

# Fenòmens geològics que generen risc

Pere Buxó


Àrea de Geotècnia i Prevenció de Riscos Geològics



**ICGC**  
Institut  
Cartogràfic i Geològic  
de Catalunya



**Generalitat  
de Catalunya**

An aerial photograph of a mountain valley. In the foreground, a large, grey, rocky debris fan slopes down from the right towards a river valley. The river valley is green and contains a small town. In the background, high, rugged mountains are covered in snow and glaciers. The sky is clear and blue.

**L'increment de població i el desenvolupament estan incrementant la nostra exposició als moviments del terreny. El canvi climàtic està canviant els patrons de risc**

# El terreny, és estable?

Dissolució de capes inferiors del terreny



Besalú 1995, carrer Ginesta

Destrucció d'infraestructures i edificis

Caiguda de roques



© ICGC, Artesa de Segre 2009

Interrupció comunicacions



Vides en risc

Canvis en les forces internes del terreny degut a l'aigua o terratrèmols

# Tots els moviments del terreny generen el mateix risc?

## Relativament segur

- Possible evacuació
- Danys en edificis poden ser perillosos



Risc induït per moviment del terreny

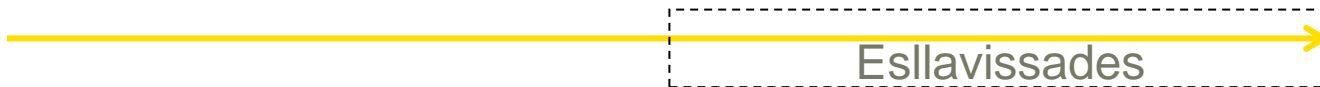


Velocitat + Força d'impacte



## Perillós

- Evacuació sovint no és possible
- Altes forces d'impacte danyen edificis i poden ferir/matar persones



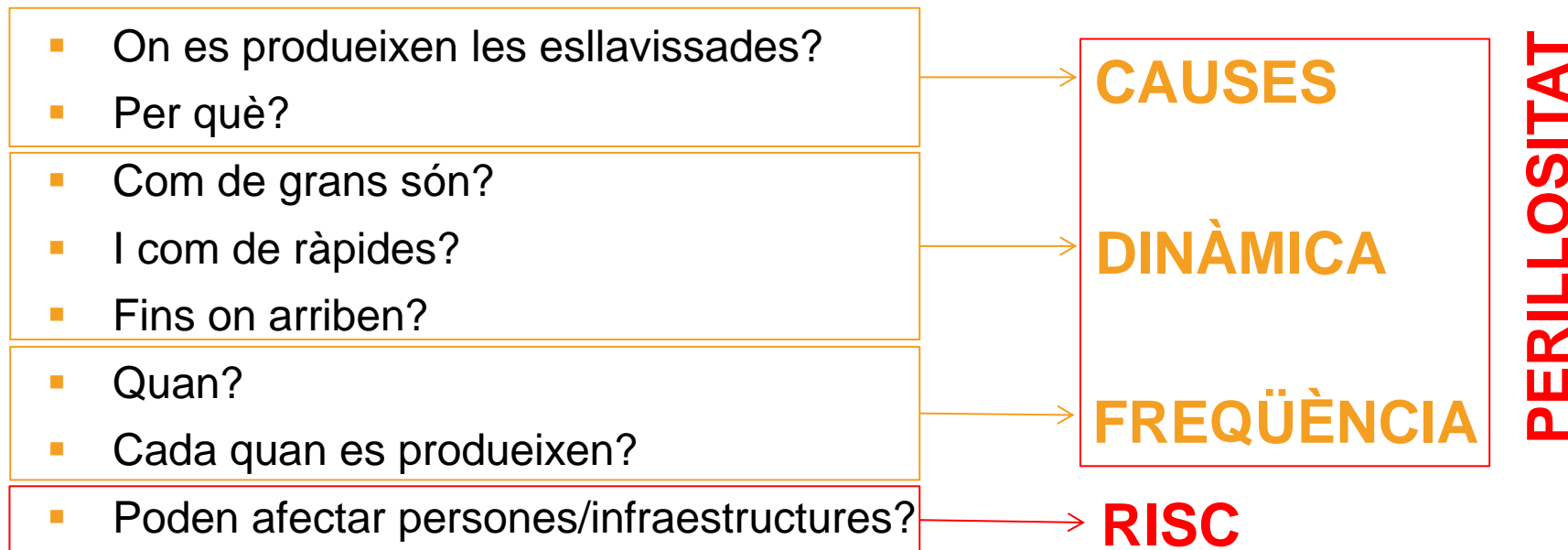
## Què és una esllavissada?

