

# CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA

Edier V. Aristizábal G.

*evaristizabalg@unal.edu.co*

Version: August 6, 2020



# Antrópico



El Socorro, mayo 31 de 2008



La Gabriela, diciembre 05 de 2010

# Volcanes



Figure: Monte Santa Helena (USA), mayo 18 de 1980

# Sismos



Figure: Sismo de Kumamoto (Japón) abril 16 de 2016, Mw: 7.0

# Precipitación



**Figure:** Evento de lluvia en la ciudad de Medellín en horas de la tarde del mes de febrero de 2017

# Susceptibilidad vs. Amenaza vs. Riesgo

- **Mapas de incidencia espacial**

**Susceptibilidad:** tendencia de un movimiento en masa a ser generado en el futuro en un área específica (Brad, 1984). Posibilidad de que un fenómeno ocurra en un área de acuerdo con las condiciones locales del terreno, y especifican que factores detonantes tales como precipitación o sismicidad no son considerados (Soeters y van Westen, 1996). Dónde: *Probabilidad espacial*.

- **Mapas de incidencia espacio-temporal y pronóstico**

**Amenaza:** probabilidad de ocurrencia de un potencial fenómeno destructivo dentro de un específico período de tiempo y en una determinada área (Varnes, 1984). Dónde (intensidad)? Cuándo (frecuencia), Magnitud (Volumen). *Probabilidad espacial y temporal*.

- **Mapas de evaluación de las consecuencias**

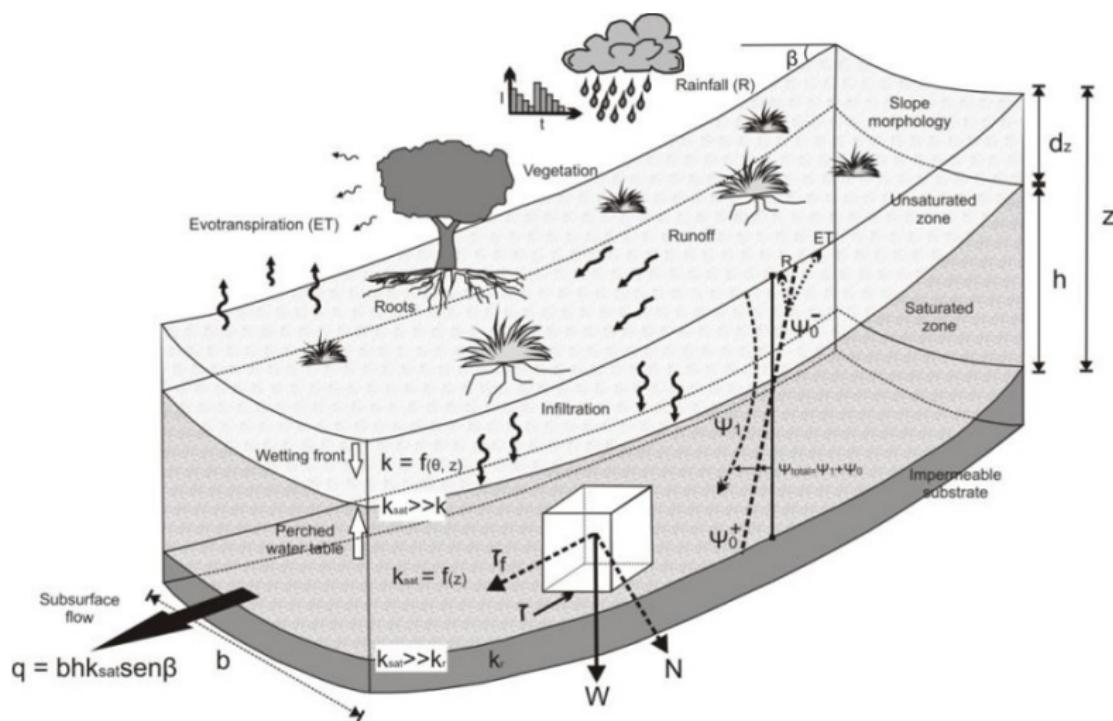
**Riesgo:** Evaluación de las potenciales consecuencias en términos de pérdidas humanas y pérdidas económicas. **Dónde?** (intensidad) **Cuándo?** (frecuencia) **Magnitud** (Volumen) **Cuánto?** (consecuencia)

$$\text{Amenaza} = \text{susceptibilidad} \times \text{factor detonante}$$

Donde? → probabilidad espacial

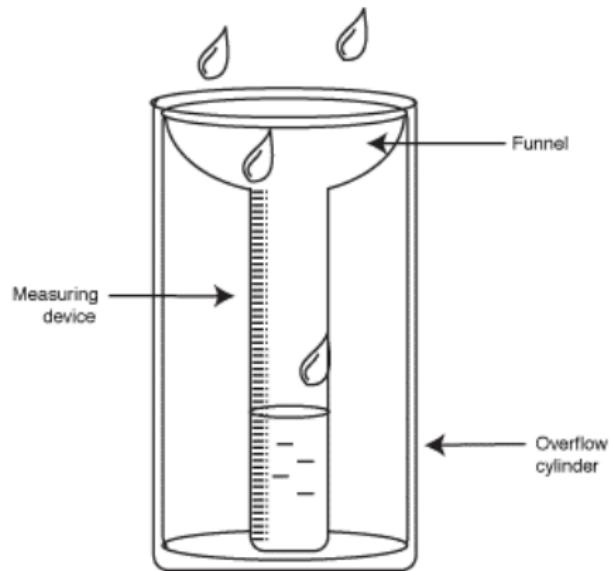
Cuando? → probabilidad temporal

# MenM detonados por lluvia



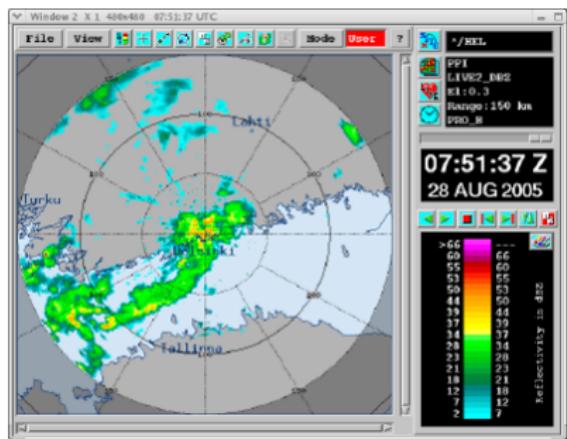
# Cómo se mide la lluvia?

