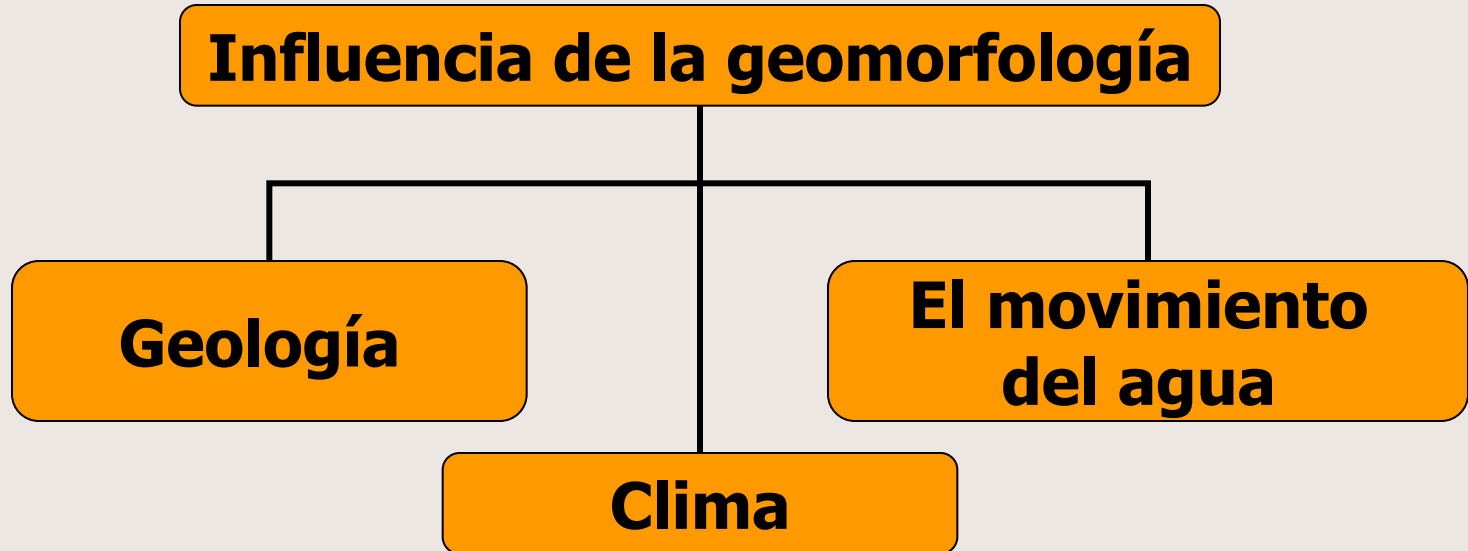
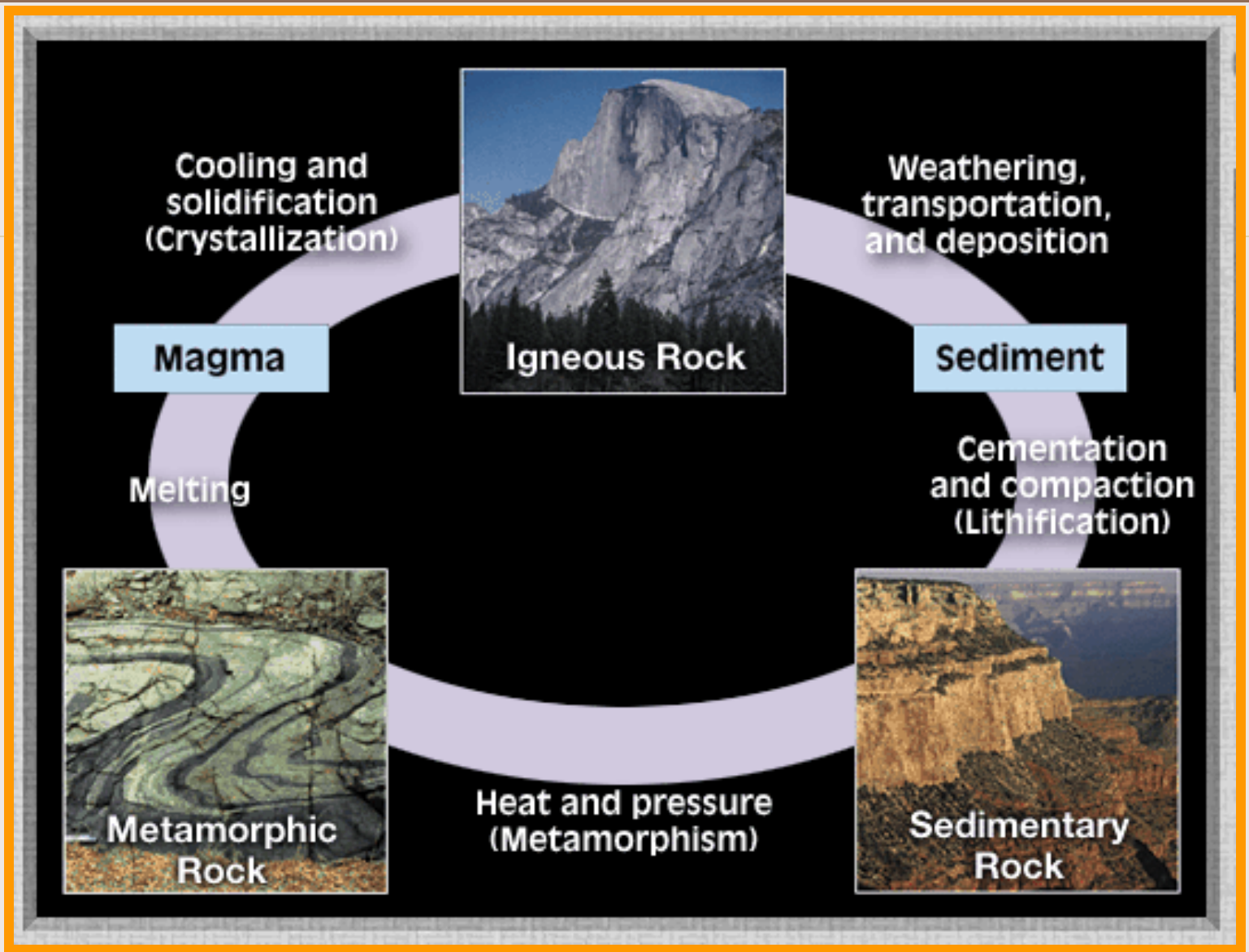


GEOMORFOLOGÍA DE CUENCAS -

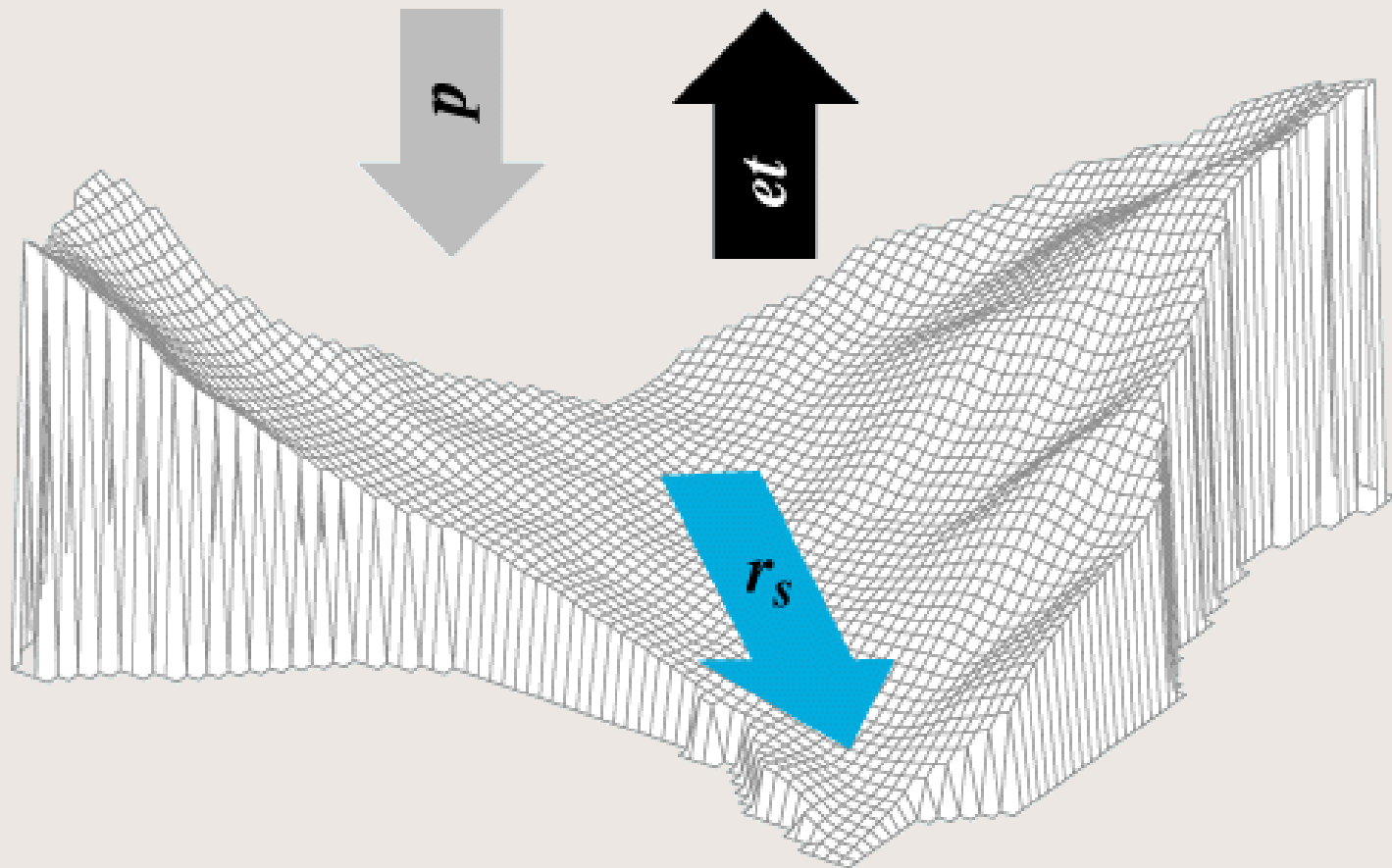


- **El Clima ha sido reconocido tradicionalmente como un agente geomorfológico de primer orden y como el responsable principal de los procesos erosivos que esculpen la superficie terrestre (Hodges 2000 :*Climate and the evolution of mountains. Scientific American, 295, p 72-79*)**



Tomado de Tarbuck (1999)

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA



La red de drenaje



EROSIÓN

- Disgregación y el transporte de suelo o roca
- Agentes: Agua (liquido, solido), viento.
- La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste meteorización.
- La erosión es uno de los principales factores del ciclo Geológico y puede ser incrementada por actividades humanas o antropogénicas.
- La erosión produce el relieve y las formas del paisaje.

