

La cartografia del risc d'inundació. Una eina per a la planificació

Armand Güell i Mirabet*
Enric Sorribas i Ribas**

La fecian grossa, sai, la buggerata
di stringe' l'letto, vedi poi le strette!
siamo ar punto 'he sèlve 'na pisciata
peiché l'Arno salischi alle spallette***

Beppe d'Angello

Résumé / Abstract / Resumen / Resum

Cet article examine de quelle façon la cartographie peut être utile à la planification et à la prévention du risque d'inondation. Une fois résumées les caractéristiques principales de ce risque ainsi que les principaux mécanismes d'adaptation existant pour y faire face, les auteurs proposent un système de représentation cartographique qui se centre autour de trois points: a) Banques de données et fiche de registre des épisodes d'inondations; b) Cartographie de base et symbologie à utiliser, et c) Cartographie spécifique (cartes de potentialité du risque, des usages du sol et cartes finales synthétiques du risque).

* * *

This article examines the ways in which cartography can contribute to the planning and management of storm-flood risk. After resumé of the main characteristics of this type of risk and the main mechanisms which can be adopted to combat it, the authors propose a form of cartographic representation.

* Institut Cartogràfic de Catalunya, Balmes 209-211, 08006 Barcelona.

** GEOTEC, Estudis i projectes geogràfics.

*** La feren grossa, saps, la broma/d'estrènyer-li el llit, veus després de les estretors!/som al punt que serveix una pizarada/ perquè l'Arno surti dels murs de protecció.

Their proposal consists of three elements: a) data-base and registration file of flood incidence; b) basic cartography and symbols to be used; c) specific mapping (risk potential and land-use maps, and finally risk maps).

* * *

Este artículo examina de qué manera puede ayudar la cartografía a la planificación del riesgo de avenida. Después de resumir las características principales de este riesgo y los principales mecanismos adaptativos para afrontarlos, los autores hacen una propuesta de representación cartográfica centrada en tres puntos: a) Bases de datos y ficha de registro de episodios de inundación; b) Cartografía de base y simbología a utilizar, y c) Cartografía específica (mapas de potencialidad del riesgo, de usos del suelo y mapas finales del riesgo).

* * *

Aquest article examina de quina manera pot ajudar la cartografia a la planificació i gestió del risc d'avinguda. Després de resumir les principals característiques d'aquest risc i els principals mecanismes adaptatius per fer-hi front, els autors fan una proposta de representació cartogràfica centrada en tres punts: a) Bases de dades i fitxa de registre d'episodis d'inundació; b) Cartografia de base i simbologia a emprar, i c) Cartografia específica (mapes de potencialitat del risc d'usos del sòl i mapes finals del risc).

INTRODUCCIÓ. ELS RISCOS NATURALS

La interrelació de dos components, com són un procés natural i la interferència humana, és la característica principal que cal tenir en compte en l'inici de qualsevol valoració i estudi sobre riscos naturals. De la mateixa manera, la magnitud d'aquest risc no té res a veure amb la importància de l'esdeveniment, sinó que està directament relacionada amb el grau i forma d'ocupació de l'àrea que n'ha resultat afectada. A més, també s'ha de tenir en compte quina és la quantitat d'energia que s'allibera en el procés, quines són les freqüències en què ocorren aquests fenòmens i quins són els seus períodes de durada.

En la literatura geogràfica es defineixen els riscos com aquells elements del medi físic i biològic nocius per a l'home i causats per forces alienes a ell (Burton i Kates, 1964), o bé, que ho poden ser tant els processos d'adaptació dels grups humans

al seu entorn, com la possibilitat de disfuncionalitats entre aquesta adaptació i les condicions pròpies del medi (Calvo, 1984), o, des d'una visió més genèrica, un risc és la percepció d'un event natural que amenaça la vida i la propietat, i un desastre seria, en canvi, el desenvolupament o la realització d'aquest risc (Whittow, 1980).

Les catàstrofes se solen diferenciar en dues categories principals, les que tenen un origen pròpiament natural i les que provenen de l'oblit i la negligència del propi gènere humà. Aquesta diferenciació està estretament relacionada amb el nombre de persones mortes i amb la periodicitat de la pròpia catàstrofe. Així, les catàstrofes naturals presenten un nombre elevat de víctimes i una freqüència anual força baixa, mentre que en els riscos produïts directament per l'home el nombre de baixes es força inferior, però amb una ocurrència més freqüent del fenomen.

Estudis més recents (Whittow, 1980) contemplen quina és la percepció per part dels ciutadans del grau de perillositat que hi ha en un risc. El fet que existeixi més conscienciació per part d'aquests ciutadans vers els problemes de pol·lució mediambiental, fa que els riscos es diferenciïn en naturals (inundacions, terratrèmols, tempestes, huracans, etc.), en produïts per l'home (incendis, accidents d'avions, etc.), en socials (epidèmies, aldarulls, etc.) i en quasi-naturals (contaminació de l'aire i de l'aigua) (Figura 1).

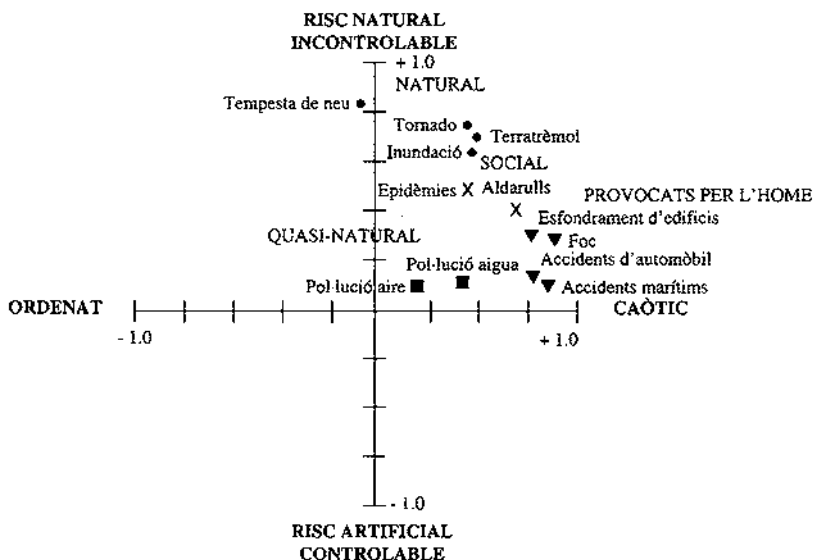


FIGURA 1
Percepció del grau de perillositat d'un risc (segons Whittow).

