

EFFECTES GEOMORFOLÒGICS DE L'AIGUAT I RIUADA DEL 18 DE JUNY DE 2013

Pere Oller ⁽¹⁾; Jordi Pinyol ⁽¹⁾; Marta González ⁽¹⁾; Jordi Ripoll ⁽¹⁾ i Ma. Jesús Micheo ⁽¹⁾

(1) Institut Geològic de Catalunya Balmes, 209-211 08006 Barcelona. E-mail: pere@igc.cat, jpinyol@igc.cat, mgonzalez@igc.cat

PARAULES CLAU: aiguats, riuada, efectes geomorfològics, soscavació, esclavissades, fluxos torrencials.

INTRODUCCIÓ

En aquest treball es presenten els efectes geomorfològics causats per l'aiguat i la riuada dels dies 17 i 18 de juny de 2013 a la Val d'Aran i a la Noguera Pallaresa. Cal fer esment que també la Noguera Ribagorçana va patir els efectes de les pluges, però no s'han inclòs en aquest treball.

L'objectiu és doble, per una banda, documentar els efectes causats per l'acció combinada de la fosa de neu, l'aiguat i la conseqüent riuada (DTES, 2013), i per altra banda, alimentar el Sistema d'Informació de Riscos Geològics (SIRG) de l'Institut Geològic de Catalunya (IGC), en el marc de les funcions que l'IGC té assignades en relació al coneixement de la perillositat i del risc.

Amb aquests objectius, es van realitzar diferents tasques in situ, dos dies després de l'episodi de pluges, per poder avaluar la seva magnitud, abans de que les diferents actuacions d'emergència i urgència en modifiquessin els efectes. Per això, s'han inventariat i cartografiat tots els efectes identificats a la llera de la Garona i als seus tributaris, així com als vessants de la conca i als cons de dejecció.

Part d'aquesta informació es va recollir en un informe preliminar (IGC, 2013a) que es va lliurar a la Direcció General d'Urbanisme per a la gestió de la planificació urbanística.

TASQUES REALITZADES

Els treballs que s'han dut a terme s'han executat a dues escales: una, a escala regional, per a poder identificar l'abast espacial de l'episodi, i l'altra, a escala de detall, per a recollir informació dels punts d'especial interès.

A escala regional, el dia 20 de juny de 2013 l'IGC, juntament amb el Cos d'Agents Rurals (CAR), van realitzar un vol d'helicòpter (CAR-IGC) per a disposar d'una visió global dels efectes a tota l'àrea afectada, efectuant un reportatge fotogràfic i per dirigir la campanya sobre el terreny. Es va sobrevolar gran part de la Val d'Aran, concretament les valls de Ruda, Garona,

Aiguamòg, Valarties, Bargadèra, Nere, Unhòla, Salient, Joeu i Toran, i part de la Noguera Pallaresa (Figura 1).

A escala de detall, amb l'objectiu de documentar i caracteritzar els efectes identificats des de l'aire, els dies 20 i 21 de juny, tres equips de dos tècnics van realitzar una campanya de camp identificant els efectes ocasionats als principals cursos fluvials i als cons de dejecció (Figura 1). En aquestes inspeccions també es van prendre mesures dels calats a les seccions on va ser possible.

Durant les setmanes posteriors es va realitzar la centralització de la informació fotogràfica i audiovisual del dia de la riuada, disponible a internet i a altres organismes públics.

A partir de la informació recollida s'ha procedit a realitzar la cartografia dels efectes geomorfològics. Aquesta s'ha realitzat als principals cursos fluvials afectats i als vessants coberts pels vols de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) que va realitzar el dia 22 de juny, del curs de la Garona i la Noguera Pallaresa, i els dies 21, 22 i 23 de juliol dels cursos Aiguamòg, Joeu, Valarties i Varradòs (Figura 1).

Puntualment, en zones no cobertes pel vol, s'han afegit morfologies, indicis i esdeveniments identificats en el vol d'helicòpter (CAR-IGC) i altres esdeveniments identificats a partir de diferents observadors.