EROSIÓN HÍDRICA

Erosión Laminar

Erosión por escorrentía superficial

Erosión por flujo subsuperficial

Tubificación

Tunelización

Desmoronamiento en los sitios de afloramiento (sapping)

Depósitos en flujo ascendente

Erosión Lineal

Concentración de flujo de escorrentía superficial

Surcos y cárcavas

Colapso de canales subterráneos y cavernas

Erosión remontante en sitios de afloramiento

Incisión en los cauces y erosión remontante por toda la red

Erosión lateral en los cauces

EROSIÓN LAMINAR

- Es la más extendida y la menos perceptible. El daño causado, a igualdad de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas del suelo (deja atrás las más gruesas, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica).
- Como resultado de lluvias sobre el suelo, desnudo o cubierto, donde el flujo de agua lleva láminas de este hacia el gradiente, transportando una suspensión de partículas. Cuando la precipitación excede la infiltración, se produce escurrimiento con transporte de suelo.

Erosión Laminar



Erosión Laminar



Erosión Laminar



Erosión laminar



Erosión laminar



LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO (USLE)

$$E = R \times K \times LS \times C \times P$$

E = Valor medio de pérdida de suelo al año (T/(ha*año)).

R= Factor de erosividad de la lluvia (J*mm/(ha*h)).

K=Factor de erodabilidad del suelo (T*ha*h/(J*mm))

LS = Factor de Relieve (adimensional)

C=Factor de cobertura y manejo del Suelo (adimensional)

P=Factor de práctica de conservación (adimensional)

Factor de erosibilidad de La lluvia (R)

- El factor R recoge la influencia que sobre la erosión tiene la energía cinética de los aguaceros, disgregando las partículas del suelo y compactando su superficie.
- la energía cinética de la lluvia es función del tamaño dominante de las gotas de agua, que a su vez está relacionado con la intensidad de la lluvia.

$$R = eI_{30} \quad e = 210,2 + 89 \log(I)$$

e= energía cinética de la lluvia.(J/m²)

I=Intensidad de la lluvia (cm/h)

I₃₀=Intensidad maxima para 30 minutos (cm/h)

Intensidad de la lluvia – E cinética

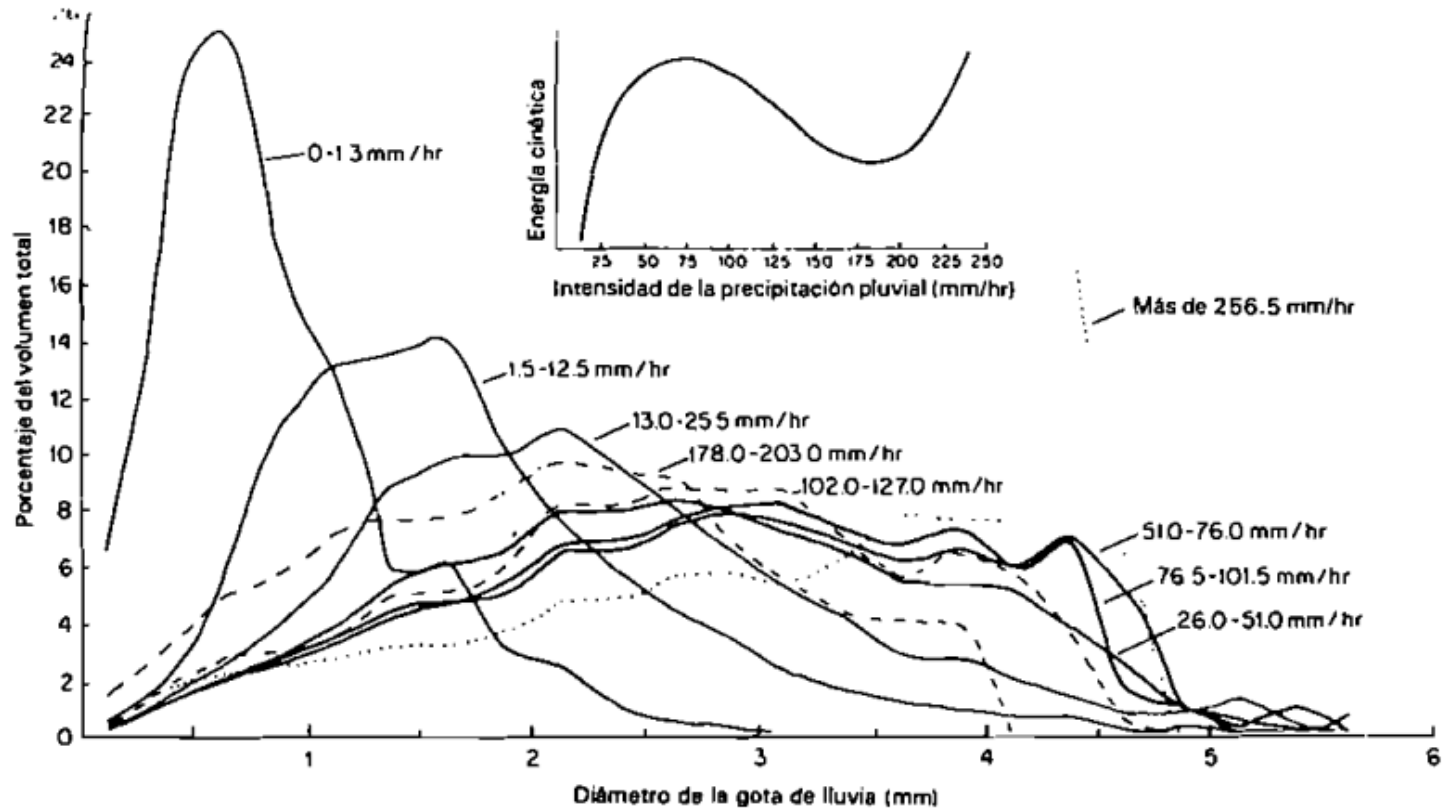


Fig. 2. Distribución del tamaño de la gota de lluvia en relación a su intensidad y energía cinética resultante (según CARTER *et al.*, 1974).