Hi ha força maneres de diferenciar els riscos naturals, aquestes es basen, generalment, en els seus paràmetres de magnitud, velocitat, duració, quantitat de morts, cost econòmic, manera d'actuar, etc. Aquests paràmetres són objectivament mesurables en el període posterior a la catàstrofe i són d'una vàlua importantíssima en els estudis de risc, però no serveixen, generalment, per fer una predicció amb anterioritat de la proximitat d'un desastre natural. Tota aquesta informació s'ha d'utilitzar per poder establir estimacions de probabilitat del risc, que han de servir per realitzar cartografia de zones de risc, malgrat que, com apunta Whittow, és convenient saber que les lleis de la natura refusen ser governades per estimacions estadístiques.

A grans trets, i segons el seu origen, podem classificar els riscos naturals sota tres categories principals:

- els que tenen el seu origen a l'interior de la Terra i estan relacionats amb els processos geodinàmics interns (terratrèmols, volcans, *tsunamis*, etc.);
- els que es troben relacionats amb processos superficials (esllavissades, allaus, etc.);
- els que estan causats per fluctuacions dels elements atmosfèrics i hidrològics (inundacions, sequeres, grans tempestes, ventades, etc.).

L'estreta relació, que abans s'esmentava, entre el procés natural en si i la manera com l'home ha ocupat el territori apunta cap a la necessitat de considerar el terme de risc des de dues òptiques ben diferents (Castileiro, 1984):

- existència i definició d'un perill de dany o de pèrdua individual i/o social,
- probabilitat d'ocurrència d'aquest dany.

En el primer dels casos, el concepte risc s'entén com la localització, descripció i definició del propi fenomen. La valoració o magnitud d'aquest només es pot realitzar en termes relatius, comparant-la amb altres esdeveniments de magnitud coneguda. En el segon dels casos es té en compte la probabilitat que aquest fenomen torni a succeir dins d'un temps determinat, el que és conegut com a període de retorn o també període de disseny en termes d'enginyeria. Són aquests dos conceptes els paràmetres bàsics a tenir en compte en qualsevol estudi de risc i els que ajudaran a establir quins han de ser els plans de predicció i de previsió per a una zona determinada.

El risc d'inundació

Les inundacions són enteses com un desbordament d'un riu o un corrent d'aigua en sortir del seu llit aparent a causa d'una forta crescuda, malgrat que existeixen tam-

bé altres tipus d'inundacions de caire més local i que poden ser produïdes, per exemple, per fortes onades o per precipitacions intenses i sobtades sobre àrees amb un drenatge deficient o amb un grau elevat d'impermeabilització de la superfície.

Les inundacions es poden classificar en:

1) Naturals:

Meteorològiques:

- Crescuda del riu a causa de precipitacions intenses.
- Inundacions a la línia de costa a causa de temporals marins.
- Fosa ràpida de les neus.

Altres causes:

- Per obstruccions naturals de llits fluvials per causes sísmiques, episodis volcànics, corriments de terra, allaus, dics de gel, etc.
- Inundacions a la línia de costa a causa de *tsunamis*.
- Inundacions produïdes per subsidència al llarg de la costa.

2) Antròpides:

Directes:

- Trencament de preses.
- Obres en el llit fluvial: dics, canalitzacions, preses.
- Desembassament sobtat d'aigua.
- Obres de mineria i escombreres.
- Intercepcions causades per vies de comunicació.

Indirectes:

- Desforestació i pèrdua de cobertura vegetal.
- Impermeabilització del terreny a causa d'un augment de les zones urbanitzades.
- Erosió de sòls que afavoreixen els fenòmens torrencials.
- Usos incorrectes del sòl.

3) Mixtes:

- Trencament d'obres hidràuliques per causes meteorològiques o no-meteorològiques.

A grans trets, la gènesi d'aquest risc es produeix per la interrelació de tres paràmetres ben definits i que són: una climatologia característica de la zona, una morfologia i composició del terreny, i una activitat antròpica important que moltes vegades tendeix a potenciar el risc, que es pot concretar en l'ocupació de la llera del riu, en la realització d'obres d'infraestructura sovint incorrectes i en una desforestació incontrolada dels vessants de la conca hidrogràfica (no permetent d'aquesta manera que l'aigua es vagi infiltrant o que disminueixi la seva velocitat d'escolament). Així doncs, el paper que hi juga l'home fa que les inundacions siguin cada cop més catastròfiques,

tant pel que representa en pèrdues de vides humanes com en danys econòmics a béns públics i privats.

A l'actualitat és impossible separar en l'anàlisi de les causes d'una inundació cap d'aquests tres paràmetres abans esmentats, la qual cosa condueix, a l'hora de plantejar el seu estudi, a contemplar-los des d'una visió integrada. És el que Saha (1981) defineix com a megasistema socio-ecològic, en què els tres paràmetres fonamentals s'han de considerar conjuntament en el moment d'efectuar la planificació de qualsevol conca hidrogràfica, i plantejar-la des del punt de vista d'un megasistema entre aigua, terra i home.

