

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua

A la Libertad por la Universidad !!



INGENIERIA GEOLÓGICA I

Deslizamientos y otros Movimientos del Terreno

Dr. Ingeniero Tupak Obando R., Geólogo
Doctorado en Geología y Gestión Ambiental
Celular: 84402511
Website: <http://blogs.monografias.com/>

Managua, Marzo -2010

Contenido

1. Introducción
2. Movimientos de ladera
3. Investigación de deslizamientos
4. Medidas de corrección
5. Hundimientos y subsidencias
6. Prevención de riesgos por movimientos del terreno

1. Introducción

Evitar los efectos nocivos es el objetivo final de la investigación de los movimientos del terreno, de sus características, tipos y mecanismos de inestabilidad, de los factores que los controlan y de sus causas. Para abordar su estudio es necesario conocer los materiales rocosos y los suelos, sus características y propiedades geológicas, geomecánicas e hidrogeológicas, y su comportamiento, así como los factores que condicionan y desencadenan los movimientos. El estudio suele estar enfocado hacia alguna de las siguientes aplicaciones:

- Investigación de procesos particulares para el diseño de medidas correctoras o estabilizadoras para mitigación o reducción de los daños.
- Análisis de las causas y de los factores que controlan y desencadenan los procesos en una zona, con vistas a la prevención de los movimientos.
- Realización de cartografías de zonas inestables o potencialmente inestables, para aplicaciones preventivas.

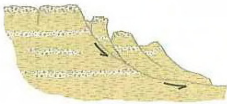

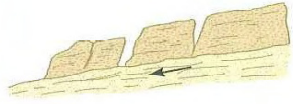
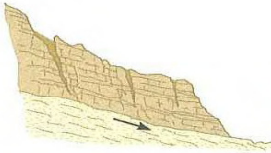
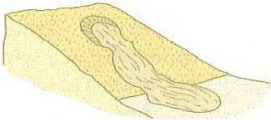
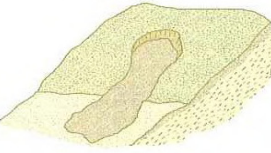
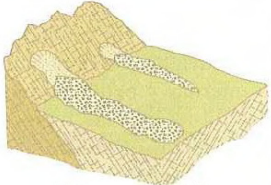
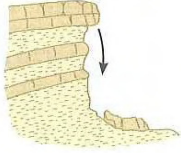
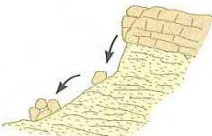

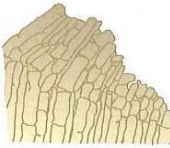
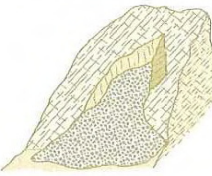
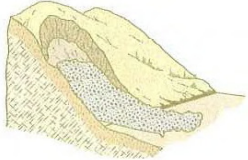
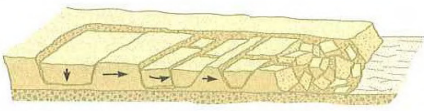
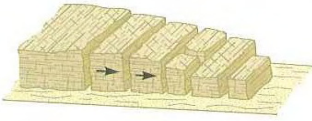
El estudio de los movimientos de ladera, con frecuencia englobados bajo el término general de **deslizamientos**, tiene muchos campos comunes con los estudios de estabilidad de taludes

los factores geomecánicos que controlan los procesos de rotura e inestabilidad, los mecanismos de rotura, métodos de análisis y modelización, métodos de corrección, estabilización e instrumentación.

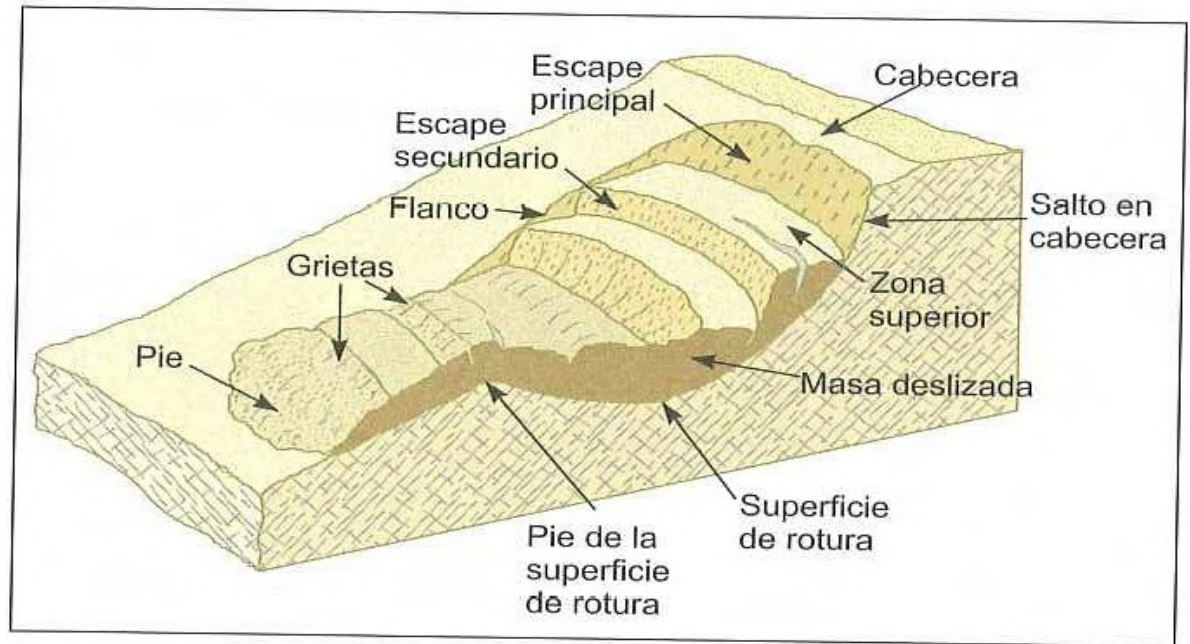
Los movimientos de ladera, por su gran extensión y frecuencia, constituyen un riesgo geológico muy importante, que afecta a edificaciones, vías de comunicación, conducciones de abastecimiento, cauces y embalses, etc. y, ocasionalmente, a poblaciones. Los movimientos de gran magnitud (decenas o cientos de millones de metros cúbicos) son muy poco frecuentes, aunque en la superficie terrestre hay signos que denotan su ocurrencia en el pasado, posiblemente asociada a épocas climáticas húmedas y lluviosas o a actividad tectónica y sísmica.

