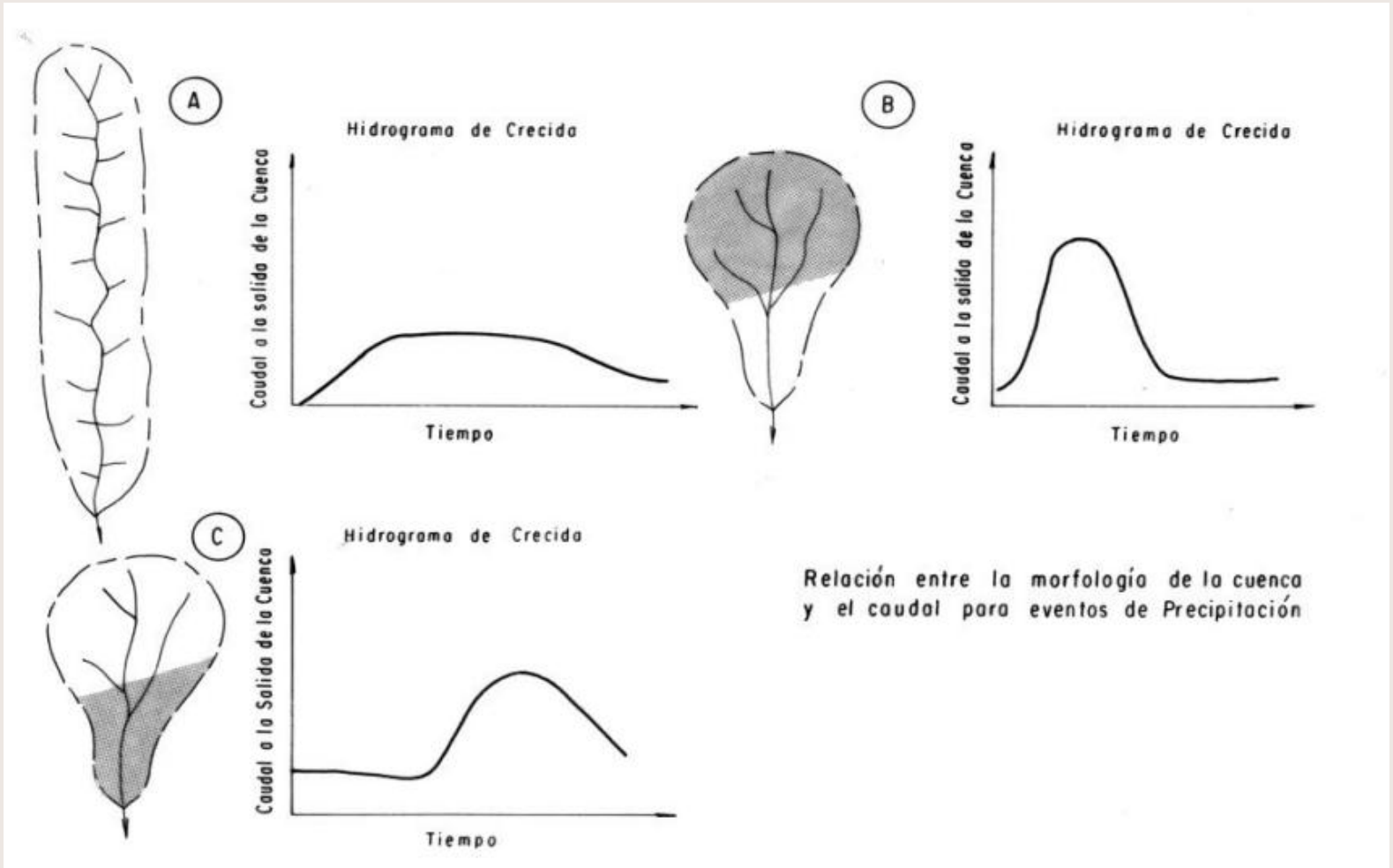
PARÁMETROS

- **Parámetros de forma:** Área, longitud de la cuenca y su perímetro, factores de forma.
- **Parámetros de relieve:** pendiente promedio de la cuenca, curva hipsométrica, histograma de frecuencias altimétricas, elevación máxima, mínima y media.
- **Parámetros del perfil:** cota mayor, cota menor, longitud del cauce, pendiente media.
- **Caracterización de la red de drenaje:** relación de bifurcación de los canales, densidad de drenaje.

A spiral-bound notebook with a brown cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with a horizontal line near the top. The text "PARÁMETROS DE FORMA" is written in the center in a bold, orange font with a black outline.

PARÁMETROS DE FORMA

Importancia de la Forma

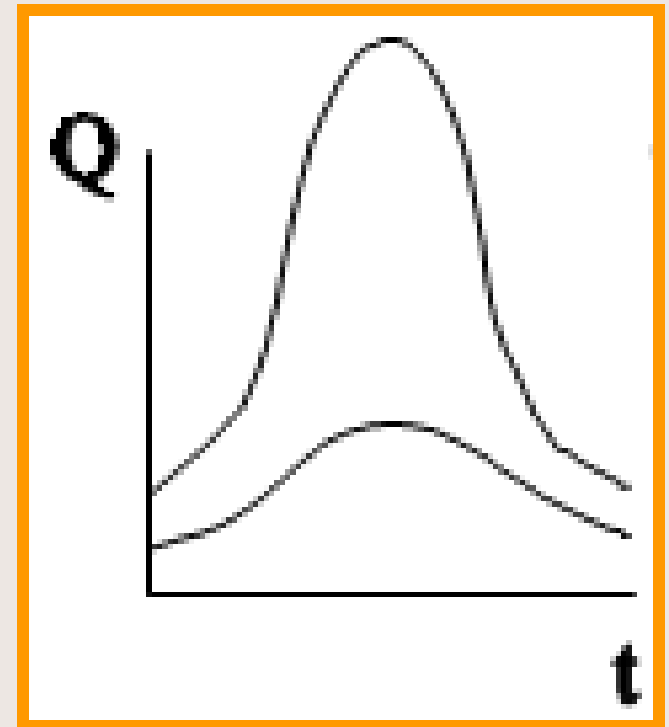


EL ÁREA

Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

IMPORTANCIA

- Es un valor que se utilizará para muchos cálculos en varios modelos hidrológicos.
- Para una misma región hidrológica o regiones similares, se puede decir que a mayor área, mayor caudal medio.
- Bajo las mismas condiciones hidrológicas, cuencas con áreas mayores producen hidrógrafas con variaciones en el tiempo más suaves y más llanas.