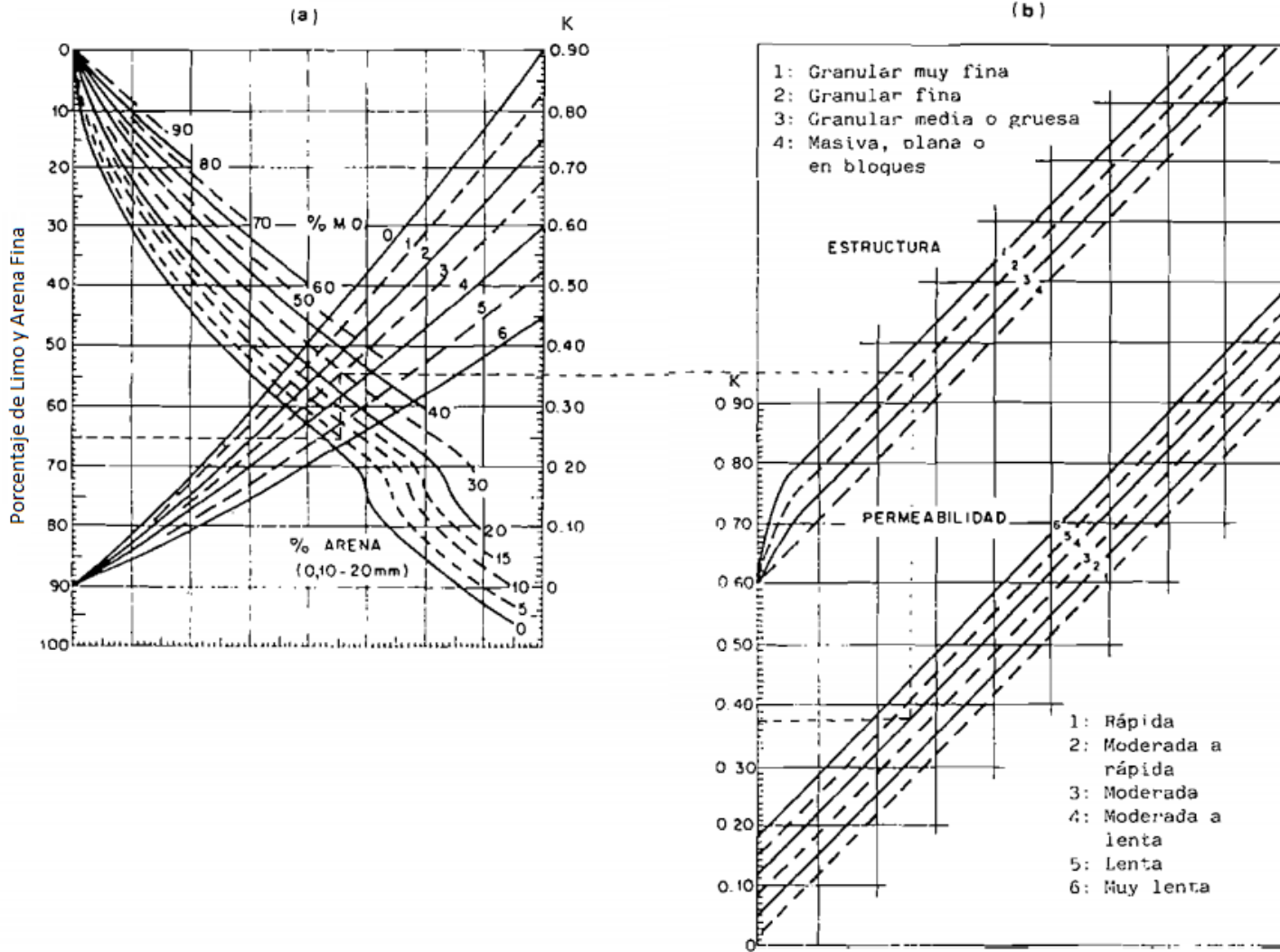
Procedimiento de calculo de R

- Para el cálculo del valor de R a introducir en la expresión en la Ecuación Universal de Perdida de Suelo es necesario calcular el valor de R de cada aguacero de un mismo año, calcular el R de ese año como suma de los R de cada aguacero ocurridos en el año; repetir este cálculo para un período de años representativo (mínimo 10) y, finalmente, calcular el valor medio de R anual, como media aritmética de los valores de R anuales del período de años considerado.

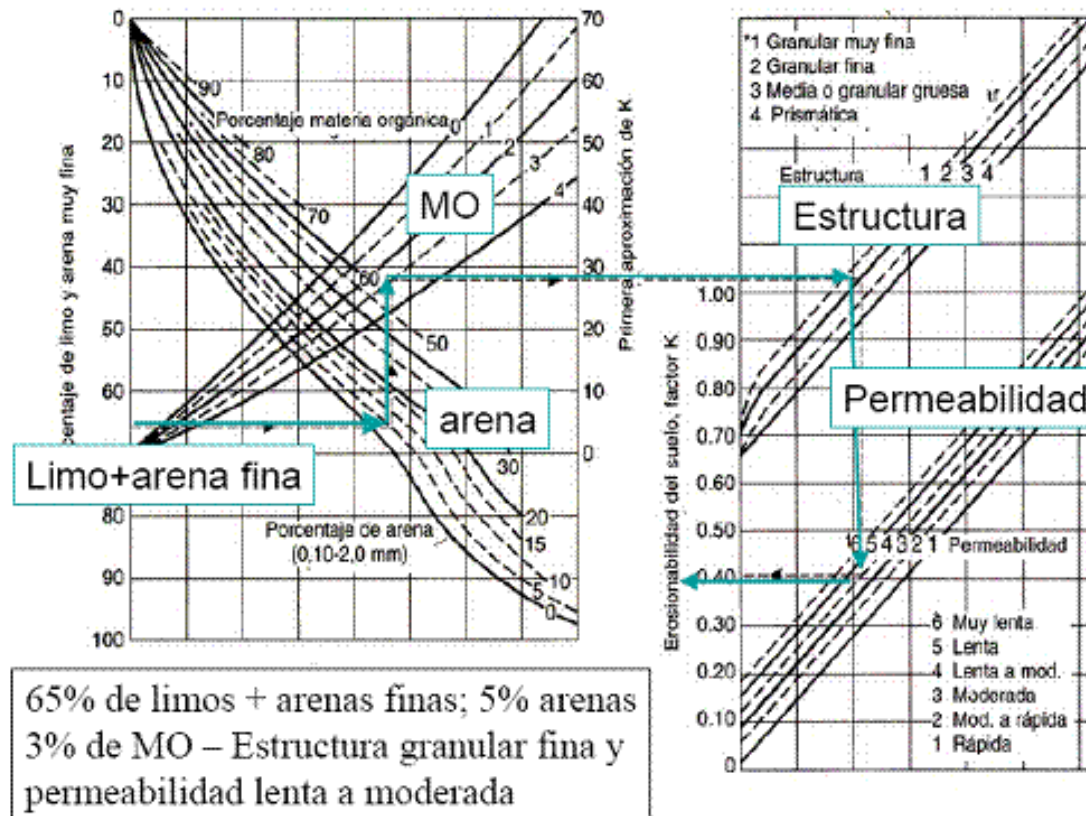
Factor de erodabilidad del suelo (K)

- La «erodabilidad», o vulnerabilidad del suelo a la erosión, es una característica propia del suelo ligada a su granulometría, porosidad, condiciones de meteorización, etc. Para la estimación de k es necesario conocer:
 - La granulometría del suelo
 - contenido de materia orgánica
 - estructura del suelo
 - permeabilidad.
- El factor K representa la tasa de erosión del suelo por unidad de factor de erosividad de la lluvia (R).

Nomograma de Erodabilidad

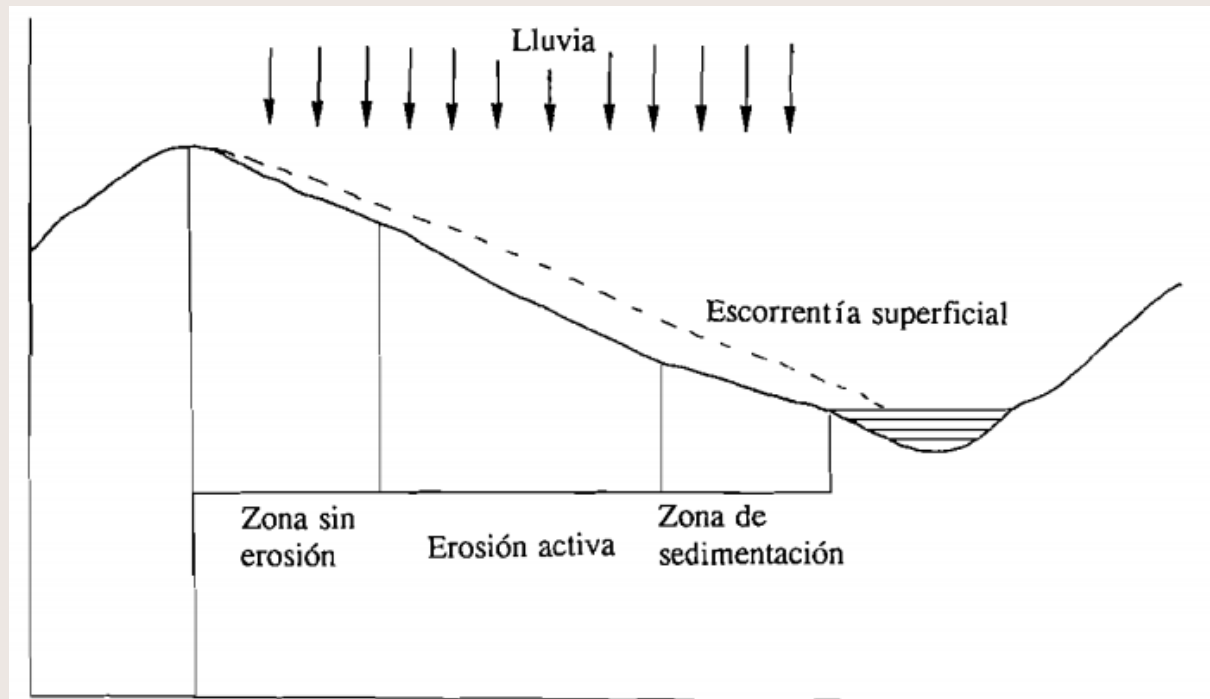


Ejemplo de uso del nomograma



Factor Topográfico LS.

- Tanto la longitud de la ladera como su pendiente influyen considerablemente en las tasas de erosión de un suelo, siendo el relieve uno de los principales factores que determinan la emisión de sedimentos de las cuencas vertientes.



Modelo de escorrentía de HORTON (1945) y zonas de erosión en una ladera.

Estimación de LS

- El factor de longitud de ladera (L) se estima como:

$$L = (l / 22.1)^m$$

Siendo l la longitud de la ladera (m) y m un exponente que depende de la pendiente de la ladera, oscilando entre 0,2 para pendientes suaves y homogéneas (inferiores al 1%) y 0,5 para las más acusadas (superiores al 5%).

- La influencia de la pendiente es estimada a través del factor S , mediante la ecuación:

$$S = 65.4 \sin^2(\theta) + 4.56 \sin(\theta) + 0.065$$

Donde θ es el ángulo del declive.

Factor de Cobertura C.

- La cubierta vegetal es el elemento natural de protección del suelo frente a la fuerza erosiva de las precipitaciones, controlando no sólo la energía con la que llegan las gotas de lluvia a la superficie del suelo, sino la velocidad de la escorrentía superficial.
- El factor C recoge la influencia debida no sólo al tipo de vegetación existente, sino al manejo o disposición de los residuos que ésta produce sobre el suelo. Así pues

Cobertura tipo G: Cobertura sobre el suelo de césped o similares con restos vegetales en descomposición o humus de al menos 5cm de espesor.

Cobertura tipo W: Cobertura sobre el suelo de herbáceas de hoja ancha, poca extensión radicular, sin humos.