Tipos de movimiento

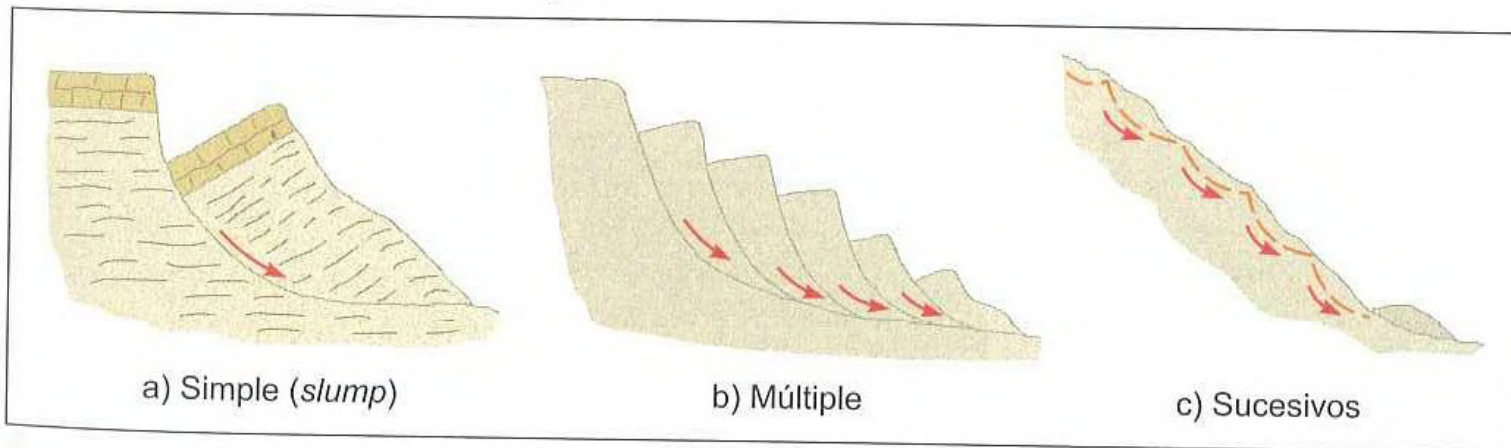
Los movimientos de ladera engloban diferentes tipos de procesos, como los deslizamientos, desprendimientos, flujos y coladas de barro o derrubios, reptaciones, avalanchas rocosas, etc. Los diferentes tipos se describen a continuación.

Tipos de movimientos de ladera		
Deslizamientos rotacionales		
	Suelos	Rocas
Deslizamientos traslacionales		
	Suelos	Rocas
Flujos		
	Suelos	Derrubios
		
		Bloques rocosos
Desprendimientos		
Vuelcos		
	Rocas	Suelos
Avalanchas		
	Rocas	Derrubios
Desplazamientos laterales		
	Suelos	Bloques rocosos

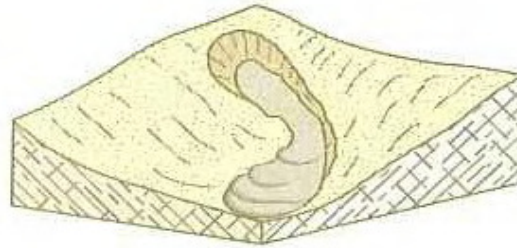
Deslizamientos



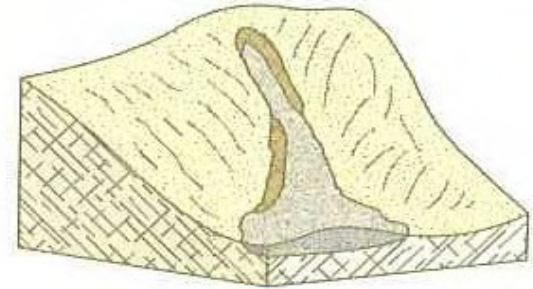
Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies;



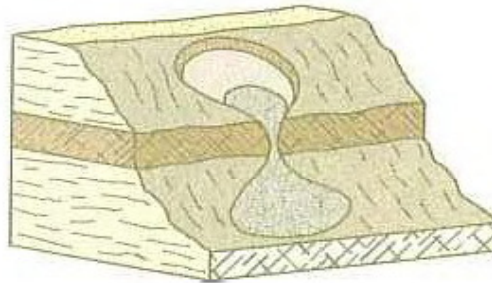
Flujos



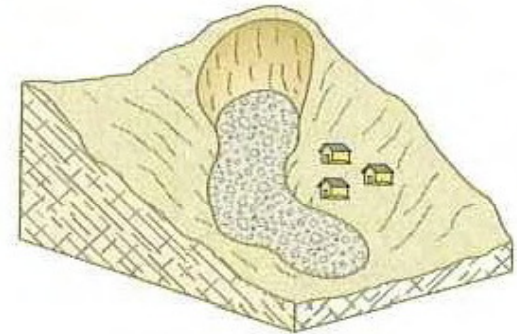
a) Colada de barro



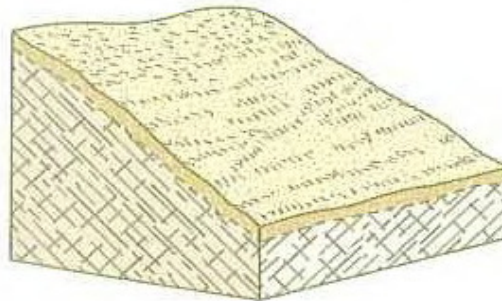
b) Flujo de derrubios



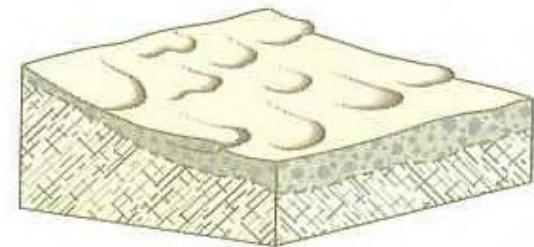
c) Golpe de arena



d) Avalancha-flujo de derrubios



e) Reptación



f) Solifuxión

Desprendimientos

Los **desprendimientos** son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques formados por varias familias de discontinuidades. Los factores que los provocan son la erosión y pérdida de apoyo o descalce de los bloques previamente independizados o sueltos, el agua en las discontinuidades y grietas, las sacudidas sísmicas, etc. En la Figura 14.2 se presentan diversos tipos de desprendimientos.

Aunque los bloques desprendidos pueden ser de poco volumen, al ser procesos repentinos suponen un riesgo importante en vías de comunicación y edificaciones en zonas de montaña y al pie de acantilados.



Avalanchas rocosas

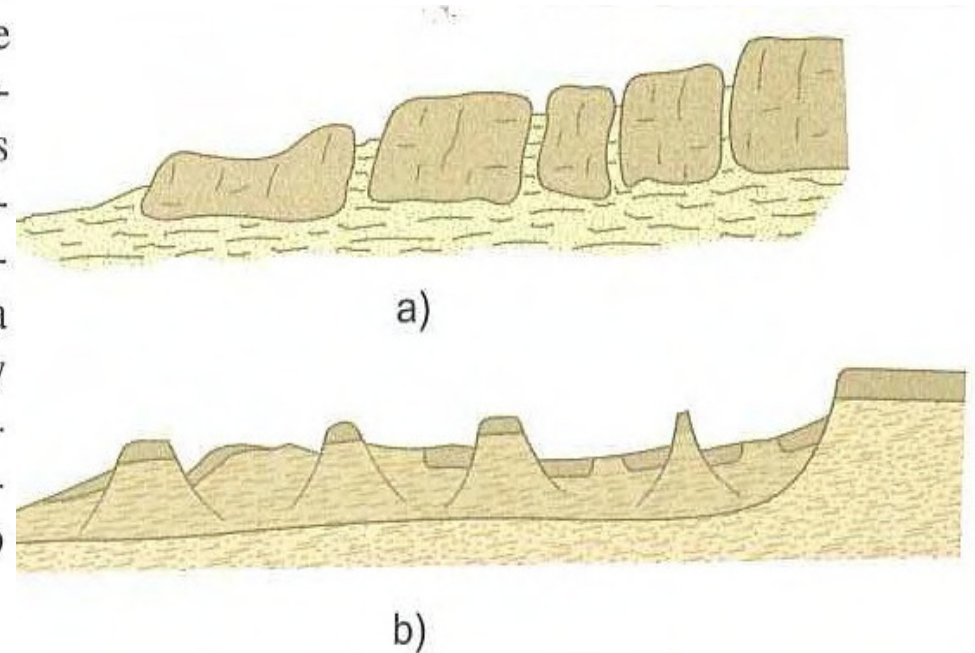
Las avalanchas son generalmente el resultado de deslizamientos o desprendimientos de gran magnitud que, por lo elevado de la pendiente y la falta de estructura y cohesión de los materiales, descienden a gran velocidad ladera abajo en zonas abruptas, pudiendo superar los 100 km/hora, incluso si las masas están completamente secas, por la disminución de la fricción a que da lugar la presencia de aire entre los materiales y fragmentos rocosos. El agua de precipitación o deshielo, los movimientos sísmicos y las erupciones volcánicas pueden jugar un papel importante en el desencadenamiento de estos procesos.