Els treballs realitzats han permès determinar i cartografiar els següents elements per a les zones d'estudi:

- Zones inundables als rius Garona i Pallaresa.
- Cicatrius de soscavació als rius Garona i Pallaresa i els tributaris Aiguamòg, Joeu, Valarties, Varradòs i Ruda.
- Superfícies erosionades als rius Garona i Pallaresa.
- Moviments de vessant a la conca de la Garona.
- Activitat torrencial al cons de dejecció de la conca de la Garona.

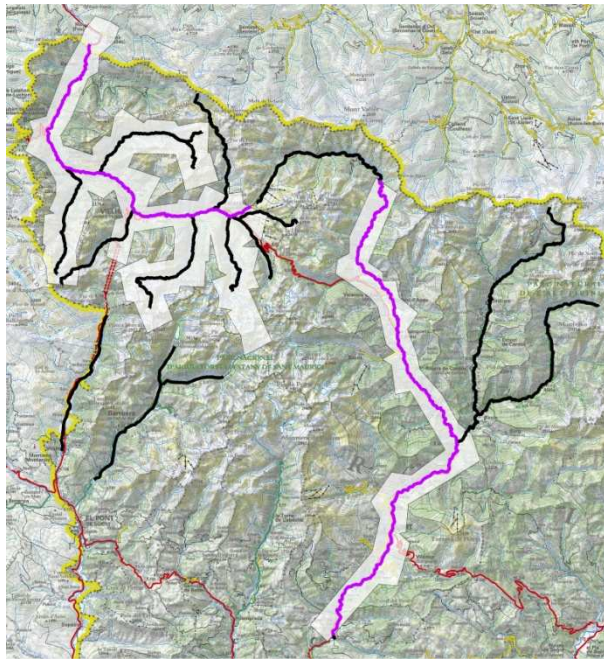


Figura 1 – Tasques realitzades. En color negre, cursos inspeccionats en el vol d'helicòpter (CAR-IGC) realitzat el 20 de juny de 2013. En color lila, trams inspeccionats per via aèria i campanya de camp dels dies 20 i 21 de juny. En blanc, extensió coberta pel vol de l'ICC del 22 de juny i dels dies 21, 22 i 23 de juliol.

CARTOGRAFIA DELS EFECTES GEOMORFOLÒGICS A LA CONCA DE LA GARONA I AL RIU NOGUERA PALLARESA

La cartografia dels efectes geomorfològics als cursos fluvials s'ha realitzat a totes aquelles zones de les que es disposava d'ortofoto posterior a l'episodi del 18 de juny. Concretament els cursos fluvials cartografiats han estat la Garona i els tributaris Joeu, Varradòs, Valarties, Aiguamòg i parcialment Ruda i un tram de la Noguera Pallaresa (Figura 2).

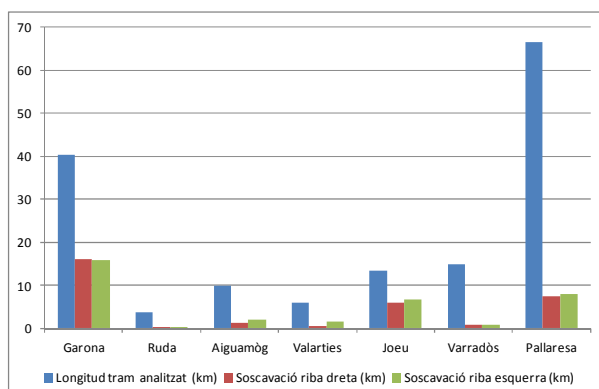


Figura 2 – Longitud dels trams amb soscavació als cursos analitzats.

La delimitació de la zona inundada s'ha realitzat a partir de les imatges preses durant el vol d'helicòpter del 20 de juny, de l'ortofoto del 22 de

juny i de tota la informació gràfica i audiovisual disponible. En concret, les fotografies i vídeos dels Pompiers d'Aran, així com els vídeos emesos per TV3 (e.g: "Les inundacions a la Vall d'Aran a vista d'ocell" del 19 de juny de 2013) han estat decisius per delimitar de forma més acurada el límit de la zona inundada.

Pel que fa a l'erosió dels marges dels cursos fluvials s'ha realitzat la cartografia dels escarpaments d'erosió classificats en funció de l'alçada, <1m, entre 1-10 m, >10 m, (Figures 3 i 4). Cal tenir present que la cartografia realitzada presenta limitacions inherents a la metodologia que implicaria una revisió posterior in situ. Finalment, de forma contínua i homogènia, als cursos fluvials també s'han cartografiat les àrees erosionades per la crescuda amb l'objectiu de fer una estimació de la superfície perduda.

