

EL FENOMEN NATURAL DE LA INUNDACIÓ EN ELS RIUS I EL CONTROL DE LES INUNDACIONS I DE L'ESPAI FLUVIAL DEL GAIÀ

Joan Rubió i Guilleumas

1. INTRODUCCIÓ

El fenomen de la inundació fluvial té lloc en els rius quan aquests surten del seu llit menor a causa d'una forta crescuda o d'una variació de la cabuda de la llera. Aquest fenomen, que s'esdevé de forma natural quan les pluges són molt fortes o el desgel molt sobtat, per comprendre'l des d'un punt de vista intuïtiu ens podem acostar a l'ofici de paleta i preguntar-nos des d'aquest com s'ho faria un d'ells per recollir en una obra les aigües d'un conjunt de terrats i teulades. Hauria d'anar unint les diferents superfícies que configuren les teulades amb tubs o canals sense oblidar d'augmentar l'amplada del canaló cada vegada que hi afegeix una nova teulada o superfície per així poder acomodar més aigua en el seu camí cap a la desembocadura, sense que aquesta vessi o senzillament no hi càpiga. Ha pensat un desguàs per una superfície més o menys gran augmentat successivament aigües avall l'amplada del canaló. De fet ha dissenyat un riu o també podríem dir que un riu és el desguàs natural del relleu d'un determinat territori.

2. LA GENERACIÓ DE CORRENTS D'AIGUA

Les aigües de les pluges i el desgel rellisquen per la superfície del terreny i poden seguir diversos camins. Una part d'elles s'infiltrarà en el terreny i amb el temps arribarà a formar part de les aigües subterrànies de l'aqüífer de la zona o viatjarà lluny de vegades fins un altre indret on podrà sortir a l'exterior en forma de font o deu o potser es vessarà directament al mar després d'un temps.

Una altra part de les aigües seguirà el camí per la superfície del relleu i a mesura que es va desplaçant, el flux, en principi dispers, es va agrupant, concentrant en rierols i petits cursos fluvials els quals condueixen finalment aquest escolament cap al mar. Aquesta aigua excedent que es concentra en totes les ramificacions de la xarxa fluvial i que fa camí cap avall, cap al mar, és una part vital del medi ambient per a totes les formes de vida terrestre i constitueix diferents medis on s'estableixen plantes i animals com rius, torrents, llacs... i és també per

l'home un valuós recurs per mantenir en funcionament la seva societat sigui agrícola o industrial. Aquest excedent hídric d'aigua dolça pot tenir també un impacte negatiu, quan és molt abundant, envers els assentaments humans quan aquests s'han apropiat massa o envaït part del llit del riu que l'aigua ocupa durant els períodes de fortes pluges i produeix inundacions de béns i recursos. En terrenys despoblats o salvatges, sense vides humanes, les inundacions tenen unes repercussions econòmiques i socials molt menors o nul·les.

L'escolament que genera un flux d'aigua superficial que té un gruix com una fina làmina d'aigua discorre pendent avall fins a tributar amb el temps a un torrent o curs fluvial que no és més que una forma d'escolament més ràpid i que concentra major quantitat d'aigua que es desplaça cap a cotes inferiors empesa per la força de la gravetat.

El conjunt de cursos d'aigua, per petits que aquests siguin, que circulen pendent avall des del punt on van començar a fluir sobre la superfície terrestre es coneix amb el nom de *sistema de drenatge*. Aquest es compon d'una xarxa ramificada de canals fluvials que recullen les aigües superficials procedents dels vessants que tributen en ells. Tot aquest sistema està delimitat per una línia de carena que fa de divisòria d'aigües i que el contorneja i el tanca totalment de tal manera que l'aigua només té un punt de sortida, el de cota més baixa. Aquesta porció de terreny així delimitada es coneix amb el nom de *conca hidrogràfica* on cada canal fluvial representat rep l'escorrentia d'una petita àrea que rodeja el canal. Cada una d'elles es podria imaginar com una petita xarxa de drenatge o una conca de rang inferior; una cèl·lula dins el sistema. La totalitat d'aquestes petites superfícies dins de la divisòria exterior d'aigües configura la conca hidrogràfica, el sistema de drenatge de l'aigua d'escolament (i també del subsòl) d'una determinada porció de terreny.

Aquest sistema de drenatge és un mecanisme de convergència que canalitza les formes més difuses i lleugeres de l'escolament cap una trajectòria cada vegada més activa i profunda, el riu.



□ Figura 1. Situació geogràfica de la conca hidrogràfica del Gaià dins el conjunt de les conques del terç sud catalanes. Observeu que la línia que tanca la conca per tot el seu volt limita a l'oest amb la conca del Francolí, al nord amb la conca de l'Ebre (Segre) i per l'est amb les conques de l'Anoia, el Foix i més al sud, limitant amb el mar Mediterrani, el conjunt de rieres de Calafell-Torredembarra, la més important de les quals és la de la Bisbal que passa pel Vendrell. El riu té una longitud de 65 km i la conca una superfície de 424 km². També s'hi representa l'embassament del Catllar.

3. QUANTIFICACIÓ HIDÀULICA DELS CURSOS D'AIGUA

Fins ara hem vist quin és el mecanisme de generació d'un corrent d'aigua que anomenarem riu; aquest serà més gran, ample i més cabalós com més gran sigui la part de la conca de drenatge que té aigües amunt ja que més aigua ha d'absorbir i transportar i, en conseqüència, centrant-nos en el tema de les inundacions, riuades o avingudes, més gran seran aquestes, en volum d'aigua, com més propers a la desembocadura final de la conca ens trobem. Veiem ara que un dels paràmetres més importants a l'hora d'avaluar i controlar les riuades és el cabal o descàrrega que podríem entendre com el volum d'aigua, mesurat en metres cúbics, que travessa una secció transversal de corrent (que serà el contorn del llit del riu que aquest mulla) per cada segon ja que es tracta d'un valor dinàmic variable amb el temps. Així els cabals dels corrents d'aigua s'expressen en metres cúbics per segon (m^3/s). Aquest valor del cabal es pot obtenir també calculant la velocitat V (m/s) i multiplicar-la per l'àrea A (m^2) de la secció transversal del llit del riu; podem expressar-ho matemàticament d'una forma senzilla d'aquesta manera: Q (cabal) = A (àrea de la secció) $\cdot V$ (velocitat del corrent).



Estació d'aforament limnimètrica



Detall de l'escala limnimètrica

□ Figura 2: Quan no es necessita una informació contínua del cabal o càrrega, o en els canals en els quals les fluctuacions del cabal es produeixen de forma gradual, poden obtenir-se dades suficients efectuant lectures periòdiques sobre una escala graduada o escala limnimètrica. Aquesta estació d'aforament es troba prop de la confluència del torrent del Voltor —que drena juntament amb la rasa del Quer els vessants sud de la serra de Brufaganya (925 m)— amb el riu Gaià a l'altura del molí de Seguer, en el paratge forestal de cal Camadall. El seu estat actual és descuidat malgrat que encara pot tenir la seva utilitat. L'estructura del pont, en forma de caixa, obliga al canal circular per una secció d'àrea coneguda i/o fàcilment calculable gràcies a l'escala limnimètrica col·locada amb precisió en un dels costats. Amb un correntòmetre o bé un cronòmetre podem calcular el temps que triga la làmina d'aigua en creuar el pont i seguidament podem calcular el cabal. Aquesta estació pot calcular volums (o els cabals derivats) d'aigua amb precisió fins a 12 m^3 . Aquest era l'aspecte que presentava durant les pluges de mitjans de l'octubre de 2010.

Aquesta manera d'expressar el cabal ens permet deduir moltes coses de com influirà la morfologia de la conca i del mateix llit del riu en l'evolució de les aigües d'una possible avinguda.

Sembla lògic pensar que l'aigua fluirà més ràpidament en un canal amb un elevat pendent que en un amb poc, ja que la component de la força de la gravetat que actua sobre la massa d'aigua del corrent és més gran en un riu amb elevat pendent. La velocitat del corrent decreix ràpidament en els llocs en què el curs estableix un rabeig, i en canvi el valor de la secció mullada serà alt, és a dir aquesta zona tindrà una amplada considerable. Pel contrari si la secció de la llera s'estreny, i per tant el seu valor és petit, la velocitat del corrent haurà d'augmentar.

Matemàticament el producte $A \cdot V$ s'ha de mantenir constant. Amb altres paraules: el riu baixarà furient en zones on la llera s'estreny i accentua el pendent i en canvi serà més tranquil en zones amb força amplada i pendent suau, cosa que ja més o menys sabíem d'una manera intuïtiva si mai hem contemplat un riu i el seu corrent passar.

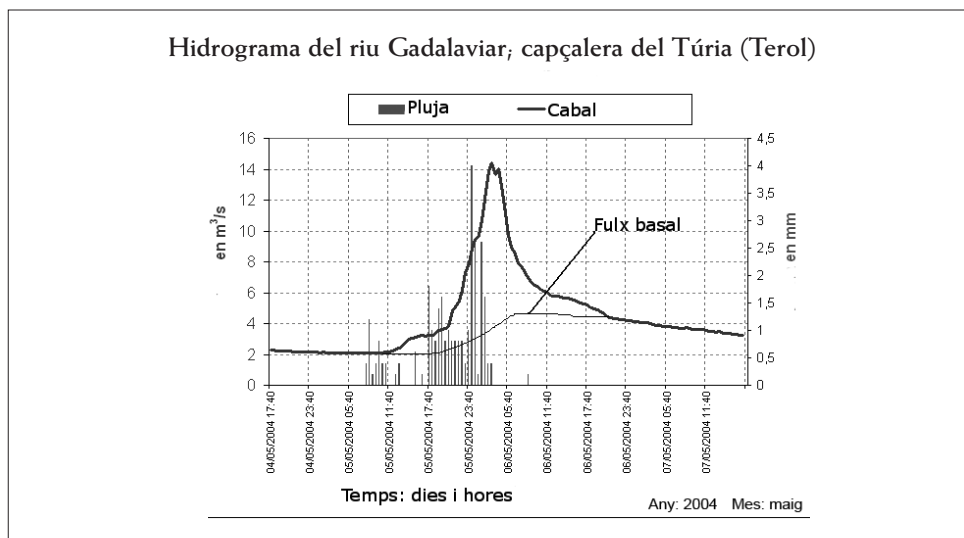
Cal dir que la velocitat del corrent també dependrà del fregament de la massa d'aigua amb les parets de la llera; la resistència deguda a aquest efecte serà elevada en un curs ample i poc profund —velocitat reduïda— mentre que serà molt menor en un curs estret i profund —velocitat elevada.