Desplazamientos laterales

Este tipo de movimiento (denominado en algunas clasificaciones como «extensión lateral» o *lateral spreading*) hace referencia al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado

sobre un material blando y deformable. Los bloques se desplazan muy lentamente a favor de pendientes muy bajas. Los movimientos son debidos a la pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos. Los desplazamientos laterales también pueden ser provocados por licuefacción del material infrayacente, o por procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas, bajo el peso de las masas superiores (Figura 14.15). Se dan en laderas suaves, y pueden ser muy extensos. Las capas superiores se fragmentan generándose grietas, desplazamientos diferenciales, vuelcos, etc., presentando las zonas afectadas un aspecto caótico.

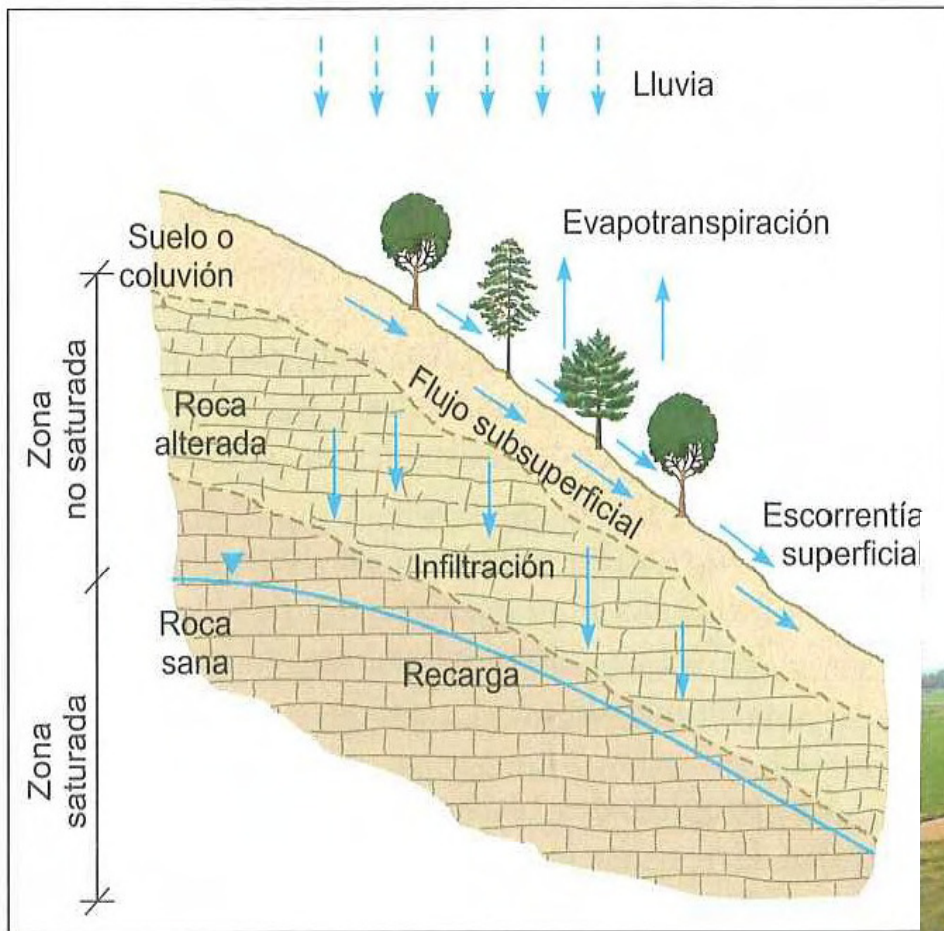


Desplazamientos laterales por: a) fluencia y extrusión del material infrayacente, b) licuefacción

Causas de los movimientos de ladera

	Factores	Influencias y efectos
Condicionantes	Relieve (pendientes, geometría)	Distribución del peso del terreno.
	Litología (composición, textura)	Densidad, resistencia. Comportamiento hidrogeológico.
	Estructura geológica y estado tensional	Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo y anisótropo. Zonas de debilidad.
	Propiedades geomecánicas de los materiales	Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones intersticiales.
	Deforestación	Modificaciones en el balance hídrico. Erosión.
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad.
Desencadenantes	Precipitaciones y aportes de agua	Variación de las presiones intersticiales y del peso del terreno.
	Cambio en las condiciones hidrológicas	Saturación en suelos. Erosión.
	Aplicación de cargas estáticas o dinámicas	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera. Incremento de presiones intersticiales.
	Cambios morfológicos y de geometría en las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estado tensional.
	Erosión o socavación del pie	Cambios geométricos en la ladera. Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera.
	Acciones climáticas (procesos de deshielo, heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua del terreno. Generación de grietas y planos de debilidad. Disminución de las propiedades resistentes.

Precipitaciones y condiciones climáticas



Umbral de precipitación para desencadenamiento de movimientos de ladera

Tipo de movimiento y país		Intensidad horaria (I_h)	Intensidad diaria (I_d)	Precipitación acumulada
Movimientos de nueva generación				
Flujos de barro y tierra	Hong Kong	> 40 mm	> 50 mm > 100 mm	> 50 mm (15 días)
	Japón		> 125 mm	> 182 mm (2 días)
	Italia (Toscana)		86 mm	260 mm (15 días) 325 mm (30 días)
	Brasil	60 mm	> 125 mm	> 0,4 P_{anual} (precipitación anual) > 675 mm (3 días)
Flujos de derrubios	Estados Unidos (California)			> 250 mm (3 días)
	España	213 mm		52 mm durante el evento
Otros tipos de movimiento	Japón	20 mm		10-150 mm durante el evento
	Estados Unidos (California)			> 180 mm durante el evento
	Italia (Toscana)		143-153 mm	290-400 mm (15 días) 360-450 mm (30 días)
	Francia			> 300 mm (60 días)
	España		205 mm	> 500 mm (3 días) 476 mm (2 días)
	España	> 60 mm (clima atlántico)	> 150 mm (clima atlántico) > 180 mm (c. mediterráneo)	> 300 mm (clima mediterráneo)
Reactivación o aceleración de movimientos				
Diversos tipos de movimiento	Italia			> 520 mm (60 días) pequeños deslizamientos > 900 mm (100 días) grandes deslizamientos
	Francia			300 mm (90 días)
	España			> 250 mm (90 días)
	España			320 mm (15 días)

Modificado de Ferrer y Ayala, 1997; datos de varios autores.