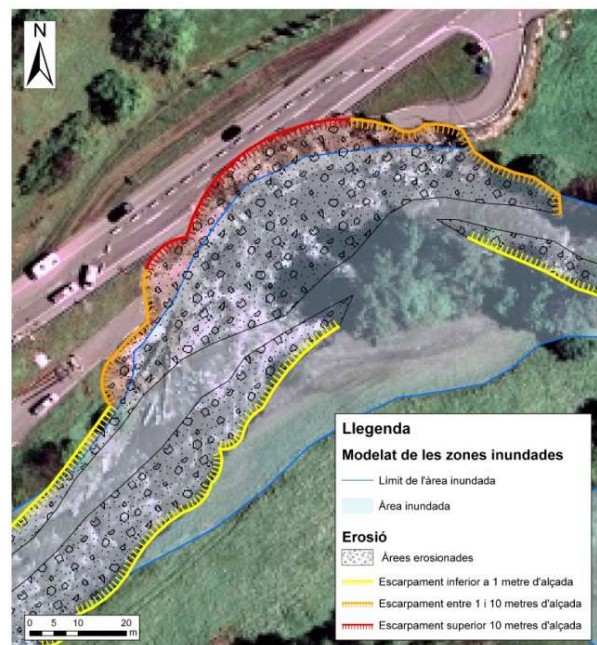


Figura 3 – Fragment de la cartografia de l'àrea inundada, escarpaments i superfícies erosionades. Carretera C-28, PK 32+200, Gessa (Naut Aran).



Figura 4 – Fotografia de la soscavació a la carretera C-28, PK 32+200, Gessa (Naut Aran) on s'exemplifiquen els escarpament cartografiats (IGC, 20/06/2013).

Conca de la Garona

A la Garona, la cartografia s'ha realitzat de forma contínua en un tram de 40 km, des del seu naixement fins al barratge de Hòs, en territori francès; al riu de Ruda, en un tram de 3,8 km, des de la cota 1.530 fins la Garona; a l'Aiguamòg, en un tram de 10 km, des del peu de l'estanh dera Lossa fins la Garona; al Valarties, en un tram de 6 km, des del barratge deth Ressèc fins la Garona; al Joeu, en un tram de 13 km, des del naixement del barranc des Pois fins la Garona; i el Varradòs, en un tram de 15 km, des del seu naixement fins la Garona (Figura 1 i Taules 1 i 2).

Taula 1 – Paràmetres del tram estudiat de la Garona.

Garona		
Longitud del tram analitzat		40.246 m
Superfície inundada		2.152.900 m ²
Superfície erosionada		389.165 m ²
Longitud dels marges amb soscavació		
	Riba dreta	16.244 m (40%)
	Riba esquerra	15.961 m (39,5%)

Pel que fa a l'àrea inundada pel riu Garona (Taula 1), el 90% de la superfície (194,3 ha) correspon al fons de vall, la plana d'inundació ordinària i les terrasses més baixes. És a dir, l'avinguda va transcórrer per aquelles zones inundables que successivament han estat anegades pels diferents episodis d'inundació històrics, sense abastar la totalitat de l'àrea susceptible a inundar-se.

Taula 2 – Soscavació dels trams estudiats dels tributaris de la Garona.

Afluents de la Garona		
Ruda		
Longitud del tram analitzat		3.859 m
Longitud dels marges amb soscavació		
	Riba dreta	368 m (9,5%)
	Riba esquerra	270 m (7%)
Aiguamòg		
Longitud del tram analitzat		9.993 m
Longitud dels marges amb soscavació		
	Riba dreta	1.358 m (13,6%)
	Riba esquerra	2.023 m (20,2%)
Valarties		
Longitud del tram analitzat		6.146 m
Longitud dels marges amb soscavació		
	Riba dreta	557 m (9%)
	Riba esquerra	1.699 m (27,6%)
Joeu		
Longitud del tram analitzat		13.378 m
Longitud dels marges amb soscavació		
	Riba dreta	6.015 m (45%)
	Riba esquerra	6.830 m (51%)
Varradòs		
Longitud del tram analitzat		15.006 m
Longitud dels marges amb soscavació		
	Riba dreta	849 m (5,6%)
	Riba esquerra	951 m (6,3%)