## Pluviómetros



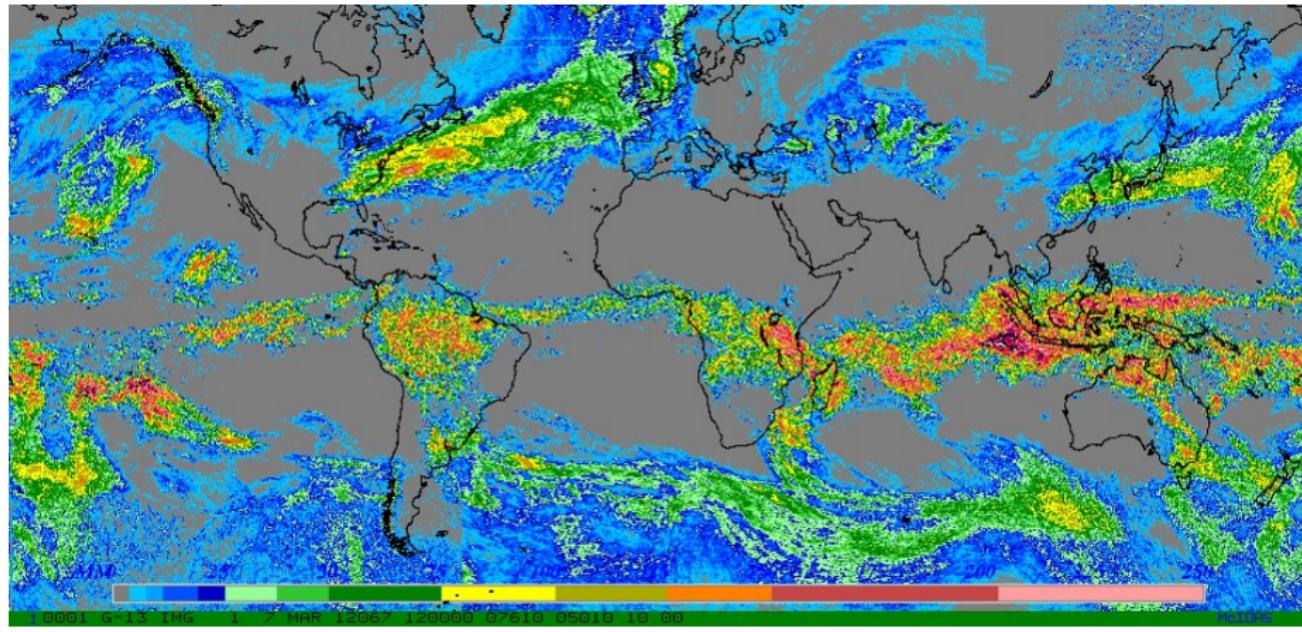
# Cómo se estima la lluvia?

## Radares



# Cómo se estima la lluvia?

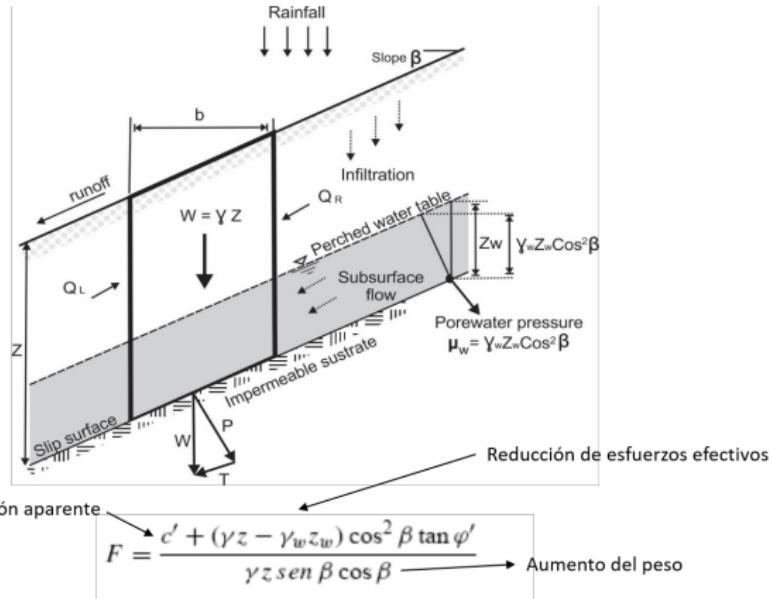
Satélites



# MenM detonados por lluvia

## Definición

soil – slip o debris avalanche: movimientos en masa con superficie de falla planar y paralela a la ladera, pequeño espesor (0,3 – 2 m), área de escarpe pequeña.



Fuente: Hungr et al., (2001); Anderson & Sitar, (1995), Dietrich & Montgomery (1998); Crosta (1998), Aristizábal et al. (2015)

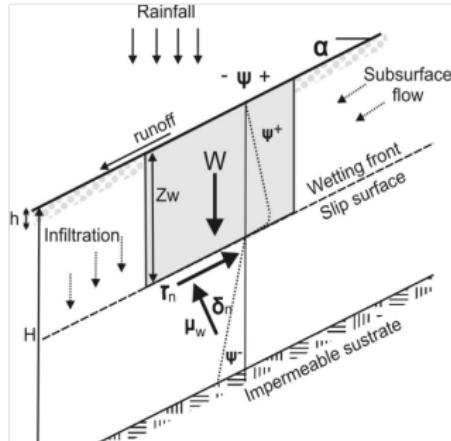
# Mecanismo

## Avance frente húmedo

### Avance de frente húmedo desde la superficie del terreno



Reducción de las **presiones de poros negativas** en condiciones no saturadas donde la falla ocurre por reducción de la succión y la masa en desplazamiento se comporta como un cuerpo semi-rígido: **deslizamientos** (Terlien, 1998).



# Mecanismo

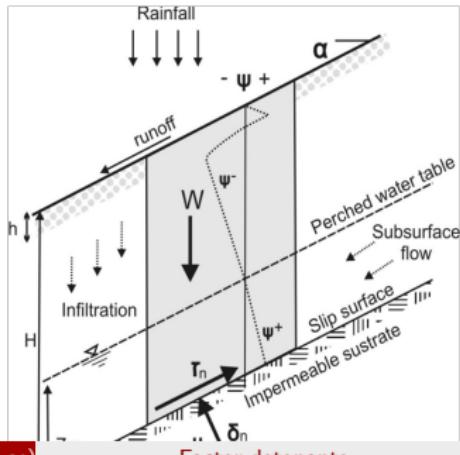
## Formación nivel frático colgado

**Nivel freático colgado** paralelo a la superficie del terreno

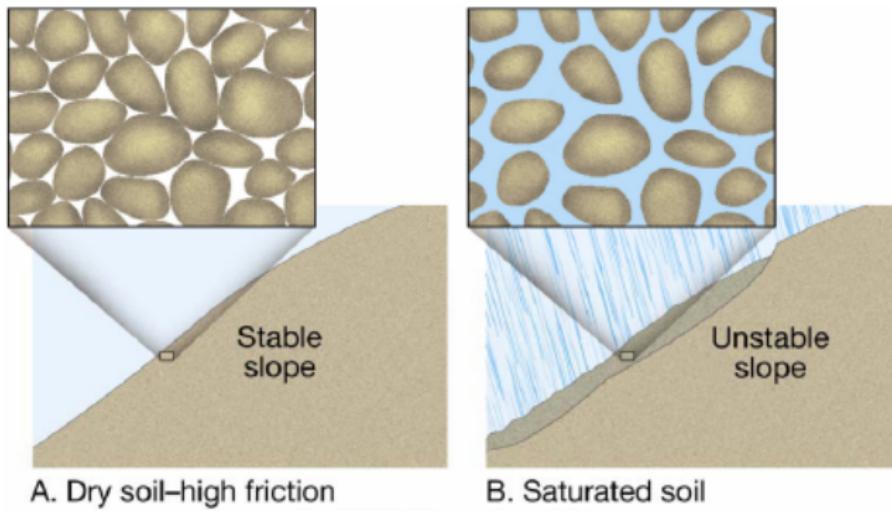


Incremento de **presiones de poros positivas** que por licuefacción o rápida reducción de la resistencia al cortante en condiciones no drenadas genera movimientos tipo **flujos**

(Montgomery & Dietrich, 1998).



