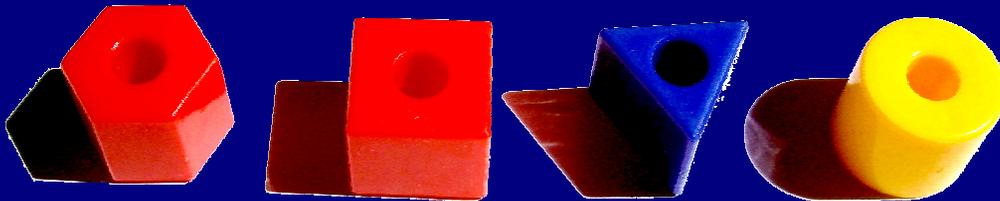
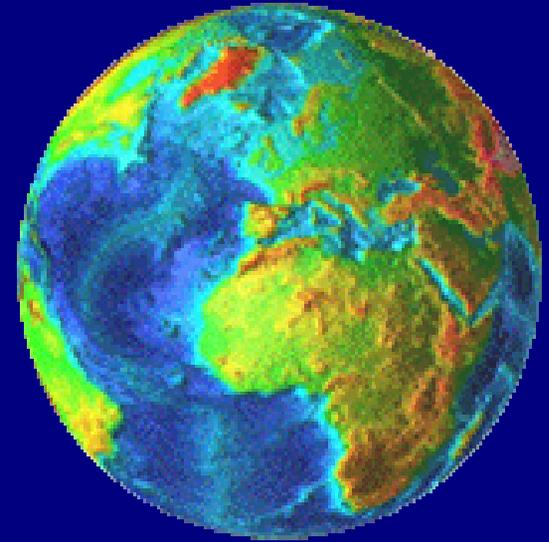


# 6º ENCONTRO DE GEOLOGIA DO IST

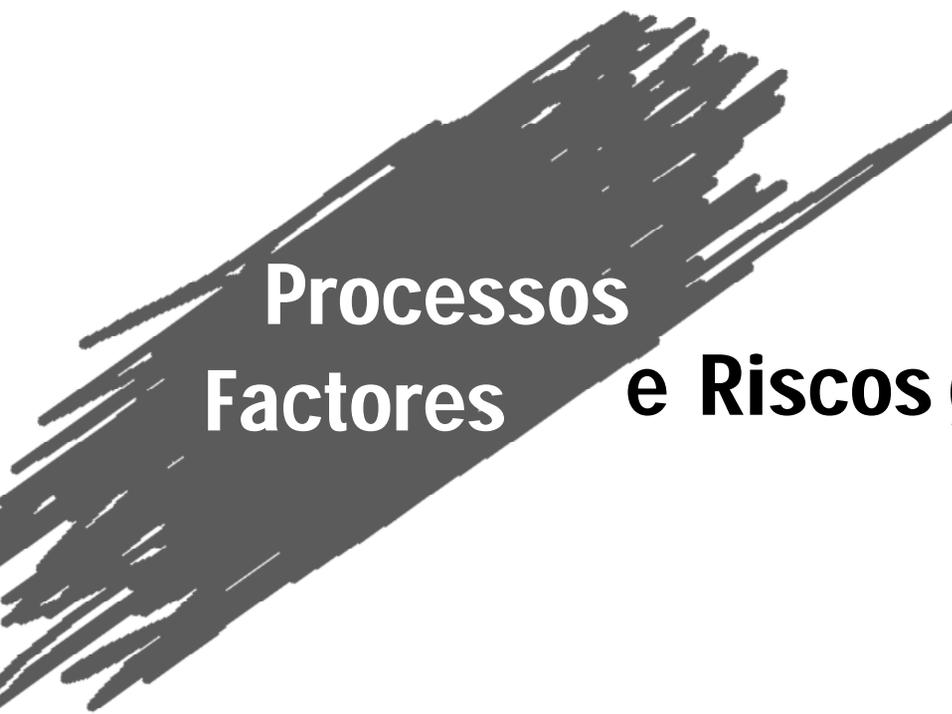
## Riscos Naturais/Geológicos

- Anexos -



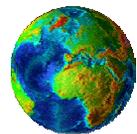
# Anexo 1

## Processos e factores geológicos



**Processos  
Factores e Riscos geológicos em Engenharia**

*Não vale a pena arriscar !*



## Definições básicas

### **Factor Geológico**

**Elemento de natureza geológica que concorre ou contribui para um resultado. O que determina ou executa o processo ou acontecimento geológico.**

# Princípio geral

**Devem existir soluções geotécnicas sempre que os factores geológicos condicionem o projecto de uma obra de engenharia.**

Em primeiro lugar, devido à sua maior importância, estão os **riscos geológicos**, associados a **processos geológicos** cuja incidência pode afectar a segurança ou viabilidade do Projecto.

Em segundo lugar estão todos aqueles **factores geológicos** cuja presença condicione técnica ou economicamente a Obra.

Condições gerais que devem estar presentes num local de implantação de uma obra de modo a que possa ser considerado **geológico e geotecnicamente favorável**

- **Ausência de processos geológicos activos** que representem riscos inaceitáveis para o projecto.
- Adequada **capacidade de suporte do terreno** para a fundação das estruturas.
- Suficiente **resistência dos materiais** para manter a sua estabilidade em escavações superficiais ou subterrâneas.
- **Disponibilidade de materiais** para a construção de obras de terra.
- **Estanquicidade das formações geológicas** para armazenar água ou resíduos sólidos ou líquidos.
- **Facilidade de extracção de materiais** para a sua escavação.

# Factores geológicos e Problemas geotécnicos



**RISCOS Geológicos**

# **Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente**

**Quais os Processos Geológicos ?**

**Quais os Efeitos sobre o meio físico?**

**Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?**

**Para saber mais...**

<http://geology.bgsu.edu/Panter/hazards.htm>

[http://nationalatlas.gov/articles/geology/a\\_geohazards.html](http://nationalatlas.gov/articles/geology/a_geohazards.html)



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

Quais os Processos Geológicos ?

Quais os Efeitos sobre o meio físico?

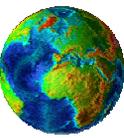
Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?

### **Sismicidade**

- Terramotos
- Tsunamis
- Movimentos do solo
- Roturas
- Deslizamentos
- Liquefacção

- Danos a populações e infra-estruturas
- Projecto anti-sísmico
- Medidas de prevenção
- Planos de emergência

**O que é um sismo ? Onde ocorrem os sismos?**



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

Quais os Processos Geológicos ?

Quais os Efeitos sobre o meio físico?

Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?

### **Vulcanismo**

- Erupções vulcânicas
- Alterações do relevo
- Tsunamis
- Terramotos
- Colapsos
- Movimentos de vertente

- Danos a populações e infra-estruturas
- Sistemas de vigilância
- Medidas de prevenção
- Planos de evacuação

**O que é um vulcão ? Que tipos existem? Onde ocorrem?**



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

Quais os Processos Geológicos ?

Quais os Efeitos sobre o meio físico?

Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?

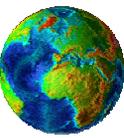
**Empolamentos**

**Subsidências**

- Alterações morfológicas (longo prazo)
- Alterações na dinâmica litoral e no nível do mar (longo prazo)

- Medidas de controlo e vigilância

**O que é o empolamento ? O que é a subsidência ?**



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

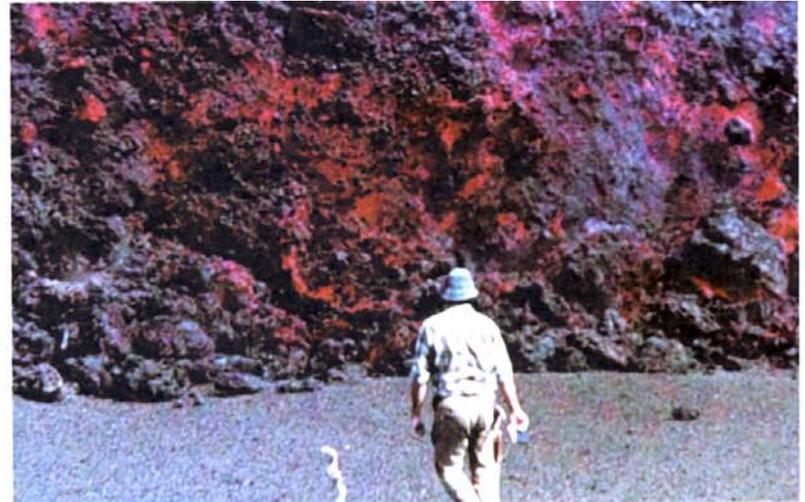
Quais os Processos Geológicos ?	Quais os Efeitos sobre o meio físico?	Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?
---------------------------------	---------------------------------------	--

<p><b>Erosão</b></p> <p><b>Sedimentação</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alterações geomorfológicas (médio prazo)</li><li>• Arrastamento e aumento da escorrência</li><li>• Colmatação</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento do risco de inundações e deslizamentos</li><li>• Medidas de protecção em leitos e zonas costeiras</li></ul>
---	---	---

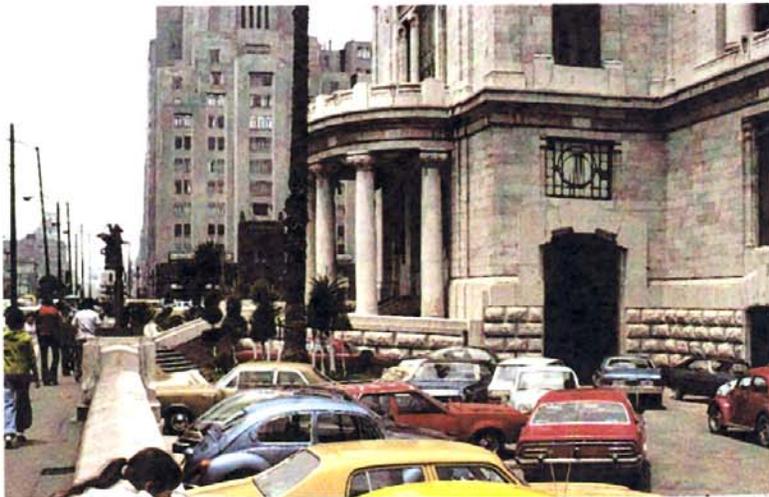
**O que é a erosão ? O que é a sedimentação?**



**Fotografía A.** Edificio destruido en el terremoto de México de 1985 (cortesía del IGME)



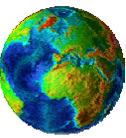
**Fotografía B.** Coladas de lava en la erupción del Teneguía en 1971, La Palma (cortesía del IGME)



**Fotografía C.** Subsistencia del Palacio de Bellas Artes, México D.F. (foto L. G. de Vallejo)



**Fotografía D.** Colmatación de cauce que rebasa la carretera y obliga a abrir un cauce artificial, Quebrada de Purmamarca, Argentina (foto M. Ferrer)



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

Quais os Processos Geológicos ?

