

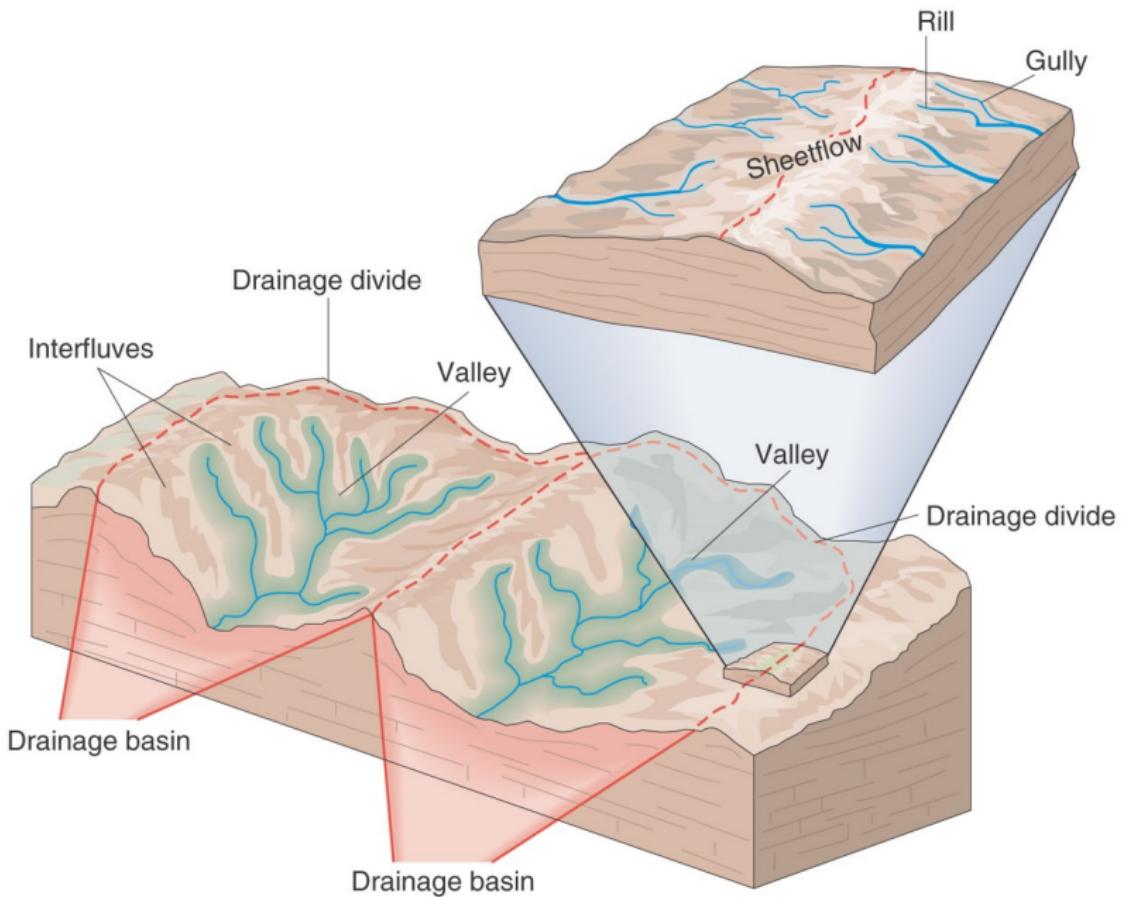
# GEOMORFOLOGÍA

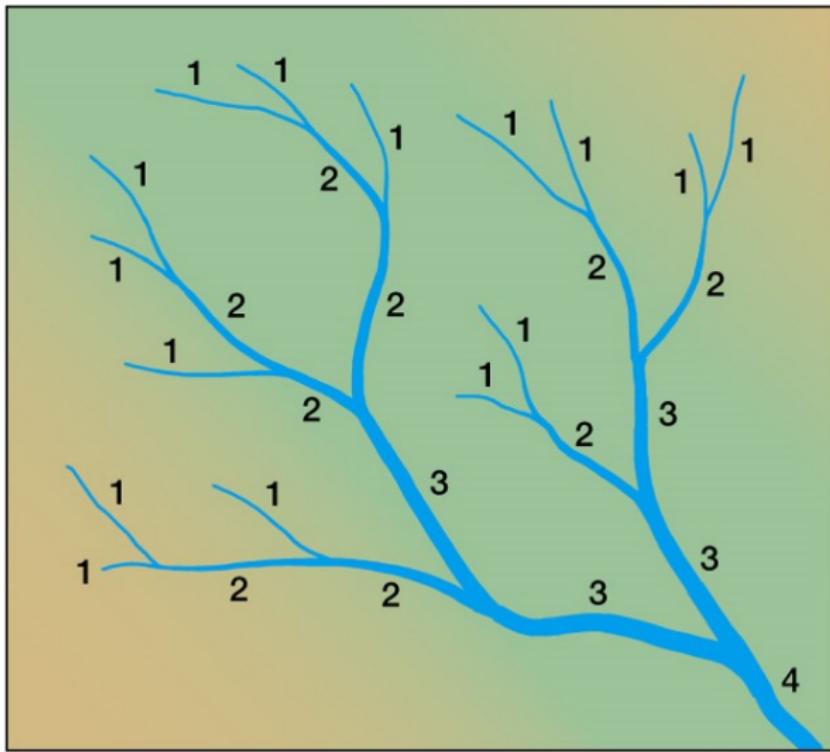
Edier V. Aristizábal G.

evaristizabal@unal.edu.co

Versión: July 1, 2020



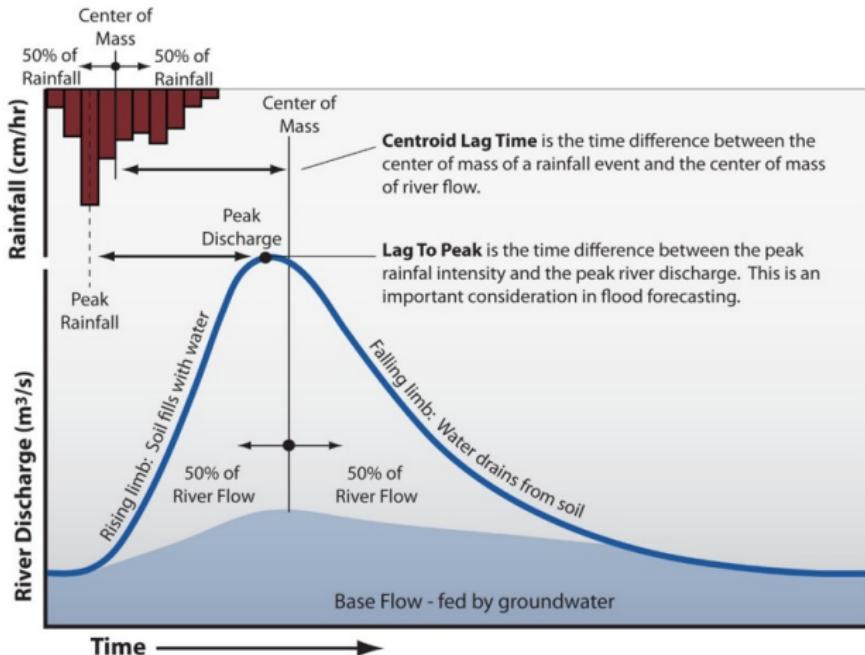




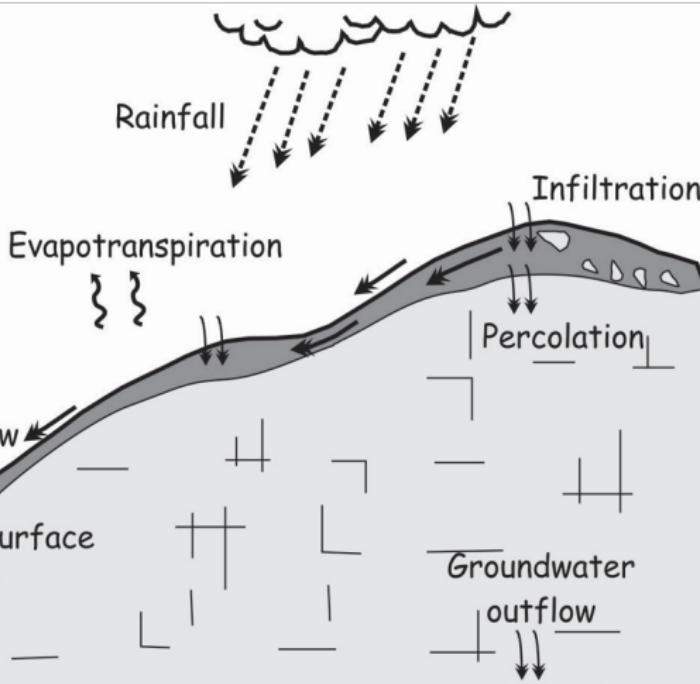
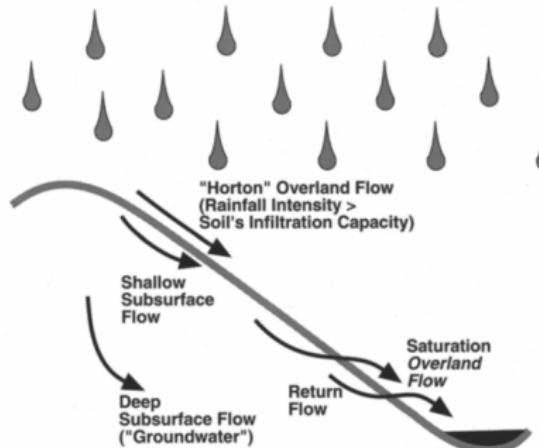
> Excavación y transporte

