

**PROJECCIÓ DEL RISC
ASSOCIAT A LES
ESLLAVISSADES
A CATALUNYA I EINES PER A
LA SEVA PREVENCIÓ**

PERE BUXÓ I JOAN PALAU^{*}
*Institut Cartogràfic i Geològic de
Catalunya*

INTRODUCCIÓ

Una de les conseqüències del pas del temporal *Gloria* a Catalunya ha estat el desencadenament d'un nombre important d'esllavissades. Aquest escenari —temporal més desencadenament d'esllavissades vinculades— s'ha repetit diverses vegades els darrers anys. Els danys i incidències ocasionats durant aquests episodis plantegen un seguit de qüestions: és de preveure que els propers anys es produeixi un augment del risc degut a les esllavissades? L'increment del risc està vinculat al canvi climàtic o hi ha altres factors que hi contribueixen? I, finalment, com s'ha de prevenir i tractar aquest risc d'acord amb les necessitats i els estàndards de seguretat que demana la societat actual?

El terme *esllavissada* té diferents accepcions. En aquest text l'utilitzarem en el seu sentit més ampli, que el defineix com «un fenomen erosiu massiu que actua en vessants naturals o excavats i que consisteix en el moviment d'una massa de roca, d'esbaldregalls o de terra vessant avall sota la influència de la gravetat» (Cruden i Varnes, 1996; Hungr *et al.*, 2014). Inclou, per tant, caigudes de roques, corrents d'arrossegalls i lliscaments superficials i profunds.

El risc (R) es pot definir com una funció que avalua la probabilitat que es produeixi algun fet negatiu d'una certa severitat (per exemple, que les pèrdues econòmiques anuals superin un cert llindar o que es produeixin pèrdues de vides humanes). El risc generat per les esllavissades s'acostuma a calcular d'acord amb la fórmula de Varnes (1984): $R = P \times (E \times V)$, on la *P* (*Perillositat*) és una funció de probabilitat lligada a la magnitud i freqüència amb què es donen les esllavissades, mentre que l'*E* (*Exposició*) i la *V* (*Vulnerabilitat*) fan referència als elements afectats (persones o béns) i es relacionen amb les conseqüències del fenomen.

^{*} *E-mails dels autors pel mateix ordre en què se citen: Pere.Buxo@icgc.cat;
Joan.Palau@icgc.cat*

Per analitzar com pot evolucionar els propers anys el risc associat a les esllavissades a Catalunya examinarem abans el primer terme de la equació, la perillositat i, seguidament, el segon terme, l'exposició i la vulnerabilitat. Finalment descriurem les eines per a prevenir i mitigar el risc d'acord amb les demandes socials.

EVOLUCIÓ DE LA PERILLOSITAT EN RELACIÓ AMB EL CANVI CLIMÀTIC

La magnitud i la freqüència de les esllavissades en un àmbit geogràfic determinat depenen de la susceptibilitat, o propensió del terreny a esllavissar-se, juntament amb la recurrència en què es donen els processos que les desencadenen, com ara precipitacions intenses, acció gel-desgel, terratrèmols o determinades actuacions antròpiques. Els factors geològics, les propietats mecàniques del terreny, els factors del relleu i climàtics determinen la susceptibilitat d'un territori per a generar esllavissades, així com la seva propagació. Cal afegir-hi els usos del sòl que poden alterar la susceptibilitat a escala local, modificar els pendents o provocar canvis en els patrons d'erosió, com ara les obres públiques o les pràctiques agràries. El resultat és que la distribució de la susceptibilitat del terreny a esllavissar-se és desigual. A Catalunya, les zones més susceptibles es localitzen majoritàriament a les àrees muntanyoses, als Pirineus i a les serralades costaneres (RISKCAT, 2008; Palau *et al.*, 2020).