A la Garona s'han cartografiat 16.244 m de soscavacions al marge dret i 15.961 m al marge esquerre, que corresponen a un 40 i 39,5% respectivament, de les soscavacions respecte al tram total analitzat. Les cicatrius de soscavació d'aquest tram, a la riba dreta, es caracteritzen principalment per tenir una alçada inferior a un metre (76%), el 22% tenen una alçada entre 1 i 10

m, i tan sols el 2% tenen una alçada superior a 10 m. A la riba esquerra, es caracteritza per tenir un 75 % d'escarpaments de soscavació inferiors a un metre i un 25% entre 1 i 10 m.

Com es pot veure a la Taula 2, la soscavació més important en els tributaris estudiats es va produir a la vall del Joeu, tant en longitud de marges soscavats com l'alçada d'aquests, on 5.034 m corresponen a trams erosionats que tenen una alçada d'entre 1 i 10 m (Figura 5). Les diferències observades en la soscavació als diferents cursos responen a factors geomorfològics, hidrològics i antròpics.

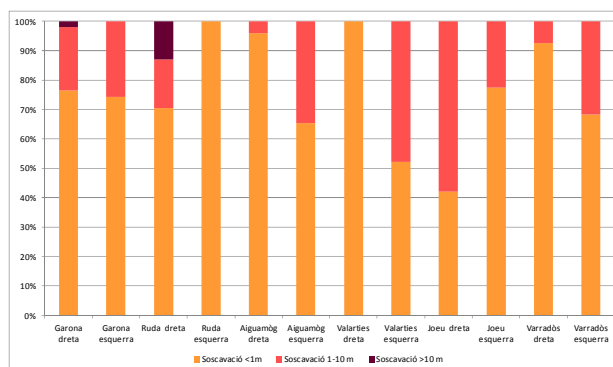


Figura 5 – Alçada de les cicatrius identificades en funció de la riba en percentatge respecte la longitud erosionada.

El 91% (35,5 ha) de la superfície erosionada pel riu Garona correspon, segons la Base de dades geològiques de Catalunya 1:50.000, a materials al·luvials de les unitats quaternàries que conformen els sediments del llit actual, la plana d'inundació ordinària i les terrasses més baixes. La resta de la superfície erosionada, 3,5 ha, correspon a altres materials quaternaris col·luvials, al·luvials i glacials que formen els cons de dejecció i els vessants.

Riu Noguera Pallaresa

La Noguera Pallaresa s'ha cartografiat de forma contínua en un tram de 66,5 km, des del Prat de Pubill, a 0,5 km al nord del barranc del Port de Salau, fins el pont de Baén, a 1,5 km al sud de Gerri de la Sal (Taula 3).

Taula 3 – Paràmetres del tram estudiat de la Noguera Pallaresa.

Noguera Pallaresa		
Longitud del tram analitzat		66.572 m
Superfície inundada		3.528.006 m ²
Superfície erosionada		53.773 m ²
Longitud dels marges amb soscavació		
	Riba dreta	7.641 m (11,5%)
	Riba esquerra	7.967 m (12%)

Pel que fa a l'àrea inundada, el 82% de la superfície (290 ha) correspon al fons de vall, la plana d'inundació ordinària i les terrasses més

baixes, concentrant-se en la zona fluvial, és a dir, a la llera i l'àrea imminent ocupada pel bosc de ribera. Un altre 10% correspon a ventalls al·luvials, principalment els de la cubeta d'Esterrí d'Àneu.

A la Noguera Pallaresa s'han cartografiat 7.641 m de soscavacions al marge dret i 7.967 m al marge esquerre, que corresponen a un 11,5 i 12%, respectivament, de soscavacions respecte al tram total analitzat. Les cicatrius de soscavació d'aquest tram, a la riba dreta, es caracteritzen principalment per tenir una alçada inferior a un metre (98,5%), tan sols l'1,5% tenen una alçada entre 1 i 10 metres. La riba esquerra es caracteritza per tenir un 91% d'escarpaments de soscavació inferiors a un metre i un 9% d'escarpaments entre 1 i 10 metres.