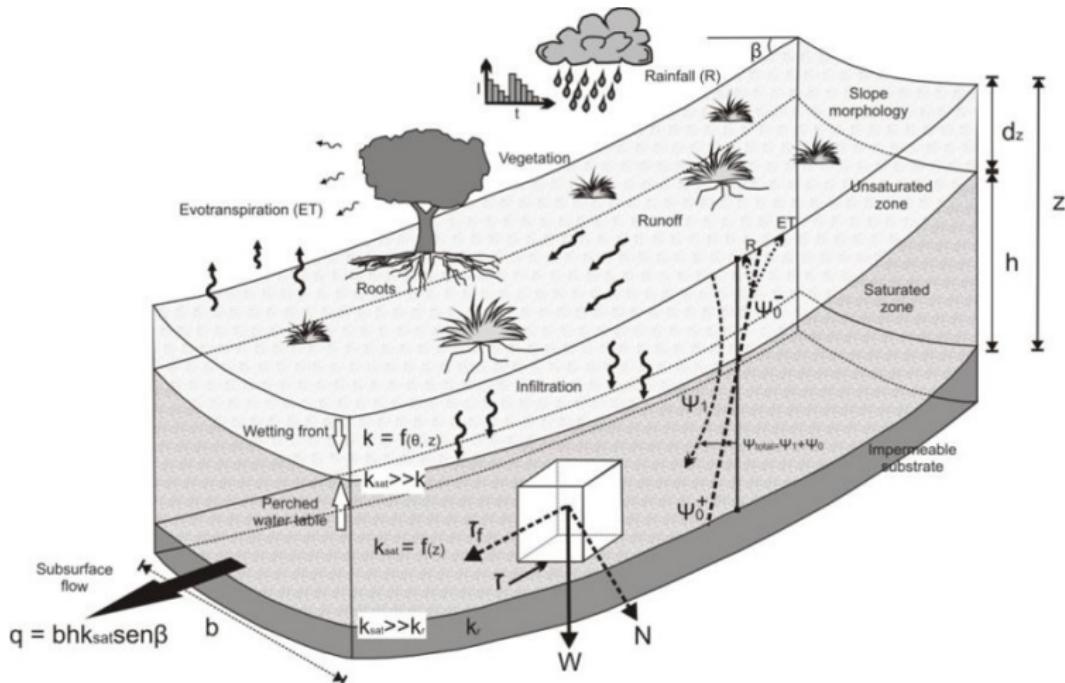


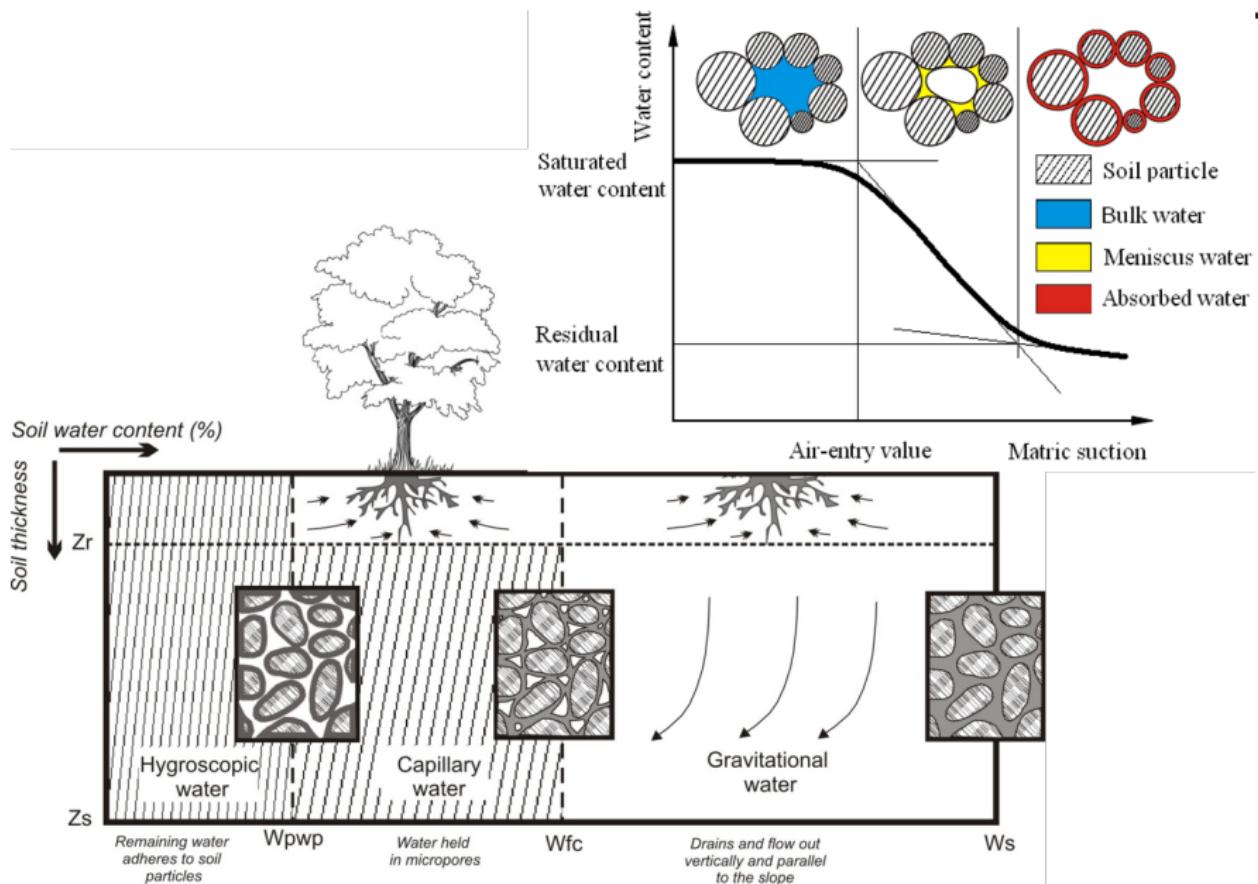
> Sedimentación

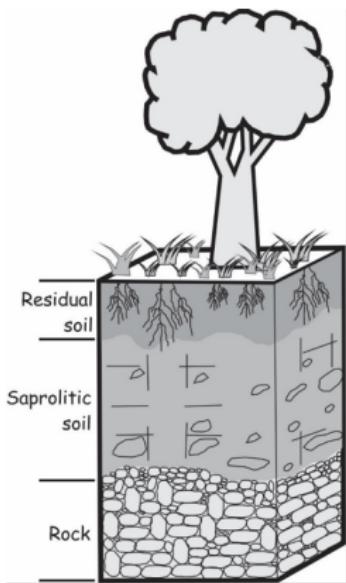


During a **rainfall event**, the intensity at which precipitation falls on a landscape is often variable. The **peak rainfall**, a measure of the greatest intensity of rainfall, does not necessarily occur in the middle of a rainfall event. Therefore, the peak and the **center of mass** of rainfall (the point at which half of the total rainfall has fallen) often do not correspond.



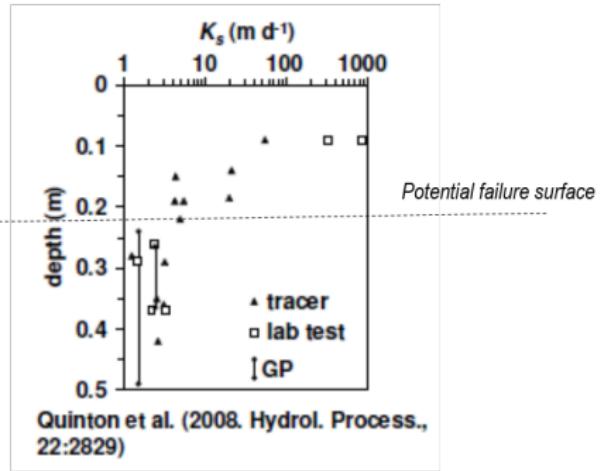




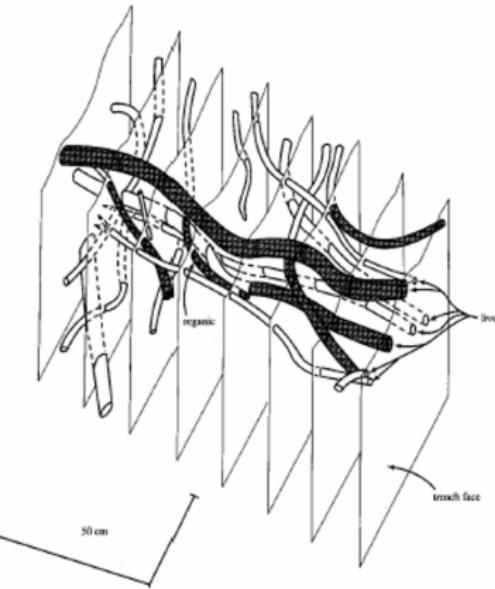


$Kh \gg$

$Kv \ll$



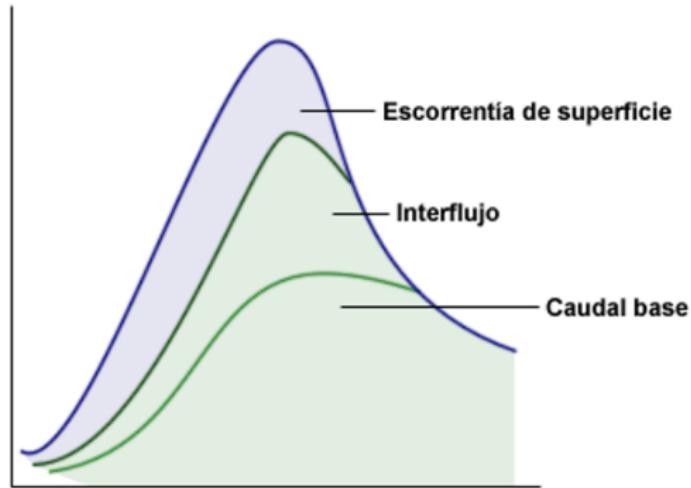
Soil type	$k_h/k_v$	Reference
Organic silt with peat	1.2–1.7	Tsien (1955)
Plastic marine clay	1.2	Lumb and Holt (1968)
Soft clay	1.5	Basett and Brodie (1961)
Soft marine clay	1.05	Subbaraju (1973)
Boston blue clay	0.7–3.3	Haley and Aldrich (1969)