Cambios del nivel de agua

Procesos erosivos



Terremotos

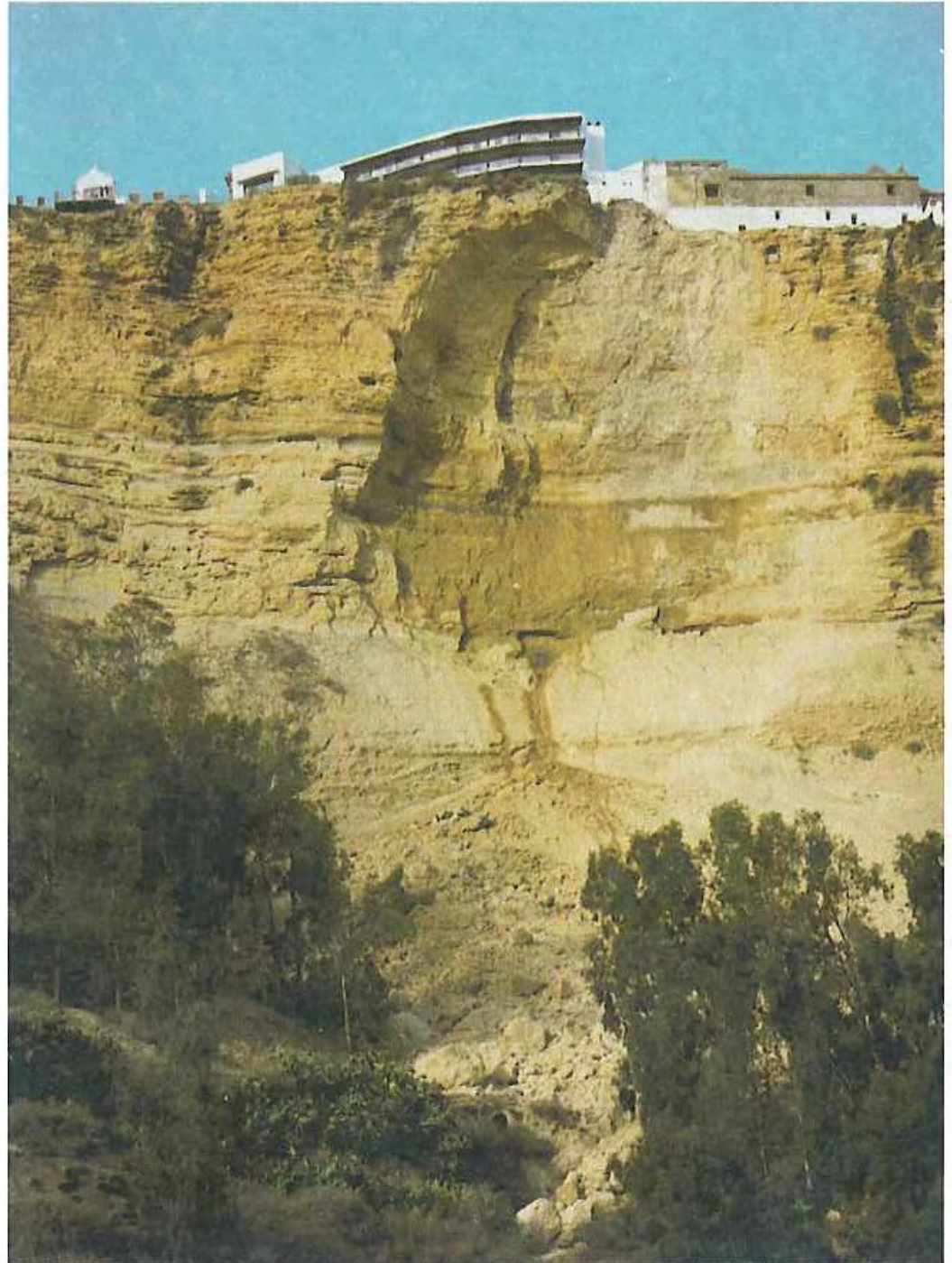


Deslizamiento producido por el terremoto de El Salvador el 13 de enero de 2001 en una ladera sobre la Colonia «Las Colinas», municipio de Santa Tecla, Nuevo San Salvador (Agencia EFE). La ladera está formada por un sustrato de tobas sobre el que se apoya un nivel de cenizas volcánicas constituidas por limos arenosos y niveles de lapilli. Estos materiales presentan una densidad aparente entre 1,1 y 1,2 t/m³ y ángulo de fricción de 34° (Bernal, 2001). Las aceleraciones máximas estimadas en la zona fueron del orden de 0,5 g, lo que provocó el deslizamiento, dando lugar a un flujo muy rápido que sepultó parte de la urbanización. La zona de cabecera del deslizamiento presentó una superficie de rotura circular, con profundidad entre 6 y 8 m, mientras que en el resto el mecanismo fue traslacional. El volumen de la masa deslizada fue de unos 90.000 m³.

Vulcanismo

Las erupciones volcánicas pueden provocar deslizamientos o avalanchas rocosas y de derrubios de gran magnitud y velocidad en las laderas de los conos de los volcanes, como ocurrió en el monte Santa Helena (EE.UU.) en 1980, donde tuvo lugar una inmensa avalancha que, según Schuster (1996b), ha sido el mayor deslizamiento histórico del mundo. Dependiendo de las características geotécnicas, de la pendiente y del contenido en agua de los materiales, éstos pueden fluir alcanzando grandes distancias.

Acciones antrópicas



Investigación de deslizamientos

Investigación de deslizamientos

Ámbito	Fases	Métodos y técnicas	Finalidad
Investigación de áreas inestables	Estudios preliminares	Revisión de información y cartografías existentes.	Identificación de los procesos y tipos de movimiento. Identificación de los factores condicionantes. Evaluación general de la estabilidad de la zona.
		Interpretación de fotos aéreas y teledetección.	
	Reconocimientos generales	Observaciones de campo. Cartografía de los procesos. Cartografía de los factores.	
	Estudio de los procesos y de los factores que los causan	Reconocimientos de campo.	
Investigación preliminar del subsuelo: geofísica.			
Investigación de deslizamientos particulares	Investigaciones de detalle	Observaciones y medidas en afloramientos.	Descripción y clasificación de los movimientos. Datos morfológicos, geológicos, hidrogeológicos y geomecánicos.
		Sondeos, geofísica, ensayos de campo, toma de muestras.	
		Ensayos de laboratorio.	
	Instrumentación	Inclinómetros, extensómetros, tiltímetros, piezómetros	Datos de velocidad, dirección, situación de planos de rotura, presiones de agua.
	Análisis de la estabilidad	Equilibrio límite. Modelos matemáticos tenso-deformacionales.	Definición de los modelos y mecanismos de rotura. Evaluación de la estabilidad. Diseño de medidas correctoras.

Factores característicos para la identificación de movimientos de ladera

Tipo de movimiento	Zona de cabecera y parte superior de la ladera	Zona baja de la ladera	Geometría
Desprendimientos	Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto o derrubios en la parte superior. Bloques independizados por discontinuidades o fracturas. Grietas tras el talud. Vegetación escasa.	Acumulación de bloques y fragmentos rocosos.	Pendientes elevadas $> 50^\circ$.
Deslizamientos rotacionales	Grietas de tracción curvas cóncavas hacia la ladera. Escarpes curvos con estrías, que pueden ser verticales en la parte superior. Superficies basculadas con encharcamientos. Contrastes de vegetación. Malas condiciones de drenaje y encharcamientos en depresiones.	Depósitos convexos, lobulados. Desvío de cauces.	Pendientes entre $20-40^\circ$ $D/L < 0,3$ a $0,1$.
Deslizamientos traslacionales en rocas o suelos	Grietas de tracción verticales paralelas al talud. Escarpes verticales poco profundos. Material en bloques con grietas entre ellos. Sin encharcamientos en cabecera. Drenaje desordenado o ausencia del mismo.	Desvío de cauces. En ocasiones acumulaciones de material con forma de lóbulos.	Pendientes uniformes $D/L < 0,1$.
Desplazamientos laterales	Bloques desplazados y basculados en varias direcciones. Pendientes suaves o muy suaves. Grandes grietas separando los bloques. Bloques con formas irregulares controladas por fracturas. Sistemas de drenaje interrumpidos, obstrucciones en cauces, valles asimétricos.	—	Pendientes suaves, incluso $< 10^\circ$.
Flujos de barro	Nichos cóncavos poco profundos. Pocas grietas. Contrastes en la vegetación con las zonas estables. Encharcamientos. Sin irregularidades importantes en el drenaje.	Lóbulos. Morfología irregular ondulada.	Pendientes $15-25^\circ$ $D/L = 0,05-0,01$.
Flujos de tierra y derrubios	Concavidades y lóbulos en el área fuente. Varios escarpes. Depósitos con forma de corriente en valles. Ausencia de vegetación. Drenaje irregular y perturbado en la masa deslizada.	Lóbulos, depósitos convexos. Morfología irregular.	Pendientes $> 25^\circ$ D/L muy pequeño.

