

La gènesi de les inundacions, el per què i els seus efectes

Enric Sorribas i Armand Güell

Plaça de Catalunya de Girona, 1970.



L'aigua és l'element amb capacitat més important per transformar el territori. L'aigua va escolpint sobre el territori solcs profunds que l'organitzen i el jerarquitzen en vies de penetració des de l'interior, des dels alts cims de les serralades fins a la costa.

La necessitat de l'aigua per part de la societat humana i la recerca de la facilitat per a les comunicacions i el comerç ha fet que aquest sempre s'hagi instal·lat prop de les lleres fluvials, però les voreres dels rius a més d'un indret còmode per a l'assentament han estat sovint un perill. Les inundacions han esdevingut una constant històrica per a les poblacions riberenques en l'àrea mediterrània. De tots és conegut com Catalunya, el País Valencià, Múrcia, etc. han patit les conseqüències d'unes aigües que han arrossegat tota mena d'edificacions, ponts i carreteres provocant una quantitat considerable de pèrdues en béns materials i, en ocasions, de vides humanes.

Què s'entén per inundació?

Després d'uns aiguats torrencials el sòl, sovint, no pot retenir l'aigua i aquesta s'escola de pressa pels pendents fins arribar als cursos fluvials, per on circula a gran velocitat. El cabal dels rius i l'alçada de les aigües augmenta ràpidament, originant-se l'avinguda. Són termes sinònims d'aquest el de crescuda i el de riuada, que s'utilitzen per designar quan, per exemple, després de fortes pluges, l'alçada de l'aigua que circula per la llera del riu assoleix en capacitat el nivell més alt que permet el llit menor i el llit major estacional, podent arrossegat tot allò que troba al seu pas però sense que es produeixi un desbordament. Un cop les aigües han ultrapassat aquest nivell esmentat el riu es desborda ocupant la llera major d'inundació. És en aquest cas quan el fenomen té un major impacte sobre la població.

Les inundacions, enteses com a desbordament d'un riu o un corrent d'aigua en sortir del seu llit aparent a causa d'una forta crescuda, són una de les catàstrofes naturals que major nombre de víctimes produeixen en el món i representen un alt risc en àmplies àrees del nostre planeta.

Principals tipus d'inundacions

Moltes són les causes que poden produir inundacions: pluges torrencials, fusió sobtada de les neus per un augment ràpid de les temperatures, limitacions de desguàs dels rius en zona costanera, obstruccions en els llits produïdes per lliscaments amb formació de preses naturals, moviments sísmics, trencament d'obres d'infraestructura hidràulica, entre d'altres.

Fer qualsevol tipus de classificació és sovint una tasca força difícil però, si tenim en compte la durada i la intensitat de les precipitacions i la seva distribució geogràfica, es pot establir, a Catalunya, una diferenciació entre les inundacions que són conseqüència d'aiguats pirinencs i les que ho són d'aiguats litorals.

A) Aiguats litorals: hom els localitza entre el litoral i la depressió central i tenen com a principal característica una curta durada (al voltant de poques hores) i una gran intensitat (fins a uns 100 mm de precipitació en una hora). Aiguats extraordinaris d'aquestes característiques foren els dels anys 1913, 1921, 1930, 1962, 1971 i 1977. Els factors que causen inundacions en aquests sectors responen a la rapidesa en què es genera la tempesta provocant una avinguda immediata («flash flood»), a la velocitat de les aigües pels grans pendents longitudinals dels rius, per causa de la proximitat al mar, i a la gran quantitat d'arrossegalls que transporten les aigües com a conseqüència de la forta erosió que es produeix en les zones de capçalera, sovint massa desforestades.

No s'inclouen en aquesta classificació les fortes pluges que es produeixen a les zones costaneres i que provoquen grans estralls en les rieres litorals, i que són produïdes per pluges de convecció.