D'altra banda, i simplificant, la magnitud d'una esllavissada ve determinada pel volum de material que mobilitza. En aquest sentit, les esllavissades es classifiquen semiquantitativament en tres grups: petites, mitjanes i grans. Les esllavissades grans, que involucren volums superiors al milió de metres cúbics, responen a mecanismes generadors propis i específics de cadascuna d'elles, com la disposició dels estrats i les juntes del massís rocós, els esdeveniments sísmics o la resposta a canvis extrems en les condicions ambientals (Corominas, 2000). D'altra banda, les esllavissades mitjanes i petites, que són força més abundants, responen a mecanismes comuns i usualment són activades per fenòmens meteorològics, com ara precipitacions intenses o prolongades, o com a resposta a l'acció del gel, entre d'altres.

Els inventaris d'esllavissades, com el LLISCAT (ICGC, 2020b), són eines fonamentals per a conèixer la seva ocurrència en un territori. Malgrat tot, solen ser únicament parcials. D'una banda, recullen esdeveniments de mida mitjana i gran, obviant sovint els de baixa magnitud. De l'altra, les esllavissades que queden enregistrades són les relacionades amb incidències en zones freqüentades, mentre que les que es produeixen en zones aïllades passen més desapercebudes, sobretot les de mida petita. No es disposa tampoc d'un registre sistemàtic que vagi gaire més enrere dels anys vuitanta del segle xx. Per tot això és difícil emprar

els inventaris per a establir una determinació quantitativa sobre les tendències relacionades amb el canvi climàtic i l'activitat d'esllavissades, ja sigui en la seva freqüència o en l'evolució de la seva tipologia. Cal inferir, doncs, la relació entre la variació dels patrons climàtics i l'esmentada evolució de les esllavissades a partir de criteris heurístics.

Hi ha un ampli consens en el sentit que durant les properes dècades i, molt probablement, cap a finals del segle, el canvi dels patrons climàtics comportarà un augment de les temperatures. La tendència prevista pels models climàtics és clara, si bé els detalls de les projeccions varien segons els escenaris d'emissió de gasos d'efecte hivernacle (Masson-Delmotte *et al.*, 2019; Pörtner *et al.*, 2019). Hi ha, també, un cert consens en el fet que la quantitat total de precipitació pot disminuir i que es pot produir un increment d'episodis de sequera prolongats i, amb menys certesa, de temporals amb precipitacions intenses (Calbó *et al.*, 2016; Llasat *et al.*, 2016).¹

Tot i les incerteses descrites en els paràgrafs anteriors, es pot extrapolar que si els patrons de canvi climàtic avancen en la direcció expressada, al llarg de les properes dècades es produirà un increment en el nombre d'esllavissades petites i mitjanes en relació amb l'increment d'episodis extrems. Per contra, sembla poc probable que dins del rang de les prediccions previstes per al canvi climàtic es produeixin modificacions significatives en els patrons de comportament de les grans esllavissades, per bé que es puguin generar reactivacions (Corominas, 2005).

EVOLUCIÓ DE LA VULNERABILITAT I L'EXPOSICIÓ

Com s'ha explicat anteriorment, per al càlcul del risc és necessari valorar els factors d'exposició i de vulnerabilitat. En aquest apartat es revisen els factors d'exposició en termes d'ús urbanístic (residencial i industrial), mobilitat i accés a espais de natura en activitats de lleure.

No es tenen dades fiables del cost anual associat a les esllavissades a Catalunya. Això és en part perquè en la seva gestió intervenen diferents organismes (gestors d'infraestructures, gestors del medi rural i natural, i diverses administracions públiques en diferents nivells) i també perquè els efectes de les esllavissades sovint queden emmascarats o comptabilitzats en els de les inundacions.

