

METODOLOGIES PER A LA DETERMINACIÓ DEL RISC D'INUNDACIÓ. LA SEVA APLICACIÓ A UNA CONCA MEDITERRÀNIA VALENCIANA (Barranc de Torrent)

El risc d'inundació és, entre les diferents menes de riscos naturals existents, el que té més incidència a la Comunitat Valenciana i en una gran part del litoral mediterrani; per la qual cosa les investigacions orientades a delimitar-lo i a avaluar les possibles solucions per minimitzar-ne les devastadores conseqüències, queden justificades amb escreix.

A les línies següents, analitzarem les principals tècniques disponibles per a la seva avaluació i posarem atenció especial a les conques de dimensions petites i mitjanes, les quals, en general, no tenen els

registres foronòmics imprescindibles per al calibratge de models sofisticats de flux. La seva aplicació a una conca propera a l'àrea metropolitana de València a permès definir amb rigor el risc d'inundació i les actuacions necessàries per minimitzar-lo.

Introducció

La Comunitat Valenciana, a causa de la seva especial situació, oberta al Mediterrani, i a causa de la concentració de la seva població a la zona costanera per sota de la cota de 40 m sobre el nivell del mar,

és sotmesa a revingudes catastròfiques, de repercussions socials i econòmiques extraordinàries. N'és una prova el fet que les dues inundacions del Xúquer en aquesta dècada han comportat la pèrdua de gairebé mig centenar de vides humanes i danys materials superiors als 200 000 milions de pessetes.

Com que el risc és a les planes ocupades per l'home, les planes d'inundació que els mateixos rius valencians han anat formant amb les seves repetides crescudes, la natura essencial del problema va íntimament lligada a l'ordenació territorial. En aquest sentit, convé assenyalar que el risc d'inundació pot minimitzar-se, però mai no pot eliminar-se totalment. La probabilitat d'un esdeveniment meteorològic extraordinari que excedeixi els càlculs de disseny de les infraestructures hidràuliques de defensa pot ser molt baixa, però no nul·la en cap cas. Cal, per tant, estar previnguts davant d'aquestes eventualitats.

L'anàlisi de les revingudes i la manera de defensar-se'n té com a premissa fonamental la comprensió del problema d'escala que planteja el tamany de la conca. No és pas el mateix, ni pot tractar-se de la mateixa manera, el risc de revingudes a les grans conques (el Túria, el Xúquer i el Segura), amb cabals màxims de milers de metres cúbics per segon, que el risc que comporten les conques de mida mitjana (el Barranc de Torrent), amb crescudes de centenars de metres cúbics per segon, o les conques petites (el Puçol), els cabals

Foto 1: Efecte barrera de l'Autopista A-7 al seu pas per la Ribera durant les inundacions de 1982. Detall d'una obertura de drenatge que mostra el nivell de càrrega hidràulica existent al marge oposat de l'autopista

(Foto: Manuel Nieto)





Vista de la secció V, a l'àrea
on té lloc el desbordament del llit.
Capacitat de flux: $50 \text{ m}^3/\text{s}$



(Foto: Javier Obarti)

màxims de les quals no sobrepassen el centenar de metres cúbics per segon.

Aquesta diferència d'escala es reflecteix en els cabals, els temps de resposta, les velocitats, els calats, etc., i implica tractaments i metodologies d'estudi diferenciats.

No obstant això, prescindint d'aquest problema d'escala, les revingudes presenten aspectes específics comuns a totes les conques de la Comunitat Valenciana:

- La situació meteorològica intermitent que les genera és sempre la mateixa (QUESADA SALA, 1983): baixes pressions al Mediterrani, sobreescalfament a començaments de tardor, vents del NE i de l'E que empenyen masses d'aire humit cap a l'interior de la Península i, combinat amb tot plegat, com a element desestabilitzador, la presència d'una massa alta d'aire fred o *gota freda*, la posició i l'evolució de la qual determinen la situació geogràfica de les pluges extremes.
- El límit occidental natural de la Comunitat Valenciana, la Meseta, i els relleus Ibèrics i Bètics circumdants, fan que les precipitacions màximes es generin a una distància màxima de 150 km a 200 km de la costa.
- Quan s'analitzen sèries cronològiques de precipitacions, de més de cent anys (per exemple a València i a Alacant), hom observa que, del punt de vista estadístic, són molt semblants. Se'n pot deduir que les distribucions estadístiques de valors extrems de precipitació deuen ser molt semblants a tota la Comunitat Valenciana o, almenys, a la franja costanera.

Així doncs, en principi, la probabilitat de crescuda deu ser molt semblant a totes les conques i només les seves diferències de tamany i les característiques geològiques, geomorfològiques, edafològiques i de cobertura vegetal, defineixen les respostes particulars del fenomen de vessament.

Els principals problemes són a la zona costanera, molt densament poblada, en la qual els llits perden la capacitat de transport o fins i tot desapareixen, per terraplenament diluvial o artificial i ocupació humana.

En els següents paràgrafs parlarem, d'acord amb els problemes d'escala i en funció de la disponibilitat de dades hidrològiques, de les metodologies exis-



Foto 3: Efecte de la revinguda sobre el paviment de la Carretera Estatal 330 València-Albacete, durant la inundació de 1982 (Foto Manuel Nieto)

tents per emprendre l'estudi del risc d'inundació.

Aprofundirem aquells aspectes metodològics necessaris per endegar l'estudi de les conques petites i mitjanes, en relació a les quals és poc freqüent disposar de les dades de cabal per calibrar models complexos de flux.

Per acabar, tractarem del risc d'inundació a la conca del Barranc de Torrent, de 430 km², a la vora de València, el llit principal de la qual desapareix entre conreus al terme municipal de Quart de Poblet, havent tingut una secció mitjana de 450 m² al llarg de 4 km.

El seu desbordament en aquesta zona afecta importants infraestructures viàries (Carretera Estatal III i ferrocarril València-Madrid, per Conca), poblacions (Alaquàs i Aldaia, amb més de 40 000 habitants) i una forta implantació d'indústria petita i mitjana, tal com s'ha pogut observar després de les revingudes que hi ha hagut, la darrera de les quals s'esdevingué per l'octubre de 1983.

