



GOBIERNO
DE ESPAÑA

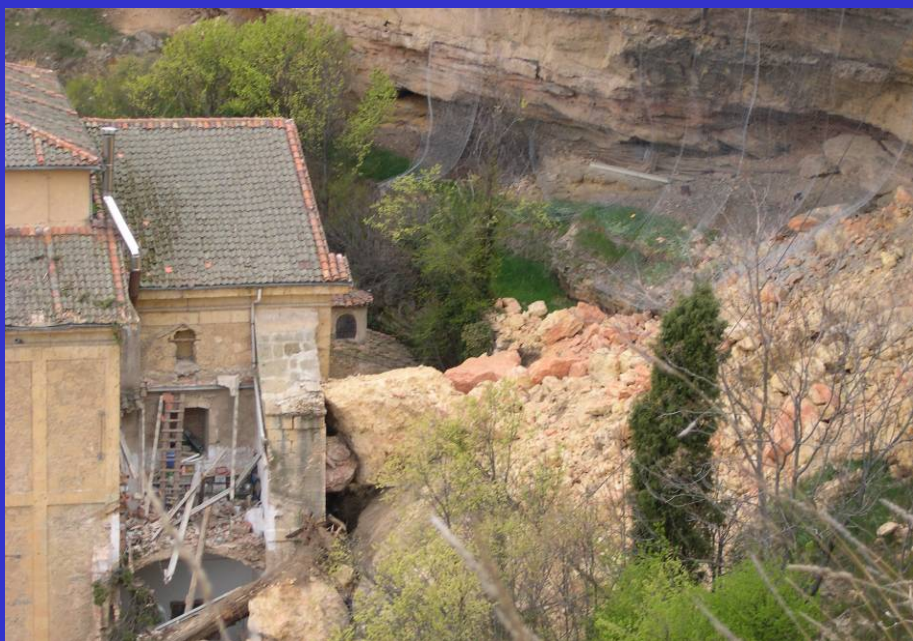
MINISTERIO
DEL INTERIOR



DIRECCIÓN GENERAL
DE PROTECCIÓN
CIVIL Y
EMERGENCIAS

RIESGOS NATURALES: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS

Movimientos de Ladera: Conceptos, Factores y Clasificación. Mapas de Peligrosidad



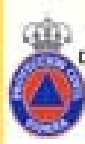
Monasterio La Fuencisla, Segovia



El Salvador



Paloma Fernández García
Dpto. Geodinámica. Facultad Ciencias Geológicas
Universidad Complutense Madrid
Marzo, 2013



MOVIMIENTOS DE LADERA:

CONCEPTOS, FACTORES Y CLASIFICACION. MAPAS DE PELIGROSIDAD

- I Introducción**
- II Principios Conceptuales: Factores y Clasificación**
- III Riesgo**
- IV Medidas no Estructurales: cartografías temáticas**
- V Síntesis**





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DEL INTERIOR



RIESGOS NATURALES: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS



Introducción

Valle del Arlanza, Burgos



Paloma Fernández García

- ***Que son los Movimientos de laderas ?***
 - ***Que variedades existen y cuales son sus características ?***
 - ***Por que se producen ?***
 - ***A que ambientes afecta ?***
 - ***Se pueden llegar a prevenir ?***

A que Ambientes afecta?

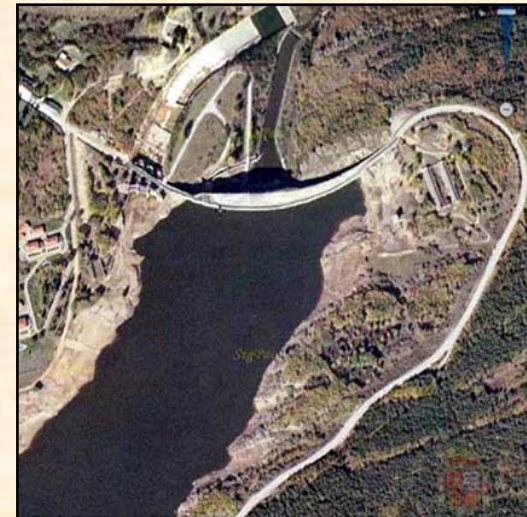
- **Ecosistemas naturales de fuerte relieve: Parques naturales, acantilados, zonas de montaña**
- **Afección a obra civil de muy diferentes características: carreteras; ferrocarril, laderas de embalses**
- **Afección en minería (extracciones) y canteras. vertidos y escombreras**
- **Afección a zonas urbanizadas de rápido desarrollo: zonas de montaña y lugares de ocio**



Aludes en el Macizo de Peñalara



Zonas mineras extensivas, Cartagena



Embalse de La Cuerda del Pozo, Soria



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DEL INTERIOR



RIESGOS NATURALES: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS



Principios

Forn del Canillo, Andorra



Paloma Fernández García

MOVIMIENTOS DE LADERAS (*Movimientos en Masa*)

Movimientos descendentes de masas de tierras o rocas, sin la intervención directa de ningún agente físico (río, hielo). La inestabilidad es producida por causas externas y su propio peso

Presentan velocidades muy variables, con carácter continuo o a impulsos

CLASIFICACION

CAIDAS (Falls)

**Desprendimientos
Vuelcos**

DESLIZAMIENTOS (Slides)

**Traslacionares
Rotacionales**

FLUJOS (Flows)

**Avalanchas; Aludes
Coladas y flujos
Solifluxion**

Clasificación de los Movimientos

Principales características:

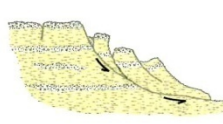
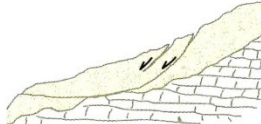
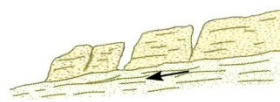
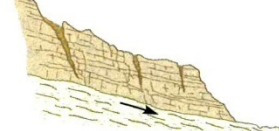
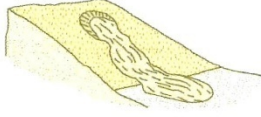
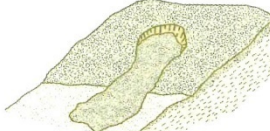
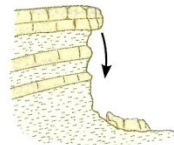
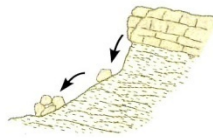
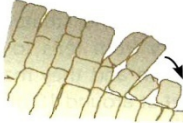
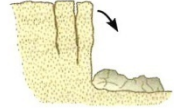
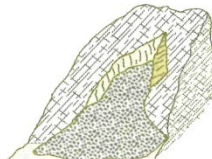
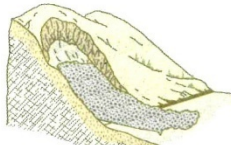
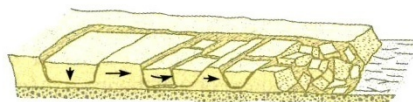
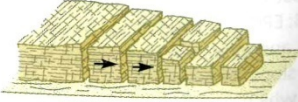
- Tipo de litología:

Rocas - Suelos - Derrubios

Rocas: estructuras de discontinuidad (fracturas, estratos)

Otros aspectos

- **Inclinación de la ladera: valor de la pendiente**
- **Tipo de cabecera: lugar donde se produce el arranque**
- **Forma que presenta la roca o tierras desestabilizada**
- **Velocidad potencial del movimiento**

Types of slope movements		
Rotational landslides		
Translational landslides		
Flows		
Rock falls		
Topples		
Avalanches		
Lateral spreads		

Deslizamientos

Flujos

Caídas

Flujos

Complejos

Factores Condicionantes de los Movimientos: *variables “internas”*
(Conjunto de factores o variables que predisponen al movimiento)

Características Litológicas de la ladera:

- Medios Rocosos muy fracturados
- Materiales de baja compactación: suelos y derrubios

Características Estructurales – Estratigráficas:

- Tipo de Fracturación. Densidad.
- Estado de meteorización de las juntas
- Características Litológicas de la ladera
- Series alternantes de diferente competencia







Factores	RMR ₁₉₇₉
Resistencia de la roca matriz.	0-15
RQD (ver definición)	3-20
Espaciado de las diaclasas	5-20
Estado de las diaclasas	0-30
Efecto del agua	0-15
Orientación relativa sistema de discontinuidades-talud	-60-0

Clasificación Geomecánica(Bieniawski, 1989)

Características Morfológicas:

- Valor de la Inclinación de la ladera o talud y cambios de pendiente
- Características del relieve del entorno (efecto sitio)

Tramos de pendiente de una ladera y Procesos Activos asociados (Demek, 1972)

Pendiente	Clase suelo	Morfología más común	Procesos básicos
0-30'	Plano	Llanura aluvial, llanura proglaciar, superficies de erosión y terrazas	Ausencia total de lavado y deslizamientos
0° 30'-2°	Casi plano	Similar al anterior; sandur, planicies onduladas, pediments y relieves tabulares	Congelifluxion, regueros poco incisivos y solifluxión incipiente
2°-5°	Débilmente inclinado	Ondulado en zonas de tillas (morrenas) basales, drumlins, fondos de valle y relieves tabulares.	 Movimiento en masa, solifluxión, procesos fluviales, inicio de erosión en reguero y lavado.
5°-15°	Muy inclinado	Valles en montañas medias, morrenas terminales y relieves estructurales monoclinales tipo cuesta.	 Movimiento en masa, erosión en manto y reguero, fenómenos de creep, inicios deslizamiento.
15°-25°	Débilmente escarpado	Laderas en montañas medias, morrenas terminales y relieves estructurales tipo cuesta	Erosión lineal muy incisiva. Peligro de destrucción del suelo; conos de  deyección; deslizamientos y caídas.
25-35°	escarpado	Relieves estructurales tipo hogbacks, crestas y acantilados costeros en areniscas, calizas o similares	Erosión lineal muy incisiva. Peligro de destrucción del suelo; conos de  deyección; deslizamientos y caídas.
35°-55°	Precipicio	Escarpes en gargantas, crestas y acantilados en areniscas, calizas o similares.	 Caídas en masa, deslizamientos y colapsos.
>55°	Vertical	Cornisas y acantilados en calizas, areniscas o similares.	 Caídas, colapsos, deslizamientos y desagregación granular.

Factores Desencadenantes de los Movimientos: *variables “externas”*
(Conjunto de factores o variables que producen el movimiento)

Contenido en Agua (precipitación) absorbida por la ladera: reciente o “acumulada” en días anteriores

Aumento de peso

Aumento de presión intergranular

Aumento de volumen (hinchamiento, deformabilidad)

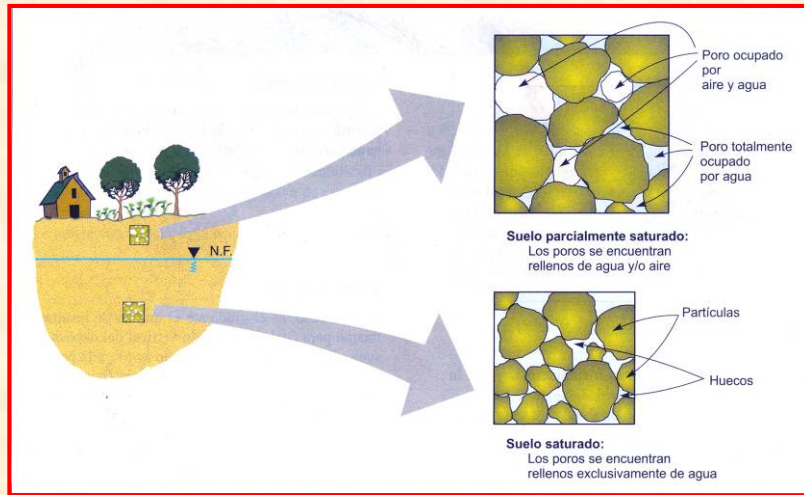
Transformación de minerales

Reorientación de cristales

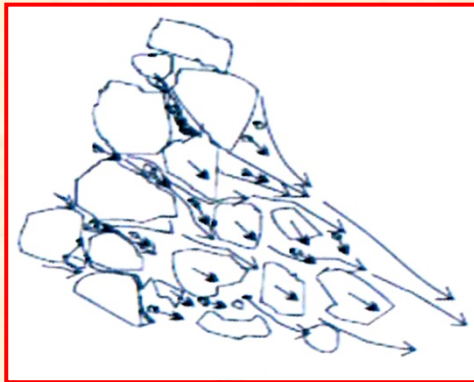
Actividad Sísmica y Volcánica reciente

Actuación Antrópicas (minería; obra civil; incendios, etc.)