- Un moviment d'una massa rocosa, de terra o d'arrossegalls, pendent avall d'un talús o vessant.
- Els factors (naturals) que les desencadenen són: **pluges**, **terratrèmols**, **fusió de neu** o **permafrost**



©NASA's Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab

## Les GRANS preguntes...



### Avaluació de la perillositat/risc

Millora de la planificació  
urbanística (Prevenció)

Mitigació del risc  
(Prevenció/Protecció)

# Quins tipus d'esllavissades hi ha?

- Depenent de:
  - Litologia (tipus de roca/sòl)
  - Morfologia terreny (pendent, discontinuïtats, ...)
  - Factor desencadenant



(IGC, 2008)

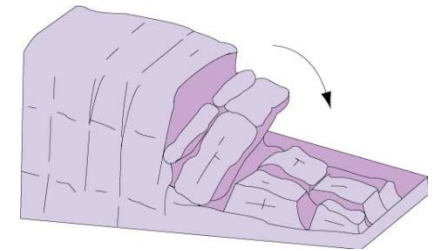
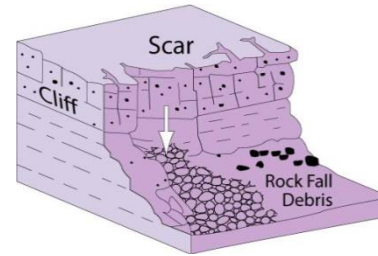
## Tipus de material

## Mecanisme

Material	ROCK	DEBRIS	EARTH
<b>FALLS</b>	Rock fall 	Debris fall Scree Debris cone 	Earth fall Scar Colluvium Debris cone 
<b>TOPPLES</b>	Rock topple 	Debris topple Debris cone 	Earth topple Cracks Debris cone 
<b>SLIDES</b>	Single rotational slide (slump) Failure surface 	Crown Scarp Head Minor Scarp Failure surface Multiple rotational slide 	Successive rotational slides 
	Rock slide 	Debris slide 	Earth slide 
<b>SPREADS</b>	Normal sub-horizontal structure Clay shale Gully Camber slope Dip and fault structure (planned off by erosion) Thinning of beds Plane of décollement Competent substratum 	Valley bulge structure (planned off by erosion) e.g. cambering and valley bulging 	Earth spread 
<b>FLOWS</b>	Solifluction flows (Periglacial debris flows) 	Debris flow 	Earth flow (mud flow) 
<b>COMPLEX</b>	e.g. Slump-earthflow with rockfall debris 	e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe 	

© BGS

# Caigudes de roques: Causes



*Despreniment (Índia, 2018)*

© Pushendra Kumar



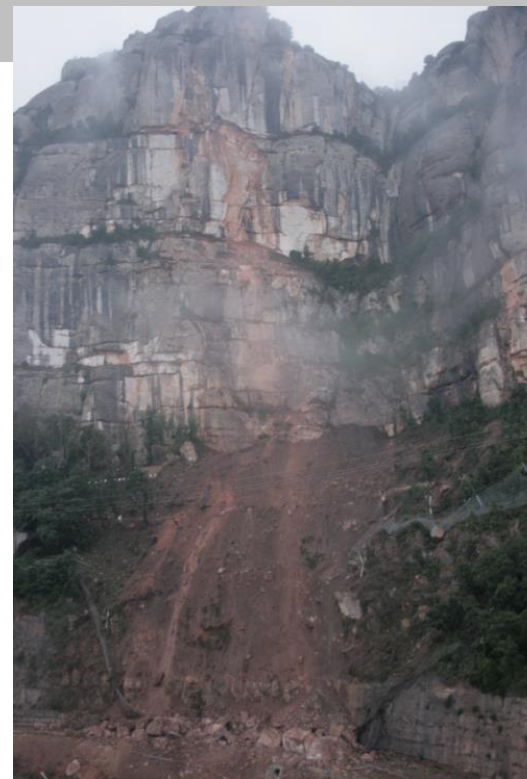
*Bolcada (Xina, 2014)*

© euronews

- Propagació discontinuïtat causes diverses
- Pèrdua estabilitat zona baixa de la massa inestable