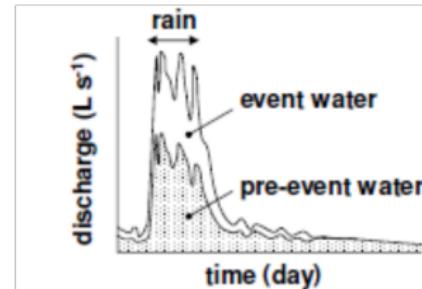
Complex Macropore Network within a Soil Matrix



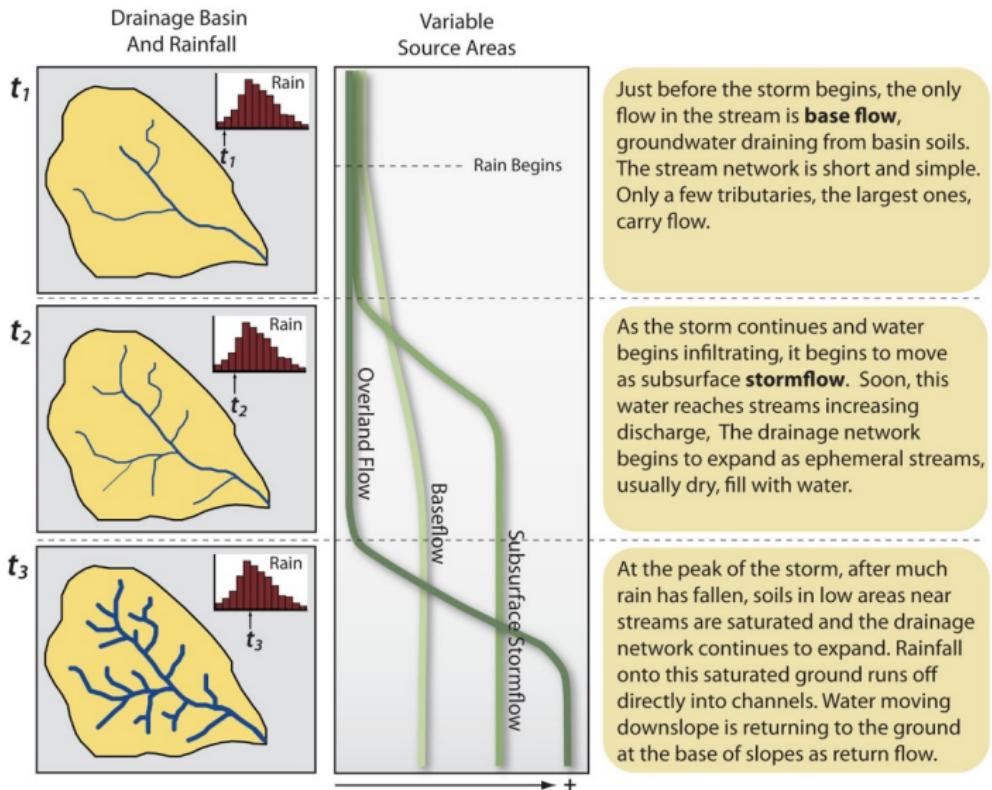
## Hidrograma de flujo de superficie de escorrentía

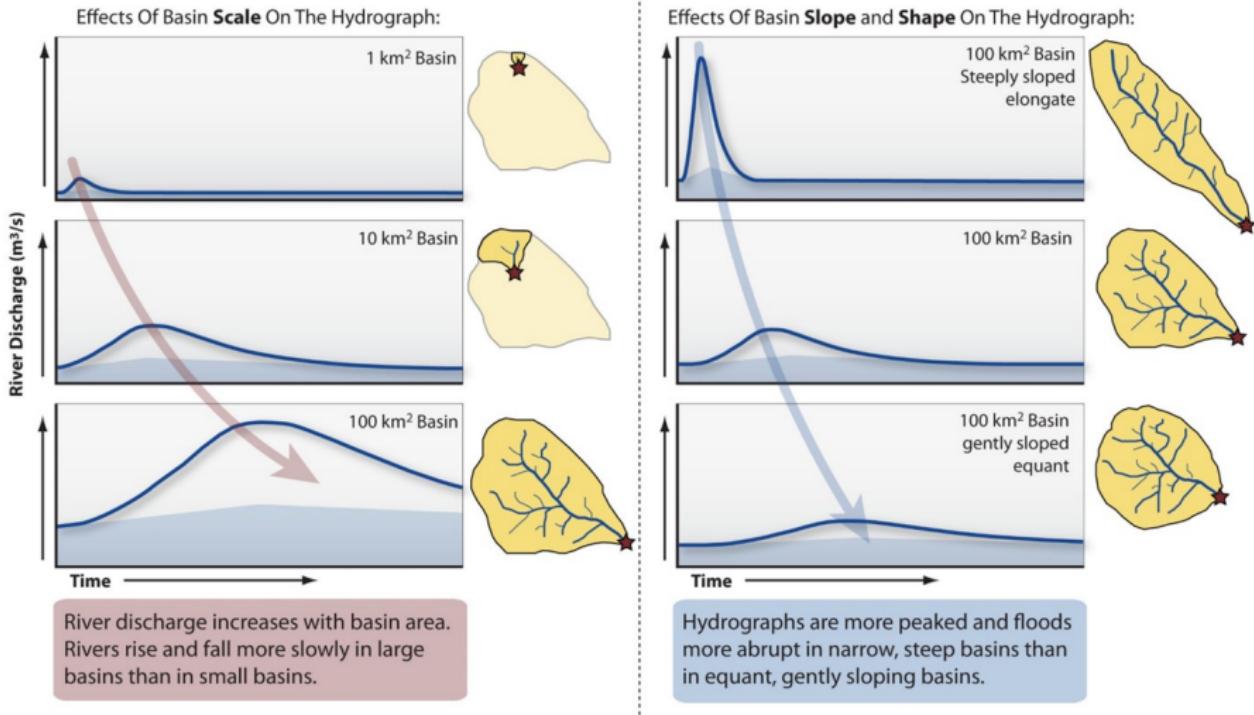


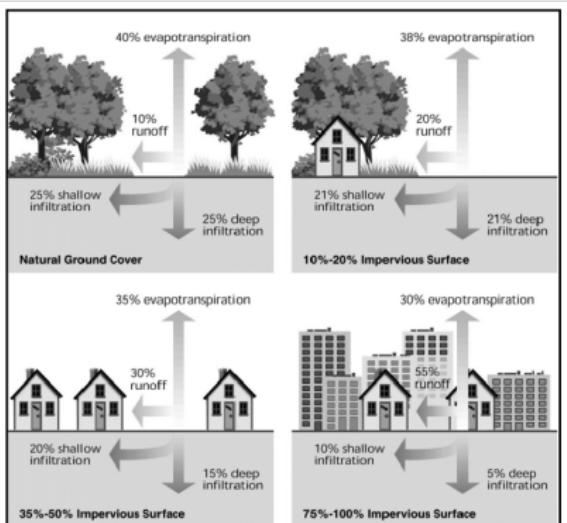
©The COMET Program



Modified from Buttle (1994. Progress in Physical Geography, 18:26)

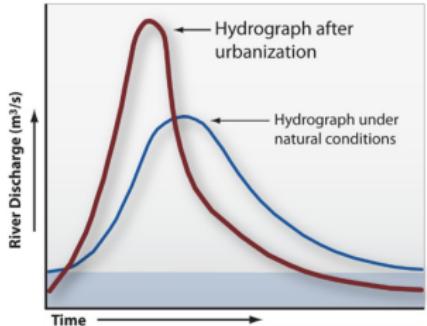






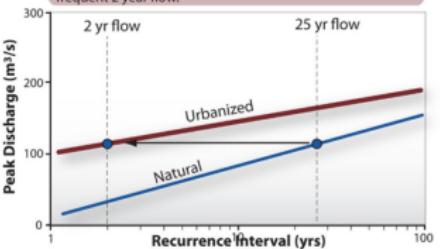
**Figure 1.2: Relationship Between Impervious Cover and Surface Runoff**

Source: Federal Interagency SRWG, 2000



Before development, rainfall followed a more convoluted path through the landscape - held in detention storage by pit and mound topography, infiltrating into organic-rich forest soil and moving slowly to the channel. The infiltrating water fed baseflow during times when it was not raining. Flood peaks were lower and came later.

After urbanization, rainfall moves rapidly to the channel with little chance to infiltrate during storms, thus baseflow is reduced. Flowing directly off impervious surfaces such as parking lots, runoff enters streams quickly raising their level. Flood peaks now come sooner and are higher, increasing flood hazards and the tempo of geomorphic change. For example, the natural 25 yr flow becomes the much more frequent 2 year flow.



# Qué es una avenida torrencial?

Gran variedad de flujos torrenciales que se presenta en nuestros ambientes, de acuerdo con:

- ✓ Origen
- ✓ Proporción agua + sedimentos

Hay falta de consenso con respecto a clasificación y terminología de fenómenos de avenida torrencial tanto en inglés como en español.

- ✓ *flash flood*
- ✓ *mudflood*
- ✓ *debris flood*
- ✓ *debris flow*
- ✓ *creciente súbita*
- ✓ *avenida torrencial*
- ✓ *avalanchas*

# Qué es una avenida torrencial?

Llegada de caudal desde aguas arriba hacia la posición del observador, que se producen de forma súbita, brusca e impetuosa, características de pequeñas cuencas torrenciales de montañas.