Metodologies

Les revingudes, cabals extraordinaris d'un riu, són fenòmens que varien espacialment i temporalment i, normalment,

s'avaluen mitjançant un valor màxim instantani, en funció del qual es dissenyen les estructures hidràuliques. Tanmateix, hi ha altres paràmetres més importants de del punt de vista de l'ordenació del territori, tals com la probabilitat d'ocurrència, el nivell màxim assolit, el volum d'aigua, les àrees inundades i la durada de les revingudes. Aquests paràmetres i una sèrie de factors econòmics permeten fixar els criteris de protecció i seguretat davant les inundacions.

El cabal màxim és condicionat per un gran nombre de factors complexos i interrelacionats. La quantitat, la intensitat i la distribució espacial i temporal de les pluges, les pluges precedents, les neus acumulades, la vegetació, els pendents i les actuacions humanes a la conca són alguns dels factors condicionants dels cabals màxims. Tots aquests factors rarament acceptaran ser tractats amb models deterministes, sinó que ens obliguen a l'ús de mètodes estadístics, a fi d'estimar les magnituds que poden ser excedides i les seves corresponents probabilitats.

A causa de la varietat de factors i condicionants que entren en joc en l'anàlisi de les revingudes, els mètodes emprats per al



Foto 4: Vista de la secció I, al Barranc de Torrent, al llit sota la Carretera Estatal III. Capacitat màxima 900 m³/s

(Foto: Javier Obarti)

seu estudi són molt nombrosos i variats, en funció dels objectius perseguits.

Així, distingirem entre:

- Mètodes empírics
- Mètodes analítics
- Mètodes hidrometeorològics
- Mètodes estocàstics
- Ajustament de lleis als valors màxims anuals.

L'aplicació d'aquests mètodes és un pas previ obligat per a la delimitació o zonificació del risc d'inundació, quan se'l pretén avaluar amb cert rigor.

Entre els mètodes empírics podem distingir: d'una banda el més elemental o de les crescudes històriques, el qual consisteix a adoptar com a valor de cabal màxim el més gran que mai s'hagi registrat i, d'altra banda, aquells que tradicionalment són usats pels no especialistes en hidrologia, els quals parteixen d'un conjunt de fórmules empíriques que només tenen en compte la superfície de la conca i un paràmetre que enclou el conjunt variat de les seves característiques naturals. Aquests mètodes només poden considerar-se com a regles de normalització regional (vàlides solament on s'ha efectuat l'ajustament). Són d'escàs valor general i difícilment ens permetran avalu-

lar els riscos amb certesa. Les expressions més utilitzades són les de Myer, Creager, Scimeni, González-Quijano, Fuller, Gete, etc. (HERAS, 1970).

Els mètodes analítics tenen en compte la informació pluviomètrica mitjançant la utilització de les tècniques de l'hidrogràma unitari (SHERMAN, 1941), les quals intenten reproduir el procés de vessament i flux partint de la hipòtesi segons la qual el canvi deriva de la pluja neta per mitjà d'un operador lineal. Reprodueix bé l'hidrogràma d'aiguats esdevinguts.

Els mètodes hidrometeorològics són, per contra, mètodes probabilístics que permeten d'obtenir el cabal màxim i la seva probabilitat d'ocurrència per mitjà de l'estudi de les precipitacions. Són bastant fiables per a conques reduïdes i homogènies.

El més emprat és l'anomenat mètode racional de Soil Conservation Service (SCC) o la modificació espanyola (TEMEZ, 1978).

Els mètodes estocàstics, particularment els autoregressius univariats (BOX i JENKINS, 1970), són de gran utilitat en hidrologia, ja que permeten augmentar la longitud de les sèries temporals o completarla amb la màxima versemblança. No

aporten, tanmateix, cap més informació sobre els valors extrems que la que s'obté amb l'ajustament de lleis de distribució de valors extrems. Els models bivariats amb introducció de la pluja com a variable poden ser molt profitoses pel que fa al cas.

L'ajustament de distribucions de valor extrems és el mètode d'estimació més senzill i més estès a tot el món, per a la predicció de cabals màxims de revinguda. No és, però, el mètode que proporciona més informació. A més, condueix a resultats poc fiables amb sèries de dades de menys de vint anys.

Les distribucions més utilitzades són les de Gumbel, Frechet, Weibull i la logaritme-Pearson III. L'ajustament, sia gràfic o numèric, ha de portar sempre darrera la validació del test corresponent.

Tots els mètodes esmentats avaluen el cabal màxim de crescuda en un punt de la conca, del qual, si se'n coneixen les característiques geomètriques i hidràuliques, és possible conèixer-ne els calats i la possibilitat de desbordament. Malgrat això, en conques de certes dimensions, en les quals els fenòmens d'emmagatzematge no són menyspreables, la revin-

Foto 5: Fotografia aèria del Barranc de Torrent al seu pas sota la Carretera Estatal III Madrid-València (Foto: Diputació Provincial de València)



guda modifica les seves característiques durant la propagació al llarg del llit.

En aquests casos, un cop conegut l'hidrogràma en un punt de la conca, el que interessa és veure com es propaga la revinguda aigua avall, avaluar-ne el cabal i el calat màxim, la velocitat de propagació i les modificacions en la forma de l'hidrogràma. Aquests elements són imprescindibles si pretenem determinar les característiques de la crescuda més avall del punt de control. Necessitem utilitzar models hidràulics més sofisticats que els hidrològics esmentats anteriorment, els quals operen resolent, per integració numèrica, les equacions de Saint Venant que regeixen el flux als llits oberts.

El risc d'avinguda del Barranc de Torrent

Descripció de la conca

La conca del Barranc de Torrent, fins al poble de Catarroja, té una superfície de 430 km² i s'estén des d'una cota de 15 m sobre el nivell del mar fins a una alçada

màxima de 1 042 m al sector occidental. L'altitud mitjana de la conca és d'uns 150 m.

La precipitació més elevada es produeix al sector occidental, on se superen els 550 mm anuals. En canvi, la màxima intensitat de les ruixades s'esdevé preferentment a la zona oriental (mapa 1).