D/L = profundidad/longitud de la masa desplazada. Datos de Soeters y Van Westen, 1996, y otros autores.

Clasificación de deslizamientos según su actividad

Clasificación y edad estimada	Descripción	Rasgos característicos
Activo < 100 años	Se mueve actualmente. Puede corresponder a una reactivación.	Topografía irregular y lobulada. Escarpe principal bien definido y sin vegetación. Depresiones encharcadas. Arroyos en los flancos. Depósitos a pie de ladera. Desvío de cauces.
Inactivo 100-5.000 años (Holoceno superior)	No presenta movimiento actualmente.	Relieve lobulado, escarpes vegetados en parte. Depresiones drenadas o sin drenaje. Vegetación diferente de las zonas adyacentes. El pie puede estar cortado por corrientes actuales.
Fósil o antiguo 5.000-10.000 años (Holoceno inferior)	Inactivo desde hace miles de años. Se reconoce en el relieve.	Relieve y escarpe suaves. Con vegetación. Drenaje modificado. Vegetación diferente de las zonas adyacentes. Terrazas fluviales cubiertas por la masa deslizada. Cauces actuales sobre la masa deslizada. Llanuras de inundación más anchas aguas arriba.
Relicto > 10.000 años (Pleistoceno superior)	Inactivo desde hace miles de años. No se reconoce en el relieve.	Topografía suave y ondulada. Sin escarpes. Terrazas excavadas en la masa deslizada. Llanura de inundación actual uniforme.

Modificado de Keaton y De Graff, 1996, y otros autores.

Clasificación preliminar del territorio frente a potenciales movimientos de ladera

Presencia de movimientos y tipos de materiales		Pendiente		
		Muy baja (<10%)	Baja-media (10°-20°)	Media-alta (>20°)
Sin movimientos activos o antiguos	Sustrato estable	Estable	Estable	Moderadamente estable
	Depósitos superficiales no susceptibles		Generalmente estable	
Con movimientos antiguos	Sustrato estable	Estable	Moderadamente estable	
	Sustrato susceptible	Generalmente estable	Moderadamente inestable	
	Depósitos superficiales susceptibles		Moderadamente inestable	Inestable
Con movimientos actuales o activos		Inestable	Inestable	

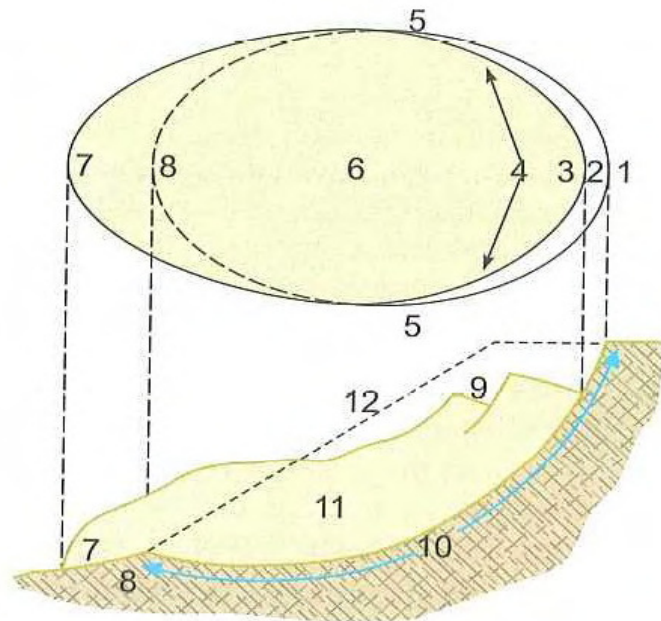
Basado en Nilsen, 1979; en Varnes, 1984.

Escala de velocidad de los movimientos de ladera

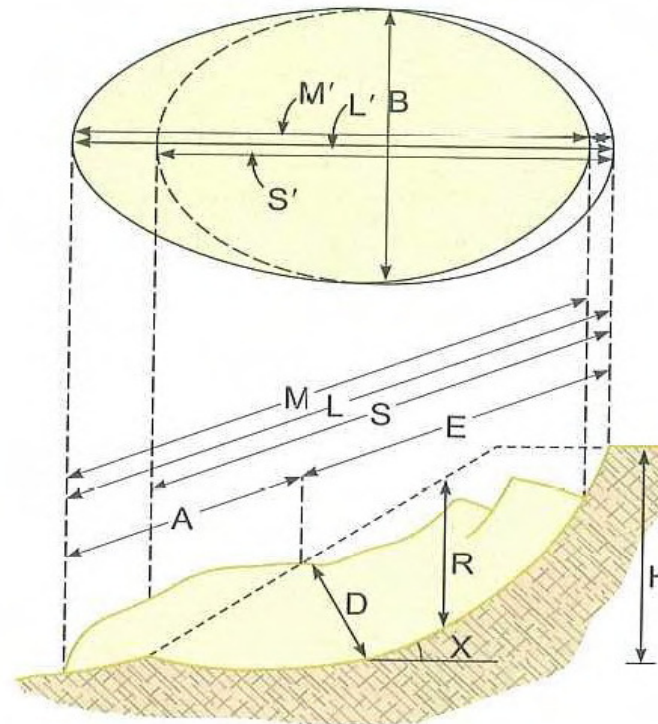
Clase	Descripción	Velocidad (mm/seg)	Valores típicos	Daños probables
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s	Violento y catastrófico. Destrucción de edificios por impacto de la masa deslizada. Número elevado de muertos.
6	Muy rápido			Es difícil escapar. Algunos muertos. Destrucción de edificios y estructuras.
5	Rápido	5×10^1	3 m/min	Es posible escapar. Destrucción de edificios y estructuras.
4	Moderado	5×10^{-1}	1,8 m/h	Algunas estructuras pueden mantenerse temporalmente.
3	Lento	5×10^{-3}	13 m/mes	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.

Cruden y Varnes, 1996.

Descripción de los rasgos y dimensiones de un deslizamiento



1. Cabecera
2. Escarpe principal
3. Cima
4. Parte superior del deslizamiento
5. Flancos
6. Cuerpo principal del deslizamiento
7. Pie del deslizamiento
8. Pie de la superficie de rotura
9. Escarpe secundario
10. Superficie de rotura
11. Masa desplazada
12. Superficie original de la ladera