Efectos del Aumento del Contenido en Agua de la Ladera



- **Aumento del peso y volumen de la ladera (hinchamiento)**
- **Aumento de la presión intersticial: pérdida de cohesión y resistencia del material**



- **Reorientación de partículas a favor del agua de infiltración y de la ladera con cambios en la porosidad**

- **En algunos materiales (yesos) pueden aparecer cambios químicos en la estructura de los minerales: hidrataciones, disoluciones etc**
- **En algunos deslizamientos se ha detectado una orientación a favor de la pendiente (efecto “lubricante”) del agua**

Suelos de Comportamiento Especial

- **Arcillas expansivas**: *suelos con estructura y fábrica que permiten una alta absorción de agua, con importantes aumentos del volumen. Minerales del grupo de la smectita. Generan grietas de varios cm de anchura.*
- **Suelos dispersivos**: *suelos con estructuras floculadas (en agua), que generan agregados individuales fácilmente separables unos de otros. Procesos tipo "Piping"*
- **Suelos salinos y agresivos**: *importantes contenidos en sales, pH básicos. Lígera expansión, ataques químicos a materiales (hormigón), riesgo de colapsos.*
- **Suelos colapsables**: *arcillas y limos con estructura "abierta" fácilmente disgregables (cohesión nula). Loess, materiales volcánicos, vertidos*
- **Fangos blandos y "sensitivos"**: *arcillas, limos, materia orgánica y alto contenido en agua. Desarrollan una alta deformabilidad con desplazamientos a grandes distancias." Remoldeo". Ambientes tipo marismas, turberas*
- **Suelos licuefactables**: *arenas y limos de baja permeabilidad y saturados en agua (los granos se aíslan entre sí, rodeándose de agua). El material se comporta como un fluido*



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DEL INTERIOR



DIRECCIÓN GENERAL
DE PROTECCIÓN
CIVIL Y
EMERGENCIAS

RIESGOS NATURALES: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS



Clasificación



Paloma Fernández García

Trazado Alta Velocidad, Málaga – Granada

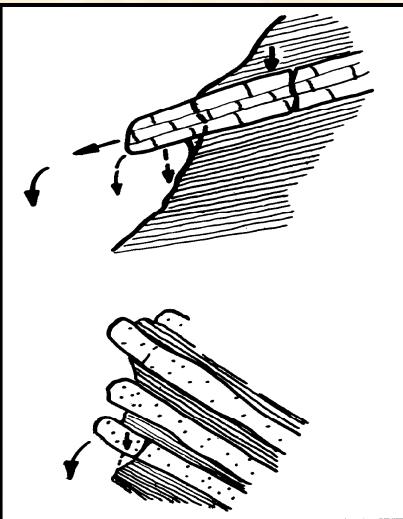
CAÍDAS: movimientos gravitacionales de bloques de roca o tierras, que ocasionalmente pueden ser de gran tamaño. Se suelen producir instantáneamente, prolongando su movimiento por rebotes y rodadura

Desprendimiento: movimiento en caída libre al vacío

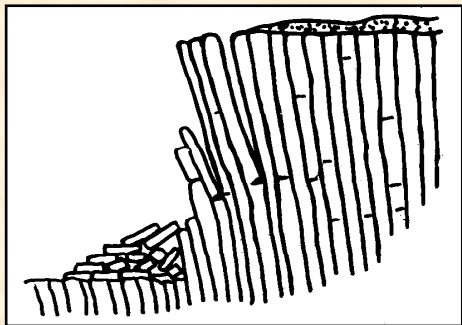
Vuelco: movimiento hacia el exterior de la parte superior de una roca (cabeceo)

CARACTERÍSTICAS:

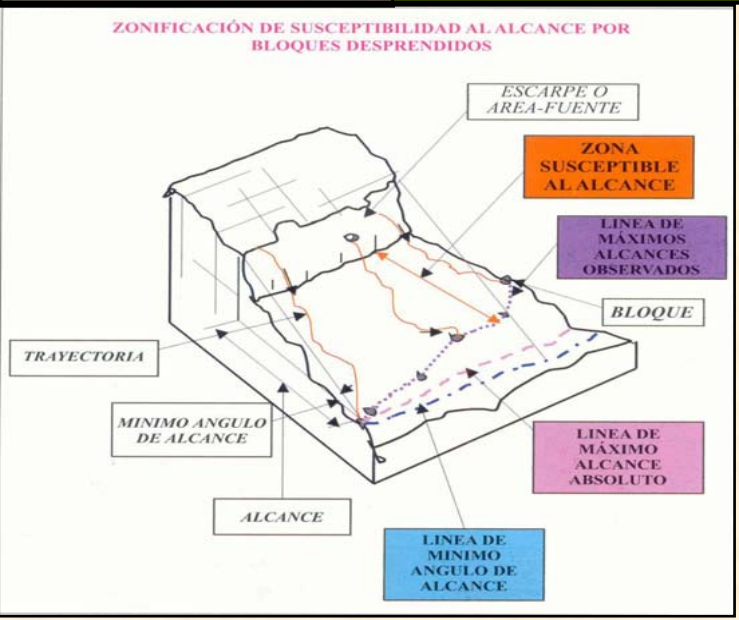
- Siempre en laderas muy verticales (escarpes)
- Presencia de diaclasas, grietas paralelas al borde de la ladera
- Alternancia litológica de los estratos de diferente competencia
- Características climáticas de contraste: crioclastía; ciclos de helada
- Ecosistemas de montaña, zonas kársticas, zonas costeras tipo acantilado
- Erosión (descalce) en la base de la ladera
- Un alto porcentaje tienen origen desconocido



Desprendimiento



Vuelco



$$\text{Log } H / L = 0,167 - 0,119 \log \text{Vol } (r^2)$$

H / L : tangente correspondiente al “ángulo visual”

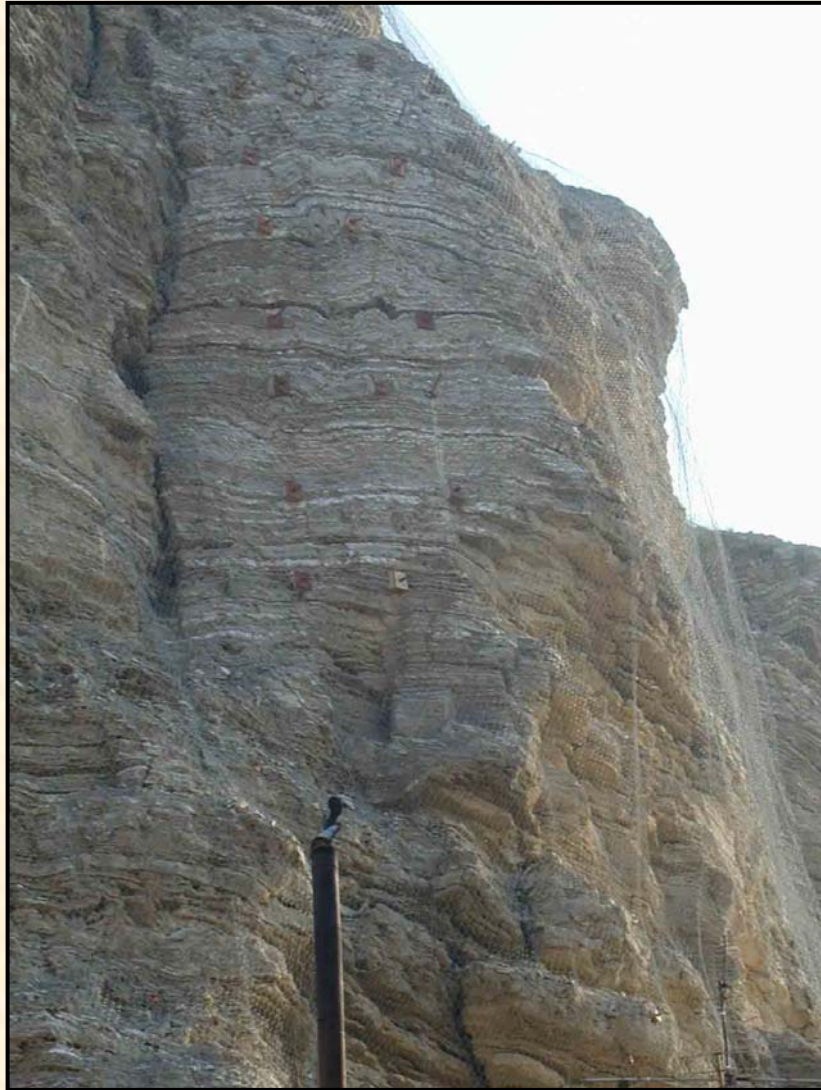
H: altura del escarpe

L: alejamiento del bloque

Vol (r²): volumen del bloque, en función de su radio (esfericidad)

- Las direcciones de las diclasas y su intersección respecto al escarpe, condicionan el tamaño y forma del volumen desprendido.
- La distancia alcanzada por los bloque desprendidos es superior a la de cualquier otro movimiento (a excepción de los flujos)
- No hay seguridad del lugar de procedencia exacto de la ladera, donde se ha producido el desprendimiento, ni tampoco de su trayectoria



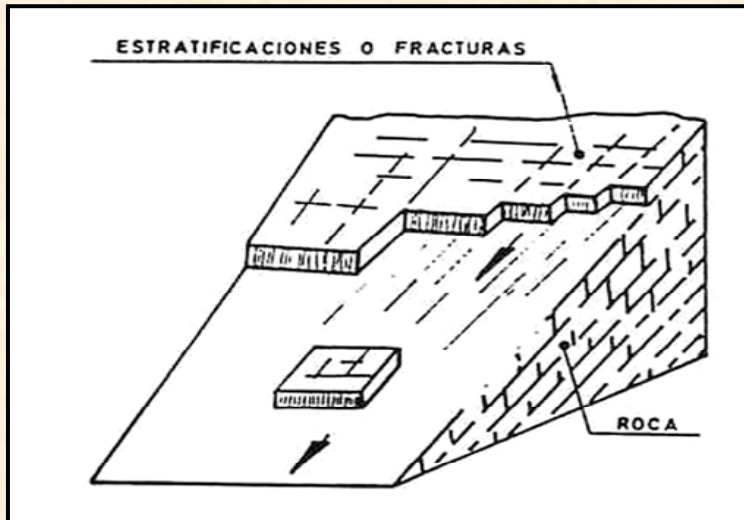


Ejemplos de desprendimientos asociados a distintas litologías y ambientes

Deslizamiento Traslacional (planares):

Movimientos descendentes de rocas o masas de tierra a favor de una “superficie” (estrato, fractura, etc.) de rotura, plana o ligeramente ondulada, siguiendo una trayectoria rectilínea

Pueden existir tanto en rocas como en tierras



Deslizamiento planar en “cuña”, Asturias

Características:

Superficie de rotura “plana” o subparalela al suelo

Conservación masa desplazada (salvo ruptura)

Espesor masa movida (salvo excepciones): reducida (< 2m)

Arrastres de suelo y cobertera vegetal (incendios)