El valor del cabal d'un riu i en general dels cabals dels diferents rius d'un territori és una informació molt important per a un país, no solament per la mesura del recurs que representa com a aigua superficial, sinó també pel disseny d'estructures de protecció contra possibles riuades així com de la seva predicció.

En tots els països acostuma a haver-hi un ens públic que controla els *aforaments* dels rius; aquí ha sigut fins fa poc les Confederació Hidrogràfica dels Pirineus Orientals i actualment l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) fa aquesta funció. Així mateix també coopera amb els municipis i comunitats de regants per establir criteris d'aprofitament i sostenibilitat dels cabals generats en cada una de les conques hidrogràfiques en què es divideix el país.

Amb els paràmetres referents a la superfície de la conca hidrogràfica i el cabal dels diferents cursos d'aigua podem anar més enllà i predir quin serà el cabal en un punt determinat després d'unes pluges que com és obvi resultarà ser més gran.

El temps que tarda en aparèixer aquest augment de cabal depèn de molts factors, d'alguns dels quals en parlarem més endavant, però el més important, el que més influència té és l'àrea de la conca de drenatge que alimenta els corrents situats aigües amunt de l'estació d'aforament on prenem la mesura del cabal. Les relacions entre el cabal i la precipitació s'estudien amb claredat mitjançant una senzilla gràfica coneguda com *hidrograma* que combina la precipitació al llarg del temps amb el cabal de descàrrega del riu (vegeu gràfica de la figura 3).

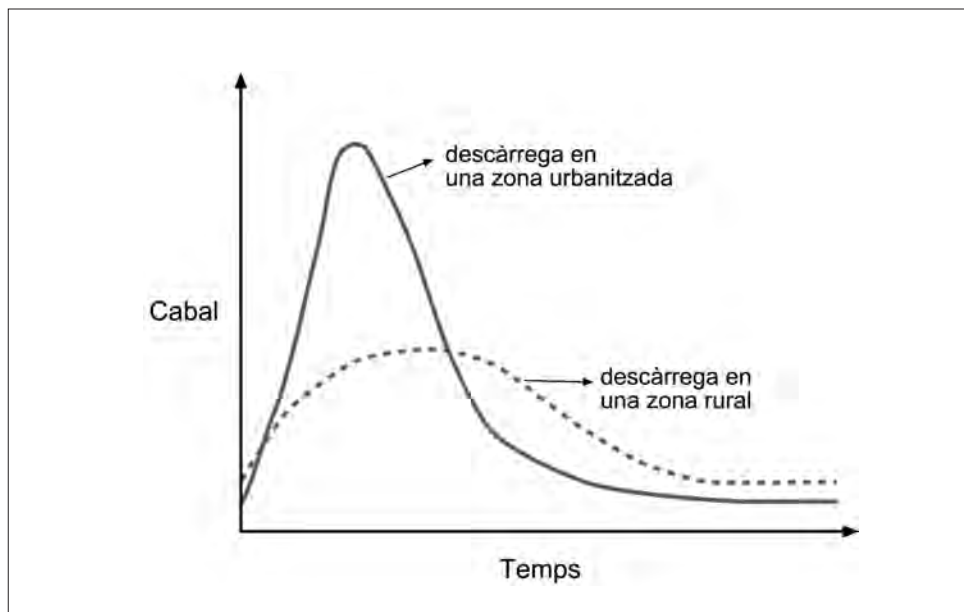


□ Figura 3. Aquest hidrograma és representatiu d'un riu dins un règim climàtic de tipus mediterrani similar al que tenen els cursos d'aigua que van conformant el Gaià; temps de retard entre pluja i cabal curts, d'algunes hores. Observeu com el flux basal també augmenta sensiblement més tard que l'escolament superficial o cabal. Abans de la precipitació el riu presentava un petit cabal subministrat pel lent degoteig de l'aigua de saturació de la llera i que es pot denominar *flux basal*. Després de començar la pluja transcorren algunes hores, 5-6 hores, abans que l'estació d'aforament situada a la desembocadura de la conca registri un augment de cabal significatiu. Aquest temps que transcorre l'anomenem *temps de retard* i la seva durada ens indica que des que va començar la pluja el sistema de ramificació dels canals de la conca va estar actuant de reservori temporal de les aigües. A mesura que el nivell de les aigües ascendia, l'aigua anava humitejant els materials permeables de les vores on s'emmagatzemava temporalment. El màxim cabal del riu, el pic d'avinguda, s'obté unes hores més tard de la màxima precipitació. Es pot observar com la disminució del cabal, posterior a l'avinguda, és molt més lenta que el seu ascens, perquè el flux superficial és afavorit per les contribucions d'aigua de la zona saturada de la llera i els vessants, i més tard pel degoteig de l'aquífer subterrani. En general es pot dir que a major amplitud de la conca, més llarg serà el temps de retard entre la màxima pluviometria i el màxim de la descàrrega, i també més gradual serà la disminució del cabal després que el màxim hagi passat.

4. GENERACIÓ D'INUNDACIONS

Les avingudes, riuades o crescudes l'única condició perquè existeixin és que la càrrega que porta el riu no pugui se enquibida dins dels marges del seu llit normal, de manera que l'aigua es desborda sobre els terrenys adjacents. Els rius acostumen a tenir un llit d'inundació que és una franja de terreny que és inundada pel corrent aproximadament un cop l'any coincidint amb l'època de pluges.

Poden tenir lloc descàrregues d'aigua molt importants inclús desastroses de forma infreqüent cada 30 o 50 anys, inundant els terrenys que s'ubiquen sobre el llit d'inundació (vegeu figura 6).



□ Figura 4: Aquest gràfic representa dos hidrogrames esquemàtics on es reflecteixen els efectes de la urbanització. S'observa que el pic d'avinguda de l'aigua d'escolament superficial apareix més d'hora i amb molta més virulència i abundància en una zona urbanitzada (línia contínua) que en una zona sense urbanitzar (línia discontinua). També és notòria la diferència en la disminució de la descàrrega més suau en zones rurals. Aquestes diferències es deuen bàsicament a la falta d'infiltració d'aigua en el subsòl; en zones urbanitzades l'aigua de pluja no s'infiltra gens i de seguida circula aigües avall. Així mateix un cop cessa la pluja no hi ha degoteig de la zona de saturació (senzillament perquè aquesta no existeix) i el corrent redueix el seu cabal de forma més sobtada.

Hi ha alguns factors importants a tenir en compte que influeixen en la resposta de l'onada de crescuda que es pot observar en els hidrogrames. Són els efectes hidrogràfics de la cobertura vegetal de la conca hidrogràfica i el procés d'urbanització d'alguns sectors d'aquesta. La cobertura vegetal serà un gran reservori d'aigua que quedarà retinguda momentàniament en les fulles tiges i arrels i que serà alliberada més lentament al llarg del temps. Observarem que el pic d'avinguda serà més esmorteït i sensiblement més allunyat del màxim pluviomètric i la càrrega sòlida, els sediments, que transportarà el corrent seran més pocs i per tant exerciran un efecte erosionant menor.

La urbanització altera les conques hidrogràfiques de dues maneres: primer augmentant la superfície impermeable a la filtració a causa de la construcció de teulades, carrers, vorals, paviments... Es calcula que en àrees residencials les superfícies impermeable poden arribar a assolir valors entre el 30% i el 80% del total. L'augment de les superfícies d'aquest tipus redueix la infiltració i augmenta l'escolament superficial de manera que genera un augment de la freqüència i altura del màxim de crescuda durant les pluges intenses. La introducció de

clavegueram permet que l'escolament circuli de forma subterrània i que aquest s'aboqui directament al canals de manera més ràpida i amb més quantitat per l'extensió de les superfícies urbanitzades. Ambdós canvis cooperen en la reducció del temps de retard de les riudes i en l'augment del cabal màxim.

5. CONTROL I PREDICCIÓ DE LES CRESCUDES

Com que la quantitat d'aigua que circula pels rius està estretament lligada a la pluviometria de la conca hidrogràfica de cada un d'ells, és el Servei Meteorològic l'òrgan competent per realitzar les prediccions sobre les quantitats de pluja que poden descarregar en un territori determinat. Si aquestes quantitats es preveu que seran abundants i persistents el Servei emetrà un comunicat d'alerta amb el qual es preveu posar en marxa una sèrie d'actuacions a nivell de conca per controlar i predir l'evolució de les quantitats d'aigua que s'escolaran per la xarxa hidrogràfica i d'aquesta manera mitigar el risc sobre béns i persones davant d'un possible episodi d'inundacions.

Com ja hem apuntat en els capítols anteriors és competència dels governs i les seves administracions fer que aquesta cadena d'informació funcioni adequadament quan és el moment i per això és indispensable tant un coneixement profund de les condicions climàtiques del territori com una clara visió de com aquestes condicions climàtiques, en aquest cas les precipitacions en forma d'aigua i neu, es traslladaran sobre el territori i l'afectaran amb la seva pròpia dinàmica. Cal, doncs, també un òrgan competent a nivell de conca hidrogràfica que s'encarregui de conèixer la dinàmica pròpia de cada un dels rius.

Dels capítols anteriors també veiem que amb metodologia i coneixement científics i aplicant l'estadística a les dades recollides al camp tant hidrològiques com meteorològiques, podem obtenir models particulars per cada conca i predir fenòmens de risc d'inundació que les podrien afectar.

