

Modelamiento híbrido hidrológico-geotécnico para diagnóstico de flujos de detritos: aplicación a la cuenca del río Coya

James McPhee
Universidad de Chile
Enero 2012

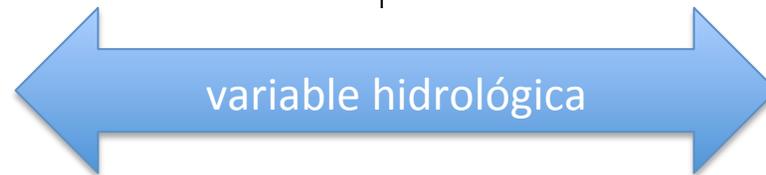
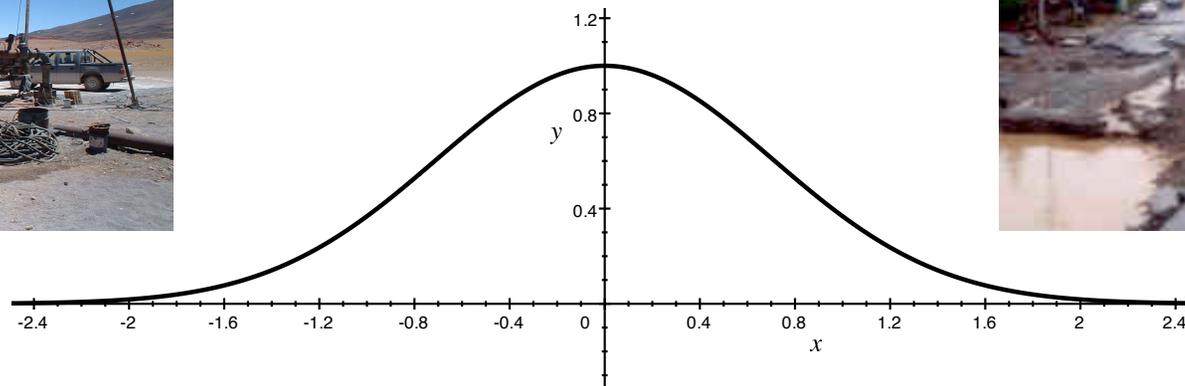


En hidrología y recursos hídricos, los problemas surgen cuando nos alejamos del “promedio”

costos abastecimiento & falla suministro



costos daños e interrupción actividades



Lo anterior es particularmente cierto en el caso de El Teniente

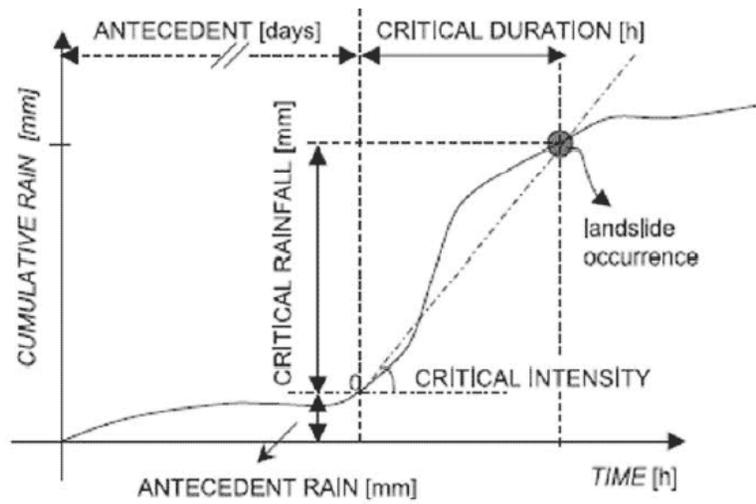
Río Coya



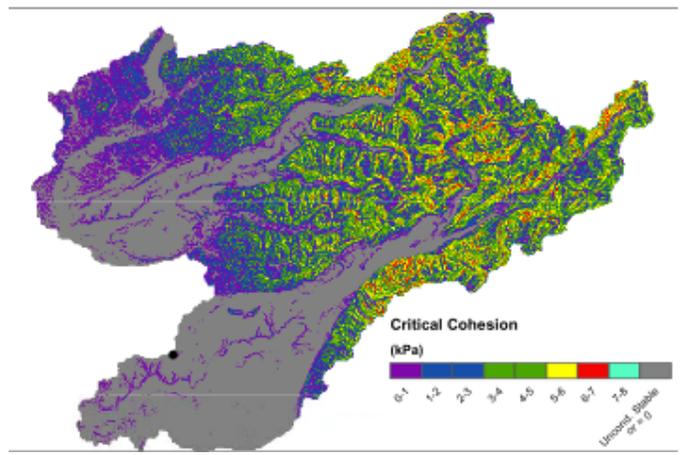
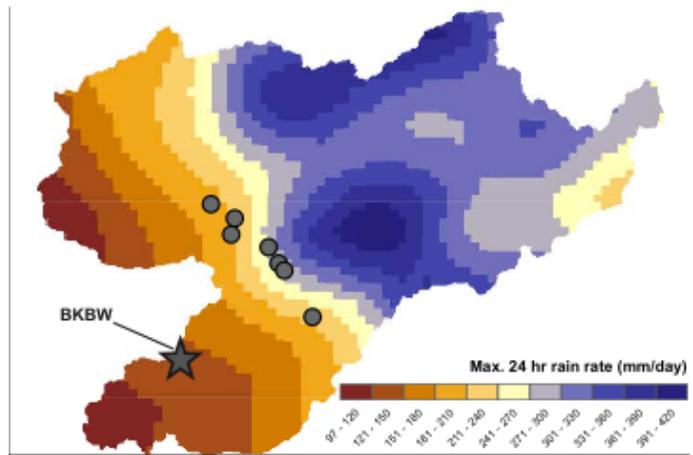
ADIT-71



Los esfuerzos para pronosticar aluviones cubren un rango amplio de enfoques, desde meteorológico hasta SIG



Aleotti, 2004: tormenta crítica

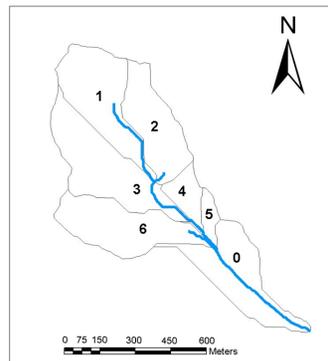


Minder et al., 2009: mapeo en función de climatología max P_24

En esta presentación describiré la primera etapa de un trabajo para sistematizar información y métodos en un sistema de gestión de riesgo hidrometeorológico



El problema



Modelación hidrológica



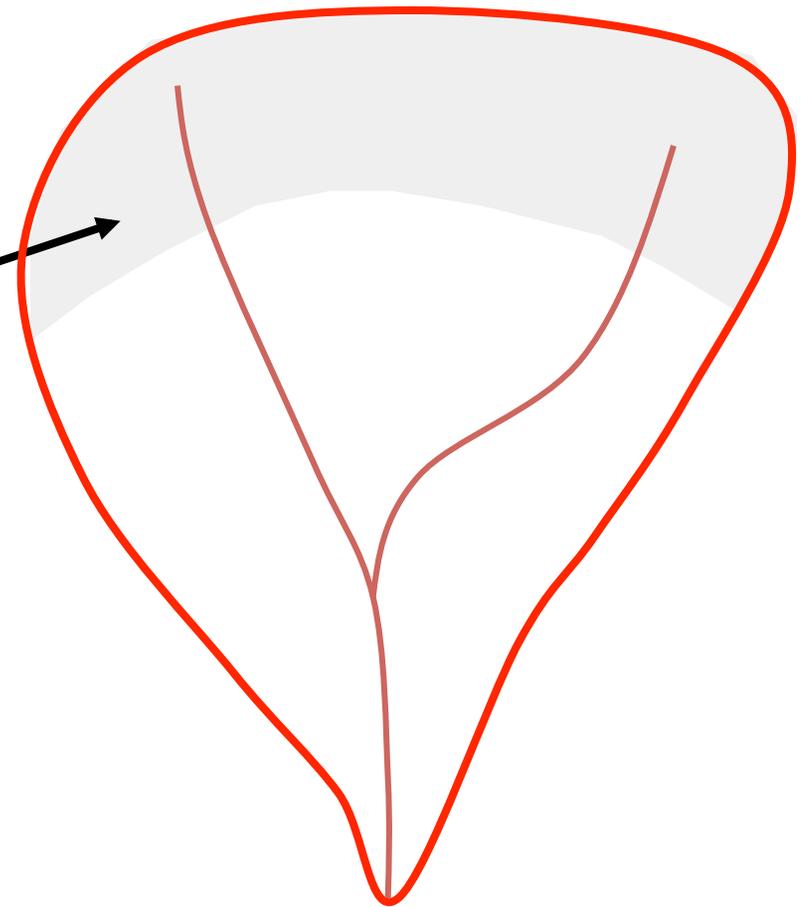
Proyecciones

En faenas mineras en zonas de alta montaña, eventos de precipitación intensa pueden ocasionar daños en infraestructura e interrupción de operaciones

1. Erosión generalizada en zonas altas de la cuenca (procesos de erosión laminar)



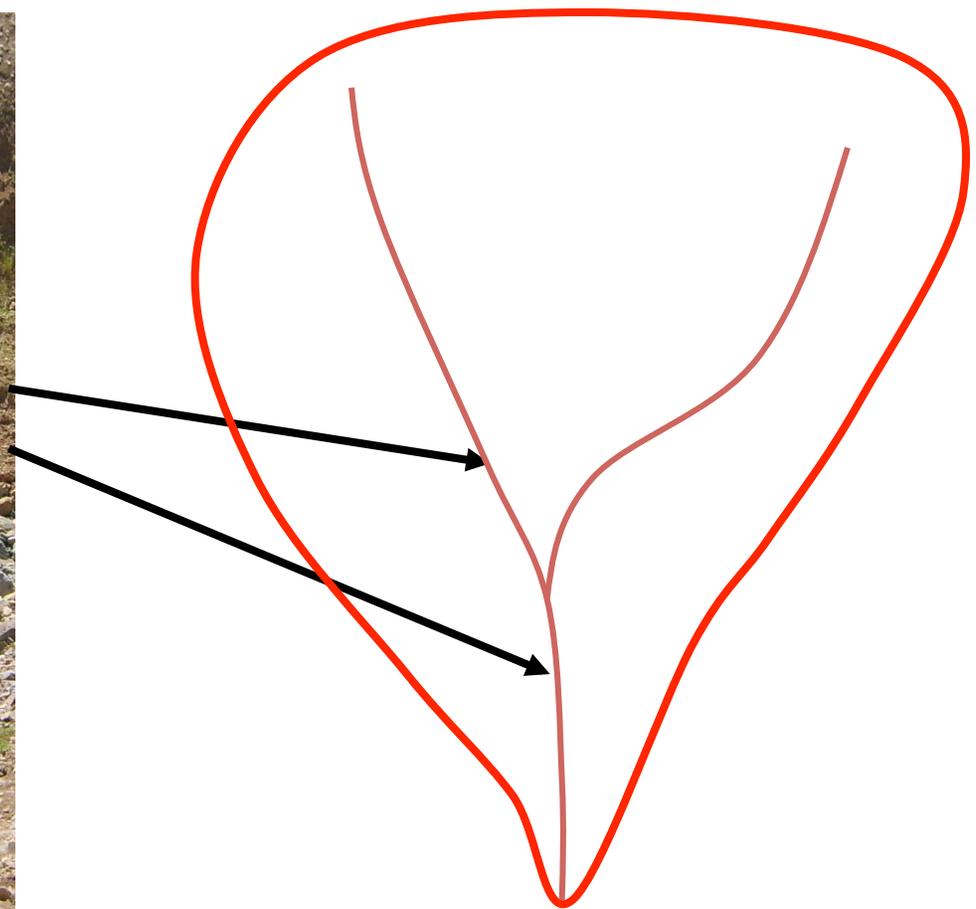
Ejemplo: Cuenca Estero Sapos
(CODELCO. División El Teniente)



En faenas mineras en zonas de alta montaña, eventos de precipitación intensa pueden ocasionar daños en infraestructura e interrupción de operaciones

2. Erosión lateral y profundización del lecho

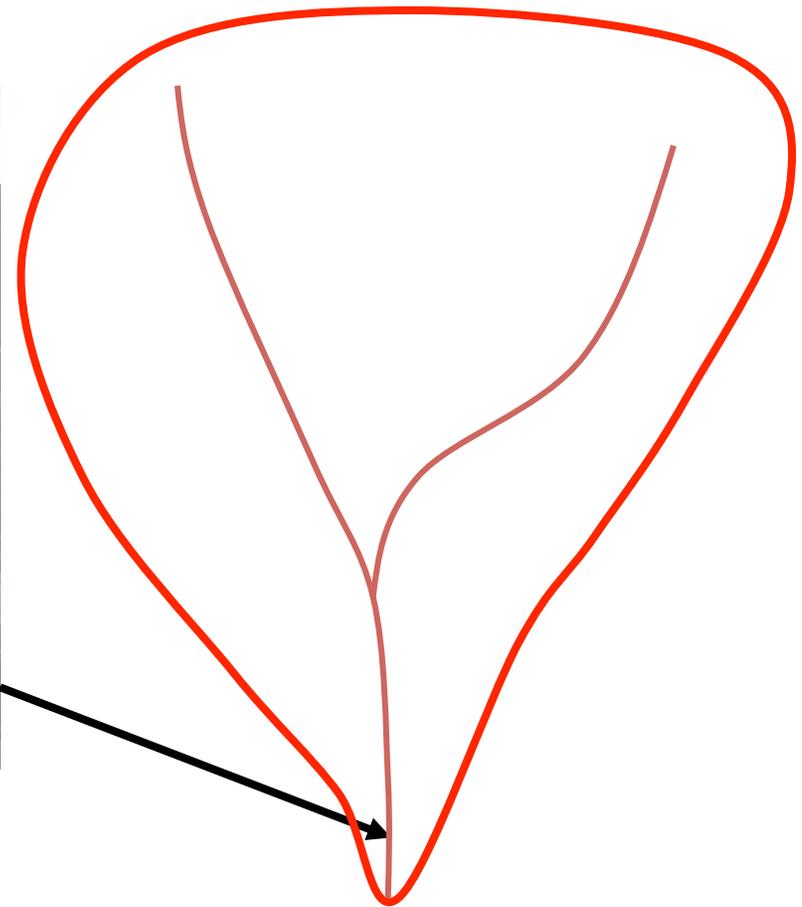
Ejemplo: Cuenca Estero Sapos
(CODELCO. División El Teniente)



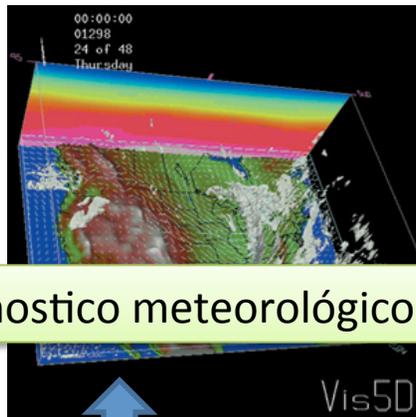
En faenas mineras en zonas de alta montaña, eventos de precipitación intensa pueden ocasionar daños en infraestructura e interrupción de operaciones

3. Ocurrencia de aluviones. Interrupción de faenas mineras. (Entrada túnel Teniente 8)

Ejemplo: Cuenca Estero Sapos (CODELCO. División El Teniente)



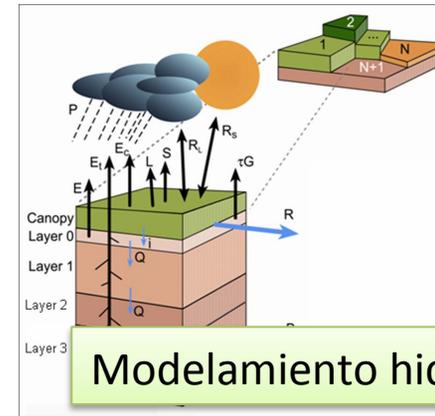
El objetivo de esta investigación es desarrollar un metodología para pronosticar aluviones en un marco de gestión de riesgo



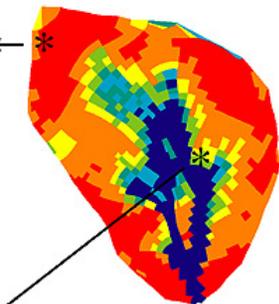
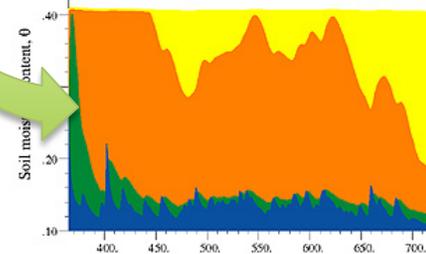
Pronostico meteorológico



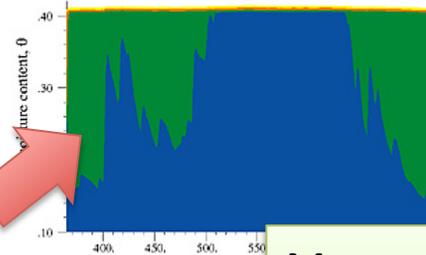
Validación monitoreo en terreno



Modelamiento hidrológico



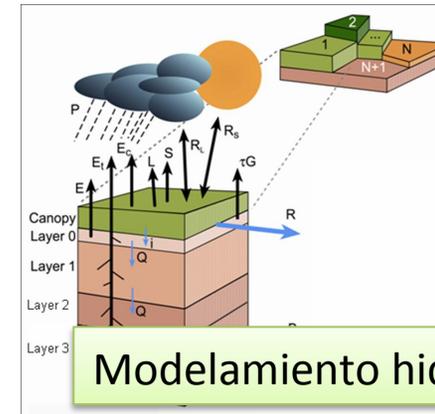
Total moisture storage at day 360



Soil moisture content at different depths over a one year period.

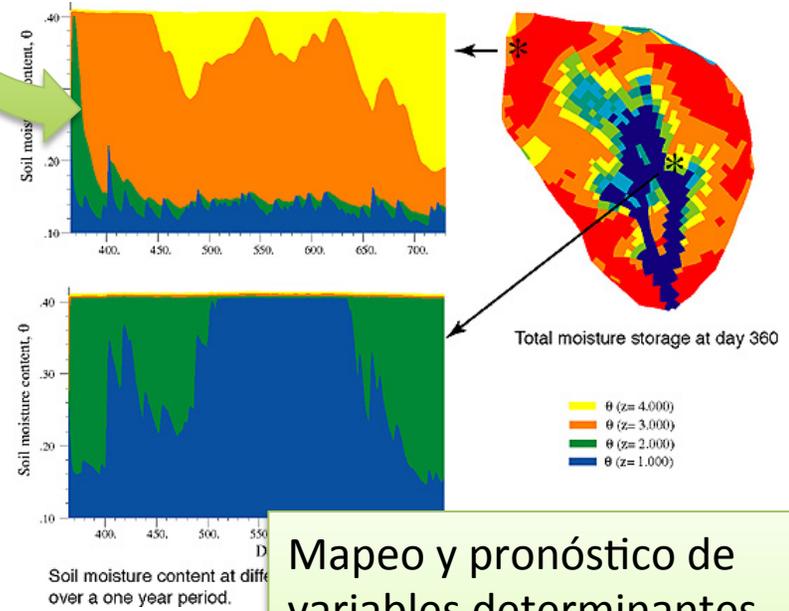
Mapeo y pronóstico de variables determinantes eventos extremos

El objetivo de esta investigación es desarrollar un metodología para pronosticar aluviones en un marco de gestión de riesgo



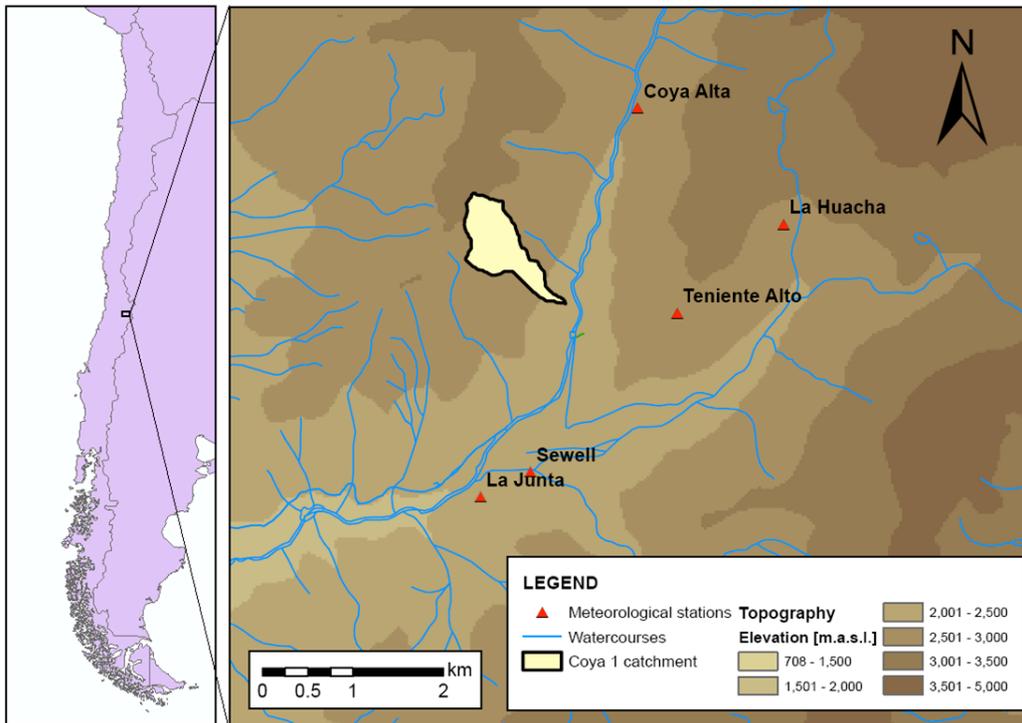
Modelamiento hidrológico

Etapa inicial: modelamiento hidrológico/geotécnico

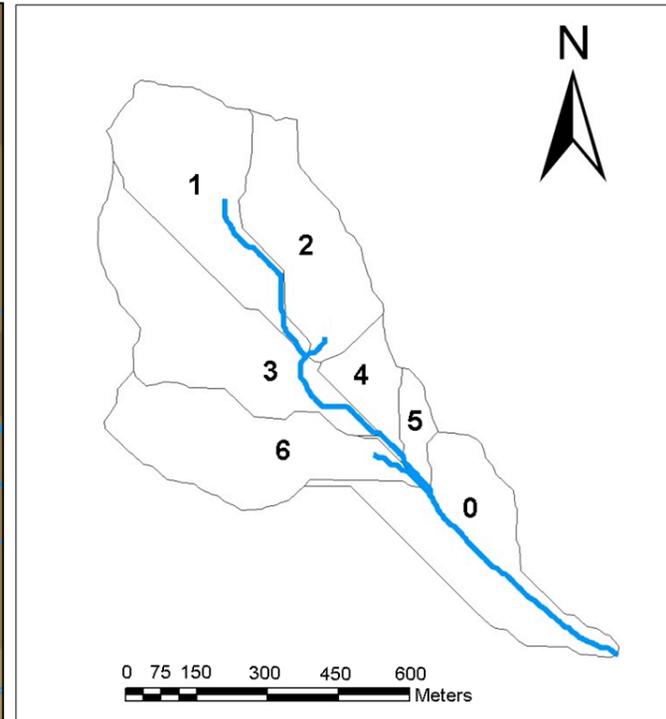


Mapeo y pronóstico de variables determinantes eventos extremos

En esta fase desarrollamos un modelo predictivo de aluviones basado en la hidrología y un modelo de estabilidad de taludes



Cuenca piloto Coya-1

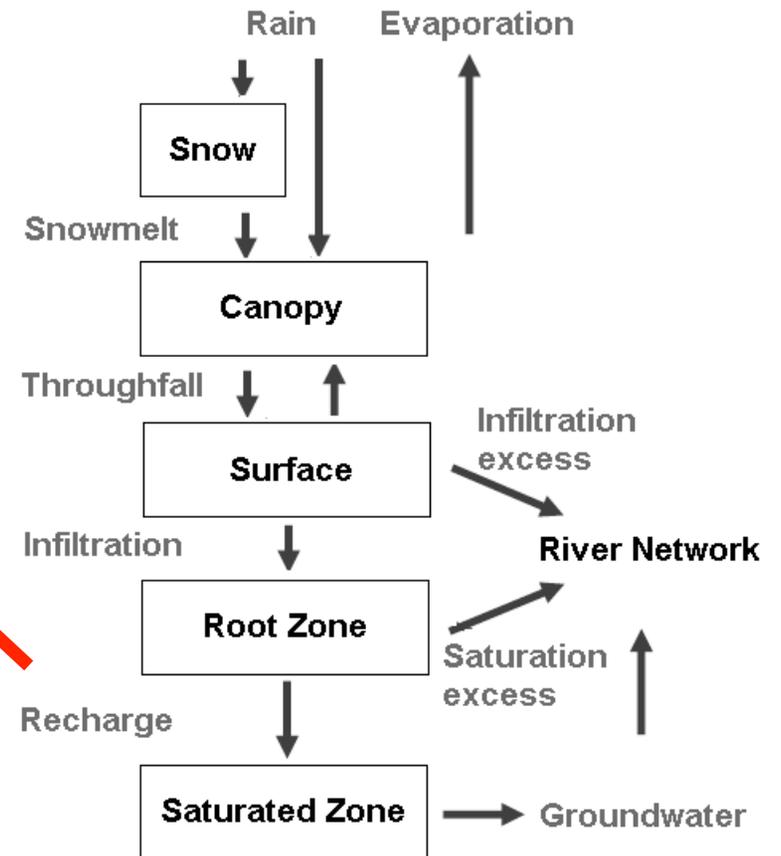
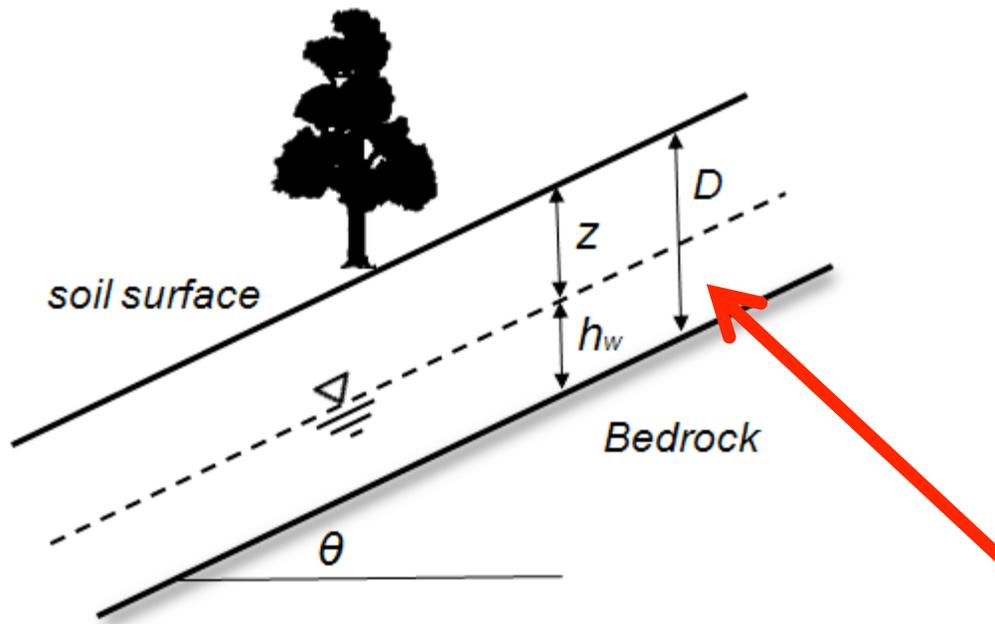


subcuencas para modelación hidrológica (variabilidad espacial)

El modelo de taludes recibe como input las salidas de un modelo hidrológico

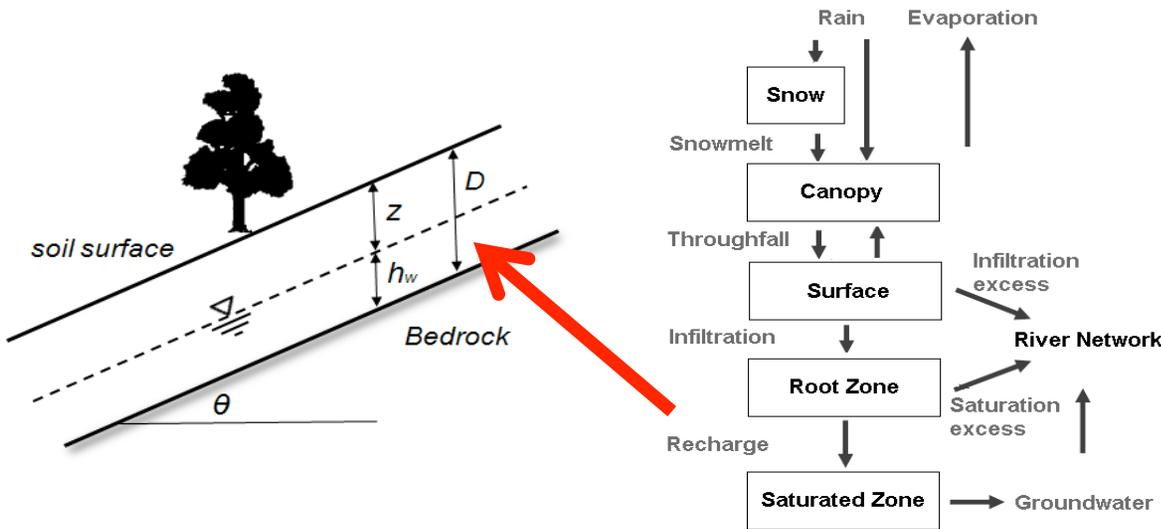
TopNET, Bandaragoda et al., 2004

Talud infinito, Mohr-Coulomb



$$F.S. = \frac{c + [(\gamma_b - \gamma_w)D + \gamma_w z(t)] \cos^2 \theta \tan \varphi}{D \gamma_b \sin \theta \cos \theta}$$

Factor de seguridad

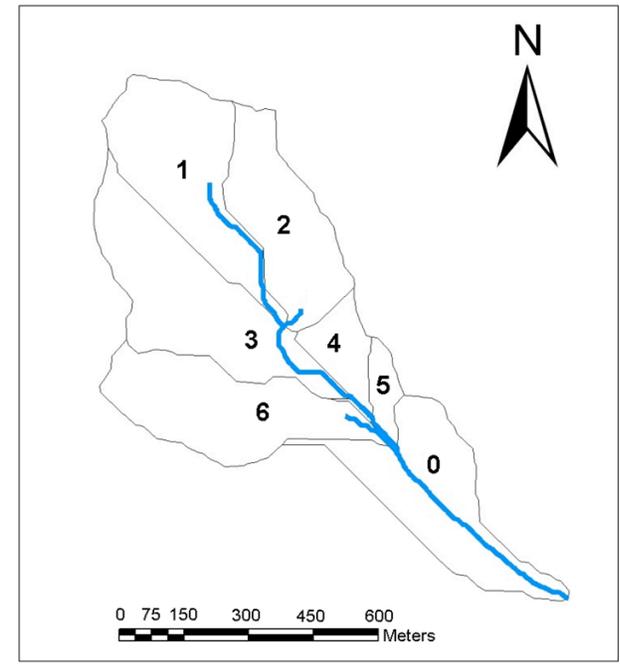
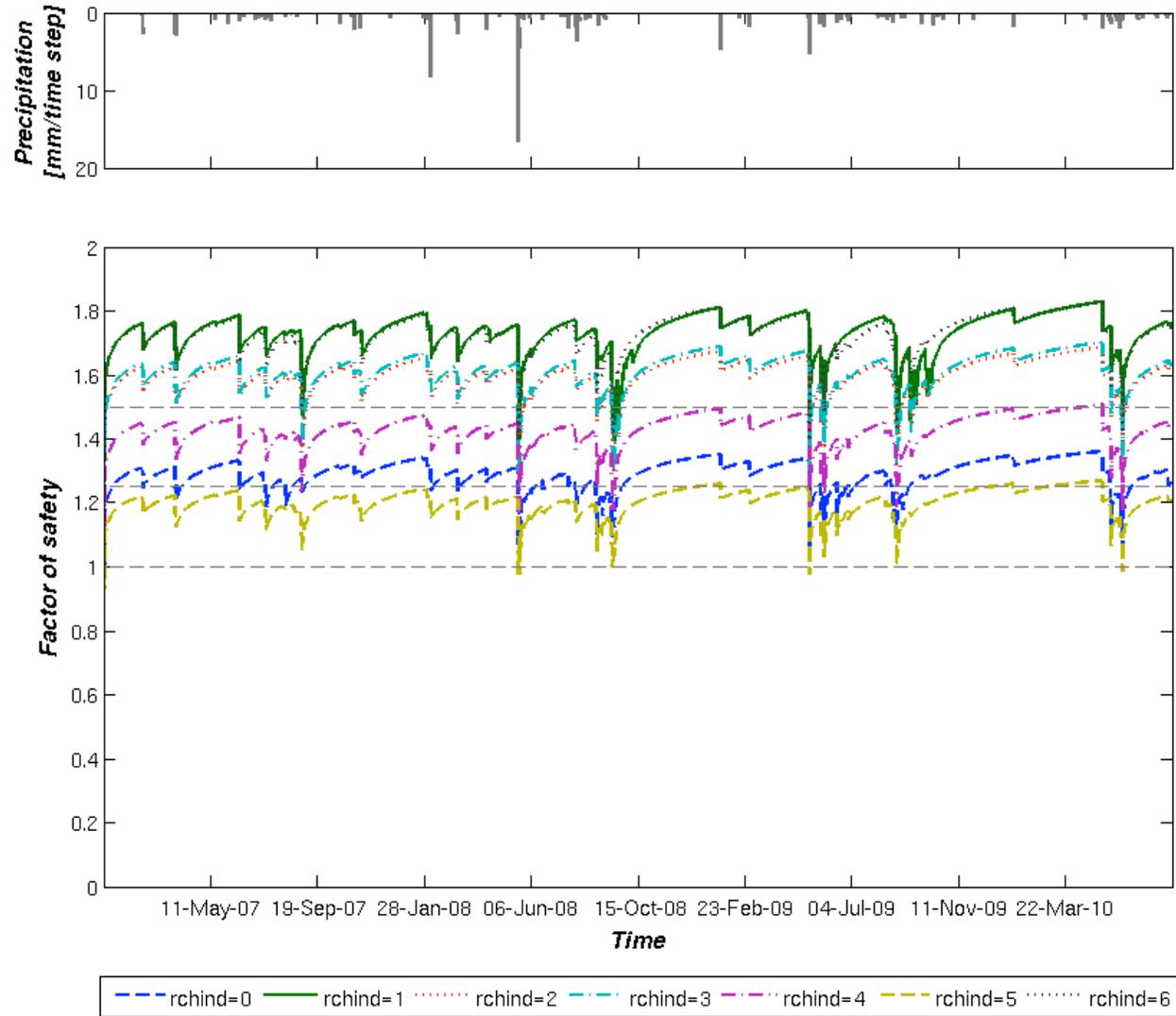


$$F.S. = \frac{c + [(\gamma_b - \gamma_w)D + \gamma_w z(t)] \cos^2 \theta \tan \varphi}{D \gamma_b \sin \theta \cos \theta} \quad \text{Factor de seguridad}$$

Factor of safety	Slope stability	Description
$FS > 1.5$	Stable	Only major destabilizing factors lead to instability
$1.25 < FS < 1.5$	Moderately stable	Moderate destabilizing factors lead to instability
$1.0 < FS < 1.25$	Quasi stable	Minor destabilizing factors lead to instability
$FS < 1$	Unstable	Stabilizing factors are needed for stability

[Kayastha, 2006].

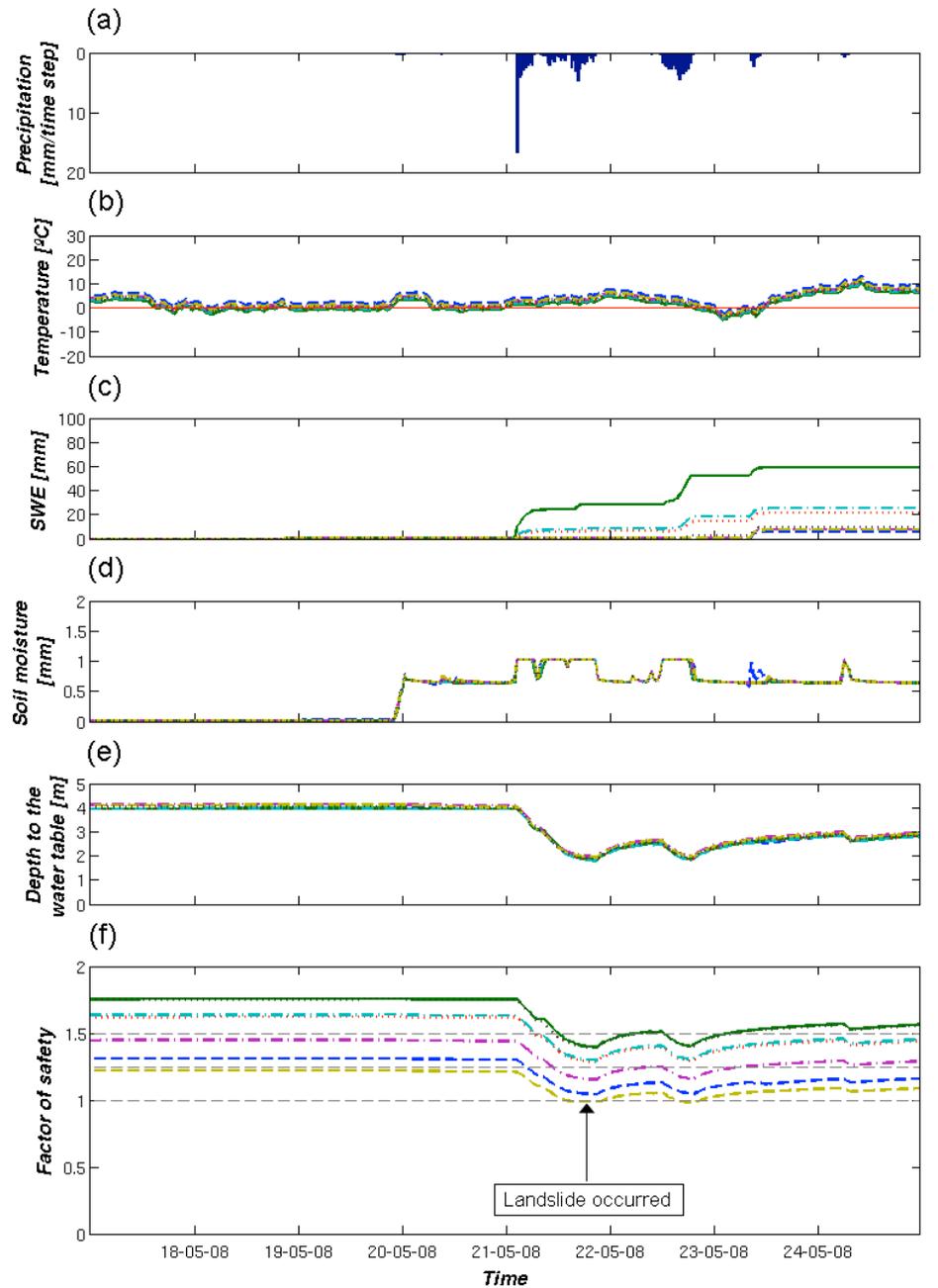
Factor de Seguridad indica la posibilidad de ocurrencia de deslizamiento. Simulamos 3+ años de registros meteorológicos detallados



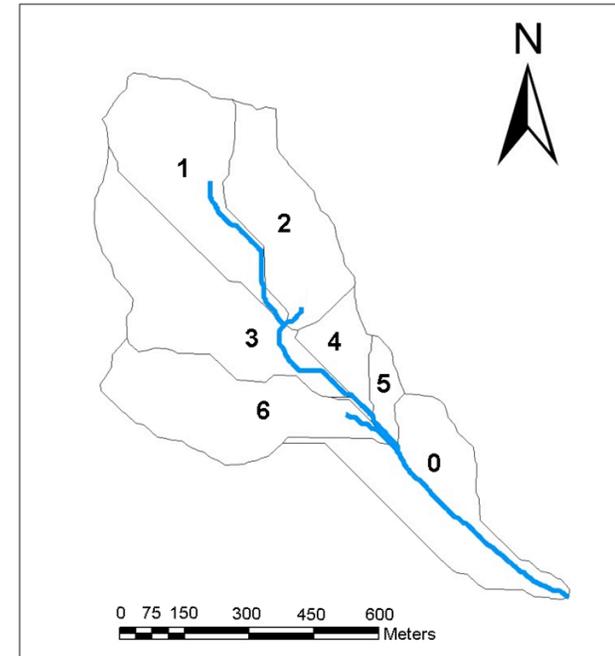
El modelo hace un buen trabajo reproduciendo la ocurrencia de aluviones en el período histórico

Event	Period	FS min forecasted	Landslide ocurrence		
			Model	Reality	
1	24/08/2007 - 11/09/2007	1.050	No	No	
2	17/05/2008 - 25/05/2008	0.975	Yes	Yes	
3	01/09/2008 - 28/09/2008	0.998	Yes	No	←
4	09/05/2009 - 16/05/2009	0.977	Yes	Yes	
5	10/08/2009 - 19/08/2009	1.190	No	No	
6	22/05/2010 - 02/06/2010	0.988	Yes	No	←

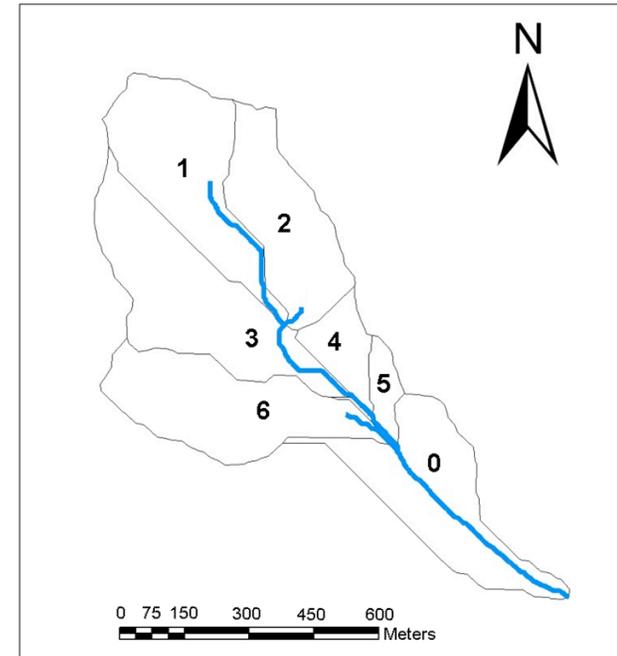
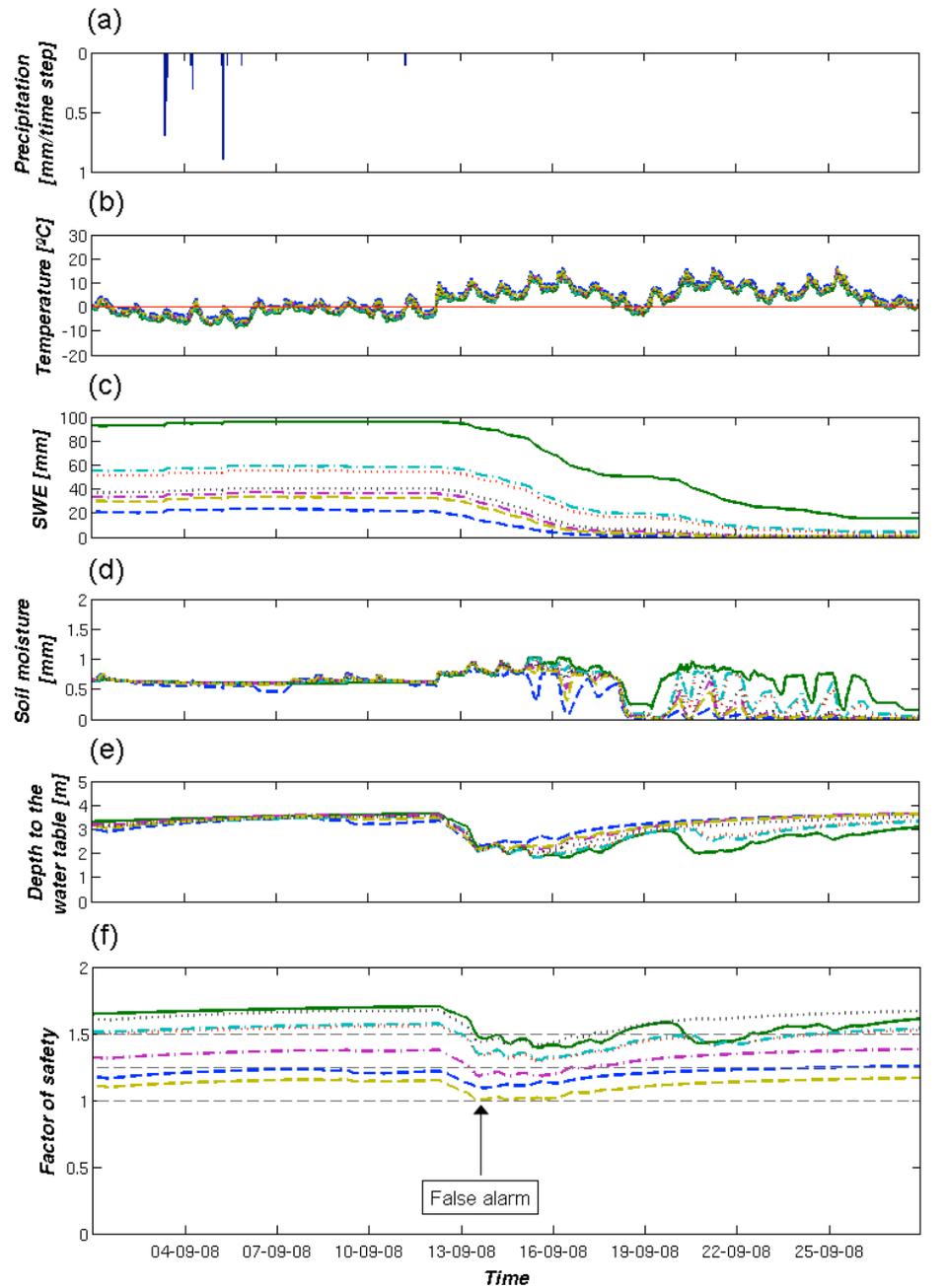
Falla se produce siempre en la misma zona... y es más común en otoño



--- rchind=0 --- rchind=1 --- rchind=2 --- rchind=3 --- rchind=4 --- rchind=5 --- rchind=6

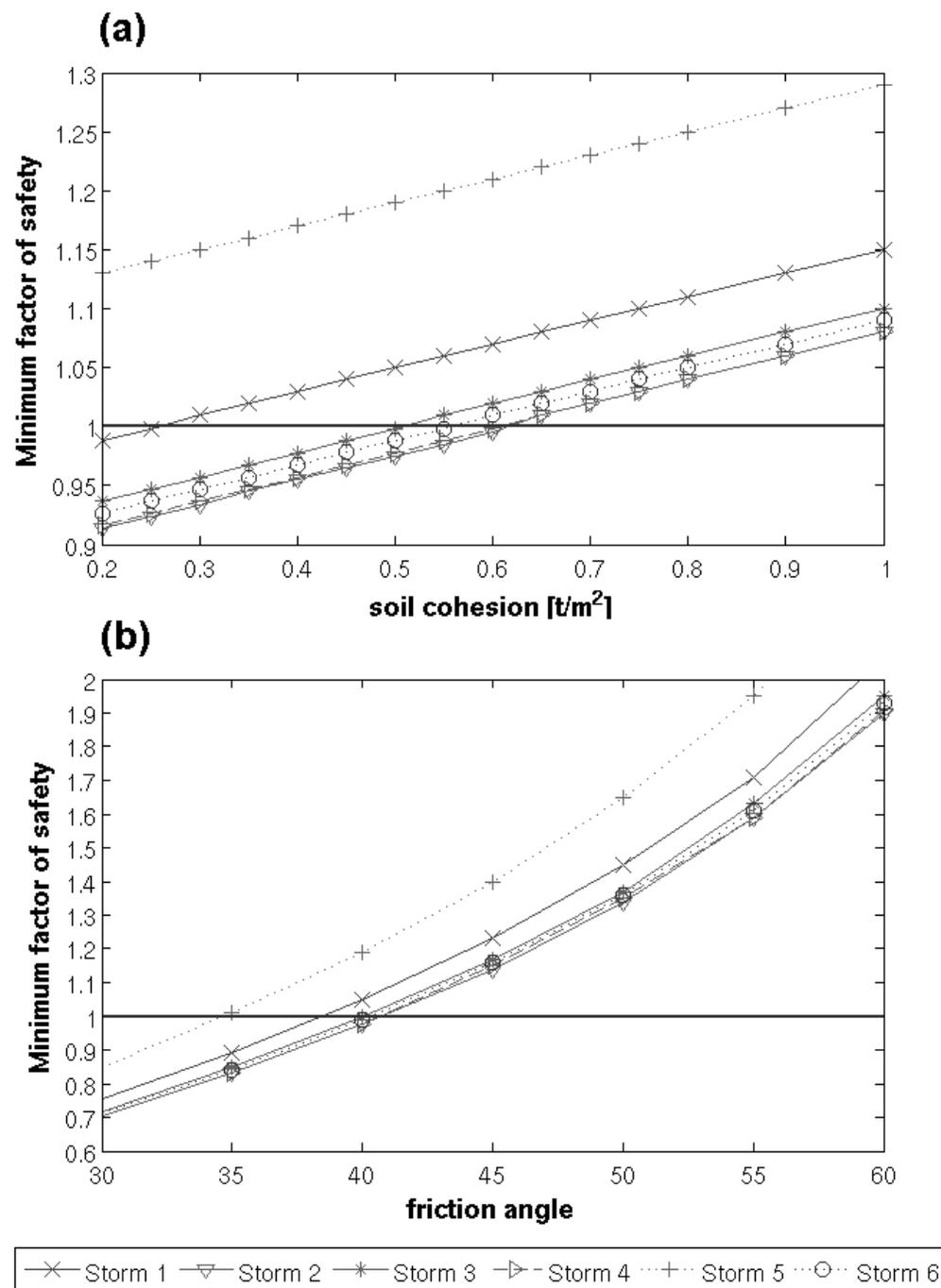
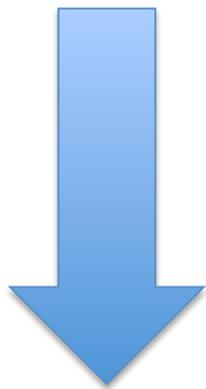


Falsa alarma asociada a derretimiento de nieve



Vemos que el modelo es sensible a parámetros del suelo, pero que **respuesta cambia según tormenta**

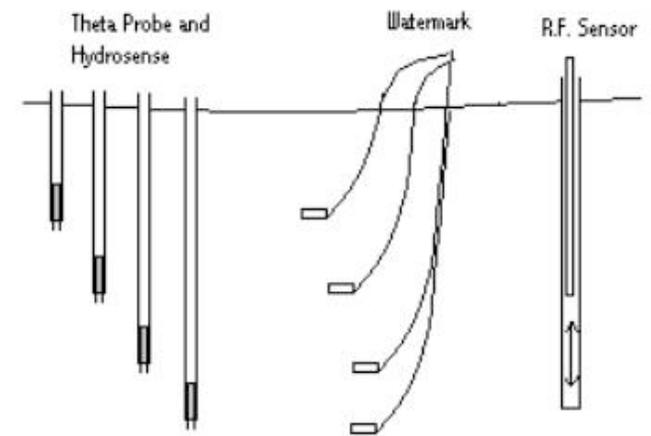
TRABAJO SIGUIENTE



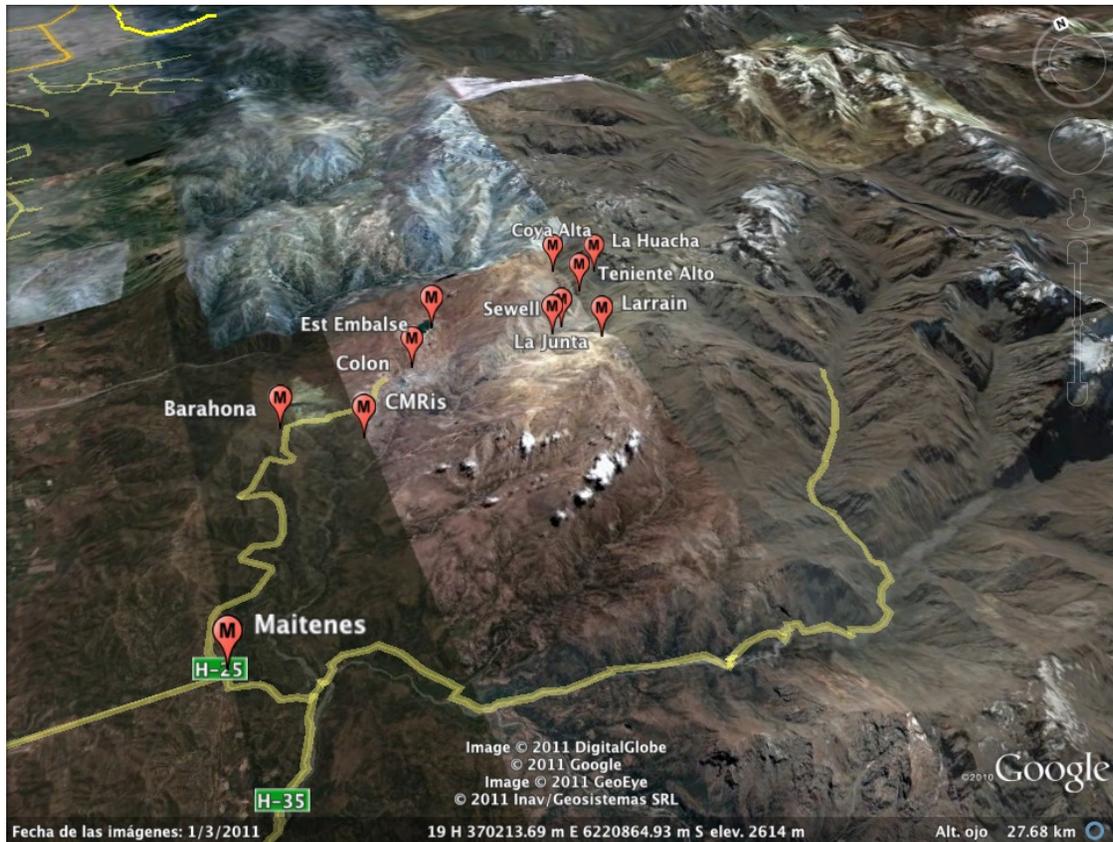
Actualmente, experiencias de laboratorio para explorar dinámica de generación de flujo



Este verano, instrumentación de cuenca Coya-1 para validar y retroalimentar modelos



Año 2012, análisis meteorológico



Controles sinópticos sobre tipo de tormentas

Patrones espaciales y temporales de escala reducida

Probabilidad de ocurrencia de eventos propendentes a aluviones

¿PREGUNTAS?