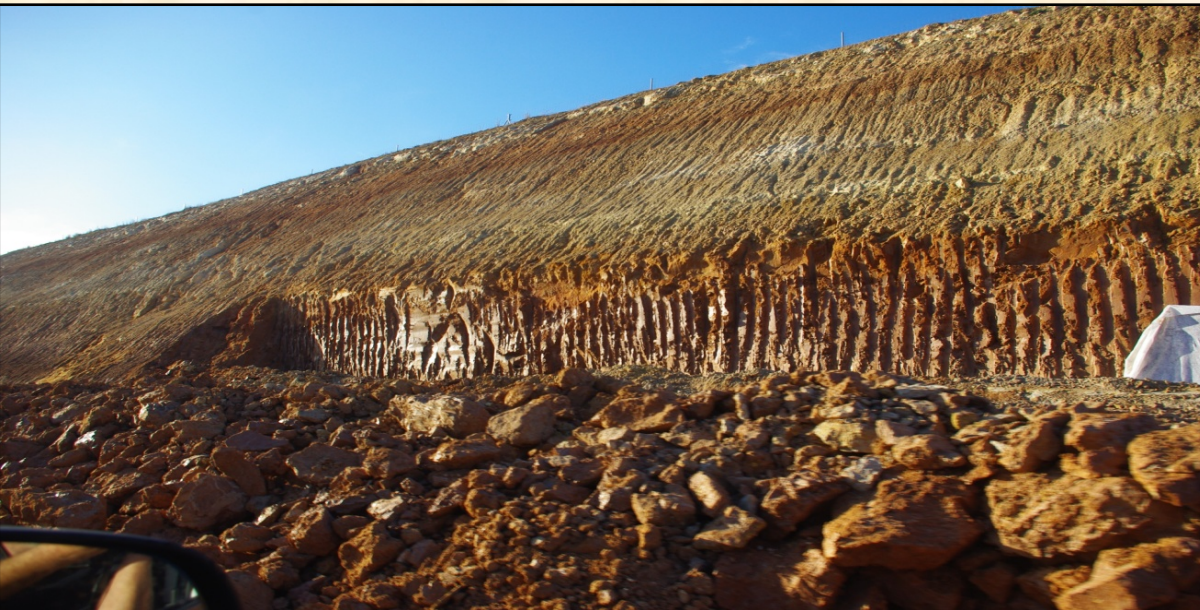
Longitud recorrida: variable (corta)

Velocidad: muy rápida – moderado

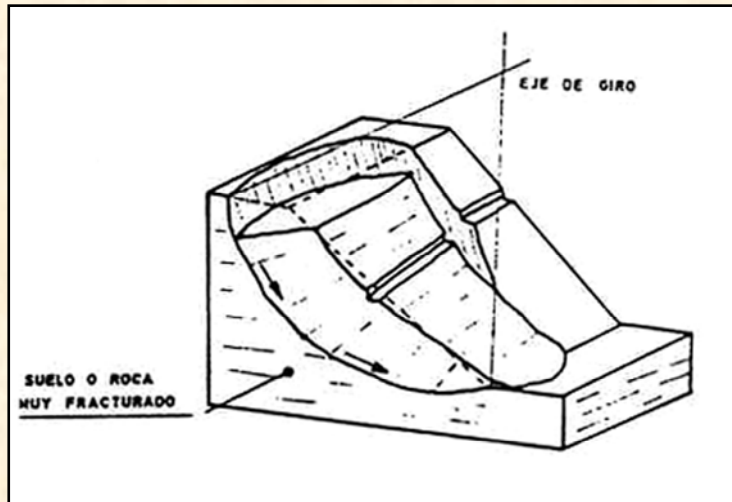
Cicatriz de despegue: irregular



Arrastres de suelos, Nepal



Taludes con deslizamiento en la Autovía N - 1



Deslizamiento Rotacional:

Movimientos de rocas o tierras, a favor de una superficie curva (cóncava). Esta superficie de “despegue” tiene distinta profundidad en la ladera. El movimiento resultante se ajusta a la estabilidad sobre un arco

Zona de cabecera:

Grietas semicirculares. Depresiones y encharcamientos

Escarpe semicircular (cicatriz)

Bloques basculados

Zona de acumulación:

Lóbulos de tierras y bloques, vegetación arrancada y escorrentía superficial desordenada



Deslizamiento rotacional, Segovia

Características

Superficie rotura cóncava (cuchara)

Cicatriz semicircular en cabecera

Basculamiento y descenso de bloques, a veces en “arco”

Espesor masa movida: alto

Longitud recorrida: variable

Velocidad: moderado - lento



Deslizamiento rotacional en la zona de Granada

Deslizamiento en el estribo derecho de la Presa de Yesa

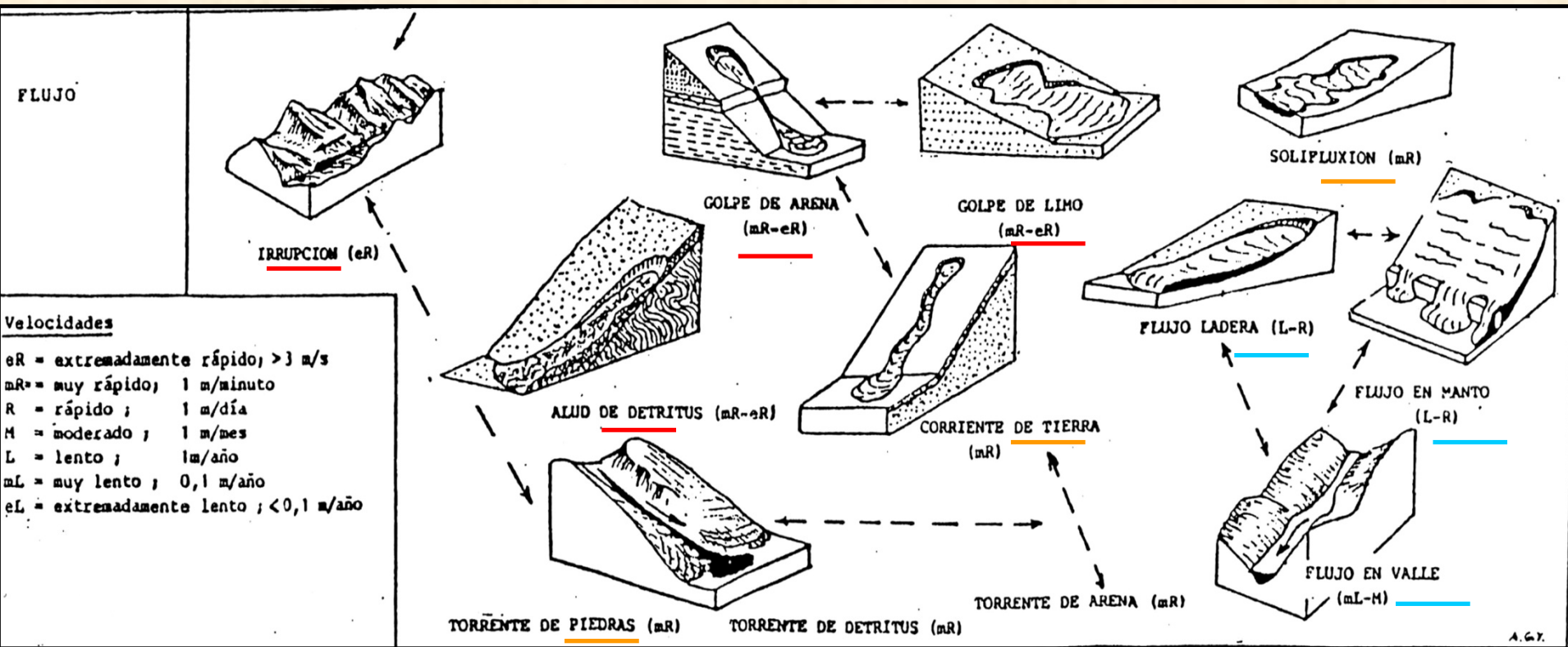
Flujos:

Movimientos heterogéneos de una gran masa de tierra, con predominio de los movimientos intergranulares (flujos plásticos) que producen una deformación interna de su estructura. Hay una gran variedad de movimientos

Las formas externas son lobuladas

La mayoría de ellos se “adaptan al espacio disponible”

Las velocidades de los movimientos son muy variables y “discontinuas”



Velocidad de los movimientos

Cuadro 1. Escala de velocidad de los movimientos de ladera (Cruden y Varnes, 1996)

CLASE	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (mm/seg)	VALORES TÍPICOS	DAÑOS PROBABLES
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s	Violento y catastrófico. Destrucción de edificios por impacto de la masa deslizada.
6	Muy rápido	5×10^1	3 m/min	Es difícil escapar. Algunos muertos. Destrucción de edificios y estructuras.
5	Rápido	5×10^{-1}	1.8 m/h	Es posible escapar. Destrucción de edificios y estructuras.
4	Moderado	5×10^{-3}	13 m/mes	Algunas estructuras pueden mantenerse temporalmente.
3	Lento			Pueden aplicarse medidas correctoras. Las estructuras y edificios pueden mantenerse.
2	Muy lento	5×10^{-5}	1.6 m/año	Las estructuras permanentes no resultan dañadas en general.
1	Extremadamente lento	5×10^{-7}	16 mm/año	Imperceptible si no es con instrumentación. Es posible la construcción con precauciones.

Rango de velocidades, daños probables esperados y mantenimiento de estructuras

CARACTERÍSTICAS

- Se asocian con volúmenes de tierras moderadas a importantes con desplazamiento a grandes distancias
 - Morfología lobuladas convexas con grietas radiales en los bordes. El movimiento puede continuar activo sin existir lluvia
 - Casi siempre se asocian con la lluvia antecedente, por lo que el material tiene características plásticas con dificultades de drenar internamente el agua absorbida



Flujos en el emboquille del AVE a Málaga



Lóbulo de flujo, laguna de Peñalara

- ***Cuando se asocian con deslizamientos o desprendimientos dan lugar a grandes volúmenes de tierras con movilidad residual (movimientos complejos)***
- ***Los factores desencadenantes están en el entorno: descalces en la base, descargas de acuíferos próximos, sobrepesos en cabecera, etc.***
- ***Pueden en algún caso estar inducidos por movimientos sísmicos***
- ***Velocidades rápidas a moderadas***





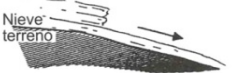


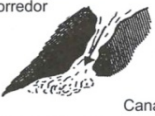
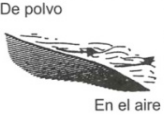


Deslizamiento de Benamejía, Córdoba



Aludes de nieve: Movimiento repentino de masas de nieve reciente (seca y ligera) cuando alcanza un espesor no estable

Características:

- Pendiente en la zona de salida (25°- 45°)
- Escasa rugosidad de la roca y ausencia de vegetación
- Orientación de la cabecera respecto a los vientos dominantes
- Sobre peso de nieve. Sacudidas, vibraciones
- Descalce en zonas inferiores

Criterio	Tipo de avalancha		
Forma de la rotura	De placa  Rotura longitudinal	Colada  Rotura puntual	
Posición de la superficie de deslizante	Superficial  Nieve terreno	De fondo  Nieve terreno	
Trazado de la avalancha	De ladera  No confinada	De corredor  Canalizado	
Tipo de movimiento	De polvo  En el aire	Densa  Sobre el terreno	Pulvurulenta-densa  Mixto
Tipo de nieve	De nieve seca (polvos) sin agua libre		De nieve húmeda con agua libre

López J., 1988

Avalanchas de rocas

Características:

- Material “preparado” que genera volúmenes de tierras importantes
- Zonas de montaña
- En ambos la velocidad es instantánea