## Crecidas

- Precipitaciones espacialmente amplias
- De larga duración
- Grandes cuencas

≠

## Avenida

- Precipitaciones convectivas
- Precipitaciones intensas
- Cuencas pequeñas
- Roturas de presas
- Inadecuadas estructuras hidráulicas,
- Fusión glaciar por actividad volcánica

+

## Torrencial

# Qué es una avenida torrencial?

Geólogos



## Movimientos en masa

Fenómenos de **remoción en masa** donde el agua de una corriente aumenta considerablemente su volumen por el transporte de material sólido que ha caído a su cauce desde las laderas adyacentes (Servicio Geológico Colombiano, 2011).



Escala regional

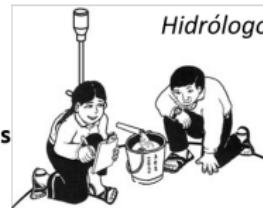
Métodos heurísticos, estadísticos y con base física para las laderas



Escala regional

Método geomorfológico  
*-cartografía de terrazas y abanicos-*

Hidrólogos



## Crecientes súbitas

Crecientes súbitas que por las condiciones geomorfológicas de la cuenca están compuestas por un flujo de agua con alto contenido de materiales de arrastre, con un gran potencial destructivo debido a su alta velocidad (POMCA).



Escala regional

Índice de vulnerabilidad frente a Eventos Torrencales (IVET)



Escala regional

Método hidráulico  
*-transito de caudales-*

# Qué es una avenida torrencial?

USGS



## *Flash flood*

Flujos de alta descarga formados por una mezcla de agua y sedimentos en diferentes proporciones y cuencas de fuertes pendientes y áreas < 20km<sup>2</sup>

**Water flow:** La cantidad de sedimentos en suspensión no cambian sustancialmente el comportamiento del flujo, (<5% de sedimentos en volumen)

**Hyperconcentrated flows:** La cantidad de sedimentos en suspensión cambia las propiedades del fluido y mecanismo de transporte de sedimentos, (hasta 5-60% de porcentaje de sedimentos en volumen)

**Debris flow:** Mezcla de sedimentos y agua de una fase, con capacidad de llevar grandes bloques en suspensión.

Borga, Hungr, Iverson

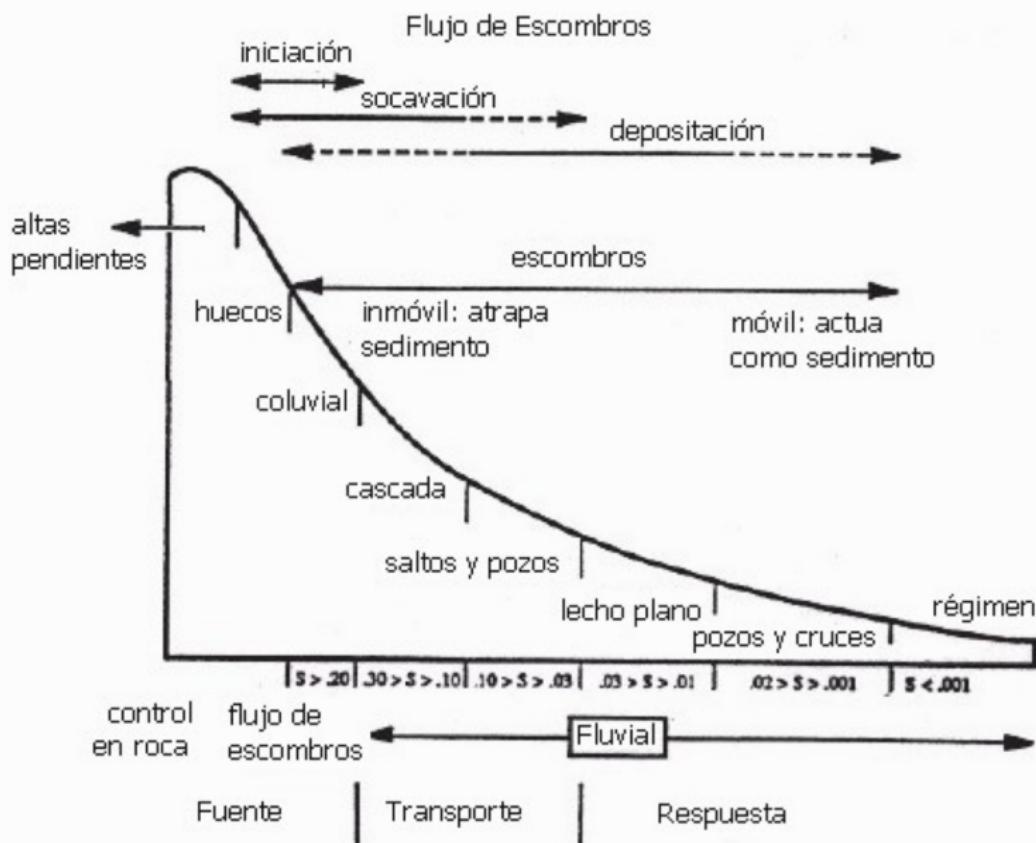


## *Flash flood = debris flood*

## *Flash flood ≠ debris flow*

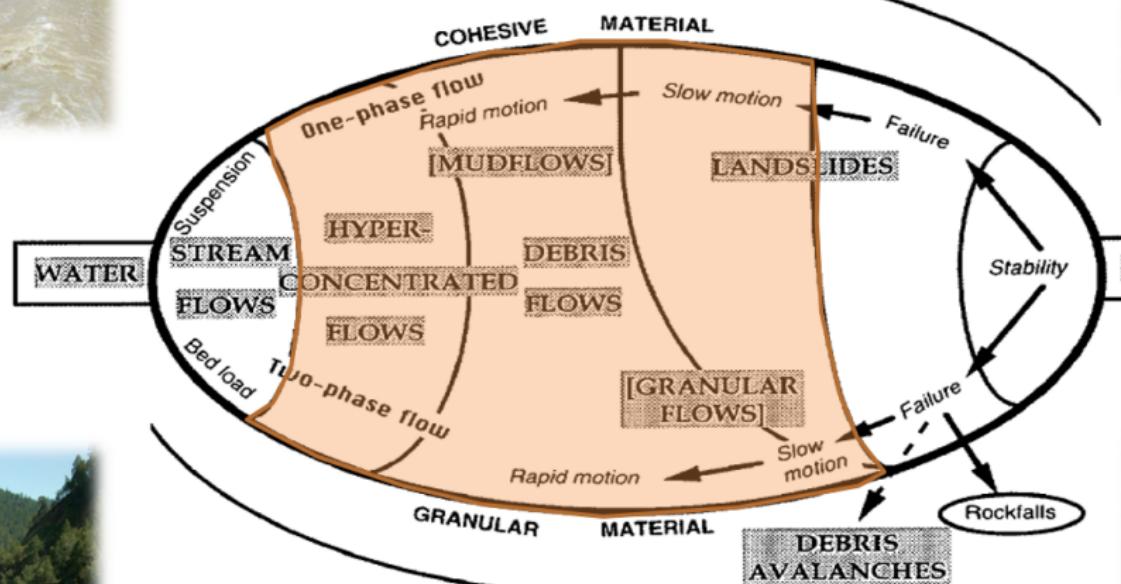
**Flash flood:** eventos generados por cortas e intensas lluvias convectivas, y espacialmente confinado, en cuencas mas grandes de pocos cientos de kilómetros, y los depósitos se extienden sobre distancias mayores y áreas de menores pendientes

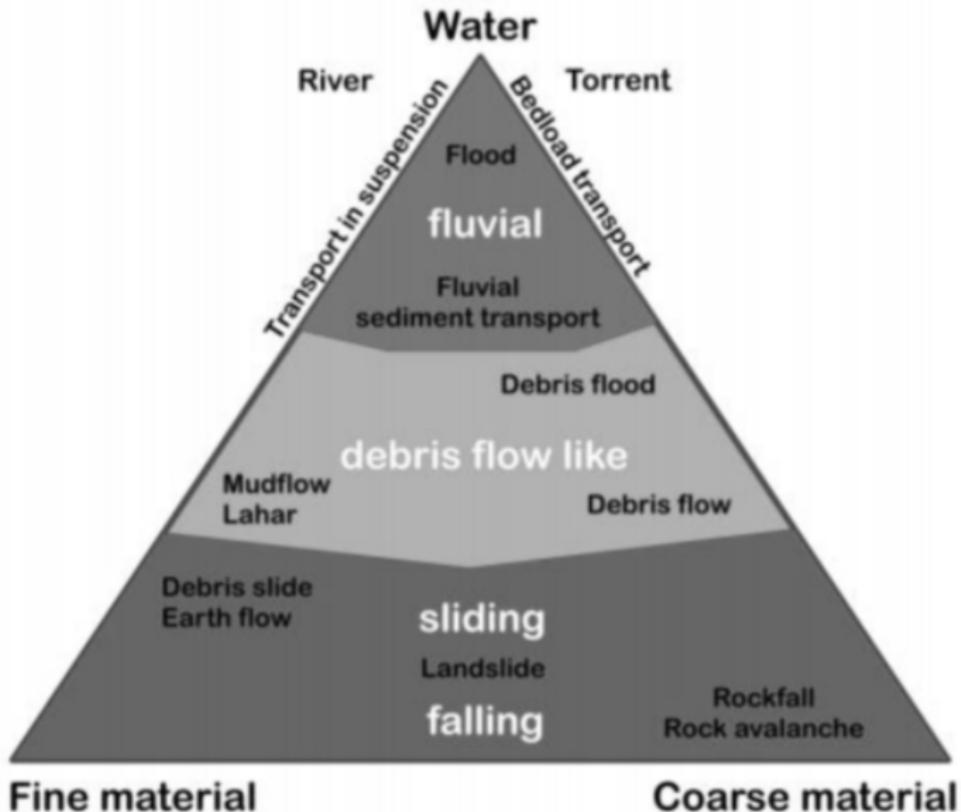
**Debris flow:** Flujo rápido de una mezcla dominada por la gravedad en partes similares de sedimentos y agua con una amplia distribución de tamaños mezclados verticalmente, en drenajes de orden 1 ó 2, cuencas pocos km<sup>2</sup> y difiere de flujos de agua ya que los sedimentos son mantenidos en suspensión.