Dins l'àrea d'estudi, podem distingir-hi tres zones ben diferenciades:

- La zona baixa, fins a una cota de 30 m sobre el nivell del mar, s'assenta sobre materials detrítics quaternaris, és de caràcter agrícola i el conreu dominant és de cítrics.
- La zona mitjana, entre cotes de 30 m i de 400 m sobre el nivell del mar, també és agrícola; compta amb vinyes i garrofers i amb una gran vocació de transformació en zona de fruiters de regadiu. El substrat litològic dominant correspon a fàcies continentals detrítics i carbonatades del miocè.
- La zona alta és predominantment forestal, és situada sobre materials de naturalesa carbonatada i té una topo-

grafia abrupta, constituïda pels contraforts més orientals de Serra Cabrera.

A la conca del Barranc de Torrent hem considerat nou subconques, entre les quals destaquen per la seva importància les dels barrancs de Gallego i l'Horteta i les rambles de Poio i Gallo. En descriurem les característiques al paràgraf on s'expliquen els resultats obtinguts.

En aquesta conca hi ha algunes circumstàncies d'interès quant al risc d'inundació:

- De les nou subconques en què s'ha dividit la principal, n'hi ha cinc que evidencien la desaparició dels seus llits principals dins de la zona de conreus i, per tant, no poden desembocar en llits d'ordre superior. Entre aquestes, destaca la conca del Barranc de Pozalet (Loriguilla) que, amb una subconca de 40 km² i una longitud de llit principal de més de 21 km, es perd entre els conreus de cítrics, escassament a 2 km d'un polígon industrial on hi ha, entre altres, indústries químiques.



Foto 6: Fotografia aèria del Barranc de Torrent al seu pas pel Pla de Quart. El llit en aquesta fotografia, contigua a l'anterior, experimenta una espectacular reducció de la seva capacitat de transport fins a la seva pràctica desaparició (Foto: Diputació Provincial de València)

— Un quilòmetre més avall de la confluència del Barranc de Gallego i de la Rambla de Poio, on hi ha l'esmentat polígon industrial, el Barranc de Torrent, que pren aquesta denominació a partir de la confluència esmentada, presenta anomalies molt significatives en el creixement del seu llit. A la confluència al·ludida s'hi aprecia una clara influència humana, a causa de les transformacions dels conreus, les quals obliguen el llit del Poio a realitzar un gir de 90°, fins a incidir perpendicularment sobre el Barranc de Gallego, el qual un quilòmetre més avall fa un gir semblant. Encara és més greu l'espectacular reducció de l'amplada del llit de la Rambla de Poio, la qual passa de tenir una mitjana de 100 metres abans de l'esmentada confluència, a tenir entre 10 metres i 15 metres d'aquesta confluència en avall.

En aquest sentit, assenyelem que les causes de tals anomalies geomorfològiques del llit no han de ser atribuïdes

exclusivament a l'acció humana, ja que existeixen evidències d'activitat tectònica recent, relacionada amb moviments a l'anomenada banda estructural de Toledo i a l'alineació sismotectònica Sagunt-Alacant, si bé aquest és un tema d'altres estudis específics.

Volem assenyalar finalment, l'existència d'importants infraestructures públiques al costat del Barranc de Torrent, al sector esmentat, com la Carretera Estatal III, la via fèrria Madrid-València o la planta de transformació de residus sòlids de València.

Metodologia adoptada

Com que a la conca objecte d'estudi no hi ha cap estació de cabals, hom ha hagut d'escollir els mètodes hidrometeorològics citats al paràgraf anterior, amb els quals s'obté, a partir de les precipitacions, l'hidrograma del xàfec corresponent.

En aquest cas, els objectius bàsics són el coneixement del cabal màxim de crecuda i el de la possibilitat de desbordament (calats màxims) en determinades

seccions, per a determinats períodes de retorn, per la qual cosa s'ha recorregut al mètode racional modificat (TEMEZ, 1978), mètode que s'adapta perfectament als fins proposats perquè permet deduir, en conques petites, els cabals màxims de revinguda segons l'expressió:

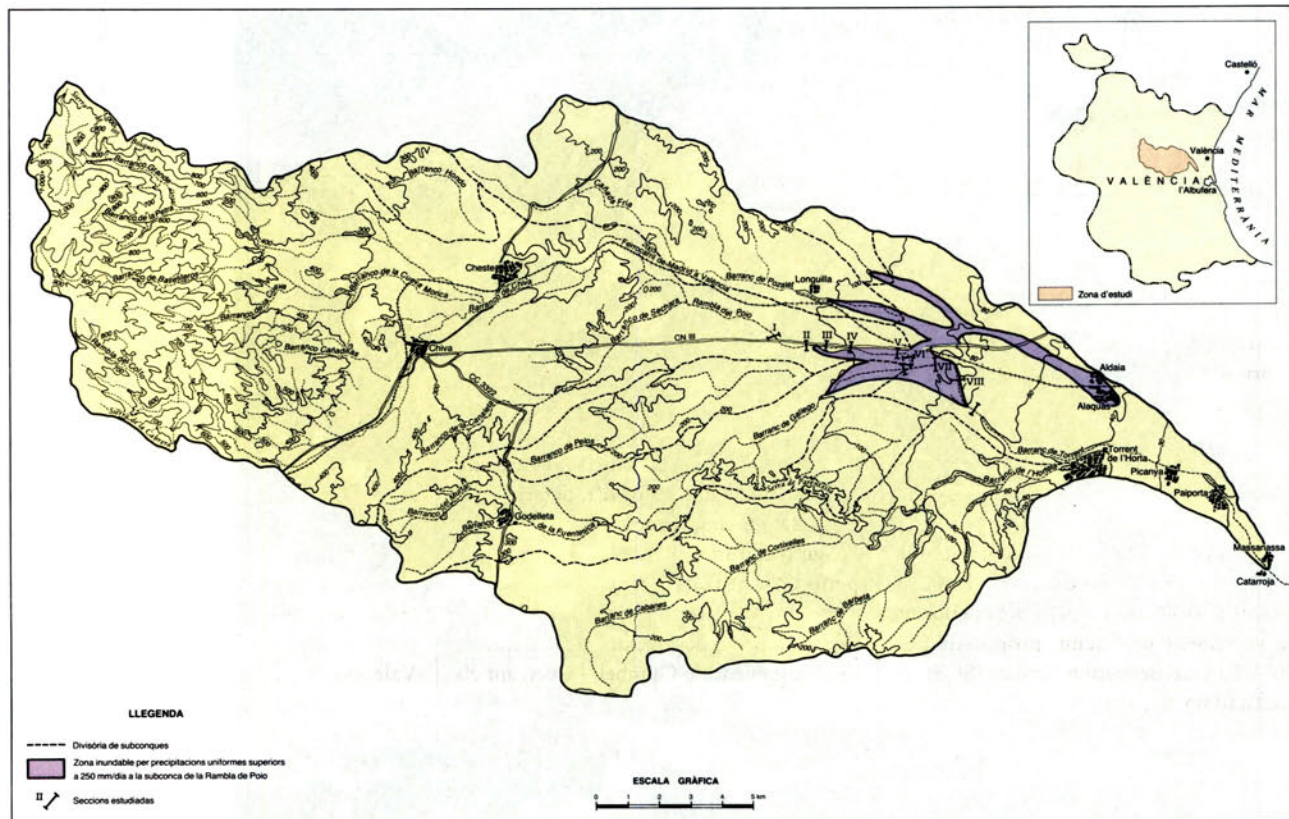
$$Q = \frac{C \times I \times A}{3} \quad (1)$$

