

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

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	Cicatriz del deslizamiento
2	Derrumbe	Translacional	Activo	Profundo	Baja	Cuerpo de salida (Run out body)
3	Deslizamiento	Complejo			Alta	
4	Caida lateral	Desconocido				
5	Flujo					
6	Avalancha de Debris					

UNESCO RAPCA

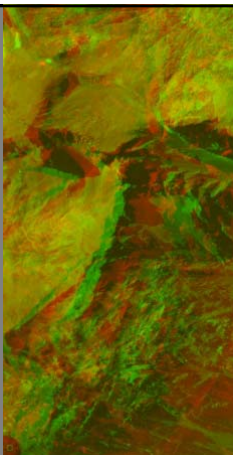


Morphological Characteristics	Block diagram	Plan View/ Profile
1. Concave-convex slopes		
2. Semicircular niches		
3. Step-like morphology		
4. Back tilting of slope faces		
5. Hammocky relief		
6. Cracks formation		
7. Steeping of the slopes		

UNESCO RAPCA



Port de Vielha, Vall d'Aran



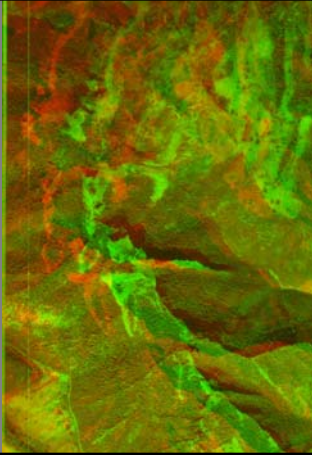
Características de la vegetación

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



Fiume d'Acqua Fredda, Basilicata, Italy





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



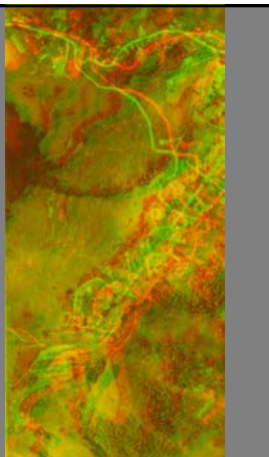
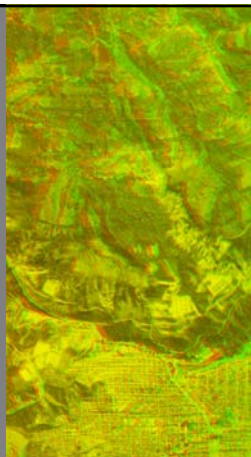
Activo / No-activo

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

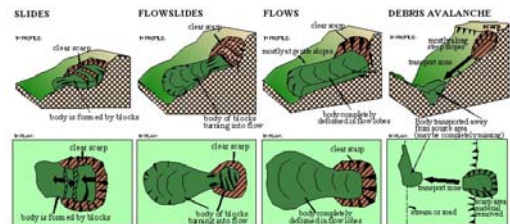
UNESCO RAPCA



Manizales, Caldas, Colombia



Mapeo de tipos de deslizamientos

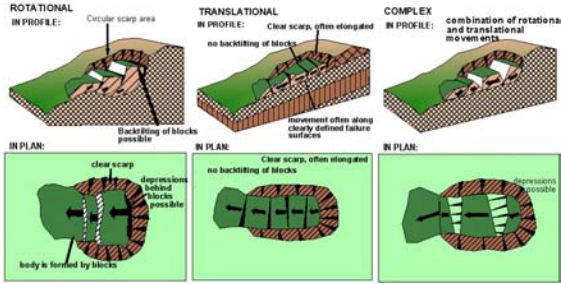


- Landslide blocks recognizable
- No disintegration of blocks in flow lobes
- Blocks may be back-tilted
- Intermediate scarp/cracks possible
- Landslide blocks in the upper part visible
- Blocks are deformed into flowlobe downslope
- The flowlobe generally is larger than the blocks
- Body is still present within scarp area
- 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
- 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



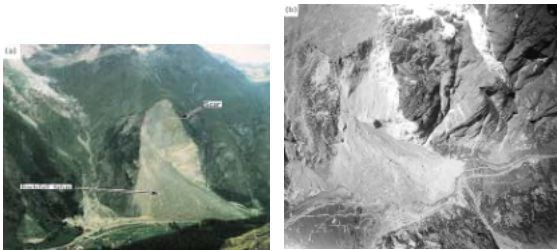
Caída de rocas y derrumbes

- **Morfología:**
Paredones de roca o caras libres distinguibles, en asociación con pendientes de ladera (scree) (20° - 30°) y conos de deyección. Paredones de roca articulados ($>50^\circ$) 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