La majoria del nostre país no té conques de mida molt gran i generalment les pluges afecten de manera gairebé immediata els territoris on descarreguen, però si ens fixem en la conca de l'Ebre —una conca molt gran, el desguàs final de la qual la tenim prop d'aquí— observem que episodis de pluja abundants allunyats molts centenars de quilòmetres de la desembocadura de la conca acaben tenint una repercussió en aquesta. Països com els Estats Units (la conca hidrogràfica del Mississippí ocupa un terç del territori del país) tenen un Servei de Pronòstic d'Avingudes que col·labora estretament amb el Servei Meteorològic i tots dos amb diferents agències territorials que planifiquen l'evacuació de les àrees de perill i la mudança o protecció de les propietats vulnerables. Aquí aquesta infraestructura també és necessària però l'escala de treball general és menor i de fet pel pronòstic i avaluació d'avingudes s'ha copiat aquest model americà però adaptant-lo a l'escala del territori.

Amb aquest objectiu treballa actualment l'Agència Catalana de l'Aigua, dependent del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya. L'antiga Confederació Hidrogràfica del Pirineus Orientals ha sigut incorporada a l'ACA i el país resta dividit en dues meitats ben diferenciades (conques internes 52% del territori; conques catalanes de l'Ebre, Garona i Xúquer 48%), com podem veure en el següent mapa extret d'un document, actualitzat el gener del 2009, que l'ACA té penjat al web sota l'epígraf de "xarxa hidrogràfica". La competència de l'ACA és sobre les conques internes.



□ Figura 5: Mapa de divisió de les conques hidrogràfiques catalanes que presenta l'ACA a la seva pàgina web. És una llàstima que l'Agència Catalana de l'Aigua tingui la informació de la seva competència tan mal girbada en aquest document. Concretament la retolació del sud del Llobregat en avall és un autèntic garbuix. Si busqueu el Gaià en el mapa el trobareu amb el núm. 19 però a la llegenda apareix amb el núm. 17. En canvi el Francolí és el núm. 19 a la llegenda i el núm. 21 al mapa. Atenció perquè aquests errors porten a greus confusions. Tanmateix ens serveix per il·lustrar que la meitat occidental del país pertany a la conca de l'Ebre i és competència de la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre, dependent del govern d'Espanya i del Ministerio de Medio Ambiente, i la meitat est són les conques internes catalanes dependents de l'ACA.

6. LA GENERACIÓ DEL PLA INUNCAT

Tots aquests treballs de caire tècnic que realitza l'ACA en les conques catalanes per establir les zones amb risc d'inundació dels diferents rius han de tenir una repercussió directa sobre la població, diguem-ne una repercussió social. En definitiva es treballa amb l'objectiu de reduir danys sobre la població i és per això que cal un pla general que aglutini tots els sectors implicats en aquest aspecte. Amb aquesta finalitat va nàixer l'"Inuncat, Pla Especial d'Emergències per Inundacions a Catalunya"; un pla promogut pel Departament d'Interior i Protecció Civil que es posa al dia cada dos anys, l'objectiu del qual és fer front a les emergències per inundacions, dins de l'àmbit territorial de Catalunya, establint els avisos, l'organització i els procediments d'actuació dels serveis de la Generalitat de Catalunya, de les altres administracions públiques i de les entitats privades. Un pla que va més enllà de l'estudi diguem-ne tècnic i científic de la generació d'inundacions. Per la creació d'aquest pla l'abast corporatiu implicat en la seva activació és molt més ampli, vegem-ho:

Els serveis i entitats que intervindran en l'operativitat del pla Inuncat són:

- Serveis de Bombers (Generalitat i de Barcelona ciutat)
- Forces i cossos de seguretat

- Serveis de protecció civil (autonòmica, local i estatal)
- Serveis sanitaris
- Servei Meteorològic de Catalunya
- Institut Nacional de Meteorologia
- Agència Catalana de l'Aigua
- Confederació Hidrogràfica de l'Ebre
- Institut Geològic de Catalunya
- Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca
- Entitats gestores de la xarxa viària i ferroviària, públiques (Generalitat, Diputacions, Administració Central, ADIF/Empreses ferroviàries, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya) i privades (Acesa, Aumar...)
- Entitats responsables de la regulació del trànsit per carretera i ferrocarril
- Entitats responsables de la gestió dels serveis bàsics
- Ajuntaments, Consell Comarcals i Diputacions
- Altres ens (particulars diversos, mitjans de comunicació, organismes experts: Diputacions i organismes de les administracions locals i autonòmica)

Per altra banda les funcions bàsiques d'aquest pla són:

- a) Preveure l'estructura organitzativa i els procediments per a la intervenció en emergències produïdes per inundacions a Catalunya.
- b) Preveure els mecanismes i procediments de coordinació amb el Pla estatal de Protecció Civil davant el risc d'inundacions, per garantir una integració adient.
- c) Establir, en cada territori, els sistemes de coordinació amb les organitzacions de les diferents administracions locals i definir els criteris de planificació dels Plans d'Actuació Municipal (PAM).
- d) Definir les zones del territori de Catalunya en funció del risc i de les conseqüències pre-visibles; delimitar les àrees d'acord amb les possibles intervencions, el desplegament de mitjans i recursos; i localitzar la infraestructura física que caldrà utilitzar en les operacions d'emergència.
- e) Especificar els procediments d'informació a la població.
- f) Catalogar els mitjans i els recursos que caldrà emprar en cas d'actuació.

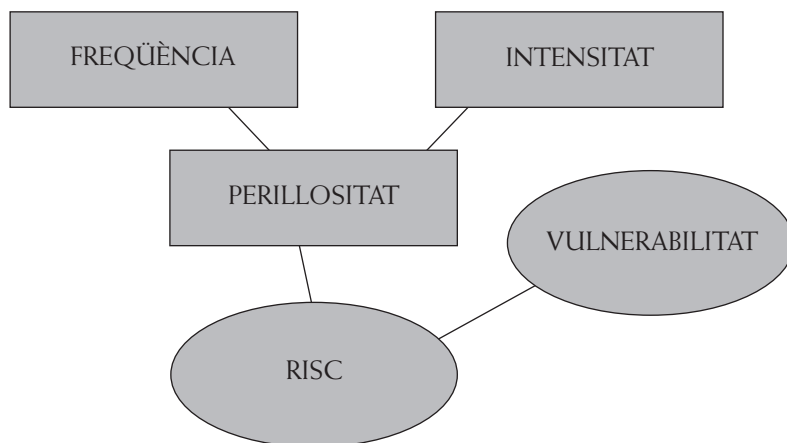
D'aquestes funcions la que ens interessa en aquest article és la que fa referència a la definició de zones en funció del risc que és on hi ha un treball de camp pròpiament lligat amb l'estudi físic del territori. De fet l'embrió pel desenvolupament del Pla és un mapa de zones inundables sobre el qual aplicant els conceptes de risc, perillositat i vulnerabilitat se'n basteix un altre sensible a les repercussions socioeconòmiques dels territoris davant aquests fenòmens. Observem que en la definició de risc les societats humanes en són el subjecte.

RISC: Pèrdues esperades (persones, danys en propietats,...) degudes a l'exposició a un determinat perill en una determinada àrea i període. El risc és el producte del perill i la vulnerabilitat.

PERILL (PERILLOSITAT): Probabilitat d'ocurrència d'una inundació, en un indret, en un període de temps determinat.

VULNERABILITAT: El grau estimat de dany o pèrdua d'un element o grup d'elements exposats a l'ocurrència d'un fenomen d'una determinada magnitud i intensitat.

Aquests conceptes es combinen de la següent manera en la definició de risc.



L'objectiu principal de l'anàlisi del risc d'inundació és classificar les zones inundables en funció dels danys i de les afectacions que es puguin produir com a conseqüència de les inundacions, a fi de poder preveure els diversos escenaris i les estratègies d'intervenció en cas d'emergència. Això s'aconsegueix amb les diverses línies de treball desenvolupades:

- Delimitació cartogràfica de les principals àrees inundables associades a una certa probabilitat d'ocurrència.
- Inici de l'estudi dels problemes geològics associats.
- Caracterització del comportament de resposta de les conques: determinació aproximada de la seva velocitat de resposta (temps de trànsit) en diferents trams de conques.
- Caracterització de la "perillositat intrínseca" de les conques i determinació de la relació entre cabals estimats per al pla i l'alçada de les estacions d'aforament.
- Recull de punts d'actuació prioritària, és a dir, d'aquelles zones en què les inundacions es presenten amb molta freqüència i presenten problemes constants.
- Anàlisi de la vulnerabilitat. Quantificació, encara que d'una manera simplificada, de la possible afectació a persones, vies de comunicació, etc. Amb tot això es té una descripció a nivell de Catalunya del risc d'inundacions.

- L'anàlisi de risc dels plans de preses s'incorporarà a mesura que es vagin elaborant i aprovant.

L'abast territorial de l'estudi de risc, com ja s'ha dit, és tot Catalunya. Però el grau de detall amb què s'han estudiat les diverses zones no ha pogut ser homogeni en tot el territori.

6.1. METODOLOGIA DE L'ESTUDI DE PERILLOSITAT

L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) ha seguit per a l'elaboració de l'estudi de perillositat 8 línies clarament diferenciades:

- 1) Delimitació de zones potencialment inundables mitjançant l'anàlisi geomorfològica, és a dir la interpretació del relleu.
- 2) Delimitació de les zones inundables amb períodes de retorn de 50, 100 i 500 anys, és a dir, aquelles zones que en la situació actual poden inundar-se amb les freqüències esmentades.
- 3) Identificació de punts negres, en relació a activitats humanes.
- 4) Determinació de la velocitat de resposta (temps de trànsit) en diferents trams de conques.
- 5) Determinació de la "perillositat intrínseca" de les conques.
- 6) Relació entre els cabals estimats per al pla i l'alçada de les estacions d'aforament SAIH5.
- 7) Delimitació de zones inundables per avaries o trencament de preses.
- 8) Estudi d'inundacions en zones urbanes.