Avalancha de Los Alazores, Málaga





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DEL INTERIOR



RIESGOS NATURALES: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS

Riesgo



Po Shan, Hong Kong

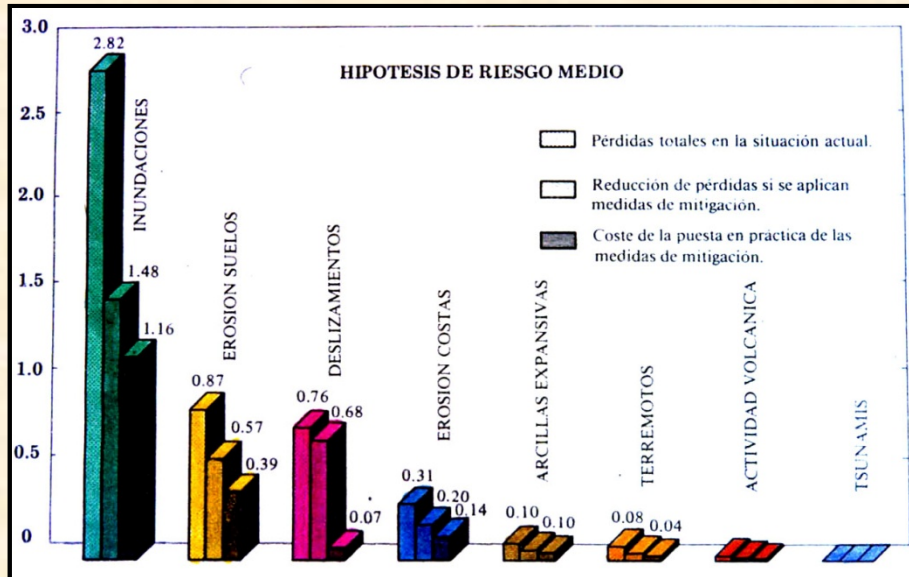


Paloma Fernández García

Los movimientos de ladera son fenómenos de difícil tratamiento estadístico. Como criterio general, se asume que una zona puede reactivarse por causas naturales, una vez al menos cada 500 años (*hipótesis de Riesgo Medio*)

Riesgos Naturales de origen Exógeno

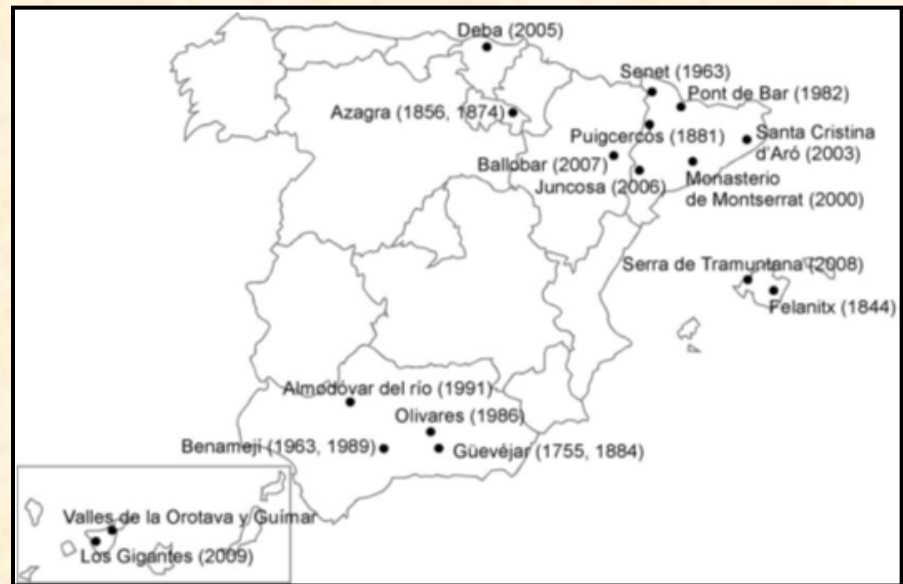
- *Inundaciones y crecidas*
- *Erosión de suelos*
- *Movimientos en masa*
- *Erosión de costas*
- *Arcillas expansivas*



González de Vallejo, 1990

Distribución mayoritaria en áreas de montaña y con cierta actividad sísmica

Copons et al., 2009



Riesgo (Risk): *Situación de pérdida potencial de bienes materiales o de amenaza a la integridad humana*

Riesgo: Previsión de Daños

$R = P \times E \times V$

PELIGROSIDAD: Frecuencia e intensidad del fenómeno

EXPOSICIÓN: Número de personas/Bienes expuestos

VULNERABILIDAD: Nivel de daños esperable
Capacidad de respuesta y recuperación

↑ P

↑ E

↑ V

}

↑ R

R ↓

{

↑ Capacidad de respuesta

↑ Capacidad de recuperación

UNESCO, 1993

Peligrosidad (hazard): *expresa la frecuencia e intensidad con que se repite un determinado fenómeno*

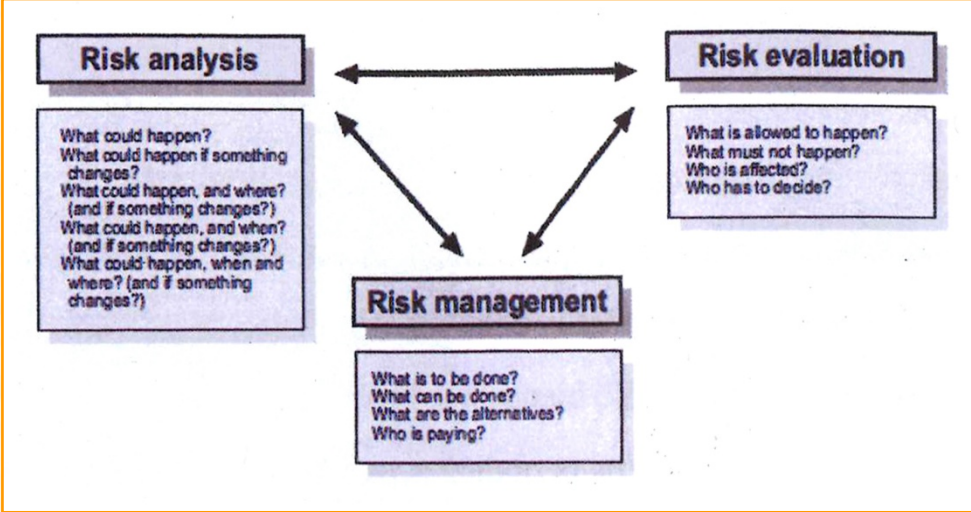
Exposición: *se refiere a las personas y bienes potencialmente sometidos a un peligro natural, en función de su situación o proximidad*

Vulnerabilidad: *nivel de daños esperable asociado a un riesgo natural (dada la intensidad del fenómeno y el valor de los bienes expuestos)*

- ♣ El análisis de los riesgos es fundamental en la comprensión de los procesos peligrosos
- ♣ Existen vínculos entre diferentes riesgos naturales y el medio físico
- ♣ Sucesos peligrosos que antes producían desastres, ahora producen catástrofes
- ♣ Las consecuencias de los riesgos pueden ser minimizadas

Análisis

Quando, como y donde se produce



Evaluación

Alcance y magnitud del peligro

Gestión

Alternativas, soluciones:

- Medidas estructurales (directas)
- Medidas no estructurales (indirectas)

Deslizamiento rotacional de Huete (Cuenca)



Asignatura de Master “ Dinámica y riesgos de movimientos de ladera y aludes”. Clases Prácticas

Medidas no Estructurales



Paloma Fernández García

Medidas no Estructurales o de Prevención

Comprende un sistema de medidas enfocadas a la prevención:

1. **Planes de Ordenación del Territorio: cartografías temáticas (mapas de inventario; de susceptibilidad y de peligrosidad)**
2. **Seguros**
3. **Sistemas de vigilancia y alerta**
4. **Entrenamiento y educación de la población**

Funciones de las Cartografías Temáticas

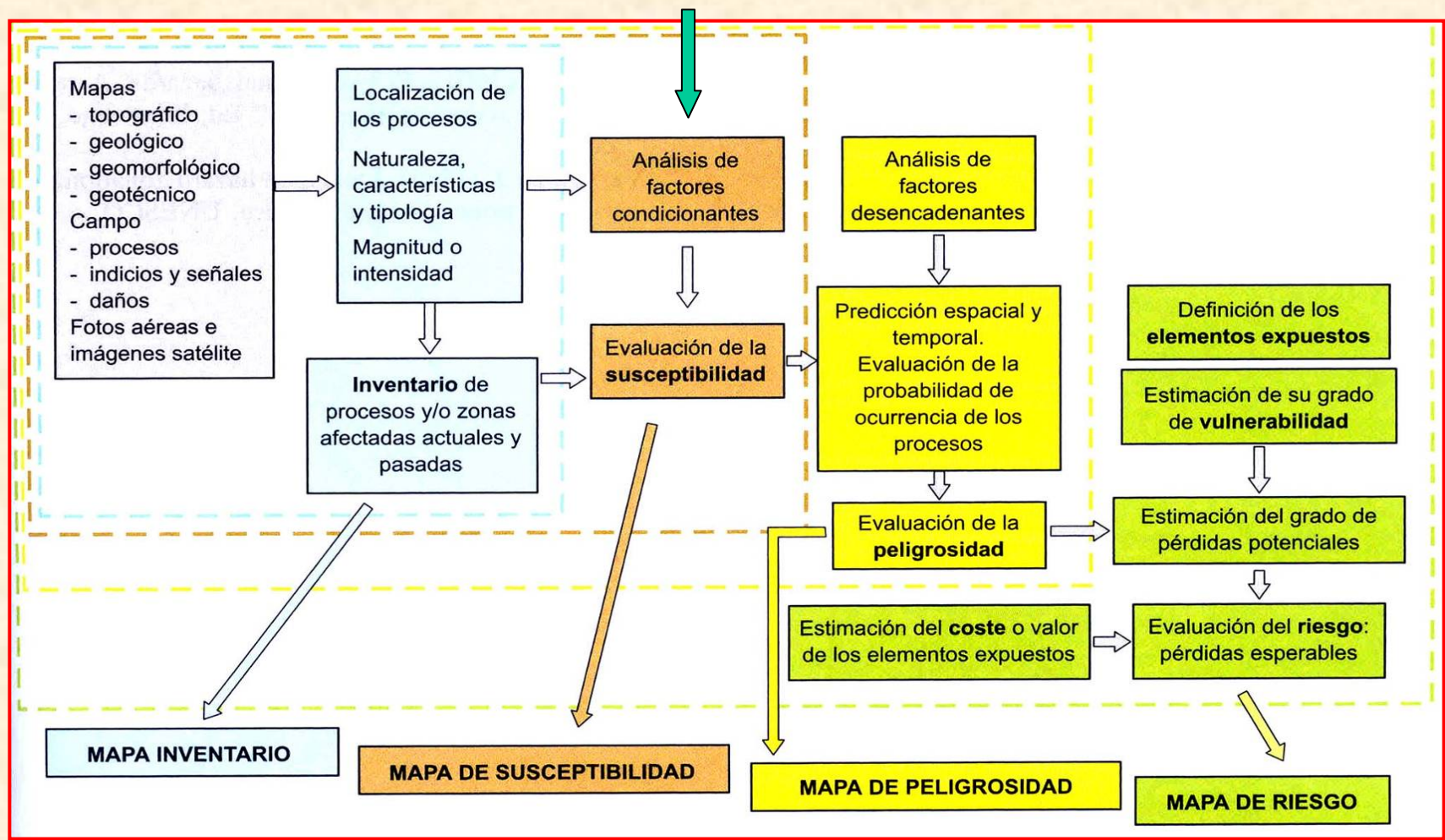
Representación de zonas de terreno que reflejen la magnitud del peligro. Estos mapas se apoyan en otras cartografías específicas (Ej. Mapa geomorfológico)

Escala del trabajo: todas (regional, media y de detalle)

Mejor resultado a medio y largo plazo

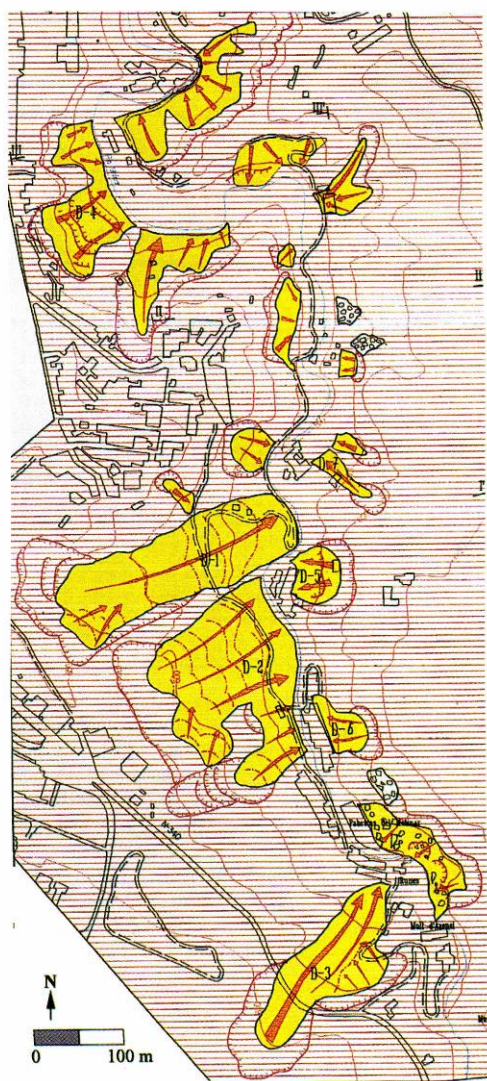
Menor coste económico que las medidas estructurales (directas)

