

# Amenaza por flujos de detritos en la Región de Atacama.

Una visión desde la evolución geomorfológica del relieve de la Cordillera de los Andes.

Dr. Germán Aguilar

Universidad de Atacama

Depto. de Geología

[german.aguilar@uda.cl](mailto:german.aguilar@uda.cl)

# Sumario

- ¿Que es un flujo de detritos y porque se producen?
- ¿Cuales son las laderas susceptibles para flujos de detritos?
- ¿Cual es la recurrencia de los flujos de detritos?

Clasificación de tipos de remoción en masa en relación al movimiento que lo origina y el material constituyente de la **ladera**

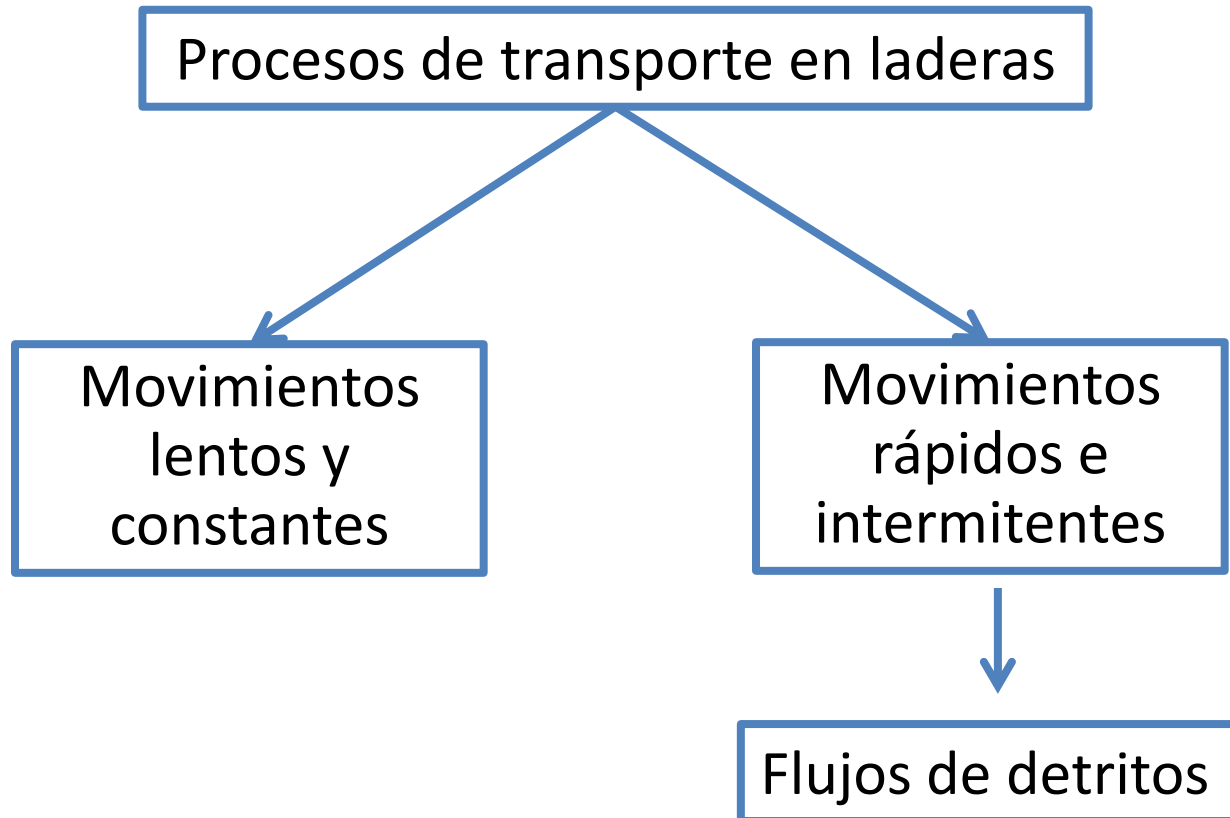
En cualquier caso estamos hablando de procesos geomorfológicos de **laderas**

¿Qué entendemos por **laderas**?  
 ¿Cuáles son las **laderas** susceptibles?  
 ¿Cuál es la situación en la región?

Material	ROCA	DETRITO	SUELO
Tipo de movimiento			
CAIDA			
DESPLAZAMIENTO	Rotacional 	Rotacional 	Rotacional 
	Traslacional (planar) 	Traslacional (planar) 	Traslacional (planar) 
PROPAGACION			
FLUJO			
COMPLEJO			

Fuente: Clasificación utilizada por el British Geological Service, modificada de Varnes (1978) y Cruden y Varnes (1996). Disponible en: [http://www.bgs.ac.uk/landslides/how\\_does\\_BGS\\_classify\\_landslides.html](http://www.bgs.ac.uk/landslides/how_does_BGS_classify_landslides.html)

La fuerza gravitatoria es el factor de primer orden en la dinámica de laderas, pero, los factores climáticos, meteorológicos, sismológicos y biológicos pueden también jugar un importante rol en esta dinámica.



# Movimientos rápidos e intermitentes



**Movimiento en masa** ⇔ Movimiento de mucho sedimento en masa.

El peso es el factor clave para el movimiento.

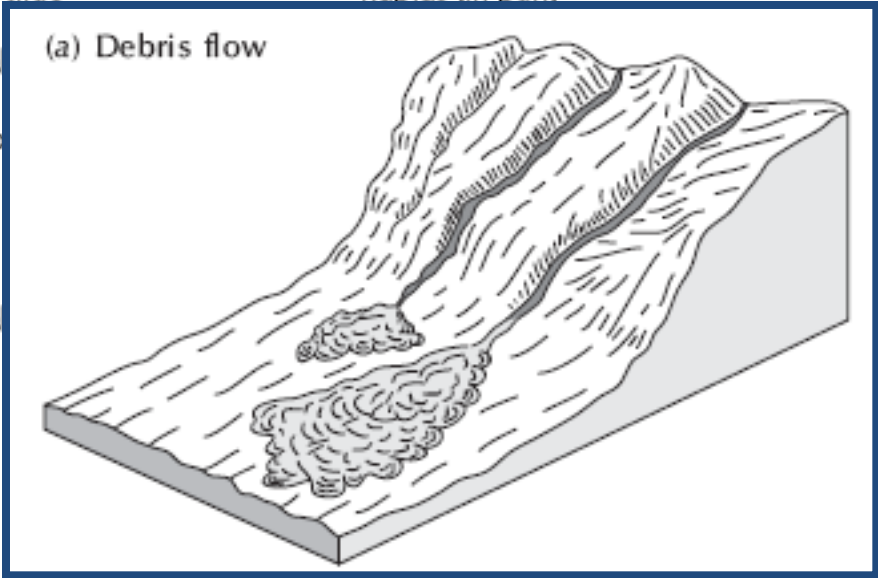


**Movimiento fluido** ⇔ Movimiento individual de granos disperso en un fluido

La acción de fluidos externos (agua, viento) es clave para el movimiento.

**Varnes (1978)**

Main mechanism	Water content					
	Very low	Low	Moderate	High	Very high	Extremely high
Creep		Rock creep Continuous creep				
Flow	Dry flow	Slow earthflow		Solifluction	Rapid earthflow	Mudflow
		Debris avalanche (struzstrom)		Gelifluction	Rainwash	Slush avalanche
		Snow avalanche (slab avalanche)		<b>Debris flow</b>	Sheet wash	Ice flow
		Sluff (small, loose snow avalanche)				Rill wash
Slide (translational)		Debris slide	Debris slide		Rapids (in part)	River flow Lake currents
		Earth slide Debris block slide Earth block slide Rockslide Rock block slide Rock slump	Earth s Debris Earth b			
Slide (rotational)			Debris			
Heave		Soil creep Talus creep	Earth s			
Fall		Rock fall Debris fall (topple)				
		Earth fall (topple)				
Subsidence		Cavity collapse Settlement				