Quais os Efeitos sobre o meio físico?

Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?

**Movimentos de vertentes/ encostas**

- Deslizamentos
- Desprendimentos
- Colapsos
- Mudanças morfológicas (curto e médio prazo)
- Desvio de leitos de rio

- Danos a populações e infra-estruturas
- Obstrução de leitos de rio
- Medidas de estabilização, controlo e prevenção

**Porque se instabilizam as vertentes ? Quais os factores actuantes ?**



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

Quais os Processos Geológicos ?

Quais os Efeitos sobre o meio físico?

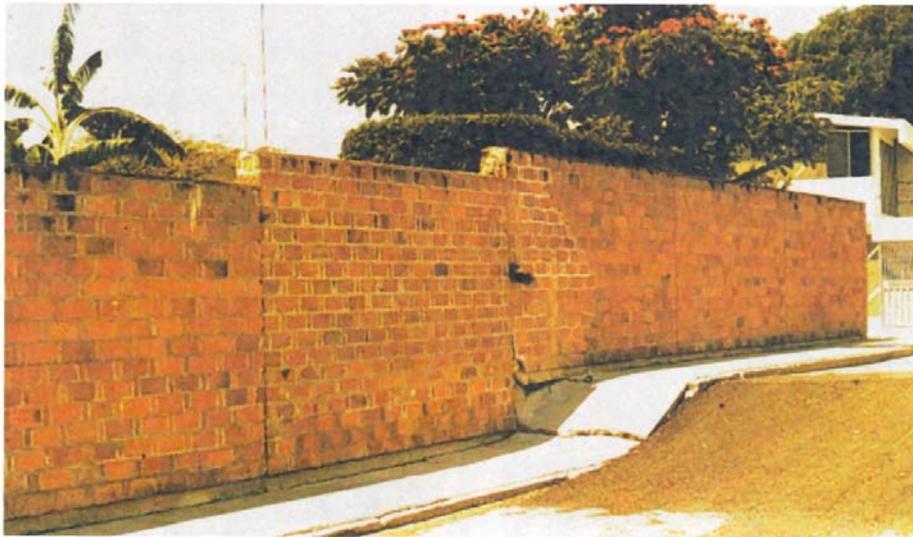
Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?

**Alterações do nível freático**

- Alterações nos aquíferos
- Alteração das propriedades do solo
- Secagem e saturação em água excessiva
- Subsidência e instabilidade de vertentes

- Problemas em fundações
- Afectação de cultivos e regadios
- Medidas de drenagem

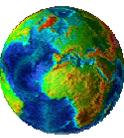
**O que é o nível freático ? O que é um aquífero ?**



**Fotografía F.** Subsidenca por extracción de agua de pozos y a favor de fallas activas (Celaya, México)



**Fotografía E.** Daños en autovías por deslizamientos (Granada)



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

Quais os Processos Geológicos ?

Quais os Efeitos sobre o meio físico?

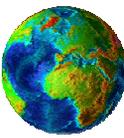
Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?

**Processos tectónicos**

- Tensões naturais
- Sismicidade
- Instabilidades

- Explosões de rocha em minas e túneis profundos
- Deformações em obras subterrâneas (longo prazo)
- Concepção do projecto em túneis e minas

**O que é a tectónica ? Como reagem as rochas às tensões aplicadas?**



## Influência dos processos geológicos na engenharia e no meio ambiente

Quais os Processos Geológicos ?

Quais os Efeitos sobre o meio físico?

Quais os Problemas geoambientais e como actuar ?

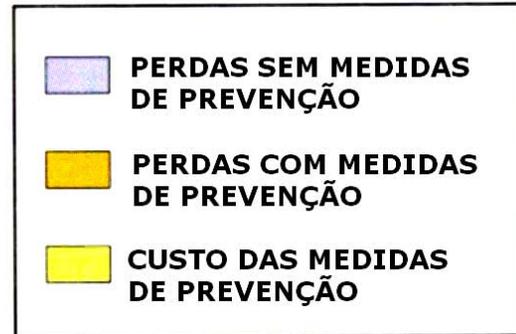
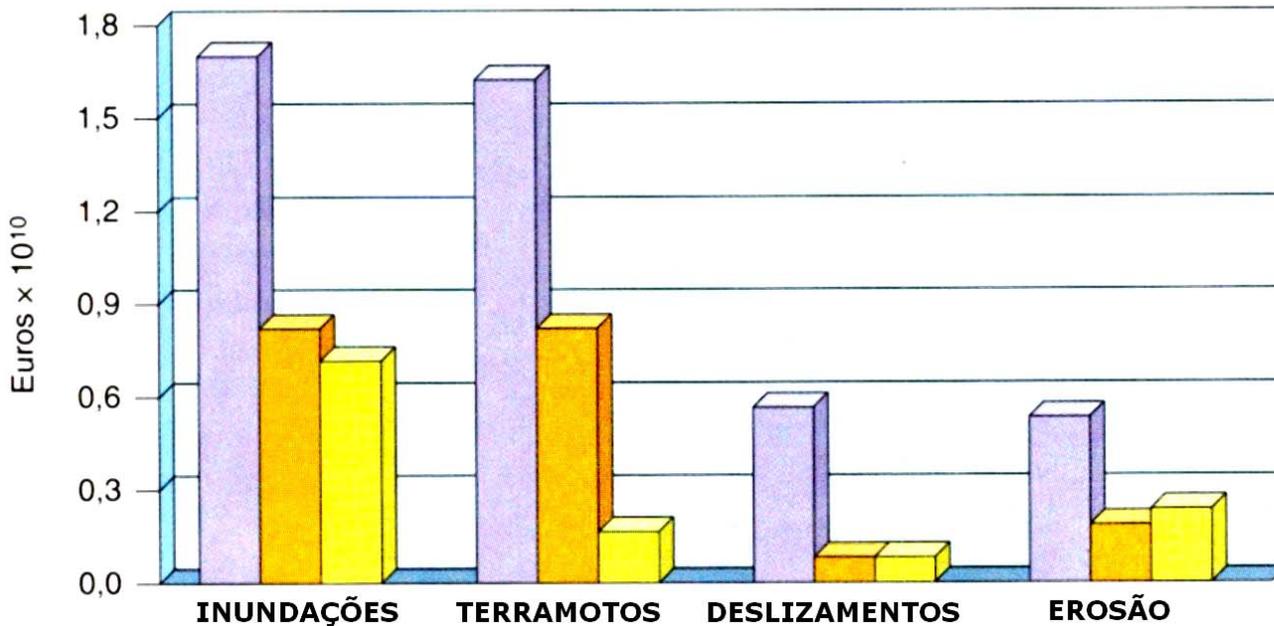
**Processos geoquímicos e geofísicos**

- Altas temperaturas
- Anomalias térmicas
- Presença de gases
- Emissão de radiações

- Riscos de explosão
- Riscos de saúde
- Dificuldade de execução em obras subterrâneas

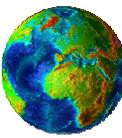
**O que é o gradiente geotérmico ? Que gases liberta a Terra ?**

# SERÁ QUE VALE A PENA ARRISCAR ?



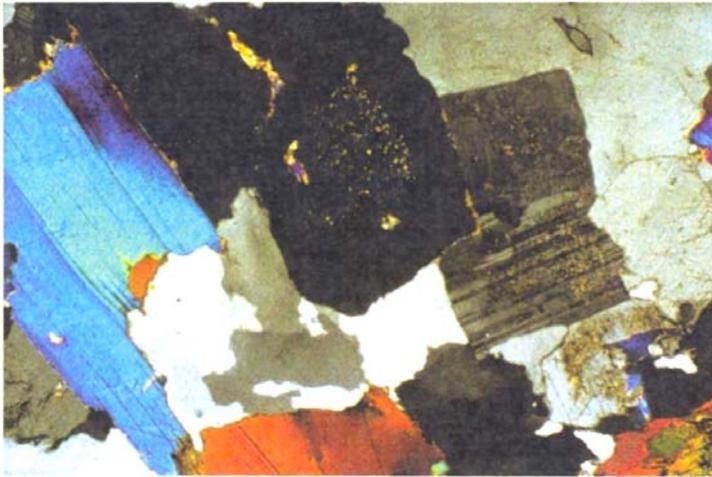
RAZÃO BENEFÍCIO / CUSTO	
DESLIZAMENTOS	8,0
TERRAMOTOS	5,1
EROSÃO	1,4
INUNDAÇÕES	1,8

QUANTO “CUSTA” PREVENIR ?



## LITOLOGIA – Tipos de rochas

<b>Influência da litologia no comportamento geotécnico dos terrenos</b>		
<b>Litologia</b>	<b>Propriedades típicas</b>	<b>Problemas geotécnicos</b>
<b>Rochas duras</b>	Minerais duros e abrasivos	Abrasividade Dificuldade de escavação
<b>Rochas brandas</b>	Resistência média a baixa Minerais alteráveis	Roturas em taludes Deformabilidade em túneis Alteração das propriedades com o tempo
<b>Solos duros</b>	Resistência média a alta	Problemas nas fundações com argilas expansivas e com estruturas instáveis
<b>Solos brandos</b>	Resistência baixa a muito baixa	Assentamentos de fundações Roturas em taludes
<b>Solos orgânicos/ biogénicos</b>	Compressibilidade alta Estruturas meta-estáveis	Subsidência e colapsos