El 66% (4 ha) de la superfície erosionada per la Noguera Pallaresa correspon, segons la Base de dades geològiques de Catalunya 1:50.000, a materials al·luvials de les unitats quaternàries que conformen els sediments del llit actual, la plana d'inundació ordinària i les terrasses més baixes. La resta de la superfície erosionada, 1,8 ha, correspon a altres materials quaternaris col·luvials, al·luvials i glacials dels cons de dejecció i dels vessants, on s'inclouen 0,3 ha de materials dels ventalls al·luvials de la cubeta d'Esterrí d'Àneu.

Comparació dels efectes entre la Garona i la Noguera Pallaresa

La cartografia realitzada ha permès constatar que els efectes de l'aiguat, en termes geomorfològics qualitatius i quantitatius, van ser més intensos a la Garona que a la Pallaresa (Taula 4).

Sempre parlant sobre les zones estudiades, en termes absoluts l'àrea inundada a la Pallaresa va ser més gran, 352 ha, que a la Garona, 215 ha. No obstant això, si comparem la relació de la superfície inundada respecte la longitud analitzada de cada tram de riu (Si/La), podem veure que la inundació, metres quadrats per metre lineal de riu, va ser similar.

Taula 4 – Relació entre els paràmetres dels trams estudiats dels rius Noguera Pallaresa i Garona.

Relació entre paràmetres	Noguera Pallaresa	Garona
Superfície inundada/Longitud del tram analitzat (Si/La)	53.00	53.49
Superfície erosionada/Longitud del tram analitzat (Se/La)	0.81	9.67
Longitud erosionada/Longitud del tram analitzat (Le/La)	0.23	0.80
Superfície erosionada/Superfície inundada (Se/Si)	0.02	0.18

De la mateixa manera, comparant els metres quadrats de superfície erosionada (Se/La) i els metres lineals de cicatrius d'erosió (Le/La), ambdues respecte el metre lineal de riu, s'observa que a la Garona s'hi va produir molta més erosió.

La relació entre els metres quadrats erosionats i els metres quadrats inundats (Se/Si) també permet inferir que a la Garona, l'avinguda va ser més erosiva que a la Noguera Pallaresa, ja que a la primera, per cada 100 m² inundats se'n van erosionar 18 en contra dels 2 m² de la segona. La diferència en el pendent dels trams estudiats (1,8° la Garona, 0,7° la Noguera Pallaresa) expliquen, en part, els resultats obtinguts.

CARTOGRAFIA DELS EFECTES GEOMORFOLÒGICS ALS VESSANTS A LA CONCA DE LA GARONA

Com s'ha presentat anteriorment, els efectes més visibles d'aquest episodi han estat les crescudes dels cursos fluvials i els processos erosius als marges d'aquests. Però també s'ha pogut observar que, de forma simultània, es produïren, puntualment, esllavissades (incloent-hi els fluxos de terra) i corrents d'arrossegalls en diferents punts de la conca de la Garona. La precipitació dels dies 17 i 18 de juny, juntament amb les condicions meteorològiques dels mesos anteriors i la inusual extensió i gruix del mantell nival (Pineda *et al.*, 2013), van desencadenar un seguit de moviments gravitatoris en zones considerades com a susceptibles, degut a l'existència d'una formació superficial principalment col·luvial i producte de l'alteració del substrat rocós, i els elevats pendents dels vessants. Un dels factors més determinant fou la saturació dels materials poc permeables, amb poca capacitat de drenatge, fet que va donar lloc a un augment de la pressió intersticial, produint-se la inestabilització d'aquests i l'aparició d'un gran nombre de surgències a cotes elevades (Figura 6).



Figura 6 – Cicatriu d'esllavissada en materials col·luvials on s'observen surgències (IGC, 20/06/2013).

Per a identificar els moviments de vessant s'ha realitzat la fotointerpretació de les ortofotos resultants dels vols de l'ICC de juny i juliol de 2013, inventariant tots els esdeveniments

identificats. Per conèixer l'activitat dels llocs on s'han detectat esdeveniments s'ha realitzat la seva comparació amb l'ortofoto de 2011 i la de 1956. Altres paràmetres que s'han recollit són l'àrea afectada, en el cas d'esllavissades i la longitud recorreguda en el cas dels fluxos de terra i corrents d'arrossegalls.

