

**ELS EFECTES DEL TEMPORAL
GLORIA EN EL TERRITORI:
DINÀMICA FLUVIAL, LITORAL
I DE VESSANT**

MARTA GONZÁLEZ, JORDI PINYOL,
MARIA JESÚS MICHEO,
ROSA CARLES, EULÀLIA PI,
MIQUEL VILÀ I ANTONI ROCA*
*Institut Cartogràfic i Geològic de
Catalunya (ICGC)*

INTRODUCCIÓ

Els principals riscos geològics que afecten el territori català són les inundacions, tant fluvials com litorals, les esllavissades, els despreniments, els fluxos torrencials, els esfondraments i les allaus, generats per la geodinàmica externa; i els terratrèmols, generats per la geodinàmica interna. La distribució geogràfica i temporal de les diferents tipologies no és homogènia en tot el territori, i està relacionada amb els factors que condicionen les diverses dinàmiques. La distribució dels seus impactes tampoc ho és i depèn dels elements en risc, de la seva vulnerabilitat i de la seva exposició. L'objectiu d'aquest capítol és presentar una síntesi dels treballs realitzats a l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) en l'àmbit de la geologia arran del temporal *Gloria*, que va afectar Catalunya entre els dies 19 i 23 de gener de 2020, amb l'objectiu de mostrar els efectes que han generat les dinàmiques fluvial, litoral i de vessant (González *et al.*, 2020).

DISTRIBUCIÓ I IMPACTE DELS RISCOS GEOLÒGICS A CATALUNYA

Des del punt de vista dels riscos geològics, dos dels trets característics del temporal *Gloria* han estat, d'una banda, la simultaneïtat de les dinàmiques (fluvial, litoral i de vessant) que han tingut lloc i, de l'altra, la seva afectació a tot el territori català. Per tal de situar el temporal en el context històric, a continuació s'esmenten alguns dels fenòmens geològics relacionats amb les dinàmiques citades que més impactes han produït en el passat, tant socials com econòmics.

* E-mails dels autors pel mateix ordre en què se citen: Marta.Gonzalez@icgc.cat; Jordi.Pinyol@icgc.cat; Fus.Micheo@icgc.cat; Rosa.Carles@icgc.cat; Eulalia.Pi@icgc.cat; Miquel.Vila@icgc.cat; Antoni.Roca@icgc.cat

Les inundacions fluvials poden afectar tot el territori, però destaquen especialment en dues àrees: els Pirineus, i el litoral i prelitoral. Durant el segle xx les més importants, pel seu efecte destructor, han estat les produïdes per les pluges d'octubre de 1907, que van afectar principalment les conques de l'Ebre i del Segre; les d'octubre de 1937, el vessant sud dels Pirineus; les d'octubre de 1940, les conques del Ter i del Fluvià (SGC, 1990); les de setembre de 1962, les comarques del Vallès, el Baix Llobregat i el Maresme; les de setembre de 1971, el curs baix del riu Llobregat; les de novembre de 1982 també van afectar les comarques pirinenques (SGC, 1983); i les de 1994, el Francolí. Recentment, i amb un abast més local, destaquem pel seu impacte en pèrdues humanes el desbordament del riu Sió al seu pas pel municipi d'Agramunt el novembre de 2015, i la darrera abans de l'episodi *Gloria*, la del riu Francolí, l'octubre de 2019.

A la franja litoral, els fenòmens que més incidència tenen són les inundacions litorals causades per temporals de mar, sovint associats amb modificacions de la línia de la costa. Al llarg de la història s'han documentat molts temporals que han produït danys materials greus a la costa catalana, però destaquem per la seva incidència a tota la costa el temporal de Sant Esteve, el desembre de 2008, i la gregalada de gener de 2017 (ICGC, 2017). Més recentment, l'ICGC ha generat ortoimatges per a documentar els temporals de març de 2018 (Badalona - cap de Creus) i de febrer (tot el litoral), abril (l'Ampolla-Roses), octubre (Cambrils-Sitges i Badalona-Sant Pere Pescador) i desembre (Castelldefels-Roses i delta de l'Ebre - el Vendrell) de 2019, disponibles al visor de costa (ICGC, 2020).