## Caigudes de roques: Indicadors



© UPC

- Discontinuitats/Esquerdes obertes
- Evidències de despreniments passats
- Blocs roca en zones susceptibles a erosió

# Caigudes de roques: Dinàmica

- Velocitat alta

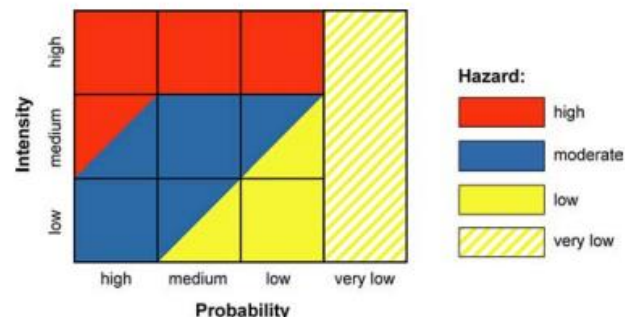
- Determina la **intensitat** d'una caiguda de roques:

**Volum → Energia cinètica → Força d'impacte**

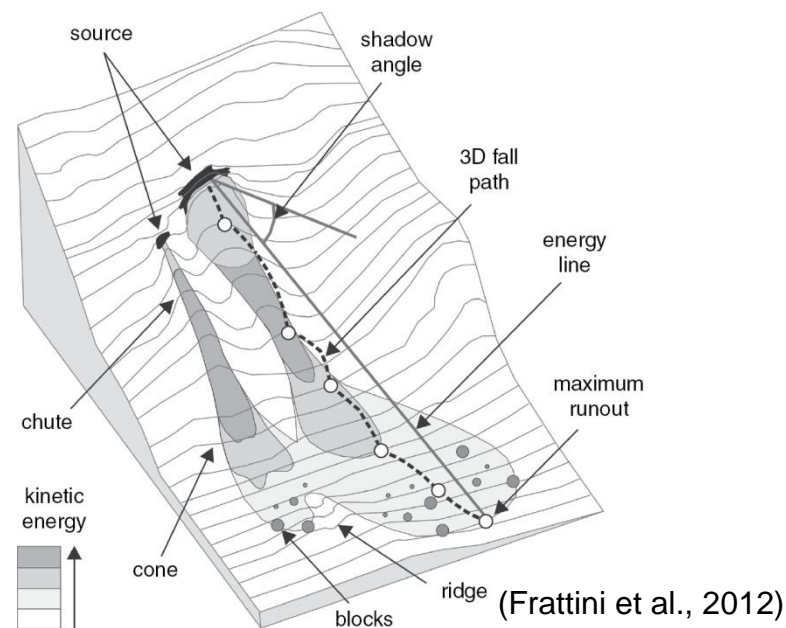
- Energia < 30 kJ → Intensitat baixa
- 30 kJ < Energia < 300 kJ → Intensitat mitja
- > 300 kJ → Intensitat alta

- Incerteses:

- Rebots/trajectòria
- Fracturació



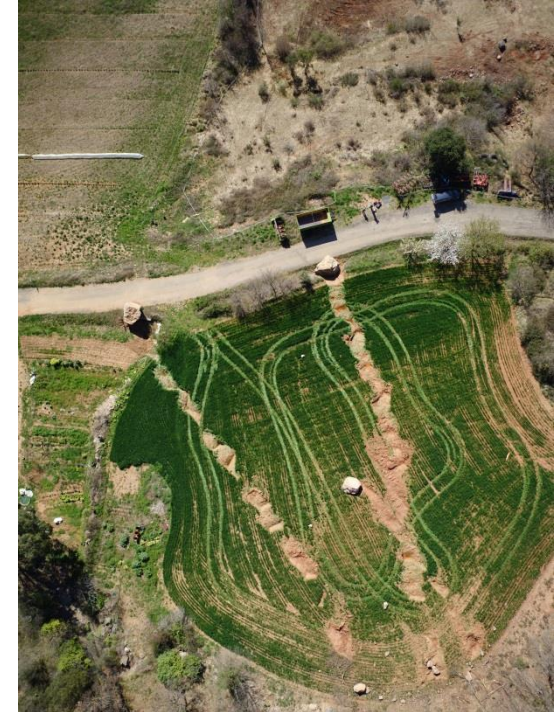
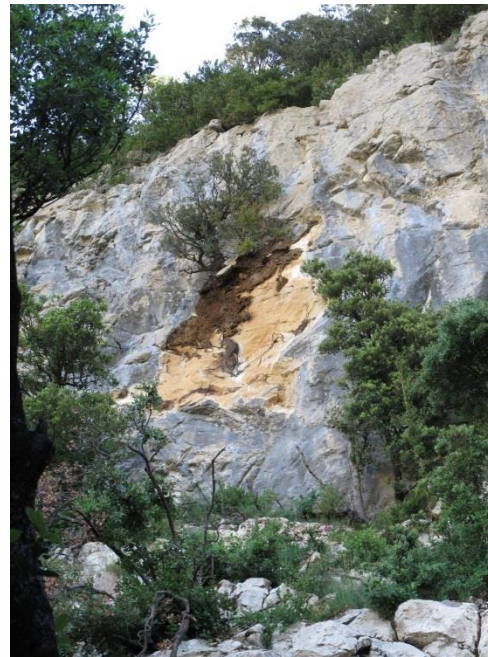
(Lateltin et al., 2005)



(Frattoni et al., 2012)

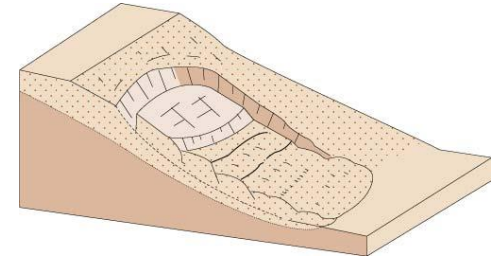
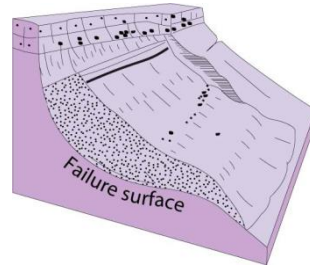
# Caiguda de roques: Observacions

- Zona sortida bloc
- Trajectòria
- Rebots
- Dimensions



© UPC

## Lliscaments: Causes



- Massa que es trenca i es mou vessant avall sobre una superfície
- Característiques geotècniques/estructurals favorables + Factor desencadenant
- Pèrdua de resistència degut al factor desencadenant (ex. sòls: augment pressió intersticial)