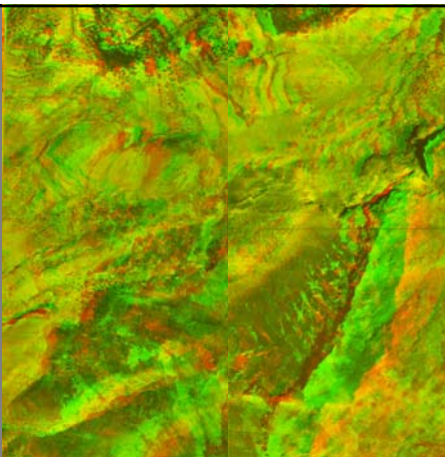
Sturzstrom

- **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. Málaga, Spain)

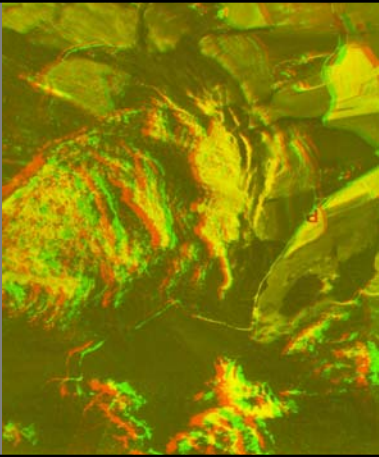


Deslizamientos rotacionales

- **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





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.

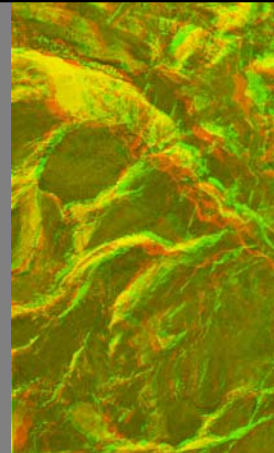
UNESCO RAPCA



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.

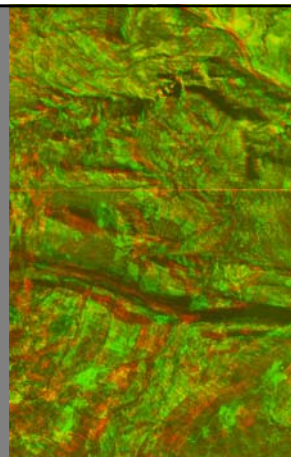
UNESCO RAPCA



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 (<10°).
- **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



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°-25°.
- **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



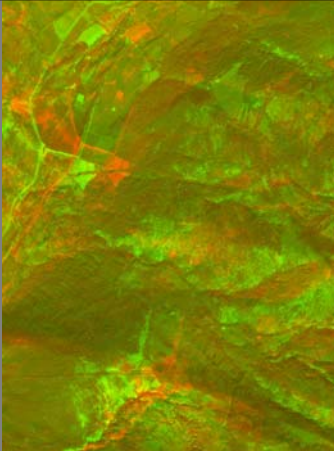
Flujos de Tierra (Earthflows)

- **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°, 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 lobulada 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 lineal se puede originar en la ruta de la avalancha de escombros.

UNESCO RAPCA



Flujo de Escombros



UNESCO RAPCA



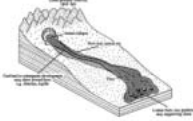
Flujo de Escombros

- **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



UNESCO RAPCA



Santa Lucia



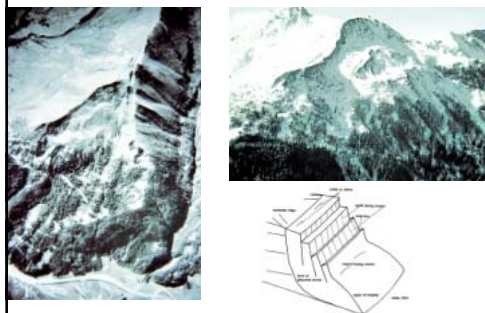
UNESCO RAPCA



Armero (Colombia)



Sagging



UNESCO RAPCA