Si bé és cert que els principals problemes que provoquen les esllavissades deriven dels danys materials que ocasionen en infraestructures o edificis, també es produeixen danys a persones. L'ICGC porta un registre de les esllavissades que han comportat pèrdues de vides humanes a Catalunya — 33 persones entre

1. Vegeu també Javier Martín-Vide, «Precipitacions torrencials a Catalunya: el temporal Gloria i perspectives de futur», en aquest volum.

els anys 1970 i 2020—, categoritzades per activitats i magnitud (Fig. 1). D'aquest registre es desprèn que les esllavissades amb conseqüències mortals s'han produït principalment durant activitats de mobilitat i, secundàriament i amb una proporció força similar, en activitats de lleure i residencials. També es constata que la major part d'aquestes esllavissades han estat de mida petita i mitjana.

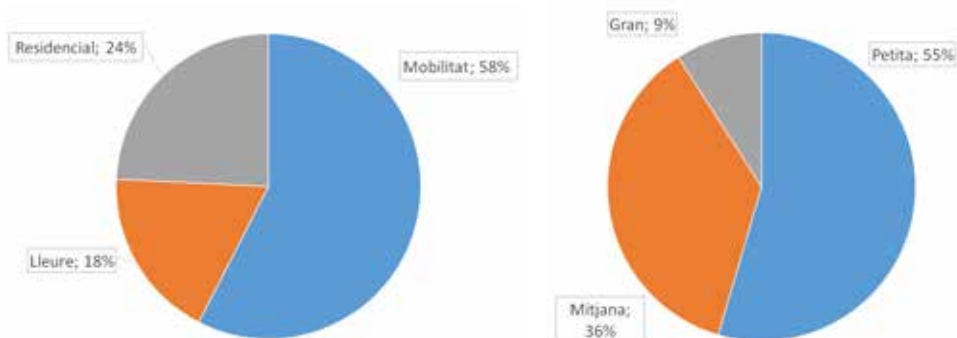


FIGURA 1. Distribució de les esllavissades amb conseqüències mortals a Catalunya entre 1970 i 2020, per activitats (esquerra) i per mida (dreta) (d'ICGC).

Pel que fa al probable increment del risc degut a factors urbanístics, cal tenir en compte que l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT) indica que els propers anys la població resident a les zones de major susceptibilitat decreixerà o tendirà a estabilitzar-se (Fig. 2) (IDESCAT, 2014). En l'actualitat, el 81,2% de la població catalana resideix en àmbits urbans de més de deu mil habitants (Pujadas-Rúbies i Bayona, 2016) i aquesta proporció es va incrementant. La disminució de la població resident a les zones més susceptibles, especialment les parts del territori orogràficament més accidentades, sembla que hauria de comportar una tendència a disminuir l'exposició i, per tant, el risc. Tanmateix, hi ha altres factors que operen en sentit contrari: l'increment de les segones residències i de les instal·lacions turístiques, l'augment de la mobilitat dels residents mateixos i, especialment, la relacionada amb el turisme.

La mobilitat destaca com un dels factors d'exposició al risc més importants. La mobilitat inclou el conjunt de desplaçaments que realitzen les persones residents i foranes dins d'un àmbit territorial determinat. A Catalunya, la mobilitat entre municipis es realitza essencialment amb vehicle privat, per carretera i, secundàriament, per transport ferroviari, tot i que aquest darrer es concentra a les àrees metropolitanes. En la mobilitat de cap de setmana tenen un pes important els desplaçaments relacionats amb les segones residències i per motius de lleure (ATM, 2006).