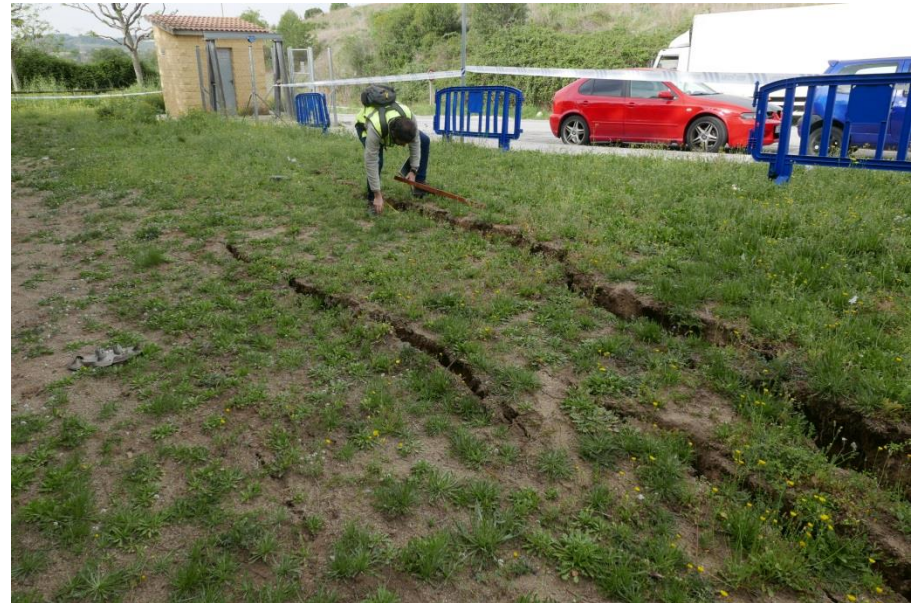
© The Weather Network

## Lliscaments: Indicadors

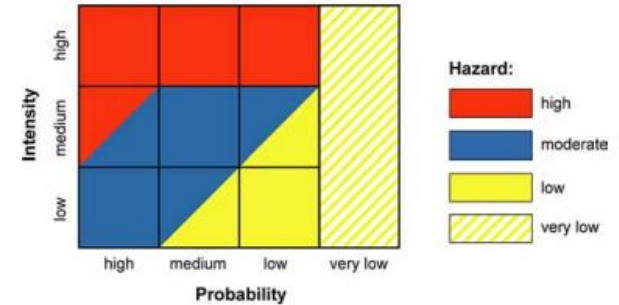
- Esquerdes en el terreny
- Arbres inclinats
- Morfologia del terreny → antics lliscaments



© SA Geography - MySchoolStuff



# Lliscaments: Dinàmica



- Determina la intensitat d'un lliscament: Velocitat
  - Velocitat < 2 cm/any → intensitat baixa
  - Velocitat: dm/any → intensitat mitja
  - Velocitat > 1 dm/dia → intensitat alta
  
- Problemàtica associada
  - Mecanismes/comportaments molt diversos (sòlid/flux)
  - Canvis de velocitat difícils de predir



## Lliscaments: Observacions

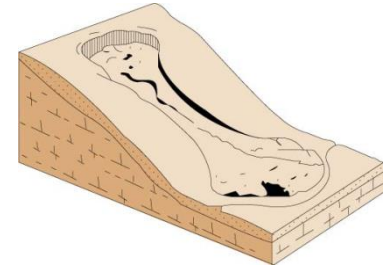
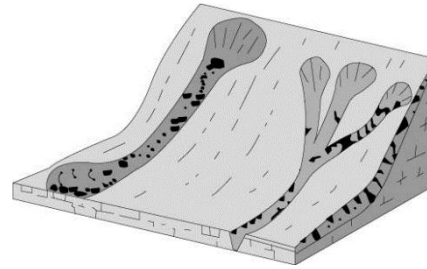
- Cicatrius= zona inici esllavissada
- Dipòsits de material movilitzat
- Distància recorreguda



© viurealspirineus.cat



# Fluxos torrencials: Causes



- Fluxos d'aigua amb grans quantitats de material sòlid (>50%)
- Iniciats com un lliscament o com una torrentada que va mobilitzant cada vegada més sediment
- Produïts degut a pluges intenses



© UPC



Phillips &amp; Davies, 1991

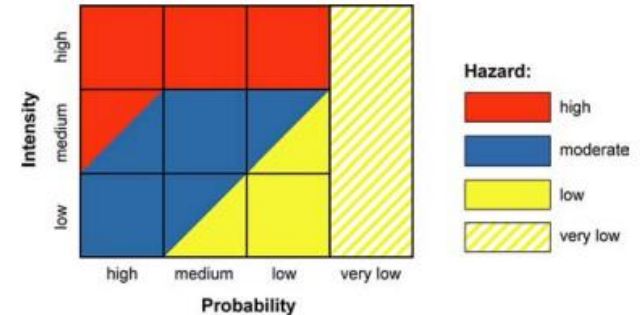


## Fluxos torrencials: Indicadors

- Material disponible per ser transportat+Pendent
- Dipòsits d'antics fluxos
- Zones canalitzades