Esquema de la Metodología seguida en la elaboración de Cartografías



Mapas de Susceptibilidad a los Movimientos de Ladera. IGME, 2003

Mapas de Susceptibilidad : localización de unidades de terreno que presentan características favorables (factores condicionantes) para que se produzcan determinados movimientos



Mapas de Inventario

Muestra la localización espacial de los movimientos de inestabilidad de una zona

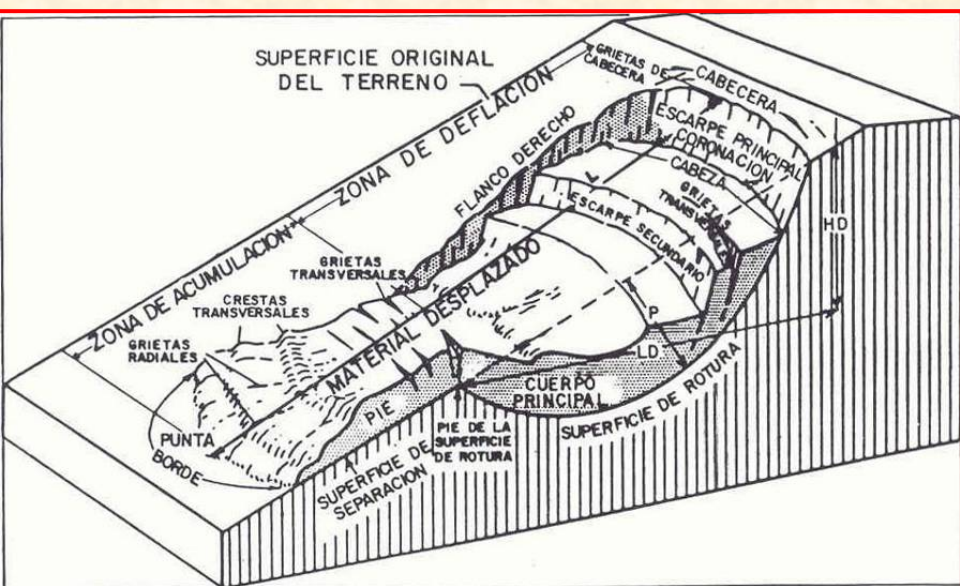
Cuando es posible, se realiza una clasificación del tipo de movimiento

Se complementa con las fichas de trabajo, que permite cuantificar algunos parámetros

- | | | | |
|--|---------------------------------|--|---------------------------|
| | Masas deslizadas. | | Dirección del movimiento. |
| | Escarpes y grietas de tracción. | | Desprendimientos. |

Ficha de trabajo:

Parámetros recogidos en la ficha de campo para el inventario de movimientos de ladera



SITUACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LADERA

- Clave del punto de muestreo.
- Localización
- Coordenadas UTM

DATOS DE LA LADERA DONDE SE SITUA EL MOVIMIENTO

- Orientación de la ladera
- Pendiente.
- Situación del movimiento en la ladera.
- Morfología de la ladera – Contexto estructural.
- Vegetación o uso del suelo (actual o antiguo) de la ladera.

CARACTERÍSTICAS DE LA CORONA O CICATRIZ DE DESPEGUE

- Orientación.
- Altitud del punto más alto de la cicatriz.
- Altura máxima de la cicatriz.
- Anchura de la cicatriz.
- Material que se observa.
- Forma de la cicatriz.

CARACTERÍSTICAS DE LA PARTE CÓNCAVA O NICHU

- Altitud del punto más alto del nicho.
- Longitud del nicho visible.
- Longitud total del nicho.
- Pendiente.
- Material que se observa.
- Afloramientos del sustrato en el nicho.
- Espesor y volumen del material movilizado.
- Presencia de agua.
- Presencia de restos de vegetación.

CARACTERÍSTICAS DE LA MASA DESPLAZADA.

- Altitud del punto más bajo al que llegó el flujo de materiales.
- Longitud de la masa desplazada.
- Longitud total del movimiento de ladera.
- Orientación del flujo de material.
- Pendiente en el sector por donde se ha movilizado material.
- Espesor y anchura de la masa desplazada.
- Presencia de labios laterales.
- Características del material depositado tras el movimiento de ladera.

DAÑOS PROVOCADOS POR EL MOVIMIENTO DE LADERA

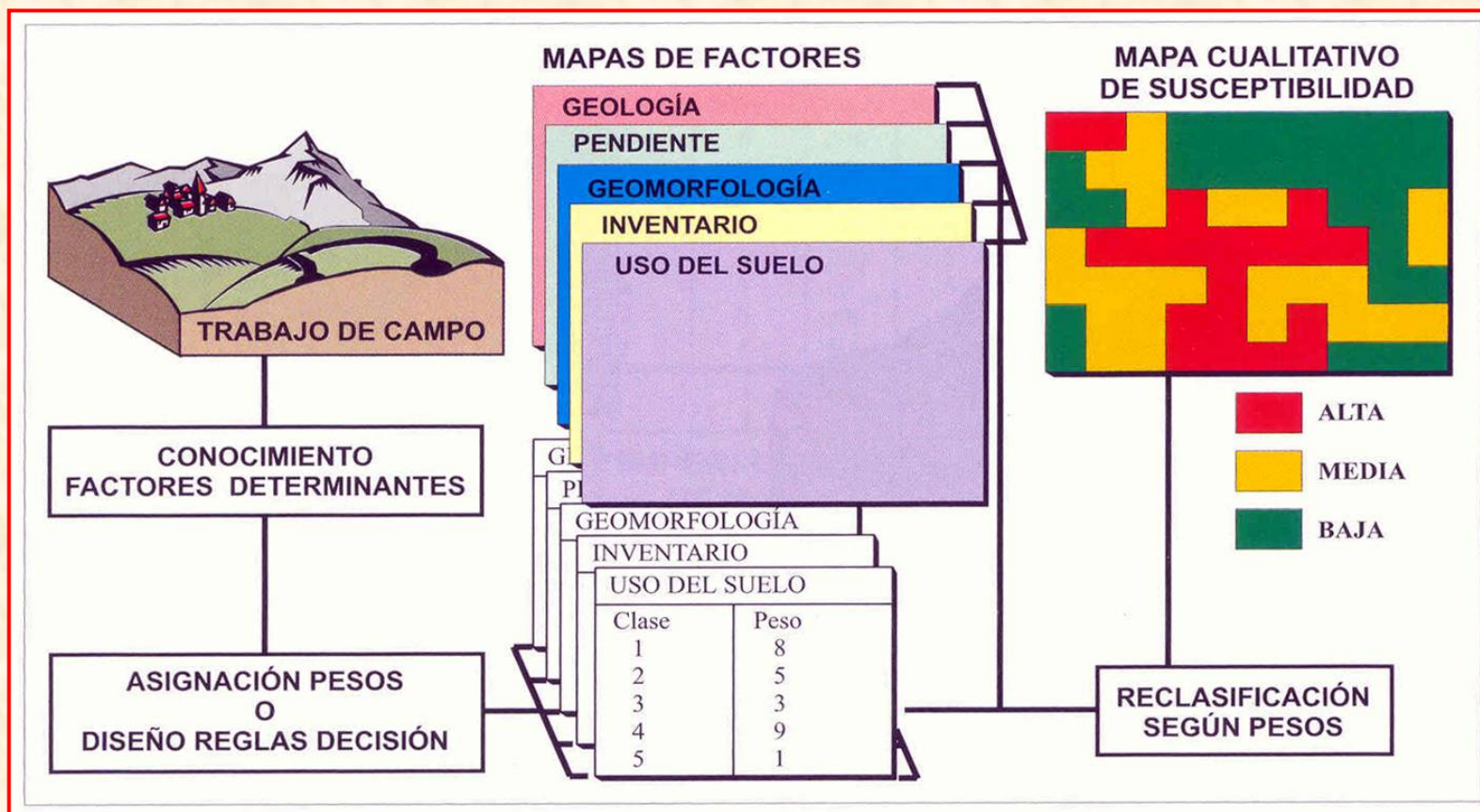
- Erosión producida por el deslizamiento.
- Daños causados a la vegetación.
- Daños causados en infraestructuras humanas.

DIBUJO EN PLANTA Y PERFIL

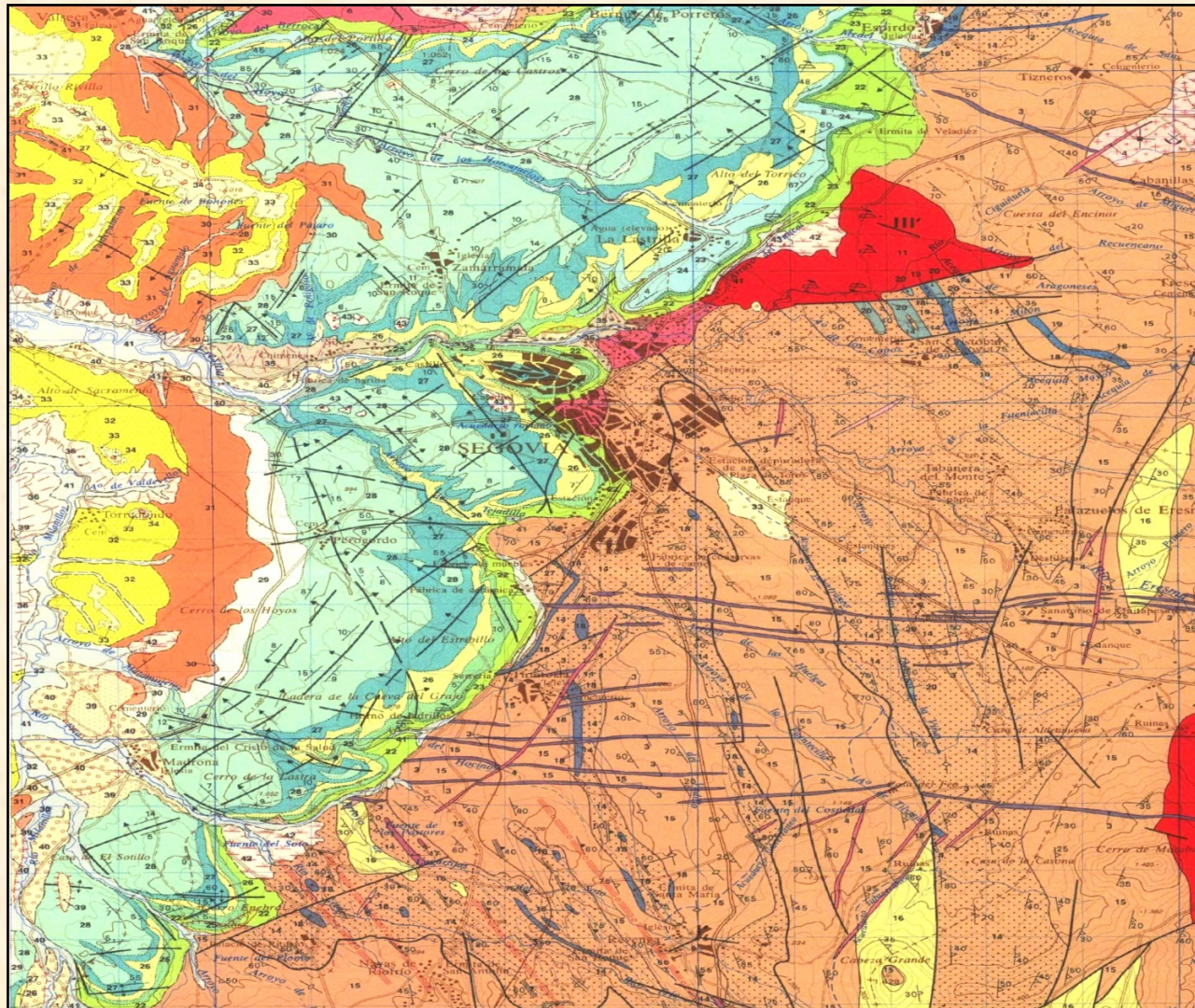
Mapa cualitativo de Susceptibilidad

Se basa en la superposición de diferentes cartografías temáticas que responden a los factores condicionantes y en la asignación de un valor sencillo (peso) a cada unidad de terreno seleccionada