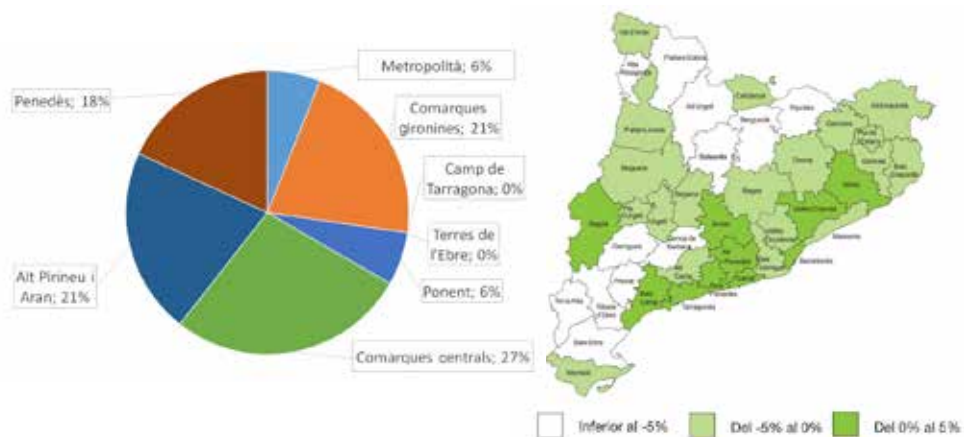


FIGURA 2. Distribució de les esllavissades amb conseqüències mortals a Catalunya, per regions d'emergències (esquerra) (d'ICGC), i percentatge de creixement esperat de la població a Catalunya en el període 2013-2051 per comarques (dreta) (IDESCAT, 2014).

Les darreres dècades s'ha produït un increment de l'ús d'espais de natura per a activitats de lleure en entorns susceptibles de generar esllavissades. L'anuari de la Federació d'Entitats Excursionistes de Catalunya (FEEC) indica que el nombre de llicències federatives s'ha incrementat en pràcticament 30.000 en el període comprès entre els anys 1998 i 2018 (FEEC, 2019). És significativa la dada de 44 víctimes mortals per allaus de neu entre les temporades 1986-1987 i 2019-2020, la gran majoria mentre practicava esports de muntanya (ICGC, 2020a).

EL RISC I LA SEVA PREVENCIÓ

Durant els darrers decennis, tant en l'àmbit nacional com en l'internacional, hi ha hagut una progressiva conscienciació dels agents públics sobre la necessitat d'una gestió preventiva dels riscos naturals, la qual culminà amb la posada en marxa l'any 2000 per part de l'Organització de les Nacions Unides (ONU) de l'Estratègia Internacional per a la Reducció de Desastres (UNISDR) (UNDRR, 1994) i, posteriorment, l'any 2015, del Marc de Sendai per a la Reducció del Risc de Desastres (UNISDR, 2015). D'aquestes iniciatives deriva el convenciment que la forma més sostenible de gestió dels riscos geològics és la prevenció, mitjançant la minimització de l'exposició. Mentre que el factor de perillositat només es pot reduir de forma local tot incidint en mesures mitigadores actives i de gestió, i la vulnerabilitat només es pot reduir adoptant dissenys que dotin d'una millor resistència els elements afectats —un fet que sovint no és viable o té efectes

molt limitats—, l'exposició es pot reduir en modificar els patrons d'ocupació del territori i els comportaments socials a partir de la gestió del risc mitjançant l'activació de plans d'emergència i de conscienciació.

Tenint en compte totes les dades i les premisses exposades anteriorment, una política de prevenció del risc d'esllavissades s'ha de basar en els vectors següents: a) la planificació urbanística; b) la millora de la gestió del risc en indrets d'alta exposició; c) la millora en la gestió d'actius de protecció en infraestructures viàries, i d), la capacitat per a preveure l'emergència, i la conscienciació social. Totes elles han de contribuir a donar resposta a la demanda social de més garanties de seguretat.

Planificació urbanística

Per a la reducció del risc en la planificació i l'ordenació del territori ha estat un avenç molt important la inclusió en el Reglament de la Llei d'urbanisme de Catalunya (DPTOP, 2006) i en la Llei d'urbanisme de Catalunya (Departament de la Presidència, 2010) de la directriu de preservació dels espais urbanístics sotmesos a riscos naturals o tecnològics que afectin el benestar i la seguretat de les persones. D'aquestes normatives deriva l'obligatorietat d'incorporar estudis de riscos geològics en els instruments de planejament. Aquesta indicació s'ha concretat en el requisit d'elaboració del Estudi d'Identificació de Riscos Geològics (EIRG) i en la guia tècnica que fixa i estandarditza els continguts d'aquests estudis (ICGC, 2017).