El área de las cuencas se relaciona en forma inversa con la relación entre caudales extremos: mínimos/máximos.

Estación	Corriente	Area Km³	Qmax m³/s	Qmin m³/s	Qmin/Qmax
PP -10 La Víbora	La Víbora	21.7	122.3	0.42	1/292
PRN -3 Cruces	Anorí	101.8	869.5	3.4	1/256
Chigorodo	Chigorodó	241.5	284.3	2.27	1/126
PRN -1 Charcon	Anorí	323.8	546.5	8.48	1/64
RN -10 Puerto Belo	San Carlos	590	586.9	17.11	1/34
PSB -2 La Guarquina	San Bartolomé	766.8	247.1	10.41	1/24
RMS -14 Yarumito	Medellín	1080.4	295.2	16.22	1/18
PSB -3 La Honda	San Bartolomé	1713.8	352.1	27.18	1/13
PP -3 Playa Dura	Porce	3755.5	582.4	75.22	1/8
La Esperanza	Nechí	14449.4	1858.0	279.47	1/7
La Coquera	Cauca	43143.6	2932.3	557.34	1/5
Las Flores	Cauca	58072.8	3514.4	807.24	1/4

El área de la cuenca, A , se relaciona con la media de los caudales máximos, Q , así:

$$Q = C A^n$$

En Antioquia:

$$Q = 10^{0.146} \cdot A^{0.716}$$

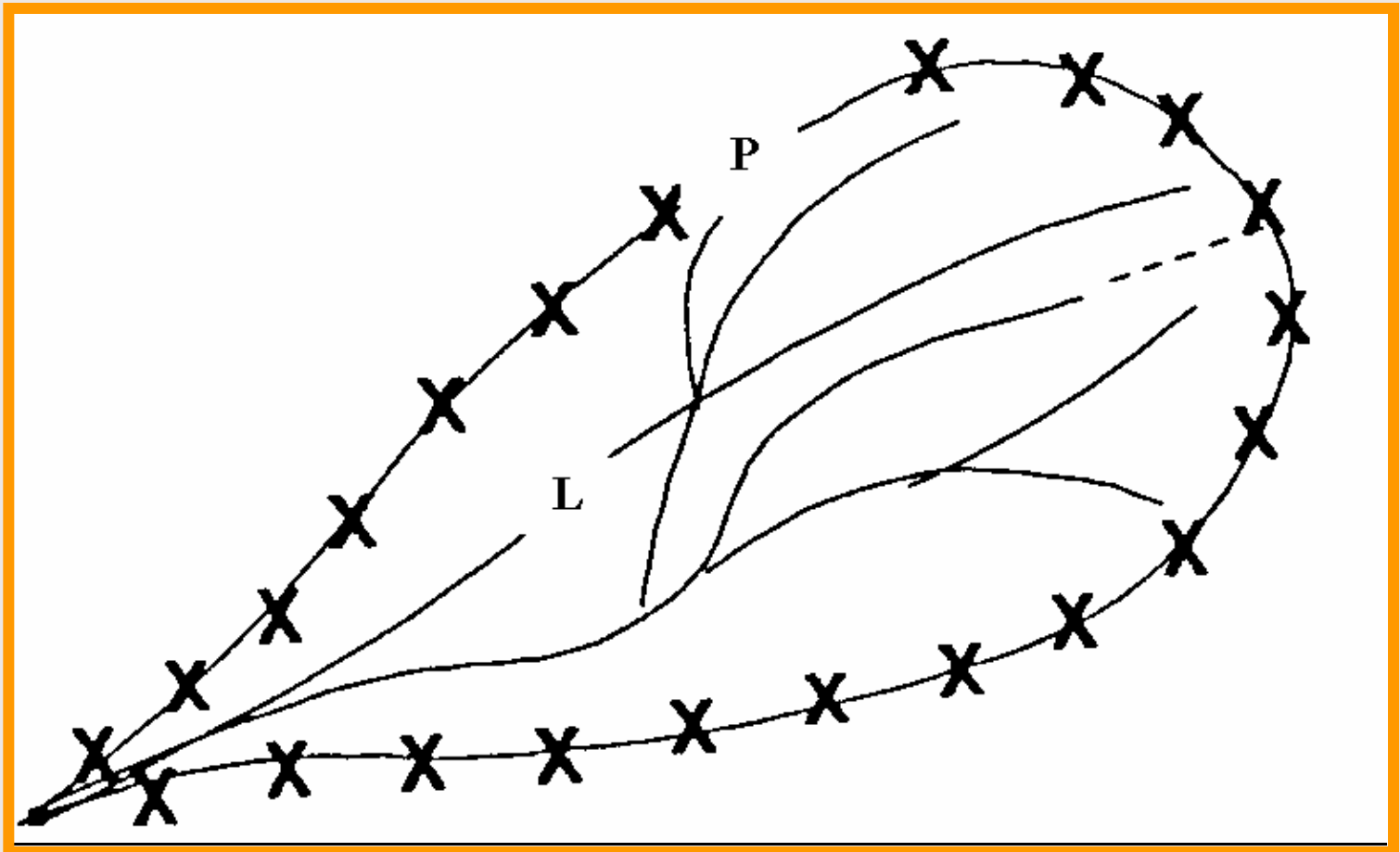
A : área de la cuenca en km^2

Q : media de los caudales máximos instantáneos en m^3/s .

HALLAR ÁREA:

- Planímetro
- SIG

LONGITUD AL PUNTO MAS ALEJADO DE LA CUENCA (L), PERÍMETRO (P) Y ANCHO (W).



EL ANCHO :

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

- **Longitud Fractal (L_f):**

En un mapa se mide la corriente utilizando un compás con una abertura determinada X , la longitud se tiene como un número Z determinado de tramos de igual longitud X

$$L = ZX$$

Para distintos valores de X se obtienen distintos valores de L , haciendo una regresión simple en el espacio logaritmico de L en función de X se obtiene una ecuación de ajuste del tipo:

$$L = aX^b$$

***a* y *b* son las constantes de la regresión**

- La longitud fractal ***L_f***

$$L_f = a$$

- La dimensión fractal **D**

$$D = 1 - b$$

Factor de forma, R_f.