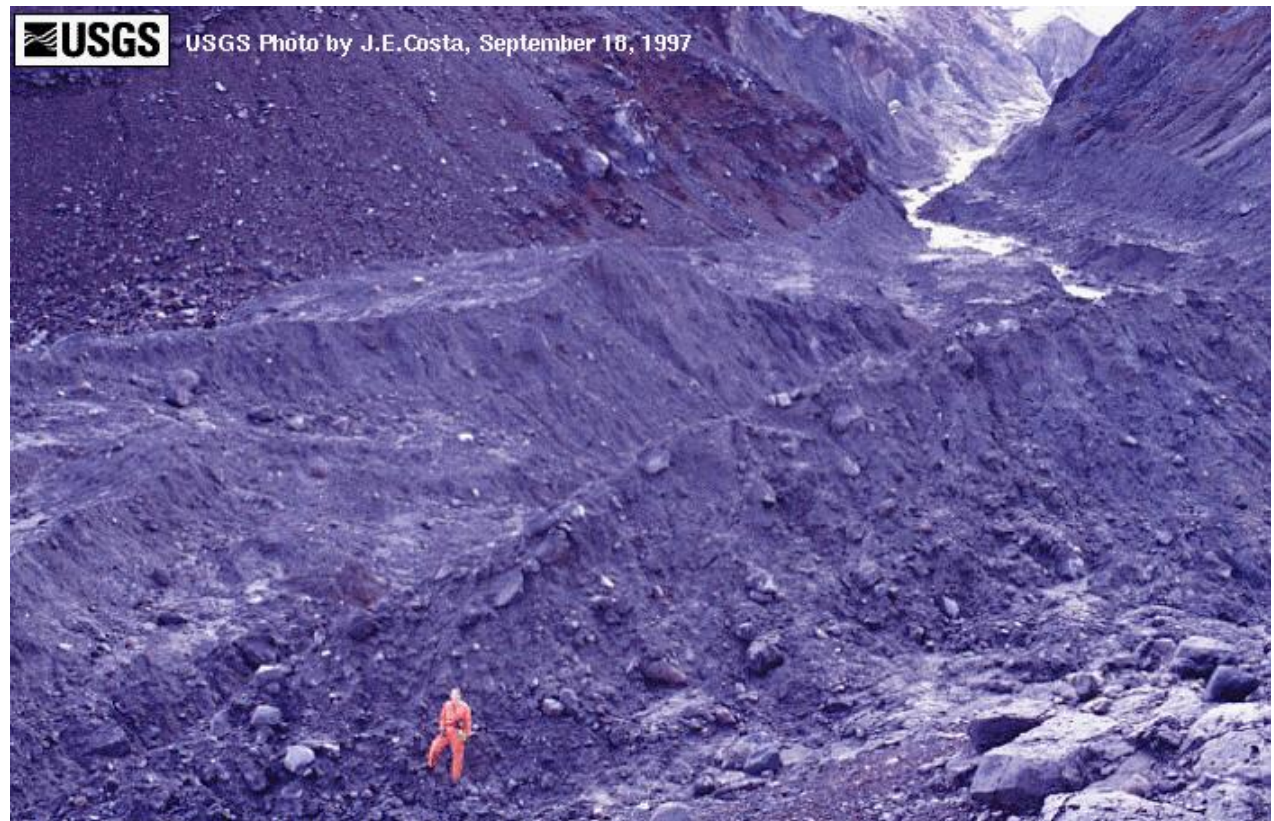


**Movimiento en masa**



**Movimiento Fluido**

Los flujos de detritos, referidos comúnmente como 'aluviones', son remociones en masa que ocurren cuando una masa de sedimentos con mala clasificación, agitados y saturados con agua, se movilizan pendiente abajo como flujos viscosos de sedimentos concentrados (Antinao et al. 2002).



Climas áridos / híperáridos / Corrientes efímeras



**Tiempo para producción de detritos en laderas**

Lluvias torrenciales y esporádica / Deshielos rápidos por alza de T



**Transporte por flujos de detritos en laderas**

Es por ello que se suele catalogarse como un riesgo hidrometeorológicos



# Contexto climático de los Andes semiáridos

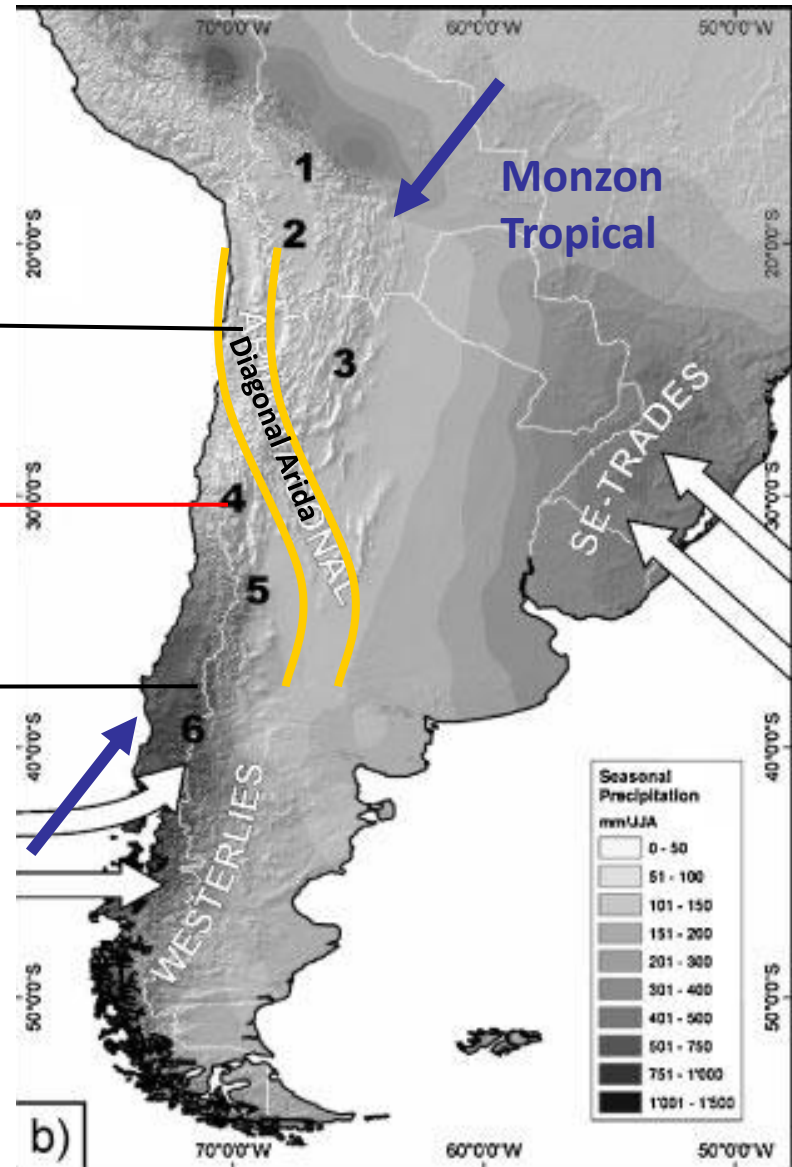
Zona de transición climática entre la dominancia tropical y estratropical