Millora de la gestió del risc en indrets d'alta exposició

La reducció del cost dels sensors i de les telecomunicacions permet monitoritzar les esllavissades en temps real d'una forma progressivament més àmplia, tot i emprant tècniques de teledetecció i instrumentació de contacte. El seguiment i la monitorització dels moviments del terreny ofereixen aplicacions molt interessants per a la detecció de desplaçaments que puguin ser precursors d'inestabilitats properes al desencadenament d'esllavissades. Això permet implementar sistemes d'alerta primerenca que han d'associar-se a plans específics d'actuació (Janeras *et al.*, 2016, 2018). En aquest camp, equips catalans han fet interessants desenvolupaments i aplicacions, com ara Abellán *et al.* (2010), Blanch *et al.* (2019), Hürliman *et al.* (2014), Janeras *et al.* (2018) i Núñez *et al.* (2019), entre d'altres.

Millora en la gestió d'actius de protecció en infraestructures de mobilitat

Actuar proactivament per a millorar la seguretat de les xarxes de transport amb l'adequació de les mesures de mitigació adients en cada cas és un pilar bàsic per a garantir una mobilitat segura. En aquests casos, la reducció efectiva del risc requereix una combinació d'esforços de mitigació i estratègies d'adaptació que actuen en diferents escales temporals i geogràfiques, i l'adopció de mesures estructurals i no estructurals.

L'adopció de metodologies d'avaluació quantitativa de riscos (QRA) pot proporcionar una base racional per a conceptualitzar el risc d'esllavissades, desenvolupar criteris d'acceptabilitat de riscos, realitzar anàlisis de cost-benefici i avaluar diferents mesures de gestió i mitigació de riscos d'esllavissades (Janeras *et al.*, 2009; Budetta *et al.*, 2016; Corominas *et al.*, 2018). L'adopció de programes de gestió d'actius geotècnics permet al gestor de les infraestructures establir els plans d'inversió proactivament en funció del nivell de risc i del cicle de vida dels actius (NASEM, 2019). A Catalunya, tant Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya com la Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat de la Generalitat de Catalunya han adoptat esquemes de gestió d'actius geotècnics basats en el risc (Paniagua i Álvarez, 2017; Santana *et al.*, 2017).

Capacitat per a preveure l'emergència i conscienciació social

Els sistemes de predicció regionals són una mesura de defensa no estructural que pot reduir de manera significativa el risc per esllavissades, en la mesura en què permeten emetre avisos a la població i associar-se a plans d'emergència. Aquests sistemes requereixen desenvolupar i implementar mecanismes de predicció i alerta basats en el seguiment i la monitorització dels elements desencadenants, essencialment les precipitacions, i també permeten alertar sobre els punts del territori on és més probable que es produeixin incidències. En aquest sentit, el desescalament de serveis provinents d'observacions satel·litàries, i la millora del processament de les dades, permetrà enllaçar les previsions meteorològiques amb els punts més propensos a patir esllavissades davant de la previsió de pluges intenses a 24 i 48 h i també en temps real a partir de dades de radars meteorològics (Guzzetti *et al.*, 2019). Actualment, a escala europea destaquen els serveis geològics noruec i del Piemont, els quals ofereixen un butlletí setmanal regionalitzat de les previsions d'incidències (Krøgli *et al.*, 2018; Tiranti *et al.*, 2018). A Catalunya s'estan realitzant avenços en el camp dels corrents d'arrossegalls i els lliscaments superficials (Palau *et al.*, 2018).

CONCLUSIONS

Les darreres dècades la major part de les incidències per esllavissades a Catalunya han estat causades per esllavissades petites i mitjanes en activitats de mobilitat. Aquestes esllavissades s'han produït majoritàriament vinculades a episodis de pluges intenses o persistents.