Estimación del Factor C

VALORES DEL FACTOR DE CUBIERTA VEGETAL, C, PARA MATORRALES Y VEGETACION PERMANENTE (1)
(WISCHMEIER y SMITH, 1979)

Cubierta de copas Tipo y altura (2)	% cubierta (3)	Tipo (4)	Cubierta en contacto con el suelo Porcentaje suelo cubierto					
			0	20	40	60	80	+95
No apreciable.		G	0,45	0,20	0,10	0,042	0,013	0,003
		W	0,45	0,24	0,15	0,091	0,043	0,011
Herbáceas altas o matorral bajo, con altura media de caída de la gota de lluvia 0,5 m.	25	G	0,36	0,17	0,09	0,038	0,013	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,083	0,041	0,011
	50	G	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
		W	0,26	0,16	0,11	0,076	0,039	0,011
	75	G	0,17	0,10	0,06	0,032	0,011	0,003
		W	0,17	0,12	0,09	0,068	0,038	0,011
Apreciable cubierta de matorral y arbustos con una altura media de caída de la gota de lluvia de 2 m.	25	G	0,40	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,40	0,22	0,14	0,087	0,042	0,011
	50	G	0,34	0,16	0,08	0,038	0,012	0,003
		W	0,34	0,19	0,13	0,082	0,041	0,011
	75	G	0,28	0,14	0,08	0,036	0,012	0,003
		W	0,28	0,17	0,12	0,078	0,040	0,011
Arboles, pero sin cubierta apreciable de matorral. Altura media de caída de la gota de lluvia de 4-5 m.	25	G	0,42	0,19	0,10	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,089	0,042	0,011
	50	G	0,39	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,39	0,21	0,14	0,087	0,042	0,011
	75	G	0,36	0,17	0,09	0,039	0,012	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,084	0,041	0,011

Factor de Prácticas de conservación P.

- Este último factor de la USLE recoge la influencia que tienen las prácticas de conservación de suelos sobre las tasas de erosión de una parcela, realizando los trabajos culturales o disponiendo la vegetación siguiendo curvas de nivel, en fajas o en terrazas para cortar las líneas de escorrentía.

TABLA III
VALORES DEL FACTOR P PARA LAS DISTINTAS PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
(WISCHMEIER Y SMITH, 1979)

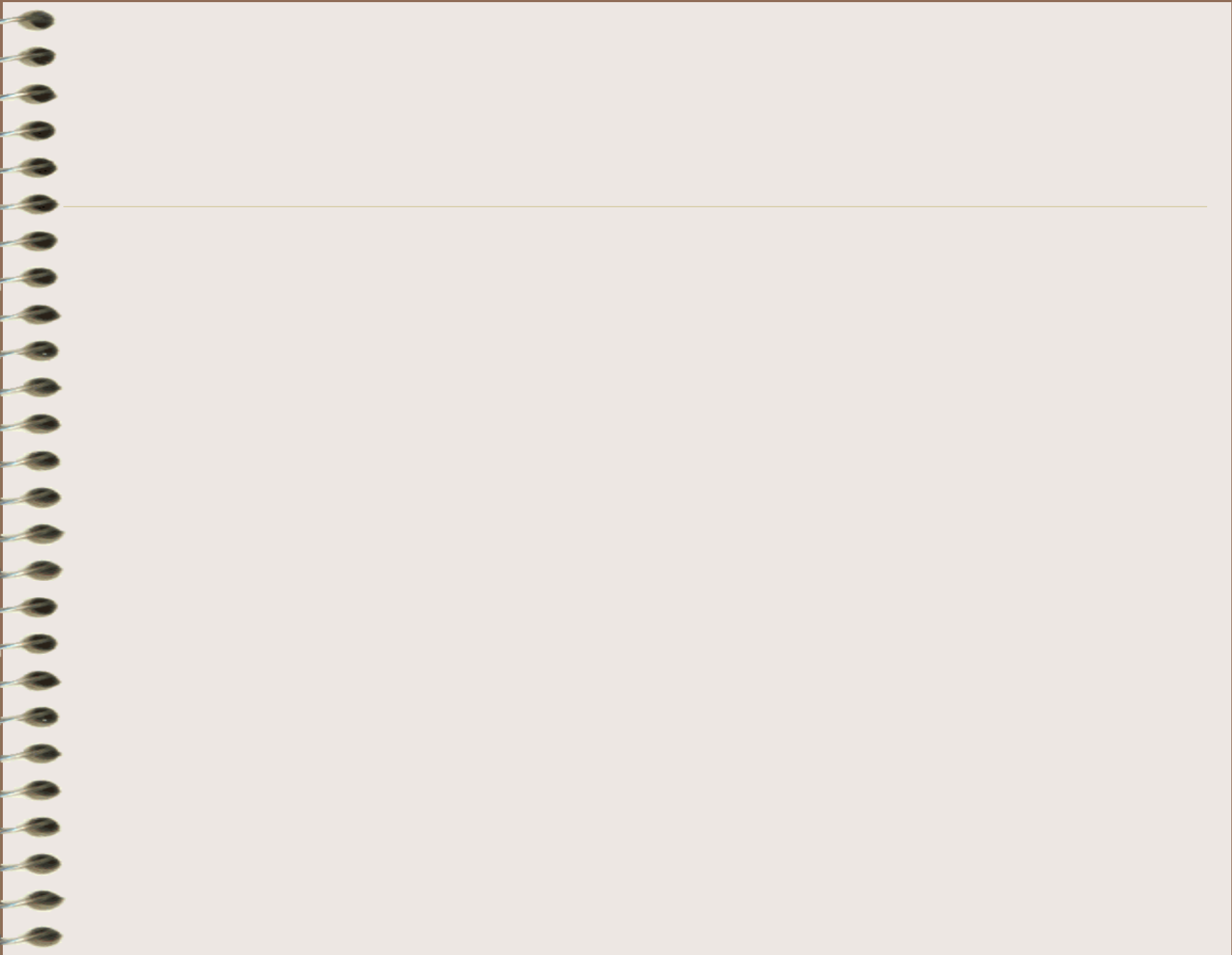
Pendiente (%)	Trabajos a nivel		Trabajos en fajas			Trabajos en terrazas (2)	
	Factor	Máxima longitud de declive (m)	Factor P (1)	Anchura de faja (m)	Máxima longitud de declive (m)	Desagües en canales encespedados	Desagüe subterráneo en contrapendiente
1-2	0,60	130	0,30-0,60	43	260	0,12	0,05
3-5	0,50	100	0,25-0,50	33	200	0,10	0,05
6-8	0,50	65	0,25-0,50	33	130	0,10	0,05
9-12	0,60	40	0,30-0,60	26	80	0,12	0,05
13-16	0,70	26	0,35-0,70	26	55	0,14	0,05
17-20	0,80	20	0,40-0,80	20	40	0,16	0,06
21-25	0,90	16	0,45-0,90	16	33	0,18	0,06

(1) Los valores dados de P dependen del tipo y duración de la rotación agrícola.

(2) Los valores dados de P incluyen la capacidad de retención de sedimentos dentro de la ladera y deben utilizarse para calcular la salida de sedimentos fuera de la misma o su contribución a la degradación específica de la cuenca a la que pertenece.

Erosión en laboratorio y campo





EROSION CONCENTRADA

- **Surcos:** Después de una tormenta, el agua de lluvia se escurre dando inicio a pequeñas corrientes que conducen el agua en función de la pendiente, el y el agua movidos por el flujo se concentran de forma jerarquizada generando canales de poca profundidad denominados surcos.

Erosión Surcos



Surcos



Surcos



Sucos en red drenaje



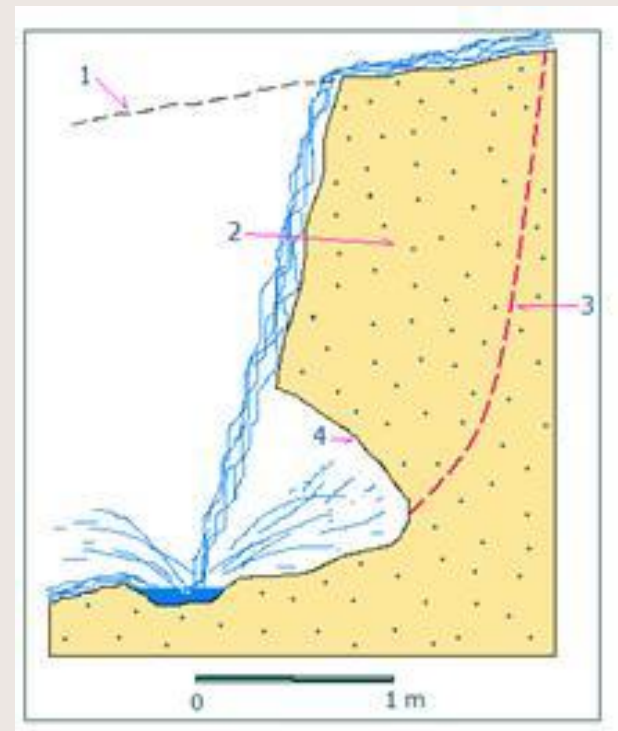
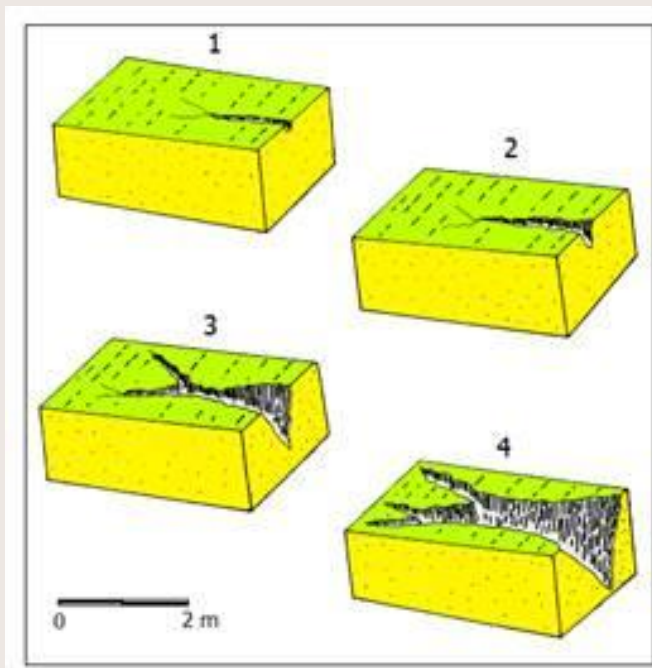
Sucos en red drenaje



EROSION CONCENTRADA

- **Cárcavas:** Son zanjas más o menos profundas originadas por socavamientos repetidos sobre el terreno, debido al flujo incontrolado del agua que escurre ladera abajo (agua de escorrentía). Evolucionan con crecimiento hacia arriba y hacia los lados de la ladera, mediante el proceso conocido como erosión remontante.