Desierto de Atacama

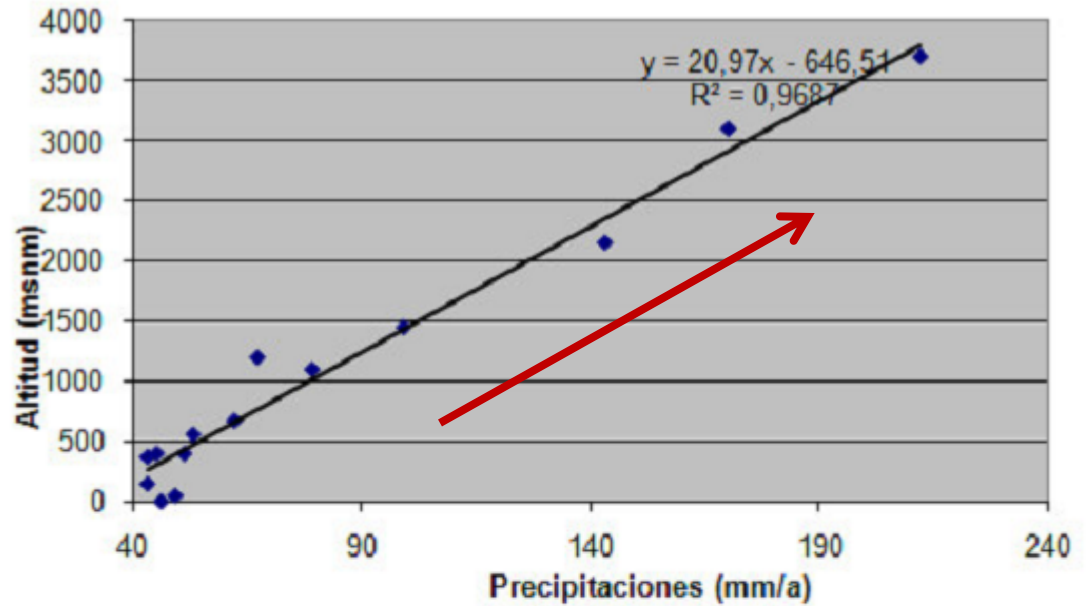
Andes semiáridos

Centro-sur de Chile

Westerlies



# Control orográfico de las precipitaciones



**Aumento de la latitud**

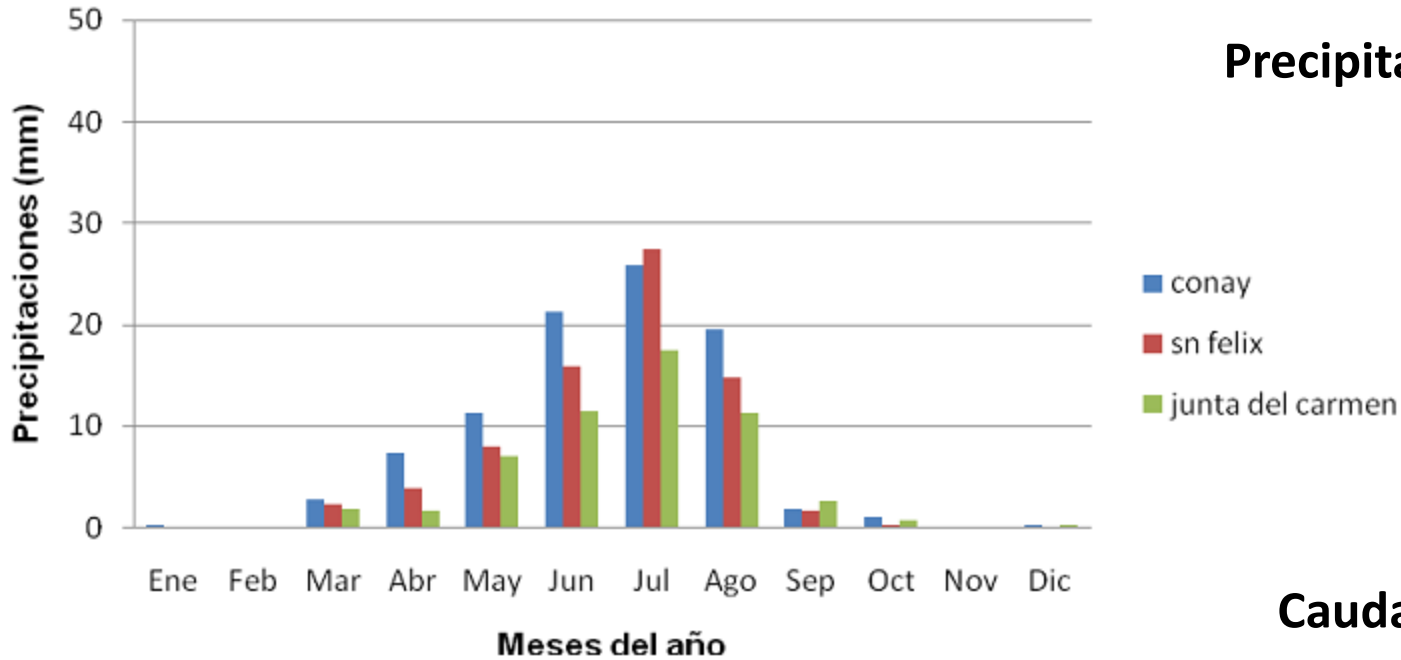


**Aumento de las precipitaciones**

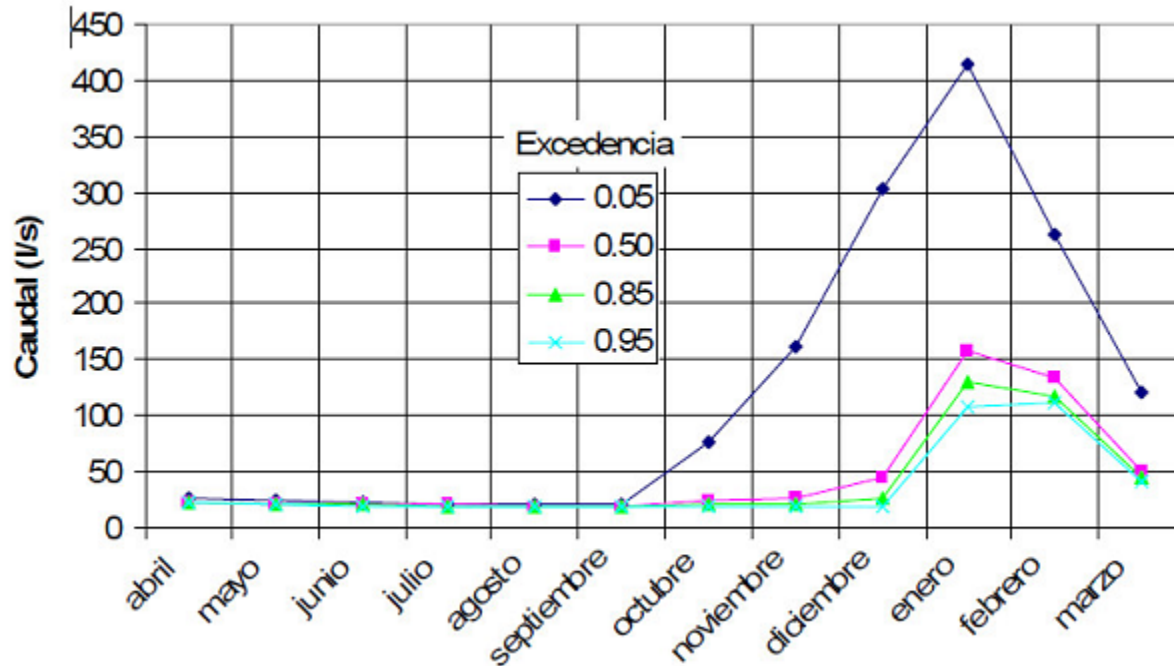


Estaciones	UTM Norte	UTM Este	Altitud (msnm)	P° (mm/a) Media Anual
Santa Juana	6827784	338758	560	53
Vallendar DGA	6838750	330452	373	43
Vallendar DMC	6835009	327246	400	45
La Compañía	6836783	322328	400	51
Freirina	6845621	297713	150	43
Huasco Bajo	6849084	284591	50	49
Huasco	6849054	282958	4	46
San Félix	6798469	357040	1100	79
El Tránsito	6806081	376458	1200	67
Junta del Carmen	6818764	355162	674	62
Conay	6795116	387945	1450	99
Juntas del Toro	6684366	395472	2155	143
La Laguna	6658552	400530	3100	170
El Estrecho	6756177	400196	3700	212

## Precipitaciones invernales



## Caudal mensual Valle el Estrecho



Aumento de hasta el 95% durante el verano



deshielo

Rio de régimen nivel

# El Niño



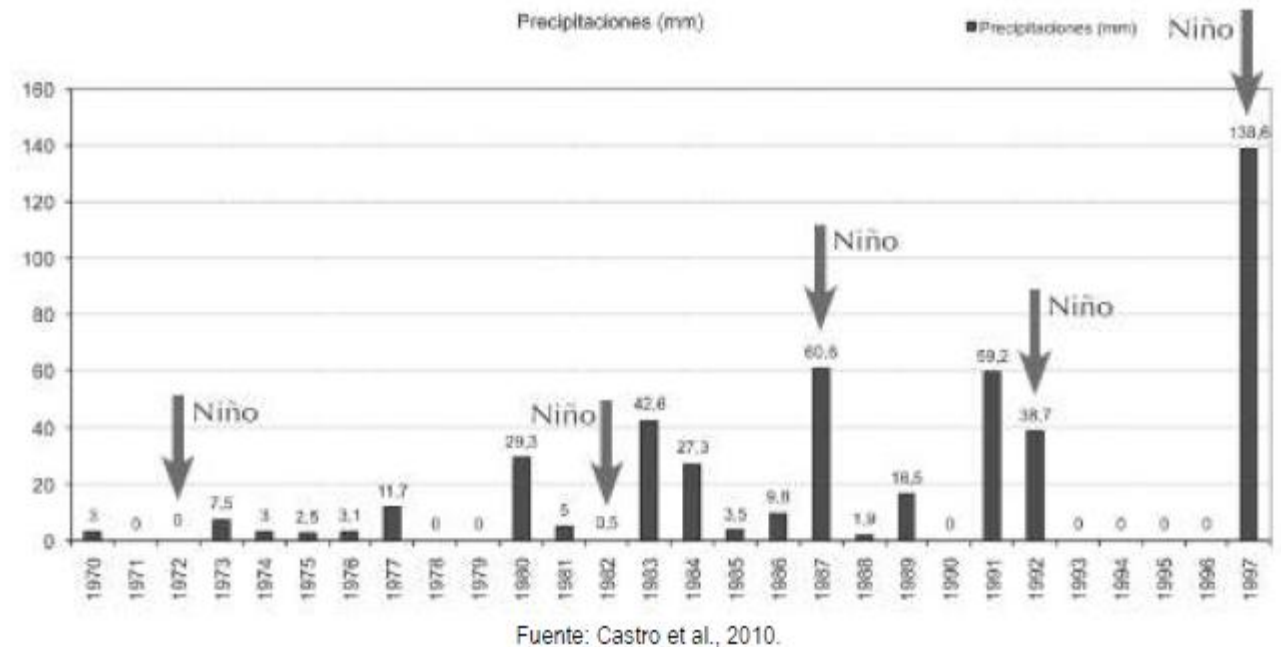
Flujos de detritos durante las lluvias en el año 1999 en Copiapó, sector La Pradera / la Colina (Región Atacama, Chile).

## EFECTO DE "ËL NIÑO"

LUGAR	AUMENTO DE PRECIPITACIONES (*)
Arica, Región I	+ 500%
Antofagasta, Región II	- 100%
<b>Copiapó, Región III</b>	<b>+ 500%</b>
La Serena, Región IV	+ 150%
Valparaíso, Región V	+ 110%
Santiago, Región Metropolitana	+ 134%
Concepción, Región VIII	+ 42%