en la qual:

- Q és el cabal màxim en m³/seg.
- I és la màxima intensitat mitjana, en l'interval de durada T_c, per al mateix període de retorn T_r, en mm/h;
- A és la superfície de la conca en km²;
- C és el coeficient de vessament de l'interval on es produeix I.

Les hipòtesis bàsiques assumides són:

En una conca determinada, els hidrogrames d'aiguats amb pluges netes de la mateixa durada D són tots afins, atès que tenen el mateix temps de base i cabals proporcionals als seus respectius vessa-



Mapa 1: Descripció de la conca del Barranc de Torrent

ments E_i . Els límits de validesa d'aquesta hipòtesi han estat delimitats experimentalment per a valors de $D < 1/5 T_c$ i $A < 2.000 \text{ km}^2$ (A és l'àrea de la conca i T_c el temps de concentració). Els hidrogrames que compleixen aquestes condicions, s'anomenen unitaris o elementals.

Si l'episodi plujós té una durada més gran, caldrà descompondre'l en altres de més curts que compleixin la limitació imposada. Hom admet que l'hidrograma total serà la suma dels corresponents als aiguats parcials.

Els hidrogrames unitaris poden ser assimilats a triangles amb la definició de paràmetres de la foto 2:

Hom admet, per al temps de punta T_p , el valor mitjà deduït experimentalment:

$$T_p = D/2 + 0,35 T_c$$

i per al temps de concentració T_c :

$$T_c = 0,3 (L/J^{1/4})^{0,76} \quad (2)$$

on:

L : longitud del llit principal

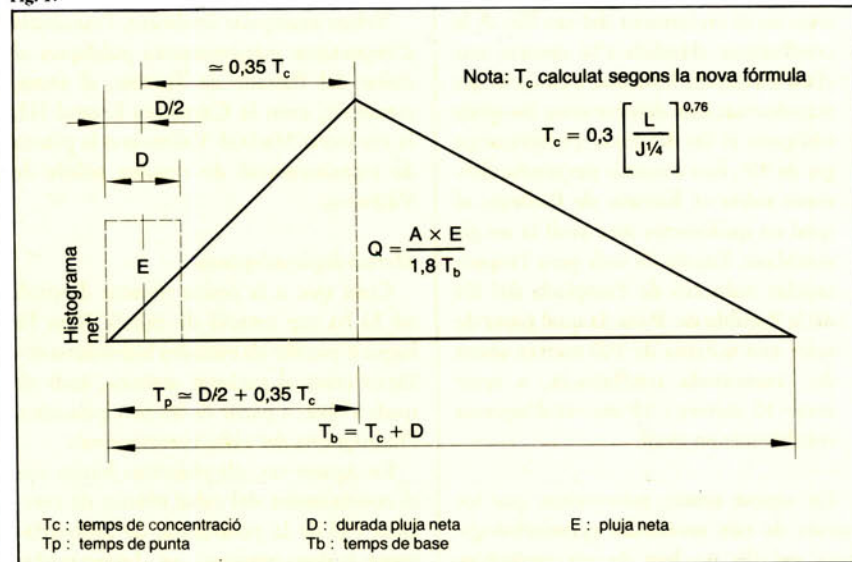
J : pendent mitjà del llit principal

Amb el mètode emprat, la consideració que es fa és que la precipitació més

desfavorable per a una conca és aquella de durada igual al temps de concentració (T_c). En cas de pluges de durada més gran que T_c s'assoleix l'equilibri i atès que, en virtut de les corbes duració-intensitat, la intensitat corresponent en aquestes pluges és més petita, també ho

serà l'escaig. En canvi, en el cas de pluges de durada més petita que T_c , encara que siguin més intenses, l'àrea que contribueix a la crescuda és més petita. Per això, hom considera que la pluja més desfavorable és la de durada igual a T_c ; donat un període de retorn T_r , les corbes

Fig. 1:



duració-intensitat ens donaran la intensitat I corresponent a $t = T_c$.

S'ha comprovat que aquesta corba intensitat-duració s'ajusta a una expressió del tipus:

$$I = \frac{(I_1) \wedge (28 \wedge 0,1 - D \wedge 0,1)}{I_d} \quad (3)$$

A cada estació caldrà estimar el valor del paràmetre característic del lloc I_1/I_d , el qual representa la relació de la intensitat horària amb la diària del mateix període de retorn. Coneguda la relació I/I_d i atès que $I_d = Pd/24$ corresponent al període de retorn desitjat, som en condicions d'obtenir I extraient Pd (màxima precipitació diària) de la corba de Gumbel per al període de retorn desitjat.