Els moviments de vessant es produeixen generalment en àrees de muntanya, principalment en cingleres i vessants amb pendents forts, quan la pluviometria és elevada i les litologies són susceptibles de remobilitzar-se. Una de les esllavissades més conegudes, descrita en fonts documentals històriques, és va produir el 1881 a Puigcercós (Trem, Pallars Jussà). El poble es va abandonar pel perill que l'amenaçava i es va reconstruir en una nova ubicació, on es troba actualment (Corsini, 1881). De vegades, coincidint amb crescudes de rius i torrents, es poden desencadenar processos d'erosió i desestabilització de vessants que donen lloc a despreniments, esllavissades i corrents d'arrossegalls. Som exemples d'aquesta mena d'episodis els que van afectar els Pirineus els anys 1907, 1937 i 1982; i, més recentment, el que va afectar la Vall d'Aran i la capçalera de la Noguera Pallaresa el 2013 (Oller *et al.*, 2013). Però, en molts llocs del territori, la problemàtica relacionada amb els moviments de vessant s'ha fet palesa coincidint amb l'increment de l'ocupació del territori, inclosa la seva urbanització. Per il·lustrar l'extensió geogràfica de la problemàtica, a la figura 1 es mostra el catàleg de moviments de vessant documentats al Sistema d'Informació de Riscos Geològics (SIRG), que gestiona l'ICGC en el marc de les seves funcions (González *et al.*, 2017).

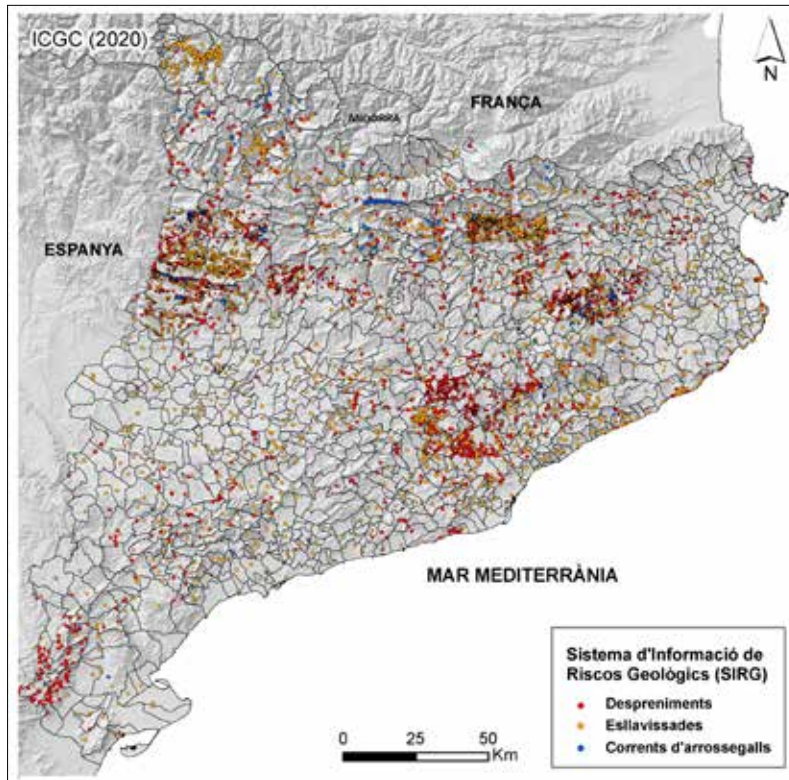


FIGURA 1. Catàleg de moviments de vessant del Sistema d'Informació de Riscos Geològics (SIRG) de Catalunya.