La asignación del valor se hace subjetivamente, pero la combinación de varios mapas hace que se gane objetividad. Utilización a cualquier escala



El Mapa Geológico, Hoja de Segovia (483), a escala 1 / 50.000, serie MAGNA proporciona información sobre el tipo de materiales existentes y sus posibles efectos derivados (tipo de rocas y estructura)

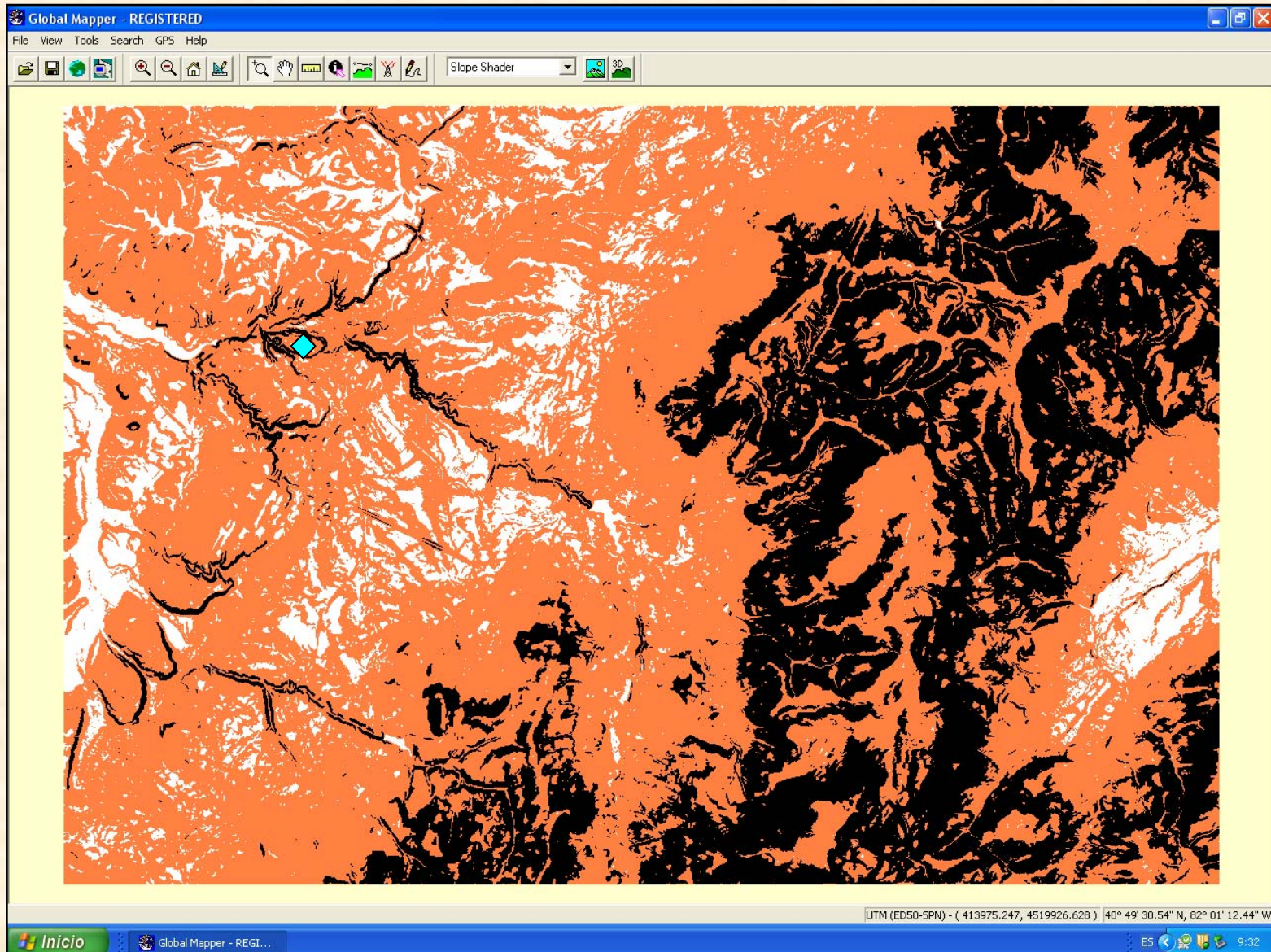


El Mapa Geomorfológico de la misma zona, considera todos los elementos del relieve y por tanto aquellas unidades susceptibles de presentar problemas

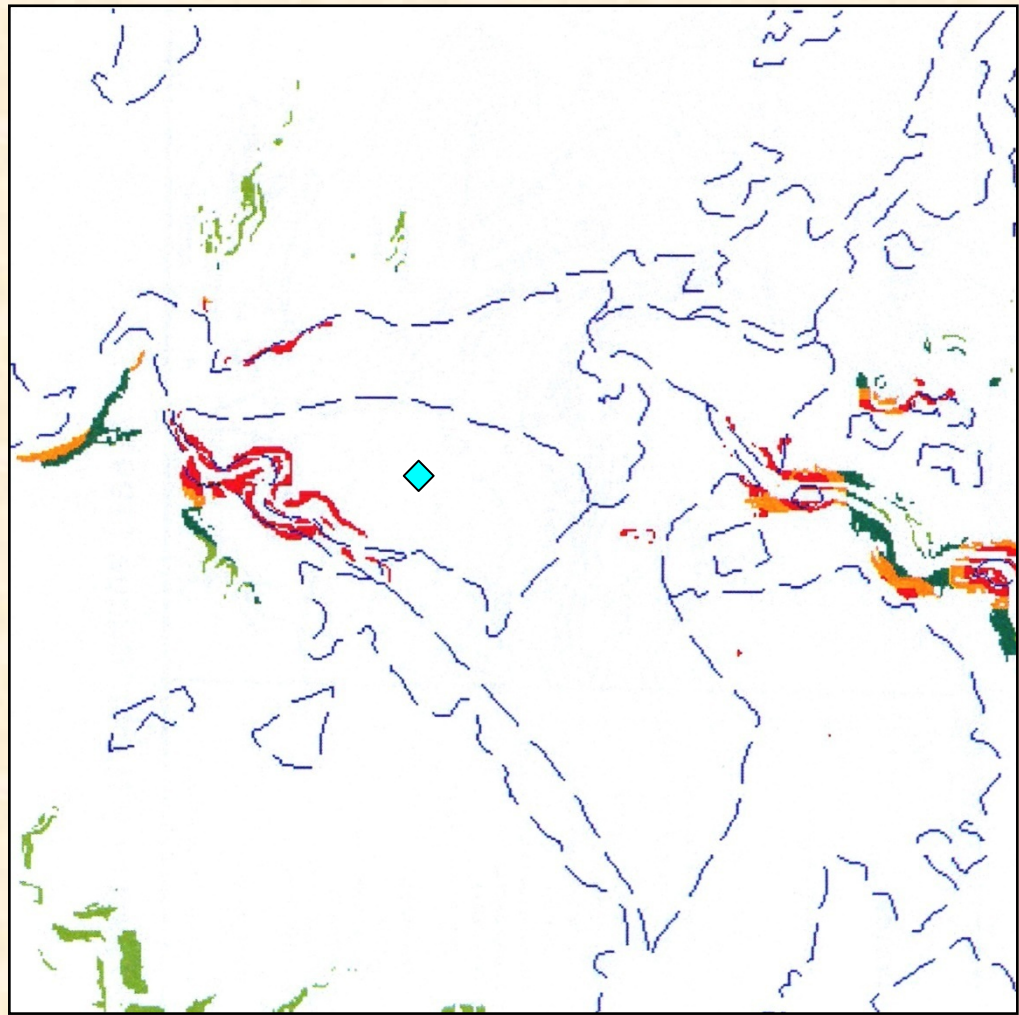


◆ Segovia







En el Mapa de pendientes se diferencian los tramos de pendiente significativos de la zona. Para este caso, en color negro (valores $> 18^\circ$) color blanco (valores $< 2^\circ$) y en rojo los valores intermedios (♦ Segovia)



Mapa de Susceptibilidad del entorno de la ciudad de Segovia. Las zonas punteadas en azul corresponde a zonas urbanizadas

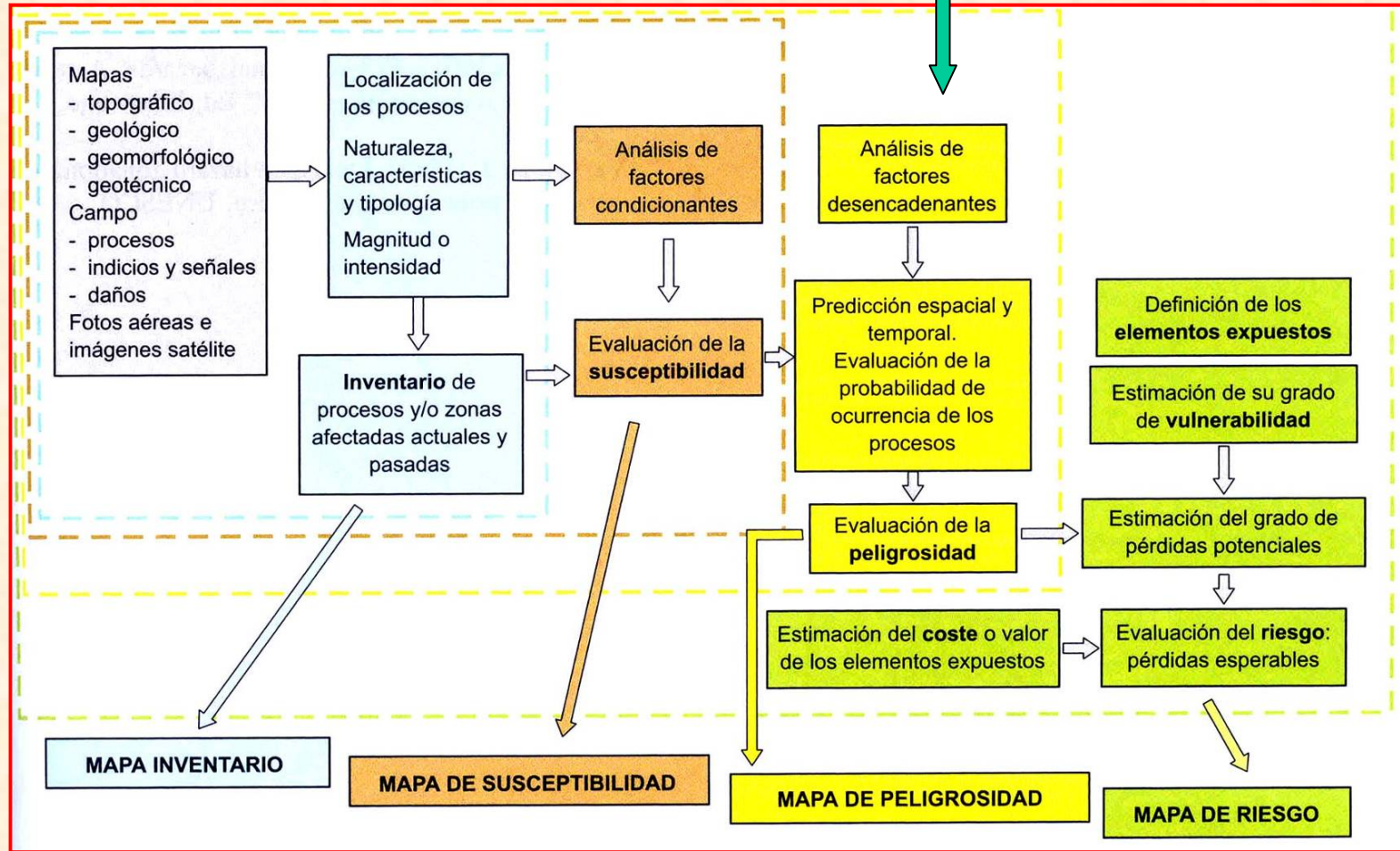


Leyenda

-  0. Zona de riesgo nulo (sin caídas)
 -  1. Zona de riesgo muy bajo (sin interferencia a largo plazo)
 -  2. Zona de riesgo bajo (con posible interferencia a medio plazo)
 -  3. Zona de riesgo alto (con posible interferencia a corto plazo)
 -  4. Zona de riesgo muy alto (con interferencia activa observada)
-
-  1. Contorno de las zonas urbanas de interferencia

 **Segovia**

Esquema de la Metodología seguida en la elaboración de Cartografías



Mapas de Susceptibilidad a los Movimientos de Ladera. IGME, 2003

Mapas de Peligrosidad : muestran las zonas con distinta frecuencia o reactivación de movimientos (factores desencadenantes). En ocasiones hay poca diferencia con los mapas de susceptibilidad

Introducción	Principios	Riesgo	Med. no Estruct.	Síntesis
--------------	------------	--------	-------------------------	----------

Elaboración de los Mapas de Peligrosidad

Los mapas de peligrosidad tratan de determinar la frecuencia con que se repiten los movimientos en masa.