AVALUACIONS PER A UNA PLANIFICACIÓ

A l'hora de valorar el risc d'inundació s'ha de conèixer al màxim les interrelacions existents entre el medi natural i l'home-societat en la qual es desenvolupa aquest risc. Cal tenir en compte que moltes vegades és el propi home-societat el factor principal d'activació d'una catàstrofe, motivada principalment per una ocupació incorrecta i, al mateix temps, per una mala planificació. El més coherent és, doncs, prevenir i corregir qualsevol situació de risc, en la qual és necessari conèixer les característiques físiques del terreny i l'entorn de la societat que l'ocupa (grau d'ocupació i aspectes socio-culturals i demogràfics). D'aquesta manera és possible valorar què resulta més rendible econòmicament parlant, si efectuar mesures de prevenció i correcció a la zona afectada, o bé al contrari, instal·lar la població en zones o el risc sigui menor. En les zones urbanitzades a l'actualitat l'única que es pot fer és legislar tota una sèrie de mesures de prevenció per tal que en cas d'inundació les pèrdues en vides humanes i béns públics i privats siguin mínims, i intentar evitar, en la mesura que sigui possible, que noves construccions en vagin reemplaçant d'altres de més antigues i amb més grau de vulnerabilitat al risc d'inundacions. En el cas que es reemplaçin, aquestes hauran de reunir tota una sèrie de mesures de seguretat per part dels ocupants.

Zonificació: conques, sectors, etc.

Per fer una avaluació correcta cal conèixer tota una colla de paràmetres o variables, que van de les inundacions històriques que han afectat una àrea, les zones d'inundació, les dades tècniques climatològiques i meteorològiques (precipitacions anuals, diàries i intensitats) i les dades hidrològiques (mesures dels cabals mitjans i dels cabals màxims instantanis), fins a les obres d'infraestructura que s'hi han realitzat per tal de corregir els efectes de les avingudes (caldrà estudiar i precisar si aquestes són vàlides a l'actualitat), passant pel coneixement acurat de les característiques físiques del ter-

reny (roques que conformen el substrat i peculiaritats de les formacions superficials —pendent, composició, permeabilitat, grau d'erosió, tipus i nivell d'ocupació de la vegetació, etc.—) i quina és la utilització antròpica d'aquestes àrees a l'actualitat.

La interrelació de totes aquestes dades ha de permetre conèixer, valorar i delimitar les zones susceptibles de patir inundacions. Aquesta delimitació facilitarà descriure i elaborar una planificació a nivell d'un sector de la conca o bé, en d'altres casos, si convé efectuar una actuació a nivell de tota la conca hidrogràfica. Aquesta planificació significa adoptar les mesures necessàries, tant abans de la inundació com durant i després de la mateixa.

Mesures de prevenció i predicció

Un cop conegudes les dades i delimitada la zona afectada és necessari establir tota una sèrie de mesures per tal de prevenir i predir les inundacions abans que aquestes tinguin lloc, així com establir una colla de dispositius d'evacuació i d'ajuda durant i després en el cas que esdevingui la inundació. Cal tenir present que una de les aspiracions màximes en un estudi de riscos és poder predir en quin moment i en quin lloc es produirà l'esdeveniment amb característiques catastròfiques (Garzón, 1987).

Entre l'ampli ventall d'actuacions que es poden realitzar per tal d'anul·lar o aminorar al màxim possible les despeses econòmiques i socials que ocasionen les inundacions, aquestes es poden classificar en dues grans categories: les obres d'infraestructura hidràulica i els mètodes no-estructurals. Les primeres impliquen intervencions de caire tecnològic, mentre que les segones van dirigides a l'àmbit del comportament individual i col·lectiu enfront del risc (Saurí, 1991). La realització d'una o l'altra vindrà en funció de la seqüència temporal en què es produeixen, d'aquesta manera n'hi ha de característiques per a les fases abans, durant i després de la catàstrofe.

Les obres d'infraestructura hidràulica són les actuacions més característiques que s'acostumen a portar a terme durant la fase abans de la catàstrofe, en les quals s'intenta modificar el règim natural o les condicions de desguàs del llit, permetent reduir el risc o aminorar-ne els cabals al màxim (Carles Genovés, 1989). Dintre d'aquest apartat d'obres hidràuliques s'inclou des de la construcció de murs laterals de contenció o d'embassaments laminadors d'avingudes fins als drenatges, neteges i enllitaments, passant per les obres de modificació de la llera del riu mitjançant desviaments o transvasaments.

Dintre de les actuacions no-estructurals cal mencionar com a bàsiques el conjunt de normes i regulacions legals administratives que fan referència als usos del sòl dins el perímetre inundable, així com els plans d'emergència destinats a protegir persones i béns durant el període crític de l'avinguda. Si es contempla la gestió del risc com un procés conscient i de caràcter global, dirigit a fer efectives totes les mesures possibles

per tal d'evitar o minimitzar les pèrdues, aleshores resulta imprescindible una interacció i coordinació d'aquestes mesures al més acurada possible (Saurí i altres, 1991).

Cal esmentar, però, que les preferències socials s'inclinen per les adaptacions de tipus tecnològic (Saurí, 1991), els motius principals són, per un costat, la creixent desconfiança existent amb l'Administració i, per l'altre, la necessitat de l'individu de sentir-se protegit. Aquesta falsa seguretat pot tenir com a conseqüència que si la protecció mitjançant obres d'infraestructura resulta insuficient o inadequada, els danys poden ser molt més elevats (Calvo García-Tornel, 1984; Témez, 1987). El més eficient, en conseqüència, és la combinació de totes dues, així a l'hora de construir obres d'infraestructura s'ha d'incorporar una bona ordenació del territori en la qual s'organitzin les zones previsible de patir inundacions, intentant distribuir-hi correctament els habitatges, les indústries, les xarxes de comunicacions i els camps de conreu segons la seva importància i característiques, i d'acord amb la proximitat del riu, els nivells previsible d'inundació i els esquemes circulatoris de l'aigua (Témez, 1987). A més, amb la millora constant de la qualitat de vida la societat es cada cop més exigent en les seves demandes de protecció enfront del risc.