EL TEMPORAL GLORIA: ELS EFECTES DE LES DINÀMIQUES FLUVIALS, LITORALS I DE VESSANT

Entre el diumenge 19 i el dijous 23 de gener de 2020 es va produir un temporal conegut com a *Gloria*, classificat com a excepcional a Catalunya, no tan sols per la multiplicitat de fenòmens que es van succeir de manera simultània (vent, pluja, neu i onatge), sinó per la seva extensió, ja que afectà tot el territori català. Martín-Vide¹ ho descriu amb claredat en la seva contribució en aquest mateix volum.

A Catalunya, el temporal va provocar la mort de quatre persones i nombrosos danys materials, el cost de reparació dels quals és molt elevat. Encara és aviat per establir una xifra definitiva de les pèrdues econòmiques provocades pel *Gloria*, les

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

quals segons diferents estimacions publicades, ascendeixen a més de 500 milions d'euros (OCCC, 2020). En aquest import se li haurien d'afegir altres costos com, per exemple, els ocasionats per l'aturada de l'activitat de la població deguda a diferents causes, com ara la limitació de la mobilitat, tant per al transport públic com per al privat, la suspensió de l'activitat dels centres educatius i del transport escolar, el desallotjament d'habitatges i el confinament de part de la població, i la suspensió de qualsevol tipus d'activitats a l'aire lliure, entre d'altres.

INVENTARI DELS EFECTES DEL TEMPORAL

Des del punt de vista geològic, els processos geomorfològics han estat significatius en extensió i magnitud i, en conseqüència, les seves afectacions també. En aquest context, l'ICGC, en el marc dels treballs que realitza per a estudiar i avaluar els riscos geològics i altres riscos associats, i també pel que fa a la seva previsió, prevenció i mitigació, en el marc de les seves funcions (Llei 2/2014 de creació de l'ICGC) ha realitzat una sèrie de tasques dirigides a: a) donar una visió global de l'abast del temporal, en elaborar un inventari geomorfològic que documenta els fenòmens geològics associats a les diferents dinàmiques que s'han produït; i b) il·lustrar els efectes dels fenòmens a escala de detall mitjançant la identificació sobre el terreny. Degut a l'extensió de l'episodi, però, no es van poder visitar totes les zones afectades.

L'inventari s'ha realitzat utilitzant diferents fonts d'informació. D'una banda, s'ha recopilat i analitzat la informació publicada en premsa i xarxes socials i també la difosa per consells comarcals, diputacions, ajuntaments i altres organismes i entitats, tant públics com privats. De l'altra, s'ha efectuat la fotointerpretació de les ortoimatges dels vols fotogramètrics realitzats per l'ICGC entre el 23 i el 28 de gener.² Finalment, amb l'objectiu de tenir una visió a escala més detallada, s'han identificat sobre el terreny els efectes del temporal pel que fa als moviments de vessant més significatius i als trams baixos dels cursos fluvials del Ter i la Tordera.³ De l'anàlisi de les dades inventariades s'estima que el 40% (389) dels municipis catalans han estat afectats en major o menor grau, i que totes les comarques també han estat afectades d'alguna manera. La comarca amb més municipis afectats ha estat el Vallès Oriental, amb 30 municipis (Fig. 2).

Els danys s'han produït principalment pel sobreiximent de rius, torrents i rieres, i pels processos d'erosió i transport als seus marges; per la variació de la línia de la costa, amb erosió, transvasament i acumulació de sorres a les platges,

2. Vegeu Antonio Magariños i Julià Talaya, «La mesura del territori: la geoinformació com a element essencial», en aquest volum.

3. Vegeu Narcís Prat et al., «Alteració de l'estat ecològic dels ecosistemes fluvials per efecte de les crescudes: el que ens ensenyen la Tordera i el Ter», en aquest volum.

també a les goles fluvials i les bocanes dels ports; per la inundació marina;⁴ pel transport de sediments i d'objectes flotants, tant als cursos fluvials com al litoral; i pels moviments de vessant. Les afectacions s'han produït en àrees urbanes, industrials, forestals, agrícoles, al medi natural i en infraestructures crítiques com ara la xarxa de carreteres i la xarxa ferroviària, entre altres. A la figura 3 es mostra l'abast del temporal i l'inventari dels efectes geomorfològics i antròpics recollits.