El proceso remontante - Generación de cárcavas



Carcavas



Cárcavas



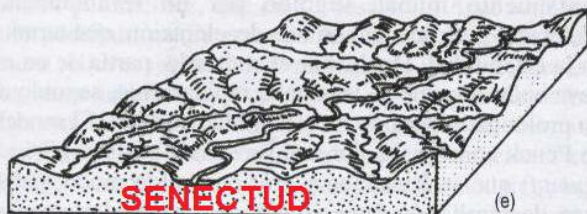
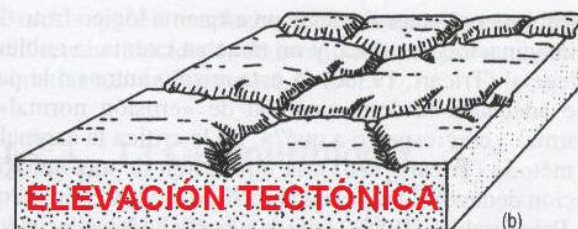
Cárcavas



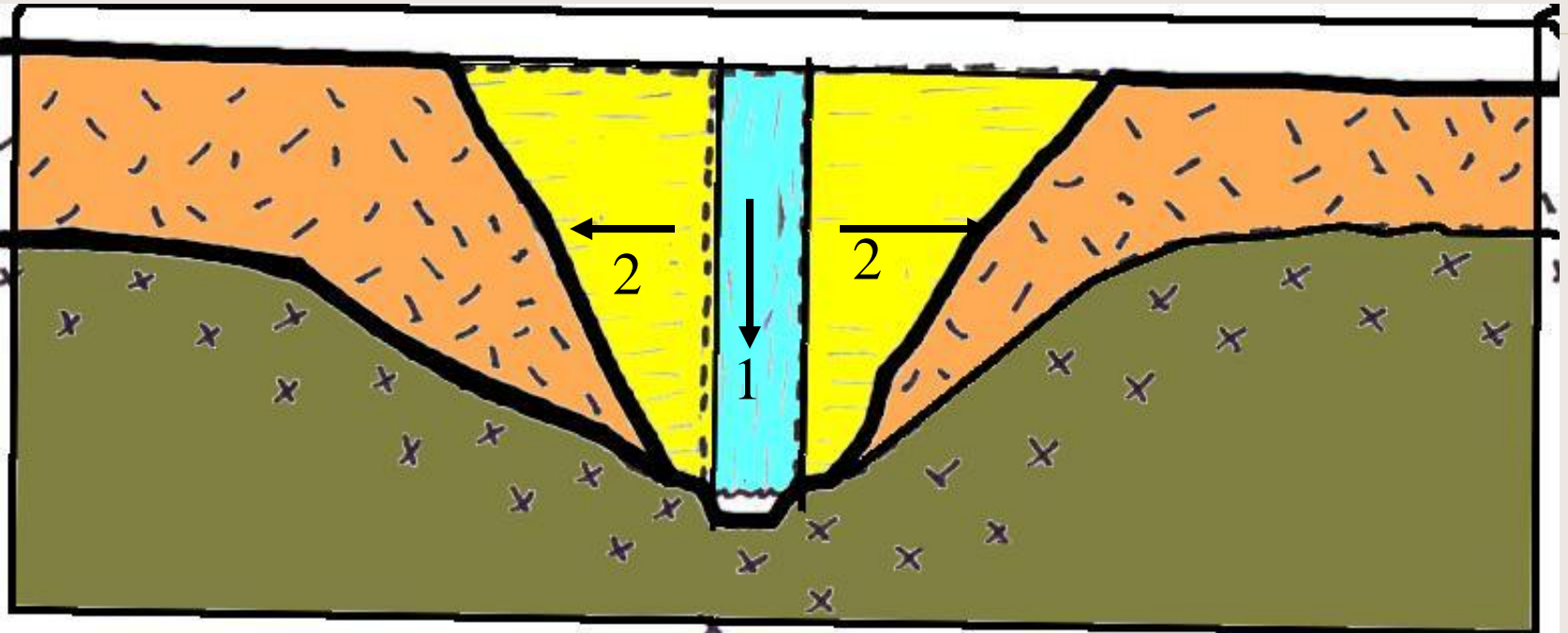


EROSIÓN FLUVIAL

EROSION FLUVIAL



Excavación de un valle fluvial

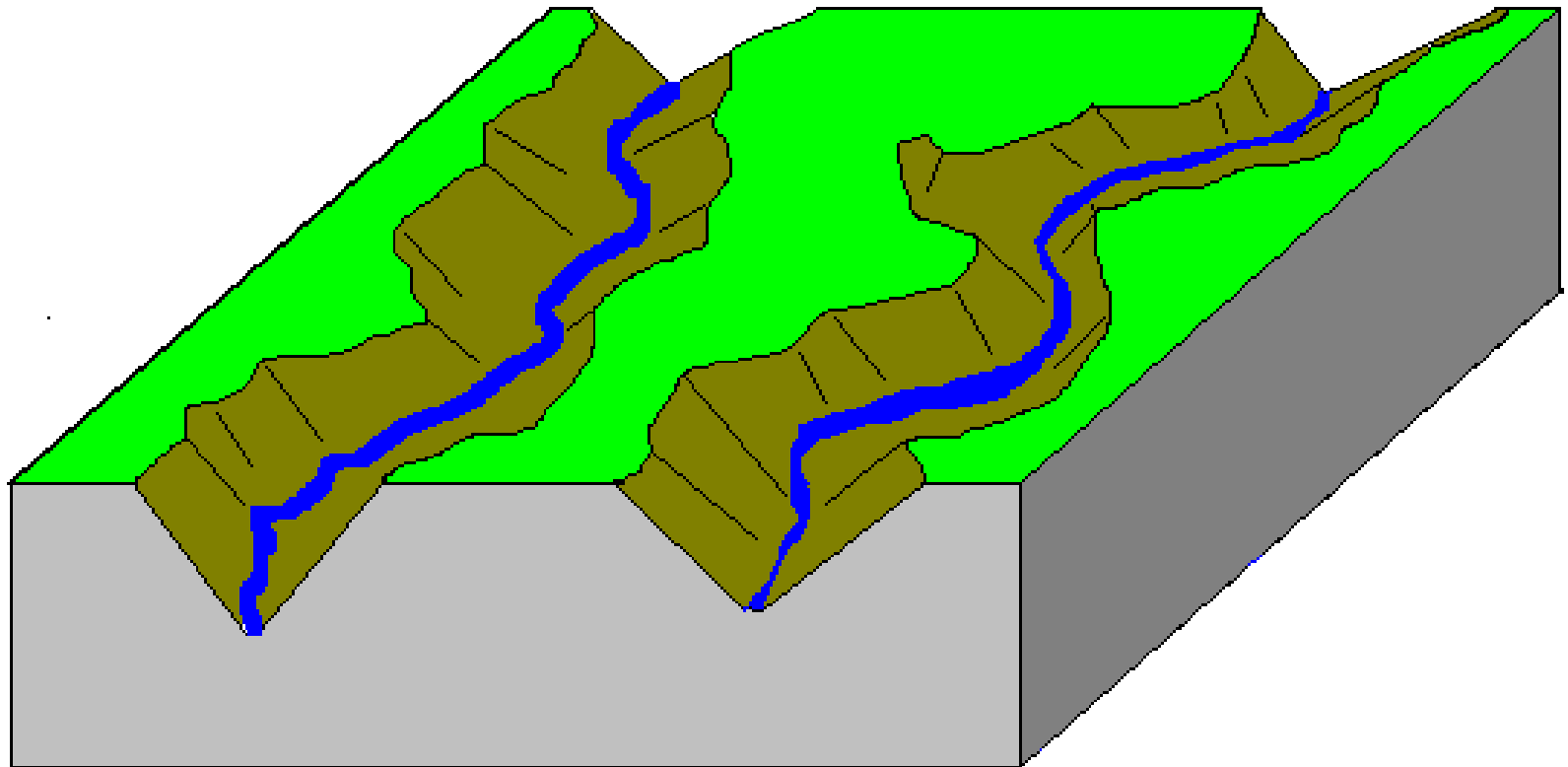