A part d'això, dintre del camp de les mesures de prevenció els organismes competents en la matèria han de potenciar campanyes d'educació i divulgació. És necessari que la població que sofreix algun tipus de risc natural conegui les zones més susceptibles de patir-los, els mecanismes que originen el procés i la manera de prevenir-los dintre del seu entorn ambiental, així com les mesures que cal prendre en el cas d'una catàstrofe.

PLANIFICACIÓ. REPRESENTACIÓ CARTOGRÀFICA DE LES ZONES DE RISC

Com ja s'ha comentat anteriorment, per realitzar una planificació correcta del territori és necessari primerament conèixer amb profunditat els seu funcionament i les interrelacions que hi tenen lloc. Així mateix, cal fer una anàlisi econòmica dels danys que ocasionen les inundacions, que, a més d'incloure les propietats públiques i privades afectades, contemplin una valoració, encara que difícil de realitzar, de les pèrdues provocades per la interrupció del trànsit en les vies de comunicació afectades, la paralització de l'activitat laboral, etc.

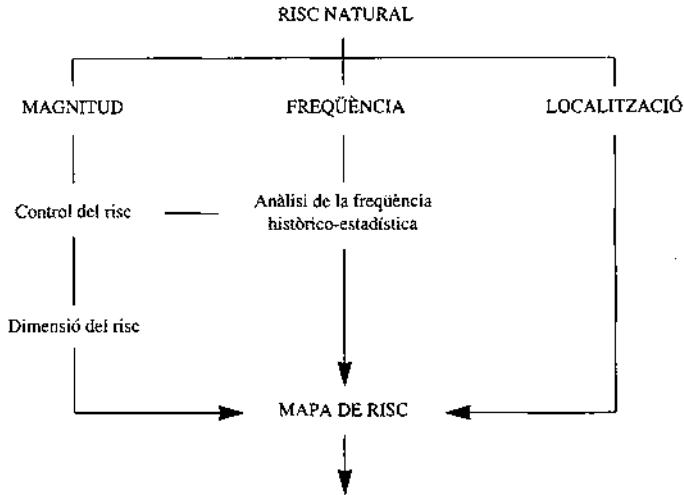
Malgrat tot, si solament es fa un estudi basat en l'anàlisi econòmica dels danys, difícilment es podrien defensar moltes de les obres hidràuliques construïdes a l'actualitat, amb la incertesa que a la llarga els beneficis que s'en puguin obtenir es derivaran d'un ús més bo que es pugui fer de la terra i del grau de desenvolupament de la zona, factors que són de quantificació difícil.

Amb una correcta planificació territorial que respecti, en la mesura del possible, l'equilibri natural, s'intenta minimitzar els danys que pot produir una inundació, això no significa limitar la utilització de les àrees inundades, sinó que cal regular-ne racionalment la utilització, la qual cosa sempre serà molt més fàcil de portar a terme en aquelles zones on el desenvolupament està encara per realitzar que no pas en aquelles àrees on ja s'ha desenvolupat i que potser s'ha fet d'una manera abusiva i desordenada. Segons Témez (op. cit.) a l'hora de regular els usos del sòl s'han de tenir en compte tres zones:

1. Àrea de prohibició: Correspon al llit d'avingudes ordinàries i s'hi prohibeix tot tipus de construcció (edificis, terraplens de ponts, etc.) que puguin suposar un obstacle al corrent.
2. Àrea de restricció: Adjacent a l'anterior i assolible per les aigües amb ocasió d'avingudes extraordinàries, per on circulen petits percentatges del cabal total. Si bé en aquesta àrea no es prohibeix la construcció d'edificacions i altres obres, sí que es reglamenten les condicions que s'han d'incloure en el projecte i construcció; així com les especificacions dels materials utilitzats.
3. Àrea de precaució: Aquelles àrees solament inundables en avingudes de molt rara freqüència. Únicament s'informa els propietaris que vulguin desenvolupar alguna activitat sobre la cota assolible per les aigües.

Malgrat tot, en zones que a l'actualitat es troben en vies de desenvolupament, s'accelera el creixement en assentaments amb bons accessos i facilitat per establir una xarxa de comunicacions, ignorant la consideració tradicional d'àrees d'alt risc, la qual cosa provoca un augment de la probabilitat en aquestes zones de d'infraestructura nova (Garzón, 1987). Per tal que aquesta ordenació sigui plenament efectiva és necessari, primer, la realització d'una àmplia cartografia de riscos on es contempli la freqüència, la intensitat i la localització del fenomen; la freqüència i intensitat s'aconsegueix mitjançant l'observació i la recollida de dades que permetin obtenir sèries d'anys d'inundacions al més completes i llargues possible i on s'han d'incloure les inundacions històriques (aquelles que resulten de la consulta i revisió dels diferents arxius existents) i les inundacions instrumentals (aquelles avingudes de les quals es disposa de mesuraments fiables sobre precipitacions i cabals). Al mateix temps, cal conèixer les dades existents sobre les pèrdues ocasionades en els diferents episodis catastròfics (Figura 2).

L'evolució tecnològica permet d'integrar la totalitat de les dades disponibles en un sistema d'informació geogràfica (SIG), per tal que, amb posterioritat, es pugui manipular la informació i aconseguir de tenir respostes per a la planificació, recerca i gestió. Aquesta integració de les dades en el SIG ens permetrà d'obtenir sortides cartogràfiques amb la informació que s'hagi seleccionat i creuat a partir de perifèrics traçadors.



ZONACIÓ DE:
 - àrees afectades.
 - àrees similars encara no afectades.
 - àrees que probablement no seran afectades.

FIGURA 2
 Paràmetres per a la realització d'un mapa de risc d'inundació

Actualment, i a partir de les dades que es coneixen, es poden realitzar simulacions per ordinador, en les quals, un cop determinats els paràmetres que controlen els succeïments, es combina matemàticament en un model capaç de reproduir episodis ja coneguts i, a partir d'ells, predir-ne d'altres.