B) Aiguats pirinencs: caracteritzats per una mitjana intensitat i la llarga durada de les precipitacions (sovint de dos o tres dies). Les quantitats de pluja solen ser força grans (entre 300 i 400 mm o més) però repartides d'una manera regular al llarg de tots els dies que dura l'aiguat. Les avingudes que s'esdevenen són lentes i la seva evolució pot ser força previsible. Aiguats importants amb aquestes característiques són els que es produïren els anys 1907, 1937, 1940 i 1982.

L'extensió geogràfica dels aiguats pirinencs abasta un espai molt més ampli que les intenses tempestes litorals (acos-



Carrer del Carme de Girona, 1970.

tumen a ser de caire local), malgrat que és en aquests darrers indrets on els danys econòmics i les pèrdues en vides humanes acostumen a ser més elevats.

Una estreta relació entre diferents factors

Al llarg de la Mediterrània occidental les inundacions acostumen a estar motivades, a grans trets, per la interrelació de tres grans mecanismes que les activen i que es poden definir en una típica climatologia mediterrània, caracteritzada per precipitacions irregulars al llarg de l'any i interanual, una complexa orografia del terreny i un increment en l'ocupació antròpica dels marges dels rius i de les planes fluvials, ja sia amb finalitats agrícoles o per satisfer la creixent necessitat d'espai urbà, industrial i turístic.

Orografia

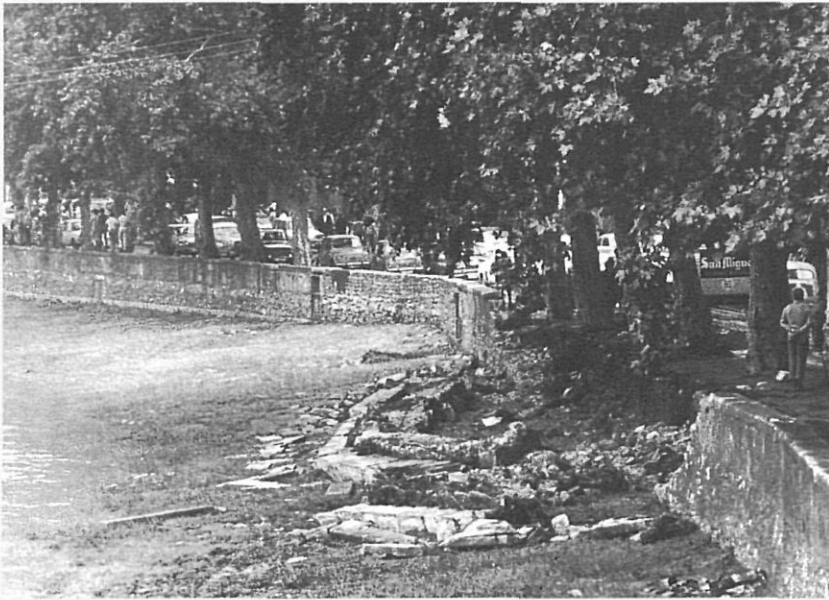
El paper que hi juga el relleu, i concretament a Catalunya, els Pirineus, els Pre-pirineus i les serralades costaneres (la Litoral fins als 500 m i la Pre-litoral fins als 1.500 m), és el d'afavorir l'ascens de les masses d'aire inestable, caracteritzades per la seva configuració càlida i humida que, procedents de la Mediterrània, sofreixen una engegada vertical molt ràpida que provoca un descens de la seva temperatura i que pot arribar d'aquesta manera a la saturació.

Climatologia

Les intenses precipitacions tenen unes situacions sinòptiques típiques i que són les següents: a) les causades per una depressió freda en altura (anomenada «gota freda») amb flux de llevant en superfície; b) un front fred de l'oest associat a un marcat tàlveg en altura; c) una depressió en superfície i en gran part del gruix troposfèric, o depressió freda; d) una perturbació mesoscalar (abasten una extensió entre els 2 i 2.000 quilòmetres, i la seva duració pot oscil·lar entre una hora o diversos dies); e) les típiques tempestes de calor.