Per al coeficient de vessament variable C , TEMEZ (1978) modifica i adapta, a Espanya, la llei de variació del coeficient de vessament instantani, proposada per l'*U S Soil Conservation Service* (SCS), el qual adopta així l'expressió següent:

$$C = \frac{(Pd - Po)(Pd + 23 Po)}{(Pd + 11 Po)^2} \quad (4)$$

en la qual Po , o llindar de vessament, és tabulat per a les diferents parelles sòl·litologia / vegetació-conreu, considerant-hi inclòs el pendent. A més, aquest autor, per contrastos empírics, obté un multiplicador regional d'aquest Po , segons la localització de la conca al territori espanyol. Aquest multiplicador varia entre 1 i 4 en direcció NW-SE, amb un màxim al sector Màlaga-Almeria-Múrcia.

Resultats obtinguts

Dels plànols cadastrals de l'*Instituto Geográfico Nacional* a escala 1:50 000, se'n va obtenir la superfície de la conca, la qual va ser discretitzada en nou subconques, així com els valors de longitud i pendent mitjà dels cursos principals. Les dades són recollides a la *taula 1*, la qual inclou, a més, els càlculs relatius als temps de concentració.

La relació intensitat horària-intensitat diària (I/I_d) al País Valencià ha estat estudiada per la *Dirección General de Carreteras* (1964), des d'on s'assigna a aquest territori un valor comprès entre 12 i 13.

En aquest estudi, hem triat el valor 12,3, per interpolació entre les corbes d'isointensitat-duració que publica l'esmentat organisme.

Entrant amb aquest valor i amb $D = T_c$ a l'expressió (3) obtenim la relació I/I_d

Subconca	A (km)	L (km)	J	Tc (hores)
1. Barranc de l'Horteta	83,7	21	$1,14 \cdot 10^{-2}$	7,0
2. Barranc de Domingo	10,6	5	$2,20 \cdot 10^{-2}$	2,1
3. Barranc de Torrent (final)	44,8	16	$0,43 \cdot 10^{-2}$	6,9
4. Barranc de Gallego	43,6	32	$0,98 \cdot 10^{-2}$	10,0
5. Barranc de Pelos	18,4	14	$1,07 \cdot 10^{-2}$	5,3
6. Rambla de Poio	186,0	37	$2,07 \cdot 10^{-2}$	9,7
7. Barranc de l'Hondo	9,4	5	$2,20 \cdot 10^{-2}$	2,1
8. Barranc Pozob.	39,8	17	$1,0 \cdot 10^{-2}$	6,2
9. Barranc de Saleta	3,5	2,7	$2,6 \cdot 10^{-2}$	1,3

Taula 1

que defineix la corba intensitat-duració. Per tal d'arribar al valor d' I , determinant del cabal màxim, manca completar el càlcul amb el d' $I_d = Pd/24$, corresponent al període de retorn desitjat.

Prenent el valor de precipitació màxima diària Pd per al període de retorn d'interès de l'ajustament de Gumbel, i efectuant els càlculs anteriors, s'obté la *taula 3*, amb els valors definitius d'intensitat màxima a cada subconca i a cada període de retorn considerant la *taula 2*.

Conegut I i A de l'expressió general (1), resta únicament avaluar el coeficient de vessament C , a fi de conèixer el cabal màxim de revinguda.

El valor de llindar de precipitació Po , a partir del qual es produeix vessament, és tabulat per l'*U S Soil Conservation Service* (1973) en funció del complex sòl-vegetació, del pendent i del tipus de con-

reu, segons els resultats contrastats empíricament en conques experimentals dels Estats Units.

Al Barranc de Torrent, partint dels estudis de MINTEGUI ET AL (1986) i dels mapes geològics a escala 1:50 000 editats per l'IGME (fulls de Cheste, Lliria i València), s'hi ha diferenciat set classes homogènies pel que fa al complex sòl·litologia/vegetació-conreu, les quals són definides al *mapa 2*.

Per aplicació dels valors consignats per l'SCS, tenint en compte el pendent i la superfície respectiva de cada classe, resulta una estimació inicial del llindar de precipitació de la conca, Po , de 24 mm (*taula 4*).

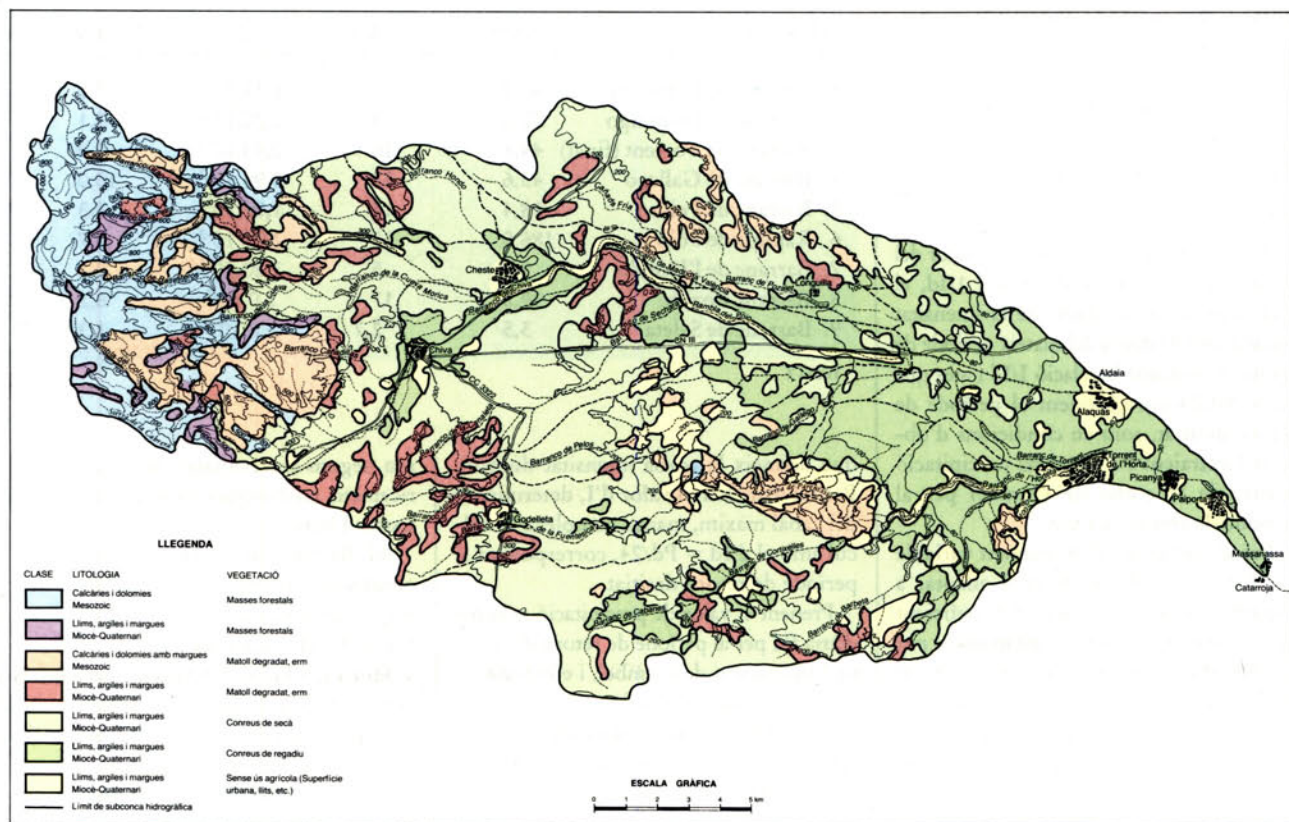
TEMEZ (1978) modifica els índexs esmentats i els adapta a Espanya mitjançant un factor de regionalització, el qual calibra en diferents conques convenient-