Bases de dades i la fitxa de registre

A l'hora de crear una base de dades sobre risc d'inundacions és necessari primer crear una fitxa de registre que permeti unificar els criteris de sistematització en la recollida de les dades. Existeixen bases de dades, però tenen l'inconvenient d'ésser excessivament tècniques i específiques, i no permeten la realització d'estudis globals o parcials dels efectes o funcionament de les inundacions sobre el territori, ni l'elaboració d'una cartografia, local o regional, específica d'aquest tipus de risc.

Amb la fitxa de registre (Ribas, A., Sorribas, E. 1990) es pretén catalogar, de manera individualitzada, totes les inundacions que han ocorregut en una població determinada, la qual cosa permet obtenir, primer, sèries d'anys d'inundacions bastant llar-

gues i on s'inclouen les inundacions històriques i les inundacions instrumentals, i, posteriorment, tota una sèrie de dades complementàries a cada una d'aquestes inundacions (causes, magnitud, emplaçaments, danys estimatius, etc.).

Una fitxa de registre ha de contemplar, com a mínim, vuit grans apartats, cada un dels quals fa referència a una temàtica diferent.

A grans trets, en aquests apartats hi ha:

1. Localització territorial de la inundació. Població afectada, municipi al qual pertany i regió que l'engloba. Seguidament, es registra el riu/torrent/barranc que provoca la inundació i la conca a què pertany.

2. Datació. En aquest apartat s'indica el dia o dies que ha tingut lloc la inundació, així com el mes i l'any. Si es coneix, és interessant introduir-hi el nom popular de la inundació, que generalment coincideix amb el sant del dia de la catàstrofe.

3. Dades tècniques. Solament aplicable per les inundacions instrumentals, de les quals es disposa de diferents mesuraments fiables sobre precipitacions i cabals. Així mateix, és interessant incloure en aquest apartat la situació atmosfèrica de la regió inundada.

4. Zones inundades. En aquest apartat és interessant localitzar, mitjançant coordenades UTM, les diferents zones inundades del municipi, donant com a punt de referència el valor UTM del marge inferior esquerre de la quadrícula (la malla UTM serà variable segons l'escala amb què es treballi. Seria interessant, per tal d'unificar, utilitzar cartografia a escala 1: 25 000 subdividint la malla en quadrats de 100 metres per 100 metres). Aquesta informació permet obtenir una localització general de la zona inundada. Posteriorment es descriuen les zones afectades per la inundació. Si és en una zona urbana és interessant conèixer els carrers afectats, si no es possible, llavors se n'indica el barri o l'àrea afectada. Per les zones no-urbanes s'usa el topònim del lloc afectat.

5. Conseqüències de la inundació. En aquest apartat es recullen totes les dades que fan referència al nombre de víctimes humanes, edificis d'habitatges i industrials afectats, ponts enfonsats, camps inundats, etc., així com les pèrdues econòmiques i tota la informació que pugui tenir un interès general.

6. Obres d'infraestructura. En aquest camp s'introdueixen les diferents obres d'infraestructura hidràulica realitzades en els diferents cursos fluvials abans de la inundació i l'any de la seva realització.

7. Observacions. Per tal d'aclearir o ampliar el contingut dels apartats anteriors, així com introduir-hi altres dades que es considerin d'interès.

8. Bibliografia. En aquest últim apartat s'indiquen els llibres, les revistes, els diaris, els informes, etc., consultats i dels quals s'ha extret informació, així com també els organismes, les entitats i els arxius que s'han utilitzat.

La correcta informatització de les diferents fitxes de registre obtingudes donarà com a resultat una base de dades completa que ha de permetre relacionar apartats o camps diferents de la fitxa segons les necessitats o la temàtica que es treballa en cada moment.

La cartografia dels riscos d'inundació

Quan hom ha de representar cartogràficament tots els paràmetres que s'han de tenir en compte a l'hora d'avaluar quines són les potencialitats de risc d'inundació d'una àrea geogràfica determinada, es presenten una sèrie de problemes importants a resoldre i que s'han de considerar prèviament a la realització d'aquesta cartografia. Es resumeixen de la manera següent:

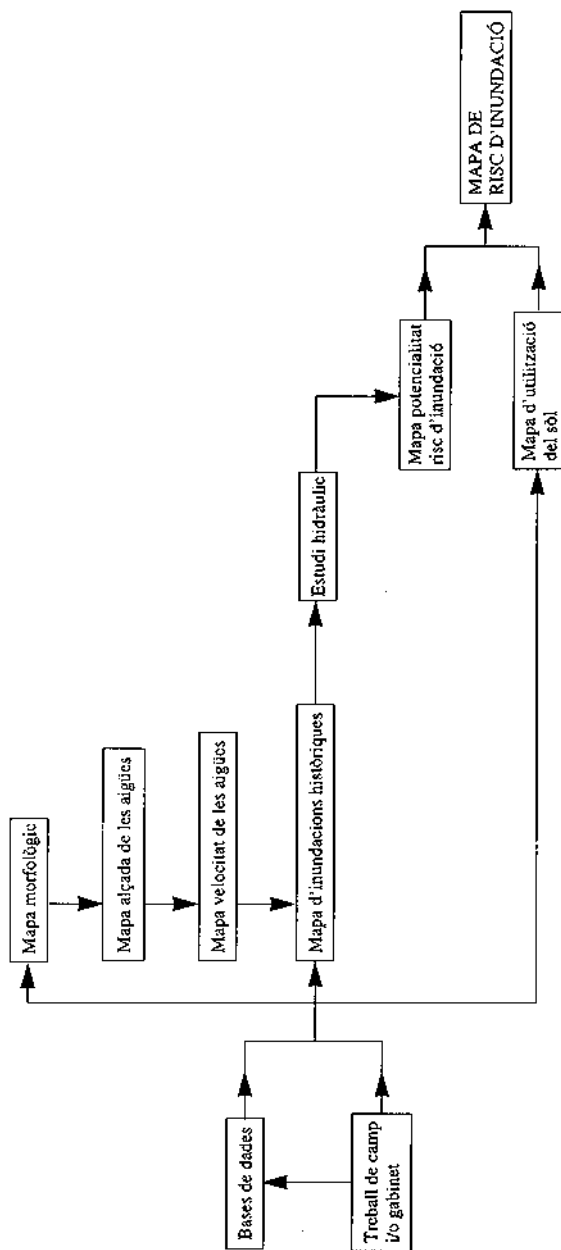
- Quina és la cartografia de base que s'utilitzarà i quina és l'escala sobre la qual s'efectuarà la representació.
- Quina és la simbologia que s'utilitzarà en la representació dels fenòmens a considerar en una valoració i estudi sobre el risc d'inundació.