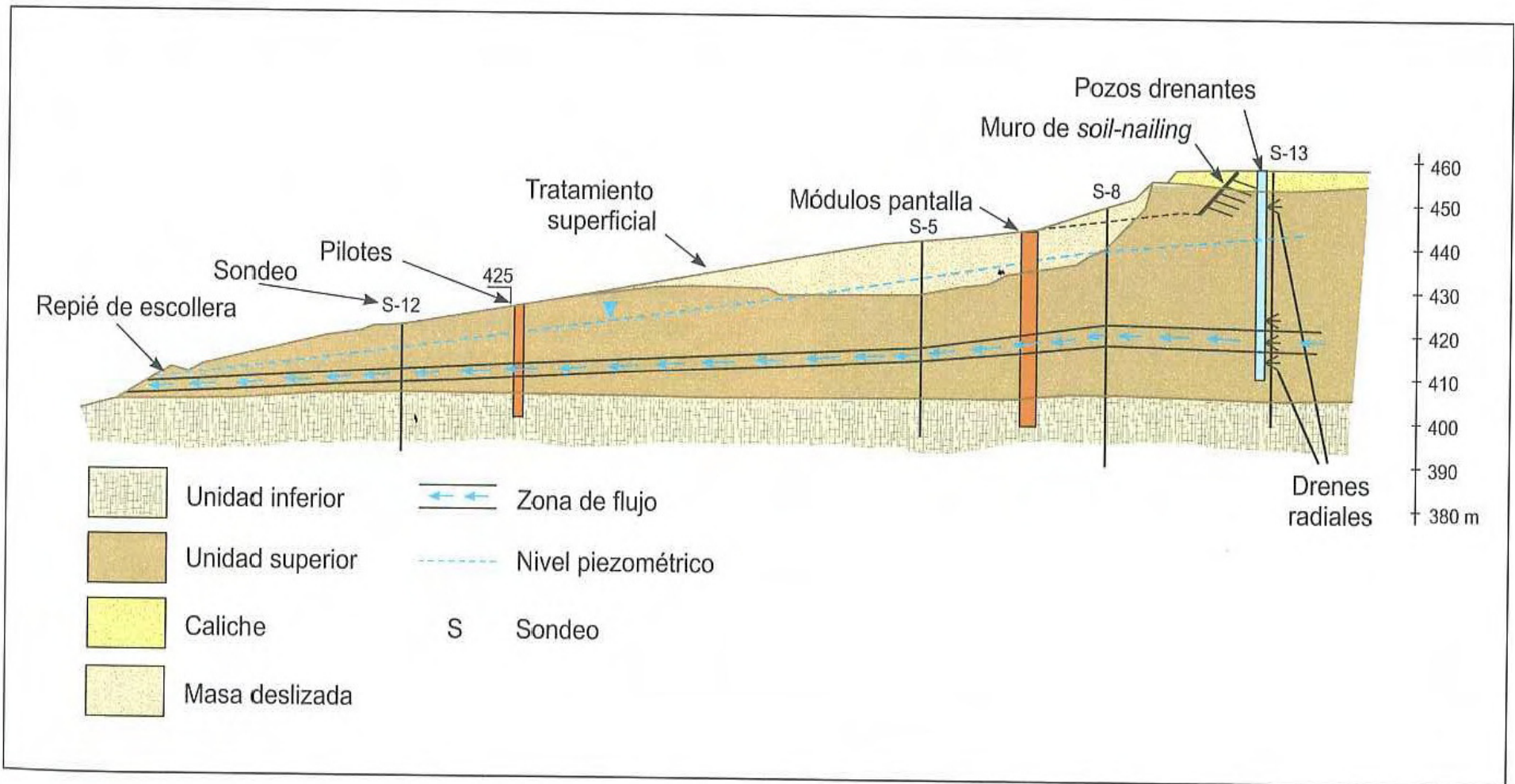


- B. Anchura máxima
- H. Altura entre pie y cabecera
- L. Longitud total
- M. Longitud de la masa desplazada
- S. Longitud de la superficie de rotura
- L', M', S'. Distancias horizontales correspondientes a L, M, S
- A. Zona de acumulación
- E. Zona de deflación
- D. Potencia de la masa desplazada
- R. Profundidad máxima de la superficie de rotura
- X. Ángulo de la superficie de rotura

Investigaciones de detalle en deslizamientos

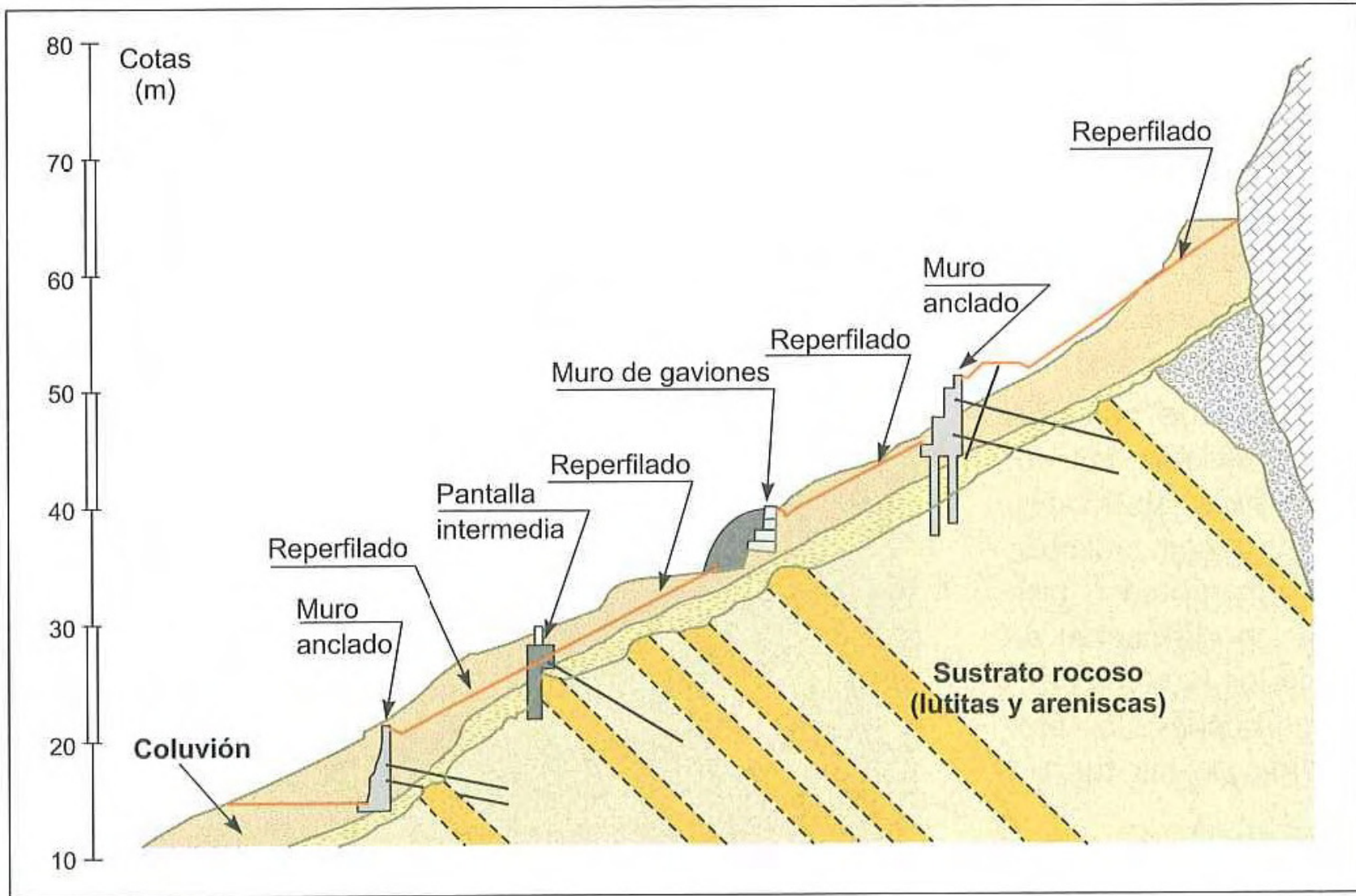
Propiedades de los materiales	Superficies de rotura	Velocidad del movimiento
<p>Métodos geofísicos (resistividad, sísmica de refracción). Calicatas y trincheras. Sondeos. Ensayos de laboratorio. Pozos de reconocimiento. Ensayos de campo. Análisis de estabilidad a posteriori.</p>	<p>Observaciones de campo. Métodos sísmicos y eléctricos. Excavaciones y calicatas. Medidas en el interior de sondeos. Testificación detallada de sondeos. Observaciones en pozos de gran diámetro. Inclinómetros y extensómetros. Análisis de estabilidad a posteriori.</p>	<p>Medidas en grietas y escarpes. Instalación de hitos o estacas. Medidas topográficas convencionales. Inclinómetros y extensómetros. Medidas electrónicas y con GPS. Análisis de imágenes de satélite (interferometría).</p>

Análisis de estabilidad



Esquema de las medidas de estabilización en el deslizamiento

Medidas de corrección





Hundimientos y subsidencias

Estos procesos se caracterizan por ser movimientos de componente vertical, diferenciándose generalmente entre hundimientos, o movimientos repentinos, y subsidencias. Se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Hundimientos de cavidades subterráneas en roca, con o sin reflejo en superficie.
- Hundimientos superficiales, en rocas o suelos.
- Subsidencias o descensos lentos y paulatinos de la superficie del terreno.