Para ello, se valora específicamente la incidencia de los factores desencadenantes o de otra variable que indique su actividad (la velocidad)

A menudo consiste en una complementación al mapa de susceptibilidad o al mapa de inventario, a través de un tratamiento estadístico – matemático.

- (1). Análisis de la evolución de un movimiento: Grado de actividad e Indicadores geomorfológicos**

- (2). Sistemas que valoran la incidencia y variación de la Precipitación, directa y acumulada en el suelo, mediante datos de precipitación o mapas de Isoyetas**

- (3). Correlaciones de los movimientos con la actividad sísmica y tectónica de una región**

Análisis de la actividad : Considera la “vigencia” del movimiento y su posible reactivación en el tiempo a partir de la presencia de los **Indicadores geomorfológicos** (grietas, encharcamientos)

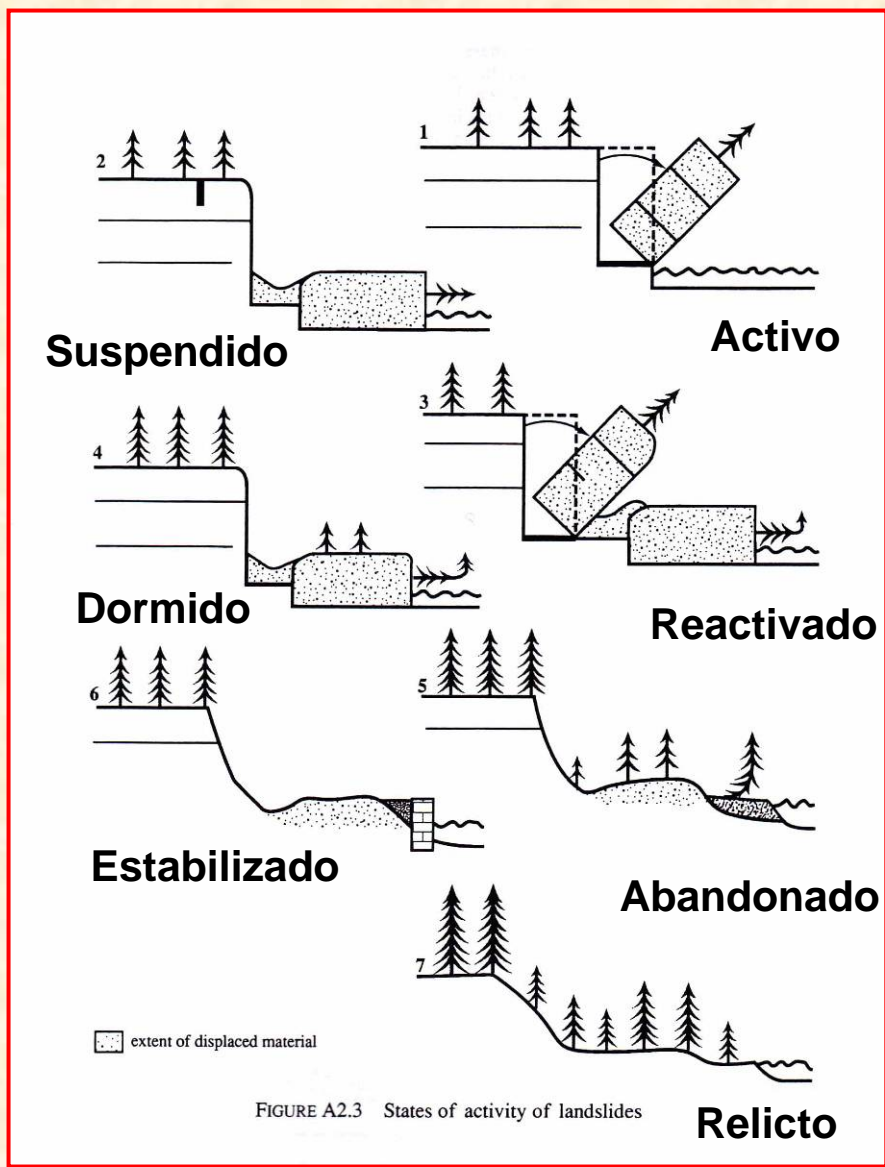


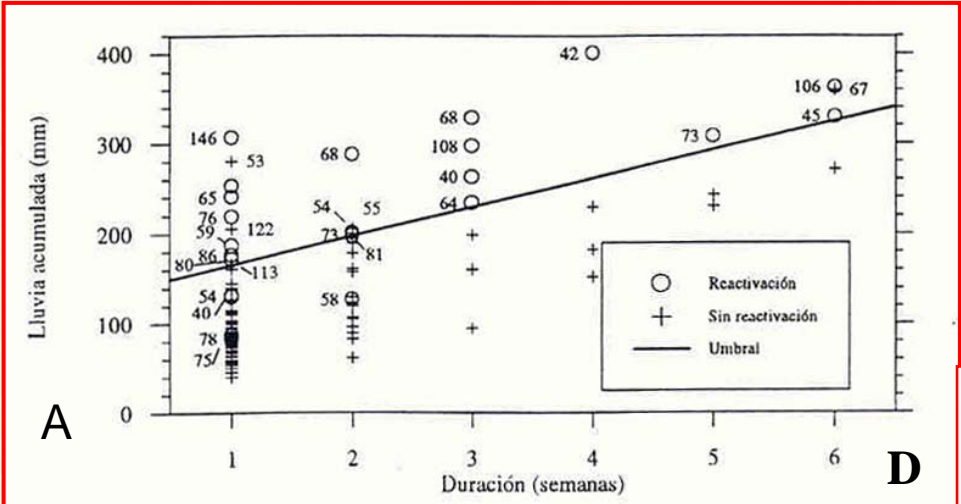
FIGURE A2.3 States of activity of landslides

UNESCO, 1993



Precipitación acumulada (A)

Los mapas de peligrosidad incorporan análisis estadísticos de datos de precipitación, aplicados a una población o inventario de movimientos

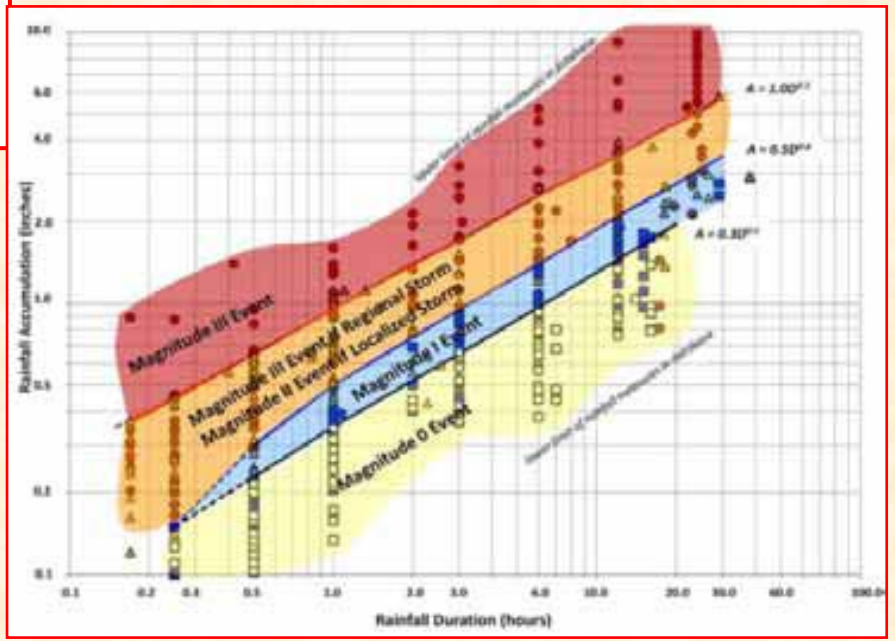


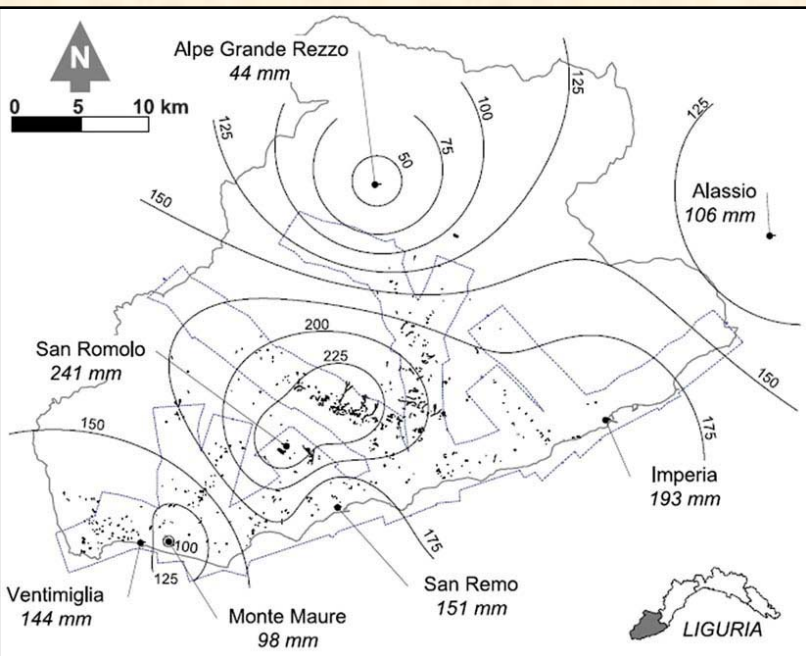
Para una semana de lluvia acumulada, el umbral de lluvia estimado, para producir reactivaciones, es de 165mm