Proceso de excavación de un valle

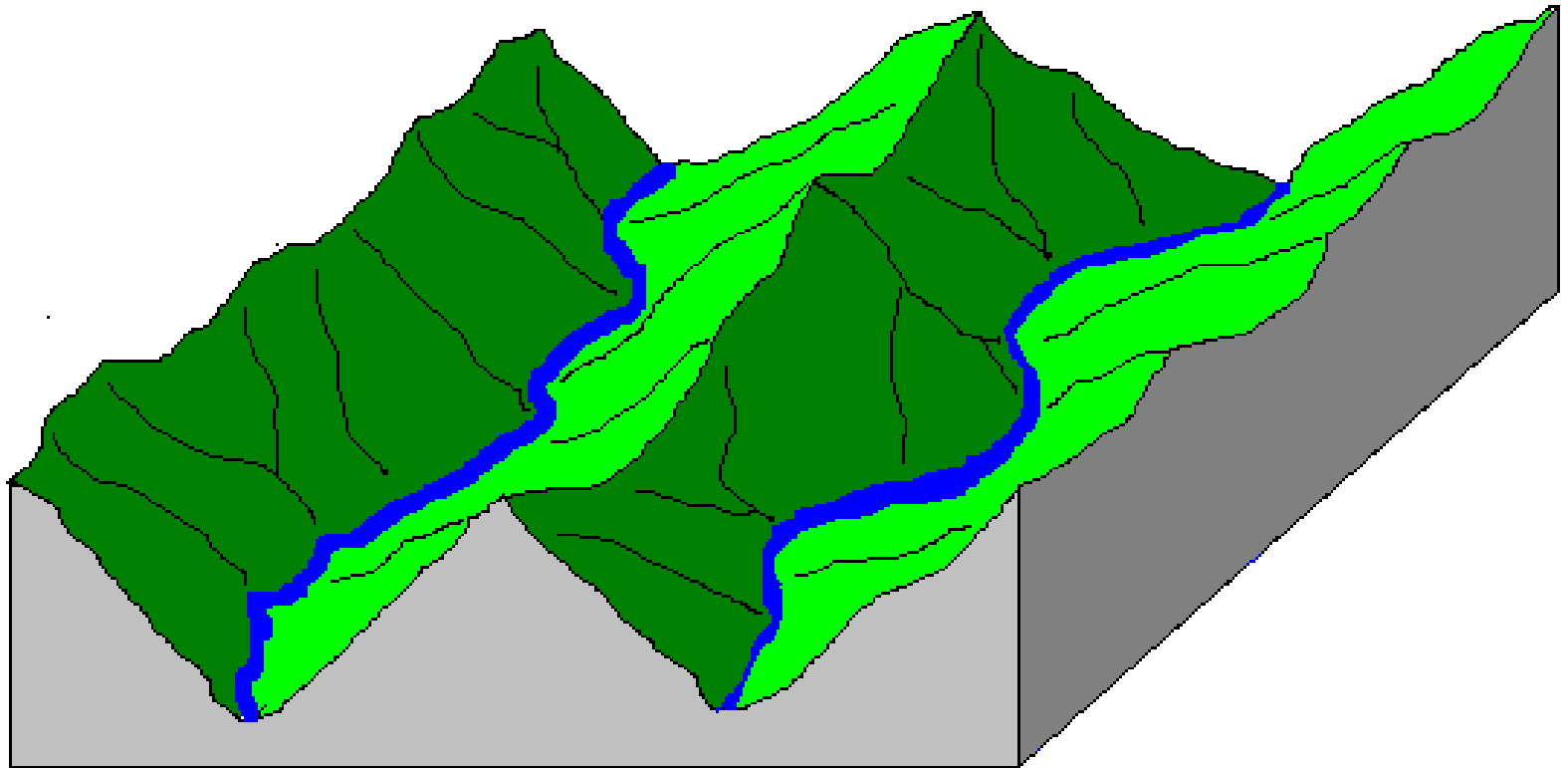
1. Incisión vertical

2. Ampliación lateral de la vertiente.

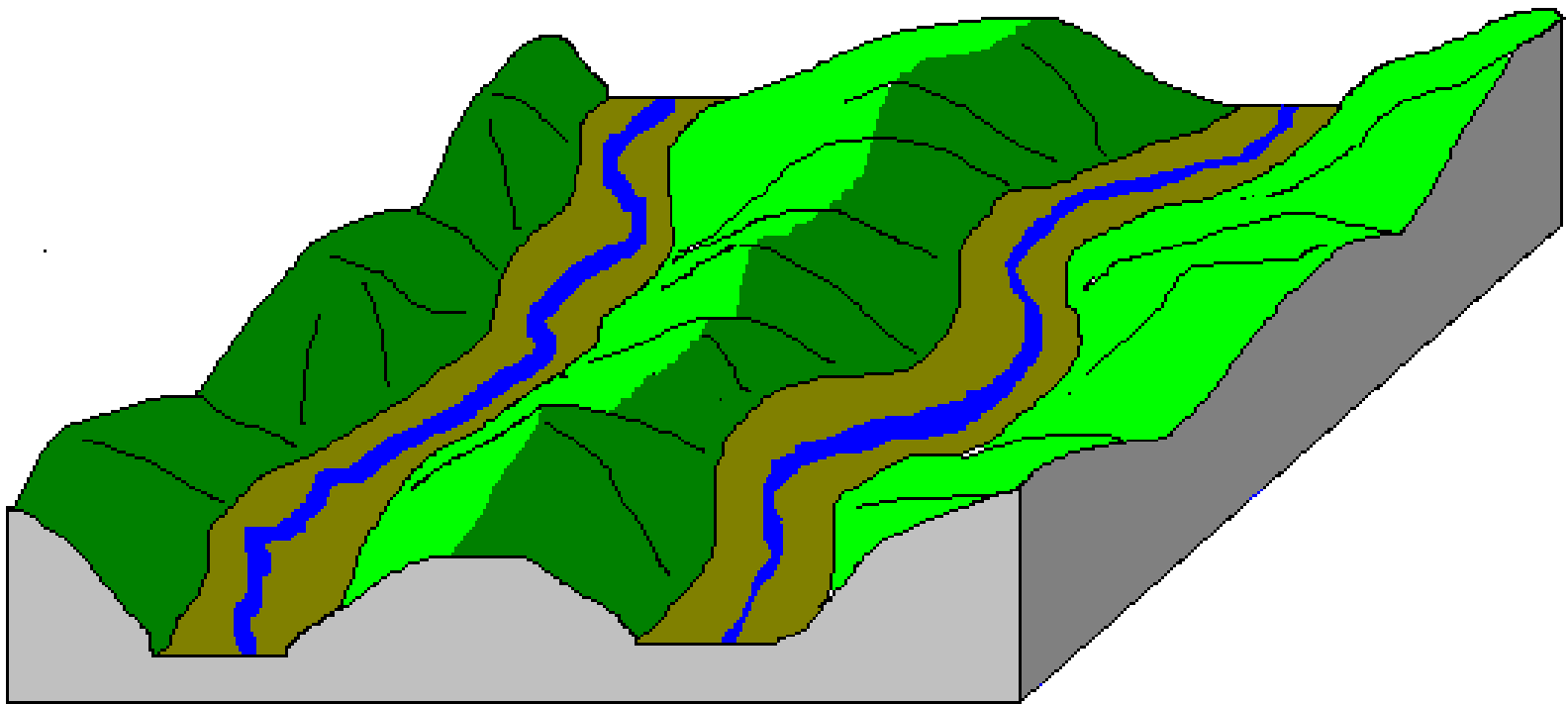
Ciclo de erosión fluvia de Davis 1. Juvenil



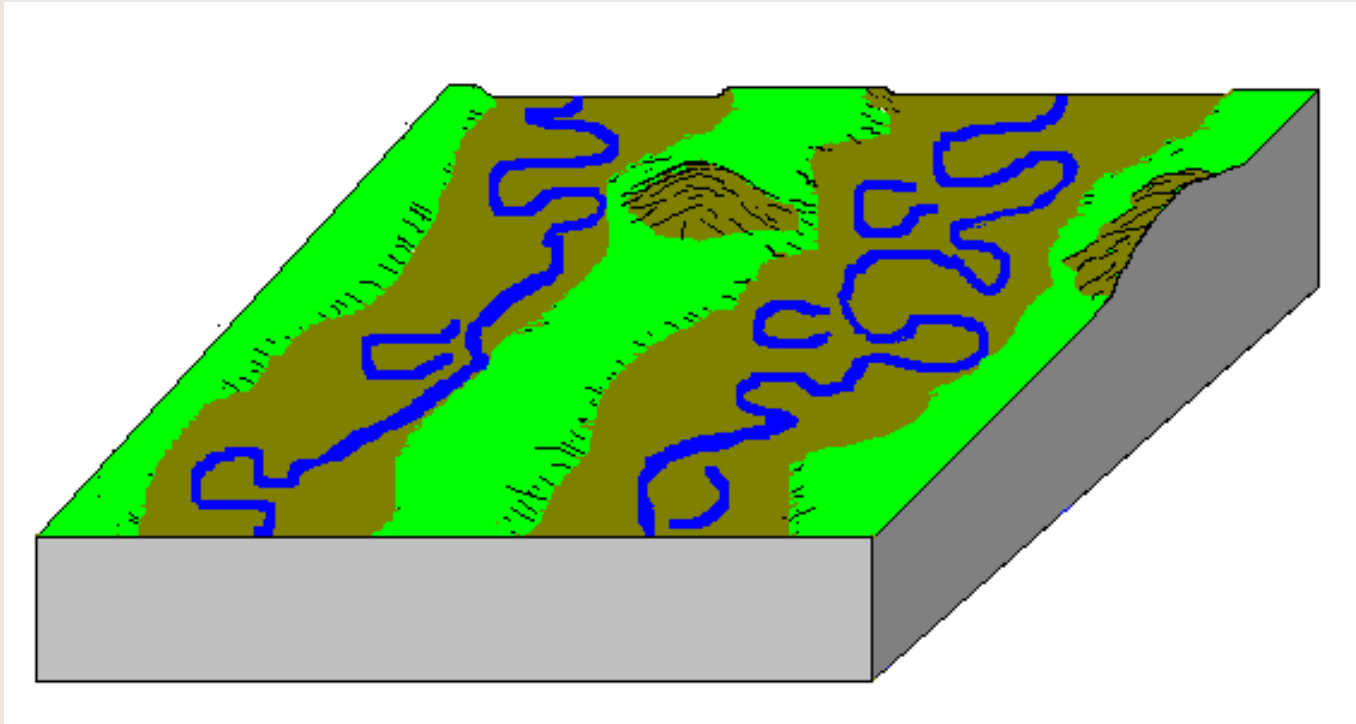
Ciclo de erosión fluvial de Davis 2. Maduro temprano.