Quant a la base cartogràfica a utilitzar, dependrà de la que es pugui disposar sobre la zona on s'ha de realitzar l'estudi; generalment caldrà recórrer a organismes oficials o a empreses privades amb experiència cartogràfica per tal de disposar bases amb una mètrica al més fiable possible. Aquesta base cartogràfica hauria de contenir les màximes referències altimètriques possible, és a dir, corbes de nivell com a representació del relleu i punts de referència per fer mesures topogràfiques si aquestes es consideressin necessàries. Així també, cal que hi tingui incorporada la informació planimètrica al més actualitzada possible (la xarxa hidrogràfica, la xarxa viària, els nuclis habitats i les edificacions disseminades, els límits administratius, etc).

L'escala del mapa pot ser força variable segons l'àrea geogràfica en què s'efectua l'estudi, però serà més gran cada vegada que es tractin zones amb una problemàtica més amplia i calgui fer apreciacions amb més detall. Així doncs, en valoracions sobre àrees que afectin tota la conca o en zones amb una morfologia molt marcada, l'escala a utilitzar hauria de ser 1: 25 000. Quan aquests estudis es refereixen a àrees molt planes o urbanitzades, caldria utilitzar bases a 1: 5 000 o, fins i tot, a escales 1: 2 000 o 1:1 000 en zones densament urbanitzades o que presentin una conflictivitat aparent.

La cartografia ha de tenir referenciada l'escala gràfica i l'orientació nord. Així mateix, és necessari que tingui un sistema de coordenades que permeti una localització ràpida de les diferents zones o punts.

El mapa, d'altra banda, té la finalitat de contenir el missatge de quines són les àrees susceptibles de patir un risc potencial d'inundació i quin és el valor d'aquest risc. Aquesta és la missió que té la simbologia, dissenyada amb la finalitat de representar



QUADRE 1
Diagrama de fluxos per a l'elaboració d'un mapa de risc d'inundació.

els valors que s'han de tenir en compte i la zonació d'aquestes àrees de risc d'una manera clara i inequívoca. Només un tractament molt rigorós de la informació i una jerarquització de les dades que s'aporten donaran a la cartografia una seriositat i una claredat fora de qualsevol dubte. Aquest extrem és força important si hom té en compte que, d'una manera general, la informació que es representa mitjançant la simbologia és molt més important que els detalls que incorpora la base cartogràfica.

A l'hora de definir quina serà la simbologia a utilitzar, cal evitat qualsevol ambigüitat en la lectura del mapa i caldrà basar-se en els grans principis de la semiologia gràfica, fonamentada en la utilització lògica de variables visuals, permetent, amb posterioritat al tractament de la informació, de representar d'una manera eficaç les relacions que es creguin més significatives. Aquestes variables visuals es concreten en les dues dimensions del mapa, la mida, el valor, el gra, el color, l'orientació i la forma, i poden ser representades en forma de punt, línia o zona.

El mapa de risc d'inundacions (MRI) ha de resultar de l'estudi físic de les inundacions i del seu camp d'acció a partir de l'anàlisi de les crescudes històriques (la qual cosa ens proporcionarà una cartografia de potencialitat del risc), així com d'una apreciació de la influència d'aquestes inundacions sobre la vulnerabilitat de la població, dels seus béns materials i de les seves activitats. Cal tenir present en les inundacions històriques que al llarg del temps la situació de l'entorn geogràfic ha pogut variar; així mateix, no existeix un coneixement quantitatiu ni dels cabals ni dels volums associats a les inundacions (CAPO).

Elaboració d'un mapa de potencialitat del risc d'inundació

Es concep com un document de síntesi que presenta els límits del camp d'inundació de crescudes referenciades històricament, així com el valor d'altres paràmetres característics, com ara l'alçada de les aigües, la velocitat i la durada de la inundació.

La importància de la informació que incorpora aquest document cartogràfic fa necessari que aquest s'executi amb el màxim rigor, delineant amb exactitud quines són les àrees amb diferent potencialitat de risc. Aquesta precisió abans esmentada va acompanyada de la necessitat que aquesta base cartogràfica estigui disponible i actualitzada a escales grans (generalment 1:5 000, 1:2 000 o 1:1 000).

El mapa de potencialitat del risc d'inundació (MPRI) haurà de ser confrontat amb posterioritat amb un mapa d'utilització del sòl de l'àrea objecte d'estudi, per tal de donar lloc al document final, que és el mapa de risc d'inundacions. Es comprèn, doncs, l'interès perquè aquestes informacions de base posseïxin una fiabilitat molt clara, ja que hauran d'intervenir en la definició del producte final.

Molt sovint la complexitat de la zona objecte d'estudi, ja sigui perquè és una àrea densament poblada o perquè és una àrea amb una problemàtica molt específica, obli-

garà a què el MPRI estigui precedit o acompanyat d'altres documents cartogràfics o bé d'estudis tècnics més concrets sobre alguns dels paràmetres que contempla el mapa de potencialitat del risc.