6.2. ANÀLISI GEOMORFOLÒGICA I ESTUDIS GEOLÒGICS ASSOCIATS

Per a "tot" Catalunya s'ha fet una anàlisi geomorfològica, és a dir, una caracterització de zones inundables basada en la interpretació de les característiques que presenta el paisatge (relleu) i els elements que el configuren. Aquesta anàlisi s'ha fet, però, per a la xarxa hidrogràfica amb més entitat i per cursos d'aigua que estan propers a nuclis urbans o en zones susceptibles a contenir nous assentaments.

L'anàlisi geomorfològica és l'anàlisi del relleu i de la seva història. Ens permet "llegir" com si fos el llibre de registre de la Història dels esdeveniments i evolució, tant a escala de temps geològic com històric dels processos que han afectat la superfície terrestre (modelat del relleu, sedimentacions, inundacions, etc.). Bàsicament, amb la cartografia de les terrasses fluvials, plana d'inundació del riu, cons de dejecció, formacions deltaïques i planes costaneres, s'ha pogut delimitar l'extensió de la zona potencial inundable. L'estudi geomorfològic es fa amb una interpretació bàsicament visual del "relleu" i es desenvolupa a partir d'estudis anteriors, fotografies aèries i visites al camp, que donen una idea clara del territori adjacent al sistema fluvial actual que ha patit inundacions en diferents èpoques.

Aquests estudis permeten abastar fàcilment grans extensions territorials, identificar problemes d'inundació que el mètode de simulació hidràulica no pot detectar (identifica i estima altres problemes de moviments de vessant: cons de dejecció, tarteres, esllavissaments, etc.), i alhora, serveix de marc per a la interpretació de les simulacions.



□ Figura 6: Mapa de la riba del Gaià a l'altura de Montferri on la llera s'eixampla; es mostra de color gris la llera d'inundació per un període de retorn de 50 anys i ratllada la zona inundable en general òbviament per períodes de retorn superiors. A la dreta, la fotografia mostra el límit superior de la inundació pel període de retorn de 50 anys, 5-6 metres per sobre el curs normal del riu; observeu l'abundància de còdols (color blanc) de fins 30 centímetres verats sobre el camp, en el límit més proper al riu, que el fan en part impracticable per l'agricultura.

Les seves principals mancances són que la seva informació, però, no aporta, en general, l'aspecte freqüencial, encara que la zona delimitada com a potencialment inundable es pot assimilar a períodes de retorn molt elevats; i tampoc aporta informació concreta sobre velocitats, alçades, etc. L'estudi geomorfològic final i els fenòmens geològics associats han estat elaborats per l'Institut Geològic de Catalunya (IGC) i l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

6.3. DELIMITACIÓ DE LES ZONES INUNDABLES

Tot i que no s'han arribat a estudiar tots els torrents i rierols de Catalunya es té una visió molt completa i global del perill d'inundacions a tot el territori.

Per als cursos amb més entitat (superfícies de conca superior als 100 km² de Catalunya (Ebre, Francolí, Gaià, Foix, Llobregat, Besòs, Tordera, Ter, Daró, Fluvià, Muga, etc.), s'ha fet una modelització hidrològica-hidràulica per obtenir zones inundables per a diferents freqüències d'inundació. Aquesta anàlisi permet, a diferència de la geomorfologia, determinar la probabilitat d'ocurrència.

6.3.1. Classificació de la zona en funció de la freqüència (període de retorn)

- Zones d'inundació freqüent: Zones inundables delimitades superiorment per la línia d'inundació de període de retorn de cinquanta anys.
- Zones d'inundació ocasional: Zones inundables delimitades inferiorment per la línia d'inundació de període de retorn de cinquanta i superiorment per la línia de període de cent anys.
- Zones d'inundació excepcional: Zones inundables delimitades inferiorment per la línia d'inundació de període de retorn de cent i superiorment per la línia de període de cinc-cents anys.

Ja que l'objectiu de l'anàlisi és una caracterització del risc a nivell de tot Catalunya, això vol dir que per aplicacions de més detall, per exemple per decisions urbanístiques, haurem d'anar amb compte en aplicar els resultats d'aquesta anàlisi. Hem de ser conscients de les escales de treball i les necessitats de detall que exigeixen altres aplicacions (urbanístiques, infraestructures, etc.) que no sigui aquesta anàlisi "general" feta per al pla Inuncat amb vis-tes a la protecció de la població. Aquesta anàlisi de risc, de totes maneres, sempre pot ser una primera aproximació per a anàlisi més acurades utilitzades, per exemple, en ordenació territorial, planificació d'infraestructures, etc. Cal dir, però, que algunes zones inundables del pla Inuncat s'han caracteritzat amb escales de força detall. Són les zones inundables extre-tes dels estudis associats a la "Planificació dels Espais Fluvials (PEF)"; actualment en redacció el del Gaià.

Per a la delimitació de les zones inundables per a la redacció de l'Inuncat, estudi realitzat per l'ACA, s'han subdividit les conques hidrològiques en d'altres més petites per poder tre-bar-llar en detall. Concretament la conca del Gaià ha quedat subdividida en trams de la següent manera des del seu naixement fins a la desembocadura:

Gaià en capçalera.....	69,3
Torrent Biure complet.....	28,0
Gaià entre Biure i Santes Creus	114,4
Santes Creus complet.....	22,1
Gaià entre Santes Creus i el torrent de les Pinetelles.....	15,3
Torrent de les Pinetelles complet.....	31,8
Gaià entre torrent de les Pinetelles i embassament de Gaià	7,6
Gaià entre embassament Gaià i el barranc de Salomó.....	5,6
Gaià entre barranc de Salomó i desembocadura.....	6,7
(xifres en km ²)	

Les característiques morfològiques de les subconques que s'han obtingut són les que es necessitaran posteriorment en el model hidrològic:

- La *superfície* s'obté mitjançant eines Sistemes d'Informació Geogràfica (GIS) del mapa de conques creat.
- La *longitud* dels trams de transport s'ha capturat del mapa de xarxa hidrològica proporcionat pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- El *desnivell* dels trams s'ha obtingut del Model Digital del Terreny (MDT) corbat.

Partint d'aquestes característiques s'obtenen el pendent de la conca i el temps de concen-tració dels diferents corrents d'aigua.

El segon grup de paràmetres, essencial per a la caracterització de les conques —als efec-tes del model de simulació—, està relacionat amb el seu comportament hidrològic. Aquests paràmetres permeten de calcular l'escolament superficial —o precipitació eficaç— en relació amb la pluja total. Dels diferents mètodes habituals per representar el comportament hidro-lògic del terreny s'ha escollit el mètode del nombre de corba, proposat pel Soil Conservation

Service del Departament d'Agricultura dels Estats Units. S'ha optat per aquest mètode tenint en compte que:

- És un dels mètodes més utilitzats i compta amb una àmplia informació bibliogràfica que permet establir correlacions fiables que lliguen les característiques d'un terreny determinat en funció del seu tipus de sòl, coberta vegetal, ús al qual es destina, condicions hidrològiques i condicions antecedents d'humitat, amb el valor del nombre de corba del S.C.S. que li correspon.
- Parteix de suposar un comportament hidrològic del complex sòl-vegetació variable al llarg de la tempesta, de manera que el coeficient d'escolament vagi augmentant en paral·lel amb el grau de saturació del terreny. Evidentment, aquest plantejament és més a prop de la realitat que el d'altres mètodes en els quals aquest coeficient és constant. Els elements essencials del mètode del nombre de corba del S.C.S., que permet quantificar la intercepció, la retenció, la infiltració i, en darrer lloc, l'escolament, són la permeabilitat del terreny —depenent sobretot de les seves característiques litològiques i edafològiques— i les característiques de la coberta vegetal, essencialment la vegetació i ús al qual es destina el terreny.

6.4. CRITERIS DE ZONIFICACIÓ DE LES ZONES INUNDABLES

Davant una situació d'emergència hidrològica cal posar en coneixement, als municipis afectats per un eventual desbordament de la llera ordinària, el risc que corren. També caldrà comunicar les previsions a curt termini o mitjà termini perquè aquests puguin activar les actuacions destinades a minvar els efectes de les inundacions i protegir a la població amb les mesures més adients.

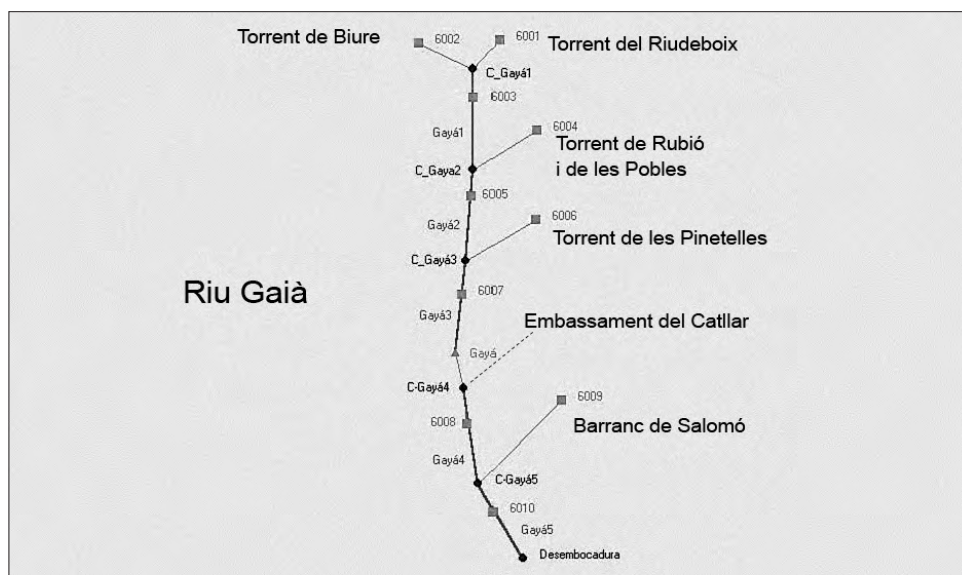
Amb la intenció d'agilitzar la tramesa de dades així com l'organització dels diferents grups que hi participarien s'han dividit en diferents trams els cursos fluvial, per crear grups de municipis amb característiques comunes davant un episodi d'inundacions per desbordament de lleres.