Les precipitacions que vénen associades al pas d'un front fred no donen cabals d'avinguda tan importants com els que s'originen a partir de les situacions de llevant.

Les crescudes i inundacions més importants al llarg de la història dels nostres rius acostumen a tenir lloc durant els mesos tardorals, destacant l'octubre com el mes amb efectes més catastròfics, caracteritzant-se per un notable increment de les precipitacions, amb el conseqüent augment dels cabals. Cabals que no poden ser controlats per les conques ja que, principalment, les intenses precipitacions es donen en un curt termini de temps amb grans quantitats d'aigua. Cal recordar que, generalment, les conques mediterrànies solen ser de superfície petita, curta longitud i fort pendent.



Carrer del Carme de Girona, 1970.

Acció antròpica

Un tercer aspecte a tenir en compte és l'acció antròpica, caracteritzada per un increment intens de l'ocupació de les lleres del riu, la construcció d'obres d'infraestructura, etc., que han modificat al llarg dels anys els espais, les causes i les tipologies del risc d'inundació. En efecte, l'increment de l'activitat humana al llarg dels segles no sempre ha conduït a esmorteir els efectes de les avingudes que se'n generen, sinó al contrari, cada cop han intensificat el seus efectes. Al llarg del temps s'han anat ocupant les àrees properes al riu, on els sòls són d'una gran fertilitat, per tal de conrear la terra; i també s'han anat assentant poblacions amb el teixit urbà que aquestes comporten. En molts casos, l'activitat humana s'ha traduït en una invasió de la llera amb finalitats agrícoles o ocupant-la amb construccions diverses (fàbriques, habitatges...) que redueixen la secció útil del llit del riu en cas de crescudes i que obliguen a desguassar amb un major nivell un mateix cabal d'aigua, causant greus problemes als mateixos estandants i als que viuen a les zones properes. Aquesta ocupació s'incrementa notablement a partir dels anys seixanta on els ràpids i intensos canvis socio-econòmics i territorials propicien la seva expansió. Tots aquests

canvis han suposat una profunda alteració de les relacions existents entre el medi i la societat, que s'ha concretat, bàsicament, en una nova gestió dels recursos i en l'ocupació de nous espais dels quals es desconeix el seu dinamisme i funcionament. Existeix en les zones urbanes un increment de l'escorrentia com a conseqüència de la progressiva impermeabilització de certes àrees de la conca, motivada principal-

ment per la implantació de nous nuclis residencials, industrials i urbans.

Una altra causa important de l'agreujament dels efectes catastròfics de les inundacions és la progressiva desforestació dels boscos en els interfluvius de la conca. Aquest factor fa que amb les pluges augmenti considerablement l'escolament i també els arrossegaments de sòlids. En els llocs àrids, sense vegetació, els efectes de l'erosió es multipliquen d'una manera important, car el sòl no té cap tipus de protecció i les aigües torrencials incideixen directament damunt del material superficial. Sectors on hi hagué boscos (tallats incontroladament o cremats per incendis forestals) han arribat a convertir-se en àrees afectables per l'erosió, o dit d'una altra manera, la coberta vegetal és un dels elements correctors car frena d'una manera important l'efecte directe de l'impacte de les pluges. Cal conservar els boscos mediterranis perquè estableixen els fluxos d'aigua, protegint els sòls de l'erosió i retardant l'efecte de les riuades.

Pot semblar paradoxal, però hom, des de sempre, ha intentat controlar els efectes devastadors de les inundacions a partir de la construcció d'infraestructures de defensa contra l'acció de les aigües, ja sigui mitjançant defenses de les ribes dels rius, construcció d'embassaments, canalitzacions, etc.

Plaça del Vi de Girona.