Aquests estudis previs estan encaminats a conèixer, de la millor manera possible, el medi natural de l'àrea d'estudi, i l'anàlisi de gran quantitat de factors (la morfologia fluvial, el coneixement i la influència de les inundacions històriques, etc.) permetran de distinguir les diferents zones segons les seves especificitats i la seva vulnerabilitat. Tot aquest recull s'ha d'efectuar a partir del treball de camp i de gabinet (enquestes a la població, consulta d'arxius, bibliografia, anàlisi de fotografies aèries, mapes topogràfics, estudis sedimentològics, estudis de sòls i de vegetació, etc.) Aquesta és, doncs, una fase molt important i que tendeix, a llarg termini, a disminuir els costos i a millorar la qualitat del producte final. Cal destacar, però, que aquesta anàlisi prèvia es fa més eficaç en camps d'inundació molt grans o a seccions del riu que siguin superiors als vint quilòmetres.

La cartografia a realitzar a partir d'aquestes dades es concreta en:

1. Mapa morfològic del camp d'inundació: s'hi hauria d'incorporar la delimitació d'una crescuda històrica o de màxim dues (a ser possible, òbviament, les que hagin provocat més estralls, o bé de les que es coneguin un nombre més elevat de dades), a més de la informació morfològica pròpia de la zona, com ara els dics i terraplens, els drenatges, els principals obstacles existents a la lliure circulació de les aigües, les zones amb un drenatge deficient, la direcció de les aigües, els punts de ruptura del llit fluvial, les àrees de deposició i erosió, etc.

2. Mapa on es reflecteixen les alçades assolides per les aigües a partir de la compilació de dades d'una crescuda històrica recent. Es poden mostrar les diferents alçades assolides, reflectint-hi de tres a cinc categories (aquesta variable dependrà dels valors de les dades i del sector objecte de l'estudi. Serveixi com a exemple la tria de tres categories diferents, que correspondrien a alçades inferiors a un metre, entre un i dos metres i alçades superiors als dos metres). En molts casos, i per la manca de registres fiables, caldrà fer extrapolacions en àrees de les quals no es tinguin dades. En aquests casos es necessita l'ajut de fotografies aèries o de mapes topogràfics de detall.

3. Mapa on es reflecteixen les velocitats assolides per les aigües a partir de la informació que es pot extreure de l'anàlisi del camp d'inundació i de l'enquesta directa als habitants de la zona afectada. La informació s'obindrà de l'estudi de les dimensions i del pes del arrossegalls, en els valors erosius de l'aigua i en quins han estat els objectes arrossegats per l'empenta de les aigües. En aquest mapa s'han de diferenciar clarament quatre zones: la de velocitats altes, la de velocitats mitjanes, la de velocitats baixes i la de velocitat nul·la (allà on l'aigua hi roman un cert temps però no hi circula).

4. Mapa de les inundacions històriques (MIH): de fet, és un document cartogràfic de síntesi que serveix per incorporar-hi tota la informació que aporten els tres mapes esmentats. Altres vegades serà només aquest document el que acompanyarà el resultat final, i l'altra informació serà l'eina de treball per a la confecció del MIH. Aquest ha d'incorporar les dues crescudes històriques més representatives (preferentment les de període de retorn deu i cent anys) que encara quedin en el record dels habitants de l'àrea on s'efectua l'estudi (això veurem que és important a l'hora de presentar els resultats finals, ja que una zona castigada per l'acció de les aigües, pel fet que no quedi en el record viu de la gent tindrà problemes de ser acceptada, per exemple, com a zona no-construïble).

5. Estudi hidràulic: cal efectuar-lo a partir del creuament de totes les dades que aporten els documents cartogràfics abans esmentats. La qualitat del resultat final estarà estretament relacionada amb la fiabilitat de les dades inicials. El tècnic ha de valorar totes aquestes indicacions per arribar a crear un model de crescuda de referència. En el cas que no existeixin dades d'inundacions històriques prou nombroses, o bé que aquestes no siguin representatives de l'*status quo* actual, caldria procedir a extrapolacions o a interpolacions de les línies de màxima crescuda històrica per tal de reconstruir el nivell màxim que assolirien les aigües en la crescuda de referència.

Aquest estudi hidràulic està format per quatre etapes ben diferenciades i que són:

- definició del cotingut de l'estudi,
- anàlisi de la fiabilitat de les dades de què es disposa,
- càlcul de nivell de l'aigua en la crescuda de referència,
- determinació de l'extensió geogràfica de la crescuda.

Mapa d'utilització del sòl

A l'hora de realitzar aquest mapa és necessari conèixer quina és l'ocupació del sòl de l'àrea objecte de l'estudi, per tal d'esbrinar la morfologia de les construccions existents i la seva funcionalitat (habitatge, industrial, agrícola, comercial, etc.) i la distribució de les àrees agrícoles i tipus de conreu dominant. La informació essencial que aquest mapa ha de mostrar és, principalment, les zones susceptibles de patir els nivells màxims d'exposició, la relació dels establiments, equipaments i infraestructures públiques susceptibles de patir inundacions (carreteres, ferrocarrils, línies elèctriques, línies telefòniques, etc.), i indicacions relatives a les zones més perilloses i al nombre aproximat de persones que podrien resultar-ne afectades d'alguna manera.

Les àrees on el cadastre estigui molt actualitzat seran una base cartogràfica òptima per representar tota aquesta informació, ja que disposen, o haurien de disposar, d'una descripció precisa de la parcel·lació i els diferents usos del sòl.

Vermell	Àrea de prohibició
Blau	Àrea de restricció
Taronja	Àrea de precaució
Blanc	Àrea de risc improbable

FIGURA 3
Representació dels colors del mapa de risc d'inundació.

Mapa de risc d'inundació

És el document cartogràfic final que resulta de la síntesi i el creuament de les dades aportades pels mapes de potencialitat de risc d'inundació i del d'utilització del sòl, amb la finalitat de prevenir d'una manera correcta una àrea determinada de possibles riscos d'inundació. L'objectiu primordial d'aquesta cartografia és la demarcació de les diferents àrees inundables.