El criteri que s'ha fixat per elaborar aquesta agrupació de municipis ha estat l'afecció per la propagació d'una crescuda. S'han dividit els trams dels cursos principals de manera que els seus extrems estan limitats per elements que poden induir un canvi significatiu en els cabals transportats. Aquests canvis poden estar provocats per la incorporació d'afluents d'una certa entitat o la presència de preses amb prou capacitat per generar un efecte regulador.

El coneixement del comportament d'algunes conques ha motivat l'agrupació o la segregació de conques, violentant en algunes ocasions el principi esmentat. Així, les conques de capçalera dels embassament han estat incloses en un únic grup, dintre del curs principal al qual pertanyen tot i estar formades per rius clarament diferenciats, atès que els episodis que generen problemes en aquestes zones acostumen a ser força generalitzats i a afectar tota la capçalera.

Tanmateix les rieres litorals amb proximitat geogràfica no han estat diferenciades atesa la impossibilitat de predir si una tempesta alimentarà la capçalera d'una o una altra riera.

La següent figura mostra la tramificació del riu Gaià per a la delimitació de les zones inundables per a la redacció de l'Inuncat.



□ Figura 7: Els torrents ressaltats en aquesta tramificació del Gaià indueixen canvis significatius en el cabal general del riu i generen un tram amb una ona de crescuda característica i significativament diferent a la que tenia anteriorment quant a la quantitat de cabal. D'aquesta manera s'agrupen els municipis amb afectacions de l'ona de crescuda semblants. L'efecte regulador de la presa del Catllar és clarament visible entre els trams 6007 i 6008 on la ona de crescuda queda anul·lada i les incorporacions d'aigua nova deixen de tenir importància. És destacable la subconca del barranc de Salomó com a única incorporació al tram final del Gaià, però molt important quant a volum d'aigua ja que genera fortes inundacions a la plana al·luvial final (document de l'ACA modificat per l'autor).

6.5. MODELITZACIÓ HIDROLÒGICA

Descripció general del model utilitzat

La modelització hidrològica s'ha portat a terme mitjançant l'aplicació d'un model de simulació numèrica del procés de precipitació-escolament, basat en el programa HEC-HMS de difusió gratuïta, desenvolupat pel centre d'enginyeria hidrològica del Cos d'Enginyers de l'armada dels EUA. El programa està dissenyat per simular la resposta d'una conca a la precipitació, determinant aquesta resposta a través d'una combinació de mecanismes hidràulics i hidrològics interconnectats. Cadascun d'aquests mecanismes constitueix un dels components del programa i fa referència a un aspecte del procés precipitació-escolament. Cada component requereix la definició d'un conjunt de paràmetres que especifiquen les seves característiques particulars, així com les relacions matemàtiques que descriuen els processos físics que hi tenen lloc. El resultat final consisteix en l'obtenció de l'hidrograma als punts on interessa el seu coneixement. La conca total se simula a través d'un conjunt de zones interconnectades, de tal manera que cadascuna es pot representar a través de paràmetres que reflecteixen les seves condicions mitjanes.

El càlcul de cabals pels diferents períodes de retorn en el riu Gaïà ha donat les següents dades: els codis fan referència a la figura anterior, núm. 7.

CODI	SUPERFÍCIE	Q 233	V 233	Q 5	V 5	Q 10	V 10	Q 25	V 25	Q 50	V 50	Q 100	V 100	Q 500	V 500	Q 1000	V 1000	QE 50	QE 100	QE 500
6002	28.0	2.4	0.0	7.5	0.1	15.4	0.2	28.7	0.4	43.8	0.6	60.3	0.8	107.6	1.4	132.6	1.7	1.6	2.2	3.8
C Gaia1	28.0	2.4	0.0	7.5	0.1	15.4	0.2	28.7	0.4	43.8	0.6	60.3	0.8	107.6	1.4	132.6	1.7	1.6	2.2	3.8
6001	69.3	6.5	0.1	18.6	0.3	36.3	0.6	68.7	1.1	99.4	1.6	135.0	2.1	239.4	3.6	283.5	4.4	1.4	1.9	3.5
Gaia1	97.3	8.8	0.2	25.6	0.5	50.6	0.9	96.4	1.5	140.3	2.2	191.3	2.9	339.8	5.0	418.1	6.1	1.4	2.0	3.5
6003	114.4	1.3	0.0	7.7	0.2	19.9	0.5	40.1	1.0	73.9	1.6	109.6	2.4	219.0	4.6	276.4	5.8	0.6	1.0	1.9
6004	22.1	1.1	0.0	4.1	0.1	9.2	0.2	19.8	0.3	30.0	0.5	42.8	0.6	80.7	1.2	100.3	1.5	1.4	1.9	3.6
C Gaia2	233.8	7.3	0.2	27.4	0.6	61.4	1.2	129.6	2.5	199.3	3.8	284.2	5.2	536.9	9.6	676.5	11.9	0.9	1.2	2.3
Gaia2	233.8	7.3	0.2	27.4	0.6	61.3	1.3	129.7	2.5	199.0	3.6	283.8	5.2	536.0	9.5	676.3	11.9	0.9	1.2	2.3
6005	15.3	0.4	0.0	1.9	0.0	4.9	0.1	11.1	0.2	17.7	0.3	26.0	0.4	51.1	0.8	63.7	1.0	1.2	1.7	3.3
6006	31.4	0.7	0.0	3.3	0.1	8.4	0.2	18.9	0.4	30.0	0.6	43.8	0.8	85.7	1.6	107.3	2.0	0.9	1.4	2.7
C Gaia3	280.9	7.8	0.2	30.9	0.7	70.4	1.5	151.7	3.0	236.0	4.4	338.4	6.3	651.1	11.7	817.9	14.5	0.8	1.2	2.3
Gaia3	280.9	7.7	0.2	30.9	0.8	70.3	1.6	151.4	3.2	234.8	4.5	337.7	6.5	649.2	12.0	816.9	14.7	0.8	1.2	2.3
6007	77.6	1.2	0.0	6.5	0.2	16.1	0.4	35.8	0.8	55.7	1.5	81.1	2.1	157.9	4.0	197.8	5.0	0.7	1.0	2.0
Gaia	358.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6008	15.6	0.8	0.0	3.2	0.1	7.2	0.1	15.5	0.3	23.4	0.4	33.4	0.5	63.0	1.0	78.5	1.2	1.5	2.1	4.1
C Gaia4	374.0	0.6	0.0	2.4	0.0	5.7	0.1	12.9	0.2	19.9	0.3	28.6	0.5	55.8	0.8	69.7	1.1	0.1	0.1	0.1
Gaia4	374.0	0.5	0.0	2.4	0.0	5.7	0.1	12.9	0.2	19.8	0.3	28.7	0.5	55.5	0.8	69.5	1.0	0.1	0.1	0.1
6009	42.2	2.1	0.0	7.5	0.2	16.9	0.4	34.9	0.7	52.2	1.0	74.2	1.5	138.5	2.6	171.7	3.3	1.2	1.8	3.3
C Gaia5	416.2	1.7	0.0	8.0	0.2	19.3	0.4	42.0	0.8	64.1	1.2	92.2	1.7	175.4	3.2	218.9	4.0	0.2	0.2	0.4
Gaia5	416.2	1.7	0.0	8.0	0.2	19.2	0.4	42.0	0.8	63.9	1.2	92.1	1.7	175.1	3.2	218.7	3.9	0.2	0.2	0.4
6010	6.7	0.3	0.0	1.3	0.0	3.4	0.0	7.7	0.1	11.9	0.2	17.4	0.2	33.4	0.4	41.8	0.5	1.6	2.6	5.0
Desembocadura	422.9	1.7	0.0	8.6	0.2	20.7	0.4	45.2	0.9	68.9	1.3	99.4	1.9	190.0	3.5	237.4	4.4	0.2	0.2	0.4

Q: cabal (m^3/s) V: velocitat (m/s). La numeració 2,33-5-10-25-50-100-500-1000 fa referència al períodes de retorn expressats en anys.

6.6. GESTIÓ DE LES DADES METEOROLÒGIQUES

L'estudi de les pluges màximes diàries s'ha portat a terme partint de les dades contingudes al llibre *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*, de la Direcció General de Carreteres del Ministeri de Foment. En síntesi, el mètode utilitzat pel llibre de la Direcció General de Carreteres del Ministeri de Foment assumeix l'existència de regions homogènies respecte a certes característiques estadístiques, la qual cosa permet aprofitar el conjunt d'informació disponible a cadascuna d'elles.

D'acord amb la informació continguda en aquesta publicació, i per a la realització del present treball, s'ha confeccionat una aplicació informàtica que permet obtenir la precipitació màxima en 24 hores per a *períodes de retorn* compresos entre 2,33 i 1.000 anys a tots els punts d'una malla quadrada de 2,5 km de pas, corresponents al territori que conforma la zona d'estudi.

L'objecte de l'estudi és valorar a quines zones de Catalunya s'han donat amb més freqüència les anomenades Situacions Meteorològiques de Risc (SMR) per a la precipitació diària que el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) ha definit. Els llistats que defineixen una SMR de nivell 1 i de nivell 2 són els següents:

SMR de Nivell 1

Precipitació acumulada > 100 mm / 24 hores

SMR de Nivell 2

Precipitació acumulada > 200 mm / 24 hores

Formen part dels sistemes d'informació i predicció meteorològica, en correspondència amb els procediments que el Pla Estatal de Protecció Civil determini, els següents organismes:

- Institut Nacional de Meteorologia. Centre Meteorològic Territorial de Catalunya de l'INM.
- Altres xarxes o sistemes de control meteorològic dependents d'institucions i organismes amb cobertura a Catalunya.

El sistema té com a finalitat obtenir dades sobre precipitacions, nevades, desgel i altres dades meteorològiques, per a l'estimació de perill i la predicció i alerta d'àrees potencialment afectables.

Són funcions previstes en el Pla, respecte a la transmissió d'avisos i d'informació a portar a terme, les següents:

- Previsió meteorològica a curt i mitjà termini.
- Estimació de quantitats i zones respecte a pluges, neu i desgel, i la seva evolució.
- Recolzament i suport tècnic a la direcció del Pla quan així es sol·liciti o automàticament d'acord amb el previst en el Pla.