# Mecanismo complejo



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Variables

## Conductividad hidráulica

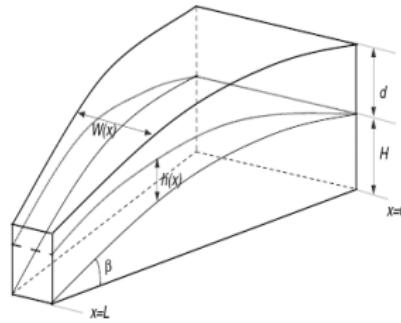
- Pequeñas variaciones en la conductividad hidráulica controlan la localización de la ocurrencia de movimientos en masa.
- Aunque el suelo sea texturalmente homogéneo, existen variaciones en la conductividad hidráulica debido al contenido de agua y la succión.
- Suelos con bajas permeabilidades son mas estables ante eventos cortos de alta intensidad.
- Suelos con altas permeabilidades fallan por acumulación del incremento de las presiones de poros.
- Suelos con altas permeabilidades generan movimientos de masa con mayor capacidad destructiva, movimientos mas rápidos y que viajan mayores distancias.

Fuente: Rahardjo et al., 2007; Rahimi et al., 2010; Wang & Sassa, 2003; Li et al., 2005; Setyo & Liao, 2008; Mukhlisin et al., 2006

# Variables

## Morfología de la ladera

- El perfil longitudinal (cóncavo – recto – convexo) controla la velocidad y cambio del flujo de agua en el suelo.
- El perfil perpendicular (convergente – paralelo – divergente) controla la convergencia topográfica y juega un papel mas importante.
- Convexas - Divergentes. Mas estables
- Cóncavas – Convergentes. Menos estables

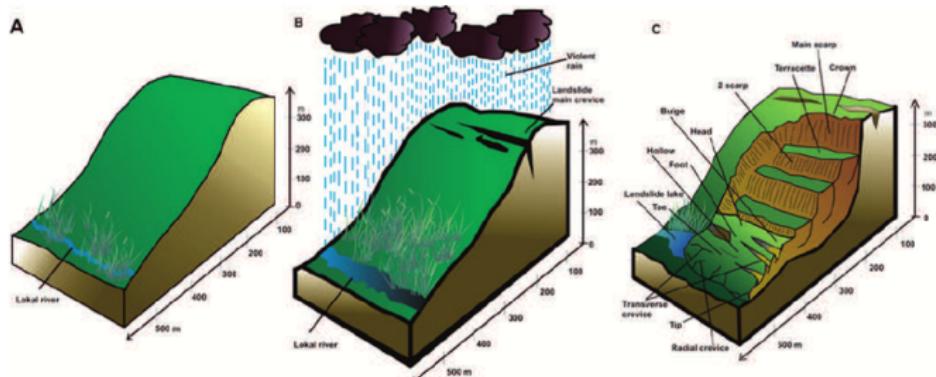


Fuente: Talebi et al., 2008, Borga et al., 2002; Iida, 1999

# Variables

## Lluvia antecedente

- Existe consenso en cuanto a que para suelos con baja permeabilidad, la lluvia antecedente juega un papel importante .
- Los eventos detonados por condiciones de lluvia antecedente tiene superficies de fallas profundas (¿ 6m).

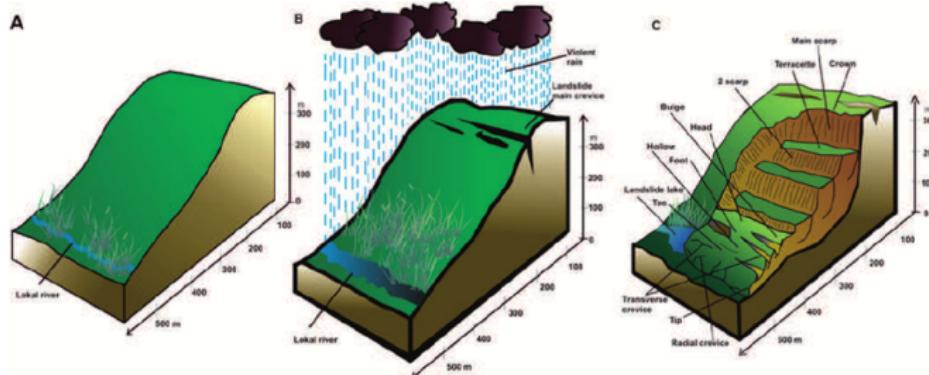


Fuente: Talebi et al., 2008; Borga et al., 2002; Iida, 1999

# Variables

## Intensidad vs Duración

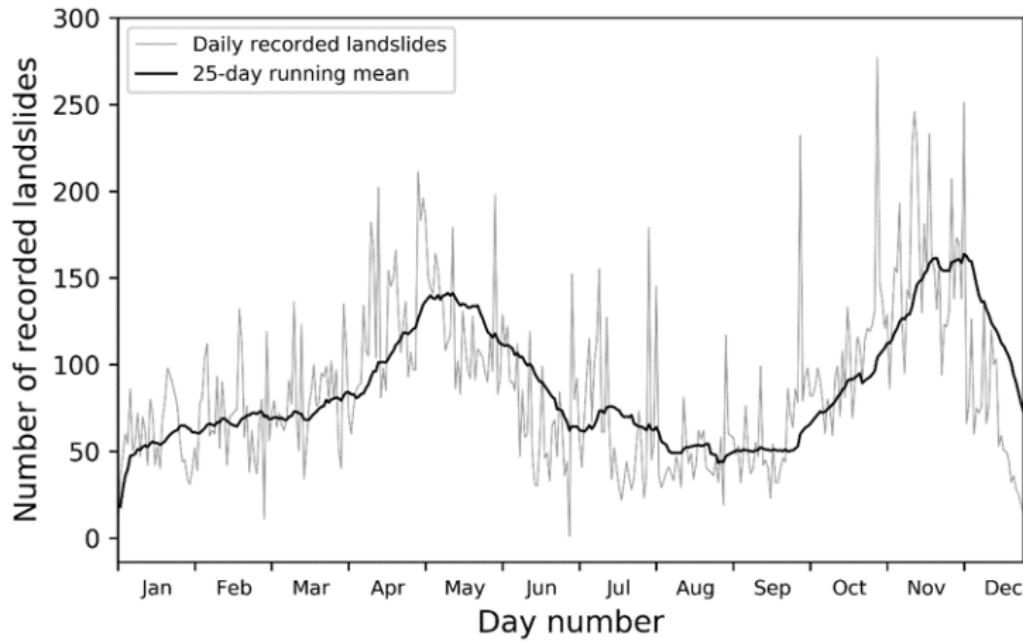
- Eventos muy intensos generan movimientos en masa superficiales.
- Eventos de larga duración e intensidad baja que generan movimientos mucho mas profundos generalmente sobre superficies de fallas pre-existentes.