Aquest mapa ha d'incloure la representació cartogràfica, mitjançant colors, de les diferents àrees en què el resultat de l'estudi ha classificat el territori, permetent, d'aquesta manera, una acurada gestió dels espais inundables: l'àrea de prohibició, l'àrea de restricció i l'àrea de precaució (Figura 3).

VALORACIONS FINALS

En les últimes dècades els desastres naturals tenen cada cop efectes més devastadors, tant per la pèrdua de vides humanes com per l'increment considerable de les pèrdues econòmiques. Això no significa que els riscos naturals hagin augmentat en nombre d'episodis, però sí que aquests han tingut efectes més catastròfics. El motiu principal ha estat la tendència, més o menys recent, de les poblacions de concentrar-se a les grans àrees urbanes, pressió demogràfica que provoca que es vagin ocupant les àrees més vulnerables del territori, afectant essencialment les capes de població menys afavorides. A l'antigor aquests espais eren culturalment preservats pel coneixement empíric que la societat tenia dels efectes dels riscos.

Fins molt recentment no s'ha abordat l'estudi en profunditat dels riscos naturals, la qual cosa feia que l'home-societat contemplés els fenòmens com a simple espectador. Els diferents estaments polític-administratius solament han contemplat, o en molts casos preveuen, els sistemes necessaris per tal d'auxiliar la població afectada per una catàstrofe, la qual cosa es coneix com a plans d'emergència. D'altra banda, en algunes zones ja s'ha avançat més en l'ordenació del territori i els plans urbanístics contempnen la prohibició que l'home ocupi àrees altament vulnerables. La planificació territorial és l'element important on s'hauria d'incidir per resoldre els greus problemes que comporten els riscos naturals en general i el d'inundació en particular.

La cartografia, com a representació gràfica de l'espai, permet la interrelació de les múltiples variables —naturals i socials— que formen una àrea, permeten un coneixement prou objectiu de com és, com funciona i com evoluciona un territori concret. Però no n'hi ha prou de la realització de mapes de riscos d'inundació si no té en compte, al mateix temps, la realització d'una correcta ordenació territorial que inclogui una planificació de la conca parcial o global, la instal·lació de sistemes d'alarma adequats o es dissenyen actuacions concretes, com, per exemple, els plans d'actuació de protecció civil (Elizaga, 1987). A l'hora de realitzar els diferents plans d'ordenació s'ha de tenir en compte quina és la visió de la col·lectivitat afectada, car la seva experiència pot servir d'ajuda per comprendre millor el funcionament del territori.

La correcta planificació del territori passa per la interrelació dels coneixements que aporten els diferents camps professionals, fent que els resultats siguin producte d'una visió integrada i pluridisciplinària de l'espai. En molts països l'estudi dels riscos ha permès a un gran nombre de geògrafs (principalment nord-americans i canadencs) integrar-se tant a l'Administració Pública com en diverses empreses relacionades amb l'àmplia problemàtica de la planificació i l'ordenació de l'espai (Calvo García-Tornel, 1984). Cal ser optimista i intentar de convèncer totes les parts implicades de la necessitat d'una planificació territorial correcta.

BIBLIOGRAFIA

- AYALA I ALTRES. (1987), *Impacto económico y social de los riesgos geológicos España*. IGME, Madrid.
- CAPO, *Inundaciones históricas y mapa de riesgos potenciales*.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (1984), *La geografía de los riesgos*, Geocrítica, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- ELIZAGA, E. (1987), *Prevención de inundaciones. Los mapas de riesgo*, Curso de Riesgos Geológicos, IGME, Madrid.
- GARZÓN, M.G. (1987), «Los riesgos geológicos. Concepto, análisis y valoración», *Geología ambiental y ordenación del territorio*, III Reunión Nacional, València.
- GEOLOGICAL SURVEY NATIONAL CENTER (1987), *Maps for America*, Third edition, U.S. Department of the Interior, Reston (Virginia).

- MCCALL, J.; MARKER, B. (Ed.) (1989), *Earth science mapping for planning development and conservation*, Graham & Trotman, Boston.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (1985), *Photo-interprétation et cartographie des zones inondables*, Editions du STU, Paris.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (1988), *La cartographie des Plans d'Exposition au risque inondation*, la Documentation Française, Paris.
- MIRÓ I FERRERONS, J. (1991), *Avingudes, riuades i planejament urbanístic*, II Seminari de gestió ambiental de la ICHN, Mataró.
- RIBAS, A.; SORRIBAS, E. (1990), «Las inundaciones: propuesta de creación de un modelo de ficha de registro», *Actas del IV Coloquio de Geografía Cuantitativa*, Palma de Mallorca.
- ROBINSON, A.H. I ALTRES. (1987), *Elementos de Cartografía*, Ed. Omega, Barcelona.
- SAURÍ, D. (1991), *Riscos dels sistemes fluvials de muntanya*; 10è Curs d'Estudis Pirinencs; la Seu d'Urgell (en premsa).
- SAURÍ, D.; RIBAS, A.; GÜELL, A.; SORRIBAS, E. (1991), *Actuacions hidràuliques, el planejament urbanístic i els plans d'emergència en la gestió del risc d'inundació: El cas del municipi de Girona*, Primer Congrés Català de Geografia, març 1991, Barcelona.
- SAHA, S.K. (1981), *River basin planing. Theory and practice*, E. by S. K. Saha and C.J. Barrow, John Wiley and Sons. Brisbane, Toronto.
- SEGURA, F. (1991), «Geomorfologia fluvial y trazado de mapas de riesgo de inundación: el cono aluvial del Palància», *XII Congreso Nacional de Geografía*, AGE i Universitat de València;
- SORRIBAS, E.; GÜELL, A. (1991), «Las inundaciones históricas en la ciudad de Girona», *XII Congreso Nacional de Geografía*, AGE i Universitat de València.
- TÈMEZ, J.R. (1987), «Métodos estructurales y no estructurales de defensa contra las inundaciones», *Riesgos geológicos*, IGME, Madrid.
- WHITTOW, J. (1980), *Disasters*, Penguin Books Ltd., London.