La periodicitat de les previsions meteorològiques i de les dades recollides es fa en les diferents estacions repartides pel territori i que pertanyen a diferents estaments públics i privats. A continuació especificarem les que hi ha repartides en tot el territori de la conca hidrogràfica del Gaià. Aquestes estacions són les que aportaran les dades i participaran activament en la posada en servei dels plans d'inundació previstos.

Comarca	Municipi	Xarxa	Altitud (metres)
Alt Camp	Aiguamúrcia	SAIH	80 m
Alt Camp	Nulles	XAC	241 m
Alt Camp	Vilabella	SAIH	140 m
Alt Camp	Vila-rodona	XMET	290 m
Conca de Barberà	Santa Coloma de Queralt	XAC	718 m
Conca de Barberà	Santa Coloma Queralt II	SAIH	710 m
Tarragonès	Abast–Tarragona	SAIH	32 m
Tarragonès	Embassament de Catllar	SAIH	430 m
Tarragonès	Torredembarra	XMET	2 m

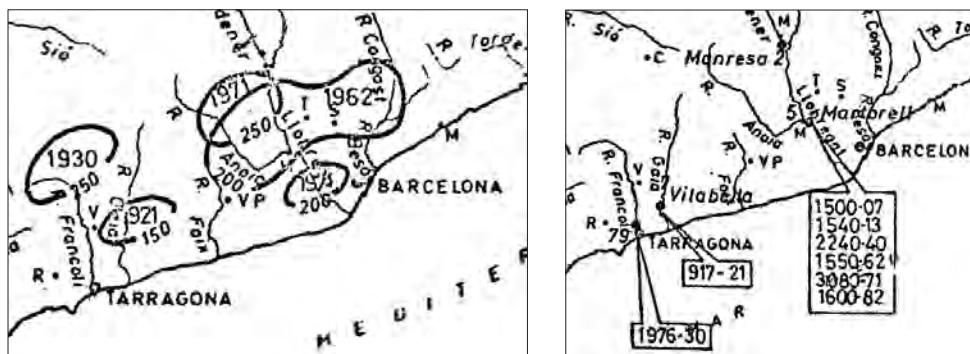
Tipus d'estació

- SAIH: Sistema Automàtic d'Informació Hidrològica
- XAC: Xarxa Agrometeorològica de Catalunya
- XMET: Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques

A continuació es presenta una taula de la precipitació màxima en 24 hores de la conca del Gaià per als diferents períodes de retorn; els usats en el pla Inuncat:

Riu	NOM DE LA SUBCONCA	PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN 24 HORES, SEGONS PERÍODE DE RETORN (ANYS)								
		2,33	5	10	25	50	100	500	1.000	Període de retorn. Anys
Gaià	En capçalera	59	75	90	112	129	148	194	216	Litres/m ²
	Torrent de Biure complet	56	71	86	106	124	141	185	207	
	Entre torrent de Biure i Santes Creus	61	77	94	117	135	155	205	229	
	Santes Creus complet	64	82	100	125	145	167	221	246	
	Entre Santes Creus i torrent de les Pinetelles	66	84	103	129	150	173	230	255	
	Torrent de les Pinetelles complet	66	85	104	130	151	174	231	257	
	Entre t. de les Pinetelles i embassament del Gaià	69	88	108	135	157	181	241	269	
	Embassament del Gaià i barranc de Salomó	69	90	110	138	160	185	246	275	
	Entre barranc de Salomó i desembocadura	70	90	111	140	162	187	250	278	

De l'observació de les dades anteriors veiem que la zona més plujosa de tota la conca del Gaià és la zona de la desembocadura i de forma general és més plujosa la part mitjana i final que no pas la capçalera.



□ Figura 8: Mapes que mostren la pluviometria (amb litres/m², esquerra) i els cabals màxims assolits dels rius (amb m³/s, dreta) de la zona mitjana de la costa de llevant catalana per a diferents anys. Observeu que durant l'aiguat de 1921 van caure a la conca mitjana del Gaià fins a 150 l/m² i l'estació d'aforament del terme de Vilabella va enregistrar 917 m³ de cabal màxim.

6.7. ANÀLISI DE LES ZONES POTENCIALMENT INUNDABLES

A l'hora d'analitzar les zones potencialment inundables, existeix diversa legislació entre la qual destaca:

- La delimitació de zones objecte de l'aplicació de l'article 14 del RD 849/1996 del *Reglamento del Dominio Público Hidráulico* i el que es deriva del desenvolupament dels plans hidrològics de conca.
- El Reial Decret Legislatiu 1/2001, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'Aigües.
- Els instruments de planificació i en concret la Planificació d'Espais Fluvials.
- La Directriu Bàsica d'Inundacions.

El present pla, però, es basa fonamentalment en la delimitació de zones que estableix la Directriu Bàsica d'Inundacions. Per tal de caracteritzar les zones inundables la directriu té en compte els següents aspectes:

- La freqüència de les inundacions (període de retorn de 50, 100 i 500 anys).
- La gravetat d'afectació (danys greus, impacte, danys significatius i danys petits).
- El tipus d'elements vulnerables afectats (nuclis urbans, habitatges aïllats, instal·lacions comercials, instal·lacions industrials, serveis bàsics).

6.7.1. Anàlisi del risc d'inundacions

Paral·lelament a la tria de les zones potencialment inundables en funció de la freqüència en què es produeix l'esdeveniment, les zones inundables també són susceptibles d'ésser classificades en funció del nivell de risc.

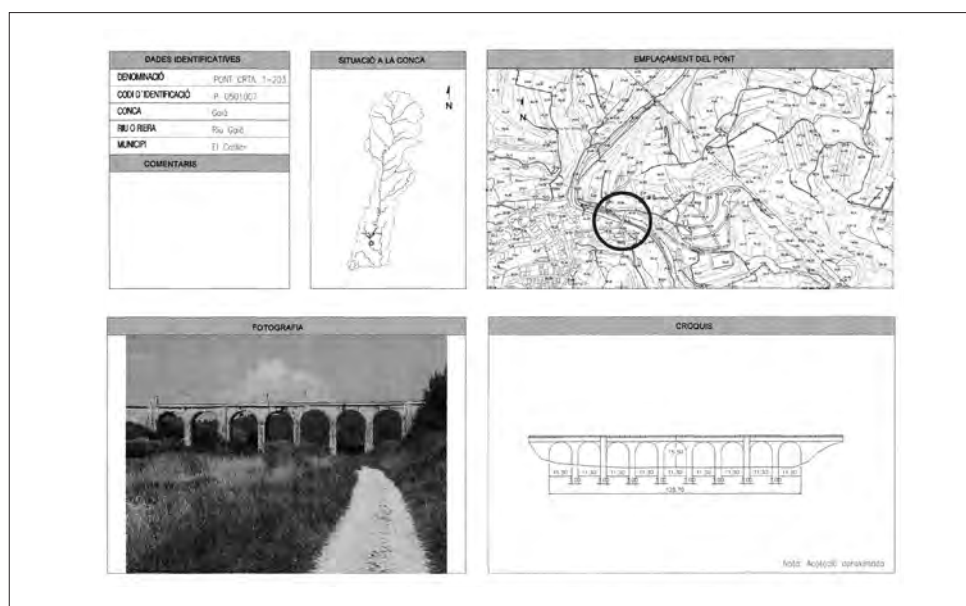
Aquest fet implica avaluar per cada indret en concret i període considerat, el grau de pèrdues esperades com a conseqüència de l'exposició al perill d'inundació.

L'avaluació i l'assignació del nivell de risc en el present pla, s'ha realitzat diferenciant dos nivells de detall. En el primer nivell, es pretén establir el nivell de risc assignat a cada element del territori, en el segon nivell es pretén avaluar el risc a nivell municipal.

6.7.2. Risc d'inundacions, elements del territori

Amb l'objectiu de classificar els diferents elements del territori en funció del risc, s'ha seguit la classificació utilitzada en la Directriu Bàsica d'Inundacions. Aquesta estableix la següent zonificació:

- *Zones A, de risc alt*: Són aquelles zones en què les inundacions poden produir danys importants a nuclis de població, a grans instal·lacions comercials, industrials o agrícoles i/o de serveis bàsics per a la població, vies de comunicació, infraestructures, ramaderies i al medi.



□ Figura 9: En zones i punts de risc alt davant les inundacions, com els ponts de vies de comunicació l'ACA ha publicat una sèrie de treballs per portar a terme la redacció i actualització de l'Inuncat. Aquesta és una fitxa de treball per aquest propòsit sobre un dels ponts que creuen el Gaià, concretament el de l'antiga via fèrria (St. Vicenç de Calders-Reus) —malgrat que a la casella de la fitxa parla de la carretera T-203. En aquestes fitxes s'hi troba informació sobre la llum del pont, la situació... i s'hi troben especificats els ponts i guals de tota la conca hidrogràfica. La situació real del pont de la fotografia d'aquesta fitxa està indicada sobre el mapa amb una circumferència de traços (indicació afegida per l'autor de l'article). El cercle negre —original de la fitxa— indica el pont de la carretera, que no es correspon amb el de la fotografia, que és el del tren.

Dins d'aquestes zones, i a efectes d'emergència, s'establiran les següents subzones:

- *Subzones A1: Risc Alt Frequent*; són aquelles zones A en què les avingudes corresponents a la línia d'inundació de període de retorn de cinquanta anys produiran danys greus a nuclis urbans.
- *Subzones A2: Risc Alt Ocasional*; són aquelles zones A en què les avingudes corresponents a la línia d'inundació de període de retorn de cent anys produiran danys greus a nuclis urbans.
- *Subzones A3: Risc Alt Excepcional*; són aquelles zones A en què les avingudes corresponents a la línia d'inundació de període de retorn de cinc-cents anys produiran danys greus a nuclis urbans.
- *Zones B de risc significatiu (mitjà)*: Són aquelles zones, no coincidents amb les zones A, en les quals les avingudes corresponents a la línia d'inundació de període de retorn de cent anys poden produir danys importants a habitatges aïllats i les avingudes corresponents a la línia d'inundació de període de retorn entre cent anys i cinc-cents anys, danys significatius a instal·lacions comercials, industrials, usos agrícoles, usos ramaders, serveis bàsics per a la població, medi i vies de comunicació.
- *Zones C de risc baix*: Són aquelles, no coincidents amb les zones A ni amb les B, en les quals les inundacions corresponents a període de retorn de cinc-cents anys produirien impactes en habitatges aïllats i la resta d'avingudes de període de retorn de cent i cinquanta anys produirien danys petits, a instal·lacions comercials, industrials, agrícoles i/o de serveis bàsics per a la població.