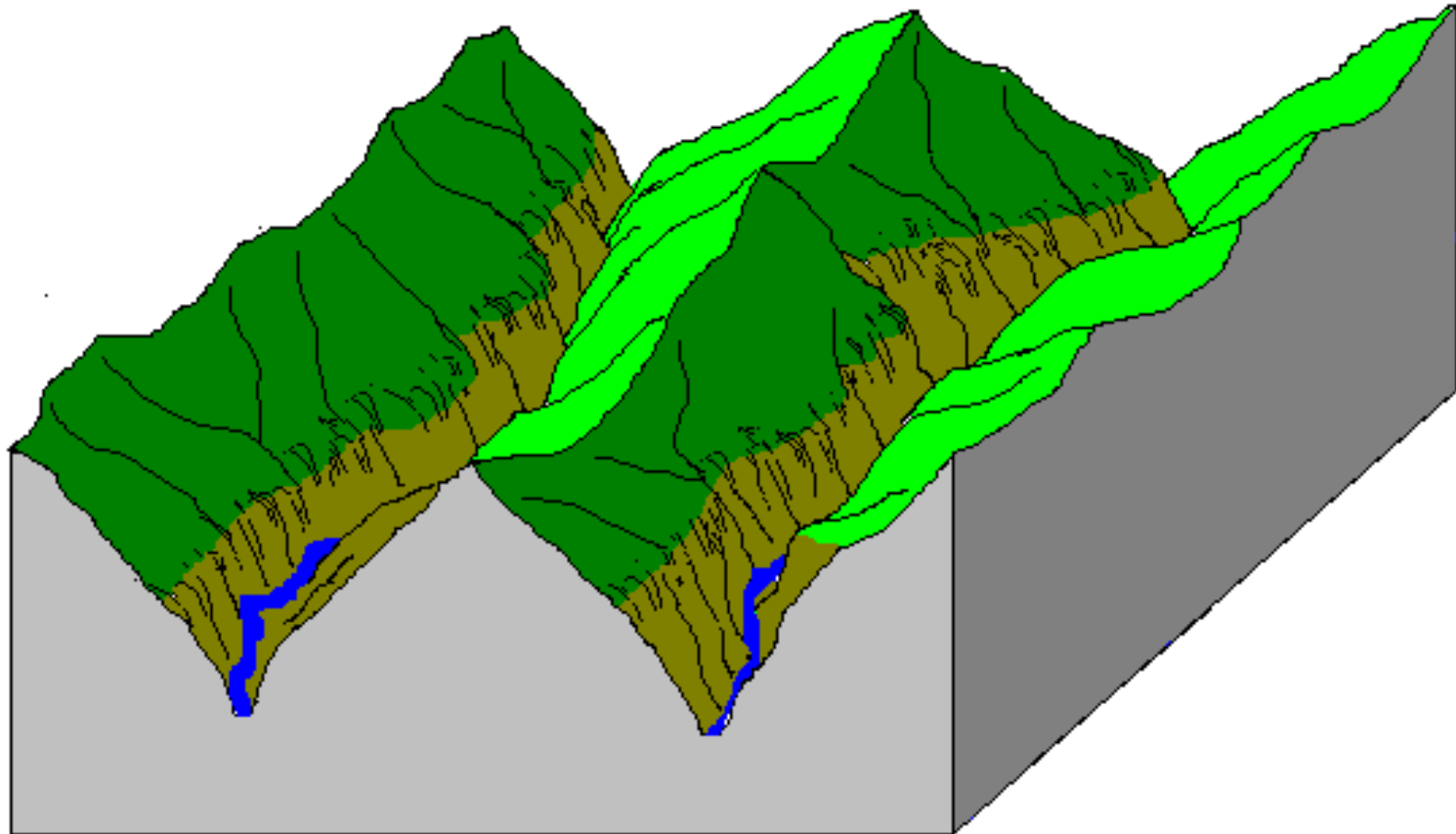
Ciclo de erosión fluvial. Maduro tardío.



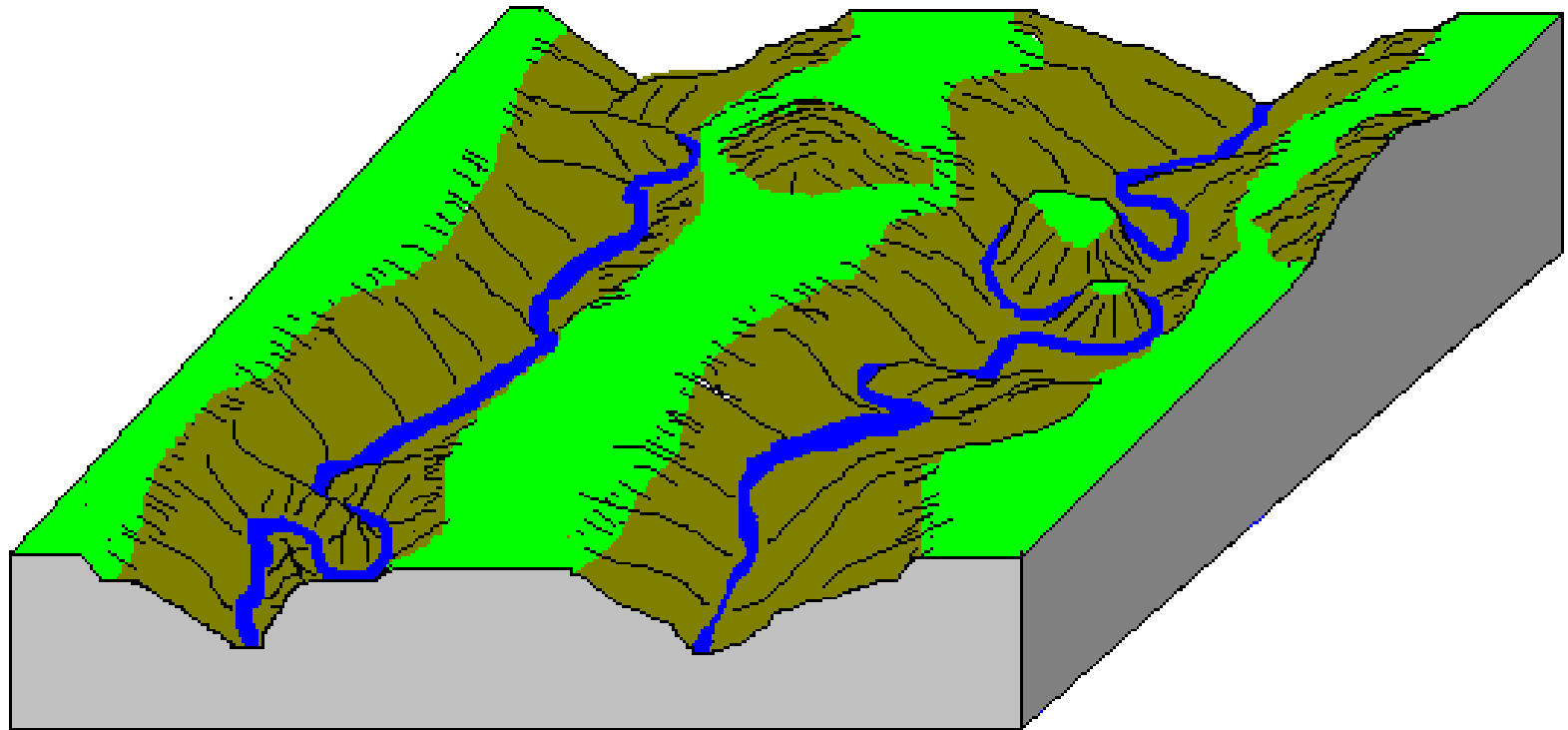
Ciclo de erosión fluvial. Viejo.