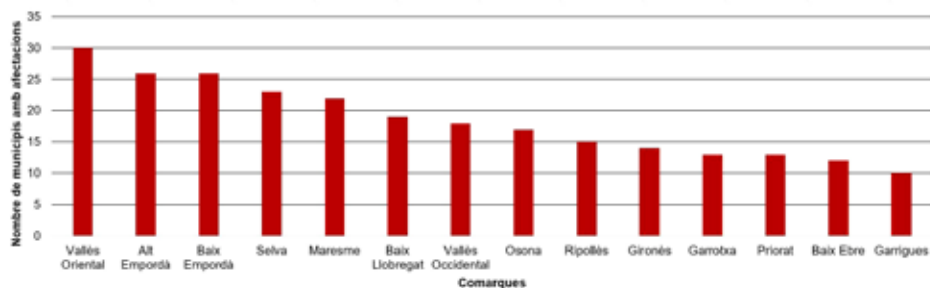


FIGURA 2. Comarques amb més de 10 municipis afectats pel temporal *Gloria*.

EFFECTES DE LA DINÀMICA DE VESSANT

La dinàmica de vessant engloba tots els processos que degraden les roques i els sòls de la superfície del terreny i que, juntament amb l'acció de la gravetat, provoquen desestabilitzacions com ara esllavissades, despreniments, fluxos de terres i corrents d'arrossegalls.

L'inventari de moviments de vessant que s'ha elaborat recull 352 fenòmens (Taula 1). Les esllavissades són el fenomen documentat més freqüent (71%), amb esdeveniments inventariats en 35 comarques. La comarca amb més fenòmens identificats ha estat el Vallès Oriental, amb 77 (22%), seguida de la Selva i Osona, amb 48 (13,5%) i 31 (9%), respectivament.

<i>Fenomen</i>	<i>Nombre</i>	<i>%</i>
Esllavissada	249	71
Despreniment	76	21,5
Corrent d'arrossegalls	4	1
Altres	23	6,5

TAULA 1. Tipologia dels moviments de vessant inventariats provocats pel *Gloria*.