Fins aquí hem vist quin ha sigut el treball realitzat en el medi físic per a la fonamentació del pla Inuncat. D'ara endavant i com ja hem vist en aquest últim apartat l'abast del pla es va estenent pels estaments socials dels territoris que puguin tenir afectacions produïdes per inundacions i es va aclarint quins són els òrgans competents que implantaran i faran rutllar el pla perquè, en un episodi d'inundacions d'aquestes que ens té poc acostumats el nostre clima, les zones més afectades no siguin un "campi qui pugui" arribat el moment.

6.8. IMPLANTACIÓ I MANTENIMENT DEL PLA

Per tal que el Pla sigui realment operatiu, serà necessari que tots els actuant previstos tinguin un ple coneixement dels mecanismes i les actuacions planificades i assignades. Aquesta fase d'assumpció d'actuacions i informació s'anomena *implantació*. La implantació és, per tant, una actuació profunda destinada a aconseguir l'operativitat real del Pla.

En concret, per al pla Inuncat, la implantació comporta:

- Elaboració dels plans d'actuació dels grups d'actuació, dels municipis i de les entitats involucrades, així com dels protocols que d'ells se'n puguin derivar.
- Campanyes de formació dirigides als diversos col·lectius d'actuant (bombers, serveis d'ordre, sanitaris, personal de les diferents entitats integrades...).
- Campanyes d'informació i divulgació dirigides als ciutadans, per aconseguir d'aquests una resposta adequada a les diferents situacions. Cal explicar com es difondrà l'alarma i què cal fer en aquest cas.

- Establiment dels mecanismes de revisió i manteniment del pla Inuncat i dels diversos plans d'actuació que el completen.
- Realització dels primers exercicis i simulacres.
- S'estableix un període de 2 anys a partir de l'aprovació del pla com a fita per a l'acompliment dels objectius de la implantació. Existeix un programa detallat d'implantació del pla Inuncat, amb un calendari aproximat de realització dels punts esmentats.

6.8.1. Manteniment del Pla: actualitzacions i revisions

Per tal de mantenir el pla Inuncat dins els nivells necessaris d'operativitat, cal dur a terme de forma periòdica una sèrie d'activitats:

- Actualitzacions.
- Manteniment de l'inventari de mitjans i recursos.
- Mantenir al dia la valoració del risc i les seves conseqüències.
- Realització periòdica d'exercicis i simulacres, per tal que tots els recursos es trobin en el grau d'operativitat que el Pla els assigna.
- Desenvolupament i seguiment dels programes de formació destinats tant als òrgans i serveis actuants, com a la població civil.
- Dur a terme les propostes econòmiques adients perquè siguin viables tots els aspectes del Pla.
- Revisions del pla Inuncat, independents de les actualitzacions, que vindran determinades per:
 - Modificacions en la valoració dels riscos en funció a nous estudis.
 - Termini de vigència previst d'acord amb la Llei de protecció civil.

Són funcions previstes en el Pla, respecte a la transmissió d'avisos i d'informació a portar a terme pels organismes de la conca, els següents:

- Estat i situació d'embassaments: Centres de control i de gestió d'embassaments. Per tal de garantir totalment la informació sobre l'estat i situació dels embassaments i en especial del seu desguàs, tots els embassaments ubicats que puguin afectar a Catalunya, resten obligats a informar l'Organisme de Conca dependent i el Control d'Emergències de Catalunya dependent de Protecció Civil (CECAT) d'acord i i concordant amb els procediments establerts en la Directriu de Riscs d'Inundacions, pel que fa als procediments, a la gestió i a la seguretat dels embassaments.
- AVINGudes i riuades en lleres, riberes i marges i en general de les zones inundables.
- Estat hidràulic de les conques hidrogràfiques.

6.8.2. Fase de d'alerta

Els òrgans d'informació afectes al Pla són: l'institut Nacional de Meteorologia (INM), els organismes de conca i els centres de control de preses que faran les següents actuacions:

- a) Per predicció meteorològica de fenòmens meteorològics adversos:
- Per part de l'INM, el seguiment especial i control pluviomètric.
 - Per part dels organismes de conca, el seguiment i control dels rius i dels embassaments i els centres de gestió d'embassaments d'informació de la seva situació.
 - Durant aquesta fase l'INM farà notificacions diàries sobre predicció i notificarà de forma immediata qualsevol variació significativa o actualització.
 - El CECAT avisarà als ajuntaments que puguin ser afectats, als organismes propis i als serveis bàsics ubicats a Catalunya.
 - Durant aquesta fase els ajuntaments informaran quan sigui necessari a la població i emetran informació de retorn al CECAT sobre incidències significatives.
 - Els centres dependents de la Generalitat i els definits en el Pla informaran al CECAT sobre les incidències significatives.
- b) Per augment del nivell dels rius, embassaments, llacs i rieres, etc.:
- Els organismes de conca: avís de situació d'alerta i seguiment especial.
 - Per als centres de control i gestió d'embassaments, informació sobre la gestió i situació de les preses.
 - L'INM: Trametrà notificacions diàries al CECAT sobre predicció en les zones d'ocurrència així com, i de forma immediata, qualsevol variació o modificació de les previsions i actualitzacions.
 - Durant la situació de previsió de rius i embassaments el CECAT avisarà als ajuntaments que pugin ser afectats.
 - Durant la situació de previsió de rius i embassaments, els ajuntaments informaran a la població, als serveis municipals i trametran informació de retorn al CECAT sobre incidències significatives i establir un control de nivells en punts concrets a petició d'ell.
 - Durant la situació de previsió de rius i embassaments els centres dependents de la Generalitat, informaran al CECAT sobre les incidències significatives.

El pla estableix les actuacions a dur a terme per al seu coneixement, per part de les persones que hi intervindran directament, perfeccionar els procediments operatius i garantir una organització adient, actualitzant totes les estructures de mitjans humans i materials, així com l'anàlisi dels riscos, la vulnerabilitat, la zonificació, i si escau, les fases i les situacions d'emergència.

6.8.3. Grup d'avaluació hidrometeorològica

- Determinació de l'abast de les inundacions i delimitació de l'àrea geogràfica afectada.
- Avaluació, seguiment i previsió de l'evolució de la situació meteorològica, en l'àrea afectada.
- Prevenir, avaluar i fer el seguiment dels rius en les zones on es declara l'alerta o l'emergència.
- Avaluar la situació real i previsible dels nivells dels rius i per tal que es puguin prendre les normes de protecció i actuació.

- Avaluació de la seguretat de les edificacions i infraestructures.
- Notificar i donar assessorament tècnic en general a través dels seus representants corresponents.
- Fer les recomanacions i el seguiment de les tasques de rehabilitació de la zona, en cas que sigui necessari, d'acord amb el que preveu la llei de protecció civil de Catalunya.
- L'estructura del grup d'avaluació hidrometeorològica comprèn:
 - Els organismes de Conca.
 - Servei Meteorològic de Catalunya.
 - Instituto Nacional de Meteorología.
 - Tècnics de la Direcció General d'Emergències i Seguretat Civil.
 - Tècnics especialistes en la matèria (autonòmics, municipals, d'empreses...).
 - Institut Cartogràfic de Catalunya (Institut Geològic de Catalunya).
 - La guarderia fluvial.
 - Tècnics d'Obres Públiques de les diferents administracions.
- Per tant durant la implantació es defineixen:
 - Les persones que seran responsables.
 - Els procediments que hauran d'utilitzar.
 - Els exercicis que cal realitzar.
 - La documentació i cartografia a utilitzar.
 - Els mitjans considerats imprescindibles.

La implantació comporta campanyes de formació i d'informació i de divulgació, dirigides als grups operatius i als ciutadans, per aconseguir d'aquests una resposta adequada a les diferents situacions. Es dóna atenció especial a la definició de les campanyes dirigides al coneixement per a tothom i de com i a qui s'han de comunicar les alarmes.

També es prevenen les actuacions que s'han de dur a terme com a conseqüència dels canvis en el si del Comitè de Direcció, el Consell Assessor, el Gabinet d'Informació i els grups operatius.

La implantació comporta també garantir la integració operativa dels plans d'àmbit local i especials amb el pla Inuncat.

6.9. MANTENIMENT DEL PLA

L'operativitat real del Pla queda garantida per al seu correcte manteniment, i pel *Pla Especial d'Emergències per Inundacions a Catalunya* de gener de 1997 i per les seves revisions periòdiques. S'entenen per revisions la posada al dia i la millora derivada de l'experiència en l'aplicació del Pla (simulacres, etc.). Aquesta actuació comporta, entre altres, els aspectes següents:

- Mantenir al dia l'inventari de mitjans i recursos.
- Mantenir al dia la valoració del risc i les seves conseqüències.

- Desenvolupar i seguir, com a conseqüència del manteniment, els programes de formació destinats tant als òrgans i serveis actuants, com a la població civil.
- Comprovar periòdicament el Pla, per tal que els recursos es trobin en el mateix grau d'operativitat que el Pla els assigni. I en general, fer totes aquelles modificacions que puguin afectar el Pla i que no comportin la seva revisió.
- Dur a terme les propostes econòmiques adients perquè siguin viables tots els aspectes del Pla. Pel fet que les circumstàncies són variables en el temps, el Pla tindrà unes revisions, independents de les actuacions, que vindran determinades per:
 - Modificacions importants en els riscos.
 - Pel termini de vigència previst. El concepte de vigència no comporta una modificació obligatòria del Pla, sinó només la seva revisió i possibles adequacions o canvis que fossin necessaris per tal que s'ajusti a la realitat estructural i de sinistres prevista en el Pla.