	1	3	5	10	25	50	100	500	1 000
Pd (mm)	36	66	84	110	133	155	175	220	240
Id (mm/hora)	1,5	2,8	3,5	4,6	5,5	6,5	7,3	9,2	10,1

Taula 2: Temps de retorn T_r (anys)

Subconca	I/I _d	1	3	5	10	25	50	100	500	1 000
1	3,09	4,6	8,5	10,8	14,2	17,1	20,0	22,5	28,4	31,2
2	7,33	11,0	20,2	25,7	33,6	40,6	47,4	53,4	67,4	74,1
3	3,13	4,7	8,6	11,0	14,3	17,3	20,2	22,8	28,8	31,6
4	2,35	3,5	6,5	8,2	10,8	13,0	15,2	17,1	21,6	23,7
5	3,81	5,7	10,5	13,3	17,4	21,1	24,6	27,8	35,1	38,5
6	2,41	3,6	6,6	8,4	11,0	13,4	15,6	17,6	22,2	24,3
7	7,33	11,0	20,2	25,7	33,6	40,6	47,4	53,4	67,4	74,0
8	3,39	5,1	9,3	11,9	15,5	18,8	21,9	24,7	31,2	34,2
9	10,04	15,1	27,6	35,1	46,0	55,6	64,9	73,2	92,4	99,9

Taula 3: Intensitat màxima I durant T_c (mm/hora)



Mapa 2: Mapa d'unitats homogènies

ment instrumentades. A l'àrea de la qual parlem hi adopta un valor de 3,8, el qual en ser multiplicat pel Po obtingut anteriorment, ens dona el llindar de precipitació real a partir del qual es produirà vessament (Po passa a valer així 91 mm). Entrant amb aquest valor i amb els Pd corresponents a l'equació (4) hom obté els diferents coeficients de vessament C per a cada duració considerada (taula 5). La taula 5 permet calcular els cabals màxims de revinguda segons l'expressió (1), els quals són recollits a la taula 6.

Els cabals calculats, essent fins i tot considerables, s'han d'entendre com a resultat d'una hipòtesi conservadora, ja que, en funció de les dades disponibles (vint anys comuns a tots els pluviòmetres de la conca), l'extrapolació a més de vuitanta o cent anys és perillosa. En aquest cas, hom ha considerat, per extrapolació, una precipitació màxima diària de 240 mm per a un període de retorn de mil anys, el qual deu ser força inferior al valor real. Com s'ha dit anteriorment, al País Valencià, com més gran és el nombre de dades disponibles a les estacions pluviomètriques, més gran és la semblança estadística

d'aquestes estacions. Així, per exemple, Gandia, que als mapes de risc de precipitació màxima diària (realitzats per l'Institut Nacional de Meteorologia després de les inundacions de 1982) presentava valors de 250 mm amb un període de retorn de cinc-cents anys, ha estat sorpresa per un episodi plujós de més de 850 mm en vint-i-quatre hores el passat mes d'octubre de 1987, tal com sembla que s'esdevingué a començaments de segle, per bé que no existia registre pluviomètric.

En tot cas, tot i que els valors calculats poden ser certament conservadors pel que fa a la probabilitat de precipitació màxima, això no afecta la validesa del mètode ni els resultats obtinguts.

Calculats els cabals màxims per a determinats supòsits de precipitació, hom ha verificat la possibilitat de desbordament en diferents seccions del llit.

Tot i que no hem descuidat que hi ha problemes d'inundació durant les revingudes a les zones baixes de la població de Xiva o més avall de Torrent, després de la confluència del Barranc de l'Horteta amb el Barranc de Torrent, ens hem cen-

trat a l'àrea de confluència dels barrancs de Poio i Gallego, perquè és en aquesta zona on apareixen les principals anomalies geomorfològiques i on es localitzen importants infraestructures viàries i emplaçaments industrials. També és on hi ha la possibilitat que siguin afectats els nuclis de població, sobretot Aldaia i Alaquàs, amb una població total de més de 40 000 habitants.

Amb aquesta finalitat hem estudiat, sobre el terreny, les deu seccions del llit que s'assenyalen al mapa de risc d'inundació adjuntat, totes situades al llarg del trajecte de 5 km del llit més proper a la Carretera Estatal III. Per aplicació de l'expressió de Manning per al càlcul del flux en règim permanent en llits oberts, s'han obtingut els cabals màxims admissibles al llit, abans del seu desbordament (taula 7).

L'amplada del llit fluctua entre 110 m, a la secció I, i 5 m, a la secció IV, al Barranc de Poio (és d'1,5 m a la secció X, de confluència entre el Barranc de Gallego i aquest darrer).