Es pot esperar, tot i la incertesa en les projeccions de l'evolució futura dels patrons de precipitació a causa del canvi climàtic a Catalunya, que el risc degut a esllavissades tendirà a incrementar-se, lligat a una major freqüència d'episodis de pluges intenses. Molt probablement es tractarà d'esllavissades de mida petita i mitjana i la seva incidència més notable serà sobre la mobilitat i, de manera secundària, en zones residencials.

La planificació urbanística, la millora de la gestió d'actius de protecció en infraestructures viàries, la monitorització i la predicció regionalitzada de quan i on es poden produir esllavissades, la capacitat per a atendre l'emergència i la conscienciació social són eines bàsiques per a reduir el risc. Aquestes eines, les quals són ja essencials per a respondre a les garanties de seguretat que la societat requereix en les condicions actuals, ho seran encara més per a adoptar polítiques d'adaptabilitat i encarar satisfactòriament els reptes que es plantejaran en les properes dècades com a conseqüència del canvi climàtic, dels nous patrons de mobilitat i de les majors exigències de la societat quant al grau de seguretat.

BIBLIOGRAFIA

- ABELLÁN, A.; CALVET, J.; VILAPLANA, J.M., i BLANCHARD, J. (2010). «Detection and spatial prediction of rockfalls by means of terrestrial laser scanner monitoring». *Geomorphology*. Vol. 119, p. 162-171. Doi: 10.1016/j.geomorph.2010.03.016.
- ATM (2006). *Enquesta de Mobilitat Quotidiana de Catalunya, EMQ 2006 - Principals resultats*. Generalitat de Catalunya, Departament d'Obres Públiques - Institut d'Estadística de Catalunya - Institut d'Estudis Regionals Metropolitans de Barcelona - Autoritat del Transport Metropolità.
- BLANCH, X.; ABELLÁN, A., i GUINAU, M. (2019). «Rockfall monitoring at a high-temporal rate using cost-effective photogrammetric systems». *Geophysical Research Abstracts*, núm. 21, art. EGU2019-11591-2.
- BUDETTA, P.D. L.C.; DE LUCA, C., i NAPPI, M. (2016). «Quantitative rockfall risk assessment for an important road by means of the rockfall risk management (RO. MA.) method». *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 75, núm. 4, p. 1377-1397. Doi: 10.1007/s10064-015-0798-6.

- CALBÓ, J.; GONÇALVES, M.; BARRERA, A.; GARCIA-SERRANO, J.; DOBLAS-REYES, F.; GUERNAS, V.; CUNILLERA, J., i ALTVA, V. (2016). «Projeccions climàtiques i escenaris de futur». A: J. MARTÍN-VIDE (coord.): *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. IEC - Generalitat de Catalunya, p. 115-133.
- COROMINAS, J. (2000). «Landslides and Climate». A: BROMHEADED, E. N. [ed.]. *VIII International Symposium on Landslides*. Cardiff, Regne Unit: Keynote lectures, CD-ROM.
- COROMINAS, J. (2005). *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Proyecto ECCE: Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático: Riesgo de inestabilidad de laderas, Informe final*, 549 p.
- COROMINAS, J.; MATAS, G., i RUIZ CARULLA, R. (2018). «Quantitative analysis of risk from fragmental rockfalls». *Landslides*. Vol. 16, p. 5-21. Doi: 10.1007/s10346-018-1087-9.
- CRUDEN, D.M. i VARNES, D.J. (1996). «Landslide types and processes». Transportation Research Board, National Academy of Sciences, *Special Report 247*, p. 36-75.
- DEPARTAMENT DE LA PRESIDÈNCIA (2010). «Decret Legislatiu 1/2010, de 3 d'agost, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'urbanisme de Catalunya». *DOGC*, núm. 5686 de data 5 d'agost de 2010.
- DPTOP (2006). «Decret 305/2006, de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'urbanisme». *DOGC*, núm. 4682 de data 24 de juliol de 2006.
- FEEC (2019). *Anuari 2018*. Assemblea General Ordinària, Barcelona, maig de 2019, p. 4.
- GUZZETTI, F.; GARIANO, S.L.; PERUCCACCI, S.; BRUNETTI, M.T.; MARCHESINI, I.; ROSSI, M., i MELILLO, M. (2019). «Geographical landslide early warning systems». *Earth-Science Reviews*. Vol. 200, art. 102973. Doi: 10.1016/j.earscirev.2019.102973.
- HUNGR, O.; LEROUÉIL, S., i PICARELLI, L. (2014). «The Varnes classification of landslide types, an update». *Landslides*. Vol. 11, núm. 2, p. 167-194. Doi: 10.1007/s10346-013-0436-y.
- HÜRLIMANN, M.; ABANCÓ, C.; MOYA, J., i VILAJOSANA, I. (2014). «Results and experiences gathered at the Rebaixader debris-flow monitoring site, Central Pyrenees, Spain». *Landslides*. Vol. 11, núm. 6, p. 939-953. Doi: 10.1007/s10346-013-0452-y.
- ICGC (2017). *Criteris bàsics per la realització de l'Estudi d'Identificació de Riscos Geològics (EIRG)*. Disponible en línia a <<https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Planejament-del-territori-i-urbanisme/Criteris-basics-de-l-Estudi-d-Identificacio-de-Riscos-Geologics>> [Consulta: 15 de maig de 2020].