Fuente: Gostelow (1991) and Iiritano et al. (1998)

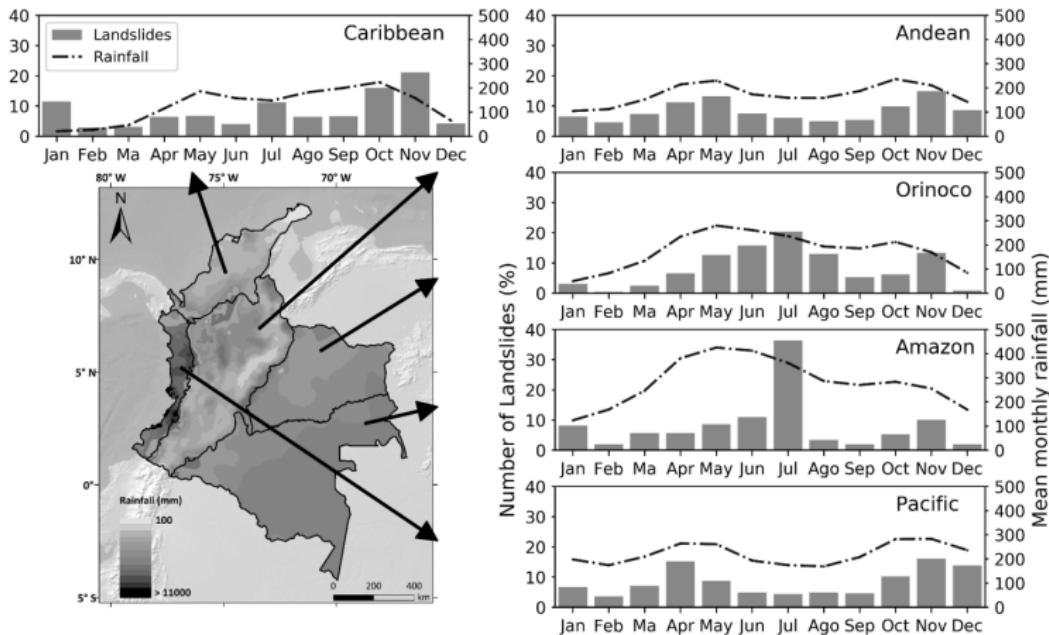
# Cuándo ocurren los MenM?

Ciclo diario anual en Colombia



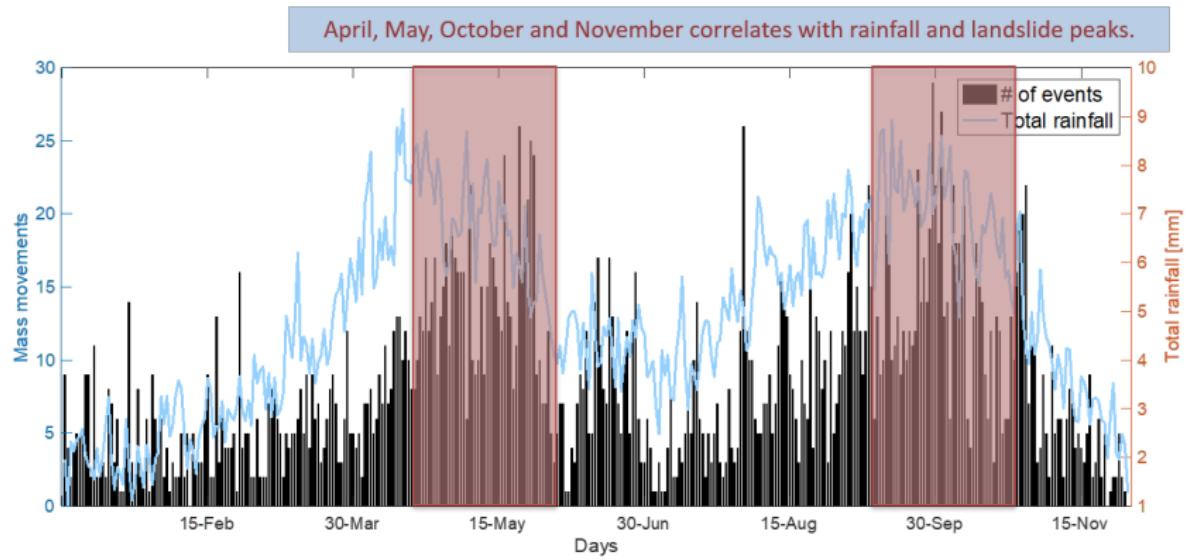
# Cuándo ocurren los MenM?