$$A = 32D + 133$$

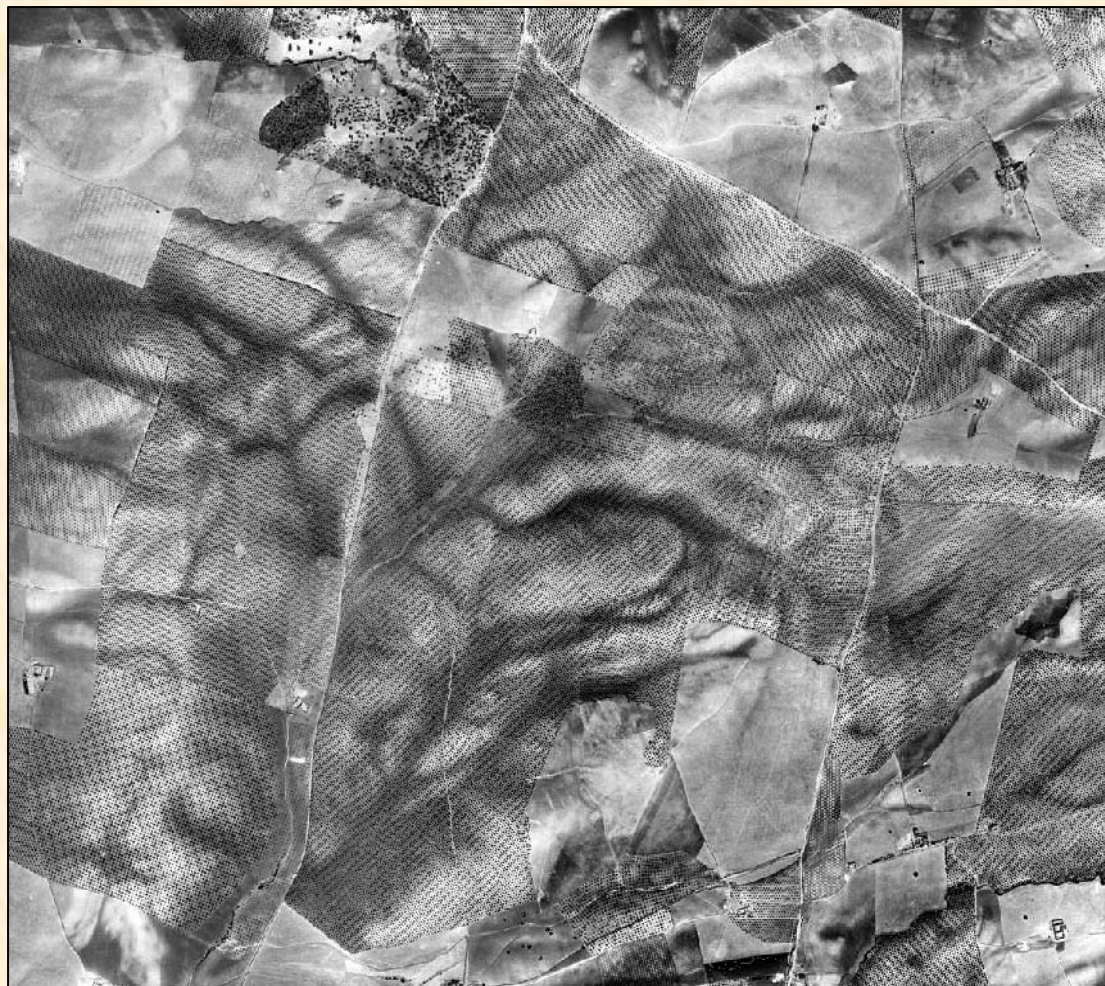
Incendios Forestales

Las capas de ceniza y suelo quemado aumentan la escorrentía superficial y reducen la infiltración, facilitando los movimientos de tierras y de ladera



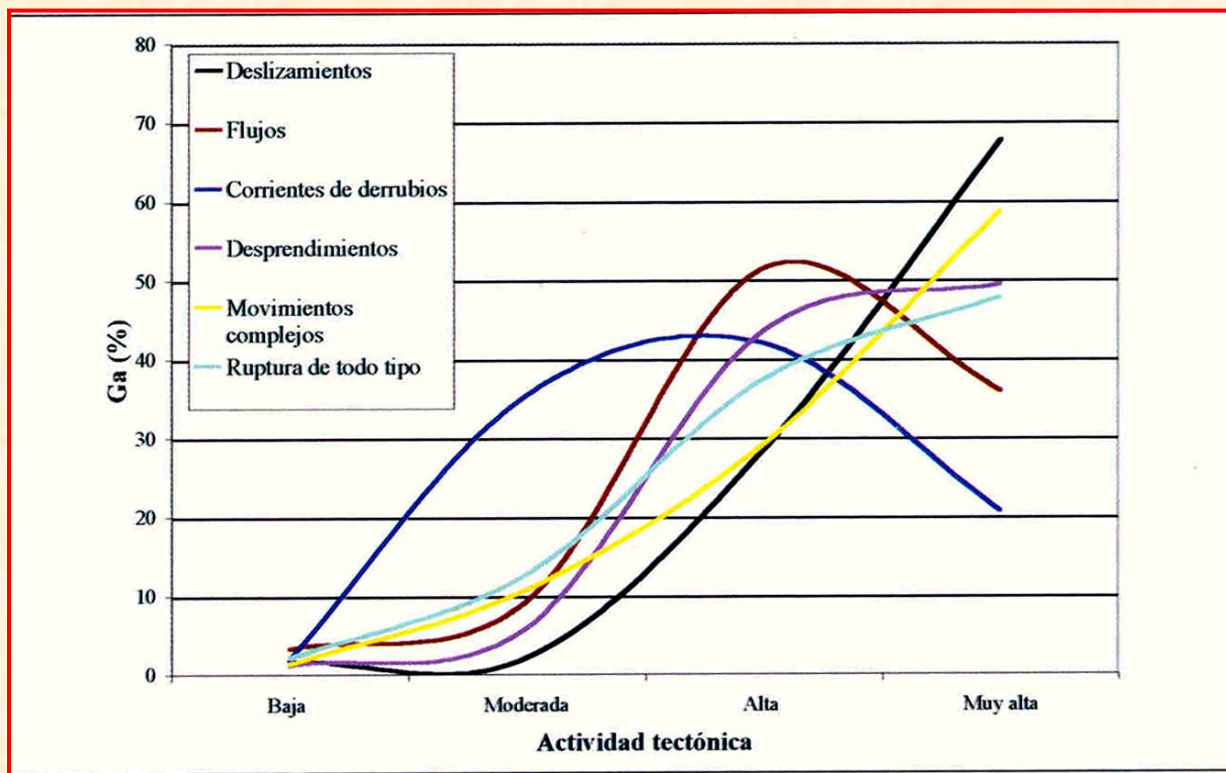


Mapas de Isoyetas e inventario de movimientos de ladera (Italia)



Las redes de drenaje adoptan formas “curvadas” asociadas a movimientos tipo flujo (Málaga)

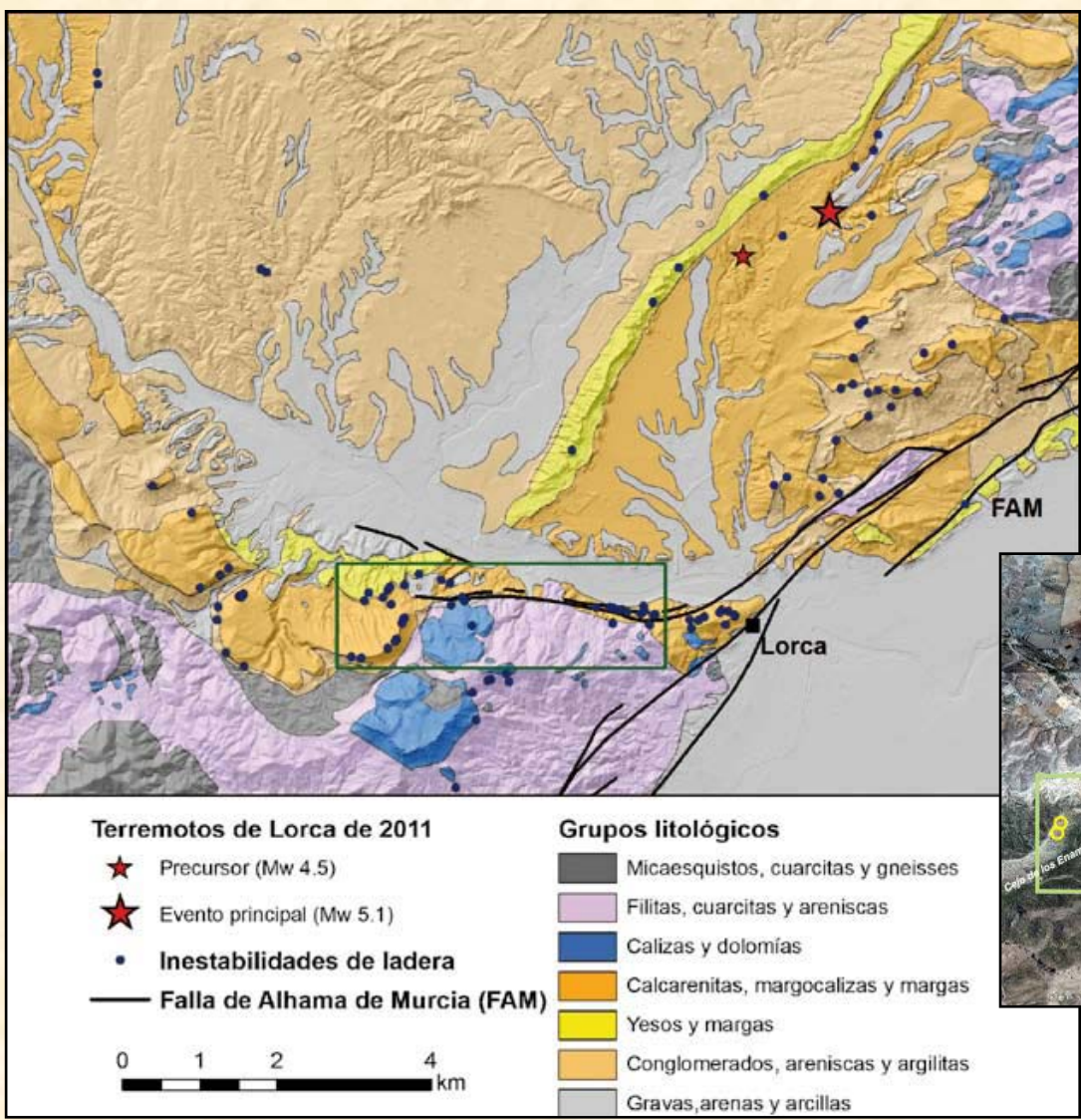
Movimientos de Ladera y fallas Activas



Borde SO de Sierra Nevada (España), El Hamdouni et al, 2003

En áreas con actividad tectónica reciente de moderada a fuerte, el mayor grado de ajuste: lo presentan las zonas con desprendimientos y deslizamientos

Los flujos y las corrientes de derrubios, que aparecen con una distribución “normal” (Granada)





SÍNTESIS

Ermita de la Fuencisla, Segovia



Paloma Fernández García

- **Los movimientos de ladera constituyen actualmente el tercer riesgo natural más importante en España, por detrás de las inundaciones y la erosión de suelos**
- **Su aparición se encuentra muy relacionada con el agua de precipitación, sin embargo muchas veces existen causas inducidas de carácter social**
- **Presenta una relación directa con algunos eventos: como inundaciones y crecidas de ríos; incendios forestales; sobrepeso de nieve acumulada o movimientos sísmicos**
- **Existe una variedad de tipos de movimientos que responden a factores distintos:**

Para los Desprendimientos el elemento imprescindible es la fuerte inclinación de la ladera y del factor relieve

Para los Deslizamientos es la existencia de una superficie interna sobre la que se arrastra la parte arrancada

Para los Flujos, es sin duda la capacidad de saturarse en agua unos materiales que son incapaces de drenarla en un tiempo adecuado.

- **En el análisis de los riesgos de los movimientos de ladera, las medidas preventivas y planes de ordenación del territorio, ofrecen muy buenos resultados a largo y medio plazo**
- **Para ello es imprescindible conocer el problema real que se presente, así como las características del relieve donde este enmarcado ese problema (efecto sitio)**
- **En el estudio de los movimientos de ladera, es importante conocer su tipología (clasificación del movimiento), ya que de ello dependerá su cinemática, su profundidad y su frecuencia**
- **Las medidas estructurales directas (mallas; bulones; muros; revestimientos) a menudo sobredimensionadas, resuelven el problema puntualmente, pero no ofrecen soluciones a largo plazo, ni resuelven la posible repetición del fenómeno**
- **Las medidas no estructurales deberán primar sobre las estructurales**



MUCHAS GRACIAS