4. Vegeu José A. Jiménez, «Dinàmica litoral, efectes dels temporals i comportament de les platges», en aquest volum.

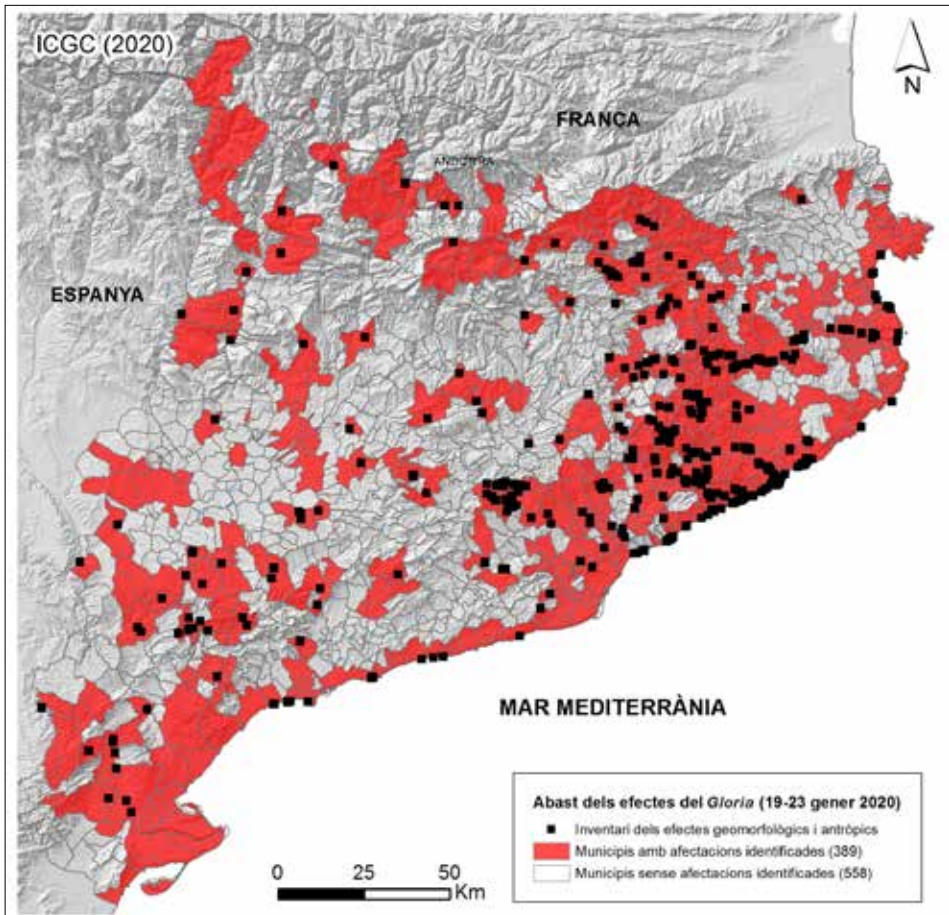


FIGURA 3. Efectes del temporal *Gloria* sobre el territori. En vermell, els municipis on s'ha identificat algun tipus d'afectació. En negre, l'inventari geomorfològic de les dinàmiques fluvial, litoral i de vessant.

De tots els fenòmens inventariats, l'11% s'ha produït en vessants naturals, sense antropització (Fig. 4). La resta ha tingut lloc en indrets on el perfil topogràfic del terreny havia estat modificat prèviament per l'activitat humana, principalment per la construcció de talussos per a vials de carrers, carreteres, vies de tren i altres indrets ara afectats pels moviments de vessant desfermats pel *Gloria*. En molts d'aquests llocs ja s'havien aplicat mesures de mitigació prèvies, com ara murs de contenció, barreres dinàmiques, xarxes de triple torsió, ancoratges o reparació d'esquerdes en carreteres (Fig. 5).



FIGURA 4. (a) Despreniment proper al torrent de les Grutes, a Montserrat. (b) Despreniment a la muntanya del Calvari, a Cabacés, Priorat.



FIGURA 5. (a) Eslavissada a la BV-5301, punt quilomètric 25+060 al Brull, Vallès Oriental, extreta de Google Maps en data 26 de juliol de 2018. (b) Fotografia del mateix indret de data 28 de gener de 2020.

EFACTES DE LA DINÀMICA FLUVIAL

El temporal també va generar crescudes de molts cursos fluvials d'arreu del territori, essent els més afectats la Tordera, el Ter, el Fluvià, l'Onyar, el Besòs, el Llobregat, el Ges, el Daró, el Sió, el Corb, l'Ondara, el Congost, el Manol, la Muga, el Riudaura, el Llierca i el Gurn, les rieres d'Osor i Major i el torrent de Crespià. Alguns van estar a punt de desbordar-se, com l'Onyar al seu pas per la ciutat de Girona. El desbordament d'altres, com el Ter, el Fluvià o la Tordera, va obligar a prendre mesures preventives, com ara desallotjaments d'habitatges i confinaments de ciutadans. Alguns desbordaments es van produir com a conseqüència de l'obertura de les comportes de les preses situades riu amunt. És el cas del tram baix del Ter, que va sobreexir a causa de l'obertura de les comportes de la presa del Pastoral.