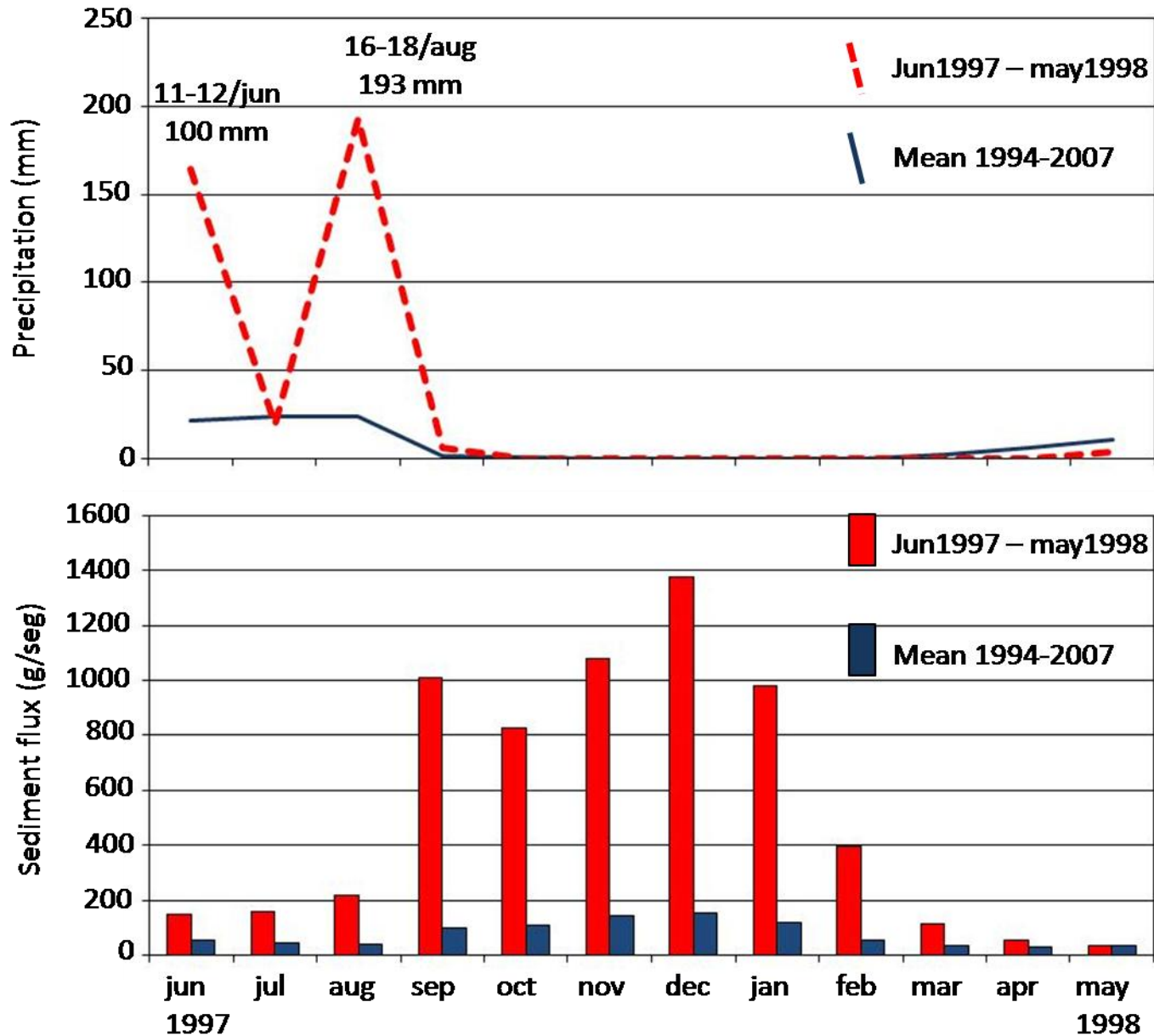
*Fuente:* El Mercurio de Santiago , 20  
Marzo 1998.

# Precipitaciones anuales asociadas al evento El Niño en el Periodo 1970 – 1997, Estación Copiapó (Chamonte)

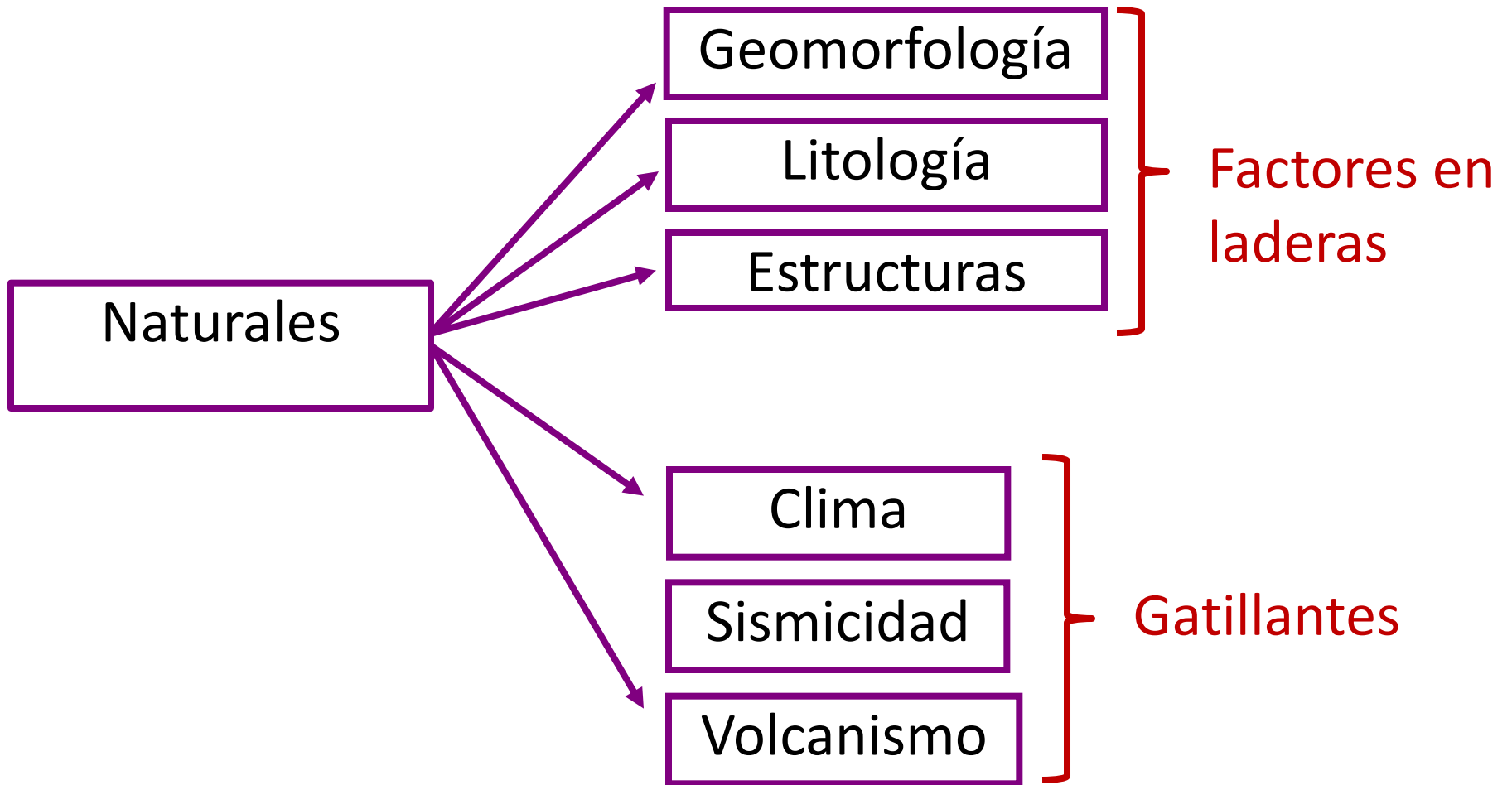


30 mm/día de precipitación es el valor umbral para la formación de flujos de detritos. Periodo de retorno cada 50 años (Castro et al., 2010)

# Comparación de caudal y flujo de sedimentos entre año Niño y el promedio



# En resumen....





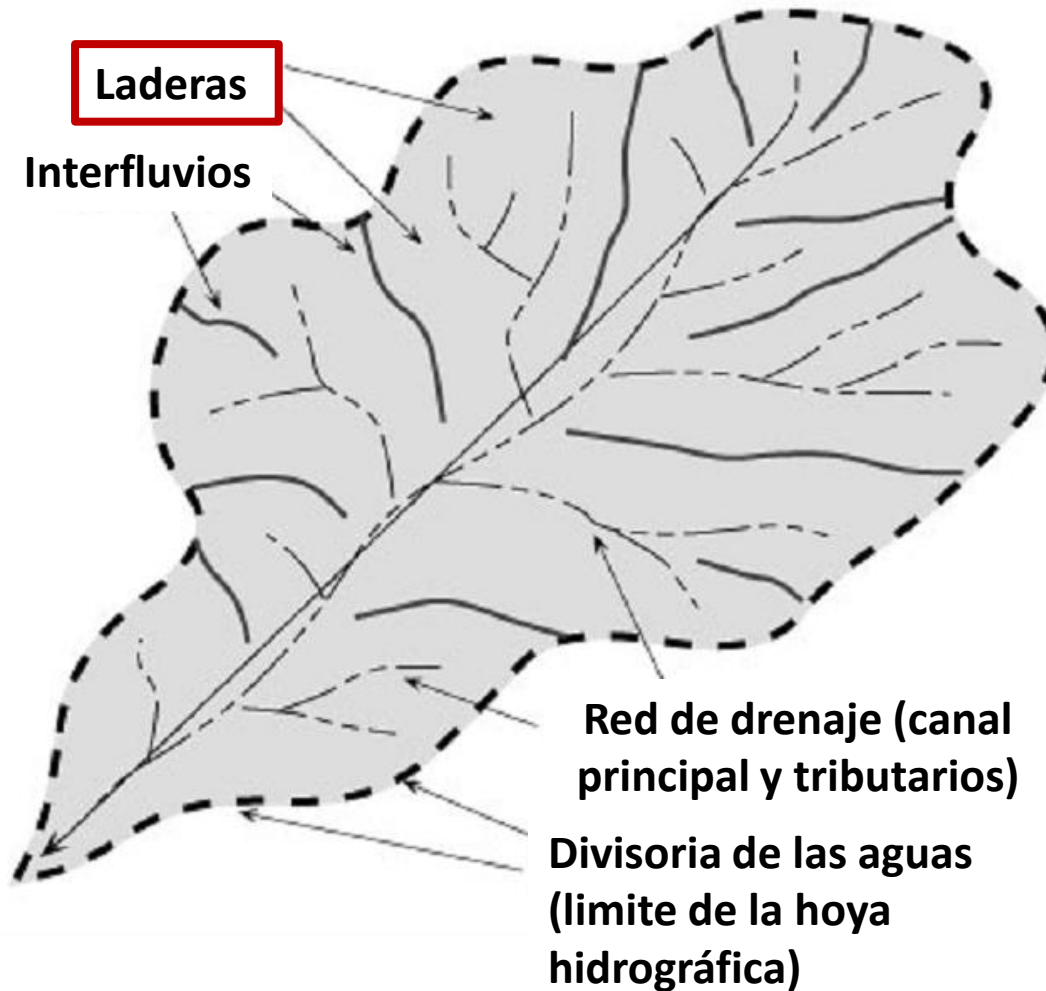
# Sumario

- ¿Que es un flujo de detritos y porque se producen?
- ¿Cuales son las laderas susceptibles para flujos de detritos?
- ¿Cual es la recurrencia de los flujos de detritos?