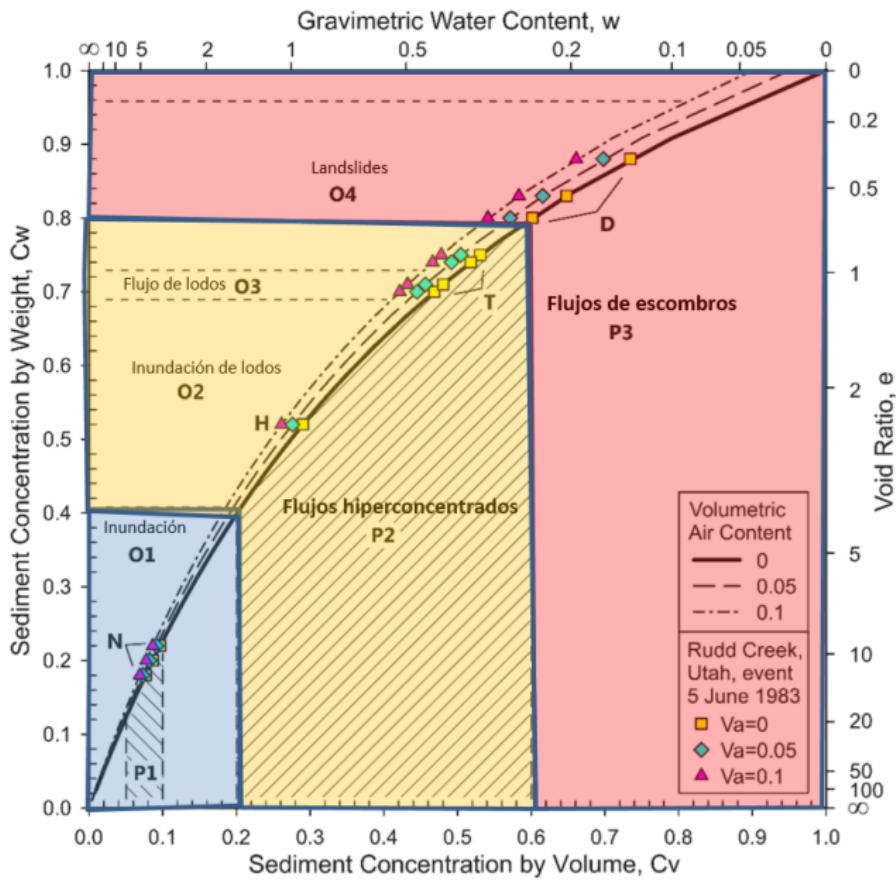


Increasing water content





Fuente: Modificado de Phillips & Davies (1991)



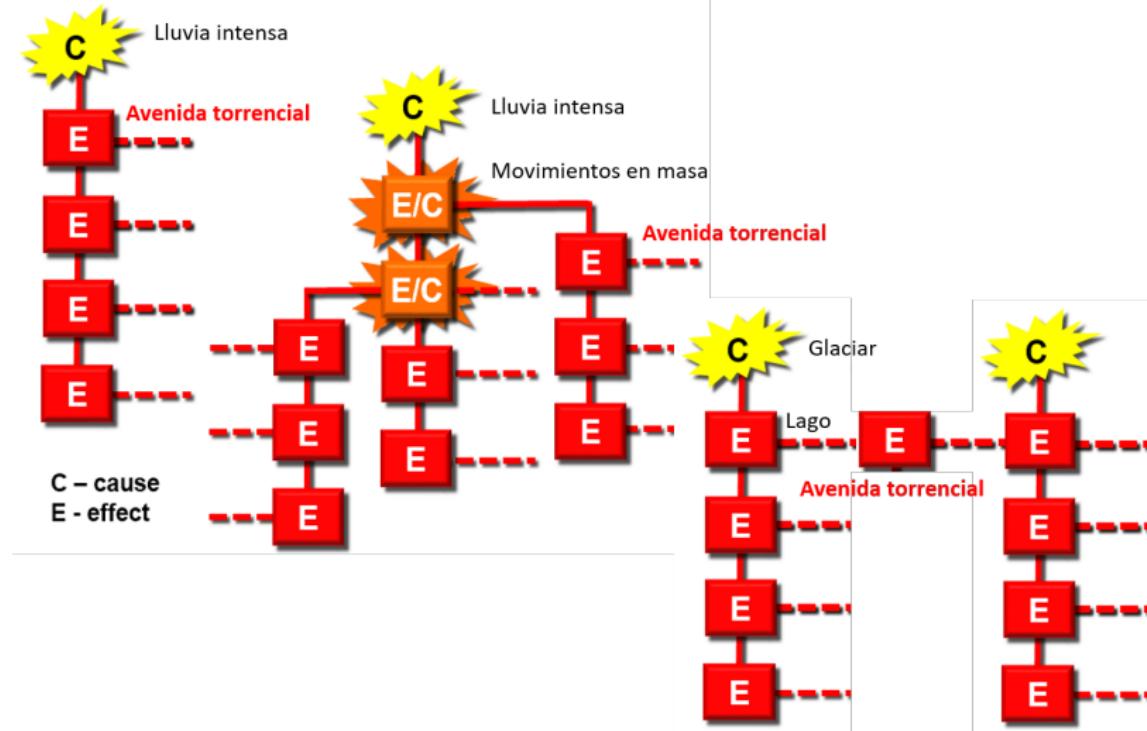
## 0% ← Sediment Concentration (nonlinear scale) →

**Fluvial Process**

<b>Process Name</b>	Stream Flow	Hyperconcentrated Sediment Flow	Mud Flow Debris Flow	Spread
<b>Process Type</b>	Water Flow	Water-Sediment Flow	Sediment-Water Flow	Earth-Debris Flow
<b>Physics</b>	Newtonian Fluid	Non-Newtonian Fluid	Distributed Shear	
<b>Support Mechanism</b>	Fluid Flow Velocity Fluid Turbulence	Escaping Pore Fluid (Full Support - Partial Support)	Dispersive Pressure	Matrix and L
<b>Transport Process</b>	Turbidity Current	Fluidized Flow	Liquefied Flow	Grain Flow Plug Flow
<b>Deposition Process</b>	Suspension Sedimentation	Frictional Freezing (Bottom Up- No Yield Strength)	Frictional Freezing (Top Down- Yield Strength)	En Masse Frictional Freezing
<b>Deposit Character</b>	Well Sorted Fining Upward	Unsorted-Clast Supported Layer-by-Layer Accretion	Variably Sorted Coarsening Upward	Unsort Sup
<b>Regulatory Name</b>	Stream Flow or Flood	Mud Flood	Mud Flow Debris Flow	

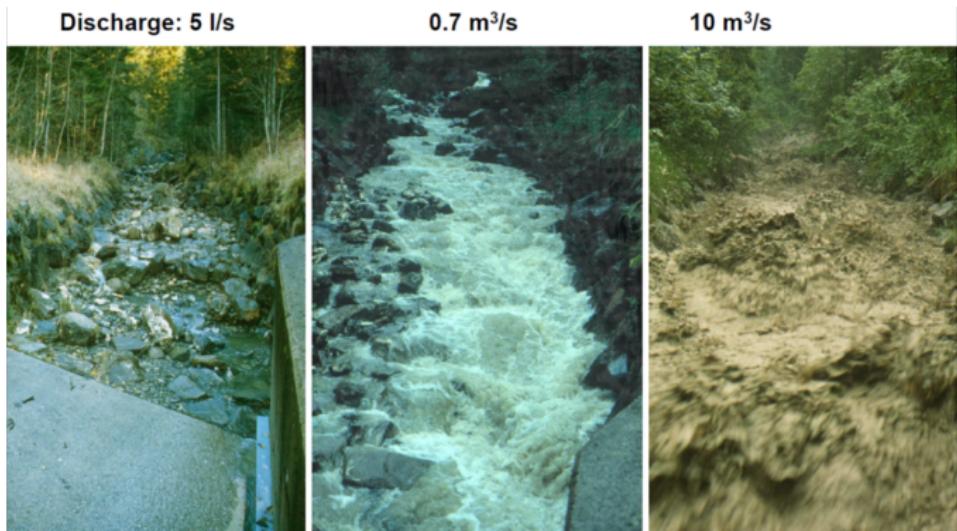
# Origen

Fenómeno en directo, cascada, concatenado o simultaneo



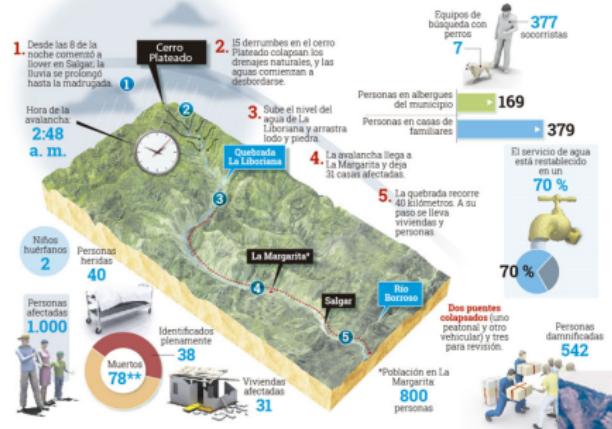
# Origen

Lluvia + Sedimentos → Avenida torrencial



# Origen

Lluvia + Enjambre MenM → Avenida torrencial



San Carlos (1990)

Mocoa (2017)

Ambiente Torrencial



Tarazá (2007)

# Origen

Lluvia + Sismo → Avenida torrencial



3,000 landslides



Páez mudflow, Jun 6, 1994, 1100 fatalities

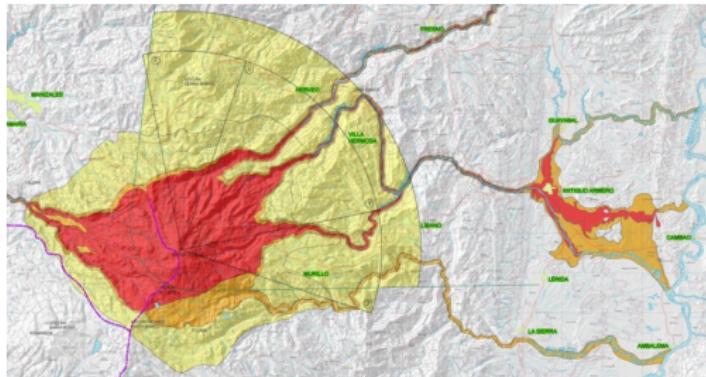


Tomado de <http://gcollo.comunidadcoomeva.com/blog/index.php?url=archives/86-RECUERDOS-DE-UNA-TRAGEDIA>.