Característiques generals i efectes de les avingudes

Precipitacions intenses i cabals de revinguda

En l'àrea mediterrània coincideixen sovint una superfície amb escassa vegetació i precipitacions de gran intensitat en un període curt de temps. L'escolament superficial arriba ràpidament als cursos fluvials, iniciant-se tot seguit la crescuda. Aquesta serà més ràpida com més petita sigui la conca de drenatge, poden assolir una dimensió tal que ultrapassi la capacitat del curs normal ocupant les aigües els marges de les ribes.

La propagació de la crescuda aigües avall es regeix a partir de tres regles principals. La primera és que el retard de temps entre la intensitat màxima dels aiguats i la punta de crescuda s'incrementa aigües avall, la segona en què la crescuda i el descens de les aigües dura més temps aigües avall, i la tercera on la quantitat d'aigua que s'escola pel riu augmenta també aigües avall. Es dedueix a partir d'aquestes regles que, malgrat que en els cursos inferiors i desembocadures les crescudes no solen ser tan fulminants, la quantitat d'aigua drenada és superior, ja que la superfície de la conca també ho és.

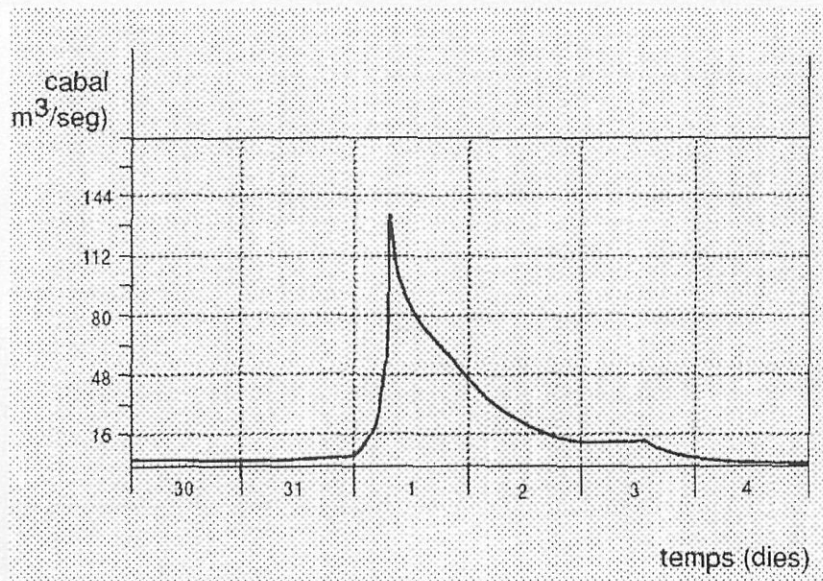


Fig. 2 Hidrograma de la crescuda de la Tordera a can Serra el setembre de 1975.

És precisament per la força que assoleixen les aigües que aquestes arrosseguen gran quantitat de materials. Aquests no són solament producte de l'erosió de les aigües (argiles, graves, còdols i, fins i tot, grans blocs), sinó que a voltes són troncs, restes d'edificacions, bestiar, etc.

A l'hora d'estudiar les crescudes cal conèixer amb la màxima precisió el cabal instantani del riu, que és la

quantitat d'aigua que circula en un moment i lloc determinat en relació amb els metres cúbics per segon que flueixen pel riu en aquest moment (dades enregistrades en les estacions d'aforament). Amb aquestes dades es construeixen els hidrogrames, l'anàlisi dels quals ens donarà la característica de la crescuda i permetrà establir algunes previsions en futures crescudes (vegeu figura 1).