En el primer caso, los movimientos suelen ocurrir por **colapso** de los techos de cavidades subterráneas, más o menos profundas, al alcanzarse una situación límite en la resistencia de las rocas suprayacentes, sometidas a tensiones que no pueden soportar. Los materiales presentan un comportamiento frágil con roturas violentas. El que repercutan o no en superficie depende de la potencia y características geomecánicas de los materiales suprayacentes.

Hundimientos

Las **cavidades subterráneas** pueden tener origen natural o antrópico. La ocurrencia de hundimientos depende de los siguientes factores:

- El volumen y forma de las cavidades.
- El espesor de recubrimiento sobre las cavidades (o profundidad de los huecos).
- La resistencia y comportamiento mecánico de los materiales suprayacentes





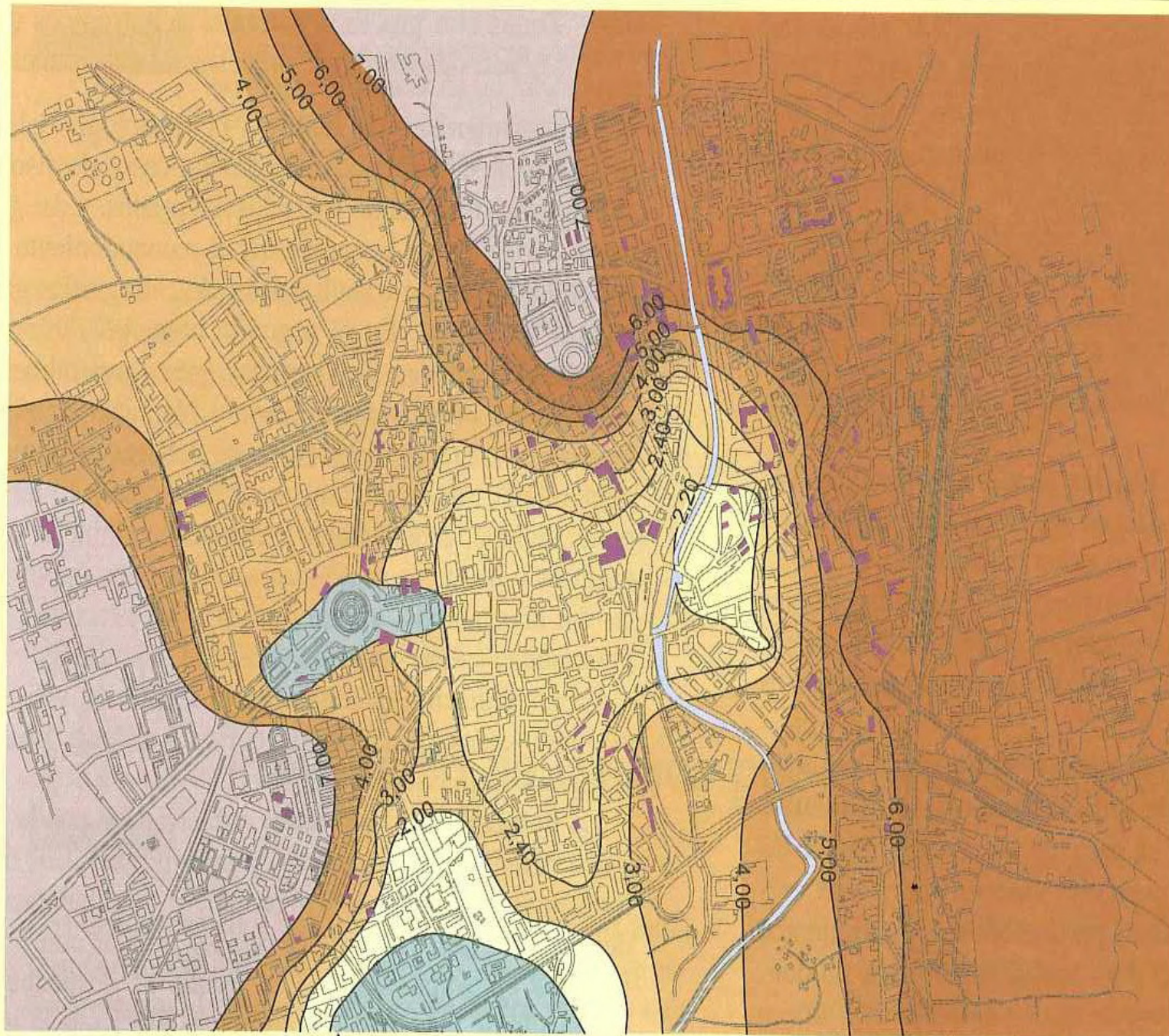
Socavón producido por el hundimiento de una antigua galería minera en la zona kárstica de El Calerizo, Cáceres (cortesía de J. J. Durán).

Subsidencias

Las subsidencias son generalmente procesos muy lentos, aunque con frecuencia se aceleran por actuaciones antrópicas.

Pueden afectar a todo tipo de terrenos, generalmente a suelos, y son debidos a cambios tensionales inducidos en el terreno, por las siguientes causas:

- Descenso del nivel freático.
- Minería subterránea y túneles.
- Extracción o expulsión de petróleo o gas.
- Explotación intensiva de acuíferos.
- Procesos lentos de disolución y lavado de materiales.
- Procesos morfotectónicos y de sedimentación.
- Procesos de consolidación de suelos blandos y orgánicos.

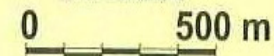


LEYENDA

- Asientos inapreciables
- <2,00 cm
- 2,00-2,20 cm
- 2,20-2,40 cm
- 2,40-3,00 cm
- 3,00-4,00 cm
- 4,00-5,00 cm
- 5,00-6,00 cm
- 6,00-7,00 cm
- >7,00 cm
- Edificios dañados



ESCALA



Prevención de riesgos por movimientos del terreno

Los movimientos de ladera implican a cualquier tipo de materiales, relieve y zona climática, extendiéndose por toda la superficie terrestre, mientras que los hundimientos se circunscriben a zonas con unas características litológicas, o de otro tipo, determinadas, descritas anteriormente.

A pesar de las mejoras en el reconocimiento, prevención y sistemas de emergencia, los daños por movimientos de ladera en el mundo van en aumento. Según Schuster (1996a) las causas son:

- Aumento de la urbanización y desarrollo en áreas expuestas a deslizamientos.
- Deforestación de áreas con deslizamientos potenciales.
- Aumento en la precipitación regional en determinadas zonas debido a cambios climáticos.

La prevención se basa en la identificación y estudio de los procesos y factores que los controlan, lo que permite la realización de mapas previsores para su aplicación a labores de ordenación y uso del territorio. La mitigación de los riesgos puede llevarse a cabo mediante medidas pasivas (restricciones de uso, desarrollo de sistemas de control de movimientos, etc.).