## Ciclo anual por regiones

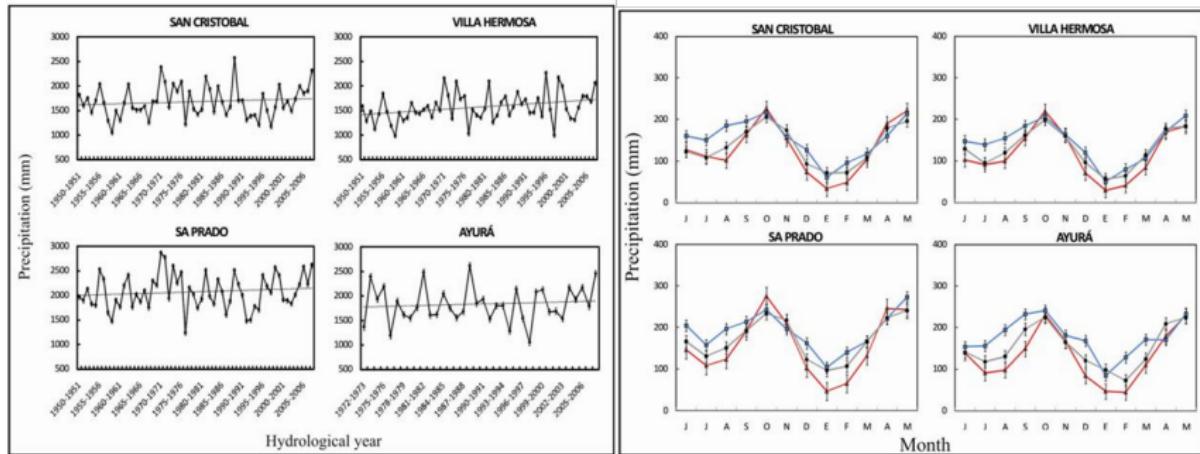


# Cuándo ocurren los MenM?

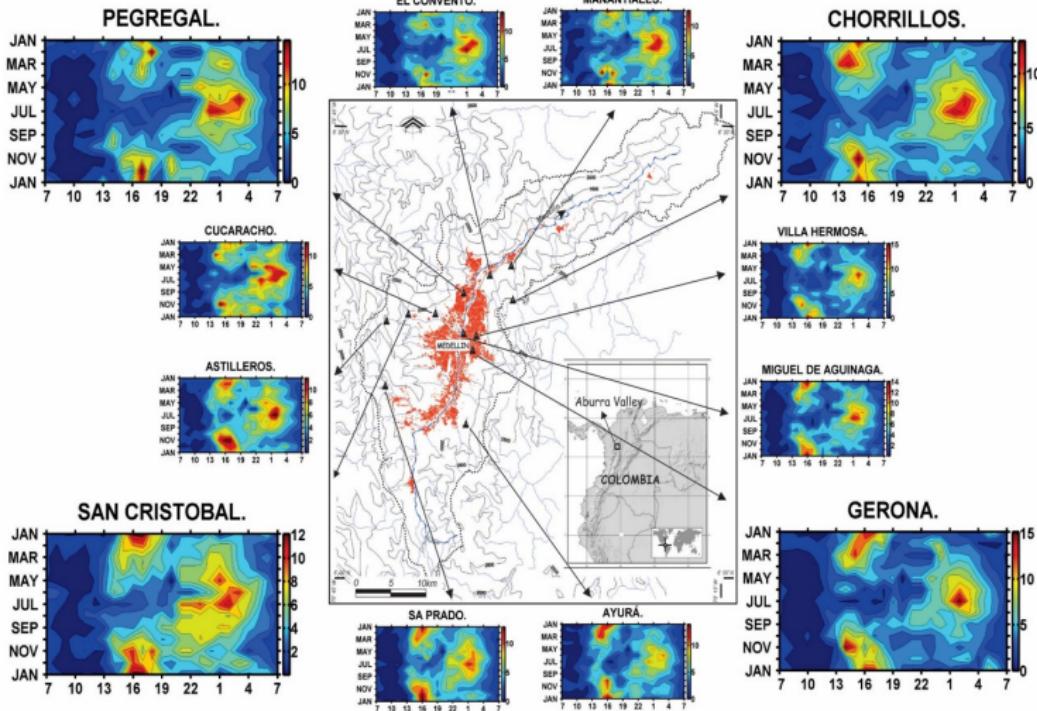
Ciclo diario anual en el VdeA



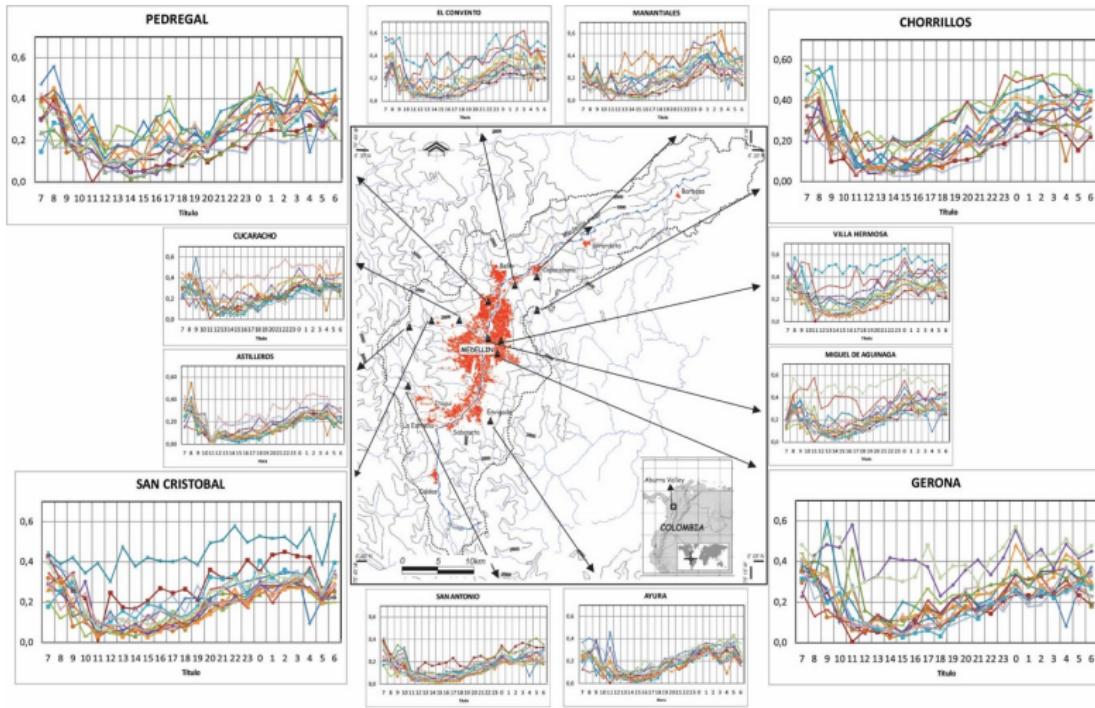
# Cómo llueve en el Valle de Aburrá?



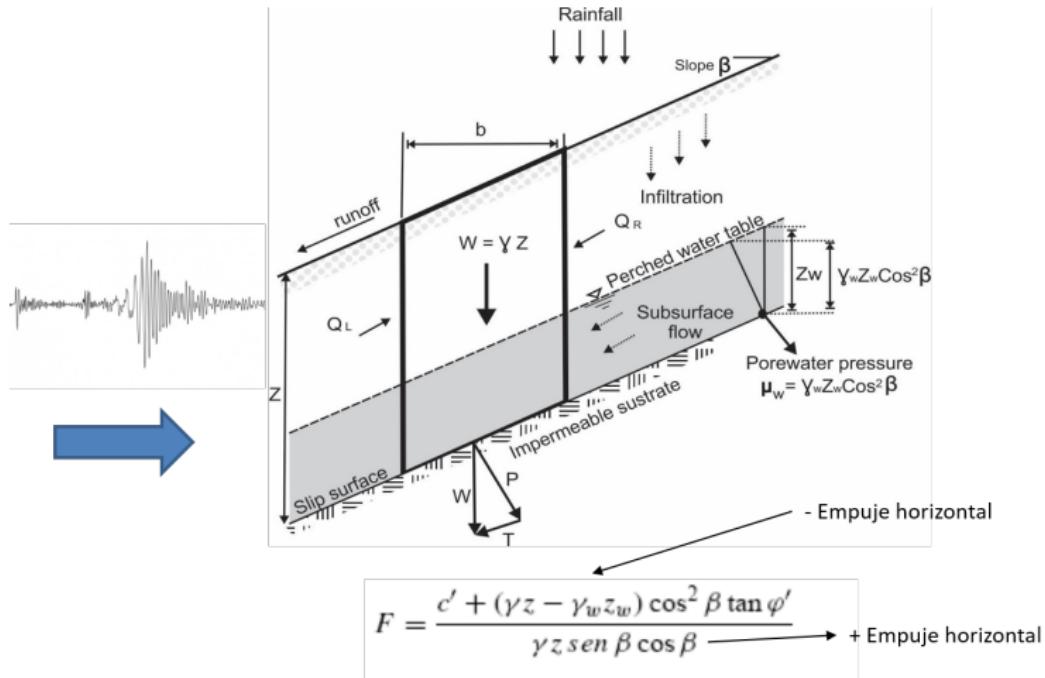
# Cómo llueve en el Valle de Aburrá?



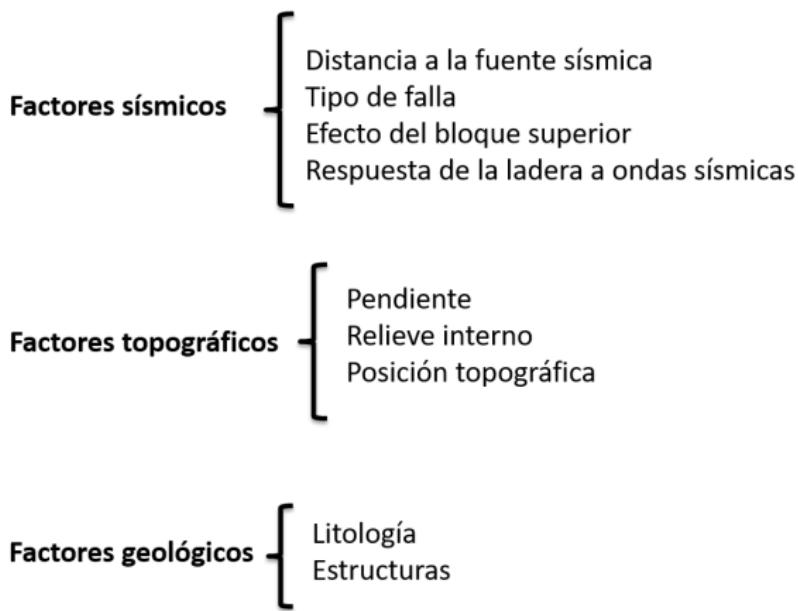
# Cómo llueve en el Valle de Aburrá?