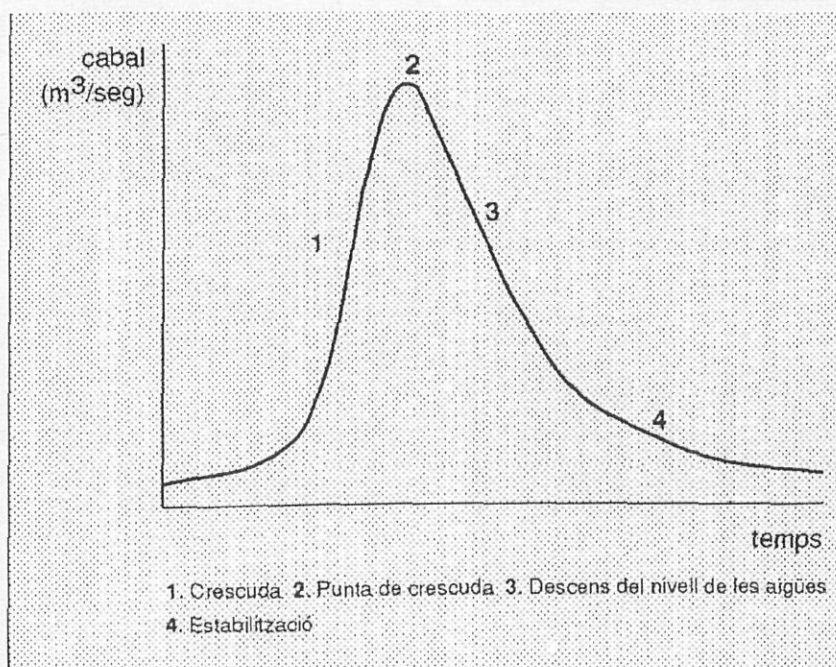
Efectes en les lleres fluvials

El primer resultat de l'arribada d'una crescuda és la inundació del llit aparent o major, conformat en molts casos per un veritable llit major i una terrassa inundable que acostuma a suportar una ocupació humana més important.

Els materials arrossegats per l'avinguda, ja siguin sorres, graves o blocs són dipositats sobre el llit d'inundació. Si la zona inundada és ocupada per prat i horts, l'aigua és evacuada fàcilment i els danys principals es redueixen a una acumulació d'aquests materials. Ben al contrari, si la zona inundada és ocupada per arbredes denses o per edificacions, la manca d'evacuació de l'aigua fa augmentar el gruix de la làmina líquida, la qual cosa provoca grans velocitats puntuals amb alt potencial erosiu.

Tanmateix, les obres efectuades en alguns indrets, que obliguen les aigües de crescuda a circular només pel llit menor

Fig. 1 Hidrograma teòric d'una crescuda en riu mediterrani.