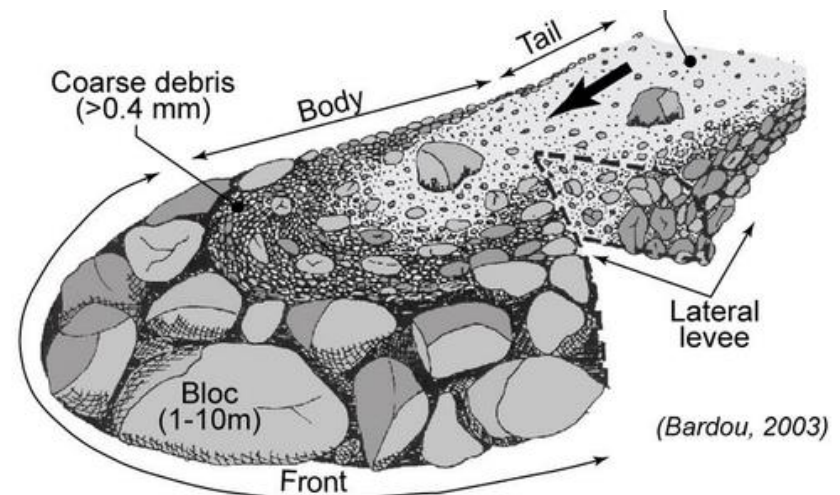


## Fluxos torrencials: Dinàmica



- Velocitats altes! (fins a 20 km/h)
- Forces d'impacte molt elevades
- Determina la intensitat: velocitat i alçada del front del flux

- Problemàtica associada:
  - Mecanisme molt complex (fluid viscós)
  - Poden moure's distàncies molt llargues
  - Poden arribar a zones planes



## Fluxos torrencials: Què podem observar?

- Volum material movilitzat
- Aigua+material sòlid (aspecte viscos) o material sòlid
- Zona d'inici + zona trajecte (canalitzada) + zona dipòsit



## Fenòmens induïts per l'home

- Degut al desenvolupament → factors condicionants de moviments del terreny alterats



© Jorge Moto

## Mitigació risc

- Mitigació del risc com a acció preventiva (abans que comenci el moviment de massa)



©Geobrugg



©Geobrugg

- Mitigació del risc com a resposta (una vegada el moviment de massa s'ha iniciat)