# Factor detonante: Sismo

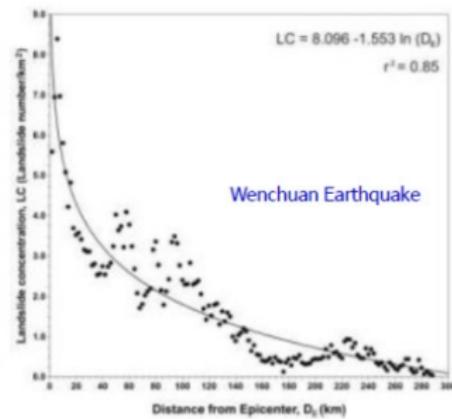
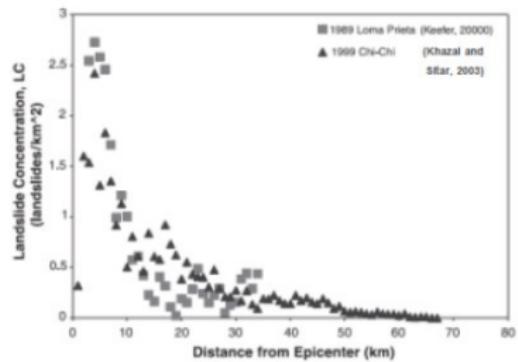


# MenM cosísmicos



# MenM cosímicos

## Distancia al epicentro



# MenM cosímicos

Distancia al epicentro

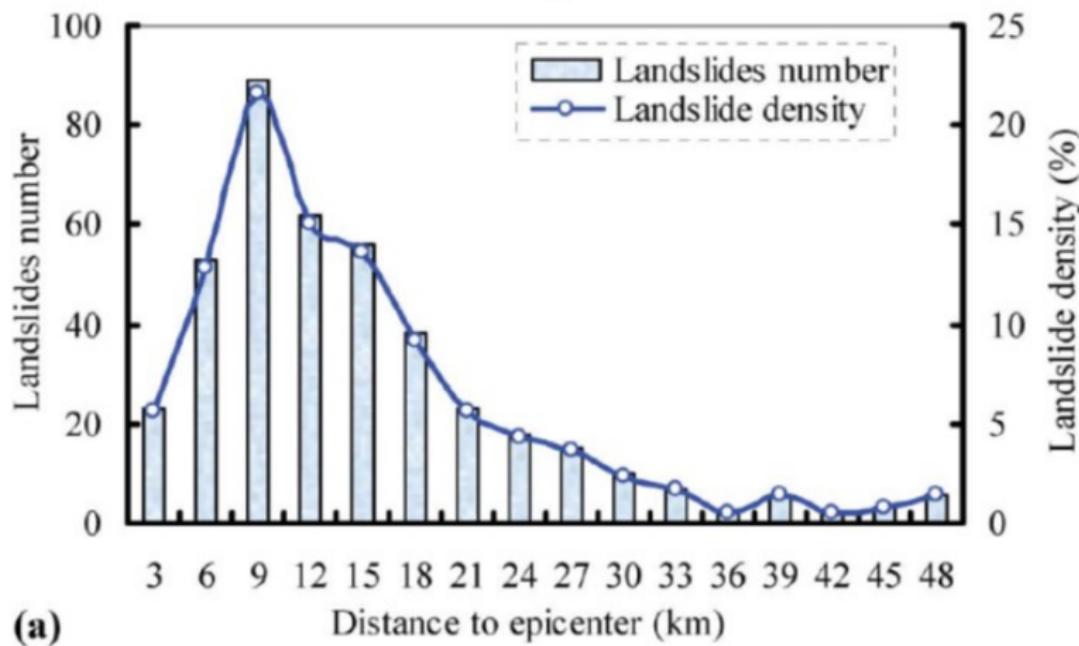


Figure: Sismo de Ludian (China, Agosto 3 de 2014, Mw 6,5)

# MenM cosísmicos

## Tipo de falla

Los movimientos en masa se distribuyeron en una zona mas amplia a lo largo del la falla inversa que en la parte de rumbo.

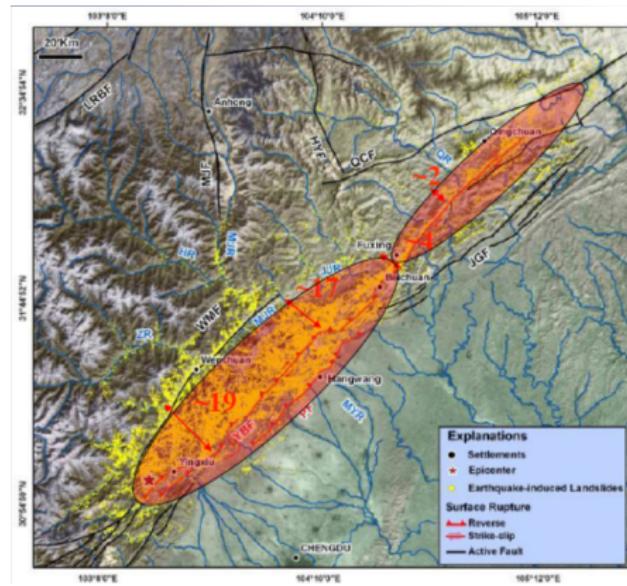
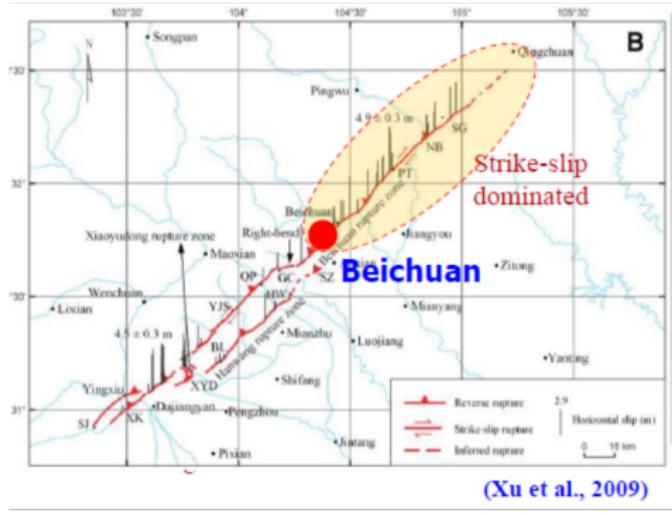
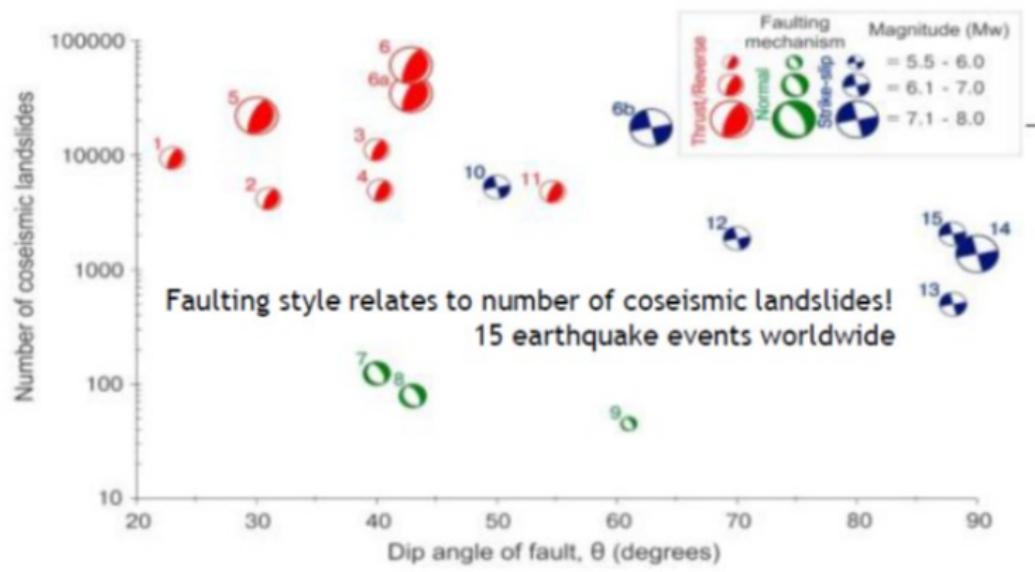