# ¿Qué entendemos por laderas?



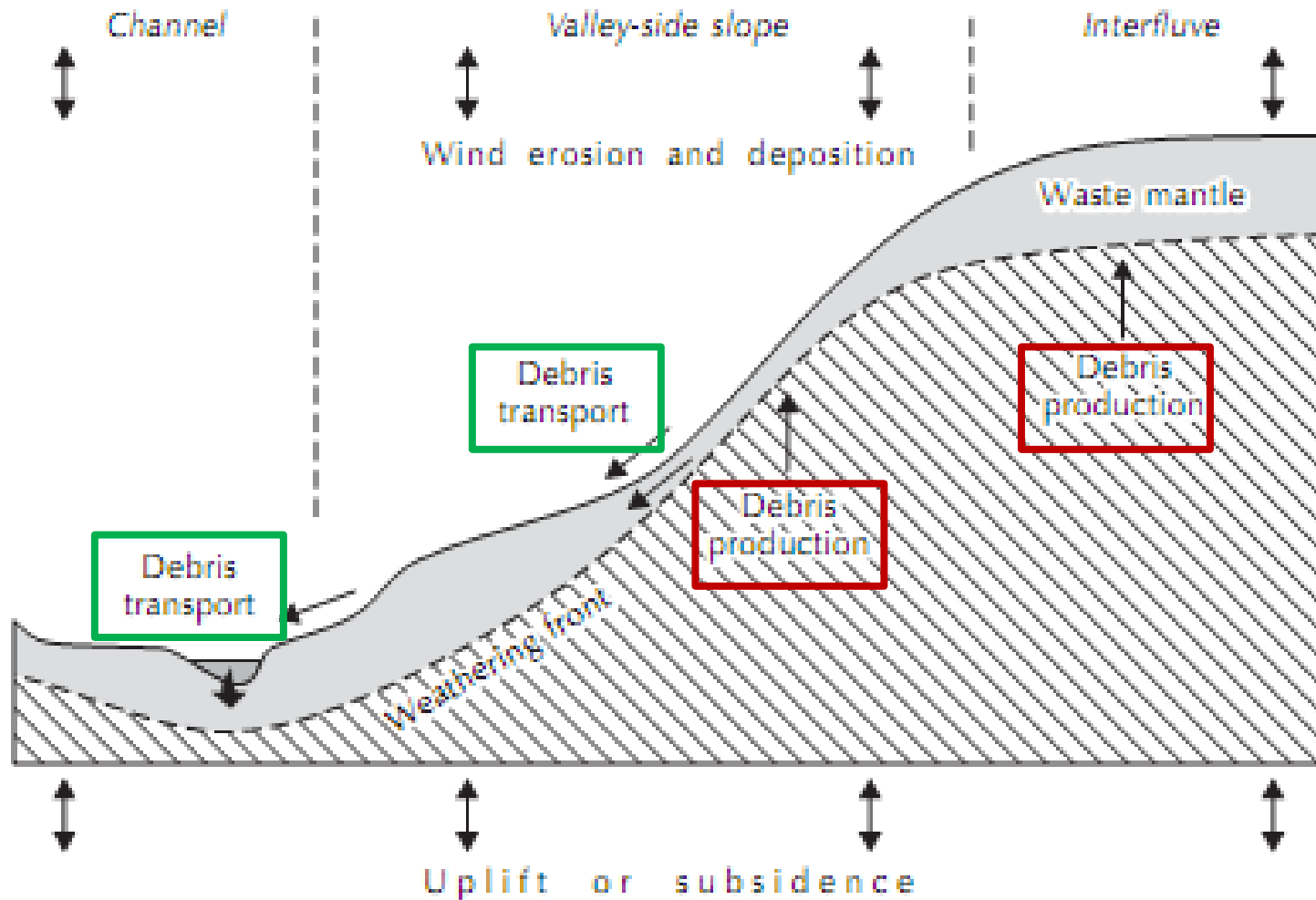
# Elementos geomorfológicos de un sistema fluvial

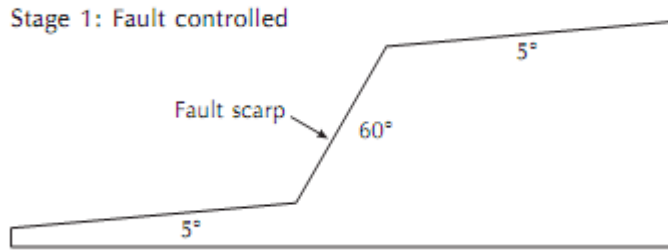


## Factores que favorecen la formación de flujos de detritos en laderas

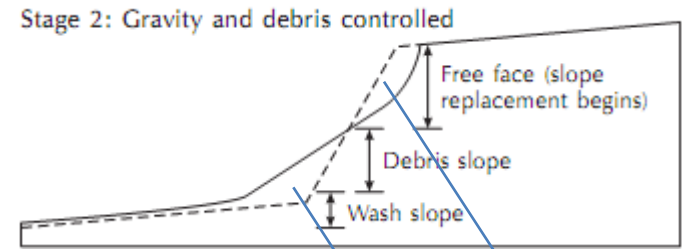
- Meteorización que favorezca el aporte de materiales detríticos a los cauces y quebradas.
- Suelos inestables.
- Acumulaciones de suelos sobre una quebrada.
- Pendiente acentuada de laderas y los cauces de las quebradas.
- Escasa vegetación que dé protección de laderas y retarde el desplazamiento de las aguas superficiales.
- Quebradas o cursos de agua donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.

# Formas (perfiles) de laderas y procesos de transporte en laderas



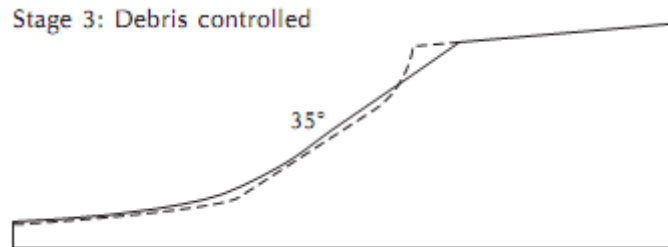


Pendiente ⇔ 50-70°  
Movimientos en masa

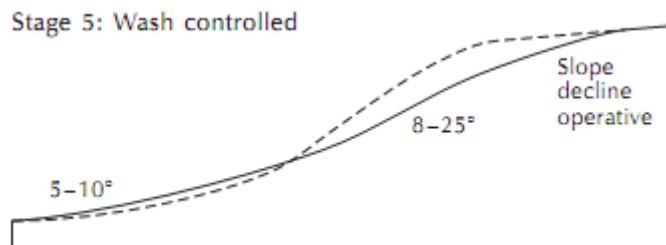
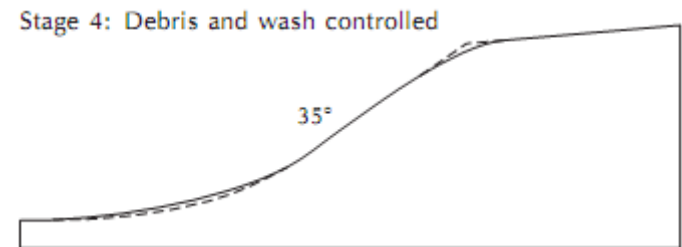


Erosión

Acumulación



Pendiente ⇔ 35°  
Angulo de reposos de detritos



Wallace (1977)

## Pendiente media de una cuenca

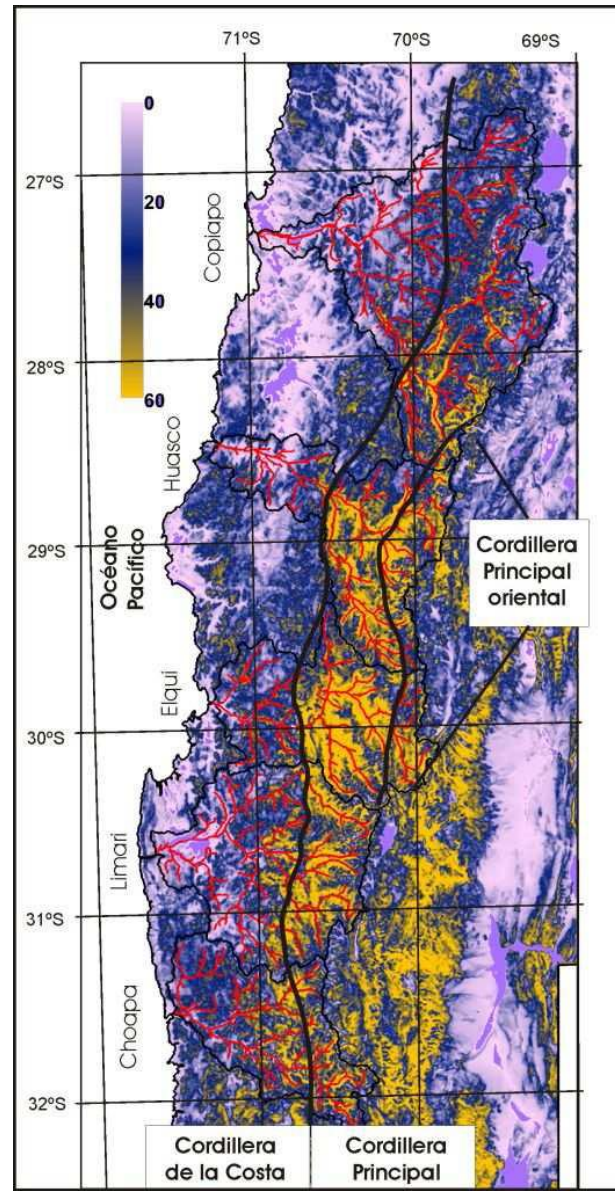
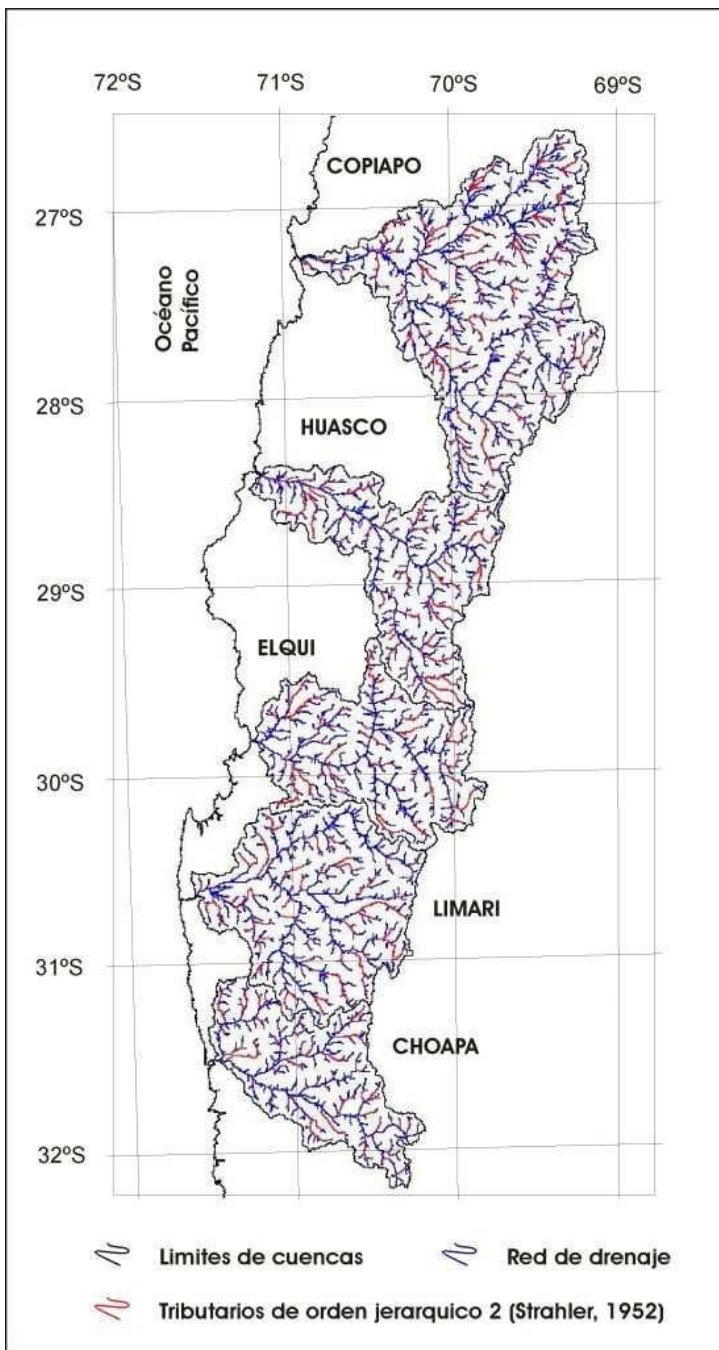
Indicador morfométrico que puede asociarse al efecto de los factores climáticos y tectónicos en la formación y degradación del relieve

Bajos valores de pendiente ⇔ predominancia de superficies de bajo relieve escasamente degradadas por la incisión de los sistemas fluviales.

- Propenso a la formación de flujos de detritos

Altos valores de pendiente ⇔ Indican un relieve escarpado y seccionado por los sistemas fluviales

+ Propenso a la formación de flujos de detritos



**Mapa de pendiente del semiárido**



# Tasas de erosión a largo plazo mediante el estudio de isotopos cosmogénicos en sedimentos

Revelar la historia de erosion en base a los sedimentos aluviales



Colaboración entre

Université de Toulouse (Francia)

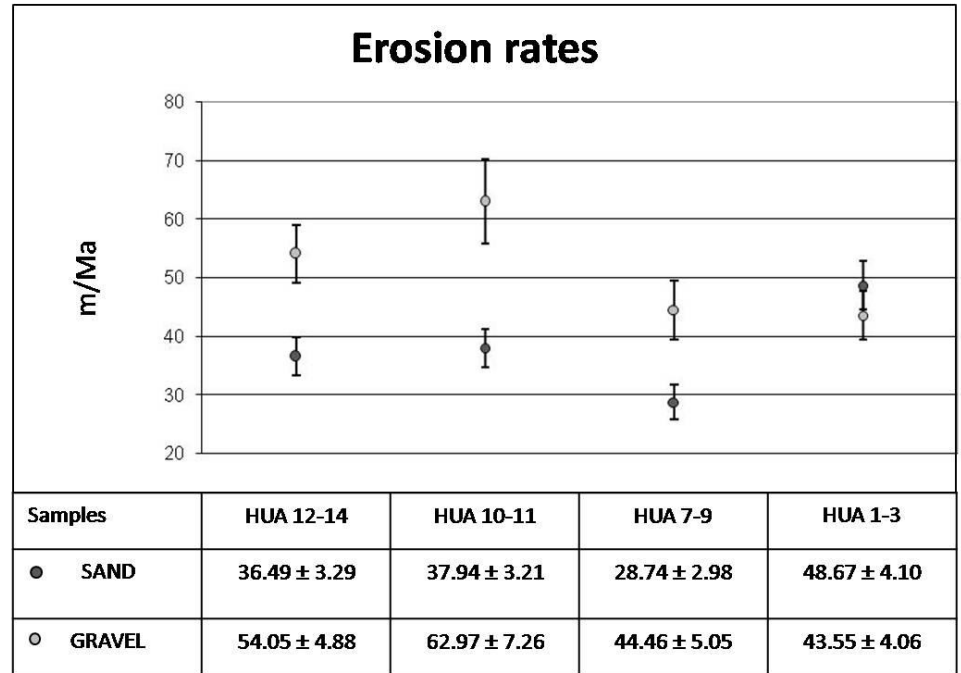
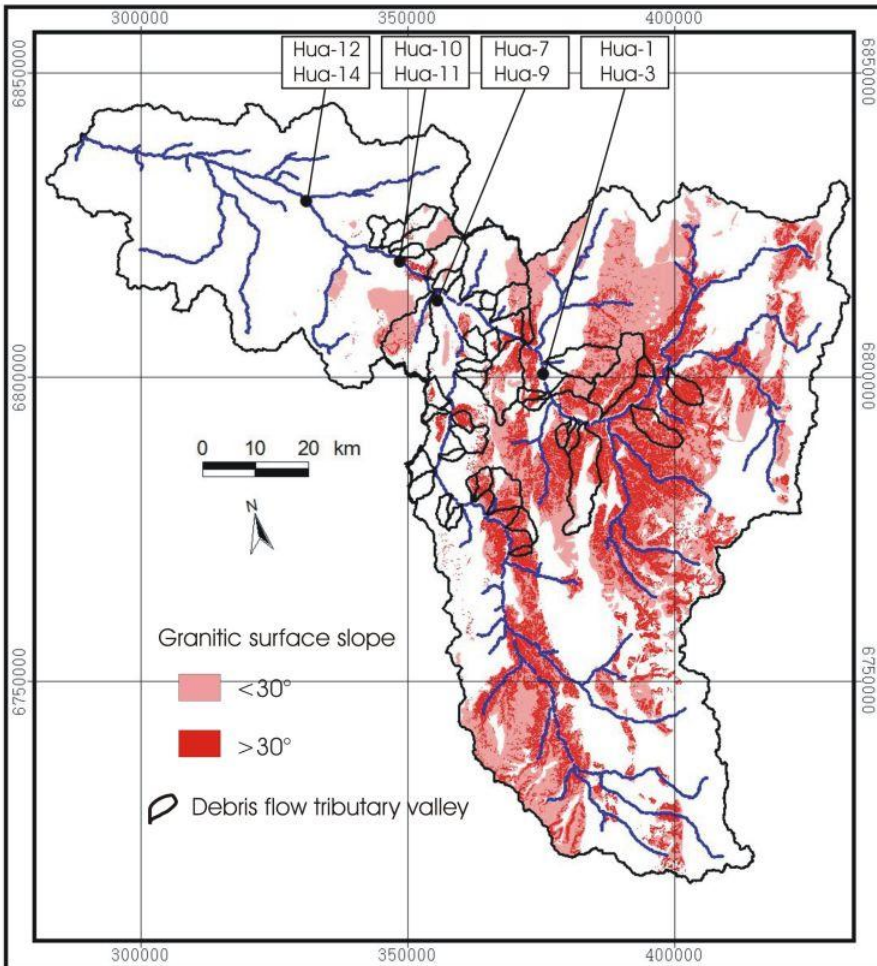
Universidad Catolica del Norte (Antofagasta)

Universidad de Atacama (Copiapó)

Universida de Chile (Santiago)

# En la Cuenca del Huasco

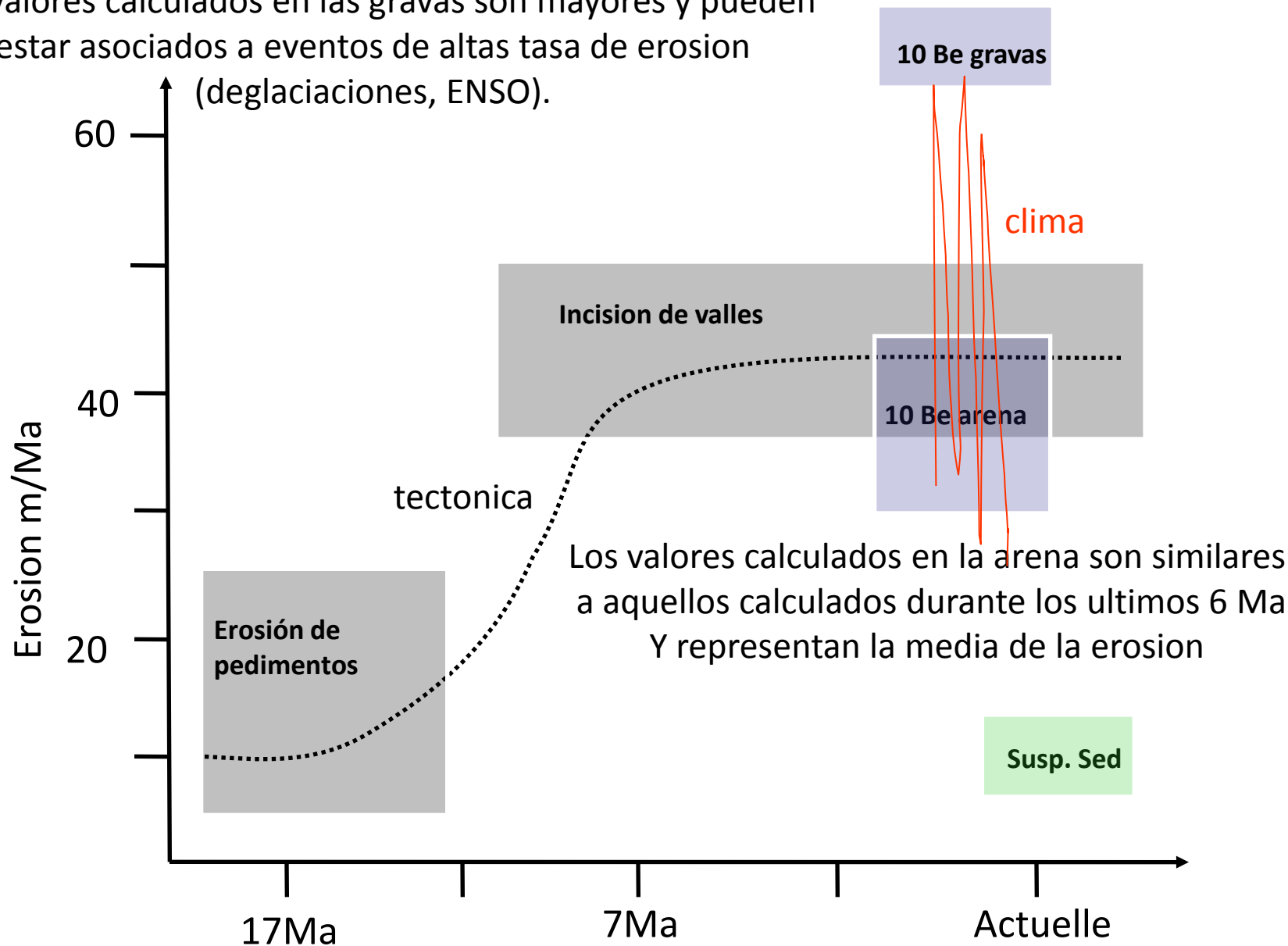
Tasas de erosión a corto plazo : 4 m/Ma  
 Tasas de erosión a largo plazo : 30 – 70 m/Ma



Zonas con pendiente mayor a  $30^\circ$  y donde se registran evidencias geomorfológicas de recurrencia de flujos de detritos presentan mayores tasas de erosión a largo plazo

# Tasas de erosión en función del periodo de tiempo considerado.

Los valores calculados en las gravas son mayores y pueden estar asociados a eventos de altas tasa de erosión (deglaciaciones, ENSO).



# Sumario

- ¿Que es un flujo de detritos y porque se producen?
- ¿Cuales son las laderas susceptibles para flujos de detritos?
- ¿Cual es la recurrencia de los flujos de detritos?

**Información histórica** ⇔ Escasa por lo que no existe un registro adecuado para realizar un análisis de riesgo

**Información prehistórica** ⇔ Mediante la datación de depósitos generados por flujos de detritos

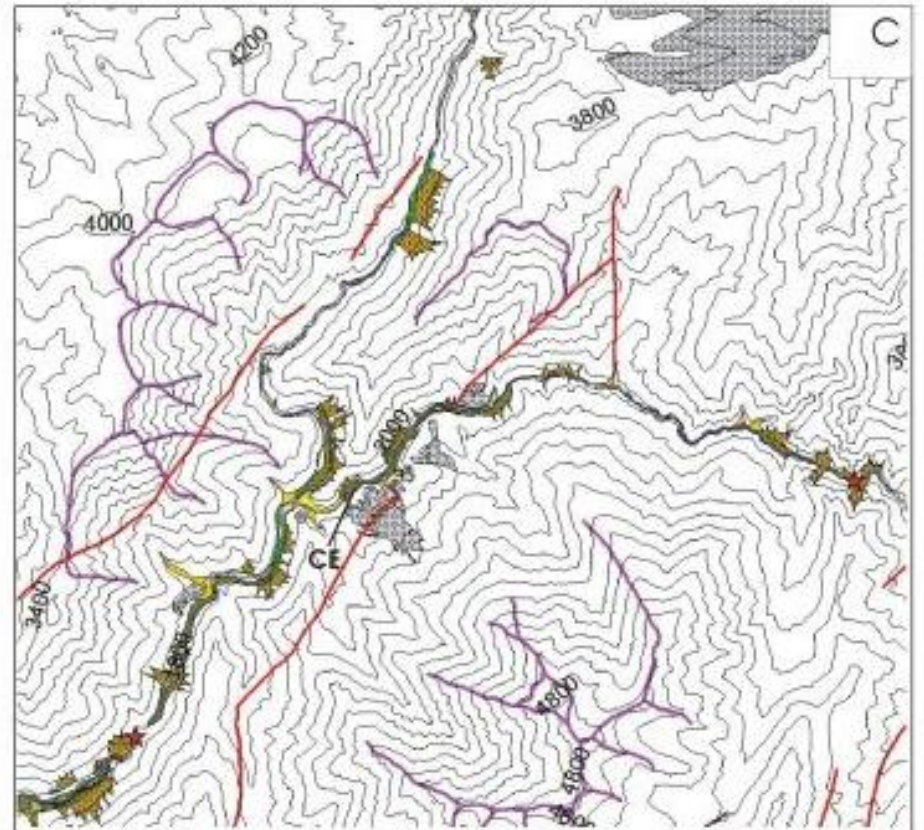
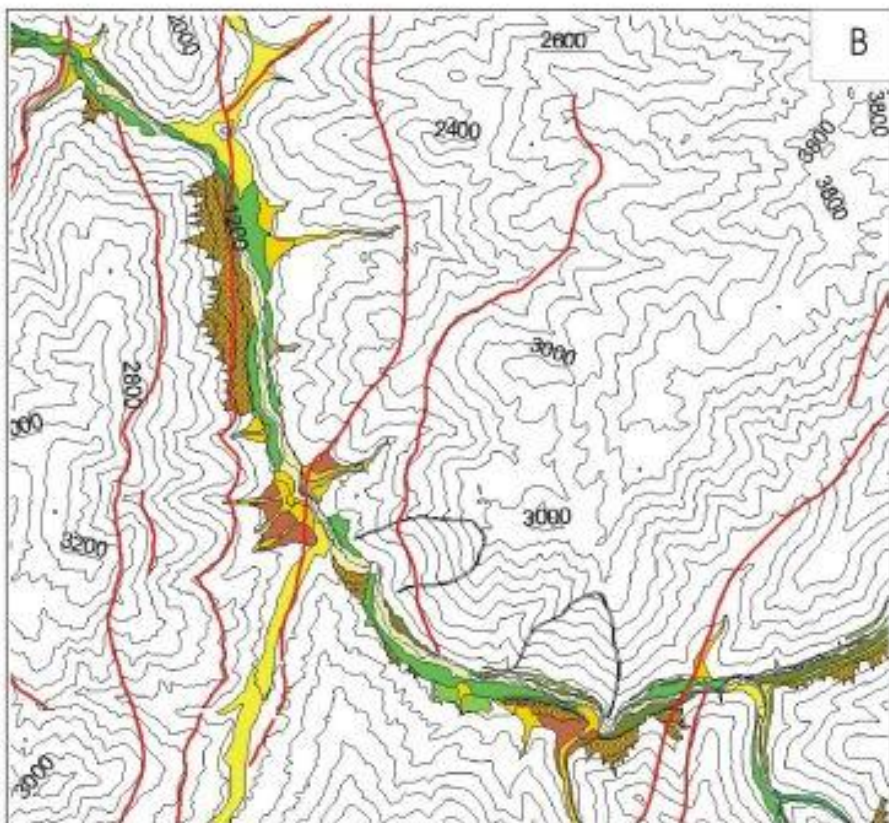
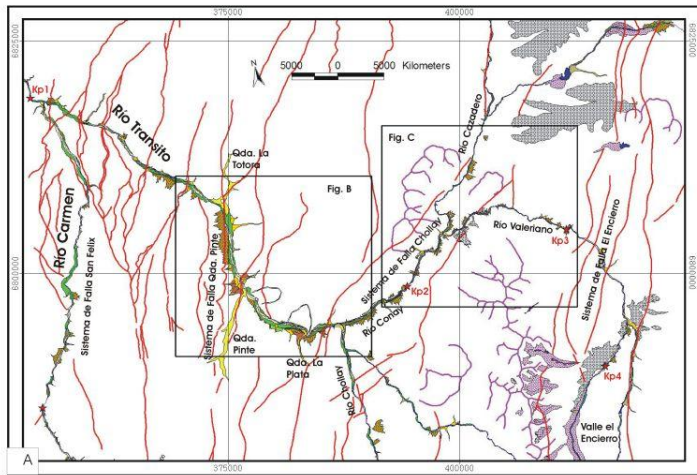


Niveles centimétricos de material orgánico que se pueden datar por  $^{14}\text{C}$

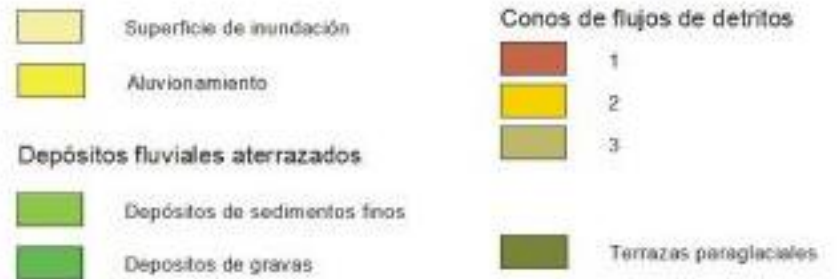
## Ejemplo en el Valle del Huasco



**Financiamiento proyecto CORFO de hidrogeología de la cuenca**



## Mapa geomorfológico del valle del Huasco



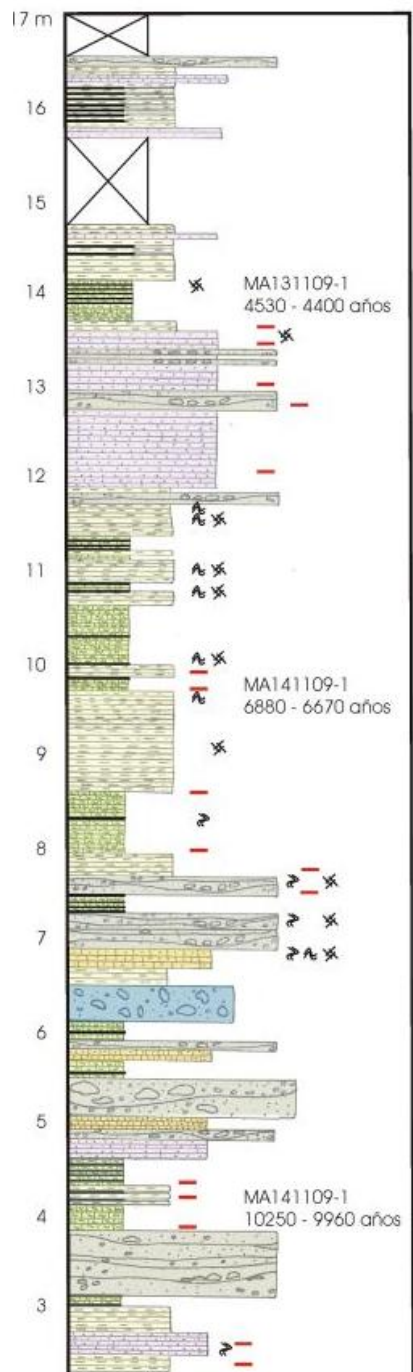


Conos formados por flujos de detritos en el Valle del Huasco

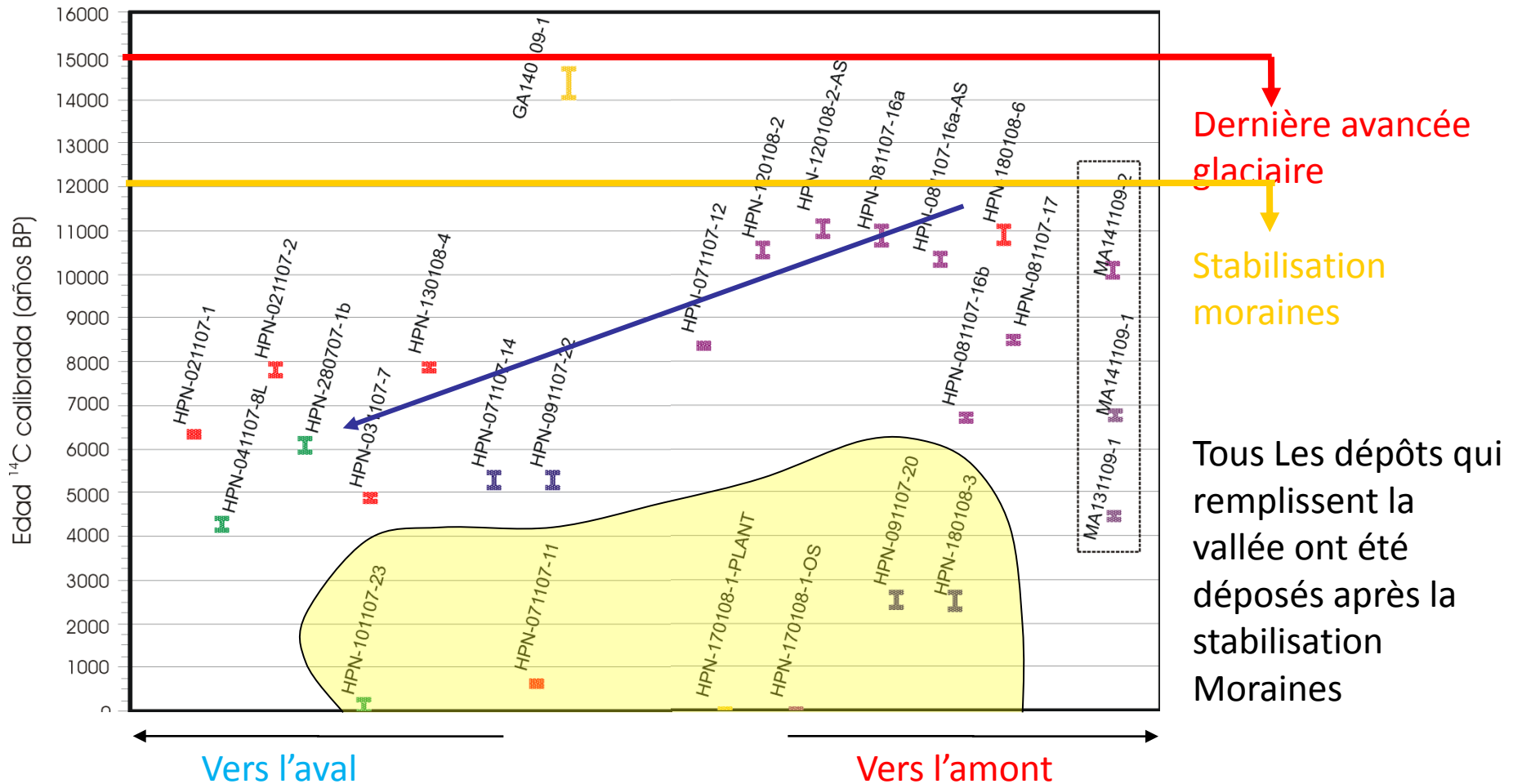
Se observa el patrón telescópico que marca tres generaciones de flujos de detritos en un contexto de cambio del nivel de base.







# Ages $^{14}\text{C}$ des restes de matière organique prélevés dans les dépôts de la vallée du Huasco.



En conclusión, no basta con mapear los “aluviones” para evaluar el riesgo por flujos de detritos, si no que debemos:

- Analizar las laderas para determinar si son susceptible para el desarrollo de flujos de detritos: estudio de pendiente, suelo y tasas de erosión de laderas
- Analizar cual es la recurrencia (periodo de retorno) de los flujos de detritos. Para ello la información histórica debe complementarse con dataciones a mas largo plazo (ej. 14C)

Gracias por su atención!!

Germán Aguilar  
german.aguilar@uda.cl