Cal dir que, durant la realització de la fotointerpretació, s'han detectat indicis que no s'ha pogut identificar si eren producte d'una dinàmica nival o d'una dinàmica torrencial. Aquest fet es deu a una activitat d'allaus majors destacada, durant la temporada 2012-2013 a la Val d'Aran i a la Franja Nord de la Pallaresa. Els episodis amb més afectació a la Val d'Aran han estat els del 20-21 i 31 de gener, els del 7-11 i 15-19 de febrer, i 5-8 de març (IGC, 2013b). Aquests episodis han estat caracteritzats per l'ocurrència d'allaus majoritàriament de neu humida de fons, de flux

dens, amb capacitat d'erosionar la formació superficial, deixant un dipòsit a la zona d'arribada que, amb el retreballament posterior per l'aiguat del 18 de juny, es pot confondre amb el d'un flux torrencial. Per això, en aquest treball, anomenem esdeveniments de dinàmica mixta a aquells on s'ha observat, mitjançant fotointerpretació, un dipòsit que coincideix en una zona on tenim constància que durant la temporada 2012-2013 hi ha hagut activitat d'allaus.

A la Figura 7 es mostra la distribució dels moviments de vessant observats als vessants de la Garona i als seus tributaris. En total s'han inventariat 72 moviments gravitatoris. El 48% dels esdeveniments inventariats corresponen a esllavissades, el 40% corresponen a dinàmica mixta el 14% a fluxos torrencials.