Figure: Sismo de Sichuan (China), Mayo 12 de 2008, Ms 8.0)

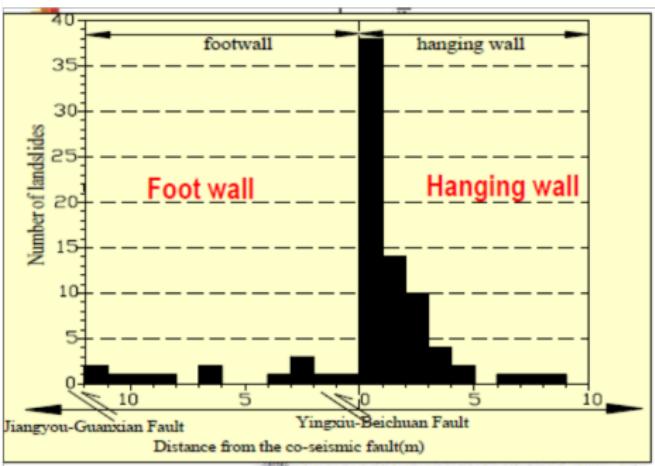
# MenM cosísmicos

## Tipo de falla

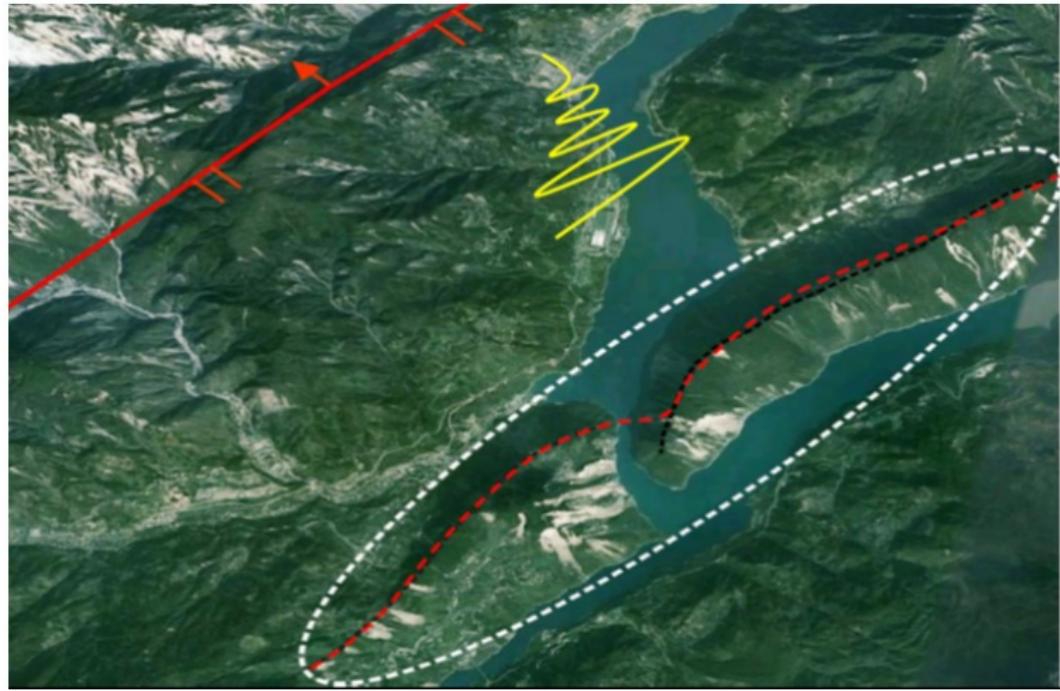


Fuente: LARAM 2015 (Prof. Run-qiu Huang)

# Efecto Hanging-wall

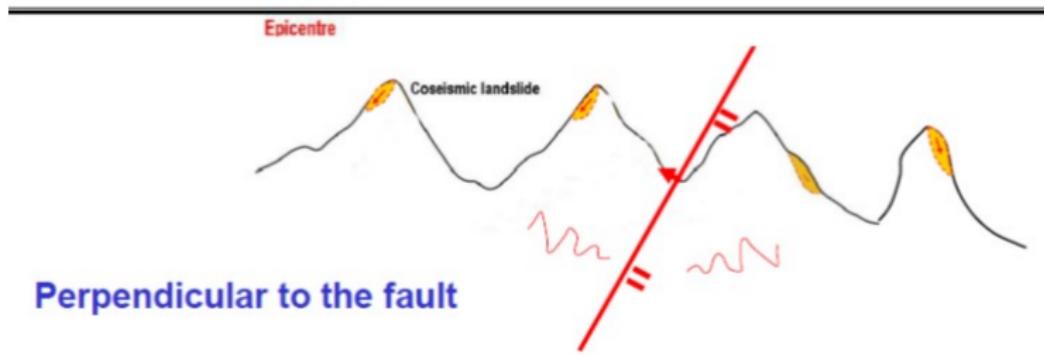


# Efecto dirección



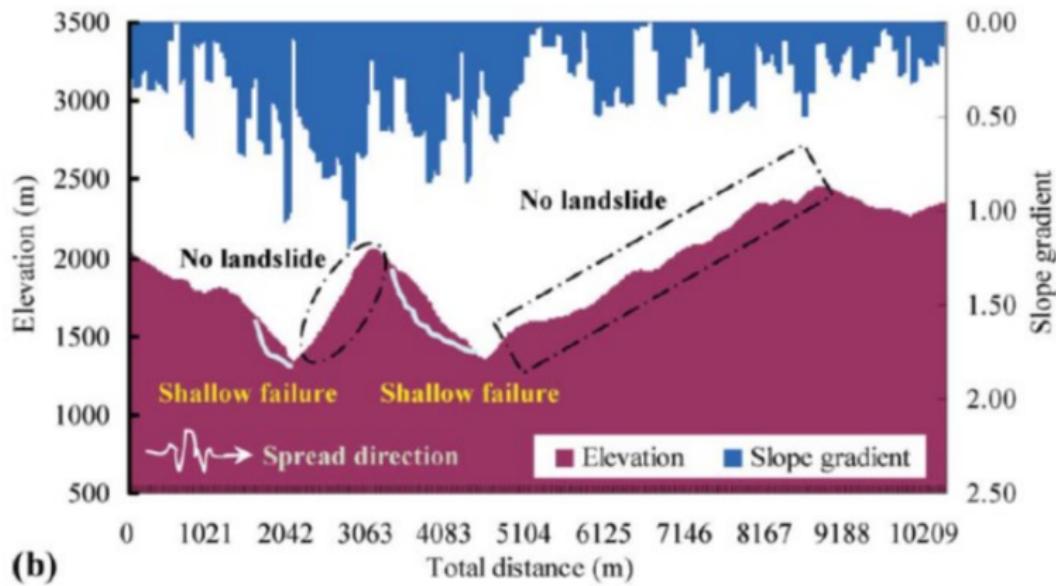
Fuente: LARAM 2015 (Prof. Run-qiu Huang)