1. Crescuda.
2. Punta de crescuda.
3. Descens del nivell de les aigües.
4. Estabilització.

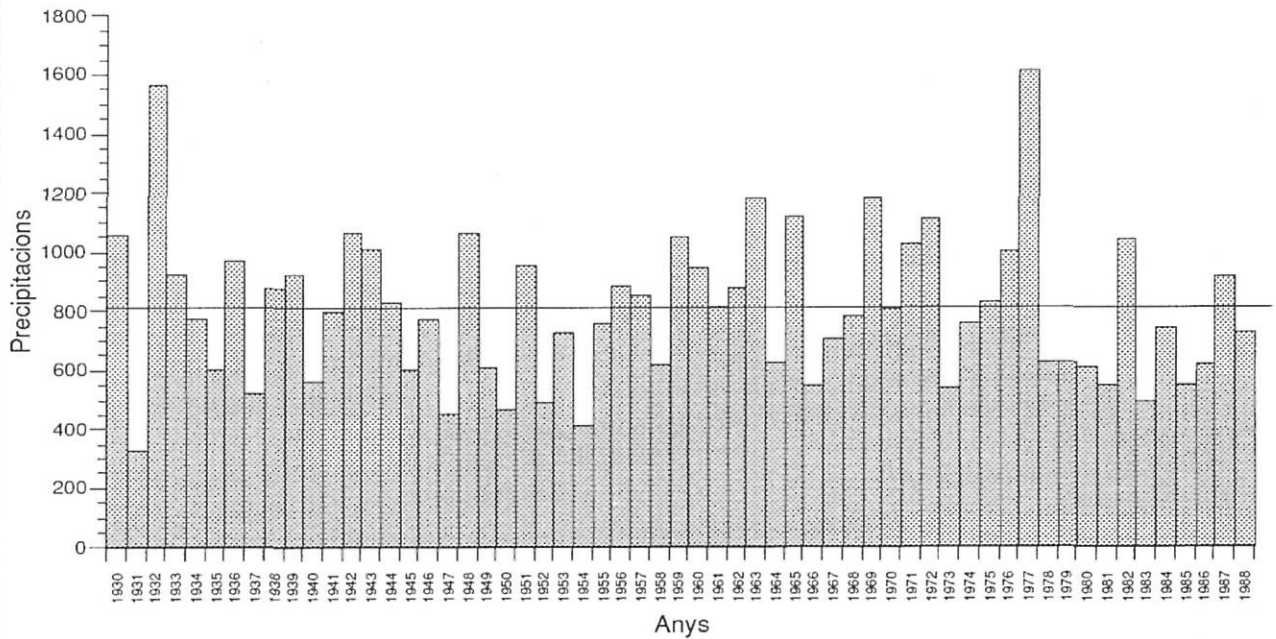


Fig. 3 Exemple de la irregularitat interanual de les precipitacions corresponent a la ciutat de Girona.

(cas freqüent en els zones urbanes on s'efectuen enlleramets artificials), deixen sovint un llit massa estret i l'aigua és obligada a circular a gran velocitat, la qual cosa origina la mobilització dels blocs situats en el fons del llit, de manera que quan finalitza l'enllerament i per tant disminueix la velocitat de l'aigua, aquests blocs seran dipositats al bell mig de l'eix del riu, originant una desviació del flux cap als marges, desbordant.

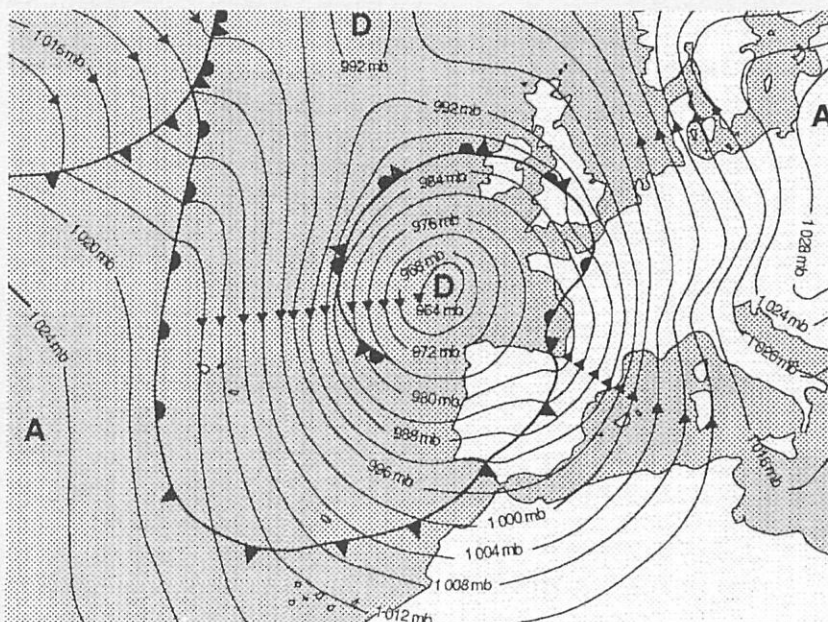
De la mateixa manera, la formació de barratges (acumulació dels arrossegalls transportats) en els ponts de llum insuficient provoca dos efectes ben perillosos: el primer, el represament de les aigües amb el consegüent augment del nivell d'aquestes riu amunt, i posteriorment, quan aquest pont cedeix per l'empenta de les aigües, es produeix una ona brusca de crescuda riu avall.