6.10. PLANS D'ACTUACIÓ MUNICIPAL (PAM)

Les actuacions d'un municipi davant d'una emergència per inundacions queden reflectides en el Pla d'Actuació Municipal. També hi consten, a més, les actuacions encaminades a garantir l'operativitat dels mitjans humans i materials de què disposa. Els PAM formen part d'aquest pla i es desenvoluparan en el procés d'implantació d'aquest.

Han d'elaborar el corresponent Pla d'Actuació Municipal aquells municipis que estan en les zones de risc d'inundació molt alt, alt o mitjà. Per una altra banda, els que resultin amb risc moderat, és recomanable la seva elaboració.

El municipis amb risc baix estan exempts de realitzar el Pla d'Actuació Municipal.

La llista d'aquests municipis serà actualitzada periòdicament.

Els consells comarcals podran elaborar plans d'assistència i suport (PAS) per als municipis del seu àmbit territorial per ajudar-los a complir les seves responsabilitats.

Correspon l'aprovació del Pla d'Actuació Municipal (PAM) a l'òrgan competent del municipi i la seva homologació per la Comissió de Protecció Civil de Catalunya.

Per determinar els municipis que han d'elaborar el Pla d'Actuació Municipal per Inundacions (PAM), es diferencien tres categories de municipis:

- Els municipis que tenen l'obligació d'elaborar el seu PAM per inundacions.
- Els municipis als que se'ls hi *recomana* elaborar el PAM.
- La resta de municipis.

La classificació d'un municipi en una tipologia o altra es determina fonamentalment pel nivell de risc d'inundacions assignat al municipi. A priori s'estableix la següent classificació:

- Municipis *obligats* a redactar PAM: Nivell de risc per inundacions del municipi *Molt Alt, Alt o Mitjà*.
- Municipis *recomanats* a redactar el PAM: Nivell de risc per inundacions del municipi *Moderat*.
- Municipis que no han de redactar el PAM: Nivell de risc per inundacions del municipi *Baix*.

La classificació anterior, però, a posteriori ha estat revisada per tal de considerar la influència d'altres factors com:

- L'existència de punts d'actuació prioritària. Freqüència i gravetat de les afectacions d'inundacions en aquests punts d'actuació prioritària.
- Informació històrica rellevant com les inundacions patides en temps passats i la classificació assignada al Pla Inuncat de l'any 1997, així com experiència adquirida pels tècnics del territori.
- Els estudis de perillositat per avaries o trencament de preses.

El resultat de la revisió ha esdevingut en el canvi de classificació d'alguns municipis per alguna de les raons anteriors.

És clar que l'anàlisi de risc no queda absolutament tancat en el pla Inuncat, fonamentalment perquè el territori, a causa de l'acció antròpica, està sotmès a canvis constants i les dades i estudis a partir dels quals s'han generat els càlculs estan contínuament en revisió i millora.

Un exemple d'aquest fet són els estudis de detall de PEF (Planificació d'Espais Fluvials) que està previst que es realitzin pròximament en determinades zones, aquest estudis s'aniran afegint en la mesura que estiguin acabats al pla.

Un altre exemple són els plans de preses i l'anàlisi dels fenòmens geològics associats, que hauran d'anar completant l'estudi de perillositat. L'aportació de tota aquesta informació pot produir canvis en les valoracions efectuades.

Per tant en les successives actualitzacions es poden produir algunes variacions en el llistat dels municipis que han de fer el pla o que se'ls recomana fer-lo.

A continuació presentem els resultats, després dels estudis de si cal o no redactar el PAM per a alguns municipis de la conca del Gaià davant el risc d'inundació establert.

MUNICIPI	NIVELL DE RISC D'INUNDACIÓ	PLA D'ACTUACIÓ MUNICIPAL DAVANT INUNDACIONS
Santa Coloma de Queralt	Baix	No
El Pont d'Armentera	Mitjà	Obligat
Pontils	Moderat	Recomanat
Aiguamúrcia	Mitjà	Obligat
Vila-rodona	Moderat	Recomanat
Montferri	Mitjà	Obligat
Vilabella	Baix	No
Salomó	Mitjà	Obligat
El Catllar	Moderat	Recomanat
La Riera de Gaià	Mitjà	Obligat
Altafulla	Molt Alt	Obligat

7. ESTAT ACTUAL DE L'ESTUDI DELS ESPAIS FLUVIALS

Després d'aquest llarg capítol de protocols per posar en funcionament l'Inuncat no s'acaba de veure clar si el ciutadà està prou informat de tot això i si en el moment donat durant un període d'inundacions tot funcionarà com cal, el que sí que és cert és que hi ha un treball constant en aquest ordre de coses i que actualment l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) prepara les Planificacions dels Espais Fluvials (PEF) a tot el territori. La PEF ordena espacialment els cursos fluvials per consensuar la recuperació i la conservació ambiental i paisatgística amb els usos històrics, la valorització social i econòmica i l'aprofitament sostenible dels seus recursos, tenint en compte el fenomen de la *inundabilitat* i el risc que pot comportar envers les persones, els béns i el medi ambient. En aquest sentit la planificació dels espais fluvials esdevé un punt d'inflexió històric en la planificació territorial de Catalunya. L'Agència ha desenvolupat una metodologia basada en l'anàlisi dels processos naturals que regeixen el comportament dels rius, a partir de grups de treball multidisciplinaris que ofereixen una visió integral i de conjunt dels fenòmens hidrològics, hidràulics, morfodinàmics i ambientals de l'espai fluvial.

L'objectiu general de la planificació dels espais fluvials és avançar en la resolució i l'ordenació dels diversos conflictes hidràulics, ambientals i morfodinàmics vinculats a la gestió de l'aigua i el medi hídic de l'espai fluvial. Per això, cal disposar d'un diagnòstic referit a l'estat actual de les xarxes fluvials principals de les conques catalanes en les diferents dimensions, i el plantejament i la proposició de solucions de caràcter integral.

Els principals objectius, comuns a tots els treballs de planificació dels espais fluvials són:

- Determinar els cabals de disseny de la conca i delimitar les zones inundables per a diferents períodes de retorn.
- Avaluar l'estat ecològic dels ecosistemes fluvials.
- Zonificar l'espai fluvial, tenint en compte la funcionalitat i les dinàmiques ecològiques i el comportament hidràulic de la xarxa fluvial.
- Plantejar un conjunt de mesures orientades a resoldre els problemes detectats als diferents àmbits.
- Definir els criteris de gestió i d'intervenció en els espais fluvials.
- Sensibilitzar, informar i conscienciar la població, els ens locals i les entitats públiques o privades interessades a portar a terme els plans i programes per reduir la vulnerabilitat dels béns i les persones i millorar l'estat ecològic, a partir del coneixement obtingut amb la informació elaborada.

La planificació de l'Espai Fluvial a la conca del Gaià està actualment en curs amb els estudis tècnics de base finalitzats el 2008 i pretén la planificació d'actuacions i zonificació de l'espai fluvial de la conca del Gaià a partir del seu coneixement holístic (caracteritzat i diagnosticat) des de tres vessants principalment: *dinàmica fluvial*, *inundabilitat* i *ambiental*. Dins de l'àmbit fluvial de l'estudi s'inclou la totalitat del riu Gaià, repartit en dos trams: des de Santa Coloma de Queralt fins a la cua de l'embassament del Catllar (52,9 km) i des del mateix embassament

fins al mar (10,8 km). S'han modelitzat hidràulicament un total de 63 km de cursos fluvials. A més dels objectius generals i principals, comuns a tots els treballs de planificació de l'espai fluvial, cadascuna de les PEF compta amb uns objectius específics per tal de solucionar les problemàtiques singulars detectades als diferents àmbits d'estudi.

Els objectius específics que pretén assolir la PEF de la conca del Gaià són:

- Propostes d'actuació per tal de reduir l'impacte ambiental de la presa del Catllar.
- Recuperar ambientalment i millorar hidràulicament la desembocadura del Gaià: caldrà dur a terme aquestes actuacions dins d'una estratègia de gestió integrada de zones costaneres.
- Disminuir els danys per inundacions, especialment als termes municipals de Santes Creus, Montferri i Altafulla.
- Recuperar zones humides lligades als espais fluvials.
- Recuperar boscos de ribera.

En cap cas s'esmenta el rescabament de cabal entre la presa del Catllar i el mar tot i que potser queda amagat en els dos primers punts dels objectius particulars del PEF per a la conca del Gaià.

7. BIBLIOGRAFIA I FONTS

STRAHLER, A.N. & STRAHLER, A.H.(1987). *Geografía física*. Barcelona: Ediciones Omega, SA. Reimpressió març 1994.

RIBA I ARDERIU, Oriol; director (1997). *Diccionari de geologia*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans/Enciclopèdia Catalana, SA.

LAHEE, F.H. (1979). *Geología práctica*. Barcelona: Ediciones Omega, SA.

Diversos autors (2007). *Les riuades: del desastre natural a la regeneració ambiental*; edició a cura de Batalla, R. i Balasch J.C. Quaderns de l'Institut d'Estudis Ilerdencs/Diputació de Lleida.

COMISSIÓ DE PROTECCIÓ CIVIL DE CATALUNYA (2009). *Inuncat. Pla especial d'emergències per inundacions*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT (2003). *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local; guia tècnica*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

ESCUER, J. (2008). *El risc d'inundacions a Catalunya*; Projecte Riskcat. Barcelona: Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS).

DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT (2001). *Delimitació de les zones inundables per a la redacció de l'Inuncat; Conques internes de Catalunya. Geomorfologia. Volum III*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

Web de l'Agència Catalana de l'Aigua: De Gener 2010 al Novembre 2010. *Prevenició d'inundacions; Planificació dels Espais Fluvials; Inundabilitat*. <http://aca-web.gencat.cat>.

Web Departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya: Any 2010. *Aiguats i inundacions*. <http://gencat.cat/interior>.