# Origen

Glaciar + Piroclastos → Avenida torrencial



Armero lahar, Nov 13, 1987, 23.000 fatalities



# Origen

Embalse + Rotura presa → Avenida torrencial



Dique de Ajka (Hungria, 2010)



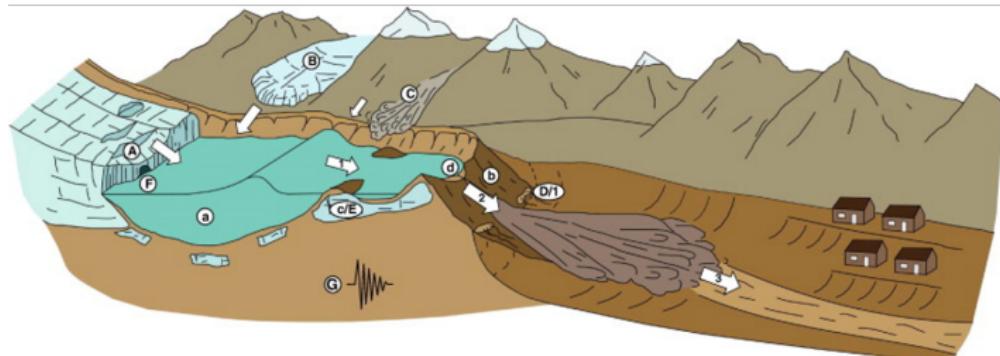
Q. El Barro (Bello, 2005)

Q. La Chuscalá (Mpio Caldas, 2009)



# Origen

Sismo + GLOF's → Avenida torrencial



# Definición avenidas torrenciales

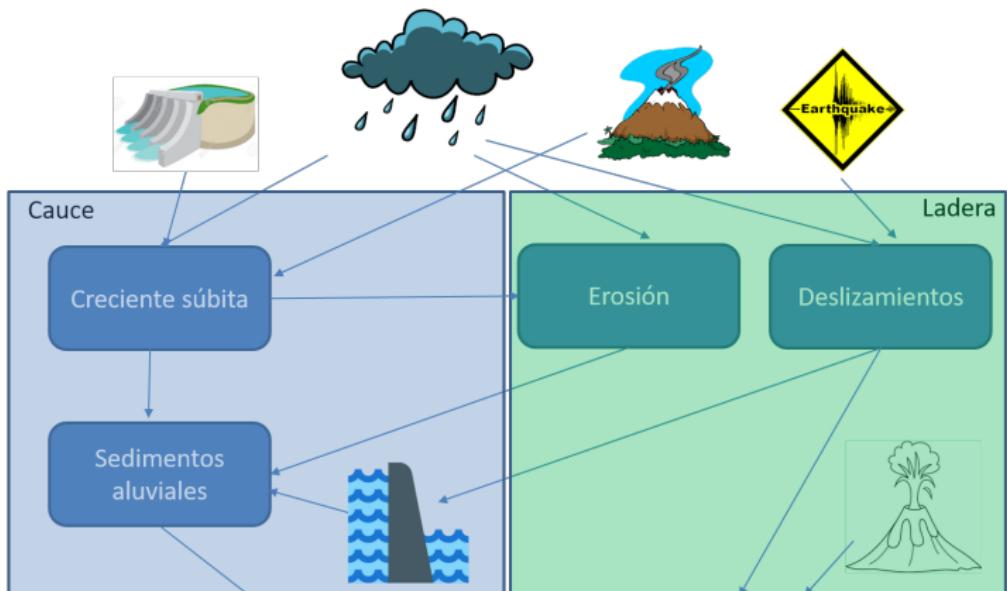
*Flujo formado por una mezcla de sedimentos y agua en diferentes proporciones que se desplaza a lo largo de un cauce a grandes velocidades (> m/s).*

Las **cuenca susceptibles** a la ocurrencia de eventos torrenciales se caracterizan por:

- ✓ Cuenca con gradientes altos y áreas pequeñas.
- ✓ Rápidos tiempos de concentración
- ✓ Disponibilidad de sedimentos

El **factor detonante** corresponde a una acción conjunta, concatenada o individual de los siguientes elementos:

- ✓ Lluvias
- ✓ Enjambre de movimientos en masa
- ✓ Sismos
- ✓ Ruptura de presas

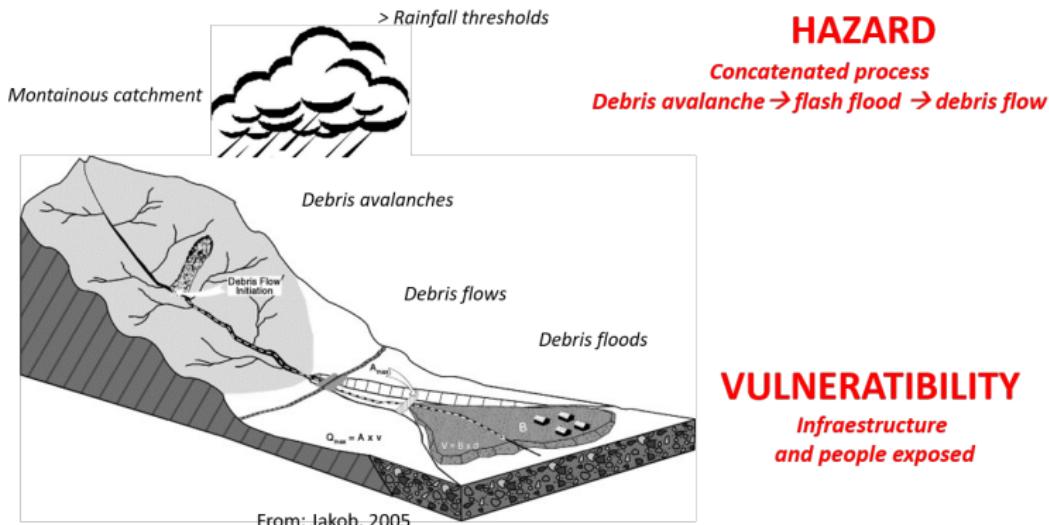


*Flujo formado por una mezcla de sedimentos y agua en diferentes proporciones que se desplaza a lo largo de un cauce a grandes velocidades (> m/s).*

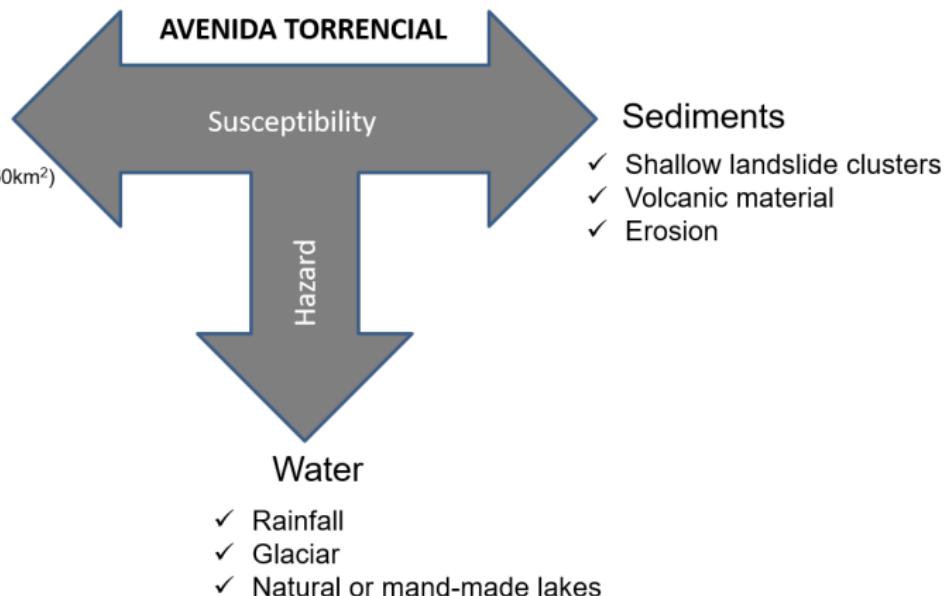
**Inundación de escombros:** flujos newtonianos de dos fases, turbulentos y dominado por fuerzas colisionales, con caudales picos similares a las inundaciones, y depósitos con gradación normal

**Flujos de escombros:** flujos no-newtonianos de una fase, viscosos y dominado por fuerzas boyantes, con caudales picos superiores a las inundaciones, y depósitos con gradación inversa