Definido por Horton, como el cociente entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de su longitud máxima o recorrido principal de la cuenca L_m.

$$R_f = \frac{A}{L^2}$$

Relación de elongación

Se define como la relación entre el diámetro de un círculo que posea la misma área de la cuenca y cuyo diámetro sea igual la longitud de la cuenca y su formulación matemática es la siguiente::

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

Índice o coeficiente de compacidad o índice de Gravelius (K): es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca. Es mayor que la unidad, pudiendo alcanzar valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

VALORES DE k_c	FORMA
1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

A spiral-bound notebook with a brown cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with the title text centered in the lower half.

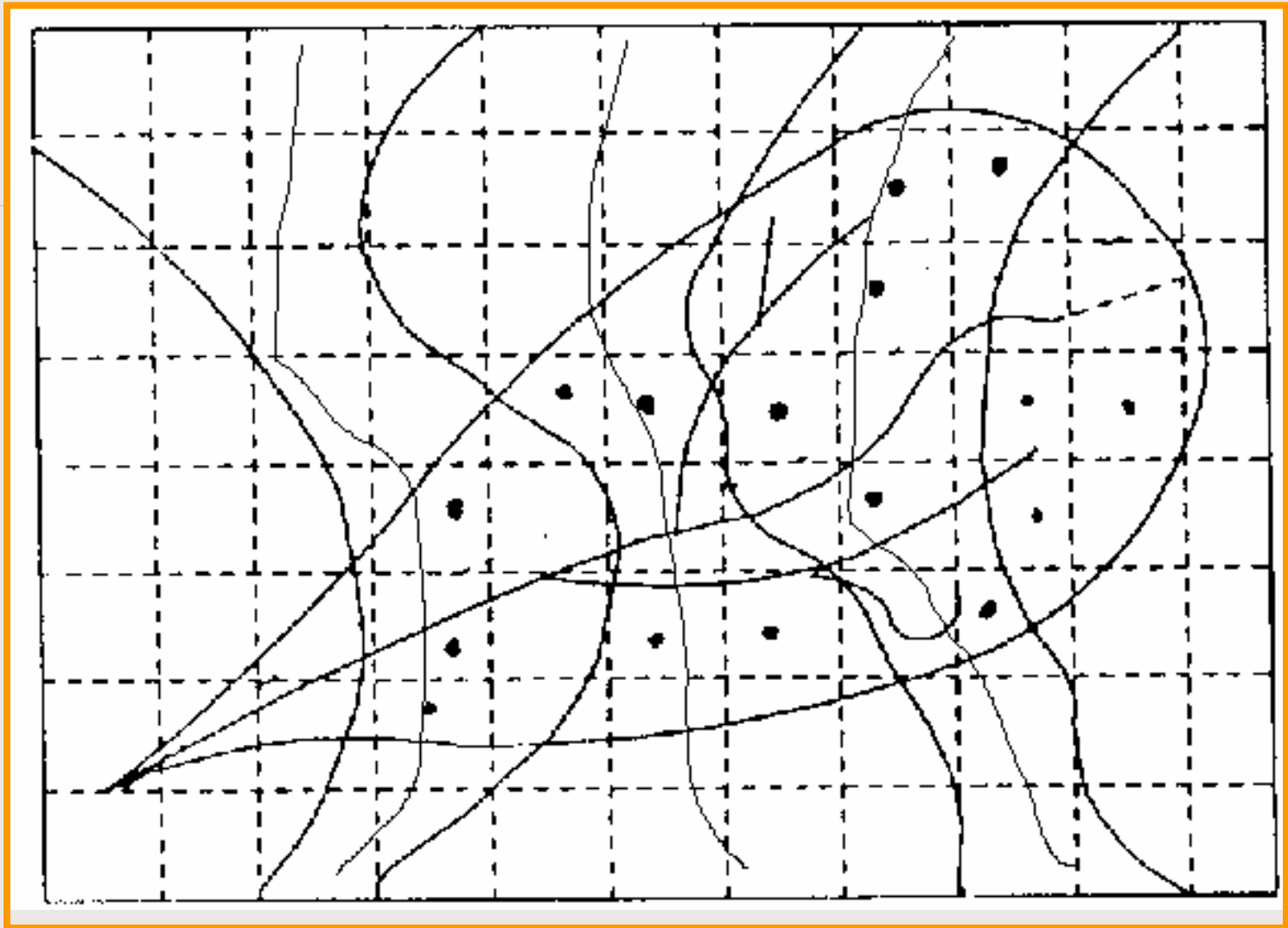
PARÁMETROS DE RELIEVE

PENDIENTE DE LA CUENCA

1. PENDIENTE DE LA CUENCA

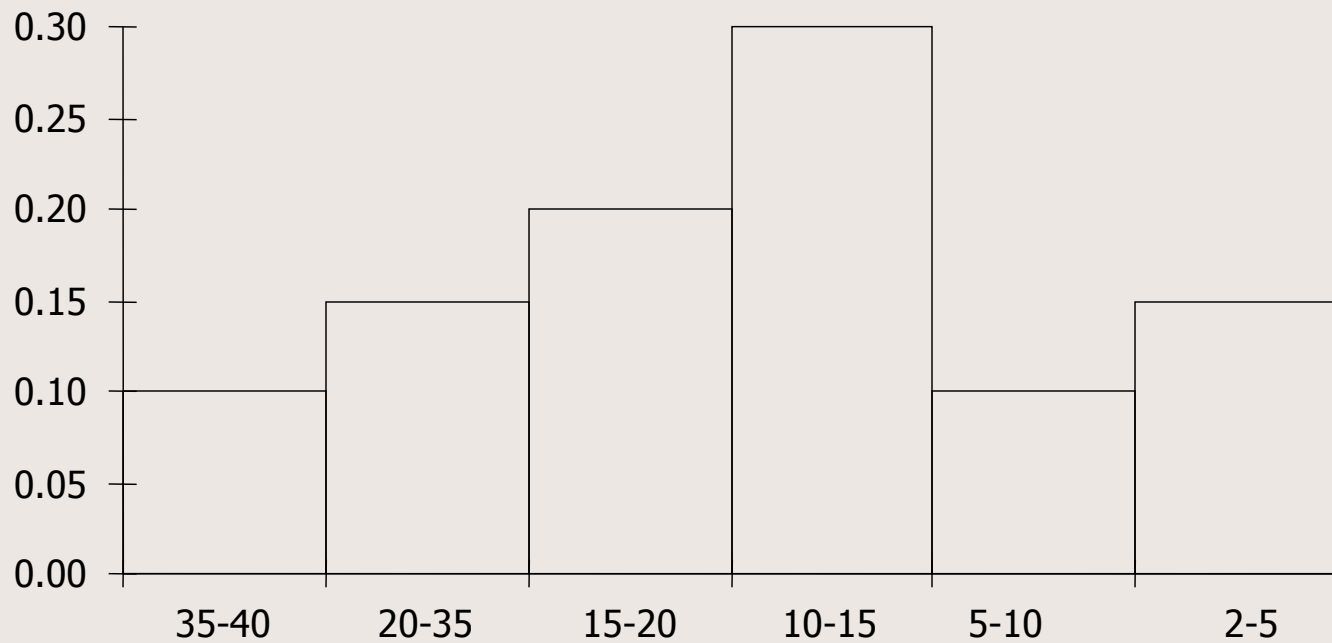
Este parámetro tiene trascendencia, pues es un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca.