Per tenir-ne una visió més detallada, hom ha efectuat una cartografia a escala 1:5000 dels efectes geomorfològics i antròpics dels canvis associats a la dinàmica fluvial en dos dels sectors més afectats del NE de Catalunya: els trams baixos de

la Tordera i del Ter. Els elements que s'han cartografiat han estat els llits fluvials funcionals durant l'avinguda, la plana al·luvial activa, els escarpaments d'erosió dels marges fluvials, les línies de direcció de flux, les àrees d'acumulacions de sediments i les barres de desembocadura. A més, s'hi han afegit trencaments de motes i danys a les infraestructures.

Els danys a les infraestructures i al territori han estat múltiples, incloent-hi trencaments de ponts, afectacions a línies fèrries, carreteres i xarxes de col·lectors, i inundacions de carrers i immobles, i també trencament de motes de rius, negaments de camps de cultiu i arrencament d'arbres per la força de l'aigua, entre d'altres. A grans trets, els efectes associats a la dinàmica fluvial s'han produït a conseqüència de la inundació, l'erosió dels marges de la llera i l'acumulació de sediments i objectes flotants (Fig. 6).



FIGURA 6. (a) Restes (pilars i part del ferm) del pont ferroviari de la línia 1 que creua la Tordera entre Malgrat de Mar i Blanes. (b) Soscavament de l'escullera del marge dret de la Tordera a Sant Cebrià de Fogars, a la Selva.

EFFECTES DE LA DINÀMICA LITORAL

Al litoral, el temporal ha afectat tota la franja costanera amb més o menys intensitat. Els danys a les infraestructures han estat múltiples: passejos marítims descalçats; esfondraments i trencament de canonades; afectacions a esculleres, mobiliari urbà, ponts, serveis de platja, locals de restauració, equipaments turístics, camins de ronda i ports esportius; avaries a les xarxes d'aigua i d'enllumenat; destrosses de conreus de mol·luscs; erosió del fons marí; i conreus inundats i plens de sorra, entre altres perjudicis.

A grans trets, els efectes geomorfològics que s'han produït han estat la variació de la línia de costa, amb sostracció de sorres en unes platges i acumulació en d'altres, i també a les desembocadures dels cursos fluvials i als ports; la inundació marina, i el transport de grans volums de sediments i objectes flotants (Figs. 7 i 8).



FIGURA 7. Imatges aèries de la desembocadura de la Tordera, (a) el 7 de desembre de 2019 i (b) el 27 de gener de 2020, just després del *Gloria*. S'observa la formació d'una barra de sorra emergida davant la gola del riu, i l'extensa ploma marronosa d'aigües carregades de sediment en suspensió (d'ICGC, 2020).

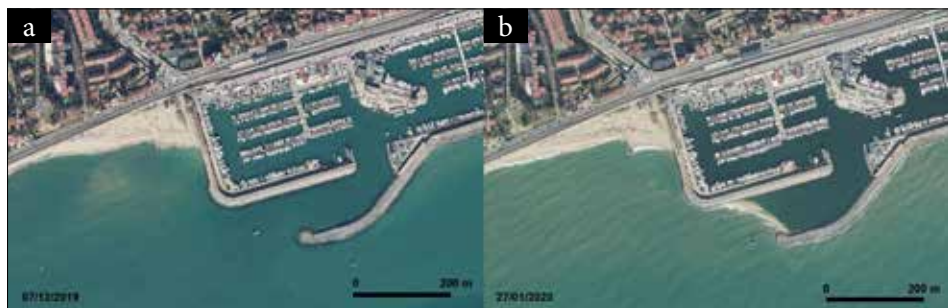


FIGURA 8. Imatges aèries del port esportiu del Masnou, (a) el 7 de desembre de 2019 i (b) el 27 de gener de 2020, just després del *Gloria*. S'observa la formació d'una barra de sorra tancant la bocana del port i, per tant, inhabilitant-lo (d'ICGC, 2020).