Degradació dels vessants i moviments en massa

Durant els episodis de pluja torrencial, l'aigua que s'escola pels vessants sovint produeix fortes incisions en el moment que se supera la capacitat d'infiltració de les formacions superficials (fenomen molt freqüent en les rierades del litoral mediterrani). Cal recordar que la manca de coberta vegetal redueix en gran manera la resistència de la superfície del sòl i que en un major pendent, més gran és la velocitat del flux i més intensa és l'erosió.

Una altra conseqüència dels aiguats són els moviments de massa (esllavissaments). Es donen generalment en àrees on hi ha una formació superficial de plasticitat no molt elevada, per damunt d'un substrat impermeable. També es fa indispensable, en aquest cas, un pendent fort i una manca de vegetació arbòria o arbustiva. Una pluja intensa i continuada porta a la saturació de la formació superficial i un cop superat el límit de liquidesa es produeix l'esllavissament. A vegades la pròpia força de les aigües que circulen per la llera del riu ajuden a desfalcgar aquesta formació superficial, provocant en aquest cas un efecte mixt (un exemple és l'esllavissada del pont de Bar, al Segre, durant els aiguats del novembre de 1982).

Fig. 4 Mapa del temps del 7 de novembre de 1982 on es destaca una depressió causant de les inundacions als Pirineus.



Principals zones d'elevat risc a les terres gironines

El risc d'avingudes sobre el territori és un fenomen aleatori, però existeixen unes àrees que a causa de les seves característiques físiques (orografia, proximitat al mar, etc.) fa que siguin més susceptibles de patir els seus efectes. Els temporals de major intensitat acostumen a afectar principalment els sectors del Pirineu i Sistema Litoral, mentre que les inundacions a la Depressió Central són conseqüència dels aiguats que acostumen a tenir lloc a les capçaleres dels rius. A les terres gironines on els efectes de les aigües acostumen a ser més catastròfics es poden localitzar principalment en nuclis urbans i industrials, sense oblidar algunes importants zones agràries. Cal destacar, en aquest sentit, les que es produeixen històricament a les poblacions properes al llarg del Ter i als seus afluents (Ripoll, Ribes de Freser, Torelló, Manlleu, Roda de Ter, Girona, l'Estartit, etc.); el Daró principalment afecta la Bisbal d'Empordà. Així mateix, s'han de tenir en consideració les inundacions que es produeixen als rius Terri, la Tordera (des de Sant Celoni fins a la seva desembocadura), el Fluvià (entre la Vall d'en Bas i Sant Joan les Fonts), la Muga, el Manol, el Llobregat, el Ricardell i les petites rieres i torrents propers a poblacions litorals (vegeu Fig. 4).

Cal destacar, a més, les inundacions que en l'actualitat es produeixen aigua avall dels embassaments o en zones on hom ha construït infraestructures, béns o serveis importants. Podem citar com a exemple la Muga aigües avall de l'embassament de Boadella.

Sistemes i actuacions per a la prevenció i control de les avingudes

Fins fa poc els sistemes de prevenció de les inundacions es realitzaven a partir de mètodes estructurals com ara la protecció de les ribes, construcció d'embassaments o de canalitzacions, etc. En alguns casos els desviaments de rius i rieres cap a altres zones menys perjudicials ha estat, i encara és, una altra manera per lluitar contra els efectes de l'aigua. En l'actualitat aquests mètodes de prevenció es continuen portant a terme, però a més, la informació meteorològica