Uno de los métodos más representativos para el cálculo es el muestreo aleatorio



Método para hallar la pendiente S, en una cuenca

HISTOGRAMA DE PENDIENTES

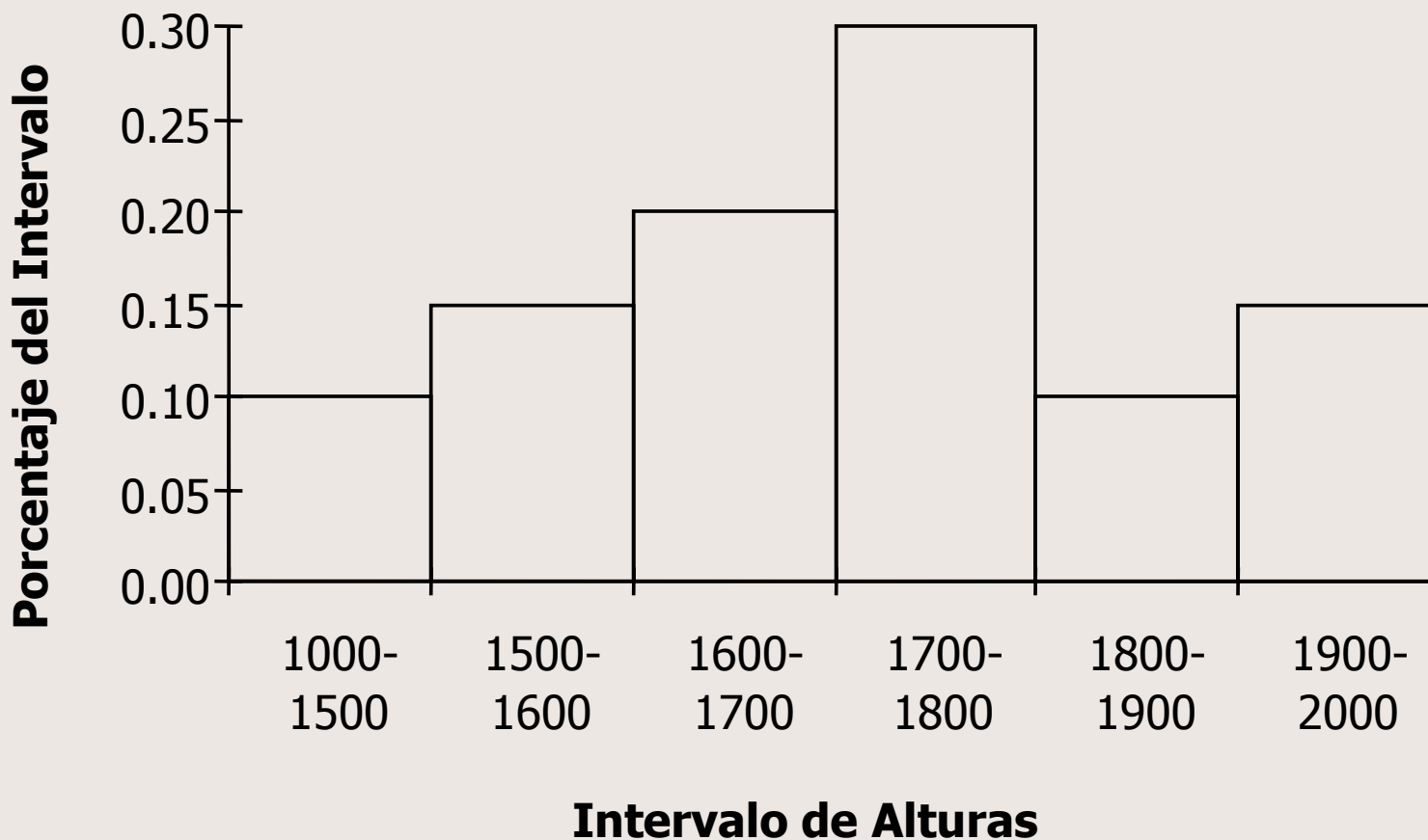


Pendientes

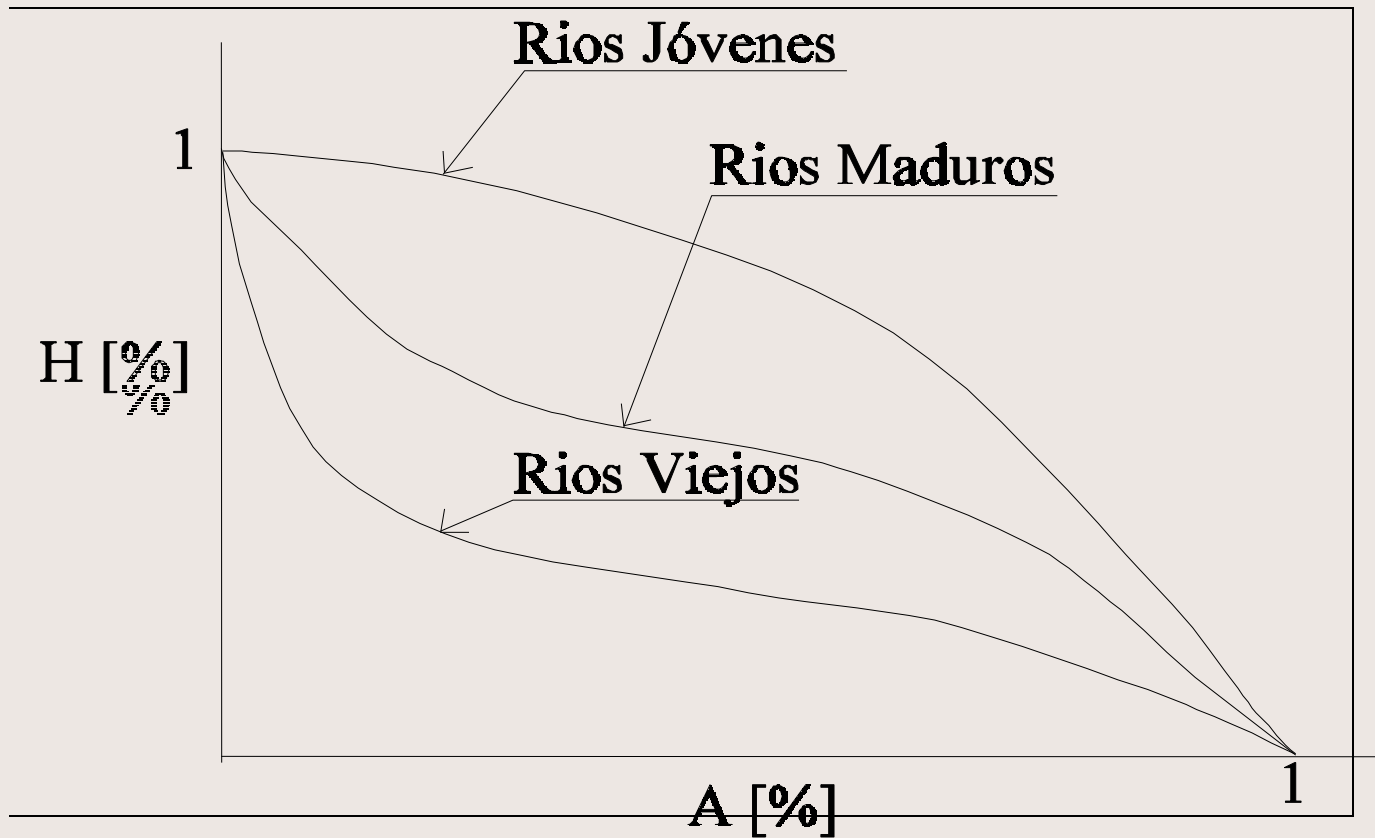
ALTURA Y ELEVACIÓN PROMEDIA DEL RELIEVE

- La elevación promedio está referida al nivel del mar. Este valor puede ser encontrado usando la curva hipsométrica o el histograma de frecuencias altimétricas. Esta estimación se realiza por una media aritmética ponderada en el caso del histograma, o de la curva hipsométrica calculando el área bajo la curva y dividiéndola por el área total.
- La altura media, H , es la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo de la boca de la cuenca.