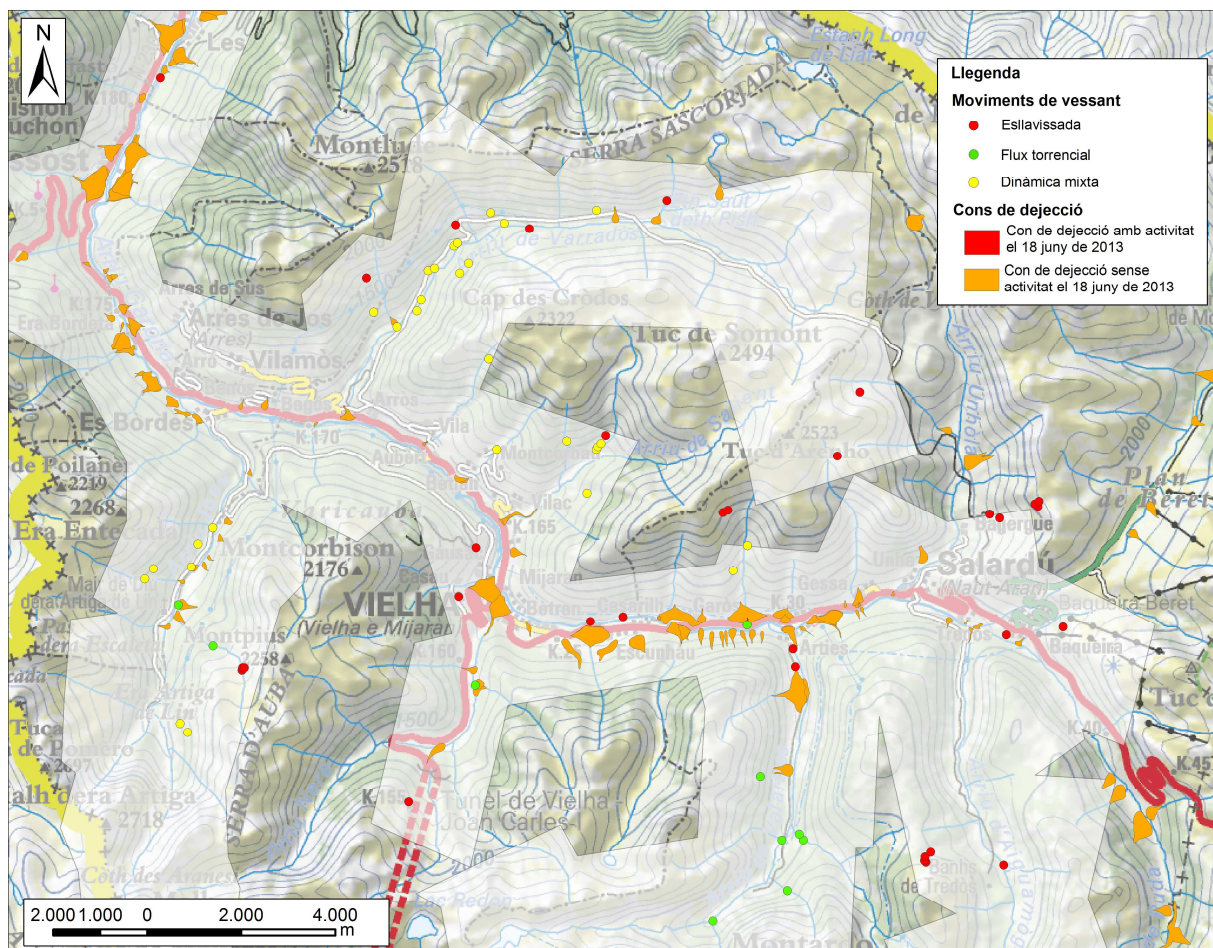


Figura 7 – Inventari dels moviments de vessant i de l'activitat als cons de dejecció causats per la riuada i l'aiguat del dimarts 18 de juny a la conca de la Garona.

La distribució per conques de la Garona i dels tributaris analitzats no mostra cap tendència significativa en relació amb el tipus de fenomen,

però sí que s'observa una major freqüència de la dinàmica mixta en aquelles conques on la

susceptibilitat d'allaus és més important, com són la del Joeu i la del Varradòs (Figura 8).

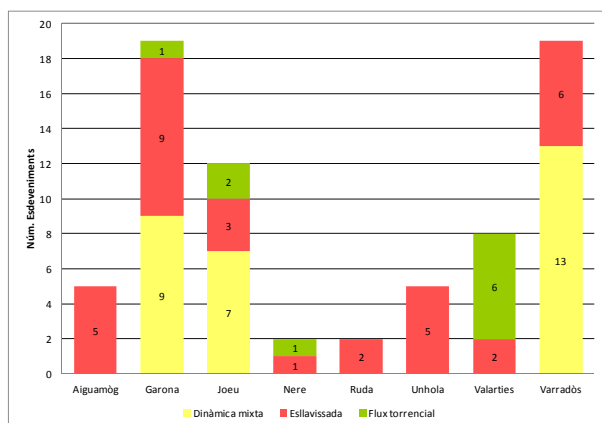


Figura 8 – Distribució dels esdeveniments desencadenats per l'episodi del 18 de juny

Destaquem la dispersió en les dimensions dels diferents fenòmens. Els corrents d'arrossegalls han assolit longituds des de 200 fins a 1.800 m. Les esllavissades han abastat superfícies de 20 a 15.500 m². Els fenòmens de dinàmica mixta presenten dimensions similars a les dels corrents d'arrossegalls, entre 300 i 1.400 m de recorregut.

Els materials involucrats en els moviments de vessant corresponen, en la majoria dels casos, a materials quaternaris col·luvials, al·luvials, glacials i a la formació superficial producte de l'alteració, de material quaternaris i del substrat paleozoic, principalment Devoniana, però també Carbonífer-Permiana i Siluriana.

CARTOGRAFIA DELS EFECTES GEOMORFOLÒGICS ALS CONS DE DEJECCIÓ

En relació amb els cons de dejecció s'ha realitzat una revisió exhaustiva de la seva activitat durant l'episodi (Figura 7). En una primera fase, a la campanya de camp es va revisar l'activitat als cons de dejecció dels torrents que tributen a la Garona (IGC, 2012). En una segona fase, mitjançant fotointerpretació, es va revisar l'activitat de tots els cons de dejecció, recollits a l'inventari dels cons de dejecció de Catalunya (Fleta *et al.*, 2008).