— Els calats màxims oscil·len entre 5,5 m a la secció III i 1,5 m a la secció VII.

Complex	Litol-Vegetac	Po (mm)	% Àrea
Classe 1	Pte.>3% F	60	9,4
Classe 2	Pte.>3% F	14	2,3
Classe 3	Pte.>3% M	40	7,4
Classe 4	Pte.>3% M	8	8,6
Classe 5	Pte.>3% R	10	42,4
Classe 6	Pte.>3% R	47	22,3
Classe 7	Pte.>3%	2	7,3

Taula 4

	1	3	5	10	25	50	100	500	1 000
C	-	-	-	0,023	0,072	0,107	0,137	0,199	0,225

Taula 5: Període de retorn Tr (anys)

Subconca	Cabals màxims d'avinguda Tr (anys)								
	1	3	5	10	25	50	100	500	1 000
1. Barranc de l'Horteta	-	-	-	13	34	60	86	158	196
2. Barranc de Domingo	-	-	-	4	10	18	26	47	59
3. Barranc de Torrent	-	-	-	7	19	32	47	86	106
4. Barranc de Gallego	-	-	-	5	14	24	34	63	78
5. Barranc de Pelos	-	-	-	4	9	16	23	43	53
6. Rambla de Poio	-	-	-	23	60	103	150	274	339
7. Barranc de l'Hondo	-	-	-	4	9	16	23	42	52
8. Barranc Pozolet	-	-	-	7	18	31	45	82	102
9. Barranc de Saleta	-	-	-	2	5	8	12	22	27
Total	-	-	-	67	178	308	445	816	1 011

Taula 6: Període de retorn Tr (anys)

Secció	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cabal màxim m ³ /seg	900	540	350	300	50	9	14	130	500	3

Taula 7

– En funció de les característiques hidràuliques de les seccions s'han utilitzat coeficients de rugositat variables, entre 0,002 i 0,05. Els pendents del fons s'han estimat entre el 3 i el 4 per mil.

Les conclusions són evidents si es comparen els dos quadres darrers:

– Les precipitacions de període reduït de retorn (10 anys), amb totals diaris de 110 mm, produeixen problemes locals a les seccions VI i VII per desbordament i inundació dels conreus que voregen el llit. S'esdevé el mateix al

Barranc de Gallego, el qual es desborda sempre, a partir d'aquests nivells de precipitació, prop de la seva confluència amb el de Poio.

– Sorgiran problemes seriosos en una extensa àrea d'inundació (tal com s'esdevingué l'octubre de 1983) amb nivells de precipitació de més de 250 mm/dia sobre la conca. El desbordament del llit, més enllà de la secció III, amb gran energia i notable sobrelevació de catllats, produirà greus danys a les rodalies de la secció V, on hi ha dues indústries d'hostaleria, una estació de servei

i unes quantes naus industrials. En aquest punt, l'aigua ultrapassa la cota de la via fèrria, creua la zona per sota del pas elevat de l'autovia i desguassa pel polígon industrial que allà hi ha, fins canalitzar-se per la xarxa de drenatge relict del Barranc de la Saleta, que mor dins la població d'Alaquàs. Per aquest motiu, Alaquàs i la veïna Aldaia són sotmeses a un risc excessiu, tal com s'observa a l'esquema de risc d'inundació annex, simplificat de l'original realitzat sobre cartografia de detall i contrastat amb dades de les crescudes històriques.

– La planta de tractament de residus sòlids urbans de València roman fora del perill d'inundació, atesa la seva cota de 10 m per damunt del llit actual, però és recomanable que la seva pròxima ampliació no s'efectuï en cotes més baixes de les actuals.

– Hi ha un risc greu d'inundació per a la depuradora d'aigües residuals de El Aguila SA, situada 500 m més amunt de la secció VIII, a nivell del llit i en un punt on el llit és completament colgat.

Les mesures correctores passen necessàriament per la canalització del Barranc de Poio, des de la secció III a la IX (uns 3 km) la qual hauria de tenir una amplada mínima de 30 m i una profunditat d'uns 5 m, de manera que permetés evacuar cabals entorn de 400 m³/s sense risc de desbordament.

Podem dir el mateix del Barranc de Gallego, que pateix un problema semblant, tot i que el risc sobre béns és més petit, atesa la seva implantació menor.

Conclusions

L'aplicació de la metodologia presentada a la conca del Barranc de Torrent, de tamany reduït (430 km²) i propera a l'àrea metropolitana de València, ha permès establir el risc d'inundació en un tram del llit que ha esdevingut conflictiu per la pèrdua de capacitat de transport hídic, derivada de causes naturals i actuacions humanes, i també per la seva proximitat a importants infraestructures viàries, polígons industrials i nuclis de població.

Entre les conclusions més importants, hem de destacar que: d'una banda les precipitacions de període reduït de retorn (prop de 10 anys i 110 mm/dia) ocasionen el desbordament del llit en punts determinats i la consegüent inundació dels conreus més propers al llit; d'altra banda,



Foto 7: Vista de la secció III, al Barranc de Torrent. Capacitat màxima: 350 m³/s. A l'esquerra, l'antic abocador de residus sòlids procedents de València

(Foto: Javier Obarti)

Foto 8: Indústries subjectes a risc d'inundació elevat, prop de la població de Torrent

(Foto: Manuel Nieto)





Foto 9: Indústries subjectes a risc d'inundació elevat, prop de la població de Torrent

(Foto: Manuel Nieto)

els aiguats que tenen aproximadament el doble d'intensitat comporten un risc important d'inundació, afecten les principals infraestructures viàries de comunicació Madrid-València, el polígon industrial de Quart i les poblacions d'Alaquàs-Alaia. Quant a revingudes d'abast extraordinari, s'han assenyalat les àrees que seran afectades i s'ha calculat el desfament entre el màxim de precipitació i el cabal màxim, que pot estar comprès entre 3 i 4 hores. Els esmentats efectes negatius poden minimitzar-se canalitzant el Barranc de Torrent en l'al·ludit tram conflictiu (aproximadament 3 km) amb una secció mínima que permeti evacuar 400 m³/s sense risc de desbordament.