- Otros datos importantes con relación al relieve son la cota mayor y la cota menor de la cuenca.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS.



CURVA HIPSONOMÉTRICA



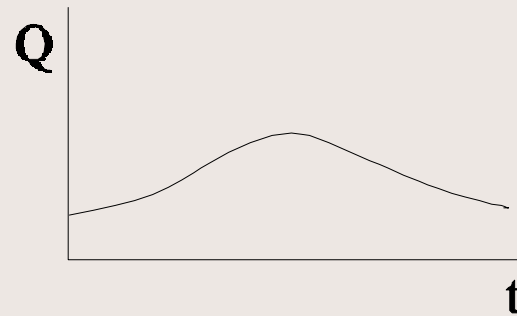
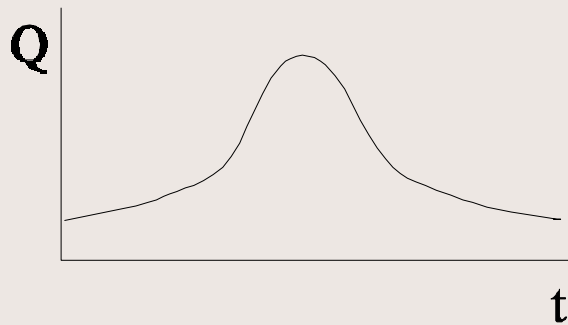
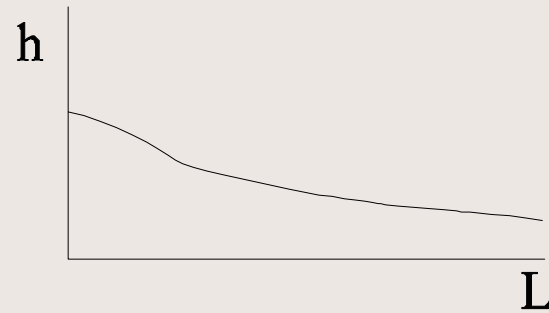
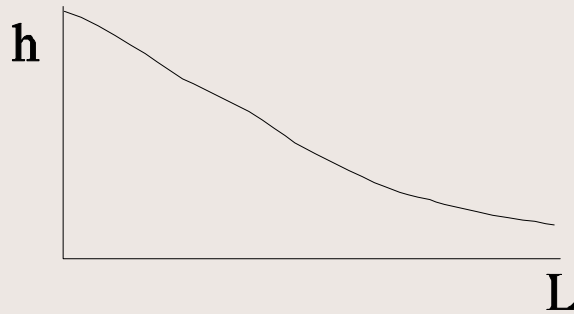
A spiral-bound notebook with a brown cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with a horizontal line near the top. The text "PARÁMETROS DEL PERFIL" is written in the center in a bold, orange font with a black outline.

PARÁMETROS DEL PERFIL

PARÁMETROS ASOCIADOS AL PERFIL

- Longitud del cauce principal
- Longitud del río hasta a divisoria
- Cota mayor del río
- Cota menor del río
- Pendiente del cauce principal.