En total s'han analitzat 102 cons de dejecció a la conca de la Garona. L'únic con situat al riu Garona que va presentar indicis d'activitat durant l'episodi, va ser el del barranc de Salider, on un corrent d'arrossegalls va dipositar sediment al con i va tallar la carretera C-28, entre Garòs i Arties. També s'han observat indicis d'activitat en cons de barrancs que desemboquen en el Valarties, el Nere i el Joeu. Al Valarties s'han inventariat 5 esdeveniments: al barranc dera Aubeta (Figura 9), al dera Restanca, a la Coma dera Artiga i als rius

de Rencules i de la Restanca. Al Joeu, se n'ha observat als barrancs de Montpius i dera Montanha de Delà. Finalment, al Nere, al barranc de Sant Esteve.

Un fenomen observat a la majoria dels cons, no degut a la pròpia activitat dels mateixos foren els efectes de soscavació a les parts més distals per l'erosió causada pels cursos dels quals són tributaris.



Figura 9 – Dipòsit d'acumulació al barranc dera Aubeta, a la part més distal del con de dejecció, afectant a la carretera de Valarties, a la zona d'aparcament i al pont de Ressèc. (IGC, 20/06/2013)

CONSIDERACIONS FINALS

L'aiguat del 18 de juny de 2013 va afectar principalment a les conques de la Garona, Noguera Pallaresa i Noguera Ribagorçana. Els efectes geomorfològics més importants es van registrar a la conca de la Garona.

A la conca de la Garona, la soscavació dels marges arriba fins a valors del 40% del tram analitzat. Els cursos de la Garona i Joeu són els que presenten major erosió a les ribes. El 91% de l'erosió afecta a materials al·luvials que conformen els sediments del llit actual, de la plana d'inundació ordinària i les terrasses més baixes. La resta correspon a materials quaternaris col·luvials, al·luvials i glacials que formen els cons de dejecció i els vessants.

Als vessants, s'ha documentat 72 moviments gravitacionals, alguns dels quals han estat de moviment ràpid tipus flux de terres. La majoria d'aquests s'han originat en la formació superficial col·luvial, glacial, o d'alteració del substrat.

Pel que fa als cons de dejecció, s'ha observat més activitat de fluxes torrencials als cons dels cursos tributaris, a cotes més altes, que a la vall principal

de la Garona. En aquesta, el barranc de Salider és l'únic que ha mostrat activitat significativa. A les conques tributàries destaca el barranc de l'Aubeta, a Valarties, on s'ha registrat el flux més important, que enterra completament l'aparcament del Pònt deth Ressèc.

Els efectes geomorfològics documentats han ocorregut en zones on la perillositat és coneguda o previsible. Cal insistir doncs en les polítiques de prevenció, amb la planificació territorial i urbanística, que demostrin ser més econòmiques i eficaces que la política de protecció.

AGRAÏMENTS

Aquesta tasca no hagués estat possible sense la col·laboració del Cos d'Agents Rurals (CAR) del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), dels Serveis Tècnics del Conselh Generau d'Aran (CGA) i dels Pompièrs d'Aran (Conselh Generau d'Aran) i de Geocat.

REFERÈNCIES

DTES (2013). Anàlisi multidisciplinària dels diversos factors ambientals causants de les inundacions a la Vall d'Aran els 17-18 de juny de 2013. Informe intern.

Fleta, F.; Cartró, M.; González, M.; Marturià, J., Gomà, J.; Gracia, A.; Godé, Ll. i Zurbano, F.(2008). Millora de la cartografia de zones potencialment inundables segons criteris geomorfològics. Conveni de col·laboració IGC-ACA (2006-2008). Informe núm.: AI-001/08. Setembre 2008-

IGC (2012). Realització de l'estudi hidrològic, hidràulic i d'inundabilitat a la Garona (Vall d'Aran). 1^a Part: Delimitació dels cons de dejecció. Núm.: AP-037/12. Juny 2012.

IGC (2013a). Informe preliminar dels efectes dels aiguats i riuada del 18 de juny de 2013 a la conca de la Garona. Núm.: AP-049/13. Juny 2013.

IGC (2013b). Base de Dades d'Al·laus de Catalunya (temporada 2012-2013).

Pineda, N., Prohom, M., Serra, A., Martí, G., Garcia, C., Velasco, E., i Gracia A.(2013). Causes que van provocar la riuada a la Val d'Aran el 18 de juny 2013. Gestió de les inundacions. Barcelona, 27 – 28 de novembre de 2013.