**MICROFOTOGRAFIA DE GRANITO**  
ROCHA DURA (QUARTZO, FELDSPATO, MICAS)



**Fotografía B.** Roturas en taludes mineros (Peñarroya, Córdoba)

## Rotura de vertentes



## Subsidência

**Fotografía C.** La Torre Inclinada de Pisa



**Fotografía D.** Subsidencia en suelos lacustres afectando a la Basílica de N.ª S.ª de Guadalupe (México D.F.)



## ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

### Estruturas geológicas e problemas geotécnicos

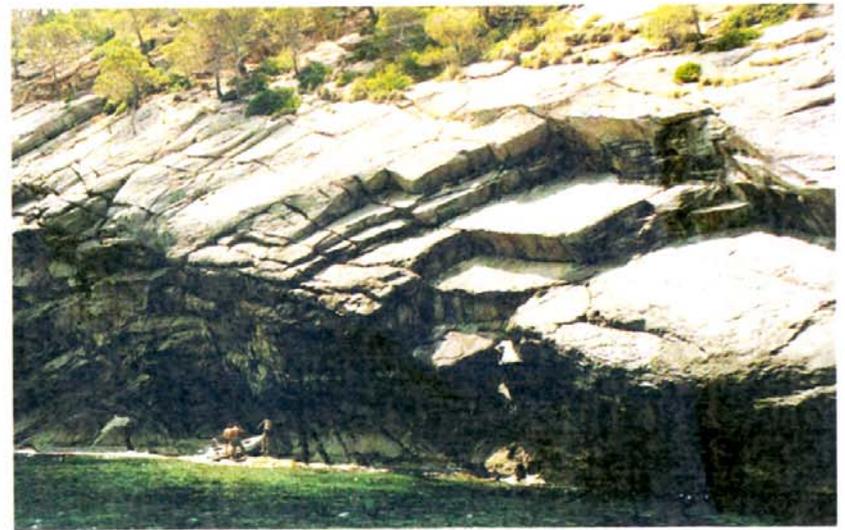
Estruturas geológicas	Propriedades típicas	Problemas geotécnicos
<b>Falhas e fracturas</b>	Superfícies muito contínuas; espessura variável	Roturas, instabilidades, acumulação de tensões, infiltrações e alterações
<b>Planos de estratificação</b>	Superfícies contínuas; pequena separação	Roturas, instabilidades e infiltrações
<b>Diaclases</b>	Superfícies pouco contínuas, fechadas ou pouco separadas	Roturas, instabilidades, infiltrações e alterações
<b>Dobras</b>	Superfícies de grande continuidade	Instabilidade, infiltrações e tensões condicionadas pela orientação
<b>Foliação, xistosidade</b>	Superfícies pouco contínuas e fechadas	Anisotropia em função da orientação

O que é uma estrutura ?



Fotografía A. Falla normal (Huesca)

## Falha



Fotografía B. Estratos y diaclasas (norte de Mallorca)

## Estratificação e diaclases



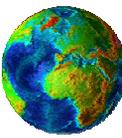
Fotografía C. Pliegues en cuarcitas (sur de Inglaterra)

## Dobra simples



Fotografía D. Esquistos replegados (sur de Inglaterra)

## Dobra complexa

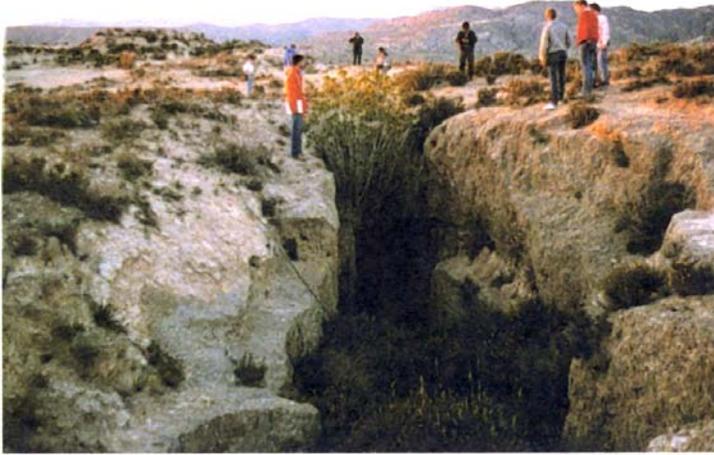


## PAPEL DA ÁGUA

Efeitos dos processos geológicos relacionados com a água e sua incidência geotécnica		
Processos geológicos	Efeitos sobre os materiais	Problemas geotécnicos
<b>Dissolução</b>	Perda de material em rochas e solos solúveis Carsificação	Cavidades Colapsos
<b>Erosão-Transporte</b>	Perda de material e lixiviação Erosão interna Ravinamento	Quedas e colapsos Assentamentos Escavações Aterros
<b>Reacções químicas</b>	Modificação da composição química	Ataque a cimentos, inertes, metais e rochas
<b>Alterações</b>	Modificação das propriedades físicas e químicas	Perda de resistência Aumento da deformabilidade e da permeabilidade

**Ainda dizem que a água é mole!!!**

# Dissolução em calcários - carsificação



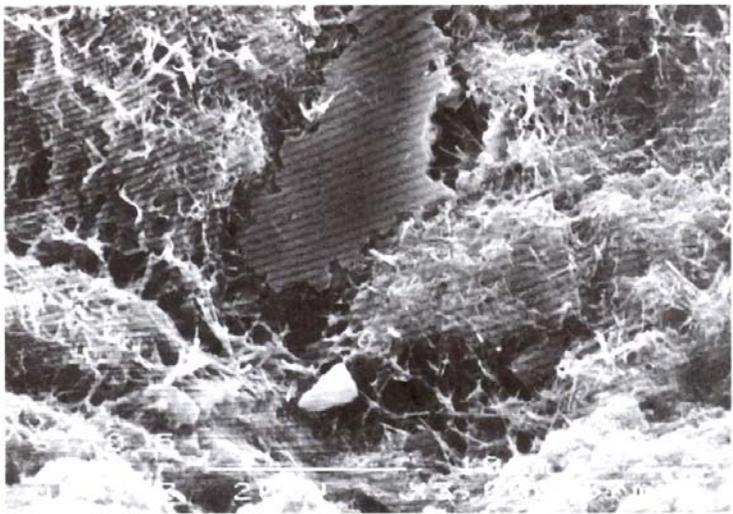
Fotografía A. Karst yesífero (Sorbas, Almería) (foto M. Ferrer)



Fotografía B. Erosión y acarreamiento en piroclastos (Guatemala) (foto M. Ferrer)

## Erosão e escavação

# Ataque químico do betão



Fotografía C. Ataque al hormigón por sulfatos: formación de ettringita en forma de fibras muy finas y cristales de carbonato (cortesía de Prospección y Geotecnia)



Fotografía D. Alteraciones en materiales terciarios (Ateca, Zaragoza) (foto R. Capote)

## Alterações

# RESUMO

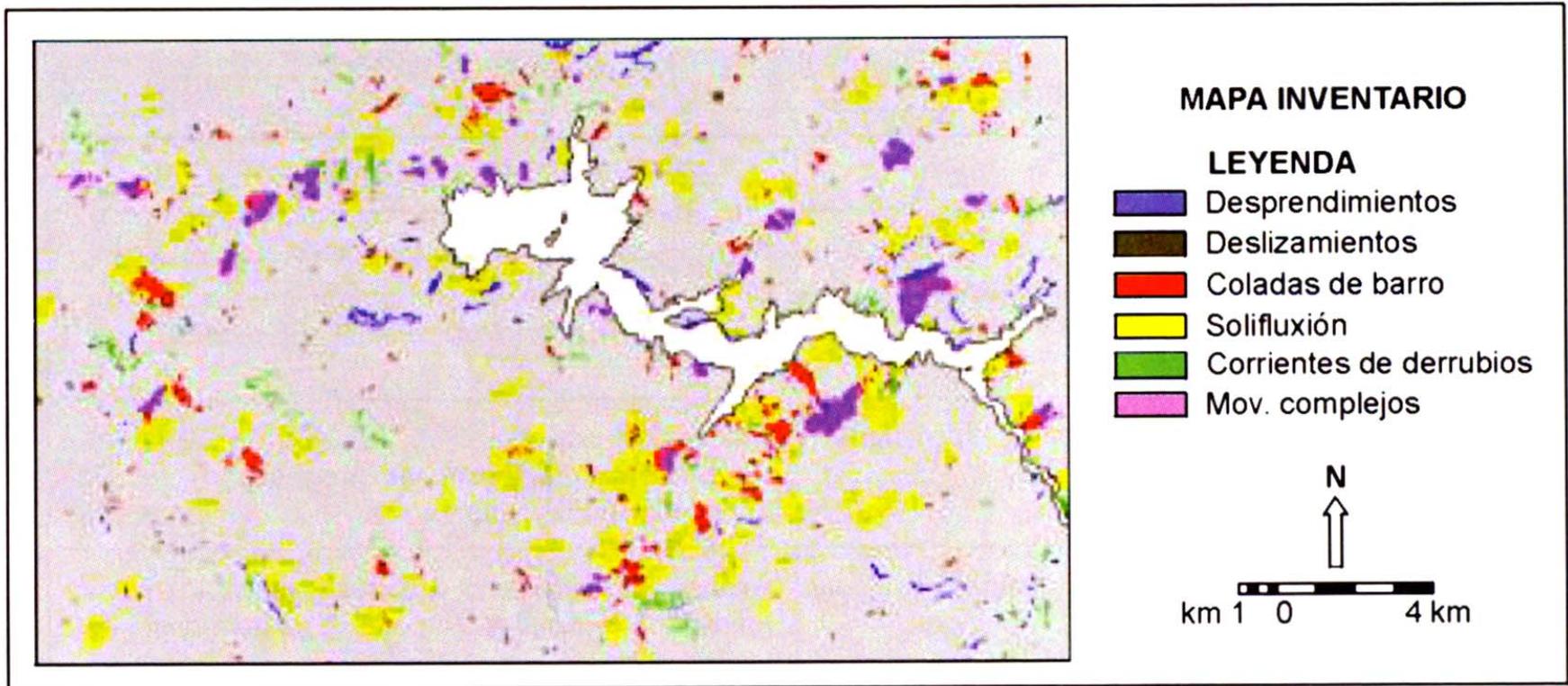
Informação mais importante a reter dos quadros anteriores:

- Os factores geológicos são a causa da maioria dos problemas geotécnicos.
- A água é um dos factores de maior incidência no comportamento geotécnico dos materiais.
- Os processos geológicos podem modificar o comportamento dos materiais, incidindo sobre o meio físico, e ocasionar problemas geotécnicos.