PERFIL ALTIMÉTRICO DEL CAUCE PRINCIPAL Y SU PENDIENTE PROMEDIO

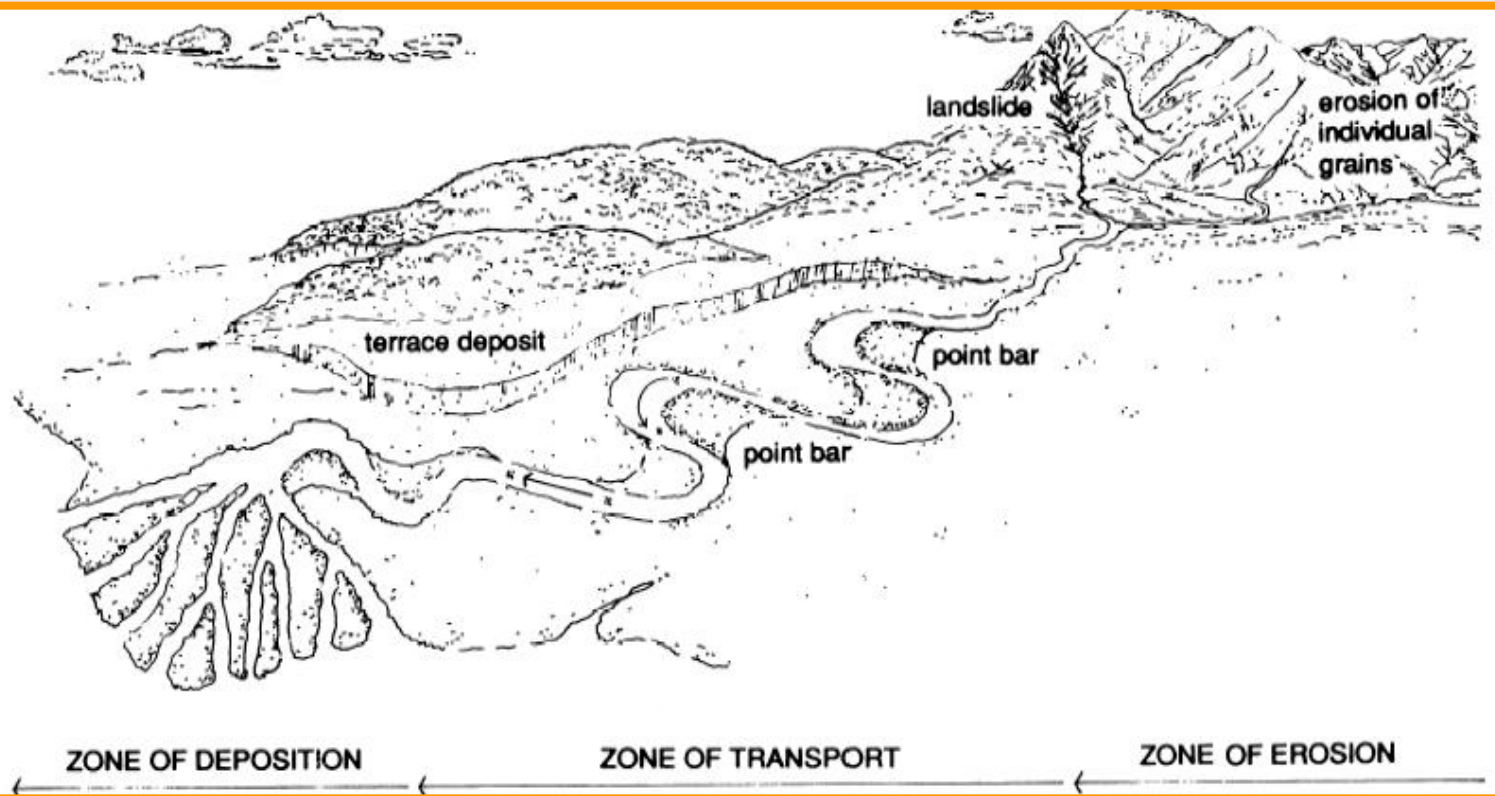


Hidrógrafas según el perfil altimétrico del cauce principal

DETERMINACIÓN PENDIENTE S_0

- Dividir la diferencia en elevación entre el punto más alto y el punto más bajo del perfil del río, por la longitud
- Con base en el perfil altimétrico, a lo largo del río se puede encontrar la pendiente de la recta ajustada a parejas de valores obtenidos en intervalos iguales a lo largo del cauce.
- Usando cualquiera de los métodos anteriores, pero sin tener en cuenta toda la trayectoria del cauce principal, ignorando por lo tanto de un 10% a un 15% de los tramos extremos (nacimiento y desembocadura).



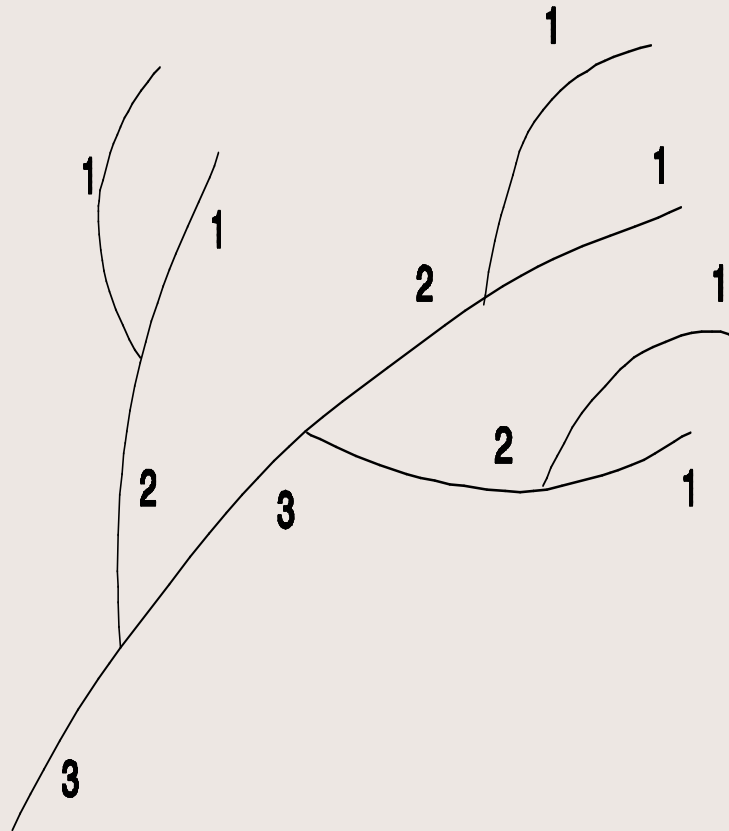


A spiral-bound notebook with a brown cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with a horizontal line near the top. The title is centered on the page.