- Sistemes d'alerta i alarma

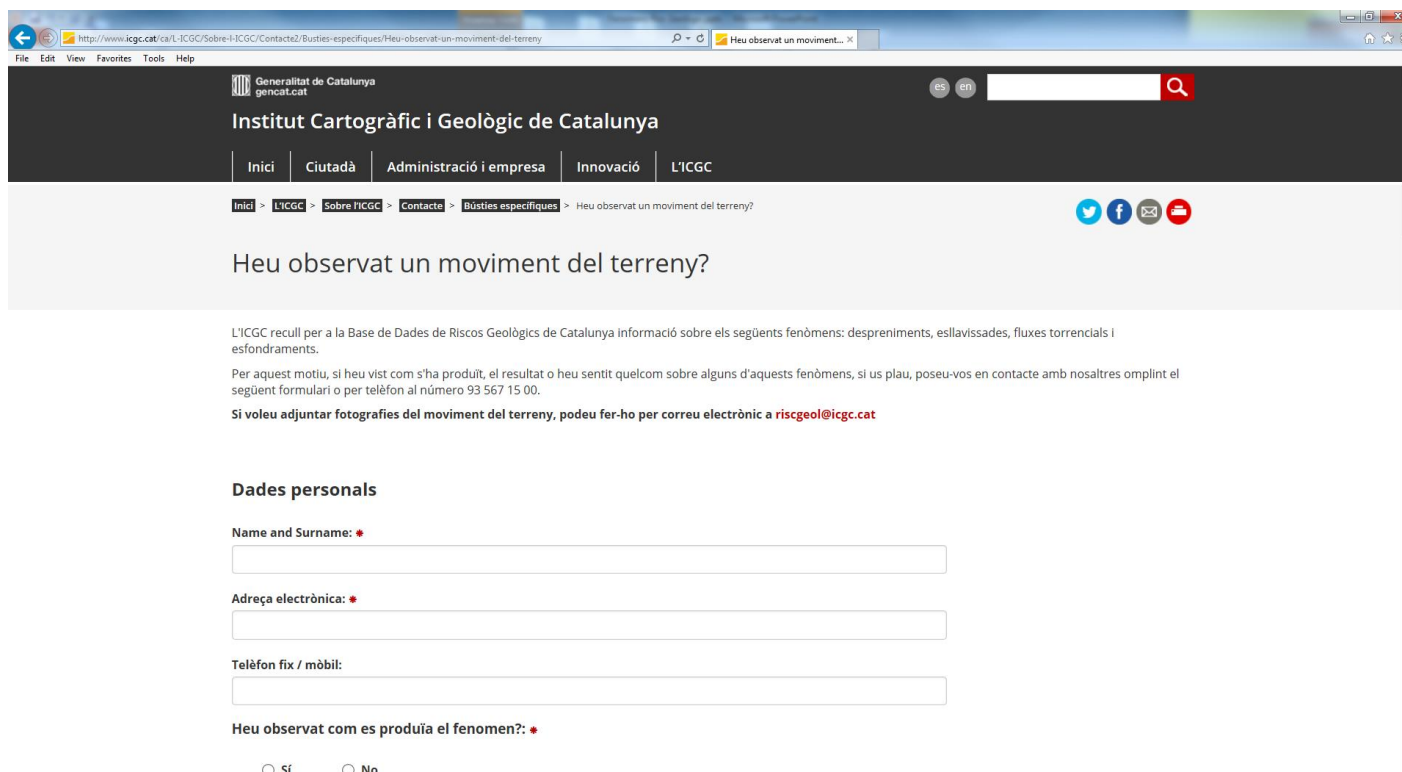


©bluewin.ch

# Col·laboració?

- Heu observat un moviment del terreny?

<http://www.icgc.cat/ca/L-ICGC/Sobre-l-ICGC/Contacte2/Busties-especificques/Heu-observat-un-moviment-del-terreny> Google: “Heu observat un moviment del terreny?”



The screenshot shows a web browser window displaying the ICGC website. The page title is "Heu observat un moviment del terreny?". The website header includes the logo of the Generalitat de Catalunya and the text "Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya". The navigation menu includes "Inici", "Ciutadà", "Administració i empresa", "Innovació", and "L'ICGC". The breadcrumb trail is "Inici > L'ICGC > Sobre l'ICGC > Contacte > Busties específiques > Heu observat un moviment del terreny?". The main content area contains the following text:

L'ICGC recull per a la Base de Dades de Riscos Geològics de Catalunya informació sobre els següents fenòmens: despreniments, esllavissades, fluxes torrencials i esfondraments.

Per aquest motiu, si heu vist com s'ha produït, el resultat o heu sentit quelcom sobre alguns d'aquests fenòmens, si us plau, poseu-vos en contacte amb nosaltres omplint el següent formulari o per telèfon al número 93 567 15 00.

Si voleu adjuntar fotografies del moviment del terreny, podeu fer-ho per correu electrònic a [riscgeol@icgc.cat](mailto:riscgeol@icgc.cat)

**Dades personals**

Name and Surname: \*

Adreça electrònica: \*

Telèfon fix / mòbil:

Heu observat com es produïa el fenomen?: \*

Sí  No

# Referències

- Frattini, P., Crosta, G., & Agliardi, F. (2012). Rockfall characterization and modeling. In J. Clague & D. Stead (Eds.), *Landslides: Types, Mechanisms and Modeling* (pp. 267-281). Cambridge: Cambridge University Press.  
doi:10.1017/CBO9780511740367.023
- Lateltin, O., Haemming, C., Raetzo, H., Bonnard, C. (2005) Landslide risk management in Switzerland. *Landslide*, 2: 313-320
- Phillips, C. J. and Davies, T. R. H. (1991): Determining rheological parameters of debris flow material, *Geomorphology*, 4, 101–110
- Bardou, E. (2003): Methodologie de diagnostic des laves torrentiels sur un bassin versant, Ecole Polytechnique de Lausanne, these doctorale, 188 pp.(in French).

**Moltes gràcies!**

**Institut Cartogràfic i Geològic  
de Catalunya**

Parc de Montjuïc,  
E-08038 Barcelona

41°22'12" N, 2°09'20" E (ETRS89)

 [www.icgc.cat](http://www.icgc.cat)

 [icgc@icgc.cat](mailto:icgc@icgc.cat)

 [twitter.com/ICGCat](https://twitter.com/ICGCat)

 [facebook.com/ICGCat](https://facebook.com/ICGCat)

Tel. (+34) 93 567 15 00

Fax (+34) 93 567 15 67