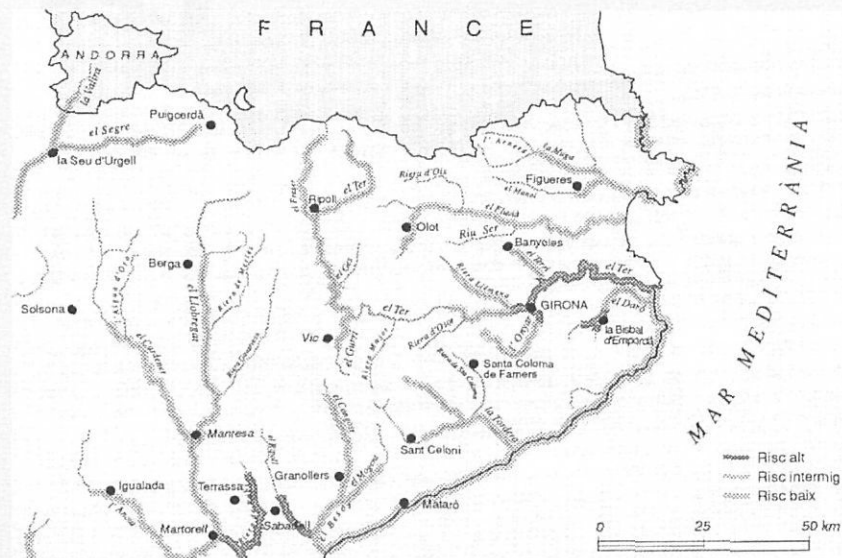


Fig. 5 Mapa de les zones de risc d'inundació a les terres gironines.

i hidrològica s'ha beneficiat dels nous coneixements existents sobre la matèria i de les noves tecnologies de recollida, anàlisi i transmissió en temps real de dades claus sobre els paràmetres físics de les inundacions. D'entre aquestes tecnologies resulten d'especial rellevància els radars que poden resseguir l'evolució dels diferents nuclis tempestuosos i proporcionar informació sobre la quantitat d'aigua precipitable que previsiblement transporten. D'altra banda, l'anomenat SAIH (Sistema Automàtic d'Informació Hidrològica) permet, mitjançant una sofisticada xarxa de sensors pluviomètrics i hidrològics, l'obtenció de dades en temps real pel que fa al desenvolupament de les tempestes i als cabals instantanis de rius i rieres.

Cal mencionar, però, que aquest sistema encara no està implantat a totes les conques susceptibles de patir inundacions. Tota aquesta informació facilitarà en un futur proper la presa de decisions en situacions de possible perill, ja que serà possible conèixer el decurs de l'epidemiològic amb una certa anticipació. D'igual manera, el litoral mediterrani es beneficia del denominat PREVIMET, en vigència de setembre a novembre. Aquest servei controla i alerta de les situacions meteorològiques que poden provocar inundacions. Cal esmentar, però, que aquesta informació sobre els paràmetres físics de les inundacions encara no resulta del tot fiable, especialment en aquestes àrees litorals que poden experi-

mentar pluges de gran intensitat i amb una ràpida conversió de les precipitacions en escolament superficial.

El planejament i gestió de situacions d'emergència ha avançat també de manera significativa en els darrers anys a partir de la creació del Servei de Protecció Civil l'any 1982. L'elaboració dels Plans Municipals d'Emergència, que s'inscriu en la recent normativa de Protecció Civil i que obliga a elaborar els corresponents Plans d'Emergència a tots els municipis qualificats com a turístics o en poblacions amb més de vint mil habitants, ha de representar la resposta adequada a aquesta necessitat d'establir els procediments d'actuació davant el risc d'inundació.

Enric Sorribas i Armand Güell
són geògrafs.

BIBLIOGRAFIA

- Corominas, J. i Canasa, J. (1988). «Problemes associats als riscos geològics», dins *Natura, us o abús*. Llibre blanc de la gestió de la natura als Països Catalans; Ed. Barcino; 2a edició; Barcelona.
- Duran, J. et al. (1985); *Geología y prevención de daños por inundaciones*; IGME; Madrid.
- Llasat, Maria del Carme (1991); *Gota frita*; Ed. Boixareu Universitària; Barcelona.
- Martín Vide, Xavier (1985); *Plugues i inundacions a la Mediterrània*; Ed. Ketres; Barcelona.
- Témez, J.R. (1987); «Métodos estructurales y no estructurales de defensa contra las inundaciones»; dins *Riesgos geológicos*; IGME; Madrid.