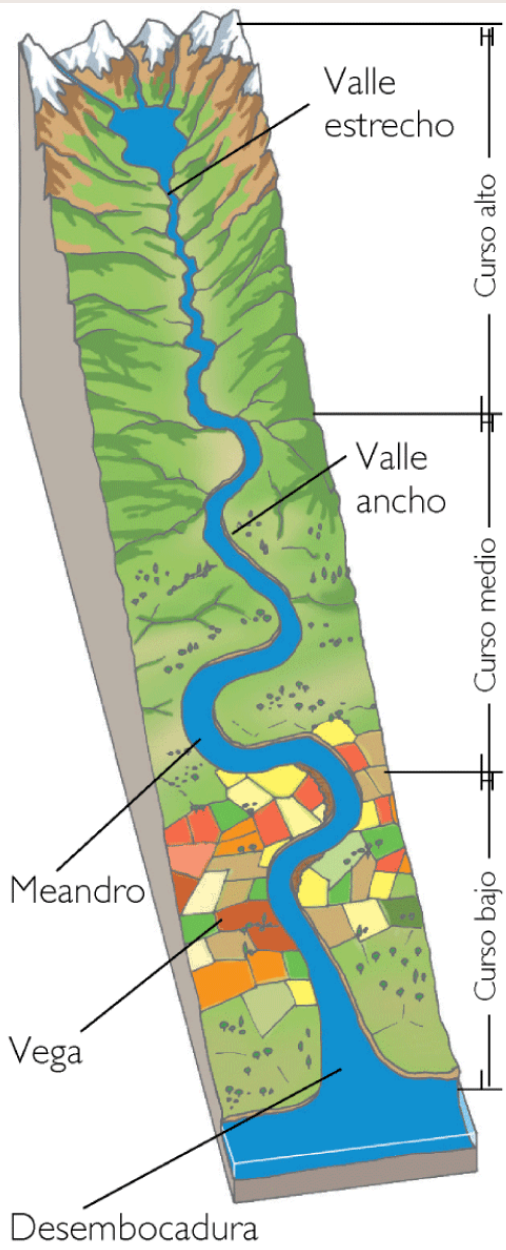


Rejuvenamiento 6



Rejuvenecimiento de un paisaje viejo 5





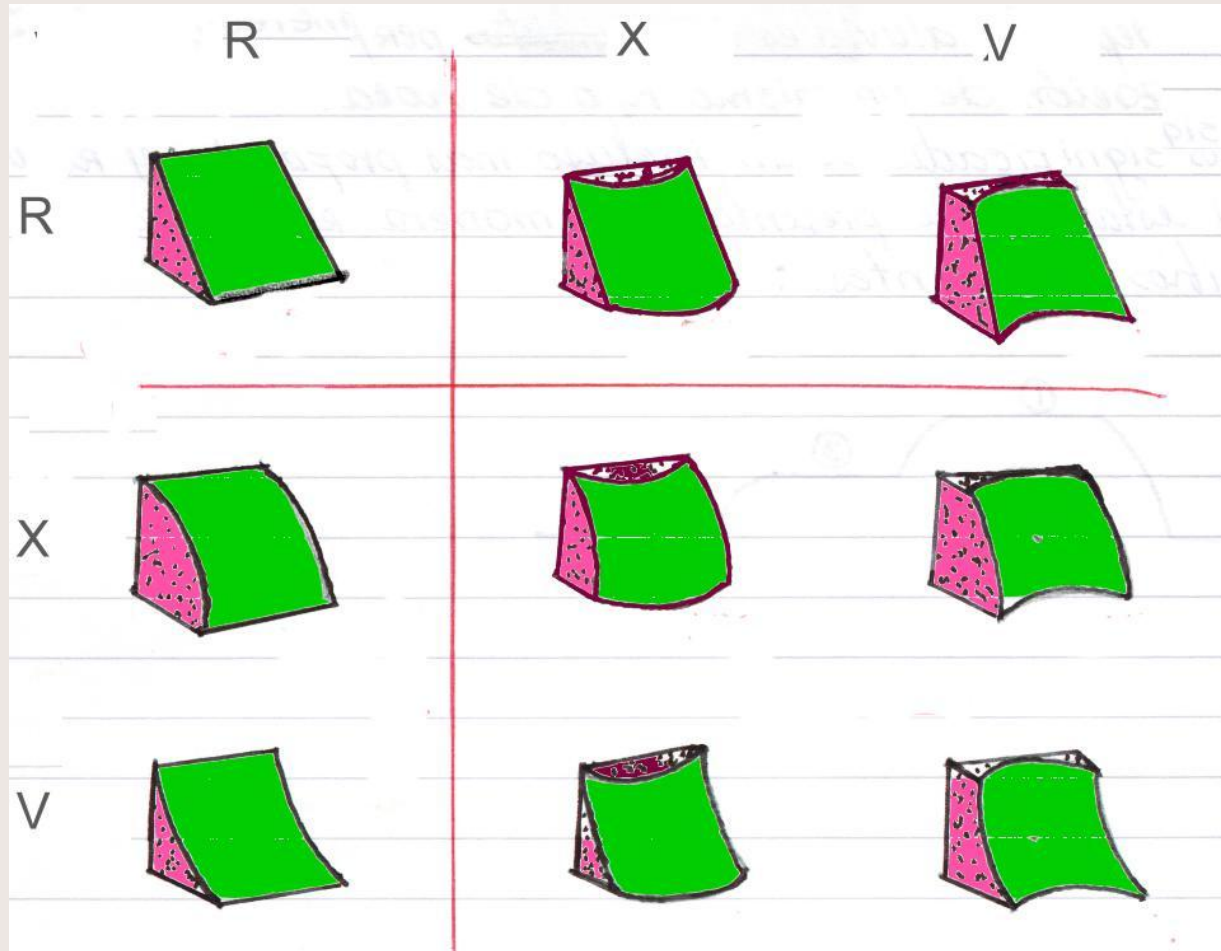
Morfodinámica de vertientes

- Una vertiente, en geomorfología, es una superficie topográfica inclinada situada entre la divisoria de una cuenca (picos, crestas, bordes de mesetas o puntos culminantes del relieve) y sus puntos más bajos (pie de vertientes o vaguadas).
- La dinámica de las vertientes está estrechamente ligada al ciclo hidrológico.
- Tipos de vertientes:
 - Denudativas
 - De depositación

Clasificación de las vertientes

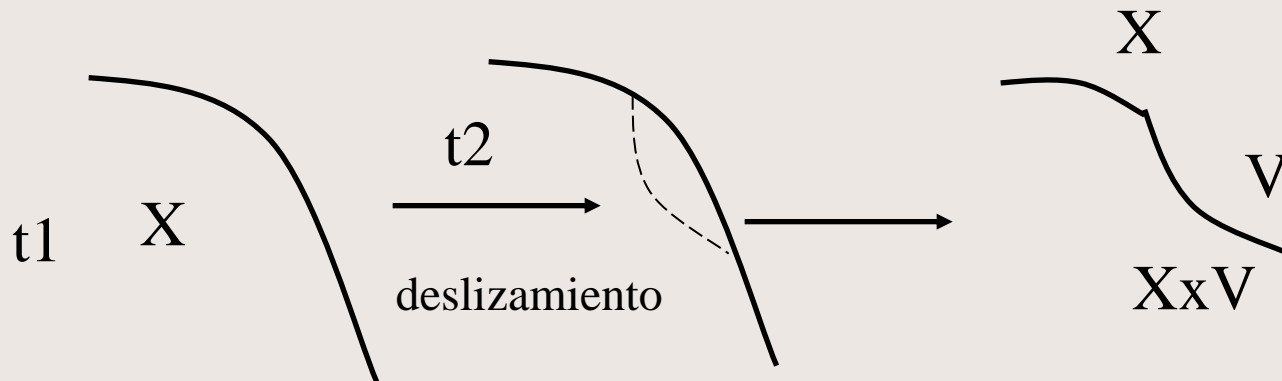
Dirección de la vertiente

I
N
C
L
I
N
A
C
I
O



DESCRIPCIÓN DE VERTIENES

Las vertientes con **quebres de pendiente** son la expresión de una evolución signada por **comportamientos diferentes**, es decir, se trata de **geoformas compuestas**, en las cuales, un segmento de la vertiente corresponde a una transformación mórfica del segmento precedente



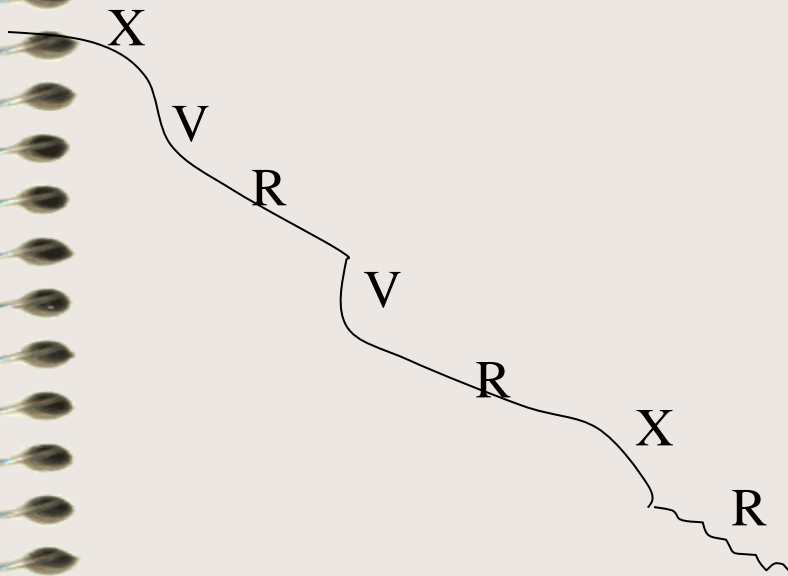
Limite

Gradual: comportamiento sincronico

Abrupto: dos comportamientos diferentes en dos temporalidades distintas

PERFILES COMPLEJOS

Son comunes en vertientes muy largas donde actúan simultáneamente procesos diferentes que generan geoformas distintas o donde se preservan geoformas de procesos diferentes que han actuado en el pasado



XxVvRxVvRxXvR`

R` : Vertiente rectilínea con
microrelieve

Tipos de vertientes 1







Tipos de vertientes 2

Tipos de vertientes 6



Vertientes denudativas y de deposición en el “valle del Aburra” (Bello).





**Estratigrafía
de materiales
en una
vertiente de
deposición**

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN UNA CUENCA

- Estimación de la erosión laminar
- Cuantificación de cicatrices de movimientos en masa.
- Cubicación de cicatrices en la red de drenaje y de depósitos (Surcos y cárcavas)
- Medición de caudal sólido, sedimentos en el cauce
- Evaluación de cuencas similares que tengan sitios con embalses
- Análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa