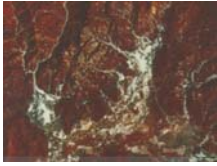


## 2. Introducción a los deslizamientos

### El uso de los sensores remotos en el mapeo de deslizamientos



Cees van Westen  
International Institute  
for Geo-Information Science  
Earth Observation  
(ITC), Enschede, The  
Netherlands.  
E-mail: westen@itc.nl

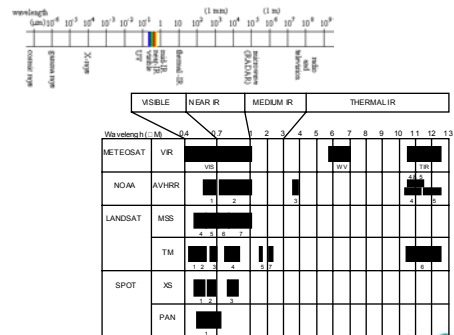
## Mapeo de deslizamientos

- Los deslizamientos afectan directamente la superficie del terreno, por lo que la aplicación de técnicas de sensoramiento remoto es muy utilizado para los estudios de inestabilidad de la pendiente.
- El uso de las imágenes de los sensores remotos es particularmente útil cuando se utilizan imágenes estereos (stereo images): Elementos morfológicos típicos de los deslizamientos.
- Del mismo modo, las condiciones de todo el terreno, que determinan la susceptibilidad de un sitio a ser deslizable, pueden ser interpretadas con éxito de los datos del sensoramiento remoto.
- El término "sensoramiento remoto" es utilizado aquí en su sentido más amplio, incluyendo fotografías aéreas, así como imágenes obtenidas por satélite o cualquier otra técnica de sensoramiento remoto.

## Mapeo de Deslizamientos

- El mapeo para inventario de deslizamientos utiliza:
  - Fotos aéreas
  - Interpretación satelital,
  - Inspección del terreno, y/o
  - Una base de datos de ocurrencia histórica de deslizamientos.
- El producto final es la distribución espacial de los movimientos de masa, representados, ya sea, a escala o como puntos. Cuando productos aéreos o análisis de imágenes de satélites multi-temporales son preparados, estos mapas también pueden mostrar la actividad de deslizamientos.

## Breve Recordatorio: Espectro Electromagnético (EM spectrum)



## Mapeo de Deslizamientos

- Generalmente, los mapas de inventarios de deslizamientos no están estandarizados. Son publicados a diferentes escalas y con varios niveles de detalle.
- Se debe poner atención las especificaciones de la imagen requeridas para una adecuada interpretación:
  - Resolución espacial
  - Resolución espectral
  - Resolución temporal

## Resolución Espacial (1)

- La interpretabilidad de los deslizamientos a partir de las imágenes de los sensores remotos depende, en primer lugar, de la **resolución espacial** de las imágenes en relación con el tamaño de los elementos que caracterizan el movimiento de la pendiente y cuales pueden ser reconocidos o identificados.
- Los aspectos siguientes son importantes en el reconocimiento de los deslizamientos en las imágenes de los sensores remotos:
  - Contraste
  - Tamaño del deslizamiento
  - Método de interpretación (Monoscópico / Estereoscópico)
  - Experiencia profesional del intérprete.

## Tamaños mínimos de los elementos que pueden ser identificados

		SPOT XS	TM	SPOT XS	SPOT PAN	Airphoto 1:50,000	Airphoto 1:15,000
Ground resolution cell size		30 m	30 m	20 m	10 m	1 m	0.3 m
HIGH CONTRAST	Identification	160,000	22,500	10,000	2,500	25	6.5
	Interpretation	288,000	40,500	18,000	4,500	45	11.5
LOW CONTRAST	Identification	7,040,000	990,000	480,000	110,000	1,100	300
	Interpretation	11,520,000	1,620,000	720,000	180,000	1,800	450

- Tamaños mínimos (en m<sup>2</sup>) necesarios para que un deslizamiento sea identificado o interpretado, dependiendo de las condiciones de contraste entre los elementos del deslizamiento y el fondo de la imagen. Los datos de las fotografías aéreas están distorsionados (flattered) de alguna forma, por lo que se deben considerar las condiciones óptimas de la fotografía y el procesamiento de la misma.

UNESCO RAPCA



## Contraste

- La interpretabilidad está influenciada por el contraste existente entre el movimiento de la pendiente y su fondo (entorno).
- En la interpretación de imágenes este contraste debe de ser considerado como las diferencias espectrales o espaciales que existen entre el objeto de interés (deslizamiento) y sus alrededores.
- En el caso de los fallamientos de pendiente, el contraste del elemento y su entorno depende de:
  - El tiempo transcurrido desde el fallamiento, ya que los procesos de erosión y la recuperación de la vegetación tienden a oscurecer las cicatrices que el deslizamiento dejó en la superficie, y
  - La severidad con la que las condiciones de morfologías, drenaje y de la vegetación han sido afectados por el deslizamiento.

UNESCO RAPCA



## Contraste (2)

- El contraste mencionado del elemento y su entorno es una variable que define el número de pixels necesitados

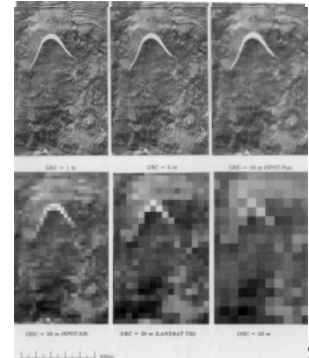
CONTRASTE ICMPI	number of GRC Identification	Number of GRC Interpretation
Extreme contrast: white or black object against a variable grey tone background	20 - 30	40 - 50
High contrast: dark or light object in grey tone background	80 - 100	120 - 140
Low contrast: grey feature with a grey tone background	1000 - 1200	1600 - 2000

UNESCO RAPCA



## Ejemplo: Contraste

**Ejemplo de bajo contraste**  
 Las figuras muestran imágenes satelitales de resolución del terreno ("ground resolution") de una parte de un deslizamiento en la zona Pirineos de España. La cicatriz del deslizamiento ha sido ensombrecida artificialmente y muestra un contraste muy alto. Conclusión: el despliegue en fotografías aéreas, SPOT Pan, SPOT XS, y LANDSAT TM.



**Conclusión ?**



## Interpretabilidad

- Para la evaluación adecuada de las imágenes de los sensores remotos cuando se realiza un inventario de deslizamientos, el tamaño de las fallas de pendiente individuales en relación con la resolución de las celdas del terreno (ground resolution cells) es de crucial importancia.
- Por ejemplo:
  - Area típica involucrada en una falla (failure) de 42000 m<sup>2</sup>.
  - 20 x 20 pixels en un imagen SPOT Pan
  - 10 x 10 pixels en imágenes SPOT multispectral,
  - Suficiente para identificar un deslizamiento en alto contraste pero insuficiente para un análisis de los elementos pertenecientes a la falla para determinar las características y el tipo del deslizamiento.

UNESCO RAPCA



## Interpretabilidad

- La foto-escala más apropiada para el análisis es 1:15.000.
- Se debe considerar la escala 1:25.000 como la menor escala para analizar la inestabilidad de la pendiente
- La utilización de escalas más pequeñas se puede considerar si el tamaño y el contraste son suficientemente grandes.
- La cantidad de información analítica que permite al intérprete hacer conclusiones en el tipo y las causas del deslizamiento sería muy limitada a escalas menores de 1:25.000.
- Una cantidad considerable de movimientos de pendiente no se observarían a escalas menores.

UNESCO RAPCA



## Tamaño del deslizamiento

Subject	Size	Photoscale		
		1:20,000	1:10,000	1:5,000
Recognition of instability phenomena	< 20 m.	0	0	2
	20 - 75 m.	0 → 1	1 → 2	3
	> 75 m.	1 → 2	2	3
Recognition of the activity of unstable areas	< 20 m.	0	0	1
	20 - 75 m.	0	0 → 1	2
	> 75 m.	1	1 → 2	3
Recognition of instability elements (cracks, steps, depressions etc.)	< 10 m.	0	0	0
	10 - 75 m.	0	0 → 1	1 → 2
	> 75 m.	1	2	3

Utilidad relativa de las diferentes escalas de fotografías aéreas para el mapeo de los diferentes elementos de la inestabilidad de pendientes.

0 = menos adecuado, 1 = uso limitado, 2 = utilizable, 3 = muy utilizable.

UNESCO RAPCA



## Conclusiones : resolución espacial

- Foto-escalas grandes permiten el inventario y análisis de los deslizamientos, así como la interpretación de los posibles factores causales,
- Escalas pequeñas de las fotografías permiten la determinación de la distribución espacial de las variables involucradas en los movimientos de masa.
- Las escalas pequeñas son más útiles para analizar el ambiente geológico y geomorfológico general.
- **Para la interpretación de deslizamientos se necesitan las fotografías aéreas**

UNESCO RAPCA



## Información espectral

- Los datos de satélite son útiles, solo cuando los elementos son grandes.
  - Pueden ser utilizados cuando:
    - la información espectral es utilizada en conjunción con otros datos relacionados con las fallas de pendiente,
    - con base en evidencias de campo, se sabe que existe una relación directa entre la inestabilidad de la pendiente y las anomalías de vegetación y drenaje.
- La información espectral, tal como la información espacial, puede ser utilizada para la delineación de variables del terreno (en este caso con mayor relación con la vegetación y condiciones de drenaje), las cuales pueden ser correlacionadas o asumir que están relacionadas con los movimientos de pendiente.
- En casos especiales (alto contraste y/o grandes dimensiones) los elementos en sí pueden ser identificados con base a la información espectral. Raras veces este tipo de información por sí sola será suficiente para el análisis de los deslizamientos.

UNESCO RAPCA



## Fotografías aéreas

- Pancromática blanco y negro, Films a color
- Infrarrojas en blanco y negro, y films infrarrojo en falso color
- Resolución espacial excelente, normalmente estereoscópica
- La resolución espectral es mala en comparación con los datos multispectrales.
- La organización de la misión para fotografiar por aire consume mucho tiempo.
- El número de días con buenas condiciones climáticas es muy limitado.
- La resolución temporal es mala en comparación con las imágenes de satélite.

UNESCO RAPCA



## Resolución espectral: Tipos de aerofotos

- Fotografía vertical
- Fotografía oblicua

- Pancromática
- Color verdadero
- Color infrarrojo



UNESCO RAPCA



## Infrarrojas

- Detección de diferencias en la vegetación. **Se pueden esperar diferencias óptimas en las condiciones de la vegetación en las etapas más tempranas o tardías de la época de cultivo.**
- Detección de diferencias en las condiciones del agua. **Condiciones diferenciales del drenaje son óptimas después de las primeras precipitaciones de la época lluviosa, o en los climas fríos poco después del derretimiento de la nieve.**
- Films sensitivos al infrarrojo y film infrarrojo a falso color, son muy útiles.
- Datos de satélite son muy útiles, solo cuando los elementos son grandes.

UNESCO RAPCA



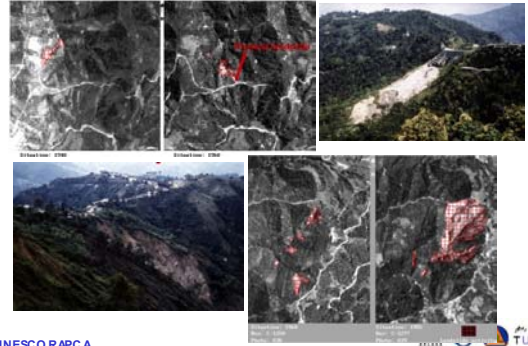
## Resolución Temporal

- Los sistemas de satélite dan la oportunidad de obtener datos de la misma área continuamente, permitiendo los procesos de **monitoreo** en el tiempo.
- Las imágenes obtenidas poco tiempo después de un período de deslizamientos, permitirá obtener un alto contraste entre las zonas afectadas y los alrededores estables, resultando en cambios detectables, tanto espaciales como espectrales.
- La interpretación de imágenes secuenciales permite la correlación de los eventos climáticos o sísmicos con la ocurrencia e intensidad de los movimientos de pendiente.
- Par la interpretación de la actividad de los deslizamientos, no necesitamos una resolución temporal muy alta.
- La fotografías aéreas de diferentes períodos (cada década) también pueden ser útiles en el mapeo de la actividad de los deslizamientos.
- Imágenes de radar multitemporales pueden ser utilizadas para detectar diferencias de altitud utilizando la interferometría del radar (radar interferometry). Como sea, las imágenes de radar no son útiles para el mapeo de los elementos en sí.

UNESCO RAPCA



## Resolución temporal



UNESCO RAPCA



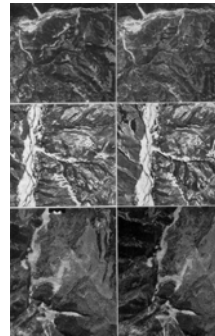
## SPOT

- Sistemas de dos sensores, cada uno con un ancho de paso (swath) de 60 kilómetros.
- Los sensores tienen una capacidad de visibilidad "off-nadir": estereoscopia
- Opción de chequeo a los lados: Alta resolución temporal.
- Banda pancromática ancha (10 metros)
- Tres bandas espectrales estrechas (verde, roja e infrarroja, 20 metros).

UNESCO RAPCA



## Mapeo de deslizamientos utilizando SPOT



**Comparación de la interpretabilidad de un gran deslizamiento complejo en la cuenca Sant Arcangelo (Basilicata, Italy) mostrado en:**

Imagen stereo de SPOT (escala aprox. 1:70,000),  
Fotografías aéreas de escala media (1:33,000) y  
Fotografías aéreas de gran escala (1:17,000).

UNESCO RAPCA



## Mapeo de deslizamientos utilizando SPOT



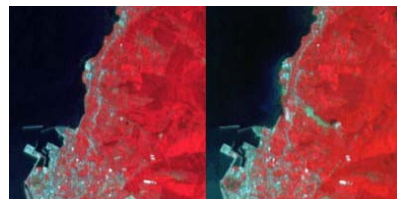
SPOT Pancromática: 10 m de tamaño de pixel

Deslizamiento en Hachimantai en Akita Prefecture, Japan (1997.5)  
**Deslizamiento de 350 m de ancho y 700 m de longitud.**  
**La tierra y debris del deslizamiento destruyeron 16 casas y se convirtió en un flujo de debris.**  
**El flujo fué detenido por la Presa Sabo, dos km corriente abajo.**

UNESCO RAPCA



## Mapeo de deslizamientos utilizando SPOT



- Deslizamiento en la ciudad IZUMI, Kagoshima Prefecture, Japan (1997.7)
- Un flujo de debris ocurrió el 10 de Julio de 1997, causando 34 víctimas (21 fatales) y la destrucción completa de 19 casas en el abanico aluvial.
- El deslizamiento fué de casi 200 m de longitud, 80 m de ancho, 27 m de profundidad máxima, con una inclinación de 26 grados.
- El volumen fué de alrededor de 165000 metros cúbicos.

UNESCO RAPCA



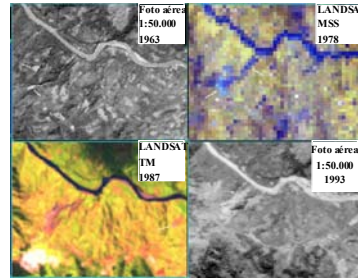
## LANDSAT

- 6 bandas cubriendo el espectro visible y la infrarrojo cercano y medio (30 m)
- Una banda en el infrarrojo termal
- Paso cada 16 días
- Las condiciones atmosféricas son un factor limitante serio.
- Carece de una estereovisión adecuada.

UNESCO RAPCA



## Mapeo de Deslizamientos utilizando Landsat

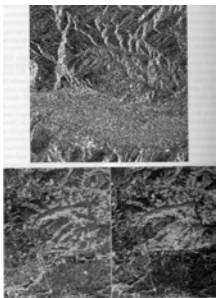


- Progresión del deslizamiento de Guanay (Bolivia)
- LANDSAT MSS (60 x 80 metros),
- LANDSAT TM (30 metros excepto para la banda de infrarrojo termal)
- Resolución espectral con 6 bandas cubriendo todo el espectro visible y la parte cercana y media del espectro infrarrojo, y con una banda infrarroja termal.
- El punto más débil del sistema LANDSAT es la carencia de una adecuada estereovisión.

UNESCO RAPCA



## Mapeo de deslizamientos utilizando Radar



- ERS-1 Europeo
- JERS Japonés,
- RADARSAT canadiense
- Utilización en cualquier tiempo atmosférico: penetración de las nubes.
- Información de la rugosidad de la superficie y la micromorfología.
- No es muy apropiado para aplicaciones en terreno montañoso.
- La interferometría de radar es muy prometedora

UNESCO RAPCA



## Conclusiones

- La aplicación del sensoramiento remoto por satélite en este momento es limitada.
  - resolución espacial muy grande,
  - la carencia de imágenes estéreo es común,
  - tan solo las imágenes estéreo de SPOT pueden ser utilizadas para pequeñas zonificaciones de amenaza.
  - la imágenes de satélite son utilizadas para el mapeo de la distribución espacial de las variables que controlan a los deslizamientos
- Para el mapeo de inventario y para la parte analítica de los estudios de inestabilidad de pendiente, se utilizan fotografías aéreas de gran escala.
- El potencial de las imágenes de radar para la zonificación de amenazas por deslizamientos todavía necesita mayor investigación.

UNESCO RAPCA



## 3. Introducción a los deslizamientos Mapeo de deslizamientos utilizando fotografías aéreas

Cees van Westen

International Institute  
for Geo-Information Science  
Earth Observation  
(ITC), Enschede, The  
Netherlands.  
E-mail: [westen@itc.nl](mailto:westen@itc.nl)

UNESCO RAPCA



## Mapeo de Deslizamientos

- La información de deslizamientos que se extrae de las imágenes de los sensores remotos esta basada en:
  - Morfológica,
  - De vegetación y
  - Las condiciones de drenaje de la pendiente.
- Una falla de pendiente particular, rara vez es reconocida como tal; pero se puede interpretar por medio del análisis de un determinado número de elementos propios de los elementos de la inestabilidad de la pendiente.
- Como consecuencia, la categorización de los movimientos de pendiente que se obtienen de la interpretación de las fotografías aéreas, no es tan detallada como en las clasificaciones de Cruden y Varnes.

UNESCO RAPCA



## Mapeo de deslizamientos

- La práctica ha demostrado que la fotointerpretación se debe hacer utilizando una clasificación simple.

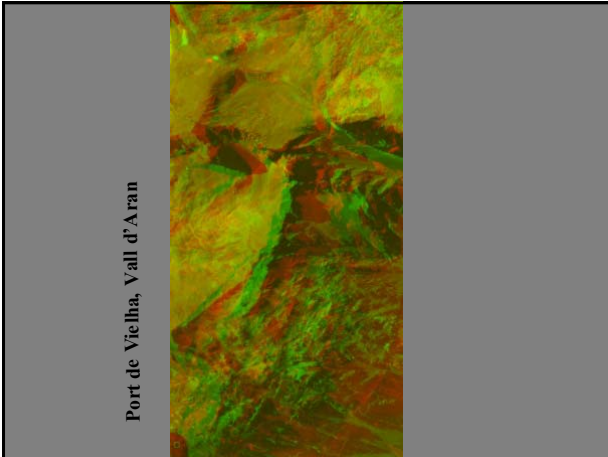
	Tipo	Subtipo	Actividad	Profundidad	Vegetación	Cuerpo
1	Caida	Rotacional	Estable	Superficial	Descubierta	Ce: atr iz del deslizamiento
2	Derrumbe	Translacional		Profundo	Baja	
3	Deslizamiento	Complejo	Activo		Alta	Cuerpo de salida (Run out body)
4	Caida lateral	Desconocido				
5	Flujo					
6	Avalancha de Debris					

UNESCO RAPCA



Morphological Characteristics	Block diagram	Plan View/ Profile
1. Concave-convex slopes		
2. Semicircular ridges		
3. Step-like morphology		
4. Back tilting of slope faces		
5. Hummocky relief		
6. Cracks formation		
7. Steeping of the slopes		

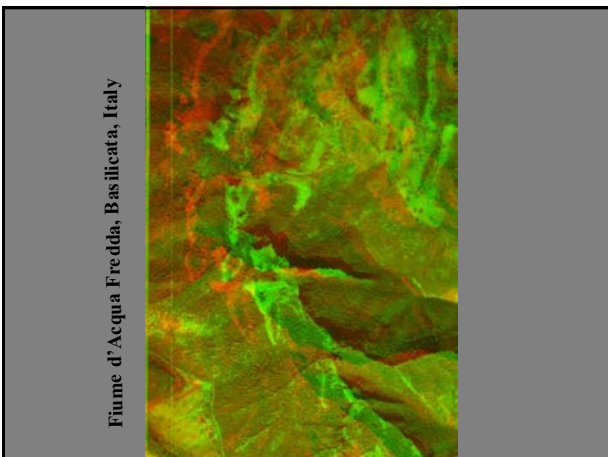
UNESCO RAPCA



## Características de la vegetación

Vegetation Characteristics	Block Diagram	Plan view
8. Disorder and partly dead vegetation		
9. Disrupted vegetation cover across the slope and coinciding with morphological steps		
10. Less dense vegetated areas aligned and with lighter tones		
11. Differences in vegetation inside and Outside of the landslide		
12. Change in vegetation related with drainage conditions		

UNESCO RAPCA





## Características del drenaje

Drainage Characteristics		Sketch
13. Disarranged drainage	Drainage lines broken	
14. Anomaly in drainage pattern		
15. Zones of stagnated water	Ponds formation	
16. Seepage zones or well appearance	Darker tones leading to drainage line	
17. Excessively drained masses (especially dried out landslide bodies)	Light phototones	

UNESCO RAPCA



## Medidas de estabilización

Stabilization Measures	Sketch
18. Terraces on slopes with artificial drainage canals following contour lines	
19. Water channelize	

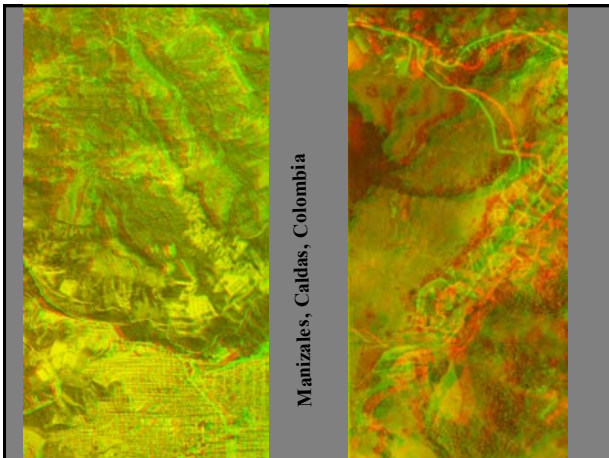
UNESCO RAPCA



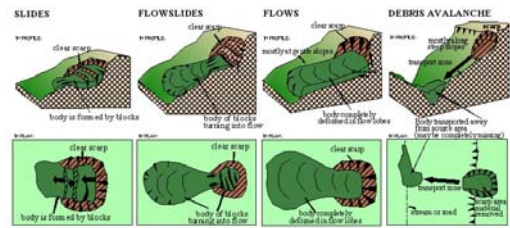
## Activo / No-activo

Non-Active	Active
Scarp body and cracks with rounded edges	Scarp body and cracks with sharp edges
Vegetation is high within the landslide and non tilted trees	Bare soils or disrupted large vegetation
Well developed drainage system	Disarranged drainage system, presence of ponds and undrained depressions
No secondary mass movements on scarp faces	Secondary mass movements on scarp faces
Stabilization measures visible and not disrupted	Stabilization measures are disrupted
Depressions and cracks infilled with material	New cracks developing above the upper scarp

UNESCO RAPCA



## Mapeo de tipos de deslizamientos

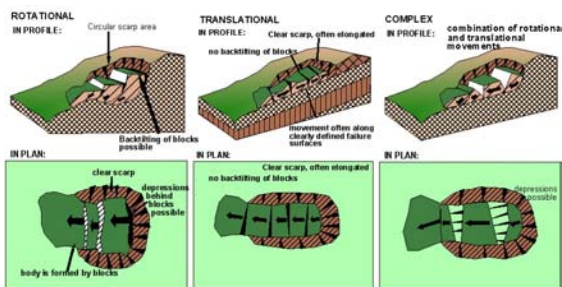


- SLIDES:**
  - Landslide blocks recognizable
  - No disintegration of blocks in flow lobes
  - Blocks may be back-tilted
  - Intermediate scarps/cracks possible
- FLOWSLIDES:**
  - Landslide blocks in the upper part visible
  - Blocks are deformed into flowlobe downflows
  - The flowlobe generally is larger than the blocks
  - Body is still present within scarp area
- FLows:**
  - No landslide blocks are visible
  - Mass movement took place as a flow
  - Occurs generally at gentle slopes
  - Flow lobe may extend far beyond scarp area
- DEBRIS AVALANCHE:**
  - Rapid movement of material away from the scarp area
  - Landslide body is found lower on the slope or may be removed
  - Occurs on steeper slopes

UNESCO RAPCA



## Mapeo de tipos de deslizamientos



UNESCO RAPCA



## Caída de rocas y derrumbes

- Morfología:**

Paredones de roca o caras libres distinguibles, en asociación con pendientes de ladera (scree) (20° -30°) y conos de deyección. Paredones de roca articuladas (>50°) con canales de caída.
- Vegetación:**

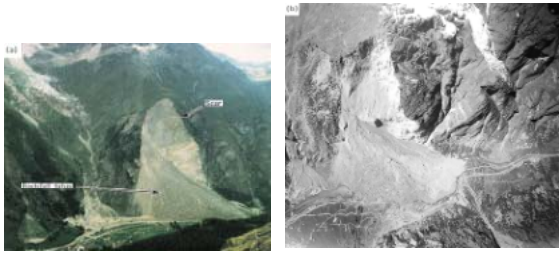
Cicatrices lineales en la vegetación a lo largo de las rutas más frecuentes de la caída de las rocas. La densidad de la vegetación es baja en las pendientes de ladera.
- Drenaje:**

Sin características específicas.

UNESCO RAPCA



## Ejemplos de caídas



UNESCO RAPCA



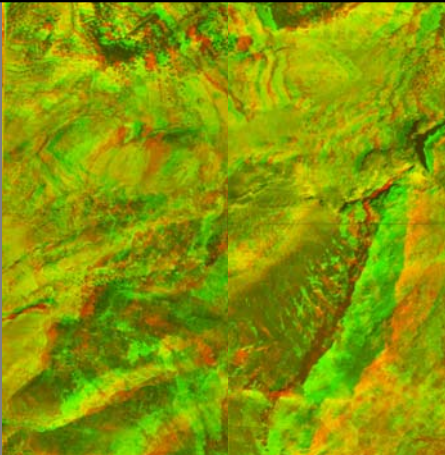
## Sturzstrom

- **Morfología:**  
Cicatrices extremas largas (cóncavas) en las montañas, con bloques deslizados pendiente abajo de dimensiones casi geológicas. Formas deposicionales rugosas con forma de colina, algunas veces con un frente lobulado.
- **Vegetación:**  
Condiciones de vegetación muy irregulares/caóticas en partes acumuladas, ausente en la cicatriz del sturzstrom.
- **Drenaje:**  
Drenaje superficial irregular y desordenado, con frecuencia afectando al valle y formándose un lago detrás del cuerpo.

UNESCO RAPCA



Sturzstrom in the Sierra Las Nieves  
(prov. Malaga, Spain)



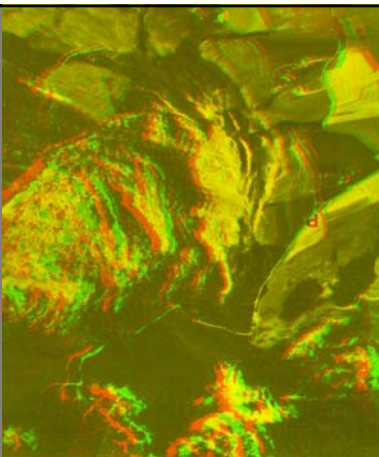
## Deslizamientos rotacionales

- **Morfología:**  
Cambios abruptos en la morfología de la pendiente, caracterizado por formas cóncavas (nicho) y convexas (lóbulo de salida). Las pendientes en forma de grada son comunes. Coronas con forma de media-luna y la parte frontal es lobulada. Facetas de la pendiente con declives inversos (Backtilting slope), escarpes, en las partes de deposición la morfología presenta forma de colinas. Relación D/L 0.3 - 0.1, pendiente 20° - 40°.
- **Vegetación:**  
Contraste claro de la vegetación con sus alrededores, la ausencia de uso de la tierra es un indicador de la actividad. Diferencias de vegetación de acuerdo a las condiciones de drenaje.
- **Drenaje:**  
Contraste con las pendientes sin fallas. Drenaje superficial malo o acumulación en nichos o áreas de declive inverso (backtilting). Filtración en la parte frontal del lóbulo de salida (run-out lobe).

UNESCO RAPCA



La Trieves landslide area, France



## Deslizamientos compuestos

- **Morfología:**  
**Morfología de la pendiente:** Cóncava - convexa. Normalmente la concavidad se asocia con la depresión lineal con forma de presa (graben-like). La salida (run-out) no es clara, pero la parte frontal tiene una convexidad suave / abultada. Facetas de declive inverso (Backtilting) asociadas con fallas (pequeñas) antithetics. Relación D/L 0.3 - 0.1, relativamente anchos en tamaño.
- **Vegetación:**  
Como en los deslizamientos rotacionales, aunque la masa del deslizamientos estará menos disturbada.
- **Drenaje:**  
Drenaje superficial imperfecto o disturbado, acumulación en las depresiones y en la parte posterior del deslizamiento.

UNESCO RAPCA



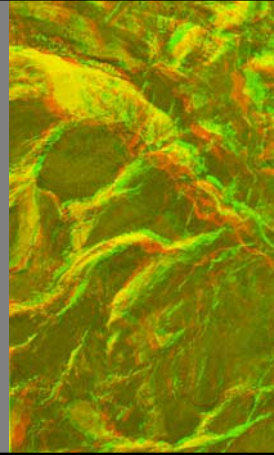
## Deslizamientos Translacionales

- **Morfología:**  
Corona controlada y articulada en deslizamientos de rocas, superficie plana, lisa y resbaladiza. Relativamente poco profundo (somero), ciertamente en el material superficial sobre la capa de roca (bedrock). Relación D/L < 0.1 y bastante ancho. La salida (Run-out) con algo de vegetación (hummocky) con un relieve más bien caótico, con un decrecimiento en el tamaño de los bloques a medida que aumenta la distancia.
- **Vegetación:**  
El área de origen y la ruta de transportación son denudados o descubiertos, con frecuencia la denudación está dispuesta en la dirección del transporte. Diferencias en la vegetación en el cuerpo, en los deslizamientos de rocas no existe uso de la tierra en el cuerpo.
- **Drenaje:**  
Ausencia de estancamiento (ponding) por debajo de la corona; en el cuerpo el drenaje superficial es desordenado o esta ausente. Las corrientes son desviadas o bloqueadas por el lóbulo frontal.

UNESCO RAPCA



Aliano area, Basilicata, Italy



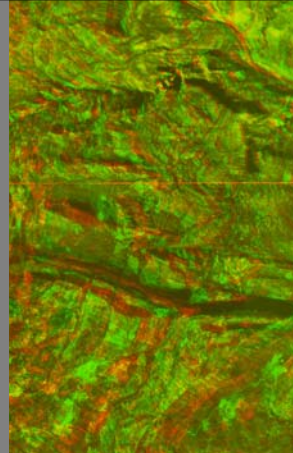
## Extensión Lateral (Lateral spread)

- **Morfología:**  
Disposición irregular de grandes bloques, los cuales están inclinados en varias direcciones. El tamaño de los bloques decrece con la distancia y la morfología se vuelve más caótica. Grietas grandes y depresiones lineares separan los bloques. El movimiento se puede originar en pendientes muy suaves (<math><10^\circ</math>).
- **Vegetación:**  
La diferencia en la vegetación aumenta la separación de los bloques. Contraste considerable con las áreas no afectadas.
- **Drenaje:**  
Drenaje superficial interrumpido. La parte frontal del movimiento cierra el valle, causando una obstrucción y un perfil asimétrico del valle.

UNESCO RAPCA



Lateral spread, Río Suarez, Colombia



## Flujos de lodo (Mudslides)

- **Morfología:**  
Nicho someramente cóncavo, con una parte acumulativa plana lobulada. Claramente más ancho que la ruta de transportación. La morfología irregular contrasta con las áreas del alrededor. Relación D/L 0.05 - 0.01, pendiente  $15^\circ$ - $25^\circ$ .
- **Vegetación:**  
Contraste vegetacional claro cuando fresco, de otra forma la diferencia en la vegetación aumenta los elementos morfológicos.
- **Drenaje:**  
No se asocian grandes anomalías en el drenaje con los flujos de lodo (mudslides), aparte de problemas locales con el drenaje superficial.

UNESCO RAPCA



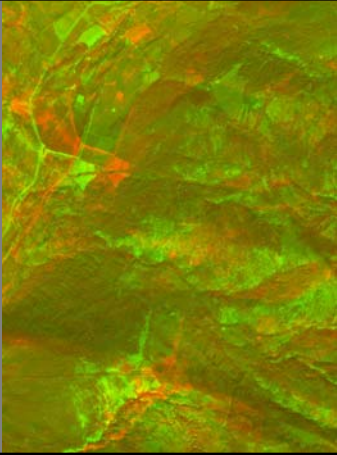
## Flujos de Tierra (Earthflows)

- **Morfología:**  
Una concavidad grande o varias pequeñas, con relieve hummocky en el área de origen. Cicatrices principales y varias cicatrices pequeñas muestra el tipo de falla del desliz. La ruta sigue los canales del drenaje y el cuerpo llena el valle, contrastando con los valles en forma de V. Parte frontal lobulada y convexa. Micromorfología irregular con patrones relacionadas con las estructuras de flujo. Pendiente >  $25^\circ$ , relación D/L muy pequeña.
- **Vegetación:**  
La vegetación en la cicatriz y el cuerpo contrasta fuertemente con los alrededores, el uso de la tierra es ausente si activo. Patrón lineal en la dirección del flujo.
- **Drenaje:**  
Acumulación frecuente en la parte cóncava superior del flujo. Canales de drenaje paralelos a ambos lados del cuerpo en el valle. Drenaje bloqueado o desviado por el lóbulo frontal.

UNESCO RAPCA



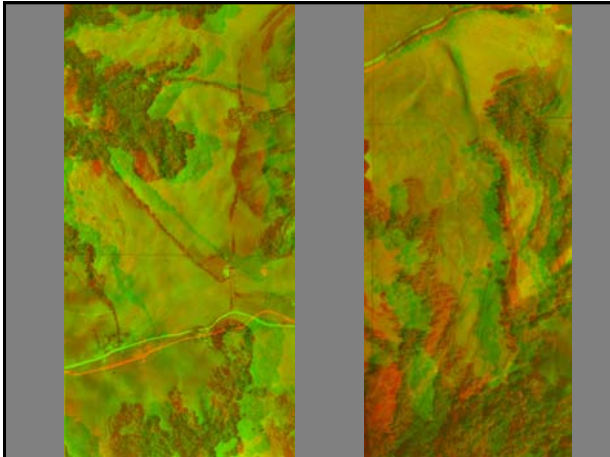
Earthflow, Tor valley, Spanish Pyrenees



## Deslizamientos de flujos (Flowslides)

- **Morfología:**  
Área de origen grande con forma de tazón (bowlshaped) con un relieve interno parecido a gradas o hummocky. Relativamente gran ancho. El cuerpo despliega estructuras de flujo claras con una parte frontal lobulda convexa (como en los flujos de tierra). Frecuentemente asociado con riscos (Roca débil) o con los bordes de las terrazas.
- **Vegetación:**  
Patrón de la vegetación resalta la morfología de los escarpes y los bloques en el área de origen. Vegetación altamente disturbada y diferenciada en el cuerpo.
- **Drenaje:**  
Como en los flujos de tierra, acumulación o drenaje trastornado en la parte trasera y el drenaje es desviado o bloqueado por el lóbulo frontal.

UNESCO RAPCA



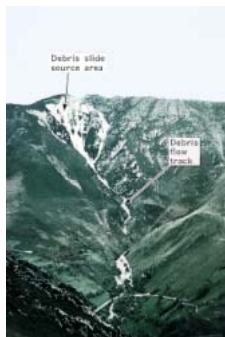
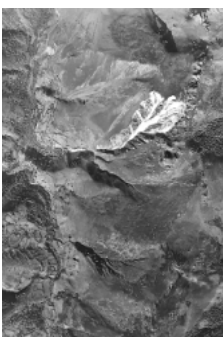
## Avalancha de Escombros

- **Morfología:**  
Nichos relativamente pequeños y someros en pendientes fuertes (>35°) con rutas claramente lineares. Cuerpo frecuentemente ausente. (Erosionado por el drenaje).
- **Vegetación:**  
El nicho y la ruta son denudadas, o cubierta por vegetación secundaria.
- **Drenaje:**  
Una corriente somera y linear se puede originar en la ruta de la avalancha de escombros.

UNESCO RAPCA



## Flujo de Escombros



UNESCO RAPCA




## Flujo de Escombros

- **Morfología**  
Una gran cantidad de pequeñas concavidades (asociadas con el sistema del drenaje) o una cicatriz mayor que caracteriza el área de origen. Destrucción casi completa a lo largo de la ruta, algunas veces marcada por diques deposicionales. Plano achatado y devastado, las vagas estructuras del flujo que se exhiben son el cuerpo.
- **Vegetación:**  
Ausencia de vegetación en todos lados, la recuperación tomará varios años.
- **Drenaje:**  
Trastornado en el cuerpo, mientras las corrientes originales son bloqueadas o desviadas por el cuerpo.

UNESCO RAPCA



### Aberfan



The diagram shows a cross-section of a hillside with a large mass of earth and rock sliding down towards a village. The aerial photographs show the extent of the landslide, with a large area of the village covered in debris.

UNESCO RAPCA

TU Delft

### Santa Lucia



The aerial view shows a deep, narrow valley with steep, rocky slopes. The close-up shows the remains of ancient stone structures, including walls and a small tower, partially buried in the earth.

UNESCO RAPCA

TU Delft

### Armero (Colombia)

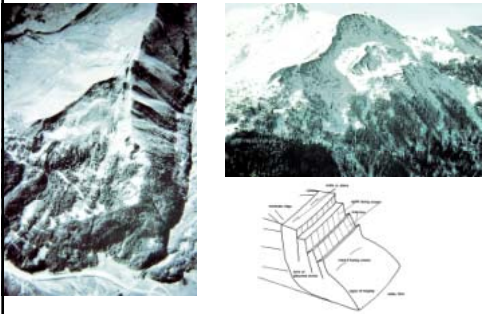


The aerial view shows a town situated in a valley, with a large, dark, muddy flow (lahar) that has advanced towards the town, covering the surrounding fields and forest.

UNESCO RAPCA

TU Delft

### Sagging



The photograph shows a mountain peak that has sagged significantly, with a large, dark, irregular shape on its surface. The diagram shows a cross-section of a structure with a central vertical crack and a sagging top, illustrating the concept of sagging.

UNESCO RAPCA

TU Delft