## **Anexo 2**

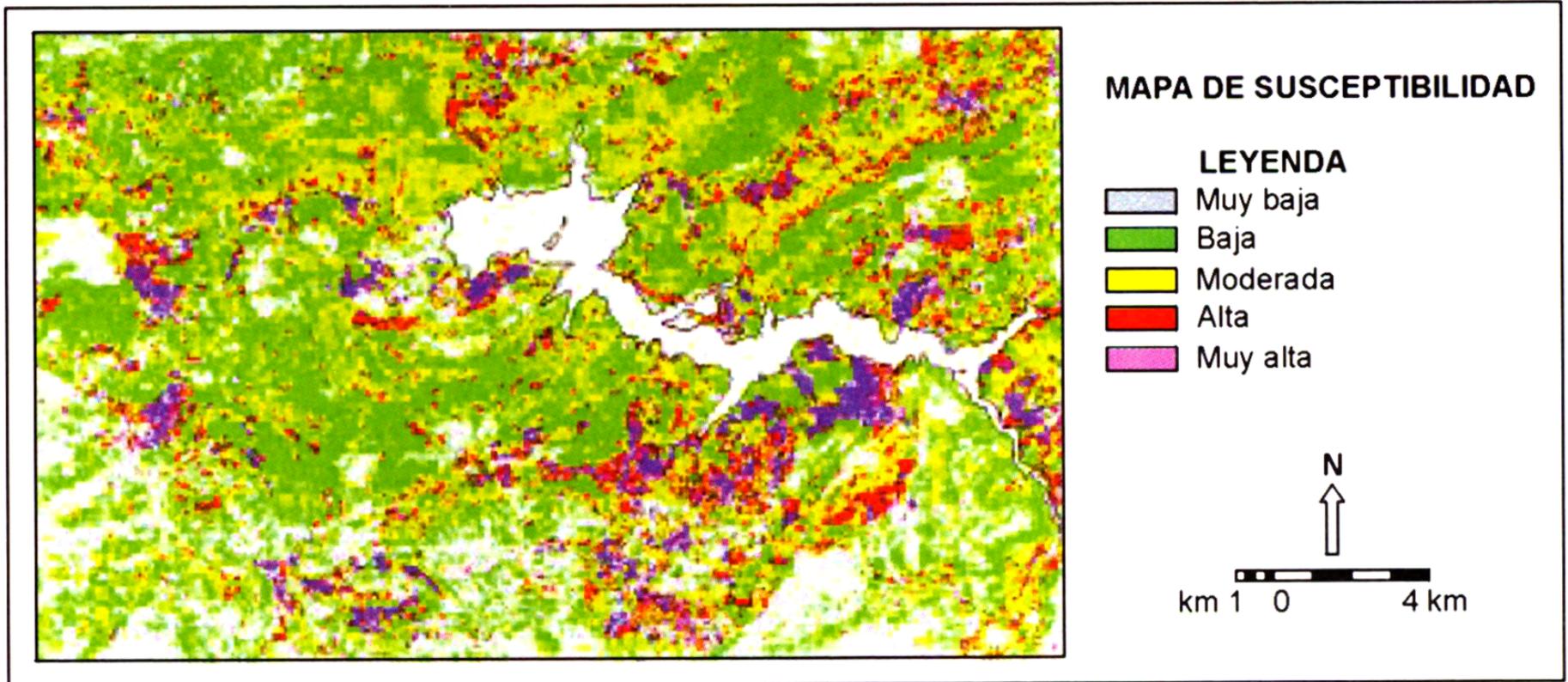
**Exemplos de Mapas de Inventário,  
Susceptibilidade, Vulnerabilidade,  
Perigosidade e de Risco**

# Movimientos de vertiente em Córdoba



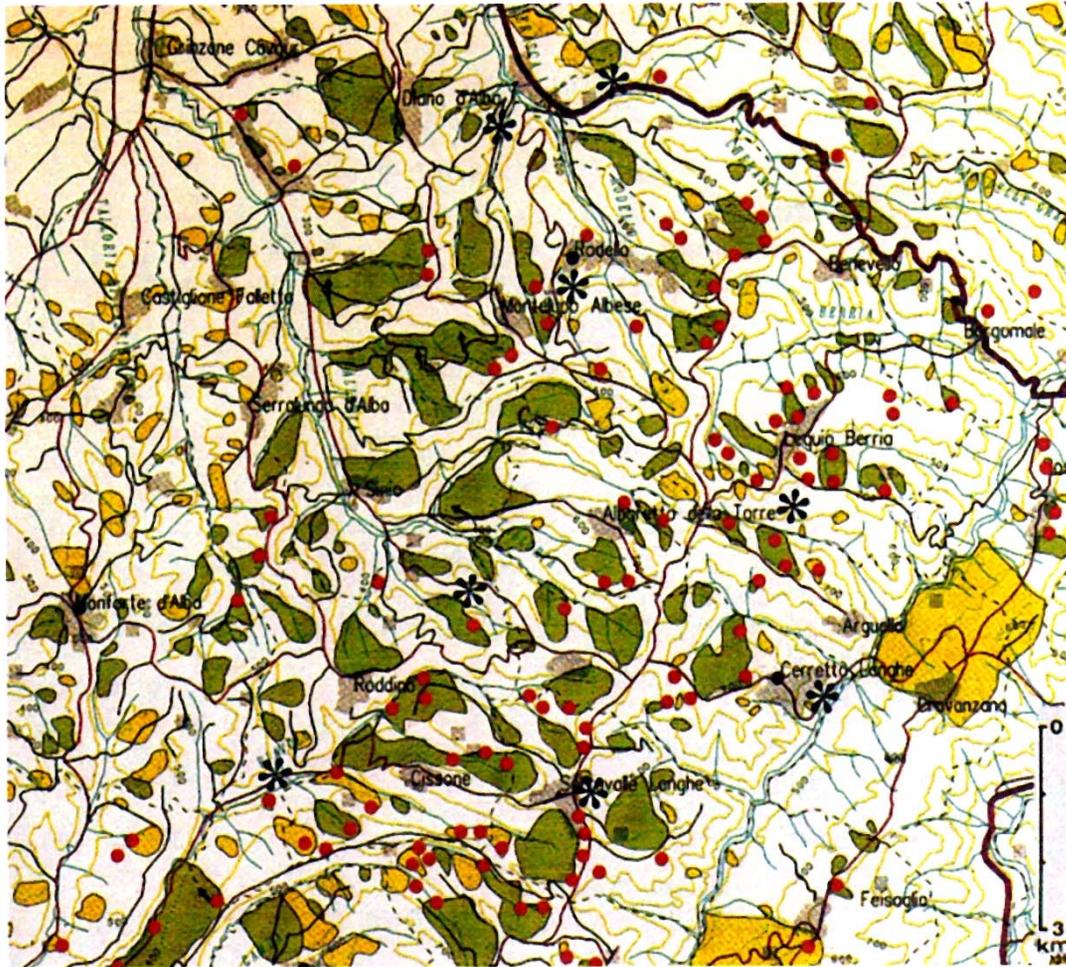
**Figura 13.3** Ejemplo de mapas inventario y de susceptibilidad por movimientos de ladera en la zona de Rute-Iznájar (Córdoba-Granada), (Chacón e Irigaray, 1999).

# Movimientos de vertente em Córdoba



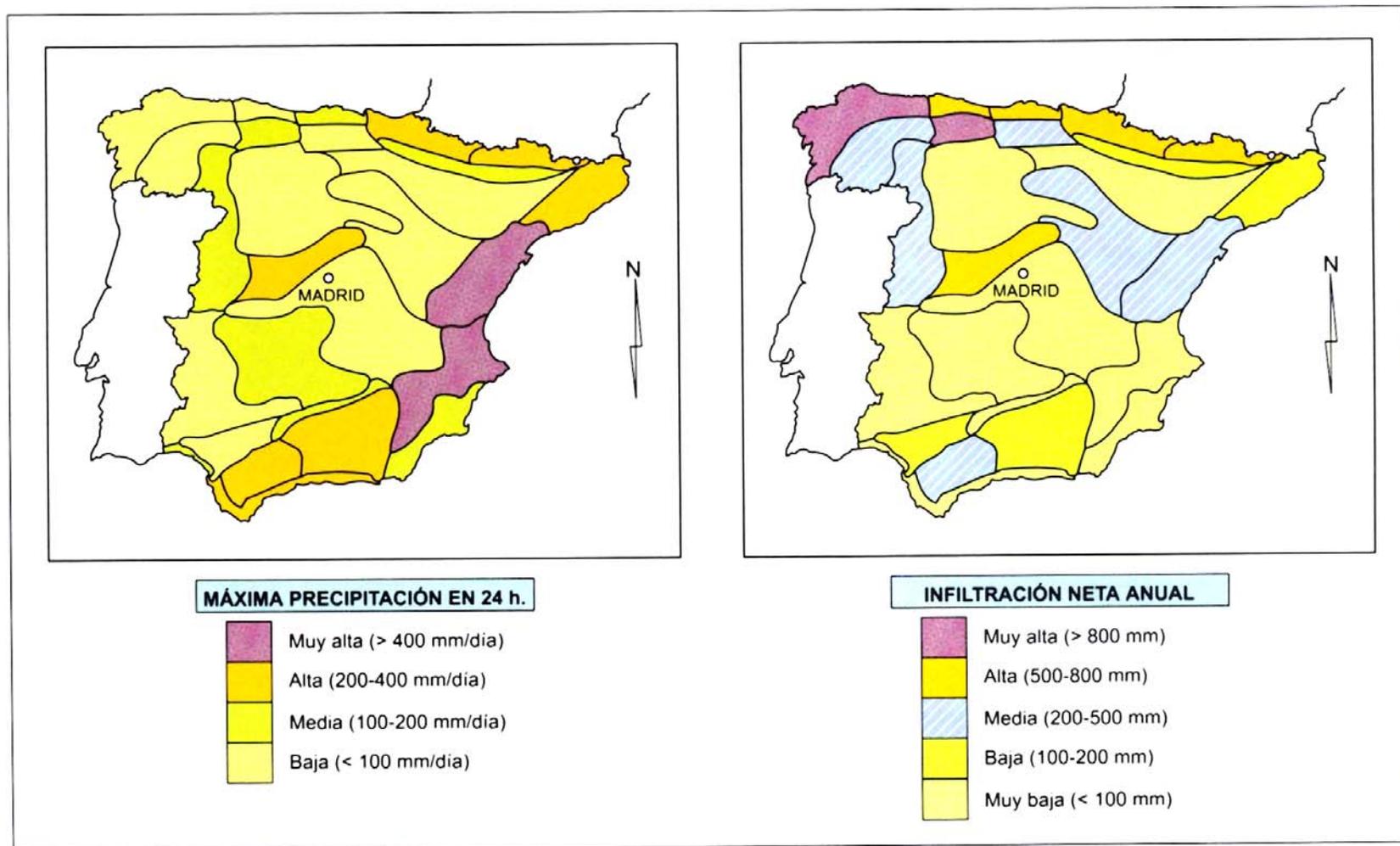
**Figura 13.3** Ejemplo de mapas inventario y de susceptibilidad por movimientos de ladera en la zona de Rute-Iznájar (Córdoba-Granada), (Chacón e Irigaray, 1999).

# Deslizamentos em Itália



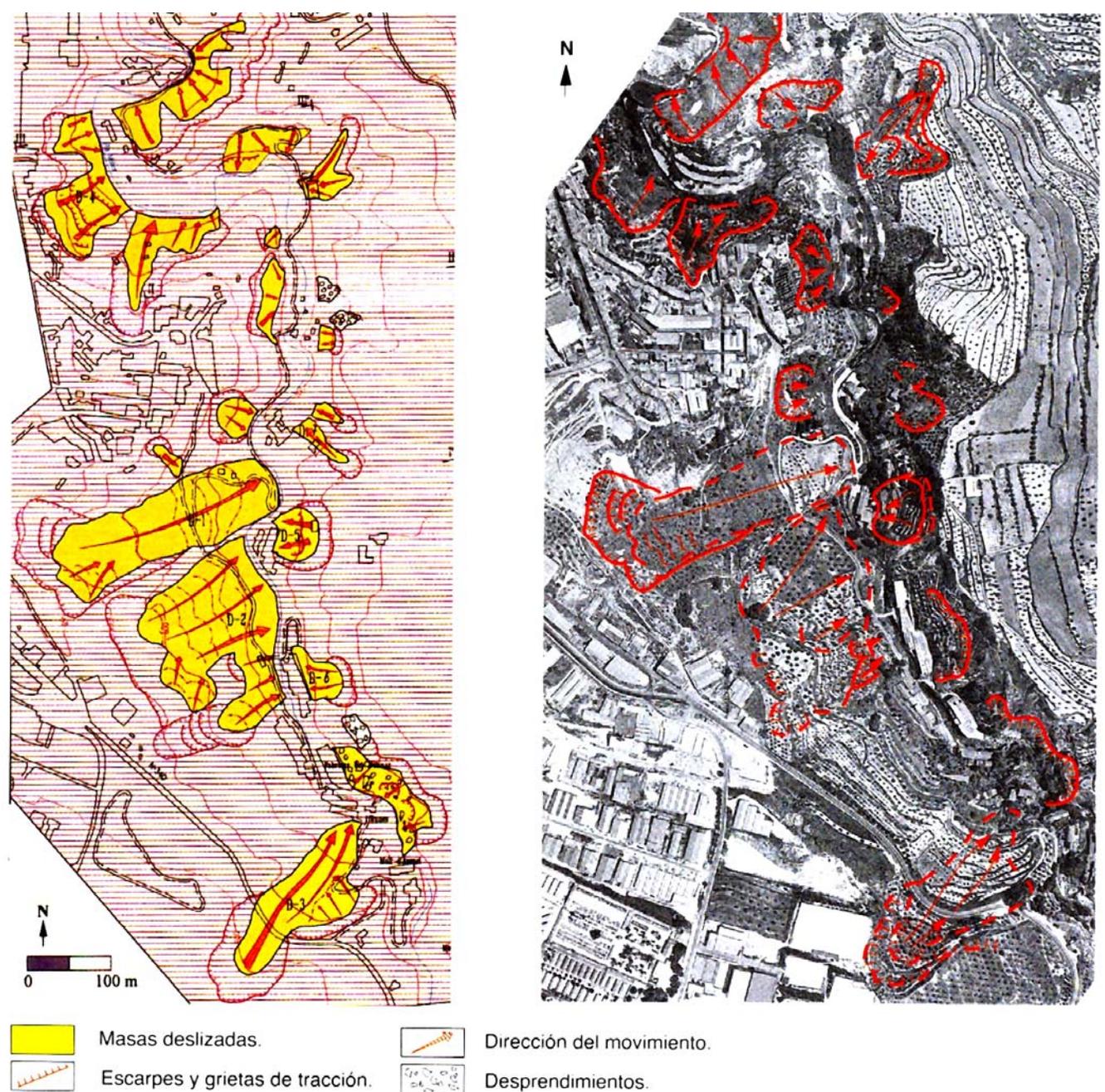
**Figura 14.17** Fragmento del mapa inventario de deslizamientos de la región de Langhe (NW de Italia) con la situación de los movimientos provocados por las precipitaciones de noviembre de 1994, principalmente deslizamientos planos de bloques rocosos (puntos rojos) y flujos de barro (los asteriscos indican las zonas con mayor concentración de flujos): en el mapa, previo a este evento, aparecen en amarillo las zonas con deslizamientos de bloques inactivos, y en verde los activos en los últimos 30-40 años (Casale y Margottini, 1995). Las fotos corresponden a ejemplos de los tipos de movimientos citados: se puede observar la destrucción de varias edificaciones por los flujos superficiales (fotos M. Ferrer).

# Susceptibilidad climática face a deslizamentos em Espanha continental

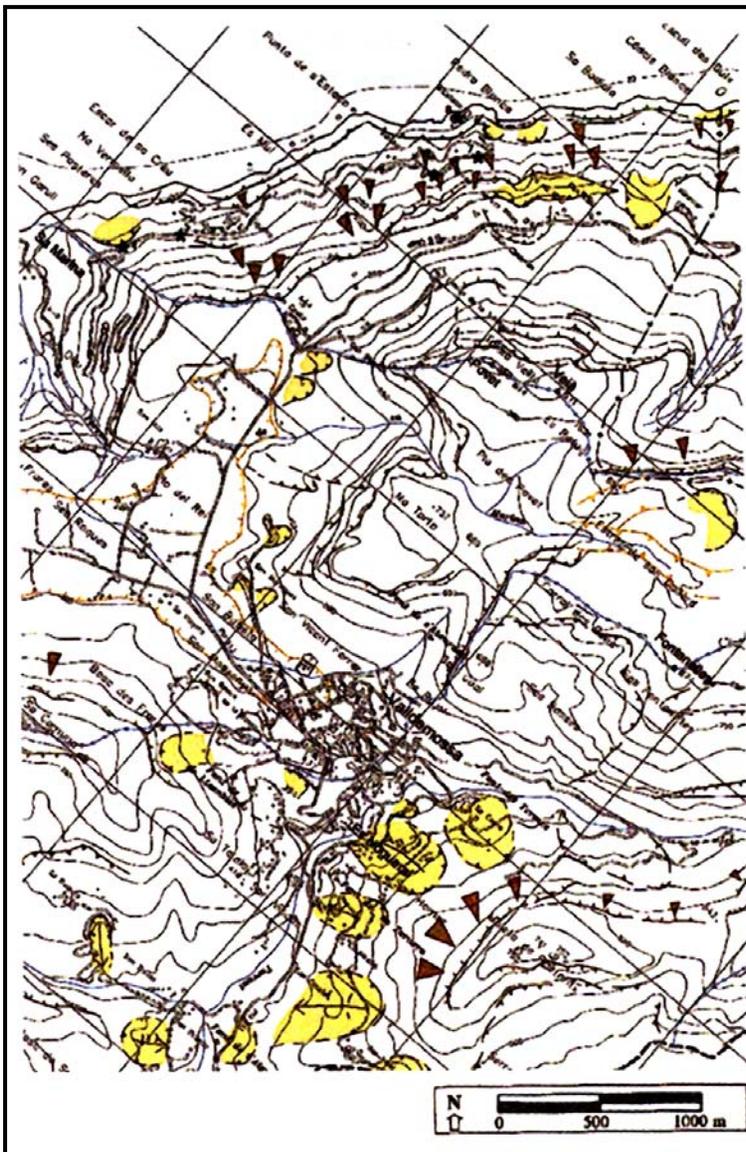


**Figura 14.19** Susceptibilidad climática relativa frente a deslizamientos en la España peninsular (Ferrer y Ayala, 1996): los criterios empleados han sido la máxima precipitación en 24 horas (para flujos y deslizamientos superficiales) y la infiltración neta anual (para nuevos deslizamientos y reactivaciones de antiguos movimientos profundos).

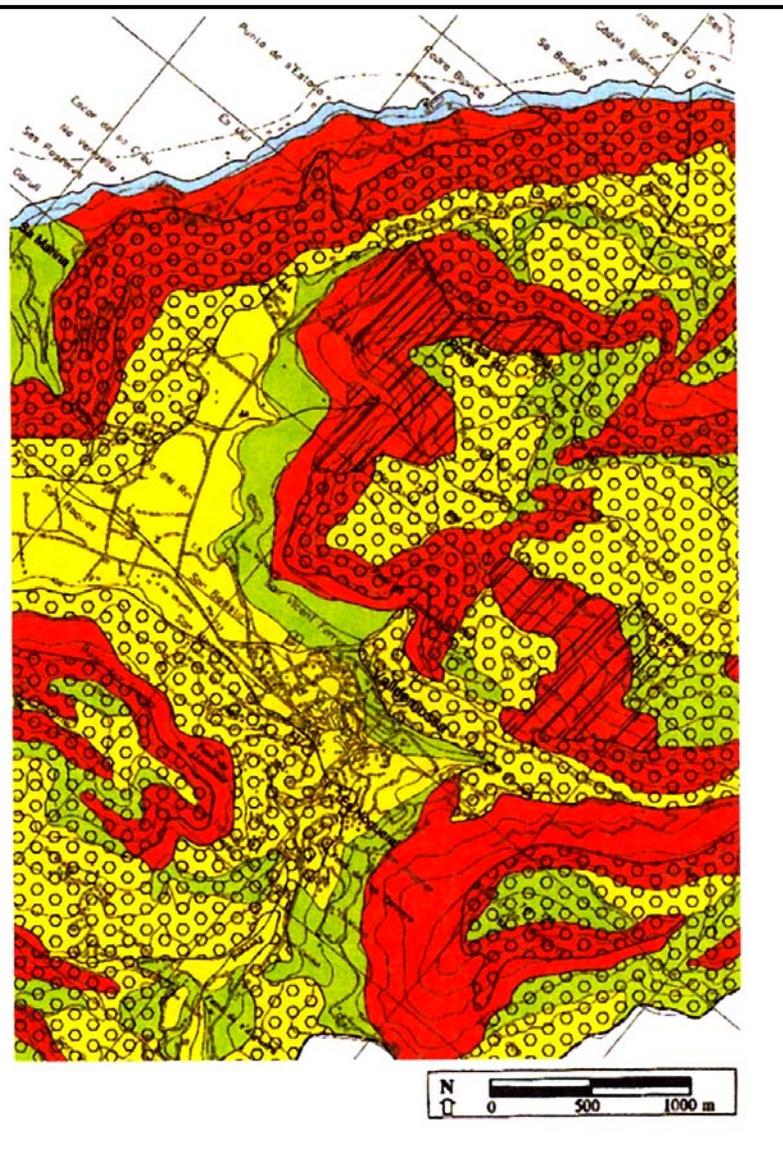
# Inventário de deslizamentos (Alicante)