PARÁMETROS DE LA RED DE DRENAJE

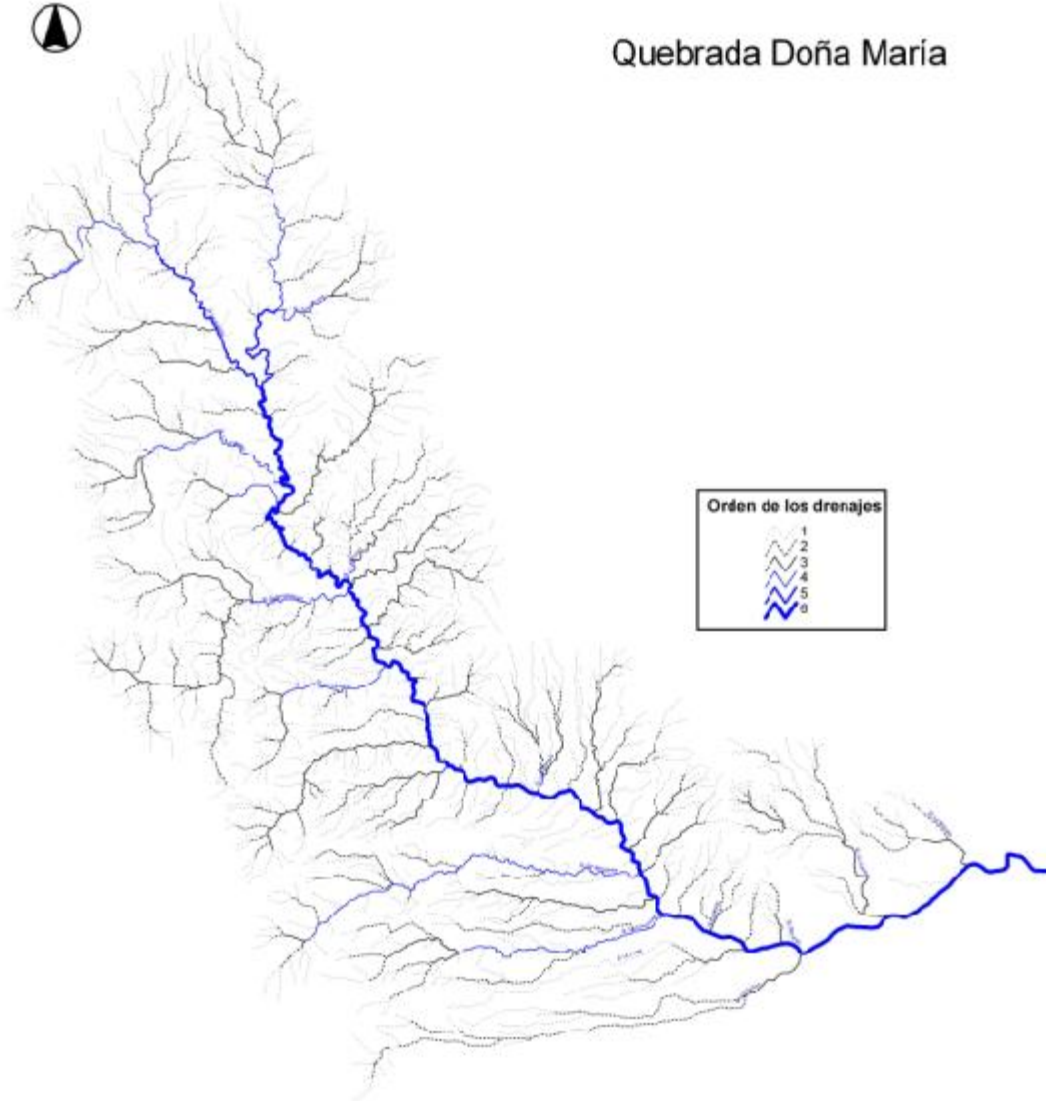
CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE CANALES

- Modelo de STRAHLER :





Quebrada Doña María



Orden de los drenajes

1
2
3
4
5
6



RELACIÓN DE BIFURCACIÓN DE LOS CANALES DE LA CUENCA

$$R_b = \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

RELACIÓN DE LONGITUDES DE CORRIENTE L.

$$L_i = l_1 r_i^{i-1}$$

Efectos de la relación de bifurcación

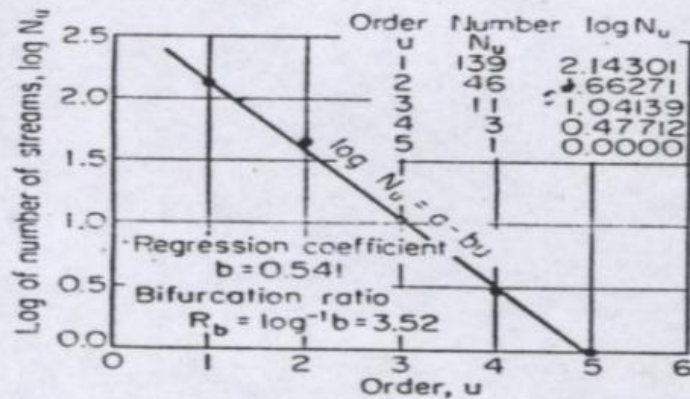


FIG. 4-II-3. Regression of number of stream segments on order. (After Strahler [10, p. 915], based on data by Smith [22, p. 1003].)