Al delta de l'Ebre, el mar va arribar més de 3 km terra endins i va arrasar al voltant de 2.300 ha d'arrossars, que van quedar inundats i plens de sorra. L'onatge va destrossar la franja costanera de la desembocadura, sobretot a la zona de Deltebre i Riumar.⁵ La violència i l'embat de les onades ha colpejat amb severitat les façanes litorals de l'Ametlla de Mar, l'Ampolla i Alcanar. També el cultiu de bivalves (musclos i ostres) va quedar seriosament afectat a les badies del Fangar i dels Alfacs. El temporal va impedir la sortida dels vaixells de pesca del port fluvial de Deltebre pel moviment de les sorres. Tres persones van ser desallotjades

5. Vegeu Carles Ibáñez, «El delta de l'Ebre, un ecosistema amenaçat: causes i solucions», en aquest volum.

a Deltebre i més de 1.000 veïns es van quedar sense llum a Horta de Sant Joan. La barra del Trabucador, l'única platja barrera existent a Catalunya, va patir diversos trencaments, que van fer que s'obrissin canals entre mar obert i la badia dels Alfacs. L'illa de Buda també va desaparèixer. Amb les imatges captades pel satèl·lit Sentinel 1 de l'ESA (el 9 i el 21 de gener), l'ICGC ha fet una estimació provisional de la superfície coberta per l'aigua. En concret, la superfície coberta per aigua el 9 de gener de 2020 era de 22.637 ha, mentre que el 21 de gener hi havia una superfície inundada addicional de 3.941 ha.

CONSIDERACIONS FINALS

De l'extensa informació sintetitzada en aquest capítol es desprèn que una part molt important dels efectes del temporal *Gloria* han estat associats a processos geològics. L'anàlisi del conjunt d'informació indica que la dinàmica fluvial, litoral i de vessant associada al temporal *Gloria* ha causat danys significatius en el 40% dels municipis de Catalunya, i s'estima que les pèrdues econòmiques són superiors als 500 milions d'euros.

Els efectes documentats han ocorregut en zones on la perillositat és coneguda o previsible. A grans trets:

- Una part molt important de les zones urbanes i de les infraestructures que s'han vist afectades per la inundació fluvial se situen en zones que ja apareixen com a inundables en diferents cartografies de perillositat.
- Abans del temporal *Gloria*, la franja litoral ja havia estat afectada per temporals anteriors (desembre de 2008; gener de 2017; març de 2018; o febrer, octubre i desembre de 2019, entre d'altres). Hi ha infraestructures exposades que no estan dimensionades per fer front a la dinàmica litoral i potser el seu emplaçament no és sostenible.
- Als vessants, gairebé el 90% dels moviments inventariats s'han desencadenat en talussos antròpics. Això significa que aquests talussos no estaven preparats per a resistir les condicions associades a un temporal com el *Gloria*. En aquest sentit, convé remarcar que els talussos han d'estar ben dissenyats i han de tenir un manteniment adequat.
- Les quatre víctimes mortals que s'han produït a Catalunya no havien tingut en compte les recomanacions de Protecció Civil. Cal millorar l'educació, la formació i la sensibilització de la societat enfront dels riscos naturals.

Una de les eines principals per realitzar una correcta avaluació de la perillositat geològica és disposar d'un catàleg de fenòmens complet en el temps i en l'espai, que proporcioni informació sobre el tipus de fenomen, la seva situació i distribució geogràfica, i els mecanismes desencadenants, entre altres paràmetres. Per aquesta

raó, després d'un episodi com el *Gloria*, amb els efectes que ha produït sobre el territori, és fonamental la recollida de dades de forma sistemàtica. Aquesta informació és de gran utilitat per calibrar models hidràulics, validar els escenaris de perillositat actual i generar escenaris futurs, tenint en compte les previsions de canvi climàtic.⁶ I són fonamentals com a informació de base per plantejar noves estratègies en la gestió dels riscos geològics.