**Figura 14.24** Mapa inventario de deslizamientos en la zona de Alcoy, Alicante, realizado a partir de foto aérea con apoyo de campo escala original 1/5 000 (IGME, 1994)



**Mapa geomorfológico e inventário movimentos de vertente**

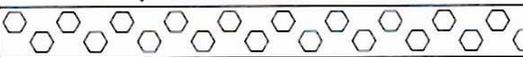


**Mapa de susceptibilidade**

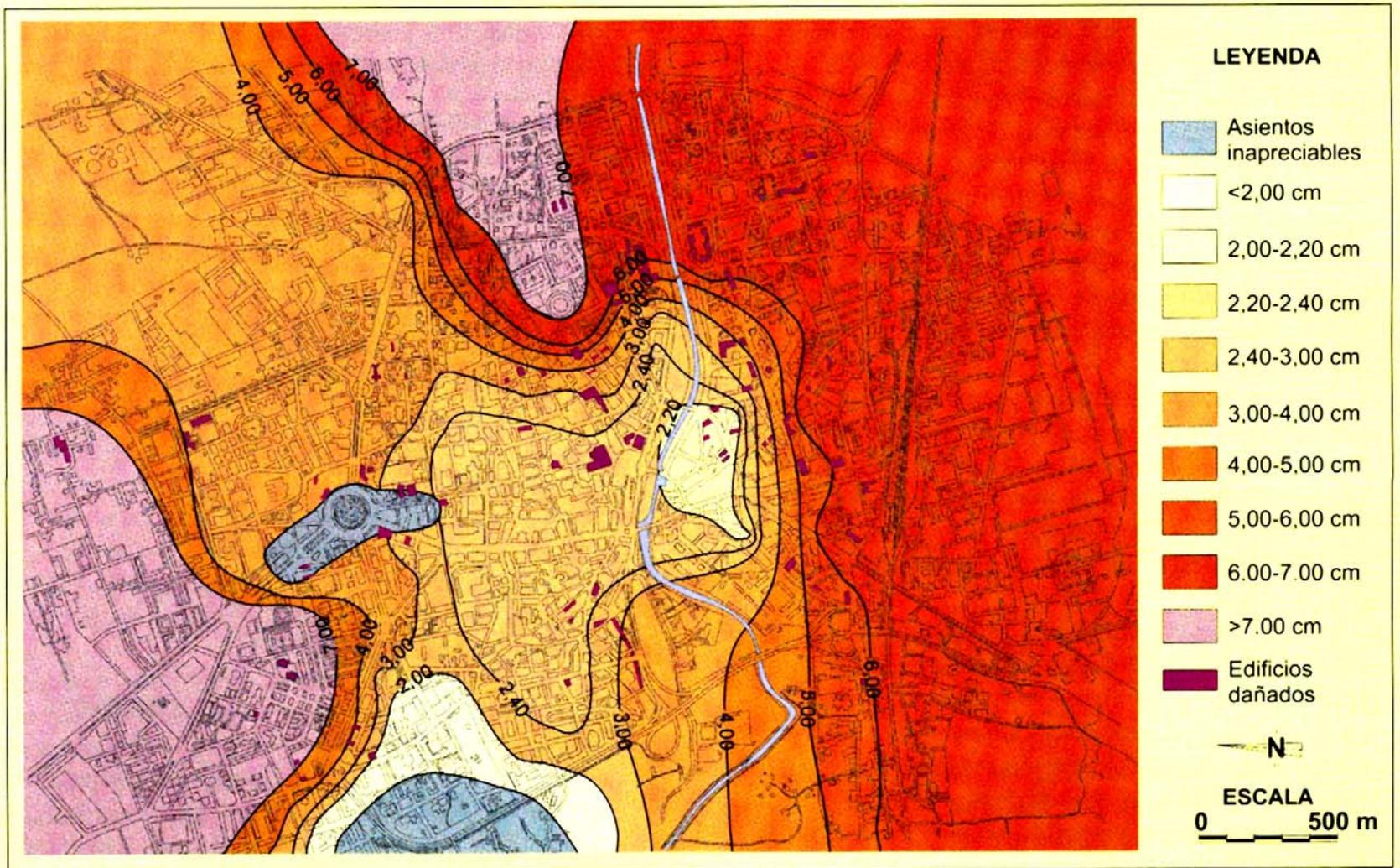
Legenda a seguir



Estructura tectónica	Procesos y formas				
	Gravitacionales		Litorales	Kársticos	Fluviales
 Escarpe de falla.	 Deslizamiento.	 Frente de caída de rocas.	 Acantilado activo.	 Depresión kárstica.	 Torrente.
 Anticlinal.	 Flujo.	 Cono de derrubios.	 Valles colgados por retroceso de acantilado.	 Cañón.	 Cárcavas.
 Sinclinal.					 Divisoria de aguas.

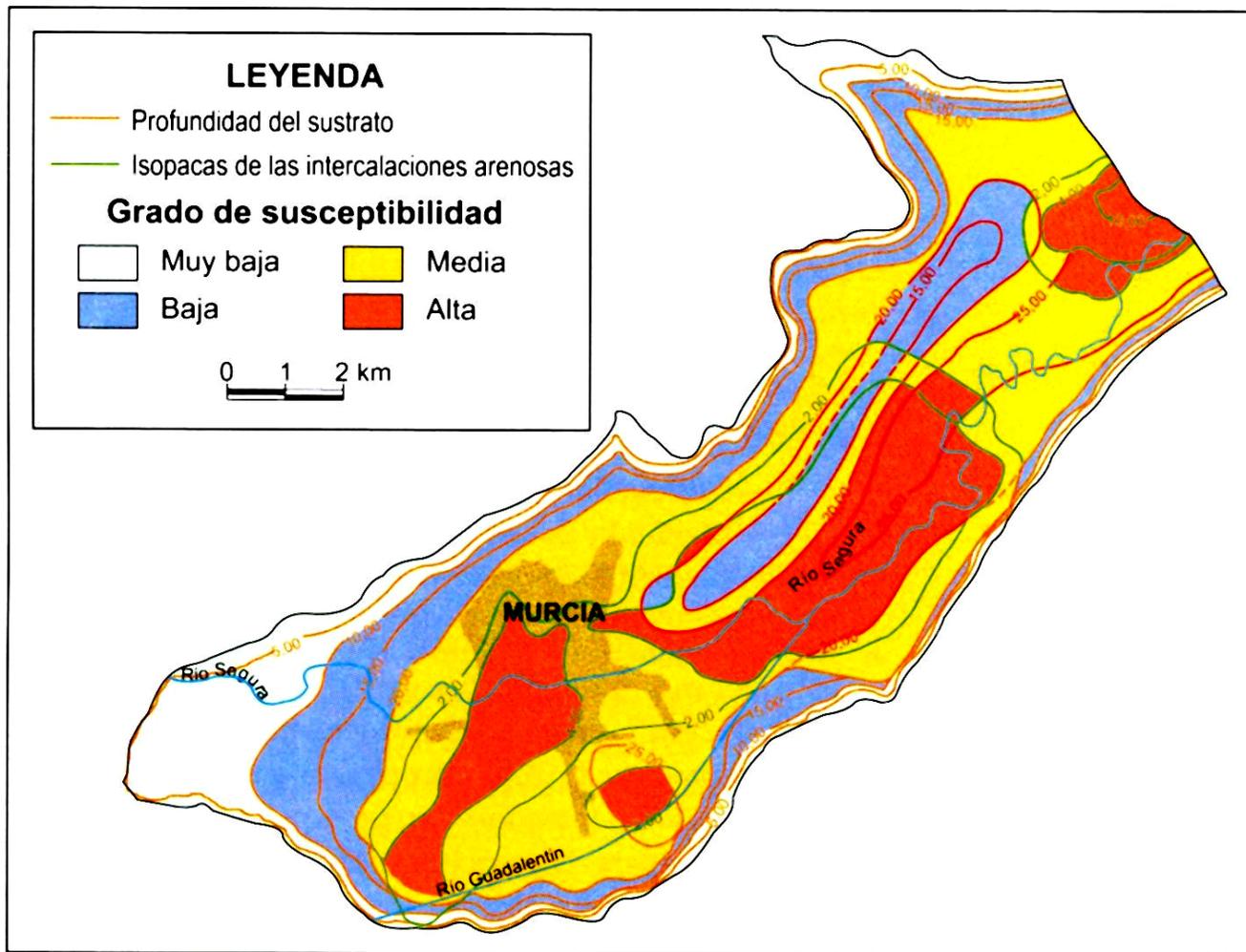
		Desprendimientos rocosos	Deslizamientos rocosos	Deslizamientos en suelos
				
Susceptibilidad	Alta	Rocas duras fracturadas, discontinuidades netas. Permeabilidad por fracturación. Pendientes: >35°. Frentes rocosos de caliza.	Rocas duras en contacto con rocas blandas. Discontinuidades muy marcadas. Pendientes: >35°.	Depósitos coluviales sobre materiales impermeables. Alteración superficial alta. Pendientes: >35°.
	Media	Intensidad de fracturación media. Pendientes: 20°-35°.	Rocas moderadamente duras. Intensidad de fracturación media. Pendientes: 10°-35°.	Suelos y rocas blandas. Alteración superficial grado medio. Permeabilidad media por fisuración. Pendientes: 10°-35°.
	Baja	Materiales masivos. Pendientes: <20°.	Rocas blandas. Intensidad de fracturación baja. Pendientes: <10°.	Rocas blandas. Alteración superficial. Permeabilidad por porosidad. Pendientes: <10°.
		Acantilados activos.		

**Figura 14.25** Mapa geomorfológico e inventario de movimientos de ladera y mapa de susceptibilidad. Zona Esporles-Deià, Mallorca. Escala original 1:25.000 (Mateos, 2000).