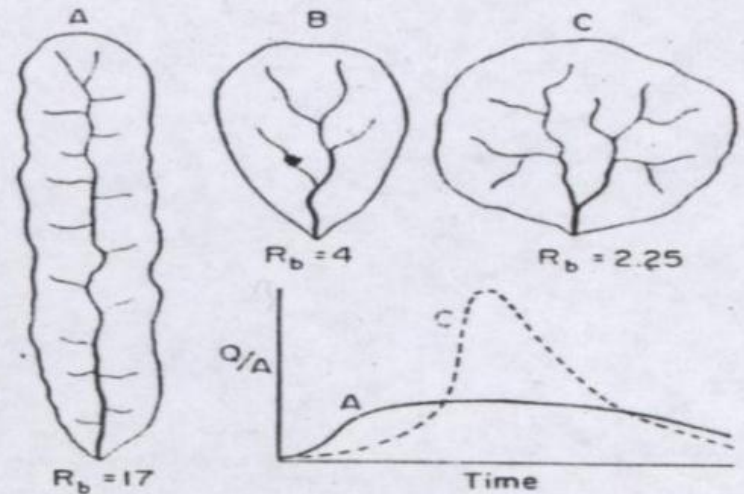


FIG. 4-II-4. Hypothetical basins of extreme and moderate bifurcation ratios, with schematic hydrographs.

RELACIÓN DE ÁREAS

$$A_i = A_1 r_a^{i-1}$$

DENSIDAD DE DRENAJE

$$D_d = \frac{\sum l_i}{A}$$

EL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración se puede definir como el tiempo que tarda una gota de agua en llegar de las partes más alejadas de la cuenca al sitio de interés. El tiempo de concentración (T_c) es uno de los parámetros más importantes en los modelos precipitación - escorrentía, pues la duración de la tormenta de diseño se define con base en él.

EXPRESIONES PARA T_c

- ***S.C.S –Ranser (1978):***

$$T_c = 0.97 K^{0.385}$$

$$K = \frac{L_c^3}{H}$$

T_c : tiempo de concentración, en horas.

L_c : Longitud del rio hasta la divisoria, en kilómetros.

H : Diferencia de cotas entre los puntos extremos del cauce principal en pies.

- **California Higways and Culvert Practice (1942)**

$$T_c = 0.01 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

T_c : tiempo de concentración, en horas.

L : Longitud del cauce principal en kilómetros.

H : Diferencia de cotas entre el punto de interés (cota mínima) y la cota máxima de la divisoria.

- *Kirpich (1990)*

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.77}$$

L : Longitud del cauce principal en kilómetros.

S_o : Pendiente del cauce principal (diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente sobre L) en m/m.

- ***Témez (1978):***

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S_o^{0.25}} \right)^{0.75}$$

T_c : tiempo de concentración, en horas.

L : longitud del cauce principal, en kilómetros.

S_o : Pendiente del cauce principal (puede ser la diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente sobre L) en %.

Giandiotti (1990)

$$T_c = \frac{4\sqrt{A+1.5L}}{25.3\sqrt{LS_o}}$$

T_c : Tiempo de concentración, en horas.

A : área de la cuenca, en kilómetros cuadrados.

L : Longitud del cauce principal, en kilómetros.

S_o : Pendiente del cauce principal (puede ser la diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente sobre L) en m/m.

- *Williams (1922):*

$$T_C = \frac{L A^{0.4}}{D S_0^{0.2}}$$

T_C : tiempo de concentración, en horas.

A : Área, en millas cuadradas.

L : Longitud de la cuenca (distancia en línea recta desde el sitio de interés al punto más alto de la cuenca) en millas.

S_0 : Pendiente de la cuenca (puede ser la diferencia de cotas entre los puntos extremos de la cuenca dividida por L), en %.

D : diámetro de una cuenca circular, con área A , en millas.

Ejemplo de cálculo del tiempo de concentración

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1. ENTRADA DE DATOS INICIALES: PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA					2. CÁLCULO DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN				
2										
3										
4	Nombre de la corriente:		Quebrada El chumbimbo							
5	Descripción del punto:		Carrera 80. Finca las Mercedes de la Facultad de Minas							
6										
7	PARAMETRO		Unidades	Valor			Método		Tc	
8	Area de drenaje		km ²	1.399			Scs-Ranser		(horas)	(min)
9	Perimetro de la cuenca		km	7.970			California Higways and public		0.470	28.23
10	Longitud Cauce principal		km	3.750			Kirpich		0.350	20.99
11	Longitud río hasta la divisoria		km	3.860			Témez		0.35	20.82
12	Pendiente cauce principal		%	18.870			Giandiotti		0.47	27.96
13	Pendiente cuenca		%	26.270			Ven Te Chow		0.502	30.14
14	Cota mayor cuenca		m	2226			Tc Seleccionado		0.390	23.40
15	Cota menor cuenca		m	1524					0.421	28.2
16	Cota mayor río		m	2188						
17	Cota menor río		m	1524						
18	Longitud cauce al centroide		km	3.416						
19	Longitud al punto más alejado, Longitud de la cuenca		km	3.300						
20	Relacion de elongacion			0.346						
21	Factor de forma de Horton			0.094						
22	Coeficiente de Conpacidad			1.900						
23										

TABLA 10.1 Tiempos de concentración (h), calculados por diferentes métodos, en algunas cuencas de Antioquia (Smith, Vélez, 1997)

ESTACION	CALIFORNIA	KIRPICH	S.C.S.	TEMEZ	GIANDOTTI	PEREZ
RP-1		3.14		3.43	3.98	
RP-3		8.00		8.06	6.31	
RP-4	3.28	2.90	3.25	2.83	3.94	3.04
RP-7	2.94	2.74	2.95	2.24	4.63	2.86
RN-1	5.08	4.20	5.07	3.30	5.74	6.11
RN-2	2.32	2.36	2.29	2.05	4.42	2.00
RN-6	14.81	15.12	14.59	10.69	13.36	24.33
RN-10	4.94	6.52	4.89	5.14	7.83	5.19
RN-12	2.98	2.64	2.97	2.73	3.55	2.61
RNS-21	3.54	2.99	3.55	2.56	4.25	3.64
RNS-19	3.22	3.30	3.16	2.78	3.90	3.09
PSN-3	3.59	2.51	3.57	3.02	2.81	3.26
PSN-2	2.77	2.48	2.85	2.71	2.80	2.30
PSN-4	9.31	6.02	9.14	6.67	4.48	11.92
RN-16	2.65	3.08	2.61	2.91	3.56	2.19
PSN-1	2.64	2.30	2.59	2.41	2.75	2.22