# Escenario de riesgo por avenidas torrenciales

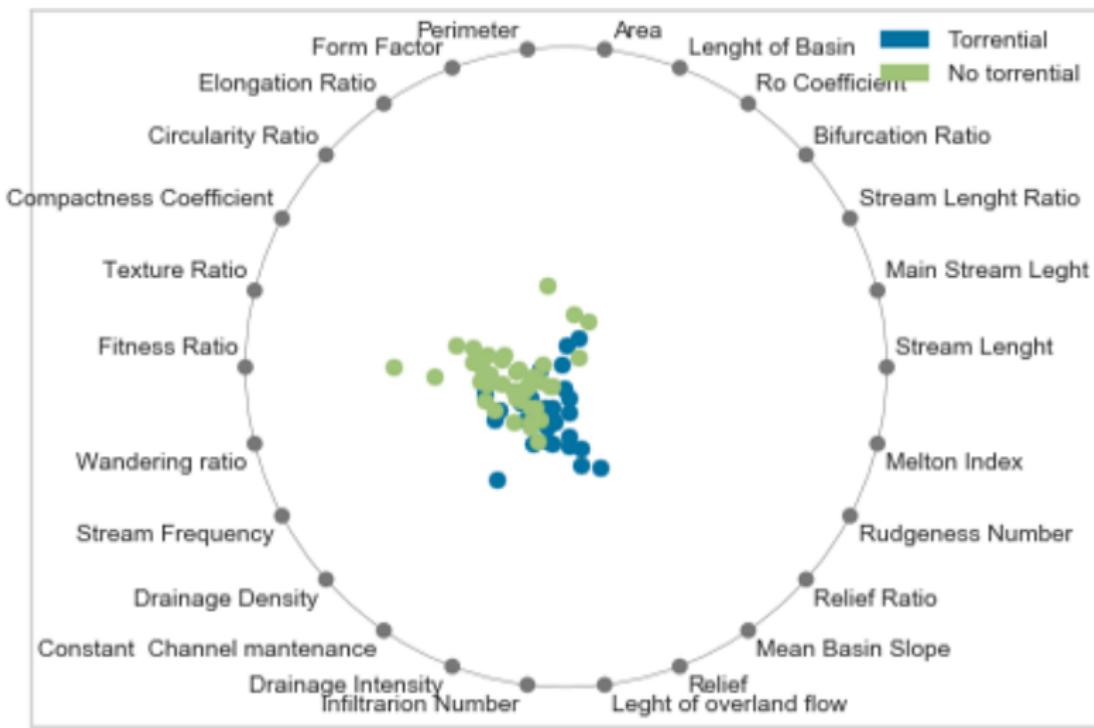


# Metodologías para avenidas torrenciales



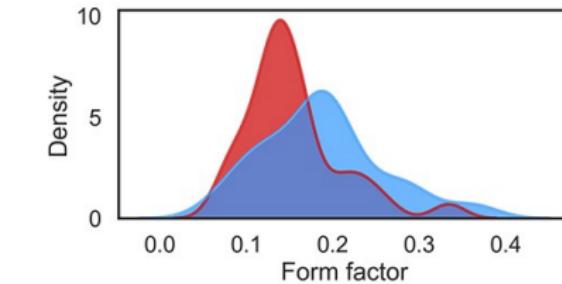
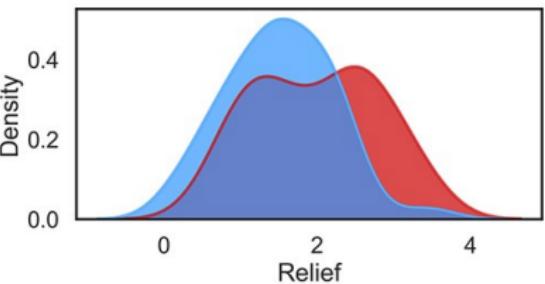
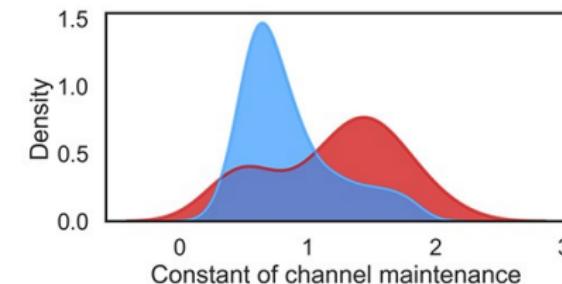
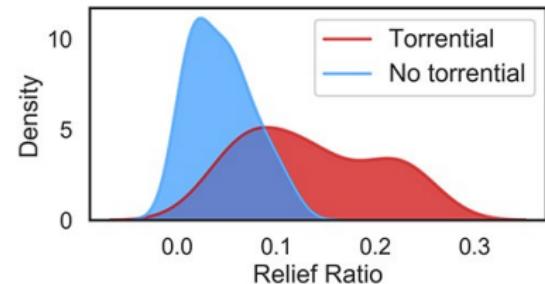
# Metodologías para avenidas torrenciales

A nivel de cuenca



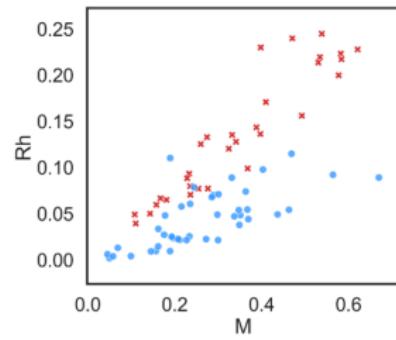
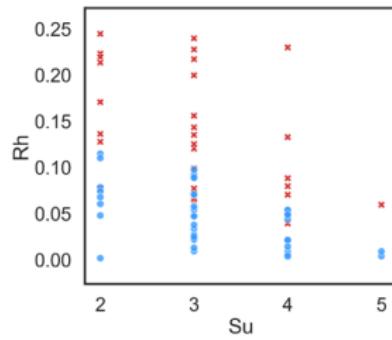
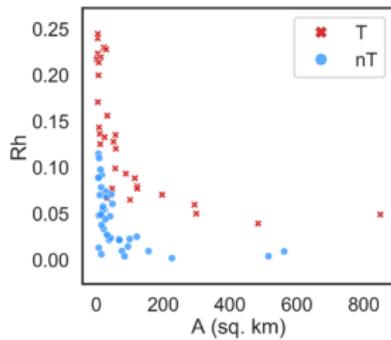
# Metodologías para avenidas torrenciales