Del punt de vista metodològic, la tècnica presentada permet establir el risc d'inundació de forma rigorosa, prenent en consideració els paràmetres amb més incidència en el procés de transformació pluja-vessament.

Sense oblidar que cada escala de treball exigeix una tècnica escaient, en conques de dimensions petites i mitjanes que localment poden presentar conseqüències comparables a les dels grans rius, el procediment de càlcul presentat permet quantificar variables d'enorme interès en els estudis de risc d'inundació, tal com són: cabals màxims, temps de resposta i concentració, cavades al llit i possibles punts de desbordament, intervals de

recurrència, velocitat i energia de l'onada d'avinguda, etc.

Per això, atesa la semblança de condicions desencadenants del risc d'inundació a tota la Comunitat Valenciana, la metodologia proposada, de relació benefici-cost extraordinàriament favorable, té una vocació extrapolable a conques i subconques de dimensions semblants.

La importància d'aquests estudis té una rellevància més gran a les petites conques mediterrànies, a les quals resulta repetitiva la disminució de la capacitat de transport a les zones properes al litoral i, fins i tot, de desaparició del llit, sia per motius naturals, a causa del seu pas insensible al terraplenament diluvial, sia per culpa d'actuacions humanes negatives, com el colgament i l'ocupació de llits. Els problemes que sorgeixen com a conseqüència de les crescudes, per bé que més esporàdics que en el cas dels grans rius, a causa de la major densitat de població i de l'ocupació del sòl, solen presentar localment conseqüències comparables a les crescudes dels grans rius.

Un cop conegut i localitzat el risc, mitjançant aquesta mena d'estudis, hom està en condicions de plantejar amb rigor les actuacions humanes positives necessàries per minimitzar-lo: plans de restauració hidrològic-forestal, canalització i obres de defensa, regles òptimes d'operació de pantans, quan n'hi hagi, implantació d'assegurances, etc.

Així mateix, els plans d'alerta i, si s'escau, d'evacuació posseeixen un sòlid suport en aquestes tècniques per a la preparació d'estratègies d'actuació basades en diferents hipòtesis de relació precipitació-cabal-temps de resposta-àrea inundable.

En resum, els problemes de revingudes, que són en essència problemes lligats a l'ordenació territorial, passen necessàriament per una correcta avaluació del risc, per la qual cosa existeixen les tècniques adequades en cada cas. Conegut el risc, és possible emprendre les mesures correctores i preventives adients, les quals poden resumir-se en tres classes d'actuacions humanes genèriques: no obstruir la línia de drenatge, laminar els cabals màxims i obrir o desembussar els drens naturals.

Volem agrair l'especial col·laboració del nostre company Salvador Izquierdo en les jornades de camp i en la delineació de figures.

Data de recepció de l'original: 07.88

Javier Obartí Segrera
Manuel Nieto Salvatierra
Polcarpo Garay Martín

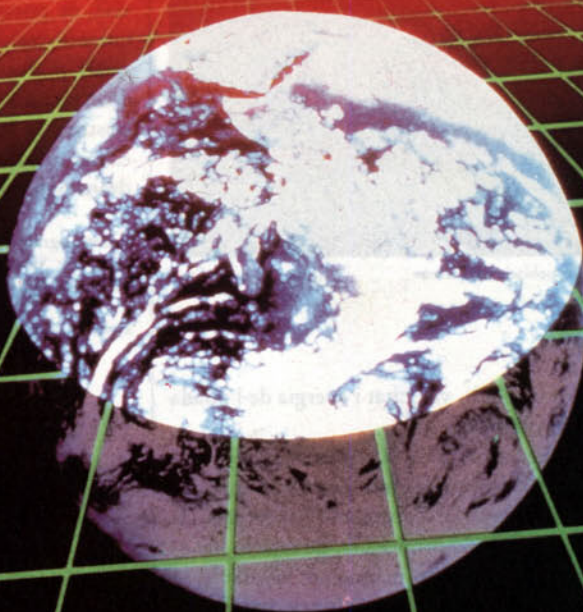
E.V.R.E.N.

Evaluación de Recursos Naturales, S.A.

BIBLIOGRAFIA

- BOX-JENKINS, W.G. (1970): *Times Series Analysis: Forecasting and Control*. Ed. Holden Day, New York, pàg. 528.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (1964): *Normas sobre drenaje de carreteras*. Madrid.
- HERAS, R. (1970): *Métodos prácticos para el estudio hidrológico completo de una cuenca*. Centro de Estudios Hidrológicos. Madrid.
- MINGUI, J.A.; LOPEZ, F.; LOPEZ-CUERO, S.; AGUILI, J.; DE MIGUEL, M.; RIESCO, J.A.; TORRENT, J.A. (1986): *La erosión en la sedimentación de la Albufera*. Monografies 1. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Públiques. pàg. 108. València.
- QUEREDA, J. (1983): *Los excepcionales temporales de octubre, su relación con las temperaturas del mar*. Cuaderno de Geografía núm. 32 i 33, pàg. 87-100. Universitat de València.
- SHERMAN, L.K. (1932): *The unit hydrograph and its applications*. Bull. Ass. State Eng. Soc., 17, pàg. 4-22.
- TEMEZ, R. (1978): *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Dirección General de Carreteras. Madrid.

CAP ALTRE MATERIAL CARTOGRÀFIC ARRIBA TAN LLUNY



AGFA, mitjançant la seva Divisió de Sistemes Gràfics, ha anat desenvolupant el més ampli i sofisticat material per a la reproducció cartogràfica segons els avanços tecnològics que en aquest camp s'han succeït.

De la projecció ortogonal a mà s'ha passat a la fotografia per satèl·lit.

I, AGFA, un cop més, es col·loca, també dins d'aquest sector, a la capdavantera.

Les seves pel·lícules especials per a mapes i planells s'ajusten a qualsevol original, a tots els formats, a tota mena de maquinària i cobreixen totes les necessitats reprogràfiques industrials, oficines de dibuix, electrònica i cartografia, fotografia aèria i industrial, etc.

Qualitat es una paraula
de quatre lletres.

AGFA
DIVISIÓ SISTEMES GRÀFICS