Mapa de asentamientos estimados en la ciudad de Murcia por subsidencia provocada por descenso del nivel freático (cortesía del IGME y COPOT, Región de Murcia)

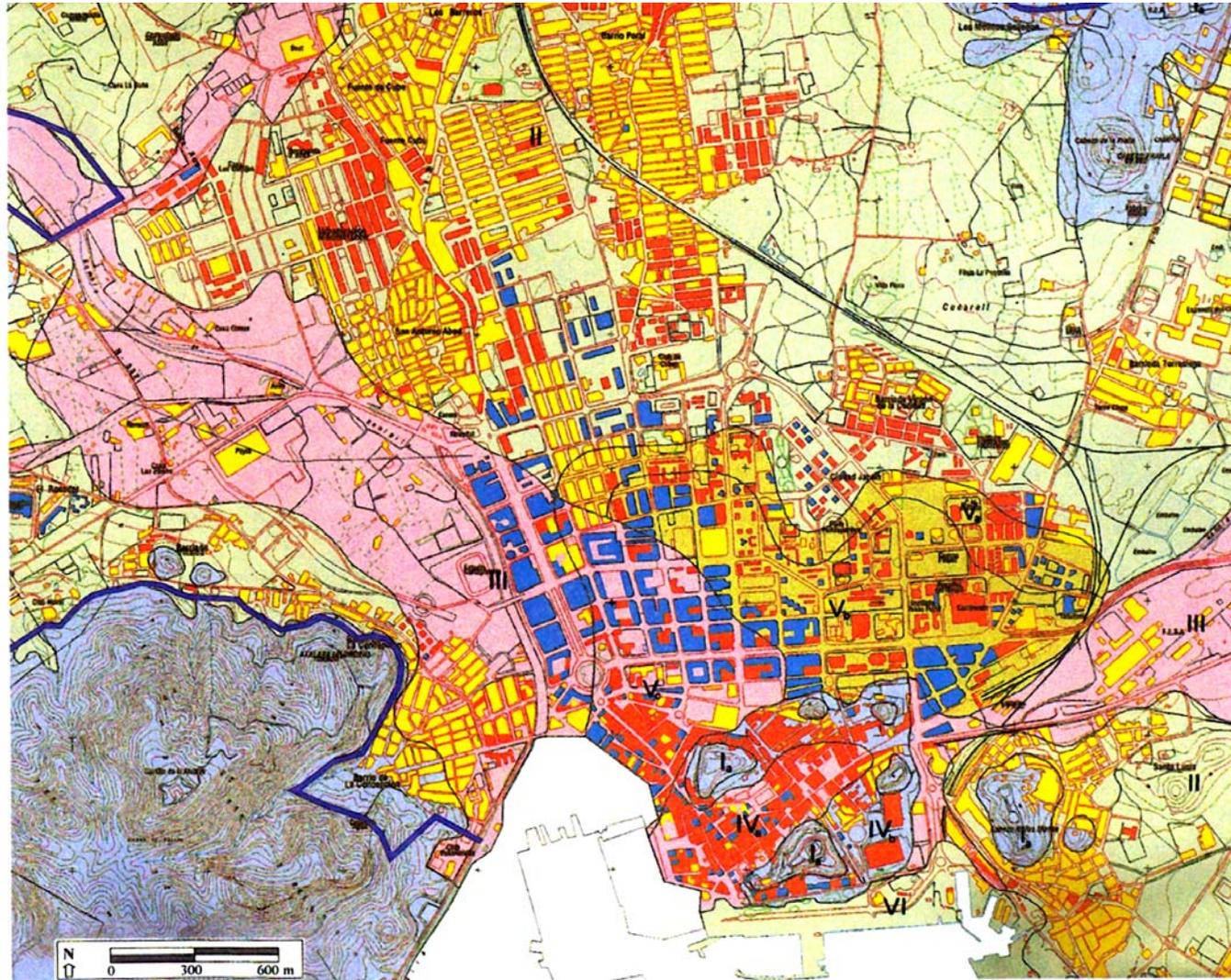
Subsidência por descida do nível freático (Murcia)



**Figura 14.42** Mapa de susceptibilidad a la subsidencia de la Vega media del Segura, Murcia, por descenso del nivel freático, considerando un periodo de sequía de 2 años; la estimación se ha realizado en función de la profundidad del sustrato firme y de la intercalación de niveles arenosos entre los materiales blandos que constituyen el subsuelo (cortesía del IGME y COPOT, Región de Murcia).

## Mapa de Susceptibilidad

### Subsidência por descida do nível freático (Murcia)



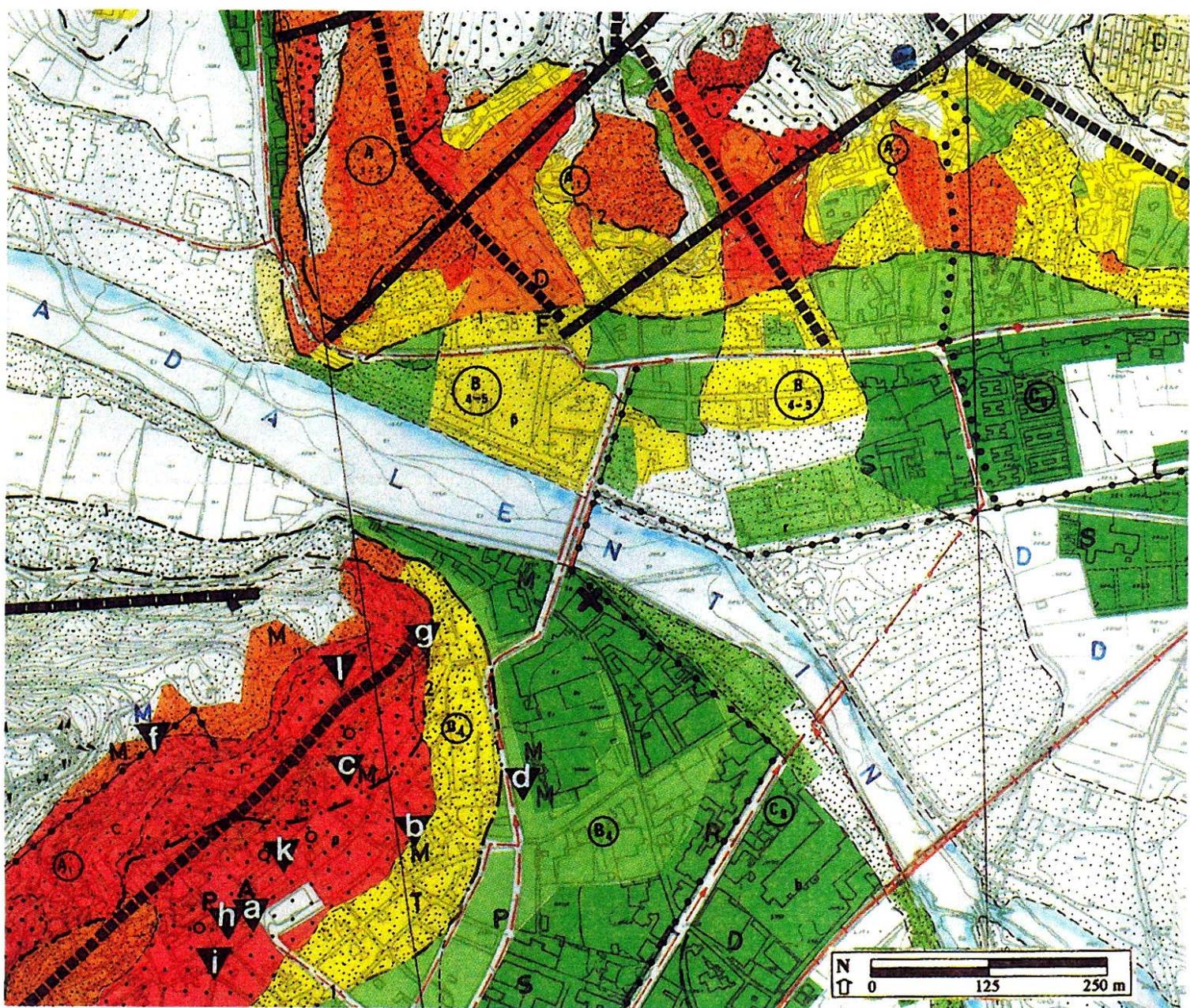
**Figura 15.24** Mapa de respuesta sísmica de la ciudad de Cartagena, Murcia; escala original 1:15.000 (cortesía del IGME).

Mapa de resposta sísmica da cidade de Cartagena

Respuesta sísmica y vulnerabilidad de la edificación							
Zona	Vibración del terreno		Porcentaje edificios			Tipo de edificios vulnerables	Respuesta sísmica
	Amplificación máxima(*)	Periodo(s)	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		
Ia	Muy baja	–	100	–	–	Ninguno	Muy baja
Ib	Muy baja	0,04	95	5	–	Ninguno	Muy baja
II	Media	0,043	78	17	5	Ninguno	Baja
III	Media	0,25	79	3	18	1	Media-alta
IVa	Media	0,37	20	50	30	2 – 1 – 3	Media-alta
IVb	Muy baja	–	40	50	10	Ninguno	Muy baja
Va	Muy alta	0,095	27	51	22	1	Media
Vb	Media	0,07	13	48	39	1 – 2	Media
Vc	Alta	0,3	19	34	47	2 – 1 – 3	Media-alta
VI	Baja	0,45	90	10	0	2 – 3	Baja
Terremoto de referencia:				Tipo de edificio	Nº plantas	Periodo natural de vibración (s)	
Magnitud Richter: 4,7				1	1 – 2	0,1 a 0,3	
Probabilidad de ocurrencia en 100 años: 9,5%				2	3 – 5	0,3 a 0,6	
(*) para el terremoto de referencia				3	> 5	> 0,6	

**Figura 15.24** Mapa de respuesta sísmica de la ciudad de Cartagena, Murcia: escala original 1:15.000 (cortesía del IGME).