A nivel de cuenca

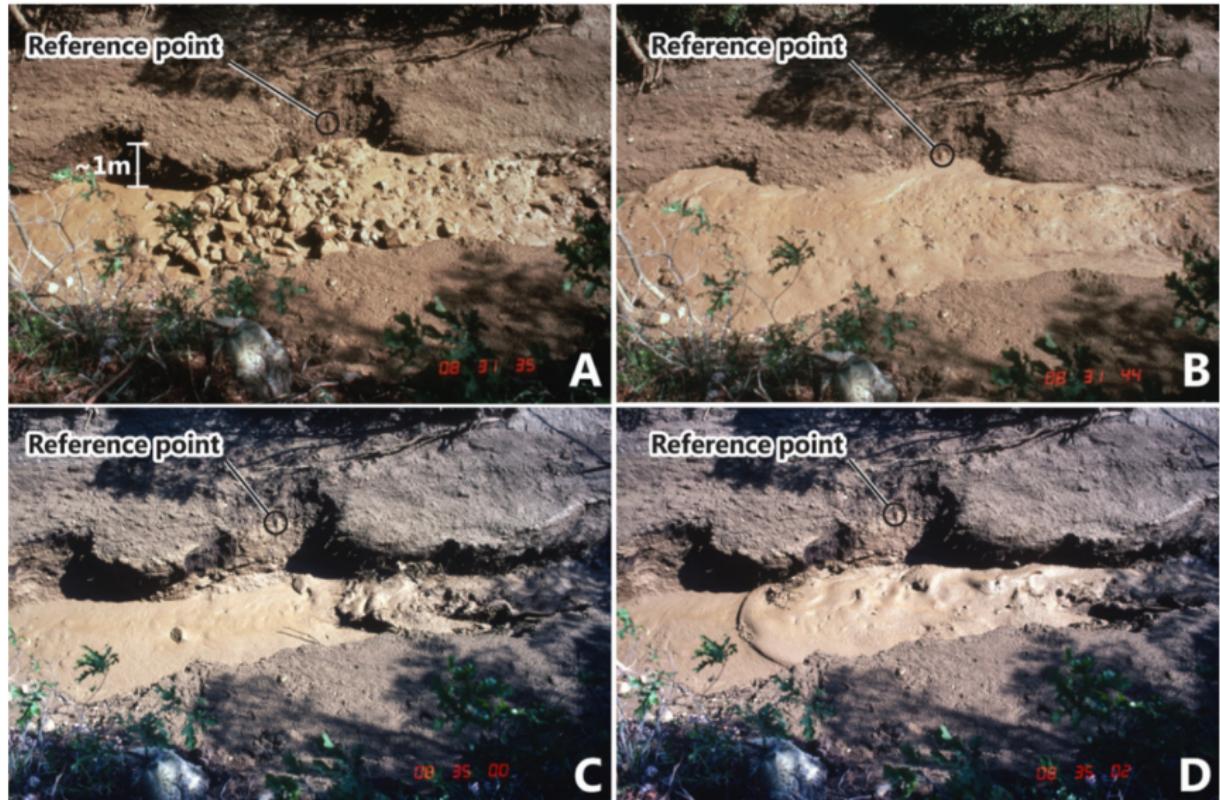


# Metodologías para avenidas torrenciales

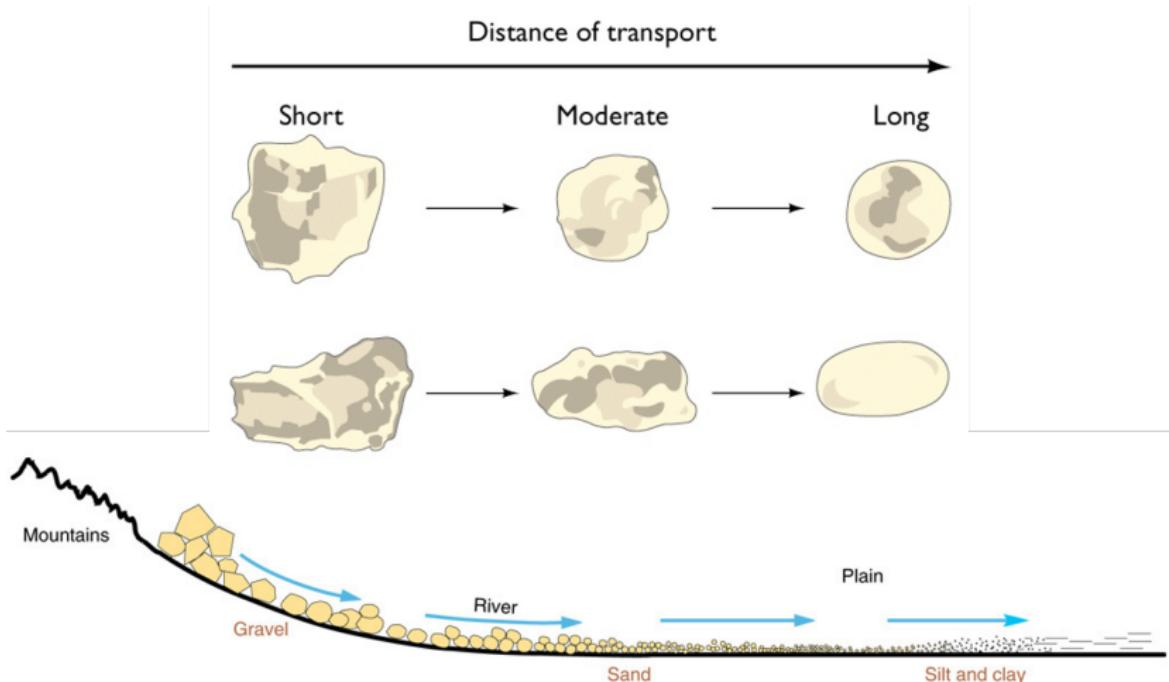
## A nivel de cuenca



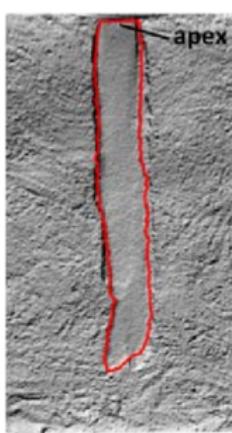
# Transporte de Sedimentos



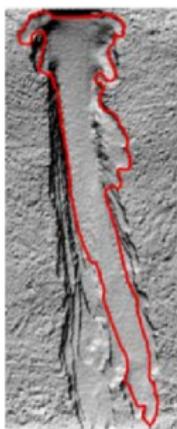
# Transporte de Sedimentos



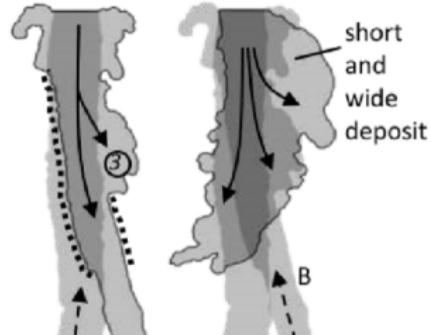
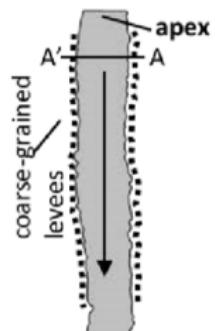
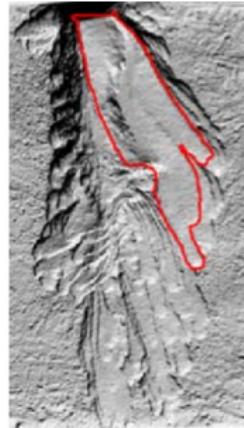
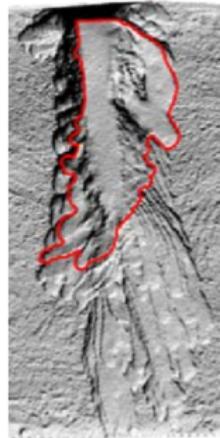
# Transporte de Sedimentos



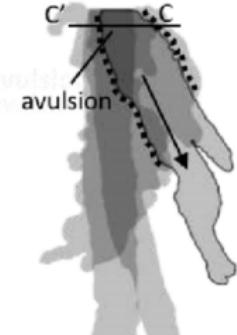
A. Channelization



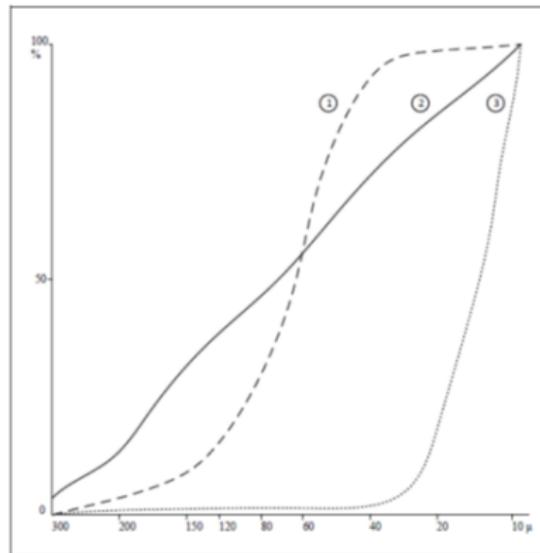
B. Retreating and backfilling



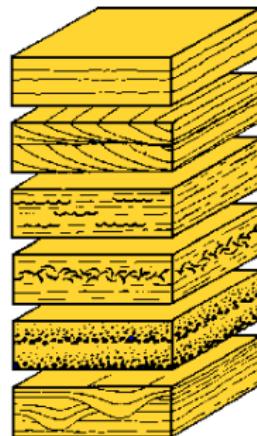
Ambiente Torrencial



# Transporte de Sedimentos



# Transporte de Sedimentos



Planar bedding

Current bedding showing  
cross-lamination

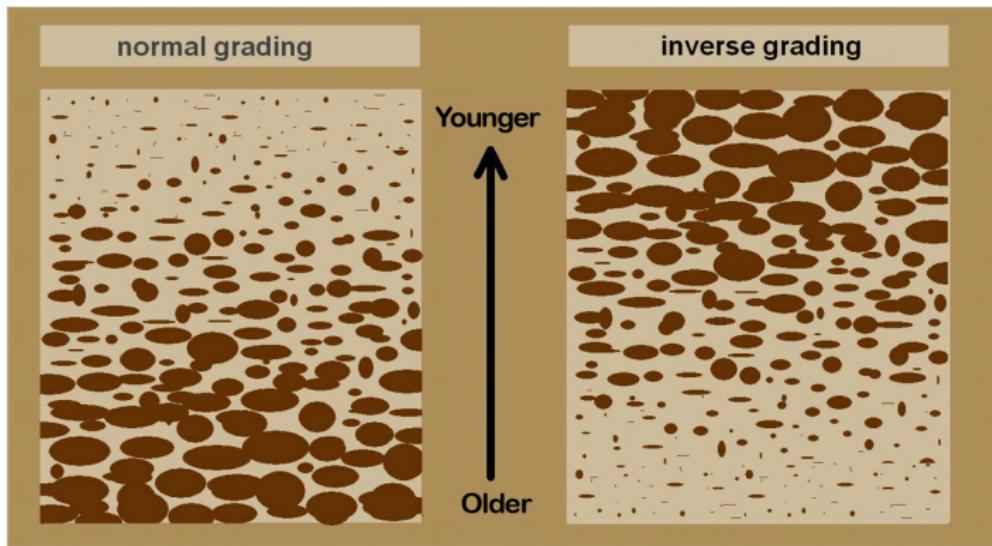
Ripple marked bedding

Imbricate (overlapping)  
fossil shells

Graded bedding

Cut-and-fill bedding

# Transporte de Sedimentos



# Transporte de Sedimentos

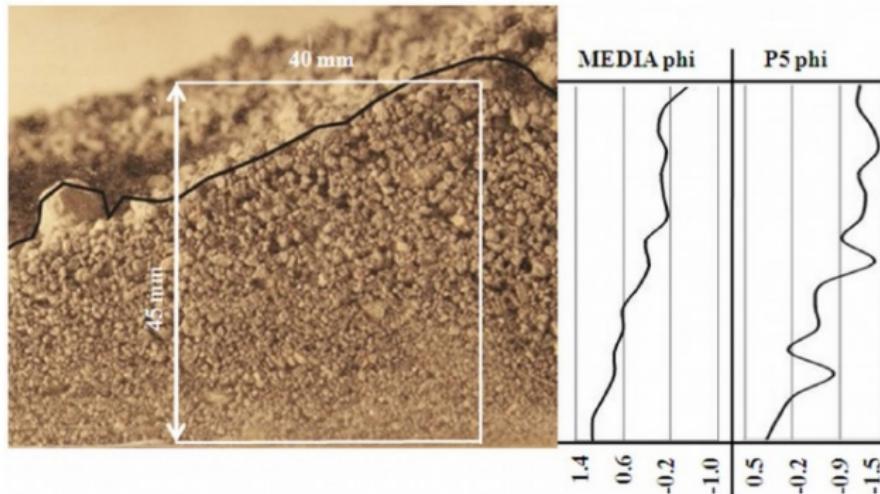


Figura 5. Perfil granulométrico vertical de un microdepósito analizado mediante el método del análisis de Rosiwal (Sarocchi *et al.*, 2005). Los valores del tamaño promedio de los clastos (media) y el tamaño de los clastos mayores P5 (5º percentil de la distribución) indican una clara gradación inversa.

# Transporte de Sedimentos



# Transporte de Sedimentos



# Transporte de Sedimentos



# Transporte de Sedimentos



# Transporte de Sedimentos



# Transporte de Sedimentos