- ICGC (2020a). *Accidents per allaus. Dades dels accidents més representatius ocorreguts al Pirineu de Catalunya*. Disponible en línia a <<https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Serveis/Perill-d-allaus-i-informacio-nivologica/Sobre-les-allaus/Accidents-per-allaus>> [Consulta: 15 de maig de 2020].
- ICGC (2020b). *LLISCAT: Base de dades d'esllavissades*. Disponible en línia a <<https://icgc.cat/Administracio-i-empresa/Serveis/Riscos-geologics/Base-de-dades-d-esllavissades-LLISCAT>> [Consulta: 15 de maig de 2020].
- IDESCAT (2014). *Projeccions de població 2013-2051, principals resultats*. Generalitat de Catalunya - Institut d'Estadística de Catalunya, 1a edició. Disponible en línia a <<https://www.google.com/search?channel=crow2&client=firefox-b-d&q=Projeccions+de+poblaci%C3%B3+2013-2051%2C+principals+resultats>> [Consulta: 15 de maig de 2020].
- JANERAS, M.; BUXÓ, P.; PARET, D.; COMELLAS, J., i PALAU, J. (2009). «Valoración del riesgo como herramienta de análisis de alternativas de protección frente a desprendimientos de rocas en el Cremallera de Núria». A: ALONSO, E.; COROMINAS, J., i HÜRLIMANN, M. [eds.]. *VII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*, Barcelona.
- JANERAS, M.; GILI, J.A.; GUINAU, M.; VILAPLANA, J.M.; BUXÓ, P., i PALAU, J. (2018). «Lessons learned from Degotalls rock wall monitoring in the Montserrat Massif (Catalonia, NE Spain)». *4th RSS Rock Slope Stability Symposium (RSS-2018) proceedings*. Chambèri (França), 3 p.
- JANERAS, M.; JARA, J.A.; LÓPEZ, F.; MARCÈ, A.; CARBONELL, T., i ELVIRA, A. (2016). «Development of a wireless sensor network for rock mass deformation monitoring in the Montserrat Massif». *3rd RSS International Symposium on Rock Slope Stability*. Lió (França), p. 131-132.
- KRØGLI, I.K.; DEVOI G.; COLLEUILLE, H.; BOJE, S.; SUND M., i ENGEN, I.K. (2018). «The Norwegian forecasting and warning service for rainfall- and snowmelt-induced landslides». *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 18, p. 1427-1450. Doi: 10.5194/nhess-18-1427-2018.
- LLASAT, M.C.; COROMINAS, J.; GARCÍA, C.; QUINTANA, P., i TURCO, M. (2016). «Projeccions climàtiques i escenaris de futur». A: MARTÍN-VIDE, J. [coord.]. *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. IEC - Generalitat de Catalunya, p. 137-160.
- MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P.R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J.B.R.; CHEN, Y.; ZHOU, X.; GOMIS, M. I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M., i WATERFIELD, T. [eds.] (2019). *Global Warming of 1.5°C - An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse*

- gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 616 p.
- NASEM (2019). *Geotechnical Asset Management for Transportation Agencies: Research Overview*. Washington DC: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, The National Academies Press. Vol. 1. Doi: 10.17226/25363.
- NÚÑEZ, M. A.; BULL, F.; PUIG, C.; LANTADA, M.N.; JANERAS, M.; CASANOVA, M., i GILI, J. A. (2019). «Comparison of several geomatic techniques for rockfall monitoring». *JISDM 2019 4th Joint International Symposium on Deformation Monitoring*. Atenes, Grècia: Eugenides Foundation, 15-17 de maig de 2019, Proceedings, p. 1-7.
- PALAU, R.M.; HÜRLIMANN, M.; BERENQUER, M., i SEMPÈRE-TORRES, D. (2018). «A prototype regional early warning system for shallow landslides and debris flows». *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 20, art. EGU2018-1081.
- PALAU, R.M.; HÜRLIMANN, M.; BERENQUER, M., i SEMPÈRE-TORRES, D. (2020). «Influence of the mapping unit for regional Landslide Early Warning Systems. Comparison between pixels and polygons in Catalonia (NE Spain)». *Landslides* (en premsa). Doi: 10.1007/s10346-020-01425-3.
- PANIAGUA, I. i ÀLVAREZ, E. (2017). «Metodología de gestión de taludes en desmonte en la red carreteras de GENCAT: experiencia en la aplicación». A: ALONSO, E.; COROMINAS, J., i HÜRLIMANN, M. [eds.]. *IX Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Santander, juny de 2017, p. 383-394.
- PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.C.; MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; TIGNOR, M.; POLOCZANSKA, E.; MINTENBECK, K.; ALEGRÍA, A.; NICOLAI, M.; OKEM, A.; PETZOLD, J.; RAMA, B. i WEYER, N.M. [eds.] (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 755 p.
- PUJADAS-RÚBIES, I. i BAYONA, J. (2016). «L'evolució demogràfica recent dels municipis petits a Catalunya: diversitat de trajectòries». *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*. Vol. 81, p. 25-43. Doi: 10.2436/20.3002.01.98.
- RISKCAT (2008). «Els riscos naturals a Catalunya. Informe executiu». *Informes del CADS*, núm. 6, p. 15-18.
- SANTANA, D.; PONS, J.; RODRÍGUEZ, H.; PRAT, E.; LÓPEZ, F.; JANERAS, M.; BUXÓ, P.; COMELLAS, J.; FERRER, A., i PARET, D. (2017). «Plataforma on-line para el seguimiento geológico y geotécnico de la red ferroviaria de FGC». A: ALONSO, E.; COROMINAS, J., i HÜRLIMANN, M. [eds.]. *IX Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Santander, juny de 2017, p. 674-685.
- TIRANTI, D.; DEVOLI, G.; CREMONINI, R.; SUND, M., i BOJE, S. (2018). «Regional landslide forecasting in Piemonte (Italy) and in Norway: experiences from

- 2013 late spring». *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 18, p. 1351-1372. Doi: 10.5194/nhess-2017-411.
- UNDRR (1994). *Strategy and Plan of Action for a Safer World. Guide for Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation*. World Conference on Natural Disaster Reduction, UN Office for Disaster Risk Reduction. Yokohama, Japó, 19 p.
- UNISDR (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, 2015-2030, The United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. Third UN World Conference in Sendai, Japó, 32 p.
- VARNES, D.J. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. IAEG Commission on Landslides and other Mass-Movements. París: UNESCO Press, 63 p.