Mapas de susceptibilidad y de peligrosidad

- Localización de los procesos y zonas afectadas (densidad, distribución y grado de actividad de los procesos).
- Representación de los factores que los condicionan.
- Representación de las zonas susceptibles.
- Zonificación de la peligrosidad.

Mapas de movimientos de ladera

Evaluación directa o «experta» a partir de reconocimientos y **cartografía geomorfológica** de campo; la calidad depende de la experiencia y criterios del profesional a la hora de evaluar la potencialidad de los fenómenos según los materiales y características de las laderas y de los deslizamientos presentes, que son reflejados con el mayor detalle posible que permita la escala de trabajo. Al basarse en trabajos de campo, es más frecuente en estudios locales, aunque el método puede aplicarse a escala regional.

aplicación de **sistemas de información geográfica** permite el tratamiento automático de la información y la realización de numerosos análisis con diferentes combinaciones.

mapas de peligrosidad

- Correlación directa con las lluvias.
- Medición de los movimientos.
- Medición de presiones intersticiales.

El primer método se basa en la relación entre precipitaciones y movimientos de ladera, al actuar las primeras como factor desencadenante; su validez es mayor en caso de zonas propensas a movimientos superficiales en materiales sueltos o blandos, y puede emplearse para prevención a largo plazo. Los métodos basados en la observación de movimientos implican el control y la instrumentación de las laderas inestables con la finalidad de medir los desplazamientos, obtener las relaciones tiempo-desplazamiento y predecir, en base a los movimientos registrados, el momento de la rotura; son apli-

cables a gran escala y corto plazo, lo mismo que sucede con el tercer método, basado en la relación existente, en determinados casos, entre la posición del nivel freático y la ocurrencia de deslizamientos.

El principal inconveniente de la predicción temporal de movimientos de ladera es que se necesitan datos cuantitativos de los factores que desencadenan las inestabilidades en una zona determinada (registros históricos detallados, datos instrumentales). Las predicciones pueden ser válidas en deslizamientos concretos o en áreas limitadas, no siendo aplicables a grandes extensiones por su complejidad y el elevado coste de la instrumentación. Los datos obtenidos para una determinada zona no son extrapolables, por la variabilidad de las condiciones.

También pueden establecerse correlaciones entre terremotos y ocurrencia de movimientos en zonas sísmicas a partir de observaciones y datos históricos.

Mapas de hundimientos y subsidencias

- Zonas donde la ocurrencia de los procesos depende de la presencia de determinadas litologías susceptibles, como zonas kársticas o suelos blandos (independientemente de los factores desencadenantes, naturales o antrópicos).
- Zonas donde las actuaciones antrópicas (generalmente excavaciones) pueden desencadenar procesos en materiales no susceptibles a priori.

En el caso de susceptibilidad por subsidencia, se deberá considerar la presencia de materiales blandos compresibles, las posibles variaciones del nivel freático y aquellos otros factores, antrópicos y naturales, que puedan incidir en los movimientos.

Cuando las causas son humanas, los mapas de susceptibilidad y de peligrosidad se realizan en base a la situación de las labores mineras o excavaciones de otro tipo que pueden ser causa de inestabilidades, de-

biendo considerar también las características mecánicas de los materiales y la influencia de las variaciones del nivel freático en su comportamiento.

En ambos casos pueden realizarse mapas cuantitativos siempre que se disponga de datos, o sea posible evaluar los valores de subsidencia en una zona determinada.

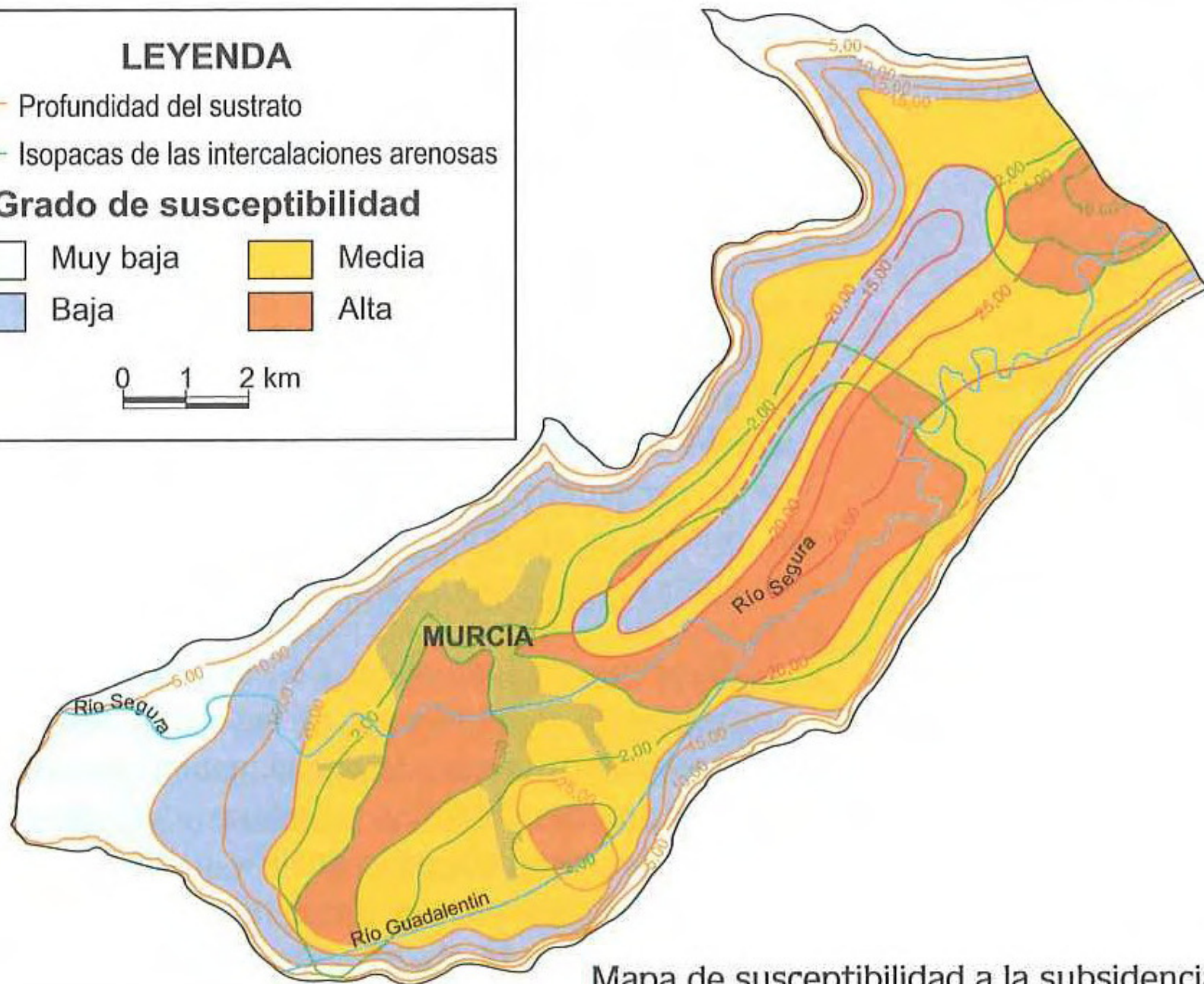
LEYENDA

- Profundidad del sustrato
- Isopacas de las intercalaciones arenosas

Grado de susceptibilidad

- | | | | |
|---|----------|---|-------|
|  | Muy baja |  | Media |
|  | Baja |  | Alta |

0 1 2 km



Mapa de susceptibilidad a la subsidencia

GRACIAS POR SU ATENCIÓN