# Efecto dirección



Fuente: LARAM 2015 (Prof. Run-qiu Huang)

# Efecto dirección

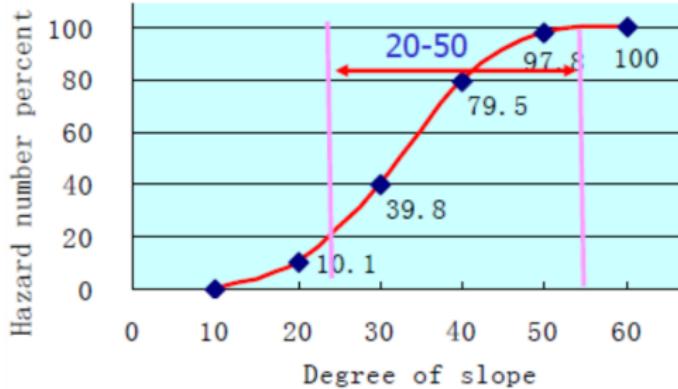


Fuente: LARAM 2015 (Prof. Run-qiu Huang)

# Efecto pendiente

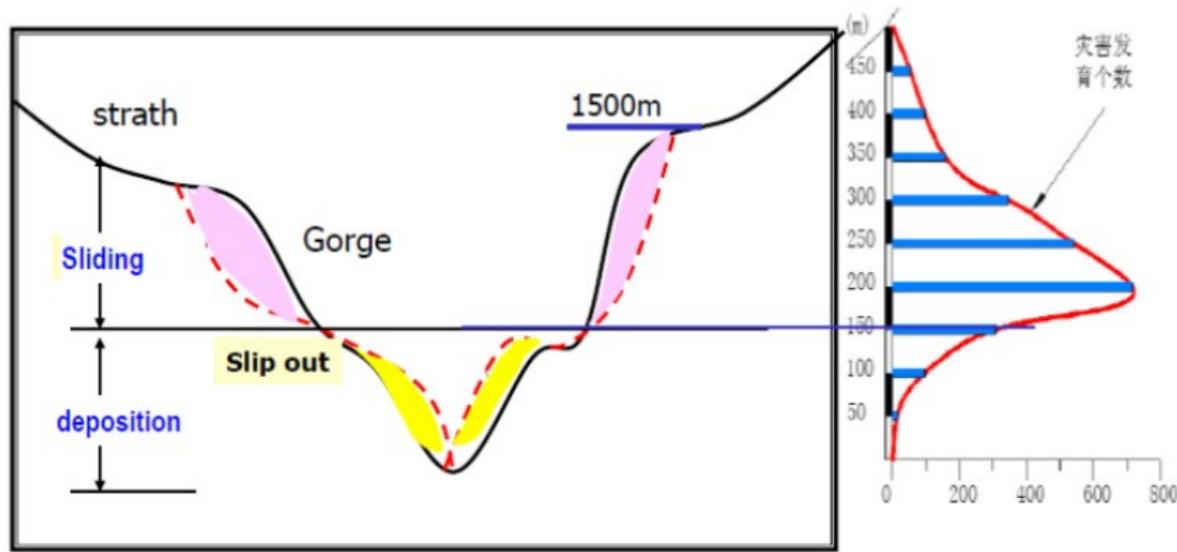
Slope grade (°)	10-20	20-30	30-40	40-50	>50
Area (km <sup>2</sup> )	5632. 67	14603. 37	13984. 80	5048. 27	913. 14
Hazard number	928	2716	3631	1678	200
Hazard percent	10. 14	29. 67	39. 67	18. 33	2. 19
Sensitivity (spot/km <sup>2</sup> )	0. 16	0. 19	0. 26	0. 33	0. 22

87% de los deslizamientos ocurrieron en pendiente entre 20° - 50°



Fuente: LARAM 2015 (Prof. Run-qiu Huang)

# Efecto forma de la pendiente

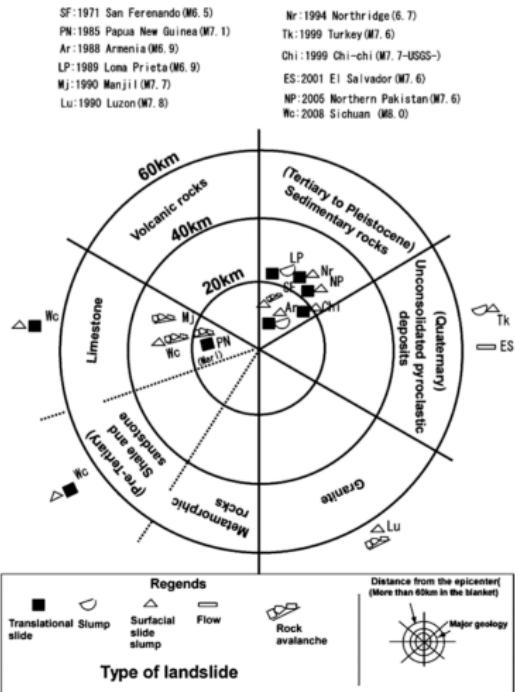


# Efecto forma de la pendiente



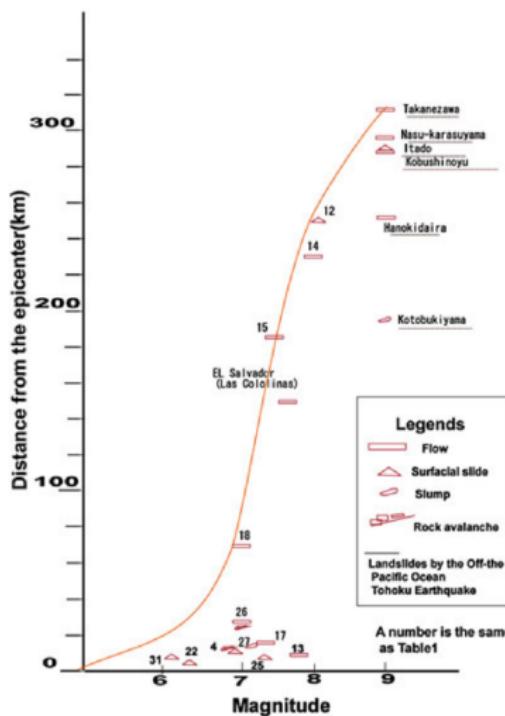
Fuente: LARAM 2015 (Prof. Run-qiu Huang)

# Efecto geología y tipo de MenM



Fuente: Higaki & Abe (2013)

# Efecto geología y tipo de MenM



Fuente: Higaki & Abe (2013)

# Efecto tipo de MenM