## Mapa de resposta sísmica da cidade de Cartagena



Mapa de perigosidade e vulnerabilidade sísmicas da cidade de Lorca –Murcia (Escala 1: 5 000)

Peligrosidad sísmica			
Características del terreno	Grado 0	Grado 1	Grado 2
Materiales muy flojos, sueltos y rellenos			
Materiales flojos, conos de deyección y aluvial			
Material firme, coluvial y aluvial compacto			
Material muy firme, roca			

Influencia de la topografía en la amplificación de las ondas sísmicas  
 Factor de amplificación 1

Vulnerabilidad sísmica				
Tipo de edificación predominante	Peligrosidad sísmica			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
<b>A</b> Construcciones simples, con muros de mampostería, adobe o tapial				
<b>B</b> Con muros de fábrica o ladrillo, mortero, mampostería con mortero, sillería				
<b>C</b> Construcciones con estructuras metálicas y/u hormigón armado				

Tipo de edificaciones y número de plantas

Zonificación	
Vulnerabilidad sísmica	Peligrosidad sísmica
	Baja - Muy baja
	Media
	Alta - Muy alta

Peligrosidad sísmica	
Vulnerabilidad sísmica	Peligrosidad sísmica
Baja - Muy baja	Baja a Media. Edificaciones predominantes tipo C
Media	Variable. Edificaciones predominantes tipo B y C
Alta - Muy alta	Media a Muy alta. Edificaciones predominantes tipo A y B

Hipótesis de vulnerabilidad		
Peligrosidad sísmica	Amplificación esperada	Intensidad MKS
	Muy baja. Zona 1	VII
	Baja - Media. Zona 2	VIII
	Media - Alta. Zona 3	
	Alta - Muy alta. Zona 4	IX

<b>b</b>	Terreno firme. Apoyo directo de cimentaciones
<b>v - f</b>	Terreno flojo. No apto para apoyo directo
<b>r</b>	Edificios recalzados
<b>p</b>	Edificios pilotados

	Falla reconocida
	Falla deducida
	Desprendimientos de bloques
	Colapso de cavidades antrópicas

	Edificios singulares: M, F, D,.....
	Líneas de vida
	Edificios con daños en terremotos históricos

**Figura 15.26** Mapa de peligrosidad y de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Lorca, Murcia; escala original 1:5.000 (cortesía del IGME).

Mapa de perigosidade e vulnerabilidade sísmicas da cidade de Lorca –Murcia (Escala 1: 5 000)

## Anexo 3

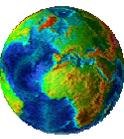
Intervenção da Engenharia Geológica  
no domínio dos Riscos Geológicos

# **Intervenção da Engenharia Geológica no domínio dos riscos geológicos**

**Qual o papel desta área da  
engenharia?**

**Como avaliar os riscos geológicos?**

**O que determina os riscos geológicos?**



## Fenómenos naturais vs. Obras geotécnicas

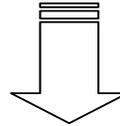
ENGENHARIA GEOLÓGICA : UMA VISÃO DA ENGENHARIA A PARTIR DA GEOLOGIA

GEOLOGIA



Materials e Processos

ENGENHARIA  
GEOLÓGICA



Soluções  
geotécnicas

+

Prevenção de  
riscos e  
impactos  
ambientais

ENGENHARIA



Projectos e Obras de Engenharia

Praia Algarvia  
Instabilidade das falésias

Túnel do  
Marquês de Pombal  
Que materiais, que problemas?

# FUNÇÕES PRINCIPAIS A DESEMPENHAR NA ANÁLISE DO RISCO

**AVALIAÇÃO**

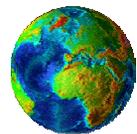
**PREVENÇÃO**

**MITIGAÇÃO**

Riscos geológicos condicionados  
essencialmente por processos  
geodinâmicos

RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DEVE BASEAR-SE EM:

- **CONHECIMENTO DOS PROCESSOS GEODINÂMICOS**
- **COMPORTAMENTO GEOMECÂNICO DO TERRENO**

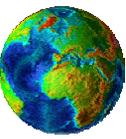


## Definições básicas

### **Prevenção**

**Conhecer antecipadamente a ocorrência de fenômenos no tempo e no espaço a fim de :**

- Evitar o processo
- Controlar o processo
- Avisar, preparar medidas ou proteger as populações



## Definições básicas

# Previsão

## **Antecipação do que vai acontecer**

Em algumas situações é possível prever o lugar onde os processos decorrem. Noutros casos é praticamente impossível!



## Definições básicas

### **Mitigação**

**Consiste em minimizar ou eliminar as perdas e danos mediante o controlo do processo e/ou a protecção dos elementos expostos, reduzindo a sua vulnerabilidade**

- Conhecer as características e as leis dos processos
- Analisar os dados históricos
- Observação detalhada dos processos
- Monitorização e detecção de anomalias e variação nos parâmetros físicos e nos fenómenos precursores

# Prevenção e Mitigação de Riscos Geológicos

Procesos	Prevenção y predicción	Mitigación de los riesgos	Actuaciones para mitigación	
			Estructurales	No estructurales
Deslizamientos y desprendimientos	Espacial y temporal (1)	Control del proceso (2) Protección Evacuación	Medidas de corrección, estabilización y obras de protección	Prohibición o restricciones de ocupación de zonas de elevada peligrosidad
Hundimientos y subsidencias	Espacial y temporal (1)	Control del proceso (2) Protección Evacuación	Medidas de consolidación y relleno	Planificación y ordenación del territorio
Terremotos y tsunamis	Espacial	Protección Evacuación (3)	Diseños sismorresistentes	Normativas y recomendaciones
Erupciones volcánicas	Espacial y temporal a corto plazo	Evacuación Protección	Desvío y contención de coladas y flujos	Sistemas de alarma y aviso
Inundaciones y avenidas	Espacial y temporal	Control del proceso (2) Protección Evacuación	Obras de desvío, contención y regulación. Diseño de obras y drenajes	Planes de emergencia Divulgación y educación ciudadana

(1) Prevenção temporal sempre que se conozca la recurrencia de los factores desencadenantes.

(2) Únicamente cuando los procesos tienen magnitud o escala «geotécnica».

(3) En casos de tsunamis, siempre que haya tiempo suficiente, o de crisis sísmicas continuadas.

Importante

**Informação e Consciencialização da população**

# ***Estrutura geral da gestão do risco (Barragens)***

A seguinte estrutura geral pode ser adoptada para o processo de gestão do risco em vales:

## **Avaliação do Risco**

- Determinação dos **eventos perigosos** (acções perigosas que podem ocorrer e colocar em perigo a segurança das barragens).
- Análise do Risco (determinação de **cenários** e avaliação de **probabilidades de ruptura** de barragens e dos **danos** nestas e nos vales).

## **Mitigação do Risco**

- **Redução do Risco** (selecção e implementação de medidas estruturais e não-estruturais de segurança por forma a reduzir a exposição ao perigo e os consequentes danos ao longo dos vales).
- **Resposta ao Risco** (preparação da assistência adequada em caso de um acidente).

# Aplicação a barragens

A gestão da segurança de barragens está associada a processos de decisão resultantes da existência de alternativas. As opções podem ser hierarquizadas através de metodologias qualitativas ou quantitativas. No case desta última hipótese a hierarquia de opções é baseada nos custos e benefícios expectáveis.

Nesta conformidade, a análise do risco pode ser qualitativa ou quantitativa. Nesta última hipótese a análise envolve os seguintes componentes:

1. Definição e caracterização do estado do sistema em análise. Exemplo:
  - uma barragem ou um órgão de uma barragem
  - uma barragem e o vale a jusante
2. Identificação e definição do evento-base ("hazard"). Exemplo:
  - a ocorrência de uma cheia pouco frequente
  - a ocorrência de um sismo
3. Identificação dos modos de acidente ou de falha, em resultado da resposta do sistema. Exemplo:
  - a ocorrência de uma cheia pode provocar o galgamento de uma barragem de terra e a respectiva ruptura.
4. Identificação dos cenários de ruptura, (incluindo os respectivos mecanismos e as respectivas cadeias de causas e efeitos (sub-eventos). Exemplo:
  - o bloqueamento de uma comporta do evacuador de cheias diminui a capacidade do mesmo e provoca a subida do nível de água na albufeira para além do NMC de projecto; a folga pode não ser suficiente para conter o volume de cheia e ocorrer o galgamento da barragem.
5. Modelação do sistema ("Fault tree" ou "Event tree") decompondo o sistema em sub-componentes e caracterizando topologicamente a lógica dos mecanismos de ruptura.
6. Quantificação (estimada) das probabilidades de ocorrências dos eventos e sub-eventos nos mecanismos dos cenários de ruptura.

7. Quantificação das consequências (danos) relacionados com os diferentes cenários de ruptura.

8. Determinação do valor expectável dos danos ou risco. Exemplo:

- ("Event tree analysis")

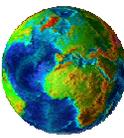
$$P_{RB} = \sum_i P(E_i) \left[ \sum_j (\prod_k P(F_{jk})) \right] \text{ em que,}$$

$P(E_i)$  = probabilidade de ocorrência de cada evento  $i$ ;

$P(F_{jk})$  = probabilidade de ocorrência de cada sub-evento  $k$  ao longo de cada ramo de sub-eventos  $j$  ou,

$$R_{RB} = \sum_i P(E_i) \left[ \sum_j (\prod_k P(F_{jk})) D_j \right] \text{ em que,}$$

$D_j$  = dano correspondente a cada risco de sub-eventos  $j$ .



## Objectivo final

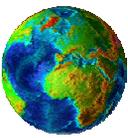
Qualidade, segurança e economia da obra.

## Exige

Custos adicionais no projecto e Tempo adicional para a execução da obra

## Constatações

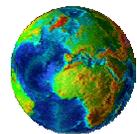
- O estudo dos dados geológicos e os trabalhos de prospecção geológica, quando devidamente dimensionados são menos dispendiosos que os **prejuízos causados nas obras em que os mesmos são ignorados**;
- **Três vezes em cada quatro**, as condições geotécnicas existentes são influenciadas pela presença da **água**;
- É preciso ter sempre em consideração o tipo de **argilas** presentes e do seu comportamento em função do tempo;
- As possíveis perturbações causadas pelos **fenómenos sísmicos** podem arruinar as obras, se tal possibilidade não for tida em consideração.



## Obras que podem exigir estudos geotécnicos

- ▶ Vias de comunicação, aeródromos, pontes e viadutos
- ▶ Planeamento regional e urbano
- ▶ Aproveitamentos hidráulicos
- ▶ Captação de águas e condutas de líquidos e gases
- ▶ Trabalhos fluviais e marítimos
- ▶ Protecção do ambiente

**Natureza da rochas. Estado de alteração. Estado de fracturação. Estado de tensão. Estruturas. Riscos geológicos. Condicionais locais.**



## Obras e actividades que podem exigir estudos geológicos

- ▶ Localização, exploração e aproveitamento de matérias primas – Polos de desenvolvimento regional
- ▶ Localização de aquíferos para abastecimento público
- ▶ Localização de empreendimentos e de estruturas sem pôr em causa a segurança e o aproveitamento dos restantes recursos
- ▶ Localização de aterros sanitários e de actividades “sensíveis”

**Natureza da rochas. Recursos. Estruturas.  
Riscos geológicos. Condicionanismos locais.**

# Ingeniería Geológica



PEARSON  
Prentice  
Hall

Coordinador:  
Luis I. González de Vallejo

Ref. Principal desta apresentação