En les últimes dècades s'han fet molts progressos tant en el coneixement de les dinàmiques dels diferents tipus de fenòmens geològics, com en el desenvolupament de les tecnologies per a l'obtenció de dades de qualitat mitjançant un seguit tècniques de teledetecció (LIDAR, fotogrametria, interferometria diferencial i altres) i en la implantació de sistemes d'alerta primerenca (*Early Warning Systems*, EWS). Però malgrat aquests progressos, actualment no és possible predir de manera exacta el dia, l'hora, el lloc o la intensitat de molts dels fenòmens naturals potencialment perillosos. A curt termini, les úniques estratègies possibles per reduir-ne els efectes són la prevenció, la mitigació i la preparació davant els episodis destructors.

Els moviments de vessant, les inundacions i els temporals de mar són fenòmens que s'aniran repetint de forma recurrent. El coneixement i l'avaluació de la seva perillositat són eines bàsiques per a la seva prevenció, per a la implementació de mesures correctores adients i per a elaborar normatives i regulacions que permetin realitzar una correcta planificació del territori. Cal insistir en la implementació de polítiques de planificació territorial i urbanística efectives, en les quals les condicions i els processos geològics es tinguin en compte.

AGRAÏMENTS

Aquest treball no hauria estat possible sense la col·laboració del Cos d'Agents Rurals (CAR) del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, i el suport de la Subdirecció de Geologia Regional i Geofísica, així com de les àrees d'Observació de la Terra, de Geodèsia, d'Innovació i Estratègia Digital, i de Serveis, Sistemes i Tecnologies de la Informació de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

BIBLIOGRAFIA

CORSINI, L. (1881). «Sobre los hundimientos ocurridos en Puigcerçós». *Revista de Obras Públicas*. Vol. 29, núm. I (11), p. 126-129.

6. Vegeu Gabriel Borràs, «Canvi climàtic i episodis extrems a Catalunya: contextualització del temporal Gloria», en aquest volum.

- GONZÁLEZ, M.; PINYOL, J.; MICHEO, M. J.; CARLES, R.; PI, E.; SOLDEVILA, E.; PICART, J.; SUBIELA, G.; PEÑA, J.; REIXACH, J.; Sánchez, E., i VILÀ, M. (2020). *Inventari geomorfològic del temporal Gloria (19-23 gener 2020): Moviments de vessant, dinàmiques fluvial i litoral*. Barcelona: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Informe tècnic, Codi ICGC: AP-0017/20 130.
- GONZÁLEZ, M.; PINYOL, J.; RAMISA, J.; QUEROL, N., i MARTURIÀ, J. (2017). «La base de datos de movimientos del terreno de Cataluña (LLISCAT): una herramienta para la gestión de los riesgos geológicos». A: *Proceedings del IX Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Santander, juny de 2017, p. 651-662.
- ICGC (2017). *Informe de les tasques realitzades sobre el temporal de mar de gregal (grealada) de gener de 2017*. Barcelona: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Informe tècnic, Codi ICGC: AP-0007/2017.
- ICGC (2020). Visor de costa de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Disponible en línia a: <<https://visors.icgc.cat/costa/#12/40.6978/0.7596>> [Consulta: 20 d'abril de 2020].
- OCCC (2020). *L'impacte de la tempesta Gloria*. Informe intern. Oficina Catalana del Canvi Climàtic. Barcelona, 12 de juny de 2020.
- OLLER, P.; PINYOL, J.; GONZÁLEZ, M.; RIPOLL, J., i MICHEO, M.J. (2013). «Efectes geomorfològics de l'aiguat i riuada del 18 de juny de 2013». A: *Actes de la Jornada «La gestió de les Inundacions»*. Barcelona, novembre de 2013, p. 126-132.
- SGC (1983). *Els efectes geomorfològics dels aiguats del novembre de 1982*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Servei Geològic de Catalunya, 246 p.
- SGC (1990). «L'aiguat del 40. Inundacions catastròfiques i polítiques de prevenció a la Mediterrània nord-occidental». A: *Actes del congrés «Les inundacions d'octubre de 1940 a Catalunya: 50 anys després»*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Servei Geològic de Catalunya, Vernet-les-Bains (França), octubre de 1990.